





دانشکده: علوم زمین
گروه آبشناسی و زمین شناسی زیست محیطی

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی

بررسی آلودگی فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی و خاک دشت شاهرود

دانشجو:
محمد رضا زارع

اساتید راهنما:
دکتر بهناز دهرآزما
دکتر افشین قشلاقی

بهمن ۱۳۹۰



دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره :
تاریخ :
ویرایش :

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای محمد رضا زارع رشته زمین شناسی گرایش زمین شناسی زیست محیطی تحت عنوان بررسی آلودگی فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی و خاک دشت شاهرود که در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

<input type="checkbox"/> قبول (با درجه : <u>بسیار خوب</u> امتیاز <u>۱۸۱۷</u>)	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input type="checkbox"/> مردود
--	------------------------------------	--------------------------------

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	استاد	۱- دکتر بهناز دهرآزما ۲- دکتر افشین قشلاقی	۱- استاد راهنما
	استاد	مدیریت (مدرس)	۲- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استاد	دکتر هادی جعفری	۳- استاد ممتحن
	استاد	دکتر عباسپور	۴- استاد ممتحن

رئیس دانشکده :

تقدیر به:

پدر و مادرم

و

تمامی کسانی که شاید تقدیر هستند

ولی

تا به حال چیزی به آنها تقدیر نشده است.

تقدیر و تشکر

خداوند بزرگ را شاکرم که فرصت کسب علم و دانش را برای من فراهم نموده تا با تلاش خود و هدایت و راهنمایی اساتید بزرگوار، گامی در این زمینه برداشته و در مسیر پیشرفت و توسعه علم، خدمتی هرچند کوچک عرضه دارم.

قبل از هر چیز لازم می دانم از لطف بی دریغ، راهنمائیهای همه جانبه و دلسوزانه استاد راهنمای گرامی، سرکار خانم دکتر دهرآزما که همیشه همراه و پشتیبان من در مسیر این تحقیق بوده‌اند، تقدیر نمایم. از رهنمودهای کارگشای جناب آقای دکتر قشلاقی کمال تشکر را می نمایم. همچنین بر خود لازم می دانم که از اساتید بزرگوار که در راه پیشبرد اهداف این تحقیق مرا یاری نمودند، آقایان دکتر کاظمی، دکتر صادقیان، دکتر طاهری و مهندس حیدرنیا تقدیر و تشکر نمایم.

از همکاری همه جانبه کارشناسان گروه، آقایان مهندس خانعلی زاده، مهندس میرباقری و خانمها مهندس سعیدی و مهندس فارسی کمال تشکر را می نمایم.

در اینجا لازم می دانم که از لطف و همدلی دوستان دوران تحصیلی خود آقایان نعیمی، نورافکن و رخشانی و بخصوص لطف و همکاری بی دریغ آقای مهندس رحیمی و خانم مهندس محقق تشکر و قدردانی نمایم.

مقاله های ارائه شده:

- زارع، م.ر.، دهرآزما، ب.، قشلاقی، ا.، (۱۳۸۸)، "بررسی اثرات شهرسازی بر کیفیت آب زیرزمینی شهر شاهرود". هشتمین همایش دوسالانه انجمن متخصصان محیط زیست ایران. اسفندماه ۱۳۸۹.
- زارع، م.ر.، دهرآزما، ب.، قشلاقی، ا.، (۱۳۸۹)، "بررسی غلظت آنیونها و کاتیونها در آب شرب روستاهای غرب دشت شاهرود". چهارمین همایش مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه امیر کبیر، اردیبهشت ۱۳۸۹.

تعهد نامه

اینجانب محمد رضا زارع دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی زیست محیطی دانشکده علوم زمین

دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی آلودگی فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی و خاک دشت

شاهرود تحت راهنمایی دکتر بهناز دهرآزما و دکتر افشین قشلاقی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه 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 پایان نامه 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 می باشد 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 پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته است استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۲۵

• 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 می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد .

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی و ارزیابی آلودگی منابع آب و خاک دشت شاهرود صورت پذیرفته است. به این منظور تعداد ۱۴۳ نمونه خاک از مناطق مختلف دشت برداشته شد که از این تعداد، ۷۱ نمونه خاک مناطق مختلف شهری برای میانگین‌گیری کاربری‌های مختلف شهری و ۷۲ نمونه از سایر نقاط دشت به روش ICP-MS مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفتند. همچنین تعداد ۴۸ نمونه آب چاه از مناطق مختلف دشت برداشت و به منظور تعیین غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و همچنین تعیین عناصر و فلزات سنگین به روش ICP-MS مورد آنالیز قرار گرفتند. از بین عناصر و فلزات سنگین بر حسب اولویت‌های زیست محیطی و غلظت‌های آنها و همچنین تغییرات غلظت آنها در خاک و آب عناصر Pb, Zn, Cu, Cr, V, Sr و P انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. مطالعات زمین‌شناسی انجام شده در منطقه نشان می‌دهد که نواحی شمالی دشت بیشتر شامل واحدهای آهکی ژوراسیک البرز (دلیچای و لار) و همچنین واحدهای شیل و ماسه سنگ‌های شمشک می‌باشد و نواحی جنوبی منطقه بیشتر شامل واحدهای تبخیری-تخریبی (شیل و مارن گچی) سازندهای معادل قم و قرمز می‌باشد.

مطالعات مربوط به کیفیت خاک دشت نشان می‌دهد که غلظت استرانسیوم به طور محسوسی در نواحی با واحدهای گچ و نمکدار جنوبی و تا حد زیادی در واحدهای آهکی شمالی افزایش نشان می‌دهد. غلظت سرب، روی، کروم و فسفر در خاک منطقه لندفیل افزایش چشم‌گیری نشان داد که این امر حاکی از آلودگی انسان‌زاد این عناصر در این منطقه می‌باشد. از نظر مقادیر درجه آلودگی اصلاح شده در نمونه‌های خاک دشت، خاک لندفیل و خروجی حوضه نشان‌دهنده آلودگی اندک بوده و خاک در سایر محلها بدون آلودگی می‌باشد. مقادیر فاکتور غنی‌شدگی، شاخص زمین‌انباشتگی و فاکتور آلودگی در مناطقی که تحت تأثیر فعالیت‌های انسان‌زاد (لندفیل، شهرسازی، شهرک صنعتی و . . .) می‌باشند نسبت به سایر مناطق افزایش نشان داده‌اند. نتایج آزمایشات انجام شده بر روی منابع آب مشخص می‌کند که کربنات، سولفات، کلر، کلسیم، سدیم، منیزیم، استرانسیوم و هدایت الکتریکی آب در ایستگاه‌های همجوار با واحدهای گچی-نمکی شمال شرق و همچنین جنوب غرب دشت بالاتر از سایر نمونه‌ها می‌باشند. افزایش یون نیترات در آب زیرزمینی شهر شاهرود و شهرک صنعتی نشان از تأثیر شهرسازی و صنعت بر غلظت نیترات آب زیرزمینی دارد. روند کلی تغییرات تیپ آب از کربناته کلسیک در ابتدای حوضه به سمت کلروره سدیک در خروجی حوضه تغییر می‌یابد. مقایسه غلظت عناصر با WHO نشان می‌دهد که بسیاری از نمونه‌های آب در جنوب غرب منطقه از لحاظ غلظت سدیم، کلسیم و کلر مناسب برای شرب نمی‌باشند. در مجموع غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های آب بسیار پایین بوده و تمامی آنها نسبت به فلزات سنگین از کیفیت مناسبی برخوردارند. محاسبه شاخص اشباع شدگی نشان داد که نمونه‌های آب در نزدیکی خروجی حوضه نسبت به کانیهای ژئوس و انیدریت نزدیک به اشباع می‌باشند. شاخص فلزی (MI) در تمامی آنها کمتر از یک می‌باشد.

کلمات کلیدی: خاک، آب، عناصر سنگین، آلودگی، دشت شاهرود

فهرست مطالب

صفحا	عنوان
۱	فصل اول: کلیات
۲	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ بیان مسئله
۳	۳-۱ اهداف تحقیق
۴	۴-۱ لزوم انجام تحقیق
۵	۵-۱ روش انجام تحقیق
۶	۶-۱ خصوصیات منطقه مورد مطالعه
۶	۱-۶-۱ خصوصیات جغرافیایی دشت و شهرستان شاهرود
۸	۲-۶-۱ اقلیم دشت شاهرود
۹	۳-۶-۱ پوشش گیاهی دشت شاهرود
۱۰	۷-۱ سازمان بندی پایان نامه
۱۱	فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین
۱۲	۱-۲ مقدمه
۱۲	۲-۲ اهمیت دشتها
۱۳	۳-۲ منابع آلاینده دشتها
۱۳	۱-۳-۲ طبیعی
۱۷	۲-۳-۲ انسانزاد
۱۷	۱-۲-۳-۲ فعالیت های کشاورزی
۱۹	۲-۲-۳-۲ شهر سازی
۲۱	۳-۲-۳-۲ معدنکاری
۲۲	۴-۲-۳-۲ فعالیت های صنعتی
۲۳	۴-۲ عوامل موثر در جذب، انحلال و آزادسازی عناصر در خاک و آب
۲۴	۱-۴-۲ پتانسیل یونی
۲۵	۲-۴-۲ تبادل آنیونی و کاتیونی
۲۵	۱-۲-۴-۲ مواد کلوئیدی
۲۶	۲-۲-۴-۲ محتوای رس خاک
۲۶	۳-۲-۴-۲ مواد آلی
۲۷	pH ۳-۴-۲
۲۹	۵-۲ مطالعات پیشین انجام شده در منطقه مورد مطالعه ط

۳۱	فصل سوم: مواد و روشهای مورد استفاده
۳۲	۱-۳ مقدمه
۳۲	۲-۳ انجام مطالعات پایه
۳۳	۳-۳ نمونه برداری
۳۴	۱-۳-۳ نمونه برداری خاک
۳۴	۲-۳-۳ نمونه برداری آب
۳۹	۴-۳ آماده سازی نمونه ها
۳۹	۱-۴-۳ نمونه های خاک
۴۱	۲-۴-۳ نمونه های آب
۴۱	۵-۳ روش های آنالیز مورد استفاده
۴۱	۱-۵-۳ اندازه گیری pH
۴۲	۲-۵-۳ اندازه گیری EC
۴۳	۳-۵-۳ اندازه گیری درصد مواد آلی در خاک
۴۳	۴-۵-۳ دانه سنجی خاک
۴۵	۵-۵-۳ اندازه گیری غلظت آنیون ها و کاتیون ها در آب
۴۵	۶-۵-۳ تعیین غلظت عناصر و فلزات سنگین
۴۵	۶-۳ ارزیابی کیفیت و شدت آلودگی در خاک دشت با استفاده از شاخص های مختلف
۴۵	۱-۶-۳ فاکتور غنی شدگی (Enrichment Factor)
۴۷	۲-۶-۳ شاخص زمین انباشت (Geo Accumulation Index)
۴۷	۳-۶-۳ فاکتور آلودگی (Factor Contamination) و درجه آلودگی ...
۴۸	۴-۶-۳ روش های آماری تحلیل داده ها

۴۹	فصل چهارم: زمین شناسی منطقه مورد مطالعه
۵۰	۱-۴ کلیات
۵۰	۲-۴ زمین شناسی عمومی
۵۱	۱-۲-۴ ژئومورفولوژی و زمین شناسی ساختمانی
۵۲	۲-۲-۴ گسل ها
۵۲	۱-۲-۲-۴ گسل راندگی شاهرود
۵۲	۲-۲-۲-۴ گسل کواترنری
۵۳	۱-۳-۴ سنگ های پرکامبرین و پالئوزویک
۵۵	۱-۱-۳-۴ سازند بایندر- پرکامبرین

۵۵	۲-۱-۳-۴ سازند سلطانیه- کامبرین زیرین
۵۵	۳-۱-۳-۴ سازند باروت - کامبرین زیرین
۵۶	۴-۱-۳-۴ سازند زاگون- کامبرین زیرین
۵۶	۵-۱-۳-۴ سازند لالون- کامبرین زیرین
۵۶	۶-۱-۳-۴ سازند میلا- کامبرین میانی تا بالایی
۵۷	۷-۱-۳-۴ سازند لشکرک- اردوویسین زیرین
۵۷	۸-۱-۳-۴ سازند جیروود- دونین بالایی
۵۸	۲-۳-۴ واحدهای سنگی مزوزوئیک
۵۸	۱-۲-۳-۳ سازند الیکا - تریاس
۵۹	۲-۲-۳-۴ سازند شمشک- تریاس بالایی تا ژوراسیک زیرین
۵۹	۳-۲-۳-۴ سازند دلیچای- ژوراسیک میانی
۵۹	۴-۲-۳-۴ سازند لار- ژوراسیک میانی تا بالایی
۶۰	۵-۲-۳-۴ سنگهای کرتاسه بالایی
۶۱	۳-۳-۴ سنگهای سنوزوئیک
۶۱	۱-۳-۳-۴ توالی‌های ائوسن زیرین-میانی در ایالت ساختاری ایران مرکزی
۶۲	۲-۳-۳-۴ واحدهای هم ارز سازند قم
۶۲	۳-۳-۳-۴ واحدهای هم‌ارز قرمز بالایی
۶۳	۴-۳-۳-۴ کنگلومرای نئوژن
۶۳	۵-۳-۳-۴ رسوبات کواترنری
۶۴	۴-۴ زمین‌شناسی اقتصادی

۶۵ فصل پنجم: کیفیت خاک دشت

۶۶	۱-۵ کلیات
۶۷	۲-۵ بررسی پراکندگی pH در خاک دشت
۷۲	۳-۵ بررسی پراکندگی مواد آلی در خاک دشت
۷۴	۴-۵- بررسی پراکندگی هدایت الکتریکی در خاک دشت
۷۶	۵-۵- بررسی بافت خاک دشت
۷۸	۶-۵ محاسبه همبستگی بین عناصر و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در خاک دشت
۸۰	۷-۵ بررسی غلظت و پراکنش عناصر در خاک دشت
۸۱	۱-۷-۵ سرب
۸۴	۲-۷-۵ روی
۸۶	۳-۷-۵ مس

۸۸	۴-۷-۵ واندیوم
۹۱	۵-۷-۵ کروم
۹۴	۶-۷-۵ فسفر
۹۶	۶-۷-۵ استرانسیوم
۱۰۰	۸-۵ محاسبه فاکتور غنی‌شدگی (Enrichment Factor) در خاک دشت
۱۰۴	۹-۵ محاسبه فاکتور آلودگی (Contamination Factor) در خاک دشت
۱۰۷	۱۰-۵ محاسبه شاخص زمین انباشتگی (Geoaccumulation Index) در خاک دشت
۱۱۱	۱۱-۵ بررسی آنالیز خوشه‌ای (Cluster Analysis) در خاک دشت

فصل ششم: کیفیت منابع آب دشت

۱۱۳	۱-۶ مقدمه
۱۱۴	۲-۶ همبستگی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و برخی عناصر در منابع آب
۱۱۹	۳-۶ بررسی تغییرات برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی در منابع آب دشت
۱۱۹	pH ۱-۳-۶
۱۲۱	۲-۳-۶ هدایت الکتریکی (EC)
۱۲۳	۴-۶ تغییرات غلظت آنیون ها و کاتیون های اصلی در منابع آب دشت
۱۲۳	۱-۴-۶ کلسیم
۱۲۵	۲-۴-۶ منیزیم
۱۲۷	۳-۴-۶ سدیم
۱۲۹	۴-۴-۶ پتاسیم
۱۳۱	۵-۴-۶ کربنات و بی کربنات
۱۳۳	۶-۴-۶ سولفات
۱۳۴	۷-۴-۶ کلراید
۱۳۶	۸-۴-۶ نیترات
۱۳۸	۵-۶ تیپ و رخساره منابع آب دشت
۱۴۴	۶-۶ تغییرات غلظت برخی از عناصر در منابع آب
۱۴۵	۱-۷-۶ کروم
۱۴۸	۲-۶-۶ مس
۱۵۱	۳-۶-۶ واندیوم
۱۵۳	۴-۶-۶ روی
۱۵۵	۵-۶-۶ استرانسیوم
۱۵۸	۶-۶-۶ فسفر
۱۶۰	۶-۶-۶ سرب

- ۱۶۱ ۷-۶ تغییرات شاخص اشباع شدگی (Saturation Index) در منابع آب
- ۱۶۱ ۱-۷-۶ شاخص اشباع برای کانیهای اصلی حاصل از آنیونها و کاتیونهای اصلی در آب
- ۱۶۳ ۲-۷-۶ شاخص اشباع شدگی عناصر مورد بررسی در آب منطقه
- ۱۶۶ ۸-۶ محاسبه شاخص فلزی (Metal Index)

۱۶۸ فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱۶۹ ۱-۷ کلیات
- ۱۷۰ ۲-۷ جمع بندی و نتیجه گیری
- ۱۷۰ ۳-۷ جمع بندی مطالعات مربوط به کیفیت آلودگی خاک دشت
- ۱۷۳ ۴-۷ جمع بندی مطالعات مربوط به کیفیت و آلودگی آب
- ۱۷۷ ۵-۷ پیشنهادات

۱۷۸ منابع

- ۱۷۸ منابع فارسی
- ۱۸۱ منابع لاتین

فهرست اشکال

صفحه

	فصل ۱:
۷	شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه
	فصل ۲:
۲۸	شکل ۱-۲ محدوده تحرک عناصر در pH های متفاوت در خاک ها
	فصل ۳:
۳۷	شکل ۱-۳ نقشه پراکندگی نمونه‌های خاک برداشت شده از منطقه مورد مطالعه
۴۰	شکل ۲-۳ نقشه پراکندگی نمونه‌های آب برداشت شده از منطقه مورد مطالعه
۴۴	شکل ۳-۳ مثلث بافت خاک USDA
	فصل ۴:
۵۱	شکل ۱-۴ نقشه سه بعدی و راههای دسترسی به منطقه
۵۲	شکل ۲-۴ سیمای Badland در جنوب منطقه مورد مطالعه (مسیر جاده طرود) در جنوب غرب منطقه
۵۳	شکل ۳-۴ تصویر RGB سنجنده TM از منطقه که آثار خطی گسل ده ملا در گوشه سمت
۵۴	شکل ۴-۴ نقشه واحدهای زمین شناسی منطقه
۵۸	شکل ۵-۴ نمایی از سازندهای پالئوزوییک در منطقه ده‌ملا
۶۰	شکل ۶-۴ نمایی کلی از واحدهای سنگ چینه ای در ناحیه ده ملا
	فصل ۵:
۷۱	شکل ۵-۱ مقدار و پراکندگی pH در خاک دشت
۷۳	شکل ۵-۲ مقدار و پراکندگی درصد مواد آلی در خاک دشت
۷۵	شکل ۵-۳ مقدار و پراکندگی EC در خاک دشت
۷۷	شکل ۵-۴ چگونگی توزیع بافت خاک در سطح دشت
۷۸	شکل ۵-۵ رده‌بندی بافت خاک دشت بر مبنای (USDA 2009)
۸۲	شکل ۵-۶ تغییرات غلظت سرب و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت
۸۵	شکل ۵-۷ تغییرات غلظت روی و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت
۸۷	شکل ۵-۸ تغییرات غلظت مس و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت
۸۹	شکل ۵-۹ تغییرات غلظت وانادیوم و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت
۹۰	شکل ۵-۱۰ مقاطع صیقلی و نازک از خاک و رسوب و سنگ‌های بیرون زده در نمونه S63
۹۱	شکل ۵-۱۱ بیرون‌زدگی افق بوکسیتی-اکسید آهنی در ابتدای دره ده‌ملا
۹۳	شکل ۵-۱۲ تغییرات غلظت کروم و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت
۹۵	شکل ۵-۱۳ تغییرات غلظت فسفر و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت
۹۷	شکل ۵-۱۴ تغییرات غلظت استرانسیوم و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت
۹۹	شکل ۵-۱۵ موقعیت نقاط نمونه برداری و گسل ده‌ملا
۱۰۰	شکل ۵-۱۶ محل قرار گیری دو نمونه S37 و S38
۱۰۱	شکل ۵-۱۷ محاسبه میانگین فاکتور غنی شدگی عناصر در خاک دشت
۱۰۲	شکل ۵-۱۸ محاسبه فاکتور غنی شدگی عناصر در خاک دشت
۱۰۵	شکل ۵-۱۹ محاسبه میانگین فاکتور آلودگی در خاک دشت
۱۰۶	شکل ۵-۲۰ فاکتور آلودگی عناصر مورد بررسی در خاک دشت

- شکل ۵-۲۱ درجه آلودگی اصلاح شده و پراکندگی آن در خاک دشت
 شکل ۵-۲۲ میانگین شاخص زمین انباشت برای عناصر مورد بررسی در خاک دشت
 شکل ۵-۲۳ محاسبه شاخص زمین انباشت برای عناصر مورد بررسی در خاک دشت
 شکل ۵-۲۴ دندوگرام سلسله مراتبی آنالیز خوشه‌ای عناصر مورد بررسی به روش...

فصل ۶:

- شکل ۶-۱ مقدار و پراکندگی pH در آب زیرزمینی منطقه
 شکل ۶-۲ مقدار و پراکندگی EC در آب زیرزمینی منطقه
 شکل ۶-۳ مقدار و پراکندگی یون کلسیم در آب زیرزمینی منطقه
 شکل ۶-۴ مقدار و پراکندگی یون منیزیم در آب زیرزمینی منطقه
 شکل ۶-۵ مقدار و پراکندگی یون سدیم در آب زیرزمینی منطقه
 شکل ۶-۶ مقدار و پراکندگی یون پتاسیم در آب زیرزمینی منطقه
 شکل ۶-۷ مقدار و پراکندگی بی‌کربنات در آب زیرزمینی منطقه
 شکل ۶-۸ مقدار و پراکندگی سولفات در آب زیرزمینی منطقه
 شکل ۶-۹ مقدار و پراکندگی کلراید در آب زیرزمینی منطقه
 شکل ۶-۱۰ مقدار و پراکندگی نیترات در آب زیرزمینی منطقه
 شکل ۶-۱۱ نمودار استیف منابع آب منطقه
 شکل ۶-۱۲ نمودار پایپر منابع آب
 شکل ۶-۱۳ نمودار ویلکاکس منابع آب دشت
 شکل ۶-۱۴ نمودارهای Eh-pH عناصر مورد بررسی (Takeno, 2005)
 شکل ۶-۱۵ مقدار و پراکندگی کروم در منابع آب منطقه
 شکل ۶-۱۶ مقدار و پراکندگی مس در منابع آب منطقه
 شکل ۶-۱۷ مقدار و پراکندگی وانادیوم در منابع آب منطقه
 شکل ۶-۱۸ مقدار و پراکندگی روی در منابع آب منطقه
 شکل ۶-۱۹ مقدار و پراکندگی استرانسیوم در منابع آب منطقه
 شکل ۶-۲۰ مقدار و پراکندگی فسفر در منابع آب منطقه
 شکل ۶-۲۱ شاخص اشباع شدگی کانی‌های اصلی در نمونه‌های آب
 شکل ۶-۲۲ شاخص اشباع شدگی عناصر مورد بررسی در نمونه‌های آب منطقه
 شکل ۶-۲۳ نمودار شاخص فلزی در منابع آب دشت

فصل ۷:

- شکل ۷-۱ چگونگی پراکندگی کیفیت آب بر اساس کاربری در منطقه

فهرست جداول

صفحه

فصل ۲:

- جدول ۱-۲ غلظت (بر حسب ppm) برخی از فلزات سنگین رایج در کودها و منابع مورد استفاده ... ۱۸
- جدول ۲-۲ روابط کلی میان pH و Eh و تحرک برخی عناصر ۲۴
- جدول ۳-۲ پتانسل یونی عناصر ۲۵

فصل ۳:

- جدول ۱-۳ طبقه بندی پتانسیل آلودگی طبیعی بر اساس لیتولوژی سنگها در منطقه ۳۳
- جدول ۲-۳ مشخصات محل‌های نمونه برداری از خاک منطقه ۳۵
- جدول ۳-۳ مشخصات محل‌های نمونه برداری از آب منطقه ۳۸
- جدول ۴-۳ رده بندی مقادیر فاکتور غنی شدگی ۴۶
- جدول ۵-۳ مقادیر شاخص زمین انباشت طبقه بندی مولر ۴۷
- جدول ۶-۳: رده بندی کیفی خاک هاکنسون بر مبنای فاکتور آلودگی و درجه آلودگی ۴۸

فصل ۵:

- جدول ۱-۵ مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و غلظت عناصر در نمونه‌های خاک دشت ۶۸
- جدول ۲-۵ طبقه بندی خاک بر مبنای pH (soil science society of America, 1997) ۷۰
- جدول ۳-۵ درصد ذرات تشکیل دهنده خاک دشت در نمونه های مورد بررسی ۷۷
- جدول ۴-۵ همبستگی عناصر با پارامترهای فیزیکوشیمیایی در خاک ۷۹
- جدول ۵-۵ حداکثر مقدار مجاز عناصر در خاکهای کشاورزی کشورهای مختلف و تعدادی از ... ۸۱
- جدول ۶-۵ منابع کشاورزی آلاینده خاک به عناصر بر حسب (ppm) ... ۸۴

فصل ۶:

- جدول ۱-۶ غلظت آنیون و کاتیونهای اصلی در نمونه های آب دشت ۱۱۵
- جدول ۲-۶ غلظت عناصر و فلزات سنگین مورد بررسی در نمونه‌های آب دشت بر حسب (ppb) ۱۱۶
- جدول ۳-۶ مقادیر همبستگی بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و عناصر مورد بررسی در آب دشت ۱۱۷
- جدول ۴-۶ تیپ، رخساره و توالی آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی منابع آب منطقه ۱۴۱

فصل ۷:

- جدول ۱-۷ طبقه بندی کیفیت آب با توجه به کاربری ۱۷۷

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

زمین خاکی که زیست‌گاه بشر و همه موجودات زنده می‌باشد مهمترین منبع تأمین مواد مورد نیاز بشر می‌باشد. آب و خاک سالم یکی از مهم‌ترین پارامترهای موثر در سلامت جامعه بشری و محیط زیست بوده و اساسی‌ترین جنبه‌های توسعه پایدار برای هر کشور می‌باشد. در این فصل به بیان مسئله و موضوع تحقیق، اهداف تحقیق، لزوم اجرای تحقیق، روش انجام تحقیق و خصوصیات منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است.

۲-۱ بیان مسئله

آنچه تاکنون در زمینه حوضه‌های آبرگیر در کشور انجام گرفته، نشان می‌دهد که از مجموع وسعت کشور، ۷۸ میلیون هکتار (۴۷٪) را دشتهای و مناطق کم شیب تشکیل می‌دهند (چرخایی، ۱۳۸۶). خاک به عنوان یکی از تصفیه‌کننده‌های طبیعت محسوب می‌شود. علاوه بر اینکه تأمین‌کننده مواد غذایی می‌باشد، خاصیت تصفیه‌کنندگی نیز دارد. این خاصیت خاک در اثر خواص فیزیکی (نفوذ آب از منافذ، فیلتراسیون و تبخیر)، خواص شیمیایی (کمپلکس‌سازی و تبادل یونی) و خواص زیستی آن (موجودات زنده و تجزیه و فساد مواد آلی) حاصل می‌گردد. ۹۵٪ غذای انسان از زمین حاصل می‌شود. برنامه ریزی برای داشتن خاکی سالم و حاصلخیز لازمه بقای انسان است. ورود بیش از حد مواد ارگانیک‌های زیستی یا انرژی به درون خاک سبب تغییر کیفیت آن می‌شود. همین مسئله باعث می‌شود که خاک از حالت طبیعی خود خارج و آلوده شود. بررسی خصوصیات و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی منابع خاک یک منطقه باید بصورت اصولی و پایه‌ای و بر مبنای مطالعات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی سنگهای تشکیل دهنده منطقه انجام داد.

بر اساس گزارش سازمان آب منطقه‌ای کشور، منابع آب زیرزمینی عمده‌ترین منابع تأمین نیازهای آب کشور می‌باشد. کیفیت آب به هنگام عبور از زمینها و سنگهایی با جنس مختلف، تغییر می‌کند و میزان این تغییرات به ترکیب شیمیایی، قابلیت انحلال کانیهای در بر گیرنده سنگ و خاک در واکنش

با آب، درجه حرارت، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب و مدت زمان ماندگاری بستگی دارد (Fetter, 1990). آب‌های فسیل که طی زمان زمین‌شناسی از سازندهای سخت شده در یک منطقه استخراج می‌شوند، به علت زمان ماندگاری بسیار طولانی خود بصورت بسیار بارزی بیانگر خصوصیات شیمیایی و پیشینه زمین‌شناسی واحدهای مذکور می‌باشند. آبهای بهره‌برداری شده از واحدهای جدید و سست نیز به علت نزدیکی به سطح زمین به تغییرات آب و خاک سطحی، بسیار حساس بوده و به علت فراوانی و گسترش موارد مصرف، به شدت نیازمند پایش و کنترل می‌باشند. فلزات سنگین در خاک و آب، در صورت داشتن غلظتی بیش از حد مجاز، می‌توانند به طور چشمگیری بر کیفیت منابع آب و خاک اثر بگذارند و آلودگی این منابع را در پی داشته باشند. به طور کلی فلزات سنگین موجود در خاک و یا آب دارای دو منشأ طبیعی و یا انسانزاد (شهر سازی، صنعت و کشاورزی) هستند.

در این تحقیق پس از انجام مطالعات زمین‌شناسی و بازدیدهای صحرایی و ارزیابی و شناخت منابع آلاینده احتمالی، به بررسی میزان غلظت برخی از عناصر و فلزات سنگین و چگونگی پراکنش آن در خاک و آب دشت شاهرود و همچنین ارتباط این پراکنش با منابع آلاینده پرداخته خواهد شد. به این منظور پس از نمونه‌برداری از خاک و آب زیرزمینی دشت و با آنالیز شیمیایی آنها، نتایج حاصله توسط نرم‌افزارهای Arc GIS, Surfer, AQQA, PHEREEQC, Chemistry, Rackwork, SPSS18, Excel مورد تفسیر و تحلیل قرار گرفت.

۳-۱ اهداف تحقیق

هدف کلی این مطالعه بررسی غلظت برخی از عناصر و فلزات سنگین در خاک و منابع آب زیرزمینی دشت شاهرود و ارزیابی کیفیت آب و خاک دشت می‌باشد. جهت نیل به این هدف، اهداف فرعی زیر نیز دنبال می‌گردد:

- مطالعه‌ی زمین‌شناسی منطقه و بررسی تأثیر آن بر میزان غلظت و پراکنش عناصر و فلزات سنگین در

خاک و آب منطقه.

- تعیین روند تغییرات غلظت عناصر و فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی منطقه.
- تعیین روند تغییرات غلظت عناصر و فلزات سنگین در خاک منطقه.
- تعیین ارتباط غلظت عناصر و فلزات سنگین در خاک و آب با فعالیت‌های انسانی و واحدهای زمین-شناسی و کاربری اراضی در منطقه.
- نمایش نحوه پراکنش آلاینده‌ها با استفاده از GIS بر روی نقشه زمین شناسی در آب زیرزمینی و خاک منطقه.
- ارزیابی میزان آلودگی در آب و خاک منطقه با استفاده از استاندارد ها و شاخص‌های زیست محیطی و ژئوشیمیایی.

۴-۱ لزوم انجام تحقیق

با توجه به اینکه حضور عناصر سنگین در آب و خاک، کیفیت این دو منبع را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند و همچنین با توجه به وابستگی تنگاتنگ میان محیط زیست، آب، خاک و جامعه انسانی، ایجاد آلودگی و هرگونه تغییر کیفی در آب و خاک می‌تواند در صورت محیا بودن شرایط تأثیرات سوئی را بر جوامع زیستی شامل گیاهان، جانوران و انسان داشته باشد. یکی از منابع اصلی ایجاد آلودگی فلزات سنگین در یک دشت، منابع آلاینده طبیعی می‌باشد. قسمت اعظم مناطق جنوبی دشت شاهرود را واحدهای زمین‌شناسی تخریبی-تبخیری ائوسن فراگرفته که متشکل از شیل، مارن، واحدهای گچی-نمکی می‌باشند، لذا وجود چنین واحدهایی می‌تواند به مقدار قابل ملاحظه‌ای آنیون‌ها و کاتیون‌ها را وارد منابع آب زیرزمینی نمایند و همچنین باعث تولید خاکهای ریزدانه با بافت سنگین و سرشار از املاح معدنی شوند. وجود سازندهای رسی-گچی در جنوب منطقه، شرایط مناسب را برای حضور عناصر سنگین و با تحرک‌پذیری بالا فراهم می‌سازد.

کفه‌های شور کم ارتفاع و پست دشت که در جنوب غربی دشت واقع شده و جهت عمومی جریان آب زیرزمینی نیز به سمت این کفه‌ها می‌باشد، از جمله مناطقی هستند که می‌توانند حاوی شورابه‌های با درصد بالایی از فلزات سنگین باشند.

از دیگر منابع احتمالی آلوده‌کننده منابع خاک و بدنبال آن منابع آب زیرزمینی در دشت شاهرود؛ منابع آلاینده‌های با منشأ انسانزاد می‌باشد. گسترش شهرسازی، کشاورزی و فعالیتهای صنعتی و در کنار آنها گسترش مصرف انواع سموم و کودهای شیمیایی و روان‌آبهای سطحی از مناطق شهری، معدنی، صنعتی و کشاورزی به آب و خاک، احتمال ایجاد آلودگی در این دو منبع حیاتی را افزایش می‌دهد.

از دیگر منابع آلوده‌کننده منابع آب و خاک دشت شاهرود، خصوصاً مکان‌های دفع پسماند و یا لندفیل‌های شهری است. این منابع می‌توانند علاوه بر وارد کردن فلزات سنگین و سایر آلودگی‌ها، عوامل بیماری‌زا نیز به آب و خاک وارد نمایند.

با توجه به موارد ذکر شده و شرایط حاکم بر دشت شاهرود (زمین‌شناسی و فعالیت‌های انسانی) و همچنین عدم وجود مطالعه‌ای جامع بر روی نحوه پراکنش آلودگی عناصر و فلزات سنگین در آب و خاک دشت و بررسی چگونگی ارتباط آلودگی‌های احتمالی با منابع آلاینده در دشت، انجام تحقیق حاضر لازم و ضروری می‌نماید.

۵-۱ روش انجام تحقیق

برای رسیدن به اهداف این تحقیق، در ابتدا مطالعه جامع و کامل از تحقیقات پیشین مشابه در ایران و جهان در زمینه عوامل اثرگذار بر روی آلودگی‌های آب و خاک در دشتهای و همچنین چگونگی حرکت و توزیع آلاینده‌ها و برهمکنش آب و خاک به منظور بسط و پایه‌ریزی اطلاعات انجام پذیرفت. در ادامه به بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه و کاربری اراضی در آن و نقش احتمالی هر یک از این

مؤلفه‌ها در پراکندگی آلودگی پرداخته شد. نمونه‌گیری‌های هدفمندی از منابع آب، خاک و سنگها برای بررسی نحوه توزیع آلودگی و ارزیابی کیفیت آب و خاک منطقه انجام پذیرفت. آنالیزهای مختلف جهت اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی و تعیین غلظت فلزات سنگین با استفاده از روش ICP-OES ، ICP-MS و IC بر روی نمونه‌های خاک و آب منطقه صورت گرفت. مطالعات کانی شناسی با استفاده از مقاطع نازک و صیقلی به منظور تعیین کانی‌های موجود در سنگهای منطقه صورت پذیرفت.

نتایج حاصل از آنالیزهای شیمیایی و کانی شناسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف و رسم نمودارها و اشکال مختلف چگونگی پراکنش فلزات سنگین در خاک و آب دشت و همچنین بررسی منشأهای احتمالی آنها انجام پذیرفت. در نهایت از محاسبه شاخص‌های زیست محیطی مختلف، میزان آلودگی در خاک و آب دشت برآورد گردید.

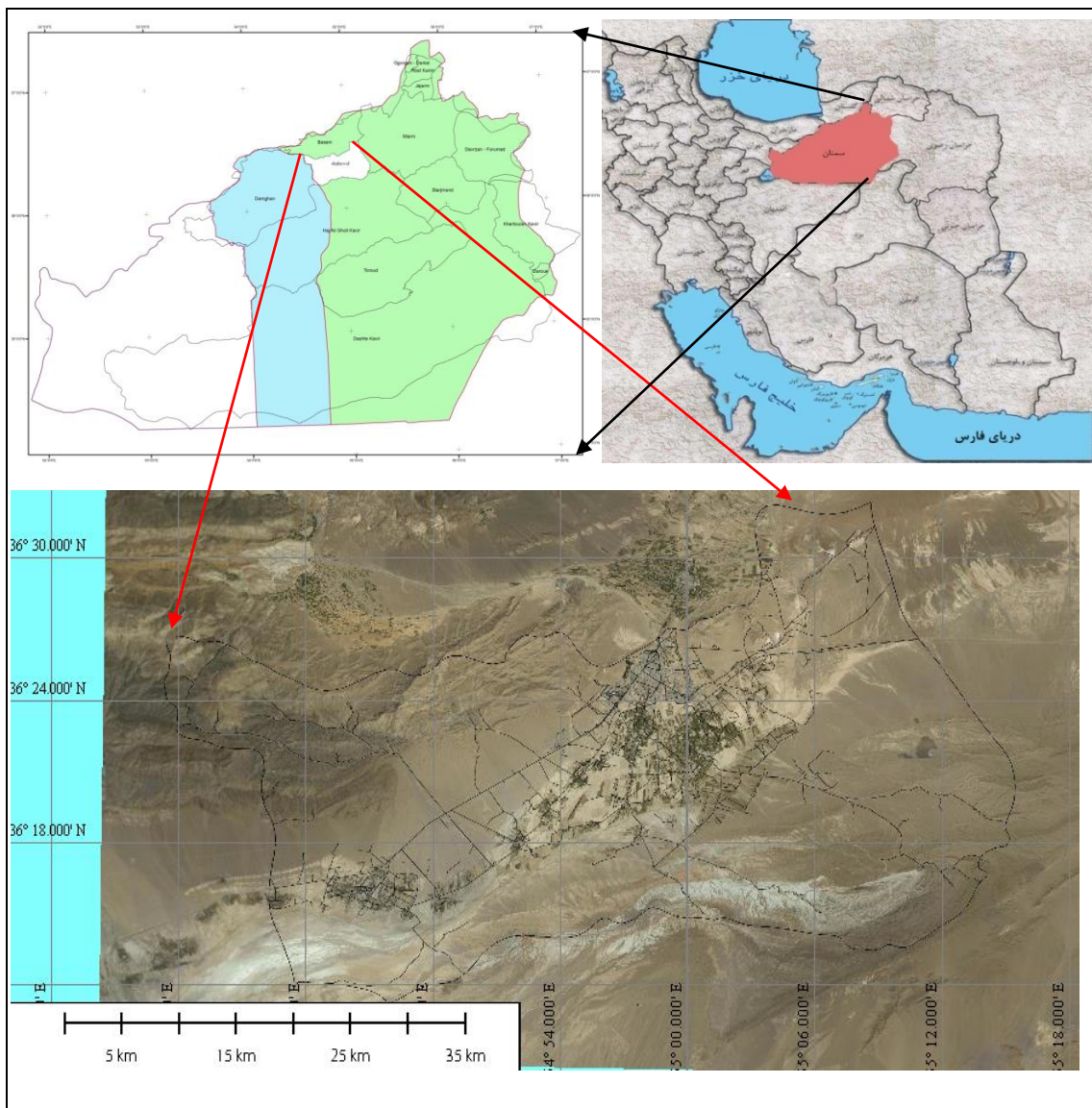
۱-۶ ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

۱-۶-۱ ویژگی‌های جغرافیایی دشت و شهرستان شاهرود

دشت شاهرود بصورت مستطیلی در جهت شمال شرق- جنوب غرب، بین ارتفاعات تپال در شمال و تپه ماهورهای مارنی-گچی در جنوب قرار گرفته، از طرف غرب به دشت دامغان و از طرف شرق به حوضه آبریز میامی ختم می‌گردد (شکل ۱-۱).

این دشت که در محدوده بین طول جغرافیای $54^{\circ}35'$ تا $55^{\circ}16'$ شرقی و $36^{\circ}12'$ تا $36^{\circ}30'$ شمالی قرار گرفته است، از آبرفتها و نهشته‌های رودخانه‌ای عهد حاضر پوشیده شده که در بخش‌های شمالی و حاشیه ارتفاعات، غالباً درشت دانه بوده و بسمت جنوب و جنوب غرب، با کاهش شیب توپوگرافی و هیدرولیکی به رسوبات رسی و ریزدانه ختم می‌گردد. خروجی حوضه آبریز بسطام (دشت بسطام- کال محمود آباد) و رودخانه مجن، در جهت شمال شرق به دشت شاهرود مرتبط بوده و

آوردهای رسوبی و جریانات سطحی و زیرزمینی، غالباً از این بخش وارد دشت شاهرود می‌گردند. از سایر حوضه‌های منتهی به این دشت می‌توان به دره پلیس راه (واقع در شمال شرق حوضه) اشاره نمود. کال شاهرود معرف به کال سیاه، در حاشیه جنوبی دشت، در جهت شمال شرق به سمت جنوب غرب، جریانات سطحی و زیرزمینی را بسوی کویر حاج علی‌قلی تخلیه می‌کند (فن‌آوران، ۱۳۸۳). شهر شاهرود در قسمت شمالی این دشت و همجوار با ارتفاعات آهکی کرتاسه عموماً بر روی رسوبات درشت دانه بنا شده است.



شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه

شهرستان شاهرود با مساحت ۵۱۷۶۲ کیلومتر مربع با جمعیت ۲۳۷۱۸۱ نفر از شمال به استانهای خراسان شمالی و گلستان و از جنوب به استانهای اصفهان و یزد و از شرق به استان خراسان رضوی و از مغرب به شهرستان دامغان محدود می‌باشد. این شهرستان به مرکزیت شهر شاهرود، پهناورترین شهرستان استان سمنان است که نیمه شرقی استان را در بر می‌گیرد. به همین سبب دشت‌های نسبتاً حاصل‌خیز و آبخوان‌هایی، با پتانسیل بالای آبدهی را در خود جای داده است. به دلیل رخنمون واحدهای آهکی گسترده، به ویژه در شمال شهر شاهرود و غرب بسطام، آبخوانهای آهکی از نوع کارستی در آن ایجاد شده است که دارای منابع آبی مناسبی (چه به لحاظ کمی و چه از نظر کیفی) است. چشمه‌های مجن، تاش و فرحزاد، قنوات دشت مجن و چاههای آهکی صحرای جلالی و کوه تپال و حتی آبخوان دشت بسطام از جمله مواردی هستند که از این سازندهای آهکی تغذیه می‌شوند.

از مهمترین آبخوانهای آبرفتی این شهرستان می‌توان به دشت‌های شاهرود، بسطام، میامی بویژه در قسمت جنوبی، بیارجمند و نیز آبخوانهای کوچکتری همچون مجن، مزج و جیلان، چاه جام، میامی شمالی، احمد آباد، زمان آباد، فرومد، پل ابریشم و دشت دانیال اشاره نمود (فن‌آوران، ۱۳۸۳). در مجموع، اکثر منابع آب این شهرستان وسیع، در دشت شاهرود، حوضه بسطام و مجن بصورت چاههای عمیق، نیمه عمیق، قنات‌ها و چشمه قرار گرفته است که حجم آب قابل ملاحظه‌ای از آنها غالباً جهت مصارف کشاورزی استحصال می‌شود.

۱-۶-۲ اقلیم دشت شاهرود

اقلیم دشت شاهرود در زمره اقلیم‌های خشک بر اساس طبقه‌بندی سیلیانف محسوب می‌شود و در استان سمنان، ایستگاه‌های شاهرود و بسطام در این قلمرو اقلیمی قرار دارند. در این اقلیم بارندگی سالانه بین ۱۶۶ تا ۱۷۸ میلی‌متر، متوسط سالانه دما بین ۱۱/۹ تا ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد، متوسط حداکثرهای دمای سالانه بین ۱۹ تا ۲۰/۵ درجه سانتی‌گراد، متوسط حداقل‌های سالانه بین ۴/۷ تا

۷/۸ درجه سانتی گراد و دماهای حداکثر و حداقل مطلق بین ۴۲ و ۱۸ درجه سانتی گراد می باشد. میانگین ماهانه دما از حداقل ۱/۳- تا حداکثر ۲۶/۶ درجه سانتی گراد و به ترتیب در ماه‌های دی و تیرماه نوسان دارد (سازمان هواشناسی، ۱۳۸۸).

حداکثر بارندگی فصلی در ایستگاه شاهرود در اسفندماه و حداقل بارندگی فصلی در مرداد ماه گزارش شده است. با توجه به تغییرات فصلی دما و بارش، آخر آبان‌ماه پایان فصل خشک و آخر اردیبهشت ماه پایان فصل تر در نظر گرفته می‌شود.

مناطق کوهستانی شمال منطقه به علت دارا بودن ارتفاع زیاد و تأثیرپذیری از اقلیم کوهستانی البرز دارای اقلیمی متفاوت از نواحی جنوبی و کم ارتفاع دشت می‌باشد. این اقلیم در زمره اقلیم خشک در سیستم سیلیانف قرار دارد و علی‌رغم تشابهات فراوان آن با اقلیم شاهرود به لحاظ ارتفاع زیاد، بعنوان اقلیم کوهستانی و خشک محسوب می‌شوند.

۱-۶-۳ پوشش گیاهی دشت شاهرود

پوشش گیاهی دشت شاهرود را می توان به دو دسته کلی پوشش ناشی از فعالیت های انسانی (کشاورزی) و پوشش طبیعی (مرتعی) تقسیم نمود. هر چند با توجه به تفاوت های اقلیمی و سنگ شناسی موجود در بخش های شمالی و جنوبی منطقه، تفاوت اندکی در پوشش گیاهی مرتعی این مناطق مشاهده می گردد، اما به طور کلی مراتع محدوده مورد مطالعه را می توان در زمره مراتع نسبتاً فقیر تا حد واسط طبقه بندی نمود. درمنه (انواع گونه های مختلف) گیاه غالب این مناطق بوده که با افزایش ارتفاع، گیاه گون و با نزدیک شدن به مناطق رسی و شور، گیاهان شور دوست نظیر گز و طاق در مجاورت آن مشاهده می گردد (فن آوران، ۱۳۸۳).

پوشش گیاهی ناشی از کشاورزی که بیشتر از کشت گندم، جو، صیفی جات، چغندر، سیب زمینی و باغات میوه تشکیل شده است، به صورت یک کمربند در مرکز دشت قرار گرفته و از سمت شمال

شرق دشت به سمت جنوب غرب آن کشیده شده است.

۷-۱ سازمان‌بندی پایان‌نامه

مراحل و نتایج تحقیق حاضر به صورت زیر سازمان‌بندی شده است:

- فصل اول: کلیات
- فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین
- فصل سوم: مواد و روشها
- فصل چهارم: زمین‌شناسی منطقه
- فصل پنجم: بررسی آلودگی خاک در دشت شاهرود
- فصل ششم: بررسی کیفیت و آلودگی آب در دشت شاهرود
- فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فصل دوم

مروری بر مطالعات پیشین

۱-۲ مقدمه

دشته‌ها به دلیل ویژگی‌های مناسب مورفولوژیکی، آب و هوایی و دسترسی نسبتاً آسان به خاک مناسب و منابع آب، از دیر باز مورد توجه بوده و امروزه نیز بخش عمده گسترش جوامع انسانی معطوف به این اراضی می‌باشد.

رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های انسانی همواره با اثرات زیست‌محیطی متعدد همراه بوده است. دشته‌ها نیز از این قاعده مستثنی نیستند. در نتیجه بررسی کیفیت منابع آبی و خاکی دشته‌ها به دلیل تأثیر مستقیم و غیر مستقیم بر سلامت انسانها از مباحث مورد توجه قرن حاضر می‌باشد.

در این بخش ضمن مروری بر مطالعات گذشته اهمیت و عوامل آلاینده دشته‌ها از قبیل عوامل طبیعی (سازندهای زمین شناسی) و انسانزاد (فعالیت‌های صنعتی، معدنی، کشاورزی و...) به بررسی برخی از عوامل موثر بر جذب و آزادسازی عناصر در خاک و آب و در نهایت به بررسی مطالعات پیشین انجام شده در منطقه پرداخته می‌شود.

۲-۲ اهمیت دشته‌ها

رسوبات، ذرات و خاک حاصل از فرسایش واحد‌های مرتفع زمین شناسی، دشت‌های نسبتاً پست و با شیب ملایم را در مجاورت خود ایجاد نموده است. وجود رسوبات ریزدانه در مناطق دور از ارتفاعات دشته‌ها و همچنین فرسایش پذیری کمتر دشته‌ها نسبت به مناطق با مورفولوژی خشن باعث شده تا عوامل خاکساز با سهولت بیشتری در این مناطق ایفای نقش نموده و ضخامت قابل توجه خاک را در سطح آن ایجاد نماید (عباس نژاد، ۱۳۸۴). وجود خاک مناسب، شرایط اقلیمی و توپوگرافی مطلوب و دسترسی به منابع آبی (رودخانه‌ها و چاه‌ها) از جمله عواملی است که باعث توجه انسان برای زندگی در این مناطق شده است (داهی و معلمی، ۱۳۸۲).

رشد روز افزون جمعیت و به دنبال آن افزایش فعالیت های مرتبط با آن نظیر کشاورزی، شهرسازی، فعالیت های صنعتی، دفن پسماند ها و زباله ها و به طور کلی منابع آلوده کننده دشتها به همراه محدودیت منابع طبیعی از یک سو و ارتباط مستقیم و غیر مستقیم بشر با محیط از سوی دیگر، باعث شده است که مطالعه منابع آب و خاک دشتها از نظر زیست محیطی اهمیت زیادی داشته باشد (Alley, 2000).

۲-۳ منابع آلاینده دشتها

۲-۳-۱ طبیعی

تاکنون مطالعات بسیار گسترده ای در ارتباط با تأثیر عوامل زمین زاد بر کیفیت آب و خاک دشتها صورت گرفته که در ذیل به برخی از آنها اشاره شده است.

در مطالعه انجام شده بر روی خاکهای تشکیل شده از واحد های مختلف زمین شناسی در شمال ایرلند مشخص گردید که عناصری مانند Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P و Zn در خاکهای حاصل از واحد های بازالتی دارای غلظت های بسیار بالاتری از میانگین پوسته ای هستند. در خاکهای ناشی از سنگ آهکها، تمرکز پایینی از عناصر کمیاب و فلزات سنگین وجود دارد ولی غلظت عناصری چون Sr و Ca بالا است. گرانیتهای منطقه (سنگ های آذرینی اسیدی) دارای تمرکز پایینی از عناصر کمیاب هستند این در حالی است که شیل های منطقه تمرکز بالایی از انواع عناصر از جمله فلزات سنگین را نشان دادند (Jordan et al, 2007).

در تحقیقی که بر روی شش نوع سنگ مادر منطقه شامل فیلیت، تونالیت، پریدوتیت، دولریت، شیل و آهک در منطقه غربی رشته کوه البرز (جنوب فومن) توسط نائل و همکاران (Nael et al, 2009) انجام شد مشخص گردید خاکهای حاصل از سنگهای پریدوتیتی و دولریتی، بالاترین مقدار نیکل، کروم، کبالت و وانادیوم را داشته و مقدار سرب و روی در خاکهای شیلی به بیشترین مقدار رسیده است. Pb,

Cu, Zn و Mn نیز در بیشتر خاکها به استثنای خاکهای آهکی و خاک هایی که به شدت تحت آبشویی قرار گرفته اند و خاکهای اسیدی، غنی شدگی در منطقه نشان دادند.

رسوبات و واحد های زمین شناسی که در شرایط احیایی ته نشست شده اند نظیر شیل های سیاه و واحد های ذغالی، مهمترین منابع ورود عناصر سنگین نظیر سرب، روی، آهن، سلنیوم، وانادیوم، آنتیموان، اورانیوم، جیوه، کروم و نیکل، عناصر نادر خاکی، گوگرد و آرسنیک در سنگ های رسوبی محسوب می شوند. البته این عناصر در محل کانی زایی های انجام شده در سنگهای آذرینی (آشفشانی یا پلوتونیک) و رسوبی نیز با توجه به نوع کانه زایی، به فراوانی قابل مشاهده می باشند (Zhang et al, 2002- Zhao et al, 2007).

در مطالعه ای که رحیمی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی میزان غنی شدگی عناصر سنگین در ذغالسنگ ها و باطله های ذغال و سینه کار مجموعه معدنی طزره (البرز شرقی) و قسمتی از سازند شمشک انجام دادند مشخص شد که ذغالسنگ منطقه نسبت به سلنیوم بیشترین غنی شدگی را دارا بوده و عناصر سرب، جیوه، آنتیموان و مس غنی شدگی کمتری از سلنیوم را نشان دادند، ولی کلاً ذغال نسبت به این عناصر غنی شدگی بینهایت را نشان داد.

عناصری مانند Mg، Fe، Cr، Co، Cu و V در سنگ های اولترا مافیک تا مافیک به فراوانی مشاهده می شوند، ولی عناصری نظیر اورانیوم، ربیدیوم، قلع، تیتانیوم، لیتیوم و سزیم که دارای شعاع یونی بزرگی می باشند، بیشتر در سنگ های آذرینی اسیدی نظیر گرانیت ها و پگماتیت ها فراوانی قابل توجهی را نشان داده و بنابراین در اثر فرسایش این واحدها، خاکهای تشکیل شده از این عناصر غنی می باشد (کریم پور، ۱۳۸۷ - Mason, Moor. 1966).

بر خلاف سنگ های آذرینی، بسیاری از واحد های رسوبی نظیر سنگ آهک و واحد های رسوبی تخریبی از عناصر سنگین فقیر بوده و در مقابل غلظت های بالایی از Sr، Ca، Ba، S و گاهاً Zn، As و Pb مشخص می شوند (عباس نژاد، ۱۳۸۴ - Galan et al, 2008).

هانسلاو (Hounslow, 1995) بیان می کند در مناطقی که سنگهای آهکی گسترش یافته اند، علاوه بر افزایش pH خاک و آب منطقه، افزایش غلظت کلسیم و یون بی کربنات نسبت به سایر آنیون ها و کاتیون ها در منابع آبی دیده می شود. در مناطقی که سنگهای تبخیری گسترش یافته اند، غلظت بسیاری از آنیون ها و کاتیون ها نظیر سولفات، کلر، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم افزایش یافته و ضمن بالا رفتن EC آب، به طور قابل توجهی از کیفیت آب آن مناطق کاسته می شود (Van der perk, 2006).

از آنجایی که سنگهای رسوبی تقریباً ۷۵٪ سنگ های سطح کره زمین را تشکیل می دهند، می توانند نسبت به سنگهای آذرین سنگ مادر مهمتری برای انواع خاک باشند. این سنگها اگرچه غلظت پایینی از عناصر سنگین و کمیاب هستند اما می توانند آنیون ها و کاتیون های مختلفی را وارد محیط آب نمایند و از این لحاظ نقش مهمی در آلودگی زیست محیطی، (که شوری و سختی مهمترین آنها می باشد)، ایفا می نمایند (Alloway, 1995).

سنگ ها در اثر فرآیند های هوازدگی به خاک تبدیل می شوند. هرچند در حین فرآیند های خاک سازی ممکن است برخی از عناصر از محل اولیه خود خارج شده و باعث فقیر شدگی یا غنی شدگی در محدوده ای خاص گردند، ولی نهایتاً خاک شرایط مناسبی برای نفوذ، شستشو و انتقال عناصر به آب را ایجاد می نماید (اکبری شمس خان ۱۳۸۴). این درحالی است که آب های زیرزمینی به دلیل داشتن سرعت کم و زمان طولانی مجاورت با سنگها و با توجه به ویژگی های شیمیایی (pH و Eh محیط)، جنس سنگ ها، میزان آلتراسیون، هوازدگی واحدها و جهت جریان آب شدت فرآیندها یا وجود عوامل زمین شناسی نظیر حرکت گسل ها و ... می تواند مقادیری کم و یا قابل توجهی از عناصر را در خود حل نموده و منتقل نماید (Alley, 2000).

در خصوص تأثیرات زمین شناسی بر آبهای زیرزمینی، مطالعات موردی زیادی صورت گرفته است.

راجموهان و الانگو (Rajmohan and Elango, 2004) در بررسی فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی در یک آبخوان در کشور هندوستان، غلظت یون‌های سدیم، کلسیم و پتاسیم آب زیرزمینی را به هوازدگی سیلیکات‌های موجود در محیط زمین‌شناسی این آبخوان نسبت دادند. آنها فرایند تبادل یونی معکوس در آبهای موجود در سازندهای سخت منطقه را منشأ اصلی کلسیم، سدیم و منیزم موجود در آب دانستند و در سازندهای با لیتولوژی کربناته علاوه بر فرآیند فوق، انحلال را نیز مؤثر دانستند.

رئییسی در مطالعه‌ی دشت داراب در استان فارس، کیفیت آب در بخش جنوبی دشت را بررسی کرد. نتایج نشان داد که آبهای این بخش هدایت الکتریکی در حدود ۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و از نوع بی‌کربناته می‌باشند. وی این امر را به تغذیه‌ی آب از ارتفاعات مجاور آن که از سازندهای کربناته‌ی آسماری و جهرم تشکیل شده‌اند، نسبت داد. در بخش شمالی دشت بر خلاف بخش جنوبی، هدایت الکتریکی در حدود ۴۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر و تیپ آب کلروره بوده است. وی علت این امر را به حضور گنبد‌های نمکی در مخروط افکنه‌های شمالی دشت نسبت داد. (رئییسی، ۱۳۷۴).

جودوی و همکارانش برای تعیین منشأ شوری آب زیرزمینی در منطقه‌ای در استان خراسان، با اندازه‌گیری مقادیر یون‌های اصلی آب، تیپ آب را کلرید-سدیک تعیین کردند. آنها با اندازه‌گیری ضریب همبستگی بین این دو یون، منشأ این دو یون را به هالیت موجود در آبخوان یا سنگ بستر نسبت دادند (Jody et al, 1998).

علاوه بر جنس کانی‌های تشکیل دهنده و جنس مواد سخت آبخوان، سایر شرایط آبخوان نیز بر کیفیت آب سازند می‌تواند اثرگذار باشد. برای مثال بساکی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی آبخوان ساحلی کردکوی در استان گلستان، احتمال تأثیرگذار بودن آبهای فسیلی موجود در سازند را نیز محتمل دانستند. آنها با وجود ساحلی بودن آبخوان، به علت فاصله‌ی زیاد مکان‌هایی از آبخوان از خط ساحل، احتمال نفوذ آب شور را به داخل آبخوان دور از انتظار دانستند.

تأثیر محیط زمین‌شناسی منطقه بر آبهای زیرزمینی می‌تواند به طور غیر مستقیم نیز صورت گیرد. در این زمینه می‌توان به مطالعه‌ی زارعی و اژدری (۱۳۸۴) اشاره نمود. ایشان با نمونه برداری از آب سطحی و زیرزمینی حوضه آبرگیر سد ابوالفارس، مشاهده نمودند که علی‌رغم آب مناطق بالادست که به دلیل منشأ کارستی از کیفیت بالایی برخوردار بودند، کیفیت آب مناطق نمونه‌برداری شده به حدی رسیده است که برای استفاده شرب مناسب نیستند. آنها این امر را به عبور آبهای سطحی از سازند تبخیری گچساران نسبت دادند.

عوامل طبیعی دیگری نیز در کیفیت آبهای زیرزمینی لایه‌ی آبدار می‌توانند تأثیرگذار باشند. از جمله این عوامل می‌توان به شرایط هیدروژئولوژیکی منطقه، میزان تغذیه طبیعی آبخوان، تأثیر آبهای سطحی و تبخیر از سطح آب زیرزمینی اشاره کرد (Cloutier et al, 2006).

۲-۳-۲ انسانزاد

فعالیت‌های انسانی با ایجاد تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در محیط زیست، تعادل اولیه طبیعت را بر هم زده و ضمن گسترش فعالیت‌ها، آلودگی‌های مختلفی را وارد محیط زیست می‌نماید. استخراج و فرآوری مواد معدنی، تولید نیرو، فعالیت‌های صنعتی، دفع زباله‌ها، کشاورزی، توسعه شهر سازی، تصفیه آب و مواد نفتی نمونه‌هایی از فعالیت‌های بشری موثر در آلودگی محیط زیست محسوب می‌شوند (fyfe, 1998 - کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶) که در ادامه به معرفی مهمترین آنها پرداخته شده است.

۱-۲-۳-۲ فعالیت‌های کشاورزی

کودهای فسفاته و نیترا ته حاصل از فعالیت‌های کشاورزی که به صورت محلول در آبهای زیرزمینی و سطحی در آمده و وارد منابع آبی می‌شوند، از مهمترین منابع آلاینده حاصل از فعالیت‌های کشاورزی محسوب می‌شوند. اهمیت کودهای نیترا ته زمانی که منابع آب زیرزمینی آلوده جهت شرب (معمولاً

در روستاها) استفاده گردد، که در این صورت سلامتی انسان در معرض خطر جدی قرار خواهد گرفت چرا که در بدن انسان نیترات به نیتريت تبدیل شده و نیز نیتريت از راه روده جذب و با هموگلوبین خون ترکیب می‌شود و مانع از نقش اکسیژن رسانی آن می‌شود، این عارضه در کودکان با آبی شدن زیر پوست و نهایتاً مرگ آنها منتهی می‌شود (حقیقت و محمدی، ۱۳۸۴ - Mirvish, 1991).

کودهای فسفات‌ه، بویژه کودهای تشکیل شده از سنگ های آپاتیت، مقادیر بالایی از عناصر خطرناکی چون کادمیوم، آرسنیک، وانادیوم، سرب، سلنیوم و اورانیوم را در خود جای داده و ضمن آلودگی آب و خاک، آلودگی شدید در گیاهان مورد مصرف انسان ایجاد می نماید (Alloway, 1995 – Zielinski et al, 2000). جدول ۱-۲ فهرستی از عناصر و مقادیر آنها در انواع مختلف کودها را نشان می دهد (Kabata-Pendias & Pendias, 2001).

جدول ۱-۲ : غلظت (بر حسب ppm) برخی از فلزات سنگین رایج در کودها و منابع مورد استفاده در زمین‌های

کشاورزی (Kabata-Pendias & Pendias, 2001)

عناصر	لجن فاضلاب	کودهای فسفات‌ه	آهک	کودهای نیتروژنی	فضولات حیوانی
As	۲-۲۶	۲-۱۲۰۰	۰/۱-۲۴	۲-۱۲۰	۳-۲۵
Cd	۲-۱۵۰۰	۰/۱-۱۷۰	۰/۰۴-۰/۱	۰/۰۵-۸/۵	۰/۳-۰/۸
Co	۲-۲۶۰	۱-۱۲	۰/۴-۳	۵-۱۲	۰/۳-۲۴
Cr	۲۰-۴۰۶۰۰	۶۶-۲۴۵	۱۰-۱۵	۳-۱۹	۵/۲-۵۵
Cu	۵۰-۳۳۰۰	۱-۳۰۰	۲-۱۲۵	۱-۱۵	۲-۶۰
Mn	۶۰-۳۹۰۰	۴۰-۲۰۰۰	۴۰-۱۲۰۰	----	۳۰-۵۵۰
Ni	۱۶-۵۳۰۰	۷-۳۸	۱۰-۲۰	۷-۳۸	۷/۸-۳۰
Pb	۵۰-۳۰۰۰	۷-۲۲۵	۲۰-۱۲۵۰	۲-۱۴۵۰	۶/۶-۱۵
V	۲۰-۴۰۰	۲-۱۶۰۰	۲۰	----	----
Zn	۷۰۰-۴۹۰۰۰	۵۰-۱۴۵۰	۱۰-۴۵۰	۴۲۱	۱۵-۲۵۰

کشاورزی مدرن نیز به دلیل استفاده از آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی می‌تواند کیفیت آبهای زیرزمینی را برای مصارف خاص، غیرقابل استفاده نماید. از جمله مهمترین آلودگی حاصل از استفاده از موارد ذکر شده، آلودگی به یون نیترات و فلزات سنگین می‌باشد (Fitts, 2001). این در حالی است که بهمنی و همکاران (۱۳۸۷) معتقدند مصرف روز افزون سموم، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها می‌توانند بیش از کودها ضمن نشت و تولید زهاب، آلودگی منابع آب و خاک را ایجاد نمایند. بطوریکه در تحقیقی که توسط نیکسون و همکاران (Niksohn et al, 2003) در انگلستان انجام شد، مهمترین منبع مولد برخی از عناصر سنگین مانند جمله سرب و جیوه را کودهای حیوانی و لجن‌های فاضلاب اعلام کردند.

۲-۳-۲ شهر سازی

آلودگی آب و خاک در اثر شهرنشینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آلودگی شهری از منابع بسیاری ناشی می‌شود و وسایل نقلیه موتوری در حال حاضر از جمله مهمترین این منابع می‌باشند (Mielke, 1994).

سازمان حفاظت محیط زیست امریکا منابع آلودگی آبهای زیرزمینی در نواحی شهری و حومه را به صورت زیر خلاصه نموده است (USEPA, 1990):

- ۱- تصفیه آب سطحی آلوده
- ۲- دفع زیرزمینی مواد زائد جامد و مایع
- ۳- انباشت مواد فاسد شده
- ۴- زباله‌ها
- ۵- دفع فاضلاب سطحی در خیابانها
- ۶- پخش نمک روی جاده‌ها
- ۷- غذای حیوانات
- ۸- کودهای شیمیایی و آفت‌کشها
- ۹- ریختن غیر مترقبه مواد
- ۱۰- چاه‌های جذبی توالی
- ۱۱- مواد خاص خروجی از کارخانه‌ها
- ۱۲- آبگیرهای سطحی
- ۱۳- محل‌های دفع زباله
- ۱۴- دفع مواد زائد
- ۱۵- نشت از لوله‌های زیرزمینی و نشت از مخازن زیرزمینی
- ۱۷- تغذیه مصنوعی
- ۱۸- چاههای فاضلاب
- ۱۹- قبرستانها
- ۲۰- کانالها و چاههای زهکشی کشاورزی
- ۲۱- مخازن زیرزمینی مواد

نفی ۲۲- بازیافت دوباره ۲۳- تخلیه مواد زائد در چاه‌ها ۲۴- معادن ۲۵- چاه‌های اکتشافی و گمانه- های آزمایشی ۲۷- چاه های متروکه.

کارمون و شامیر (Carmon and Shamir, 1997) معتقدند در نواحی مسکونی کلرایدها، نیتراتها و فلزات سنگین آلاینده هایی هستند که از اهمیت بالایی برخوردارند. نیترات به دلیل قابلیت انحلال زیاد در آب، جذب کم و نیز پایداری ترکیب آن در آب به عنوان بهترین شاخص برای نشان دادن آلودگی بشرزاد آب زیرزمینی در نظر گرفته شده و در مناطق شهری از اهمیت بالایی برخوردار است (سیادتی مقدم، ۱۳۸۳).

پیتیت در سال ۱۹۹۶ (pityt, 1996) آلودگی آب زیرزمینی مریلند و میامی آمریکا را در اثر نفوذ آبهای جاری خیابانی و آسیب پذیری سفره توسط هیدروکربن های خوشبو کننده، باکتریها، یون نیترات، ترکیبات آلی، حشره کشها، ترکیبات نفتی، مواد درمانی، ترکیبات نمکی و فاضلاب های شهری، بررسی و توصیف کرد. آلودگی آب زیرزمینی توسط زمین های سطحی ناشی از ریختن مواد نفتی (روغن ماشینها و کامیونها) و مواد شستشو کننده در نقاط مختلف (مریلند و میامی آمریکا) مشاهده گردید.

دفن غیر بهداشتی مواد زائد جامد پیامدهای زیست محیطی متعددی دنبال خواهد داشت. آلودگی منابع آب زیرزمینی توسط شیرابه زباله‌ها، یکی از مهمترین نگرانیهای زیست محیطی مرتبط با دفع نامناسب مواد زائد جامد است. عدم رعایت موازین انتخاب محل، آماده سازی نامناسب و غیر علمی محل دفن و تکنیک دفن نامناسب منجر به تولید و حرکت شیرابه به سمت پایین می‌شود که آلودگی منابع آب را به دنبال خواهد داشت (Gottschall et al, 2009 – Wagner & Bilitewski, 2009 – EUWID, 2007).

فعالیت های صنعتی انجام شده در مجاورت و یا درون محدوده های شهری را می توان به عنوان منابع گسترده آلودگی در نظر گرفت. رولینگ (Ruhling, 1994) در مطالعه‌ای اهمیت صنایع مختلف و

تولید انرژی بر توزیع عناصر را نشان داد. ایشان بیان می کند احتراق زغال سنگ و نفت و معدن کاری و ذوب، مهمترین منابع برای ریزش جوی آرسنیک، کادمیوم و مس و مقدار زیادی از نیکل و روی در مناطق شهری هستند. سرب نیز از منابع تولید انرژی و صنعتی حاصل شده ولی مشخص گردیده که آلودگی وسایل نقلیه منبع اصلی آن است.

پیانکا در سال ۱۹۹۵ (Pianka, 1995) تخمین زد که در ناحیه کاملاً صنعتی بخش شمالی اتحاد جماهیر شوروی سابق ۷۵٪ سرب، ۷۸٪ وانادیوم و ۳۴٪ سلنیوم و ۷۹٪ کروم و ۷۵٪ روی در اتمسفر از احتراق سوخت های فسیلی در صنعت فولاد حاصل شده است. ۸۵٪ آرسنیک، ۳۵٪ کادمیوم و ۵۱٪ آنتیموان از معدن کاری و ذوب صنعتی حاصل می شود. این عناصر زمانی که به سطح زمین می رسند، ضمن ایجاد بیماری های ریوی، نهایتاً آلودگی خاک را ایجاد می نمایند.

آلودگی در مناطق شهری همچنین می تواند در ارتباط با دلیل استفاده از کودها در پارک ها، باغها، استفاده از آفت کش ها، آتش سوزی باغها و آتش بازی ها باشد که بر آلودگی خاکها و اتمسفر می افزایند. یک منبع دیگر آلودگی شهری، دفع پسماندها و زباله ها در باغها و مناطق باز و سوزاندن کنترل نشده آنها می باشد (Mielke, 1994).

۲-۳-۳ معدنکاری

عملیات معدنکاری تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی را در محیط زیست ایجاد می نماید. تغییر مورفولوژی منطقه معدنکاری شده در اثر احداث راه های دسترسی و انباشت باطله، تخریب سطح زمین در اثر معدنکاری روباز و فرو نشست زمین در اثر معدنکاری زیر زمینی، تولید زهاب اسیدی در اثر خروج آب زیر زمینی از منطقه معدنکاری شده، شستشوی سطحی باطله ها و به دنبال آن آلودگی آب های سطحی، زیر زمینی و خاکهای اطراف، آلودگی هوا ناشی از گرد و غبار و گازهای آزاد شده در حین معدنکاری، تخریب پوشش گیاهی، ایجاد آلودگی صوتی، مهاجرت حیات-

وحش و تغییر در اکوسیستم منطقه از جمله آلودگی‌های زیست محیطی معدنکاری محسوب می‌شوند (Ron, 2003). محققین معتقدند که هرچند از تخریب فیزیکی زمین در اثر معدنکاری نمی‌توان چشم‌پوشی نمود ولی ایجاد آلودگی‌های شیمیایی ناشی از انحلال و انتقال فلزات سنگین و عناصر سمی در اثر معدنکاری از اهمیت بیشتری برخوردار است. در صورتی که کارخانه‌های فرآوری کانسنگ در کنار محل استخراج معادن قرار گیرند، در این صورت زهاب‌هایی بسیار خطرناکتر و آلوده‌کننده‌تر ایجاد خواهد شد به طوری که pH این محل‌ها به حدود ۳ کاهش یافته و غلظت عناصری چون Fe, Pb, Al, Mn, Ca و Zn نیز به شدت در محیط افزایش خواهد یافت (Komnitsas & Modis, 2006 - Laus et al, 2007).

ویلیام و اسمیت (Williams and Smith, 2000) در تحقیقی که بر روی زهاب‌های اسیدی معدن سنگ آهن دوگ انجام دادند بیان نمودند، کمترین pH زهاب‌های اسیدی ($\text{pH} < 1$) در این معدن مشاهده شده و زهاب این معدن به حالت فوق اشباع از Fe و SO_4^{2-} قرار گرفته است. عناصر V, Cr, Ni, Co, Ca, Zn, Al و Cd نیز غلظت‌های بسیار بالایی را در این زهاب نشان دادند.

۲-۳-۴-۲ فعالیت‌های صنعتی

ذوب و پالایش سنگ‌های معدنی و تغلیظ و تصفیه آنها، تولید نیرو (استفاده از سوخت‌های فسیلی یا انرژی هسته‌ای)، صنایع شیمیایی و متالورژی (ذوب فلزات)، تولید سیمان، صنایع سرامیک و شیشه، تولید پلاستیک، رنگ، کود و... نمونه‌هایی از فعالیت‌های صنعتی هستند که بسته به نوع و حجم فعالیت، آلودگی‌های مختلف زیست محیطی را به همراه دارند (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶).

در تحقیقی که بر روی میزان غلظت عناصر سنگین خاک‌های منطقه صنعتی پارس جنوبی توسط دلجانی و همکاران در سال ۱۳۸۸ انجام شد مشخص گردید که عناصر Pb, Cd و Co که دارای

بیشترین غنی شدگی می باشند، در محدوده های مجاور تمامی صنایع، غلظت های بیشتری را نسبت به فواصل دورتر نشان می دهند.

علاوه بر آلودگی هایی که در اثر ریزش جوی از صنایع مختلف ایجاد می شود، زهاب های آلوده و اسیدی خارج شده از خط تولید و یا جریانات سطحی ناشی از فروشست دمپ های باطله اکسید شده، نیز می تواند عناصری نظیر As، Cr، Pb، Fe، Ni، Cd، Zn، Sb، Hg و Cu را وارد منابع خاک و سپس آب زیرزمینی یک منطقه نماید (Komnitsas and Modis, 2006).

۴-۲ عوامل موثر در جذب، انحلال و آزادسازی عناصر در خاک و آب

عناصر، یون ها و آلاینده های وارد شده به محیط های آبگین، با توجه به ماهیت اولیه خود (پتانسیل یونی، شعاع آبیوشی، میزان تمایل به جذب سطحی شدن و...)، شرایط فیزیکوشیمیایی و ویژگی های ذرات جامد (حجم مواد معلق، نوع کلوئید ها، بار سطحی و...) می توانند در محیط آبگین ته نشست یافته و یا حمل گردند (Singh et al, 2005). بورگ (Bourg, 1995) معتقد است که تحرک بسیاری از عناصر در محیط های آبگین تابع مجموعه ای از بر همکنش های شیمیایی پیچیده در محیط آبی، واکنش های شیمیایی غیر همگن و پدیده هایی مانند لخته شدن و انعقاد ذرات است، پلانیت و همکاران (Plant et al, 1996) متحرک بودن عناصر در محیط زیست را در حالت های مختلف مورد بررسی قرار داده که نتایج آن در جدول ۲-۲ آورده شده است.

با وجود تأثیر گذاری ویژگی های ژئوشیمیایی ذاتی عناصر (پتانسیل یونی) در تحرک آنها، وجود کانی های رسی، هیدروکسید های آهن، آلومینیوم، منگنز و کلسیت، هوموس، مقدار مواد آلی خاک یا مقدار کربن آزاد، pH و Eh محیط، نقش کنترلی بسیار قوی در تحرک و یا نگهداشت عناصر ایفا می نمایند (Zhao et al, 2007).

جدول ۲-۲: روابط کلی میان pH و Eh و تحرک برخی عناصر (Plant et al, 1996)

تحرک نسبی	شرایط محیطی			
	اکسیدان	اسیدی	خنثی - قلیایی	احیاء
بسیار زیاد	I	I	I, Mo, U, Se	I
زیاد	Mo, U, Se, F, Ra, Zn	Mo, U, Se, F, Ra, Zn, Cu, Co, Ni, Hg	Fe, Ra	Fe, Ra
میانه	Cu, Co, Ni, Hg, As, Cd	As, Cd	As, Cd	
اندک	Pb, Be, Bi, Sb, Ti	Pb, Be, Bi, Sb, Ti, Fe, Mn	Pb, Be, Bi, Sb, Ti, Fe, Mn	Fe, Mn
بسیار اندک تا نامتحرک	Fe, Mn, Al, Cr	Al, Cr	Al, Cr, Zn, Cu, Co, Ni, Hg	Al, Cr, Mo, U, Se, Cu, Co, Ni, Hg, As, Cd, Pb, Be, Bi, Sb, Ti

۲-۴-۱ پتانسیل یونی

پتانسیل یونی هر عنصر در تعیین رسوب گذاری و یا حلالیت آن نقشی اساسی دارد و در تمام فرآیندهای کانی ساز در محیط های آبگین نقش مهمی ایفا می کند. عناصری که دارای پتانسیل یونی پایینی ($> 1/8$) هستند (مانند سدیم، کلسیم و منیزیم) در ضمن فرآیندهای هوازگی و انتقال در آب به صورت محلول باقی می مانند. عناصر دارای پتانسیل یونی حد وسط ($< 1/8$ و > 10) به وسیله فرآیند هیدرولیز رسوب کرده و عناصری که پتانسیل یونی بیشتر دارند، آنیون های اکسیژن دار معمولی را تشکیل می دهند (Mason And Moore, 1966). از آنجایی که مشابهت در پتانسیل یونی از جمله مهمترین عوامل مؤثر در ایجاد همبستگی بین عناصر می باشد، پتانسیل یونی تعدادی از عناصر در جدول شماره ۲-۳ آورده شده است. هر چه پتانسیل یونی دو عنصر به هم نزدیکتر باشد رفتار آنها نیز بیشتر مشابه یکدیگر خواهد بود.

جدول ۲-۳: پتانسیل یونی عناصر (Mason And Moore, 1966)

کاتیون	پتانسیل یونی	کاتیون	پتانسیل یونی
Cs ⁺	0.60	Lu ³⁺	3.5
Rb ⁺	0.68	Sc ³⁺	3.7
K ⁺	0.75	Th ⁴⁺	3.9
Na ⁺	1.0	Ce ⁴⁺	4.3
Li ⁺	1.5	Fe ³⁺	4.7
Ba ²⁺	1.5	Zr ⁴⁺	5.1
Sr ²⁺	1.8	Be ²⁺	5.7
Pb ²⁺	1.9	Al ³⁺	5.9
Ca ²⁺	2.0	Ti ⁴⁺	5.9
Cd ²⁺	2.06	Mn ⁴⁺	6.7
Cu ²⁺	2.1	Nb ⁵⁺	7.5
Mn ²⁺	2.5	Si ⁴⁺	9.5
La ³⁺	2.6	Mo ⁶⁺	9.7
Zn ²⁺	2.7	B ³⁺	13
Fe ²⁺	2.7	P ⁵⁺	14
Co ²⁺	2.8	S ⁶⁺	20
Mg ²⁺	3.0	C ⁴⁺	25

۲-۴-۲ تبادل آنیونی و کاتیونی

۱-۲-۴-۲ مواد کلوئیدی

فلزات می‌توانند روی سطح کلوئیدهای خاک به واسطه جذب غیر مخصوص (از طریق نیروی الکترواستاتیک) و جذب مخصوص (تشکیل پیوندهای شیمیایی بین یون و سطح) جذب سطحی شوند (اوستان ۱۳۸۳). گنجایش بالای ظرفیت تبادل کاتیونی یکی از مهمترین ویژگی های شیمیایی کلوئید های خاک می باشد. این ویژگی می تواند بر بسیاری از ویژگی های دیگر خاک از جمله نگهداشت و تحرک عناصری چون K, Ca, Fe, Mn, As, Cd, Hg, Pb و U تأثیر گذار باشد (Mirsal, 2008) – (Foth and Ellis, 1997).

هی و همکاران (He et al, 2005) در تحقیقی که بر روی میزان آبشویی عناصر کمیاب با بافت خاک انجام دادند بیان نمودند در خاک هایی با بافت ریز دانه و دارای مواد کلوئیدی بیشتر، آبشویی عناصر به دلیل پیوند قوی آنها با کلوئید های خاک محدودتر بوده در صورتی که در خاک های ماسه ای، آبشویی (بویره در شرایط اسیدی) می تواند عامل مهمی در خروج و تحرک عناصر محسوب شود.

۲-۲-۴-۲ محتوای رس خاک

کانیهای رسی، محصول هوازدگی سنگ‌ها بوده و اثر مشخصی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها دارند. تأثیر بالای آنها در خصوصیات شیمیایی خاک، ناشی از سطح ویژه نسبتاً بزرگ و بار سطحی پایدار و منفی آنهاست. معمول‌ترین انواع کانیهای رسی شامل کائولینیت، ایلیت، اسمکتیت (مونت موریلونیت) هستند (Alloway, 1995). ارتباط نزدیکی بین مقدار رس و عناصر کمیاب در بسیاری از مطالعات یافت شده است (Mills, 1996- Adriano, 1986).

ژانگ و همکاران (Zhang et al, 2002) در مطالعه‌ای که بر روی حوزه ذغالخیز جنوب غربی ایالت Guizhou انجام دادند، بیان نمودند عناصر باریم، برلیوم، سزیوم، فلوتور، گالیوم، ربیدوم، اورانیوم و زیرکونیوم تجمع بالایی در کانی‌های رسی این حوزه نشان دادند. رحیمی (۱۳۸۸) ضمن بررسی میزان همبستگی عناصر با محتوای رسی خاک‌ها و رسوبات مجموعه معدنی طزره بیان نمود عناصر Se, As و K همبستگی مثبت بالایی را با مقدار رس نمونه‌ها دارا می‌باشند.

کاباتا و پندیاس (Kabata-pendias, 2001) ضمن بررسی پارامترهای مختلف فیزیکوشیمیایی بر تحرک و جذب عناصر V, Cd, As بیان نمودند کانی‌های رسی مهمترین عامل در نگهداری این عناصر محسوب شده و مواد آلی و کلئیدهای هیدروکسیدی در مرتبه بعدی قرار دارند. این در حالی است که مواد آلی نقش بیشتری از محتوای رسی نمونه‌ها در نگهداشت و تحرک مس ایفا می‌نماید.

۲-۲-۴-۳ مواد آلی

مواد آلی از جمله اجزای خاک‌ها هستند که به مقادیر مختلف و به صورت کلئیدهای هوموسی و غیر هوموسی اثر بسزایی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها را عهده دار می‌باشند (کرباسی و بیاتی ۱۳۸۶).

در تحقیقی که توسط لین و چن (Lin and Chen, 1998) در ارتباط با رابطه بین جذب سطحی فلزات سنگین توسط خاک با خواص فیزیکی و شیمیایی آنها مانند میزان مواد آلی و ظرفیت تبادل یونی ذرات انجام شد، مشخص گردید که ترکیبات مختلف خاکها منجر به عکس العمل‌های متفاوت آنها می‌شود. آنها همچنین اظهار داشتند که مواد آلی معلق و محلول در آب رودخانه‌ها به همراه رسوبات به عنوان جاذب فلزات سنگین عمل می‌کنند.

هم‌رسوبی فرآیند دیگری است که در بسیاری از شرایط باعث خروج فلزات سنگین از فاز مایع و انتقال به فاز جامد (رسوب) می‌گردد. در این فرایند، تمامی مواد جامد شامل کانی‌های رسی، اکسیدهای Fe و Mn و حتی کلسیت شرکت دارند. بر این اساس V, Mn, Ni, Cu, Zn و Mo همزمان با اکسیدهای آهن رسوب می‌کنند. Fe, Co, Ni, Zn و Pb به همراه اکسیدهای منگنز ته نشست می‌یابند. کلسیت می‌تواند عامل جذب و رسوب Cd, Co, Fe, Mn و V باشد. کانی‌های رسی نیز می‌توانند عامل جذب Pb, Cu, Zn, Cr, Co, Ni و V شده و با انتقال آنها به فاز جامد، خروج این عناصر از فاز مایع را باعث شوند (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶).

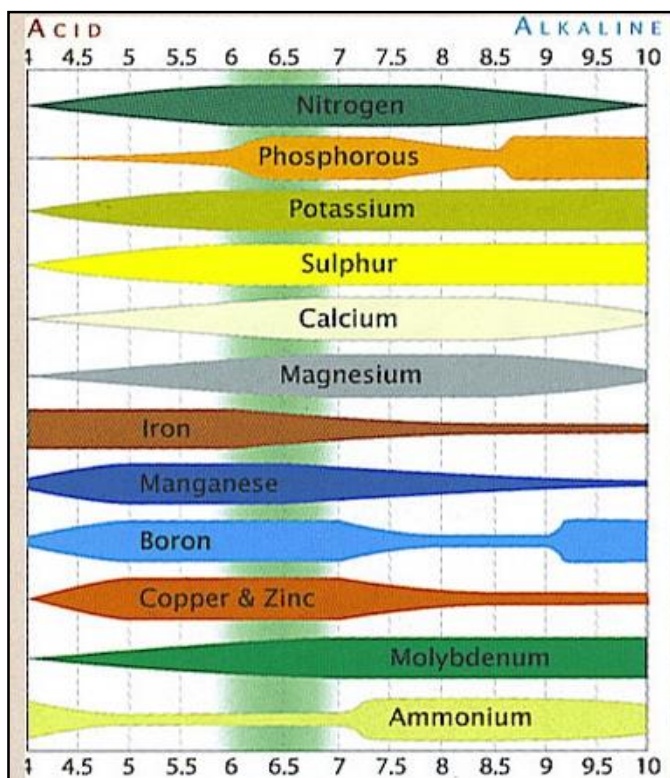
۲-۴-۳ pH

بدون شک pH مهمترین عامل در کنترل غلظت و رفتار شیمیایی عناصر و یون‌های در خاک محسوب می‌شود. pH خاکها در بازه ۴ تا ۸/۵ در نوسان است که معمولاً کاهش یا افزایش آن به ترتیب به حضور آلومینیوم و کربنات نسبت داده می‌شود (کرباسی و بیاتی ۱۳۸۶). البته در خاک‌های دارای فراوانی پوشش گیاهی، اسیدهای آلی طبیعی و ترشحات اسیدی، عامل اصلی کاهش pH محسوب می‌شود (Tessier et al, 1979).

فرآیندهای شیمیایی کنترل کننده تحرک و قابلیت دسترسی عناصر کمیاب شامل انحلال - رسوب، اکسیداسیون - احیاء، تفکیک-کمپلکس شدن، جذب - واجذب و کی‌لیت شدن (فرآیندی که طی آن عناصر کمیاب کمپلکس‌های پایداری با لیگاندهای آلی تشکیل می‌دهند) هستند. همه این فرآیندها به

یک میزان برای همه عناصر اهمیت ندارند اما همه آنها تحت تأثیر pH و فرآیندهای بیولوژیکی خاک قرار دارند (He Zi et al, 1998).

در pH های اسیدی معمولاً بسیاری از عناصر به صورت محلول و سیال بوده به طوری که افزایش غلظت آنها علاوه بر آلودگی های گسترده، مسمومیت های گیاهی را نیز می تواند در پی داشته باشد. (اوستان، ۱۳۸۳) شکل ۱-۲ محدوده تحرک عناصر در pH های متفاوت را نشان می دهد.



شکل ۱-۲ محدوده تحرک عناصر در pH های متفاوت در خاک ها

فلزات سنگین و بسیاری از عناصر و ترکیباتی که در pH های خنثی تا قلیایی توانایی حل شدن در آب را ندارند، همزمان با کاهش pH محیط (به طور مثال در اثر اکسیداسیون کانی های سولفیدی) در آب زیرزمینی و یا سطحی منطقه حل شده و مشکلات گسترده زیست محیطی را ایجاد می نمایند (اوستان، ۱۳۸۳). کاهش pH منابع آب منطقه و به دنبال آن افزایش قابلیت حلالیت، خوردگی و خوردگی آن، افزایش درصد یون های فلزی (به ویژه فلزات سنگین)، افزایش TSS و TDS آب، تغییر

اکوسیستم موجود در آب و از بین رفتن بعضی از آبزیان، باعث ایجاد آلودگی در منابع آب زیرزمینی و سطحی، آلودگی خاک های منطقه، آلودگی گیاهان در منطقه و مسمومیت جانوران تغذیه کننده از گیاهان از جمله مهمترین اثرات ناشی از ایجاد ذهاب اسیدی در یک منطقه می باشد (رضایی، ۱۳۸۰ - Mishra et al, 2007 - Laus et al, 2007).

۲-۵ مطالعات پیشین انجام شده در منطقه مورد مطالعه

کاظمی در سال ۲۰۱۰ با بررسی منابع آب زیرزمینی در شهرستان شاهرود (شهر و روستاهای اطراف) و اندازه گیری پارامتر های دما، نیترات و فسفات در نمونه های برداشت شده، بیان نمود افزایش دما و غلظت یون نیترات با یکدیگر ارتباط مستقیم دارند. ایشان همچنین با محاسبه نسبت نیترات به فسفات و مشاهده افزایش این نسبت در مناطق شهری، خروج فاضلابها و وارد شدن آنها به منابع آب زیرزمینی را عامل اصلی افزایش غلظت یون نیترات در مناطق شهری می داند (Kazemi, 2010).

باقر کاظمی در سال ۱۳۸۸ اثرات زیست محیطی محل دفن زباله های شهر شاهرود را با برداشت ۱۱ نمونه رسوب، ۲ نمونه آب و ۱ نمونه شیرابه و بررسی پارامتر های COD، BOD و فلزات سنگین مورد ارزیابی قرار داد و بیان نمود هرچند آلودگی لایه های زیرین خاک و سفره آب زیرزمینی منطقه هنوز رخ نداده است اما با توجه به آلودگی های مشاهده شده در لایه های خاک نزدیک به سطح، آلودگی سفره آب زیرزمینی قابل پیش بینی می باشد.

محو و رودباری نیز در سال ۱۳۸۸ به بررسی تأثیر شیرابه محل دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت شاهرود پرداختند. ایشان ضمن اندازه گیری پارامترهای کیفی (COD، BOD، ازت آمونیاکی، ازت کل آلی، نیترات و نیتريت، TOC، TSS و TDS، غلظت کادمیوم، سرب و جیوه) در آب چاههای بالادست و پائین دست محل دفن زباله شهر شاهرود و همچنین بررسی تأثیر شیرابه محل دفن زباله بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت شاهرود بیان نمودند که تفاوت

معناداری بین غلظت هیچ یک از پارامترهای کیفی آب اندازه گیری شده در چاههای بالادست و پائین دست محل دفن زباله شهر شاهرود در دو فصل زمستان و بهار وجود ندارد.

آقانباتی در مطالعه پیرامون میزان مواد رادیواکتیویته برخی از سازندهای زمین شناسی اطراف شهر شاهرود (محدوده ای واقع در شمال حوضه آبریز شاهرود و جنوب بسطام) بیان می کند که میزان اورانیوم (۶۴ ppm) سازند شمشک (شیل ها) در محدوده تاش (پیر میشی) بیشترین مقدار را دارا است (آقانباتی، ۱۳۸۴).

ناظمی و همکاران در تحقیقی با برداشت ۱۵۰ نمونه، به بررسی مقدار فلزات سنگین در سبزیجات پرورشی حومه شهر شاهرود پرداخته و نشان دادند که هرچند غلظت عناصر روی و آرسنیک در محدوده استاندارد مجاز برای گیاهان وجود دارد، اما میانگین غلظت کروم، کادمیوم و سرب بیشتر از حد مجاز در بسیاری از گیاهان می باشد (ناظمی و همکاران، ۱۳۸۹).

شرکت آب منطقه ای استان سمنان نیز در مطالعات دوره ای خود به مطالعه کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت شاهرود، بررسی غلظت آنیون ها و کاتیون های رایج پرداخته است. این درحالی است که تاکنون موضوع تحقیق حاضر، بررسی جامع کیفیت آب و خاک دشت (غلظت فلزات سنگین و پارامترهای فیزیکوشیمیایی)، ارتباط آنها با یکدیگر و با عوامل آلاینده دشت (زمین زاد و بشرزاد) و نحوه توزیع آلودگی فلزات سنگین در خاک و آب دشت مورد بررسی قرار نگرفته که در فصول آینده به طور جامع و گسترده به بحث و بررسی آن پرداخته خواهد شد.

شرکت آب منطقه ای استان سمنان نیز در مطالعات خود به طور سالانه اقدام به ترسیم نقشه های هم پتانسیل، هم عمق و هم EC برای دشتهای استان سمنان نموده است. در این مطالعه جهت حرکت آبهای زیرزمینی در منطقه هم راستا با جهت غالب آبراهه ها و از شمال شرق به سمت جنوب غرب و غرب حوضه در نظر گرفته شده است.

فصل سوم

مواد و روشها

۳-۱ مقدمه

جهت انجام مطالعات میدانی زیست محیطی، شناخت و بررسی محیط مورد مطالعه و عوامل موثر بر کیفیت آب و خاک از جمله مواردی هستند که قبل از نمونه برداری و تجزیه و تحلیل داده ها باید مورد بررسی قرار گیرند. در این تحقیق نیز ابتدا زمین شناسی منطقه و سازند های رخنمون یافته، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی حوضه و کاربری مختلف اراضی مورد بررسی قرار گرفته و سپس نمونه برداری از منابع آب زیرزمینی و خاک انجام گرفت. نمونه ها توسط روش های استاندارد جهت تعیین پارامترهای مختلف از قبیل اندازه گیری مقدار عناصر سنگین، آنیون ها و کاتیون ها، مقادیر pH، مواد آلی و درصد رس تجزیه گردیده و تعدادی از پارامترها نظیر EC، pH و ... در محل اندازه گیری و برای انجام آزمایشات دیگر به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

در این فصل پس از اشاره مختصر به مطالعات پایه انجام شده، روش های نمونه برداری، آنالیز نمونه ها و تعیین پارامترهای فیزیکوشیمیایی مختلف به کار رفته در این تحقیق توضیح داده می شود.

۳-۲ انجام مطالعات پایه

انجام مطالعات زمین شناسی در پروژه های زیست محیطی از جنبه های مختلفی از قبیل تفاوت در جنس، ترکیب، فرسایش پذیری، تمرکز مواد معدنی، قابلیت ذخیره و انتقال آب و... دارای اهمیت زیادی است. استفاده از نقشه های زمین شناسی با مقیاس های ۱:۱۰۰۰۰۰، مطالعه و پردازش تصاویر ماهواره ای ETM (لندست) و گوگل ارث (Google Earth) و بهره گیری از مطالعات قبلی انجام شده بر روی ویژگی های (زمین شناسی و زیست محیطی) سازندهای محدوده مورد مطالعه، از جمله منابع استفاده شده در مطالعات زمین شناسی در این تحقیق می باشند.

جدول (۳-۱) پتانسیل آلودگی طبیعی سنگ ها براساس پترولوژی آنها را نشان داده که به عنوان مبنایی در توجه به واحد های مختلف زمین شناسی در هنگام نمونه برداری استفاده گردیده است (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶).

جدول ۳-۱ طبقه بندی پتانسیل آلودگی طبیعی بر اساس لیتولوژی سنگها در منطقه (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۶)

پتانسیل خطر آلودگی	لیتولوژی
زیاد	سنگهای آذرین مافیک، دگرگونی درجه متوسط به بالا، شیل سیاه با ماده آلی زیاد، رسوبات کواترنر و مخروط افکنه های ناشی از آنها
متوسط	سنگهای آذرین اسیدی تا حدواسط، سنگهای رسوبی دانه ریز با میان لایه های زغال
کم	سایر واحدهای سنگی موجود در منطقه

به دلیل وابستگی و ارتباط کیفیت آب و خاک به یکدیگر، بررسی کیفی و کمی منابع آب منطقه با اخذ اطلاعات جامع از شرکت آب منطقه ای استان سمنان شامل ویژگی های حوضه آبرگیر، شبکه آبراهه ها، ویژگی های دشت و... انجام پذیرفت.

با توجه به خشک بودن اقلیم منطقه و محدودیت جریانات آب سطحی، سفره آب زیرزمینی، مهمترین منبع آبی دشت و حوضه شاهرود محسوب شده که جهت مصارف مختلف شرب، کشاورزی و صنعت مورد استفاده قرار می گیرد؛ در نتیجه ویژگی های کیفی و کمی آنها اساس این مطالعه بوده و از جریانات سطحی محدود منطقه چشم پوشی شد.

از آنجایی که کاربری های مختلف اراضی، شرایط آلودگی متفاوتی را ایجاد می نماید، نقشه کاربری های اصلی اراضی از قبیل صنعتی، کشاورزی، شهری، لندفیل و معدنی بر اساس اطلاعات به دست آمده از ارگان های مختلف استان سمنان و شهرستان شاهرود نیز تهیه گردیده و مورد بررسی قرار گرفت.

در نهایت جهت هرچه بهتر شدن دقت مطالعه، بعد از اتمام مطالعات دفتری، چند مرحله بازدید صحرایی نیز صورت گرفته و پس از تکمیل شدن اطلاعات، نمونه برداری صورت پذیرفت.

۳-۳ نمونه برداری

پس از انجام مطالعات پایه و تعیین اولویت های مطالعاتی، بر اساس وسعت منطقه، مناطق با اهمیت در ایجاد آلودگی، نمونه برداری از آب زیرزمینی و خاک برجا و طبیعی و خاکهای نابرجا یا متأثر از

فعالیت‌های انسانی (نظیر کشاورزی) انجام گرفت. به طور کلی تعداد ۱۴۳ نمونه خاک و ۴۸ نمونه آب برداشت گردید. از این تعداد نمونه خاک، ۷۱ نمونه خاک شهری است که برای بدست آوردن میانگین خاک شهر از آنها استفاده گردید که پس از میانگین‌گیری در نهایت تعداد ۳ نمونه که بیانگر ۱- میانگین خاک بلوار و پارکهای موجود در محدوده شهری ۲- میانگین خاک کشاورزی و زراعی در محدوده شهری ۳- میانگین خاک برجای شهری می‌باشد کاهش یافت و ۷۲ نمونه خاک در بیرون از محدوده شهری مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۳-۱ نمونه برداری خاک

پس از تعیین محل های نمونه برداری بر اساس پارامترهای فوق الذکر، مقدار ۲ الی ۳ کیلوگرم از خاک محل از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر برداشت گردید و در محل قطعات قلوه سنگها از خاک جدا شده و خاک در کیسه‌های نایلونی با مقاومت بالا نگهداری و در محل نام گذاری گردید. جدول (۳-۲) مشخصات محل‌های نمونه برداری خاک و شکل (۳-۱) پراکندگی نقاط نمونه برداری خاک را بر روی نقشه زمین شناسی منطقه در محیط GIS نشان می دهد.

۳-۳-۲ نمونه برداری آب

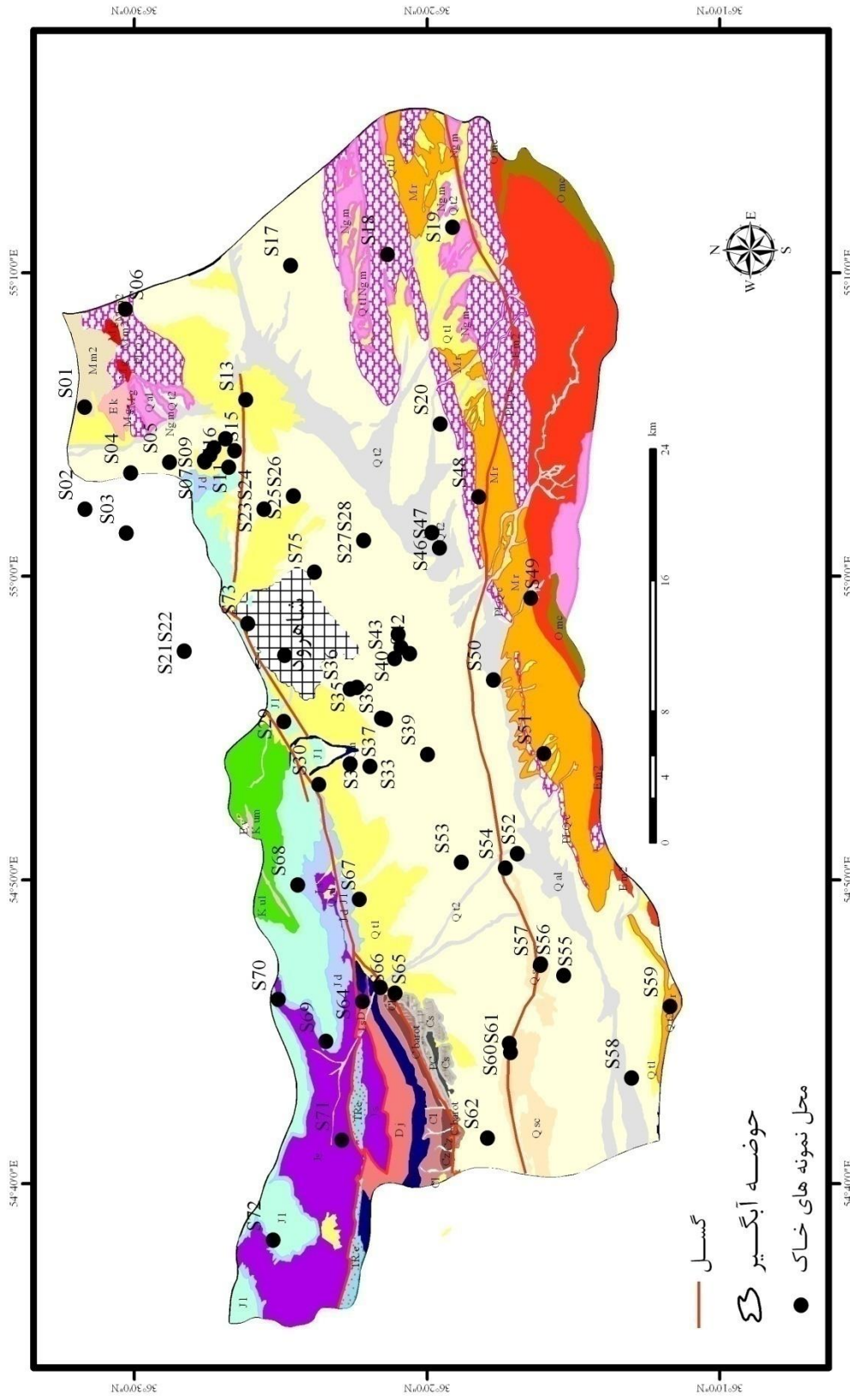
همان طور که ذکر گردید، آب زیرزمینی تنها منبع آب مورد مطالعه در این تحقیق بوده و در نتیجه تمامی نمونه ها از چاه برداشت شده اند. برای برداشت نمونه آب از ظروف پلاستیکی ۱/۵ لیتری دارای درب مناسب استفاده گردید که پس از چند بار شستشو توسط آب مورد نظر، نمونه ۳-۵ دقیقه بعد از شروع پمپاژ از چاه برداشت گردید. جهت افزایش دقت در ثبت ویژگی های کیفی آب، pH و EC نمونه های آب در محل نمونه برداری اندازه گیری گردید. همزمان با برداشت هر نمونه در صحرا، فرم مربوط به اطلاعات نمونه نیز در محل نمونه برداری تکمیل گردید. جدول ۳-۳ نشان دهنده مشخصات محل های نمونه برداری آب بوده و شکل ۳-۲ پراکندگی نقاط نمونه برداری آب را بر روی نقشه زمین شناسی منطقه در محیط GIS نشان می دهد.

جدول ۳-۲ مشخصات محل‌های نمونه برداری از خاک منطقه

شماره نمونه	محل نمونه برداری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
S01	جنوب شرق چشمه بسیار	36.52833	55.09333
S02	علی کاهی شاهرود (کشاورزی)	36.52822	55.03725
S03	میان آباد شاهرود کنار جاده بسطام (کشاورزی)	36.50464	55.02408
S04	میان آباد شاهرود همجوار با واحدهای گچی (کشاورزی)	36.50228	55.05706
S05	محمود آباد نزدیک به واحدهای گچی (کشاورزی)	36.48011	55.06303
S06	جنوب شرق کوه گچیون	36.50507	55.14706
S07	لندفیل شاهرود (خاک روی لندفیل قدیمی)	36.46	55.06319
S08	لندفیل شاهرود (خاک همجوار و دست نخورده)	36.46019	55.06389
S09	لندفیل شاهرود (خاک محل خاک برداری جدید)	36.46019	55.06389
S10	پایین دست لندفیل (خاک دست نخورده)	36.45702	55.06701
S11	پایین دست لندفیل	36.45702	55.06709
S12	شاهرود(جاده سبزوار)	36.45467	55.07086
S13	سیلوی گندم	36.43656	55.09722
S14	بالادست کارخانه گچ شاهرود	36.44808	55.07589
S15	کارخانه گچ شاهرود (جهت باد غالب)	36.44306	55.06936
S16	شمال غرب کارخانه گچ شاهرود	36.44639	55.06022
S17	جنوب ایستگاه هواشناسی فرودگاه	36.41108	55.17108
S18	شرق کارخانه شن وماسه جعفرخان	36.3561	55.17701
S19	غرب کوه تپه سرخ	36.31904	55.19209
S20	جنوب شکسته داشو (نزدیک واحدهای مارنی)	36.32602	55.08409
S21	نمونه شاهد (کشاورزی) در ابتدای صحرای جلالی	36.47172	54.95922
S22	نمونه شاهد (کشاورزی) در ابتدای صحرای جلالی	36.47172	54.95922
S23	شمال شرق بدشت (کشاورزی)	36.42617	55.03719
S24	ورودی بدشت (کشاورزی)	36.42617	55.03719
S25	سعدآباد (کشاورزی)	36.40947	55.0445
S26	سعدآباد (کشاورزی)	36.40947	55.0445
S27	دیزج همجوار با منطقه رسی (کشاورزی)	36.36967	55.02
S28	دیزج (کشاورزی)	36.36967	55.02
S29	شمال شهرک البرز	36.41501	54.92074
S30	شمال شهرک صنعتی، پای ارتفاعات	36.39504	54.88604
S31	بالادست شهرک صنعتی	36.37733	54.89742
S32	بالادست شهرک صنعتی	36.37731	54.89739
S33	پایین دست شهرک صنعتی	36.36594	54.89597
S34	پایین دست شهرک صنعتی	36.36594	54.89597
S35	پایین دست دانشگاه آزاد	36.37331	54.93942
S36	پایین دست دانشگاه آزاد	36.37717	54.93853
S37	شمال قلعه عضدی (نمونه بدون کشاورزی)	36.3595	54.9225
S38	شمال قلعه عضدی (اراضی کشاورزی)	36.35722	54.92186

ادامه جدول ۳-۲ مشخصات محل‌های نمونه برداری از خاک منطقه

شماره نمونه	محل نمونه برداری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
S39	خوریان شاهرود (کشاورزی)	36.33322	54.90264
S40	اسدآباد شاهرود (کشاورزی)	36.34842	54.96122
S41	جنوب یونس آباد (کشاورزی)	36.35	54.96853
S42	قلعه نو خالصه شاهرود (کشاورزی)	36.34333	54.95783
S43	پایین دست مزرعه اسدآباد (کشاورزی)	36.35189	54.95531
S44	حسین آباد ساغری (نزدیک واحدهای قرمز) (کشاورزی)	36.33069	55.02428
S45	حسین آباد ساغری (کشاورزی)	36.33069	55.02428
S46	حسین آباد همجوار با واحدهای شیلی و مارنی (کشاورزی)	36.32639	55.01597
S47	حسین آباد رویان (کشاورزی)	36.32639	55.01597
S48	شرق قلعه ساغری روی واحدهای رسی و مارنی	36.30402	55.04408
S49	جاده طرود(بالتر از تل)	36.27442	54.98844
S50	تل شاهرود (کشاورزی)	36.29569	54.94344
S51	جنوب شرق حسن آباد روی واحدهای گچی و مارنی	36.2671	54.90309
S52	جنوب دکل تلویزیون (محل دیوی آسفالت)	36.2821	54.84809
S53	پایین دست کارخانه ماشین سازی	36.31394	54.84342
S54	شمال دکل تلویزیونی شاهرود (کشاورزی)	36.28883	54.84025
S55	عباس آباد(کنار راه آهن) (کشاورزی)	36.25581	54.78131
S56	شمال شرق راهنجان (کشاورزی)	36.26889	54.78758
S57	شمال شرق راهنجان (کشاورزی)	36.26894	54.78692
S58	شمال کلاته رباط سلیمان (خروجی حوضه)	36.21709	54.72509
S59	جنوب کلاته رباط سلیمان (روی واحدهای گچی)	36.19519	54.76439
S60	شمال ده ملا (بالای گسل)	36.28675	54.74389
S61	شمال ده ملا (روی گسل)	36.28601	54.73901
S62	شرق کارخانه زغالشویی قادرآباد	36.29901	54.69202
S63	ابتدای ده ملا	36.36014	54.77469
S64	دره ده ملا پایین دست شمشک	36.37025	54.76711
S65	دره ده ملا (پای سلطانیه)	36.35161	54.7715
S66	دره ده ملا (پای باروت)	36.35161	54.7715
S67	جنوب معدن سنگ پریخان	36.37202	54.82307
S68	کوه جلالی	36.40703	54.83096
S69	شمال معدن زغال همگام تلاش	36.39101	54.74502
S70	خاک پای دلیچای(کوه شوران کویر)	36.41806	54.76807
S71	خاک پای شمشک(شمال شرق کوه گرده ریز)	36.38208	54.69102
S72	شمال کوه اوغار	36.42106	54.63602
S73	میانگین خاک بکر شهر	36.41847	54.96936
S74	میانگین خاک کشاورزی شهر	36.4184	54.96126
S75	میانگین خاک بولوار و پارک شهر	36.4184	54.96945



شکل ۱-۳ نقشه پراکنندگی محل های نمونه برداری از خاک در منطقه

جدول ۳-۳ مشخصات محل‌های نمونه برداری از آب منطقه

شماره نمونه	محل نمونه برداری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
W01	آب شاهد (آب شرب شاهرود)	36.44833333	54.946111
W02	آب پارک آبشار	36.43122222	54.94975
W03	روبروی شهرک گلها	36.44272222	54.97625
W04	میدان امام خمینی	36.42475	54.966389
W05	پایین دست شهرک فرهنگیان	36.39777778	54.967056
W06	بالادست شهرک بهشتی	36.39283333	54.965778
W07	پایین دست شهرک بهشتی	36.38755556	54.965861
W08	اردیان	36.38211111	54.964389
W09	پایین دست دانشگاه صنعتی شاهرود	36.38711111	54.945222
W10	پایین دست لندفیل	36.44511111	55.082306
W11	سیلوی گندم	36.43655556	55.097222
W12	حداصل بدشت و سیلوی گندم	36.42838889	55.077028
W13	غرب بدشت	36.42633333	55.037472
W14	سعدآباد	36.40997222	55.044528
W15	بیمارستان امام حسین	36.42180556	54.999861
W16	شمال دیزج	36.36966667	55.02
W17	غرب دیزج (بسمت واحدهای قرمز)	36.36152778	55.012389
W18	جعفرآباد (همجوار با واحدهای قرمز)	36.35030556	55.007139
W19	غرب جعفرآباد به سمت واحدهای قرمز	36.34444444	55.006972
W20	حسین آباد ساغری (نزدیک ترین چاه به واحدهای قرمز)	36.32822222	55.024417
W21	یونس آباد	36.35044444	54.968361
W22	شمال قلعه نو خالصه	36.34333333	54.957833
W23	پایین دست کارخانه قند	36.35836111	54.9565
W24	قلعه حاج طاهر	36.36580556	54.947194
W25	پایین دست دانشگاه آزاد	36.37330556	54.939417
W26	بالادست شهرک صنعتی (آب شاهد)	36.38133333	54.902194
W27	آب چاه کارخانه ایزوگام	36.37316667	54.896667
W28	آب چاه کارخانه پنیر	36.37263889	54.898889
W29	غرب قلعه عضدی	36.3595	54.9225
W30	جنوب کارخانه آجر تال	36.34419444	54.889833
W31	شرق خوریان	36.33027778	54.905333
W32	پایین دست کارخانه فولاد	36.31394444	54.843417
W33	پایین دست پست تنظیم فشار گاز	36.29825	54.831889

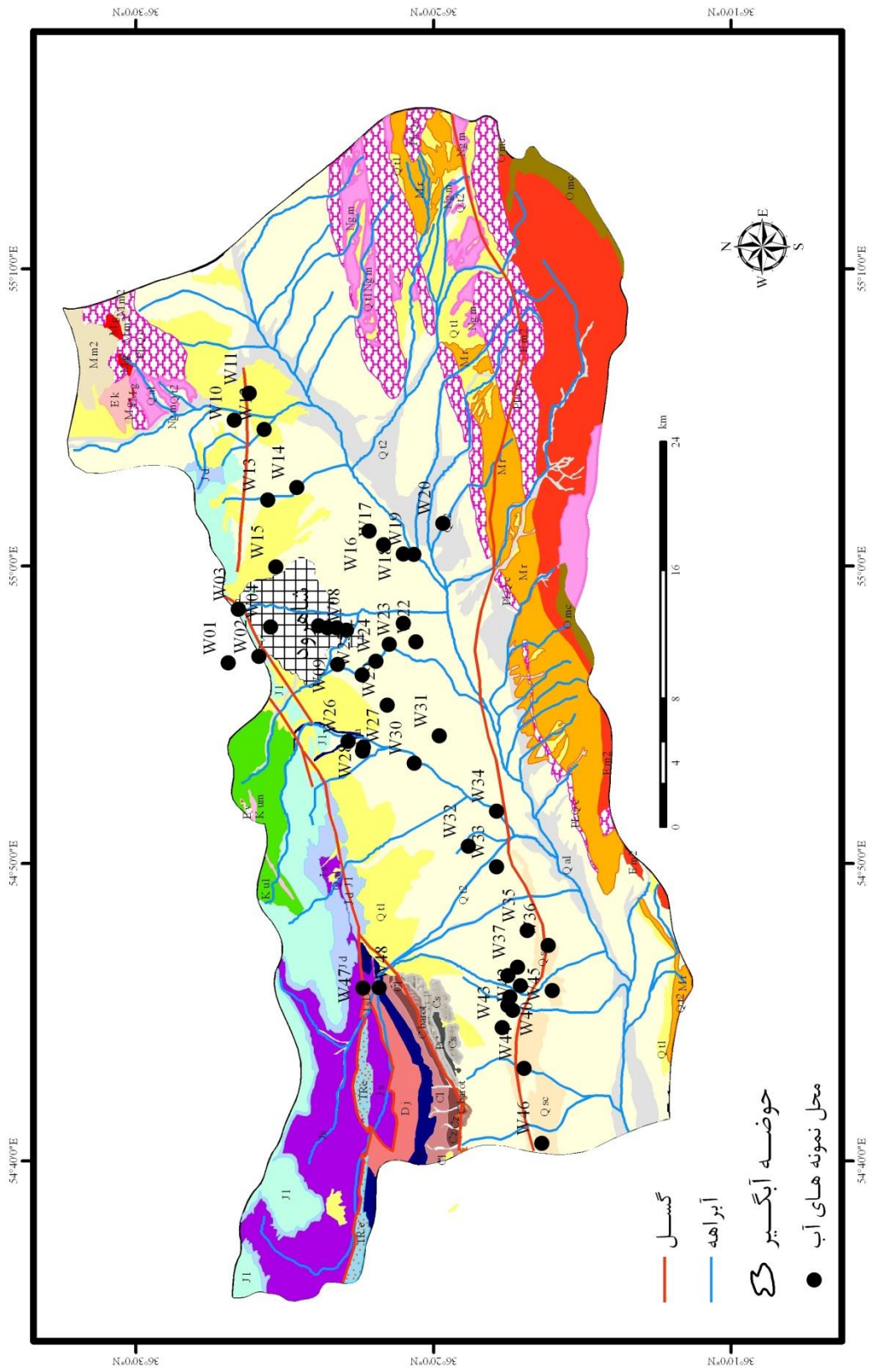
ادامه جدول ۳-۳ مشخصات محل‌های نمونه برداری از آب منطقه

شماره نمونه	محل نمونه برداری	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
W34	کلاته خان	36.29808333	54.862972
W35	پایین دست نیروگاه ده ملا	36.28108333	54.796222
W36	شمال صالح آباد	36.26919444	54.787833
W37	جنوب شرق استراحتگاه ده ملا (بالادست گسل)	36.28636111	54.775583
W38	شرق استراحتگاه (بالادست گسل)	36.29191667	54.770889
W39	ورودی ده ملا (بالادست گسل)	36.28488889	54.765167
W40	شمال ده ملا (بالادست گسل)	36.29066667	54.759
W41	شمال ده ملا (بالادست گسل)	36.29191667	54.754222
W42	شمال ده ملا (همجوار گسل)	36.28913889	54.751472
W43	شمال ده ملا (بالادست گسل)	36.29494444	54.741806
W44	جنوب کوه ورچنکوهی (روی گسل)	36.28277778	54.718889
W45	پایین دست ده ملا	36.26691667	54.762417
W46	شمال مؤمن آباد (روی گسل)	36.27277778	54.676944
W47	ابتدای دره رودبار	36.37291667	54.763917
W48	انتهای دره سیرو	36.36380556	54.764111

۴-۳ آماده سازی نمونه ها

۴-۳-۱ نمونه های خاک

پس از برداشت نمونه ها، بسته بندی و برچسب گذاری آنها در محل، نمونه ها به آزمایشگاه منتقل شدند. در مرحله آماده سازی نمونه ها ابتدا نمونه ها در فضای آزمایشگاه و دمای محیط خشک گردیدند. نمونه ها پس از خردایش کلوخه ها از الک شماره ۱۰ (قطر ۲ میلی متر) عبور داده شده و قطعات درشت تر از حد ماسه از آن جدا گردید. بخشی از هر نمونه عبور داده شده از الک شماره ۱۰ توسط هاون آگاتی خرد شدند و از الک شماره ۲۳۰ (قطر ۶۳ میکرومتر) عبور داده شدند. این نمونه ها با استفاده از روش Conning Quartering به صورت متوالی ابتدا نصف و سپس به ۴ قسمت تقسیم شدند تا در نهایت به مقدار جرم مورد نظر رسیدند. پس از بسته بندی در ظرف پلاستیکی نمونه ها کدگذاری شده و برای انجام آنالیز های شیمیایی و تعیین غلظت عناصر به آزمایشگاه سازمان زمین شناسی کشور



شکل ۲-۳ نقشه پراکنده‌گی نمونه‌های آب برداشت شده از منطقه

ارسال گردیدند. شایان ذکر است برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی از قبیل pH و EC نمونه ها در آزمایشگاه زمین شناسی زیست محیطی دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه گیری گردیدند.

۳-۴-۲ نمونه های آب

نمونه های مورد استفاده جهت آنالیز با دستگاه ICP و جذب اتمی، پس از اسیدی شدن توسط اسید نیتریک و رساندن pH به زیر ۳، در محل نمونه برداری در بطری های شفاف ریخته شدند. نمونه های آبی که توسط بطری های درب بسته ۱/۵ لیتری در صحرا برداشت شده بودند، در فاصله ای کمتر از ۴۸ ساعت به آزمایشگاه منتقل گردیدند و نمونه های مورد استفاده جهت آنالیز با دستگاه IC و تعیین آنیون ها و کاتیون ها در بطری رنگی (اثر گذاری کم نور) ریخته شدند. ضمناً جهت به حداقل رساندن تغییرات احتمالی یون های موجود در آب، نمونه ها تا قبل آنالیز، در داخل یخچال و در دمای زیر ۴ درجه سانتیگراد (و بدون یخ زدگی) نگهداری شدند. نمونه ها جهت آنالیز به آزمایشگاه سازمان زمین شناسی کشور ارسال گردیدند.

۳-۵ روش های آنالیز نمونه های آب و خاک

نمونه های برداشت شده جهت اندازه گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی، با استفاده از روش های مختلف که در ادامه توضیح داده شده است، مورد آزمایش و تجزیه قرار گرفتند.

۳-۵-۱ اندازه گیری pH

pH نمونه های آب

pH نمونه های آب برداشت شده توسط pH سنج (model jenway) با دقت اندازه گیری ۰/۰۱ در محل نمونه برداری اندازه گیری شد.

pH نمونه های خاک

pH نمونه های خاک با استفاده از روش استاندارد METHOD 9045 EPA sw-846 اندازه گیری و تعیین گردید. بر طبق این روش ۲۰ گرم از پودر همگن نمونه جامد که بعد از آماده سازی از الک شماره ۶۰ عبور داده شده بود، به نسبت ۱ به ۱ (۱ قسمت پودر و ۱ قسمت آب) همراه با ۲۰ میلی لیتر آب مقطر در بشر ریخته شد و به مدت ۳۰ دقیقه توسط دستگاه استیرر (مدل IKA. RH. Basic 2) مخلوط گردید. سپس مخلوط آب و خاک برای یک ساعت بدون تحرک گذاشته شد و آنگاه pH عصاره مخلوط شده توسط pH سنج (مدل 3510 jenway) در آزمایشگاه محیط زیست دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه گیری گردید.

۲-۵-۳ اندازه گیری EC

EC نمونه های آب

مقادیر EC نمونه های آب توسط دستگاه EC سنج (مدل jenway) در محل نمونه برداری اندازه گیری شد.

EC نمونه های خاک

EC نمونه های خاک از طریق عصاره گیری با نسبت ۱ به ۵ خاک به آب، توسط دستگاه EC سنج (مدل Jenway) در آزمایشگاه محیط زیست دانشگاه صنعتی شاهرود تعیین گردید. روش کار به این صورت می باشد که در یک ارلن ۲۵۰ mL، ۱۰ mg خاک خشک شده در هوای آزاد، و ۵۰ mL آب مقطر ریخته می شود. سپس به مدت ۶۰ دقیقه توسط دستگاه استیرر مخلوط گردید. پس از صاف کردن محلول، بلافاصله EC اندازه گیری گردید، دمای محلول نیز یادداشت شده و تصحیحات دمایی لازم با توجه به جداول موجود اعمال شد.

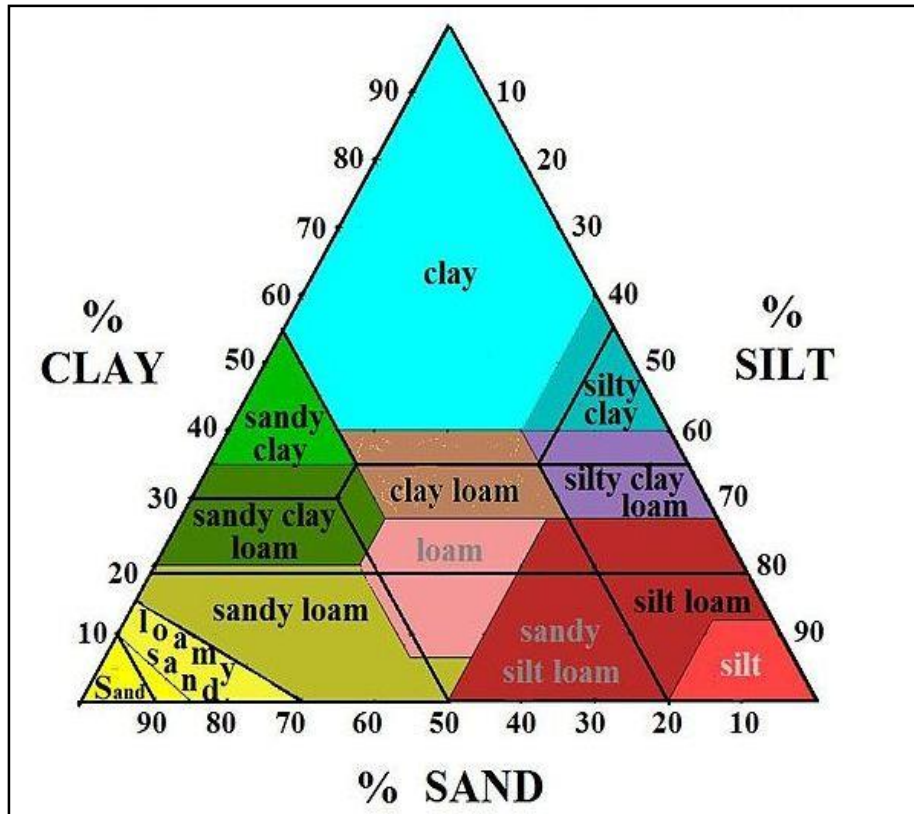
۳-۵-۳ اندازه گیری درصد مواد آلی در خاک

برای بدست آوردن مواد آلی موجود در خاک از روش استاندارد (standard Methods 209f, APHA,) (1995) استفاده شد. ابتدا نمونه‌های وزن شده به مدت ۱۲ ساعت در دمای 105°C قرار داده شدند تا رطوبت آنها خارج شود (در این مرحله درصد رطوبت خاک به دست می‌آید). پس از این مرحله نمونه‌ها مجدداً وزن گردیده و سپس نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در دمای 550°C در داخل کوره قرار داده شدند. بعد از گذشت این زمان، نمونه‌ها از کوره خارج شده و دوباره وزن شدند. از تفاضل وزن قبل و بعد از حرارت دادن در دمای 550°C مقدار ماده آلی خاک تعیین گردید.

۳-۵-۴ دانه سنجی خاک

جهت اندازه‌گیری ذرات معمولاً از طبقه بندی استاندارد کشاورزی امریکا (Soil Survey Staff,) (2006a, 1951) استفاده می‌شود. در این طبقه‌بندی اجزاء سازنده خاک در سه دسته ماسه (۲ تا 0.075 میلیمتر)، سیلت (0.075 تا 0.002 میلیمتر) و رس (> 0.002 میلیمتر) قرار می‌گیرند. برای جدا کردن گراول از ماسه، از الک مش ۵ و جهت تفکیک انواع ذرات ماسه (خیلی درشت، درشت، متوسط، ریز و خیلی ریز) به ترتیب از الک‌های مش ۱۰، ۱۸، ۳۵، ۶۰، ۱۲۰ و ۲۳۰ استفاده می‌شود. الک مش ۲۳۰ که به الک ۴ فی نیز معروف است، الکی است که ذرات ماسه را از لای (سیلت تا رس) جدا می‌کند و ذرات عبوری از این الک در ظرفی ته بسته به نام Pan جمع می‌شود. جهت تفکیک انواع ذرات ابتدا مقدار مشخصی از رسوب (در حدود ۵۰۰ گرم) با ترازوی دقیق وزن شده و به منظور جدا شدن اجزاء به هم پیوسته آن، پس از ریختن نمونه در داخل هاون، با حرکات بالا و پایین دسته هاون، به آرامی تکان داده شدند (قدرت ضربات نباید به قدری باشد که در شکل و اندازه اولیه ذرات تغییری حاصل نماید). در مرحله بعد سری‌های الک بر روی دستگاه تکان‌دهنده (Shaker) قرار داده شد و به مدت ۱۵ دقیقه نمونه‌ها توسط دستگاه تکان داده شدند. بعد از گذشت این زمان الک‌ها

خارج شده و ذرات ماسه‌ای روی هر الک وزن گردیدند. به این ترتیب انواع ذرات ماسه‌ای تفکیک و وزن هر نوع ذره مشخص گردید. برای نامگذاری خاک از مثلث USDA استفاده شد (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳ مثلث بافت خاک USDA

برای جدا کردن ذرات رس از سیلت نیز به روش هیدرومتری ابتدا ذرات عبور کرده از الک ۲۳۰مش که در Pan جمع شده، خشک و وزنی معادل ۳۰ تا ۴۰ گرم از آن انتخاب شد. برای پراکنده نمودن ذرات رس از هم از محلول ۰.۴٪ هگزامتافسفات سدیم استفاده و گل مخلوط شده با این محلول در مرحله هیدرومتری بدقت دانه سنجی شد. بعد از انتقال این مخلوط به هیدرومتر و قرار دادن هیدرومتر در آن در فواصل مشخص ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰ و ۴۸۰ دقیقه هیدرومتر قرائت شد. عدد قرائت شده از روی هیدرومتر پس از محاسبات ریاضی و انجام تصحیحات و وارد کردن پارامترهایی از قبیل تصحیحات دمایی و تصحیحات چگالی برای رسم نمودار فراوانی تجمعی آماده

شده و درصد رس و سیلت هر نمونه مشخص گردید. با قرار دادن درصدهای حاصل شده از آزمایش الک و هیدرومتری در مثلث کلاسه بندی خاک، نمونه های خاک در یکی از طبقه های ۱۲ گانه خاک نامگذاری گردید (شکل ۳-۳).

۳-۵-۵ اندازه گیری غلظت آنیون ها و کاتیون ها در آب

نمونه های آب برداشت شده جهت تعیین غلظت آنیون ها (NO_3^- و SO_4^{2-} ، Cl^- ، HCO_3^- ، CO_3^{2-}) و کاتیون ها (Mg^+ ، Ca^+ ، Na^+ ، K^+) به آزمایشگاه سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور منتقل شده و توسط دستگاه IC (کروماتوگرافی یونی) مورد تجزیه قرار گرفتند.

۳-۵-۶ تعیین غلظت عناصر و فلزات سنگین

به منظور اندازه گیری غلظت عناصر و فلزات سنگین موجود در نمونه های آب ابتدا اسیدی شده و به همراه نمونه های خاک به آزمایشگاه سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال گردیدند و توسط دستگاه ICP-MS مورد تجزیه قرار گرفتند. توسط این روش غلظت ۳۰ عنصر در هر نمونه آب اندازه گیری گردید.

۳-۶ ارزیابی کیفیت و شدت آلودگی در خاک دشت با استفاده از شاخص های مختلف

به منظور ارزیابی کمی میزان آلودگی در خاکها (نسبت به یک فلز یا مجموعه ای از چند فلز) غالباً از فاکتورها یا اندیسهای ژئوشیمیایی مربوطه استفاده می شود. شاخص های مورد استفاده در این تحقیق در ادامه توضیح داده شده است.

۳-۶-۱ فاکتور غنی شدگی (Enrichment Factor)

از این فاکتور می توان برای بررسی و ارزیابی غنی شدگی فلزی یک محیط توسط محیط دیگر مانند غنی شدگی خاک توسط سنگ استفاده نمود (Adamo et al., 2005). فاکتور غنی شدگی روش

مناسبی جهت تعیین منشأ طبیعی و انسان‌زاد آلودگی می‌باشد (Selvaraj et al 2004, - Adamo et al, 2005). فاکتور غنی‌شدگی فلزات سنگین به صورت نسبت غلظت عنصر مورد نظر در خاک یا رسوب مورد مطالعه به غلظت عنصر در ماده مرجع (پوسته) است. غلظت عنصر مورد نظر را باید با یک عنصر مبنا که کمتر تحت تأثیر فعالیت‌های انسان‌زاد قرار نمی‌گیرد، نرمال یا بهنجار کرد. فاکتور غنی‌شدگی از رابطه زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱-۳):

$$EF = [(M/Zr)_{\text{sample}} / (M/Zr)_{\text{mane}}] \quad \text{رابطه (۱-۳)}$$

عنصر مبنا عنصری است که تغییرات اندکی در محیط داشته و غلظت آن در محیط متأثر از فعالیت‌های انسان‌زاد نباشد (Zoller et al, 1974). در رابطه فوق EF، فاکتور غنی‌شدگی، M غلظت عنصر مورد بررسی به مقدار Zr در نمونه رسوب و M' غلظت همان عنصر به Zr در نمونه مرجع می‌باشد (Weiguo et al, 2009). در این تحقیق نیز از عنصر Zr به عنوان عنصر مبنا استفاده شده است. مقادیر EF و طبقه بندی شدت غنی‌شدگی در جدول ۳-۴ آورده شده است. مقادیر EF کمتر از ۱، نشان دهنده این است که خاک یا رسوب نسبت به عنصر مورد نظر غنی شده نمی‌باشد و EF بالاتر از ۱، نمایانگر غنی‌شدگی است. $1 < EF < 10$ نشانگر آلودگی طبیعی و $EF > 10$ حاکی از تأثیر فعالیت‌های انسانی در تجمع فلزات مورد نظر در رسوب می‌باشد (Nolting et al, 1999- Selvarej et al, 2009- Rey et al, 2005- Oliveres-Rieumont et al, 2004).

جدول ۳-۴ رده بندی مقادیر فاکتور غنی‌شدگی (Chen et al, 2007)

EF	شدت غنی‌شدگی	EF	شدت غنی‌شدگی
$EF < 1$	بدون غنی‌شدگی	$EF = 10 - 25$	غنی‌شدگی شدید
$EF = 1 - 3$	غنی‌شدگی اندک	$EF = 25 - 50$	غنی‌شدگی خیلی شدید
$EF = 3 - 5$	غنی‌شدگی متوسط	$EF > 50$	غنی‌شدگی بینهایت شدید
$EF = 5 - 10$	غنی‌شدگی نسبتاً شدید	$EF = 10 - 25$	غنی‌شدگی شدید

۳-۶-۲ شاخص زمین انباشت (Geo Accumulation Index)

شاخص زمین انباشت (I_{geo}) توسط مولر (Muller) در سال ۱۹۷۹ برای تعیین و توصیف غلظت فلزات و میزان آلودگی در رسوبات معرفی شد. این شاخص از رابطه زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۳-۲):

$$I_{geo} = \log_2 C_n / 1.5 \times B_n \quad \text{رابطه (۳-۲)}$$

در این رابطه، C_n غلظت عنصر مورد مطالعه در نمونه رسوب، B_n غلظت عنصر مورد مطالعه در مقدار زمینه (شیل) و عامل $1/5$ نیز فاکتور تصحیح تأثیر لیتولوژی است که ناشی از تغییرات سنگ شناختی در رسوبات می‌باشد (Seshan, 2010- Luoping et al, 2007). شاخص زمین انباشت به هفت رده تقسیم می‌شود (جدول ۳-۵) که بالاترین عدد آن ۶ است که حدوداً ۱۰۰ برابر غنی‌شدگی نسبت به زمینه را نشان می‌دهد (Habes, 2006 - Luoping et al, 2007).

۳-۶-۳ فاکتور آلودگی (Contamination Factor) و درجه آلودگی (Contamination)

(Degree)

به منظور بیان وضعیت آلودگی محیط نسبت به یک عنصر خاص، از فاکتور آلودگی نیز می‌توان استفاده نمود (Abraham & Parker, 2008- Ahdy & Khaled, 2009- Shakeri et al, 2010).

جدول ۳-۵ مقادیر شاخص زمین انباشت طبقه بندی مولر (Muller, 1969)

درجه آلودگی	محدوده I_{geo}	شدت آلودگی
۰	$I_{geo} \leq 0$	بدون آلودگی
۱	$0 < I_{geo} < 1$	بدون آلودگی تا آلودگی متوسط
۲	$1 < I_{geo} < 2$	آلودگی متوسط
۳	$2 < I_{geo} < 3$	آلودگی متوسط تا شدید
۴	$3 < I_{geo} < 4$	آلودگی شدید
۵	$4 < I_{geo} < 5$	آلودگی شدید تا بی‌نهایت
۶	$I_{geo} > 5$	آلودگی بی‌نهایت

برای محاسبه فاکتور آلودگی از روش هاکنسون (Hakanson, 1995) استفاده شده و مقادیر آن در جدول ۳-۶ آورده شده است. فاکتور آلودگی هاکنسون با رابطه زیر تعیین می شود (رابطه ۳-۳):

$$C_f = C_0 / C_n \quad \text{رابطه (۳-۳)}$$

در این رابطه C_f فاکتور آلودگی، C_0 غلظت فلز در نمونه مورد بررسی و C_n غلظت فلز در میانگین شیل می باشد. مجموع ضرایب آلودگی آلاینده های مورد مطالعه، درجه کلی آلودگی خاک را بیان می کند که به آن درجه آلودگی هاکنسون گفته می شود. درجه آلودگی خاک با استفاده از رابطه ۳-۴ محاسبه می شود:

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_f^i \quad \text{رابطه (۴-۳)}$$

جدول ۳-۶: رده بندی کیفی خاک هاکنسون بر مبنای فاکتور آلودگی و درجه آلودگی (Hakanson, 1980)

کیفیت رسوب	C_d	مقدار آلودگی رسوب	C_f
درجه آلودگی پایین	$C_d < 6$	آلودگی پایین	$C_f < 1$
درجه آلودگی متوسط	$6 \leq C_d < 12$	آلودگی متوسط	$1 \leq C_f < 3$
درجه آلودگی قابل توجه	$12 \leq C_d < 24$	آلودگی قابل توجه	$3 \leq C_f < 6$
درجه آلودگی بسیار بالا	$C_d \geq 24$	آلودگی بسیار بالا	$C_f \geq 6$

۳-۶-۴ روش های آماری تحلیل داده ها

در این تحقیق برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار SPSS18 استفاده شده است. ضریب همبستگی بین عناصر و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در خاک و آب محاسبه و آنالیز خوشه ای بر روی نتایج آنالیز خاک انجام پذیرفت و جهت ارزیابی منشأ احتمالی عناصر و توجیه رفتار ژئوشیمیایی آنها مورد استفاده قرار گرفت.

فصل چهارم

زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

۱-۴ کلیات

منابع مختلف طبیعی و انسانزاد باعث انتشار فلزات سنگین در محیط زیست می‌شوند. اصلی ترین عامل طبیعی کنترل کننده کیفیت خاک و بدنبال آن منابع آب زیرزمینی واحدهای زمین‌شناسی یک منطقه است، لذا در این بخش در ابتدا زمین‌شناسی عمومی منطقه شامل زمین‌ریخت‌شناسی و زمین‌شناسی عمومی و زمین‌شناسی ساختاری منطقه مورد بحث قرار گرفته و در ادامه به بررسی واحدهای ساختاری در منطقه پرداخته خواهد شد و در انتها نیز واحدهای سنگ شناسی رخنمون یافته در منطقه مورد بحث قرار خواهد گرفت. لازم به ذکر است که مبنای اصلی برای شناخت و بحث در این رابطه، نقشه های زمین شناسی در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ شاهرود، بسطام و رامیان می‌باشد که و همچنین مشاهدات صحرایی و تصاویر ماهواره‌ای، است.

۲-۴ زمین شناسی عمومی

دشت شاهرود در استان سمنان در مرز جنوبی البرز با ایران مرکزی واقع شده است. با مشاهده نقشه زمین‌شناسی شاهرود و دامغان مشخص می‌شود که رخنمون‌های اصلی منطقه مورد مطالعه (دشت شاهرود) متعلق به بخش شرقی رشته کوه‌های البرز می‌باشد. این رشته کوه‌ها با روند شرقی- غربی با پیچیدگی‌های ساختاری متعدد در شمال ایران و جنوب دریاچه خزر قرار دارند و خود جزیی از بخش شمالی کوهزاد آلپ- هیمالیا در آسیای غربی بشمار می‌آید (Alavi, 1996) که از شمال به بلوک فرورفته خزر و از جنوب به فلات ایران مرکزی محدود می‌شود.

دشت شاهرود در دامنه‌های جنوبی بلندیهای البرز (مرکزی- شرقی) و در حاشیه شمالی کویر بزرگ قرار دارد. لذا از نگاه زمین‌شناسی به دو پهنه ساختاری البرز و ایران مرکزی تعلق دارد. در یک روند تقریبی از شمال به جنوب، پهنه دشت را می‌توان به دو واحد ساختاری - رسوبی مجزا تقسیم کرد که یکی از آنها پهنه موسوم به البرز است (آقانباتی، ۱۳۸۳). بدین گونه که قسمت‌های شمالی منطقه به

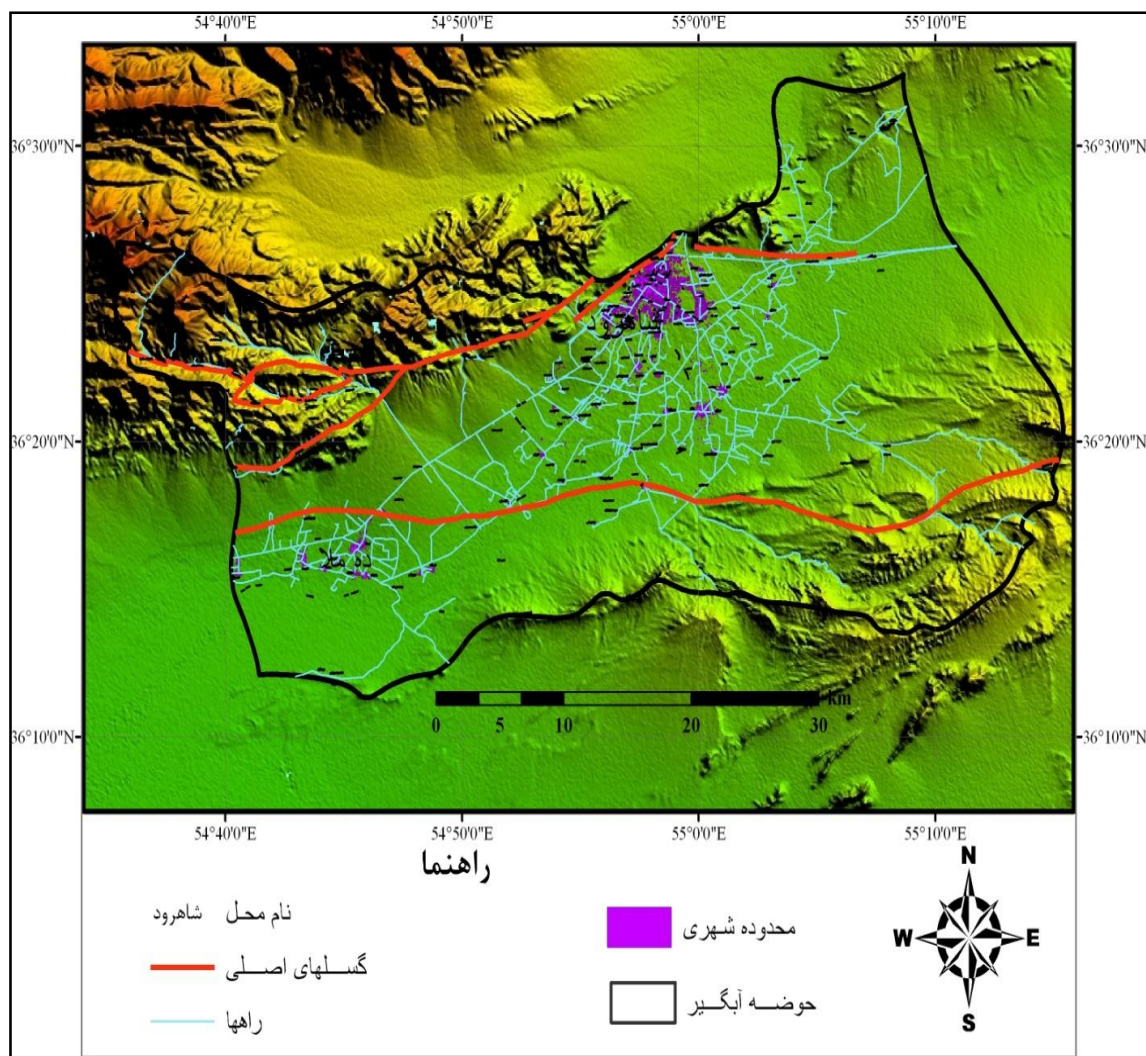
ایالت ساختاری البرز و قسمت‌های میانی و جنوبی منطقه به ایالت ساختاری ایران مرکزی تعلق دارد از این رو در منطقه مورد مطالعه بسیاری از حوادث و پدیده‌های دو ایالت ساختاری فوق را می‌توان مشاهده نمود.

۴-۲-۱ ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی ساختمانی

گستره حوضه دشت شاهرود محصور شده بین واحدهای سنگی و عموماً صخره‌ساز، از زون تکتونیکی البرز در شمال منطقه و واحدهای تبخیری - تخریبی ائوسن مربوط به زون ساختاری ایران مرکزی در جنوب آن است. بخش اعظم سنگهای رخنمون یافته منطقه در شمال نقشه قرار دارد که بخشی از ارتفاعات البرز شرقی می‌باشند که دارای روند گسترشی شمال شرقی-جنوب غربی است. این سنگها که در بیشتر مناطق ارتفاعات بلند و ستیغ ساز را ساخته‌اند اساساً از واحدهای رسوبی دریایی (سنگ آهک) شکل گرفته که در این میان سنگ آهکهای سازند لار و سنگ آهکهای کرتاسه بالایی مرتفع-ترین نقاط منطقه را تشکیل داده می‌دهند. اما بخشهایی نیز از سنگهای فوق اساساً از واحدهای نرم-فرسا نظیر شیل، مارن و کنگلومرا شکل گرفته و مناطق کم ارتفاع و پست را تشکیل داده است، نظیر توالی‌های سازند شمشک و سازند دلیچای در شمال منطقه که باعث تشکیل و تراش خوردن سطح زمین شده و در نتیجه ایجاد دره‌ها و آبراهه‌های بزرگ شده است (شکل ۴-۱).

مورفولوژی تپه- ماهوری که در جنوب این دشت دیده می‌شود از توالی‌های شیلی- مارنی سبز و قرمز رنگ ائوسن ایالت ساختاری ایران مرکزی تشکیل شده که به علت عدم وجود واحدهای مقاوم بر روی آنها ریخت‌شناسی کلی زمین را به صورت هزار دره در آورده است. تاقدیس پلانژدار کوه کمر سیاه در جنوب غرب منطقه به علت برونزد مارن‌های ائوسن ارتفاع چندانی ندارد و آبراهه‌های پهن فراوانی آن را قطع کرده است و به این دلیل سیمای کلوت (Badland) به منطقه داده است (شکل ۴-۲). این ساختمان تاقدیسی به سوی دماغه (nose) و یال جنوبی با رخنمون‌های شیل و ماسه سنگ و سپس کنگلومرا ارتفاع بیشتری می‌گیرند.

عملکرد گسل معکوس میامی که از میان این نهشته‌ها عبور کرده است در افزایش ارتفاع این واحدها مؤثر بوده است. نهشته‌های کم ارتفاع کواترنر بخش گسترده‌ای از نوار میانی منطقه را فرا گرفته است که محدوده دشت را تشکیل می‌دهد. شیب کلی دشت (Slope of plane) از سمت شمال شرق به سمت جنوب غرب می‌باشد. پهنه گلی-رسی در جنوب غربی منطقه پست‌ترین زمین‌های منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند (حاج حسینی و قاسمی، ۱۳۸۲)



شکل ۴-۱ نقشه سه بعدی و راههای دسترسی به منطقه



شکل ۴-۲ سیمای Badland در جنوب منطقه مورد مطالعه (مسیر جاده طرود)

۴-۲-۲ گسل‌ها

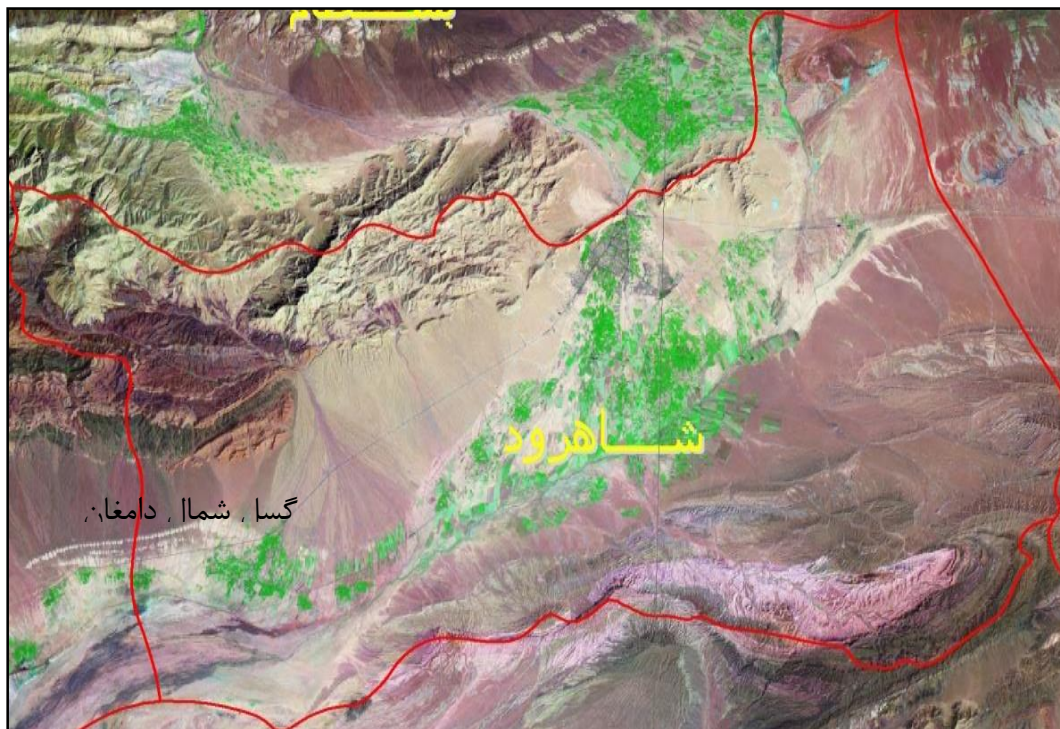
سیستم اصلی گسل‌های منطقه را راندگی‌ها و گسل‌های امتداد لغز تشکیل می‌دهد (شکل ۴-۱). راندگی‌ها در منطقه عموماً راستای شرقی-غربی دارند و جهت حرکت اصلی آنها از شمال به سمت جنوب می‌باشد.

۴-۲-۲-۱ گسل راندگی شاهرود

این گسل یکی از اصلی‌ترین گسل‌های منطقه است که دارای راستای شرقی-غربی است و از شمال شهر شاهرود عبور می‌کند. گسل‌های راندگی طزره، مجن و میامی را می‌توان هم جهت با همین گسل در نظر گرفت که در اثر یک رژیم فشارشی قدیمی در منطقه ایجاد شده‌اند.

۴-۲-۲-۲ گسل کواترنری

شاخه شرقی گسل شمال دامغان به شکل کاملاً واضح بر روی تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی قابل تشخیص است. گسل شمال دامغان که دارای راستای شرقی-غربی در حوالی روستای ده‌ملا می-



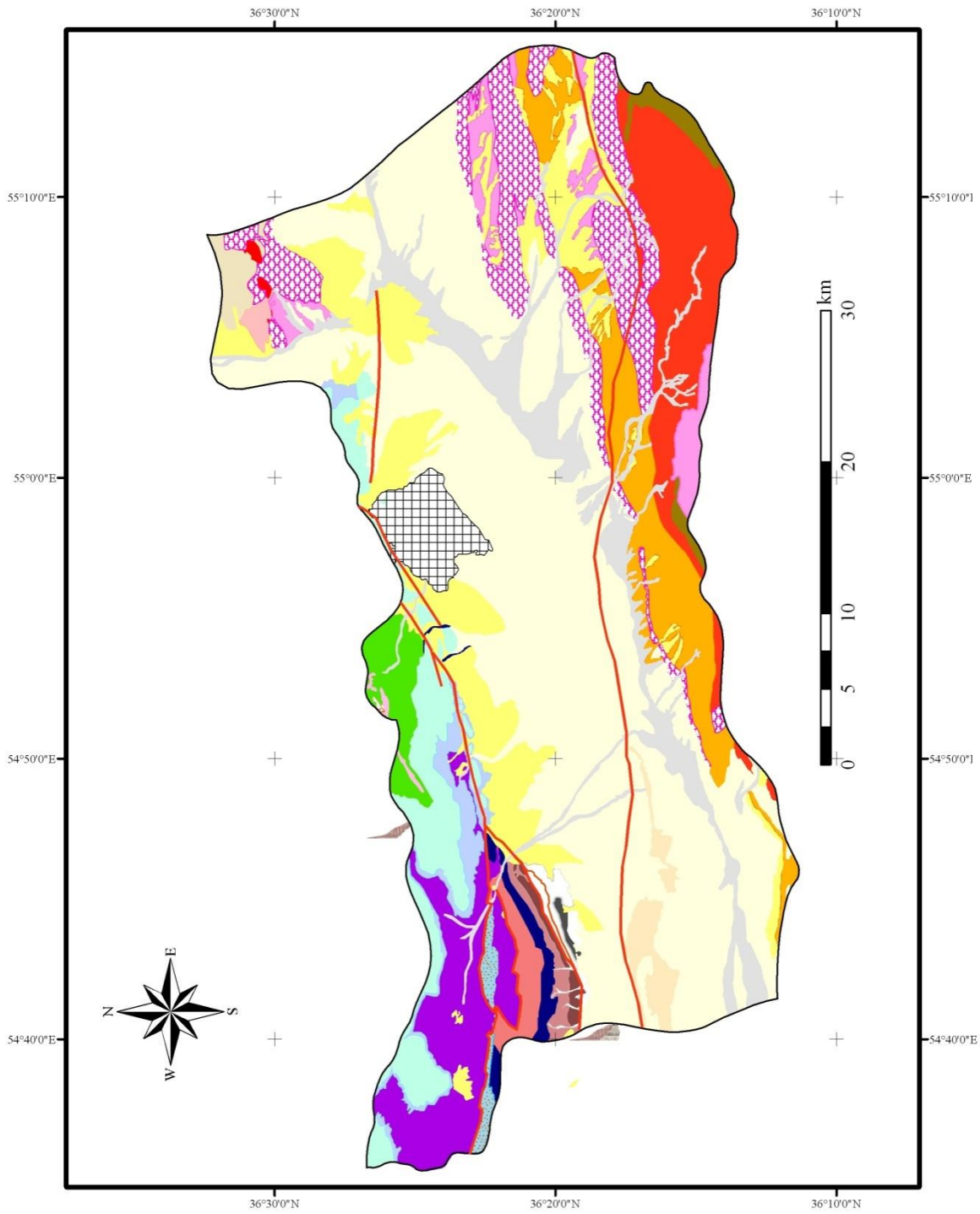
شکل ۳-۴ تصویر RGB سنجنده TM از منطقه که آثار خطی گسل شمال دامغان در گوشه سمت چپ آن نمایان است

باشد با امتداد یافتن به سمت شرق از شمال کوه کمرسیاه عبور کرده و باعث جابجایی واحدهایی این منطقه شده است.

۱-۳-۴ سنگ‌های پرکامبرین و پالئوزویک

سنگ‌های پرکامبرین و پالئوزویک با راستای گسترش شرقی- غربی و توالی‌های مشخص در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود.

توالی‌های سازند بایندر به سن پرکامبرین به عنوان قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه و توالی‌های سازند مبارک به سن کربونیفر زیرین به عنوان جوان‌ترین سنگ‌های پالئوزویک منطقه محسوب می‌شوند. با توجه به یافته‌های جدید، سنگ‌های پرکامبرین پسین البرز - آذربایجان منحصر به سازند بایندر و دو عضو زیرین سازند سلطانیه است (آقاناتی، ۱۳۸۳).



شکل ۴-۴ نقشه واحدهای زمین شناسی منطقه

۴-۳-۱- سازند بایندر - پرکامبرین

در منطقه مورد مطالعه این سازند در هسته تاقدیس محلی شمال دهملا (طاقدیس کوه خربشان) (Ghavidel-syooki, 2006) قابل مشاهده است و شامل توالی ماسه‌سنگ، دولومیت و شیل است. در منطقه مورد مطالعه، مرز پائینی این سازند به دلیل عدم رخنمون قابل مشاهده نیست. ولی مرز بالایی این سازند به طور هم‌شیب و پیوسته به وسیله سازند سلطانیه پوشیده می‌شود. شایان ذکر است که در منطقه مورد مطالعه رخنمون سازند بایندر بیشتر از نوع سنگ های شیلی است (آقانباتی، ۱۳۸۳).

۴-۳-۱-۲ سازند سلطانیه - کامبرین زیرین

در منطقه مورد مطالعه این سازند در هسته تاقدیس محلی شمال دهملا، قابل مشاهده است. شایان توجه است که در منطقه مورد بررسی این سازند عمدتاً به صورت دولومیت توده‌ای ضخیم‌لایه با میان لایه شیلی (عضو دوم) دیده می‌شود. همبری زیرین این سازند با سازند بایندر به صورت هم‌شیب و پیوسته است و همبری بالایی آن نیز با دولومیت‌های سازند باروت هم‌شیب و تدریجی (آقانباتی، ۱۳۸۳).

این سازند متعلق به زمان پرکامبرین پسین - کامبرین پیشین از دولومیت‌های توده‌ای قهوه‌ای و خاکستری روشن حاوی چرت فراوان و ساخت استروماتولیت تشکیل شده است. دولومیت‌های فوق، یال تاقدیس خربش در شمال روستای دهملا را تشکیل داده و دارای ضخامت تقریبی ۳۰۰ متر می باشد.

۴-۳-۱-۳ سازند باروت - کامبرین زیرین

در منطقه مورد مطالعه این سازند در هسته تاقدیس محلی شمال دهملا، مشاهده می‌شود. این سازند عمدتاً به صورت دولومیت با لایه‌های شیلی ارغوانی دیده می‌شود. همبری زیرین این سازند با سازند

سلطانیه به صورت هم‌شیب و تدریجی است و همبری بالایی آن نیز با شیل‌های ارغوانی زاگون هم‌شیب می‌باشد.

۴-۳-۱-۴ سازند زاگون-کامبرین زیرین

در منطقه مورد مطالعه این سازند در هسته تاقدیس محلی شمال ده‌ملا، قابل مشاهده است. در منطقه مورد مطالعه این سازند عمدتاً به صورت شیل‌های ارغوانی رنگ به‌مراه دولومیت‌های چرت‌دار دیده می‌شود. همبری زیرین این سازند با سازند باروت به صورت هم‌شیب دیده شده و همبری بالایی آن نیز با ماسه‌سنگ‌های لالون هم‌شیب و تدریجی می‌باشد.

۴-۳-۱-۵ سازند لالون - کامبرین زیرین

در منطقه مورد مطالعه این سازند در مدخل ورودی معادن ذغال‌سنگ شمال ده‌ملا قابل مشاهده است. در منطقه مورد مطالعه این سازند عمدتاً دارای ترکیب ماسه‌سنگی و شیلی است. مرز زیرین ماسه‌سنگ‌های لالون با ردیف‌های سیلتی-شیلی زاگون تدریجی است به گونه‌ای که گاهی تفکیک این دو سازند دشوار است. مرز بالایی سازند لالون در همه جا نشانگر یک ایست رسوبی سراسری است.

۴-۳-۱-۶ سازند میلا- کامبرین میانی تا بالایی

توالی‌های سازند میلا که به سن کامبرین میانی-بالایی است، در ناحیه مورد مطالعه دارای گسترش قابل توجهی در راستای شرقی-غربی است و در بیشتر نقاط نظم چینه‌شناسی خاصی را نیز نشان می‌دهد. توالی‌های این سازند در محدوده مورد نظر با ضخامت تقریبی ۶۰۰ متر در قالب پنج عضو قابل بررسی است:

عضو ۱: این عضو از سازند میلا شامل ۱۸۹ متر دولومیت بدون فسیل همراه با میان‌لایه‌های مارنی و شیلی زردرنگ است.

عضوهای ۲-۵: لایه‌های مربوط به این قسمت از سازند قابل تفکیک بوده و از تناوب‌های دولومیت خاکستری تیره و ضخیم‌لایه، مارن زرد، سنگ آهک خاکستری، شیل و سنگ آهک شیلی و چرت‌دار خاکستری حاوی براکیوپود و تریلوبیت، سنگ‌سیلتی و ماسه‌سنگ تشکیل شده است (اعرابی، ۱۳۸۷). قویدل و سیوکی ۴۳۳ متر بالای میلا را در ناحیه ده‌ملا تحت عنوان سازند لشکرک و قلی نامگذاری کرده است (Ghavidel., syooki, 2006). سازند لشکرک به ضخامت ۱۳۵ متر و متشکل از شیل‌های ورقه‌ای به رنگ سبز-خاکستری است. مرز پایینی آن پیوسته و مرز بالایی آن با سازند قلی ناپیوسته می‌باشد. سازند قلی به ضخامت ۲۹۹ متر بوده و متشکل از شیل و سیلت‌استون است. مرز بالایی و پایینی آن با سازند لشکرک و جیروود ناپیوسته می‌باشد. این سازند دارای ایکنوفسیل‌های فراوان می‌باشد و در بخش بالایی دارای لاوهای بازالتی است (وزیری و مجیدی‌فر، ۲۰۰۱).

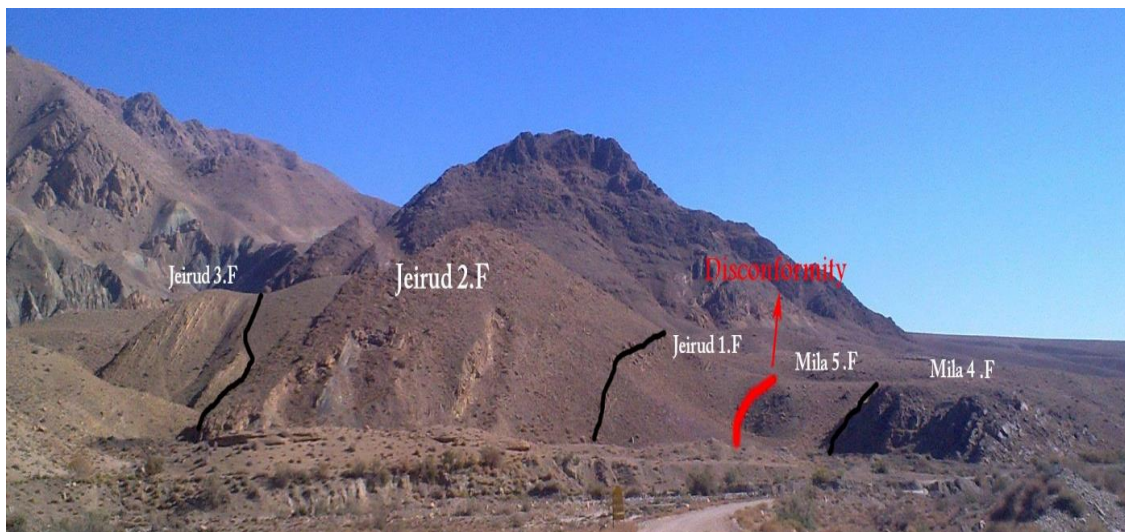
۴-۳-۱-۷ سازند لشکرک - اردوویسین زیرین

در شمال منطقه ده‌ملا این سازند با توالی‌های ماسه‌سنگی آغاز شده و در ادامه از طبقات سرخ رنگ، شیل‌ها و سیلت‌های قرمز رنگ تشکیل یافته است. این سازند با همبری احتمالاً پیوسته (همبری در منطقه زون گسله قرار گرفته است) بر روی عضو ۵ میلا قرار گرفته است. همبری بالایی این سازند نیز به صورت وقفه رسوبی بلند مدت با سازند جیروود (با سن دونین بالایی) می‌باشد که این همبری نیز در یک زون گسله قرار گرفته است.

۴-۳-۱-۸ سازند جیروود - دونین بالایی

از عضوهای چهارگانه سازند جیروود، فقط عضو A با سن دونین پسین در منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده است. این عضو شامل ۱۴۰ متر ماسه‌سنگ و آهک ماسه‌ای در پایین، ۱۴۰ متر بازالت پلاژیوکلازدار در وسط و ۵۵ متر ماسه‌سنگ، کنگلومرا و سنگ‌آهک فسیل‌دار در بالا می‌باشد. همبری

بالائی و پائینی این سازند به طور ناپیوسته با وقفه رسوبی، به ویژه در شمال روستای دهملا دیده می-شود (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵ نمایی از سازندهای پالتوزویک در منطقه دهملا

۲-۳-۴ واحدهای سنگی مزوزوئیک

مجموعه توالی‌های سازند الیکا، شمشک، دلیچای، لار و سنگهای کرتاسه بالایی، سنگ‌های متعلق به مزوزوئیک در ناحیه مورد مطالعه هستند که با ضخامت‌های قابل توجه مشاهده می‌شوند.

۱-۲-۳-۳ سازند الیکا - تریاس

سنگ‌های تریاس پایینی- میانی البرز، ردیف‌های کربناتی آهکی-دولومیتی به نام «سازند الیکا» هستند. این سازند را می‌توان بخوبی در یال جنوبی ناودیس بالآمده شمال دهملا مشاهده نمود. این سازند در منطقه دهملا از سنگ آهک دولومیتی، آهک‌هایی با اثر کرم و دولومیت‌های لاتریتی شده تشکیل یافته است. همبری پائینی این سازند با آواری‌های جیروود به صورت هم‌شیب با وقفه رسوبی بلند مدت است و همبری بالایی آن با شیل‌های شمشک به صورت هم‌شیب و تدریجی است.

۴-۳-۲- سازند شمشک - تریاس بالایی تا ژوراسیک زیرین

این سازند در البرز شمالی با یک بخش آهنی- بوکسیتی و رس‌های فلینیتی به رنگ سُرخ- قهوه‌ای آغاز می‌شود ولی در البرز جنوبی، آغاز گروه شمشک با بازالت‌های تیره‌رنگ زیردریایی می‌باشد که با رسوب‌های ذغالدار ادامه می‌یابد. اگرچه در بسیاری از نقاط البرز، ردیف‌های تریاس بالایی از گروه شمشک به دلیل فقر داده‌های فسیلی وضوح چندان ندارند؛ ولی در ناحیه سمنان و پاره‌ای از نقاط ذغال خیز البرز (به ویژه در منطقه طزره)، مطالعه سنگواره‌های گیاهی و یا جانوری واحدهای رسوبی تریاس بالایی را به خوبی تفکیک کرده است. البته در منطقه مورد مطالعه که حاشیه جنوبی البرز می‌باشد گستردگی و وجود معادن متعدد استخراج ذغال سنگ در سازند شمشک قابل توجه است، به همین دلیل از نام سازند طزره نیز استفاده می‌شود. ناهمسانی شرایط حاکم بر حوضه رسوبی سبب شده است تا سازند طزره در همه جا ترکیب سنگی یکسان نداشته باشد.

به باور نبوی (۱۳۶۱) در دامنه شمالی البرز، رخساره چیره طزره از نوع نهشته‌های کنگلومرایی همراه با میان چینه‌هایی از ماسه‌سنگی درشت دانه و شیل است.

۴-۳-۳- سازند دلیچای - ژوراسیک میانی

سازند دلیچای در منطقه مورد مطالعه به طور معمول با یک افق ضخیم لایه دولومیتی شروع و با تناوب‌های آهکی و مارنی ادامه پیدا می‌کند.

۴-۳-۴- سازند لار - ژوراسیک میانی تا بالایی

توالی‌های سازند لار به سن ژوراسیک میانی- بالایی در ناحیه مورد مطالعه از سنگ آهک‌های خاکستری روشن حاوی تعداد کمی آمونیت تشکیل شده است. این سنگ آهک‌ها ابتدا ضخیم‌لایه بوده که تدریجاً به سنگ آهک‌های توده‌ای و دیواره‌ساز تبدیل می‌شوند. این سنگ‌ها در قسمت‌های فوقانی خود دارای ندول‌های چرت فراوان هستند. البته تاکنون از این چرت‌ها به عنوان یکی از اختصاصات بارز سازند لار یاد شده است و شروع تناوب‌های این سازند را با ظهور یک افق چرتی معرفی کرده‌اند،

اما در نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ شاهرود شروع سازند لار با شروع سنگ آهک های ضخیم لایه ای نشان داده شده (شکل ۴-۶) که فاقد تناوب های مارنی در لایه لای خود هستند (اعراب، ۱۳۸۷). در جنوب ناحیه پریخان از منطقه مورد مطالعه سازند لار متشکل از دولومیت های توده ای خاکستری به شکل کلاهک هایی با مرز آشفته که نمایی گسله دارد بر روی مارن های سبز سازند دلیچای قرار گرفته است. دولومیت های فوق که به صورت ثانویه ایجاد شده است متأثر از عملکرد راندگی شمالی در منطقه است (وزیری و مجیدی فر ۲۰۰۱).



شکل ۴-۶ نمایی کلی از واحدهای سنگ چینه ای در ناحیه ده ملا

۴-۳-۲-۵ سنگهای کرتاسه بالایی

سنگ های کرتاسه بالایی در منطقه مورد مطالعه بر حسب تغییرات رخساره ای به سه واحد تقسیم شده اند که در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ شاهرود به نامهای زیر نام گذاری شده اند:

واحد Ku^v : سنگ های این واحد در قاعده سنگ های کرتاسه بالایی در ارتفاعات جنوب غرب مجن برونزد داشته و از بازالت، لاوای اسپیلیتی و کنگلومرا تشکیل شده است و روند گسترشی شرقی-غربی را نشان می دهد.

واحد Ku^m : این واحد از مارن‌های سبز زیتونی تشکیل شده که در بین توالی‌های سنگ آهک‌های کرتاسه بالایی برونزد داشته و کم ارتفاع و فرسایش‌پذیر هستند و دارای ضخامتی در حدود ۱۵۰-۲۰۰ متر م‌باشند.

واحد Ku^l : توالی‌های اصلی با ضخامت‌های زیاد سنگ آهک‌های کرتاسه بالایی متعلق به این واحد می‌باشند. این واحد از تناوب‌های سنگ آهک خاکستری روشن با مارن‌های سبز روشن در ابتدای واحد و سپس سنگ آهک‌های خاکستری متمایل به قهوه‌ای ضخیم لایه، توده‌ای و صخره‌ساز که به مقدار زیاد فرسایش یافته و هوازده شده‌اند. فسیل‌های صدف دوکفه‌ای، فسیل اینوسراموس و هیپیوریت در این واحدها مشاهده می‌گردد (کیهانی، ۱۳۷۶ و کشانی، ۱۳۷۷). بر اساس مطالعه میکروفسیل‌های سن دقیق این سنگ‌ها را می‌توان به زمان سنومانین-کامپانین نسبت داد.

سنگ‌های کرتاسه بالایی با وجود وقفه و نبود چینه‌ای بر روی سنگ آهک‌های سازند لار قرار گرفته و در مرز بالایی خود نیز بواسطه ناپیوستگی و نبود چینه‌ای توسط سازند مجن در منطقه پوشیده می‌شوند. این سنگ‌ها با ضخامت تقریبی ۴۰۰ متر دست‌خوش گسل خوردگی و چین خوردگی‌های متعدد شده است (وزیری و مجیدی فر ۲۰۰۱).

۳-۳-۴ سنگ‌های سنوزوئیک

۱-۳-۳-۴ توالی‌های ائوسن زیرین-میانی در ایالت ساختاری ایران مرکزی

توالی‌های این واحد در جنوب حوضه گسترش داشته که بر اساس تنوع رنگ به دو واحد E_1^m و E_2^m تقسیم و توصیف می‌شود.

واحد E_1^m :

این واحد با دور نمایی از رنگ سبز از مارن‌های ژپیس‌دار سبز با بین لایه‌هایی از ماسه‌سنگ متوسط لایه برنگ خاکستری روشن، شیل سبز، ماسه‌سنگ آهکی نومولیت‌دار تشکیل شده است. این توالی‌ها

توسط گسل راندگی میامی بر روی توالی‌های واحد جوانتر از خود قرار گرفته‌اند، اما در اکثر مناطق کنگلومرای نئوژن بصورت دگرشیب و با یک نبود چینه‌شناسی مشخص بر روی تناوب‌های فوق قرار می‌گیرد. توالی‌های این واحد در ناحیه مورد مطالعه دارای ضخامت حدود ۶۰۰ متر هستند ولی با توجه به اینکه این واحدها چین‌خوردگی زیادی را متحمل شده‌اند ضخامت بیشتری را در روی زمین از خود نشان می‌دهند.

واحد E_2^m :

این واحد از مارنهای قرمز ژپس‌دار تشکیل شده است و در غرب تاقدیس کمرسیاه و در حاشیه شرقی منطقه رخنمون دارد و بر روی تناوب‌های واحد E_1^m قرار گرفته‌اند. این واحد در مرز بالایی خود توسط واحد کنگلومرای نئوژن و به صورت ناپیوسته پوشیده شده است که هم‌ارز سازند قرمز پایینی می‌باشد.

۲-۳-۳-۴ واحدهای هم‌ارز سازند قم

این واحدها، تنها از مارنهای زرد تیره و فسیل‌دار تشکیل شده است و در شرق منطقه بصورت هم‌شیب و تدریجی بر روی واحدهای هم‌ارز قرمز زیرین قرار گرفته است.

۳-۳-۳-۴ واحدهای هم‌ارز قرمز بالایی

توالی‌های منظمی از نهشته‌های سنگی مارن ژپس‌دار، مارن، شیل و ماسه با رنگ کلی سبز روشن تا قرمز رنگ و همچنین واحدهای گسترده‌ای از توالی‌های مارنی ژپس‌دار قرمز تا قهوه‌ای روشن و اندکی مارن سبز روشن مایل به زرد با اندکی میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ ریزدانه واحدهای هم‌ارز سازند قرمز بالایی منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

نیمه جنوبی منطقه تماماً از واحدهای تبخیری-تخریبی که معادل سازندهای قرمز زیرین، قم و قرمز بالایی است، به همراه واحدهای کنگلومرای نئوژن و مخروط‌افکنه‌های کواترنر تشکیل شده است.

۴-۳-۳-۴ کنگلومرای نئوژن

در قسمت جنوب غربی منطقه مورد مطالعه، کنگلومرای نئوژن با روند گسترش شرقی- غربی در پای ارتفاعات قرار داشته و در برخی مکان‌ها ارتباطش با سنگ‌های پیرامون به صورت راندگی می‌باشد. این کنگلومرا که نمایی سفید رنگ دارد در برخی مناطق بصورت تپه ماهور بیرونزدگی داشته و در بسیاری مناطق ارتفاعات خشن را می‌سازد، در برخی نقاط نیز توسط پادگانه‌های آبرفتی پوشیده می‌شود. این کنگلومرا با سیمان ماسه‌ای از قطعات و قلوه‌هایی شکل گرفته است که اندازه آنها از ابعاد ریز تا درشت (حداکثر تا ۲۰ سانتی‌متر) متغیر است اما به طور کلی بافت آن دانه درشت است. این قطعات و قلوه‌ها که گردشگری نسبتاً خوبی داشته اما جورشدگی خوبی ندارند، از آهک‌های آلئولین‌دار به سن ائوسن، قطعاتی از آهک لار و دلیچای تشکیل شده‌اند (اعراب ۱۳۸۷).

۴-۳-۳-۵ رسوبات کواترنری

واحد Q_1^t : این واحد شامل پادگانه‌های آبرفتی و مارن‌های گراولی است که در قسمت بالا دست رودخانه‌ها و یا کنار دره‌ها تشکیل شده‌اند. بخش قابل توجه‌ای از محدوده میانی منطقه مورد مطالعه از این نوع رسوبات تشکیل شده است.

واحد Q_2^t : این واحد شامل پادگانه‌های آبرفتی جوان و رسوبات آبرفتی است.

واحد Q_{al}^t : این واحد شامل آبرفت‌های عهد حاضر و رسوبات رودخانه‌ها است.

قدیمی‌ترین رسوبات مربوط به سنوزوئیک، رسوبات معادل کنگلومرای هزار دره است. این رسوبات در بخش جنوب شاهرود رخنمون دارند که به صورت ناپیوستگی زاویه‌دار بر روی سازند قرمز بالایی قرار گرفته است.

دومین بخش از رسوبات سنوزوئیک مربوط به کواترنر است و شامل مخروط افکنه‌های قدیمی سازند کهریزک است. بخش عمده این رسوبات توسط رسوبات جدیدتر مخروط افکنه پوشیده شده است ولی

به صورت پراکنده در دامنه جنوبی ارتفاعات شمال شاهرود- دهملا- شرق شاهرود و جنوب بسطام دیده می شود. این رسوبات جورشدگی ضعیفی دارند و اندازه ذرات از دامنه کوه به سمت دشت کاهش می یابد. در مسیر رودخانه دهملا رسوبات فوق به صورت پادگانه یا تراس های آبرفتی ضخیم مشاهده می شود که به صورت سخت شده و دگرشیب روی رسوبات قدیمی قرار گرفته اند.

۴-۴ زمین شناسی اقتصادی

مهمترین ماده معدنی در منطقه زغال سنگ است که در تناوب های شیلی سازند شمشک در سرتاسر شمال منطقه بصورت رگه ها و عدسی های گسترش دارد.

وجود واحدهای آهکی فراوان مانند سازند لار می تواند پتانسیل بسیار بالایی برای خوراک کارخانه سیمان و تا حدودی کارخانه قند باشد. کارخانه سیمان شاهرود در مجاورت روستای امیریه یکی از مصرف کنندگان اصلی چنین سنگ آهک های است.

واحدهای تخریبی-تبخیری موجود در قسمت ساختاری ایران مرکزی با توجه به وجود مقدار زیادی از واحدهای گچ دار پتانسیل مناسبی از این ماده معدنی را در شرق منطقه فراهم نموده که ماده اصلی کارخانه گچ شاهرود را تأمین می کند.

کوارتزیت های ضخیم لایه بخش یک سازند میلا و قاعده سازند جیروود میتواند به عنوان یک ماده معدنی مناسب برای استخراج سیلیس محسوب شوند. لایه های بوکسیتی و لاتریتی را نیز در واحدهای انتهایی میلا پتانسیل معدنی خوبی به حساب می آیند.

فصل پنجم

کیفیت خاک دشت

۵-۱ کلیات

کیفیت و کمیت خاک هر منطقه، متأثر از ویژگی های زمین شناسی و اقلیمی آن منطقه است. امروزه با تشدید فعالیت های انسانی نقش انسان در تغییر کیفیت خاک افزایش یافته به طوری که در کنار عوامل تاثیر گذار بر ویژگی های خاک، از انسان نیز به عنوان یکی از عوامل مخرب خاک (چه به لحاظ تخریب فیزیکی مانند افزایش فرسایش پذیری و چه به لحاظ کیفی مانند افزایش میزان آلودگی خاک) یاد می شود.

در این فصل به بررسی و تحلیل پارامترهای فیزیکوشیمیایی اندازه گیری شده در خاک، بافت خاک، روابط همبستگی بین عناصری که مورد بررسی قرار گرفته اند (سرب، روی، مس، کروم، وانادیوم، فسفر و استرانسیوم) با یکدیگر و با دیگر پارامترها پرداخته شده است. برای بررسی منشأ و روابط ژئوشیمیایی بین عناصر از آنالیز خوشه ای با استفاده از نرم افزار SPSS18 و برای نمایش و ارزیابی میزان آلودگی و کیفیت خاک از مقایسه غلظت های عناصر با استانداردهای موجود بین المللی، اندیس زمین انباشت مولر، فاکتور و درجه آلودگی خاک استفاده شده است.

غلظت عناصر و فلزات سنگین انتخابی (با توجه به اهمیت زیست محیطی و فراوانی در منطقه) و پارامترهای فیزیکوشیمیایی اندازه گیری شده در نمونه های خاک دشت در جدول (۵-۱) آورده شده است. شایان ذکر می باشد که با استفاده از دستگاه ICP-MS غلظت ۳۰ عنصر در هر نمونه خاک اندازه گیری گردید. سپس از این عناصر با توجه به غلظت آنها، روند تغییرات آنها در دشت و اولویت های زیست محیطی تعداد ۷ عنصر جهت بررسی و ارزیابی کیفیت خاک دشت انتخاب گردید. نحوه پراکنش مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده بر روی نقشه زمین شناسی و کاربری اراضی مشخص گردید. مناطق با پتانسیل آلودگی های مختلف در نقشه مشخص گردید و تأثیر آنها به عنوان عوامل آلاینده بر توزیع غلظت عناصر و پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۲-۵ بررسی پراکندگی pH در نمونه های خاک دشت

با توجه به مطالب ذکر شده در فصل پیشین یکی از عوامل مهم تأثیرگذار و کنترل کننده گونه‌های فلزی و تحرک‌پذیری عناصر، pH خاک است (Tijani et al., 2006, Hernandez et al., 2003, Plant et al., 1996, Tayler., Mc Bride, 1994). به طور عمده در pH های نسبتاً بالا میزان تحرک بیشتر عناصر کاهش می‌یابد (Baker, 1993).

برای بررسی نحوه تغییرات مقادیر pH در خاک دشت تعداد ۱۸ نمونه از نمونه های خاک به طور توزیع شده در دشت انتخاب شده و مورد آزمایش قرار گرفت که می‌توان میانگین آنها را به عنوان شاخص pH دشت در نظر گرفت.

جدول ۲-۵ طبقه بندی خاک ها را طبق استاندارد (Soil Science Society of America, 1997) نشان می‌دهد. با توجه به این استاندارد، کلیه نمونه‌های خاک دشت در محدوده خاکهای نسبتاً قلیایی، قلیایی زیاد و شدیداً قلیایی قرار می‌گیرند. شکل ۱-۵ مقدار و پراکندگی pH در خاک دشت را نمایش می‌دهد. با توجه به اینکه خاک‌های بوجود آمده از تشکیلات آهکی در نواحی کم بارش، pH بالاتری دارند (Kabata-Pendias, 2001) وجود تشکیلات آهکی در کمربند شمالی منطقه می‌تواند توجیه کننده pH بالا در نمونه‌های این منطقه باشد. روند طبیعی تغییرات pH در منطقه از شمال شرق به سمت جنوب غرب به صورت افزایشی می‌باشد. با حرکت به سمت جنوب غربی دشت به علت هموار بودن و گسترش کفه های رسی-گچی-نمکی، خاکها بسیار شور و pH آنها شدیداً قلیایی می‌شود. لذا pH در نقطه خروجی حوضه (S58) به شدت افزایش یافته (۹/۱۵) و بر طبق طبقه بندی (Soil Science Society of America, 1997) در طبقه شدیداً قلیایی قرار می‌گیرد.

باقر کاظمی ضمن مطالعه به منظور مکان‌یابی دفع پسماند برای شهر شاهرود، به بررسی میزان تغییرات pH در محل لندفیل پرداخته و مشخص نمود که شیرابه‌های اسیدی لندفیل باعث پایین آمدن pH خاک در پایین دست لندفیل شده است (باقر کاظمی، ۱۳۸۸)، که نتایج مطالعه حاضر نیز مؤید این

فصل پنجم - کیفیت خاک دشت

جدول ۵-۱ مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و غلظت عناصر در نمونه‌های خاک دشت

NUM	pH	OM (%)	EC (μS/cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	V (ppm)	Cr (ppm)	P (ppm)	Sr (ppm)	Zr (ppm)
S01	-	-	-	-	-	-	20.82	89.23	22.12	114.50	95.23	851.56	700.00	158.36
S02	8.83	2.31	146.4	19	45	36	21.39	83.08	20.74	81.42	92.27	770.61	160.23	179.97
S03	8.85	2.34	202.5	44	17	39	22.58	89.75	23.95	86.23	107.38	683.62	0.00	184.64
S04	-	-	-	-	-	-	20.23	96.08	26.51	92.43	115.05	792.16	0.00	191.13
S05	-	-	-	-	-	-	14.21	50.60	19.87	39.00	30.20	520.00	560.42	148.00
S06	-	-	-	-	-	-	14.38	46.00	17.97	37.00	23.60	510.00	380.00	137.00
S07	-	-	-	-	-	-	55.04	210.49	71.90	62.05	74.26	965.88	402.18	158.72
S08	8.23	2.10	1900.1	22	28	50	12.60	54.39	19.92	71.33	81.39	491.94	257.26	173.12
S09	-	-	-	-	-	-	16.59	67.35	22.82	76.45	83.68	726.65	0.00	212.35
S10	-	-	-	-	-	-	20.57	59.10	18.32	45.00	23.90	610.00	559.00	147.00
S11	-	-	-	-	-	-	18.18	90.20	23.38	42.00	33.00	600.00	0.00	154.00
S12	-	-	-	-	-	-	31.52	111.59	22.91	89.96	109.57	849.65	142.30	194.23
S13	-	-	-	-	-	-	13.88	70.77	16.44	85.51	65.02	726.52	229.65	231.47
S14	8.12	7.22	3150.3	2	59	39	18.37	77.70	18.65	76.30	86.13	593.14	501.40	164.30
S15	-	-	-	-	-	-	7.19	34.50	9.00	40.60	35.50	290.70	419.31	76.30
S16	-	-	-	-	-	-	16.99	83.09	19.97	72.97	90.49	600.09	752.47	161.69
S17	-	-	-	-	-	-	16.18	61.76	26.16	83.69	66.80	641.36	472.00	155.29
S18	-	-	-	-	-	-	13.20	64.72	19.31	91.40	96.89	724.83	153.00	169.72
S19	-	-	-	-	-	-	21.80	67.25	43.62	100.07	53.94	1039.90	440.35	186.99
S20	-	-	-	-	-	-	10.82	82.42	31.75	115.82	47.84	754.75	240.13	155.48
S21	8.83	1.22	353.7	19	33	48	13.29	60.27	18.26	65.78	85.47	608.46	250.68	181.86
S22	-	-	-	-	-	-	16.07	63.06	20.36	74.91	101.10	643.29	258.08	205.39
S23	-	-	-	-	-	-	13.64	44.66	15.17	53.37	60.50	504.44	518.70	159.89
S24	-	-	-	-	-	-	13.46	65.57	21.49	81.40	93.93	511.80	0.00	229.97
S25	-	-	-	-	-	-	14.58	51.97	20.09	71.61	91.95	785.80	618.60	182.63
S26	-	-	-	-	-	-	14.76	55.86	20.50	64.43	84.81	856.06	0.00	182.40
S27	8.43	2.31	606.5	9	28	63	15.36	60.03	21.70	67.08	84.20	732.23	150.47	198.45
S28	-	-	-	-	-	-	15.56	60.15	20.42	68.27	85.28	688.50	0.00	201.73
S29	-	-	-	-	-	-	16.44	55.63	18.18	40.33	30.03	633.00	282.69	151.00
S30	-	-	-	-	-	-	16.01	69.00	34.49	134.14	77.06	670.06	265.24	194.77
S31	-	-	155.1	71	10	19	17.41	75.94	18.97	72.56	95.26	529.07	272.00	143.14
S32	8.72	1.49	156.2				18.41	79.77	20.49	74.55	98.48	555.16	280.00	158.60
S33	-	-	-	-	-	-	24.80	80.94	27.71	76.56	107.30	799.52	291.00	159.64
S34	-	-	-	-	-	-	17.46	75.43	21.25	77.42	92.80	604.70	297.00	150.55
S35	-	-	-	-	-	-	13.07	58.19	21.83	71.78	74.34	537.04	396.88	214.90
S36	8.53	5.34	888.8	17	17	66	12.04	48.22	18.42	64.32	76.82	526.92	400.37	198.02
S37	8.51	5.32	-	-	-	-	12.51	52.38	19.25	61.36	53.41	731.60	481.92	181.86
S38	-	-	-	-	-	-	11.34	44.43	15.69	58.25	53.62	433.47	367.66	188.04
S39	-	-	-	-	-	-	21.67	75.86	21.61	80.28	106.87	592.97	0.00	182.02

فصل پنجم - کیفیت خاک دشت

ادامه جدول ۵-۱ مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و غلظت عناصر در نمونه‌های خاک دشت

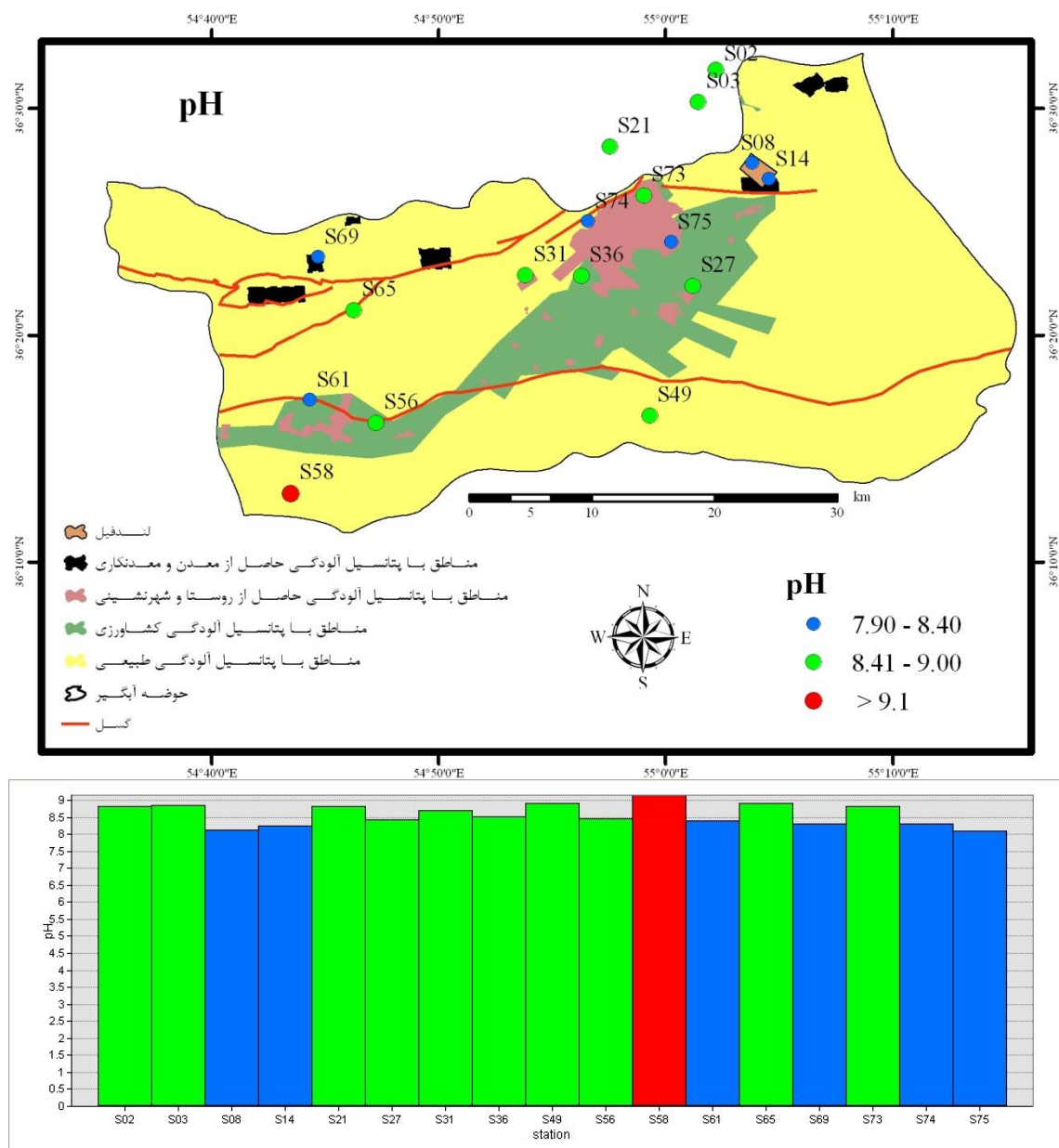
NUM	pH	OM (%)	EC (µS/cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	V (ppm)	Cr (ppm)	P (ppm)	Sr (ppm)	Zr (ppm)
S40	-	-	-	-	-	-	17.04	70.98	18.96	72.19	98.78	522.87	0.00	172.19
S41	-	-	-	-	-	-	17.67	74.81	19.40	79.37	101.70	531.12	0.00	181.65
S42	-	-	-	-	-	-	17.91	71.02	19.22	74.10	97.07	502.44	0.00	169.84
S43	-	-	-	-	-	-	15.08	95.65	24.91	87.06	45.66	686.36	526.71	180.32
S44	-	-	-	-	-	-	14.28	58.81	31.67	96.09	70.02	698.72	366.25	159.38
S45	-	-	-	-	-	-	15.44	61.89	31.49	100.88	74.52	709.11	0.00	180.38
S46	-	-	-	-	-	-	14.21	53.48	31.68	90.18	65.69	735.45	722.43	177.56
S47	-	-	-	-	-	-	13.89	50.42	30.60	87.53	70.84	700.04	0.00	171.86
S48	-	-	-	-	-	-	14.88	67.55	15.60	65.72	16.88	509.92	356.33	152.49
S49	8.91	0.90	2990.0	31	24	45	26.00	84.23	19.60	103.09	74.19	1256.88	247.00	170.50
S50	-	-	-	-	-	-	22.11	79.21	31.54	95.14	94.12	909.39	0.00	160.61
S51	-	-	-	-	-	-	14.61	70.15	21.88	102.55	46.24	561.18	197.14	133.02
S52	-	-	-	-	-	-	17.69	65.27	19.13	135.02	29.50	356.52	303.14	104.73
S53	-	-	-	-	-	-	20.78	76.04	20.98	68.24	97.29	594.33	0.00	166.17
S54	-	-	-	-	-	-	17.25	66.81	18.69	75.90	87.24	562.66	0.00	173.80
S55	-	-	-	-	-	-	20.44	83.62	22.07	103.66	106.11	723.39	0.00	189.02
S56	8.45	5.40	2163.1	26	52	22	20.60	85.71	21.92	77.34	115.41	713.07	0.00	166.68
S57	-	-	-	-	-	-	17.73	75.82	22.56	83.78	103.38	627.62	0.00	160.63
S58	9.15	2.10	32400.0	3	26	71	26.19	108.10	50.24	98.39	47.52	936.14	712.32	157.25
S59	-	-	-	-	-	-	13.02	58.22	16.95	87.07	77.29	498.63	312.54	155.92
S60	-	-	-	-	-	-	11.29	56.07	20.13	66.89	67.32	554.30	360.90	111.11
S61	8.38	1.70	5730.6	5	28	67	12.61	71.22	21.68	95.72	116.49	544.00	457.24	183.53
S62	-	-	-	-	-	-	14.24	65.57	21.20	91.92	110.31	524.00	178.24	159.00
S63	-	-	-	-	-	-	14.57	74.03	18.96	136.30	108.85	480.27	735.29	179.78
S64	-	-	-	-	-	-	19.17	92.93	23.43	108.80	100.23	493.50	258.50	189.97
S65	8.90	1.50	166.9	19	57	24	12.42	44.86	20.89	83.75	88.72	533.52	511.18	121.93
S66	-	-	-	-	-	-	12.40	44.81	20.99	82.01	86.20	520.30	513.00	130.01
S67	-	-	-	-	-	-	15.26	49.30	17.09	41.00	30.20	500.00	301.85	152.00
S68	-	-	-	-	-	-	15.31	58.90	17.35	43.00	29.10	470.56	500.00	145.00
S69	8.29	4.10	4270.2	28	43	29	15.57	56.10	18.37	40.00	33.70	650.00	139.00	145.00
S70	-	-	-	-	-	-	1.34	4.00	1.58	36.00	34.00	0.04	238.00	159.00
S71	-	-	-	-	-	-	4.41	9.60	4.69	27.00	26.00	0.03	123.50	193.00
S72	-	-	-	-	-	-	14.42	61.80	19.65	47.00	32.50	570.00	199.00	142.00
S73	8.81	1.21	575.0	42	37	21	18.79	74.90	23.90	72.30	83.30	658.90	431.93	174.00
S74	8.29	6.79	1935.0	15	46	39	15.62	67.60	22.42	76.97	86.55	706.26	410.37	191.28
S75	8.08	3.71	1971.3	11	62	27	16.48	69.75	22.41	76.59	85.90	734.95	412.48	183.71

جدول ۵-۲ طبقه بندی خاک بر مبنای pH (soil science society of America, 1997)

pH	توضیحات
< ۴/۵	شدیداً اسیدی
۴/۶ - ۵/۵	اسیدی خیلی زیاد
۵/۶ - ۶	اسیدی زیاد
۶/۱ - ۶/۵	نسبتاً اسیدی
۶/۶ - ۷/۳	خنثی
۷/۴ - ۷/۸	کمی قلیایی
۷/۹ - ۸/۴	نسبتاً قلیایی
۸/۵ - ۹	قلیایی خیلی زیاد
۹/۱ <	شدیداً قلیایی

مطالب می‌باشد. نمونه S8 معرف خاک بالا دست لندفیل و نمونه S14 معرف خاک پایین دست لندفیل می‌باشد. مقدار pH در S8 برابر ۸/۲۳ و در S14 برابر ۸/۱۲ بوده که این موضوع می‌تواند بر اثر آزاد شدن شیرابه‌های اسیدی از زباله‌های دفع شده باشد.

نمونه‌های متوسط شهری نیز نسبت به سایر نمونه‌ها در این مطالعه از لحاظ pH مقدار کمتری را نشان می‌دهند که این به دلیل نقش شهرسازی و ترافیک بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب و خاک منطقه می‌باشد. از میان نمونه‌های شهری بیشترین pH مربوط به نمونه S73 است (۸,۸۱) که معرف خاک سطحی بدون هیچگونه کاربری خاص است. کمترین مقدار pH در نمونه‌های شهری مربوط به نمونه S75 که معرف میانگین خاک بولوار و پارک‌های سطح شهر با مقدار ۸/۰۸ می‌باشد. این موضوع می‌تواند تأکیدی بر کاهش pH بر اثر افزایش آلاینده‌های گازی مانند SO_2 , CO_2 , NO_2 باشد که در اثر ترافیک و یا حمل و نقل شهری ایجاد شده‌اند. همچنین آبیاری چنین اماکنی با آبهای فاضلاب، کود و آفت‌کشها در پایین آوردن مقدار pH در چنین خاکهایی بسیار مؤثر می‌باشد. نمونه S74 که معرف میانگین خاک‌های کشاورزی در محدوده شهری می‌باشد نیز وضعیتی مشابه خاک‌های پارک و بولوار شهر داشته و عموماً تحت تأثیر روان‌آبهای سطح شهر و بارش‌های اسیدی قرار گرفته ولی به



شکل ۵-۱ مقدار و پراکندگی pH در خاک دشت

علت استفاده مستمر و اضافه کردن کود و سایر افزودنی‌ها به خاک، این pH در حد اعتدال نگه داشته می‌شود. این در حالی است که فعالیتهای ارگانیکی در خاک باعث پایین آمدن pH خاک می‌شود (بایوردی، ۱۳۸۷) لذا برآیند تأثیر این عوامل باعث متعادل شدن pH (۸/۲۹) در این نمونه‌های خاک شده است. فعالیتهای کشاورزی در منطقه بطور نسبی باعث پایین آمدن pH در خاک منطقه شده است. نمونه خاک S69 با pH معادل ۸/۲۹ نیز نسبت به سایر نمونه‌ها pH کمتری از خود نشان می‌-

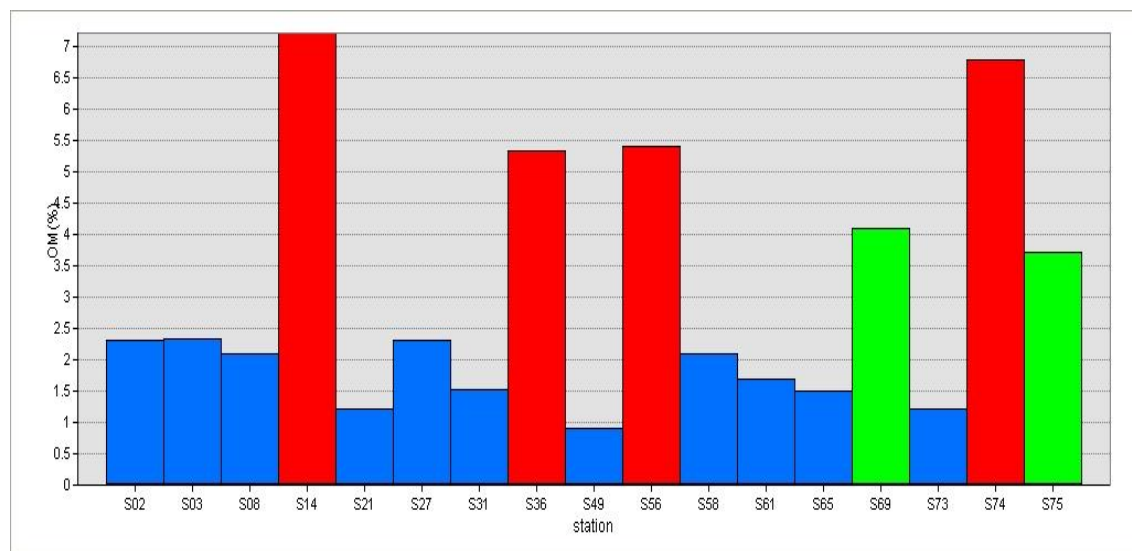
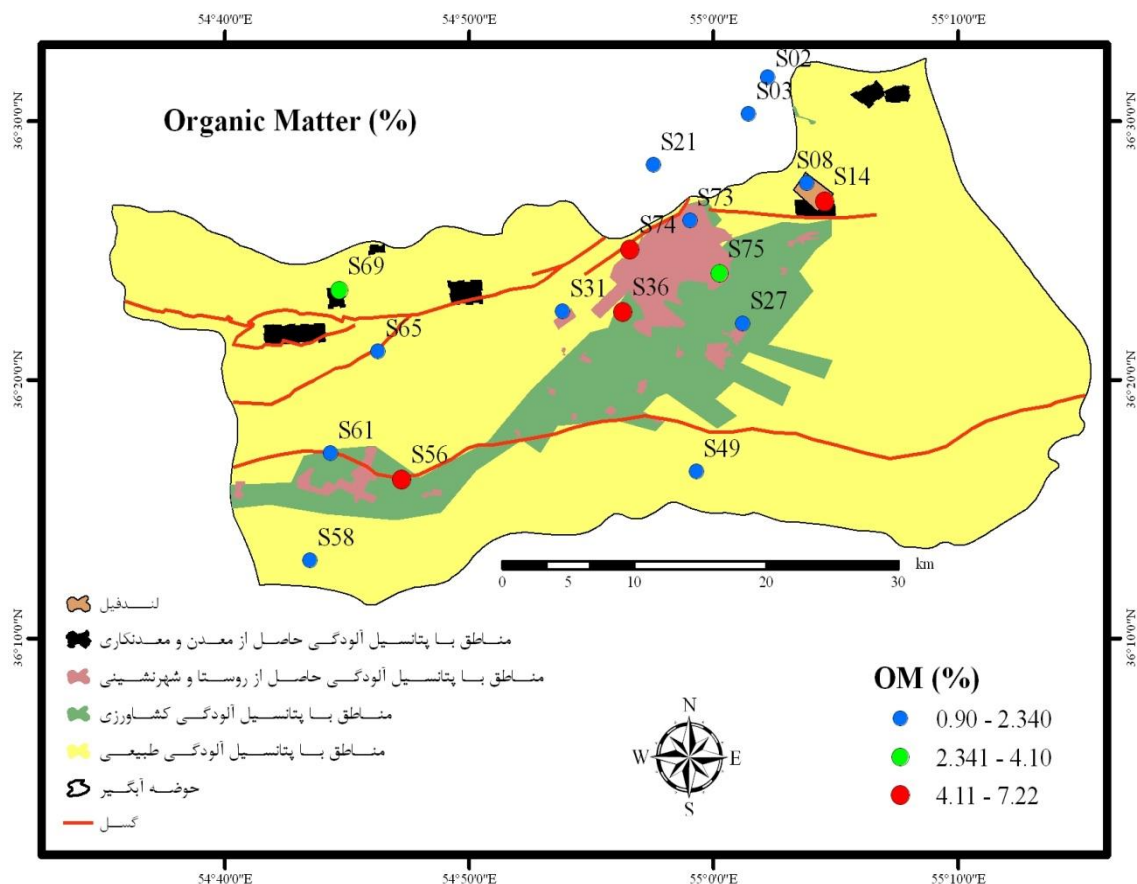
دهد. این نمونه در حوالی معدن متروکه ذغال و بر روی سازند شمشک برداشته شده است. با توجه به مطالعات بسیار زیادی که بر روی توان تولید زهاب‌های اسیدی برای سازندهای ذغال‌دار ذکر شده (Nordstorn et al., 1998، رحیمی، ۱۳۸۸) پایین بودن pH در خاک این منطقه نیز قابل توجیه می‌باشد.

۵-۳ بررسی پراکندگی مواد آلی در خاک دشت

درصد مواد آلی در خاک شاخصی برای اندازه‌گیری میزان پوشش گیاهی و فعالیتهای کشاورزی در خاک منطقه بوده و در پاره‌ای از موارد نشان‌دهنده ورود بیش از حد پس‌ماندهای شهری به خاک می‌باشد. همانگونه که در پیشتر بیان شد مقدار مواد آلی موجود در خاک می‌تواند نماینده‌ای از میزان کلوئیدهای آلی تشکیل‌دهنده کمپلکسهای آزاد برای حمل و تمرکز برخی از عناصر باشد.

شکل (۵-۲) چگونگی و میزان پراکندگی مواد آلی در خاک دشت را نشان می‌دهد. در این مطالعه تمامی نمونه‌هایی که در محدوده با پتانسیل طبیعی قرار گرفته‌اند و فاقد کاربری کشاورزی، شهرسازی، صنعتی و لندفیل می‌باشند مقدار ماده آلی پایینی داشته‌اند که مورد انتظار می‌باشد. در این میان نمونه خاک S69 با مقدار ۴/۱ درصد نسبت به سایر نمونه‌های مورد مطالعه ماده آلی بیشتری نشان می‌دهد که به طور ذاتی نشان‌دهنده وجود مواد آلی و ذغال سنگ در خاک سازند شمشک می‌باشد.

در این مطالعه نمونه S08 و S14 به خوبی میزان تأثیر لندفیل در زیاد شدن مقدار مواد آلی خاک را به نمایش می‌گذارند. نمونه S08 که در بالا دست لندفیل قرار دارد تنها ۲/۱ درصد ماده آلی داشته و این در حالی است که نمونه S14 در پایین دست لندفیل با مقدار ۷/۲۲ درصد بیشترین مقدار ماده آلی در نمونه‌های مورد بررسی را دارا می‌باشد (شکل ۵-۲).



شکل ۵-۲ مقدار و پراکندگی درصد مواد آلی در خاک دشت

در رابطه با نمونه‌های شهری نیز همانگونه که انتظار می‌رود نمونه S73 با مقدار ۱/۲۱ درصد ماده آلی کمترین میزان، نمونه S74 با مقدار ۶/۷۹ درصد بیشترین مقدار ماده آلی را به خود اختصاص داده

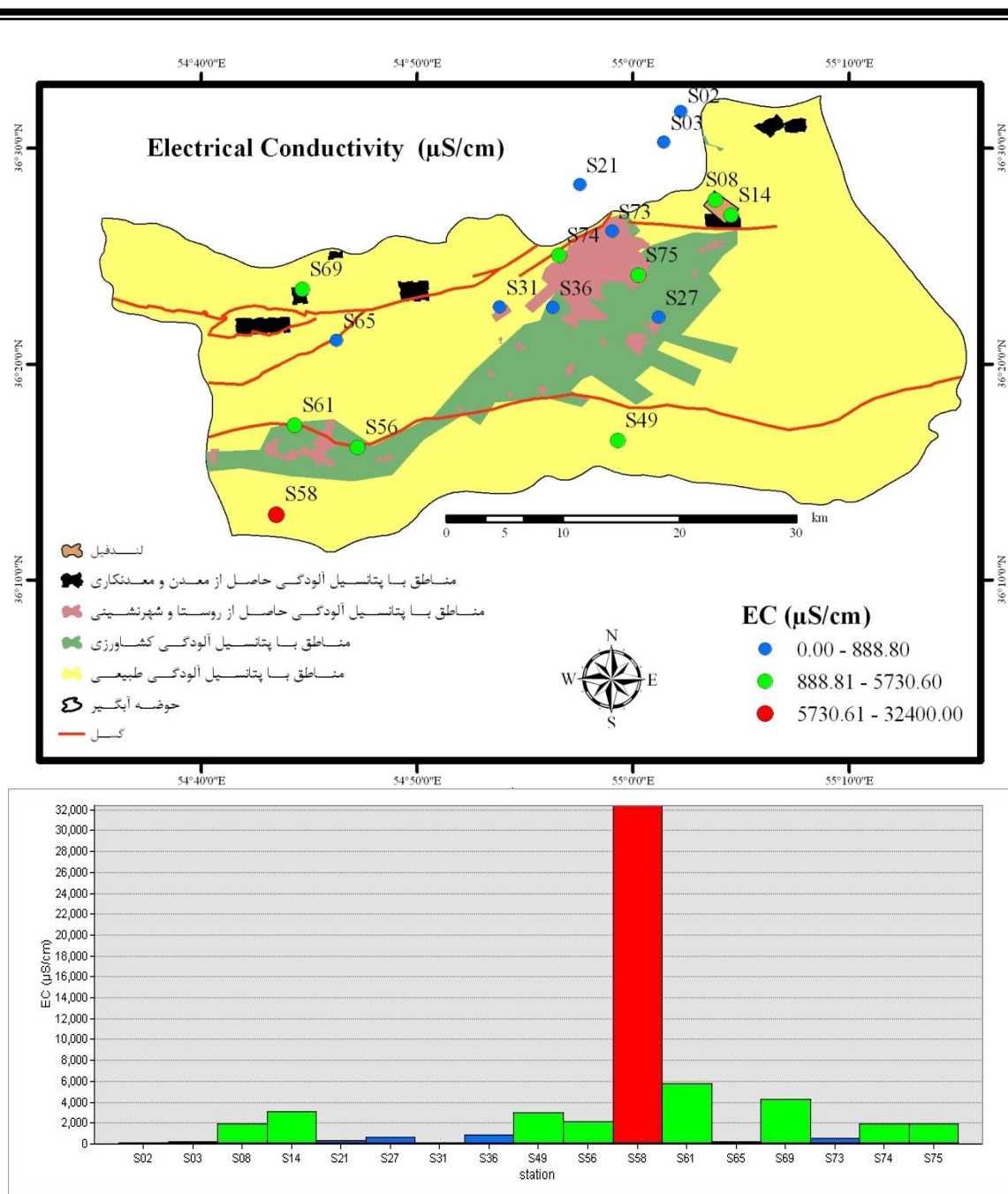
است. نمونه S75 با مقدار ۳/۷۱ درصد حد وسطی از این مقادیر می‌باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که خاک‌های کشاورزی در منطقه شهری دارای بیشترین میزان ماده آلی و خاک‌های فاقد کاربری در سطح شهر دارای کمترین میزان ماده آلی را دارا می‌باشد (شکل ۵-۲). با توجه به اضافه شدن کود و شاخ و برگ خشک گیاهان به خاک مواد آلی در خاک کشاورزی افزایش محسوسی یافته است.

۴-۵- بررسی پراکندگی هدایت الکتریکی در خاک دشت

هدایت الکتریکی تحت تأثیر غلظت کاتیونها و آنیونهای خاک می‌باشد که انحلال و شستشو، سبب بالا رفتن EC در خاک می‌شود. برخی از محققین بر این اعتقادند که بالا رفتن EC مخصوصاً در خاکهای شور موجب افزایش جذب سطحی فلزاتی همچون مس، کادمیوم و سرب می‌شود (به علت جایگزینی مس و کادمیوم به جای سدیم و جایگزینی سرب به جای کلسیم، در موقعیتهای تبادل) بر همین اساس بیان می‌دارند که شوری خاک و حضور کاتیونهای Ca^{2+} و Na^{+} روند جذب سطحی خاک را تغییر داده و در رفتار ژئوشیمیایی چنین خاکهایی مؤثر می‌باشد (کشاورزی و همکاران، ۱۳۸۶).

همانگونه که انتظار می‌رود نمونه خاکهای واقع در کمربند شمالی منطقه که منشأ آنها واحدهای زمین‌شناسی عموماً آهکی است دارای EC پایین‌تری می‌باشند که این اثر بیشتر به دلیل محلول بودن نسبتاً کم آهک در آب و عدم تولید یونهای محلول در آن می‌باشد (شکل ۵-۳).

وضعیت EC در بالا دست و پایین دست لندفیل نشان دهنده تأثیر مستقیم این کاربری بر روی EC خاک در این محل می‌باشد. در این مکان EC در نمونه شماره S8 که بالادست لندفیل است، ۱۹۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر است در حالی که در پایین دست لندفیل یعنی در نمونه S14، به ۳۱۵۰/۳ میکروزیمنس بر سانتی متر افزایش می‌یابد (شکل ۵-۳).



شکل ۵-۳ مقدار و پراکندگی EC در خاک دشت

در نمونه های شهری نیز EC میانگین خاک شهری فاقد کاربری، ($575 \mu\text{S}/\text{cm}$)، میانگین خاک کشاورزی داخل شهر، ($1935 \mu\text{S}/\text{cm}$) و میانگین خاک بلوار و پارک، ($1971 \mu\text{S}/\text{cm}$) می باشد که نشان دهنده افزایش EC توسط فرآیندهای انسانزاد (ترافیک، رواناب و ...) در محدوده شهری می باشد. فعالیت های کشاورزی تأثیر ملموس و قابل توجهی بر مقدار EC خاک منطقه نداشته است.

بالاترین مقدار EC در محل خروجی حوضه یعنی نمونه S58 با مقدار ($32400 \mu\text{S/cm}$) می باشد. این محل به علت اینکه آخرین محل تأثیرگذاری آبهای جاری شده است و به علت شیب بسیار کم و جمع شدن آبها در آن و فرایند تبخیر نیز تأثیرگذار بوده است، بنابراین EC بالایی نشان می دهند. تغییر مقدار و اختلاف بسیار زیاد بین EC در نمونه شماره S61 ($5730/6 \mu\text{S/cm}$) و S65 ($166/9 \mu\text{S/cm}$) می تواند به دو علت، تغییر رخساره ساختاری در منطقه و دور شدن از سازندهای با لیتولوژی غالب آهکی و ماسه سنگی است و از سوی دیگر سو نزدیکی به خروجی حوضه باشد. از دیگر دلایل عمده و تأثیرگذار بر روی افزایش ناگهانی EC در این نقطه (S61) وجود گسل کواترنری شمال دامغان است. این گسل با جابجا کردن لایه های زیرین که عمدتاً متعلق به واحدهای تخریبی-تبخیری ایران مرکزی است این واحدها را در معرض قرار داده و باعث بالا رفتن EC در خاک های این منطقه شده است (شکل ۵-۳).

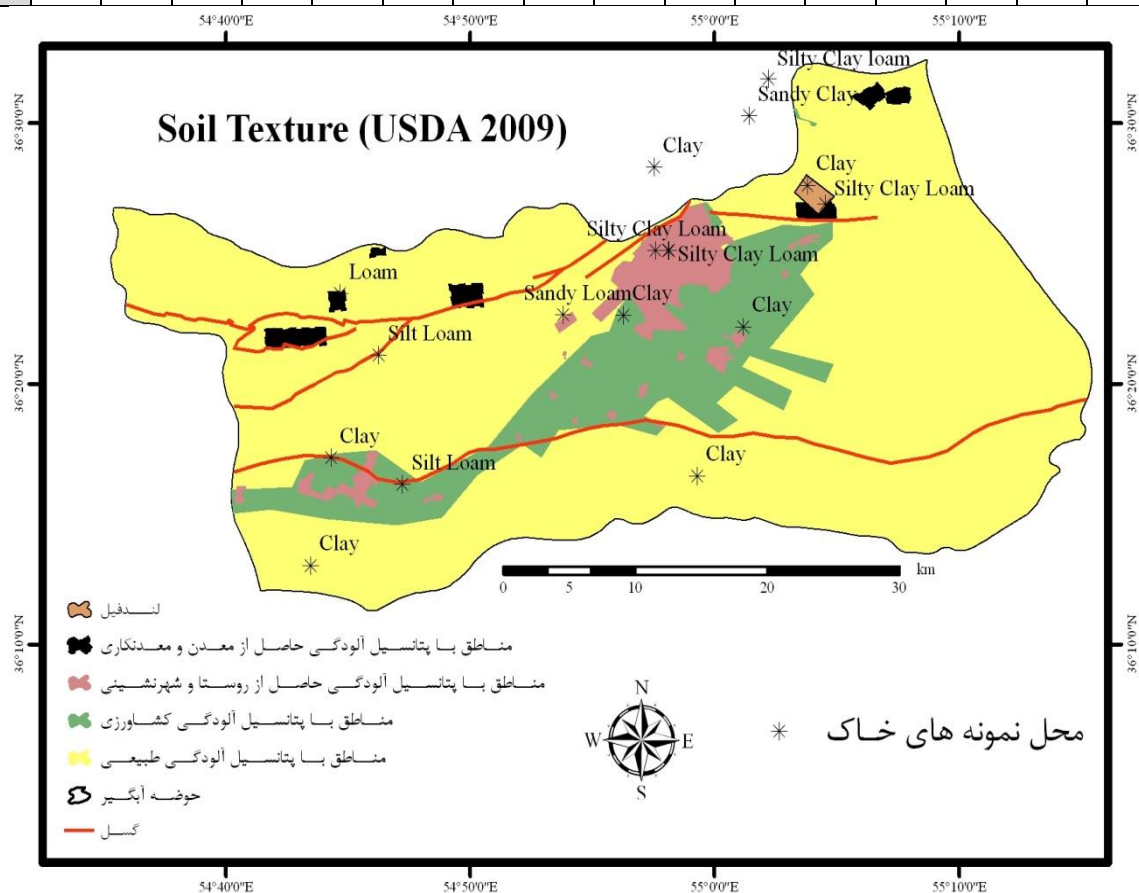
۵-۵- بررسی بافت خاک دشت

بافت خاک یکی از شاخص های تعیین کیفیت خاک از لحاظ اندازه و دانه بندی خاک می باشد. در این مطالعه با بررسی بافت خاک به روش دانه سنجی و تفکیک دانه ها به روش های الک و هیدرومتری اندازه اجزا سازنده خاک مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. برای طبقه بندی خاک از مثلث نام-گذاری بافت خاک طبق استاندارد خاک کشاورزی امریکا (U.S Department of Agriculture) با تعیین درصد وزنی مقدار رس، سیلت و ماسه استفاده گردیده است. همانگونه که در شکل (۵-۴) مشخص می باشد بافت خاک در مناطق شمالی درشت دانه و با حرکت به سمت جنوب غرب دشت (خروجی حوضه آبگیر) بافت خاک ریزدانه و سنگین می گردد. جدول (۵-۳) درصد ذرات تشکیل دهنده خاک های مورد آزمایش را نشان می دهد.

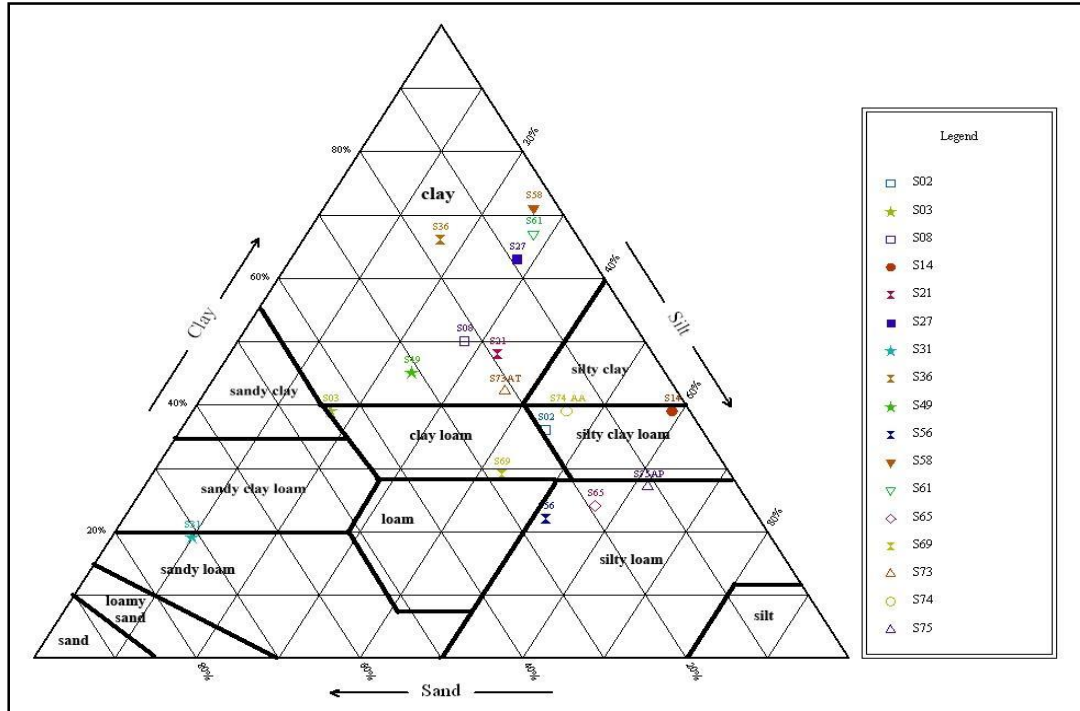
نمایش توزیع بافت خاک دشت بر روی مثلث رده‌بندی بافت خاک در شکل (۵-۵) نشان می‌دهد که خاک دشت بیشتر از انواع Clay، Silty Clay، Silty Clay Loam و Silty loam می‌باشد.

جدول ۳-۵ درصد ذرات تشکیل دهنده خاک دشت در نمونه‌های مورد بررسی

شماره	S02	S03	S08	S14	S21	S27	S31	S36	S49	S56	S58	S61	S65	S69	S73	S74	S75
ماسه	19	44	22	2	19	9	71	17	31	26	3	5	19	28	42	15	11
سیلت	45	17	28	59	33	28	10	17	24	52	26	28	57	43	37	46	62
رس	36	39	50	39	48	63	19	66	45	22	71	67	24	29	21	39	27



شکل ۴-۵ چگونگی توزیع بافت خاک در سطح دشت



شکل ۵-۵ رده‌بندی بافت خاک دشت بر مبنای (USDA 2009)

۵-۶ محاسبه همبستگی بین عناصر و پارامترهای فیزیکی شیمیایی خاک

برای بررسی ارتباط خطی بین دو متغیر از روش آماری همبستگی استفاده می‌شود. با استفاده از نرم-

افزار SPSS 18 ضریب همبستگی پیرسون داده‌ها، محاسبه گردید (جدول ۵-۴).

در این مطالعه سرب با روی (۰/۹۰۶) همبستگی بسیار بالا و با مس (۰/۷۳۷) و فسفر (۰/۶۳۲)

همبستگی مناسبی داشته که می‌تواند ناشی از منشأ مشترک آنها و ارتباط ژنتیکی و همزادی این

عناصر از لحاظ ژئوشیمیایی باشد (جدول ۵-۴).

فسفر در این مطالعه با سرب (۰/۶۳۲) و روی (۰/۵۸۹) و مس (۰/۶۴۰) همبستگی مثبت دارد (جدول

۵-۴). همبستگی فسفر با سرب، روی و مس نیز در این مطالعه می‌تواند دلالت بر منشأ طبیعی آنها

داشته باشد.

جدول ۴-۵ همبستگی عناصر با پارامترهای فیزیکوشیمیایی در خاک

	Pb	Zn	Cu	V	Cr	P	Sr	pH	OM	Sand	Silt	Clay	EC
Pb	1												
Zn	0.906	1											
Cu	0.737	0.744	1										
V	0.223	0.369	0.423	1									
Cr	0.271	0.339	0.131	0.52	1								
P	0.632	0.589	0.64	0.479	0.292	1							
Sr	0.069	0.086	0.217	0.064	0.018	0.134	1						
pH	0.436	0.299	0.412	0.38	-0.065	0.315	0.239	1					
OM	-0.085	-0.022	-0.108	-0.298	-0.137	-0.064	0.239	-0.564	1				
Sand	0.162	0.075	-0.265	-0.148	0.144	-0.073	-0.363	0.275	-0.349	1			
Silt	-0.113	-0.133	-0.125	-0.119	0.016	-0.056	0.184	-0.376	0.451	-0.466	1		
Clay	-0.06	0.045	0.383	0.259	-0.161	0.125	0.201	0.066	-0.059	-0.586	-0.445	1	
EC	0.457	0.554	0.937	0.384	-0.486	0.372	0.628	0.337	-0.044	-0.364	-0.124	0.482	1

کانیهای فسفات‌ها اولیه از جمله آپاتیت در هنگام رخداد ژئوشیمیایی و تشکیل کانی در شبکه بلوری خود فضاهای آزادی برای جایگزینی فلزات سنگین داشته و جانشینی های Ba, Bi, Cu, Li, Mn, Pb, Re, Sr, Th, U و Zn در این کانی با شدت و ضعف انجام می‌گردد. کودهای فسفات‌ها و کودهای نیترا‌ته نیز می‌توانند باعث انتشار و توزیع عناصر و فلزات سنگین در خاک‌ها از جمله خاکهای کشاورزی شوند (Kabata-Pendias, 2001).

سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک در این مطالعه همبستگی خوبی از خود نشان نداده اند و تنها EC با مس (۰/۹۳۷) و استرانسیوم (۰/۶۲۸) همبستگی مثبت دارد. غلظتهای بالای استرانسیوم در خاک منطقه و تحرک زیاد آن در محیط می‌تواند باعث همبستگی مناسب آن با هدایت الکتریکی در خاک باشد.

۷-۵ بررسی غلظت و پراکنش عناصر در خاک دشت

جهت بررسی غلظت عناصر و وضعیت آلودگی در خاک منطقه، به منظور تجزیه و تحلیل بهتر، با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی در محیط GIS و نقشه کاربری‌های اراضی در دشت که عمده‌ترین آن مرتع و کشاورزی است، برای نشان دادن غلظت عنصر در خاک و میزان آلودگی ایجاد شده در خاک بر روی نقشه از روش ترسیم نمودار برای هر عنصر و رنگ‌آمیزی بر اساس افزایش غلظت آن بر روی نقشه پتانسیل آلودگی، که از روی هم قرار دادن نقشه‌های کاربری اراضی، معدن و معدنکاری و ... تشکیل یافته است استفاده گردید. تغییر رنگ برای غلظت هر عنصر در روی نقشه به ترتیب افزایش غلظت از کم به زیاد (آبی، سبز و قرمز) صورت پذیرفته و تعدادی از شاخص‌های کیفی برای هر عنصر (میانگین پوسته‌ای، خاک میانگین و استاندارد غلظت هر عنصر در خاک برای کشورهای مختلف) هم در قسمت راهنمای نقشه آورده شده است.

جدول (۵-۵) نشان‌دهنده حداکثر مقدار مجاز عناصر مورد مطالعه در خاک‌های کشاورزی برخی از کشورها (Kabata-Pendias & Pendias, 2001) و تعدادی از استانداردهای کیفی خاک است که به منظور مقایسه غلظت عناصر استفاده شده است.

جدول (۵-۵) حداکثر مقدار مجاز عناصر در خاکهای کشاورزی کشورهای مختلف و تعدادی از استانداردهای خاک بر حسب (ppm)

عناصر	اتریش (۱۹۷۷)	آلمان (۱۹۹۲ ^a)	روسیه (۱۹۸۶)	آمریکا (۱۹۸۸)	خاکهای لومی ^b	خاک میانگین (۱۹۸۲) ^c	میانگین پوسته‌ای ^d
Pb	۱۰۰	۱۰۰	۲۰	۶۰	۷۰	۲۹	۱۳
Zn	۳۰۰	۲۰۰	۱۱۰	۲۲۰	۳۶۲	۶۰	۷۰
Cu	۱۰۰	۶۰	۲۳	۱۰۰	۱۰۰	۲۶	۵۵
V	-	-	۱۵۰	-	۳۳۰	۱۰۸	۱۳۵
Cr	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	۱۲۰	۱۱۰	۸۸	۱۰۰
P	-	-	-	-	-	۸۰۰	۱۰۵۰
Sr	-	-	-	-	۲۱۰	۲۱۰	۲۶۰

a) برای $pH < 6$

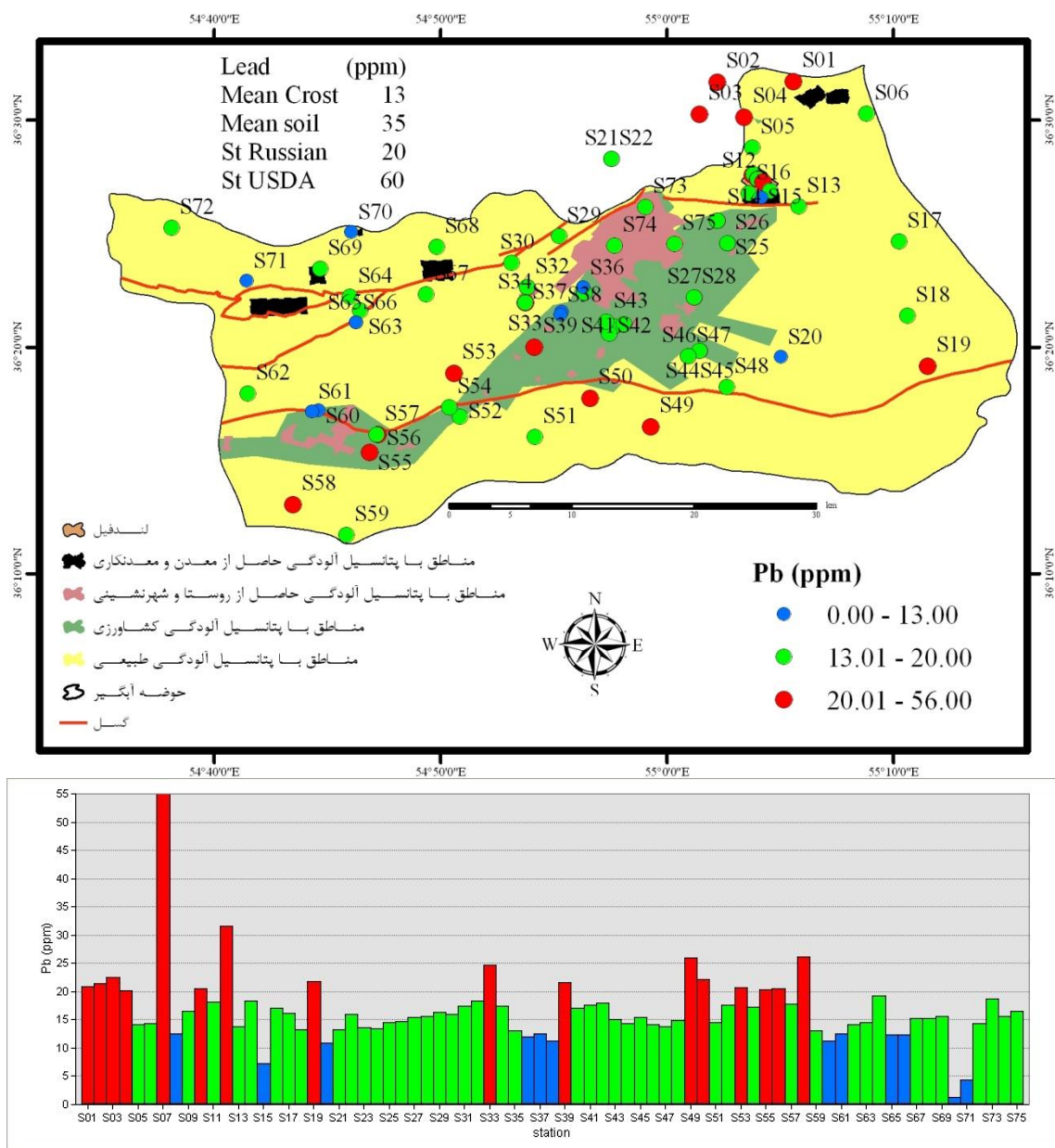
b) Kabata-Pendias & Mukherjee (2007)

c) Ure and Berrow (1982)

d) Bowen (1979)

۵-۷-۱ سرب

همانگونه که در شکل (۵-۶) مشخص است بیشترین مقدار سرب (۵۵/۰۴ ppm) در منطقه در نقطه S07 وجود دارد. این نمونه از محل لندفیل برداشته شده است. غلظت بالاتر از حد مجاز روسیه و غنی‌شدگی آن نسبت به مقدار میانگین خاک در این منطقه می‌تواند مربوط به دفن غیر اصولی زباله‌ها در این لندفیل بوده و منشأ انسانزاد داشته باشد. روند کاهشی غلظت به سمت نمونه‌های پایین‌دست این نقطه نیز چنین استدلالی را توجیه می‌کند.



شکل ۵-۶ تغییرات غلظت سرب و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت

نمونه‌های S01, S04, S49, S58 و S53 که در مناطق غیر کشاورزی و غیر صنعتی و بدور از لندفیل واقع شده‌اند نیز هر یک با مقادیر غلظت (به ترتیب ۲۶/۱۹، ۲۶/۰۰، ۲۰/۲۳، ۲۰/۸۲ و ۲۰/۷۸) بالاتر از میانگین پوسته ای ولی پایین تر از خاک میانگین روسیه قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه تحرک‌پذیری سرب در خاکها پایین می‌باشد که علت آن افزایش کربنات (در خاکهای آهکی) و هیدرواکسیدها و فسفات‌ها در خاک های غیر آهکی است که عامل مهمی در جذب و تمرکز سرب

می باشند (Elkhatib et al., 1991). با توجه به این مطالب افزایش غلظت سرب در خاک‌های جنوب و جنوب غرب منطقه که سرشار از سولفات‌ها و کربنات‌های کلسیم می‌باشد قابل توجه است. افزایش غلظت سرب در نمونه S33 (۲۴/۸۰ ppm) که در پایین‌دست شهرک صنعتی و در کنار جاده واقع شده است با توجه به ورود زهاب‌های ناشی از شهرک و همچنین گرد و غبار و دود وسایل حمل و نقل موتوری موتورهای درون سوز که مقادیر زیادی سرب است (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۰)، قابل توجه می‌باشد.

غلظت سرب در نمونه خاک بکر شهر، S73 (۱۸/۷۹ ppm) نسبت به سایر کاربری های خاک شهری اندکی افزایش یافته است. با توجه به بالا بودن pH در خاک بکر شهر و کاهش فعالیت سرب در pHهای بالا و همچنین بالا بودن درصد آهک در این خاکها سرب جذب و جایگزین کلسیم در ذرات ریز خاک شده است. خاک بولوار و پارک شهر نیز متأثر از سرب تولید شده حاصل از سوخت خودروهای شهری و سایر آلاینده‌ها قرار گرفته و نسبت به خاک کشاورزی افزایش غلظت از خود نشان می‌دهد.

بالا بودن غلظت سرب در خاک زمینهای کشاورزی نسبت به زمین های غیر کشاورزی همجوار می‌تواند به دو علت باشد. افزایش ماده آلی در خاک باعث زیاد شدن جذب سطحی سرب توسط کمپلکسهای آلی می‌گردد و از سوی دیگر افزایش کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات که برای افزایش محصولات کشاورزی استفاده می‌گردند، باعث افزایش غلظت برخی از فلزات سنگین از جمله سرب شده است (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). جدول ۵-۶ مقدار انتشار هر فلز توسط عوامل مربوط به کشاورزی را بیان می‌دارد. با توجه به عدم همبستگی بین سرب و ماده آلی (جدول ۴-۵) در منطقه، لذا افزایش سرب در خاکهای کشاورزی دشت را می‌توان بدلیل استفاده از سموم، آفت‌کشها و کودهای شیمیایی دانست.

جدول ۵-۶ منابع کشاورزی آلاینده خاک به عناصر بر حسب (Kabata-Pendias & Pendias, 2001) (ppm)

عناصر	لجن فاضلاب	کودهای فسفاته	آهک	کودهای نیتروژنی	فضولات حیوانی	آفت کشها(%)
Cr	۲۰-۴۰۶۰۰۰	۶۶-۲۴۵	۱۰-۱۵	۳-۱۹	۵/۲-۵۵	----
Cu	۵۰-۳۳۰۰	۱-۳۰۰	۲-۱۲۵	۱-۱۵	۲-۶۰	۱۲-۵۰
Pb	۵۰-۳۰۰۰	۷-۲۲۵	۲۰-۱۲۵۰	۲-۱۴۵۰	۶/۶-۱۵	۶۰
Sr	۴۰-۳۶۰	۲۵-۵۰۰	۶۱۰	۱۰۰-۵۴۲۰	۸۰	----
V	۲۰-۴۰۰	۲-۱۶۰۰	۲۰	----	----	۴۵
Zn	۷۰۰-۴۹۰۰۰	۵۰-۱۴۵۰	۱۰-۴۵۰	۴۲۱	۱۵-۲۵۰	۱/۳-۲۵

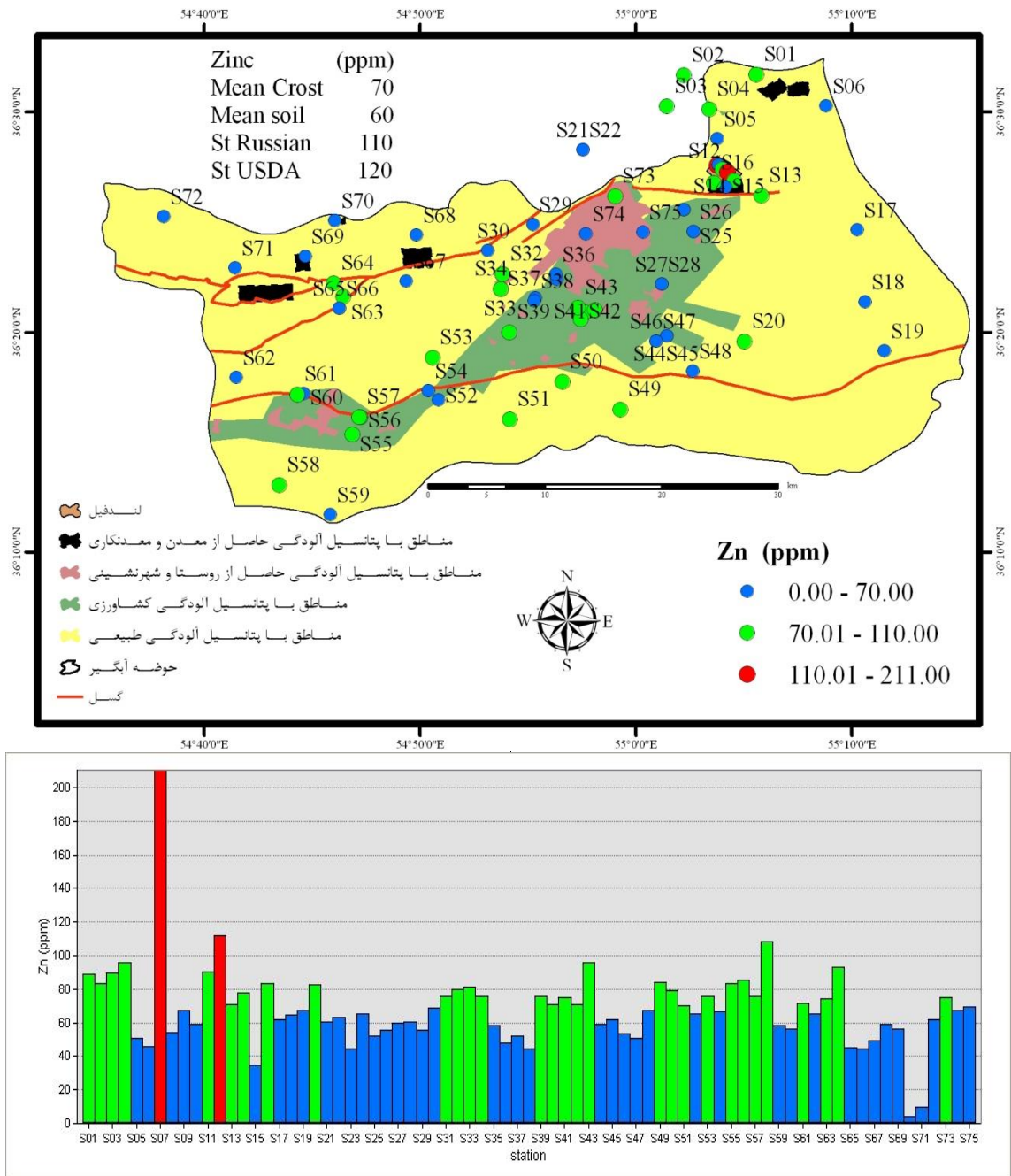
۵-۷-۲ روی

روی در منطقه مورد مطالعه به جز در خاک های نزدیک لندفیل غلظت پایینی را نشان می دهد. در مجموع می توان گفت تشکیلات زمین شناسی که در شرق و جنوب شرق منطقه واقع شده اند و سازند های مربوط به ایران مرکزی (معادل سازندهای قرمز و قم) غلظت روی پایین تر از میانگین پوسته ای هستند. همچنین در تشکیلات عموماً آهکی در شمال منطقه نیز غلظت ها پایین تر از میانگین پوسته می باشد.

با توجه به شکل (۵-۷) غلظت روی در ایستگاه S07 (۲۱۰/۴۹ ppm) بسیار بالاتر از سایر نمونه ها می باشد. این نمونه برداشته شده از نزدیکی لندفیل قدیمی شاهرود می باشد. افزایش غلظت در این نمونه به طور قطع در ارتباط با اثر آلاینده گی لندفیل می باشد. همچنین غلظت روی در نمونه S12 که در مدخل ورودی به محوطه لندفیل قرار دارد نیز با غلظت (۱۱۱/۵۹ ppm) افزایش نشان داده و بی شک آلودگی لندفیل در آن مؤثر بوده است، این در حالی است که با فاصله گرفتن از لندفیل در نمونه های S14, S15 و S24 غلظت روی به شدت کاهش می یابد.

افزایش غلظت روی در نمونه های خاک کشاورزی (S39, S40, S41, S42, S43, S50, S55, S56, S57) و S61 را می توان حاصل فعالیت های کشاورزی و اضافه کردن کودها یا آفت کش ها دانست (جدول ۵-۶). همچنین همبستگی خوب سرب و روی در این مطالعه می تواند توجیه کننده افزایش اندک

غلظت روی در نمونه S73 (۷۴/۹۰ ppm) در خاک بکر شهری باشد (که احتمالاً مربوط به تجمع روی در خاک آهکی منطقه است). همچنین می‌توان مشاهده کرد که فعالیت‌های شهری بر روی غلظت Zn در خاک بلوار و پارکها نیز اثر مختصری گذاشته و نسبت به خاک کشاورزی به مقدار اندکی افزایش غلظت (S75) (۱۶/۴۸ ppm) نشان داده است.



شکل ۵-۷ تغییرات غلظت روی و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت

افزایش غلظت روی در نمونه های حوالی شهرک صنعتی (S31, S32, S33, S34) نشان دهنده تأثیر شهرک صنعتی بر میزان روی خاک منطقه می باشد. در مجموع می توان بیان نمود که در مناطقی که واحدهای حاوی گچ و مارن وجود دارد غلظت روی، افزایش اندکی نشان می دهد و این افزایش غلظت توسط فعالیتهای کشاورزی اندکی تشدید شده است و در پایین دست حوضه نیز که محل تجمع روانابهای سطحی منطقه می باشد افزایش ناچیزی پیدا کرده است (شکل ۵-۷).

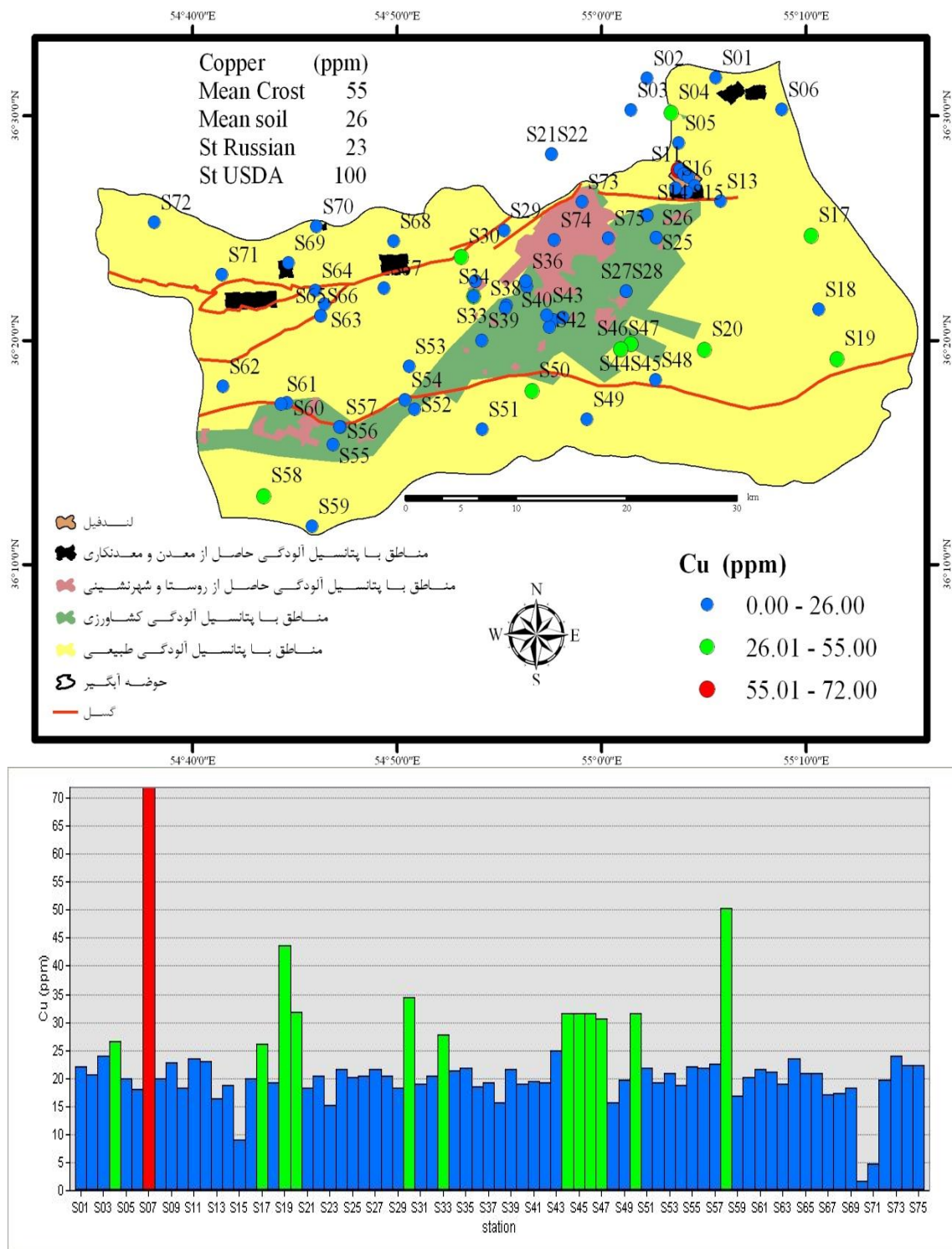
۵-۷-۳ مس

مس در اشکال طبیعی مختلفی از قبیل سولفید، سولفات، کربنات و سایر ترکیبات دیگر در طبیعت یافت می شوند (Bradli, 2005). بالا بودن میل ترکیبی مس و گوگرد باعث تشکیل کانیهای سولفیدی و سولفاتی می گردد. مس اغلب در ارتباط با اسفالریت، پیریت و گالن می باشد و کانسارهای آن غالباً در سنگهای آذرین اسیدی و نهشته های متنوع رسوبی یافت می شود. مقدار مس در خاک ارتباط نزدیکی با بافت خاک داشته و معمولاً در خاکهای ماسه ای سبک کمترین میزان و در خاکهای لومی بیشترین میزان غلظت را دارا می باشد (Kabata-Pendias, 2001).

در این مطالعه نیز غلظت مس در خاکهای لومی نسبت به ماسه ای افزایش نشان می دهد. با توجه به اینکه از مهمترین جاذب های سطحی برای مس اکسیدهای آهن، سولفیدها و کربناتها می باشند (Jenne, 1986). غلظت های نسبتاً بالا در جنوب و جنوب شرقی منطقه را می توان در ارتباط با اکسیدهای آهن موجود در شیل و مارن های واحدهای معادل قرمز و قم در حاشیه جنوبی منطقه دانست، این در حالی است که علاوه بر وجود اکسیدهای آهن در این مناطق به علت زیاد بودن درصد رس و سنگین بودن بافت خاک این اثر مضاعف نیز می گردد.

غلظت مس در محدوده مورد مطالعه تنها در یک نقطه S07 (۷۱/۹۰ ppm) بالاتر از حد میانگین پوسته ای می باشد. در این نقطه سرب و روی نیز غلظتهای بالایی نشان داده اند. با توجه به اینکه این

نقطه برروی لندفیل قدیمی شاهرود واقع شده این افزایش غلظت می‌تواند ناشی از ورود آلودگی لندفیل به خاک باشد. (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸ تغییرات غلظت مس و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت

با توجه به اینکه غلظت مس در نمونه‌های شهری تفاوت محسوسی نشان نداده است، میتوان بیان داشت که شهرسازی و شهرنشینی در منطقه بر روی غلظت مس تأثیر چندانی نداشته است. افزایش غلظت مس در نمونه پایین دست شهرک صنعتی S33 (27/71 ppm) را می‌توان ناشی از اثر فعالیتهای صنعتی بر خاک این منطقه دانست (شکل ۵-۸).

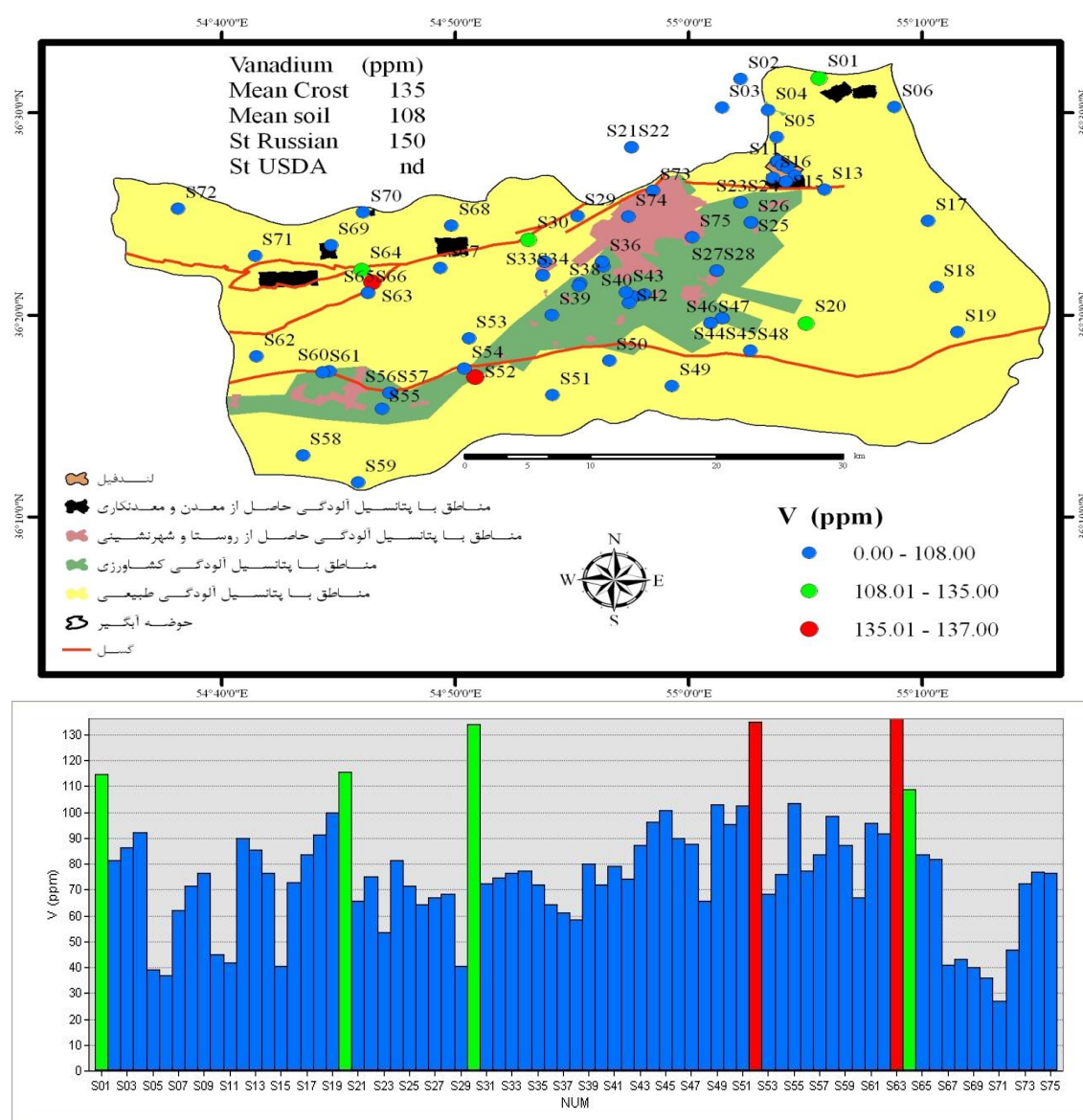
به جز نقاط S44 (31/67 ppm)، S45 (31/49 ppm)، S46 (31/68 ppm)، S47 (30/60 ppm) و S50 (31/54 ppm) که می‌تواند ناشی از نشت مس از واحدهای بالادست به این منطقه کشاورزی باشد، در سایر نقاط کشاورزی، غلظت مس تغییر چندانی نکرده و نشان از عدم تأثیر محسوس کشاورزی بر روی غلظت این عنصر در خاک منطقه دارد.

۵-۷-۴ وانادیوم

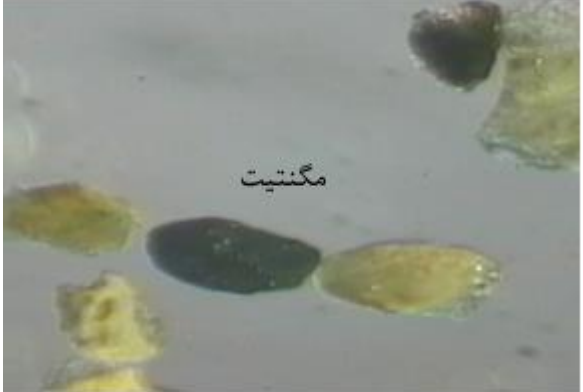

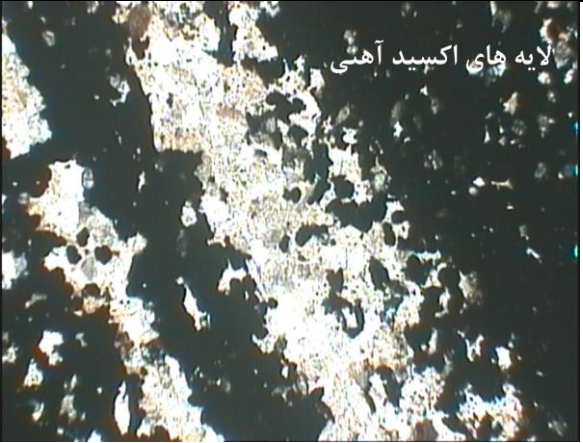

میزان غلظت وانادیوم در خاک میانگین (108 ppm) پایینتر از میزان غلظت آن در میانگین پوسته (135 ppm) می‌باشد که بیانگر فقیر شدگی وانادیوم در خاک نسبت به میانگین پوسته‌ای می‌باشد. تحرک این عنصر وابسته به شرایط محیط (pH-Eh) و کانی‌های میزبان آن بوده و در نهایت وارد کانی‌های رسی و هیدرکسیدهای آهن می‌گردد (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007). غلظت وانادیوم در نفت و ذغال سنگ افزایش یافته تا جایی که در برخی موارد از خاکستر نفت و یا ذغال سنگ می‌توان به عنوان کانسنگ وانادیوم استفاده نمود (مر و شرفی، ۱۳۸۴). همچنین غنی شدگی عناصر Cu, As, Zn, Cd, Pb, Mo, Sb, Bi, Au و V در شیل‌های سیاه گزارش شده است (مر و شرفی، ۱۳۸۴).

با توجه به شکل (۵-۹) تنها در دو ایستگاه S52 (135/02 ppm) و S63 (136/30 ppm) غلظت وانادیوم بالاتر از حد میانگین پوسته‌ای می‌باشد. همجواری نقطه S52 با کوره‌های آجرپزی (دفع پس-ماندهای ناشی از سوخت مازوت)، راه‌آهن، اتوبان و نزدیکی با محل دفع آسفالت‌های فرسوده در منطقه

این محل را به شدت مستعد برای افزایش مقدار وانادیوم نموده است. در مورد افزایش غلظت در نمونه S63 نیز می‌توان همبستگی وانادیوم در کانسنگ‌های بوکسیتی و آهنی را عنوان نمود (مر و شرفی، ۱۳۸۳). این نمونه در پایین دست افق لاتریتی-بوکسیتی انتهای سازن لالون در شمال ده‌ملا قرار گرفته است و همان گونه که در بالا ذکر شد به علت تحرک کم وانادیوم، به عنوان یک هیدرولیز شده (مر و شرفی، ۱۳۸۳) در محل هوازدگی همراه با سایر عناصر هیدرولیز شده از قبیل آهن، آلومینیوم و سایر عناصر دیگر تجمع حاصل نموده و غنی‌شدگی نشان می‌دهند.



شکل ۵-۹ تغییرات غلظت وانادیوم و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت

 <p>مگنتیت</p>	
 <p>لایه های اکسید آهنی</p>	

مقطع صیقلی، بزرگنمایی ۱۰X، نور عادی

مقطع صیقلی، بزرگنمایی ۱۰X، نور عادی

مقطع نازک، بزرگنمایی ۴۰X، نور پلاریزه

مقطع نازک، بزرگنمایی ۴۰X، نور پلاریزه

شکل ۵-۱۰ مقاطع صیقلی و نازک از خاک و رسوب و سنگ‌های بیرون زده در نمونه S63

در این منطقه کانی‌های آهن‌دار زیاد بوده و در مقاطع تهیه شده از خاک منطقه مگنتیت و پیریت و سایر کانی‌های آهن‌دار یافت شده است (شکل ۵-۱۰). همچنین دور نمایی از بیرون زدگی اکسید آهنی در این منطقه در شکل (۵-۱۱) آورده شده است.

همان‌گونه که در شکل (۵-۹) مشخص می‌باشد در سایر نمونه‌ها وانادیوم تغییر غلظت چندانی نشان نمی‌دهد، با این وجود کاهش ناچیز غلظت این عنصر در مناطق انتهایی حوضه آبرگیر (S55 تا S62) می‌تواند ناشی از تحرک پایین این عنصر در محیط آبگین و عدم شستشو از سنگ‌های بالا دست به این نقطه باشد.

در مجموع باید بیان داشت که فعالیتهای کشاورزی تأثیر بسیار کم و خفیفی بر روی مقدار وانادیوم در خاک کشاورزی منطقه داشته است. همچنین شهرسازی و فعالیتهای شهر نشینی باعث افزایش بسیار اندک غلظت وانادیوم در میانگین خاک کشاورزی (۷۶/۹ ppm) و میانگین خاک پارک و بلوار (۷۶/۵۹ ppm) نسبت به خاک بکر شهر (۷۲/۳ ppm) شده است.



شکل ۵-۱۱ بیرون زدگی افق بوکسیتی - اکسید آهنی در ابتدای دره دهملا

۵-۷-۵ کروم

عنصر کروم تمایل به تمرکز در سنگهای آذرین مافیک و رسوبات رسی دارد، بنابراین خاکهای حاصل از چنین سنگهایی دارای مقادیر بالایی از این عنصر می باشند (Kabata - Pendias and Mukherjee, 2007). درصد بالایی از Cr^{+3} در کانیهای رسی که ساختار اسپینل آهن و یا آلومینیوم را دارند جایگزین آلومینیوم و آهن سه ظرفیتی می گردد (Kabata - Pendias, 2001). برخی محققین (Kabata - Pendias, 2001) معتقدند که رفتار کروم در خاک توسط pH و Eh و مواد آلی کنترل می شود، در حالی که برخی دیگر بیان می کنند مواد آلی در انتقال کروم نقش مثبتی ایفا نمی کنند (حسنی پاک، ۱۳۸۲). در نتیجه غنی شدگی رسوبات از مواد آلی، تأثیر چندانی در میزان غلظت کروم ندارد و این عنصر عمدتاً توسط ذرات رسی جذب شده و همراه آنها منتقل می شود. در سری

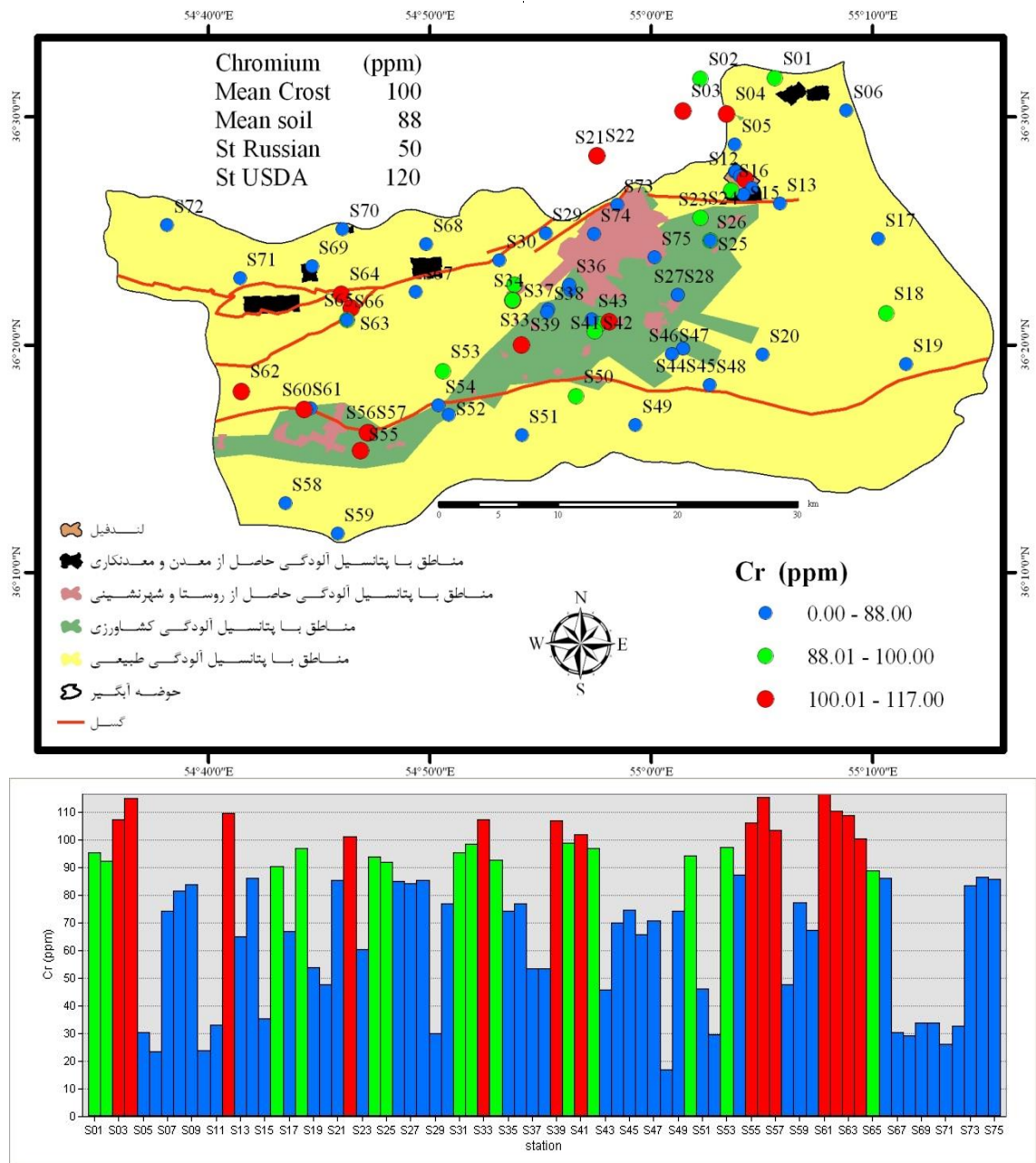
سنگی ماسه سنگ، سیلتستون و شیل (رس)، غلظت کروم با افزایش مقدار رس افزایش یافته و در سری سنگی شیل (رس)، مارن و آهک با افزایش میزان کربنات، مقدار کروم کاهش می‌یابد (حسنی-پاک، ۱۳۸۲). ماسه سنگ‌ها نیز در برخی از موارد می‌توانند در عناصری مانند کروم، نیکل، سرب و حتی طلا غنی شدگی نشان دهند (کریم پور، ۱۳۸۱).

با توجه به شکل (۵-۱۲) غلظت کروم در نمونه های نزدیک به خروجی حوضه که دارای میزان بالای رس می‌باشند (در نقاط S55, S56, S57 و S61) بالاتر از میانگین پوسته‌ای است. این مطلب را می‌توان به میل زیاد کروم به تجمع در کانی‌های رسی بخصوص رسهای آلومینوسیلیکاته که در بالا ذکر شد، نسبت داد. افزایش غلظت کروم در نمونه S62 (۱۱۰/۳۱ ppm) در این منطقه را می‌توان علی‌رغم بافت سبک خاک در این مکان به وجود کارخانه ذغال‌شویی قادرآباد در جنوب غربی این نقطه در ارتباط دانست. افزایش ناچیز غلظت این عنصر در نقاط S63 و S64 را می‌توان به همبستگی کروم با آلومینوسیلیکاتها و وجود سازند شمشک و فراوانی رس (شیل‌ها) در این منطقه نسبت داد.

در مدخل ورودی لندفیل S12 که در پایین دست لندفیل واقع شده است، غلظت کروم (ppm) ۱۰۹/۵۷ اندکی افزایش یافته که می‌تواند ناشی از ورود این فلز از شیرابه لندفیل و یا خاکسترهای به جا مانده از سوزاندن زباله‌ها در محل باشد. در محل پایین دست شهرک صنعتی S33 غلظت کروم (ppm) ۱۰۷/۳۰ نسبت به بالا دست آن S32 (۹۸/۴۸ ppm) افزایش یافته که احتمال ناشی از تأثیر فعالیت‌های صنعتی است (شکل ۵-۱۲).

افزایش غلظت کروم در نمونه های شاهد بالا دست منطقه S21, S03, S04 و S22 در شمال شرق منطقه حاکی از این واقعیت می‌باشد که ورود کروم به خاک منطقه ناشی از فرایندهای طبیعی و ناشی از بیرون‌زدگی‌های آذرین بازالت‌های سازند خوش‌بیلاق در شمال شهر بسطام می‌باشد و همان طور که قبلاً ذکر گردید با ورود این رسوبات به دشت و مخلوط شدن آنها با رسوبات آهکی در شمال منطقه، غلظت کروم در خاک کمتر شده است. افزایش غلظت کروم در زمین‌های کشاورزی را نیز باید علاوه بر

منشأ طبیعی آن به استفاده از کودها و افزودنی‌های کشاورزی به خاک این منطقه مرتبط دانست (جدول ۵-۶). افزایش ناچیز غلظت کروم در میانگین خاک بلوار شهر S75 (۸۵/۹۰ ppb) و S74 میانگین خاک کشاورزی شهر (۸۶/۵۵ ppb) نسبت به خاک بکر S73 (۸۴/۳ ppb) تا حدودی می‌تواند ناشی از اثرات شهر سازی بر روی خاک این نقاط باشد.



شکل ۵-۱۲ تغییرات غلظت کروم و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت

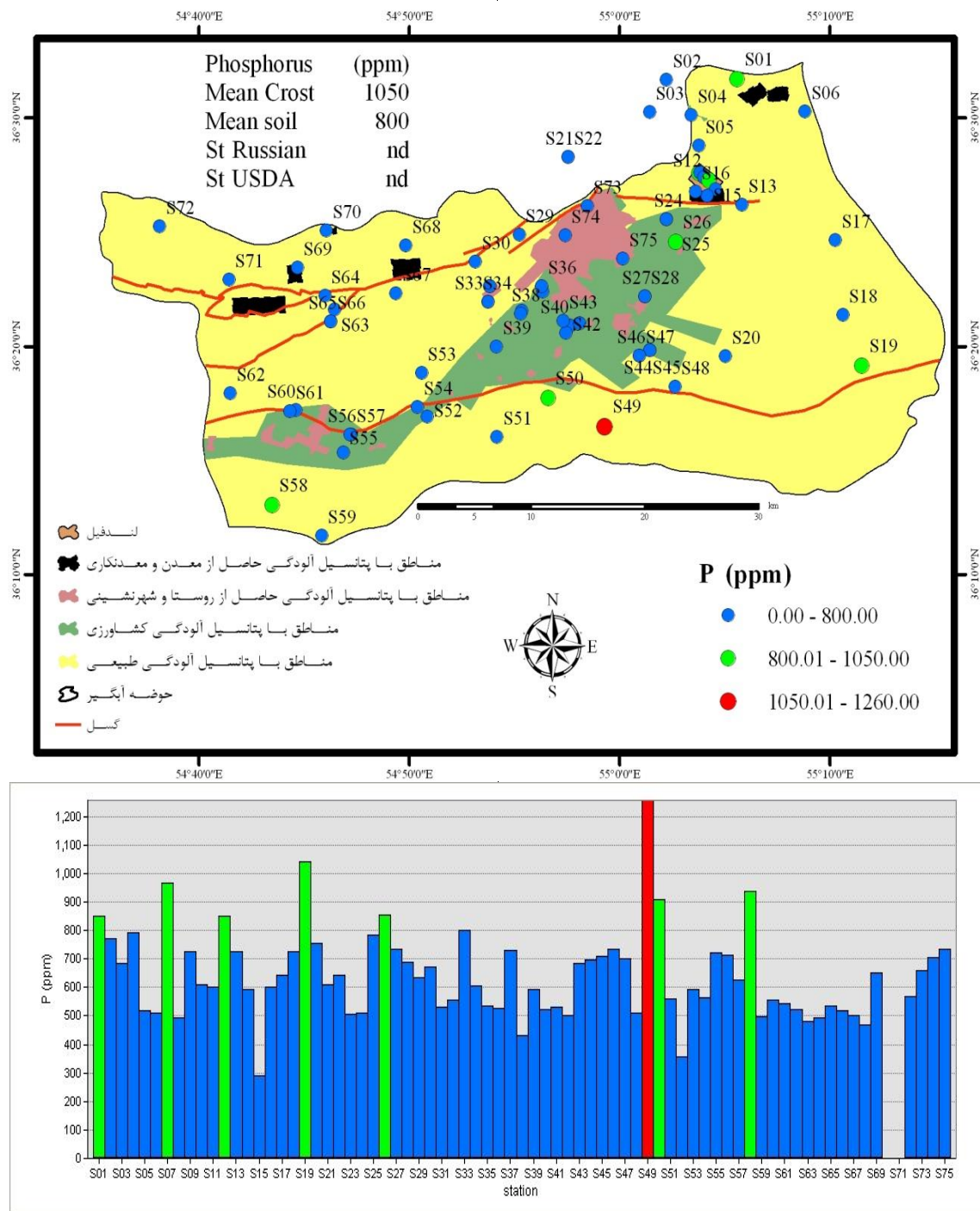
۵-۷-۶ فسفر

فسفر نیز مانند گوگرد و نیتروژن دارای پتانسیل یونی بسیار بالایی بوده و در هنگام هوازدگی تشکیل آنیون های کمپلکس ساز قابل حمل را می دهد (مر و شرفی، ۱۳۸۳) کانی اصلی سنگ ساز فسفر بر روی زمین فسفات کلسیم (آپاتیت) می باشد (کریم پور و سعادت، ۱۳۸۱).

در نقطه S49 غلظت فسفر ppm ۱۲۵۶/۸۸ بوده و تنها نقطه ای در منطقه می باشد که غلظتی بالاتر از میانگین پوسته ای را داراست (شکل ۵-۱۳). با توجه به عدم وجود دخالت انسان در این منطقه و دور بودن از مناطق کشاورزی و همچنین با در نظر گرفتن زمین شناسی منطقه و تغییر رخساره از شیل های قرمز اکسیدان به شیل های سیاه، احتمال تغلیظ فسفر در این منطقه و همچنین در نقطه S58 را قوت می بخشد. این موضوع حاکی از آن است که در محیط های دریایی نسبتاً عمیق با شرایطی که شیل ها در آن غالب می باشند، وجود لنزهای فسفردار محتمل می باشد (شهاب پور، ۱۳۸۶). دلیل دیگر که صحت این گفتار را تأیید نماید کاهش تدریجی غلظت فسفر با فاصله گرفتن از این مکان در نقاط S50, S51 و S52 می باشد. افزایش اندک غلظت فسفر در محل لندفیل (S07 و S12) را می توان به حضور لندفیل و آلاینده های زیاد آن نسبت داد. روند کلی غلظت فسفر در منطقه حاکی از افزایش غلظت آن در واحدهای مارنی-گچی در شمال شرق، جنوب و جنوب شرق منطقه و تهی شدگی در واحدهای عمدتاً آهکی در شمال و شمال شرق منطقه می باشد. افزایش فسفر در زمین های کشاورزی حاکی از تأثیر فعالیت های کشاورزی در افزایش غلظت این عنصر در خاک کشاورزی منطقه است (شکل ۵-۱۳).

با توجه به افزایش غلظت در نمونه های میانگین خاک کشاورزی در شهر، S74 (ppm ۷۰۶/۲۶) و میانگین خاک پارک و بلوار، S75 (ppm ۷۳۴/۹۵) نسبت به خاک بکر شهری، S73 (ppm ۶۵۸/۹) می توان نتیجه گرفت که غلظت فسفر در اثر فعالیت های شهر نشینی افزایش یافته است که این

نمایانگر این مطلب می‌باشد که فعالیت های شهری نسبت به فعالیت های کشاورزی بر روی فسفر خاک تأثیر بیشتری داشته‌اند.



شکل ۵-۱۳ تغییرات غلظت فسفر و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت

۵-۷-۶- استرانسیوم

بار یونی و شعاع اتمی مشابه با کلسیم، استرانسیوم را از لحاظ ژئوشیمیایی مشابه کلسیم نموده است. استرانسیوم تمایل به غنی شدن در سنگ‌های آذرین حد واسط و سنگ‌های کربناته رسوبی از خود نشان می‌دهد. شباهت خواص بیوشیمیایی و ژئوشیمیایی Sr به Ca باعث شده که جانشینی با کلسیم به طور غالب و با شدت کمتری با Mg در محیط رخ دهد. در محیط‌هایی که نسبت استرانسیوم به کلسیم در کربناتها بالا باشد و محیط حاوی سولفات (همجواری آهک و گچ) استرانسیانیت (SrCO_3) که نامحلول است از پیکره کربنات کلسیم (CaCO_3) جدا شده و تشکیل سلسنتین (SrSO_4) داده و در ادامه با مهیا شدن شرایط Eh-pH رسوب می‌کند. عوامل اصلی کنترل کننده میزان استرانسیوم در خاک غلظت آن در سنگ مادر و همچنین اقلیم منطقه می‌باشد که در صورت اقلیم کم بارش و خاک قلیایی تحرک استرانسیوم کم و در نتیجه تجمع آن در خاک حاصله بیشتر خواهد بود (Kabata - Pendias, 2001).

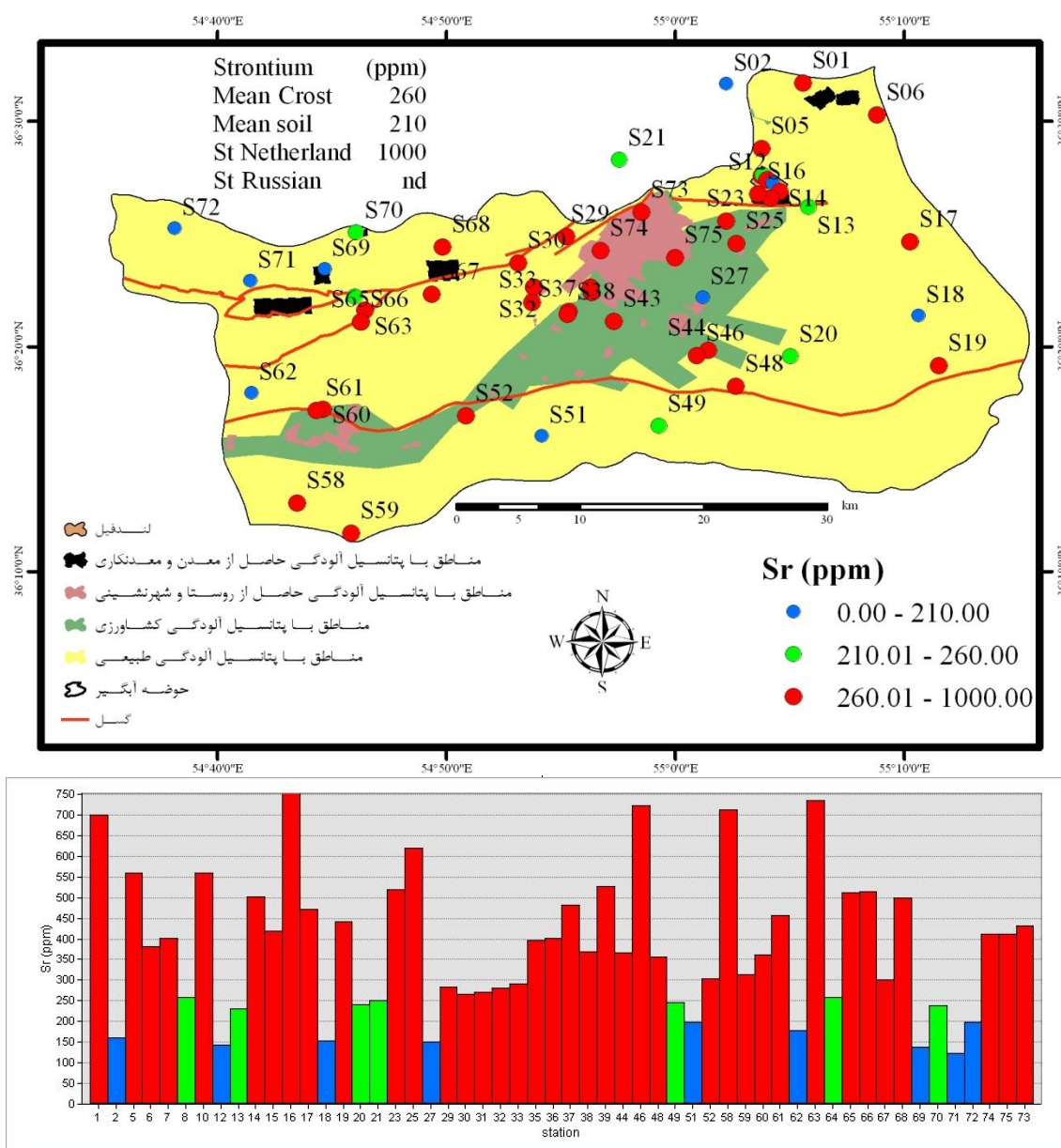
برای نشان دادن تغییرات غلظت استرانسیوم از مقدار غلظت آن در خاک میانگین و میانگین پوستانه‌ای استفاده شده است.

شکل (۵-۱۴) تغییرات غلظت استرانسیوم و چگونگی گسترش آن را در دشت نشان می‌دهد. در مجموع می‌توان گفت که در اکثر نقاط دشت مخصوصاً در مناطق جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی، غلظت استرانسیوم بالاتر از میانگین پوستانه‌ای می‌باشد که با توجه به نوع لیتولوژی منطقه که عموماً رسوبی و آهکی است، چنین رفتاری دور از انتظار نیست.

کمترین غلظت استرانسیوم در منطقه مورد مطالعه در نقطه S69 (۱۳۹ ppm) و بالاترین غلظت در نقطه S16 (۷۵۲/۴۷ ppm) می‌باشد. نقطه S69 در محل گسترش سازند شمشک و واحدهای مشابه که عموماً شامل شیل‌های سیاه و ماسه‌سنگ‌های ساحلی می‌باشد قرار دارد که با توجه به

خواص ژئوشیمیایی استرانسیوم و کم شدن غلظت آن در شیل‌های سیاه (شهاب‌پور، ۱۳۸۶) قابل توجه می‌باشد

. نقطه S16 در گوشه شمال شرقی منطقه بر روی واحدهای آهکی و گچی حد فاصل بین زون ایران مرکزی و البرز در شمال شرق لندفیل واقع شده است. افزایش غلظت استرانسیوم با توجه به ماهیت رفتاری آن که بسیار شبیه به کلسیم می‌باشد، در این ناحیه قابل توجه می‌باشد.



شکل ۵-۱۴ تغییرات غلظت استرانسیوم و نحوه پراکندگی آن در خاک دشت

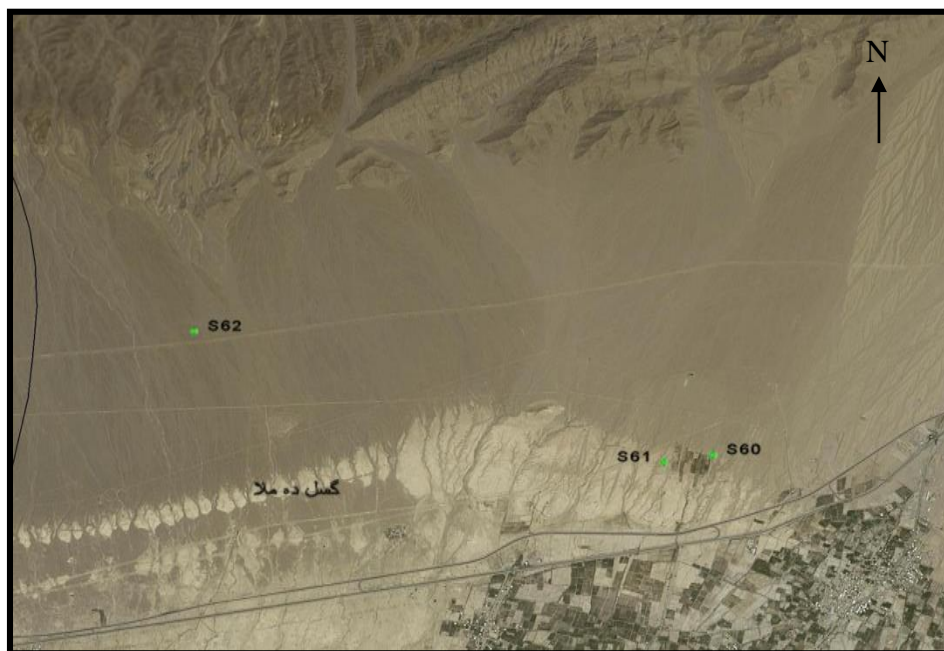
نکته قابل توجه در رابطه با استرانسیوم در منطقه، روند افزایشی و ارتباط بسیار نزدیک و هماهنگ آن با واحدهای گچی و همچنین آهکی است. نمونه S01 (700 ppm) بر روی واحد گچدار در شمال شرق ناحیه واقع شده این در حالی است که نقطه S06 (380 ppm) با فاصله‌ای حدود 2 کیلومتر نسبت به این واحد قرار گرفته و بطور مشخص دارای ترکیبات گچی کمتری می‌باشد (بازدید صحرایی) که کاهش غلظت زیادی را نشان می‌دهد. نمونه دیگر از این روند را میتوان در مورد S13 (ppm) (229/65) و S14 (501/4 ppm) بیان داشت. گسل محلی که در 500 متری جنوب نقطه S14 وجود دارد و در نتیجه غلظت پایین تری را نشان می‌دهد. نمونه S18 (153 ppm) که از واحدهای کنگلومرایی نئوژن در منطقه برداشت شده است شاهد خوبی بر این مطلب می‌باشد که منشأ استرانسیوم از واحدهای تبخیری گچ دار هم ارز قم و قرمز در جنوب منطقه می‌باشد. افزایش غلظت این عنصر در نقطه S58 (712/32 ppm) که در نقطه خروجی حوضه قرار گرفته است نیز دلیل بر تجمع این عنصر در شورابه‌های حاوی سولفات است. نتایج مطالعات شاهرودی 1388 نیز مؤید این مطلب می‌باشد که ارتباط و همبستگی بالایی بین استرانسیوم و رس در مناطق حاوی شورابه‌های غنی از گچ وجود دارد (شاهرودی، 1388).

همانگونه که قبلاً اشاره شد میل جایگزینی استرانسیوم و منیزیم در کربناتهای کلسیم-منیزیم (دولومیت) پایین‌تر از کلسیت و دیگر کربناتهای کلسیم می‌باشد؛ با توجه به گسترش واحدهای دولومیتی باروت و سلطانیه در قسمت غربی طاق‌دیس خربش در شمال ده‌ملا، نمونه S62 (178/24 ppm) دارای غلظت ناچیزی از استرانسیوم می‌باشد. بالا بودن غلظت Sr در نمونه‌های S61 (457/24 ppm) و S60 (360/9 ppm) را می‌توان توسط دو عامل تغییر رخساره و تغییر لیتولوژی منطقه توجیه نمود. گسل شمال دامغان که این دو نمونه از آن برداشت شده است با جابجا نمودن واحدهای تخریبی-تبخیری که در پایین دست منطقه قرار دارند و بالا آوردن آنها سبب ایجاد

نواری از رخنمون رسی-گچی در شمال ده‌ملا شده است. این موضوع می‌تواند دلیلی بر ارتباط بنیادی استرانسیوم و گچ و رس در منطقه مورد مطالعه باشد.

موقعیت گسل شمال دامغان و همچنین واحدهای دلمومیتی سلطانیه و باروت در شمال نقطه S62 به وضوح نشان دهنده تأثیر عوامل زمین‌شناسی منطقه بر افزایش غلظت استرانسیوم در نقاط S60 و S61 می‌باشد (شکل ۵-۱۵).

یکی دیگر از روندهای موجود در تغییرات غلظت استرانسیوم در منطقه کاهش نسبی غلظت آن در زمین‌های کشاورزی است. مثال بارز در این رابطه کاهش غلظت استرانسیوم در زمین‌های کشاورزی و غیر کشاورزی در دو نقطه S38 (۳۶۷/۶۶ ppm) و S37 (۴۸۱/۹۲ ppm) است (شکل ۵-۱۶). کاهش اندک pH در زمین‌های کشاورزی و افزایش انحلال‌پذیری Sr، آبیاری زمین‌های کشاورزی و حلالیت بیشتر استرانسیوم نسبت به کلسیم را می‌توان عامل کم شدن غلظت آن در خاک این زمینها دانست.



شکل ۵-۱۵ موقعیت نقاط نمونه برداری و گسل شمال دامغان

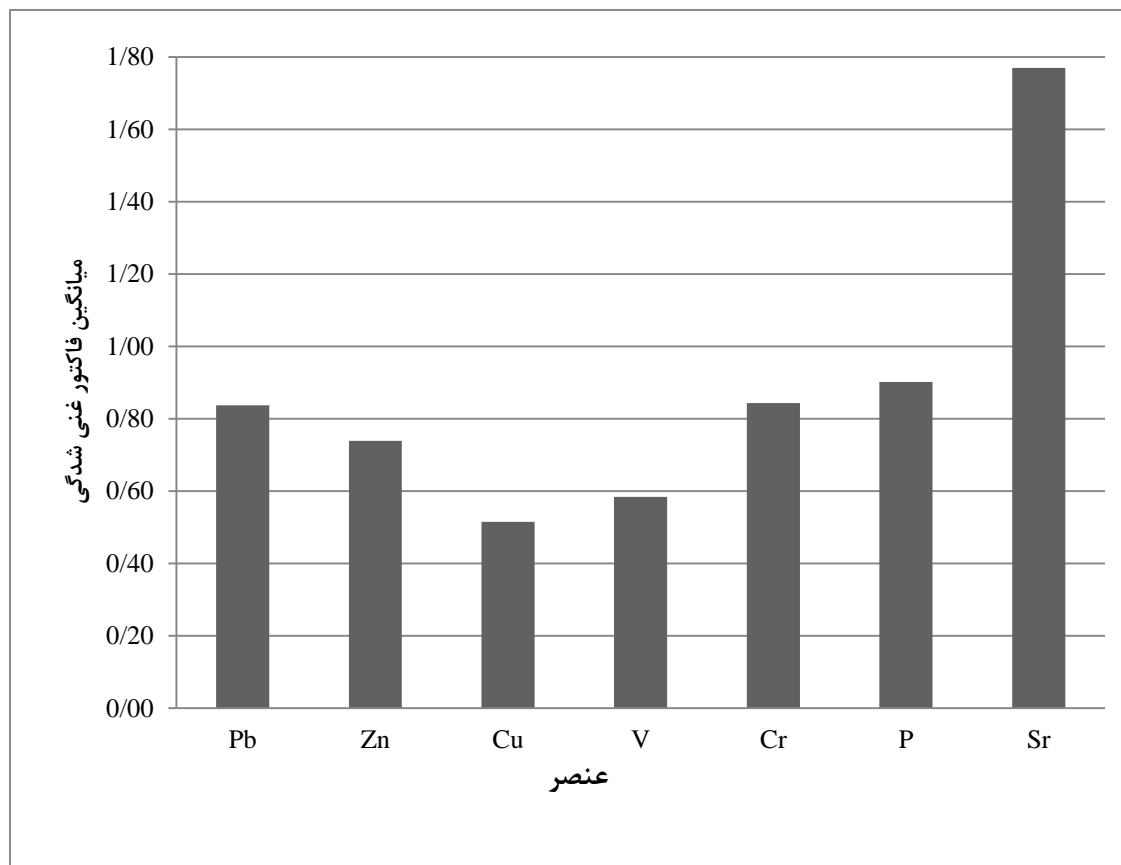


شکل ۵-۱۶ محل قرار گیری دو نمونه S37 و S38

میانگین انواع خاکهای شهری تغییر چندانی نشان نداده و لذا می‌توان عنوان داشت که شهرسازی بر روی افزایش غلظت استرانسیوم اثر خاصی نداشته است. غلظت استرانسیوم در محل لندفیل نسبت به مناطق همجوار که (واحدهای گچی و آهکی) کاهش نشان داده است که این می‌تواند ناشی از کم شدن pH در محل توسط شیرابه‌های لندفیل و تحرک بیشتر Sr در pH های پایین تر باشد.

۵-۸ محاسبه فاکتور غنی‌شدگی (Enrichment Factor) در خاک دشت

فاکتور غنی‌شدگی (EF) می‌تواند شاخصی برای مقایسه مقدار یک عنصر خاص نسبت به مقدار میانگین پوسته‌ای باشد (رابطه ۳-۱) و همان‌گونه که در فصل قبل بیان شد به منظور ارزیابی غنی‌شدگی یک محیط توسط محیطی دیگر استفاده می‌گردد. بدست آوردن این فاکتور می‌تواند شاخص خوبی برای تعیین منشأ انسان‌زاد و یا طبیعی آلودگی باشد (Adamo et al., 2005). شکل (۵-۱۷) نمودار میانگین فاکتور غنی‌شدگی عناصر در دشت می‌باشد. پایین بودن میانگین فاکتور غنی‌شدگی (کمتر از ۱۰) برای عناصر مورد بررسی در خاک دشت، غالب بودن خصوصیات، شرایط زمین‌شناسی و منابع زمین‌زاد را بر کنترل غلظت و پراکنش عناصر در دشت مشخص می‌سازد.



شکل ۵- ۱۷ محاسبه میانگین فاکتور غنی شدگی عناصر در خاک دشت

مقدار میانگین فاکتور غنی شدگی در سطح خاک دشت برای عناصر سرب، روی، مس، وانادیوم، کروم، فسفر و استرانسیوم به ترتیب برابر با ۰/۸۴، ۰/۷۴، ۰/۵۲، ۰/۵۸، ۰/۸۴، ۰/۹۰ و ۱/۷۷ می‌باشد. به طور میانگین خاک دشت به جز غنی شدگی بسیار مختصر در مورد استرانسیوم در مورد سایر عناصر غنی شدگی نشان نمی‌دهد. با این حال به طور موضعی بعضی از عناصر در محل‌های خاصی غنی شدگی از خود نشان می‌دهند.

با توجه به شکل (۵-۱۸) که بیانگر میزان فاکتور غنی شدگی در نقاط دشت برای عناصر مختلف می-

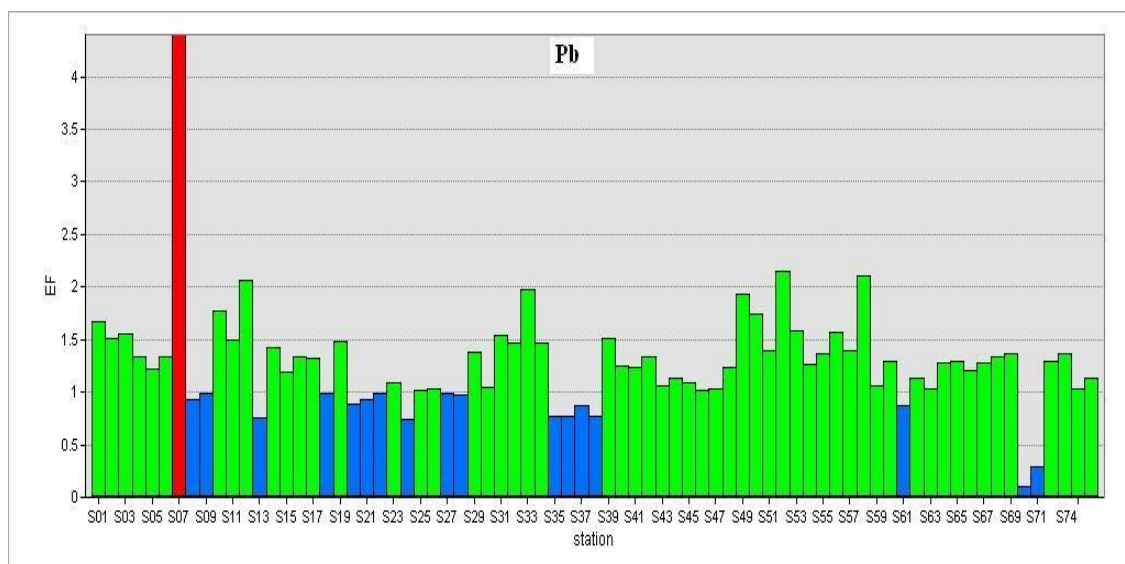
باشد، سرب (۴/۴۰)، روی (۳/۱۳) و مس (۱/۳۶) در محل پایین دست لندفیل غنی شدگی از خود نشان داده‌اند. با توجه به همبستگی خوب این سه عنصر در منطقه نشان داده‌اند (جدول ۵-۴)، در این محل نیز غنی شدگی انسان‌زاد برای این سه عنصر محتمل می‌باشد.

اندک غنی شدگی سرب که در نمونه‌های S39 تا S60 مشاهده می‌گردد غنی شدگی مختصری است که در اثر فعالیت‌های کشاورزی در این نقاط صورت گرفته است.

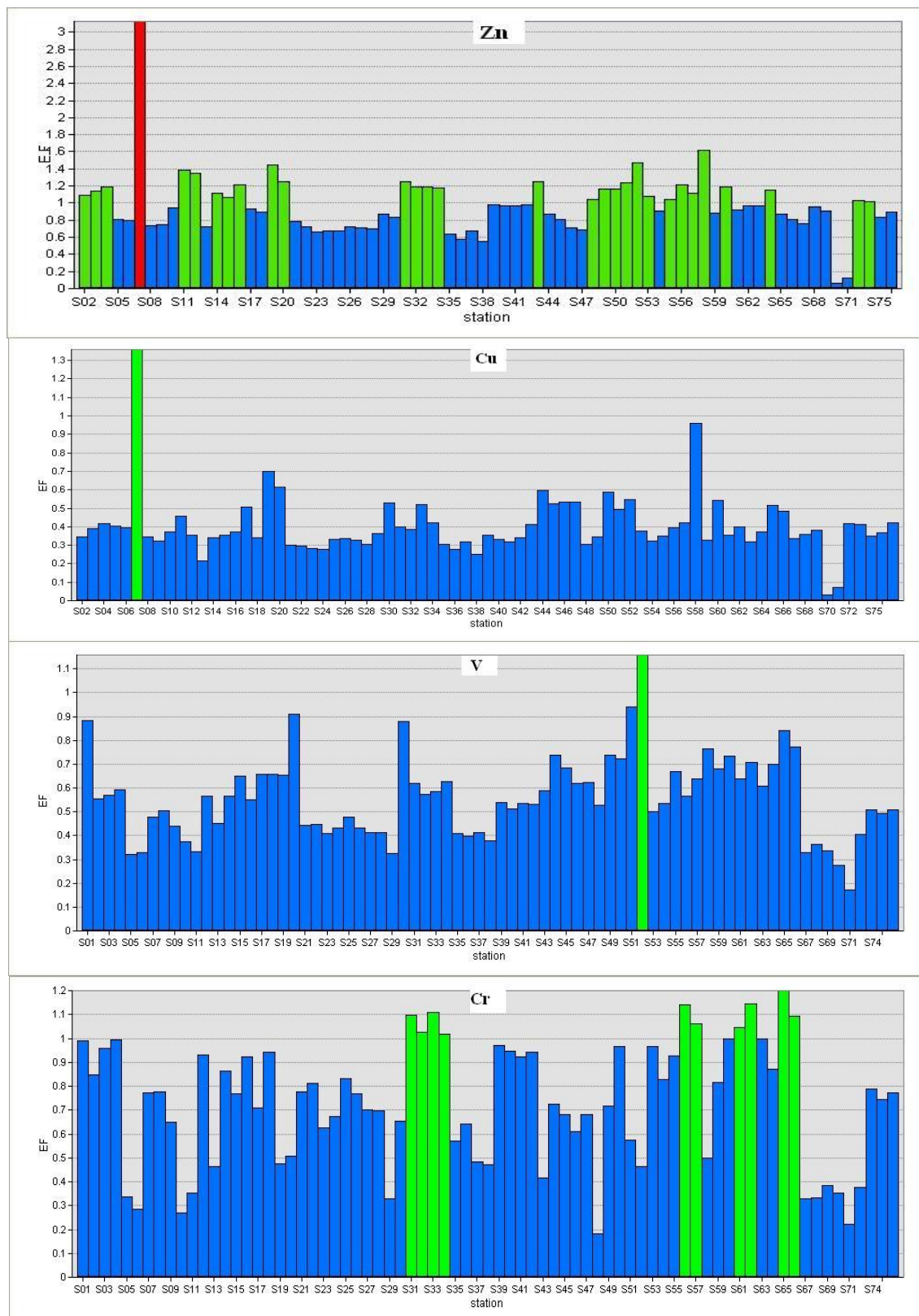
همانگونه که در خصوص وانادیوم توضیح داده شد غنی شدگی بیشتر V در ایستگاه S52 نسبت به ایستگاه‌های دیگر می‌تواند ناشی از فعالیت انسانزاد (کوره‌های آجرپزی، دپوی آسفالت و . . .) در این نقطه باشد. غنی شدگی بیشتر Cr در ایستگاه‌های S31, S32, S33 و S34 نسبت به سایر ایستگاه‌ها احتمالاً ناشی از اثر شهرک صنعتی بر روی خاک‌ها در این منطقه است. غنی شدگی کم Cr در نقاط S56, S61 S57 و S62 می‌تواند ناشی از اثر طبیعی گسل شمال دامغان باشد.

همانگونه که در توضیحات در رابطه با افزایش غلظت P در متن ذکر شد غنی شدگی بیشتر فسفر در نقطه S49 را می‌توان به عوامل طبیعی زمین زاد و افزایش فسفات در چنین واحدهایی نسبت داد.

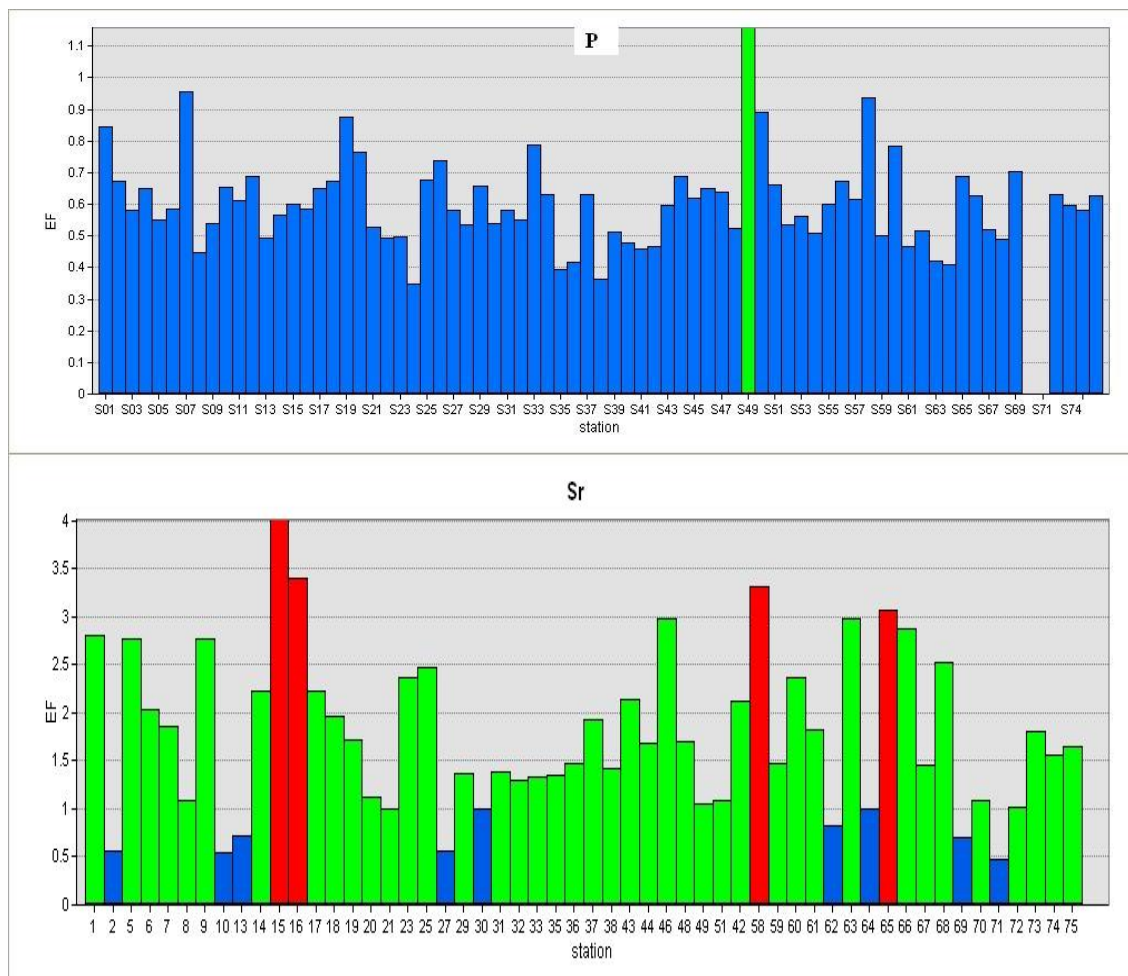
در رابطه با استرانسیوم اجمالاً می‌توان گفت تنها در ۴ نقطه S15, S16, S58 و S66 غنی شدگی در حد متوسط وجود دارد. در رابطه با نقاط S15 و S16 این نکته را می‌توان اضافه نمود که علاوه بر غنی بودن منطقه نسبت به Sr، این نقاط تحت تأثیر گرد و خاک ناشی از کارخانه گچ و نخاله‌های ساختمانی شهری نیز قرار گرفته‌اند (شکل ۵-۱۸).



شکل ۵-۱۸ محاسبه فاکتور غنی شدگی عناصر در خاک دشت



ادامه شکل ۵-۱۸ محاسبه فاکتور غنی شدگی عناصر در خاک دشت



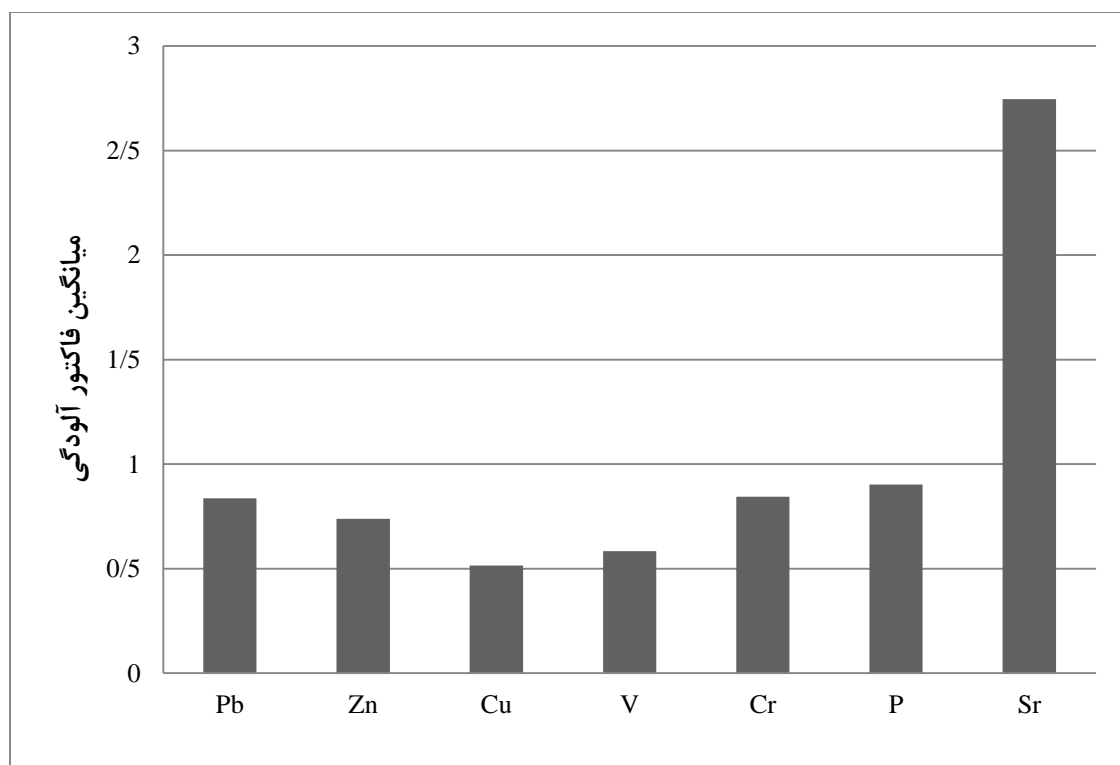
ادامه شکل ۵-۱۸ محاسبه فاکتور غنی شدگی عناصر در خاک دشت

۹-۵ محاسبه فاکتور آلودگی (Contamination Factor) در خاک دشت

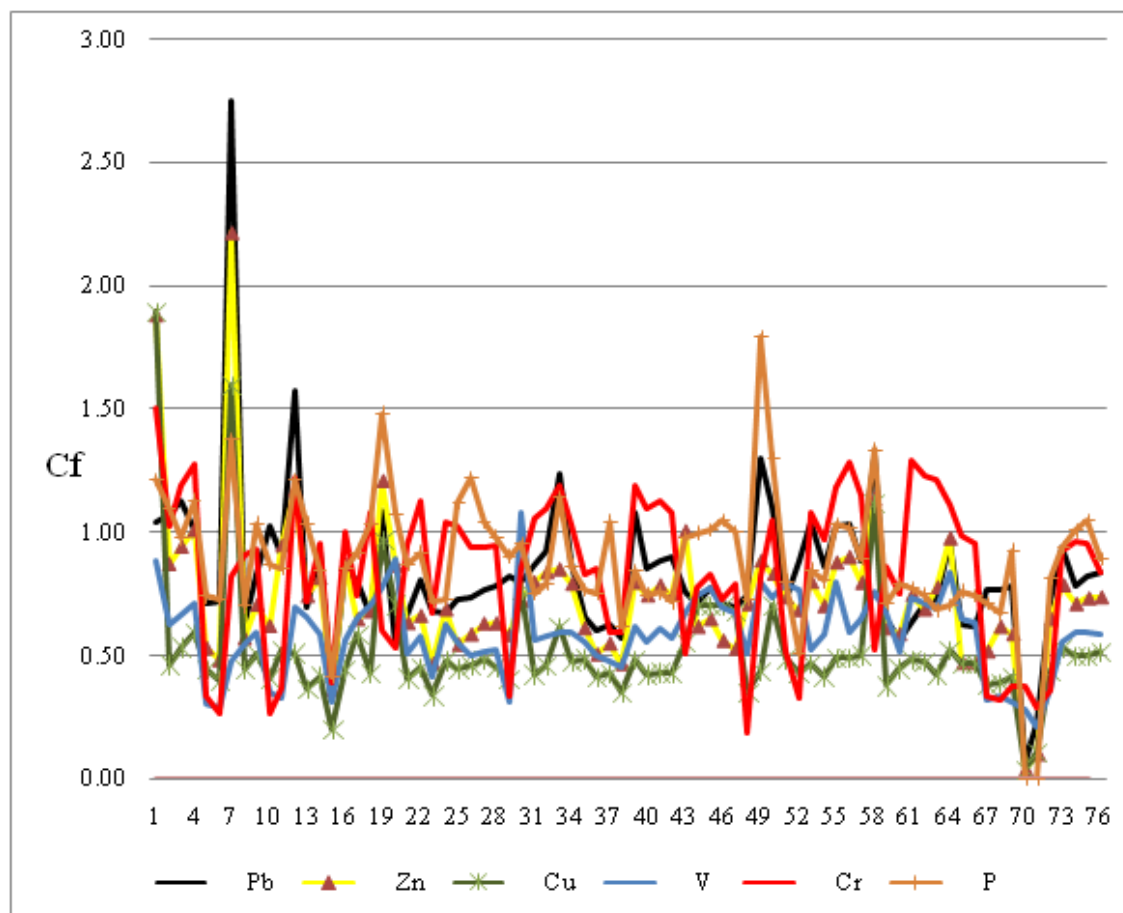
فاکتور آلودگی (CF) نیز یکی دیگر از شاخص‌های زیست محیطی برای بررسی میزان و وضعیت آلودگی در یک محیط می‌باشد. در تحقیق حاضر این فاکتور با استفاده از رابطه (۳-۳) محاسبه و طبقه بندی آلودگی خاک بر اساس این فاکتور با استفاده از جدول (۳-۵) انجام پذیرفته است. با توجه به شکل (۵-۱۹) میانگین فاکتور آلودگی عناصر سرب، روی، مس، وانادیوم، کروم و فسفر پایین‌تر از یک بوده و بر طبق طبقه بندی Satyanarayana et al., 1994 (جدول ۵-۸)، آلودگی

اندکی از خود نشان می‌دهند. در این میان، میانگین فاکتور آلودگی استرانسیوم معادل ۲/۷۴ می‌باشد که بر اساس این طبقه بندی، آلودگی متوسط قلمداد می‌شود.

با توجه به شکل (۵-۲۰) و همبستگی خوبی که عناصر سرب، روی، مس و فسفر در این مطالعه با یکدیگر نشان داده‌اند مشخص می‌شود که این عناصر از لحاظ ضریب‌های آلودگی نیز همبستگی خوبی با یکدیگر داشته و خصوصاً در نقطه S07 تمامی این عناصر آلودگی نشان می‌دهند. ضریب آلودگی در نقطه S71 برای تمامی عناصر به جز Cr کاهش بسیار محسوسی داشته و به صفر نزدیک شده است. لازم به ذکر می‌باشد پایین بودن میانگین فاکتور آلودگی برای عناصر مورد بررسی در سطح دشت نشان دهنده غالب بودن تأثیر زمین‌شناسی منطقه بر توزیع و پراکنش عناصر در خاک منطقه است.

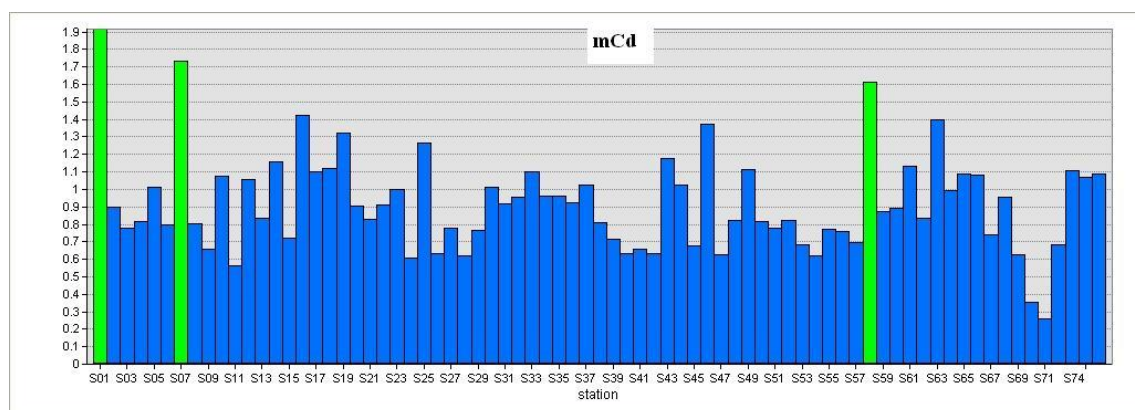
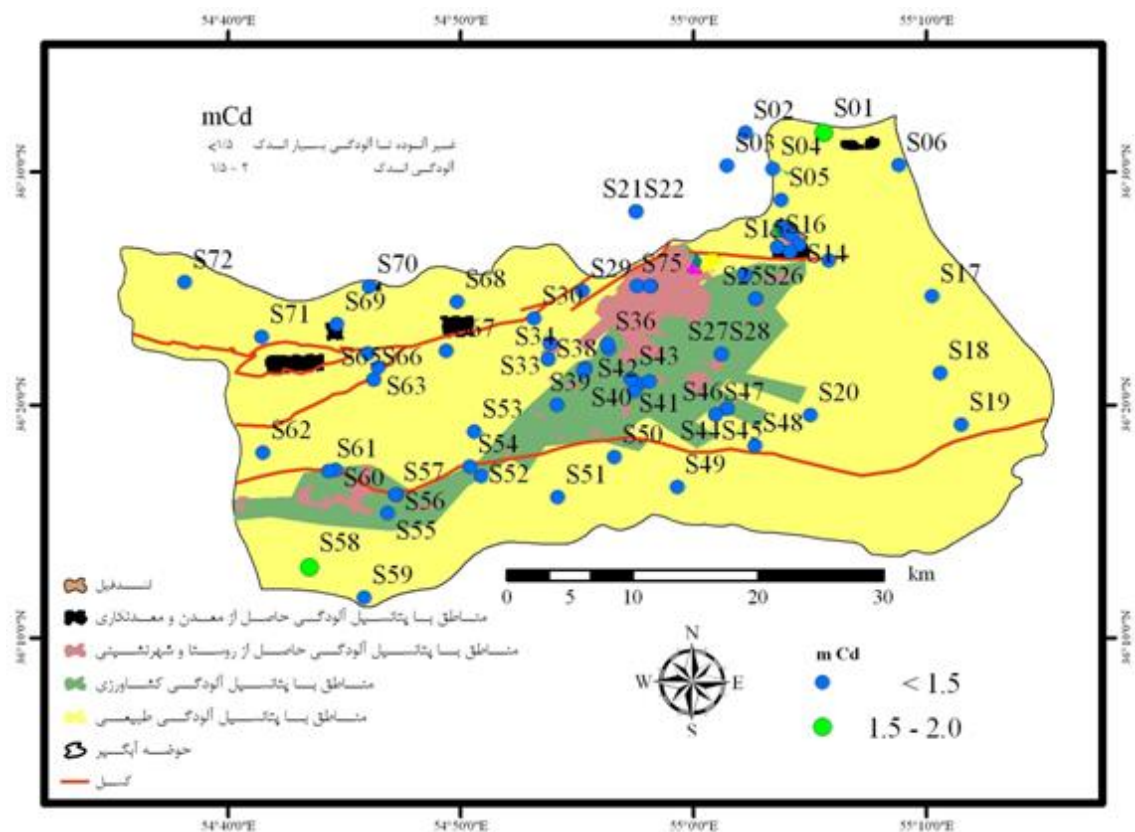


شکل ۵-۱۹ محاسبه میانگین فاکتور آلودگی در خاک دشت



شکل ۵-۲۰ فاکتور آلودگی عناصر مورد بررسی در خاک دشت

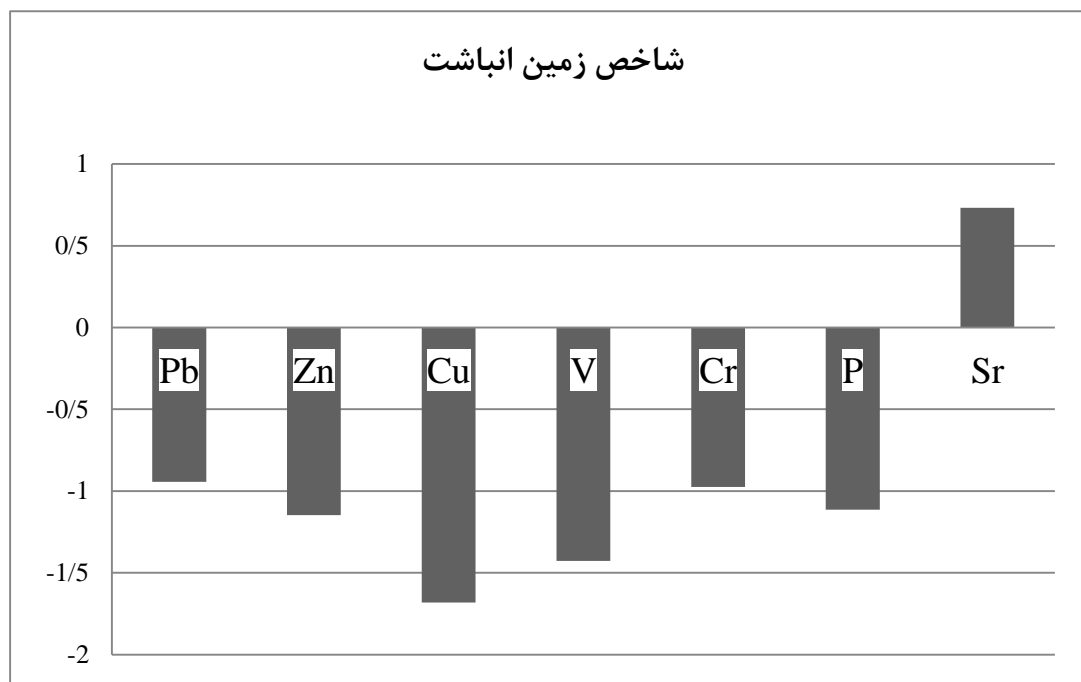
با توجه به شکل (۵-۲۱) درجه آلودگی اصلاح شده در خاک دشت تنها در سه نقطه S01, S07 و S58 بالاتر از ۱/۵ بوده و در محدوده آلودگی اندک قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه نقطه S07 بر روی لندفیل واقع بوده و تحت تأثیر فعالیتهای انسانزاد قرار گرفته است می‌توان گفت اندک آلودگی که در این نقطه نمایان است ناشی از تأثیر لندفیل بر خاک منطقه می‌باشد و آلودگی اندک در دو نقطه S01 که در گوشه شمالی منطقه و بر روی واحدهای گچ‌دار قرار داشته و نقطه S58 که بر روی کفه نمکی واقع در خروجی حوضه قرار دارد ناشی از آلودگی طبیعی در این نواحی می‌باشد. در سایر نقاط درجه آلودگی اصلاح شده کمتر از ۱/۵ بوده و نشانگر غیر آلوده تا آلودگی بسیار اندک می‌باشد.



شکل ۵-۲۱ درجه آلودگی اصلاح شده و پراکندگی آن در خاک دشت

۱۰-۵ محاسبه شاخص زمین انباشتگی (Geoaccumulation Index) در خاک دشت

شاخص زمین انباشتگی (I_{geo}) توسط رابطه ارائه شده‌ی مولر (Muller, 1969) برای بررسی شدت آلودگی برای نمونه‌ها محاسبه شد (رابطه ۳-۲). شکل (۵-۲۲) نمودار میانگین شاخص زمین انباشت در خاک دشت را برای عناصر مورد بررسی نشان می‌دهد.

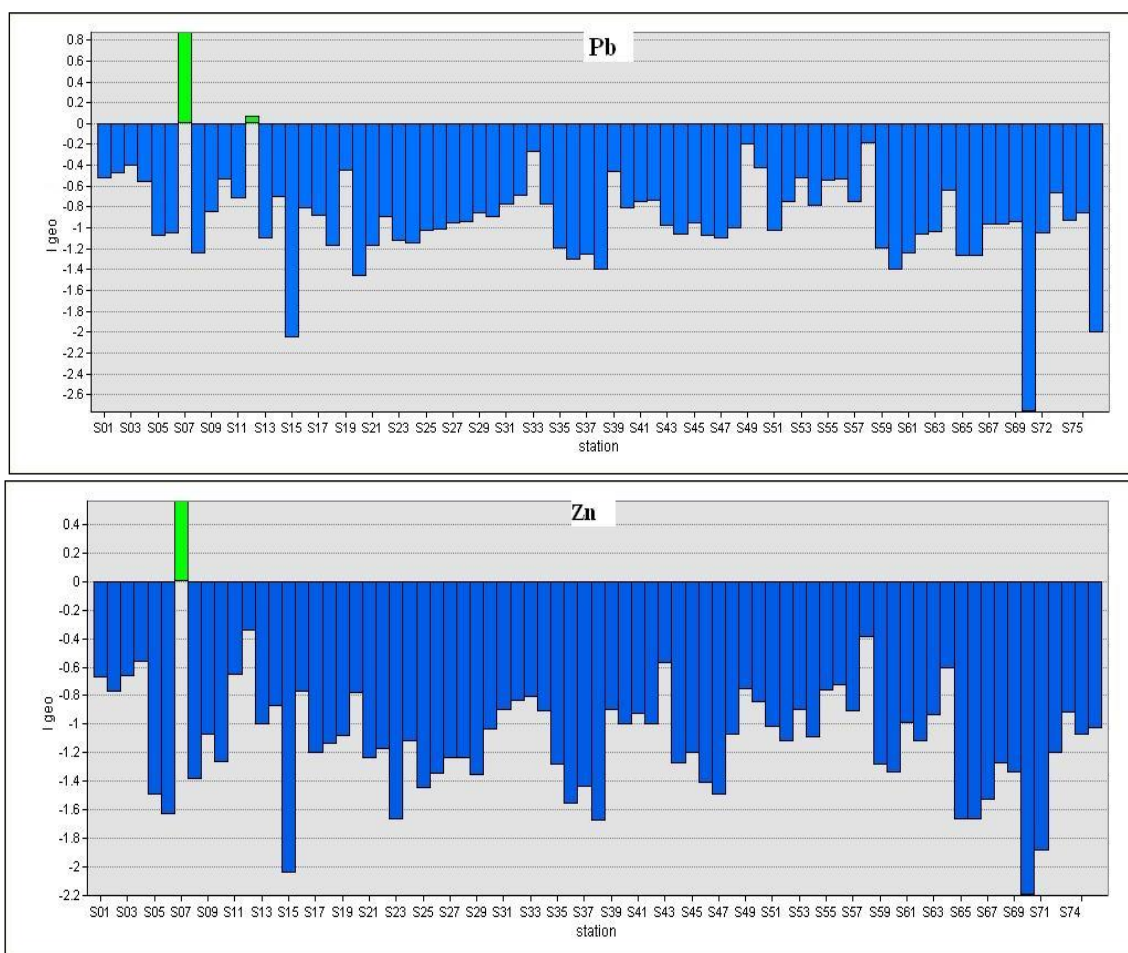


شکل ۵-۲۲ میانگین شاخص زمین انباشت برای عناصر مورد بررسی در خاک دشت

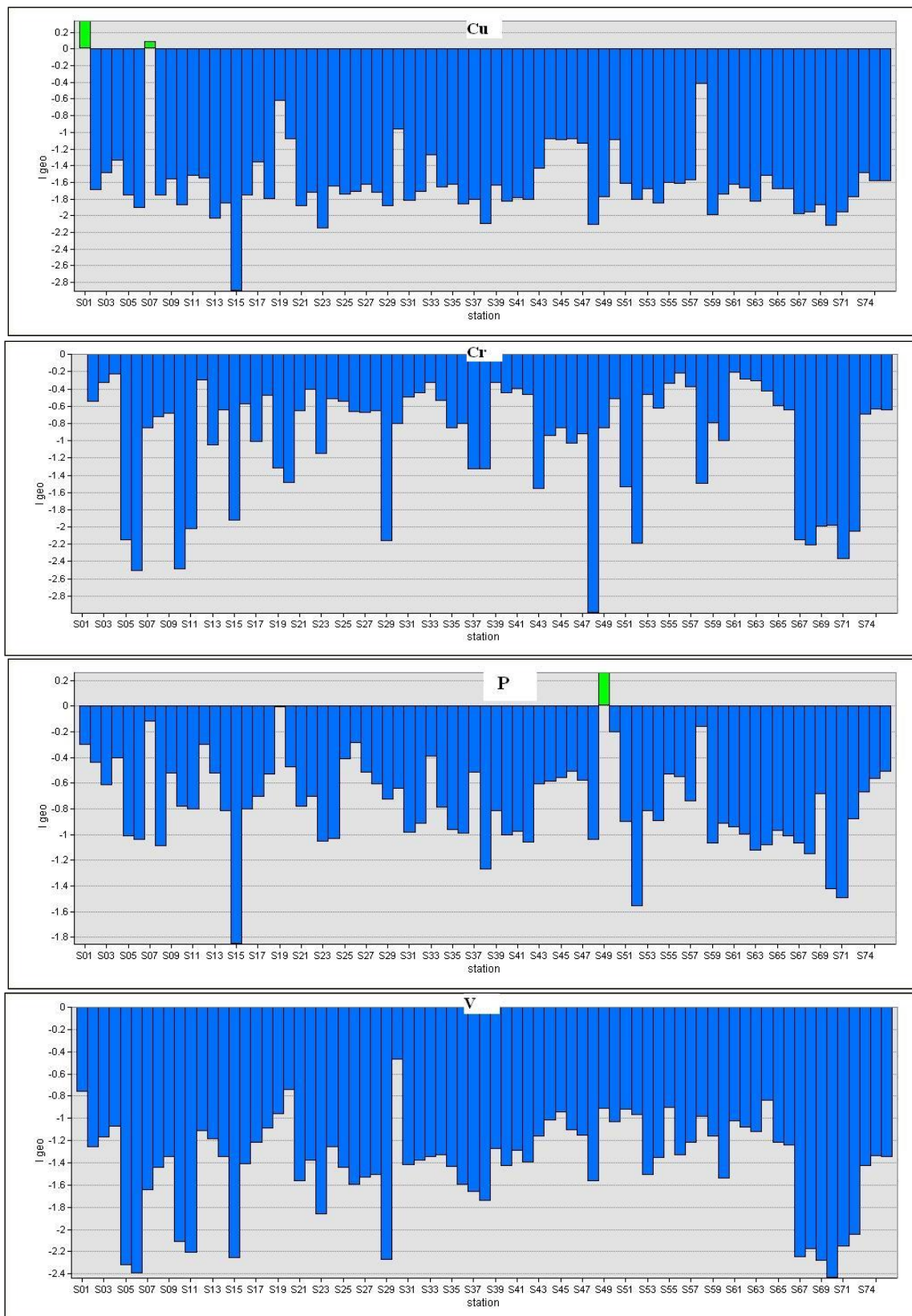
همانگونه که مشاهده می‌شود میزان I_{geo} ، در دشت برای عناصر مورد بررسی به ترتیب به صورت $Sr > Pb > Cr > P > Zn > V > Cu$ می‌باشد. با توجه به شکل (۵-۲۲) و جدول (۳-۵) استرانسیوم شاخص زمین انباشت بیشتر از صفر داشته (۰/۷۳) که نشان دهنده شرایط بدون آلودگی تا آلودگی متوسط این عنصر در خاک دشت می‌باشد. بر اساس این طبقه بندی، خاک منطقه نسبت به سایر عناصر مورد بحث در این مطالعه به دلیل داشتن شاخص زمین انباشت زیر صفر، غیر آلوده محسوب می‌شوند. گسترش زیاد سنگ‌های آهکی و همچنین تشکیلات گچی در منطقه و تمایل استرانسیوم به جایگزینی با کلسیم و تا حدودی منیزیم باعث غنی شدگی این عنصر در خاک دشت شده است. مقادیر شاخص زمین انباشتگی برای عناصر مختلف در کلیه ایستگاه‌ها در شکل (۵-۲۳) آورده شده است. نتایج نشان‌دهنده آن است که شاخص زمین انباشتگی برای مس، سرب و روی در منطقه لندفیل (S07) بیشتر شده و نشان‌دهنده ورود آلودگی به محیط در این منطقه می‌باشد. همچنین افزایش شاخص زمین انباشتگی فسفر در نقطه S49 نشانگر وجود اندک آلودگی طبیعی فسفر در این

ایستگاه می‌باشد باید اضافه نمود که افزایش جزئی مقدار این شاخص در زمینهای کشاورزی ناشی از کاربری این اراضی و اضافه شدن مواد فسفات‌دار به در خاک این مناطق می‌باشد.

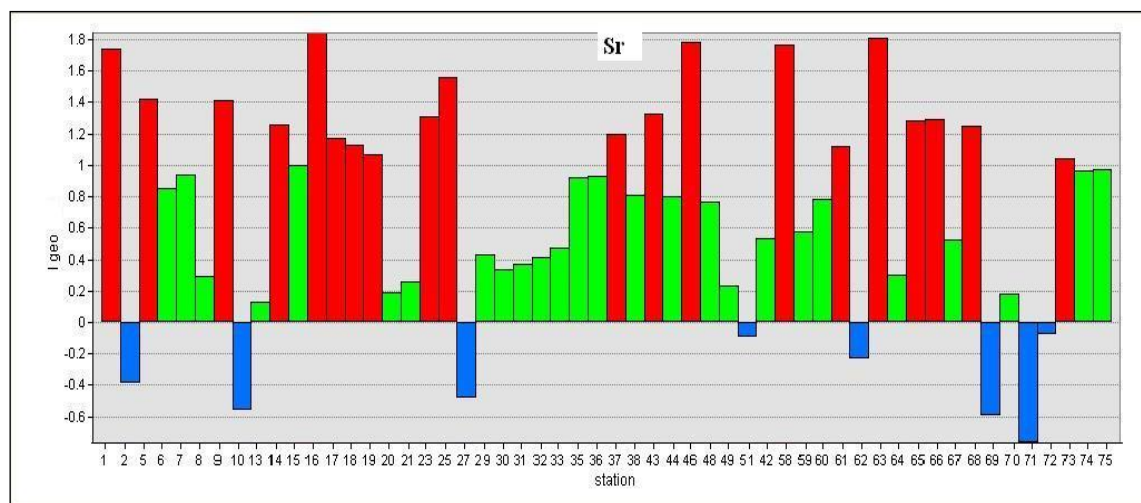
کم شدن مقدار I_{geo} خاک نسبت به وانادیوم در مناطق با پوشش گچی و آهکی نشان از عدم تمرکز این عنصر در سنگهای کربناته و گچی دارد. افزایش شاخص زمین انباشتگی در خصوص Sr در منطقه رابطه نزدیک این عنصر با کلسیم و واحدهای گچی و آهکی را مشخص می‌نماید. همچنین افزایش شاخص زمین انباشتگی استرانسیوم در نواحی خروجی حوضه نشان از تجمع این عنصر در شورابه‌ها و ته‌نشینی آن از روان‌آبهای جاری در منطقه دارد.



شکل ۵- ۲۳ محاسبه شاخص زمین انباشت برای عناصر مورد بررسی در خاک دشت



ادامه شکل ۵-۲۳ محاسبه شاخص زمین انباشت برای عناصر مورد بررسی در خاک دشت

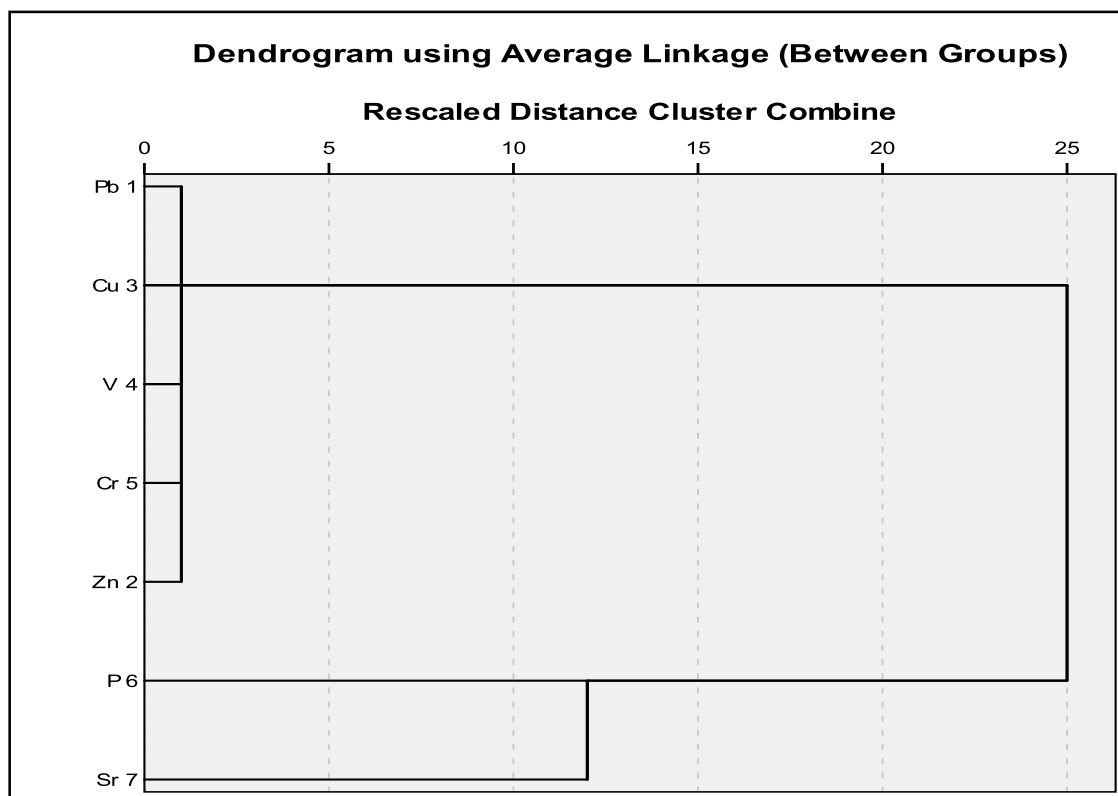


ادامه شکل ۵-۲۳ محاسبه شاخص زمین انباشت برای عناصر مورد بررسی در خاک دشت

۵-۱۱ نتایج آنالیز خوشه‌ای (Cluster Analysis) بر روی متغیرهای خاک

در تحقیقات ژئوشیمیایی به علت فراوانی داده‌ها و پراکندگی نسبتاً بالای آنها بدست آوردن اطلاعات ضروری و حیاتی از لابلای حجم وسیعی از اطلاعات کاری بسیار دشوار می‌باشد. روش آنالیز خوشه‌ای یک روش آماری است که تصویری کلی از داده‌های پراکنده را بر اساس روابط ریاضی و آماری فراهم آورده و آنها را در یک سری کوچکتر از اجزای اصلی خلاصه می‌نماید. روش آنالیز خوشه‌ای مبتنی بر یک سری فرآیندهای طبقه‌بندی غیر کنترلی بر مبنای اندازه‌گیری شباهت ژئوشیمیایی یا فاصله بین پارامترها در یک گونه مورد نظر برای شاخه بندی داده‌های اصلی می‌باشد (Firast et al., 2003).

این روش نمونه‌ها را در داخل جمعیت‌های آماری مجزا که شباهت ژئوشیمیایی قابل ملاحظه‌ای داشته باشند، گروه بندی می‌کند (El Yaouti, 2009). در این مطالعه آنالیز آماری چند متغیره به منظور نمایان شدن روابط ژنتیکی و پنهان بین عناصر بر مبنای روش مقدار متوسط همبستگی استفاده شد. شکل (۵-۲۴) دندروگرام ناشی از تحلیل خوشه‌ای عناصر در خاک دشت را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲۴ دندوگرام سلسله مراتبی آنالیز خوشه‌ای عناصر مورد بررسی به روش (average linkage method) و فاصله همبستگی پیرسون (Pearson correlation distance)

با توجه به این دندروگرام به طور کلی دو گروه اصلی را می‌توان برای طبقه بندی داده‌های مورد بررسی در نظر گرفت. گروه اول شامل عناصر استرانسیوم و فسفر می‌باشند که یک شاخه اصلی را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به این موضوع و چگونگی پراکندگی فسفر و استرانسیوم که در رسوبات گچی جنوب منطقه فراوانی بیشتری داشتند می‌توان منشأ این دو عنصر را در واحدهای تبخیری-تخریبی جنوب منطقه جستجو نمود. گروه دوم شامل سرب، مس، وانادیوم، کروم و روی می‌باشد که این عناصر نیز دارای منشأ زمین زاد و مشترک بوده ولی در ارتباط با واحد های سنگی آهکی و تخریبی در منطقه می‌باشند.

فصل ششم

کیفیت منابع آب دشت

۱-۶ مقدمه

هدف اصلی این مطالعه بررسی تغییرات کیفیت منابع آب دشت و ارزیابی عوامل تأثیر گذار بر آن از قبیل زمین‌شناسی، شهرسازی، صنعت، لندفیل، کشاورزی و سایر منابع مؤثر، می‌باشد. جدول (۱-۶) نشان‌دهنده غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی و همچنین مقادیر pH و EC در نمونه‌های آب می‌باشد. جدول (۲-۶) نیز غلظت عناصر سنگین مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

در فصل جاری به بررسی همبستگی میان غلظت عناصر و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در منابع آب، چگونگی و نحوه پراکندگی عناصر و سایر خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب، تیپ و رخساره منابع آب و روند تغییرات آن در سطح دشت، شاخص اشباع شدگی برخی از کانی‌های مهم و تغییرات آنها در منطقه مورد بررسی، پرداخته شده است. شایان ذکر می‌باشد که نحوه پراکنش مقادیر پارامترها و غلظت عناصر در منابع آب دشت در محیط GIS بر روی نقشه تهیه شده از کاربری اراضی و آبراهها پیاده شده و مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه شاخص اشباع شدگی برای برخی از کانی‌های اصلی در آب محاسبه و مورد بررسی قرار گرفته و در انتها نیز شاخص آلودگی فلزی برای هر نمونه آب گردیده است.

۲-۶ همبستگی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و برخی عناصر در منابع آب

همبستگی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و برخی از عناصر در منابع آب منطقه در جدول (۳-۶) آورده شده است. در این مطالعه همبستگی‌هایی که ضریبی بالاتر از ۰/۶۰۰ دارند مورد نظر بوده و نشان از همبستگی خوبی می‌باشند. در این مطالعه EC همبستگی مثبت و بالایی با کلسیم (۰/۸۴۱)، منیزیم (۰/۸۳۸)، سدیم (۰/۷۹۲)، پتاسیم (۰/۷۰۰)، سولفات (۰/۷۷۶)، کلرید (۰/۷۷۳) و استرانسیوم (۰/۶۳۴) دارد که نشان‌دهنده تأثیر بالای این یون‌ها و عناصر در روند تغییرات EC می‌باشد.

فصل ششم - کیفیت منابع آب دشت

جدول ۶-۱ غلظت آنیون و کاتیونهای اصلی در نمونه های آب دشت

شماره نمونه	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	CL ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)
W01	8.01	374.00	27.81	9.11	76.47	1.44	157.50	73.04	39.16	9.17
W02	7.81	308.00	32.02	17.34	27.25	1.23	137.60	40.54	34.20	9.80
W03	7.90	394.00	32.98	23.26	40.70	1.60	192.70	59.30	33.65	2.62
W04	7.21	632.00	34.00	37.00	50.00	3.00	162.40	71.65	75.43	55.43
W05	6.91	1187.00	64.00	62.00	103.00	4.00	275.60	154.50	139.50	64.98
W06	7.58	830.00	75.72	53.99	69.64	2.16	298.00	93.11	107.40	54.13
W07	7.39	773.00	91.61	66.87	87.47	2.60	370.00	119.40	148.90	51.67
W08	7.66	1065.00	91.07	73.17	98.59	3.10	379.40	114.80	188.80	62.32
W09	6.98	524.00	30.00	23.00	50.00	2.00	169.70	60.93	56.18	20.83
W10	7.12	453.00	62.00	83.00	102.00	1.00	358.30	255.40	99.44	1.62
W11	8.48	4843.00	53.00	154.90	2140.00	7.74	2803.00	1650.00	997.90	14.71
W12	7.73	1125.00	47.58	32.24	137.70	1.60	273.70	137.30	114.70	11.68
W13	7.70	885.00	58.44	43.26	267.60	2.21	486.80	182.40	198.70	14.13
W14	7.90	2700.00	92.71	80.64	351.70	4.02	396.40	375.00	427.00	14.40
W15	7.10	505.00	36.00	20.00	45.00	2.00	153.60	52.04	65.69	25.94
W16	7.60	2400.00	49.76	40.46	179.40	2.84	219.60	180.00	219.80	13.89
W17	7.50	2580.00	129.50	87.91	261.70	3.73	495.80	365.00	310.00	13.53
W18	7.40	2690.00	69.89	88.09	335.80	2.61	280.00	392.30	430.00	13.58
W19	7.30	4100.00	147.90	109.30	331.40	4.10	489.30	423.70	490.00	13.28
W20	7.40	6800.00	149.60	97.91	381.80	3.79	498.90	350.00	597.30	12.65
W21	7.12	430.00	20.00	17.00	51.00	2.00	98.90	54.99	67.42	4.72
W22	7.02	311.00	32.00	29.00	63.00	3.00	197.20	85.91	78.54	7.68
W23	7.07	661.00	42.00	28.00	62.00	0.02	75.70	104.70	127.00	9.90
W24	7.18	578.00	20.00	11.00	35.00	1.00	58.70	52.65	49.41	2.51
W25	7.69	673.00	49.97	42.74	75.74	1.91	310.00	75.92	81.63	23.32
W26	7.05	417.00	22.00	18.00	43.00	2.00	127.40	49.35	51.03	11.94
W27	7.48	989.00	19.00	54.22	98.45	2.00	164.32	134.56	132.12	12.40
W28	8.10	1023.00	20.00	62.00	129.00	0.40	203.90	157.90	156.50	24.62
W29	7.55	524.00	36.64	33.82	80.80	3.33	275.70	66.32	68.42	19.67
W30	7.48	615.00	38.00	28.00	56.00	2.00	189.70	72.87	70.39	8.18
W31	7.47	583.00	26.00	20.00	72.00	2.00	102.60	94.41	88.05	6.01
W32	7.23	554.00	26.00	28.00	59.00	3.00	169.10	73.38	69.80	11.41
W33	7.18	594.00	24.00	22.00	66.00	3.00	113.50	89.72	83.56	6.79
W34	7.49	739.00	36.00	40.00	81.00	3.00	204.60	120.30	102.80	7.56
W35	7.27	761.00	36.00	28.00	88.60	4.00	149.40	126.10	100.10	5.45
W36	8.49	773.00	48.00	35.00	78.00	3.00	299.30	27.34	97.87	7.68
W37	7.16	516.00	22.00	13.00	70.00	2.00	111.50	67.60	70.33	5.38
W38	7.31	1015.00	60.00	40.00	99.00	7.00	139.30	238.30	123.60	6.88
W39	7.00	881.00	32.00	25.00	132.00	3.00	138.00	165.00	130.50	7.22
W40	7.12	1019.00	68.00	50.00	91.00	4.00	152.60	281.50	99.25	5.20
W41	7.47	494.00	24.00	20.00	60.00	4.00	167.00	102.30	19.13	7.99
W42	7.13	1726.00	108.00	79.00	142.00	5.00	169.30	247.30	328.30	4.27
W43	7.08	653.00	52.00	26.00	56.00	2.00	113.90	159.90	71.60	2.31
W44	7.65	6935.00	232.10	120.30	3690.00	7.91	937.80	956.00	4725.00	5.57
W45	7.80	4141.00	206.83	148.37	2896.00	6.86	1174.00	906.39	3785.00	9.91
W46	7.90	5920.00	236.90	168.30	3086.00	8.34	1258.00	901.50	4001.00	6.98
W47	6.99	351.00	32.00	17.00	23.00	2.00	196.00	45.96	11.58	2.09
W48	6.96	577.00	51.00	35.00	34.00	3.00	329.00	88.70	17.78	4.62

جدول ۶-۲ غلظت عناصر و فلزات سنگین مورد بررسی در نمونه‌های آب دشت بر حسب (ppb)

شماره نمونه	Cr	Cu	V	Zn	P	Sr	Pb
W01	≤ 3	22.25	≤ 1	67.95	264.51	524.72	≤ 10
W02	≤ 3	2.21	≤ 1	15.44	126.51	1498.26	≤ 10
W03	≤ 3	≤ 1	≤ 1	12.87	192.73	943.32	≤ 10
W04	3.08	≤ 1	≤ 1	15.86	242.19	2524.32	≤ 10
W05	≤ 3	3.61	1.00	≤ 5	204.23	1392.12	≤ 10
W06	3.02	3.40	≤ 1	17.88	203.99	3271.81	≤ 10
W07	≤ 3	1.15	≤ 1	25.79	229.75	3433.34	≤ 10
W08	≤ 3	2.52	≤ 1	25.94	234.51	3069.94	≤ 10
W09	3.35	7.42	2.08	15.98	144.19	1279.19	≤ 10
W10	≤ 3	25.17	≤ 1	278.70	144.12	6070.00	≤ 10
W11	≤ 3	3.35	≤ 1	323.24	117.15	5770.70	≤ 10
W12	≤ 3	2.87	3.00	21.27	150.78	2195.47	≤ 10
W13	≤ 3	1.20	2.70	17.27	198.57	3082.78	≤ 10
W14	≤ 3	3.10	≤ 1	11.32	211.83	1296.01	≤ 10
W15	3.67	1.28	≤ 1	28.58	352.47	2260.00	≤ 10
W16	≤ 3	2.99	≤ 1	5.53	213.77	2252.00	≤ 10
W17	≤ 3	1.31	≤ 1	13.26	214.40	3931.30	≤ 10
W18	≤ 3	3.19	≤ 1	5.73	192.73	4012.10	≤ 10
W19	≤ 3	2.71	≤ 1	6.60	189.45	4659.12	≤ 10
W20	≤ 3	2.53	≤ 1	34.01	179.11	4613.74	≤ 10
W21	4.32	1.86	≤ 1	19.51	262.91	1230.00	≤ 10
W22	3.76	3.57	≤ 1	36.72	222.88	1210.00	≤ 10
W23	5.66	2.42	2.05	29.04	282.86	1840.00	≤ 10
W24	9.69	1.88	2.47	36.66	275.44	1760.00	≤ 10
W25	≤ 3	2.88	4.30	22.08	124.90	1595.86	≤ 10
W26	4.58	1.34	3.23	16.84	214.10	1540.00	≤ 10
W27	6.81	9.05	6.37	56.64	386.36	950.00	≤ 10
W28	≤ 3	2.70	1.61	32.61	386.12	590.00	≤ 10
W29	≤ 3	1.02	4.08	18.07	132.47	1576.55	≤ 10
W30	5.20	2.72	3.09	52.47	285.44	1250.00	≤ 10
W31	8.09	5.18	3.40	58.53	280.74	1490.00	≤ 10
W32	5.45	1.93	4.01	33.41	268.00	1430.00	≤ 10
W33	8.44	3.49	3.46	23.81	269.11	1210.00	≤ 10
W34	10.37	2.97	≤ 1	27.59	223.84	1333.00	≤ 10
W35	≤ 3	2.36	≤ 1	≤ 5	166.52	396.23	≤ 10
W36	14.44	4.86	≤ 1	49.97	370.46	1785.50	≤ 10
W37	≤ 3	3.90	≤ 1	8.61	185.54	377.24	≤ 10
W38	≤ 3	3.62	≤ 1	6.57	182.44	266.42	≤ 10
W39	4.06	2.78	≤ 1	6.30	233.42	1177.26	≤ 10
W40	≤ 3	3.29	≤ 1	19.53	146.32	745.05	≤ 10
W41	≤ 3	2.90	≤ 1	19.85	145.93	970.51	≤ 10
W42	≤ 3	2.89	≤ 1	23.60	144.11	870.21	≤ 10
W43	≤ 3	3.29	≤ 1	9.89	142.45	656.01	≤ 10
W44	≤ 3	7.42	≤ 1	35.81	310.91	5190.00	≤ 10
W45	3.15	5.34	≤ 1	32.23	365.82	5759.00	≤ 10
W46	5.40	2.33	≤ 1	19.19	333.96	5811.00	≤ 10
W47	≤ 3	3.16	≤ 1	9.67	99.84	185.83	≤ 10
W48	≤ 3	3.09	≤ 1	≤ 5	172.75	473.83	≤ 10

جدول ۳-۶ مقادیر همبستگی بین پارامترهای فیزیوشیمیایی و عناصر مورد بررسی در آب دشت

	pH	EC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Cr	Cu	V	Zn	P	Sr
pH	1															
EC	0.307	1														
Ca ²⁺	0.158	0.841	1													
Mg ²⁺	0.363	0.838	0.825	1												
Na ⁺	0.358	0.792	0.729	0.743	1											
K ⁺	0.206	0.700	0.661	0.712	0.741	1										
HCO ₃ ⁻	0.516	0.649	0.421	0.772	0.722	0.643	1									
SO ₄ ²⁻	0.401	0.776	0.602	0.846	0.823	0.751	0.921	1								
Cl ⁻	0.257	0.773	0.802	0.683	0.962	0.687	0.523	0.668	1							
NO ₃ ⁻	0.018	-0.054	0.057	0.138	-0.105	-0.028	0.034	-0.092	-0.101	1						
Cr	0.557	-0.14	-0.115	-0.090	-0.012	-0.056	-0.008	-0.139	-0.012	-0.329	1					
Cu	0.079	-0.08	-0.051	0.004	0.028	-0.154	-0.012	0.005	0.027	-0.166	0.042	1				
V	0.302	-0.342	-0.358	-0.309	-0.305	-0.194	-0.161	-0.488	-0.316	-0.239	0.273	0.344	1			
Zn	0.294	0.152	-0.050	0.390	0.261	0.155	0.647	0.543	0.063	-0.099	0.471	0.526	0.451	1		
P	0.141	0.164	0.008	-0.036	0.252	0.016	0.148	0.131	0.241	-0.218	0.063	0.068	-0.038	0.043	1	
Sr	0.155	0.634	0.727	0.688	0.53	0.292	0.387	0.422	0.574	0.195	-0.069	0.19	-0.125	0.256	0.235	1

pH در نمونه های آب دشت همبستگی مناسبی با پارامترهای فیزیکوشیمیایی و عناصر در آب ندارند و تنها اندک همبستگی با HCO_3^- (۰/۵۱۶) از خود نشان می دهد.

همبستگی خوب بین کلسیم با سولفات (۰/۶۰۲)، سدیم (۰/۷۲۹)، پتاسیم (۰/۶۶۱)، کلر (۰/۸۰۲)، منیزیم (۰/۸۲۵) و استرانسیم (۰/۷۲۷) می تواند بیانگر نقش بیشتر و عمده واحدهای گچی، نمکی، شیل و مارن در شوری آب منطقه باشد. به طور خاص باید در خصوص استرانسیم عنوان داشت که همبستگی بسیار خوب آن با کلسیم ناشی از شباهت رفتار ژئوشیمیایی آنها می باشد.

منیزیم علاوه بر کلسیم و EC، همبستگی خوبی با سدیم (۰/۷۴۲)، پتاسیم (۰/۷۱۲)، بی کربنات (۰/۷۷۲)، سولفات (۰/۸۴۶)، کلر (۰/۶۸۳) و استرانسیم (۰/۶۸۸) نشان می دهد که می تواند نشانگر شباهت رفتاری بسیار زیاد منیزیم با کلسیم در محیط آبگین باشد. همبستگی مثبت و بالایی بین منیزیم با EC (۰/۸۳۸)، کلسیم (۰/۸۲۵)، سدیم (۰/۷۴۳)، پتاسیم (۰/۷۱۲)، بی کربنات (۰/۷۷۲)، سولفات (۰/۸۴۶)، کلر (۰/۶۸۳) و استرانسیم (۰/۶۸۸) در نمونه های آب مشاهده می شود.

سدیم علاوه بر کلسیم، منیزیم و EC، با کلر (۰/۹۶۲)، سولفات (۰/۸۲۳)، بی کربنات (۰/۷۲۲) و پتاسیم (۰/۷۴۱) همبستگی خوبی نشان می دهد.

پتاسیم علاوه بر همبستگی های طبیعی با EC، کلسیم، منیزیم، سدیم و بی کربنات همبستگی مناسبی با سولفات (۰/۷۵۱) و کلر (۰/۶۸۷) نشان می دهد. بی کربنات علاوه بر همبستگی مناسبی که با کاتیون های اصلی در آب نشان می دهد با سولفات (۰/۹۲۱) نیز همبستگی بسیار مناسبی نشان می دهد. همبستگی بی کربنات و روی (۰/۶۴۷) نیز در نمونه های آب قابل قبول و معنادار است.

استرانسیم در این مطالعه همبستگی نسبتاً بالایی با EC (۰/۶۳۴)، کلسیم (۰/۷۲۷) و منیزیم (۰/۶۸۸) نشان می دهد که با توجه به چگونگی پراکندگی واحدهای زمین شناسی و خصوصیات ژئوشیمیایی استرانسیم قابل توجیه می باشد.

در مجموع بجز موارد ذکر شده در مورد روی و استرانسیوم فلزات سنگین همبستگی مناسبی با پارامترها و عناصر مورد بررسی نشان نمی‌دهند (جدول ۶-۳).

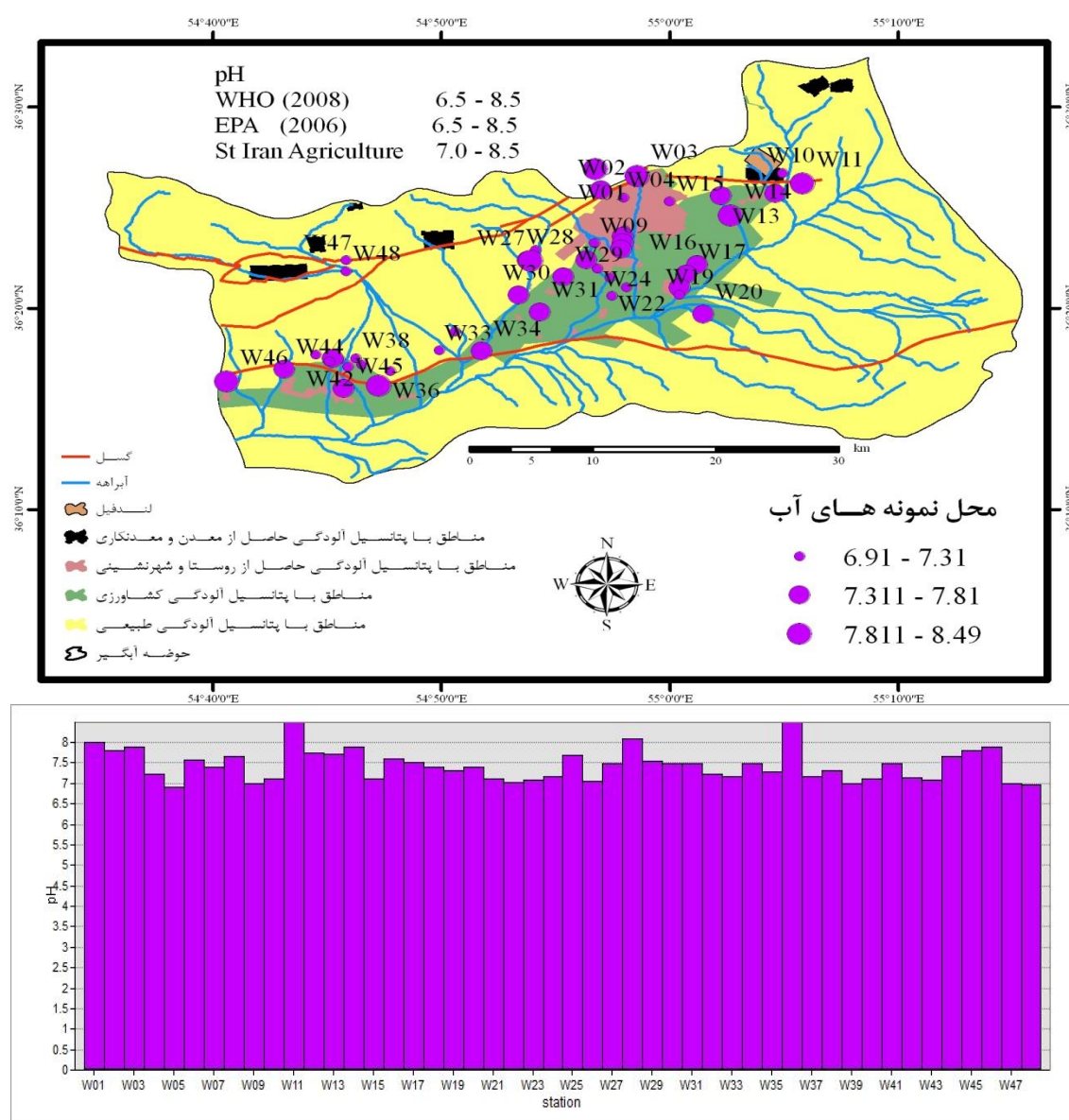
۶-۳ بررسی تغییرات برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی در منابع آب دشت

۶-۳-۱ pH

روند تغییرات و پراکنش pH در منابع آب مورد بررسی در دشت در شکل (۶-۱) آورده شده است. یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر روی انحلال پذیری عناصر در آب pH می باشد. کمترین مقدار pH در نمونه های مورد بررسی در W05 (۶/۹۱) در پایین دست شهرک فرهنگیان می باشد. بالا بودن مقدار نیترات در آب این محل می تواند ناشی از تأثیر کشاورزی، نشت فاضلابهای شهری و سایر منابع آلاینده در آب باشد که در مجموع باعث کاهش pH در آب شده است. نقطه W09 نیز با pH (۶/۹۸) نسبت به سایر نقاط شهری pH پایین تری داشته و می تواند متأثر از نشت فاضلاب شهری و چاههای جذبی فاضلاب در محل باشد. دو نقطه W47 (۶/۹۹) و W48 (۶/۹۶) مقادیر pH کمی را نسبت به سایر ایستگاهها دارا می باشند که به دلیل قرار گیری این منابع آب در نزدیکی سازندهای شیل و مارنی شمشک و سایر سازندهای البرز، می باشد.

بالترین pH در نمونه های آب منطقه مربوط به W36 (۸/۴۹) می باشد. به علت قرارگیری این چاه در نزدیکی خروجی حوضه و افزایش املاح کربناته و گچ در آب و با توجه به اینکه EC خاک در محل خروجی حوضه بیشترین مقدار را دارا می باشد و همچنین به علت نشت شورابه های قلیایی آب در خروجی حوضه به این چاه، pH در این محل به شدت افزایش یافته است. افزایش نسبتاً زیاد pH در دو نمونه همجوار یعنی W36 (۸/۴۹) نسبت به W35 (۷/۲۷) نشان دهنده تغییرات عمده در نوع و جنس آبخوان در این محل می باشد. نمونه W11 (۸/۴۸) pH بالایی را دارا می باشد. در این محل نیز می توان نقش سازندهای گچ دار در افزایش pH را در نظر گرفت. فعالیتهای کشاورزی در منطقه نیز

باعث اندک کاهش pH در منابع آب شده است که با توجه به نفوذ آلاینده‌های کشاورزی به خاک و متعاقباً به داخل آب قابل توجهی می‌باشد. با توجه به لیتولوژی منطقه در حوالی لندفیل که عمدتاً رسی، گچی و آهکی می‌باشند علاوه بر اینکه خود باعث افزایش pH در آب این منطقه شده، نفوذپذیری پایین خاک منطقه باعث عدم نفوذ شیرابه‌های لندفیل به منابع آب شده و در نتیجه pH در آب این منطقه تغییر چندانی نکرده است. در مجموع pH تمامی منابع آب مورد بررسی در منطقه در محدوده استاندارد (EPA(2006) و WHO(2008) قرار می‌گیرند.



شکل ۶-۱ مقدار و پراکندگی pH در آب زیرزمینی منطقه

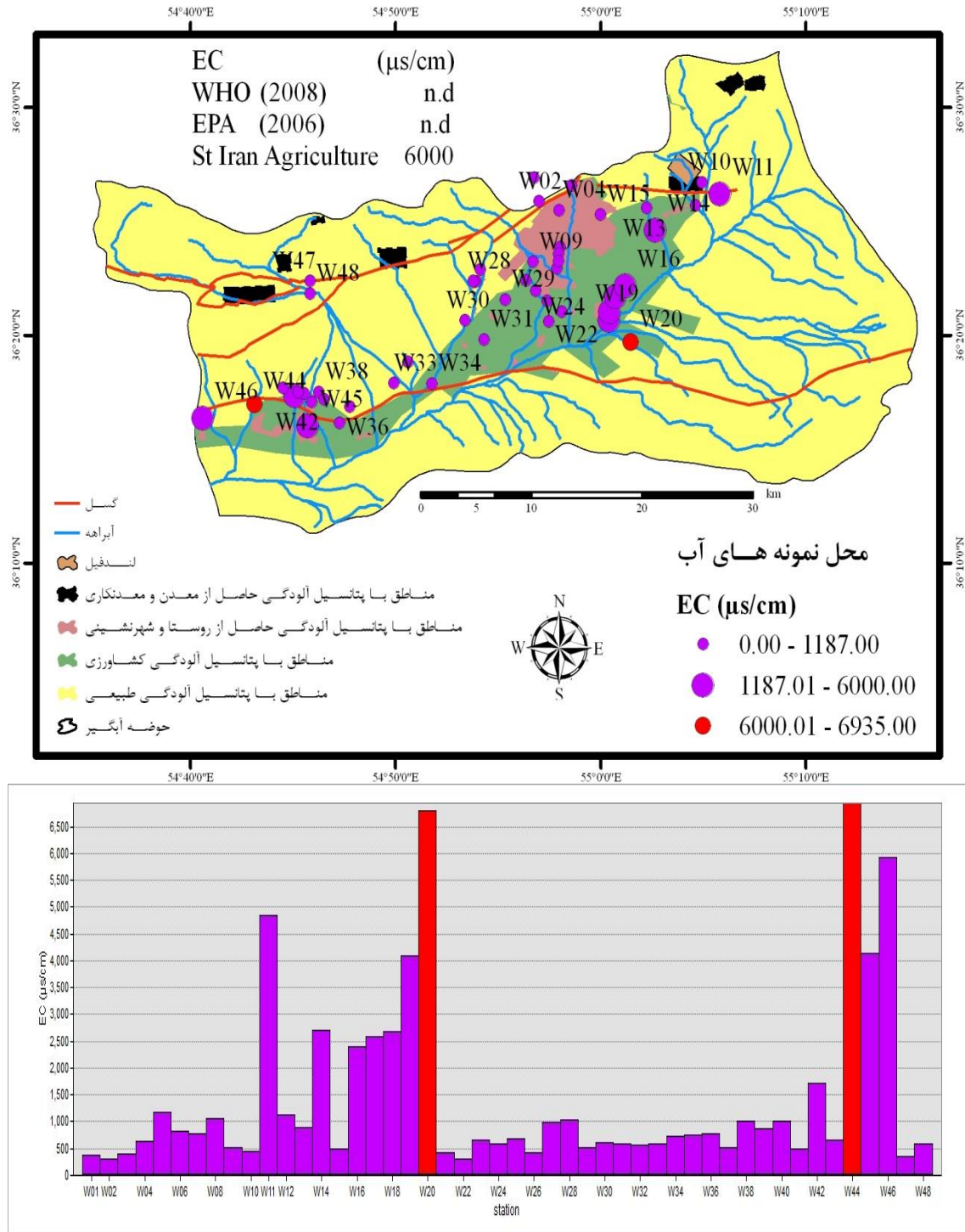
۶-۳-۲ هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی شاخصی کلی برای اندازه گیری کیفیت آب است که ناشی از خاصیت رسانایی جریان الکتریسیته در محیط آبگین می باشد (Hounslow, 1995) که با افزایش مواد محلول در آب افزایش می یابد. در استانداردهای WHO(2008) و EPA(2006) حد مجازی برای EC مشخص نشده است. در استاندارد کشاورزی سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۱۳۷۳) مقدار استاندارد EC برای کشاورزی $6000 \mu\text{s/cm}$ تعیین شده است.

مقادیر و نحوه پراکنش EC در منابع آب نمونه برداری شده از دشت در شکل (۶-۲) آورده شده است. کمترین EC در آب منطقه مربوط به نمونه W02 ($308 \mu\text{s/cm}$) می باشد. W44 ($6935 \mu\text{s/cm}$) و W20 ($6800 \mu\text{s/cm}$) دو نمونه آبی هستند که بالاترین مقدار EC را به خود اختصاص داده و خارج از حد استاندارد برای کشاورزی قرار می گیرند. نمونه W20 در حاشیه جنوبی دشت و در مجاورت با واحدهای تخریبی گچ و نمک دار معادل قرمز و قم قرار گرفته است که محلول شدن گچ و نمک در بالادست این چاه باعث افزایش بیش از حد EC در این نمونه گردیده است. چاه W44 نیز وضعیتی مشابه داشته و بیشترین مقدار EC را به خود اختصاص داده است، این چاه دقیقاً بر روی گسل کواترنری شمال دامغان در شمال روستای کلاته ملا واقع شده است. وجود شهرک صنعتی در محل نمونه های W26 تا W28 باعث افزایش EC از ۴۱۷ میکروموس بر سانتی متر در W26 به ۱۰۲۳ $\mu\text{s/cm}$ در نمونه W28 شده است. که می توان ورود پساب های صنعتی به آب های زیرزمینی در این منطقه را بر افزایش EC مؤثر دانست.

با توجه به اینکه نقش اصلی در افزایش EC منطقه توسط آنیون و کاتیونهای اصلی ناشی از واحدهای زمین شناسی عمدتاً شور ایفا می گردد به طور کلی می توان بیان داشت که فعالیتهای کشاورزی بر روی منابع آب در این دشت تأثیر چندانی نداشته است. همچنین مقدار EC در نمونه های آب زیرزمینی

شهری نیز تغییری از خود نشان نمی‌دهد و باید اشاره نمود که شهرسازی تأثیر چندانی بر مقدار این پارامتر در منطقه مورد مطالعه نداشته است.



شکل ۶-۲ مقدار و پراکندگی EC در آب زیرزمینی منطقه

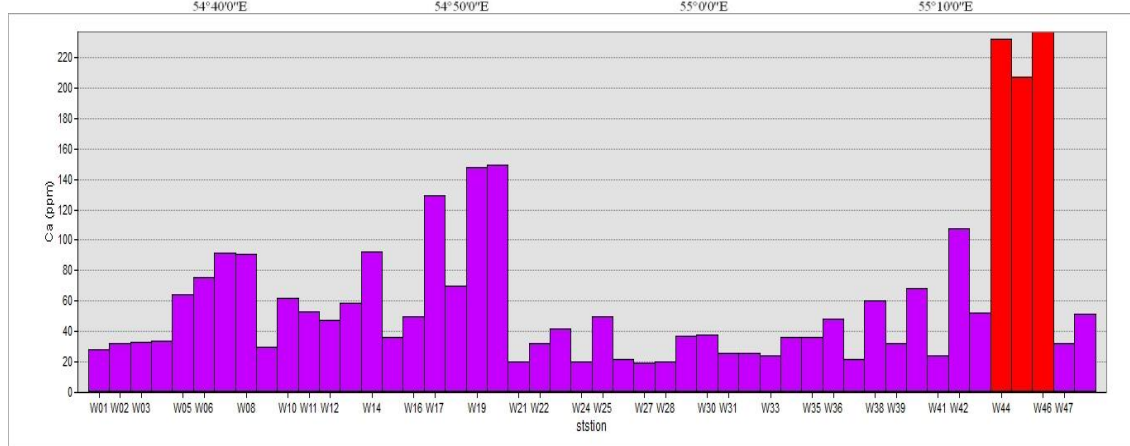
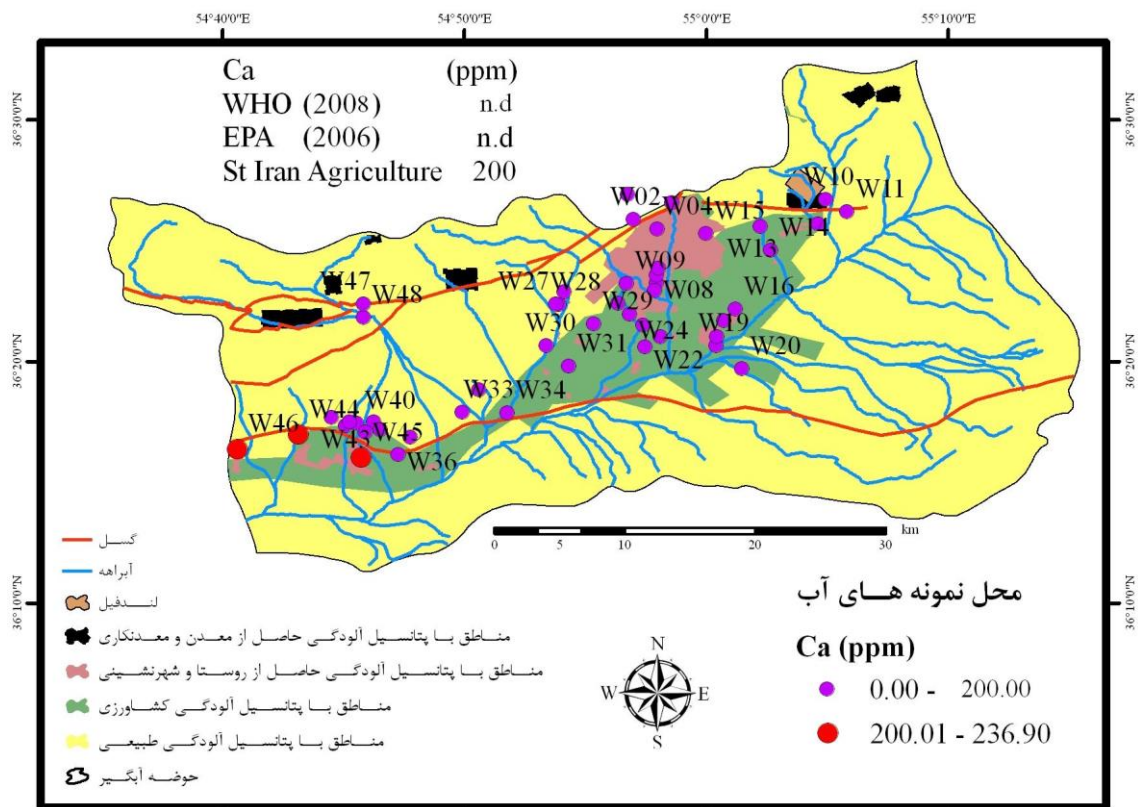
روند افزایش EC از W16 ($2400 \mu\text{s/cm}$) تا W20 ($6800 \mu\text{s/cm}$) نشان از نزدیک شدن به محل واحدهای گچ و نمکدار در نقطه W20 می باشد. همانگونه که از نقشه زمین شناسی منطقه مشخص است همجواری با واحدهای معادل قرمز و قم می تواند باعث افزایش یون های محلول خصوصاً سولفات، کلرید و کلسیم در آب زیرزمینی و افزایش EC در آبخوان شود. در مجموع باید بیان داشت که روند افزایش EC در جهت حرکت آب زیرزمینی یعنی از شمال شرق به سمت مرکز و جنوب غرب دشت بوده و بویژه در جهت حرکت به سمت واحدهای گچ دار در جنوب منطقه افزایش EC به شدت چشمگیر می باشد.

۴-۶ تغییرات غلظت آنیون ها و کاتیون های اصلی در منابع آب دشت

۱-۴-۶ کلسیم

یکی از رایج ترین یون های محلول در آب های زیرزمینی Ca^{2+} می باشد. در منطقه مورد مطالعه که تشکیلات آهکی گسترش زیادی دارند این یون درصد بالایی از اجزای محلول در آب را شامل می شود. EPA(2006), WHO(2008) و استاندارد ملی ایران (۱۰۵۳) برای حد مجاز کلسیم در آب آشامیدنی مقداری در نظر گرفته نشده است، اداره حفظ محیط زیست ایران نیز برای حداکثر مجاز آب کشاورزی 200 ppm را در نظر گرفته است. مقادیر و نحوه پراکنش کلسیم در منابع آب دشت در شکل (۳-۶) آورده شده است.

در سه نقطه W44 (232 ppm)، W45 ($206/83 \text{ ppm}$) و W46 ($236/90 \text{ ppm}$) غلظت Ca بالاتر از حد استاندارد کشاورزی می باشد و در سایر نقاط غلظت آن پایینتر از حد استاندارد است. این سه نقطه در پایین دست گسل شمال دامغان می باشند. این گسل بر روی اکثر پارامترهای کیفی آب زیرزمینی تأثیر زیادی گذاشته است و باعث افزایش غلظت سایر پارامترها همچون Na ، Cl ، Ca ، SO_4 و ... نیز شده است.



شکل ۳-۶ مقدار و پراکندگی یون کلسیم در آب زیرزمینی منطقه

کلسیم در نقطه W20 (۱۴۹/۶۰ ppm) روند افزایشی نشان می دهد. این روند افزایشی از نمونه W16 تا W20 می باشد. که دلیل آن نزدیک شدن به واحدهای تخریبی حاوی گچ و نمک می باشد. همبستگی مثبت کلسیم و سولفات (۰/۶۰۲) مؤید این نکته می باشد. روند افزایشی بین W05 (۹۱/۵۷ ppm) تا W08 (۶۴) نشان دهنده تأثیر شهرسازی بر روی غلظت Ca در آب می باشد. لازم به

ذکر است که این روند در راستای افزایش غلظت طبیعی کلسیم در جهت حرکت آب زیرزمینی نیز می‌باشد.

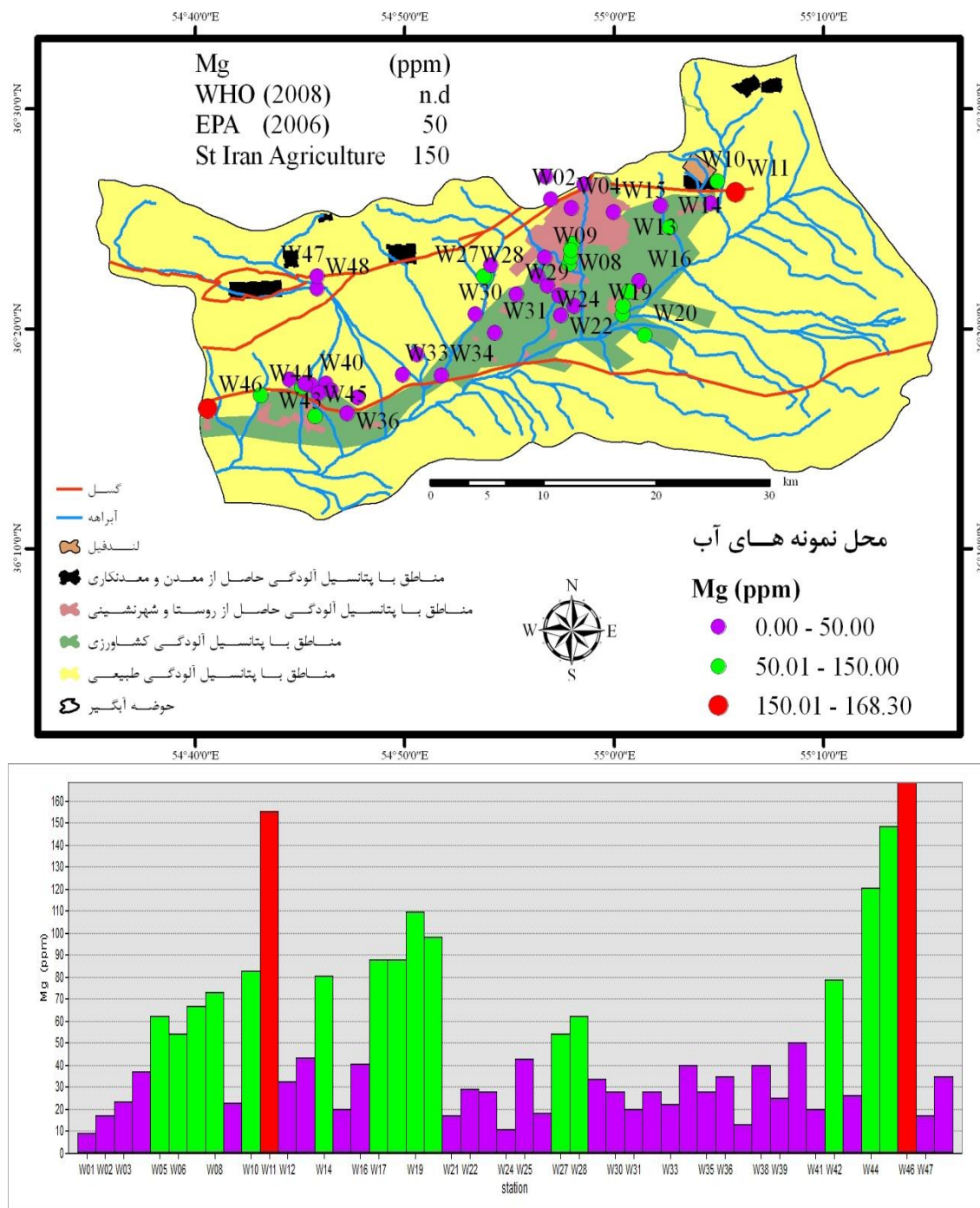
شهرک صنعتی بر روی غلظت کلسیم در آب تأثیر چندانی نداشته است و افزایش غلظت Ca در این محل (نمونه‌های W26 تا W28) روند طبیعی از خود نشان می‌دهد. فعالیتهای کشاورزی نیز در منطقه مورد مطالعه تأثیر محسوسی بر میزان غلظت کلسیم در آب نداشته است.

۶-۴-۲ منیزیم

تغییرات و نحوه پراکنش یون منیزیم در منابع آب دشت در شکل (۶-۴) آورده شده است. منشأ یون منیزیم در منطقه عموماً از سنگ‌های دولومیتی و سنگ‌های تبخیری حاوی Mg در جنوب منطقه می‌باشد. با توجه به اینکه EPA(2006) برای مقدار Mg آب آشامیدنی حد ۵۰ ppm و اداره محیط زیست ایران برای آب‌های کشاورزی ۱۵۰ ppm را به عنوان حد استاندارد در نظر گرفته‌اند، لذا دو نقطه W11 (۱۵۴/۹۰ ppm) و W46 (۱۶۸/۳۰ ppm) بالاتر از حد استاندارد کشاورزی می‌باشند. در محل سیلوی گندم شاهرود و شمال شرق دشت واقع شده است و این بخش بیشتر حاوی واحدهای گچ‌دار می‌باشد. با توجه به جدول همبستگی عناصر که منیزیم همبستگی مثبت با سولفات (۰/۸۴۶) دارد، می‌توان در یافت که Mg بیشتر از سنگ‌های گچ‌دار وارد آب زیر زمینی منطقه شده است. لذا با توجه به نزدیکی این چاه به چنین واحدهایی و همچنین بالا بودن pH (۸/۴۸)، می‌توان به محلول بودن گچ در این آب پی برد.

افزایش غلظت Mg در W46 را در درجه اول باید به حضور گسل ده ملا و جابجایی واحدهای زیرین و تغییر عمق آبخوان نسبت داد. عامل مؤثر دیگری که در این محل باعث افزایش غلظت Mg شده است، احتمالاً حضور سازندهای دولومیتی سلطانیه و باروت در شمال این منطقه می‌باشد. البته این عامل

آخر ذکر شده را می توان در نظر نگرفت زیرا با وجود فاصله کمتر W43 نسبت به این واحدها افزایش غلظت محسوسی در میزان Mg مشاهده نشده و تنها میزان غلظت آن W43 (۲۶ppm) می باشد.



با توجه به اینکه آب شاهد شهرک صنعتی که در بالادست این شهرک قرار دارد دارای غلظت پایینی از Mg می‌باشد (W26) (۱۸ ppm) و غلظت Mg در فاصله کوتاهی تا W27 (۵۴/۲۲ ppm) و W28 (۶۲ ppm) افزایش محسوسی پیدا می‌کند بنابر این می‌توان نتیجه گرفت که شهرک صنعتی بر غلظت Mg در آبهای زیرزمینی اثر گذاشته است. این موضوع در W27 نمود بیشتر داشته و افزایش ۳ برابری از خود نشان می‌دهد. شایان ذکر می‌باشد یکی از کارخانه‌های موجود در این شهرک کارخانه ایزوگام می‌باشد و مصرف پودر تالک (سیلیکات آهن و منیزیم) در صنعت ایزوگام را می‌توان یکی از دلایل افزایش منیزیم در نظر گرفت.

با توجه به اینکه نمونه‌های آب موجود در مناطق کشاورزی تغییرات خاصی نسبت به سایر نمونه‌ها از خود نشان نمی‌دهند می‌توان اظهار داشت که کشاورزی در این منطقه تأثیر چندانی بر غلظت منیزیم آب نداشته است.

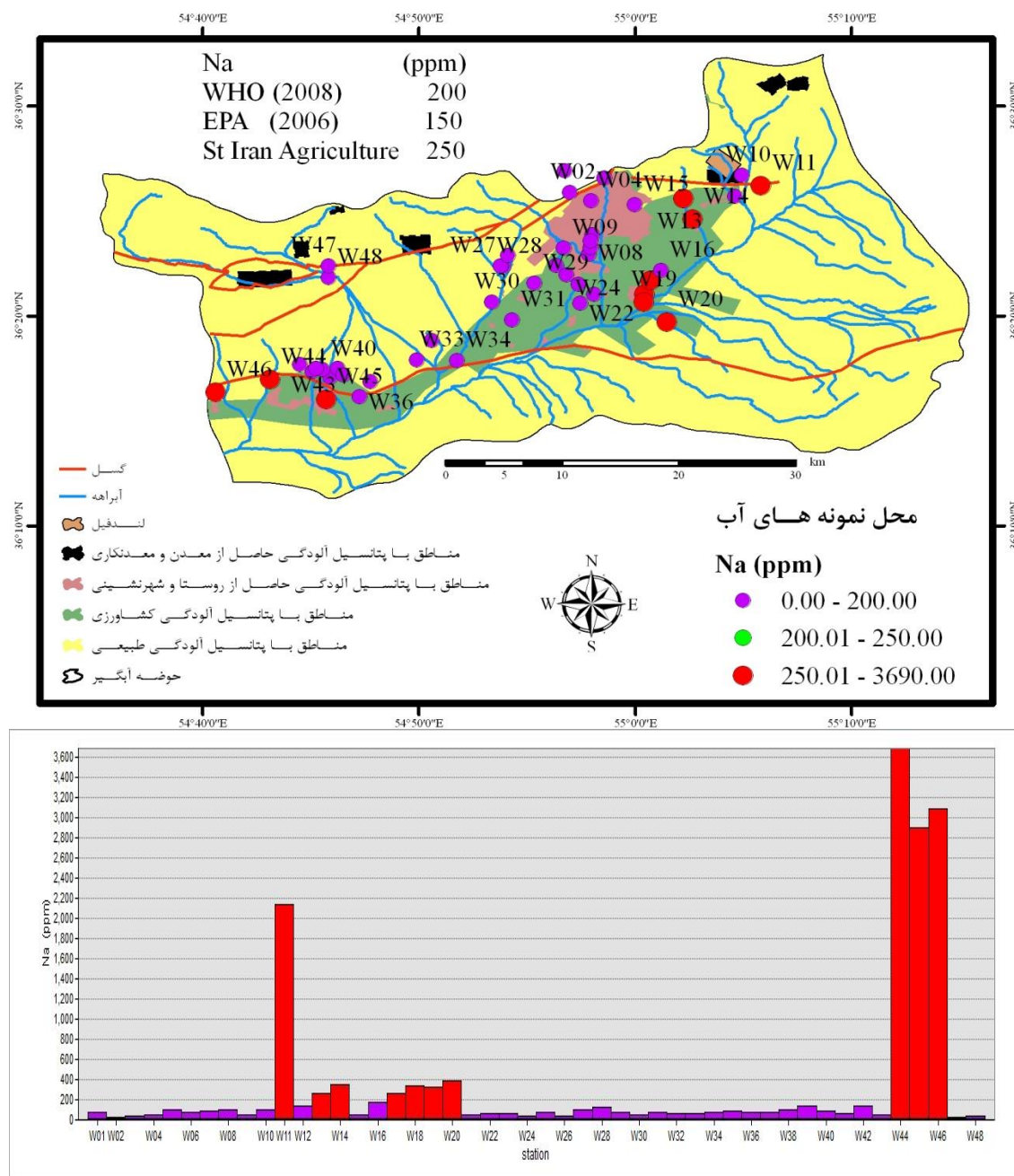
روند افزایشی Mg در نمونه‌های W05 تا W08 اثرات شهرسازی بر روی Mg را نشان می‌دهد. همچنین روند افزایشی منیزیم W16 (۴۰/۴۶ ppm) تا W19 (۱۰۹/۳ ppm) نیز حاکی از نزدیک شدن به سمت واحدهای گچ دار در جنوب دشت می‌باشد. در مجموع می‌توان عنوان کرد که عامل اصلی برای افزایش منیزیم در آب زیرزمینی عامل طبیعی بوده و همچون Ca این عنصر نیز بیشتر تحت تأثیر واحدهای گچ دار منطقه می‌باشند. علاوه بر این وجود گسل شمال دامغان و گسل جنوب لندفیل به شدت در کیفیت آب در این دو نقطه اثر منفی داشته است. همچنین وجود شهرک صنعتی به طور محسوسی غلظت Mg را در آب افزایش داده است.

۳-۴-۶ سدیم

با توجه به شکل ۵-۶ که تغییرات غلظت یون سدیم را در منابع آب نشان می‌دهد، سه نمونه W44 (۳۶۹۰ ppm)، W45 (۲۸۹۶ ppm) و W46 (۳۰۸۶ ppm) در منطقه ده‌ملا که همگی در پایین دست گسل ده‌ملا قرار دارند افزایش بسیار زیاد و تا ۱۴ برابر غلظت حد مجاز سدیم (WHO 2008) را نشان

فصل ششم - کیفیت منابع آب دشت

می‌دهند. افزایش غلظت سدیم می‌تواند سه دلیل عمده داشته باشد. با توجه به اینکه تمامی این غلظت‌های بسیار بالا در پایین دست گسل ده‌ملا قرار دارد؛ یکی از دلایل افزایش غلظت، وجود این گسل در منطقه می‌باشد. از طرف دیگر بواسطه اینکه این مکان در نزدیکی خروجی حوضه واقع شده



شکل ۵-۶ مقدار و پراکندگی یون سدیم در آب زیرزمینی منطقه

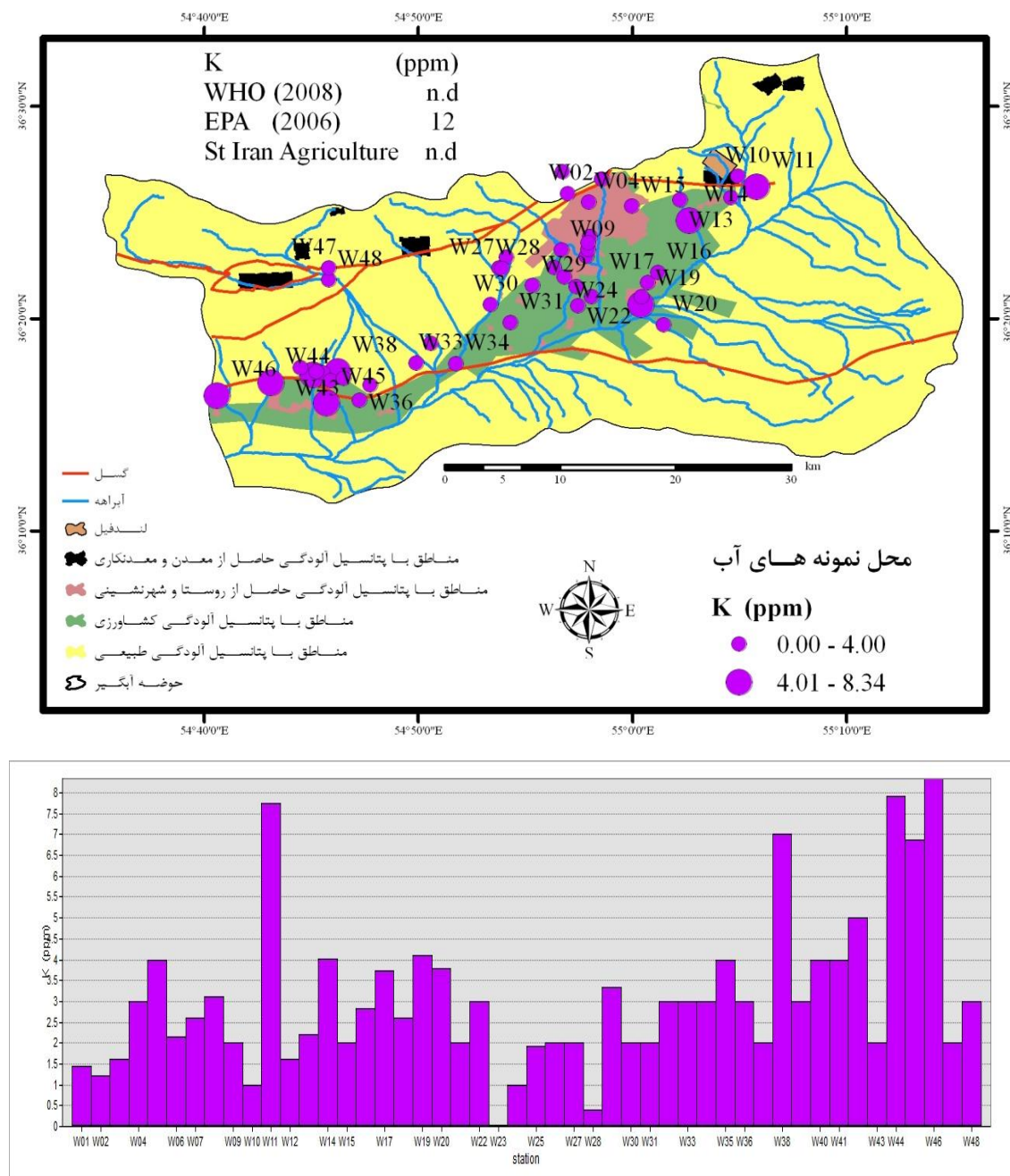
است و زهکشی حوضه به این سمت می باشد، جاری شدن آب به سمت منطقه و تبخیر شدن آب‌های منطقه باعث افزایش غلظت نمک ها خصوصاً NaCl در منطقه شده است و از طرف دیگر به علت کم شدن فاصله دشت نزدیک شدن این منابع آب به واحدهای تخریبی - تبخیری گچ و نمکدار در جنوب منطقه، افزایش املاح محلول در آب زیر زمینی خصوصاً سدیم که انحلال پذیری بالایی دارد را توجیه می نماید. شاهد این مطلب را می توان در افزایش غلظت در مکان های W16 تا W20 مشاهده کرد. سدیم در W11 حدود ۹ برابر (نسبت به استاندارد کشاورزی ایران) غلیظتر شده است، همانگونه که در بحث های گذشته عنوان شد نزدیکی با واحدهای نمکی در این منطقه باعث شور شدن آب شده است. نکته قابل ابهام در مورد چاه W12 می باشد. با توجه به اینکه موقعیت این چاه نیز شبیه به چاه های W13، W14 و W11 می باشد اما کیفیت مناسبی در رابطه با سدیم و سایر پارامترهای کیفی از خود نشان داده است. اختلاف بسیار زیاد کیفی آب W11 نسبت به آب های اطراف را باید اولاً در عمق زیاد چاه (۱۵۰ متر) و ثانیاً پمپاژ بسیار محدود این چاه جستجو کرد. به علت عمق بسیار زیاد این چاه واحدهای نمکی زیادی توسط آن قطع شده و همچنین به دلیل عدم پمپاژ و ماندگاری بیشتر آب زیرزمینی در مجاورت این واحدها افزایش بسیار محسوسی در غلظت Na مشاهده می شود. با توجه به اینکه جهت آب زیر زمینی از این محل به سمت W12 می باشد احتمالاً در طول مسیر رقیق شدگی صورت پذیرفته است.

۴-۴-۶ پتاسیم

شکل ۵-۶ تغییرات غلظت یون پتاسیم را در منابع آب نشان می دهد.

برای پتاسیم (WHO(2008 و استاندارد (۱۰۵۳) ایران حد مجازی تعیین نکرده اند اما (EPA(2006 مقدار ۱۲ ppm را برای آب آشامیدنی در نظر گرفته است بنابراین با توجه به اینکه حداکثر غلظت پتاسیم در آب منطقه W46 (۸/۳۴ppm) می باشد لذا از لحاظ کیفیت پتاسیم تمامی آب ها در حد

مطلوب آب آشامیدنی در منابع آب زیرزمینی دشت می باشند. هماهنگی افزایش غلظت پتاسیم در چاههای W11 و W44، W45، W46 را می توان نشان دهنده همبستگی بالای بین سدیم و پتاسیم در آب دانست (شکل ۶-۶).



شکل ۶-۶ مقدار و پراکندگی یون پتاسیم در آب زیرزمینی منطقه

۴-۵-۶ کربنات و بی کربنات

یون کربنات و بی کربنات موجود در آب زیرزمینی یا ناشی از حل شدن CO₂ اتمسفر در آب است و یا ناشی از کربنات موجود در سنگ های کربناته (دولومیت و کلسیت). یون کربنات در pH های بالاتر از ۸/۲ در آب ظاهر می شود. با توجه به پایین بودن مقدار این یون در آب و پایین بودن مقدار pH در اکثر نمونه ها تنها در نمونه W11 مقدار ناچیزی از خود نشان داد که نسبت به مقدار بی کربنات در منطقه قابل اغماض می باشد و حذف شد.

با توجه به اینکه هیچ استاندارد برای مقدار بی کربنات آب وجود ندارد، برای نمایش میزان غلظت آن در سطح دشت تنها به طبقه بندی آماری آن پرداخته شده است.

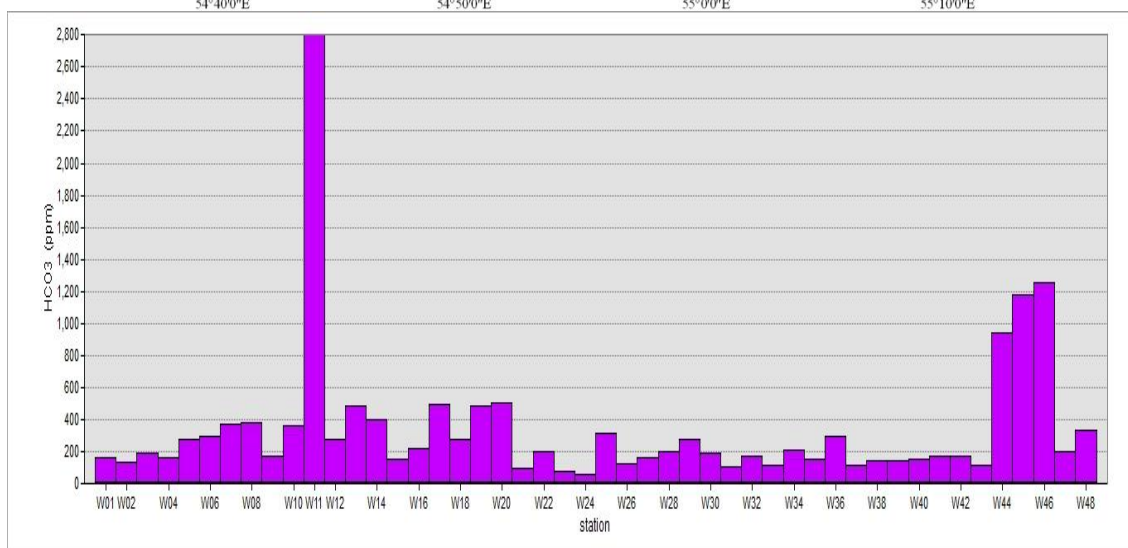
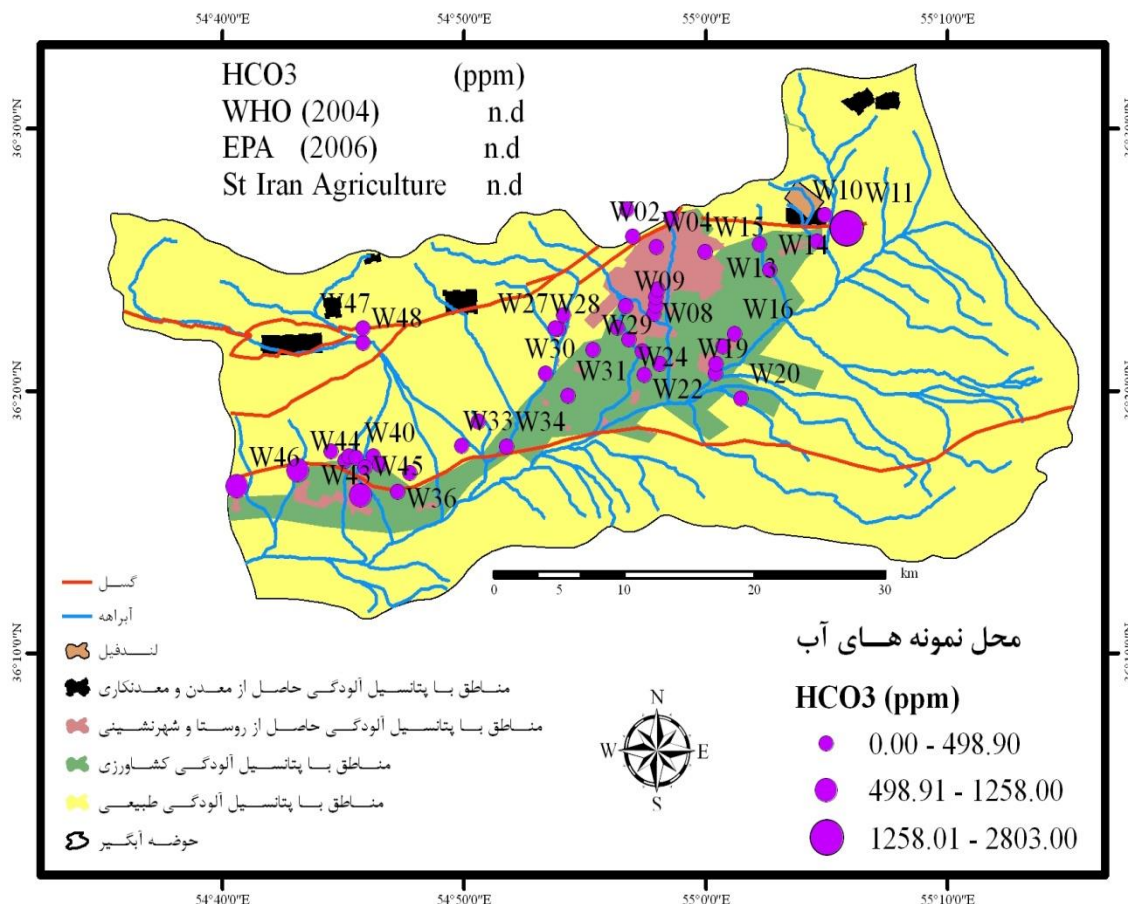
با توجه به شکل (۶-۷) غلظت بی کربنات در W11 (۲۸۰۳ ppm) افزایش بسیار زیادی نشان می دهد که هماهنگی زیادی با کاتیون های Ca، Mg و Na نشان داده و ناشی از حل شدگی بالای کربنات ها در این نقطه می باشد. همچنین W44 (۹۳۷/۸ppm) ، W45 (۱۱۷۴ppm) و W46 (۱۲۵۸ppm) نیز همبستگی خوبی با کاتیون های اصلی از خود نشان می دهد.

همانند کلسیم، منیزیم و دیگر پارامترهای کیفی آب در این نقاط که مرتبط با تغییرات ایجاد شده توسط گسل شمال دامغان و نزدیک شدن دشت به خروجی حوضه و همچنین همجواری دشت با واحدهای شور جنوب و جنوب غربی منطقه می باشد بی کربنات نیز در این نقاط افزایش چشم گیری از خود نشان می دهد.

با توجه به روند افزایشی طبیعی بی کربنات در نمونه های W26 تا W28 می توان عنوان داشت که شهرک صنعتی تأثیر مستقیمی بر روی بی کربنات آب نداشته است. فعالیتهای کشاورزی در منطقه نیز تأثیر محسوسی بر مقدار بی کربنات آب در منطقه نداشته است. همچنین مقدار غلظت بی کربنات در آب زیرزمینی شهر نیز تغییر نقطه ای نداشته است و نشان از روند طبیعی این افزایش در نمونه های W04 تا W08 است. در مجموع با توجه به جهت کلی حرکت آب زیرزمینی در دشت از شمال شرق

به جنوب و جنوب غرب مقدار بی کربنات از بالا دست به سمت پایین دست افزایش طبیعی نشان می-

دهد.



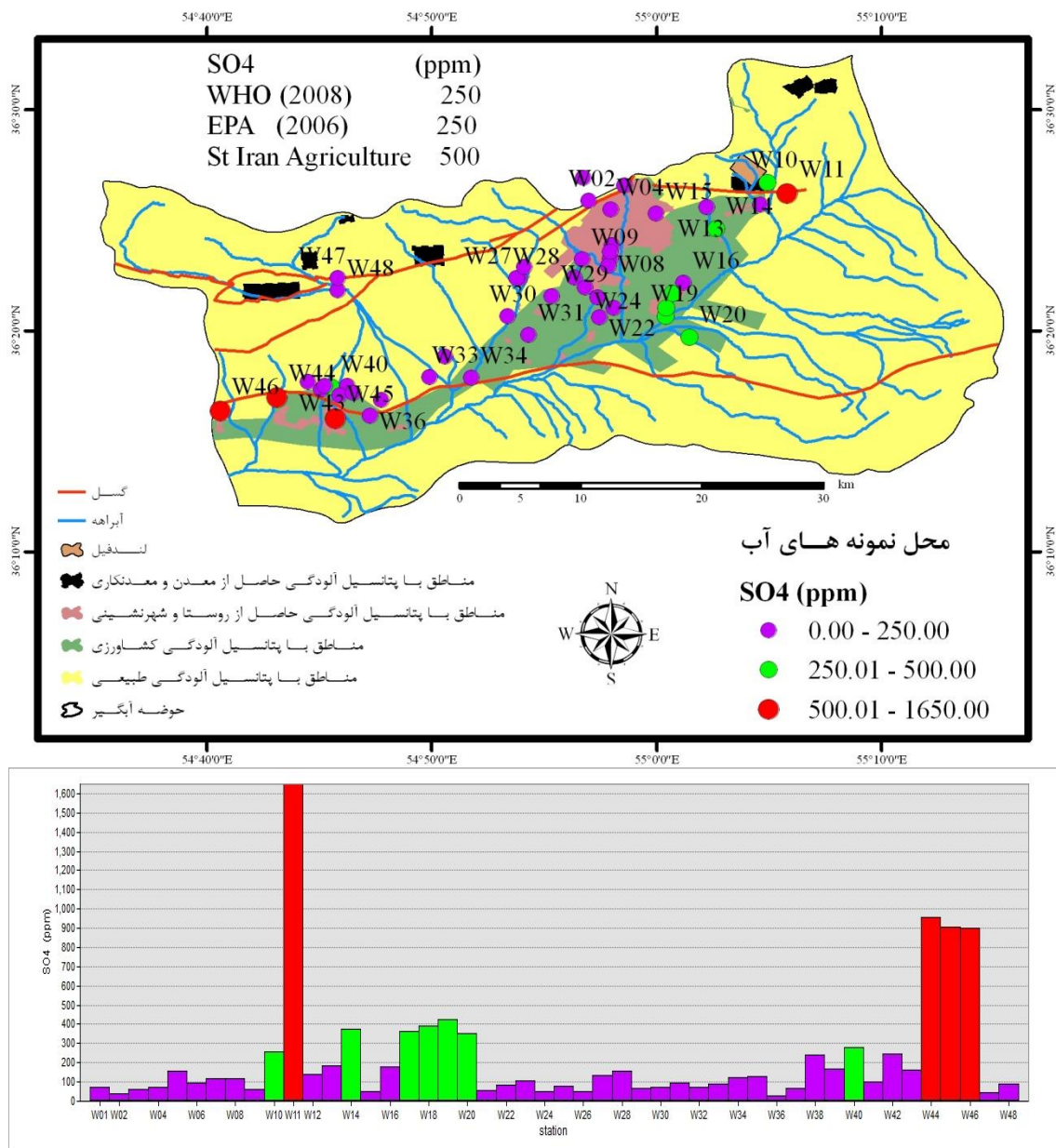
شکل ۶-۷ مقدار و پراکندگی بی کربنات در آب زیرزمینی منطقه

۶-۴-۶ سولفات

EPA(2006) و WHO(2008) مقدار 250 ppm را برای مقدار حد مجاز سولفات در آب شرب در نظر گرفته‌اند. طبق استاندارد اداره منابع طبیعی و محیط زیست ایران حد مجاز سولفات آب کشاورزی برابر 500 ppm در نظر گرفته شده است. تغییرات و پراکنش غلظت یون سولفات در منابع آب دشت در شکل (۶-۸) آورده شده است. در ایستگاه‌های W11 (1650 ppm) ، W44 (956 ppm) ، W45 ($906/39 \text{ ppm}$) و W46 ($901/5 \text{ ppm}$) غلظت سولفات بالاتر از حد مجاز برای آشامیدن و کشاورزی می باشد. حل شدگی ژیپس (CaSO_4) در چنین محل هایی با توجه به زمین‌شناسی منطقه می تواند عامل این افزایش غلظت باشد. چاه‌های W10 ($255/4 \text{ ppm}$) ، W14 (375 ppm) ، W17 (365 ppm) ، W20 ($423/7 \text{ ppm}$) ، W21 (350 ppm) و W40 ($281/5 \text{ ppm}$) در منطقه از لحاظ سولفات برای شرب غیر مجاز بوده ولی برای استفاده کشاورزی مشکلی ندارند.

روند افزایش غلظت این یون در منابع آبی دشت با نزدیک شدن به واحدهای زمین شناسی گچ دار منطقه مطابقت دارد.

با توجه به فاصله اندک ما بین چاه W26 ($49/35 \text{ ppm}$) ، W27 ($134/56 \text{ ppm}$) و W28 ($157/9 \text{ ppm}$) و یکسان بودن واحدهای زمین‌شناسی در منطقه و کم بودن فاصله (کمتر از یک کیلومتر) می توان گفت که افزایش ۳ برابری غلظت سولفات در این ناحیه ناشی از فعالیت های صنعتی در می باشد. در خصوص افزایش غلظت سولفات از W16 تا W20 در جنوب منطقه و همجواری با واحدهای شور جنوبی نیز می توان به نزدیک شدن به واحدهای گچ دار منطقه اشاره نمود. در مجموع باید بیان داشت که در منطقه مورد مطالعه فعالیت‌های کشاورزی و همچنین شهرسازی تأثیر محسوسی بر تغییرات غلظت سولفات در منابع آبی دشت نداشته‌اند.



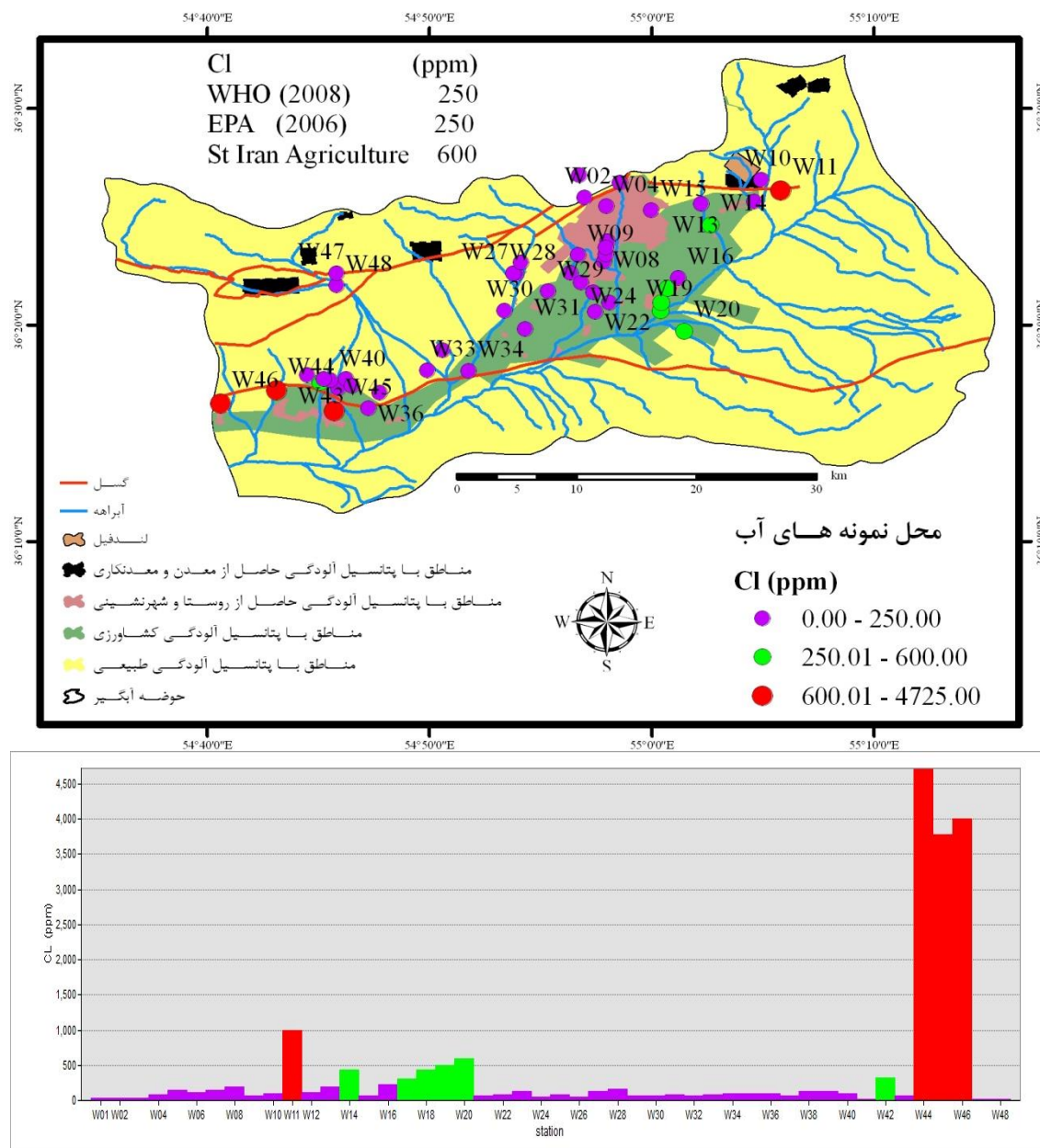
شکل ۶-۸ مقدار و پراکندگی سولفات در آب زیرزمینی منطقه

۶-۴-۷ کلراید

یکی از رایج ترین یون‌های موجود در آب بخصوص در مناطق خشک یون کلراید می باشد. WHO(2008) حداکثر میزان کلراید برای آب شرب را ۲۵۰ ppm و استاندارد حد کشاورزی در ایران ۶۰۰ ppm می باشد. نقشه پراکندگی غلظت یون کلراید در منابع آب دشت (شکل ۶-۹) نشان می دهد که میزان کلراید در ۴ نمونه آب W11 (۹۹۷/۹ ppm) ، W44 (۴۷۲۵ ppm) ، W45 (۳۷۸۵ ppm) و

W46 (4001 ppm) بالاتر از حد مجاز آشامیدنی و استاندارد کشاورزی ایران می باشد که منطبق بر افزایش غلظت یون های سولفات و سدیم است.

با توجه به اینکه تمایل ذاتی آب زیرزمینی همیشه به سمتی است تا ترکیب شیمیایی خود را شبیه به ترکیب آب دریا نماید، بر همین اساس در ابتدای حرکت آب و جریان آن در لایه های زیر سطحی

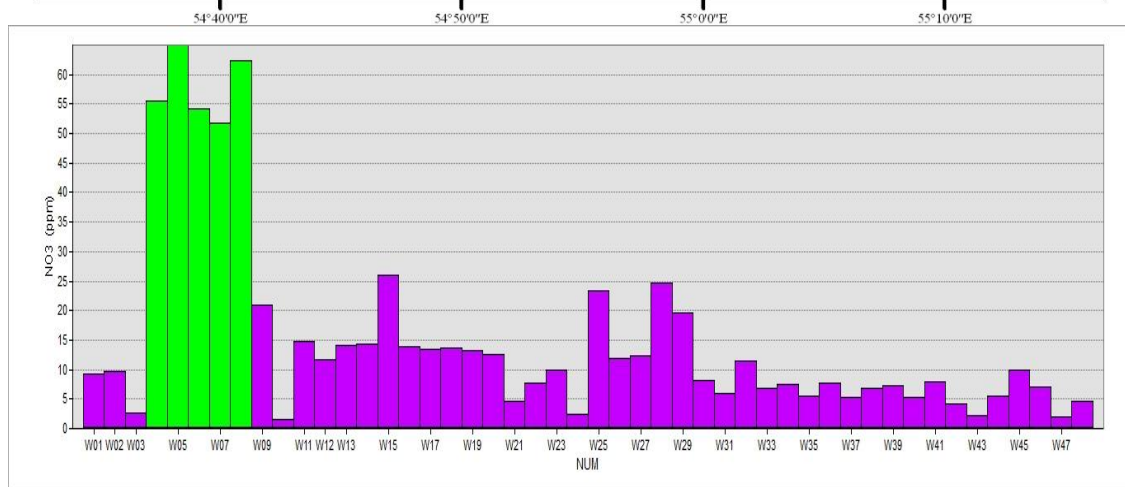
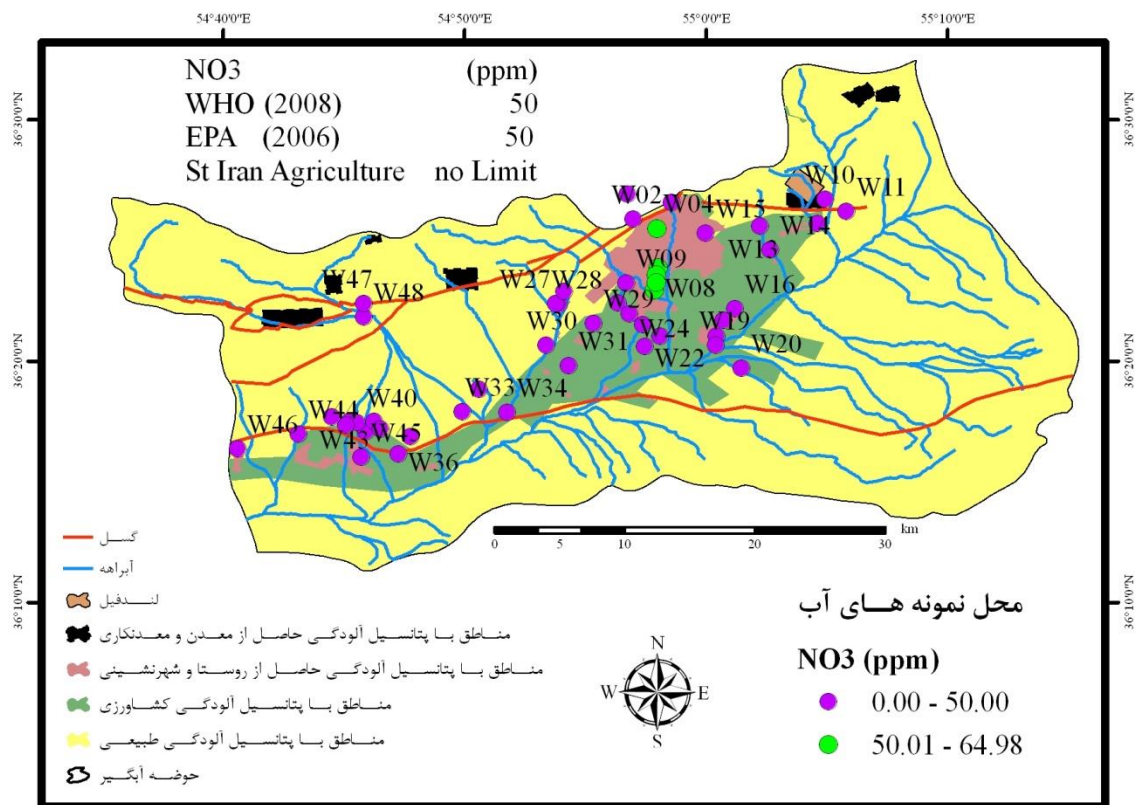


شکل ۶-۹ مقدار و پراکندگی کلراید در آب زیرزمینی منطقه

زمین، ابتدا ترکیبی کربناته، سپس سولفات و در انتها کلراته خواهد داشت (Hounslow, 1995). تغییرات این سکانس تحت تأثیر دو عامل اساسی قرار گرفته که عبارتند از: ۱- در دسترس بودن مواد اولیه که حاوی چنین عناصری باشند و ۲- سرعت و نرخ انتشار آب در مواد حاوی این عنصر (قره محمدلو و رقیمی، ۱۳۸۵). روند افزایشی غلظت کلراید از W16 تا W20 مانند سدیم بیانگر تأثیر عوامل زمین‌شناسی منطقه بر کاهش کیفیت آب زیرزمینی می باشد. در مجموع افزایش غلظت کلراید از بالادست حوضه به پایین دست حوضه نشان از غنی شدگی کلراید در آب‌های نزدیک خروجی حوضه دارد (شکل ۶-۹) که نشان از روند بلوغ رخساره‌ای آب به سمت پایین دست حوضه دارد که با نتایج تحقیق قره‌محمدلو و رقیمی (۱۳۸۵) تطابق می‌یابد.

۶-۴-۸ نیترات

یکی از شاخص‌های آلودگی انسانزاد آب، حضور یون نیترات می باشد که عمدتاً ناشی از نشت فاضلاب‌های شهری و همچنین آلودگی پساب‌های کشاورزی است. (WHO(2008 و EPA(2006 مقدار نیترات مجاز برای آب آشامیدنی را ۵۰ ppm در نظر گرفته اند و برای استاندارد آب کشاورزی در این رابطه محدوده ای تعیین نشده است. مقادیر و پراکنش غلظت نیترات در منابع آب دشت در شکل ۶-۱۰ آورده شده است. بر این اساس نیترات در ۵ نمونه آب چاه‌های شهر، W04 (۵۵/۴۳ppm) ، W05 (۶۴/۹۸ppm) ، W06 (۵۴/۱۳ppm) ، W07 (۵۱/۶۷ppm) و W08 (۶۲/۳۲ppm) بالاتر از حد استاندارد شرب می باشد. کاظمی ۲۰۱۰ در رابطه با غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی دشت شاهرود مطالعه‌ای انجام داده و بیان داشت که افزایش غلظت نیترات در آب شهر شاهرود ناشی از ورود نیترات از چاه‌های توالی به آب زیرزمینی می باشد (Kazemi, 2010). در این مطالعه نیز با توجه به اینکه نمونه‌هایی که در بالا اشاره شد در پایین دست منطقه مسکونی واقع شده و تأثیرات کشاورزی چندان زیادی بر روی آن اعمال نشده است می‌توان این افزایش نیترات را به نفوذ فاضلاب از چاه‌های جذبی به منابع آب زیرزمینی نسبت داد.



شکل ۶-۱۰ مقدار و پراکندگی نیترات در آب زیرزمینی منطقه

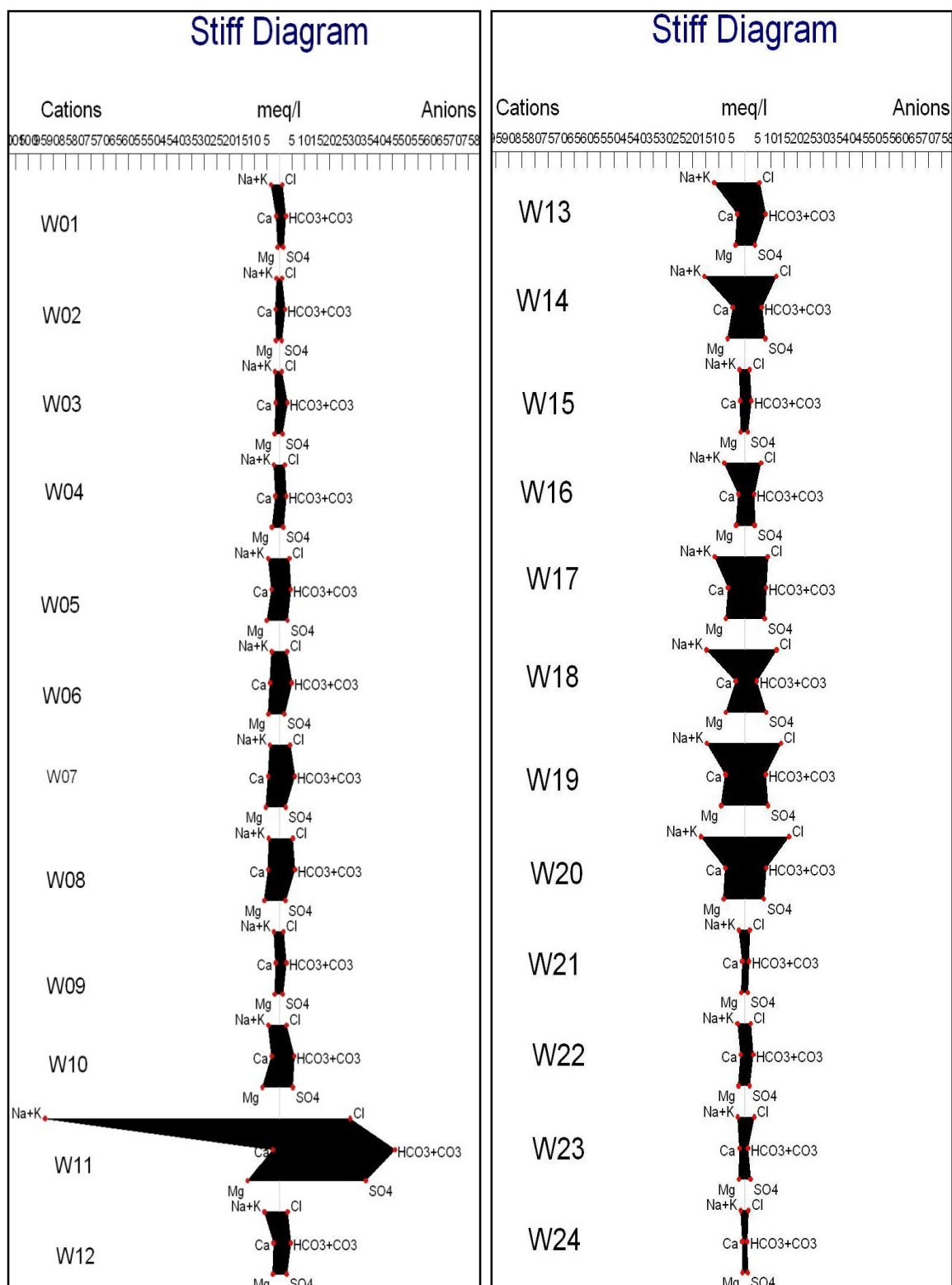
روند کاهشی غلظت نیترات از W15 (۲۵/۹۴ppm) تا W21 (۴/۷۲ppm) که به سمت دور شدن از منطقه شهری می باشد نیز مؤید این موضوع است که نشت فاضلاب های شهری باعث افزایش نیترات در آب زیرزمینی شده است. در نمونه W26 (۱۱/۹۴ppm) که به عنوان نمونه شاهد شهرک صنعتی می باشد در مقایسه با نمونه W27 (۱۲/۴۰ppm) تغییر چندانی مشاهده نمی شود، اما در نمونه W28

($24/62 \text{ ppm}$) غلظت نیترات دو برابر شده است. این نمونه (W28) از چاه آب موجود در کارخانه پنیر گرفته شده است. با توجه به تولید بیش از حد پساب های حاوی نیترات بوسیله این صنعت افزایش بیش از اندازه و ناگهانی نیترات در این مکان قابل توجه می باشد.

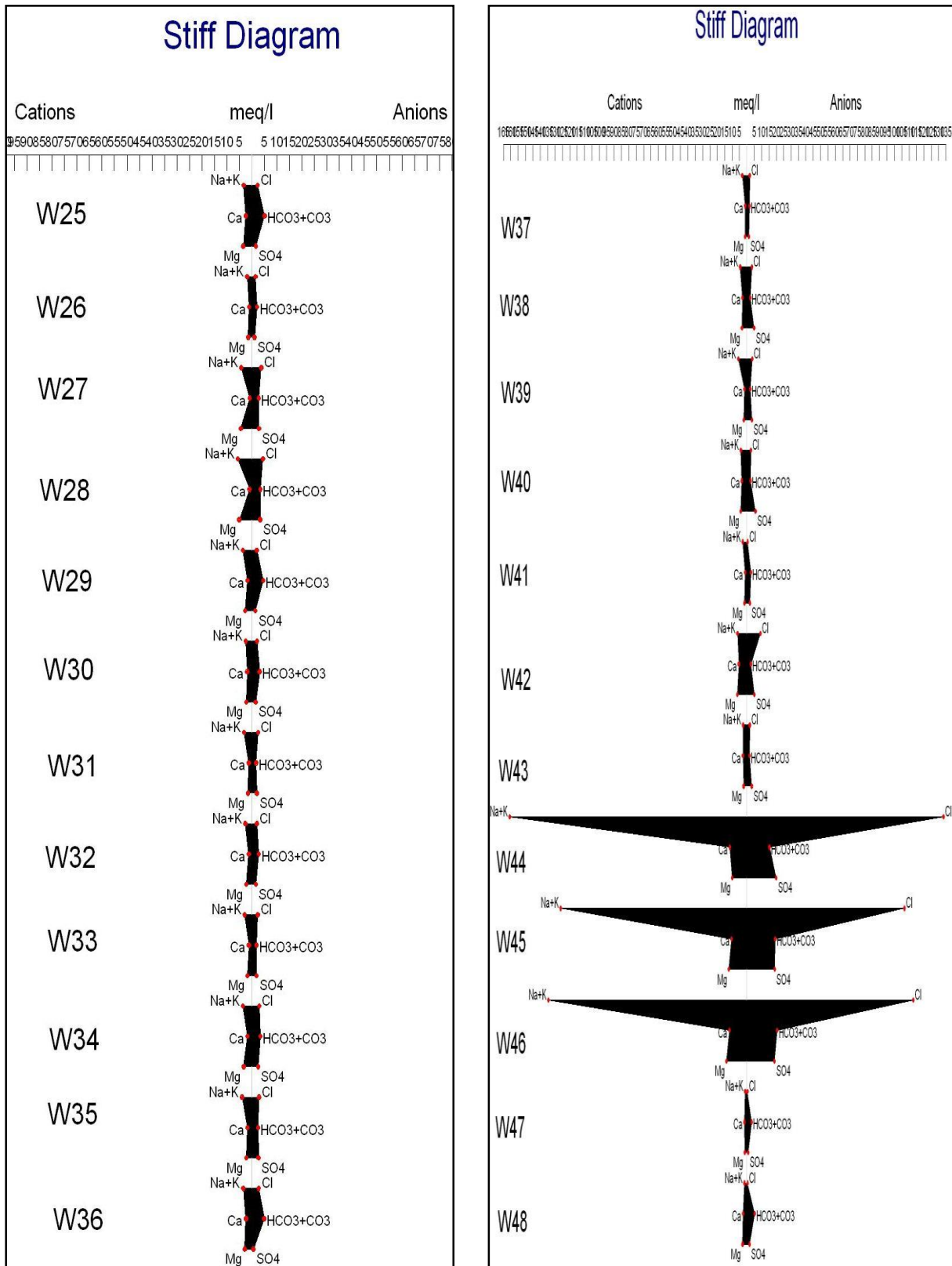
با توجه به اینکه W10 ($1/62 \text{ ppm}$) که اولین چاه در پایین دست لندفیل شاهرود می باشد کمترین میزان نیترات در منطقه را نشان می دهد بنابراین، همان گونه که باقر کاظمی (۱۳۸۸)، نیز در مطالعه خود به آن اشاره کرده است می توان گفت که در حال حاضر لندفیل شاهرود اثری بر روی نیترات آب زیرزمینی در منطقه نداشته است. افزایش ناگهانی نیترات در W11 ($14/71 \text{ ppm}$) را باید ناشی از عدم پمپاژ این چاه و تجمع مواد فاسد شدنی همچون فضولات پرندگان و اجساد آنها در چاه دانست. افزایش نسبی نیترات در نمونه های W12 تا W20 را باید ناشی از نشت نیترات پساب های کشاورزی به این چاه ها دانست.

۵-۶ تیپ و رخساره منابع آب دشت

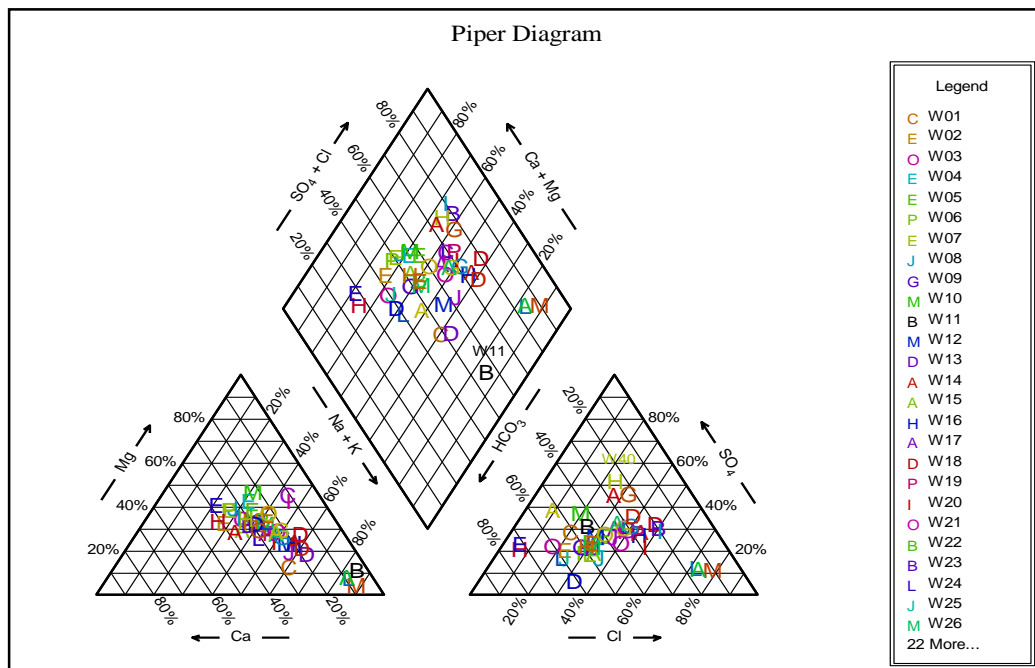
نمودارهای مربوط به کیفیت آب Piper, Stiff و Wilcox در این مطالعه توسط نرم افزارهای AqQa, Rockwork و Chemistry با استفاده از غلظت آنیون ها و کاتیون های نمونه های آب برای مشخص کردن تیپ و رخساره منابع آب ترسیم شده است. جدول (۴-۶)، شکل (۶-۱۱ و ۶-۱۲) تیپ و رخساره و توالی آنیون و کاتیون ها، نمودار استیف و پایپر در منابع آب مورد مطالعه را نشان می دهد. وجود غلظت های بالای منیزیم در شمال شرق و شرق دشت باعث شده که تیپ آب در ایستگاه W10 از تیپ کربناته سدیک به کربناته منیزیک تغییر یابد. وجود واحدهای آهکی در ایستگاه W02 نیز باعث تغییر تیپ آب از کربناته سدیک به کربناته کلسیک شده است. نمونه های آب که تحت تأثیر شهرسازی قرار گرفته اند دارای تیپ کربناته منیزیک شده اند. تیپ کربناته کلسیک دو نمونه آب W47 و W48 نیز به علت موقعیت این نمونه های در نزدیک ارتفاعات و فاصله آنها از دیگر نمونه های موجود در دشت و قرار گیری بر روی واحدهای آهکی شمال منطقه است.



شکل ۶-۱۱ نمودار استیف منابع آب



ادامه شکل ۶-۱۱ نمودار استیف منابع آب



شکل ۶-۱۲ نمودار پایپر منابع آب

جدول ۶-۴ تیپ، رخساره و توالی آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی منابع آب منطقه

شماره نمونه	توالی آنیون‌ها	توالی کاتیون‌ها	تیپ و رخساره
W1	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na+K>Ca>Mg	کربناته سدیک
W2	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca>Mg>Na+K	کربناته کلسیک
W3	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W4	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Mg>Na+K>Ca	کربناته منیزیک
W5	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W6	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Mg>Ca>Na+K	کربناته منیزیک
W7	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Mg>Ca>Na+K	کربناته منیزیک
W8	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Mg>Ca>Na+K	کربناته منیزیک
W9	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W10	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Mg>Na+K>Ca	کربناته منیزیک
W11	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W12	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W13	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W14	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W15	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Ca>Mg	کربناته سدیک
W16	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W17	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک

ادامه جدول ۴-۶ تیپ، رخساره و توالی آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی منابع آب منطقه

شماره نمونه	توالی آنیون‌ها	توالی کاتیون‌ها	تیپ و رخساره
W18	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W19	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W20	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na+K>Ca>Mg	کلراته سدیک
W21	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W22	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W23	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W24	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Ca>Mg	کلراته سدیک
W25	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Mg>Na+K>Ca	کربناته منیزیک
W26	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W27	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W28	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W29	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W30	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W31	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W32	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W33	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W34	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W35	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W36	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W37	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na+K>Ca>Mg	کلراته سدیک
W38	SO ₄ >Cl>HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W39	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W40	SO ₄ >Cl>HCO ₃	Mg>Na+K>Ca	سولفاته منیزیک
W41	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na+K>Mg>Ca	کربناته سدیک
W42	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W43	SO ₄ >Cl>HCO ₃	Ca>Na+K>Mg	سولفاته کلسیک
W44	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W45	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W46	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na+K>Mg>Ca	کلراته سدیک
W47	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca>Mg>Na+K	کربناته کلسیک
W48	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca>Mg>Na+K	کربناته کلسیک

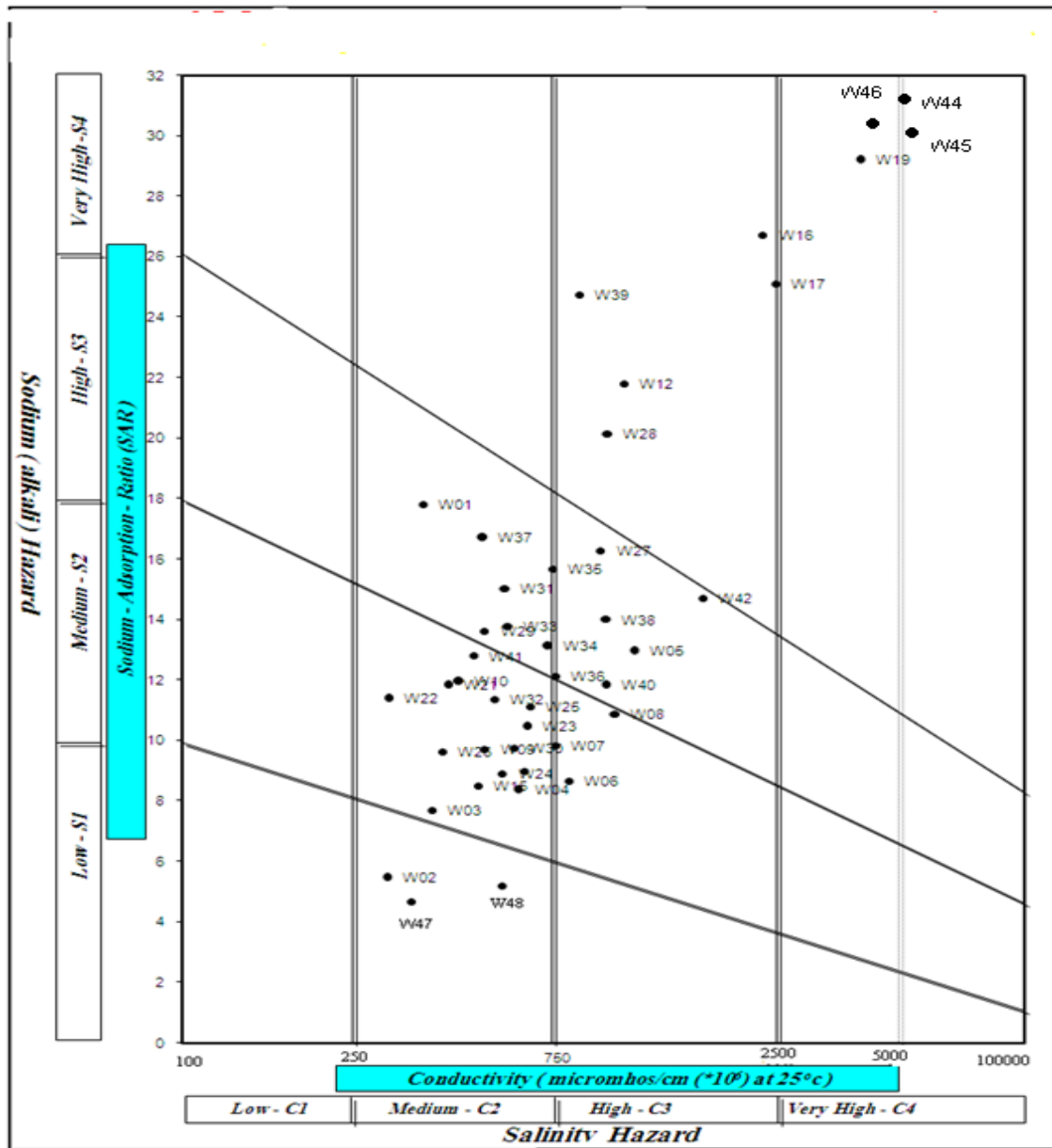
با توجه به نمودار استیف، درصد مواد محلول در نمونه های W46, W11, W44, W45 بسیار بالاتر از سایر نمونه‌ها در محدوده مورد مطالعه می‌باشد که نشانگر یک عامل تحمیلی در این مناطق برای کاهش کیفیت و تغییر رخساره آب است. تیپ آب در ایستگاه W11 کربناته سدیک می‌باشد که نشان از انحلال بالای نمک به همراه کربنات کلسیم در این ایستگاه به علت وجود واحدهای گچی و نمکی است. ولی در محل ایستگاه‌های W44 تا W46 به علت نزدیکی به خروجی حوضه و تأمین شوری از واحدهای نمکدار، تیپ آب به کلراته سدیک تغییر یافته است.

برای بررسی شوری آب و تعیین کیفیت کشاورزی منابع آب در منطقه از فایل Excel با نام Chemistry تهیه شده شرکت سهامی مدیریت آب استفاده شده است. با محاسبه نسبت جذب سدیم (Sodium Adsorption Ratio) که از رابطه زیر

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad \text{رابطه ۶-۱}$$

بدست می‌آید و میزان هدایت الکتریکی در هر نمونه، کیفیت آب برای کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت.

بر اساس نمودار ویلکاکس بدست آمده از بین نمونه‌های آب منطقه، نمونه‌های W46, W45, W44 و W19 در کلاس C4S4 قرار می‌گیرند که نشانگر سدیم و EC بسیار بالا در آب این ایستگاه می‌باشد (شکل ۶-۱۳). نمونه های آب ایستگاه‌های W12, W16, W17, W39 و W28 نیز در کلاس C3S4 قرار می‌گیرند. نمونه های W02, W47 و W48 در کلاس C2S1 قرار گرفته و بالاترین کیفیت را در نمودار ویلکاکس نسبت به سایر منابع آبی دشت نشان می‌دهد. در مجموع با توجه به نمودار ویلکاکس بیشتر نمونه‌های آب از نظر Sodium Hazard و Salinity Hazard در محدوده متوسط و زیاد یعنی در کلاسهای C3S3 و C2S2, C2S3, C3S2 قرار می‌گیرند.



شکل ۶-۱۳ نمودار ویلکاکس منابع آب دشت

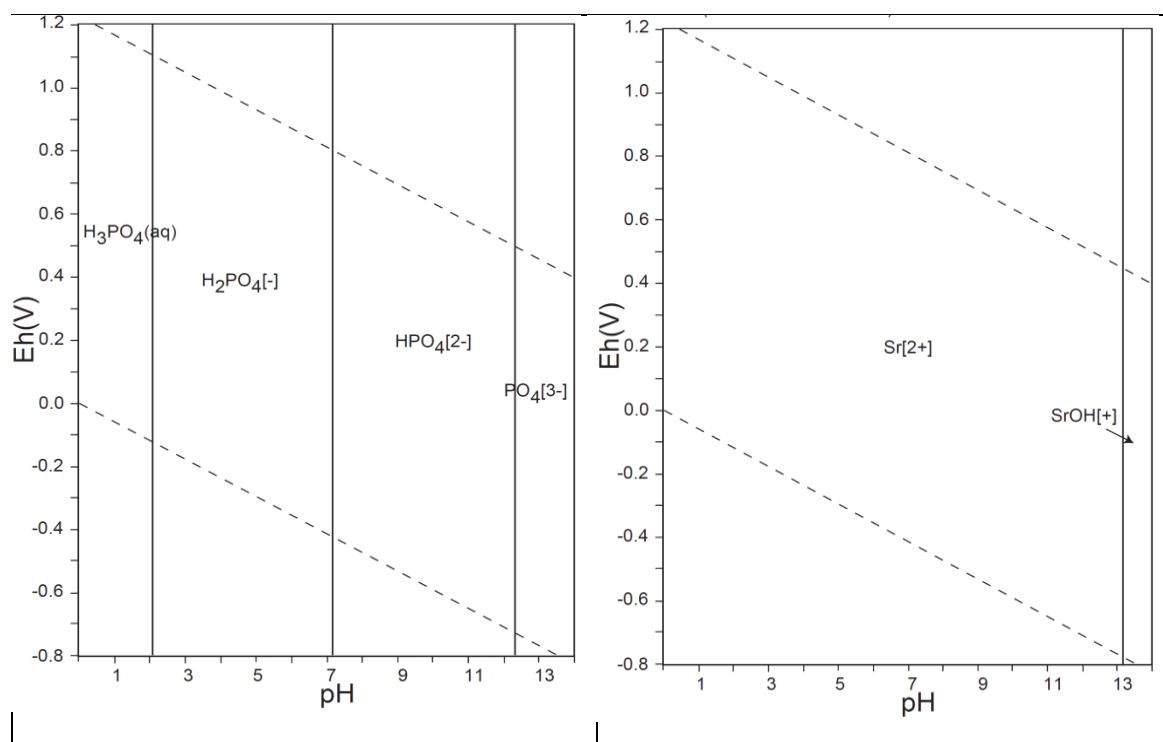
۶-۶ تغییرات غلظت برخی از عناصر در منابع آب

غلظت ۳۰ عنصر با استفاده از روش ICP-MS در نمونه‌های آب اندازه‌گیری گردید که از این میان عناصر با توجه به مواردی از قبیل غلظت عنصر در آب، اولویت‌های زیست محیطی و تغییرات آن در دشت، عناصر سرب، روی، مس، کروم، وانادیوم، استرانسیوم و فسفر جهت بررسی و ارزیابی کیفی

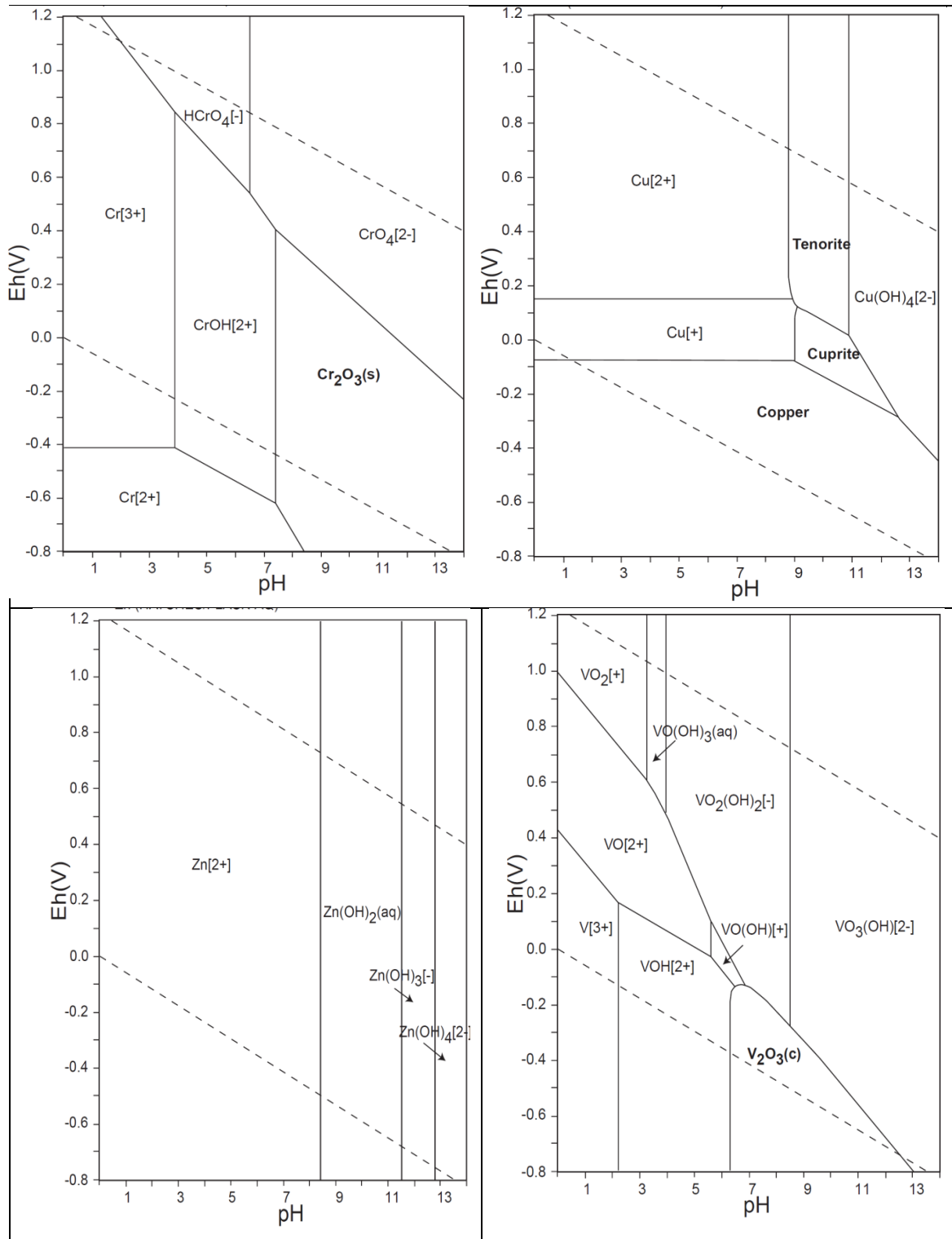
منابع دشت انتخاب گردید. نحوه توزیع و پراکنش آنها در منابع آب دشت بر روی نقشه زمین‌شناسی و نقشه کاربری اراضی در محیط GIS و Excel ترسیم و نتایج با توجه به اطلاعات کسب شده از مطالعات پیشین و نمودارهای Eh-pH عناصر (شکل ۶-۱۴) مورد تفسیر و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۶-۷-۱ کروم

انحلال پذیری کروم با افزایش pH کاهش یافته و میل به رسوب و ماندن در محیط جامد از خود نشان می‌دهد. WHO(2008) و EPA(2006) در ۵۰ ppb را به عنوان حداکثر مجاز کروم در آبهای آشامیدنی در نظر گرفته‌اند. شکل (۶-۱۵) چگونگی پراکندگی و میزان غلظت کروم در منابع آب منطقه را نشان می‌دهد. غلظت کروم در بیشتر ایستگاه‌های مطالعاتی کمتر از حد آشکارسازی دستگاه (۳ ppb) می‌باشد.



شکل ۶-۱۴ نمودارهای Eh-pH عناصر مورد بررسی (Takeno, 2005)

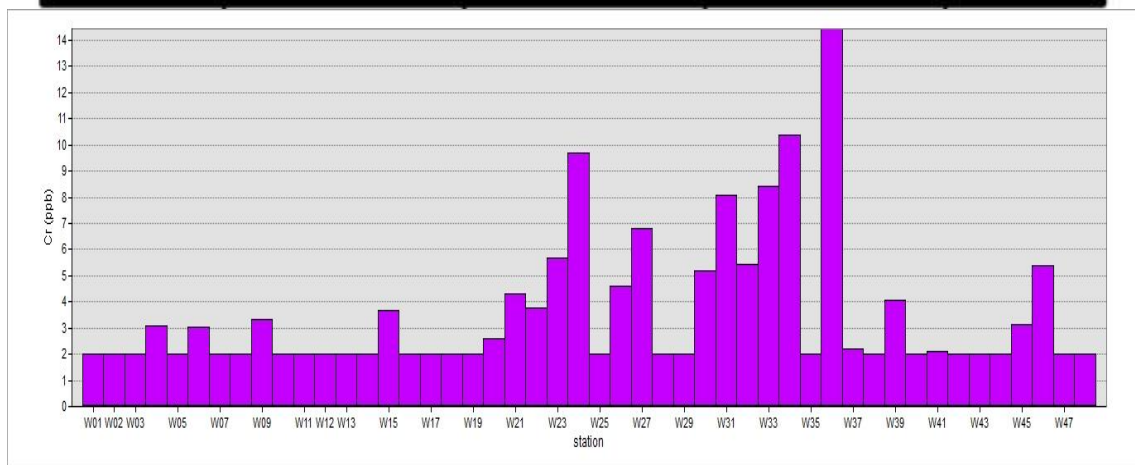
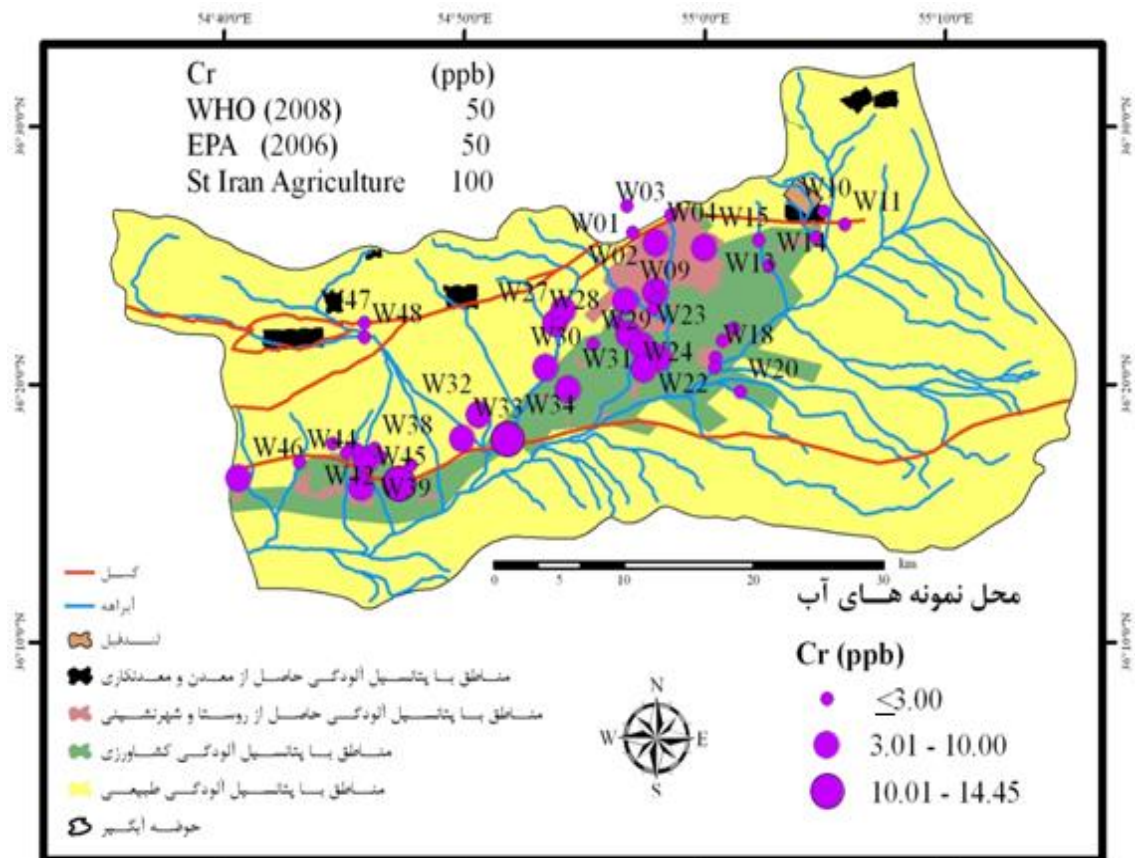


ادامه شکل ۶-۱۴ نمودارهای Eh-pH عناصر مورد بررسی (Takeno, 2005)

با توجه به اینکه حداکثر غلظت کروم در آب منطقه در W36 (14/44 ppb) می‌باشد باید بیان داشت که غلظت کروم در تمامی منابع آب دشت کمتر از حد استاندارد شرب می‌باشد و منابع آب دشت، آلوده به کروم نیستند. نمونه آب W36 که افزایش غلظت کروم نشان داده است درست در محل نمونه خاک‌های S56 و S57 قرار دارند که بیشترین غلظت‌های کروم را دارا می‌باشند که این نشان‌دهنده ورود کروم از خاک منطقه به آب زیرزمینی است.

غلظت کروم در دو نقطه W23 (5/66 ppb) و W24 (9/69 ppb) اندکی بالاتر از مقادیر مجاور است. با توجه به وجود کارخانه در بالا دست این محل و نفوذ پس‌آب‌های ناشی از فعالیت صنعتی و کاهش اندک pH آب در محل و همچنین عدم وجود منبع آلاینده طبیعی در این منطقه، احتمال چنین افزایش غلظتی را می‌توان به حضور کارخانجات در محل نسبت داد. افزایش غلظت در نمونه W27 (6/61 ppb) نسبت به W26 (4/58 ppb) که در محل شهرک صنعتی قرار گرفته است و با توجه به اینکه pH در W27 بالاتر از W26 است می‌تواند نشان‌دهنده ورود مقدار زیادی کروم از فعالیت‌های صنعتی به آب منطقه باشد. در کل نمونه‌های آب موجود در بالای گسل شمال دامغان و حد فاصل بین شهرک صنعتی و ده ملا از لحاظ غلظت کروم اندک افزایشی نسبت به آب پایین دست نشان می‌دهند که می‌تواند ناشی از تأثیر صنایع بر منابع آب باشد.

در مجموع می‌توان گفت که شهرسازی همانگونه که بر میزان کروم خاک تأثیری نداشته در روند تغییرات غلظت کروم منابع آب زیرزمینی نیز تأثیری نداشته است. همچنین وجود لندفیل در منطقه با وجود اینکه باعث افزایش اندکی در کروم خاک گردیده است ولی بدلیل خشکی منطقه و وجود سازندهای ناتراوا مانند شیل و مارنهای گچ‌دار در این منطقه حتی با توجه به وجود آلودگی نقطه‌ای در منطقه مانع از نشت آن به منابع آب زیرزمینی شده‌اند. کروم در آب‌های مناطق کشاورزی تغییر چندانی نکرده است و تغییرات اندک مشاهده شده نیز بیشتر ناشی از فرایندهای طبیعی می‌باشد.



شکل ۶-۱۵ مقدار و پراکندگی کروم در منابع آب منطقه

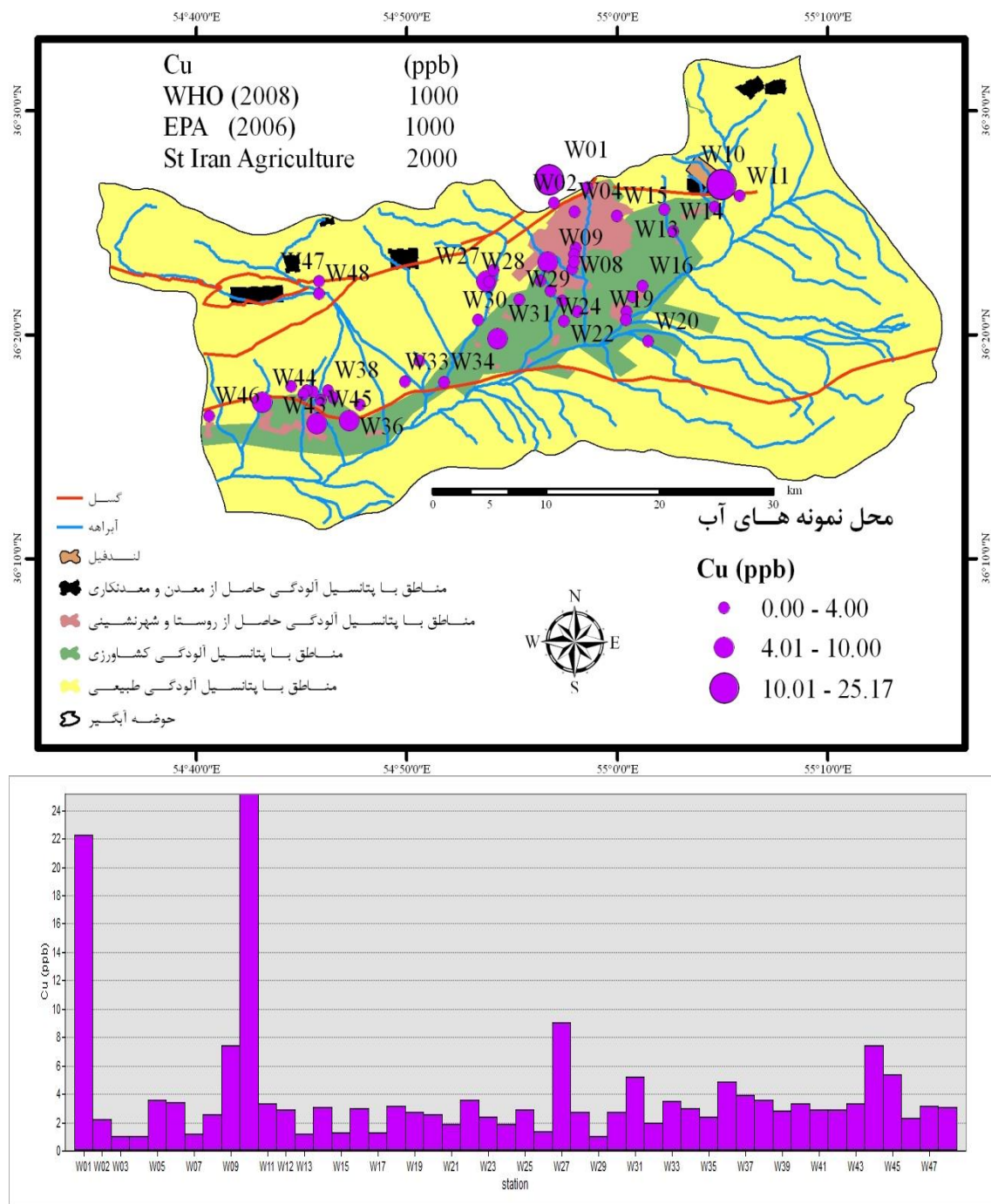
۶-۶-۲ مس

WHO(2008) و EPA(2006) برای حداکثر مجاز مس در آب مقدار ۱ ppm را تعیین کرده و سازمان بهداشت و محیط زیست ایران برای حد مجاز مس برای آب کشاورزی مقدار ۲ ppm را در نظر گرفته

است. با توجه بر اینکه حداکثر غلظت مس در آب منطقه در W10 (۲۵/۱۷ ppb) می باشد بنابراین این می توان گفت که در منابع آب منطقه، غلظت مس بسیار پایین تر از حد مجاز شرب می باشد (شکل ۶-۱۶). کم بودن غلظت مس در آب منطقه را می توان به دلیل کم بودن کلی غلظت مس در خاک منطقه و از طرفی به دلیل کم بودن حلالیت مس در محدوده pH آبهای منطقه (۸/۵ - ۷) نسبت داد. بر اساس نمودار Eh-pH، (شکل ۶-۱۴) مس در آبهای زیرزمینی منطقه بصورت یونهای Cu^+ و Cu^{2+} می تواند وجود داشته باشد.

غلظت مس در دو نمونه آب W01 (۲۲/۲۵ ppb) و W10 (۲۵/۱۷ ppb) نسبت به سایر نقاط اندکی افزایش نشان داده است (شکل ۶-۱۴). حضور مس در نمونه آب W01 را می توان به تغذیه شدن آب این منطقه توسط آبخوان بسطام که احتمالاً ارتباط ساختاری با بازالت‌های سازند خوش ییلاق در شمال این ناحیه که توان مس زایی آنها توسط حسینا مورد تأیید قرار گرفته است (حسینا، ۱۳۸۹) داشته باشد. حضور مس در آب W10 نیز که در شمال شرق دشت قرار داشته در ارتباط نزدیک با واحدهای گچ‌دار منطقه قرار گرفته است. بنابراین می توان همبستگی خوب بین مناطق گچ‌دار و مس در خاک منطقه را دلیل افزایش اندک مس در آب آن ناحیه دانست. نکته قابل بحث در این رابطه اختلاف زیاد غلظت مس در W10 (۲۵/۱۷ ppb) و W11 (۳/۳۵ ppb) می باشد. چاه W11 در منطقه با واحدهای گچی قرار گرفته و لذا دارای pH بالاتری (۸/۴۸) می باشد. بنابراین با توجه به اختلاف pH در نمونه W10 (۷/۱۲) با W11 (۸/۴۸) و با توجه به اینکه میزان تحرک مس با افزایش pH به شدت کاهش پیدا می کند (اوستان، ۱۳۸۳) (شکل ۲-۱) می توان این کاهش غلظت را ناشی از افزایش pH در این نمونه دانست. با این وجود کاهش غلظت مس در نمونه W12 (۲/۸۷ ppb) را باید به رقیق شدگی مس توسط آبهای با منشأ عمدتاً گچی و آهکی در منطقه دانست (شکل ۶-۱۶).

روند افزایش غلظت مس از نمونه W04 (۳/۶۱ ppb) تا W09 (۷/۴۲ ppb) را می‌توان به تأثیرات نشت فاضلاب و پایین آمدن مقدار pH آب زیرزمینی در منطقه شهری نسبت داد. نمونه W27 با غلظت (۹/۰۵ ppb) افزایش غلظت محسوسی نسبت به نمونه بالا دستی خود W26 (۱/۳۴ ppb)



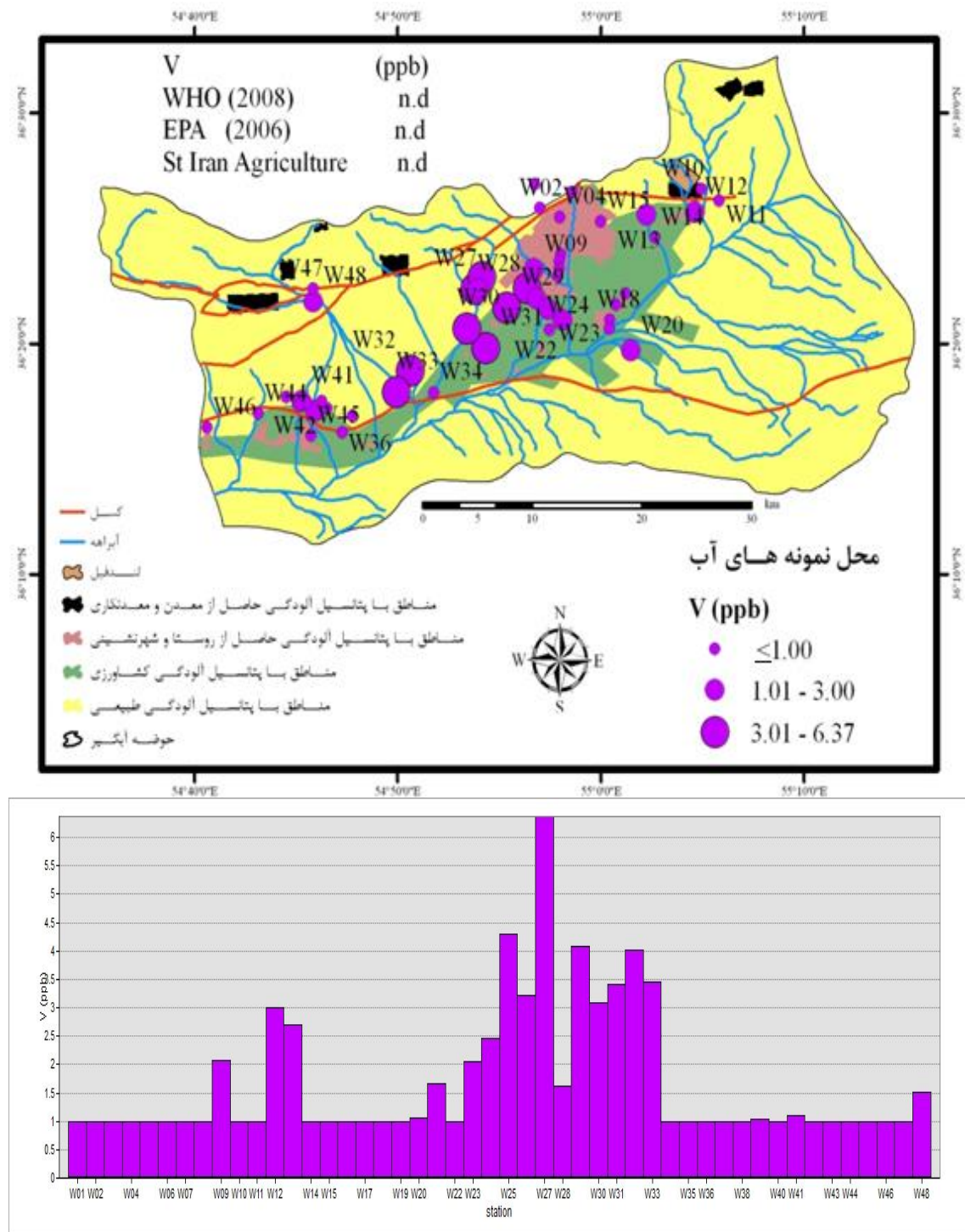
شکل ۶-۱۶ مقدار و پراکندگی مس در منابع آب منطقه

نشان می‌دهد که احتمالاً نشان‌دهنده تأثیر فاضلاب حاصل از کارخانه ایزوگام بر منابع آب زیرزمینی است. آلاینده‌های کشاورزی در مجموع تأثیر محسوسی بر روی غلظت مس در آب دشت نداشته‌اند و افزایش غلظت در چاههای موجود در مناطق کشاورزی مشاهده نشده است. اندک افزایش غلظت در نمونه‌های W45 (5/34 ppb) و W44 (7/42 ppb) را علاوه بر تأمین مس از واحدهای شیلی و مارنی ناشی از واحدهای معادل قرمز و قم در حاشیه جنوبی باید به کاهش pH (به ترتیب 7/8 و 7/65) در این نقاط نسبت به مناطق همجوار نسبت داد.

۶-۶-۳ وانادیوم

WHO(2008)، EPA(2006) و همچنین سازمان حفاظت از محیط زیست ایران حد استاندارد برای وانادیوم در آب شرب و کشاورزی تعیین نکرده‌اند، لذا برای بررسی و روند تغییرات وانادیوم در آب دشت تنها به روش مقایسه‌ای و آماری عمل شده و مقایسه‌ها نیز نسبت به سایر غلظتها در منطقه مورد مطالعه انجام پذیرفته است. لازم به توضیح است که حد آشکارسازی برای وانادیوم در نمونه‌های آب در این مطالعه 1 ppb بوده و غلظت وانادیوم در تعداد زیادی از نمونه‌ها، زیر این حد بوده است. تغییرات غلظت و نحوه پراکنش وانادیوم در منابع آب دشت در شکل (۶-۱۷) آورده شده است. بیشترین غلظت وانادیوم در محل چاه کارخانه ایزوگام در شهرک صنعتی W27 (6/31 ppb) مشاهده می‌شود و با توجه به غلظت پایین در بالادست W26 (3/23 ppb) و پایین دست W28 (1/61 ppb) (کارخانه پنیر) به طور مشخص می‌توان نتیجه گرفت که نشت فاضلاب کارخانه ایزوگام به چاه آب در این نقطه باعث افزایش حدود ۲ برابری غلظت وانادیوم در آب زیرزمینی شده است. همچنین کاهش غلظت وانادیوم در W28 را باید به افزایش نسبی pH از 7/48 به 8/1 در آب این چاه و در نتیجه کاهش حلالیت وانادیوم نسبت داد شکل (۶-۱۷). افزایش اندک غلظت در W23 (2/05 ppb) و W24

(۲/۴۷ ppb) نسبت به آب زیرزمینی همجوار را تنها می‌توان به نشت پس‌آب حاصل از فعالیتهای صنعتی نسبت داد هرچند میزان افزایش غلظت بسیار محدود می‌باشد.

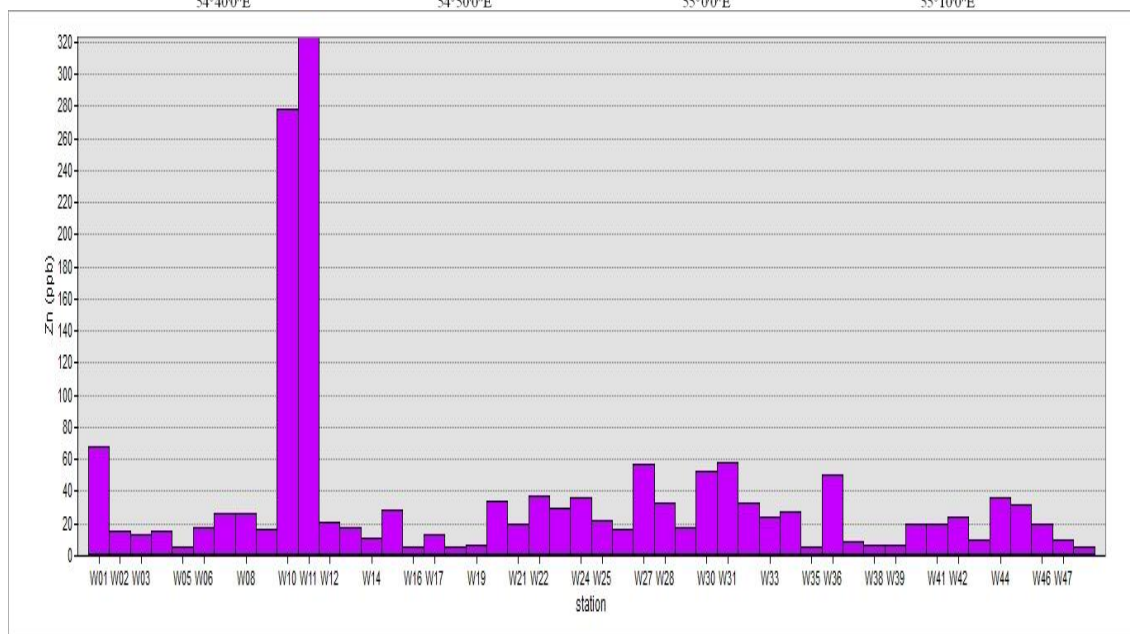
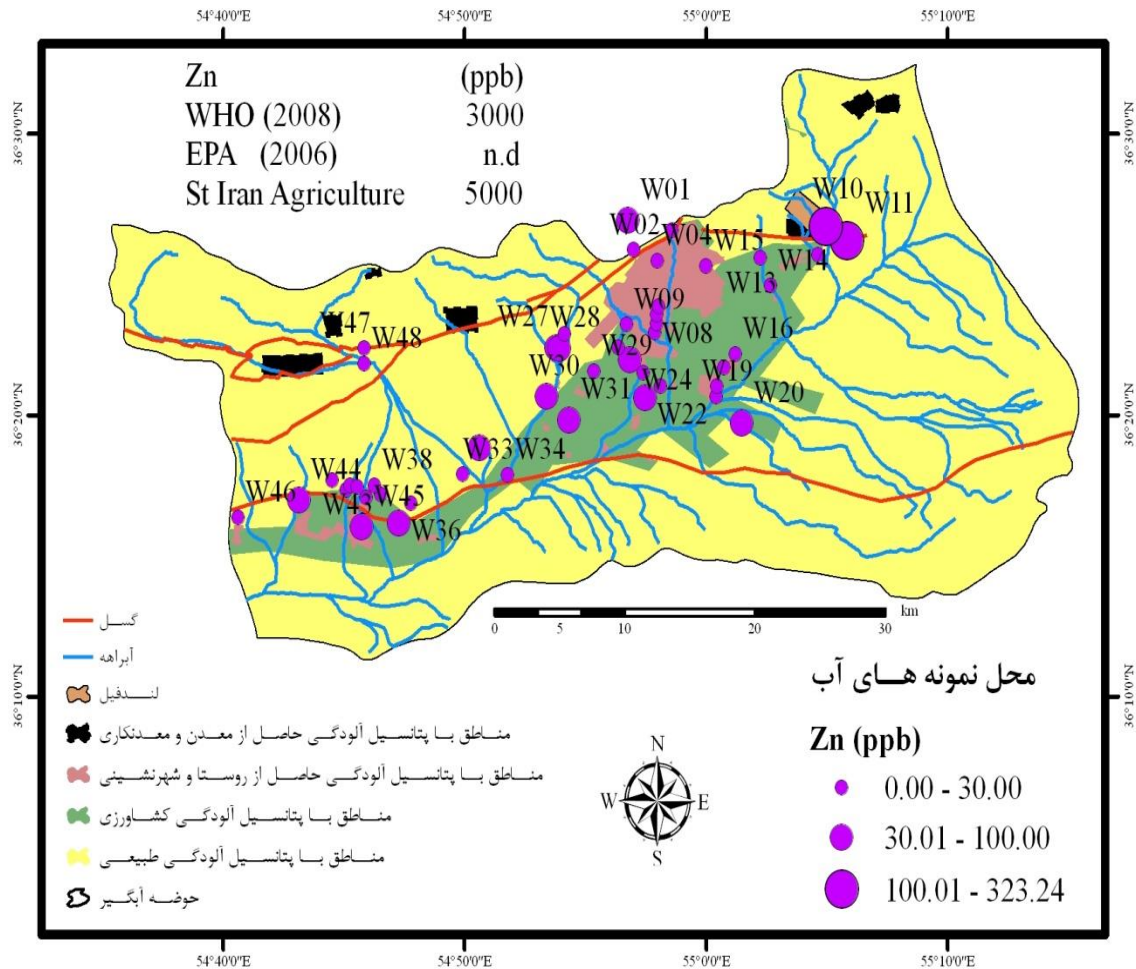


شکل ۶-۱۷ مقدار و پراکندگی وانادیوم در منابع آب منطقه

با توجه به اینکه دو چاه مجاور با لندفیل غلظت بالایی از وانادیوم را نشان نداده‌اند می‌توان نتیجه گرفت که ورود وانادیوم از لندفیل به آب صورت نگرفته است کما اینکه در نمونه‌های خاک نیز وانادیوم در این محل تغییر غلظت چندانی نشان نمی‌دهد. در مجموع باید اضافه کرد که فرآیند شهرسازی نیز تأثیر مستقیمی بر میزان غلظت وانادیوم در آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نداشته است. شایان ذکر است که با توجه به نمودار Eh-pH (شکل ۶-۱۴) وانادیوم در آب می‌تواند به صورت یون‌های VO^{2+} , $VO(OH)^+$, $V(OH)^{2+}$ حضور داشته باشد. پایین بودن غلظت وانادیوم در نمونه آب W48 که در حوالی نمونه خاک S63 (بیشترین غلظت وانادیوم در خاک دشت) قرار گرفته است نشان از تحرک بسیار پایین وانادیوم (Mason and moore, 1996) می‌باشد.

۶-۶-۴ روی

WHO(2008) حداکثر مقدار مجاز روی در آب آشامیدنی را حدود ۳۰۰۰ ppb و سازمان حفاظت از محیط زیست ایران نیز حد مجاز این عنصر در آب کشاورزی را ۵۰۰۰ppb در نظر گرفته است. با توجه به اینکه حداکثر میزان روی در منابع آب منطقه در نقطه W11 (۳۲۳/۲۴ ppb) می‌باشد، لذا تمامی آب منطقه از لحاظ روی در حد مجاز قرار داشته و نسبت به روی آلودگی نشان نمی‌دهند. در مجموع افزایش‌های نسبی غلظت در برخی از مکان‌ها همانند W11 (۳۲۳/۲۴ ppb) و W10 (۲۷۸/۷۰ ppb) به چشم می‌خورد شکل (۶-۱۸). این افزایش غلظت را باید در دو عامل مورد بحث قرار داد؛ عامل اول را می‌توان نزدیکی این دو محل به لندفیل به شمار آورد که با توجه به غلظت‌های بالای روی در خاک محدوده لندفیل، می‌تواند شستشوی این خاک‌های آلوده را عاملی برای افزایش روی در چاه‌های مذکور در نظر گرفت. عامل دوم که در رابطه با خاک مورد بحث قرار گرفت همبستگی سرب و روی در خاک با واحدهای نمکی و گچ دار در منطقه است. با توجه به اینکه در pHهای بین ۷/۵ تا ۹/۵ تمایل سرب به ساخت ترکیب $PbOH^+$ که توسط مواد رسی به شدت جذب



شکل ۶-۱۸ مقدار و پراکندگی روی در منابع آب منطقه

سطحی و رسوب داده می‌شود (Kabata-Pendias, 2007) بسیار زیاد می‌باشد عدم حضور سرب در آب چنین محل‌هایی قابل توجه است و همزمان در چنین محیطی که سرب قادر به تحرک چندان نیست، تحرک پذیری روی بسیار بالا بوده و به صورت $Zn(OH)_2$ متحرک بوده و تمایل به حضور در محیط آبگین را دارد (Kabata-Pendias, 2007). به همین سبب برغم وجود سرب و روی در واحدهای نمکی و گچ دار در چنین مناطقی روی در آب حضور داشته ولی آب فاقد سرب می‌باشد. افزایش غلظت روی در نمونه های شهرک صنعتی W27 و W28 (به ترتیب ۵۶/۶۴ و ۳۲/۶۱) نسبت به W26 (۱۶/۸۴ ppb) را باید به فعالیت‌های صنعتی و نشت پسابهای صنعتی (بویژه ایزوگام) نسبت داد. در مجموع باید اشاره کرد که غلظت روی در منابع آبی متأثر از فعالیت‌های بشرزاد (لندفیل، کشاورزی، صنعت و . . .) اندکی بیشتر از سایر منابع آب که متأثر از شرایط زمین‌شناسی هستند می‌باشد ولیکن باید تأکید کرد که این افزایش بسیار نامحسوس است. با توجه به اینکه شهرسازی بر روی Zn خاک منطقه تأثیر ناچیزی داشته است بنابر این غلظت روی در آب نیز تغییر چندان نکرده است.

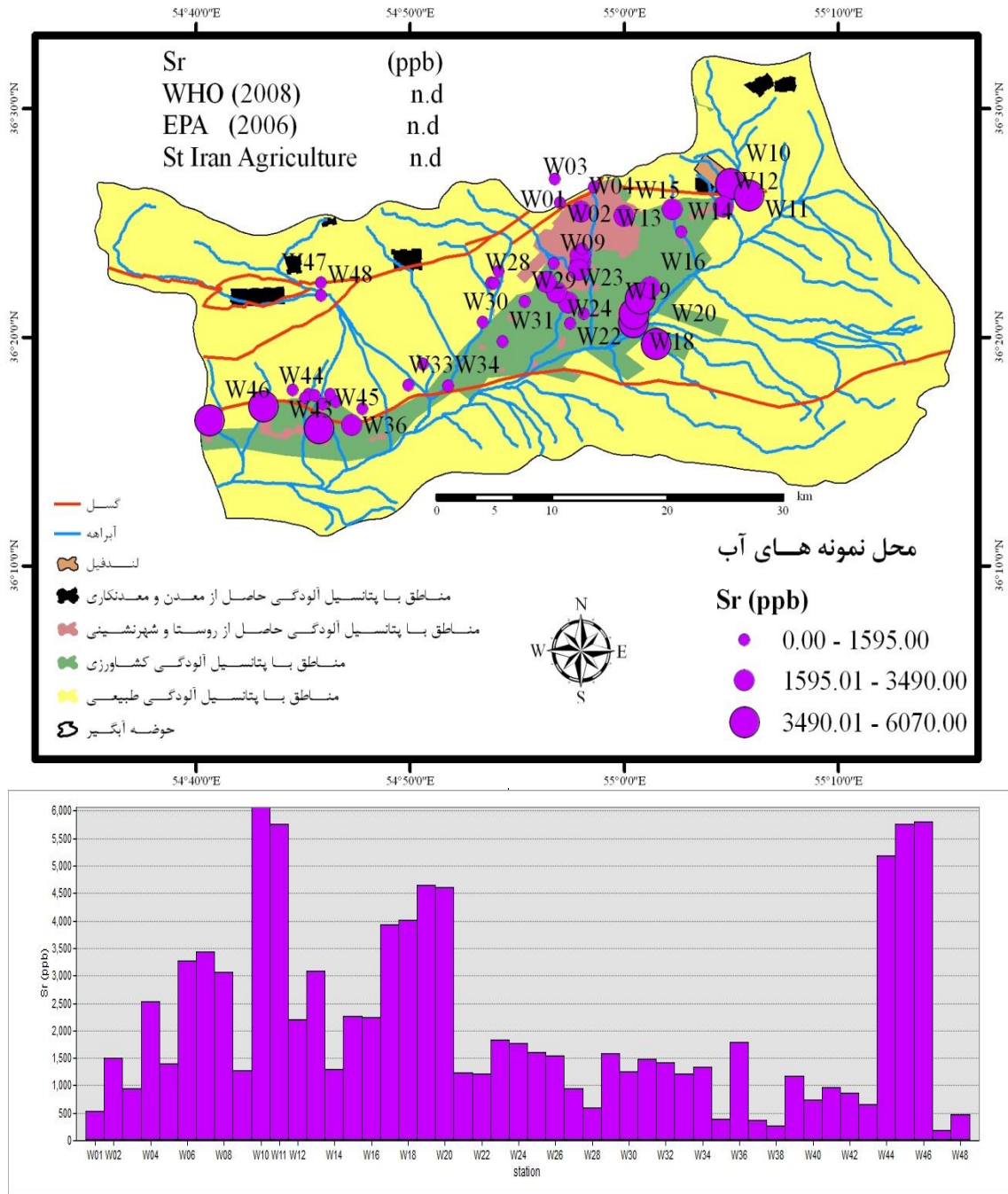
۶-۶-۵ استرانسیوم

استرانسیوم در گروه کلسیم و منیزیم قرار گرفته و از لحاظ ژئوشیمیایی ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند. از منابع اصلی استرانسیوم در آب باید به کانی‌های استرانسیانیت ($StrCO_3$)، سلسیتین ($StrSO_4$) و آراگونیت اشاره کرد. (WHO(2008)، EPA(2006) و سازمان حفاظت از محیط زیست ایران هیچ حد استاندارد را برای استرانسیوم در منابع آب شرب یا کشاورزی تعیین نکرده‌اند. بنابر این در اینجا تنها به بررسی روند غلظت نسبی آن پرداخته شده است و روند تغییرات غلظت و پراکنش آن در شکل (۶-۱۹) آورده شده است.

غلظت استرانسیوم در نقاط W10 (۶۰۷۰ ppb)، W11 (۵۷۷۰/۷ ppb)، W17 (۳۹۳۱/۳ ppb)، W19 (۴۶۵۹/۱۲ ppb)، W20 (۴۶۱۸/۷۴ ppb)، W44 (۵۱۹۰ ppb)، W45 (۵۷۵۹ ppb) و W46 (۵۸۱۱ ppb) به طور بسیار محسوسی بالاتر از سایر نقاط می‌باشد. لازم به ذکر است که دو نقطه W10 و W11 که در شمال شرق دشت و در واحدهای گچ‌دار واقع شده اند افزایش غلظت بالاتری نسبت به سایر نقاط از خود نشان می‌دهند. همبستگی بسیار خوب بین افزایش غلظت استرانسیوم در خاک و آب در محل‌های ذکر شده نشان‌دهنده تأثیر ویژه واحدهای زمین شناسی که بنابر توضیحاتی که در فصل پنجم داده شد بیشتر شامل واحدهای گچ‌دار در جنوب و جنوب شرق و همچنین واحدهای آهکی دولومیتی در شمال می‌باشد. همچنین همبستگی بسیار بالای بین کلسیم و منیزیم و سولفات با استرانسیوم در منابع آب دشت نیز مؤید این مطلب است. همبستگی بسیار بالای استرانسیوم و سولفات که بیشتر از همبستگی بین کربنات و استرانسیوم است نشان از حلالیت بیشتر سولفات استرانسیوم نسبت به کربنات آن در آب‌های منطقه می‌باشد.

افزایش غلظت استرانسیوم در نقاط W44, W45 و W46 علاوه بر اینکه می‌تواند ناشی از حضور گسل شمال دامغان در منطقه می‌باشد می‌تواند ناشی از وجود سازندهای دولومیتی سلطانیه و باروت در شمال این منطقه نیز باشد. روند افزایشی میزان غلظت استرانسیوم از نمونه W15 (۲۲۶۰ ppb) تا W20 (۴۶۱۸/۷۴ ppb) نشان از نزدیک شدن به واحدهای با استرانسیوم بالا در خاک این منطقه می‌باشد و این افزایش غلظت هماهنگی خوبی با افزایش میزان استرانسیوم در خاک منطقه (شکل ۶-۱۹) نشان می‌دهد. از چنین واحدهای آهکی انتظار می‌رود که میزان غلظت استرانسیوم نیز در آب کاهش یابد. عامل ثانویه که به صورت محلی عمل نموده است افزایش میزان pH در منابع آب در نقاط پایین دستی W26 (۷/۰۵)، W27 (۷/۴۸) و W28 (۸/۱۰) می‌باشد.

افزایش اندک غلظت استرانسیوم در آب W23 (۱۸۴۰ ppb) و W24 (۱۷۶۰ ppb) را احتمالاً می‌توان به مصرف بالای آب آهک در کارخانه قند و نشت استرانسیوم از پس آب این کارخانه به منابع آب



شکل ۶-۱۹ مقدار و پراکندگی استرانسیوم در منابع آب منطقه

زیرزمینی نسبت داد. کاهش غلظت استرانسیوم در منابع آب زیرزمینی واقع در شهرک صنعتی (W26) (۱۵۴۰ ppb)، (۹۵۰ ppb) W27 و (۵۹۰ ppb) W28 نشان دهنده دو عامل برای کاهش در میزان غلظت Sr در محیط آبرگین است. اولین عامل، وجود سنگهای آهکی کرتاسه در بالادست منطقه است

که همانگونه که در مبحث خاک بحث شد به عنوان سنگ منشأ استرانسیوم عمل می‌کنند، لذا با توجه به دور شدن از چینین واحدهای آهکی انتظار می‌رود که میزان غلظت Sr نیز در آب کاهش یابد. عامل ثانویه که به صورت محلی عمل نموده افزایش میزان pH در منابع آب در نقاط پایین دستی W26 (۷/۰۵)، W27 (۷/۴۸) و W28 (۸/۱۰) می‌باشد. افزایش غلظت از نقطه W03 (۹۴۳/۳۲ ppb) تا W08 (۳۴۳۳/۳۴ ppb) که در محدوده شهری قرار گرفته اند را باید ناشی از تأثیرات شهرسازی و بدنبال آن کاهش pH در محیط که باعث آزادسازی استرانسیوم از محیط می‌شود دانست.

در مجموع می‌توان بیان داشت که فعالیتهای کشاورزی در منطقه از قبیل کشت و اضافه کردن فلزات سنگین توسط کود و سموم به خاک منطقه و کاهش pH به وسیله فعالیتهای ارگانیزمی در این نقاط و افزایش حلالیت استرانسیوم در خاکهای اسیدی تر باعث حل شدن و نشت آن به منابع آبی شده است.

۶-۶-۶ فسفر

فسفر از نافلزها بوده و جایگاه آن در جدول تناوبی در زیر نیتروژن قرار دارد. شباهت رفتاری فسفر و نیتروژن باعث شده که این عنصر نیز به عنوان تشکیل دهنده کمپلکس‌های آنیونی عمل کرده و تحرک پذیری بالایی در محیطها و شرایط مختلف pH-Eh نشان دهد.

WHO(2008)، EPA(2006) برای آب شرب و سازمان حفاظت محیط زیست ایران نیز برای آب کشاورزی حداکثری مشخص نکرده‌اند. با توجه به این مطلب در این مطالعه تنها به بررسی آماری و تغییرات غلظت P در منابع آب زیرزمینی پرداخته شده است. شکل (۶-۲۰) مقدار و پراکندگی غلظتهای فسفر در آب منطقه را نشان می‌دهد.

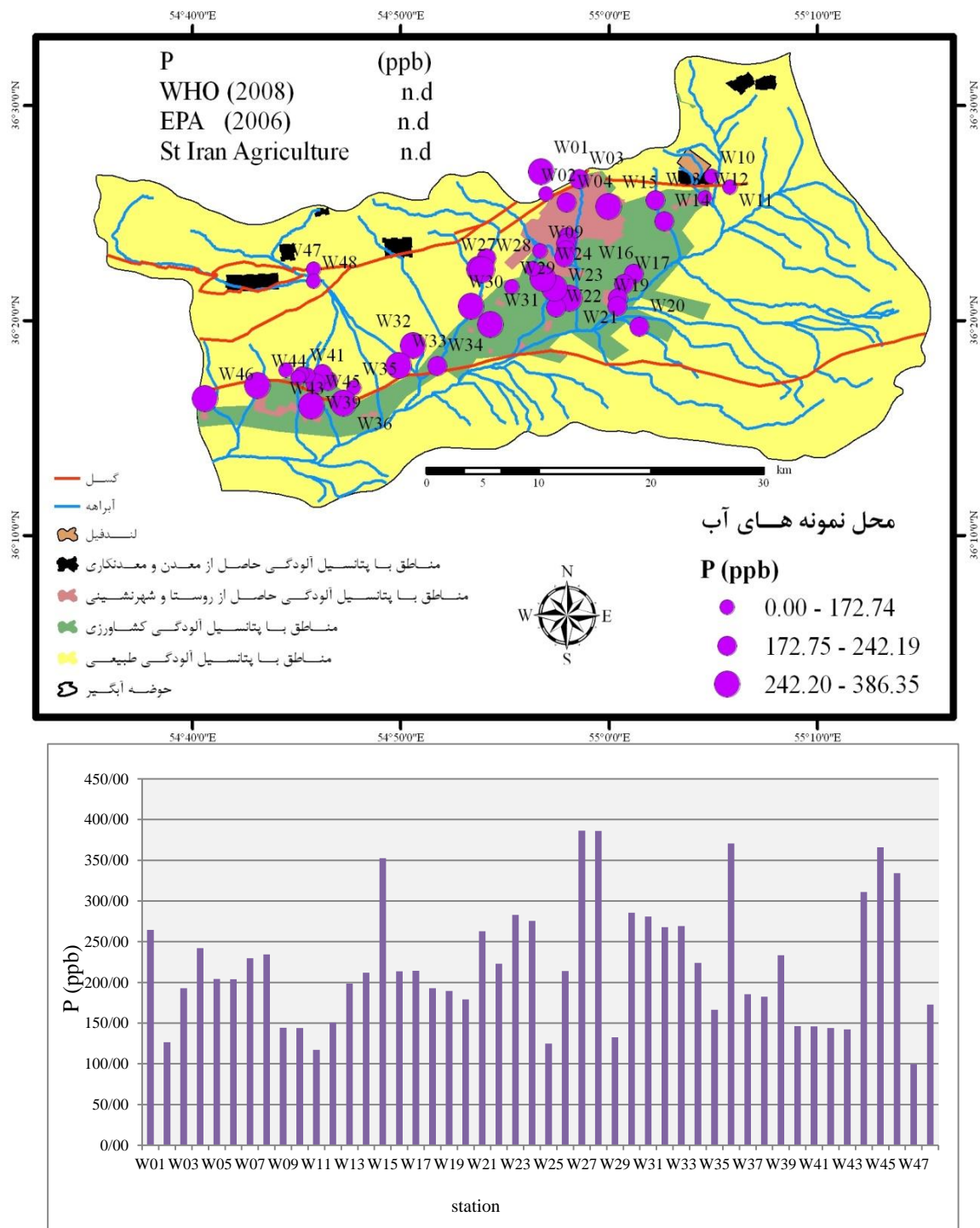
بیشترین غلظت فسفر در نمونه W27 (۳۸۶/۳۶ ppb) واقع در شهرک صنعتی و کمترین آن در W47 (۹۹/۸۴ ppb) می‌باشد. افزایش ناگهانی غلظت فسفر در W27 و W28 نسبت به W26 (۲۱۴/۱ ppb)، می‌تواند ناشی از نفوذ فاضلابهای صنعتی شهرک صنعتی به آب زیرزمینی منطقه باشد. نمونه آب ایستگاه W15 (بیمارستان امام حسین) (۳۵۲/۴۷ ppb) اختلاف غلظت زیادی نسبت به چاه بالا

دست (W03) (ppb 192/73)) نشان داده و نشان دهنده نشت آلودگی فسفر از پس آب بیمارستان به آب زیرزمینی منطقه می باشد. کم شدن غلظت فسفر در نمونه آب پایین دست W16 (ppb 213/77) نیز نشانگر رقیق شدن این آلودگی در طی مسیر توسط اضافه شدن آب از اطراف می باشد. بالاتر بودن نسبت غلظت فسفر در نمونه های آب شهری (W07, W06, W05, W04, W03 و W09)، نشان-دهنده افزایش غلظت و نفوذ آلاینده های فسفوری از منابع شهری به آب زیرزمینی در منطقه می باشد. کاهش اندک غلظت در نمونه شهری W09 (ppb 144/19) را می توان به رقیق شدگی منابع آب توسط آب ناشی از زیرحوضه شهرک دانشگاه که بافت شهری جدیدتری داشته و کمتر در معرض آلودگی قرار گرفته است نسبت داد.

با توجه به اینکه نمونه آب W10 و W11 در پایین دست لندفیل شاهرود غلظت چندانی از فسفر را نشان نداده اند و با توجه به اینکه غلظت فسفر خاک در این محل افزایش نسبی نشان داده است می توان نتیجه گرفت که آلودگی فسفر از لندفیل به آب زیرزمینی منطقه نفوذ پیدا نکرده است که نتایج این مطالعه مؤید مطالعات باقرکاظمی نیز می باشد. روند افزایشی غلظت فسفر از W11 تا W15 را می توان به افزایش فسفر به آب زیرزمینی توسط فعالیتهای کشاورزی در منطقه بدشت نسبت داد. یکی دیگر از روندهای مشاهده شده در فسفر آب زیرزمینی منطقه، کاهش غلظت فسفر از W16 (ppb 313/77) تا W20 (ppb 179/11) می باشد. این روند کاهش نشان از تأثیر عمده فعالیتهای کشاورزی بر آب زیرزمینی منطقه دارد.

در حوالی گسل شمال دامغان که کیفیت آب برای بسیاری از پارامترهای دیگر نیز افت پیدا کرده است در خصوص فسفر نیز افزایش غلظت محسوسی مشاهده می شود، بطوری که نمونه های بالادست گسل نسبت به پایین دست آن کیفیت مناسبتری از لحاظ غلظت فسفر را دارا می باشند. در توضیح این مسئله می توان به اولاً وجود گسل ده ملاً و بدنبال آن آشفتگی منطقه و به هم ریختگی نظم آبخوان و ثانیاً نزدیک شدن به خروجی حوضه که محل تجمع روان آبها و همچنین جهت حرکت آب زیرزمینی

که به سمت این منطقه می‌باشد اشاره کرد. افزایش نسبی غلظت فسفر در W23 و W24 را می‌توان احتمالاً به حضور کارخانه قند در بالادست این نقاط و نشت آلودگی به آب زیرزمینی محل نسبت داد.



شکل ۶-۲۰ مقدار و پراکندگی فسفر در منابع آب منطقه

۶-۶-۶ سرب

مقدار سرب در تمامی نمونه‌های آب دشت پایینتر از ۱۰ ppb که حد آشکارسازی دستگاهی آزمایشگاه می‌باشد، است. با توجه به اینکه خاک منطقه در مناطق خاصی از جمله لندفیل و پایین دست شهرک صنعتی افزایش غلظت (نسبت به میانگین پوسته‌ای) نشان می‌دهند ولی بدلیل تحرک بسیار پایین سرب در شرایط محیطی، این فلز وارد منابع آب زیرزمینی نشده است. با توجه به اینکه WHO(2008) و EPA(2006) مقدار ۱۰ ppb را برای حد مجاز سرب در آب شرب تعیین نموده‌اند لذا تمامی آبهای منطقه از نظر مقدار سرب در حد مجاز می‌باشند.

۶-۷ تغییرات شاخص اشباع شدگی (Saturation Index) در منابع آب

۶-۷-۱ شاخص اشباع برای کانیهای اصلی حاصل از آنیونها و کاتیونهای اصلی در آب

شاخص اشباع شدگی برای کانی‌های مختلف از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

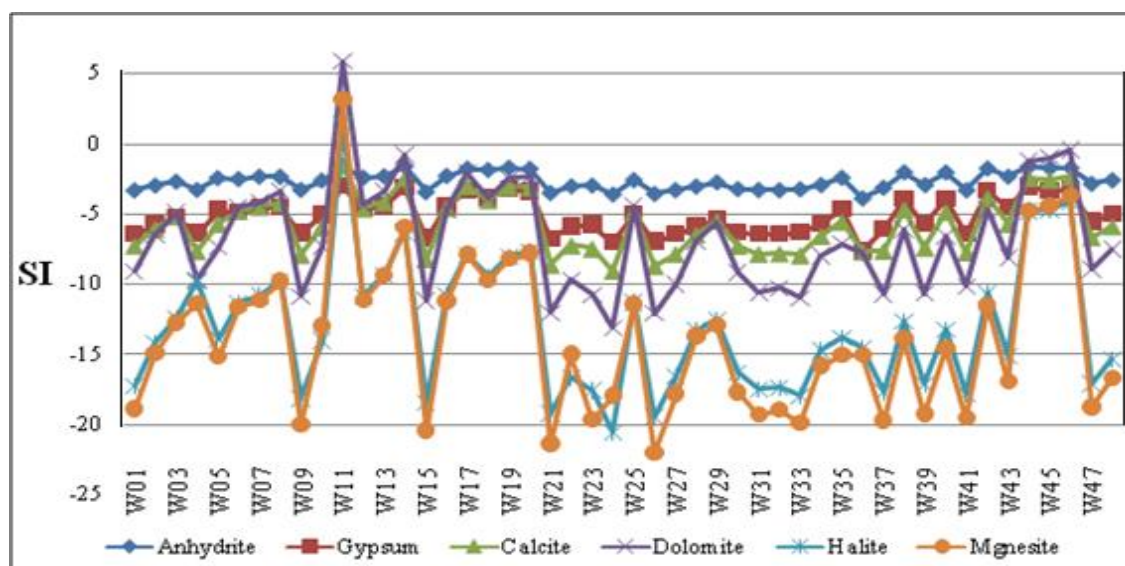
$$SI = \text{Log} \frac{IAP}{K_{\text{sat}}} \quad \text{رابطه ۶-۱}$$

در این رابطه SI، شاخص اشباع شدگی، IAP، میزان پویایی و تحرک کانی مورد نظر و K_{sat} ثابت انحلال پذیری می‌باشد.

به منظور محاسبه SI در این مطالعه از نرم افزار PHREEQC واز بانک داده‌های wateq4f استفاده شد. در شکل (۶-۲۱) شاخص اشباع شدگی برای کانی‌های اصلی مانند کلسیت، دولومیت، ژیپس، انیدریت، هالیت و منیزیت آورده شده است.

همانگونه که در شکل مشخص است شاخص اشباع شدگی در بیشتر نمونه‌های آب پایینتر از صفر بوده و نمونه‌های آب نسبت به کانیهای مذکور تحت اشباع می‌باشند. تنها در نقطه W11 شاخص اشباع شدگی دولومیت (۷/۳۷)، کلسیت (۱/۴۶) و منیزیت (۱/۷۲) بالاتر از صفر بوده و نشان از فوق اشباع

بودن آب نسبت به کلسیم، منیزیم، کربنات-بیکربنات در محل می‌باشد که بنا بر توضیحاتی که قبلاً بیان شد، چنین امری ناشی از آزادسازی بسیار زیاد این یونها از سازندهای کربناته و گچی در این نقاط و همچنین بالارفتن pH در اثر عدم پمپاژ چاه و زمان ماندگاری بالای آب و تماس زیاد آن با واحدهای سنگی اطراف می‌باشد.



شکل ۶-۲۱ شاخص اشباع شدگی کانی‌های اصلی در نمونه‌های آب

شاخص اشباع شدگی کلسیت در نمونه های W46 و W45 (به ترتیب ۰/۷۴ و ۰/۹۰)، دلومیت (به ترتیب ۱/۶۱ و ۱/۹۴)، منیزیت (به ترتیب ۰/۳ و ۰/۴۵) نیز بالاتر از صفر بوده و نشان از فوق اشباع بودن این آبها از یونهای کلسیم، منیزیم و کربناتها می‌باشد. در این محل چندین عامل از جمله نزدیکی به خروجی حوضه، نزدیک شدن به واحدهای شور و سختی ساز در جنوب غرب منطقه و همچنین وجود گسل کواترنری ده‌ملا، باعث بالارفتن غلظت یون‌های محلول در آب شده و آب این ناحیه نسبت به کلسیت، دلومیت و منیزیت اشباع شده است. در هر سه نقطه ای که اشاره شد (W46 و W45، W11) شاخص اشباع شدگی نهایت نیز افزایش بسیار محسوسی پیدا کرده ولی به علت ماهیت بسیار انحلال پذیر نمک در آب و بالا بودن حد اشباع شدگی آن علاوه بر بالابودن شوری

در تمامی این نقاط شاخص اشباع شدگی هالیت کمتر از صفر بوده و آب نسبت به نمک کلرید سدیم در زیر حد اشباع شدگی قرار می‌گیرد (شکل ۶-۲۱).

۶-۷-۲ شاخص اشباع شدگی عناصر مورد بررسی در آب منطقه

شاخص‌های اشباع شدگی عناصر مورد بررسی محاسبه و در شکل (۶-۲۲) آورده شده است. با توجه به اینکه غلظت کروم و وانادیوم در منابع آب در دشت بسیار پایین می‌باشد و در بیشتر نقاط این مقدار پایینتر از حد آشکارسازی دستگاهی است لذا شاخص اشباع شدگی محاسبه شده در تمامی نقاط برای کانی‌های اصلی این عناصر بسیار پایینتر از صفر و در حدود ۱۷- تا ۲۵- می‌باشد و نشان از عدم اشباع شدگی در آب دشت می‌باشد. در رابطه با فسفر نیز شاخص اشباع شدگی‌های محاسبه شده بسیار پایین بوده و در تمامی ایستگاههای مورد بررسی کانی‌های فسفر زیر حد اشباع شدگی بوده و در شکل آورده نشده است. با توجه به نمودار Eh-pH (شکل ۶-۱۴) و تمایل زیاد کروم برای باقی ماندن در خاک و تحرک پذیری کم کروم، نا محلول بودن آن قابل توجه می‌باشد. تمایل کروم در شرایط Eh-pH کروم احتمالاً به صورت ترکیب نامحلول Cr_2O_3 رسوب می‌کند. وانادیوم نیز در چنین شرایطی تمایل به تشکیل یون $VO(OH)^+$ و VOH^{2+} و همچنین ترکیب V_2O_3 دارد. ترکیبات $VO(OH)^+$ و VOH^{2+} تمایل زیاد به جذب سطحی، توسط کانیهای رسی و هیدروکسیدهای آهن دارند (Kabata-Pendias, 2001) ترکیب V_2O_3 نیز تمایلی به تحرک و انحلال نداشته و بیشتر بصورت یک عنصر هیدرولیزات عمل کرده و در خاک باقی می‌ماند (Mason and Moore, 1966). بر همین اساس با توجه به اینکه غلظت وانادیوم در خاک دشت به طور طبیعی کم بوده و همچنان با توجه به هیدرولیزات بودن وانادیوم کم بودن غلظت آن در آب منطقه قابل توجه می‌باشد.

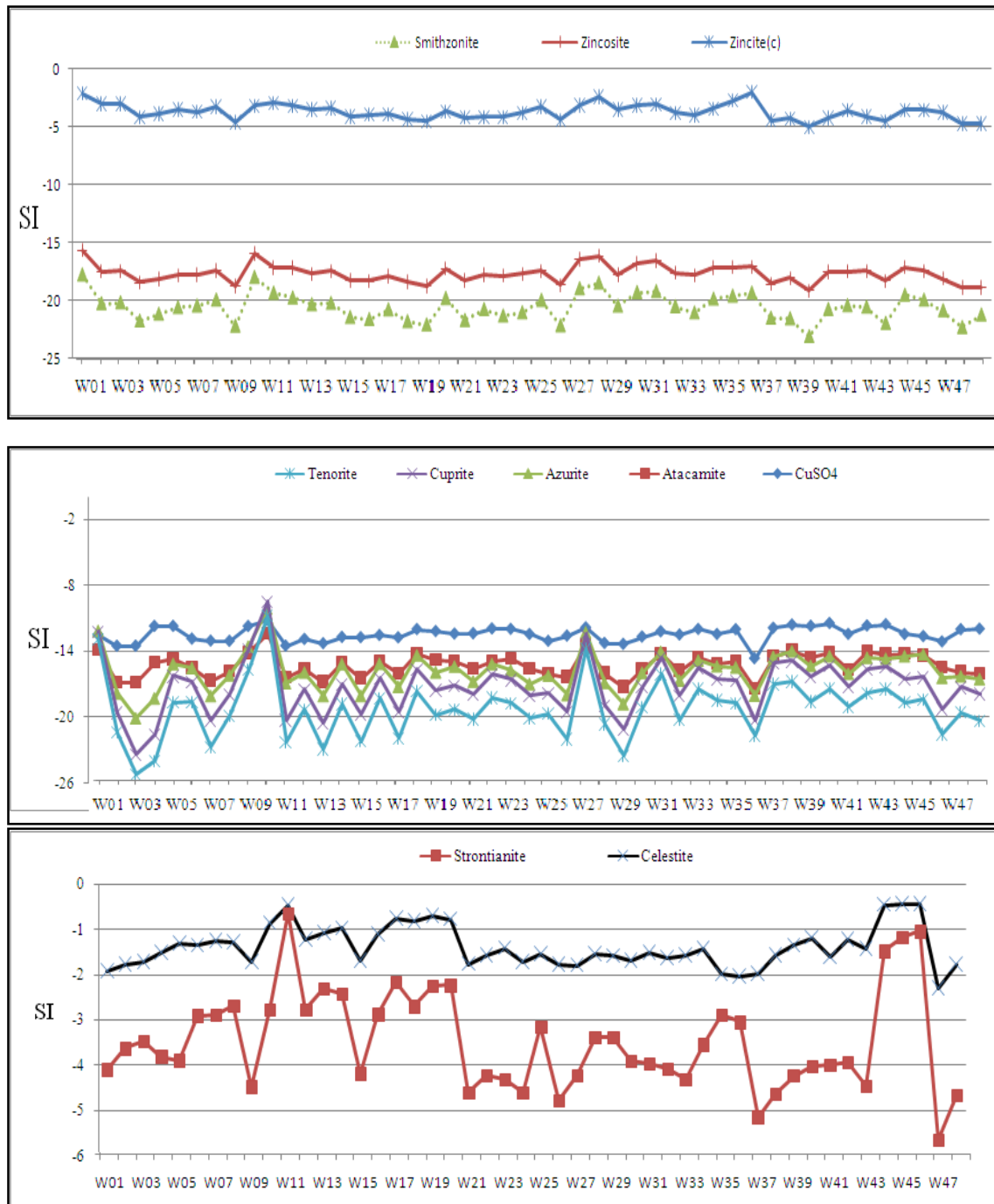
شاخص اشباع شدگی برای کانی‌های روی (اسمیت زونیت، زینکیت و زینکوسیت) در تمامی نمونه های آب پایینتر از صفر بوده و نشان دهنده غلظت پایین روی در آب و تحت اشباع بودن کانی‌ها در

منابع آب منطقه است. با توجه به نمودار Eh-pH روی (شکل ۶-۱۴) و شرایط محیطی آبهای منطقه، روی در آب منطقه احتمالاً به صورت Zn^{2+} در حضور دارد که پایین بودن شاخصهای اشباع شدگی در نمونه‌های آب مورد مطالعه نیز بیانگر چنین مطلبی می‌باشد.

همانگونه که در شکل ۶-۲۲ مشاهده می‌شود شاخص اشباع شدگی برای کانی‌های مس نیز کمتر از صفر بوده و نشان‌دهنده تحت اشباع بودن این کانی‌ها در منابع آب منطقه می‌باشد. با این حال تغییرات بیشتری نسبت به کانی‌های روی نشان می‌دهد که ناشی از فعالیت ذاتی مس و واکنش بیشتر آن نسبت به افزایش pH در محیط می‌باشد. انحلال پذیری مس و روی در pHهای بالا کم می‌شود ولی انحلال‌پذیری مس نسبت به روی به مقدار زیادتری کاهش می‌یابد. این مطلب در شاخص‌های اشباع شدگی مس در نمونه‌های W10 و W11 که pH بیشتری از سایر نقاط دارد قابل مشاهده است به این دلیل شاخص اشباع شدگی برای کانیهای مس در این نقاط کاهش محسوسی یافته است اما شاخص اشباع شدگی روی تغییر چندانی و قابل ملاحظه‌ای نشان نداده است. شاخص اشباع شدگی در ایستگاه W27 نیز افزایش محسوسی یافته است و نشان‌دهنده افزایش غلظت مس در این نقطه می‌باشد، همانگونه که بحث گردید در این نقطه نفوذ آلاینده‌های ناشی از فاضلاب شهرک صنعتی باعث افزایش غلظت برخی از عناصر از جمله مس در آب زیرزمینی این منطقه شده است.

با توجه به نمودار Eh-pH مس (شکل ۶-۱۴) گونه‌های غالب مس در آب منطقه احتمالاً Cu^{2+} و Cu^{+} می‌باشد که با بالا رفتن pH احتمالاً باعث رسوب کردن کانی‌های کوپریت و تنوریت به صورت فاز جامد می‌گردد. شاخص‌های اشباع شدگی محاسبه شده در این مطالعه نیز گویای این مطلب می‌باشد. محاسبه شاخص اشباع شدگی در خصوص کانی‌های استرانسیوم (سلستین و استرانسیانیت) نشان دهنده تحت اشباع بودن این دو کانی در منابع آب منطقه می‌باشد. با توجه به نمودار Eh-pH استرانسیوم (شکل ۶-۱۴) گونه غالب Sr موجود در منابع آب دشت در این شرایط محیطی یون Sr^{2+} بوده که شاخص اشباع شدگی محاسبه شده در منطقه مورد مطالعه نیز مؤید این امر می‌باشد. شاخص

اشباع شدگی در نمونه های W20, W11, W45, W44 و W46 نسبت به سایر نقاط افزایش یافته است و این موضوع نشانگر افزایش استرانسیوم و همچنین یونهای کربنات و سولفات در این آبها می-باشد.



شکل ۶-۲۲ شاخص اشباع شدگی عناصر مورد بررسی در نمونه های آب منطقه

۸-۶ محاسبه شاخص فلزی (Metal Index)

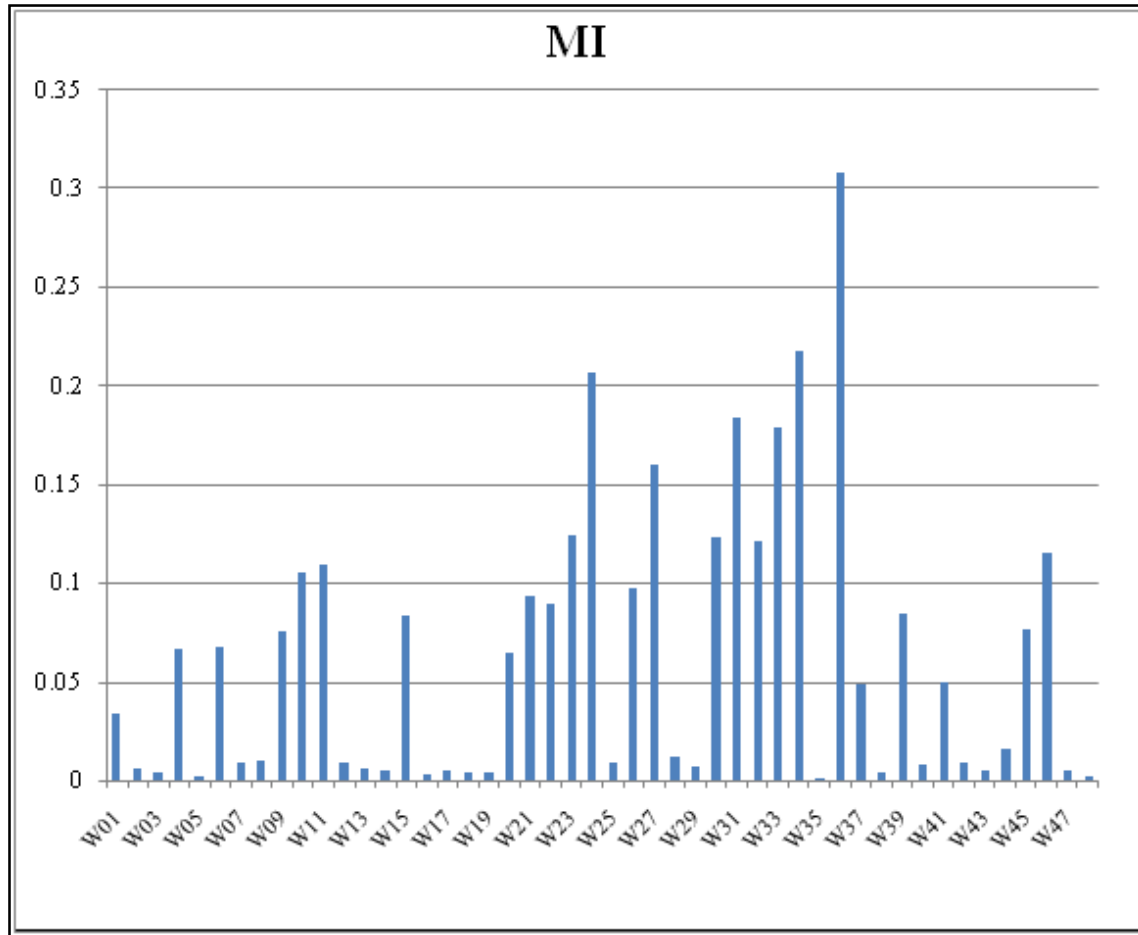
شاخص فلزی می‌تواند یک ویژگی مناسب برای بیان میزان آلودگی در منابع آب نسبت به فلزات باشد. شاخص فلزی مجموع نسبت غلظت عناصر مورد نظر بر غلظت استاندارد آن در WHO می‌باشد که از رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$MI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Ci}{C0} \right) \quad \text{رابطه ۶-۲}$$

Ci در این رابطه غلظت فلز مورد بحث، C0 مقدار غلظت استاندارد همان فلز در استاندارد WHO(2008) و MI شاخص فلزی در نمونه آب مورد نظر است.

در این مطالعه غلظت استرانسیوم در نمونه‌های آب بالا می‌باشد. اما بدلیل اینکه از طرف هیچ یک از سازمان‌ها بررسی کیفیت آب (WHO, EPA و ...) استاندارد برای آن تعیین نشده است لذا برای محاسبه شاخص فلزی از آن استفاده نشده است و شاخص فلزی تنها برای فلزات دیگر (کروم، مس، سرب و روی) محاسبه شد. شکل (۶-۲۳) نمودار شاخص فلزی در ایستگاه‌های مختلف سطح دشت را نشان می‌دهد.

با توجه به نمودار شکل (۶-۲۳) MI در تمامی نمونه‌ها کمتر از یک بوده و نشان از عدم آلودگی فلزی در محیط می‌باشد. نمونه آب W36 با مقدار (۰/۳۱) بالاترین مقدار MI در منابع آبی دشت را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه این چاه در پایین دست گسل شمال دامغان قرار گرفته و همچنین خاک منطقه نیز در این محل، دارای غلظت بالایی خصوصاً از نظر مس، روی و وانادیوم می‌باشد لذا انتظار بالا رفتن اندیس فلزی در این آبها وجود دارد. به علت عدم دخالت استرانسیوم در محاسبه اندیس فلزی محلهایی چون W44, W45, W46, W11 پایین‌تر از حد معمول نسبت به دیگر نقاط می‌باشد. MI در نمونه آب کارخانه ایزوگام (W27) (۰/۱۶) به طور مشخصی بالاتر از نمونه بالا دست و پایین دست خود می‌باشد که حاکی از ورود مقدار زیادی فلز از این کارخانه به منابع آب زیرزمینی می‌باشد.



شکل ۶-۲۳ نمودار شاخص فلزی در منابع آب دشت

فصل هفتم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۷ کلیات

زمین مهمترین منبع تأمین مواد مورد نیاز بشر می باشد. آب و خاک سالم از اصلی ترین شاخصه‌های سلامت جامعه بشری و محیط زیست بوده و اساسی ترین جنبه های توسعه پایدار برای هر کشور به شمار می آید. منابع آب و خاک می توانند تحت تأثیر عوامل طبیعی زمین شناسی منطقه و یا انسانزاد (شهرسازی، کشاورزی، صنایع، معادن و...) دستخوش تغییر و آلودگی گردند.

در این مطالعه به بررسی غلظت عناصر سنگین در خاک و منابع آب زیرزمینی دشت شاهرود پرداخته شده است. جهت رسیدن به این هدف، ابتدا مطالعات پایه ای شامل اطلاعات ژئوشیمی، زیست محیطی و زمین شناسی جمع آوری گردید. سپس با توجه به تغییرات لیتولوژی، کاربری اراضی، معدنکاری و بطور کلی منابع آلاینده، نمونه برداری به صورت هدفمند انجام گرفت.

پس نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌ها، نمونه های آب و خاک در آزمایشگاه سازمان زمین شناسی کشور به روش ICP-MS مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفته و نتایج آنالیز شیمیایی برای بررسی آلودگی زیست محیطی در منطقه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین اهداف دیگری چون مطالعه و بررسی زمین شناسی منطقه و چگونگی تأثیر آن بر پراکندگی غلظت فلزات سنگین در منطقه و همچنین روند تغییرات غلظت عناصر سنگین در خاک و منابع آب زیرزمینی دنبال گردید. در نهایت نیز نقشه پراکندگی آلاینده ها در محیط GIS و در منابع آب و خاک منطقه برای عناصر مختلف تهیه گردید.

در خلال این مطالعه به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم افزارهای کاربردی چون :

ArcGIS 9.3, Excel 2008, AqQa, Surfer8, Rock work, Chemistry, PHREEQC, SPSS18 , Global mapper8 و... استفاده گردید .

۲-۷ جمع بندی و نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه از لحاظ زمین شناسی شامل دو بخش واحدهای البرز (در شمال منطقه) و واحدهای ایران مرکزی (جنوب و جنوب شرق و شرق و شمال شرق منطقه) می باشد. واحدهای شمالی

منطقه بیشتر از سنگهای آهکی سازند های لار ودلیچای و به مقدار اندک از واحدهای شیل وماسه سنگ شمشک تشکیل یافته است. واحدهای جنوبی منطقه بیشتر از واحدهای تبخیری-تخریبی معادل سازندهای قرمز وقم با لیتولوژی غالب شیل ومارن های گچ ونمک‌دار تشکیل یافته است. شیب کلی منطقه از شمال به جنوب وشمال شرق به جنوب غرب و شیب واحدهای جنوبی نیز به سمت شمال و غرب می باشد.

۷-۳ جمع بندی مطالعات مربوط به کیفیت آلودگی خاک دشت

pH خاک در بازه ۸/۰۸ تا ۹/۱۵ در خاک دشت در نوسان می باشد که بیشترین میزان آن در نزدیک خروجی حوضه و کمترین آن در خاک کشاورزی شهر مشاهده گردید.

کشاورزی، لندفیل، شهرسازی ومعدنکاری باعث پایین آمدن pH در خاک منطقه شده است. pH در خاکهای شمال وشمال شرق (به علت وجود واحدهای آهکی) و در جنوب وغرب منطقه (به علت وجود واحدهای گچ‌دار) افزایش پیدا کرده است.

لندفیل شاهرود باعث افزایش مواد آلی خاک از ۲/۱ درصد در بالادست به ۷/۲۲ در پایین دست لندفیل شده است. فعالیت های کشاورزی و شهر سازی و فعالیت های صنعتی در منطقه نیز باعث افزایش میزان ماده آلی در خاک شده است. کمترین میزان ماده آلی در روی گسل شمال دامغان و بیشترین مقدار آن در S58 تجمع یافته است.

بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در خاک دشت در محل S58 (نزدیکی خروجی حوضه)، ۳۲۴۰۰ میکروموس برسانتی متر بوده وناشی از تبخیر آبهای سطحی و بوجود آمدن شورابه در نزدیکی خروج حوضه می باشد.

نوع خاک منطقه از لحاظ بافت در شمال و حوالی واحدهای آهکی درشت دانه‌تر و از نوع sandy loam می‌باشد و به سمت جنوب و جنوب غرب منطقه ریزدانه‌تر و به نوع عمدتاً رسی تغییر می یابد.

عناصر (سرب، روی، مس و فسفر)، (مس، فسفر و EC) و (استرانسیم و EC) در خاک منطقه همبستگی مثبت خوبی نشان داده‌اند که نشان از وجود فرایندهای یکسان برای تجمع و تغلیظ آنها در خاک منطقه می‌باشد.

بیشترین غلظت سرب، روی و مس در منطقه در محل لندفیل S07 (به ترتیب ۵۵/۰۴، ۲۱۰/۴۹ و ۷۱/۹) و کمترین آن در خاک نزدیک سازند آهکی دلیچای (به ترتیب ۱/۳۴، ۴ و ۱/۵۸) دیده می‌شود. همبستگی معنادار بین سرب، روی و مس نشان دهنده منشأ احتمالاً مشترک این عناصر در محیط است. لندفیل باعث افزایش مقدار سرب، روی و مس به صورت محلی در خاک منطقه شده است. فعالیتهای کشاورزی و شهرسازی نیز باعث افزایش نسبی سرب، روی و مس در خاک منطقه شده است. بطور کلی می‌توان گفت که افزایش غلظت این سه فلز در واحد های گچی، مارنی آهکی همبستگی آنها را با تشکیلات زمین شناسی معادل قرمز و قم نشان می‌دهد.

بیشترین مقدار فسفر خاک در نقطه S49 (۱۲۵/۸۸) و کمترین آن در خاک نزدیک سازند شمشک (۰/۰۳ ppm) مشاهده شد. افزایش غلظت فسفر در S49 احتمالاً منشأ زمین‌زاد دارد. فعالیتهای کشاورزی، شهرسازی، لندفیل بر افزایش نسبی فسفر موثر بوده‌اند.

کروم در منطقه احتمالاً بیشتر منشأ زمین‌زاد دارد و در شمال دهملا، S61 (۱۱۶/۴۹ ppm) بالاترین غلظت را نشان می‌دهد. فعالیتهای صنعتی، لندفیل و کشاورزی نیز به طور نسبی باعث افزایش غلظت کروم در خاک منطقه شده‌اند.

غلظت وانادیوم در دو نقطه S52 (۱۳۵/۰۲ ppm) و S63 (۱۳۶/۳ ppm) بالاتر از غلظت میانگین پوسته ای می‌باشد این افزایش غلظت در منطقه S52 احتمالاً مربوط به نفوذ وانادیوم ناشی از پس مانده های کوره های آجرپزی و نخاله های آسفالت در منطقه است. افزایش غلظت در S63 نیز ناشی از تجمع وانادیوم در واحدهای بوکسیتی-لاتریتی در ابتدای دره دهملا عنوان است. فعالیتهای صنعتی، لندفیل و کشاورزی تاثیر محسوسی در افزایش وانادیوم در خاک نداشته‌اند.

غلظت عنصر استرانسیوم در منطقه به طور محسوسی بالاتر از میانگین پوسته ای است. بیشترین غلظت استرانسیوم در نقطه S16 (752/47 ppm) و کمترین آن در نقطه S71 (132/5 ppm) می باشد. استرانسیوم در منطقه همبستگی خوبی با واحدهای آهک و گچ دار در شمال شرق-شرق، جنوب و جنوب غربی و شورابه‌های خروجی حوضه نشان می‌دهد. فعالیت‌های کشاورزی در منطقه به طور نسبی باعث کاهش غلظت استرانسیوم در خاک شده‌اند. در اطراف گسل شمال دامغان به طور محسوسی باعث غلظت استرانسیوم در خاک افزایش یافته است. صنعت و کشاورزی نیز تأثیر خاصی بر غلظت استرانسیوم در خاک نداشته‌اند.

محاسبه فاکتور غنی‌شدگی در خاک نشان داد که به طور میانگین استرانسیوم با غنی‌شدگی 1/77 بیشترین غنی‌شدگی را در خاک دشت نشان می‌دهد. در محل لندفیل غنی‌شدگی سرب (4/40)، روی (3/13) و مس (1/36) می‌باشد. فاکتور غنی‌شدگی استرانسیوم در حوالی کارخانه گچ و خروجی حوضه به بیشترین مقدار خود رسیده است و نشان از غنی‌شدگی متوسط دارد.

میانگین فاکتور آلودگی استرانسیوم (2/74) بیشتر از سایر فاکتور آلودگی در دشت بوده و نشان‌دهنده آلودگی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. محاسبه درجه آلودگی اصلاح شده نشان از وجود آلودگی اندک در نقاط S01 (نزدیک معدن گچ)، S07 (لندفیل) و S58 (خروجی منطقه) می‌باشد.

میزان شاخص زمین‌انباشت برای عناصر مورد مطالعه به صورت $Sr > Pb > Cr > P > Zn > V > Cu$ می‌باشد. شاخص زمین‌انباشت برای عناصر سرب، روی و مس در محل لندفیل افزایش نسبی یافته که نشان از منشأ مشترک این عناصر در نزدیکی این محل است.

انجام آنالیز خوشه‌ای بر روی عناصر مورد مطالعه، عناصر را به 2 دسته شامل استرانسیم و فسفر و دسته دیگر شامل سرب، روی، مس، کروم و وانادیوم تقسیم نمود. هر دو دسته منشأ زمین‌زاد داشته ولی عناصر استرانسیوم و فسفر به طور معمول بیشتر در واحدهای تخریبی و تبخیری تجمع حاصل نموده‌اند.

۴-۷ جمع‌بندی مطالعات مربوط به کیفیت و آلودگی آب

در این مطالعه همبستگی معناداری بین EC و کلسیم (۰/۸۴۱)، منیزیم (۰/۸۳۸)، سدیم (۰/۷۹۲)، پتاسیم (۰/۷۰۰)، سولفات (۰/۷۷۶)، کلراید (۰/۷۷۳) و استرانسیوم (۰/۶۳۴) محلول در آب مشاهده شد، که نشان‌دهنده تأثیر مستقیم این یونها بر افزایش میزان EC در آبهای منطقه است. همبستگی مثبت بالای استرانسیوم و کلسیم (۰/۷۲۷) و منیزیم (۰/۶۸۸) نشان‌دهنده رفتار مشابه ژئوشیمیایی این عناصر با یکدیگر در محیط آبگین می‌باشد.

زمین‌شناسی منطقه (واحد‌های گچ و نمکدار و واحدهای آهکی) تأثیر بسیار مستقیم در میزان یونهای کلسیم، منیزیم، سدیم، استرانسیوم، سولفات و بی‌کربنات محلول در آب منطقه داشته و با نزدیک شدن به چنین واحدهایی (در شمال شرق و جنوب و جنوب غربی دشت) بر مقدار چنین یون‌هایی در آب زیرزمینی افزوده می‌شود. بیشترین pH در آب منطقه مربوط به نمونه W36 (۸/۴۹) در نزدیکی خروجی حوضه است که متأثر از شورابه‌های انتهایی حوضه می‌باشد و کمترین pH مربوط به چاه W09 (۶/۹۶) واقع در واحدهای پایین دست سازند شمشک در شمال غرب منطقه می‌باشد. شایان ذکر است که به طور کلی فعالیت‌های شهرسازی، صنعتی و کشاورزی باعث کاهش pH آب منطقه شده‌اند.

کمترین EC منطقه با مقدار (۳۰۸ $\mu\text{s}/\text{cm}$) مربوط به نمونه W03 واقع در واحدهای آهکی شمال شرق شهر شاهرود و بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه W44 با مقدار ۶۹۳۵ $\mu\text{s}/\text{cm}$ واقع در جنوب ده‌ملا می‌باشد. روند افزایش EC در آب دشت از بالا دست (شمال و شمال شرق) به سمت مناطق شور پایین دست (جنوب و جنوب غرب) افزایش چشمگیری می‌یابد. واحدهای زمین‌شناسی تبخیری (شور) نقش عمده‌ای در این فرایند ایفا کرده‌اند.

غلظت کلسیم در نمونه‌های W44, W45 و W46 (بترتیب بر حسب ppm: ۲۰۶/۸۳، ۲۳۲ و ۲۳۶/۹) بالاتر از استاندارد آبهای مورد استفاده در کشاورزی بوده است. فعالیت‌های انسانزاد بر میزان کلسیم منابع آب تأثیر محسوسی نداشته است. منیزیم در نمونه‌های آب W11 (۱۵۴/۹ ppm) و W46 (ppm)

۱۶۸/۳) حتی بالاتر از استاندارد آبهای کشاورزی است. فعالیتهای صنعتی و شهرسازی باعث افزایش نسبی غلظت منیزیم در آب زیرزمینی شده است. غلظت سدیم در تعداد زیادی از نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد آبهای کشاورزی است. نزدیکی منابع آب به واحدهای تبخیری (شور) باعث افزایش غلظت این یونها در نمونه‌های آب شده است. البته گسل شمال دامغان نیز نقش مؤثری در کاهش کیفیت منابع آبی و افزایش غلظت یونهای مختلفی نظیر سدیم، کلر، کلسیم، منیزیم، سولفات و بی-کربنات داشته است.

افزایش غلظت یون نترات در نمونه‌های آب شهر نشان از نفوذ آلودگی فاضلابهای شهری به منابع آب زیرزمینی می‌باشد. فعالیتهای صنعتی و کشاورزی نیز تا حدودی باعث افزایش غلظت نترات در آب شده‌اند. افزایش غلظت یونهای سولفات و بی‌کربنات در نمونه‌های آب W11, W44, W45 و W46 نشان‌دهنده وجود منشأ یکسان برای ایجاد آلودگی در چنین آبهایی می‌باشد.

تیپ آب‌های منطقه از بالا دست به سمت پایین دست حوضه، از کربناته کلسیک به کلروره سدیک تغییر می‌یابد و در محل‌های مجاور واحدهای گچ دار مانند شمال شرق منطقه، تیپ آب به سولفات کلسیک و یا سولفات منیزیک تغییر پیدا می‌کند.

غلظت تمامی فلزات سنگین در آب منطقه زیر حد استاندارد شرب (WHO2008) بوده و از این لحاظ از کیفیت مناسبی برخوردارند. غلظتهای پایین و زیر حد آشکارسازی سرب در آب منطقه نشان از عدم تحرک این عنصر در شرایط محیطی منطقه می‌باشد. بیشترین غلظت کروم در نمونه W36 (ppb) ۱۴/۴۴) بوده که در این محل نمونه خاک‌های S56 و S57، بیشترین غلظت کروم را نشان داده‌اند. فعالیتهای صنعتی به میزان محسوس و فعالیتهای شهرسازی تأثیر جزئی بر غلظت کروم آب داشته‌اند.

افزایش غلظت مس در نمونه آبهای بالادست منطقه مانند W01 (۲۲/۲۵ ppb) نشان‌دهنده منشأ آلاینده‌گی مس در واحدهای بازالتی سازندخوش بیلاق در شمال منطقه (شمال بسطام) می‌باشد.

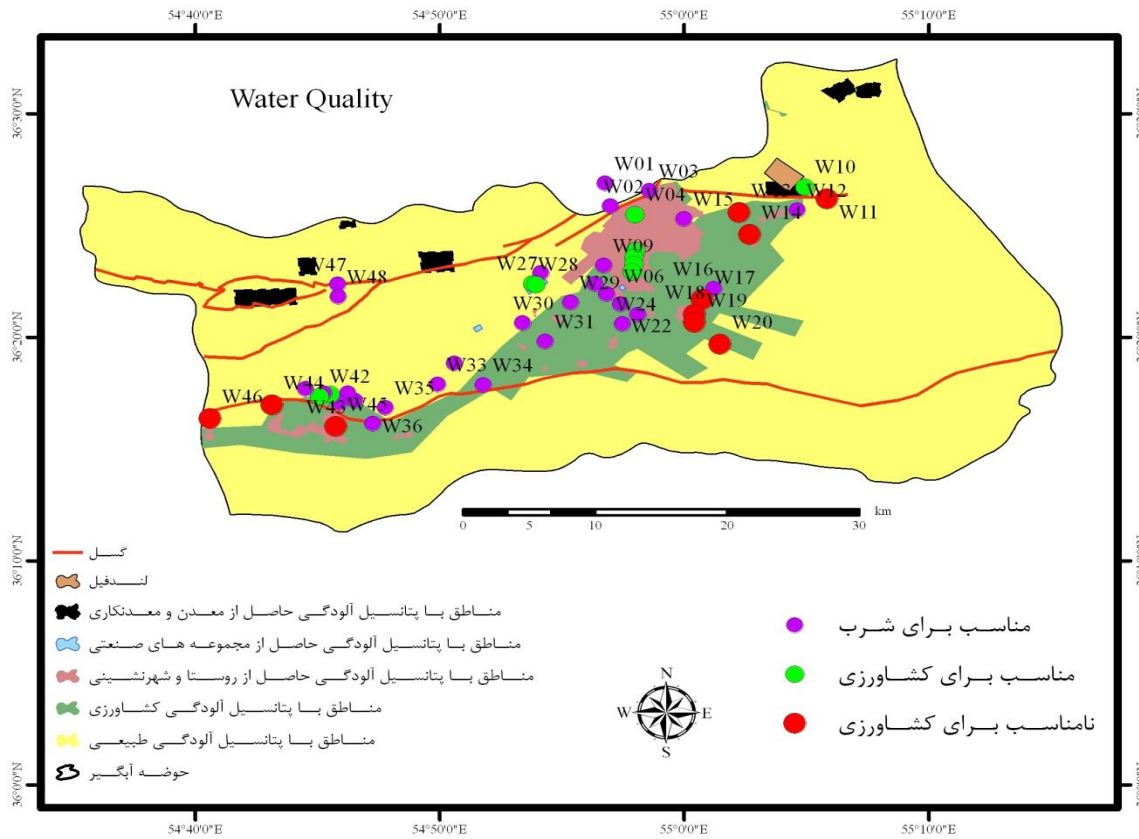
شهرسازی و فعالیتهای صنعتی نیز افزایش غلظت این یون در منابع آبی را باعث شده است. فعالیتهای صنعتی همچنین افزایش غلظت وانادیوم در منابع آبی را ایجاد نموده ولی شهرسازی، کشاورزی و لندفیل تأثیری بر تغییرات غلظت وانادیوم در آب نداشته است. بالاتر بودن غلظت روی در آب نسبت به سرب نشان از تفاوت رفتار ژئوشیمیایی روی و قدرت تحرک بالاتر آن نسبت به سرب در شرایط محیطی منطقه می‌باشد. بیشترین غلظت روی در نمونه W11 (۳۲۳/۴ ppb) بوده که نفوذ روی از واحدهای گچی عامل این افزایش غلظت معرفی گردید.

فعالیتهای صنعتی، کشاورزی و لندفیل در افزایش غلظت روی در آب زیرزمینی مؤثر بوده است. استرانسیوم در آب غلظتهای نسبتاً بالایی را نشان داده است. بیشترین غلظت این عنصر در نمونه W10 (۶۰۷۰ ppb) و کمترین آن در نمونه W47 (۱۸۵/۸۳ ppb) می‌باشد. افزایش غلظت استرانسیوم در نمونه‌های W10, W11, W44, W45 و W46 نشان‌دهنده همبستگی و ارتباط استرانسیوم با کلسیم، منیزیم، سولفات و بی‌کربنات در آب زیرزمینی می‌باشد.

محاسبه شاخص اشباع شدگی برای کانی‌های مختلف نشان داد به جز در نقاط W10, W11, W44, W45 و W46 در سایر نمونه‌ها کانی‌های مختلف در حالت تحت اشباع قرار گرفته و یونهای تشکیل دهنده آب به صورت محلول در محیط می‌باشند.

محاسبه اندیس فلزی برای آبهای مختلف حاکی از عدم آلودگی آنها به فلزات (سرب، روی، مس و کروم) می‌باشند. بیشترین شاخص فلزی مربوط به نمونه W36 (۰/۳۱) می‌باشد. با استفاده از حد مجاز استاندارد عناصر مورد بررسی و پارامترهای دیگر، مطلوبیت منابع آب دشت جهت مصارف شرب و کشاورزی مشخص گردیده است. با توجه به نتایج بدست آمده از بین منابع آب مورد بررسی، ۲۰ مورد از آنها نامناسب برای شرب، ۱۰ مورد نامناسب برای کشاورزی شناخته شده‌اند.

جدول (۱-۷) و شکل (۱-۷) نشان‌دهنده کیفیت و چگونگی پراکندگی منابع آب با توجه به کاربری کشاورزی و شرب در منطقه می‌باشد.



شکل ۷-۱ چگونگی پراکندگی کیفیت آب بر اساس کاربری در منطقه

جدول ۷-۱ طبقه بندی کیفیت آب با توجه به کاربری

شماره نمونه	نامناسب برای شرب	نامناسب برای کشاورزی	شماره نمونه	نامناسب برای شرب	نامناسب برای کشاورزی
W01			W25		
W02			W26		
W03			W27	*	
W04	*		W28	*	
W05	*		W29		
W06	*		W30		
W07	*		W31		
W08	*		W32		
W09			W33		
W10	*		W34		
W11	*	*	W35		
W12			W36		
W13	*	*	W37		
W14	*	*	W38		
W15			W39		
W16			W40	*	
W17	*	*	W41		
W18	*	*	W42	*	
W19	*	*	W43		
W20	*	*	W44	*	*
W21			W45	*	*
W22			W46	*	*
W23			W47		
W24			W48		

۵-۷ پیشنهادات

در ذیل چند پیشنهاد در راستای تکمیل مطالعات انجام گرفته ارائه می‌گردد:

- انجام مطالعات زمین پزشکی به منظور بررسی تأثیر آلودگی آب و خاک بر سلامتی جوامع انسانی و سایر موجودات زنده
- انجام مطالعات مفصل تر و تکمیلی بر روی کلیه منابع آلاینده طبیعی و انسان‌زاد در منطقه با نمونه برداری سیستماتیک از محیط‌های متأثر (رسوبات، آبهای سطحی، گیاهان و غیره)
- انجام آنالیزهای ایزوتوپی جهت بررسی دقیق منشأ عناصر در منابع آب.

منابع

منابع فارسی

- آقانباتی، س.ع، (۱۳۷۷)، "چینه شناسی ژوراسیک ایران - ۱". سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- آقانباتی، س.ع، (۱۳۷۷)، "چینه شناسی ژوراسیک ایران - ۲". سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- آقانباتی، س.ع، (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران". سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- اداره آب منطقه ای استان سمنان، (۱۳۸۸)، آرشیو آمار آب منطقه ای استان سمنان.
- اکبری شمسی خان، محمد؛ قربانی، هادی؛ مهدیزاده شهری، حسین؛ صادقیان، محمود، (۱۳۸۴)، "مقدمه ای بر زمین شناسی پزشکی روستای باغ برج جیرفت". مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، ص ۱۶۵-۱۵۲.
- باقر کاظمی، م، (۱۳۸۸)، "مدیریت پسماند های جامد شهری در شهرستان شاهرود". پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود.
- بای بوردی، م، (۱۳۸۷)، "خاک: پیدایش و رده بندی - رده بندی خاکهای ایران"، چاپ نهم، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- بهمنی، ا.، گلابی، م.، برومند نسب، س.و، (۱۳۸۷)، "مروری بر وضع موجود تخلیه پساب کشاورزی و شهری به رودخانه کارون و ارائه راهکارهای مدیریتی". دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران.
- پاولفس، وان رن ستو ترجمه غازان شاهی، ج، (۱۳۸۵). ترجمه، "آنالیز خاک و گیاه"، انتشارات آبیژ، تهران.
- چرخایی، ا. حسین، (۱۳۸۶)، "برنامه راهبردی ۸ شناخت فرسایش و رسوب و عوامل مؤثر". وزارت نیرو.
- حسینی پاک، ا، (۱۳۸۲)، "اصول اکتشافات ژئوشیمیایی"، انتشارات دانشگاه تهران.
- حسینا، ل، (۱۳۸۹)، "خصوصیات کانه زایی مس و عناصر همراه در ارتباط با بازالت‌های سلطان میدان در منطقه نکارمن (شمال شهرستان شاهرود)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- حقیقت، ر.، محمدی، ی، (۱۳۸۴)، "چگونگی وضعیت آلودگی منابع آب در منطقه رامسر". مجله پژوهشی پژوهش در پزشکی، دوره ۲۹، شماره ۴، ص ۳۶۵-۳۷۱.
- داهی، م.، معلمی، ب، (۱۳۸۲)، ترجمه، "علوم زیست محیطی"، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.

دلیجانی، ف.، کاظمی، غ.، ع.، پروین نیا، م.، خاکشور، م.، (۱۳۸۸)، "غنی شدگی و توزیع فلزات سنگین در خاک های منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی (عسلویه)". هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه شیراز.

رحیمی، م.، دهرآزما، ب.، فردوست، ف.، خدادادی؛ (۱۳۹۰)، "بررسی آلودگی منابع آبی مجموعه معدنی ذغالسنگ طزره با توجه به خصوصیات ژئوشیمیایی منطقه". مجله علمی پژوهشی مهندسی معدن، دوره ششم، شماره ۱۱،

رحیمی، م.، دهرآزما، ب.، خدادادی دربان، ا.، فردوست، ف.، (۱۳۸۸)، "ارزیابی آلودگی عناصر سنگین در منابع آب و خاک در اثر معدنکاری ذغال در مجموعه معدنی طزره (مجموعه تونل مادر)". پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

رضایی، ب.، (۱۳۸۰)، "تکنولوژی زغالشویی". انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

دنالد اسپارکس ترجمه اوستان، ش.، (۱۳۸۳)، ترجمه، "شیمی خاک (با نگرش زیست محیطی)". انتشارات دانشگاه تبریز.

سازمان صنایع و معادن استان سمنان، (۱۳۸۹). آرشو آمار و اطلاعات

سازمان هواشناسی استان سمنان، (۱۳۸۸)، آرشو گزارشات آماری سالانه ایستگاه های هواشناسی.

سالنامه آماری استان سمنان، (۱۳۸۸). اداره کل آمار و اطلاعات، معاونت برنامه ریزی استانداری سمنان.

سیادتی مقدم، س. م. ج.، (۱۳۸۳)، "بررسی مدل کمی و کیفی دشت مشهد". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی .

شاهوردی، م.، (۱۳۸۹)، "بررسی زمین شناسی اقتصادی اندیس مس علی نرخه (جنوب شرق روستای ترو)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

شهاب پور، ع.، (۱۳۸۶)، "زمین شناسی اقتصادی". ویرایش پنجم، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

عباس نژاد، ا.، (۱۳۸۴)، "خاکشناسی (برای زمین شناسان)". انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.

علیزاده کتک لاهیجانی، ح.، کامرانپوری، ع.، امینی، ع.، (۱۳۸۴)، "آلودگی فلزات سنگین در رسوبات دلتای سفیدرود"، مجله علوم دریایی ایران، دوره چهارم، شماره ۳ و ۴. ص ۲۵-۳۷

فن آوران آب سازه (شرکت مهندسی مشاور). (۱۳۸۳)، "بررسی اثرات توسعه بر محیط زیست شهرستانهای سمنان، دامغان و شاهرود به روش مدل تخریب در محیط GIS". اداره کل محیط زیست استان سمنان.

قره محمودلو، م.، رقیمی، م. (۱۳۸۵)، "نقش گسل خزر در تغییر سکانس تکاملی آنیونی و کاتیونی در آبخوان شهر گرگان". دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس.

قلی زاده، ک.، رحمانی، ح.، عبدالرضائی، ر.، کلاهدانی، س.، (۱۳۸۷)، "بررسی اثرات زیست محیطی عناصر سنگین در مناطق آلتراسیون و مینرالیزه جنوب نور (مازندران)". مجموعه مقالات چهارمین همایش زمین شناسی و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی.

کرباسی، ع.، بیاتی، آ.، (۱۳۸۶)، "ژئوشیمی زیست محیطی". مؤسسه انتشاراتی کاوش قلم.

کریم پور، م.ح.، سعادت، س.، (۱۳۸۱)، "زمین شناسی اقتصادی کاربردی". انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

کشاورزی، ع.، خرمالی، ف.، ایوبی، ش.، فتوت، ا.، (۱۳۸۶)، "مطالعه جذب سطحی آلاینده‌های فلزی سرب، کادمیم و مس در دو خاک شور و غیر شور در استان گلستان". مجموعه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، گرگان، ص ۲۳۸۵-۲۳۷۵.

محو، ا. ح.، رودباری، ع. ا.، (۱۳۸۹)، "بررسی تاثیر شیرابه محل دفن بهداشتی زباله شهر شاهرود بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت شاهرود در سال ۱۳۸۸". دوازدهمین کنفرانس بهداشت محیط ایران. تهران

مدبری، س.، موسوی حرمی، ر.، علیزاده، ع.، محبوبی، ا.، (۱۳۸۷)، "مطالعه عناصر بالقوه سمی در رسوبات رودخانه زاینده رود". دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب - اهواز.

میسون و مر، مترجم مر، ف.، شرفی، ع.ا.، (۱۳۸۳)، ترجمه، "اصول ژئوشیمی"، انتشارات دانشگاه شیراز.

ناظمی، س.، عسگری، ع. ر.، راعی، م.ف.، (۱۳۸۹)، "بررسی مقدار فلزات سنگین در سبزیجات پرورشی حومه شهر شاهرود". مجله علمی - پژوهشی سلامت و محیط. دوره سوم، شماره دوم، ص ۱۹۵ تا ۲۰۲.

نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بسطام. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی.

نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رامیان. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی.

نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهرود. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی.

نور بخش، ف.، جلالیان، ا.، شریعتمداری، ح.، (۱۳۸۲). "تخمین گنجایش تبادل کاتیونی خاک با استفاده از برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هفتم، شماره سوم، ص ۱۰۷ تا ۱۱۷

Abraham, G. M. S., Parker, R. J., (2008), **“Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand”**, Environ Monit Assess, v. 136, pp 227- 238.

Adamo, P.,Arenzo, M., Imperato, M., Naimo, D., Nardi, G., Stanzione, D., (2005), **“Distribution and partition of heavy metal in surface and sub-surface sediments of NaplescityPor”**, Chemosphere, v. 61, pp 800-809.

Adriano, D. C, (1986), **“Trace elementa in the terrsterial environment”**. Springer – Verlag, NewYork.

Ahdy, H., Khaled, A, (2009), **“Heavy Metals Contamination in Sediments of the Western Part of Egyptian Mediterranean Sea”**, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(4), pp 3330-3336.

Alavi, M., Hajian, J., Amidi, M., Bolourchi, H.(1982), **“Geology of Takab–Shahin–Dez Quadrangle”**. The Ministry of Mines and Metals of Iran, Tehran, pp 100-112.

Alley, E. R. (2000), **"Water Quality Control"**, MC Graw-Hil, New York

Alloway, BJ, (1995), **“Heavy metals in soils”**, 2nd ed., Blackie Acad, London.

Anderson, R. J., Davies, B. E, (1980), **“Dental caries prevalence and trace elements in soil with special reference to lead”**, Journal of geological society, 137, pp 547-558.

Assereto, R., (1963), **“The Paleozoic formations in central Elburz (Iran)”**. preliminary note: Rivista Itailana di paleontologia et stratigrafia, 69, pp 503-543.

Assereto, R., (1966), **“The Jurassic shemshak formations in central Elburz (Iran)”**. preliminary note: Rivista Itailana di paleontologia et stratigrafia, 72, pp 1132-1182.

Baker, G. B.,(1992), **“Mobility of Heavy Metals in Soils and Tailings at the Hanover and Bullfrog Tailings Sites, Silver City, New Mexico”**. Thesis Submitted in PartiaFllull@illment of the Requirement for the Degree OMf aster of Science in Geochemistty, New Mexico Institute of Mining and Technology Socorro, New Mexico

Bell, F. G., (1998), **“Environmental Geology, Principles and Practice”**, Blackwell Science Ltd, chapter, 15.

Bowen, H.J.M., (1979),**“Environmental Chemistry of the Elements”**, Academic Press, New York, 1979. (In: Bradl, H. B., (2005), **“Heavy Metals in the Environment”**, Elsevier Ltd, Vol, 6).

Carmon N , Shamir U ., (1997), **"water –sensitive urban planning : Protecting groundwater"** . J Environ Planning Manage 40(4), pp 413-435 .

El Yaouti, F., A. El Mandour, D., Khattach, J., Benavente, O., Kaufmann,O. (2009), **"Salinization processes in the unconfined aquifer of Bou-Areg (NE Morocco): A**

geostatistical, geochemical, and tomographic study". Applied Geochemistry, 24. pp 16-31.

Elkhatib, E.A., Elshebiny, G.M., Balba, A.M., (1991), Environ. Pollut., 69. (In: Bradl, H. B., (2005), "**Heavy Metals in the Environment**". Elsevier Ltd, Vol, 6.

Eskenazy G.M., Stefanoa Y.S., (2007), "**Trace element in the Goze Delchev coal deposit, Bulgaria**". International Jurnal of Coal Geology 72, pp 257-267.

EUWID, (2007), "**Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety disbelieves predicted overcapacities on the waste market**". EUWID 40/2007. Page 21.

Foth, H. D. and Ellis, B. G. (1997), "**Soil Fertility. 2 ed**"., Lewis Puble., Boca Raton, Fl. USA

Fyfe, W.S., (1998), " **The Past is not the key to the Future challenges for Environmental Geology**". Environ. Geol, 33, pp 92-95.

Galan, E., Fernandez-Caliani J.C., Gonzalez I., Aparicio P., Romero, A., (2008), "**Influence of geological setting on geochemical baselines of trace elements in soils**". Application to soil of South-West Spain, Journal of Geochemical Exploration, 98, pp 89-106.

Ghavidel,M., Syooki, M. ,(2008), "**Palynostratigraphy and Palaeogeography of the Upper Ordovician Gorgan Schists (Southeastern Caspian Sea), Eastern Alborz Mountain Ranges, Northern Iran**". Comunicaces Geolgic, 95, pp 123-155.

Gottschall, N; Edwards, M; Topp, E; Bolton, P and et.(2009), "**Nitrogen, phosphorus, and bacteria tile and groundwater quality following direct injection of dewatered municipal biosolids into soil**". J Environ Qual (38)3, pp 1066-75.

Gummow, B., Bastianello, S. S., Botha, C. J. Smith, H. J. C., Basson, A. T., and Wells, B. (1994). "**Vanadium Air Pollution: A Cause of Malabsorption and Immunosuppression in Cattle**". Onderstepoort J. Vet. Res., 61, pp 303-316.

Habes, G., Nigem, Y., (2006), "**Assessing Mn, Fe, Cu, Zn, and Cd pollution in bottom sediments of Wadi Al-Arab Dam, Jordan**". Chemosphere 65, pp 2114–2121.

Hakanson, L., (1980), "**An ecological risk index for aquatic pollution control a sedimentological approaches**", Water Research, 14, pp 975–1001.

Han, Y.M., Du, P.X., Cao, J.J., Posmentier, E.S.,(2006), "**Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China**". The Science of the Total Environment 355, pp 176–186.

He L. Z., Yanga, X, E., Stoffella, P., J., (2005), "**Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment**". Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 19, pp 125–140.

He, ZL., Zhou, QX., Xie, ZM., (1988), **“Chemical equilibrium of beneficial and pollution elements in soil”**. Beijing: Chinese Environ Sci Press. (In: He L. Z., Yanga, X, E., Stoffella, P., J., (2005), **“Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment”**, Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 19, pp 125–140).

Hernandez, L., Probst, A., Probst, J. L., Ulrich, E., (2003), **“Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination”**. The Science of the Total Environment, 312, pp 195–219.

Holger, L., Frohlich, L., Hans-Georg, F., Johan, A., Huisman, B., Kellie, B., (2008). **“Water source characterization through spatiotemporal patterns of major, minor and trace element stream concentrations in a complex, mesoscale German catchment”**. Hydrological Processes, Hydrol. Process. 22, pp 2028–2043

Hounslow, W., (1995), **“Water quality data, analysis and interpretation”**. CRC Press, Inc.

Jordan, C., Zhang, C., Higgins, A., (2007), **“Using GIS and statistics to study influences of geology on probability features of surface soil geochemistry in Northern Ireland”**. Journal of Geochemical Exploration, v. 93, pp 135–152.

Kabala, C. and Singh, B.R. (2001). Fractionation and mobility of copper, lead and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter. *J. Environ. Qual.*, Vol.30, pp.485-492.

Kabata-Pendias A., Mukherjee, A. B., (2007), **“Trace Elements from Soil to Human”**. Springer Berlin Heidelberg New York.

Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (2001), **“Trace elements in soils and plants”**. 3rd edn. CRC Press. LLC, Boca Raton, 413 pp.

Kabata-Pendias. A., Sadurski. W., (2004), **“Trace elements and compounds in soil”**, In: Merian E, Anke M, Ihnat M, Stoepppler M (eds) **“Elements and their compounds in the environment”**, Wiley-VCH, Weinheim, 2nd ed., pp 79–99.

Kazemi, Gh. A., (2010), **“Impacts of urbanization on the groundwater resources in Shahrood, Northeastern Iran: Comparison with other Iranian and Asian cities”**. Physics and Chemistry of the Earth.

Komnitsas, K., Modis, K., (2006). **“Soil risk assessment of As and Zn contamination in a coal mining region using geostatistics”**. Science of the total environment. 371, pp 190-196.

Kuo-Ming, H., Saulwood, L., (2003), **“Consequences and implication of heavy metal spatial variations in sediments of the Keelung River drainage basin, Taiwan”** Chemosphere, 53, pp 1113–1121.

LanWang, L., Wang, Y., Xu, C., An, Z., Wang, S., (2010), **“Analysis and evaluation of the source of heavy metals in water of the River Changjiang”**. Environ Monit Assess. DOI 10.1007/s10661-010-1388-5

Laus, R., Geremias, R., Vasconcelos, H.L., Laranjeira, M.C.M., Favere. (2007), **"Reduction of acidity and removal of metal ions from coal mining effluent using chitosan microspheres"**. Journal of Hazardous Materials.

Levinson, A. A., (1980), **"Introduction to exploration Geochemistry"**. second edition, Applied publishing Ltd. Wilmette.

Lin, J., G., Chen, S., Y., (1998), **"The relationship between adsorption of heavy metal and organic matter in river sediments"**, Environment International, 24, pp 345-352.

Loska, K., Chebual, J., Pleczar, J., Wiechla, D., and Kwapulinski, J., (1995). **"Use of environment and contamination factors together with geoaccumulation indexes to elevate the content of Cd, Cu and Ni in the Rybink water reservoir in Poland"** Water, Air and Soil pollution, 93, pp 347-365.

Luoping Zhang, X, Y., Huan Feng, Y, J., Tong Ouyang, X, Y., Rongyuan Liang, C, G., Weiqi, C., (2007). **"Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China"** Marine Pollution Bulletin 54, pp 974–982

McBride, M.B. (1994). **"Environmental Chemistry of Soils"**, Oxford University Press, New York, 406 pp.

Mielke, H. W. (1994). **"Lead in New Orleans Soils: New Images of and Urban Environment, Environ"**. Geobem. Health, 16, pp 123-128.

Mills, C. F., (1996), **"Geochemistry and trace element related diseases"**. (In: "Bell, F. G., (1998), **"Environmental Geology, Principles and Practice"**, Blackwell Science Ltd, chapter, 15).

Mirsal, I. A, (2008), "Soil Pollution: Orgin, Monitorng & Remediation". Springer-Verlag Berline Heidelberge, 2st Ediion.

Mirvish, S. S. (1991). **"The Significance for Human Health of Nitrate, Nitrite and N - Nitroso Compounds. In Nitrate Contamination Exposure, Consequences and Control"** (I. Bogardi, R. D. Kuzelka, and W. G. Ennenga, Eds.), Springer, New York, pp 253-266.

Mishra, V.K., Upadhyaya, A.R., Pandey, S.K., Tripathi, (2007). **"Heavy metal pollution induced due to coal mining effluent on surrounding aquatic ecosystem and its management through naturally occurring aquatic macrophites"**. Bioresource Technology, 32, pp 136.141

Müller, G. (1969), **"Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River"**. Geo Journal, 2, pp 108–118.

Nael, M., Khademi, h., Jalalian, A, Schulin, R., Kalbasi, M., Sotohian, F., (2009), **"Effect of geo-pedological conditions on the distribution and chemical speciation of selected trace elements in forest soils of western Alborz, Iran"**, Geoderma, 152, pp 157-170.

Nicholson, F.A., Smith, S.R., Alloway, B.J., Carlton-Smith, C., Chambers, B., (2003), **"An Inventory of heavy metal inputs to Agricultural soils and wales"**. *Sci. Total Environ.*, 311, pp 205-219.

Nolting, R.F., Ramkema, A., Everaats, J.m. (1999), **"The geochemistry of Cu, Cd, Zn, Ni and Pb in sediment cores from the continental slope of the Bencd'Arguin (Mauritania)"**. *Cont. Shelf Res.*, 19, pp 665-691.

Norstrom, A. C., Jacks, G. (1998), **"Concentration and fractionation of heavy metals in roadside soil receiving de-icing salts"**. *Sci. Total Environ.*, 218, pp 161-174.

Norvell, W.A., (1991), **"Reactions of metal chelates in soils and nutrient solutions"**. (In: "Zhenli L. Hea,b, , Xiaoe E. Yanga, Peter J. Stoffella, 2005, "Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment", *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 19, pp 125–140.

Olivers-Rieumont, S., Rosa, D.D.L, Lima, L. Graham, D.W., Alessandro, K. D, Borroto, J., Martinez, F., Sanchez, J. (2005), **"Assessment of heavy metal levels in Almenda red River sediments-Havana city, cuba"**. *Water Res.* 39, pp 945-3953.

Pianka, J. M. (1995), **"the Origin of Arctic Air pollutants: Lessons Learner and Future Research"**. *Sci. Total Environ.* 161, pp 39-53

Pityt, R. (1996), **"Groundwater contamination from stormwater infiltration"**. Chelsea , MO : Ann arbor Peess .

Reimann, C., Ayas, M., Chekushin, V. A., Bogatyrev, I. V., Rognvald, B., Caritat, de P., Dutter, R., Finne, T. E., Halleraker, J. H., Jager, I., Kashulina, G., Niskavaara, H., Lehto, O., Pavlov, V. A., Raisanen, M. L., Strand. T., and Volden. T. (1998). **"Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Region"**, Geological Survey of Norway. Trondheim, Norway. p 745

Rey, R. D., Fierros, F. D., Barral, M. T., (2009), **"Normalization strategies for river bed sediments: A graphical approach"**, *Micro chemical jurnal*, 91, pp 253-263.

Rieuwerts, J. S., and Farago, M. E. (1996), **"Heavy Metal Pollution in the Vicinity of a Secondary Lead Smelter in the Czech Republic"**. *Appl. Geochem.*, 11, pp 17-23.

Ron L.S. (2003),**"Strategies for Minimization and Management of Acid Rock Drainage and other Mining-influene Waters"**, *Mineral Processing Plant Design, Practice, andProceeding*, 45, pp 156-168.

Ruhling, A. (Ed.), (1994), **"Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe- Estimations based on Moss Analysis"**, Nordic Council of Ministers, Copenhagen.

Satyanarayana, D., Panigrahy, P. K., Sahu, S. D., (1994), **"Metal pollution in Harborand coastal sediments of visakhpatnam, east of India"**, *Indian journal of marine science*, 23, pp 52-54.

Selvaraj, K., Ram Mohan, V., Szefer, P., (2004), "**Evaluation of metal contamination in coastal sediments of the bay of Bengal, India: geochemical and statistical approaches**". Marine Pollution Bulletin, 49, pp 174–185.

Seshan, B.R.R., Natesan, U., Deepthi, K., (2010), "**Geochemical and statistical approach for evaluation of heavy metal pollution in core sediments in southeast coast of India**". Int. J. Environ. Sci. Tech, 7, pp 291-306.

Shakeri, A., Moor, F., Razikordmahalleh, L., (2010), "**Distribution of soil heavy metal contamination around industrial complex zone, Shiraz, Iran**" 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia.

Singh, K.P., Mohan, D., Sing, V.K., Malik, A., (2005), "**Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti River sediment-attributory of the Ganges, India**", J. Hydrol., 312, pp 14-27.

soil science society of America, (1997), "**Glossary of soil science terms**". Madison,

Sutherland, R.A., (2000), "**Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii**". Environ Geol, 39, pp 611– 27.

Takeno, N., (2005), "**Atlas of Eh-pH diagrams Intercomparison of thermodynamic databases**", National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Research Center for Deep Geological Environments, Geological Survey of Japan Open File Report No.419.

Taylor, S.R., McLennan, S.M., (1995), "**The geochemical evolution of the continental crust**", Reviews in Geophysics. 33, pp 241–265.

Tessier A, Cambell PGC, Bisson M (1979), "**Sequential extraction procedure for the speciation of particulate metals**". Anal Chem, 51, pp 844–851.

Tijani, M. N., Okunlola, O. A., Abimbola, A. F., (2006), "**Lithogenic concentrations of trace metals in soils and saprolites over crystalline basement rocks: A case study from SW Nigeria**", Journal of African Earth Sciences, 46, pp 427–438.

U .S., Environmental Protection Agency., (1990), "**Ground water and Contamination**", vol . I . EPA/625/6-90/016A. Sept

Van der perk, M., (2006), "**Soil and water contamination**". Teylor & Francis.

Wagner. J. Bilitewski. B., (2009), "**The temporary storage of municipal solid waste – Recommendations for a safe operation of interim storage facilities**". Waste Management, (29)(5), pp 1693-1701

Weiguo, Z., Huan, F., Jinna, C., Jianguo, Q., Hongxia, X., Lizhong, Y., (2009), "**Heavy metal contamination in surface sediments of Yangtze River intertidal zone: An assessment from different indexes**". Environmental Pollution, 157 , pp 1533–1543.

Williams, T.M., Smith, B., (2000), "**Hydrochemical characterization of acute and mine drainage et Iran duke mine. mazowe, Zimbabwe**". *environmental geology* 39, pp 272-278.

Xuelu Gao A,B., Chen-Tung ,A., Chen,C., Gang Wang, A., Qinzhao, X,A, Cheng Tang,A., Shaoyong, C., (2010), "**Environmental status of Daya Bay surface sediments inferred from a sequential extraction technique Estuarine**". *Coastal and Shelf Science*, 86, pp 369–378

Ying hong, F., Chunye, L., Mengchang, H., Zhifeng, Y., (2009), "**Enrichment and Chemical Fraction of Copper and Zinc in the Sediments of the Daliao River System, China**". *Soil and Sediment Contamination*, 18, pp 688–701.

Zhang, J.K., Ren, D.Y., Zeng, C.G., Zeng, R.S., Chou, C., Liu, J., (2002), "**Trace element abundances in major mineral of late Permian coals from southwestern Guizhou Province, China**". *International journal of coal Geology*, 53,pp 55-64.

Zhao, F., Cong, Z., Sun, H., Ren, D., (2007), "**The geochemistry of rare earth elements (REE) in acid mine drainage from the sitai coal mine, Skanxi Province, North China**". *International journal of coal geology*, 70, pp 184-192.

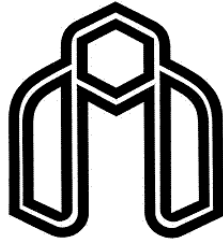
Zielinski, R. A., Smmons, K. R., Orem, W. H. (2000), "**Use of 234U and 238U isotopes to identify fertilizer-derived Uranium in the florida Everglades**". *App1. Geochem*, 15, pp 369-383.

Zoller, W.H., Gladney, E.S., Duce, R.A., (1974), "**Atmosphere concentrations and sources of trace metals at the South Pole**". *Science*, 183, pp 199–201.

Abstract

The present study dealt with the pollution of soil and water resources in Shahrood plain. In this manner, 143 soil samples were taken from different points of the plain from which 71 soil samples were belong to urban area and rest were taken from other points, all undergone ICP-MS analysis. 48 water samples from the water well across the plain were taken to measure cations and anions concentration and ICP-MS tests were performed in order to assess elements and heavy metals concentrations. Among all detected elements and heavy metals, based on the environmental priorities and their concentrations as well as variation in their concentrations in soil and water, Cu, Zn, Pb, Sr, V, Cr, and P were selected for further studies. The geological studies on the region showed that northern areas of the plain are more Alborz Jurassic calcareous formations (Delichay and Lar) as well as Shemshak shale and sandstones while the southern areas are mostly evaporative-terrigenous (shale and gypsum marl) formations similar to Qom and Ghermez formations. The soil quality study on the plain showed that the concentration of strontium elevated remarkably in southern gypsum and salty units as well as in northern calcareous units. Concentrations of lead, zinc, chromium, and phosphorus in the soil of the landfill area showed a considerable increase that indicates an anthropogenic pollution. The soil of the landfill and the exit of the basin showed a low value of modified contamination degree and the rest of the plain did not show an indication of pollution. The values of enrichment factor, geoaccumulation index, and contamination factor in the regions were under the influence of anthropologic activities (landfill, urbanization, and industrial region, ...) showed increase with regards to the other regions. The results of test on the water resources showed that carbonate, sulfate, chloride, calcium, sodium, magnesium, strontium, and electrical conductivity in the stations in vicinity of gypsum-salt units in northeast and southwest were higher than in the rest of the samples. Increment in the concentration of nitrate in the groundwater in the city of Shahrood and industrial region are indications of effects of urbanization and industrialization on the nitrate concentration in groundwater. The general trend of variation in water type is changed from carbonate-calcite in the upper side of the basin to chloride-sodic in the exit. The comparison of concentrations of elements with WHO 2008 drinking water standard showed that many water samples from the southwest of the study area were not drinkable with regards to the concentration of sodium, calcium, and chloride. In general, the concentrations of heavy metals in water samples were very low and all water resources were of good quality with respect to heavy metals. The saturation index showed that water samples from the exit area were near saturated by gypsum and indurate. The metal index (MI) in all water samples were below one.

Keywords: soil, water, heavy metals, pollution, Shahrood plain.



Shahrood University of Technology
Faculty of Earth Sciences

**Investigation on the contamination of heavy metals in
groundwater resources and soil in
Shahrood plain**

M.R. Zare

Supervisors:

Dr. B. Dahrazma
Dr. A. Geshlaghi

Jan 2012