

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی

ارزیابی تأثیر لندفیل و حوضچه‌های فاضلاب بر آلودگی منابع آب  
در جنوب شرق شهر نور، استان مازندران

نگارنده: نرگس دیوسالار

استاد راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

استاد مشاور

امیدرضا تونی

بهمن ۱۳۹۶

شماره: ۱۲۶۸۱  
تاریخ: ۹۶، ۱۱، ۲۰

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم نرگس دیوسالار با شماره دانشجویی ۹۴۰۷۵۷۴ رشته زمین شناسی گرایش زیست محیطی تحت عنوان ارزیابی لندفیل و حوضچه های فاضلاب بر منابع آب در جنوب شرق شهر نور، استان مازندران که در تاریخ ۹۶/۱۱/۹ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: ... (.....)  مردود   
نوع تحقیق: نظری  عملی

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر غلامحسین کرمی	دانشیار	
۲- استاد مشاور	مهندس امید رضا تونی	مربی	—
۳- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر معصومه کردی	استادیار	
۴- استاد ممتحن اول	دکتر هادی جعفری	استادیار	
۵- استاد ممتحن دوم	دکتر افشین قشلاقی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده: ۲۳

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به

پدر و مادر

آنان که نخستین مریان و بزرگترین حامیان زندگیم بودند

## مشکر و قدردانی

اکنون که با عنایت و لطف الهی کلیه مراحل این پایان نامه به اتمام رسیده است. جاداد از همه

عزیزانی که اینجانب را در تهیه این پایان نامه مساعدت نموده اند مشکر و قدردانی نمایم.

در ابتدا لازم می دانم از استاد محترم جناب آقای دکتر غلامحسین کرمی که راهنمایی این پایان نامه را بر

عهده داشتند مشکر و قدردانی ویژه ای داشته باشم. بی شک بدون حمایت و راهنمایی این استاد محترم

انجام این تحقیق مقدور نمی بود.

هم چنین از جناب آقای امید رضاتونی که به عنوان مشاور نقش ارزنده ای در انجام این پایان نامه

داشتند سپاس گزاری می نمایم.

از اساتید محترم جناب آقای دکتر مهدی جعفری و دکتر اوشین قشلاقی که داور این پایان نامه را بر

عهده گرفتند، قدردانی می نمایم و هم چنین از سرکار خانم معصومه کردی نماینده تحصیلات تکمیلی کمال

مشکر را دارم.

# تعمدنامه

اینجانب نرگس دیوسالار دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی زیست‌محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه با عنوان **ارزیابی تأثیر لندفیل و حوضچه‌های فاضلاب بر آلودگی منابع آب در جنوب شرق شهر نور، استان مازندران تحت راهنمایی دکتر غلامحسین کرمی متعهد می‌شوم.**

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

## تاریخ

### امضای دانشجو

#### مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

## چکیده

لندفیل‌ها یکی از مهم‌ترین تهدیدهای جدی برای منابع آب شناخته شده‌اند. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر لندفیل و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن بر منابع آب سطحی و زیرزمینی در جنوب‌شرق شهر نور انجام شده است. برای این منظور غلظت‌های نیترات، کربن آلی کل و تعداد کلی‌فرم کل در منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه اندازه‌گیری شده است. نتایج بدست آمده بیانگر این مطلب است که مقدار نیترات در تمامی نمونه‌های منابع آب زیرزمینی و سطحی بالا می‌باشد. به طوری که چاه‌های مربوط به ایزدخورده، کاردگرکلا و بلوک‌زنی به دلیل این که مستقیماً در پائین‌دست محل انباشت زباله‌ها واقع شده‌اند، بالاترین مقادیر نیترات به ترتیب ۲۷/۲، ۲۳/۵ و ۲۲/۴ میلی‌گرم بر لیتر را شامل می‌شوند. مقدار نیترات در پائین‌دست رودخانه حاجی‌ماهرود در مقایسه با بالادست افزایش شدیدی را نشان داده است که در نتیجه‌ی تأثیر محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های مجاور در آن می‌باشد. علاوه بر این، بالا بودن غلظت نیترات در منطقه می‌تواند به پوشش گیاهی، فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی مربوط باشد. به دلیل جنگلی بودن منطقه غلظت کربن آلی کل در تمامی نمونه‌ها بالا است که دلیل اصلی آن وجود مواد آلی فراوان در منطقه می‌باشد. غلظت کربن آلی کل در منابع آب زیرزمینی، در چاه‌های کاردگرکلا، بلوک‌زنی و نصرت‌آباد نسبت به سایر چاه‌ها بالاتر می‌باشد و به ترتیب برابر با ۸۲/۲۴، ۸۰/۰۶ و ۷۷/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر است. همچنین ملاحظه می‌شود که مقدار کربن آلی کل در رودخانه حاجی‌ماهرود در پائین‌دست محل انباشت زباله‌ها در مقایسه با بالادست آن به طور نسبی افزایش یافته است. تعداد کلی‌فرم‌ها در تمام نمونه‌های آب‌های زیرزمینی (به استثنای چاه مربوط به بلوک‌زنی) پائین است. در رودخانه حاجی‌ماهرود، در نمونه‌های بالادست و پائین‌دست لندفیل، تعداد کلی‌فرم‌ها بالا بوده و به ترتیب برابر با ۴۳ (MPN/100 ml) و ۱۱۰۰ (MPN/100 ml) می‌باشد. دلیل افزایش بسیار زیاد در تعداد کلی‌فرم‌ها در نمونه پائین‌دست لندفیل به خاطر نشت شیرابه به داخل رودخانه می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** آلودگی منابع آب، نیترات، کربن آلی کل، کلی‌فرم کل، شهر نور

## مقالات برگرفته از پایان نامه:

- دیوسالار، ن.، کرمی، غ. ح. ۱۳۹۶، تأثیر شیرابه لندفیل بر کیفیت منابع آب در جنوب شرق شهر نور، پنجمین کنگره سالانه بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری، دانشگاه شهید بهشتی.
- دیوسالار، ن.، کرمی، غ. ح. ۱۳۹۶، بررسی تغییرات ۲۵ ساله سطح آب زیرزمینی در جنوب شرق شهر نور، پنجمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.



## فهرست

- فصل اول: مقدمه ..... ۱
- ۱-۱- بیان مسأله ..... ۱
- ۲-۱- اهداف تحقیق ..... ۱
- ۳-۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه ..... ۲
- ۴-۱- آب و هوای منطقه ..... ۴
- ۵-۱- زمین‌شناسی عمومی منطقه ..... ۶
- ۱-۵-۱- چینه‌شناسی منطقه ..... ۶
- ۲-۵-۱- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه ..... ۸
- ۶-۱- ژئومورفولوژی منطقه ..... ۸
- ۷-۱- هیدرولوژی منطقه ..... ۹
- ۸-۱- هیدروژئولوژی منطقه ..... ۱۰
- فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده در رابطه با تأثیر لندفیل و فاضلاب بر کیفیت منابع آب ..... ۱۱
- ۱-۲- تأثیرات بالقوه دفن زباله ..... ۱۱
- ۲-۲- شیرابه و پارامترهای موثر بر کمیت آن ..... ۱۲
- ۱-۲-۲- ترکیب فیزیکی پسماند ..... ۱۲
- ۲-۲-۲- میزان بارش‌های جوی ..... ۱۲
- ۳-۲-۲- سطح آب زیرزمینی ..... ۱۳
- ۳-۲- اثرات لندفیل بر منابع آب ..... ۱۴
- ۴-۲- فاضلاب شهری ..... ۱۶

- ۲-۵- روش‌های ورود فاضلاب به منابع آب زیرزمینی ..... ۱۷
- ۲-۶- یتریفیکاسیون ..... ۱۷
- ۲-۷- اثرات فاضلاب بر منابع آب ..... ۱۸
- ۲-۷-۱- اثرات فصلی آلودگی فاضلاب شهری بر کیفیت آب ..... ۱۹
- ۲-۸- جمع بندی تحقیقات پیشینیان ..... ۲۰
- فصل سوم: روش انجام کار ..... ۲۱
- ۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز تحقیق ..... ۲۱
- ۳-۲- تهیه نقشه پایه زمین‌شناسی ..... ۲۲
- ۳-۳- نمونه‌برداری از رودخانه حاجی‌ماهرود و چاه‌های منطقه ..... ۲۲
- ۳-۴- اندازه‌گیری‌های انجام شده ..... ۲۲
- ۳-۴-۱- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه‌برداری ..... ۲۳
- ۳-۴-۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه ..... ۲۳
- ۳-۵- بررسی هیدروژئولوژیکی منطقه ..... ۲۵
- ۳-۵-۱- نقشه هم‌پتانسیل ..... ۲۵
- ۳-۵-۲- هیدروگراف واحد دشت ..... ۲۵
- ۳-۵-۳- بررسی تراوایی آبرفت‌های منطقه ..... ۲۵
- ۳-۶- ترسیم نمودارهای کیفی ..... ۲۶
- ۳-۷- پارامترهای محاسبه شده ..... ۲۶
- ۳-۸- نرم‌افزارها ..... ۲۸
- فصل چهارم: ارزیابی هیدروژئولوژیکی منطقه و تأثیر لندفیل و فاضلاب بر کیفیت منابع آب نور ..... ۲۹
- ۴-۱- بررسی هیدروژئولوژیکی منطقه ..... ۲۹
- ۴-۱-۱- نقشه هم‌پتانسیل منطقه ..... ۲۹

۳۰	۴-۱-۲- هیدروگراف واحد دشت در منطقه
۳۲	۴-۱-۳- بررسی و تفسیر بافت آبرفتی منطقه
۳۴	۴-۲-۲- بررسی هیدروژئوشیمی منابع آب
۳۴	۴-۲-۱- هدایت الکتریکی
۳۶	۴-۲-۲- pH
۳۸	۴-۲-۳- تغییرات غلظت یون‌های اصلی
۴۶	۴-۲-۴- بررسی رابطه هدایت الکتریکی با یون‌های اصلی
۴۸	۴-۲-۵- نمودارهای کیفی آب
۴۸	۴-۲-۵-۱- نمودار پایپر
۵۰	۴-۲-۵-۲- نمودار استیف
۵۰	۴-۲-۵-۳- نمودار شولر
۵۲	۴-۳- بررسی پارامترهای محاسبه شده
۵۶	۴-۴- ارزیابی آلودگی منابع آب
۶۳	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۶۳	۵-۱- نتیجه‌گیری
۶۳	۵-۱-۱- غیرات هیدروژئولوژیکی منطقه
۶۴	۵-۱-۲- آلودگی منابع آب تحت‌تأثیر لندفیل و حوضچه‌های فاضلاب
۶۶	۵-۲- پیشنهادها
۶۷	منابع فارسی
۶۸	منابع انگلیسی

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ - موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی منطقه مورد مطالعه ..... ۲
- شکل ۱-۲ - محل انباشت زباله‌ها در منطقه مورد مطالعه ..... ۳
- شکل ۱-۳ - حوضچه‌های فاضلاب در منطقه مورد مطالعه ..... ۳
- شکل ۱-۴ - نمودار تغییرات آب و هوایی شهر نور در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ ..... ۴
- شکل ۱-۵ - نمودار تغییرات آب و هوایی شهر نور در سال ۱۳۹۵ ..... ۵
- شکل ۱-۶ - نمودار امپروت‌ترمیک نور در طی دوره ۲۵ ساله ۱۳۹۵ - ۱۳۷۱ ..... ۵
- شکل ۱-۷ - نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آمل) ..... ۷
- شکل ۱-۸ - ژئومرفولوژی منطقه مورد مطالعه (دید به سمت جنوب) ..... ۹
- شکل ۱-۳ - موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه ..... ۲۴
- شکل ۱-۴ - نقشه خطوط هم‌پتانسیل منطقه مورد مطالعه در بهمن ماه ۱۳۹۱ ..... ۳۱
- شکل ۲-۴ - هیدروگراف واحد دشت در منطقه مورد مطالعه از سال آبی ..... ۳۲
- شکل ۳-۴ - لاگ حفاری مربوط به چاه آبفای شهری نور ..... ۳۳
- شکل ۴-۴ - نقشه پراکندگی هدایت الکتریکی در چاه‌های پایین دست ..... ۳۵
- شکل ۵-۴ - رابطه هدایت الکتریکی و pH در نمونه‌های مورد مطالعه ..... ۳۶
- شکل ۶-۴ - نقشه پراکندگی PH در چاه‌های پائین دست ..... ۳۷
- شکل ۷-۴ - نقشه پراکندگی سدیم در چاه‌های پائین دست ..... ۳۹
- شکل ۸-۴ - نقشه پراکندگی کلسیم در چاه‌های پائین دست ..... ۴۰
- شکل ۹-۴ - نقشه پراکندگی منیزیم در چاه‌های پائین دست ..... ۴۱
- شکل ۱۰-۴ - نقشه پراکندگی پتاسیم در چاه‌های پائین دست ..... ۴۲
- شکل ۱۱-۴ - نقشه پراکندگی بی‌کربنات در چاه‌های پائین دست ..... ۴۳
- شکل ۱۲-۴ - نقشه پراکندگی سولفات در چاه‌های پائین دست ..... ۴۴

- شکل ۴-۱۳- نقشه پراکندگی کلر در چاه‌های پائین دست ..... ۴۵
- شکل ۴-۱۴- رابطه غلظت یون بی کربنات با هدایت الکتریکی ..... ۴۶
- شکل ۴-۱۵- رابطه غلظت یون منیزیم با هدایت الکتریکی ..... ۴۶
- شکل ۴-۱۶- رابطه غلظت یون سدیم با هدایت الکتریکی ..... ۴۷
- شکل ۴-۱۷- رابطه غلظت یون سولفات با هدایت الکتریکی ..... ۴۷
- شکل ۴-۱۸- رابطه غلظت یون کلسیم با هدایت الکتریکی ..... ۴۷
- شکل ۴-۱۹- رابطه غلظت یون کلر با هدایت الکتریکی ..... ۴۸
- شکل ۴-۲۰- نمودار پایپر در نمونه‌های آب زیرزمینی مورد مطالعه ..... ۴۹
- شکل ۴-۲۱- نمودار شولر آب‌های زیرزمینی مورد مطالعه ..... ۵۰
- شکل ۴-۲۲- نمودار استیف در نمونه‌های آب زیرزمینی مورد مطالعه ..... ۵۱
- شکل ۴-۲۳- نمودار شاخص اشباع کانی‌های اصلی در نمونه‌های مورد مطالعه ..... ۵۵
- شکل ۴-۲۴- نقشه پراکندگی نیترات در چاه‌های پائین دست ..... ۵۷
- شکل ۴-۲۵- نقشه پراکندگی کربن آلی کل در چاه‌های پائین دست ..... ۵۹
- شکل ۴-۲۶- نقشه پراکندگی کلی فرم کل در چاه‌های پائین دست ..... ۶۱

## فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲- مقدار رطوبت برخی از ترکیبات پسماند شهری (Taylor and Allen 2003) ..... ۱۳
- جدول ۲-۲- حد مجاز غلظت آلودگی‌های قابل تخلیه فاضلاب‌ها در ایران ..... ۱۶
- جدول ۱-۳- روش‌های اندازه‌گیری پارامترها در آزمایشگاه ..... ۲۳
- جدول ۱-۴- مقدار هدایت الکتریکی در منابع آب زیرزمینی و سطحی منطقه مورد مطالعه ..... ۳۴
- جدول ۲-۴- مقدار pH در منابع آب زیرزمینی و سطحی منطقه مورد مطالعه ..... ۳۶
- جدول ۳-۴- غلظت یون‌های اصلی بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر ..... ۳۸
- جدول ۴-۴- غلظت یون‌های اصلی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر ..... ۳۸
- جدول ۵-۴- تعیین تیپ و رخساره در نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ..... ۴۹
- جدول ۶-۴- سختی کل محاسبه شده برای نمونه‌های مورد مطالعه ..... ۵۲
- جدول ۷-۴- طبقه‌بندی آب بر اساس سختی کل (Sawyer and McCarty 1967) ..... ۵۲
- جدول ۸-۴- مقادیر محاسبه شده قلیائیت برای نمونه‌های مورد مطالعه ..... ۵۳
- جدول ۹-۴- درصد سدیم محاسبه شده برای نمونه‌های مورد مطالعه ..... ۵۳
- جدول ۱۰-۴- طبقه‌بندی آب بر اساس درصد سدیم (Wilcox 1995) ..... ۵۴
- جدول ۱۱-۴- هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در نمونه‌های مورد مطالعه ..... ۵۴
- جدول ۱۲-۴- طبقه‌بندی آب بر اساس هدایت الکتریکی (Handa 1969) ..... ۵۵
- جدول ۱۳-۴- غلظت یون نترات در منابع آب زیرزمینی و سطحی منطقه مورد مطالعه ..... ۵۷
- جدول ۱۴-۴- غلظت کربن آلی کل در منابع آب زیرزمینی و سطحی منطقه مورد مطالعه ..... ۵۸
- جدول ۱۵-۴- تعداد کلی فرم کل در منابع آب زیرزمینی و سطحی منطقه مورد مطالعه ..... ۶۰

## فصل اول: مقدمه

### ۱-۱- بیان مسأله

زباله‌های شهری مهم‌ترین بخش زباله‌های تولید شده در یک جامعه شهری را تشکیل می‌دهند. این نوع زباله‌ها عمدتاً از مواد فسادپذیر تشکیل شده‌اند. بسته به ترکیب زباله‌ها آلودگی‌هایی که ایجاد می‌شود متفاوت است. این آلودگی‌ها به صورت مستقیم بر روی سلامت و بهداشت مردم و به صورت غیرمستقیم بر روی محیط‌زیست تأثیرگذار هستند. در مناطق شمالی کشور به دلیل تمرکز جمعیت، بالا بودن سطح آب زیرزمینی، بارندگی و رطوبت فراوان این مسأله تشدید می‌شود.

دفع و دفن زباله‌ها یکی از مشکلات مناطق شهری است، که شهرستان نور با این معضل روبرو است. وجود حوضچه‌های فاضلاب در محل انباشت زباله‌ها باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی بیشتر در شهرستان شده است. با توجه به تولید روزانه ۱۵۰ تن زباله در این شهرستان ساحلی، دفن زباله سبب آلوده شدن آب‌های زیرزمینی، رودخانه‌ها، از بین رفتن جنگل و تغییرات اکوسیستم طبیعی و جانوری و همچنین باعث اعتراض اهالی ساکن در اطراف آن شده است. زباله‌های خانگی مربوط به بخش‌های نور، رویان، چمستان و روستاهای اطراف بوده که از سال ۱۳۸۰ در بالادست روستای کاردرگرکلا در یک منطقه جنگلی توسط شهرداری‌های مربوطه انباشته می‌شود.

### ۱-۲- اهداف تحقیق

اهداف کلی در این تحقیق شامل بررسی پارامترهای کیفی منابع آب و ارزیابی غلظت نترات، کربن آلی کل و کلی فرم کل در منابع آب می‌باشد.







شکل ۱-۲- محل انباشت زباله‌ها در منطقه مورد مطالعه

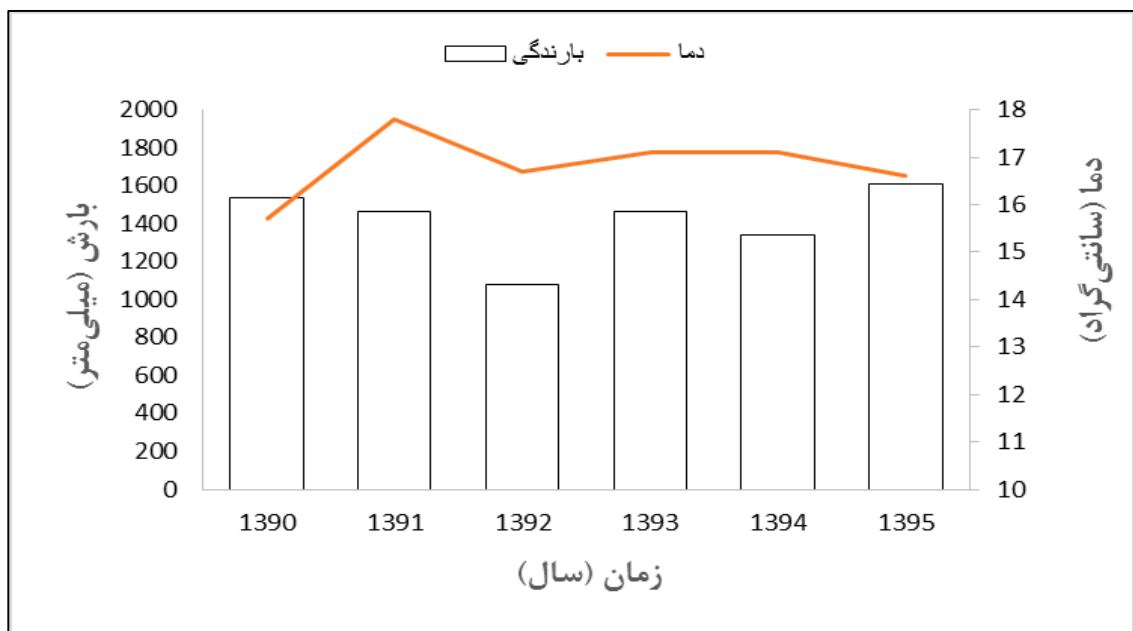


شکل ۱-۳- حوضچه‌های فاضلاب در منطقه مورد مطالعه

#### ۴-۱- آب و هوای منطقه

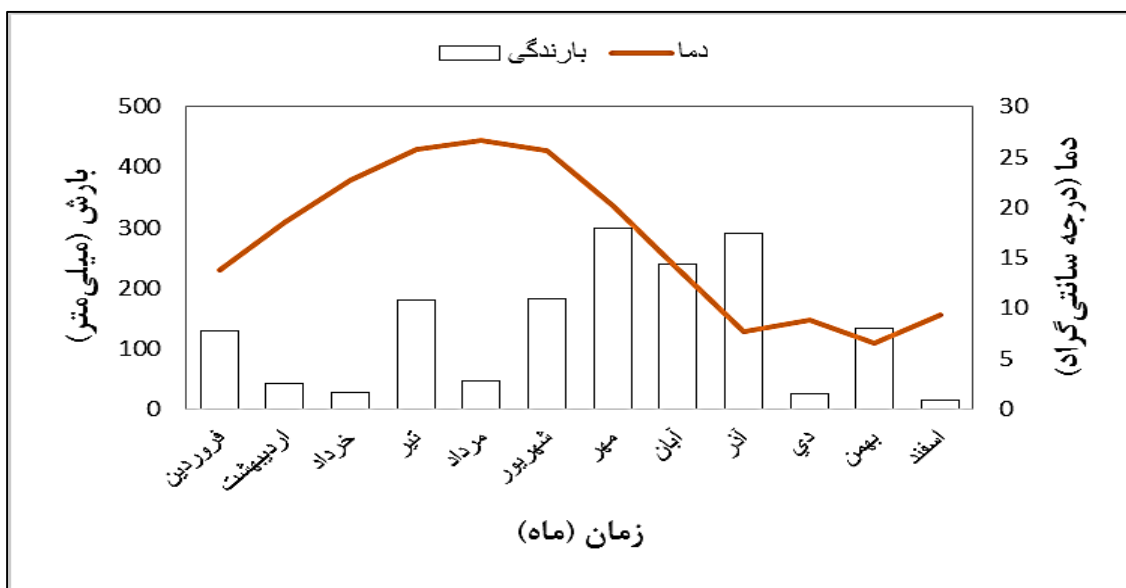
کرانه‌ی جنوبی دریای مازندران دارای آب و هوای مدیترانه‌ای گرم و مرطوب است. شهر نور دارای آب و هوای معتدل خزری است. تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های سرد و مرطوب از ویژگی اقلیمی این منطقه است. میانگین بارندگی سالانه ۱۱۰۸ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد است. شکل (۴-۱) نمودار مربوط به بارندگی و دما در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، حداقل بارندگی در سال ۱۳۹۲ برابر با ۱۰۷۹/۷ میلی‌متر و حداکثر بارندگی در سال ۱۳۹۵ برابر با ۱۶۱۱/۴ میلی‌متر بوده است. هم‌چنین کم‌ترین و بیش‌ترین دما ۱۵/۷ و ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ است.

شکل (۵-۱) نمودار مربوط به بارندگی و دمای ماهانه در سال ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. حداکثر بارندگی مربوط به مهر ماه برابر با ۲۹۸/۱ میلی‌متر و حداقل بارندگی مربوط به اسفند ماه برابر با ۱۴ میلی‌متر بوده است. هم‌چنین کم‌ترین و بیش‌ترین دما به ترتیب مربوط به ماه‌های بهمن و مرداد برابر با ۶/۶ و ۲۶/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

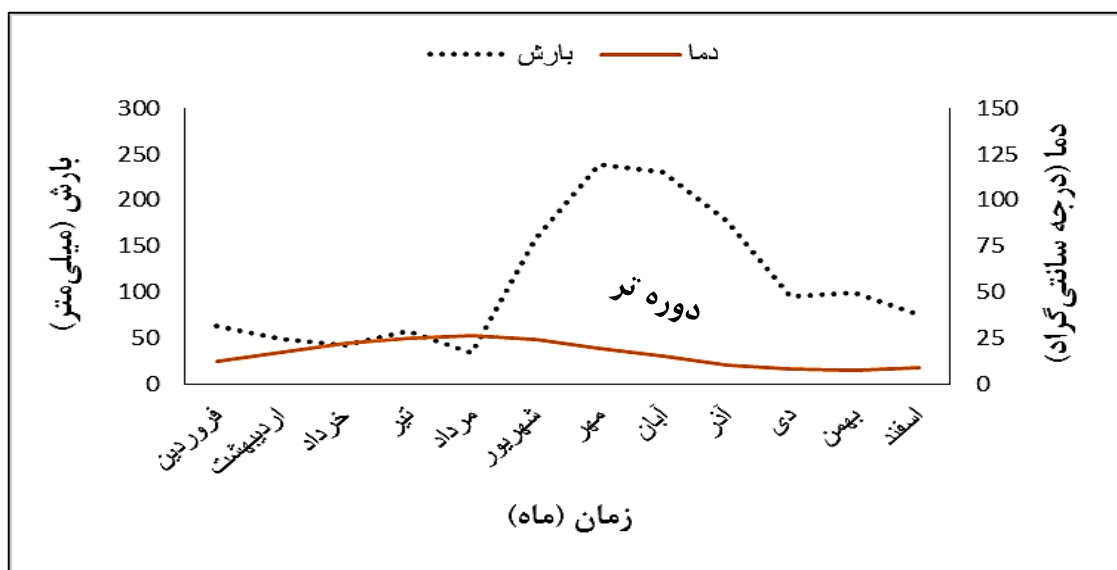


شکل ۴-۱- نمودار تغییرات آب و هوایی شهر نور در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ بر اساس آمار هواشناسی استان مازندران

به منظور شناسایی دوره‌های تر و خشک در منطقه، نمودار امپروترمیک در طی دوره ۲۵ ساله ترسیم شده است. با توجه به شکل (۱-۶) دوره تر در منطقه طولانی بوده و از فروردین تا پایان تیر و همچنین از پایان مرداد تا اسفند ادامه دارد. دوره خشک در منطقه تنها در مرداد ماه می‌باشد.



شکل ۱-۵- نمودار تغییرات آب و هوایی شهر نور در سال ۱۳۹۵ بر اساس آمار هواشناسی استان مازندران



شکل ۱-۶- نمودار امپروترمیک نور در طی دوره ۲۵ ساله ۱۳۷۱-۱۳۹۵

## ۱-۵- زمین‌شناسی عمومی منطقه

شکل (۷-۱) نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود اکثریت منطقه را نهشته‌های دوران کواترنر و نئوژن تشکیل می‌دهد. محل انباشت زباله‌ها بر روی کنگلومرا با افق‌های ماسه‌ای، مارن سیلتی و در پائین‌دست انباشته‌های کواترنر شامل رسوبات دریایی، رودخانه‌ای، دلتایی، کرانه‌ای و پهنه‌های آبرفتی جوان است.

### ۱-۵-۱- چینه‌شناسی منطقه

واحدهای چینه‌ای در منطقه شامل چهار واحد نهشته‌های دشت ساحلی، نهشته‌های کرانه‌ای عهد حاضر، نهشته‌های دلتایی و آبرفت‌های رودخانه‌ای است که به طور مختصر معرفی می‌شوند:

#### الف- نهشته‌های دشت ساحلی

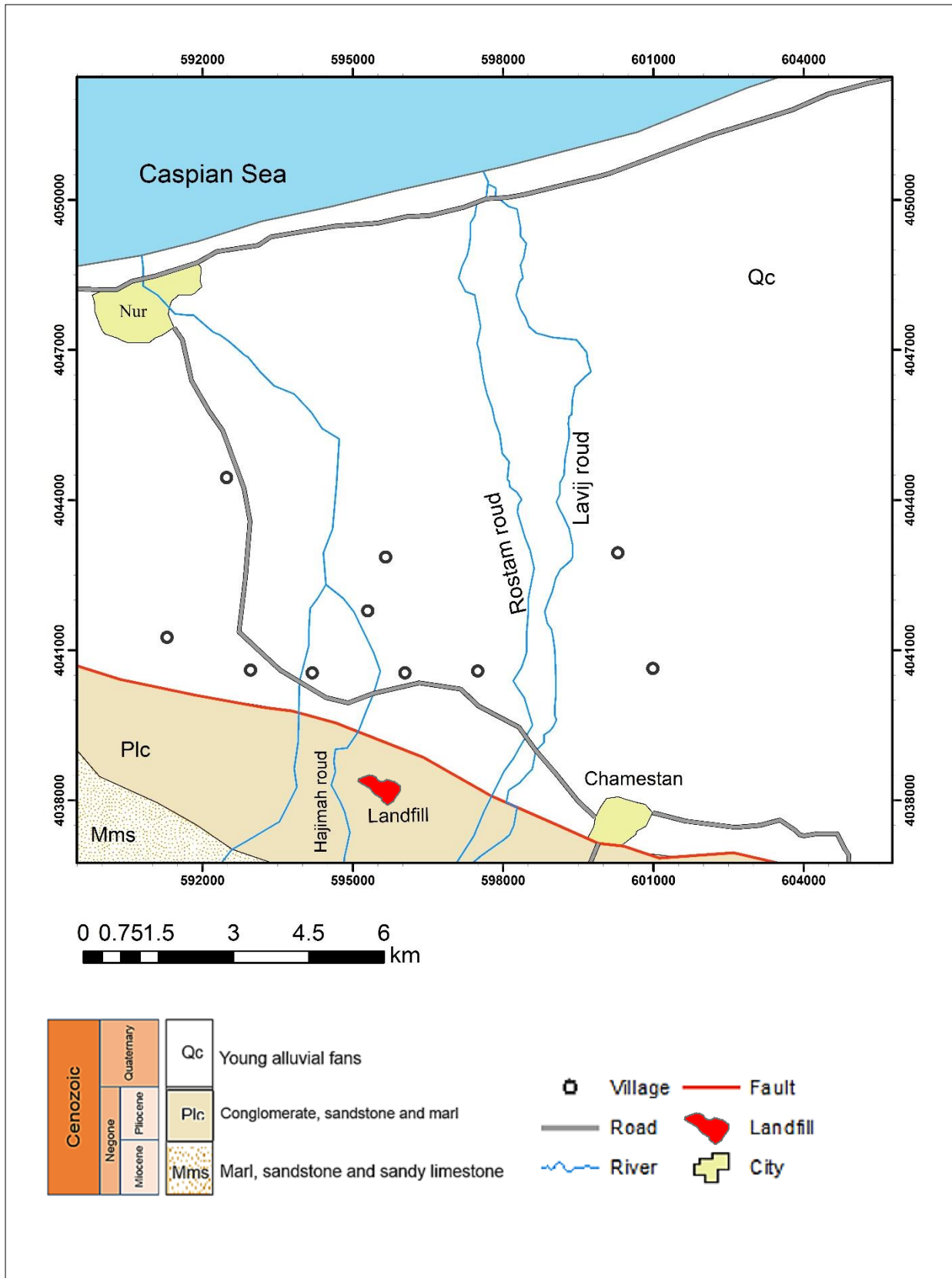
- یک لایه رسی-سیلتی-ماسه‌ای همراه با گراول به ضخامت ۳-۹ متر که سطح دشت ساحلی را پوشانده است.
- ۳۰۰-۶۰۰ متر نهشته‌های دریایی حاصل از پیشروی دریای خزر در گستره دشت ساحلی.

#### ب- نهشته‌های کرانه‌ای عهد حاضر

در بخش کرانه‌ای جنوب دریای خزر نهشته‌های ریزدانه تا میان دانه ماسه‌ای کرانه‌ای تشکیل شده است. ضخامت آن‌ها به طور متوسط ۲۰۰ متر است.

#### ج- نهشته‌های دلتایی

نهشته‌های دلتایی دارای چینه‌بندی متقاطع محلی است. و بیشتر از رس، ماسه و بقایای موجودات زنده لب شور تشکیل شده است.



شکل ۱-۷ - نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ آمل)

## د- آبرفت‌های رودخانه‌ای

بر اساس تقسیم بندی انجام شده، نهشته‌های رودخانه‌ای دو نوع است.

۱- آبرفت‌های کف بستر رودخانه: نهشته‌های کف بستر اصلی درشت دانه‌اند، در کف آبراهه بر جای می‌مانند و کنگلومرای کف بستر را پدید می‌آورند.

۲- آبرفت‌های بیرون از بستر رودخانه: نهشته‌های دشت سیلابی و خاکریزهای طبیعی هستند. در زمان سیلاب آب رودخانه از درون بستر به بیرون از آن سرریز می‌شود که دشت سیلابی نامیده می‌شود. این نهشته‌ها شامل ماسه ریز، سیلت و رس است (احمدی و فیض‌نیا ۱۳۸۷)

### ۱-۵-۲- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه

با وقوع فرایندهای کوهزایی آلپی در دوران سوم، شکل کنونی رشته کوه‌های البرز تا پایان این دوران تثبیت گردید. با شروع فرایند فرسایش در دوران چهارم، تغییرات مهمی در دامنه کوه‌های شمالی البرز شروع شد و در نهایت همراه با فرایندهای تکتونیکی باعث به وجود آمدن مناطق جلگه‌ای و دشت‌های ساحلی دریای مازندران شده است. رشته کوه‌های البرز که استان‌های شمالی را از ایران مرکزی جدا می‌کند با امتداد شرقی- غربی در ارتفاعات جنوبی شهرستان نور قرار گرفته است.

امروزه بیشتر حوضه‌های آبخیز رودخانه‌های استان مازندران و از جمله حوضه‌های آبخیز رودخانه‌های حاجی‌ماهرود، لایچ‌رود و گلندرود در شهرستان نور را در بر گرفته است. بخش اعظم جلگه‌ها و نواحی کوهپایه‌ای استان مازندران در زون گرگان-رشت قرار دارد.

### ۱-۶- ژئومورفولوژی منطقه

شکل (۱-۸) نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در قسمت‌های جنوبی مناطق کوهستانی و نهشته‌های کوهپایه‌ای مشاهده می‌شود. و در قسمت‌های شمالی شامل دشت و رسوبات کواترنری جلگه خزر را نشان می‌دهد که پوشیده از جنگل و زمین‌های کشاورزی است.





شکل ۱-۸- ژئومرفولوژی منطقه مورد مطالعه (دید به سمت جنوب)

### ۷-۱- هیدرولوژی منطقه

باتوجه به شکل (۷-۱) رودخانه‌های اصلی در منطقه مورد مطالعه شامل رودخانه‌های لایچ‌رود، رستم‌رود و حاجی‌ماهرود است. این حوضه آبخیز از شمال به دریای مازندران، از جنوب به ارتفاعات البرز، از شرق به رودخانه هراز و از غرب به رودخانه گلندرود محدود می‌شود. رژیم آبدهی رودخانه‌ها تحت تأثیر شرایط توپوگرافی و بارندگی منطقه است.

بخشی از حوضه آبخیز در نواحی کوهستانی مرتفع و بخشی از آن در نواحی کم ارتفاع مشرف به دریای مازندران گسترده شده است (مانند لایچ‌رود، حاجی‌ماهرود و گلندرود). بخش اصلی حوضه آبخیز در مناطق پوشیده از جنگل گسترش یافته و آبدهی رودخانه‌ها حاصل از ریزش باران است، مانند رستم‌رود.

## ۸-۱- هیدروژنولوژی منطقه

جهت جریان در منطقه از سمت ارتفاعات (جنوب) به سمت دریا (شمال) می باشد. گرادیان هیدرولیکی در بخش های جنوبی منطقه حدود ۰/۰۰۷۷ می باشد. و در بخش های شمالی آبخوان گرادیان هیدرولیکی به حدود ۰/۰۰۴۵ کاهش یافته است. مقدار هدایت الکتریکی با توجه به اندازه گیری های انجام شده در منطقه از حدود ۷۰۰ تا ۹۰۰ میکروموس بر سانتی متر متغیر می باشد.



## فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده

### در رابطه با تأثیر لندفیل و فاضلاب بر کیفیت منابع آب

افزایش جمعیت انسانی فشار زیادی را برای تأمین آب آشامیدنی سالم به خصوص در کشورهای در حال توسعه اعمال کرده است (Umeh *et al.* 2005). لندفیل‌ها به یکی از مهم‌ترین تهدیدهای جدی برای منابع آب شناخته شده‌اند. شیرابه ناشی از لندفیل و بیان خطرات آن برای اکوسیستم‌های مختلف و جمعیت بشری از موضوعات مورد بحث در جهان امروز است (Salem *et al.* 2008). هم‌چنین عمده‌ترین مشکلات برای سلامت انسان در مناطق در حال توسعه مربوط به آب ناسالم، رعایت نکردن اصول بهداشتی و نبود سیستم تخلیه فاضلاب است (Wequr and Rajiv 2009).

در این فصل منابع مرتبط با تأثیرات لندفیل و فاضلاب بر کیفیت منابع آب، مورد مطالعه قرار گرفته و مواردی از جمله تأثیرات بالقوه دفن زباله، اثرات لندفیل بر منابع آب، فاضلاب شهری، اثرات فصلی آلودگی فاضلاب بر منابع آب و اثرات فاضلاب بر منابع آب بررسی می‌شود. در نهایت به مطالعات انجام شده در سطح ایران و جهان در این خصوص پرداخته می‌شود.

#### ۲-۱- تأثیرات بالقوه دفن زباله

دفن زباله باعث خطرانی برای محیط‌زیست، از جمله تأثیرات منفی بر کیفیت آب، هوا و خاک دارد. محل دفن زباله‌ها منابع بالقوه آلودگی در آب‌های سطحی و زیرزمینی هستند. خروج شیرابه و نفوذ آن، مهم‌ترین منبع آلودگی در آب‌های سطحی و زیرزمینی است (Alshaebi *et al.* 2009). از جمله اثرات بالقوه دفن زباله در آب‌ها می‌توان به مسمومیت و یتریفیکاسیون (Eutrophication) بالقوه از نیترات

(Camargo and Alonso 2006)، افزایش کربن آلی محلول و مواد مغذی (Kronvang *et al.* 2005)، تجمع آهن (III) در گوشت ماهی (Teien *et al.* 2008)، سمیت آهن (II) (Vuori 1995)، سمیت عناصر کمیاب غیرآلی (Lisk 1991)، افزایش میزان آلاینده‌های بیولوژیکی (Sanusi 2013)، افزایش اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD) و کاهش اکسیژن محلول آب (Unnisa *et al.* 1998)، اشاره کرد.

## ۲-۲- شیرابه و پارامترهای موثر بر کمیت آن

شیرابه، مایع تولید شده از محل دفن زباله است، که به عنوان یک آلودگی جدی برای منابع طبیعی از جمله آب‌های سطحی و زیرزمینی، بهداشت و سلامت انسان محسوب می‌شود. این مایع آلوده شامل ترکیبات آلی محلول و غیرآلی و همچنین ذرات معلق است (Naveen *et al.* 2017). از جمله پارامترهای تأثیرگذار بر کمیت شیرابه ترکیب فیزیکی پسماند، میزان بارش‌های جوی و سطح آب زیرزمینی می‌باشد.

### ۲-۲-۱- ترکیب فیزیکی پسماند

عامل اصلی انجام فعالیت‌های شیمیایی (مانند انحلال مواد آلی و غیرآلی) و بیولوژیکی (مانند اسیدسازی و متان‌سازی) در لندفیل، رطوبت پسماند می‌باشد (Emberton *et al.* 1986). همان طور که در (جدول ۱-۲) مشخص شده است، بیش‌ترین عامل دربرگیرنده رطوبت، مواد آلی موجود در پسماند می‌باشد، به نحوی که با افزایش میزان مواد آلی موجود در پسماند، رطوبت پسماند نیز بالا خواهد رفت و در نتیجه شیرابه تولید شده نیز افزایش خواهد یافت (El-Fadel *et al.* 2002).

### ۲-۲-۲- میزان بارش‌های جوی

یکی از عوامل تولیدکننده شیرابه نزولات جوی می‌باشد. برای محاسبه میزان آب‌های نفوذی به درون لندفیل تحت تأثیر بارندگی از فرمول زیر استفاده می‌شود. که در آن  $Pe$  نشان‌دهنده نفوذ موثر،  $P$  میزان بارش کل و  $C$  ضریب جریان سطحی می‌باشد (American Environmental Protecting 2003).

$$Pe = (1-C) P$$

معادله (۱-۲)

جدول ۲-۱- مقدار رطوبت برخی از ترکیبات پسماند شهری (Taylor and Allen 2003)

ترکیب فیزیکی پسماند	حداقل رطوبت	حداکثر رطوبت
کاغذ	۴	۱۰
مصالح ساختمانی	۶	۱۲
پارچه و منسوجات	۶	۱۵
مواد غذایی	۵۰	۸۰
دورریز باغبانی	۳۰	۸۰
شیشه	۱	۴
چرم	۸	۱۲
فلزات آهنی	۲	۶
فلزات غیرآهنی	۲	۴
پسماند پزشکی	۱۵	۴۰
چوب	۱۵	۴۰

### ۲-۲-۳- سطح آب زیرزمینی

در مناطق پرباران، به علت بالا بودن سطح آب زیرزمینی، تولید شیرابه بسیار زیاد خواهد بود. میزان تأثیرپذیری شیرابه تولیدی از این پارامتر به گونه‌ایی می‌باشد که در مناطق گرم و خشک مانند کویت، علاوه بر اینکه در این ناحیه لندفیل‌ها در منطقه گرم و خشک قرار دارند و همواره تبخیر سطحی از نزولات جوی بیشتر است، عامل اصلی در تولید شیرابه، بالا بودن سطح آب زیرزمینی بیان شده است (Al-Yaqout 2003). بررسی آب‌های زیرزمینی از نظر کیفیت و فاصله عمودی از کف لندفیل بسیار مهم می‌باشد (Tchobanoglous and Kreith 2002).

## ۲-۳- اثرات لندفیل بر منابع آب

غلظت بالای شیرابه ناشی از دفن غیربهداشتی زباله، یک تهدید جدی بر کیفیت آب زیرزمینی و خاک است (Jorstad *et al.* 2004, Chian and Dewalle 1976). کیفیت منابع آب زیرزمینی با تغییر در پارامترهای فیزیکوشیمیایی مشخص می‌شود. غلظت بالای کلرید نشان‌دهنده درجه بالایی از آلودگی آلی، و هم‌چنین غلظت بالای سولفات و نیترات نشان‌دهنده نامناسب بودن آب برای مصارف خانگی است (Naveen *et al.* 2017).

مطالعات انجام شده در محل دفن زباله در اجاتابای (Ojataba) نیجریه، نشان داده که دفن غیربهداشتی باتری‌های سربی و هم‌چنین محصولات نفتی رها شده در محیط باعث غلظت‌های نسبتاً بالای مس، سرب و آهن در آب‌های زیرزمینی منطقه شده است. در صورتی که اقدامات حفاظتی مناسب صورت نگیرد منابع آب زیرزمینی در منطقه تا شعاع دو کیلومتری محل دفن زباله به شدت آلوده خواهد شد (Oyeku and Eludoyin 2010).

در بررسی انجام شده در محل دفن زباله حیدرآباد هند توسط یونیسو و همکاران (Unnisa *et al.* 1998) نشان داده که ترکیبات شیمیایی یافت شده در آب‌های زیرزمینی، به ماهیت مواد دفن شده، قدمت لندفیل و نرخ آبشویی بستگی دارد. آب‌های آلوده ناشی از آبشویی در لندفیل‌هایی که محل دفن زباله‌های صنعتی بودند آلوده به فلزات سمی بود و مقادیر کل جامدات محلول، سختی و آهن در نواحی پایین‌دست آب‌های زیرزمینی بیشتر از مقادیر آن‌ها در محل دفن بود.

مطالعات انجام شده در محل دفن زباله در شهر ارود (Erode) نشان داده که آبشویی از مکان‌های دفن روباز به طور مستقیم آب‌های سطحی و زیرزمینی را آلوده کرده و هم‌چنین پارامترهای کیفی آب از حد مجاز عبور کرده و در نتیجه آب برای نوشیدن نامناسب است (Rajkumar *et al.* 2010).

مطالعات سانوسی (Sanusi 2013) در محل دفن زباله الوسوسون (Olusosun) نیجریه نشان داد که غلظت فلزات (Cr، Fe، Cd، Mn و Co) بالاتر از حد مجاز بوده است. قرار گرفتن به مدت طولانی در معرض این فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی، اثرات نامطلوب بیولوژیکی مانند اختلال در سیستم

عصبی، اختلال در دستگاه گوارش، عقب‌ماندگی ذهنی، اختلال در رشد و مرگ در کودکان را در پی خواهد داشت. در نتیجه آب برای شرب و مصارف خانگی ناسالم است.

مطالعات انجام شده در محل دفن زباله در ناحیه آلیموشو (Alimosho) نیجریه نشان داد که میانگین غلظت فسفات، نیترات و کروم بالاتر از حد استانداردهای کیفیت آب آشامیدنی سازمان بهداشت جهانی و نیجریه بود. همچنین علت اثرات ناچیز عملیات دفن بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی ناشی از خاک موجود در محل لندفیل (رسی و سیلتی) بوده است. از طرف دیگر عنوان شد در صورت نبود سیستم مناسب جمع‌آوری شیرابه در منطقه خطر انباشته شدن شیرابه در شالوده لندفیل و ایجاد مشکلات زیست‌محیطی وجود دارد (Longe and Balogun 2010).

در بررسی انجام شده در محل دفن زباله در اکور (Akure) نیجریه توسط الوویکانمی و تیبال (Oluwakunmi and Tebal 2012) نشان داد که تجمع فلزات سنگین بزرگترین خطر در محل دفن زباله می‌باشد. آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی بیشتر در نزدیکی محل دفن زباله است. سطح بالایی از آلودگی شیمیایی و میکروبی در آب باعث بروز انواع بیماری‌ها شده است. همچنین وجود این عوامل باعث تغییر در حاصل‌خیزی خاک منطقه شده است.

بررسی کیفی آب‌های زیرزمینی در پائین‌دست محل دفن زباله در شهر مشهد توسط پارویی و همکاران (۱۳۸۴) انجام شد. نتایج نشان داد که آب‌های زیرزمینی منطقه تحت‌تأثیر آلودگی‌های ناشی از زباله‌ها قرار گرفته به طوری که غلظت گاز سولفید هیدروژن در نمونه‌ها نسبتاً بالا می‌باشد و همچنین مقدار نیترات در تمامی نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد است.

بررسی غلظت آلاینده‌ها در شیرابه حاصله از دفن زباله در شهر ساری توسط داویجانی و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد. نتایج بیان‌گر این مطلب است که درجه آلودگی شیرابه به فلزات سنگین بسیار بالا می‌باشد. عناصر سنگینی که غلظت بالایی را در شیرابه دارند شامل آرسنیک، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، نیکل و وانادیوم هستند. همچنین غلظت برخی از عناصر کمیاب (آلومینیم و بر) نیز در شیرابه بسیار زیاد می‌باشد.

اثر انباشت زباله شهری نور و شیرابه‌های ناشی از آن بر روی اکوسیستم‌های طبیعی توسط زارع و همکاران (۱۳۹۰) مطالعه شده است. در این مطالعه مشخص شد میزان غلظت نیترات در قبل از ورود شیرابه بسیار ناچیز بوده اما بلافاصله بعد از ورود شیرابه غلظت نیترات چندین برابر حد مجاز خود شده که برای درختان جنگلی اطراف این رودخانه، مزارع شالیزار و برای ماهیانی که در این رودخانه زندگی می‌کنند بسیار خطرناک می‌باشد.

#### ۲-۴- فاضلاب شهری

فاضلاب شهری، سیال آلوده ناشی از فاضلاب خانگی است، و شامل مواد آلی نیمه‌تجزیه و تجزیه شده، مواد مغذی غیرآلی، عناصر کمیاب و فلزات سنگین از جمله کادمیم، کروم، نیکل، سرب، مس، روی، منگنز، است، که برای موجودات زنده از جمله انسان سمی هستند (Clements and Newman 2002). (جدول ۲-۲) حد مجاز غلظت آلودگی‌های قابل تخلیه فاضلاب‌ها در ایران را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۲- حد مجاز غلظت آلودگی‌های قابل تخلیه فاضلاب‌ها در ایران (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۸۰)

حد مجاز تخلیه (میلی‌گرم بر لیتر)			
عوامل آلاینده	به آب‌های سطحی	به آب‌های زیرزمینی	مصرف کشاورزی
مواد چربی و نفتی	۱۰	۱۰	۱۰
آرسنیک	۰/۱	۰/۱	۰/۱
نیترات	۵۰	۱۰	-
فسفات	۱	۱	-
سرب	۱	۱	۱
نیکل	۲	۲	۲
کادمیم	۰/۲	۰/۲	۰/۰۵
کروم	۰/۵	۱	۱
نقره	۱	۰/۱	۰/۱
کبالت	۱	۱	۰/۰۵
سیانور	۰/۵	۰/۱	۰/۱

## ۲-۵- روش‌های ورود فاضلاب به منابع آب زیرزمینی

از جمله روش‌های ورود فاضلاب به منابع آب زیرزمینی شامل:

- دفع ناگهانی فاضلاب خانگی، کشاورزی، صنعتی
- ورود ناگهانی و یا نشت از تانکرهای نگهدارنده مواد نفتی، گازوئیل، روغن‌ها و انواع مواد شیمیایی
- ورود مواد رادیواکتیو به میزان جزئی از فاضلاب صنایع خاص، اماکن تحقیقاتی، بیمارستان‌ها
- نفوذ شیرابه ناشی از دفن زباله‌ها در اعماق می‌باشد (حاصلی و مسعودی فر ۱۳۸۳).

## ۲-۶- پتریفیکاسیون

در بررسی کیفیت آب، نیتروژن و فسفر اغلب به عنوان آلاینده معرفی می‌شود. نیتروژن به شکل آمونیاک و نترات و فسفر از جمله مواد مغذی ضروری برای گیاهان هستند. اما زمانی که مقدار آن بیش از حد مجاز باشد باعث رشد بیش از حد و نامطلوب گیاهان مانند رشد و ظهور جلبک‌ها می‌شود. پتریفیکاسیون با پوششی که بر روی سطح آب رودخانه‌ها ایجاد می‌کند باعث بوی بد و در نتیجه باعث رشد جلبک سبزآبی و آزاد شدن مواد سمی (Cyanotoxins) به سیستم‌های آب می‌شود (Holdsworth 1991). علاوه بر این، پتریفیکاسیون می‌تواند باعث گرفتگی فیلتر تصفیه آب شرب و در نتیجه باعث افزایش هزینه در تصفیه آب شود (Murray et al. 2000). ورود مقدار زیادی از مواد مغذی به ویژه نترات و فسفات در رودخانه‌ها باعث پتریفیکاسیون و اثرات مرتبط با آن می‌شود (House and Denison 1997). بسیاری از مشکلات پتریفیکاسیون و بار آلی در مناطق ساحلی در سراسر جهان مربوط به تخلیه پساب فاضلاب و آزادسازی لجن فاضلاب است. عناصر شیمیایی مختلف از جمله مواد مغذی و عناصر کمیاب برای حفظ تعادل محیط‌زیستی و بیولوژیکی ضروری هستند، و این عناصر معمولاً در مقادیر کم در آب‌های طبیعی حضور دارند (Ward 1995).

افزایش غلظت مواد مغذی و آلاینده‌های بالقوه سمی باعث تغییر در کیفیت آب و منجر به مسمومیت اکوسیستم‌های آبی می‌شود (Newman and Unger 2003). مواد مغذی گیاهی و در نتیجه تولید

زیست‌توده (Biomass) بیش از حد، منجر به تجمع و افزایش ماده آلی و باعث رشد جلبک و علف‌های هرز در محیط می‌شود. چنین پدیده‌ای که به علت وقوع ورودی‌های مختلف انسانی به آب، به عنوان یتروفیکاسیون انسانی (Cultural Eutrophication) شناخته می‌شود (Reddy 2005). زمانی که فاضلاب وارد محیط‌های آبی می‌شود باعث کاهش اکسیژن محلول آب (DO) و در نتیجه اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD) در محیط بالا می‌رود (Momba *et al.* 2006).

## ۲-۷- اثرات فاضلاب بر منابع آب

در مطالعات انجام شده در دریاچه هوسینسگار (Hussainsagar) هند، نمونه‌های آب سطحی آلوده به فلزات سنگین از جمله (PTEs)، عناصر کمیاب و همچنین غلظت بالای کاتیون‌های اصلی را نشان داد که به دلیل ورود فاضلاب‌های تصفیه نشده از جمله پساب‌های صنعتی است که منبع اصلی آلودگی است. بالاتر بودن غلظت این عناصر از حد مجاز کیفیت آب را تحت تأثیر قرار داده که در نتیجه از نظر شرب غیرقابل مصرف می‌باشد (Reddy *et al.* 2012).

ارزیابی اثر پساب شهری و صنعتی در رودخانه هیندن (Hindon) قاضی‌آباد هند توسط سوتار و همکاران (Suthar *et al.* 2010) نشان داد که محدوده‌ی پارامترهای کیفی از جمله (DO، BOD، COD و TDS) چندین برابر بالاتر از حد استاندارد بوده که در نتیجه برای مصارف خانگی مناسب نیستند.

ارزیابی ژئوشیمیایی آلودگی آب‌های زیرزمینی و خاک در اثر تخلیه فاضلاب دانشگاه ایبادن (Ibadan) نیجریه نشان داد که غلظت آهن، سرب و کادمیم در آب‌های زیرزمینی بالاتر از حد استاندارد بوده و باعث به خطر افتادن سلامتی افراد شده، همچنین آنالیز همبستگی نمونه‌های خاک نشان داد که ۹۲/۲ درصد از عناصر دارای منشأ انسان‌زاد هستند (Olajojo *et al.* 2016).

بررسی آلودگی و منابع مهم آلاینده‌های آب رودخانه انگوران در استان زنجان توسط زنگنه و همکاران (۱۳۷۹) انجام شد. نتایج نشان داد که منابع مهم آلاینده در رودخانه طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۷۸، به



دلیل ورود فاضلاب‌های ۴۴ روستا و هم‌چنین پساب‌های کشاورزی و صنعتی معدن سرب و روی انگوران و شهرک مسکونی و خدماتی سرب انگوران می‌باشد.

بررسی تأثیر اراضی فاریاب و طرح‌های توسعه در خوزستان بر کیفیت آب رودخانه‌های دز و کارون توسط حسینی زارع (۱۳۸۱) انجام شد. نتایج بیانگر این مطلب است که آلاینده‌های کشاورزی، صنعتی و شهری به ترتیب حجمی حدود ۱۸۸۶، ۲۱۹ و ۱۸۱ میلیون متر مکعب پساب را در سال به رودخانه‌ها تخلیه می‌کنند. که در نتیجه از لحاظ بار آلی آلاینده‌های صنعتی در رتبه‌ی اول، شهری و کشاورزی در رتبه‌ی دوم و سوم قرار می‌گیرند.

بررسی تأثیر فاضلاب شهر مسجد سلیمان بر کیفیت آب رودخانه تمبی بر اساس شاخص کیفیت آب (WQI)، توسط قاضی زاده و همکاران (۱۳۸۴) انجام شد. نتایج نشان داد که از لحاظ شاخص کیفیت آب بالادست رودخانه که قبل از ورود فاضلاب است در گروه ۴ قرار دارد. ولی پائین‌دست رودخانه پس از تلاقی با فاضلاب مسجدسلیمان در گروه ۵ (آلودگی بسیار خطرناک) قرار گرفته است. هم‌چنین بر اساس متوسط شاخص کیفیت سالانه، بالادست رودخانه تمبی در رده متوسط و پائین‌دست رودخانه به دلیل ورود فاضلاب در رده بد قرار می‌گیرد.

## ۲-۷-۱- اثرات فصلی آلودگی فاضلاب شهری بر کیفیت آب

کومار و ردی (Kumar and Reddy 2009)، در تحقیقی به ارزیابی اثرات فصلی آلودگی فاضلاب شهری بر کیفیت آب شهری در کانال باکینگهام (Buckingham) هند، پارامترهای ( $SO_4$ , BOD,  $PO_4$ ,  $NO_3$ ), (DO, COD) را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند، که مواد مغذی نیترات و فسفات در طول فصل تابستان بالاترین غلظت و کمترین غلظت را در طول فصل زمستان به دلیل بارش و رقیق‌شدگی، در کانال‌ها دارند. نیترات، معمولاً از منابع انسانی مانند فاضلاب تصفیه نشده خانگی و پساب آن و رواناب کشاورزی مشتق شده است. منابع اصلی فسفات، مواد شوینده حاوی فسفات و فسفات موجود در فاضلاب خانگی است. با توجه به شرایط کم اکسیژن موجود در کانال در طول تابستان، تجزیه

مواد آلی توسط باکتری‌های بی‌هوازی افزایش یافته و در نتیجه غلظت سولفات را کاهش داد. بنابراین سولفات، بالاترین غلظت را در زمستان و در طول تابستان دارای کمترین غلظت بوده است. همچنین مشخص شد که ( $\text{NO}_3$ ،  $\text{PO}_4$  و  $\text{SO}_4$ ) در بالادست کاهش یافته، و در پائین‌دست کانال افزایش داشته است. تخلیه مستقیم پساب فاضلاب در جریان رودخانه به عنوان عامل اصلی افزایش اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) مشخص شده است (Akpan 2004).

در طول فصل تابستان به علت فعالیت میکروارگانیسم‌های مختلف هوازی و بی‌هوازی و با افزایش دمای آب، در نتیجه کاهش قابل توجهی در جریان آب به وجود می‌آید که باعث بروز مشکلات حادثی می‌شود. در صورت ورود حجم عظیمی از آب شیرین به صورت بارش باران باعث رقیق کردن محیط و کم شدن مواد آلی و در نتیجه منجر به کاهش اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD) در آب می‌شود (Palharya and Malvia 1988).

## ۲-۸- جمع بندی تحقیقات گذشته

یکی از مهم‌ترین تهدیدها در ارتباط با آلودگی آب‌های زیرزمینی از شیرابه‌های تولید شده در محل‌های دفن زباله است که ماهیت سمی دارند. مواد تولیدی در شیرابه می‌تواند شامل ترکیبات آلی، هیدروکربن‌های کلرینه در غلظت‌های بالا باشد، که این مواد برای آب‌های سطحی و زیرزمینی تهدیدی جدی محسوب می‌شود. تأثیر لندفیل بر کیفیت آب‌های زیرزمینی به عوامل مختلفی بستگی دارد، از جمله ترکیب ضایعات، میزان تراکم، آب و هوا و الگوی بارش در منطقه، و همچنین زمین‌شناسی و بافت خاک بستگی دارد. دفع نامناسب فاضلاب باعث ایجاد مشکلات زیادی نه تنها برای محیط‌زیست، همچنین برای انسان‌ها در سراسر جهان شده است. در طول سه دهه گذشته اثرات فاضلاب و پساب شهری، بر کیفیت آب رودخانه‌ها تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته است. ورود مقادیر زیادی مواد مغذی از جمله نیترات و فسفات باعث تخریب و اثرات مرتبط با آن شده است.

## فصل سوم: روش انجام کار

در این فصل روند انجام مطالعات صورت گرفته برای بررسی تأثیر لندفیل و فاضلاب بر کیفیت منابع آب در جنوب شرق شهر نور ارائه می‌گردد. به طور کلی مراحل انجام این تحقیق به شرح زیر است:

- مطالعات کتابخانه‌ای و مروری بر مطالعات انجام شده مرتبط با موضوع و جمع‌آوری آمار و اطلاعات و داده‌های مرتبط با موضوع مورد تحقیق در منطقه مورد مطالعه

- تهیه نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ آمل در نرم‌افزار ArcGis 10.2

- بازدید صحرایی از منطقه مورد مطالعه و شناسایی و نمونه‌برداری از چاه‌های پائین‌دست محل انباشت زباله و رودخانه‌ی حاجی‌ماهرود در دو نوبت تیر ماه و مهر ماه ۱۳۹۶

- اندازه‌گیری ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی از جمله هدایت الکتریکی و pH آب در محل نمونه‌برداری و اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی و تعیین غلظت کربن آلی کل، نیترات و کلی‌فرم کل در آزمایشگاه

- بررسی و ارزیابی پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌ها و تهیه نقشه‌های کیفی با استفاده از نرم‌افزار ArcGis 10.2

### ۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز تحقیق

اولین قدم در انجام پژوهش، جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با آن می‌باشد. برای تعیین مشخصات آب و هوایی منطقه (دما و بارش) از آمار ایستگاه هواشناسی نور و همچنین برای تعیین سطح چاه‌های

پیزومتری موجود در منطقه از آمار و اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران و سایر گزارشات موجود استفاده شده است.

### ۳-۲- تهیه نقشه پایه زمین‌شناسی

به منظور تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه از نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ آمل که توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه شده، استفاده گردید. سپس لایه‌ها و ساختارهای زمین‌شناسی موجود در این نقشه که در محدوده مورد مطالعه قرار دارند، شناسایی و در محیط ArcGis 10.2 تهیه گردید.

### ۳-۳- نمونه‌برداری از رودخانه حاجی‌ماهرود و چاه‌های منطقه

برای بررسی ویژگی‌های کیفی آب در منطقه مورد مطالعه، در طی بازدید اولیه در تیرماه ۱۳۹۶، محل دقیق چاه‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رودخانه حاجی‌ماهرود مشخص گردید. در نهایت تعداد ۸ ایستگاه شامل ۶ حلقه چاه در پائین‌دست لندفیل و ۲ ایستگاه در بالادست و پائین‌دست رودخانه تعیین شد. در بازدید اولیه در تیرماه ۱۳۹۶ برای برداشت نمونه‌های آب به منظور اندازه‌گیری یون‌های اصلی از بطری ۵۰۰ میلی‌لیتری پلی‌اتلین استفاده شد.

در نوبت دوم بازدید در مهرماه ۱۳۹۶ به منظور اندازه‌گیری نیترات، کلی‌فرم کل و کربن آلی کل از بطری‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری پلی‌اتلین استفاده شد. برای به حداقل رساندن خطای آزمایش نمونه‌ها تا زمان آنالیز در بسته‌بندی‌های تیره و در یخچال نگهداری شدند. شکل (۱-۳) موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

### ۳-۴- اندازه‌گیری‌های انجام شده

به منظور بررسی کیفیت منابع آب در جنوب‌شرق شهر نور، پارامترهای هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند.

و نمونه‌های برداشت شده برای اندازه‌گیری غلظت یون‌های اصلی، نیترات، کربن آلی کل و کلی فرم کل به آزمایشگاه منتقل شدند.

### ۳-۴-۱- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه‌برداری

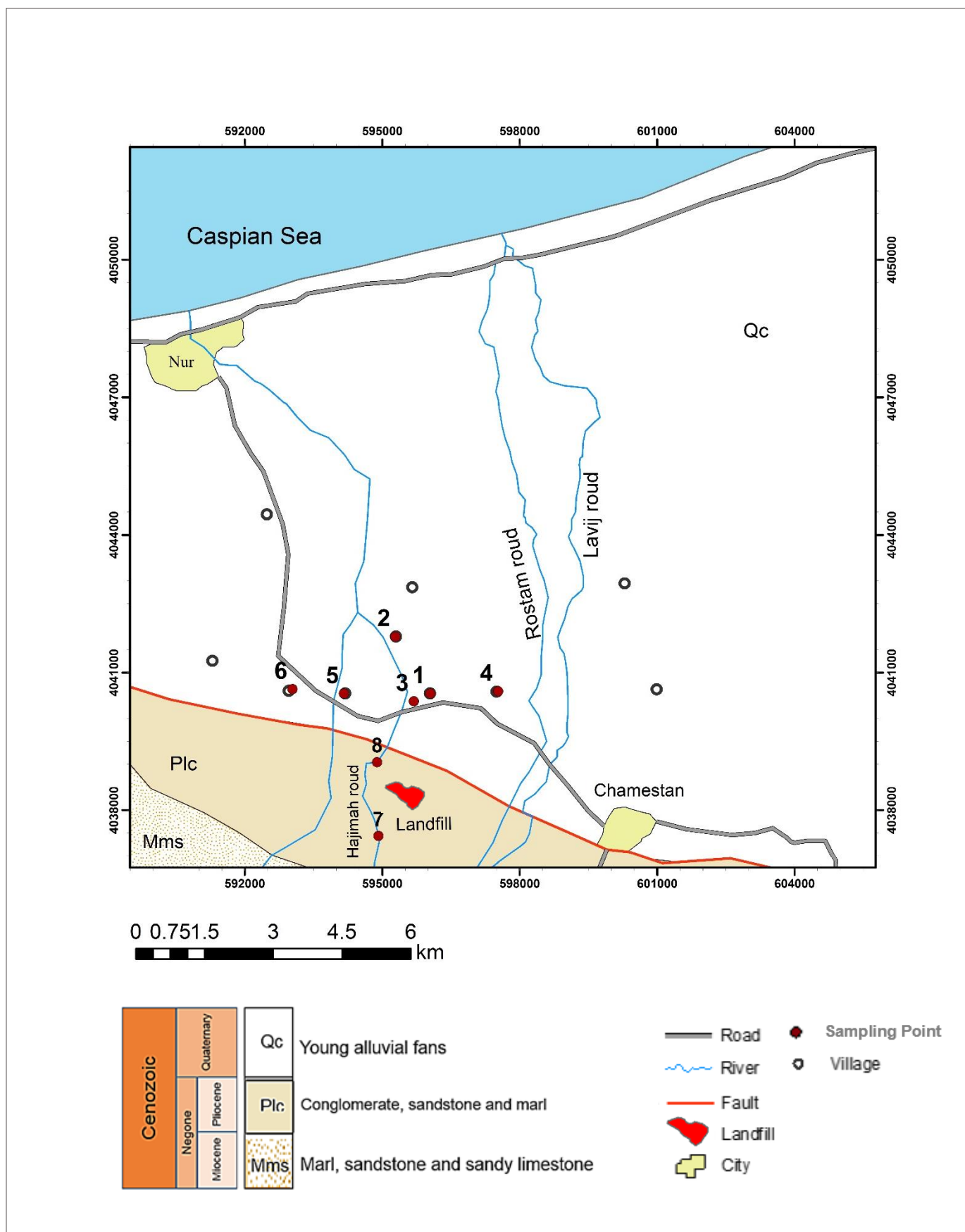
پارامتر هدایت الکتریکی (EC) با استفاده از دستگاه EC متر قابل حمل (مدل HI 8633) با دقت ۰/۰۱ میکروموس بر سانتی متر هم‌زمان با نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. هم‌چنین pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر (مدل AZ interface-8601) با دقت ۰/۰۱ در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری گردید.

### ۳-۴-۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه

در جدول (۳-۱) روش‌های اندازه‌گیری غلظت یون‌های اصلی، نیترات، کلی فرم کل و کربن آلی کل به طور خلاصه ارائه شده است.

جدول ۳-۱- روش‌های اندازه‌گیری پارامترها در آزمایشگاه

ردیف	پارامتر	روش اندازه‌گیری
۱	نیترات	اسپکتروفتومتری
۲	کلی فرم کل	تخمیر چند لوله‌ای
۳	کلر	تیتراسیون
۴	بیکربنات	تیتراسیون
۵	سولفات	اسپکتروفتومتری
۶	کلسیم	تیتراسیون
۷	منیزیم	تیتراسیون
۸	سدیم	نورسنجی شعله‌ای
۹	پتاسم	نورسنجی شعله‌ای
۱۰	کربن آلی کل	اسپکتروفتومتری



شکل ۳-۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه

### ۳-۵- بررسی هیدروژئولوژیکی منطقه

با استفاده از نقشه هم‌پتانسیل، هیدروگراف واحد دشت و بررسی تراوایی آبرفت‌های منطقه، جهت جریان آب زیرزمینی، محل تغذیه و تخلیه در منطقه، تغییرات سطح آب زیرزمینی و تغییرات گرادپان هیدرولیکی آبخوان در منطقه مورد بررسی قرار گرفت.

#### ۳-۵-۱- نقشه هم‌پتانسیل

برای تهیه نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی از داده‌های چاه‌های پیژومتری موجود در منطقه استفاده شد. برای این منظور از داده‌های سطح آب ۱۴ پیژومتر در بهمن ماه ۱۳۹۱ استفاده شده است. لازم به ذکر است که سطح آب پیژومترها با کسر نمودن عمق سطح آب پیژومترها از ارتفاع دهانه پیژومترها محاسبه شده است.

#### ۳-۵-۲- هیدروگراف واحد دشت

هدف اصلی از تهیه هیدروگراف واحد دشت، بدست آوردن دید کلی از روند تغییرات سطح آب زیرزمینی در طول زمان است. به منظور تهیه هیدروگراف واحد دشت از اطلاعات پیژومترها برای یک دوره آماری ۲۵ ساله (از سال آبی ۷۱-۷۲ تا سال آبی ۹۵-۹۶) استفاده شده است. لازم به ذکر است که برای محاسبه ارتفاع متوسط سطح آب در دشت از روش میانگین وزنی (روش تیسن) استفاده شده است.

#### ۳-۵-۳- بررسی تراوایی آبرفت‌های منطقه

به منظور بررسی تراوایی آبرفت‌های منطقه، از لاگ حفاری مربوط به چاه آبفای شهری نور استفاده شده است. تراوایی آبخوان یکی از معیارهای بسیار مهم در بحث انتقال آب و همچنین انتقال آلاینده‌ها می‌باشد. در صورتی که تراوایی آبخوان بالا باشد باعث انتقال سریع آلاینده‌های محلول از منابع آلاینده به منابع آب پائین‌دست خواهد شد.

### ۳-۶- ترسیم نمودارهای کیفی

به منظور بررسی نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی آب، نمودارهای کیفی مختلفی وجود دارد. از جمله این نمودارها شامل نمودار پاپیر، استیف و شولر می‌باشند که بر اساس توصیف میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها طبقه‌بندی می‌شوند و وضعیت هیدروژن‌شیمیایی آب‌های موجود در منطقه مشخص و تفسیر می‌شود (Freeze and Cherry 1979).

### ۳-۷- پارامترهای محاسبه شده

با توجه به نتایج آنالیزهای شیمیایی، مواردی از قبیل درصد خطای آزمایش، سختی کل، قلیائیت، درصد سدیم، شاخص شوری و شاخص اشباع محاسبه شده‌اند.

### الف- محاسبه درصد خطای آزمایش

برای محاسبه درصد خطای آزمایش از معادله زیر استفاده می‌شود (Hounslow 1995):

$$\text{درصد خطای آزمایش} = \frac{\sum cation - \sum Anion}{\sum cation + \sum Anion} \times 100 \quad \text{معادله (۱-۳)}$$

در این معادله غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر است. در صورتی که خطای آزمایش کمتر از ۵ درصد باشد آزمایش قابل قبول است.

### ب- سختی کل

برای تعیین مناسب بودن آب‌های زیرزمینی از نظر مصارف خانگی و صنعتی، سختی شاخص مهمی است. از جمله اثرات نامطلوب سختی آب، مصرف بیشتر مواد شوینده و ایجاد رسوب در دیگ‌های بخار می‌شود. از طرفی مصرف آب‌های سخت به دلیل وجود کلسیم و منیزیم، مرگ‌های ناگهانی ناشی از امراض قلبی و عروقی را کاهش می‌دهد (Schroeder 1960). در صورتی که غلظت کلسیم و منیزیم بر



حسب میلی‌اکی‌والان باشد، سختی کل (Todd 1980, Hem 1985, Ragnath 1987)، از طریق معادله‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{TH} = 2.5[\text{Ca}] + 4.1[\text{Mg}] \quad \text{معادله (۲-۳)}$$

که TH، سختی کل بر حسب میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم و غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم بر لیتر است.

### ج- قلیائیت

قلیائیت آب‌های مورد مطالعه از معادله زیر محاسبه شده است:

$$\text{Alkalinity}_{(mg/l)} = [\text{HCO}_3^-]_{(mg/l)} \quad \text{معادله (۳-۳)}$$

### د- درصد سدیم

مناسب بودن آب‌های زیرزمینی برای آبیاری بستگی به ترکیب شیمیایی آب و تأثیر آن بر گیاهان و خاک دارد. درصد سدیم با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید. غلظت‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد:

$$\text{Na}\% = \frac{\text{Na}^+}{(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})} \times 100 \quad \text{معادله (۴-۳)}$$

### ه- شاخص شوری

شاخص شوری (Salinity index) نمونه‌های آب با استفاده از هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده طبقه‌بندی می‌شود. این شاخص نشان‌دهنده‌ی مناسب یا نامناسب بودن آب از نظر آبیاری می‌باشد (Handa 1969).

## و- شاخص اشباع

شاخص اشباع (SI) برای کانی‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار Phreeqc محاسبه شده است. اگر SI برابر با صفر باشد آب نسبت به کانی مورد نظر حالت اشباع دارد یا در تعادل است در نتیجه به طور مستقیم بر روی ترکیب آب تأثیرگذار است. در صورتی که SI مثبت باشد نشان‌دهنده فوق اشباع بودن آب نسبت به کانی مورد نظر و در نتیجه تمایل به ته‌نشینی دارد. در صورت منفی بودن SI، نشان‌دهنده تحت اشباع بودن آب نسبت به کانی مورد نظر و تمایل به انحلال دارد.

## ۳-۸- نرم‌افزارها

از نرم‌افزار (ArcGIS 10.2) برای ترسیم نقشه زمین‌شناسی منطقه و همچنین برای نشان دادن پراکندگی مکانی پارامترهای اندازه‌گیری شده در آب‌های زیرزمینی استفاده شد. برای ترسیم نمودارهای کیفی از نرم‌افزار (RockWare.AqQA.v1.1.5.1)، همچنین برای رسم نمودار شاخص اشباع از نرم‌افزار (Phreeqc-2.15.0) استفاده گردید.

## فصل چهارم: ارزیابی تأثیر لندفیل و حوضچه‌های فاضلاب بر کیفیت

### منابع آب در جنوب شرق نور

به منظور بررسی تأثیر لندفیل و حوضچه‌های فاضلاب منطقه نور بر کیفیت منابع آب در منطقه، ابتدا بررسی‌های هیدروژئولوژیکی انجام شده است. سپس وضعیت هیدروژئوشیمیایی منابع آب زیرزمینی و سطحی مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت، تأثیر لندفیل و حوضچه‌های فاضلاب منطقه نور بر کیفیت منابع آب در منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

#### ۴-۱- بررسی‌های هیدروژئولوژیکی منطقه

در این قسمت، نقشه هم‌پتانسیل آبخوان، هیدروگراف واحد دشت و تراوایی آب‌رفت‌های منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

#### ۴-۱-۱- نقشه هم‌پتانسیل منطقه

برای تعیین جهت جریان و تغییرات سطح آب زیرزمینی از نقشه هم‌تراز در دوره‌های زمانی مختلف استفاده می‌شود. نقشه تراز آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های سطح آب پیژومترهای منطقه در بهمن ماه سال ۱۳۹۱ تهیه شد (شکل ۴-۱). بر اساس نقشه تراز آب‌های زیرزمینی حداکثر رقوم تراز در حاشیه جنوبی منطقه حدود ۶۰ متر در منطقه چمستان و حداقل رقوم تراز آب زیرزمینی حدود ۲۲- متر در نزدیکی خط ساحلی شهر نور است. در نتیجه جهت جریان آب زیرزمینی از سمت جنوب به سمت شمال (دریا) می‌باشد.

همانطور که در شکل (۴ - ۱) ملاحظه می‌شود در بخش‌های جنوبی منطقه (به ویژه اطراف چمستان) گرادیان هیدرولیکی نسبت به سایر نواحی آبخوان متوسط می‌باشد به این ترتیب گرادیان هیدرولیکی در این منطقه حدود ۰/۰۰۷۷ می‌باشد. لازم به ذکر است که به دلیل پرشیب بودن منطقه و در نتیجه پرشیب بودن سنگ کف آبخوان، گرادیان هیدرولیکی اندکی نسبت به دانه‌بندی درشت منطقه زیاد شده است.

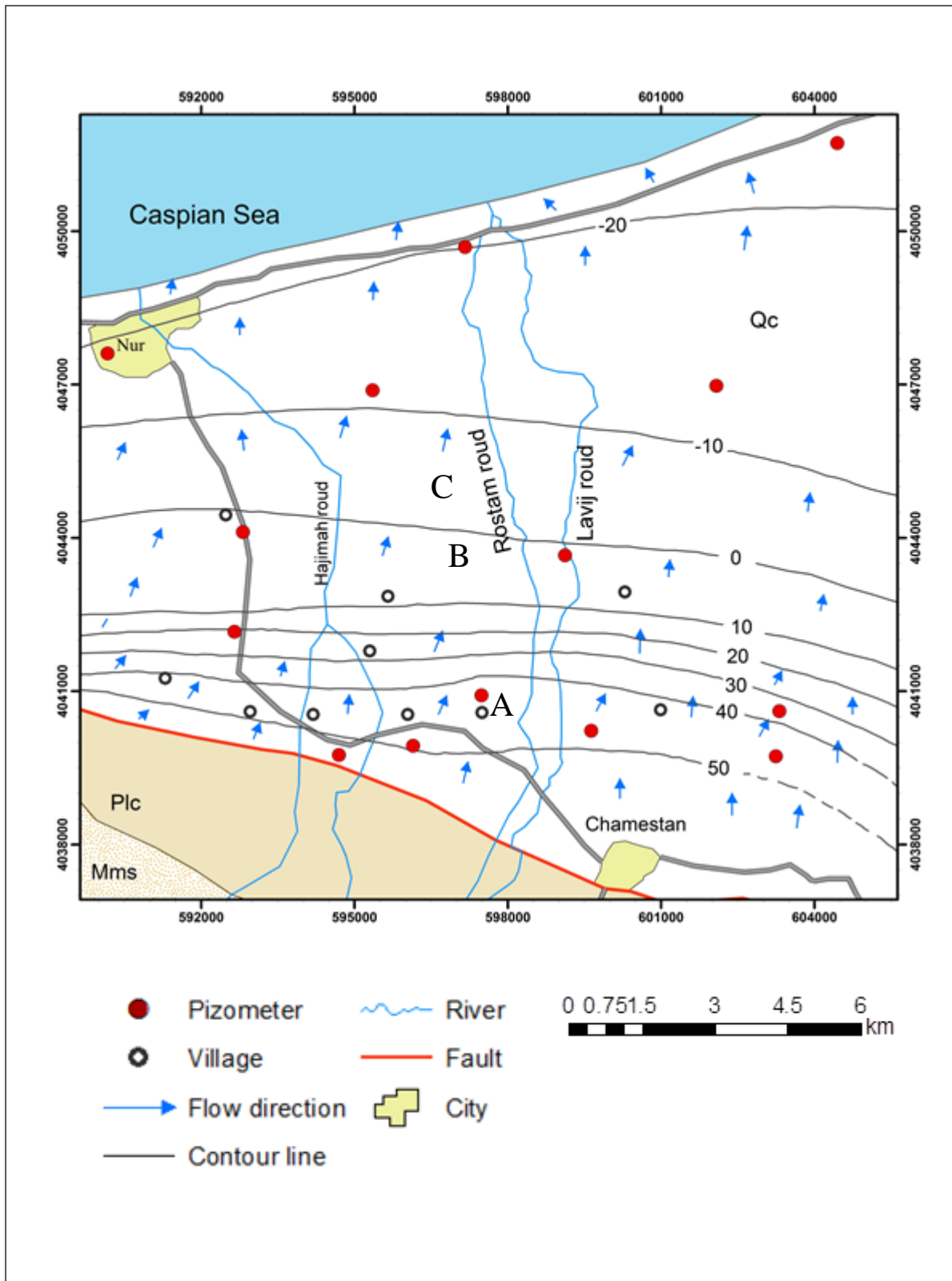
در بخش مرکزی به دلیل تمرکز روستاها و برداشت زیاد از آب‌های زیرزمینی و افت شدید سطح آب زیرزمینی، موجب شده است که گرادیان هیدرولیکی در این ناحیه به شدت افزایش پیدا کند، به این ترتیب که در این منطقه گرادیان هیدرولیکی به حدود ۰/۰۲۳ رسیده است.

در بخش‌های شمالی آبخوان (منطقه C) به علت کاهش جریان آب زیرزمینی (در اثر برداشت در منطقه قبلی یا منطقه B)، علیرغم پائین بودن نسبی هدایت هیدرولیکی رسوبات تشکیل‌دهنده آبخوان، گرادیان هیدرولیکی به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. به این ترتیب که در این منطقه گرادیان هیدرولیکی به حدود ۰/۰۰۴۵ کاهش یافته است. به عبارت دیگر، به علت کاهش شدید جریان آب زیرزمینی، گرادیان هیدرولیکی (در پائین دست دشت یا منطقه C) حدود ۲۰ درصد مقدار آن در بخش مرکزی (منطقه B) است.

باتوجه به این که جهت جریان از سمت محل انباشت زباله‌ها (تغذیه) به سمت پائین دست (تخلیه) می‌باشد در نتیجه باعث انتقال آلودگی ناشی از شیرابه حاصله از محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن به منابع آب زیرزمینی در پائین دست می‌شود.

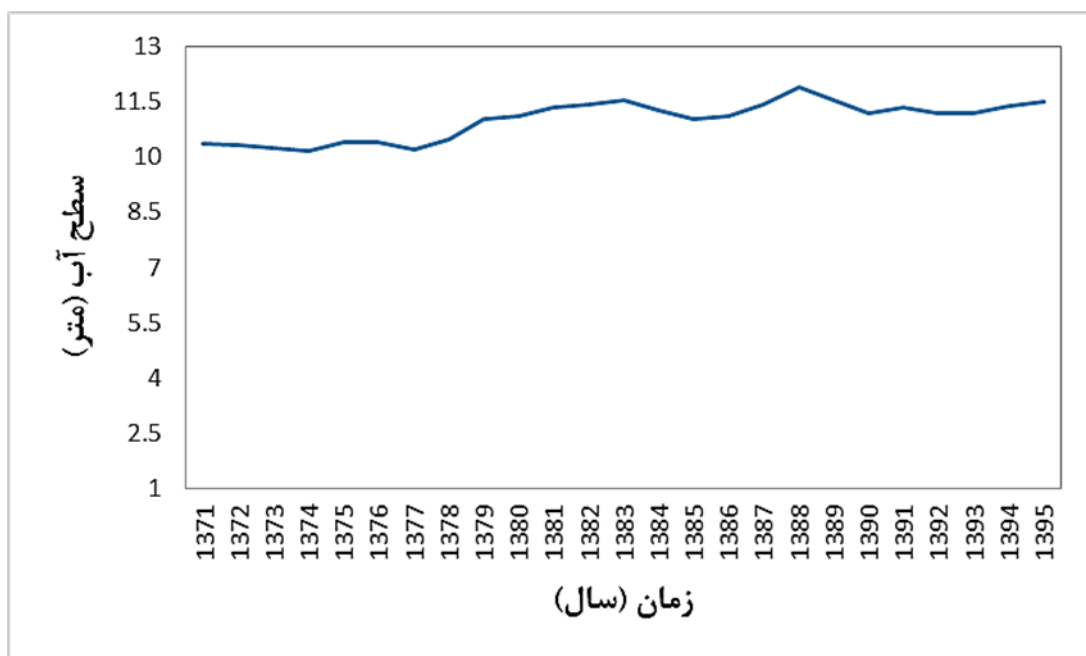
#### ۴-۱-۲- هیدروگراف واحد دشت در منطقه

بر اساس اطلاعات چاه‌های پیژومتری از سال (۱۳۹۵-۱۳۷۱)، هیدروگراف واحد مربوط به میانگین سطح آب سالانه محاسبه و ترسیم شد. با توجه به شکل (۴-۲) در طول این ۲۵ سال سطح آب‌های زیرزمینی



شکل ۴-۱- نقشه خطوط هم‌پتانسیل منطقه مورد مطالعه در بهمن ماه ۱۳۹۱

در منطقه افزایشی حدود ۱/۱۶ متر داشته است. هم‌چنین ملاحظه می‌شود در دوره ده ساله اول (۸۱) - (۱۳۷۱) سطح آب زیرزمینی در منطقه حدود ۱ متر افزایش یافته است. اما در دوره ده ساله دوم (۹۱) - (۱۳۸۱) افتی برابر با ۰/۰۲ متر مشاهده می‌شود، که می‌تواند به دلیل برداشت بی‌رویه از چاه‌های بهره‌برداری و یا کاهش بارندگی در منطقه باشد. در هر حال، سطح آب زیرزمینی در ۲۵ سال گذشته روند افزایش تدریجی داشته است. بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه موجب افزایش انتقال آلودگی ناشی از محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن به منابع آب زیرزمینی می‌شود.

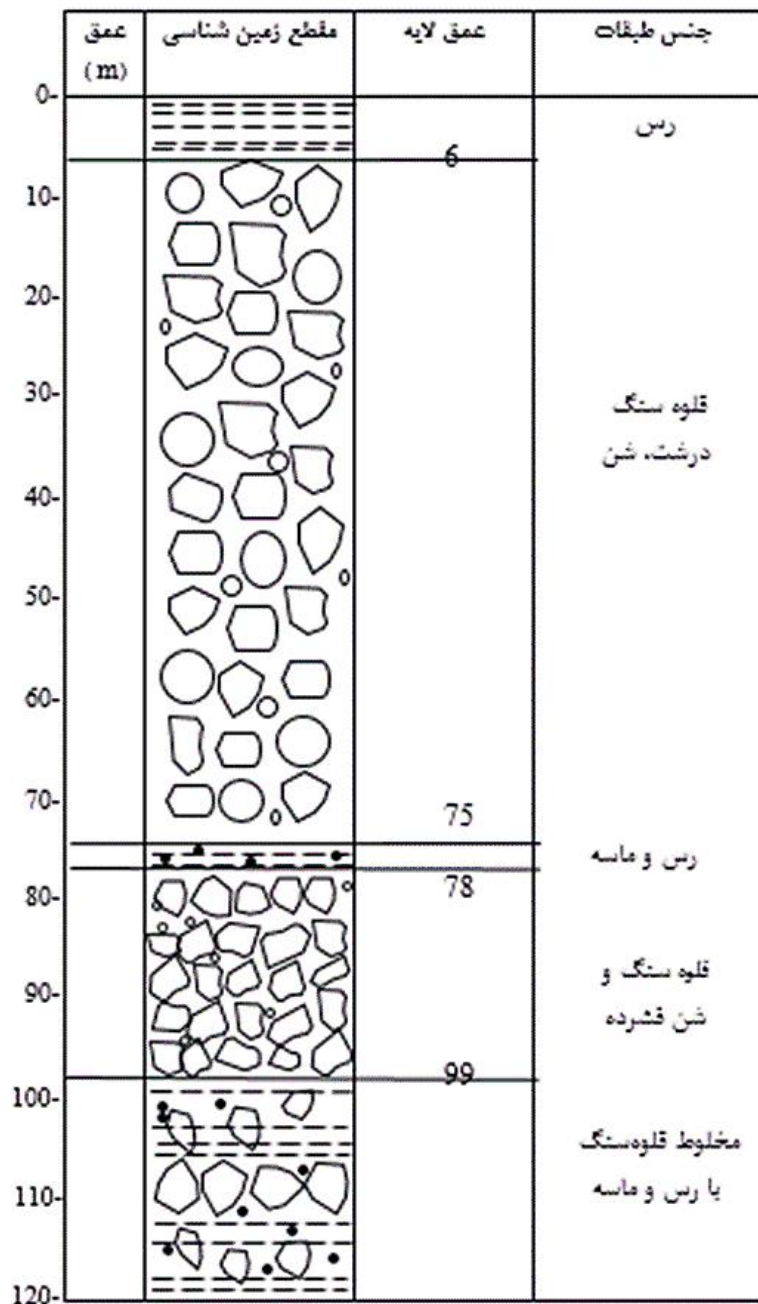


شکل ۴-۲- هیدروگراف واحد دشت در منطقه مورد مطالعه از سال آبی ۷۱-۷۲ تا سال آبی ۹۵-۹۶

#### ۴-۱-۳- بررسی و تفسیر بافت آبرفتی منطقه

به استثنای چند متر سطحی خاک (حدوداً ۴-۵ متر اولیه) که تحت تأثیر کشاورزی و کودهای حیوانی بافت خاک نسبتاً دانه‌ریز شده است، تقریباً عمده ستون آبرفتی منطقه از رسوبات دانه درشت (شامل قلوه‌سنگ، شن و ماسه) تشکیل شده است که به صورت ناهمگن ممکن است، میان لایه‌های دانه‌ریزی

هم بین آنها وجود داشته باشد. درشت دانه بودن آبرفت‌های منطقه بیانگر بالا بودن تراوایی و ظرفیت ذخیره‌سازی آبخوان در منطقه است. شکل (۳-۴) لاگ حفاری مربوط به چاه آبفای شهری نور است که ستون آبرفتی منطقه را نشان می‌دهد. تراوایی بالا در چاه‌های منطقه در نتیجه باعث انتقال آلودگی ناشی از محل انباشت زباله و تخلیه غیربهداشتی فاضلاب در منطقه بر منابع آب پائین دست می‌شود.



شکل ۳-۴- لاگ حفاری مربوط به چاه آبفای شهری نور

#### ۲-۴- بررسی هیدروژئوشیمی منابع آب

به منظور بررسی ویژگی‌های هیدروشیمیایی منابع آب در منطقه، در تیر ماه ۱۳۹۶ از ۶ حلقه چاه‌های پائین دست محل انباشت زباله و ۲ ایستگاه در بالادست و پائین دست رودخانه حاجی‌ماهرود نمونه‌برداری به عمل آمد. پارامترهای هدایت الکتریکی و pH در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند (جدول ۴-۱ و ۴-۲). و سپس نمونه‌ها جهت تعیین غلظت یون‌های اصلی به آزمایشگاه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی دانشگاه صنعتی شاهرود منتقل شدند. در ابتدا به بررسی پارامترهای کیفی آب و سپس نمودارهای کیفی آب پرداخته می‌شود.

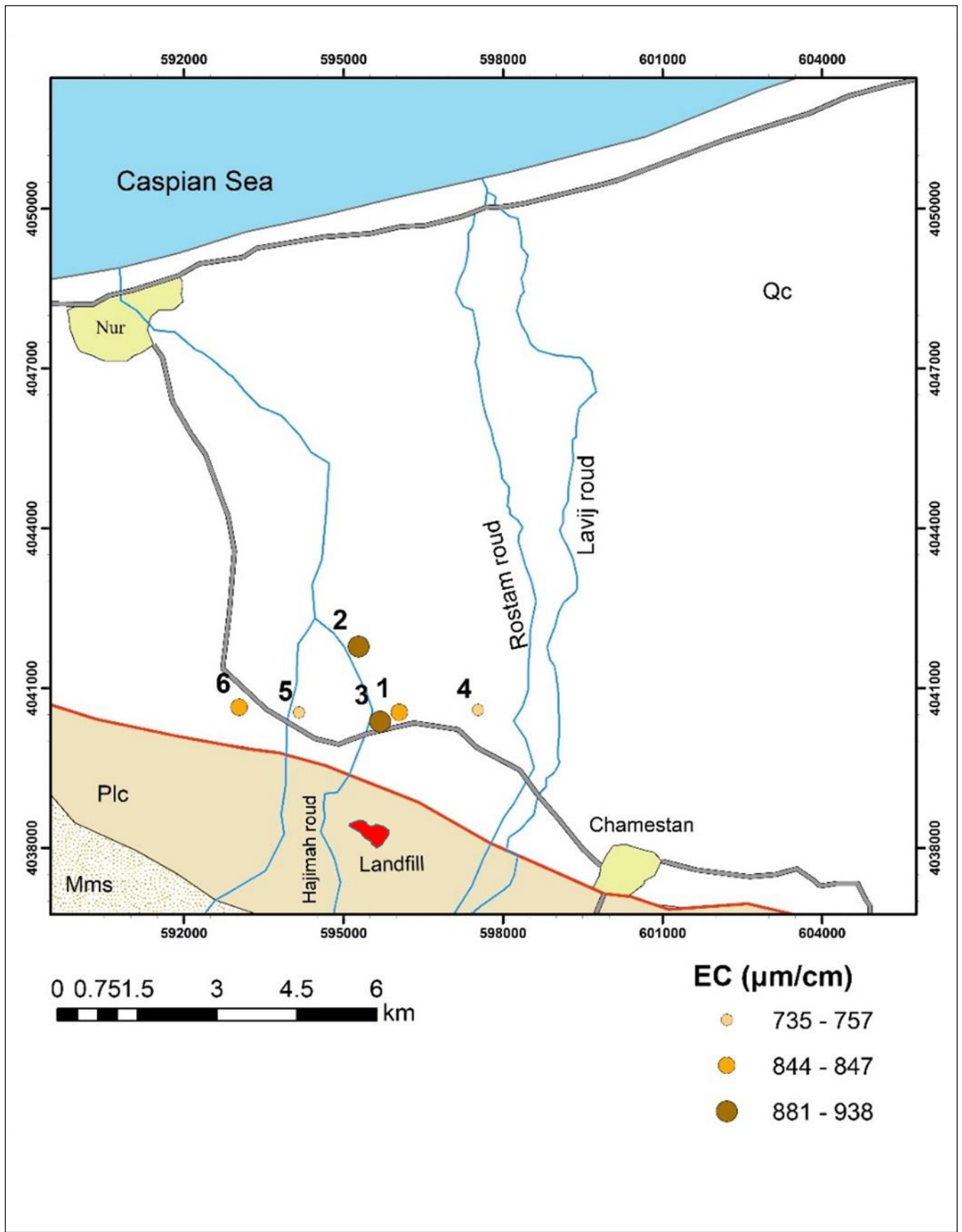
#### ۴-۲-۱- هدایت الکتریکی

به منظور بررسی تغییرات هدایت الکتریکی، نقشه تغییرات مکانی هدایت الکتریکی در تیرماه ۱۳۹۶ برای آب‌های سطحی و زیرزمینی ترسیم گردید. شکل (۴-۴)، تغییرات مکانی هدایت الکتریکی مربوط به چاه‌های پائین دست لندفیل را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مذکور ملاحظه می‌شود که مقدار هدایت الکتریکی در چاه مربوط به کاردگرکلا ۹۳۸ میکروموس بر سانتی‌متر است که بالاترین مقدار هدایت الکتریکی را در منطقه نشان می‌دهد. در مورد مقادیر هدایت الکتریکی در رودخانه حاجی‌ماهرود ملاحظه می‌شود که از بالادست به پائین دست مقدار هدایت الکتریکی تغییر چندانی را نشان نمی‌دهد.

جدول ۴-۱- مقدار هدایت الکتریکی در منابع آب زیرزمینی و سطحی منطقه مورد مطالعه

نوع منبع آبی	نام ایستگاه	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)
آب‌های زیرزمینی (چاه)	۱- نصرت آباد	۸۴۷
	۲- کاردگرکلا	۹۳۸
	۳- بلوک‌زنی	۸۸۱
	۴- مرداب	۷۳۵
	۵- ایزدخورده	۷۵۷
	۶- سرکاج	۸۴۴
آب‌های سطحی (رودخانه حاجی‌ماهرود)	۱- بالادست	۳۵۰
	۲- پائین دست	۳۵۷





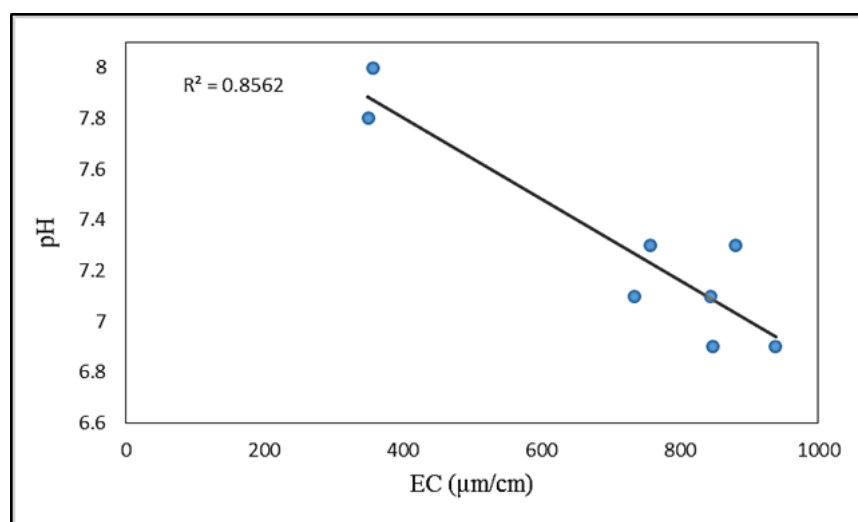
شکل ۴-۴- نقشه پراکندگی هدایت الکتریکی در چاه‌های پایین‌دست

## ۴-۲-۲- pH

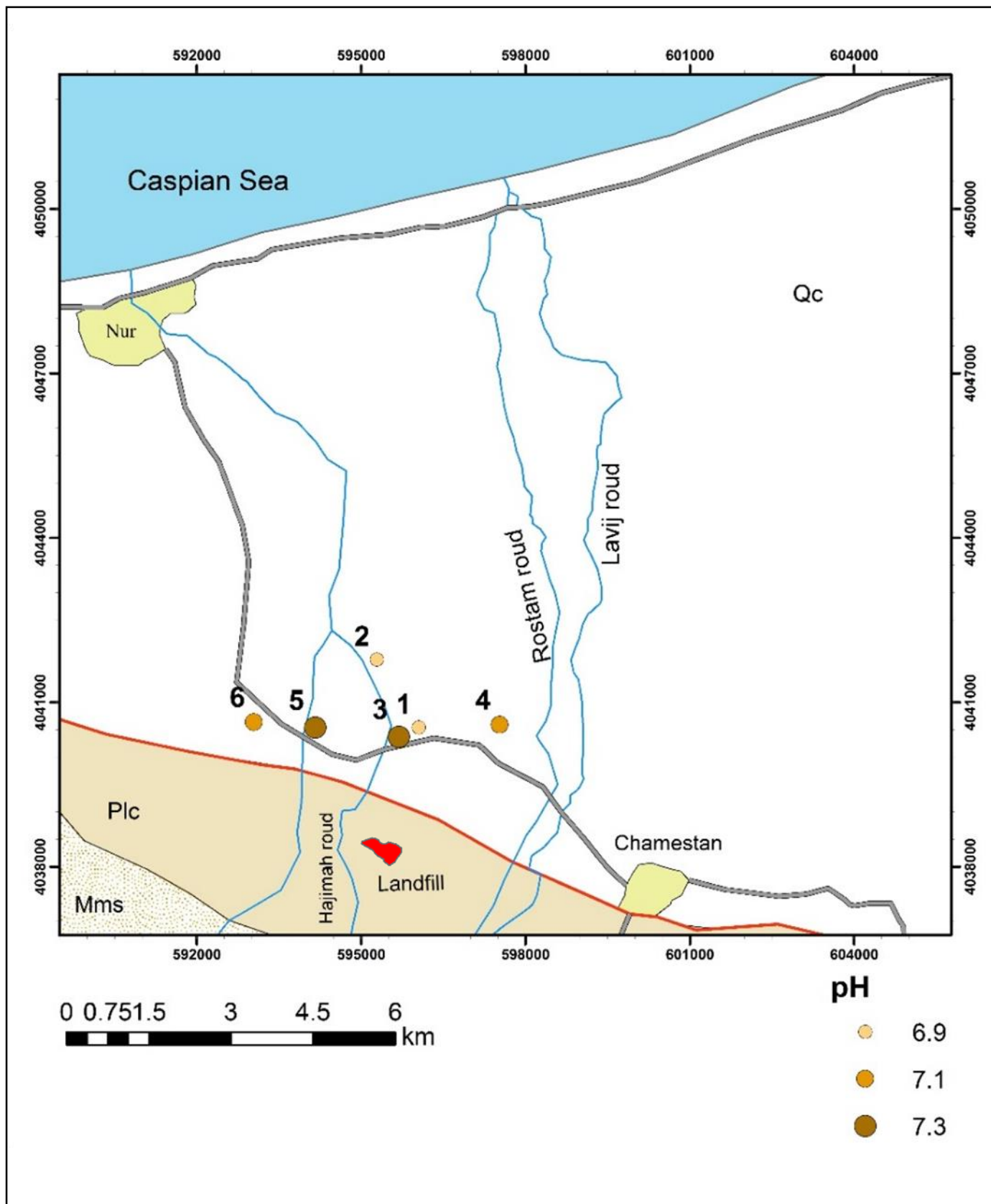
در (جدول ۴-۲) مقادیر pH نمونه‌های ارائه شده است. شکل (۴-۵) تغییرات مکانی pH مربوط به چاه‌های پائین‌دست را نشان می‌دهد. مقدار pH در چاه‌ها از ۶/۹ تا ۷/۳ متغیر است. با توجه به استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO 2011) محدوده مجاز pH در آب برابر با ۶/۵-۸/۵ می‌باشد. تغییرات pH در رودخانه از بالادست به پائین‌دست به ترتیب ۷/۸ و ۸ می‌باشد. در نتیجه مقدار pH در تمامی نمونه‌ها در محدوده مجاز قرار دارد. شکل (۴-۵) رابطه بین هدایت الکتریکی و pH را در نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۴-۲- مقدار pH در منابع آب زیرزمینی و سطحی منطقه‌ی مورد مطالعه

pH	نام ایستگاه	نوع منبع آبی
۶/۹	۱- نصرت آباد	آب‌های زیرزمینی (چاه)
۶/۹	۲- کاردگرکلا	
۷/۳	۳- بلوک‌زنی	
۷/۱	۴- مرداب	
۷/۳	۵- ایزدخورده	
۷/۱	۶- سرکاج	
۷/۸	۱- بالادست	آب‌های سطحی (رودخانه حاجی‌ماهرود)
۸	۲- پائین‌دست	



شکل ۴-۵- رابطه هدایت الکتریکی و pH در نمونه‌های مورد مطالعه



شکل ۴-۶- نقشه پراکنندگی مقادیر pH در چاه‌های پائین‌دست

### ۴-۲-۳- تغییرات غلظت یون‌های اصلی

مقادیر اندازه‌گیری شده یون‌های اصلی و مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌ها و درصد خطا در (جدول ۴-۳ و ۴-۴) به ترتیب بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر و میلی‌گرم بر لیتر ارائه شده است. هم‌چنین رابطه خطی بین غلظت یون‌های اصلی و هدایت الکتریکی در شکل‌های (۴-۱۴ تا ۴-۱۹) ارائه شده است.

جدول ۴-۳- غلظت یون‌های اصلی بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر

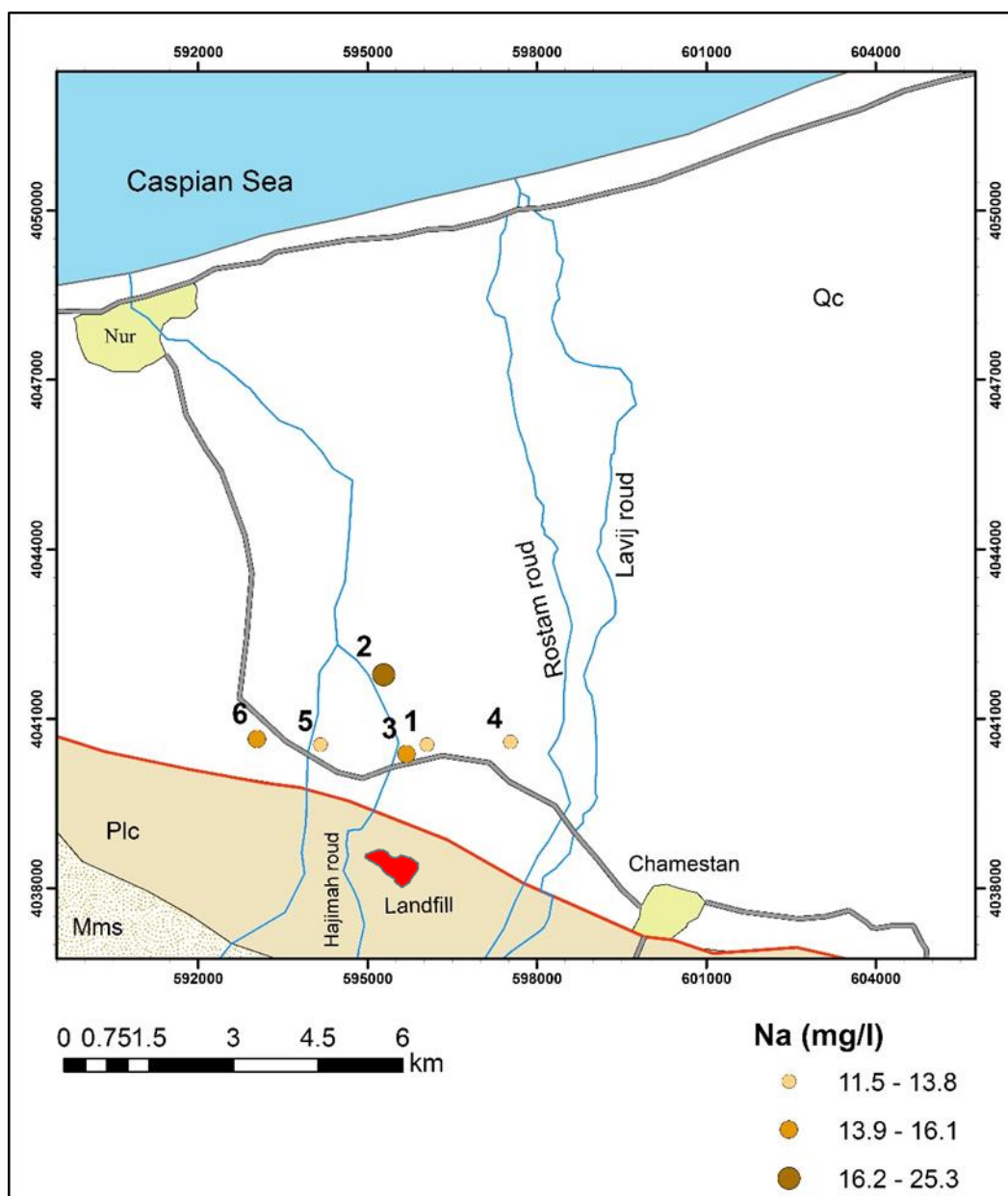
شماره نمونه	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	مجموع کاتیون‌ها	مجموع آنیون‌ها	درصد خطا
S <sub>1</sub>	۷/۴	۳/۱	۰/۶	۰/۰۴	۱۰/۲	۱/۰۴	۱	۱۱/۱۴	۱۲/۲۴	۴/۷
S <sub>2</sub>	۸/۲	۲/۸	۱/۱	۰/۰۲	۱۰/۲	۱/۰۲	۲/۲	۱۴/۲۵	۱۳/۴۲	۲/۹
S <sub>3</sub>	۷/۵	۲/۳	۰/۷	۰/۰۷	۱۰/۲	۱/۳۹	۱/۲	۱۱/۶۱	۱۲/۷۹	۴/۸
S <sub>4</sub>	۷/۶	۲/۱	۰/۵	۰/۰۴	۸/۳	۰/۹۵	۰/۶	۱۰/۲۴	۹/۸۵	۱/۹
S <sub>5</sub>	۶/۴	۳/۲	۰/۶	۰/۰۳	۹/۲	۰/۹۵	۱	۱۰/۲۳	۱۱/۱۵	۴/۷
S <sub>6</sub>	۶/۵	۳/۱	۰/۷	۰/۱۹	۹/۲	۱/۰۸	۱/۳	۱۰/۴۹	۱۱/۵۸	۴/۹
S <sub>7</sub>	۶/۲	۰/۹	۰/۲	۰/۰۲	۵/۸	۰/۶۴	۰/۵	۷/۳۲	۶/۹۴	۲/۶
S <sub>8</sub>	۶	۰/۶	۰/۲	۰/۰۳	۴/۷	۰/۷۸	۰/۷	۶/۸۳	۶/۱۸	۴/۹

جدول ۴-۴- غلظت یون‌های اصلی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر

شماره نمونه	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
S <sub>1</sub>	۱۴۸	۳۷/۲	۱۳/۸	۱/۵۶	۶۲۲/۲	۴۹/۹۲	۳۵
S <sub>2</sub>	۱۶۴	۳۳/۶	۲۵/۳	۰/۷۸	۶۲۲/۲	۴۸/۹۶	۷۷
S <sub>3</sub>	۱۵۰	۲۷/۶	۱۶/۱	۲/۷۳	۶۲۲/۲	۶۶/۷۲	۴۲
S <sub>4</sub>	۱۵۲	۲۵/۲	۱۱/۵	۱/۵۶	۵۰۶/۳	۴۵/۶	۲۱
S <sub>5</sub>	۱۲۸	۳۸/۴	۱۳/۸	۱/۱۷	۵۶۱/۲	۴۵/۶	۳۵
S <sub>6</sub>	۱۳۰	۳۷/۲	۱۶/۱	۷/۴۱	۵۶۱/۲	۵۱/۸۴	۴۵/۵
S <sub>7</sub>	۱۲۴	۱۰/۸	۴/۶	۰/۷۸	۳۵۳/۸	۳۰/۷۲	۱۷/۵
S <sub>8</sub>	۱۲۰	۷/۲	۴/۶	۱/۱۷	۲۸۶/۷	۳۷/۴۴	۲۴/۵

## الف - سدیم

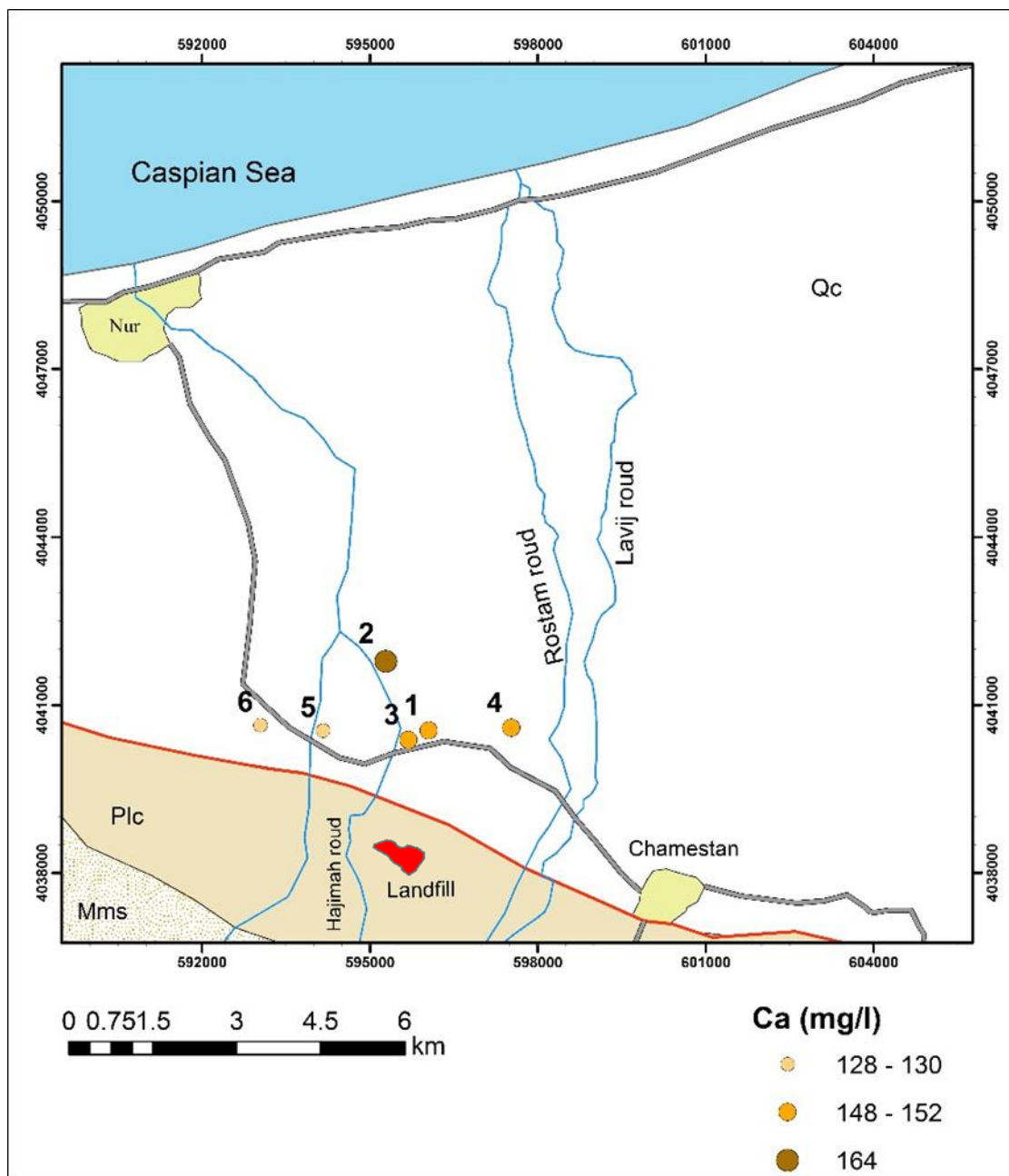
تغییرات مکانی سدیم در رودخانه حاجی ماهرود از بالادست به پائین دست ۴/۶ میلی گرم بر لیتر بوده است (جدول ۴-۴). در نتیجه غلظت سدیم در رودخانه به طور نسبی ثابت بوده و تغییری نداشته است. تغییرات مکانی سدیم در چاه‌های پائین دست از ۱۱/۵ میلی گرم بر لیتر تا ۲۵/۳ میلی گرم بر لیتر متغیر است شکل (۴-۷).



شکل ۴-۷- نقشه پراکندگی سدیم در چاه‌های پائین دست

## ب- کلسیم

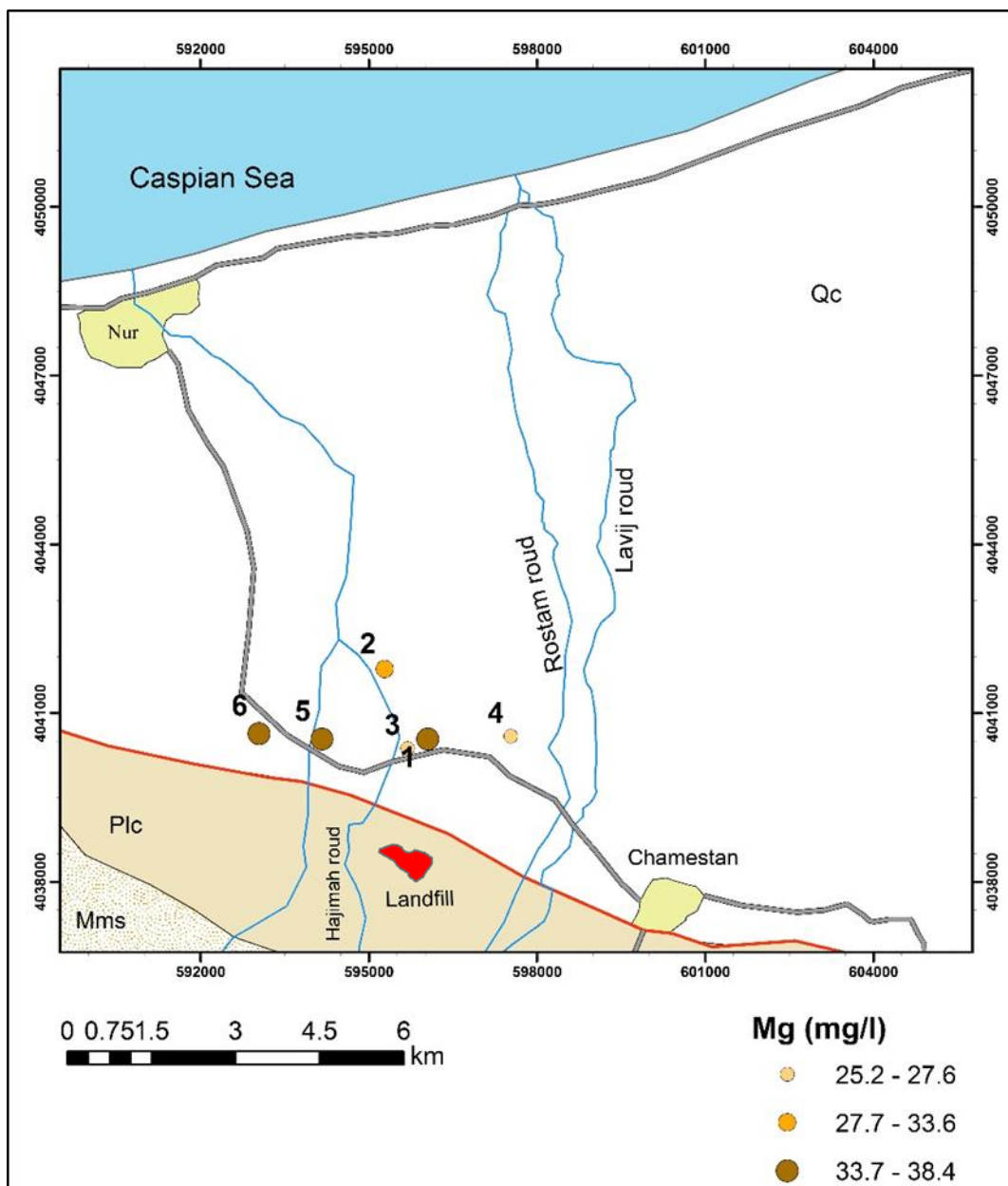
تغییرات کلسیم در رودخانه حاجی ماهرود از بالادست به پائین دست به ترتیب ۱۲۴ و ۱۲۰ میلی گرم بر لیتر بوده است (جدول ۴-۴). و تغییرات مکانی کلسیم در چاه‌های پائین دست از ۱۲۸ میلی گرم بر لیتر تا ۱۶۴ میلی گرم بر لیتر متغیر است (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸- نقشه پراکنده کلسیم در چاه‌های پائین دست

### ج- منیزیم

تغییرات منیزیم در رودخانه‌ی حاجی‌ماهرود از بالادست به پائین‌دست به ترتیب  $10/8$  و  $7/2$  میلی‌گرم بر لیتر بوده است (جدول ۴-۴). و تغییرات مکانی منیزیم در چاه‌های پائین‌دست از  $25/2$  میلی‌گرم بر لیتر در چاه مربوط به مرداب تا  $38/4$  میلی‌گرم بر لیتر در چاه مربوط به ایزدخورده متغیر است (شکل ۴-۹).

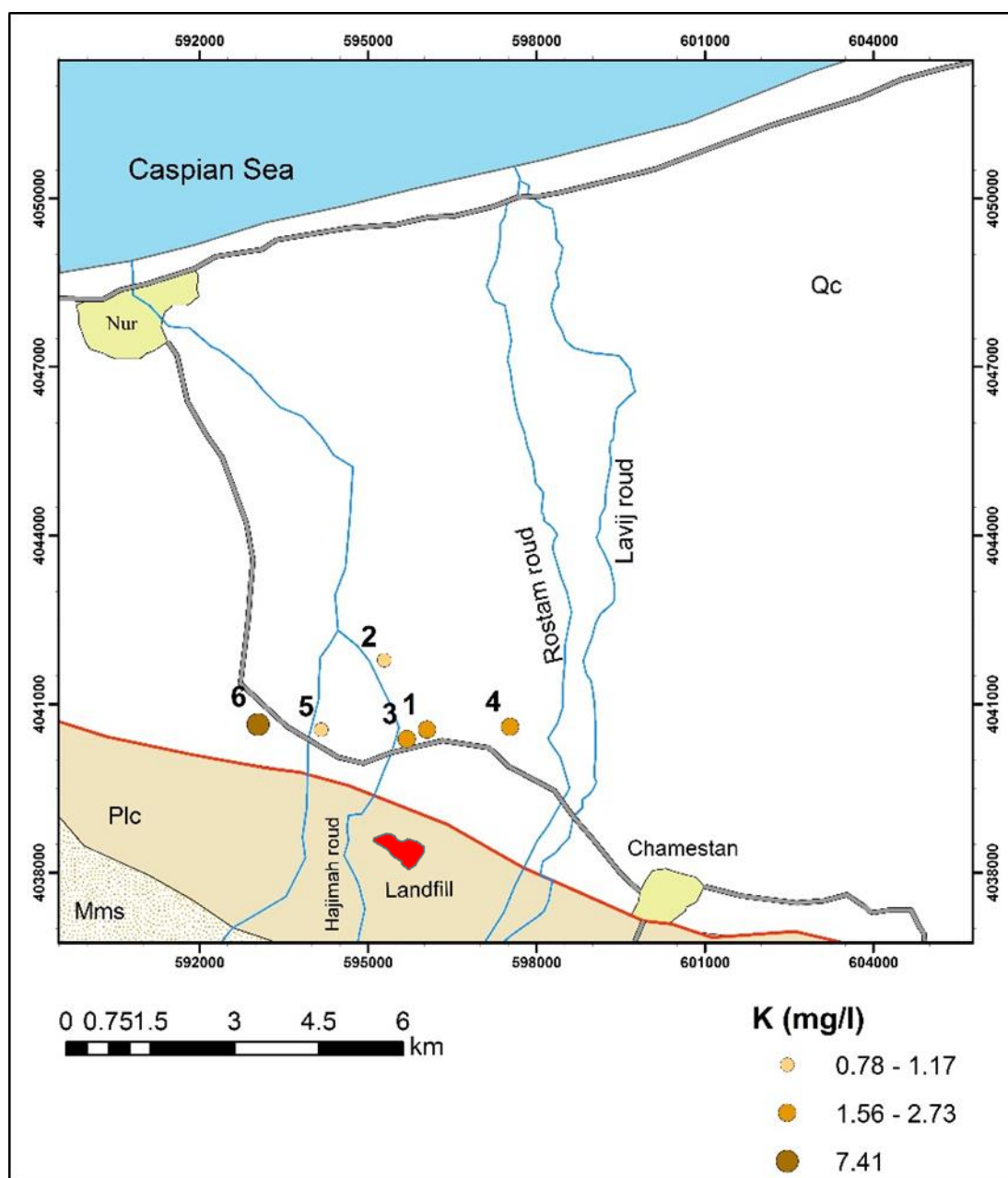


شکل ۴-۹- نقشه پراکندگی منیزیم در چاه‌های پائین‌دست



## د- پتاسیم

تغییرات پتاسیم در رودخانه حاجی ماهرود از بالادست به پائین دست به ترتیب ۰/۷۸ و ۱/۷ میلی گرم بر لیتر افزایش پیدا می کند (جدول ۴-۴). تغییرات مکانی پتاسیم در چاه های پائین دست بین ۰/۷۸ - ۷/۴۱ میلی گرم بر لیتر متغیر است. مقدار پتاسیم در چاه مربوط به سرکاج ۷/۴۱ میلی گرم بر لیتر است که نسبت به چاه های نمونه برداری شده بالاتر است (شکل ۴-۱۰).

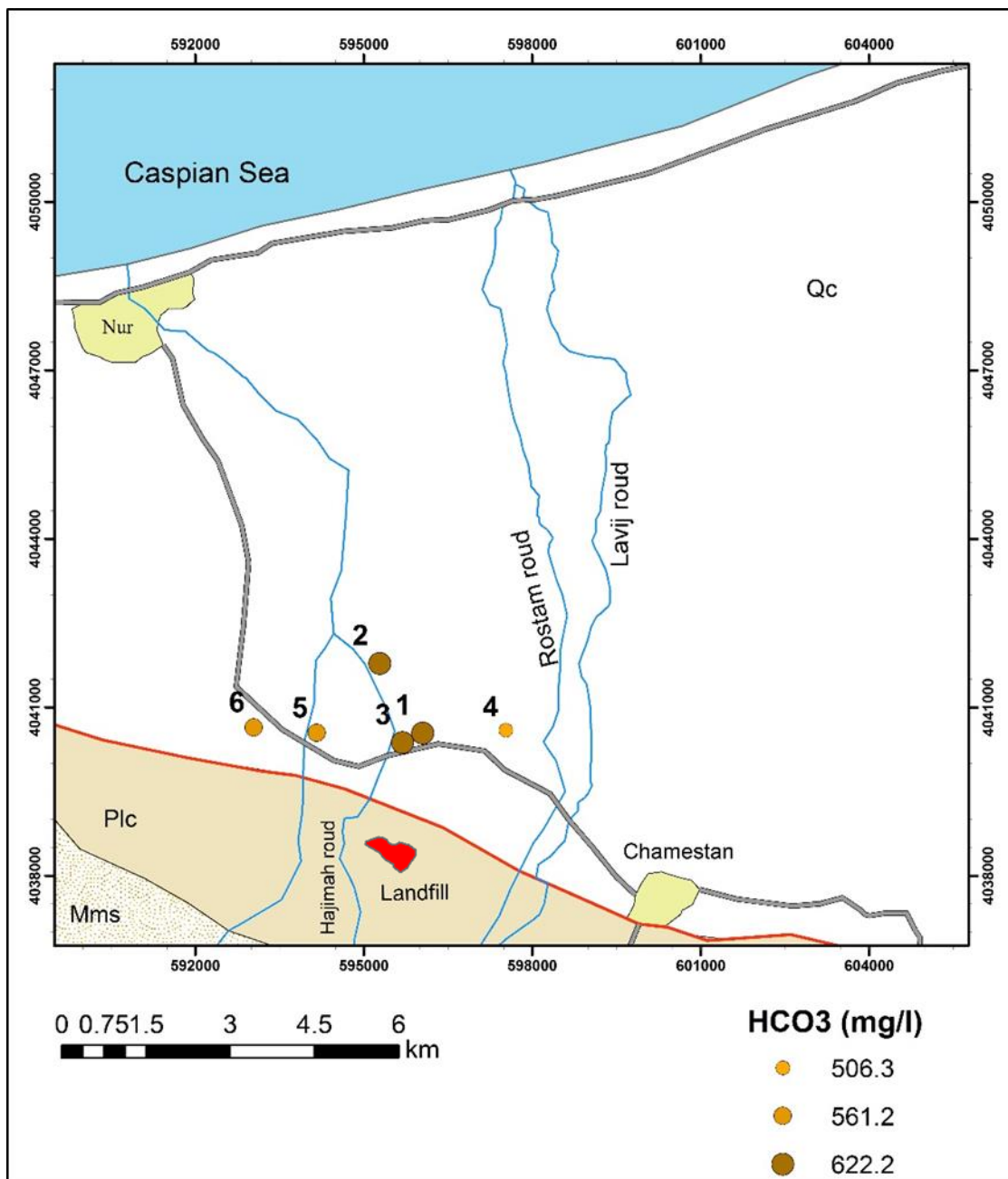


شکل ۴-۱۰- نقشه پراکندگی پتاسیم در چاه های پائین دست



## ه- بی کربنات

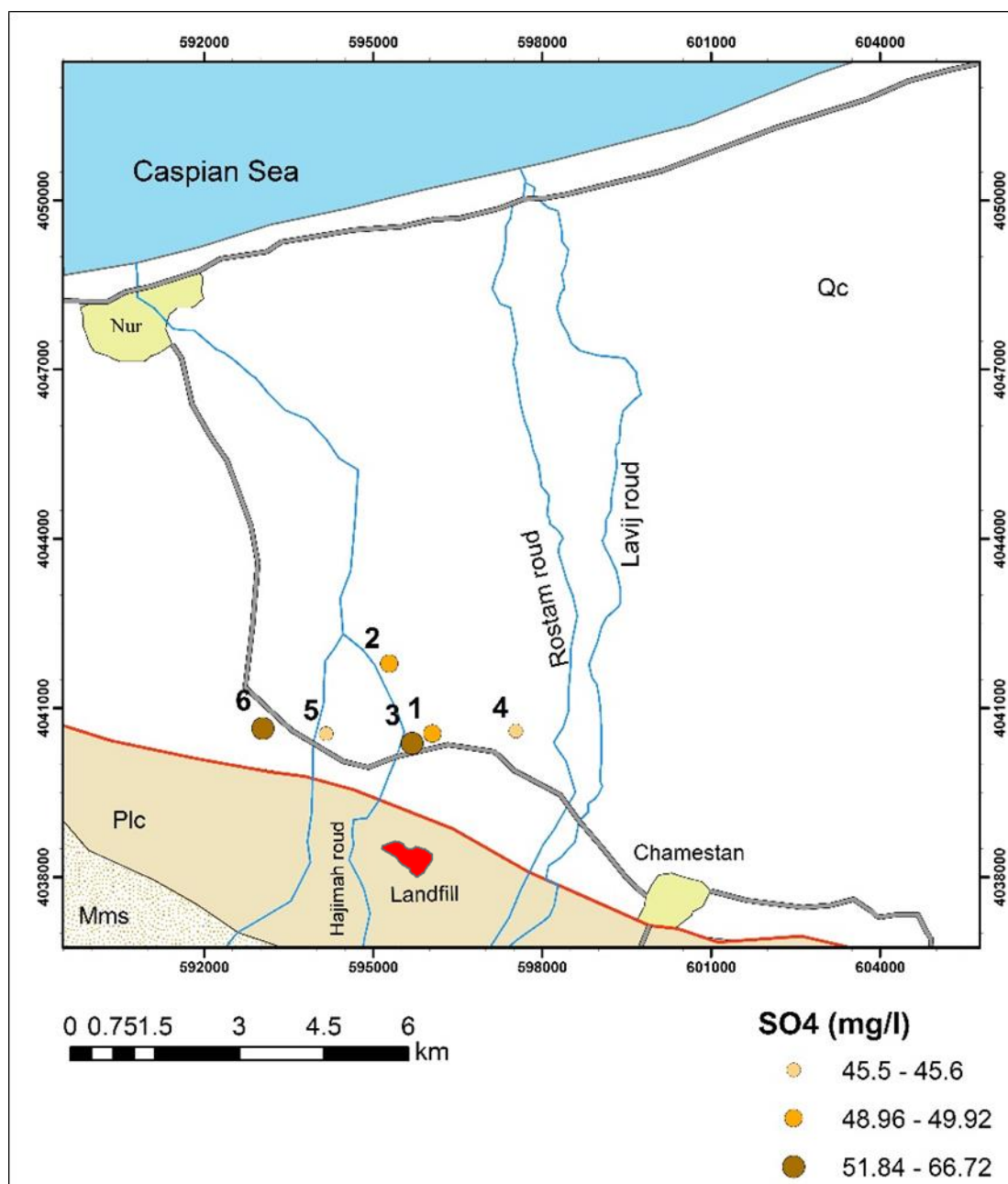
تغییرات بی کربنات در رودخانه حاجی ماهرود از بالادست به پائین دست به ترتیب ۳۵۸/۸ و ۲۸۶/۷ میلی گرم بر لیتر کاهش پیدا می کند (جدول ۴-۴). تغییرات مکانی بی کربنات در چاه های پائین دست بین ۶۲۲/۲-۵۰۶/۳ میلی گرم بر لیتر متغیر است. مقدار بی کربنات در چاه های مربوط به نصرت آباد، کاردگرکلا و بلوک زنی ۶۲۲/۲ میلی گرم بر لیتر می باشد (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱- نقشه پراکندگی بی کربنات در چاه های پائین دست

## و- سولفات

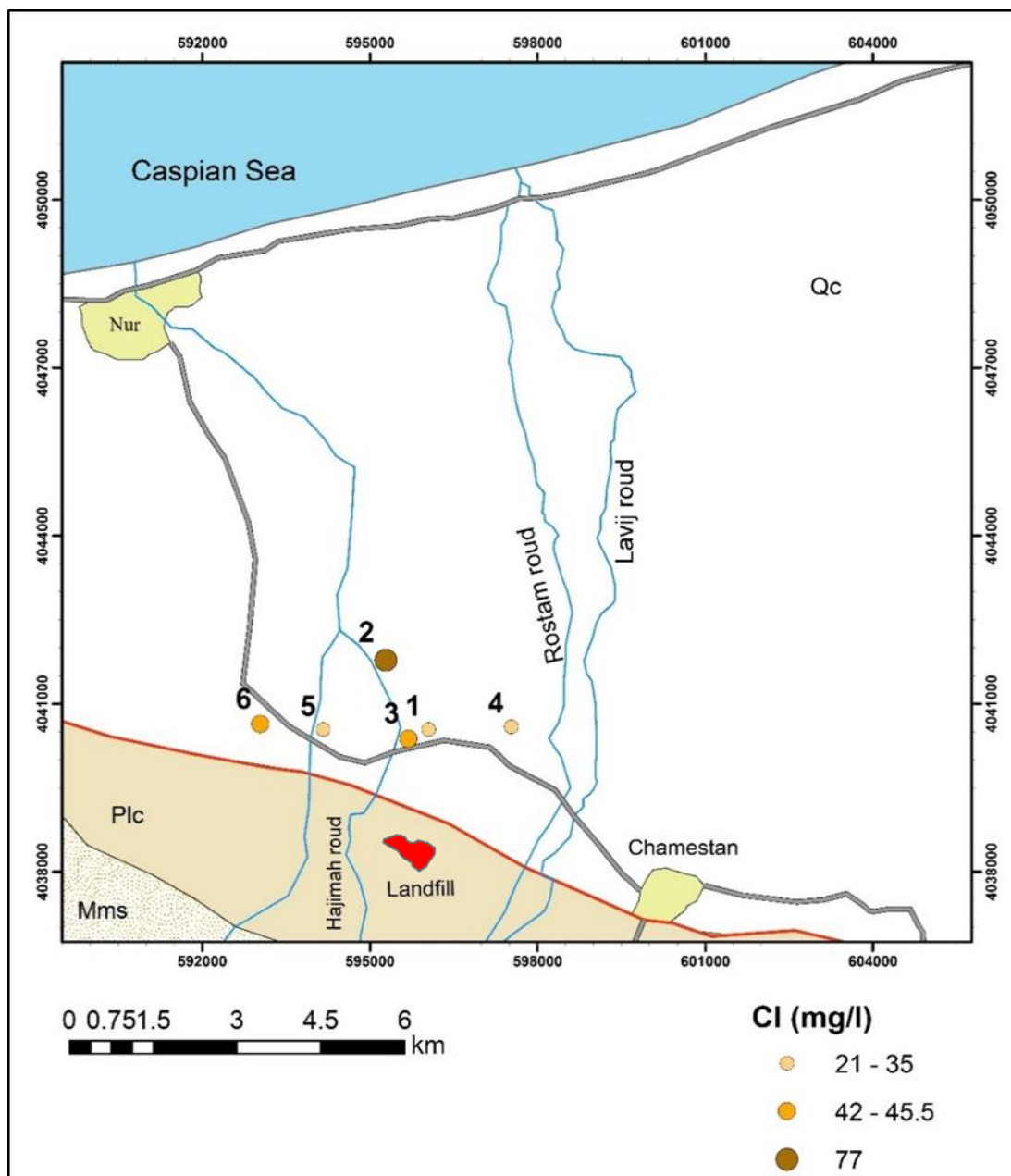
تغییرات سولفات در رودخانه حاجی ماهرود از بالادست به پائین دست به ترتیب ۳۰/۷۲ و ۳۷/۴۴ میلی گرم بر لیتر افزایش پیدا می کند (جدول ۴-۴). تغییرات مکانی سولفات در چاه های پائین دست بین ۶۶/۷۲- ۴۵/۶ میلی گرم بر لیتر متغیر است (شکل ۴-۱۲).



شکل ۴-۱۲- نقشه پراکنده گی سولفات در چاه های پائین دست

## ی- کلر

تغییرات کلر در رودخانه حاجی‌ماهرود از بالادست به پائین‌دست به ترتیب ۱۷/۵ و ۲۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر افزایش پیدا می‌کند (جدول ۴-۴). تغییرات مکانی کلر در چاه‌های پائین‌دست بین ۲۱-۷۷ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است (شکل ۴-۱۳).

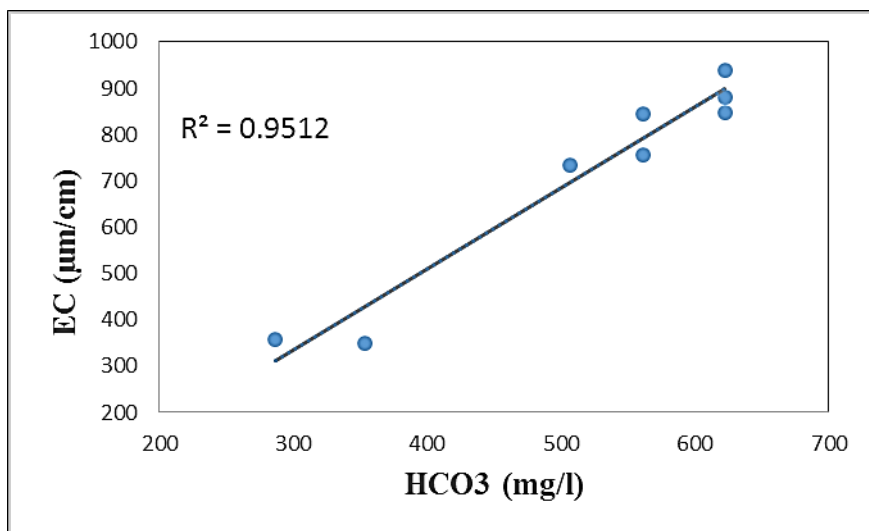


شکل ۴-۱۳- نقشه پراکندگی کلر در چاه‌های پائین‌دست

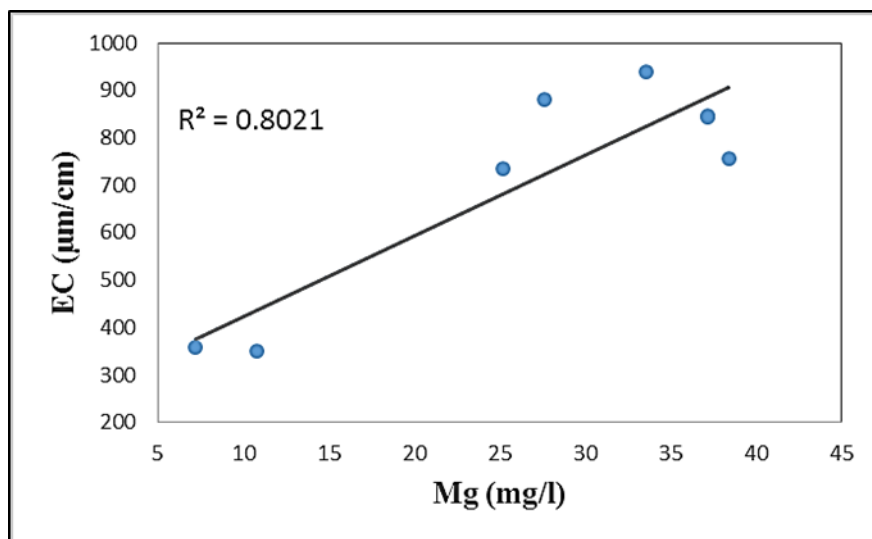
با توجه به تعیین غلظت یون‌های اصلی و نقشه‌های پراکندگی در منطقه مشاهده شده که محل انباشت زباله‌ها تأثیری در غلظت یون‌های اصلی نداشته است. بالا بودن غلظت یون‌های کلسیم و بی‌کربنات مربوط به زمین‌شناسی منطقه است.

#### ۴-۲-۴- بررسی رابطه هدایت الکتریکی با یون‌های اصلی

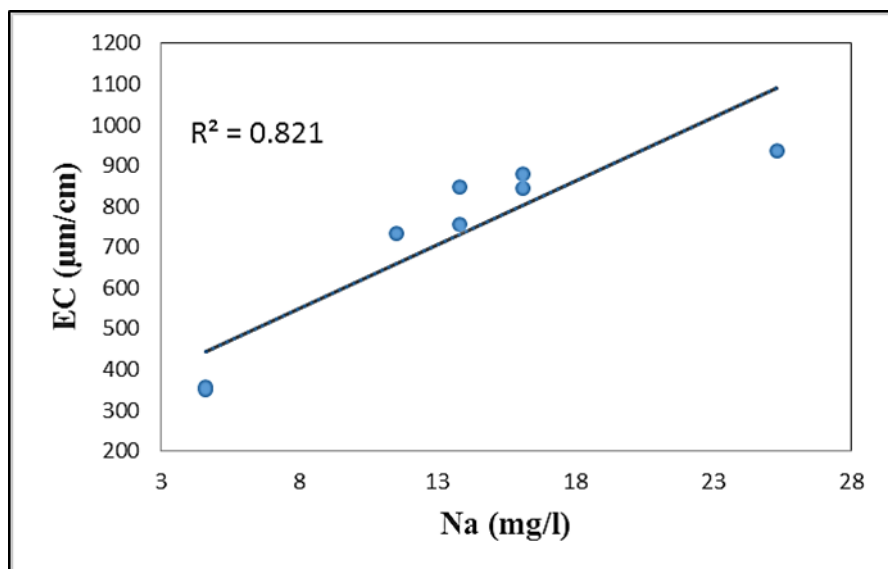
با توجه به شکل‌های (۴-۱۴) تا (۴-۲۰) رابطه معناداری بین هدایت الکتریکی با یون‌های بی‌کربنات، منیزیم، سدیم، کلسیم، سولفات و کلر وجود دارد.



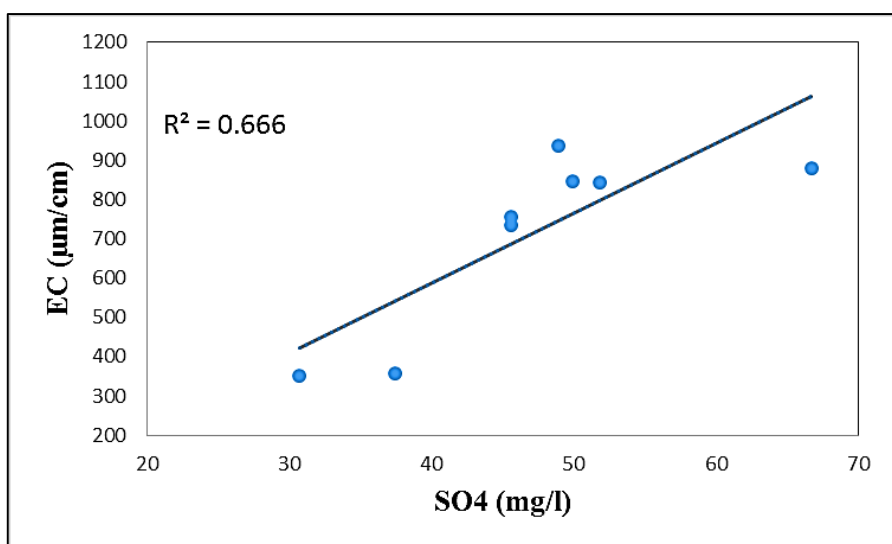
شکل ۴-۱۴- رابطه غلظت یون بی‌کربنات با هدایت الکتریکی



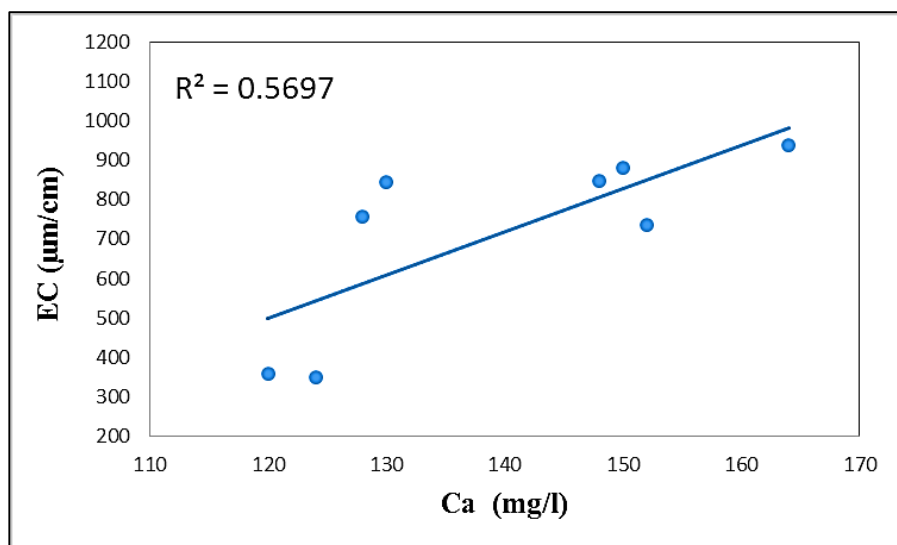
شکل ۴-۱۵- رابطه غلظت یون منیزیم با هدایت الکتریکی



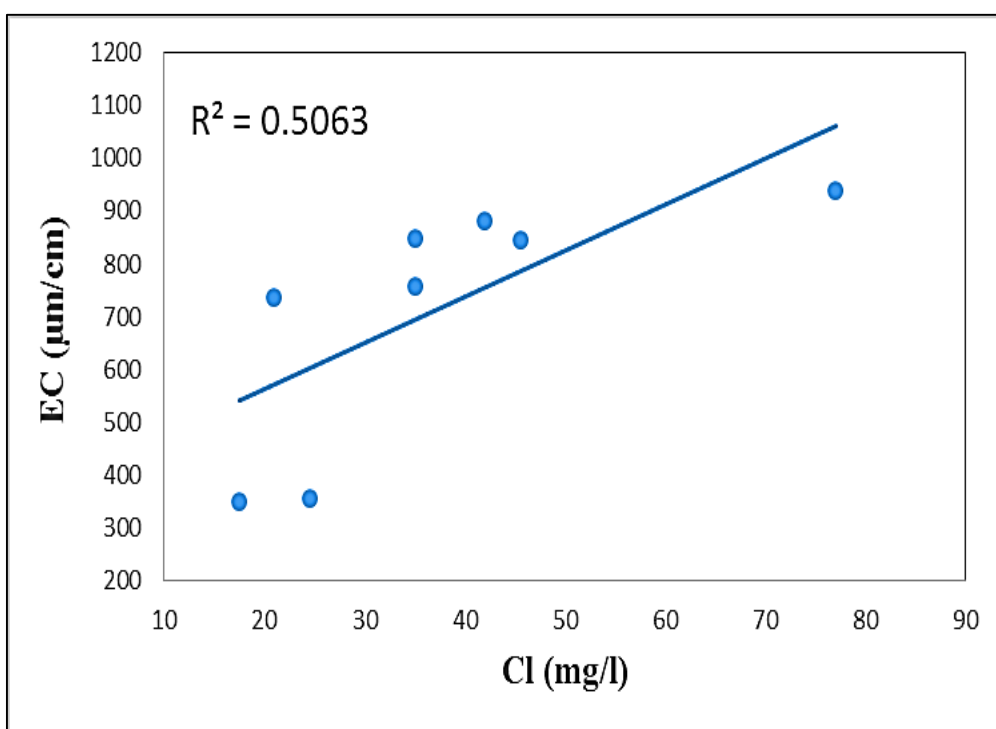
شکل ۴-۱۶- رابطه غلظت یون سدیم با هدایت الکتریکی



شکل ۴-۱۷- رابطه غلظت یون سولفات با هدایت الکتریکی



شکل ۴-۱۸- رابطه غلظت یون کلسیم با هدایت الکتریکی



شکل ۴-۱۹- رابطه غلظت یون کلر با هدایت الکتریکی

#### ۴-۲-۵- نمودارهای کیفی آب

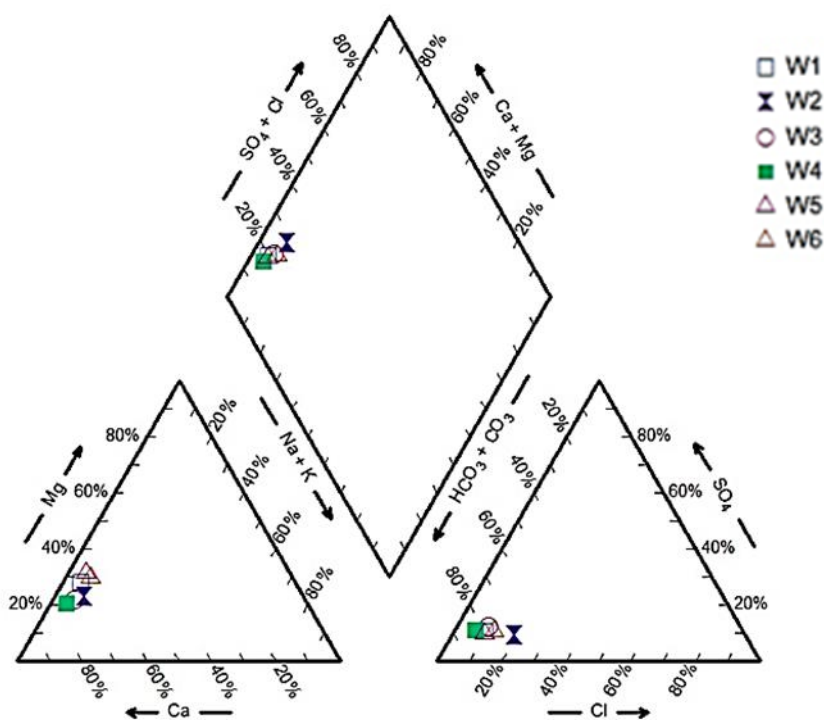
به منظور بررسی تیپ و رخساره در نمونه‌های آب زیرزمینی در منطقه نمودارهای پایپر، استیف و بررسی روند کاتیون‌ها و آنیون‌ها نمودار شولر ترسیم و به تفسیر آن پرداخته می‌شود.

#### ۴-۲-۵-۱- نمودار پایپر

یک نمودار سه‌گانه برای ارزیابی تغییرات ژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی و تعیین تیپ و رخساره‌ی آب زیرزمینی است (جدول ۴-۵). شکل (۴-۲۱) نمودار پایپر مربوط به نمونه‌های آب زیرزمینی در منطقه را نشان می‌دهد که همان‌طور که ملاحظه می‌شود تمامی نمونه‌ها در سمت چپ لوزی قرار گرفته‌اند. در نتیجه نمونه‌ها غنی از کلسیم و منیزیم، و آنیون غالب بی‌کربنات است. نمونه‌های مورد مطالعه دارای سختی موقت هستند.

جدول ۴-۵- تعیین تیپ و رخساره در نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه	تیپ آب	رخساره آب	تیپ و رخساره	کاتیون	آنیون
۱- نصرت‌آباد	بی‌کربنات	کلسیم	بی‌کربناته کلسیک	$Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$	$HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$
۲- کاردگرکلا	بی‌کربنات	کلسیم	بی‌کربناته کلسیک	$Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$	$HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-}$
۳- بلوک‌زنی	بی‌کربنات	کلسیم	بی‌کربناته کلسیک	$Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$	$HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$
۴- مرداب	بی‌کربنات	کلسیم	بی‌کربناته کلسیک	$Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$	$HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$
۵- ایزخوره	بی‌کربنات	کلسیم	بی‌کربناته کلسیک	$Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$	$HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-}$
۶- سرکاج	بی‌کربنات	کلسیم	بی‌کربناته کلسیک	$Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$	$HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-}$



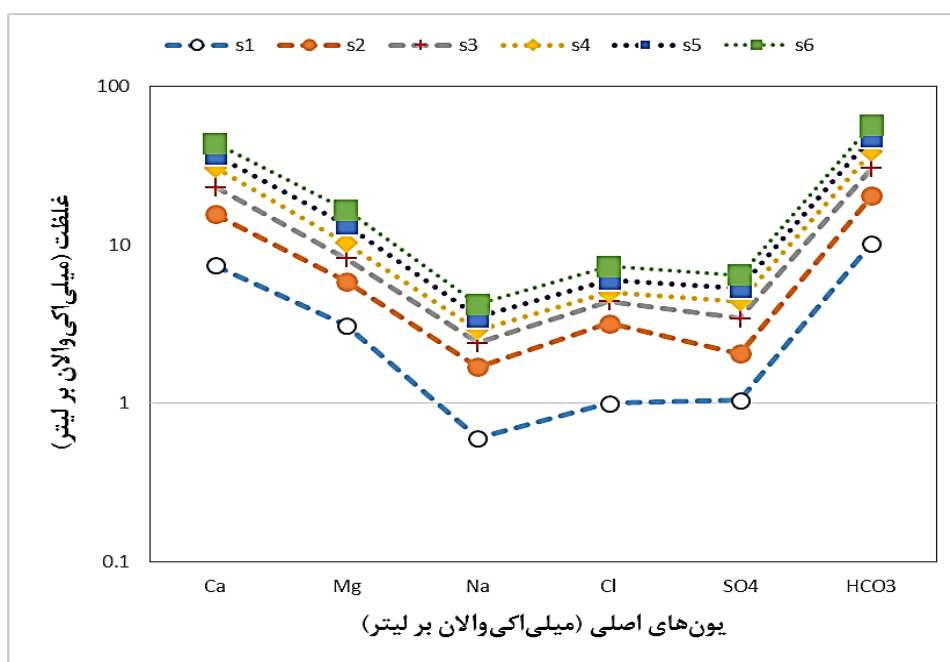
شکل ۴-۲۰- نمودار پایپر در نمونه‌های آب زیرزمینی مورد مطالعه

#### ۴-۲-۵-۲- نمودار استیف

نمودار استیف هم مانند نمودار پایپر تعیین کننده تیپ آب است. این نمودار برای مقایسه ترکیب شیمیایی آب با منشاء متفاوت کاربرد دارد و به وسیله آن می توان ترکیب شیمیایی غالب آب های زیرزمینی را مشخص کرد. با توجه به (شکل ۴-۲۳) تیپ و رخساره تمامی نمونه ها بی کربناته کلسیک است. دلیل اصلی این شباهت هیدروژئولوژی بین نمونه ها مربوط به زمین شناسی منطقه است.

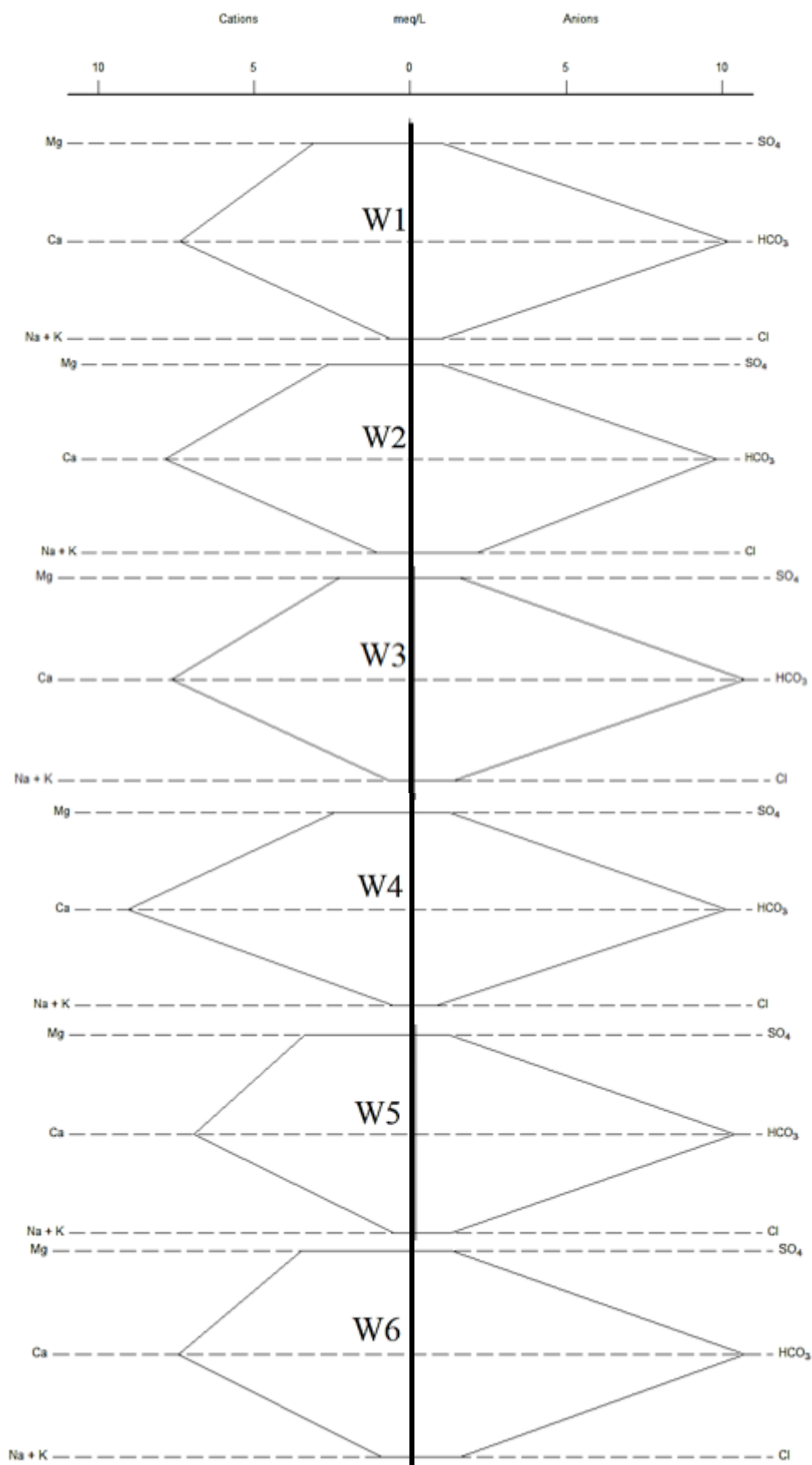
#### ۴-۲-۵-۳- نمودار شولر

یک نمودار نیمه لگاریتمی است که محور افقی آن مقادیر یون های کلسیم، منیزیم، سدیم، کرب، سولفات و بی کربنات را بر حسب میلی اکی والان بر لیتر نشان می دهد، و محور عمودی آن لگاریتمی است. این نمودار روند میزان یون های اصلی آب های زیرزمینی را در مقایسه با تعداد نمونه های آب مشخص می کند. در صورتی که روند خطوط به صورت موازی باشد نشان دهنده یکسان بودن منشاء آب های زیرزمینی می باشد (Todd and Mays 2005). با توجه به (شکل ۴-۲۲)، روند یون های مربوط به نمونه های آب های زیرزمینی مورد مطالعه نشان دهنده یکی بودن منشاء آب در منطقه است.



شکل ۴-۲۱- نمودار شولر آب های زیرزمینی مورد مطالعه





شکل ۴-۲۲- نمودار استیف در نمونه‌های آب زیرزمینی مورد مطالعه

### ۳-۴- بررسی پارامترهای محاسبه شده

به منظور مطالعات بیشتر بررسی پارامترهای سختی کل، کلیائیت، درصد سدیم، شاخص شوری و شاخص اشباع در این بخش ارائه شده است.

### الف- سختی کل

سختی نمونه‌های مورد مطالعه محاسبه و در (جدول ۴-۶) ارائه شده است. سختی آب به چهار رده تقسیم می‌شود (جدول ۴-۷). سختی آب در رودخانه حاجی‌ماهرود بین ۳۳۰ تا ۳۵۵ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم، و سختی آب در چاه‌های پائین‌دست لندفیل بین ۴۷۸-۵۴۸ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم می‌باشد. در نتیجه تمامی نمونه‌ها در رده آب خیلی سخت قرار دارند. که به دلیل بالا بودن غلظت کلسیم در منطقه می‌باشد.

جدول ۴-۶- سختی کل محاسبه شده برای نمونه‌های مورد مطالعه

نوع منبع آبی	نام ایستگاه	سختی کل (mg/l as CaCO <sub>3</sub> )
آب‌های زیرزمینی (چاه)	۱- نصرت آباد	۵۲۳
	۲- کاردگرکلا	۵۴۸
	۳- بلوک‌زنی	۴۸۹
	۴- مرداب	۴۸۴
	۵- ایزدخورده	۴۷۸
	۶- سرکاج	۴۷۸
آب‌های سطحی (رودخانه حاجی‌ماهرود)	۱- بالادست	۳۵۵
	۲- پائین‌دست	۳۳۰

جدول ۴-۷- طبقه‌بندی آب بر اساس سختی کل (Sawyer and McCarty 1967)

کیفیت آب	سختی کل (mg/l as CaCO <sub>3</sub> )
نرم	کمتر از ۷۵
نسبتاً سخت	۷۵ - ۱۵۰
سخت	۱۵۰ - ۳۰۰
خیلی سخت	بیشتر از ۳۰۰

## ب- بررسی قلیائیت

با توجه به (جدول ۴-۸) و استاندارد سازمان بهداشت جهانی حد مجاز قلیائیت در آب ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر است. قلیائیت در تمامی نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد می‌باشد.

جدول ۴-۸- مقادیر محاسبه شده قلیائیت برای نمونه‌های مورد مطالعه

نوع منبع آبی	نام ایستگاه	قلیائیت (میلی گرم بر لیتر)
آب‌های زیرزمینی (چاه)	۱- نصرت آباد	۶۲۲/۲
	۲- کاردرگرکلا	۶۲۲/۲
	۳- بلوک زنی	۶۲۲/۲
	۴- مرداب	۵۰۶/۳
	۵- ایزدخورده	۵۶۱/۲
	۶- سرکاج	۵۶۱/۲
آب‌های سطحی (رودخانه حاجی‌ماهرود)	۱- بالادست	۳۵۳/۸
	۲- پائین دست	۲۸۶/۷

## ج- درصد سدیم

محاسبه درصد سدیم در جدول (۴-۹) ارائه شده است. روش ویلکاکس (Wilcox 1995)، طبقه‌بندی ترکیب شیمیایی آب را برای مناسب بودن آبیاری تعیین می‌کند (جدول ۴-۱۰). با توجه به این جدول تمامی نمونه‌ها در رده بسیار مناسب برای آبیاری قرار دارند.

جدول ۴-۹- درصد سدیم محاسبه شده برای نمونه‌های مورد مطالعه

نوع منبع آبی	نام ایستگاه	درصد سدیم
آب‌های زیرزمینی (چاه)	۱- نصرت آباد	۵/۴
	۲- کاردرگرکلا	۹/۱
	۳- بلوک زنی	۶/۶
	۴- مرداب	۴/۸
	۵- ایزدخورده	۵/۸
	۶- سرکاج	۶/۶
آب‌های سطحی (رودخانه حاجی‌ماهرود)	۱- بالادست	۲/۷
	۲- پائین دست	۲/۹

جدول ۴-۱۰- طبقه‌بندی آب بر اساس درصد سدیم (Wilcox 1995)

درصد سدیم	کیفیت آب
کمتر از ۲۰	بسیار مناسب
۲۰ - ۴۰	مناسب
۴۰ - ۶۰	قابل قبول
۶۰ - ۸۰	مشکوک
بیشتر از ۸۰	نامناسب

#### د- شاخص شوری

با توجه به رده‌بندی شوری بر اساس مقدار هدایت الکتریکی (جدول ۴-۱۲)، دو نمونه مربوط به رودخانه حاجی‌ماهرود و چاه مربوط به مرداب برای آبیاری در رده مناسب قرار می‌گیرند و ۵ نمونه از چاه‌ها در رده قابل قبول قرار می‌گیرند (جدول ۴-۱۱). در نتیجه با توجه به درصد سدیم و شاخص شوری نمونه‌ها از نظر آبیاری مشکل‌ساز نیستند.

جدول ۴-۱۱- هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در نمونه‌های مورد مطالعه

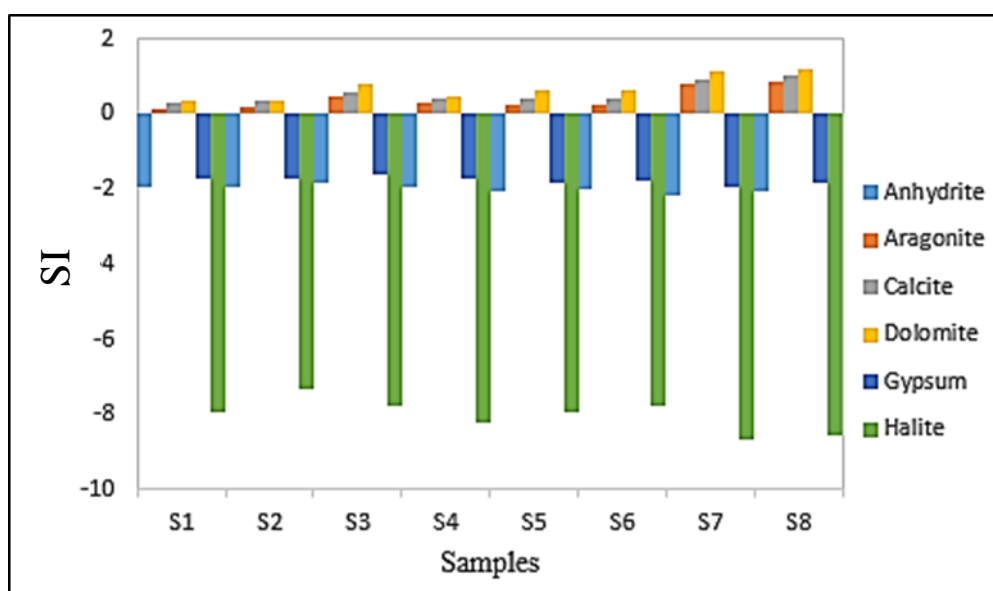
نوع منبع آبی	نام ایستگاه	EC ( $\mu\text{m/cm}$ )
آب‌های زیرزمینی (چاه)	۱- نصرت آباد	۸۴۷
	۲- کاردگرکلا	۹۳۸
	۳- بلوک‌زنی	۸۸۱
	۴- مرداب	۷۳۵
	۵- ایزدخورده	۷۵۷
	۶- سرکاج	۸۴۴
آب‌های سطحی (رودخانه حاجی‌ماهرود)	۱- بالادست	۳۵۰
	۲- پائین‌دست	۳۵۷

جدول ۴-۱۲- طبقه‌بندی آب بر اساس هدایت الکتریکی (Handa 1969)

EC ( $\mu\text{m/cm}$ )	کیفیت آب
۰ - ۲۵۰	بسیار مناسب
۲۵۰ - ۷۵۰	مناسب
۷۵۱ - ۲۲۵۰	قابل قبول
بیشتر از ۲۲۵۰	نامناسب

### ۵- شاخص اشباع

بر اساس تعریف ارائه شده در فصل سوم از شاخص اشباع، مقدار شاخص محاسبه شده، و با توجه به (شکل ۴-۲۴)، همان‌طور که نشان می‌دهد تمامی پارامترها شامل انیدریت، آراگونیت، کلسیت، دولومیت و ژبیس تأثیر مستقیم بر ترکیب آب دارند ولی هالیت به دلیل این که شاخص اشباع آن منفی می‌باشد در نتیجه تحت اشباع بوده و تمایل به انحلال دارد در نتیجه تأثیری در ترکیب آب در منطقه ندارد.



شکل ۴-۲۳- نمودار شاخص اشباع کانی‌های اصلی در نمونه‌های مورد مطالعه

#### ۴-۴- ارزیابی آلودگی منابع آب

به منظور ارزیابی آلودگی منابع آب در منطقه، بررسی غلظت یون نیتрат، کربن آلی کل و بررسی تعداد کلی فرمها در این بخش ارائه شده است.

#### الف- بررسی غلظت یون نیترات در نمونه های آب

به منظور بررسی اثر شیرابه‌های حاصل از محل انباشت زباله و هم‌چنین فاضلاب‌های تخلیه شده در منطقه بر منابع آب سطحی و زیرزمینی، غلظت یون نیترات در ۶ نمونه از چاه‌های موجود در پائین‌دست محل انباشت زباله‌ها و دو نمونه از رودخانه حاجی‌ماهرود در بالادست و پائین‌دست محل انباشت زباله‌ها اندازه‌گیری گردید.

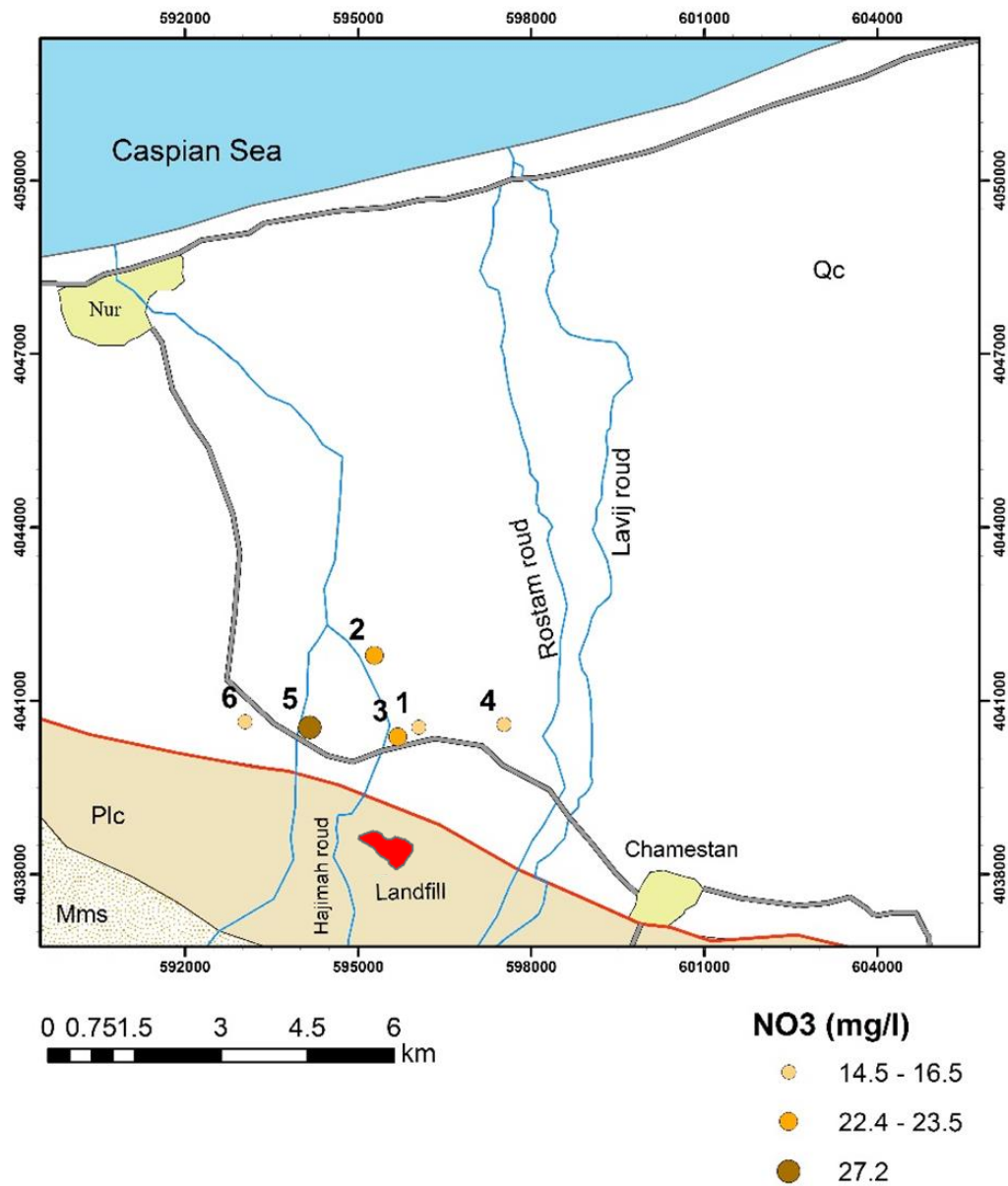
با توجه به نتایج مندرج در جدول (۴-۱۳)، ملاحظه می‌شود که در رودخانه حاجی‌ماهرود غلظت نیترات در پائین‌دست محل انباشت زباله‌ها در مقایسه با بالادست آن به شدت افزایش است. بنابراین می‌توان اظهار نمود که دلیل اصلی این مطلب تأثیر محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب در مجاور آن می‌باشد.

علاوه بر این، ملاحظه می‌شود که مقدار نیترات در کلیه نمونه‌های آب‌های زیرزمینی هم به طور نسبی بالا می‌باشد. به منظور بررسی دقیق‌تر غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی موقعیت مکانی نقاط نمونه‌برداری و غلظت نیترات در آن‌ها در شکل (۴-۲۵) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود چاه‌های ایزدخورده، بلوک‌زنی و کاردگرکلا که مستقیماً در پائین‌دست محل انباشت زباله‌ها واقع شده‌اند بیشترین مقادیر نیترات را شامل می‌شوند.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن باعث افزایش نیترات در چاه‌های مذکور شده است. هم‌چنین بالا بودن غلظت نیترات در منطقه به پوشش گیاهی و مهم‌تر از آن استفاده از کودهای شیمیایی وابسته است.

جدول ۴-۱۳- غلظت یون نیترات در منابع آب زیرزمینی و سطحی در منطقه مورد مطالعه

نوع منبع آبی	نام ایستگاه	نیترات (میلی گرم بر لیتر)
آب‌های زیرزمینی (چاه)	۱- نصرت آباد	۱۶/۵
	۲- کاردگرکلا	۲۳/۵
	۳- بلوک‌زنی	۲۲/۴
	۴- مرداب	۱۵/۷
	۵- ایزدخورده	۲۷/۲
	۶- سرکاج	۱۴/۵
آب‌های سطحی (رودخانه حاجی‌ماهرود)	۱- بالادست	۱۱/۷
	۲- پائین‌دست	۵۴



شکل ۴-۲۴- نقشه پراکندگی نیترات در چاه‌های پائین‌دست

## ب- بررسی غلظت کربن آلی کل

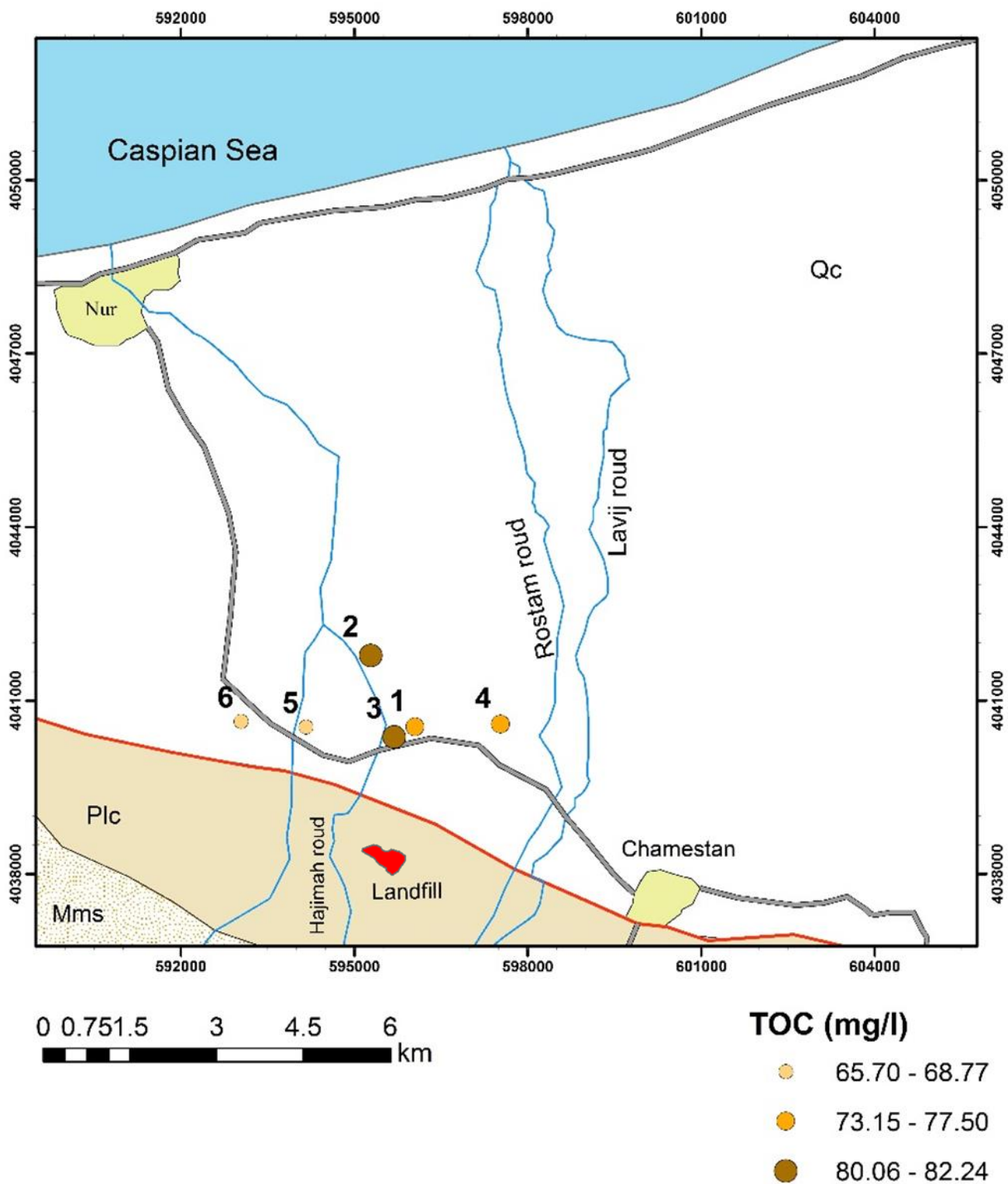
مقادیر کربن آلی کل در شش نمونه از آب‌های زیرزمینی منطقه واقع در پائین‌دست محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن و هم‌چنین دو نمونه از رودخانه حاجی‌ماهرود (یکی در بالادست لندفیل و دیگری در پائین‌دست لندفیل) اندازه‌گیری شده است.

نتایج حاصله از اندازه‌گیری مقادیر کربن آلی کل در نمونه‌های آب‌های زیرزمینی و رودخانه حاجی‌ماهرود در جدول (۴-۱۴) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود غلظت کربن آلی کل در تمامی نمونه‌ها بالا است. دلیل این مطلب عمدتاً به این خاطر است که منطقه جنگلی و وجود مواد آلی در منطقه بسیار زیاد است. هم‌چنین با توجه به جدول (۴-۱۴) ملاحظه می‌شود که در نمونه‌های پائین‌دست رودخانه حاجی‌ماهرود افزایش نسبی در غلظت کربن آلی کل مشاهده می‌شود که علت آن احتمالاً به خاطر تأثیر محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن می‌باشد. علاوه بر این، در خصوص آب‌های زیرزمینی ملاحظه می‌شود که در چاه‌های کاردگرکلا، بلوک‌زنی و نصرت‌آباد غلظت کربن آلی کل در مقایسه با سایر نمونه‌های اندازه‌گیری شده بالاتر است. شکل (۴-۲۶) نقشه پراکندگی کربن آلی کل را در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۴- غلظت کربن آلی کل در منابع آب زیرزمینی و سطحی منطقه مورد مطالعه

نوع منبع آبی	نام ایستگاه	کربن آلی کل (میلی‌گرم بر لیتر)
آب‌های زیرزمینی (چاه)	۱- نصرت‌آباد	۷۷/۵
	۲- کاردگرکلا	۸۲/۲۴
	۳- بلوک‌زنی	۸۰/۰۶
	۴- مرداب	۷۳/۱۵
	۵- ایزدخورده	۶۸/۷۷
	۶- سرکاج	۶۵/۷
آب‌های سطحی (رودخانه حاجی‌ماهرود)	۱- بالادست	۴۱/۷
	۲- پائین‌دست	۵۰/۶۷





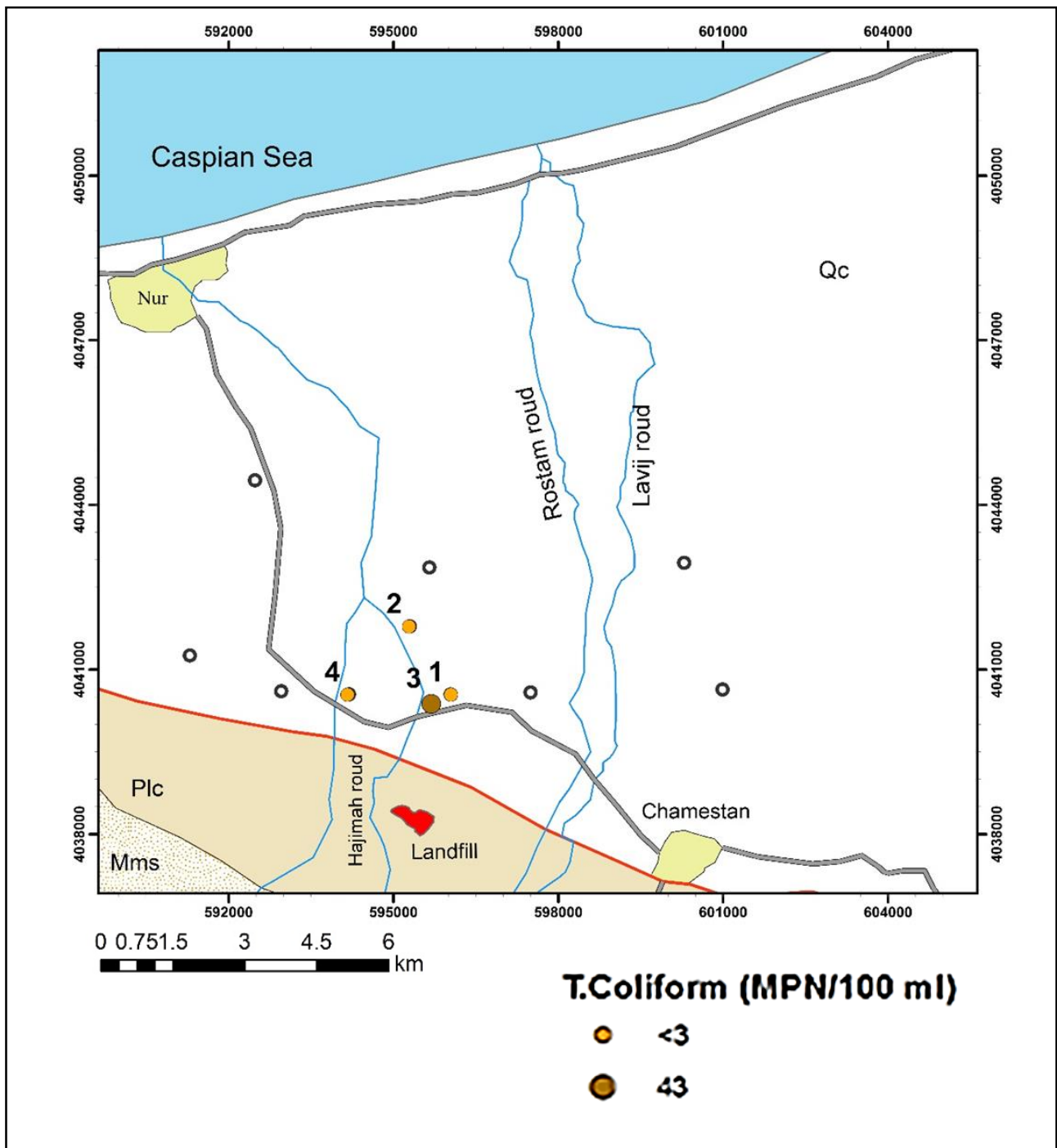
شکل ۴-۲۵- نقشه پراکندگی کربن آلی کل در چاه‌های پائین دست

### ج- بررسی تعداد کلی فرم‌ها

به منظور بررسی اثر شیرابه‌های حاصل از لندفیل و هم‌چنین فاضلاب‌های تخلیه شده در منطقه بر منابع آب سطحی و زیرزمینی، کلی فرم کل در چهار نمونه از چاه‌های موجود در پائین دست لندفیل و دو نمونه از رودخانه حاجی‌ماهرود (یکی در بالادست لندفیل و دیگری در پائین دست لندفیل) اندازه‌گیری گردید. نتایج حاصله از اندازه‌گیری تعداد کلی فرم‌ها در نمونه‌های آب‌های زیرزمینی و رودخانه حاجی‌ماهرود در جدول (۴-۱۵) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود غلظت تعداد کلی فرم‌ها در تمامی نمونه‌ها بالا است. بیش‌ترین مقدار آن مربوط به نمونه آب رودخانه در پائین دست لندفیل می‌باشد که برابر با (MPN/100 ml) ۱۱۰۰ است که دلیل این امر تأثیر محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن می‌باشد. هم‌چنین بیش‌ترین آلودگی در نمونه‌های مربوط به آب‌های زیرزمینی چاه مربوط به بلوک‌زنی است که به دلیل باز بودن درب چاه تعداد کلی فرم کل نسبت به سایر چاه‌ها بالاتر می‌باشد و برابر با (MPN/100 ml) ۴۳ است. شکل (۴ - ۲۷) نقشه پراکندگی کلی فرم کل را در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۵- تعداد کلی فرم کل در منابع آب زیرزمینی و سطحی منطقه مورد مطالعه

نوع منبع آبی	نام ایستگاه	کلی فرم کل (MPN/100 ml)
آب‌های زیرزمینی (چاه)	۱- نصرت آباد	<۳
	۲- کاردگر کلا	<۳
	۳- بلوک‌زنی	۴۳
	۴- ایزدخورده	<۳
آب‌های سطحی (رودخانه حاجی‌ماهرود)	۱- بالادست	۴۳
	۲- پائین دست	۱۱۰۰



شکل ۴-۲۶- نقشه پراکندگی کلی فرم کل در چاه‌های پائین دست



## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این فصل نتایج حاصله از این تحقیق به صورت خلاصه ارائه می‌گردد و سپس پیشنهادهایی برای مطالعات آینده در منطقه عنوان می‌گردد.

### ۵-۱- نتیجه‌گیری

مهم‌ترین نتایج بدست آمده در این تحقیق شامل تغییرات هیدروژئولوژیکی منطقه و آلودگی منابع آب تحت تأثیر لندفیل و حوضچه‌های فاضلاب در منطقه می‌باشد.

### ۵-۱-۱- تغییرات هیدروژئولوژیکی منطقه

مهم‌ترین نتایج حاصل از بررسی هیدروژئولوژیکی در منطقه شامل تغییرات شدید گرادیان هیدرولیکی در اثر برداشت از آب‌های زیرزمینی، افزایش تدریجی سطح آب زیرزمینی در دوره آماری ۲۵ ساله و دانه درشت بودن بافت آب‌رفتی منطقه می‌باشد که در این بخش ارائه می‌گردد.

### الف- تغییرات شدید گرادیان هیدرولیکی در اثر برداشت از آب‌های زیرزمینی

در بخش‌های جنوبی منطقه (به ویژه اطراف چمستان) مقدار گرادیان هیدرولیکی حدود ۰/۰۰۷۷ می‌باشد که به طور نسبی برای رسوبات دانه درشت منطقه زیاد به نظر می‌رسد. دلیل این مطلب از این قرار است که سنگ کف آبخوان منطقه، به علت شیب نسبتاً زیاد توپوگرافی، دارای شیب نسبتاً زیادی می‌باشد. تمرکز روستاها و برداشت زیاد از آب‌های زیرزمینی و افت شدید سطح آب زیرزمینی در بخش مرکزی دشت باعث افزایش شدید گرادیان هیدرولیکی در محدوده روستاها شده است. به این ترتیب که

در این منطقه گرادیان هیدرولیکی به حدود ۰/۰۲۳ افزایش یافته است. در بخش‌های شمالی آبخوان به علت کاهش شدید جریان آب زیرزمینی و علی‌رغم پائین بودن نسبی هدایت هیدرولیکی رسوبات تشکیل‌دهنده آبخوان، گرادیان هیدرولیکی در این منطقه به طور قابل توجهی کاهش یافته است. به این ترتیب که در منطقه شمالی گرادیان هیدرولیکی برابر با ۰/۰۰۴۵ می‌باشد که حدود یک پنجم محدوده قبلی می‌باشد.

لازم به ذکر است که به دلیل هم جهت بودن جهت جریان آب زیرزمینی از سمت محل انباشت زباله‌ها (ارتفاعات) به سمت پائین دست (دریا)، در نتیجه باعث انتقال آلودگی ناشی از محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن به منابع آب زیرزمینی در پائین دست می‌شود.

#### **ب- افزایش تدریجی سطح آب زیرزمینی در دوره آماری ۲۵ ساله**

بر اساس اطلاعات چاه‌های پیژومتری از سال (۱۳۹۵-۱۳۷۱)، در طول این ۲۵ سال سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه افزایش تدریجی در حدود ۱/۱۶ متر داشته است. بیانگر این مطلب است که سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه همانند سایر دشت‌های ساحلی مازندران نسبتاً حالت پایداری را شامل می‌شود. لازم به ذکر است که بالا بودن سطح آب زیرزمینی موجب افزایش حجم شیرابه حاصله از لندفیل می‌شود.

#### **ج- دانه درشت بودن بافت آبرفتی منطقه**

با توجه به مشاهده لاگ حفاری مربوط به چاه آبفای شهری نور، تقریباً عمده ستون آبرفتی منطقه از رسوبات دانه درشت (شامل قلوه‌سنگ، شن و ماسه) تشکیل شده است. درشت دانه بودن آبرفت‌های منطقه بیانگر تراوایی بالا در چاه‌ها و در نتیجه باعث انتقال آلودگی ناشی از محل انباشت زباله و تخلیه غیربهداشتی فاضلاب بر منابع آب پائین دست می‌شود.

## ۵-۱-۲- آلودگی منابع آب تحت تأثیر لندفیل و حوضچه‌های فاضلاب

به منظور بررسی آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی در منطقه، نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های نیترات، کربن آلی کل و کلی فرم کل در این بخش ارائه می‌گردد.

### الف- بالا بودن غلظت نیترات در منابع آب منطقه

مقدار نیترات در تمامی نمونه‌های منابع آب زیرزمینی و سطحی بالا می‌باشد. اما در چاه‌های مربوط به ایزدخورده، کاردگرکلا و بلوگزنی به دلیل این که مستقیماً در پائین‌دست محل انباشت زباله‌ها واقع شده‌اند، بالاترین مقادیر نیترات را شامل می‌شوند. آن چنان که غلظت نیترات در چاه‌های مذکور برابر با ۲۷/۲، ۲۳/۵ و ۲۲/۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. مقدار نیترات در پائین‌دست رودخانه حاجی‌ماهرود در مقایسه با بالادست افزایش شدیدی را نشان داده است که در نتیجه‌ی تأثیر محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن می‌باشد. هم‌چنین بالا بودن غلظت نیترات در منطقه می‌تواند به پوشش گیاهی، فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی مرتبط باشد.

### ب- تغییرات کربن آلی کل در منابع آب

به دلیل جنگلی بودن منطقه غلظت کربن آلی کل در تمامی نمونه‌ها بالا است که دلیل اصلی آن وجود مواد آلی فراوان در منطقه می‌باشد. غلظت کربن آلی کل در منابع آب زیرزمینی، در چاه‌های کاردگرکلا، بلوگزنی و نصرت‌آباد نسبت به سایر چاه‌ها بالاتر می‌باشد و به ترتیب برابر با ۸۲/۲۴، ۸۰/۰۶ و ۷۷/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر است. دلیل این مطلب از این قرار است که احتمالاً این چاه‌ها مستقیماً در پائین‌دست محل انباشت زباله واقع شده‌اند. هم‌چنین ملاحظه می‌شود که مقدار کربن آلی کل در رودخانه حاجی‌ماهرود در پائین‌دست محل انباشت زباله‌ها در مقایسه با بالادست آن به طور نسبی افزایش یافته است. دلیل افزایش فوق‌الذکر به خاطر تأثیر محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن می‌باشد.

## ج- آلودگی بیولوژیکی

آلودگی بیولوژیکی در تمامی نمونه‌ها مشاهده شده است. آب‌های زیرزمینی به دلیل این که کلی‌فرم‌ها را فیلتر می‌کنند در نتیجه مقدار آن نسبت به آب‌های سطحی خیلی کمتر است. در نمونه‌های مربوط به آب‌های زیرزمینی فقط در چاه مربوط به بلوک‌زنی که به دلیل باز بودن درب چاه تعداد کلی‌فرم کل نسبت به سایر چاه‌ها بالاتر می‌باشد و برابر با ۴۳ (MPN/100 ml) است. در سایر چاه‌ها مقادیر نسبتاً کم و  $< 3$  (MPN/100 ml) می‌باشد. منابع آب سطحی در اکثریت موارد دارای آلودگی‌های بیولوژیکی می‌باشند. در منطقه مورد مطالعه، هر دو نمونه برداشته شده از رودخانه حاجی‌ماهرود دارای آلودگی بیولوژیکی می‌باشند. به این ترتیب که نمونه آب رودخانه در بالادست محل انباشت زباله‌ها و حوضچه‌های فاضلاب مجاور در آن، ۴۳ (MPN/100 ml) و در پائین‌دست آن‌ها برابر با ۱۱۰۰ (MPN/100 ml) می‌باشد.

## ۵-۲- پیشنهادها

- به منظور استفاده بهتر و مطلوب‌تر از منابع آب و تکمیل مطالعات در آینده پیشنهادهایی ارائه می‌شود:
  - با توجه به این که شیرابه ناشی از محل انباشت زباله‌ها حاوی فلزات سنگین است در نتیجه ارزیابی فلزات سنگین در منابع آب پیشنهاد می‌شود.
  - استفاده از زباله‌سوزها باعث کاهش اثرات منفی در منابع آب منطقه خواهد شد.
  - انتقال محل انباشت زباله‌ها به مناطق دورتر از پوشش جنگلی و مکان‌یابی محل مناسب‌تری برای دفن پیشنهاد می‌شود.
  - روش‌های کاهش تولید زباله و تفکیک زباله توسط شهرداری‌ها و سازمان‌های مربوطه به مردم آموزش داده شود.
  - جلوگیری از تخلیه غیربهداشتی فاضلاب‌های خانگی توسط شهرداری در منطقه
  - ساخت کارخانه کمپوست در محل انباشت زباله‌ها و در نتیجه ایجاد شغل و درآمدزایی در منطقه



## منابع فارسی

- احمدی، حسن. فیض‌نیا، سادات. (۱۳۸۷). سازندهای دوره کواترنر (مبانی نظری و کاربردی آن در منابع طبیعی). انتشارات دانشگاه تهران.
- پارویی، سمیه. کرمی، غلامحسین. حافظی مقدس، ناصر. (۱۳۸۴). "بررسی کیفی آب‌های زیرزمینی در پائین‌دست محل دفن زباله شهر مشهد." بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، تهران، سازمان زمین‌شناسی.
- حاصلی، سمیه. مسعودی‌فر، بهروز. (۱۳۸۳). "تأثیرات شبکه جمع‌آوری فاضلاب بر آلودگی آب‌های زیرزمینی در مناطق ساحلی." یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، بندرعباس، دانشگاه هرمزگان.
- حسنی داویجانی، مهدی. کرمی، غلامحسین. کاظمی، غلام‌عباس. (۱۳۸۸). "بررسی غلظت آلاینده‌ها در شیرابه حاصله از دفن زباله شهر ساری." سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط‌زیست.
- حسینی‌زارع، نادر. (۱۳۸۱). پایان‌نامه ارشد: "بررسی تأثیر اراضی فاریاب و طرح‌های توسعه در خوزستان بر کیفیت آب رودخانه‌های دز و کارون." دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه علوم و تحقیقات اهواز.
- زارع، محمد. ساروی، محسن. جوادی، محمدرضا. غلامی، شعبانعلی. (۱۳۹۰). "بررسی اثر انباشت زباله شهری و شیرابه‌های ناشی از آن بر روی اکوسیستم‌های طبیعی - مطالعه موردی: شهرستان نور." دومین همایش منطقه‌ای توسعه پایدار منابع طبیعی در حاشیه جنوب دریای خزر، نور، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور.
- زنگنه، عبدالحسین. قدیمی، یوسف. عابدینی، یوسفعلی. (۱۳۷۹). "بررسی آلودگی و منابع مهم آلاینده‌های آب رودخانه انگوران در استان زنجان." مجله انسان و محیط‌زیست، نهم، ۱۵.

- سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران، (۱۳۹۵). "آرشیو گزارشات آماری سالانه چاه‌های پیژومتری." - سازمان آب منطقه‌ای شهری نور، (۱۳۹۵). "آرشیو گزارشات آماری سالانه چاه‌های بهره‌برداری و پیژومتری."
- سازمان هواشناسی استان مازندران، (۱۳۹۵). "آرشیو گزارشات آماری سالانه ایستگاه‌های هواشناسی." - شایگان، جلال‌الدین. افشاری، عباس. (۱۳۸۳). "بررسی وضعیت فاضلاب‌های شهری و صنعتی در ایران." فصلنامه آب و فاضلاب، شماره ۴۹، دوره: ۱۵، ۶۹-۵۸.
- شریعت، محمود. حقیقی‌فرد، نعمت‌اله. افخمی، مهران. قاضی‌زاده، نرگس. (۱۳۸۴). "بررسی تأثیر فاضلاب شهر مسجد سلیمان بر کیفیت آب رودخانه تمبی بر اساس شاخص کیفیت آب". هشتمین همایش ملی بهداشت محیط، تهران، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران.
- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ آمل". سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی.

## منابع انگلیسی

- AlSabahi, E., Abdul Rahim. S., Zuhairi, W., (2009). "The characteristics of leachate and groundwater pollution at municipal solid waste landfill of Ibb City, Yemen." *American Journal of Environmental Sciences. Vol. 5, pp. 256-266.*
- American Environmental Protecting Agency(EPA), "Example Moisture Mass Balance Calculations for Bioreactor Landfills" . NC, 2003.
- Al-Yaqout. K. U., and Hamoda. M. F., (2003). "Evaluation of landfill leachate in arid climate — a case study". *Journal of Environment International. vol. 29, 5969, pp. 593-600.*
- Akpan. A., (2004). "The water quality of some tropical fresh water bodies in Uyo (Nigeria) receiving municipal sewage effluents, slaughter house washing and agricultureland drainage". *The Environmentalist. Vol. 24. pp. 49-55.*
- Camargo. A., Alonso, A., (2006). "Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment." *Environment International Vol. 32, pp. 831-849.*

- Chian. E.S.K., Dewalle. F.B., (1976). "Sanitary landfill leachates and their treatment". *Journal of Environmental Engineering Division. Vol. 102. pp. 411-431.*
- Emberton, J.R., McGahan, D.J., Worrallo, S.N., (1986). " The Biological and Chemical Characterization of Landfill Sites". *AEA Technology. Vol. 10, pp. 158–163.*
- El-Fadel, M., Bou-Zeid, E., Chahine, W., Alayli, B., (2002). " Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with higorganic and moisture content". *Journal of Waste Management. Vol. 22, pp. 269–282.*
- Freeze. R.A., Cherry. J.A., (1979). *Groundwater, Prentice Hell, England Cliffs, NJ: Prentice- Hell, Inc, pp. 604.*
- House. W. A., Denison. F. H., (1997). "Nutrient dynamics in a lowland stream impacted by sewage effluent: Great Ouse, England". *The Science of the Total Environment. Vol. 205. pp. 25–49.*
- Holdsworth. R., (1991). "New health consideration in water treatment". *Avebury Technical Publications, Aldershot.*
- Hem. J.D., (1985). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. *USGS Water Supply Paper. 2254, 117–120, 264.*
- Handa. B.K., (1969). "Description and classification of media for hydro-geochemical investigations. In Symp. on Ground Water Studies in Arid and Semiarid Regions". *Roorkee. India.*
- Hounlow, A.W., (1995). "Water quality data anaalisis and interpretation". *Lewis publishers, ckpress. LLC. pp. 378.*
- Jorstad. L.B., Jankowski. J., Acworth. R.I., (2004). "Analysis of the distribution of inorganic constituents in a landfill leachate-contaminated aquifer: Astrolabe Park, Sydney, Australia". *Environmental Geology. Vol. 46. pp. 263-272.*
- Kronvang, B., Jeppesen, E., Conley, D.J., Sondergaard, M., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Carstensen, J., (2005). "Nutrient pressures and ecological responses to nutrient loading reductions in Danish streams, lakes and coastal waters". *Journal of Hydrology Vol. 304, pp. 274–288.*
- Kumar. A., Reddy. M., (2009). "Assessment of seasonal effects of municipal sewage pollution on the water quality of an urban canal—a case study of the Buckinghamcanal at Kalpakkam (India): NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>, BOD, COD and DO". *Environ Monit Assess. Vol. 157. pp. 223–234.*

- Lisk, D.J., (1991). "Environmental effects of landfills". *Science of the Total Environment*. Vol. 100, pp. 415–468.
- Longe. E., Balogun. M., (2010). "Groundwater Quality Assessment near a Municipal Landfill, Lagos, Nigeria". *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. Vol. 2. pp. 39-44.
- Momba. M. N. B., Osode. A. N., Sibewu. M., (2006). "The impact of inadequate waste water treatment on the receiving water bodies—case study: Buffalo city and Nkokonbe municipalities of the Eastern Cape Province (pp. 21–25). *Durban, South Africa: Water Institute of South Africa (WISA), Biennial conference*.
- Murray. K., Du Preez. M., Van Ginkel. C., (2000). "National monitoring programme implementation manual draft". *Water Research Commission, Pretoria*.
- Newman. M. C., Unger. M. A., (2003). "Fundamentals of ecotoxicology". 2nd ed. *Boca Raton: Lewis*.
- Naveen. B.P., Mahapatra, D. M., Sitharam, T.G., Sivapullaiah, P.V., Ramachandra, T.V., (2017). "Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate". *Environmental Pollution*. . Vol. 220, pp. 1–12.
- Olajojo. A., Oladunjoye. M., Sanuade. O., (2016). "Geochemical Assessment of Groundwater Pollution from Sewage Effluents in the University Campus of Ibadan, Southwestern Nigeria". *OLAOJO, ABAYOMI ADESOLA AND OTHER Vol.88. pp. 648-653*.
- Oyeku. O., Eludoyin. A., (2010)."Heavy metal contamination of groundwater resources in a Nigerian urban settlement". *African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 4, pp. 201-214*.
- Oluwakunmi. C., Tebal. N., (2012). "Environmental Impact of Landfill on Groundwater Quality and Agricultural Soils in Nigeria". *Soil and Water Res. Vol. 7. pp. 18–26*.
- Palharya. J. P., Malvia. S., (1988). "Pollution of Narmada river at Hoshangabad in Madhya Pradesh and suggested measures for control". In R. K. Trivedy (Ed.), *Ecology and pollution of Indian Rivers .pp. 55–85*.
- Ragunath H.M., (1987). *Groundwater. pp. 563. Wiley Eastern, New Delhi*.
- Rajkumar. N., Subramani. T., Elango. L., (2010)." Groundwater Contamination Due to Municipal Solid Waste Disposal – A GIS Based Study in Erode City" . *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES. Vol. 1, No1*.

- Reddy. M. V., (2005). "Restoration and management of tropical eutrophic lakes". *Enfield: Scientific*.
- Reddy, M., Sagar Babu. K., Balaram. V., Satyanarayanan. M., (2012). "Assessment of the effects of municipal sewage, immersed idols and boating on the heavy metal and other elemental pollution of surface water of the eutrophic Hussainsagar Lake (Hyderabad, India)" . *Environ Monit Assess. Vol. 184. pp. 1991–2000*.
- Sawyer. G.N., McCarthy. D.L., (1967). "Chemistry of Sanitary Engineers (2nd ed.)". *pp. 518. McGraw Hill, New York*
- Salem, Z., Hamouri, K., Djemaa. R., Allia, K., (2008). "Evaluation of landfill leachate pollution and treatment." *Presented at the conference on Desalination and the Environment. Vol. 220, pp. 108-114*.
- Sanusi. A. L., (2013). "GROUNDWATER QUALITY ASSESSMENT AT OLUSOSUN LANDFILL, LAGOS, NIGERIA". *MASTER OF SCIENCE In ENVIRONMENT AND MANAGEMENT THESIS. Federal University of Technology*.
- Suthar. S., Sharma. J., Chabukdhara. M., Nema. A., (2010). "Water quality assessment of river Hindon at Ghaziabad, India: impact of industrial and urban wastewater". *Environ Monit Assess. Vol. 165. pp. 103–112*.
- Schroeder. H.A., (1960). "Relations between hardness of water and death rates from certain chronic and degenerative diseases in the United States". *J. Chron. Disease. Vol. 12. pp. 586–591*.
- Teien, H.C., Garmo, O.A., Atland, A., Salbu, B., (2008). "Transformation of iron species in mixing zones and accumulation on fish gills". *International Journal of Environmental Science and Technology. Vol. 42, pp. 1780–1786*.
- Taylor, R., Allen. A., (2003). "Waste disposal and landfill: Potential hazards and information needs". *In: WHO, World Health Organization (Eds.), Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking Water Resources, 339-360*.
- Tchobanoglous. G., Kreith. F., "Handbook of Solid Waste Management". Second edi. 2002.
- Todd. D.K., (1980). *Groundwater Hydrology (2nd ed.) .pp. 315. Wiley, New York*.
- Umeh, C.N., Okorie, O.I., Emesiani. G.A., (2005). "Towards the provision of safe drinking water: The bacteriological quality and safety of sachet water in Awka, Anambra State. In: The Book of Abstract of the 29th annual conference and general

- meeting on microbes as agents of sustainable development." *Organized by Nigerian Society for Microbiology (NSM); University of Agriculture, Abeokuta, p 22.*
- Unnisa. s. A., Sankar. s., Mukkanti. K., (1998). "Landfill Impact on Groundwater" *Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on ELECTRIC POWER SYSTEMS.*
  - Vuori, K.M., (1995). "Direct and indirect effects of iron on river ecosystems". *Annales Zoologici Fennici. Vol. 32, pp. 317–329.*
  - Wequar, A.S., Rajiv, R.S., (2009). "Assessment of the impact of industrial effluents on groundwater quality in Khyberpass Industrial Area, New Delhi, India." *European Journal of Chemistry. Vol. 6, S41-S46.*
  - Ward. N. I., (1995). "Environmental analytical chemistry. In: Fifield F. W., & Haines, P. J. (Eds.), Trace elements". *pp. 320–328. London: Blackie.*
  - Wilcox. L.V., (1995). "Classification and Use of Irrigation Waters". *pp. 19. US Department of Agriculture, Washington DC.*

## **Abstract**

Landfills are one of the most serious threats to water resources. The present study was conducted to evaluate the effect of landfill and its adjacent sewage ponds on surface water and groundwater resources in the southeast of Nour City. For this purpose the concentration of nitrate, total organic carbon and total coliform in surface water and groundwater samples were measured. The obtained results indicate that nitrate content is high in all samples of groundwater and surface water resources. Such that the water wells of Izadkhurdeh, Kardgarkala and Bolukzani which are located directly at the downstream of the landfill, include the highest concentrations of nitrate equal to 27.2, 23.5 and 22.4 mg/l, respectively. The amount of nitrate in the lower reach of Hajimahroud River has shown a sharp increase compared to the upstream which is due to the impact of the landfill and sewage ponds adjacent to it. In addition, the high concentration of nitrate in the region can be attributed to vegetation, agricultural activities and the use of fertilizers. Due to the forested area the total organic carbon concentration in all samples is high due to the presence of abundant organic matters in the region. The concentration of total organic carbon in groundwater resources is higher in the Kardgarkala, Bolukzani and Nosratabad water wells than other wells being 82.24, 80.06 and 77.50 mg /l, respectively. It is also observed that the total organic carbon content in the Hajimahroud River at the downstream has increased relative to the upstream of the landfill. The number of coliforms in all samples of groundwater (with the exception of the Bolukzani well) is low. In the Hajimahroud River, in the samples of upstream and downstream of landfills, the number of coliforms is high and is 43 (MPN/100 ml) and 1100 (MPN/100 ml), respectively. The reason for the enormous increase in the number of coliforms in the sample of downstream portion of the river is due to the leachate penetration of the landfill into the river.

**Keywords:** Water Resources contamination, Nitrate, Total Organic Carbon, Total Coliform, Nour



Shahrood University of  
Technology

Faculty of Earth Sciences

M.Sc Thesis in Environmental Geology

**Evaluating the effect of landfill and sewage ponds on  
contamination of the water resources in south east of Nour  
city, Mazandaran province**

By: N. Divsalar

Supervisor:  
Dr. G.H Karami

Advisor:  
O.R. Tuni

January, 2018