



دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف

بررسی اثرات زیست محیطی فعالیت‌های معدنکاری معدن فیروزه نیشابور بر کیفیت آب شرب منطقه

علی اصغر شاهانی

استاد راهنما:

دکتر فرامرز دولتی ارده جانی

استاد مشاور:

دکتر مجید انصاری جعفری

پایان نامه کارشناسی ارشد

تیر ۹۰





دانشگاه صنعتی شاهرود

شماره :

تاریخ :

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علی اصغر شاهانی رشته معدن گرایش اکتشاف تحت عنوان بررسی اثرات زیست محیطی فعالیت های معدنکاری معدن فیروزه نیشابور بر کیفیت آب شرب منطقه که در تاریخ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول (با درجه : امتیاز)	☐	دفاع
مردود	☐	مجدد

۲- بسیار خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۱- عالی (۲۰ - ۱۸)

۴- قابل قبول (۱۳/۹۹ - ۱۲)

۳- خوب (۱۵/۹۹ - ۱۴)

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما			
۲- استاد مشاور			
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی			
۴- استاد ممتحن			
۵- استاد ممتحن			

تأیید رئیس دانشکده :

تقدیم به:

مادرم، که وجودم برایش همه رنج و وجودش برایم همه مهرباست.

همسرم، که همواره در مراحل سخت زندگی در کنارم بود.

و تقدیم به همه عزیزانی که از گذشته تا اکنون،

مراد رسیدن به اهدافم یاری نموده اند.

قدردانی و سپاس:

با تشکر از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر فرامرز دولتی ارده‌جانی که همواره در طی این چند سال، در تمام مراحل مرا یاری نموده‌اند و همچون پدری دلسوز مشوقم بوده‌اند و در انجام این پروژه از هیچ کمکی دریغ نفرموده‌اند. روزی را آرزو دارم که دگرباره در خدمت این استاد بزرگوار کسب علم نمایم.

از آقای دکتر مجید انصاری، مهندس متدین، مهندس داوودی، مهندس ساده‌حال و دکتر شاهانی، مهندس فضلیانی، خانم مهندس امیدوار، آقای حمیدی، مهندس عسگری، مهندس شریفی، مهندس امیدباد، مهندس سیف‌الهی، مهندس عسگرنژاد و تمام دوستانی که هر یک به نحوی مرا در انجام این کار یاری رساندند کمال قدردانی و سپاس را دارم.

چکیده

معدن فیروزه نیشابور در استان خراسان رضوی و در ۵۳ کیلومتری شمال غربی مرکز شهرستان نیشابور، در دامنه‌های جنوبی ارتفاعات بینالود و در ۴ کیلومتری دو روستای معدن سفلی (پایین) و علیا (بالا)، قرار دارد. آب شرب دو روستا از چشمه‌هایی که از داخل تونل معدن بیرون می‌آید، استحصال می‌شود. به علت فعالیت‌های معدن‌کاری، آب شرب این منطقه در معرض آلودگی به عناصر بالقوه سمی از جمله Pb، Zn، U، Cr و Cu قرار دارند. بدین منظور پس از جمع‌آوری اطلاعات و مطالعات صحرایی و انتخاب محل‌های مناسب جهت نمونه‌برداری، طی دو مرحله، (دی و بهمن ۸۹) ۶ نمونه از آب تهیه و در ضمن از رسوبات آبراهه‌ای نیز نمونه‌برداری شد. نمونه‌های رسوبات جهت آنالیز XRF و نمونه‌های آبی جهت اندازه‌گیری غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و تعیین غلظت عناصر به روش ICP-MS به آزمایشگاه ارسال شدند. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های رسوبات، غلظت‌های بالای Pb، U، Cu و Cr را نشان داد و مشخص شد که ضریب آلودگی برای سرب (۶/۵۲)، کروم (۱/۹۹)، اورانیوم (۱/۵۳) و مس (۱/۵۵) بالا می‌باشد. همچنین ضریب بار آلودگی برای سرب (۲/۳۱)، مس (۱/۳۹)، کروم (۱/۳۳) و روی (۱/۳۱) ارزیابی شد. ضریب غنی‌شدگی برای عنصر سرب در محدوده غنی‌شدگی متوسط تا شدید و ضریب مولر کمی آلوده تا خیلی آلوده بدست آمد. ضریب مولر عناصر مس، کروم و اورانیوم نیز در محدوده غیر آلوده تا کمی آلوده قرار دارند. محاسبه اندیس سنجش فلز سنگین و درجه آلودگی برای تمام نمونه‌های آبی فصل خشک بالاتر از ۱ و محاسبه اندیس آلودگی فلز سنگین بالاتر از ۱۰۰ می‌باشند. اندیس آلودگی فلز سنگین برای تمام نمونه‌های فصل بارش نیز بالاتر از صد ارزیابی شد. تیپ آب نمونه‌های برداشته شده از چشمه‌ها در دو فصل بی‌کربناتی و در نمونه‌های برداشته شده از قنات سولفات می‌باشد. رخساره تمامی منابع آبی سدیکی است. مقایسه غلظت پارامترهای نمونه‌های برداشته شده در دو فصل با استانداردهای WHO و EPA در قنات نشانگر بالا بودن TDS و TH و یون‌های سدیم و سولفات می‌باشد.

کلمات کلیدی: اثرات زیست محیطی، کیفیت آب، تیپ آب، معدن فیروزه نیشابور

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	و
فهرست مطالب	ز
فهرست شکل ها	ی
فهرست جداول	ک
فصل اول	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- بیان مساله	۳
۳-۱- خصوصیات منطقه مورد مطالعه	۴
۱-۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه	۴
۱-۳-۲- آب و هوا و بارش	۵
۱-۳-۳- پراکندگی جمعیت	۵
۴-۱- ضرورت انجام تحقیق	۶
۵-۱- اهداف تحقیق	۶
۶-۱- مراحل انجام تحقیق	۷
۷-۱- سازمان بندی پایان نامه	۸
فصل دوم	۱۰
۱-۲- مقدمه	۱۱
۲-۲- چینه شناسی منطقه بینالود	۱۱
۳-۲- تکتونیک رشته کوه بینالود	۱۳
۴-۲- تکتونیک حوضه مورد مطالعه	۱۴

فصل سوم.....	۱۷
۱-۳- مقدمه	۱۸
۲-۳- نمونه‌های رسوبات	۱۸
۳-۳- نمونه‌های آب	۲۰
فصل چهارم	۲۳
۱-۴- مقدمه	۲۴
۲-۴- نمونه‌برداری	۲۴
۱-۲-۴- نمونه‌برداری آب	۲۴
۲-۲-۴- نمونه‌برداری رسوب	۲۵
فصل پنجم.....	۳۲
۱-۵- مقدمه	۳۳
۲-۵- بررسی همبستگی پارامترها در نمونه‌های رسوب	۳۴
۳-۵- بررسی‌های کیفی و مطالعات آماری نمونه‌ها.....	۳۸
۱-۳-۵- ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی	۳۸
۲-۳-۵- ضریب غنی‌شدگی و ضریب زمین‌انباشت	۴۱
فصل ششم	۴۵
۱-۶- بررسی همبستگی پارامترها در نمونه‌های آب	۴۶
۲-۶- بررسی ویژگی‌های تیپ و رخساره‌ای	۵۳
۳-۶- بررسی‌های کیفی و مطالعات آماری نمونه‌ها.....	۶۵
۱-۳-۶- اندیس آلودگی فلز سنگین	۶۵
۲-۳-۶- اندیس سنجش فلز سنگین	۶۷
۳-۳-۶- درجه آلودگی	۶۸
۴-۶- مقایسه غلظت پارامترها در فصل تر و خشک.....	۷۰
۱-۴-۶- نمونه‌های phm-004 و phm-r-004 برداشت شده از چشمه	۷۰

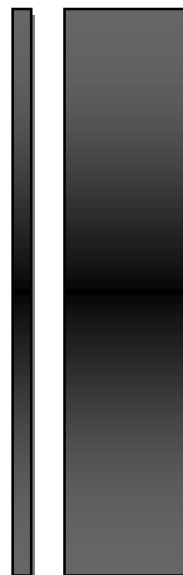
۷۱	۶-۴-۲- نمونه‌های phm-005 و phm-r-005 برداشت شده از چشمه
۷۳	۶-۴-۳- نمونه‌های phm-006 و phm-r-006 برداشت شده از قنات
۷۴	۶-۵- تعادل جرمی
۷۹	فصل هفتم
۸۰	۷-۱- مقدمه
۸۰	۷-۲- بررسی غلظت عناصر و دیگر پارامترها در نمونه‌های آبی و رسوبات آبراهه
۸۲	۷-۳- مقایسه کیفیت منابع آب در فصول خشک و تر
۸۳	۷-۴- تیپ و رخساره آب
۸۳	۷-۵- پیشنهادها
۸۴	منابع

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۴	شکل ۱-۱- موقعیت مکانی دو روستا نسبت به معدن فیروزه
۱۶	شکل ۱-۲- نقشه زمین شناسی سلطان آباد
۲۵	شکل ۱-۴- نقاط برداشت نمونه‌های آبی
۲۶	شکل ۲-۴- نقاط برداشت نمونه‌های رسوب
۳۰	شکل ۳-۴- محل ورود آب به داخل لوله
۳۱	شکل ۴-۴- محل ذخیره‌سازی آب در داخل تونل معدن
۳۱	شکل ۵-۴- دستگاه کلرزنی، مابین تونل معدن و روستا
۳۶	شکل ۱-۵- نمودار درختی پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های رسوب
۴۷	شکل ۱-۶- نمودار درختی پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب
۵۴	شکل ۲-۶- نمودار مثلثی کاتیون‌های نمونه‌های آبی مورد مطالعه
۵۵	شکل ۳-۶- نمودار مثلثی آنیون‌های نمونه‌های آبی مورد مطالعه
۵۶	شکل ۴-۶- نمودار پایپر نمونه‌های آبی مورد مطالعه
۵۷	شکل ۵-۶- نحوه تعیین تیپ آب به کمک نمودار داروو
۵۸	شکل ۶-۶- نمودار داروو توسعه یافته
۵۹	شکل ۷-۶- نمودار داروو نمونه‌های آبی مورد مطالعه
۶۰	شکل ۸-۶- نمودار شولر نمونه‌های آبی مورد مطالعه
۶۲	شکل ۹-۶- نمودار استیف نمونه‌های آبی مورد مطالعه
۶۴	شکل ۱۰-۶- نمودار فیکلین نمونه‌های آبی مورد مطالعه
۶۹	شکل ۱۱-۶- توزیع اندیس‌های ارزیابی آلودگی در نمونه‌های آب
۷۰	شکل ۱۲-۶- مقایسه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و دیگر پارامترها طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در چشمه تونل راست (غلظت‌ها بر حسب mg/L)
۷۱	شکل ۱۳-۶- مقایسه غلظت عناصر طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در چشمه تونل راست
۷۲	شکل ۱۴-۶- مقایسه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و دیگر پارامترها طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در چشمه تونل چپ (غلظت‌ها بر حسب mg/L)
۷۲	شکل ۱۵-۶- مقایسه غلظت عناصر طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در چشمه تونل چپ
۷۳	شکل ۱۶-۶- مقایسه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و دیگر پارامترها طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در قنات (غلظت‌ها بر حسب mg/L)
۷۴	شکل ۱۷-۶- مقایسه غلظت عناصر طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در قنات

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۵	جدول ۱-۱- میزان ریزش‌های جوی ایستگاه بار نیشابور در سال ۸۹
۲۷	جدول ۱-۴- نتایج آنالیز نمونه‌های آب برای برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی
۲۸	جدول ۲-۴- نتایج آنالیز ICP-MS نمونه‌های آب
۲۸	جدول ۳-۴- نتایج آنالیز XRF نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای برای اکسیدها
۲۹	جدول ۴-۴- نتایج آنالیز XRF نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای برای عناصر مختلف
۳۷	جدول ۱-۵- جدول مربوط به همبستگی پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های رسوب
۳۸	جدول ۲-۵- غلظت زمینه و میانگین غلظت عناصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های رسوب
۴۰	جدول ۳-۵- نتایج مربوط به محاسبه ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی برای نمونه‌های رسوب
۴۱	جدول ۴-۵- دسته‌بندی ضریب غنی‌شدگی
۴۲	جدول ۵-۵- محاسبات مربوط به ضریب غنی‌شدگی نمونه‌های رسوب
۴۳	جدول ۶-۵- هفت گروه ضریب مولر
۴۴	جدول ۷-۵- نتایج مربوط به محاسبات ضریب زمین‌انباشت نمونه‌های رسوب
۴۸	جدول ۱-۶- جدول مربوط به همبستگی پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب
۶۱	جدول ۲-۶- توالی آنیونی و کاتیونی نمونه‌های آب مورد مطالعه
۶۳	جدول ۳-۶- ویژگی‌های تیپ و رخساره نمونه‌های مورد مطالعه
۶۵	جدول ۴-۶- غلظت عناصر مختلف نمونه‌های آبی مورد مطالعه بر حسب ppb
۶۹	جدول ۵-۶- مقادیر محاسبه شده اندیس‌های HEI، HPI و C _d
۷۶	جدول ۶-۶- مقادیر بحرانی در روش تعادل جرمی
۷۷	جدول ۷-۶- بررسی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های نمونه‌های آبی در فصل خشک به روش تعادل جرمی
۷۸	جدول ۸-۶- بررسی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های نمونه‌های آبی در فصل تر به روش تعادل جرمی



فصل اول

کلیات



این فصل شامل بخش‌های زیر است:

مقدمه

بیان مساله

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

ضرورت انجام تحقیق

اهداف تحقیق

مراحل انجام تحقیق

سازمان‌بندی پایان‌نامه

۱-۱- مقدمه

زمین و پدیده‌های زمین‌شناسی عواملی هستند که بر زندگی انسان‌ها تاثیر مثبت و منفی فراوانی گذاشته و خواهند گذاشت. غارهای طبیعی ایجاد شده در دل کوه‌ها اولین پناهگاه انسان و سنگ‌های برنده اولین ابزار دفاعی و تهاجمی انسان‌ها بوده‌اند. از سوی دیگر زلزله، آتشفشان و زمین‌لغزه اثرات ناگواری بر زندگی انسان‌ها گذاشته‌اند. آب یکی از کلیدی‌ترین عوامل انتخاب محل برای سکونت و یکی از عوامل توسعه زندگی انسان‌ها می‌باشد. هر عاملی که بر کمیت و کیفیت آب اثر می‌گذارد بر زندگی انسان نیز بی‌تاثیر نخواهد بود. در این میان پدیده‌های طبیعی، عوامل متعددی هستند که از اعماق زمین نشأت گرفته‌اند و کیفیت و کمیت آب‌های سطحی و زیرزمینی را تغییر می‌دهند. دگرسانی و کانه‌زایی همراه آن از جمله پدیده‌های طبیعی زمین‌شناختی و عوامل کاهنده کیفیت آب‌ها و از نشانه‌های تاثیر زمین بر کیفیت زندگی انسان‌ها هستند.

به دلیل اهمیت اثرات آلودگی طبیعی آب‌ها بر سلامتی انسان‌ها، این موضوع در تحقیقات بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه‌های متعددی از آلودگی آب‌ها به عناصر سمی مانند آرسنیک، بر، فلوئور، آنتیموان، جیوه، سرب گزارش شده است. در کشور ما نیز مواردی از آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی در اثر کانه‌زایی، معدن‌کاری و دگرسانی گزارش شده است. آنچه در این میان مشترک است، واکنش‌های اکسایش سولفیدها، انحلال و جایگزینی یون‌ها هستند که نشانه تاثیر سنگ‌های مناطق مورد مطالعه بر کیفیت آب می‌باشند.

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق منطقه اطراف معدن فیروزه نیشابور می‌باشد که در جوار آن دو روستای معدن بالا و معدن پایین قرار دارند. آب شرب این دو روستا از چشمه‌های داخل تونل بدست می‌آید. این آب از داخل آبراهه‌های داخل تونل عبور کرده و سپس ذخیره سازی و کلر زنی می‌شود. در نزدیکی این معدن قناتی وجود دارد که از آن روستاییان جهت کشاورزی و شرب استفاده می‌کنند.

به همین دلیل با توجه به اهمیت موضوع، در این تحقیق کیفیت منابع آبی منطقه مورد بررسی قرار گرفته و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت.

این فصل به معرفی منطقه مورد مطالعه، مرور برخی از ویژگی‌های کلی آن، بیان مساله، ضرورت انجام تحقیق و اهداف آن و همچنین به معرفی نحوه سازمان‌بندی پایان‌نامه حاضر اختصاص داده شده است.

۱-۲- بیان مساله

کوه‌های اطراف منطقه معدن فیروزه در نیشابور از آهک‌های نومولیت‌دار همراه با ماسه‌سنگ و اسلیت تشکیل داده شده است. این رسوبات حاوی ذخایر متعدد گچ و نمک هستند که نمونه‌هایی در حال بهره‌برداری است. در این سنگ‌ها مواد آتشفشانی متعلق به دوره سنوزوئیک که سنگ اصلی آنها تراکیت‌های پورفیری است نفوذ کرده است (Bazin et al., 1972).

مطالعاتی که در سال‌های گذشته در این منطقه صورت گرفته نشان داده است که غلظت عناصری مثل مس، مولیبدن، سرب و روی بیشتر از حد زمینه و حتی غیر قابل تصور بوده است (اصفیا و معتمدی، ۱۳۳۳). در سال‌های بعد با انجام مطالعات جدیدتر مشخص شد که غلظت عناصر رادیواکتیو نیز بالا است به همین خاطر اقدام به اکتشافات رادیومتری شد (خانیا و همکاران، ۱۳۵۴). همچنین می‌توان به وجود دگرسانی‌های گرمابی سیلیسی شدن، آرژیلیتی شدن، پیریتی شدن، سربستی شدن، کلریتی شدن، آلونیتی شدن، همتیتی شدن و در بعضی قسمت‌ها اپیدوتی شدن اشاره نمود که ممکن است بر روی کیفیت آب منطقه تاثیرگذار باشد.

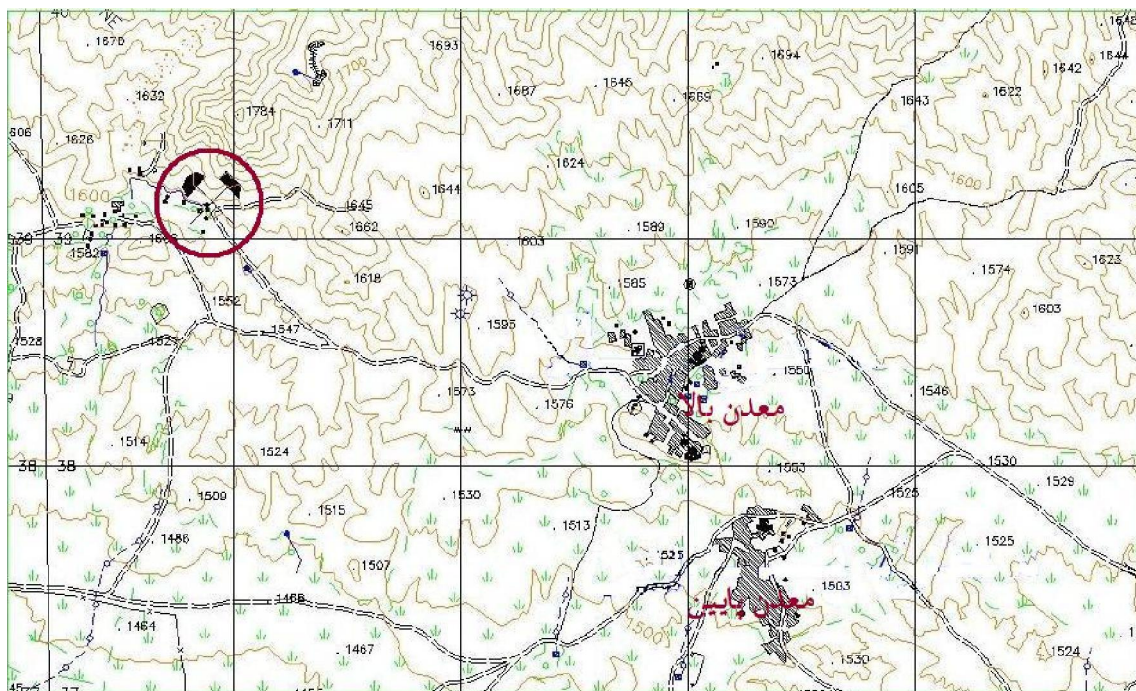
در این منطقه گزارش‌هایی مبنی بر بالابودن میزان افراد عقب‌مانده ذهنی و همچنین مرگ در سنین پایین نیز وجود دارد.

با توجه به موارد ذکر شده، در این تحقیق به بررسی کیفیت آب شرب منابع آبی پرداخته شده است.

۳-۱- خصوصیات منطقه مورد مطالعه

۱-۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

معدن فیروزه نیشابور در استان خراسان رضوی و در ۵۳ کیلومتری شمال غربی مرکز شهرستان نیشابور، در دامنه‌های جنوبی ارتفاعات بینالود و در ۴ کیلومتری دو روستای معدن سفلی و علیا، از دهستان فیروزه، بخش تخت جلگه، واقع شده است. معدن فیروزه نیشابور با طول و عرض جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه مشخص می‌شود. این معدن در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد (برگرفته از سایت firooze.web2end.com). در شکل ۱-۱ منطقه مطالعاتی و روستاهای اطراف آن نمایش داده شده است. همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود در قسمت شمال غربی نقشه، معدن فیروزه دیده می‌شود و در قسمت شرقی نقشه دو روستای معدن بالا و معدن پایین واقع است.



شکل ۱-۱- موقعیت مکانی دو روستا نسبت به معدن فیروزه

۱-۳-۲- آب و هوای منطقه

آب و هوای معدن معتدل بوده و در تمامی طول سال، بهره‌برداری از معدن فیروزه صورت می‌گیرد. میزان ریزش‌های جوی در سال ۸۹ در منطقه در جدول ۱-۱ آورده شده است (برگرفته از سایت Weather.ir در فروردین سال ۹۰).

جدول ۱-۱- میزان ریزش‌های جوی ایستگاه بار نیشابور در سال ۸۹

(برگرفته از سایت Weather.ir در فروردین سال ۹۰)

میزان بارش (mm)	نام ماه	میزان بارش (mm)	نام ماه
۰/۰۳	مهر	۴۷/۶۰	فروردین
۴/۴۲	آبان	۲۴/۰۱	اردیبهشت
۴/۸۱	آذر	۱۹/۷۰	خرداد
۲۰/۲۰	دی	۷/۴۱	تیر
۶۲/۳۲	بهمن	۰	مرداد
۳۱/۰۵	اسفند	۴/۵۱	شهریور

۱-۳-۳- پراکندگی جمعیت

دو روستای معدن بالا و معدن پایین حدود ۱۱۰ خانوار و حدود ۴۰۰ نفر جمعیت دارند و مردم روستا به کار در معدن، کشاورزی و دامداری مشغول هستند. آب مورد نیاز جهت کشاورزی از قنات‌ها و چاه‌ها تامین می‌شود و آب شرب آن‌ها از چشمه‌های داخل معدن حاصل می‌آید.

۱-۴- ضرورت انجام تحقیق

امروزه یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کارشناسان محیط زیست این است که چطور با آلودگی‌ها به‌ویژه آلودگی‌های معدنی مقابله کنند. یکی از تاثیرات این گونه آلودگی‌ها کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌باشد. از آنجا که اکثر مردم از آب شرب جهت نوشیدن، استحمام و ... استفاده می‌کنند، بنابراین پاک بودن آب از هرگونه آلودگی که موجب بیماری است، دارای اهمیت می‌باشد.

تاکنون تحقیقات بسیاری بر روی کیفیت آب‌های متأثر از فعالیت‌های معدنی انجام شده است، که در منطقه مورد مطالعه برای اولین بار این مطالعات انجام می‌شود.

این مسئله و به‌خصوص مشکلاتی که ورود آلاینده‌های معدنی به منابع آبی ایجاد می‌نمایند، سبب گردیده است که مطالعه حاضر با هدف شناسایی کیفیت آب و بررسی منابع آلودگی و ارائه راه‌های کنترلی جهت کاهش آلودگی آن، پیشنهاد گردد.

۱-۵- اهداف تحقیق

هدف کلی از این تحقیق، بررسی کیفیت آب شرب منطقه با توجه به شرایط توپوگرافی و سنگ‌شناسی منطقه است. بدین منظور اهداف زیر در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

۱- بررسی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی حاضر در منابع آبی منطقه و تعیین تیپ و رخساره آب

۲- بررسی مقادیر غلظت عناصر موجود در آب و مقایسه آن‌ها با مقادیر استانداردهای ملی و جهانی

۳- بررسی و مقایسه تغییرات غلظت عناصر و دیگر پارامترهای مورد اندازه‌گیری طی دو مرحله نمونه‌برداری

۴- بررسی آلودگی در نمونه‌های برداشته شده از رسوبات آبراهه‌ای

۱-۶- مراحل انجام تحقیق

این تحقیق در چهار مرحله به شرح زیر انجام پذیرفته است:

۱- جمع‌آوری اطلاعات

با مرور مقالات، کتب و دیگر منابع معتبر، مهم‌ترین اثرات زمین‌شناسی و به ویژه دگرسانی‌ها بر کیفیت آب‌های زیرزمینی مطالعه و مهم‌ترین پارامترهای متغیر شناسایی شدند. همچنین آمار و اطلاعات و نقشه‌های مورد نیاز از منابع زیر گردآوری شد:

- آمار و اطلاعات منابع آب از سازمان آب و فاضلاب روستایی خراسان رضوی و آب منطقه‌ای خراسان رضوی.

- نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری

- نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور

- نقشه ۱/۵۰۰۰ منطقه تهیه شده از آب منطقه‌ای نیشابور

۲- نمونه‌برداری آب و رسوبات

برای این منظور با توجه به منابعی که جهت شرب استفاده می‌شوند و پس از انجام مطالعات صحرایی جامع، محل‌های نمونه‌برداری انتخاب و سپس با توجه به ریزش‌های جوی فصول خشک و تر در دی ماه (فصل خشک) و بهمن ماه (فصل تر) انتخاب گردید.

۳- انجام آنالیز کمی و کیفی

نمونه‌های آب تهیه شده برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و غلظت عناصر به آزمایشگاه سازمان آب و فاضلاب روستایی خراسان رضوی در مشهد ارسال گردید. نمونه‌های

رسوبات آبراهه‌ای نیز جهت انجام آنالیز XRF به شرکت تحقیقات مواد معدنی طیف کانساران بینالود واقع در مشهد ارسال گردید.

۴- تجزیه و تحلیل اطلاعات و نتیجه‌گیری

نتایج آنالیزهای انجام شده با استفاده از رسم نمودارها و شکل‌های مختلف پردازش و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت رسم نمودارها از نرم افزارهای AutoCAD، Rockwork، SPSS، Aquachem و Excell استفاده گردید.

۷-۱- سازمان‌بندی پایان‌نامه

گزارش این تحقیق در هفت فصل به شرح زیر به نگارش درآمده است.

فصل اول (کلیات): در این فصل به معرفی منطقه و مهم‌ترین ویژگی‌های اقلیمی، جغرافیایی و انسانی پرداخته شده است.

فصل دوم (زمین‌شناسی): در این فصل به مطالعه زمین‌شناسی و چینه‌شناسی پرداخته شده است.

فصل سوم (مروری بر مطالعات گذشته): این فصل به تحقیقات انجام شده در سطح ایران و جهان مرتبط با رسوبات و برهم‌کنش‌های بین آب و سنگ اختصاص داده شده است.

فصل چهارم (نمونه‌برداری): در این فصل مواردی نظیر چگونگی نمونه‌برداری، نقاط برداشت نمونه‌های رسوبات و نمونه‌های آبی و نتایج آنالیزها آمده است.

فصل پنجم (تفسیر داده‌های خاک): در این فصل به تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آنالیزهای ژئوشیمیایی رسوبات، از دیدگاه‌های مختلف پرداخته می‌شود.

فصل ششم (تفسیر داده‌های آب): در این فصل با توجه به نتایج آنالیزهای انجام شده، کیفیت آب‌های منطقه، تیپ و رخساره آن‌ها با استفاده از نمودارها و شکل‌های مختلف مورد نمایش و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در نهایت نتایج حاصل از آنالیز با استانداردهای جهانی و ایران مقایسه شده است.

فصل هفتم (نتیجه گیری): در این فصل به نتایج حاصله از فصول قبل و به ارائه پیشنهادها پرداخته شده است.



فصل دوم

زمین‌شناسی منطقه



این فصل شامل بخش‌های زیر است:

مقدمه

چینه‌شناسی منطقه بینالود

چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه

۲-۱- مقدمه

بررسی زمین‌شناسی منطقه بخش مهمی از تحقیق می‌باشد. شناخت سنگ‌ها و پدیده‌های زمین‌شناختی رخ داده در منطقه اطلاعات با ارزشی را فراهم می‌کند که می‌توان بر اساس آن‌ها تغییرات کیفیت آب‌ها را در منطقه توضیح داد. سلسله جبال بینالود در حد شمالی صفحه ایران و ادامه شرقی کوه‌های البرز واقع شده است. این ناحیه یک کمربند چین خورده با خصوصیات زمین‌شناسی پیچیده‌ای است که از نظر ساختمانی از تعدادی ورقه‌های تراست تشکیل شده است که این ورقه‌ها در اثر فعالیت فازهای مختلف کوه‌زایی آلپ ایجاد شده است. منطقه مورد مطالعه نیز بخشی از ارتفاعات جنوب بینالود است. راستای عمومی بیرون‌زدگی‌ها در این بخش شمال غرب- جنوب شرق است (دری، ۱۳۵۷).

در این فصل زمین‌شناسی و تکتونیک کوه‌های بینالود به اختصار معرفی گردیده است.

۲-۲- چینه‌شناسی منطقه بینالود

قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه بینالود، به سازند لالون تعلق دارد که از ماسه‌سنگ‌های قهوه‌ای تا قرمز تیره تشکیل شده است. در قسمت فوقانی، واحد کوارتزیتی سفید رنگ (تاپ کوارتزیت) قرار دارد و بعد از لالون سازند میلا قرار گرفته که حاوی آثاری از فسیل‌های تریلوبیت می‌باشد. سپس یک مجموعه آتشفشانی با ضخامت زیاد قرار دارد که از گدازه‌های توف و آگلومرای مافیک با ترکیب تقریباً بازالتی تشکیل شده است. بر روی این مجموعه سنگ‌آهک‌های سازند نیور بر جای گذاشته شده است که در قسمت‌های میانی این سازند، سنگ‌های آهکی مرجانی فراوانی دیده می‌شود. سازند نیور به طرف بالا تدریجاً از دولومیت ماسه‌ای به ماسه‌سنگ کوارتزیتی تبدیل می‌شود که نشانه آغاز سازند پادها است. بر روی سازند پادها با کنتاکت تدریجی، دولومیت‌های زرد رنگ سازند سبزار قرار گرفته است. این دولومیت‌ها به طرف بالا تدریجاً به سنگ‌های آهکی تیره رنگ سازند بهرام تبدیل شده که در آن‌ها

فسیل‌های شاخص نظیر اسپریفرها و سایر براکیوپودها به فراوانی مشاهده می‌شوند. این فسیل‌ها سن دونین فوقانی را برای سنگ‌آهک بهرام مشخص می‌کنند. به طور کلی در منطقه بینالود واحدهای پالئوزوئیک که جوان‌تر از سنگ‌آهک بهرام هستند، شناخته نشده است. بنابراین می‌توان این‌گونه عنوان کرد که در کربنیفر، پرمین و قسمت اعظم تریاس رسوب‌گذاری در منطقه صورت نگرفته و این پهنه خارج از آب قرار داشته است. دلیل خارج شدن منطقه از آب همزمان با کوه‌زایی هرسینین بوده است. وجود بقایای اقیانوسی (افیولیت‌ها) در شمال ارتفاعات بینالود که زمان جایگزینی آن‌ها مربوط به پایان تریاس و بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس است، در زمین‌شناسی منطقه دارای اهمیت زیادی است. به طور کلی مجموعه افیولیتی مزبور با یک دگرشیبی به‌وسیله رسوبات قاره‌ای ذغال‌دار و کمی دگرگون شده پوشیده شده است که این رسوبات شامل کنگلومرای قاره‌ای، ماسه‌سنگ و شیل می‌باشد که سن آن‌ها بر اساس بقایای گیاهی تریاس فوقانی ژوراسیک زیرین تعیین گردیده است. اصولاً این مجموعه سنگ‌ها با دگرگونی ضعیف قسمت اعظم منطقه بینالود را می‌پوشانند و به نام سنگ‌های فیلیت مشهود معروف هستند. لذا با توجه به مطالعات صورت گرفته، مشخص گردیده است که این سنگ‌های دگرگونی (فیلیت مشهود) معادل سازند شمشک بوده و اصولاً بعضی‌ها به این رسوبات، سازند شمشک دگرگون شده اطلاق می‌کنند (برگرفته از سایت firooze.web2end.com). به دلیل حادثه تکتونیکی ژوراسیک زیرین رسوبات قاره‌ای ذغال‌دار فوق دچار چین‌خوردگی و بالاآمدگی و در نهایت دگرگونی ضعیف (فیلیت مشهود) را متحمل شده است. سپس با یک دگرشیبی رسوبات جوان‌تر بر جای نهاده شده‌اند که تغییرات ساختاری کمتری را تحمل کرده‌اند. این مجموعه به ترتیب عبارتند از:

ابتدا سازند شمشک که با یک نمود رسوب‌گذاری و با کنتاکت گسلی آغاز می‌گردد، که نشان‌گر وجود گسل تراستی در سطح زیرین این رسوبات است و اولین لایه شاخص در این رسوبات شامل ماسه‌سنگ ضخیم لایه است که گاهی کنگلومرایی می‌شود و حاوی ذرات کوارتز، خرده سنگ و میکا می‌باشد. در مجموع رسوبات مزبور دارای رنگ خاکستری و حاوی فسیل‌های گیاهی و ذغال می‌باشند که نشانگر محیط احيایی در زمان رسوب‌گذاری است.

سازند دلیچای با یک سطح تدریجی بر روی رسوبات شمشک دگرگون نشده قرار دارد، البته در قسمت جنوب غربی مشهد اثری از این سازند دیده نمی‌شود. سازند دلیچای عمدتاً از مارن‌های خاکستری روشن تشکیل شده است که حاصل عمیق‌تر شدن محیط رسوب‌گذاری در این زمان است. در این سازند فسیل‌های براکیوپود و آمونیت شناسایی شده است. مارن‌های سازند دلیچای به علت قابلیت فرسایش زیاد نسبت به رسوبات شمشک و سازند آهکی لار به راحتی فرسوده شده و قسمت اعظم آن به وسیله یک لایه هوازده پوشیده شده است. ولی در محل‌هایی که این سنگ‌ها بیرون زدگی دارند لایه‌بندی نازک قابل مشاهده است (اصفیا و معتمدی، ۱۳۳۳).

۲-۳- تکتونیک رشته کوه بینالود

در مرز دوره تریاس میانی و فوقانی فاز فشاری مهمی در ایران حاکم بوده که منجر به بالاآمدگی، چین‌خوردگی، دگرگونی و فرسایش گردیده است. بطور کلی این فاز فشاری نتیجه حرکات کوه‌زایی سمیرین بوده که وقوع این حرکات در ایران به خاطر تصادم خرد ورق ایران با خرد ورق توران در تریاس فوقانی بوده است. در اثر این کوه‌زایی فرآیند بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس در شمال ایران با فروانش پوسته اقیانوسی به زیر حاشیه جنوبی توران از کربنیفر فوقانی شروع و با یک وقفه در مقطع زمانی پرمین-تریاس زیرین، در تریاس فوقانی با تصادم خرد ورق ایران با توران خاتمه یافته است. به دنبال این برخورد، حاشیه شمالی ورق ایران که تا این زمان یک حاشیه غیرفعال بوده و رسوب‌گذاری در فلات، شیب و برآمدگی قاره‌ای انجام می‌شده است، به یک حوضه فورلند تبدیل گردیده است. از این به بعد، در نتیجه حرکات کوه‌زایی مزبور (آلپ) و فعالیت گسل‌های تراسی، نوارچین خورده گسلیده در حاشیه شمالی ایران بوجود آمده است. این نوار دربرگیرنده کوه‌های البرز و بینالود در شمال ایران می‌باشد. وقوع هر دوره فعالیت گسل‌های راندگی با تشکیل ورقه‌های رورانده جدید و رخنمون سنگ‌ها و بالا آمدگی همراه بوده است. تمامی این راندگی‌ها و گسل‌های موجود در منطقه

بینالود روند شمال غرب - جنوب شرق داشته و جهت حرکت تمامی آنها از شمال شرق به جنوب،

جنوب غرب است که این صفحات رورانده ساختار کنونی کوه‌های بینالود را تشکیل می‌دهند.

بر اساس سن و سایر خصوصیات، گسل‌های منطقه بینالود را به سه نسل می‌شود تقسیم کرد.

نسل اول: راندگی‌هایی که عمدتاً رفتار شکل‌پذیر داشته‌اند. وجود آینه گسلی و نیز میلونیت در سطوح

راندگی نسل اول بیانگر شکل‌پذیر بودن آنها می‌باشد.

نسل دوم: گسل‌هایی را شامل می‌شوند که گسل‌های راندگی نسل اول و صفحات رورانده مرتبط با

آنها را قطع کرده‌اند. این گسل‌های راندگی به سمت جنوب جوان‌تر می‌شوند. شیب این گسل‌ها به

سمت شمال شرق بوده و اندازه شیب در گسل‌های این نسل به سمت جنوب غرب کاهش می‌یابد.

نسل سوم: جوان‌ترین گسل‌های راندگی در کوه‌های بینالود می‌باشد. وجود برش‌های گسلی در سطوح

راندگی این نسل بیانگر شکننده بودن سطوح برش در این نسل است.

نهشته‌های آواری در تریاس فوقانی-ژوراسیک زیرین (قاعده سازند شمشک) - ژوراسیک میانی و

قاعده کرتاسه مرتبط با نسل اول گسل‌خوردگی و سری آواری پالئوسن مرتبط با نسل دوم

گسل‌خوردگی و سری آواری نئوژن مرتبط با نسل سوم گسل‌خوردگی‌ها هستند. نسل اول

گسل‌راندگی‌ها با حرکات سیم‌رین و آلپ پیشین، نسل دوم با حرکات آلپ میانی و نسل سوم با

حرکات آلپ پسین همزمان بوده‌اند (اصفیا و معتمدی، ۱۳۳۳).

۲-۴- تکتونیک حوضه مورد مطالعه

همانطوری که ذکر شد در منطقه بینالود، ورقه‌های رورانده از ساختارهای اصلی به شمار می‌آیند. هر

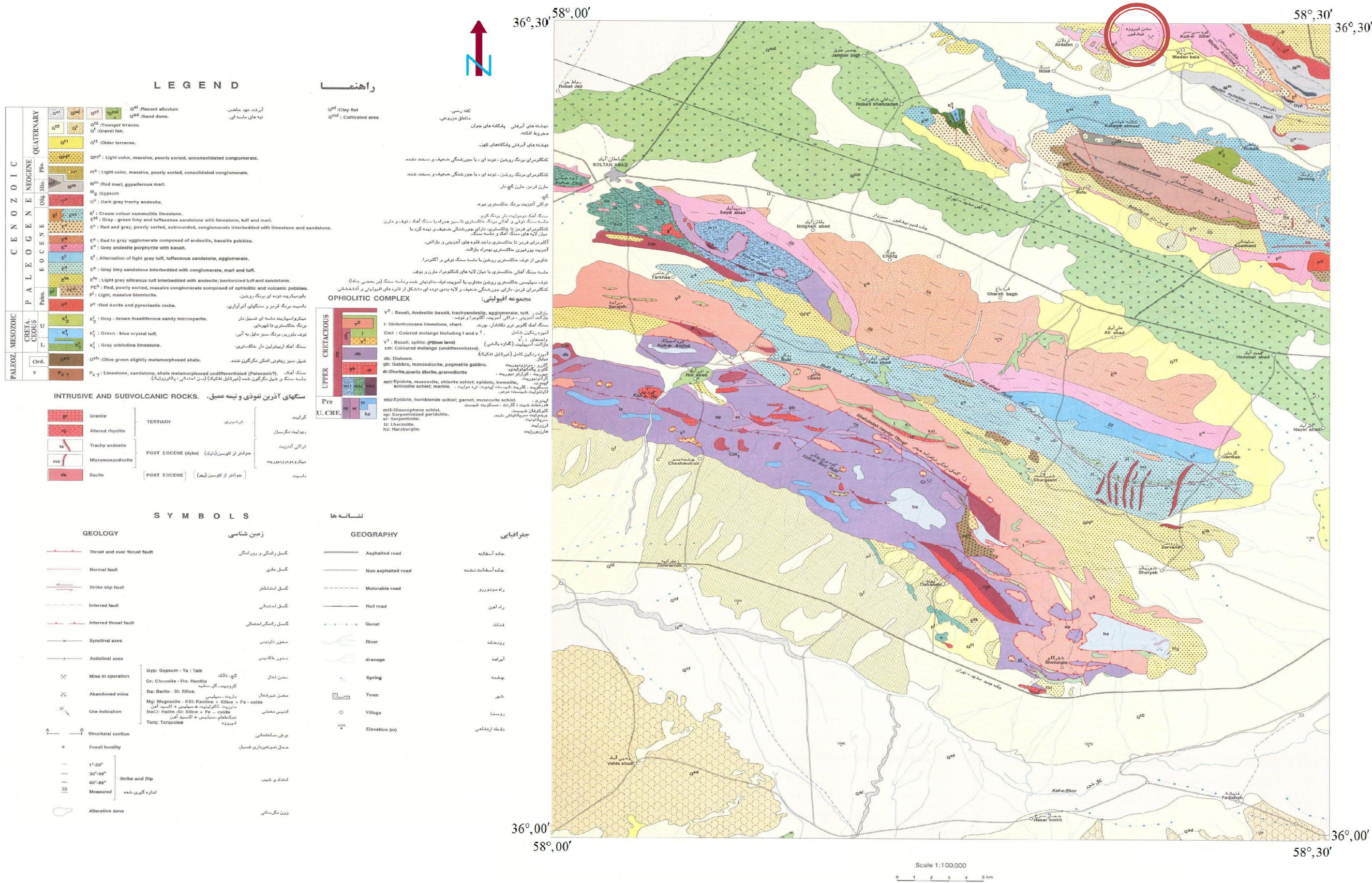
یک از این ورقه‌ها، با یک گسل تراستی در ارتباط است. امتداد تمامی گسل‌ها شمال غرب-جنوب شرق

است که از شمال به سمت جنوب، سن آنها جوان‌تر می‌شود. راندگی‌های جوان از نوع شکننده و

راندگی‌های قدیمی از نوع شکل‌پذیر هستند. علاوه بر گسل‌های راندگی، گسل‌های امتدادلغز نیز در منطقه دیده می‌شوند. اکثر این گسل‌ها احتمالاً ابتدا به صورت یک درزه عمود بر جبهه تراست‌ها و در رابطه با حرکت تراست‌ها تشکیل شده‌اند که ادامه حرکت ورقه‌های رورانده سبب جابجایی مورب لغز در طول آنها شده است.

گسل‌های نرمال از دیگر ساختمان‌های تکتونیکی موجود در منطقه می‌باشند.

اکثر چین‌های موجود در منطقه ارتباط مستقیم با گسلش دارند. چین‌ها عمدتاً از نوع مایل، برگشته و خوابیده هستند و خوابیدگی و سوی رانش، در اکثر آنها به سوی جنوب است. نتیجه‌ای که از بررسی ساختمان‌های موجود در منطقه بدست می‌آید موید این است که راستای بیشترین کوتاه‌شدگی و استرس انقباضی شمالی، شمال شرق-جنوب، جنوب غرب می‌باشد (اصفیا و معتمدی، ۱۳۳۳).





فصل سوم

مروی بر مطالعات پیشین



این فصل شامل بخش‌های زیر است:

مقدمه

نمونه‌های رسوبات

نمونه‌های آب

۳-۱- مقدمه

بررسی تحقیقات گذشته دیدگاه مناسبی از ملزومات تحقیق فراهم می‌کند و اطلاعات محقق را در ارتباط با موضوع تحقیق افزایش می‌دهد. در این فصل درباره مطالعاتی که در مورد نمونه‌های رسوبات و آب‌ها صورت گرفته و تاثیر آن‌ها بر کیفیت آب توضیح داده شده است.

۳-۲- نمونه‌های رسوبات

رسوبات ترکیبات گوناگونی از انواع کانی‌ها و ذرات آلی می‌باشند که نقش مهمی در تشخیص الگوهای آلودگی محیط‌های آبی دارند. این مواد حمل کننده برای آلاینده‌ها محسوب می‌گردند (Alkarkhi et al., 2008 and Cevik et al., 2009).

فلزات سنگین موجود در رسوبات دارای دو منشأ طبیعی و انسان‌زاد می‌باشند. بخشی از غلظت عناصر کمیاب در رسوبات، به‌طور عمده در اثر هوازدگی سنگ‌های بستر، واریزه‌های غیر آلوده و اجزای اصلی رسوبات را تشکیل می‌دهند. پس از رسیدن این عناصر کمیاب به اکوسیستم آبی ممکن است فرآیندهای ژئوشیمیایی زیست‌محیطی بر غلظت آن‌ها در رسوبات تاثیر بگذارد (Wang et al., 2008). انباشتگی و توزیع فلزات سنگین در رسوبات تحت تاثیر عواملی چون، بافت رسوبات، ترکیب مینرالوژیکی، فرآیندهای جذب و پس‌دهی و همچنین نقل و انتقال فیزیکی قرار دارند. مشارکت این فلزات در مکانیسم‌های بیوژئوشیمیایی گوناگون و همچنین قابلیت تحرک قابل توجه این عناصر، بر روی اکوسیستم‌ها در فرآیندهای انباشتگی تاثیرگذار است (Gonzales et al., 2006).

در مناطق معدنی فرآیندهای طبیعی که پایداری و مقاومت سنگ‌ها را کاهش می‌دهند، دگرسانی و هوازدگی می‌باشند. عوامل مختلف از قبیل نوع سنگ میزبان و خصوصیات فیزیک و شیمیایی سیال گرمایی بر روی دگرسانی سنگ تاثیر دارند، در حالی که استعداد سنگ‌ها در برابر هوازدگی به عوامل متعددی از قبیل ترکیب کانی شناسی، اندازه دانه، بافت، ساخت و شرایط محیطی بستگی دارد.

فلزات سنگین به دلیل پایداری و تجزیه ناپذیری و همچنین مشکلات دسترس پذیری زیستی از آلاینده‌های مهم و خطرناک محیط زیست به شمار می‌آیند. بر اساس فرآیندهای هیدرودینامیکی و زیست‌زمین‌شناسی و شرایط زیست‌محیطی (pH، شوری و دما)، رسوبات به عنوان مصرف‌گاه مهم فلزات سنگین در محیط‌های آبی شناخته شده‌اند. ولی با تغییر در شیمی رسوبات می‌توانند فلزات و آلاینده‌ها را به آب روی رسوب خود انتقال داده و با تحرک دوباره آلاینده‌ها در بوم سامانه، به عنوان منبع آلودگی عمل کنند (Zhang, 2009). به همین دلیل تعیین غلظت فلزات سنگین در رسوبات برای ارزیابی کیفیت محیط زیست ضروری است.

از جمله مطالعاتی که در این مورد صورت پذیرفته می‌توان به مطالعه خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی و رسوبات در سنگ‌های افیولیتی در فیروزآباد برای بررسی آلودگی فلزات سنگین (Hajizadeh et al., 2010)، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کانسار مس سونگون بر رسوبات رودخانه‌های منطقه (مر و همکاران، ۱۳۸۸)، بررسی آلودگی فلزات سنگین در کارخانه ذغال‌شویی انجیرتنگه با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب (شاه حسینی و همکاران، ۱۳۸۹) و بسیاری مطالعات دیگر اشاره کرد. در این مطالعات از روش‌های گوناگونی جهت بررسی آلودگی استفاده شده است که در ادامه، آن‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

حاجی زاده (Hajizadeh et al., 2010) جهت بررسی آلودگی فلزات سنگین در فیروزآباد در سال ۲۰۱۰، از هم‌بستگی عناصر به روش box plot استفاده نمود، که این امر نیز در بررسی اثرات زیست‌محیطی کانسار مس سونگون نیز دیده می‌شود (مر و همکاران، ۱۳۸۸). در اکثر مطالعات در کنار بررسی هم‌بستگی، از آنالیز خوشه‌ای نیز استفاده می‌شود. آنالیز خوشه‌ای برای شناسایی گروه‌هایی از نمونه‌های آب با میزان فلزات سنگین مشابه استفاده می‌شود (Bhuiyan et al., 2010). در بررسی آلودگی فلزات سنگین در کارخانه ذغال‌شویی انجیرتنگه از روش طبقه‌بندی سلسله مراتبی در تحلیل خوشه‌ای (شاه حسینی و همکاران، ۱۳۸۹) و همچنین جهت بررسی اثرات زیست‌محیطی

کانسار مس سونگون از روش Average Linkage (Between Group) مورد استفاده قرار گرفت (مر و همکاران، ۱۳۸۸).

ضریب مولر یا ضریب زمین‌انباشت برای اولین بار در سال ۱۹۷۹ توسط مولر بیان شد (Muller, 1979). از این ضریب برای ارزیابی تجمع عناصر در رسوبات رودخانه‌های اطراف معدن مس سونگون (مر و همکاران، ۱۳۸۸) و همچنین جهت بررسی آلودگی فلزات سنگین در فیروزآباد در سال ۲۰۱۰، توسط Hajizadeh نیز انجام گرفت.

از دیگر ضرایبی که جهت بررسی آلودگی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، ضریب غنی‌شدگی می‌باشد. با توجه به این ضریب، غنی‌شدگی می‌تواند در محدوده فاقد غنی‌شدگی تا غنی‌شدگی بی‌نهایت شدید تغییر کند (Taylor, 1964). جهت محاسبه ضریب غنی‌شدگی در رسوبات رودخانه‌های اطراف معدن مس سونگون، از عنصر آهن (مر و همکاران، ۱۳۸۸) و برای بررسی آلودگی فلزات سنگین در فیروزآباد از اسکاندیوم به عنوان عنصر مرجع استفاده شد (Hajizadeh et al., 2010).

در این تحقیق سعی شده است که علاوه بر تلفیق ضریب هم‌بستگی، آنالیز خوشه‌ای، ضریب زمین‌انباشت و ضریب غنی‌شدگی، از ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی نیز استفاده شده است.

۳-۳- نمونه‌های آب

از جمله مطالعاتی که در این مورد صورت پذیرفته می‌توان به ویژگی‌سنجی ژئوشیمیایی کیفیت آب‌های زهکش و نشت کرده از باطله‌های ۲ معدن سولفیدی (Heikkinen et al., 2008)، تاثیرات زهکشی‌های معدنی در آبگیر رودخانه آنکوپرا در جنوب غرب غنا (Akabzaa et al., 2009)، تاثیرات فعلی معدن کاری سنگ‌های قلیایی بر کیفیت آب رودخانه سیو در زیمباوه (Meck et al., 2009)، مطالعه خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی و رسوبات در سنگ‌های افیولیتی در فیروزآباد برای بررسی آلودگی فلزات سنگین (Hajizadeh et al., 2010)، تاثیرات زیست‌محیطی فعالیت‌های معدنی

بر کیفیت آب‌های سطحی در دره گیوما (Huang et al., 2010)، بررسی آلودگی فلزات سنگین در کارخانه ذغال‌شویی انجیرتنگه با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب (شاه حسینی و همکاران، ۱۳۸۹) و بسیاری مطالعات دیگر اشاره کرد. برای تفسیر داده‌های آنالیز آب از روش‌های گوناگونی استفاده می‌کنند که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

یکی از این روش‌ها استفاده از جدول هم‌بستگی است. جهت بررسی تاثیرات زهکشی‌های معدنی در آبگیر رودخانه آنکوبرا پس از برداشت نمونه‌ها و آنالیز آن‌ها، (Akabzaa et al., 2009) و همچنین جهت بررسی خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی در فیروزآباد (Hajizadeh et al., 2010) از روش بررسی هم‌بستگی استفاده گردید.

جهت بررسی و تفسیر آنالیز داده‌ها در نمونه‌های برداشته شده از ۲ معدن سولفیدی از نمودارهای مثلثی مختلف نظیر SO_4 -Ca-Mg و Ni-Zn-Cu استفاده گردید و همچنین جهت بررسی میزان اسیدی بودن و میزان فلزات سنگین موجود در نمونه‌های برداشته شده از نمودار فیکلین در همین منطقه (Heikkinen et al., 2008) مورد استفاده قرار گرفت. شاه حسینی و همکاران در سال ۱۳۸۹ به منظور بررسی میزان فلزات سنگین و اسیدی بودن نیز از همین نمودار در کارخانه ذغال‌شویی انجیرتنگه استفاده نمودند. Akabzaa و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز با استفاده از نمودار پایپر نوع آب نمونه‌های برداشته شده از نقاط مختلف رودخانه آنکوبرا را مورد بررسی قرار داد. در بررسی هیدروژئولوژیکی چشمه‌های کارستی در کردستان از نمودار استیف جهت بررسی تیپ و نوع آب استفاده گردید (آقایی، ۱۳۸۹).

اندیس آلودگی فلزات سنگین یکی از معیارهای ارزیابی فلزات سنگین در آب می‌باشد که با استفاده از استانداردهای موجود مورد استفاده قرار می‌گیرند. حاجی زاده و همکاران در سال ۲۰۱۰ با استفاده از استاندارد WHO و شاه حسینی و همکاران در سال ۱۳۸۹ با توجه به استاندارد WHO و استاندارد آب آشامیدنی در ایران به بررسی این اندیس پرداختند. از اندیس سنجش فلز سنگین نیز در بررسی

آلودگی در کارخانه ذغال‌شویی (شاه حسینی و همکاران، ۱۳۸۹) و همچنین بررسی خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی (Hajizadeh et al., 2010) نیز استفاده گردید.

در این تحقیق با استفاده از نتایج آنالیزها، نمودارهای پایپر، استیف، شولر، فیکلین، داروو و نمودارهای مثلثی کاتیونی و آنیونی رسم شده و تیپ و رخساره و دیگر ویژگی‌های آنیونی و کاتیونی آب‌ها ارائه شده است. در ضمن با استفاده از اندیس‌های آلودگی مختلف، میزان آلودگی نمونه‌های مختلف به فلزات سنگین را بررسی کرده و در نهایت به بررسی تغییرات میزان غلظت عناصر در دوفصل تر و خشک و مقایسه آن‌ها با استانداردهای WHO و EPA پرداخته می‌شود.



فصل چهارم

نمونه برداری



این فصل شامل بخش‌های زیر است:

مقدمه

نمونه برداری

۴-۱- مقدمه

انتخاب روش مناسب جهت انجام تحقیق و آنالیزهای مختلف از جمله موارد ضروری جهت انجام تحقیق می‌باشد. در این فصل به توضیح مراحل انتخاب محل نمونه‌برداری و تعداد نمونه‌ها، نحوه نمونه‌برداری، آماده‌سازی نمونه‌های آب و سنگ در صحرا و آزمایشگاه و در نهایت آنالیزهای انجام شده بر روی نمونه‌ها بطور جداگانه برای نمونه‌های آب و سنگ پرداخته شده است.

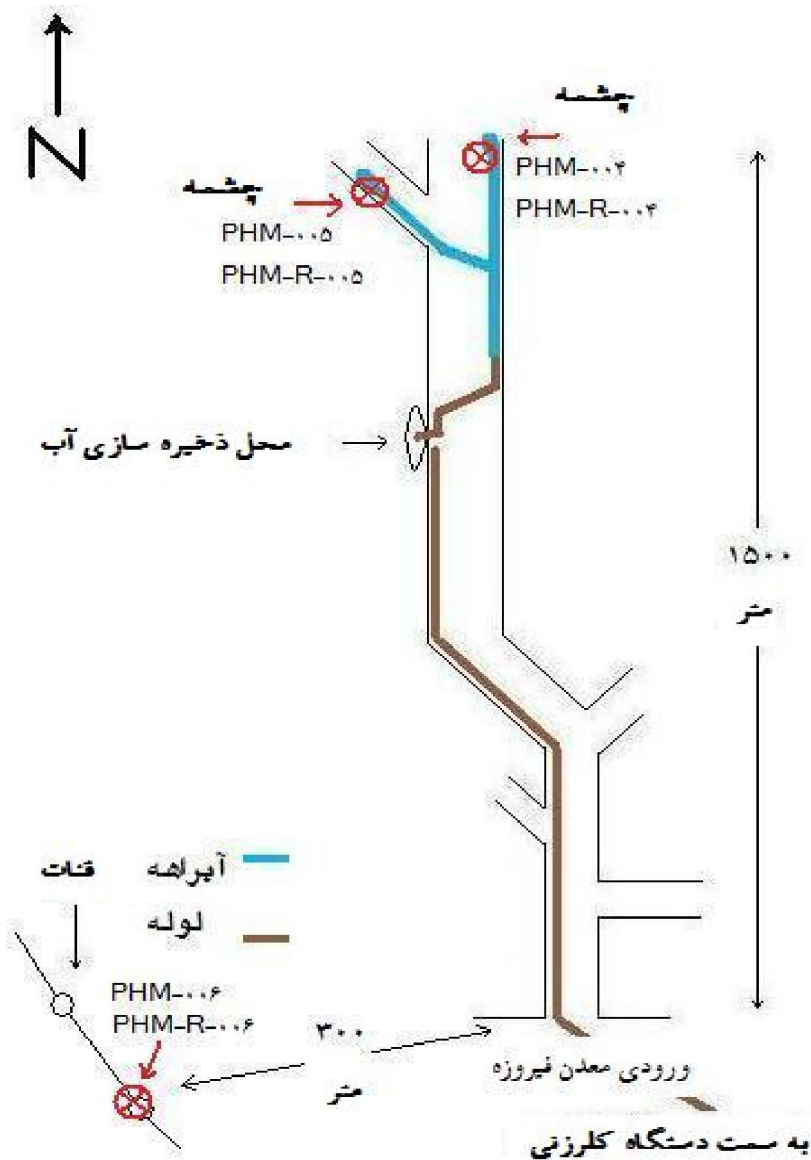
۴-۲- نمونه‌برداری

نمونه‌برداری مرحله‌ای حساس و بسیار با اهمیت در هر تحقیقی می‌باشد. اشتباه و عدم شناخت کافی از منطقه می‌تواند خطاهای فاحشی را در نمونه‌برداری، تعبیر و تفسیر و نتیجه‌گیری ایجاد کند. برای جلوگیری از خطاهای ناشی از نمونه‌برداری ابتدا با تهیه نقشه و حضور در معدن محل‌های نمونه‌برداری را مشخص و سپس با استفاده از تجهیزاتی مثل ظروف حمل نمونه‌های آبی و نایلون و بیلچه پلاستیکی اقدام به نمونه‌برداری شد، که در ذیل به هر کدام جداگانه پرداخته می‌شود.

۴-۲-۱- نمونه‌برداری آب

در منطقه مورد مطالعه تعدادی قنات و چشمه وجود دارد. آب شرب دو روستای مجاور معدن از ۲ چشمه در داخل تونل معدن بدست می‌آید. این آب پس از طی مسیری به طول حدوداً ۳۰۰ متر از آبراهه و ۱۲۰۰ متر از لوله‌های فلزی، به دستگاه کلرزنی انتقال داده می‌شود و پس از کلرزنی جهت شرب به روستاها انتقال داده می‌شود. برای نمونه‌برداری آب از ظروف پلاستیکی تمیز استفاده شد. قبل از نمونه‌برداری ابتدا ظروف را ۳ بار با آب مورد نظر پر و خالی کرده و در نهایت در زیر سطح آب پر شده‌اند. ظروف را شماره‌گذاری و مشخصات آنها را ثبت کرده و به دلیل احتمال تغییر نسبت بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها در آب در طی زمان، نمونه‌ها سریعاً به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج مربوط به آنالیز در جداول ۴-۱ و ۴-۲ آورده شده است.

محل برداشت نمونه‌ها به همراه مشخصات آنها در شکل ۱-۴ آورده شده است.



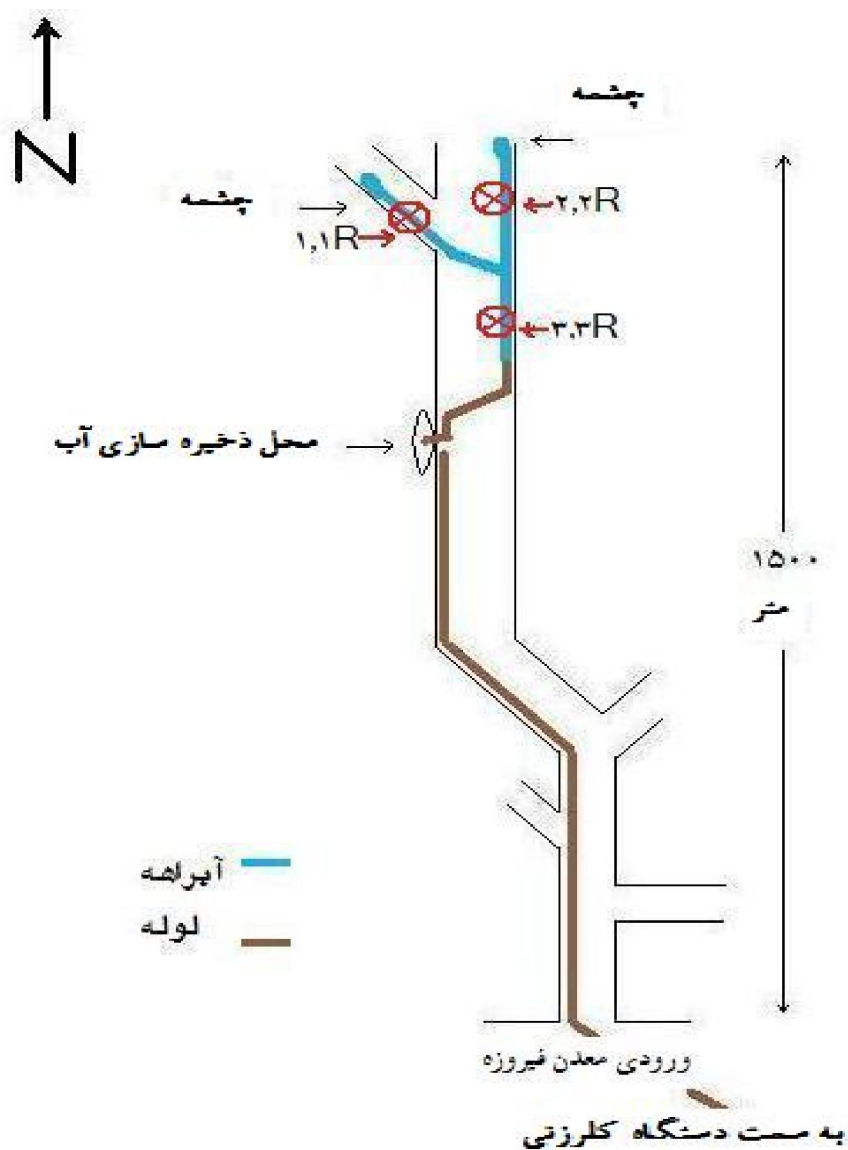
شکل ۱-۴- نقاط برداشت نمونه‌های آبی

۴-۲-۲- نمونه برداری رسوب

نمونه برداری از رسوبات آبراهه‌های داخل معدن فیروزه در آذر و دی ماه ۱۳۸۹ از ۳ ایستگاه انجام شد. نقاط نمونه برداری در شکل زیر نشان داده شده است. نمونه‌های رسوبات سطحی تا عمق ۵ سانتی متری، توسط بیلچه پلاستیکی برداشته شد و نمونه‌ها درون نایلون‌های پلاستیکی ضخیم نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها در دمای اتاق کاملاً خشک شدند. از آنجا که کانی‌های رسی و ذرات

ریز دانه توانایی زیادی در جذب عناصر سنگین دارند پس از اطمینان از خشک شدن نمونه‌ها، ذرات کوچکتر از $0/63$ میکرون توسط الک جدا و برای تجزیه عناصر سنگین به روش XRF به آزمایشگاه ارسال شدند. نتایج مربوط به آنالیز در جداول ۳-۴ و ۴-۴ آورده شده است.

محل برداشت نمونه‌ها به همراه مشخصات آنها در شکل ۲-۴ آورده شده است.



شکل ۲-۴-نقاط برداشت نمونه‌های رسوب

جدول ۴-۱- نتایج آنالیز نمونه‌های آب برای برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی

نام نمونه		نمونه‌های فصل خشک			نمونه‌های فصل بارش			استاندارد
		PHM-004	PHM-005	PHM-006	PHM-R-004	PHM-R-005	PHM-R-006	
pH		۷/۸۵	۷/۳۸	۷/۷۲	۷/۸۲	۷/۷۳	۷/۴۶	۸/۵ – ۶/۵
سختی کل (mg/L)		۱۱۰	۱۳۲	۵۵۰	۱۳۲	۱۴۲	۴۹۲	۵۰۰
TDS (mg/L)		۳۸۰/۱۳	۳۸۲/۸۱	۱۲۵۴/۲۹	۳۹۴/۴۴	۴۱۳/۵۱	۱۱۹۴/۵۴	۵۰۰
غلظت mg/L	NH ₄ ⁺	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-
	Na ⁺	۶۳/۷	۵۵/۸	۱۸۰	۶۰/۸	۵۸/۴	۱۸۵	۲۰۰
	K ⁺	۱/۱	۱/۱	۴/۷	۱	۱	۴/۲	-
	Ca ²⁺	۳۰/۰۴	۳۰/۶۴	۱۴۸/۱۸	۳۲/۰۴	۳۲/۶۸	۱۲۰/۱۴	-
	Mg ²⁺	۸/۵	۱۳/۴۸	۴۳/۷۱	۱۲/۶۳	۱۴/۶۷	۴۶/۶۲	-
	OH ⁻	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-
	Cl ⁻	۱۴/۷	۱۴/۷	۹۰/۲	۱۴/۷	۱۴/۷	۸۵/۳	۲۵۰
	NO ₂ ⁻	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-
	NO ₃ ⁻	۱/۹	۲	۱۸/۵	۱/۹	۲/۵	۱۵/۳	-
	HCO ₃ ⁻	۲۵۱/۳۶	۲۴۴/۰۴	۳۴۵/۳۲	۲۴۴/۰۴	۲۵۹/۹	۳۰۳/۸۳	-
	CO ₃ ²⁻	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-
	SO ₄ ²⁻	۱۰/۳	۲۲/۶	۴۳۸	۲۸/۸	۳۱/۶	۴۴۶	۲۵۰

جدول ۴-۲- نتایج آنالیز ICP-MS نمونه‌های آب

نام نمونه		نمونه‌های فصل خشک			نمونه‌های فصل بارش			استاندارد
		PHM-004	PHM-005	PHM-006	PHM-R-004	PHM-R-005	PHM-R-006	
غلظت (ppb)	Hg	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	<۱	۶
	As	<۱	<۱	۱/۵	۰/۴	۰/۷	۲/۳	۱۰
	Sb	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	۲۰
	Se	۰/۵	۸/۱	۳/۸	۱/۱	۲	۳	۱۰
	Pb	۳	۰/۳	۰/۸	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	۱۰
	Cd	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	۳
	Ni	۱/۰۵	۴/۱	۴/۴	<۰/۵	۱	۱	۷۰
	Cr	۰/۸	۰/۲	۱/۷	۱/۵	۲	۷	۵۰
	V	<۰/۵	<۱	<۱	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	-
	Zn	۱/۷	۵	۴/۵	<۱۰	<۱۰	۱۱/۵	۳۰۰۰
	Fe	<۱	۱۶/۵	۳۴/۷	۴۸	۲۵	۲۹	۳۰۰

جدول ۴-۳- نتایج آنالیز XRF نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای برای اکسیدها

نام نمونه		نمونه‌های فصل خشک			نمونه‌های فصل بارش		
		1	2	3	1R	2R	3R
غلظت (%)	SiO ₂	۵۳/۱۴	۵۱/۹۱	۴۵/۲۵	۴۸/۷۶	۵۰/۶	۴۴/۷۷
	Al ₂ O ₃	۱۴/۵۵	۱۴/۳	۱۳/۶۵	۱۴/۴۹	۱۳/۸۳	۱۴/۸۵
	Na ₂ O	۱/۶۳	۱/۰۸	۰/۳۸	۱/۱۹	۰/۷۵	۰/۵۹
	MgO	۱/۴۹	۱/۱۶	۲/۶۸	۲/۰۴	۰/۷۷	۲/۷۳
	K ₂ O	۹/۰۱	۹/۹۵	۵/۶۳	۸	۱۰/۴	۶/۲۹
	TiO ₂	۱/۵۶	۱/۴۴	۱/۵	۱/۷۵	۱/۴۹	۱/۶۹
	MnO	۰/۳۴	۰/۵۱	۰/۶۴	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۵۸
	CaO	۳/۲۴	۲/۹۵	۴/۷۹	۴/۰۲	۳/۵۷	۴/۲۳
	P ₂ O ₅	۰/۵۳	۰/۴۵	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۴۴	۰/۸۱
	Fe ₂ O ₃	۹/۹۱	۱۱/۷۸	۱۴/۹۳	۱۲/۳۵	۱۳/۰۱	۱۴/۳۶
	SO ₃	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۸	۰	۰/۰۲
	LOI	۳/۸	۳/۵۶	۸/۸۶	۵/۰۷	۳/۶۱	۸/۳

جدول ۴-۴- نتایج آنالیز XRF نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای برای عناصر مختلف

نام نمونه		نمونه‌های فصل خشک			نمونه‌های فصل بارش		
		1	2	3	1R	2R	3R
غلظت (ppm)	Ba	۱۹۲۹	۲۹۸۹	۱۴۸۸	۱۸۶۱	۳۱۹۱	۱۷۷۸
	Co	۱۱۲	۱۸۰	۱۹۶	۱۴۹	۱۶۸	۱۹۸
	Cr	۱۶	۱۱	۸۲	۲۲	۳	۲۴
	Cu	۱۳۸	۹۶	۱۹۱	۲۴۸	۱۷۲	۱۰۷
	Nb	۲۵۴	۲۰۶	۱۵۰	۲۴۱	۲۲۴	۱۷۸
	Ni	۵۶	N	۳۴	N	N	۴۳
	U	۶	۱۳	۴	۶	N	N
	Th	۱۷	۱۹	۲۲	۲۰	۲۲	۱۵
	Ce	۲۳۳	۳۲۷	۲۰۱	۲۲۱	۳۵۷	۱۸۱
	Cl	۱۳۲۷	۱۳۷۱	۱۷۴۸	۱۷۵۳	۱۲۹۰	۱۷۶۷
	Pb	۴۱	۴۷	۴۳	۹۰۹	۶۸	۶۸
	Rb	۷۰۰	۶۲۹	۵۶۶	۷۵۱	۶۴۷	۶۹۴
	Sr	۱۰۷۷	۱۱۰۰	۷۶۳	۱۱۲۴	۱۱۹۳	۸۹۲
	V	۳۷۸	۳۵۳	۵۰۴	۵۳۰	۳۶۳	۵۶۷
	W	۱۲۵	۲۰۰	۷۷	۴۹	۱۳۹	N
	Y	۸۶	۷۸	۷۷	۹۱	۷۹	۸۶
	Zr	۱۱۸۲	۱۰۱۴	۵۹۷	۱۰۴۷	۱۰۴۵	۷۰۹
	Zn	۱۶۳	۲۱۷	۴۶۲	۲۸۵	۲۲۶	۴۰۰
	Mo	N	N	N	N	N	N

شکل ۳-۴ نقطه ورود آب به داخل لوله فلزی را نمایش می‌دهد. در شکل ۴-۴ محل ذخیره‌سازی آب را و در شکل ۵-۴ دستگاه کلرزنی را می‌توان مشاهده نمود.



شکل ۳-۴- محل ورود آب به داخل لوله



شکل ۴-۴- محل ذخیره‌سازی آب در داخل تونل معدن



شکل ۴-۵- دستگاه کلرزنی، مابین تونل معدن و روستا



فصل پنجم

تفسیر داده‌های خاک



این فصل شامل بخش‌های زیر است:

مقدمه

همبستگی عناصر

بررسی کیفی و مطالعات آماری نمونه‌ها

۵-۱- مقدمه

فلزات سنگین به دلیل پایداری و تجزیه‌ناپذیری، مشکلات دسترس‌پذیری زیستی و سمناکی از آلاینده‌های مهم و خطرناک محیط زیست به شمار می‌آیند. بعضی از فلزات سنگین موجود در محیط آبی مانند Cu و Zn برای حیات آبزیان ضروری هستند و فقط هنگامی که در غلظت‌های بیش از حد مجاز حضور داشته باشند سمی می‌باشند. ولی بعضی دیگر از فلزات سنگین حتی در غلظت‌های پائین برای موجودات سمی هستند (مانند Cd و Pb). معادن فلزی و فعالیت‌های معدن‌کاری یکی از منابع اصلی آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های محلی هستند. پساب خروجی فرآوری معدنی که در رودها و رودخانه‌ها جریان می‌یابد می‌تواند فلزهای سنگین بالقوه سمی را حمل کند. بر اساس فرآیندهای هیدرودینامیکی و شرایط زیست‌محیطی رودخانه‌ها (پتانسیل اکسید و احیا، pH، شوری و دما)، رسوبات به عنوان مصرف‌گاه مهم فلزات سنگین در سامانه‌های آبی شناخته شده‌اند. ولی با تغییر در شیمی رسوبات می‌توانند فلزات و آلاینده‌ها را به آب روی رسوب خود انتقال داده و با تحرک دوباره آلاینده‌ها در بوم سامانه، به عنوان منبع آلودگی عمل کنند. از طرف دیگر فلزات سنگین باقی مانده در رسوبات آلوده می‌تواند در میکرو ارگانیسم‌های جانوری و گیاهی تجمع یافته و در نتیجه به زنجیره غذایی راه پیدا کرده و در نهایت ممکن است حیات موجودات زنده و بوم سامانه را به خطر بیندازد. به همین دلیل تعیین غلظت فلزات سنگین در رسوبات برای ارزیابی کیفیت محیط زیست ضروری است (مر و همکاران، ۱۳۸۸).

۵-۲- بررسی همبستگی پارامترها در نمونه‌های رسوب

همبستگی، پارامتر مناسبی برای مقایسه رفتار افزایشی یا کاهشی عناصر در مقابل یکدیگر است. برای دو دسته داده‌های X و Y همبستگی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$Corel(X, Y) = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}} \quad (۱-۵)$$

که در آن، X و Y متغیر (غلظت عناصر) بوده و $\bar{X}$ و $\bar{Y}$ میانگین متغیرها است.

میزان همبستگی می‌تواند از +۱ تا -۱ تغییر کند. هر چه عدد به‌دست آمده به +۱ نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده شباهت رفتاری بیشتر دو پارامتر با یکدیگر است و هر چه مقدار آن به -۱ نزدیک‌تر باشد میزان معکوس پارامتر افزایش می‌یابد و نیز هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده آن است که پارامترها هیچ ارتباطی با هم ندارند. برای به‌دست آوردن میزان همبستگی عناصر از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. همبستگی بین عناصر با استفاده از رابطه ۵-۱ برای نتایج آنالیز XRF (جداول ۴-۳ و ۴-۴) محاسبه شده و در جدول ۵-۱ ارائه گردیده است.

مقادیر بدست آمده برای همبستگی میان عناصر مختلف، نتایج آنالیز خوشه‌ای را تأیید نموده و این همبستگی‌ها را به صورت کمی بیان می‌نماید. در این‌جا به جهت اختصار به بررسی همبستگی عنصر وانادیوم (V) با برخی عناصر مورد آنالیز می‌پردازیم.

V با CaO ، MgO ، P_2O_5 و Zn همبستگی مثبت و بالایی را نشان می‌دهد که این نتیجه در آنالیز خوشه‌ای نیز بدست آمده است (شکل ۵-۱). همبستگی منفی V با W ، Ce ، Ba و K_2O و SiO_2 به علت عدم ژنر یکسان این عنصر با مجموعه فوق می‌باشد، یعنی V با مجموعه فوق که در آنالیز خوشه‌ای نیز نشان داده شد در یک خوشه قرار نگرفته و مربوط به سنگ بالادست متفاوت آن می‌باشد.

با استفاده از آنالیز خوشه‌ای و با مشاهده هر یک از خوشه‌ها میزان ارتباط پارامترهای مختلف با یکدیگر سنجیده و درباره منشا عناصر تحقیق صورت می‌گیرد. رایج‌ترین روش خوشه‌بندی، اتصال داده‌ها با بیشترین شباهت در همبستگی با هم است. در این روش، خوشه‌ها بر اساس میزان ارتباط و همبستگی پارامترها با یکدیگر، مرحله به مرحله به هم می‌پیوندند تا این‌که تمامی پارامترها را در بر گیرند. در پایان یک نمودار درخت مانند به وجود می‌آید و هر کدام از پارامترهایی که همبستگی بیشتری با هم دارند در شاخه‌های نزدیک به هم قرار می‌گیرند و با کمتر شدن ارتباط پارامترها با یکدیگر، شاخه‌ها نیز از هم فاصله می‌گیرند. در شکل ۵-۱ نمودار درختی برای عناصر مورد بحث در رسوبات منطقه مورد مطالعه آورده شده است.

همان‌طور که در شکل ۵-۱ ملاحظه می‌شود، این نمودار از ۳ خوشه اصلی تشکیل شده است. خوشه ۱، نشان‌دهنده یک سنگ گرانیته با تمایلات قلیایی و خاصیت کم رادیواکتیویته به دلایل زیر می‌باشد.

۱- به علت همبستگی SiO_2 با عناصر قلیایی، سنگ گرانیته (اسیدی) می‌باشد.

۲- به دلیل همبستگی بالای عناصر قلیایی و قلیایی خاکی با یکدیگر، سنگ گرانیته با تمایلات قلیایی تلقی می‌شود.

۳- به دلیل همبستگی Th و U با مجموعه فوق، خاصیت رادیواکتیویته نیز مورد انتظار است ولی چون این همبستگی بالا نبوده، پس خاصیت رادیواکتیویته سنگ پایین است.

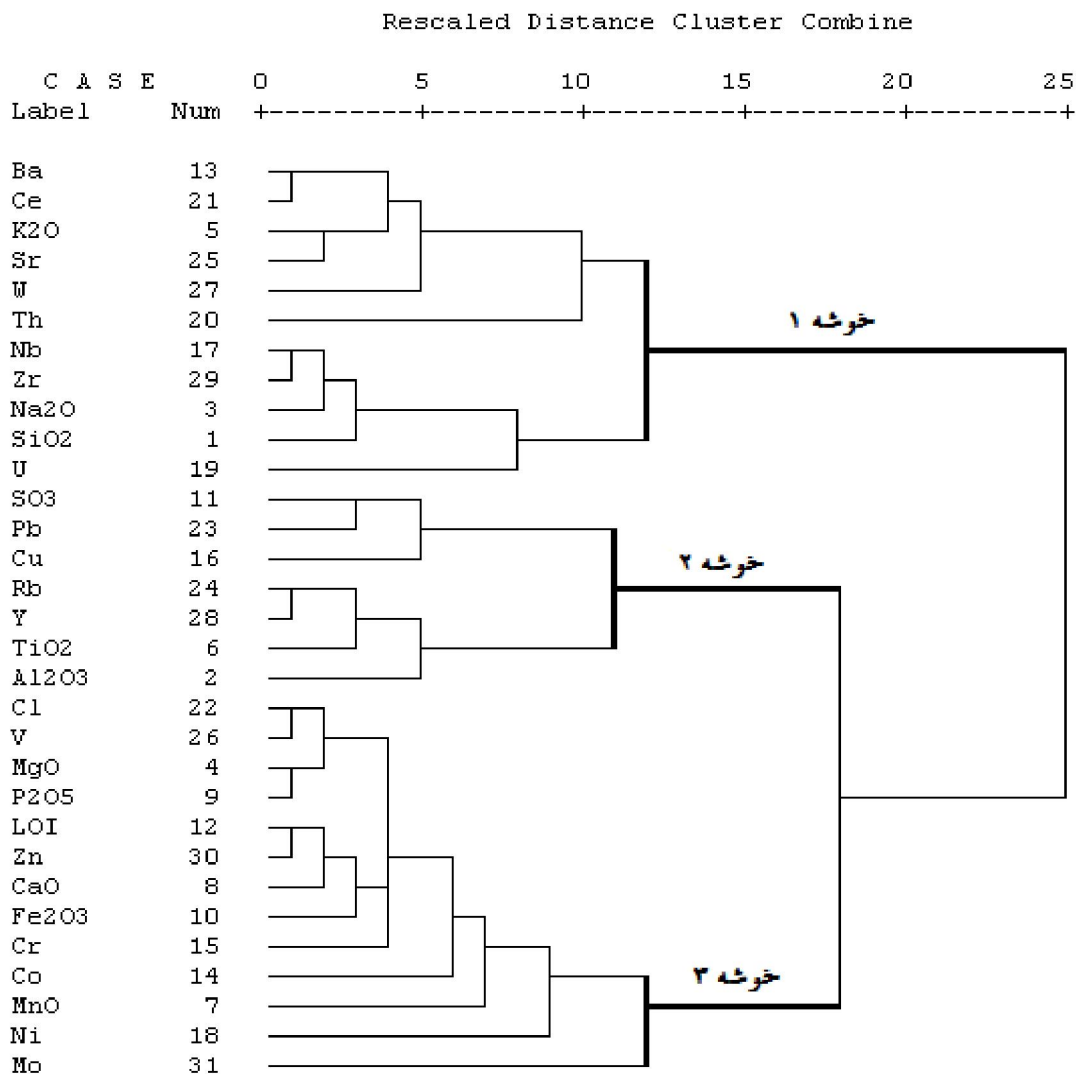
۴- وجود W در این خوشه و همبستگی آن با مجموعه عناصر قلیایی و قلیایی خاکی، نشان‌دهنده فرآیند گرایزنی شدن در منطقه می‌باشد.

خوشه ۲، مجموعه سولفورهای فلزاتی از قبیل سرب و مس می‌باشد که وجود کانی‌های کالکوپیریت و سولفورهای سرب در منطقه، موید این مطلب می‌باشد.

در خوشه ۳ با توجه به همبستگی بالای مجموعه MgO ، Fe_2O_3 ، Cr و V ، حضور یک سنگ مافیک، مورد انتظار است. Ni ، MnO ، Mo و Co ، همبستگی کمی با مجموعه فوق نشان داده‌اند، که می‌تواند نشان‌گر حد واسط بودن سنگ باشد. با این تفاسیر، سنگ بالادست مورد بررسی در این خوشه، سنگ حد واسط تا مافیک می‌باشد.

با توجه به همبستگی بالای P_2O_5 با این مجموعه، آپاتیتی شدن این سنگ‌ها بدیهی به نظر می‌رسد. عنصر Zn به علت جذب یونی با اکسید آهن، همبستگی بالایی با این مجموعه دارد.

Dendrogram using Average Linkage (Within Group)



شکل ۵-۱- نمودار درختی پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های رسوب

جدول ۵-۱- جدول مربوط به همبستگی پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های رسوب

Proximity Matrix

	Matrix File Input																														
Case	SiO2	Al2O3	Na2O	MgO	K2O	TiO2	MnO	CaO	P2O5	Fe2O3	SO3	LOI	Ba	Co	Cr	Cu	Nb	Ni	U	Th	Ce	Cl	Pb	Rb	Sr	V	W	Y	Zr	Zn	Mo
SiO2	1.000																														
Al2O3	.045	1.000																													
Na2O	.823	.464	1.000																												
MgO	-.863	.213	-.472	1.000																											
K2O	.883	-.056	.555	-.985	1.000																										
TiO2	-.394	.647	.116	.529	-.418	1.000																									
MnO	-.686	-.488	-.852	.277	-.332	.079	1.000																								
CaO	-.913	-.256	-.722	.831	-.889	.376	.642	1.000																							
P2O5	-.889	-.018	-.561	.963	-.980	.476	.435	.935	1.000																						
Fe2O3	-.920	-.347	-.975	.619	-.680	.092	.868	.828	.702	1.000																					
SO3	-.381	.092	-.008	.518	-.467	.684	.313	.518	.609	.200	1.000																				
LOI	-.951	-.047	-.735	.934	-.968	.298	.480	.906	.938	.824	.319	1.000																			
Ba	.597	-.228	.123	-.894	.884	-.559	.037	-.715	-.873	-.286	-.577	-.745	1.000																		
Co	-.749	-.261	-.917	.438	-.473	-.139	.763	.520	.456	.890	-.022	.652	-.013	1.000																	
Cr	-.657	-.463	-.565	.724	-.816	-.057	.359	.805	.827	.611	.378	.796	-.698	.426	1.000																
Cu	-.173	-.338	-.025	.150	-.180	.427	.403	.472	.360	.144	.784	.082	-.310	-.208	.297	1.000															
Nb	.801	.352	.893	-.633	.704	.204	-.595	-.681	-.658	-.873	.005	-.833	.322	-.896	-.740	.180	1.000														
Ni	-.199	.320	.087	.500	-.513	.129	-.508	.242	.373	-.053	-.206	.440	-.656	-.190	.339	-.317	-.160	1.000													
U	.527	.061	.485	-.285	.335	-.337	-.418	-.557	-.335	-.513	.080	-.435	.210	-.200	-.094	-.199	.202	-.280	1.000												
Th	.039	-.920	-.312	-.295	.174	-.428	.546	.201	-.035	.244	.179	-.114	.277	.127	.311	.598	-.120	-.580	.017	1.000											
Ce	.650	-.402	.142	-.930	.892	-.650	.036	-.680	-.861	-.314	-.531	-.769	.973	-.086	-.587	-.179	.335	-.667	.250	.453	1.000										
Cl	-.874	.176	-.498	.923	-.889	.660	.498	.841	.935	.672	.741	.841	-.773	.482	.623	.383	-.548	.153	-.254	-.121	-.811	1.000									
Pb	-.055	.233	.259	.136	-.051	.723	.200	.163	.212	-.086	.881	-.091	-.229	-.259	-.090	.765	.398	-.439	.095	.142	-.215	.441	1.000								
Rb	.214	.772	.609	-.034	.172	.800	-.330	-.235	-.129	-.464	.375	-.311	-.117	-.563	-.584	.232	.717	-.011	-.079	-.500	-.213	.098	.664	1.000							
Sr	.787	.134	.629	-.863	.917	-.035	-.264	-.771	-.851	-.675	-.164	-.933	.734	-.573	-.881	.080	.855	-.588	.213	.108	.721	-.675	.305	.507	1.000						
V	-.871	.310	-.454	.911	-.864	.772	.444	.819	.896	.636	.668	.822	-.772	.411	.494	.342	-.455	.245	-.424	-.258	-.840	.969	.425	.243	-.613	1.000					
W	.794	-.382	.365	-.827	.785	-.825	-.333	-.767	-.798	-.539	-.524	-.747	.746	-.249	-.351	-.316	.303	-.385	.641	.352	.825	-.841	-.353	-.368	.512	-.945	1.000				
Y	-.006	.752	.503	.256	-.128	.916	-.279	.031	.173	-.315	.563	-.044	-.425	-.499	-.297	.351	.548	.162	-.133	-.507	-.499	.354	.714	.947	.234	.479	-.575	1.000			
Zr	.922	.244	.888	-.787	.844	-.035	-.622	-.829	-.813	-.918	-.162	-.942	.504	-.845	-.782	.034	.966	-.245	.348	-.050	.525	-.717	.243	.551	.904	-.657	.534	.336	1.000		
Zn	-.970	-.203	-.842	.863	-.908	.227	.663	.926	.913	.918	.371	.969	-.622	.764	.808	.175	-.885	.217	-.398	.081	-.632	.844	-.026	-.398	-.879	.791	-.671	-.153	-.971	1.000	
Mo	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.000

۵-۳- بررسی‌های کیفی و مطالعات آماری نمونه‌ها

میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات آبراهه‌هایی که از دو چشمه خارج می‌شوند و غلظت زمینه این فلزات در جدول ۵-۲ آورده شده است.

جدول ۵-۲- غلظت زمینه و میانگین غلظت عناصر اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های رسوب

عناصر	حد اقل	حداکثر	میان	میانگین	زمینه
Ba	۱۴۸۸	۳۱۹۱	۱۸۹۵	۲۲۰۶	۱۷۶۴
Co	۱۱۲	۱۹۸	۱۷۴	۱۶۷/۲	۱۵۲/۲۵
Cr	۳	۸۲	۱۹	۲۶/۳	۱۸/۲۵
Cu	۹۶	۲۴۸	۱۵۵	۱۵۸/۷	۱۱۳/۷
Nb	۱۵۰	۲۵۴	۲۱۵	۲۰۸/۸	۱۶۴
Ni	۰	۵۶	۱۷	۲۲/۲	۳۸/۵
U	۰	۱۳	۵	۴/۸	۵
Th	۱۵	۲۲	۱۹/۵	۱۹/۲	۱۸/۷
Ce	۱۸۱	۳۵۷	۲۲۷	۲۵۳/۳	۲۰۹
Cl	۱۲۹۰	۱۷۶۷	۱۵۵۹/۵	۱۵۴۲/۷	۱۳۲۹/۳
Pb	۴۱	۹۰۹	۷۵/۵	۱۹۶	۵۳/۴
Rb	۵۶۶	۷۵۱	۶۷۰/۵	۶۶۴/۵	۶۶۷/۵
Sr	۷۶۳	۱۱۹۳	۱۰۸۸/۵	۱۰۲۴/۸	۱۱۲۳/۵
V	۳۵۳	۵۶۷	۴۴۱	۴۴۹/۲	۳۶۴/۷
W	۰	۲۰۰	۱۰۱	۹۸/۳	۱۳۲
Y	۷۷	۹۱	۸۲/۵	۸۲/۸	۸۲/۸۴
Zr	۵۹۷	۱۱۸۲	۱۰۲۹/۵	۹۳۲/۳	۱۰۷۲
Zn	۱۶۳	۴۶۲	۲۵۵/۵	۲۹۲/۲	۲۲۲/۷۵

۵-۳-۱- ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی

ضریب آلودگی از تقسیم کردن غلظت عنصر در نمونه برداشته شده به غلظت همان عنصر در نمونه زمینه بدست می‌آید (رابطه ۵-۲) و بیانگر میزان آلودگی رسوبات به عناصر سنگین می‌باشد (مر و همکاران، ۱۳۸۸).

$$CF = \frac{C_s}{C_b} \quad (2-5)$$

که در آن، CF: ضریب آلودگی، n: تعداد فلزات، C_s : غلظت عنصر در نمونه و C_b : غلظت عنصر در نمونه زمینه است. اگر CF بزرگتر از ۱ باشد نشان‌دهنده وجود آلودگی در رسوبات است و اگر کمتر از ۱ باشد به این معنی است که آلودگی عنصری وجود ندارد.

ضریب بار آلودگی نیز از رابطه زیر (۳-۵) محاسبه می‌شود:

$$PLI = \sqrt[n]{CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \dots \times CF_n} \quad (3-5)$$

که در آن، CF_1 : ضریب آلودگی عنصر اول، CF_2 : ضریب آلودگی عنصر دوم، CF_3 : ضریب آلودگی عنصر سوم، CF_n : ضریب آلودگی عنصر nام و PLI ضریب بار آلودگی می‌باشد. اگر PLI بزرگتر از ۱ باشد نشان‌دهنده وجود آلودگی در رسوبات است و اگر کمتر از ۱ باشد به این معنی است که آلودگی عنصری وجود ندارد.

برای رسوبات آبراهه‌های محدوده معدن فیروزه ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۳-۵ آورده شده است.

غلظت زمینه جدول ۳-۵ از میانگین غلظت زمینه نمونه‌های برداشت شده و غلظت زمینه محدوده معدن بدست آمده است. همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود ضریب آلودگی در فصل خشک برای عناصر کروم (۱/۹۹) و اورانیوم (۱/۵۳) بالا می‌باشد. در فصل بارندگی برای عنصر سرب (۶/۵۲) و برای مس (۱/۵۵) عدد بالایی را نشان می‌دهد که نشان‌گر وجود آلودگی است. ضریب بار آلودگی نیز برای عناصر سرب (۲/۳۱)، مس (۱/۳۹)، کروم (۱/۳۳) و روی (۱/۳۱) نیز آلوده ارزیابی شد.

جدول ۵-۳- نتایج مربوط به محاسبه ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی برای نمونه‌های رسوب

نام عنصر	میانگین غلظت نمونه‌ها		غلظت زمینه	CF		PLI
	در فصل خشک	در فصل بارندگی		در فصل خشک	در فصل بارندگی	
Ba	۲۱۳۵/۳۳	۲۲۷۶/۶۷	۱۷۶۴	۱/۲۱	۱/۲۹	۱/۲۵
Co	۱۶۲/۶۷	۱۷۱/۶۷	۱۵۲/۲۵	۱/۰۷	۱/۱۳	۱/۱
Cr	۳۶/۳۳	۱۶/۳۳	۱۸/۲۵	۱/۹۹	۰/۸۹	۱/۳۳
Cu	۱۴۱/۶۷	۱۷۵/۶۷	۱۱۳/۷	۱/۲۵	۱/۵۵	۱/۳۹
Nb	۲۰۳/۳۳	۲۱۴/۳۳	۱۶۴	۱/۲۴	۱/۳۱	۱/۲۷
Ni	۳۰	۱۴/۳۳	۳۸/۵	۰/۷۸	۰/۳۷	۰/۵۴
U	۷/۶۷	۲	۵	۱/۵۳	۰/۴	۰/۷۸
Th	۱۹/۳۳	۱۹	۱۸/۷	۱/۰۴	۱/۰۲	۱/۰۳
Ce	۲۵۳/۶۷	۲۵۳	۲۰۹	۱/۲۱	۱/۲۱	۱/۲۱
Cl	۱۴۸۲	۱۶۰۳/۳۳	۱۳۲۹/۳	۱/۱۱	۱/۲۱	۱/۱۶
Pb	۴۳/۶۷	۳۴۸/۳۳	۵۳/۴	۰/۸۲	۶/۵۲	۲/۳۱
Rb	۶۳۱/۶۷	۶۹۷/۳۳	۶۶۷/۵	۰/۹۵	۱/۰۴	۰/۹۹
Sr	۹۸۰	۱۰۶۹/۶۷	۱۱۲۳/۵	۰/۸۷	۰/۹۵	۰/۹۱
V	۴۱۱/۶۷	۴۸۲/۶۷	۳۶۴/۷	۱/۱۳	۱/۳۳	۱/۲۳
W	۱۳۴	۶۲/۶۷	۱۳۲	۱/۰۲	۰/۴۷	۰/۶۹
Y	۸۰/۳۳	۸۵/۳۳	۸۲/۸۴	۰/۹۷	۱/۰۳	۱
Zr	۹۳۱	۹۳۳/۶۷	۱۰۷۲	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷
Zn	۲۸۰/۶۷	۳۰۳/۶۷	۲۲۲/۷۵	۱/۲۶	۱/۳۶	۱/۳۱

۵-۳-۲- ضریب غنی‌شدگی و ضریب زمین‌انباشت

برای ارزیابی تاثیرات انسان‌زاد احتمالی، از ضریب غنی‌شدگی فلزات استفاده شد. ضریب غنی‌شدگی بیان‌گر شدت تاثیر عوامل خارجی (معمولاً انسان‌زاد) بر رسوبات می‌باشد (Pekey, 2006 and Zhang, 2009) و از رابطه ۴-۵ محاسبه می‌شود:

$$EF = \frac{\left(\frac{X}{Re}\right)_{Sample}}{\left(\frac{X}{Re}\right)_{Background}} \quad (4-5)$$

که در آن، Re عنصر مرجع و X عنصر مورد نظر می‌باشد. در این پژوهش با توجه به برخی از مطالعات پیشین و تا حدودی یکسان بودن شرایط زمین‌شناسی از Fe به عنوان عنصر مرجع استفاده شد (مر و همکاران، ۱۳۸۸، Zhang, 2009).

مقادیر فاکتور غنی‌شدگی به صورت جدول ۴-۵ طبقه‌بندی می‌شوند (Taylor, 1964). نتایج مربوط به آن در جدول ۵-۵ آورده شده است.

جدول ۴-۵- دسته‌بندی ضریب غنی‌شدگی (Taylor, 1964)

EF	وضعیت غنی‌شدگی
<۱	فاقد غنی‌شدگی
۱-۳	غنی‌شدگی کم
۳-۵	غنی‌شدگی متوسط
۵-۱۰	غنی‌شدگی متوسط تا شدید
۱۰-۲۵	غنی‌شدگی شدید
۲۵-۵۰	غنی‌شدگی خیلی شدید
۵۰<	غنی‌شدگی بی‌نهایت شدید

همان‌طور که در جدول ۵-۵ ملاحظه می‌شود، عنصر سرب در فصل بارندگی غنی‌شدگی متوسط تا شدید دارد و بقیه عناصر غنی‌شدگی کم و یا فاقد غنی‌شدگی می‌باشند.

جدول ۵-۵- محاسبات مربوط به ضریب غنی‌شدگی نمونه‌های رسوب

نام عنصر	در فصل خشک		در فصل بارندگی	
	EF	طبقه بندی فاکتور	EF	طبقه بندی فاکتور
Ba	۱/۲۸	غنی‌شدگی کم	۱/۲۲	غنی‌شدگی کم
Co	۱/۰۸	غنی‌شدگی کم	۱/۰۵	غنی‌شدگی کم
Cr	۱/۸۲	غنی‌شدگی کم	۰/۸۳	فاقد غنی‌شدگی
Cu	۱/۲۷	غنی‌شدگی کم	۱/۴۸	غنی‌شدگی کم
Nb	۱/۳۴	غنی‌شدگی کم	۱/۲۴	غنی‌شدگی کم
Ni	۰/۸۵	فاقد غنی‌شدگی	۰/۳۲	فاقد غنی‌شدگی
U	۱/۶۳	غنی‌شدگی کم	۰/۴	فاقد غنی‌شدگی
Th	۱/۰۶	غنی‌شدگی کم	۰/۹۶	فاقد غنی‌شدگی
Ce	۱/۲۸	غنی‌شدگی کم	۱/۱۴	غنی‌شدگی کم
Cl	۱/۱۴	غنی‌شدگی کم	۱/۱۳	غنی‌شدگی کم
Pb	۰/۸۵	فاقد غنی‌شدگی	۶/۴۶	غنی‌شدگی متوسط تا شدید
Rb	۱/۰۰	غنی‌شدگی کم	۰/۹۸	فاقد غنی‌شدگی
Sr	۰/۹۳	فاقد غنی‌شدگی	۰/۹۰	فاقد غنی‌شدگی
V	۱/۱۵	غنی‌شدگی کم	۱/۲۵	غنی‌شدگی کم
W	۱/۰۹	غنی‌شدگی کم	۰/۴۶	فاقد غنی‌شدگی
Y	۱/۰۲	غنی‌شدگی کم	۰/۹۷	غنی‌شدگی کم
Zr	۰/۹۴	فاقد غنی‌شدگی	۰/۸۳	فاقد غنی‌شدگی
Zn	۱/۲۲	غنی‌شدگی کم	۱/۲۷	غنی‌شدگی کم

علاوه بر ضریب غنی‌شدگی، ضریب زمین‌انباشت (I_{geo}) یا اندیس مولر نیز برای ارزیابی تجمع عناصر در رسوبات آبراهه‌های مورد مطالعه قرار گرفت (رابطه ۵-۵).

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_x}{1.5B_x} \right) \quad (5-5)$$

که در آن، C_x غلظت اندازه‌گیری شده عنصر در نمونه و B_x غلظت همان عنصر در نمونه زمینه است، ضریب ۱/۵ نیز برای حذف تغییرات احتمالی زمینه به علت تاثیرات زمین‌شناختی اعمال می‌شود (مر و همکاران، ۱۳۸۸). ضریب مولر دارای ۷ گروه (Class) است که بر اساس مقادیر آن، رسوبات از غیرآلوده تا به شدت آلوده طبقه‌بندی می‌شوند که در جدول ۵-۶ آورده شده است. و نتایج مربوط به محاسبات این ضریب در جدول ۷-۵ آورده شده است.

جدول ۵-۶- هفت گروه ضریب مولر

I_{geo}	کیفیت خاک
<۰	غیر آلوده
۱-۰	غیر آلوده تا کمی آلوده
۲-۱	کمی آلوده
۳-۲	کمی آلوده تا خیلی آلوده
۴-۳	خیلی آلوده
۵-۴	خیلی آلوده تا خیلی زیاد آلوده
۶-۵	خیلی زیاد آلوده

همان‌طور که در جدول ۷-۵ ملاحظه می‌شود، در فصل خشک عناصر کروم و اورانیوم در محدوده غیرآلوده تا کمی آلوده قرار دارند و در فصل بارندگی عنصر مس در محدوده غیرآلوده تا کمی آلوده و عنصر سرب در محدوده کمی آلوده تا خیلی آلوده قرار دارند.

جدول ۵-۷- نتایج مربوط به محاسبات ضریب زمین‌انباشت نمونه‌های رسوب

نام عنصر	در فصل خشک		در فصل بارندگی	
	Igeo	شدت آلودگی منطقه	Igeo	شدت آلودگی منطقه
Ba	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
Co	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
Cr	۰/۴۱	غیر آلوده تا کمی آلوده	<۰	غیر آلوده
Cu	<۰	غیر آلوده	۰/۰۴	غیر آلوده تا کمی آلوده
Nb	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
Ni	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
U	۰/۰۳	غیر آلوده تا کمی آلوده	<۰	غیر آلوده
Th	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
Ce	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
Cl	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
Pb	<۰	غیر آلوده	۲/۱۲	کمی آلوده تا خیلی آلوده
Rb	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
Sr	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
V	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
W	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
Y	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
Zr	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده
Zn	<۰	غیر آلوده	<۰	غیر آلوده



فصل ششم

تفسیر داده‌های آب



این فصل شامل بخش‌های زیر است:

بررسی همبستگی پارامترها در نمونه‌های آب

بررسی ویژگی‌های تیپ و رخساره‌ای

بررسی کیفی و مطالعات آماری نمونه‌ها

مقایسه غلظت پارامترها در فصل تر و خشک

تعادل جرمی

۱-۶- بررسی همبستگی پارامترها در نمونه‌های آب

ضرایب همبستگی، میزان ارتباط بین دو متغیر را بیان می‌کند. برای مقادیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و غلظت عناصر مربوط به جداول ۱-۴ و ۲-۴ منطقه مورد مطالعه نیز همبستگی بین عناصر تعیین و نتایج آن در جدول ۱-۶ آورده شده است. همچنین به منظور تدوین مناطق همگن از نظر غلظت عناصر سنگین (درجه آلودگی)، از آنالیز خوشه‌ای به روش ارتباط متوسط بین گروه استفاده شد که در شکل ۱-۶ ملاحظه می‌شود.

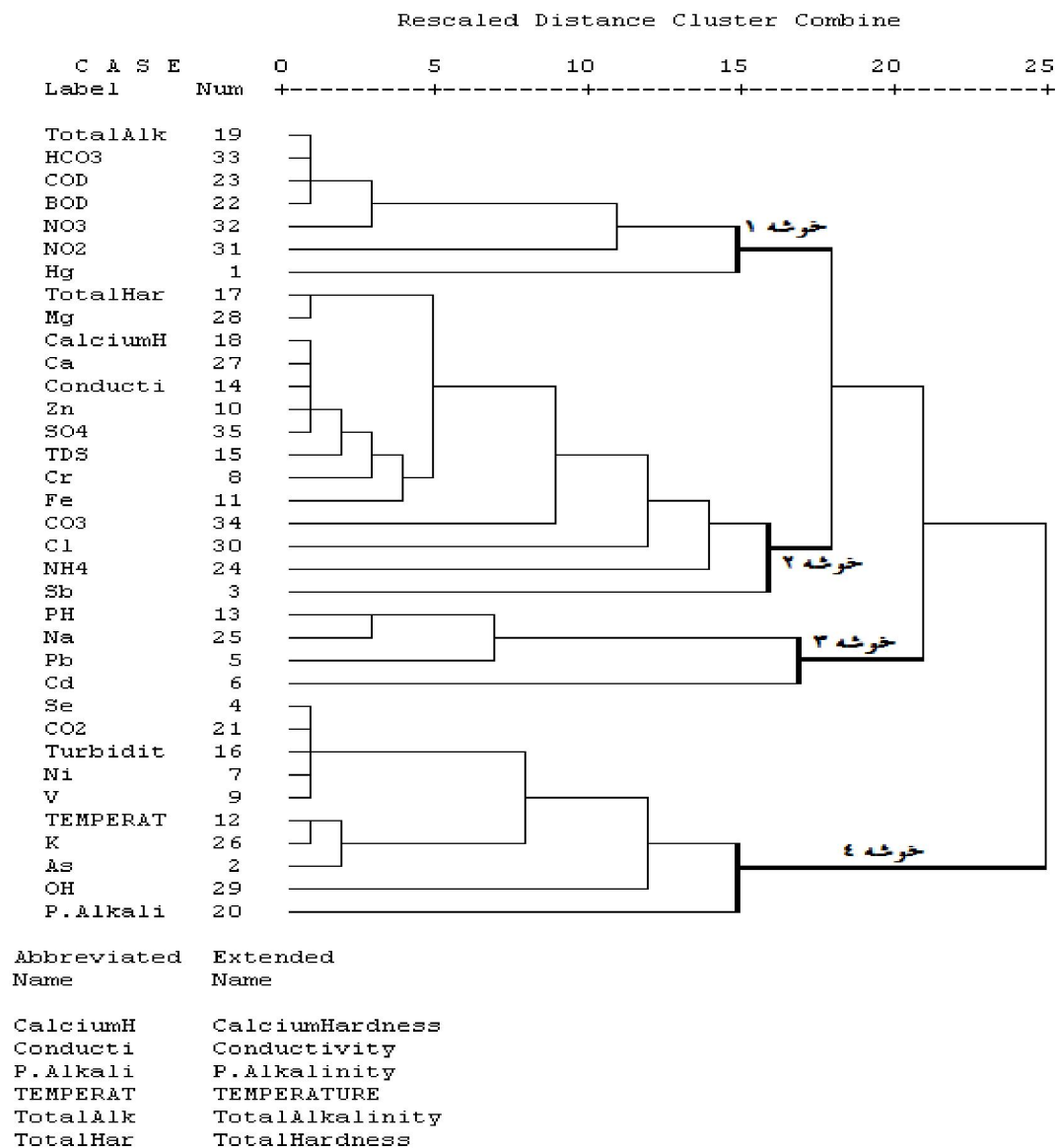
همان‌طور که در شکل ۱-۶ ملاحظه می‌شود، این نمودار از ۴ خوشه تشکیل شده است. در خوشه ۱، همبستگی بالای قلیایی کل، HCO_3 ، COD و BOD بدیهی به نظر می‌رسد، چون نشان‌دهنده یک محیط اکسیدان و قلیایی است که در آن HCO_3 نیز وجود دارد.

در خوشه ۲، همبستگی بالای سختی کل و Mg نشان‌دهنده این است که علت اصلی سختی کل در منطقه Mg است. همبستگی بالای رسانندگی آب با Zn و SO_4 و همچنین میزان سختی کلسیم نشان می‌دهد که این رسانندگی در ارتباط مستقیم با میزان غلظت کلسیم و سولفات‌های موجود در آب است. همچنین همبستگی این مجموعه با Fe، Cr و TDS، می‌تواند بیان‌گر نقش این ۳ پارامتر در میزان رسانندگی باشد.

در خوشه ۳، ملاحظه می‌شود که pH تا حدی متأثر از میزان Na، (که معرف عناصر قلیایی است) می‌باشد.

و در خوشه ۴، با توجه به همبستگی بالای میزان کدوری آب با CO_2 ، Ni، V و Se، می‌توان گفت که کدوری آب به دو علت است که یکی از آن‌ها وجود CO_2 و دیگری وجود ذرات معلق Ni، Se و V می‌باشد.

Dendrogram using Average Linkage (Within Group)



شکل ۶-۱- نمودار درختی پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب

جدول ۶-۱- جدول مربوط به همبستگی پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب

Case	Proximity Matrix																																			
	Matrix File Input																																			
	Hg	As	Sb	Se	Pb	Cd	Ni	Cr	V	Zn	Fe	TEMPERATURE	PH	Conductivity	TDS	Turbidity	Total Hardness	Calcium Hardness	TotalAlkalinity	P.Alkalinity	CO2	BOD	COD	NH4	Na	K	Ca	Mg	OH	Cl	NO2	NO3	HCO3	CO3	SO4	
Hg	1.000																																			
As	.000	1.000																																		
Sb	.000	.000	1.000																																	
Se	.000	.454	.000	1.000																																
Pb	.000	.467	.000	-.525	1.000																															
Cd	.000	.000	.000	.000	.000	1.000																														
Ni	.000	.633	.000	.974	-.318	.000	1.000																													
Cr	.000	-.717	.000	-.662	-.206	.000	-.789	1.000																												
V	.000	.522	.000	.984	-.402	.000	.989	-.782	1.000																											
Zn	.000	-.854	.000	-.134	-.770	.000	-.354	.760	-.274	1.000																										
Fe	.000	-.943	.000	-.135	-.698	.000	-.339	.523	-.208	.877	1.000																									
TEMPERATURE	.000	.880	.000	.423	.538	.000	.613	-.919	.555	-.951	-.798	1.000																								
PH	.000	-.459	.000	-.998	.540	.000	-.968	.623	-.972	.109	.144	-.394	1.000																							
Conductivity	.000	-.801	.000	-.283	-.634	.000	-.482	.887	-.434	.968	.756	-.983	.246	1.000																						
TDS	.000	-.555	.000	-.270	-.503	.000	-.430	.893	-.435	.831	.477	-.883	.215	.935	1.000																					
Turbidity	.000	.424	.000	.992	-.583	.000	.950	-.569	.954	-.052	-.110	.337	-.998	-.184	-.149	1.000																				
TotalHardness	.000	-.489	.000	.310	-.922	.000	.103	.497	.148	.865	.628	-.716	-.349	.822	.787	.409	1.000																			
CalciumHardness	.000	-.773	.000	-.233	-.665	.000	-.434	.867	-.388	.968	.743	-.971	.194	.998	.942	-.131	.851	1.000																		
TotalAlkalinity	.000	.070	.000	-.409	.171	.000	-.403	.644	-.512	.177	-.272	-.361	.345	.411	.691	-.305	.219	.417	1.000																	
P.Alkalinity	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.000																
CO2	.000	.497	.000	.998	-.494	.000	.981	-.668	.983	-.166	-.184	.447	-.998	-.304	-.271	.992	.293	-.252	-.370	.000	1.000															
BOD	.000	-.274	.000	-.527	-.020	.000	-.587	.864	-.653	.475	.068	-.655	.467	.681	.887	-.415	.402	.678	.940	.000	-.505	1.000														
COD	.000	-.103	.000	-.612	.236	.000	-.612	.763	-.704	.242	-.149	-.471	.555	.479	.707	-.516	.158	.471	.970	.000	-.580	.966	1.000													
NH4	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.000													
Na	.000	-.101	.000	-.866	.833	.000	-.744	.198	-.766	-.341	-.190	.067	.388	-.226	-.240	-.916	-.741	-.279	.121	.000	-.859	.123	.304	.000	1.000											
K	.000	.905	.000	.453	.516	.000	.641	-.915	.577	-.944	-.817	.998	-.427	-.971	-.856	.373	-.683	-.956	-.327	.000	.479	-.629	-.448	.000	.026	1.000										
Ca	.000	-.773	.000	-.233	-.665	.000	-.434	.867	-.388	.968	.743	-.971	.194	.998	.942	-.131	.851	1.000	.417	.000	-.252	.678	.471	.000	-.279	-.956	1.000									
Mg	.000	-.388	.000	.444	-.945	.000	.246	.369	.288	.792	.564	-.609	-.481	.731	.704	.537	.989	.766	.153	.000	.428	.305	.063	.000	-.830	-.573	.766	1.000								
OH	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.000							
Cl	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.000						
NO2	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.000					
NO3	.000	-.091	.000	-.012	-.381	.000	-.109	.636	-.174	.521	.048	-.551	-.056	.665	.877	.116	.696	.692	.840	.000	.010	.855	.752	.000	-.397	-.503	.692	.661	.000	.000	.000	1.000				
HCO3	.000	.070	.000	-.409	.171	.000	-.403	.644	-.512	.177	-.272	-.361	.345	.411	.691	-.305	.219	.417	1.000	.000	-.370	.940	.970	.000	.121	-.327	.417	.153	.000	.000	.000	.840	1.000			
CO3	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.000		
SO4	.000	-.707	.000	.102	-.887	.000	-.121	.634	-.051	.967	.798	-.858	-.133	.919	.818	.192	.963	.934	.168	.000	.075	.422	.172	.000	-.564	-.839	.934	.921	.000	.000	.000	.600	.168	.000	1.000	

مطابق جدول ۱-۶، As با Ni (+۰.۶۳۳)، درجه حرارت (+۰.۸۸) و K (+۰.۹۰۵) همبستگی مثبت نشان می‌دهد. بطور کلی غلظت این عنصر در آب زیرزمینی با طی کردن مسیر افزایش می‌یابد (Freez and Cherry, 1979). همچنین As با Cr (-۰.۷۱۷)، Zn (-۰.۸۵۴) و Fe (-۰.۹۴۳) همبستگی منفی نشان می‌دهد.

Se با Ni (+۰.۹۷۴)، V (+۰.۹۸۴)، با تیرگی یا Turbidity (+۰.۹۹۲) و با CO₂ (+۰.۹۹۸) همبستگی مثبت نشان می‌دهد. این عنصر نیز با پارامترهایی مثل pH (-۰.۹۹۸) همبستگی منفی دارد که این امر افزایش تحرک این عنصر را در شرایط اسیدی نشان می‌دهد و با Na⁺ (-۰.۸۶۶) همبستگی منفی دارد.

Pb با Na⁺ (+۰.۸۳۳) همبستگی مثبت و با SO₄²⁻ (-۰.۸۷۷)، Mg²⁺ (-۰.۹۴۵) و با سختی کل (-۰.۹۲۲) همبستگی منفی نشان می‌دهد که این امر نشانگر این است که با افزایش غلظت این پارامترها از غلظت عنصر سرب کاسته می‌شود.

Ni با Se (+۰.۹۷۴)، V (+۰.۹۸۹)، تیرگی (+۰.۹۵) و CO₂ (+۰.۹۸۱) همبستگی مثبت و با Na (-۰.۷۴۴)، pH (-۰.۹۶۸) و Cr (-۰.۷۸۹) همبستگی منفی نشان می‌دهد.

Cr با Zn (+۰.۷۶)، هدایت الکتریکی (+۰.۸۸۷)، TDS (+۰.۸۹۳)، سختی کلسیم (+۰.۸۶۷) و Ca²⁺ (+۰.۸۶۷) همبستگی مثبت و با As (-۰.۷۱۷)، Ni (-۰.۷۸۹)، V (-۰.۷۸۲)، درجه حرارت (-۰.۹۱۹) و K⁺ (-۰.۹۱۵) همبستگی منفی دارد.

V با Se (+۰.۹۸۴)، Ni (+۰.۹۸۹)، تیرگی (+۰.۹۵۴) و CO₂ (+۰.۹۸۳) همبستگی مثبت دارد و با Cr (-۰.۷۸۲)، pH (-۰.۹۷۲) و Na⁺ (-۰.۷۶۶) همبستگی منفی دارد.

Zn با Cr (+۰.۷۶)، Fe (+۰.۸۷۷)، هدایت الکتریکی (+۰.۹۸۶)، TDS (+۰.۸۳۱)، سختی کلسیم (+۰.۹۶۸)، سختی کل (+۰.۹۶۵)، Ca^{2+} (+۰.۹۶۸)، Mg^{2+} (+۰.۷۹۲) و SO_4^{2-} (+۰.۹۶۷) همبستگی مثبت نشان می‌دهد و با As (-۰.۸۵۴)، Pb (-۰.۷۷)، درجه حرارت (-۰.۹۵۱) و K^+ (-۰.۹۴۴) همبستگی منفی نشان می‌دهد. میزان غلظت روی با افزایش رسانندگی آب و ذرات جامد محلول در آب و سختی کل و سختی کلسیم افزایش و با افزایش درجه حرارت آب کاهش می‌یابد.

Zn با Fe (+۰.۸۷۷)، هدایت الکتریکی (+۰.۷۵۶)، سختی کلسیم (+۰.۷۴۳)، Ca^{2+} (+۰.۷۴۳) و SO_4^{2-} (+۰.۷۹۸) همبستگی مثبت و با As (-۰.۹۴۳)، درجه حرارت (-۰.۷۹۸) و K^+ (-۰.۸۱۷) همبستگی منفی دارد.

درجه حرارت با As (+۰.۸۸) و K^+ (+۰.۹۹۸) همبستگی مثبت نشان می‌دهد و با افزایش دما غلظت آرسنیک و یون پتاسیم افزایش می‌یابد و با Cr (-۰.۹۱۹)، Zn (-۰.۹۵۱)، Fe (-۰.۷۹۸)، هدایت الکتریکی (-۰.۹۸۳)، TDS (-۰.۸۸۳)، سختی کلسیم (-۰.۹۷۱)، سختی کل (-۰.۷۱۶)، Ca^{2+} (-۰.۹۷۱) و SO_4^{2-} (-۰.۸۵۸) همبستگی منفی نشان می‌دهد.

pH در منطقه مورد مطالعه عموماً با پارامترهای مورد بحث همبستگی منفی نشان می‌دهد به گونه‌ای که افزایش غلظت املاح به ویژه آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی با کاهش pH همراه است، علاوه بر آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی کاهش pH با افزایش غلظت بسیاری از عناصر دیگر نیز همراه است. از جمله آن‌ها می‌توان به همبستگی منفی pH با Se (-۰.۹۹۸)، Ni (-۰.۹۶۸)، V (-۰.۹۷۲)، تیرگی (-۰.۹۹۸) و CO_2 (-۰.۹۹۸) اشاره کرد. pH با Na^+ (+۰.۸۸۸) همبستگی مثبت دارد.

هدایت الکتریکی با Cr (+۰.۸۸۷)، Zn (+۰.۹۶۸)، Fe (+۰.۷۵۶)، TDS (+۰.۹۳۵)، سختی کلسیم (+۰.۹۹۸)، سختی کل (+۰.۸۲۲)، Ca^{2+} (+۰.۹۹۸)، Mg^{2+} (+۰.۷۳۱) و SO_4^{2-} (+۰.۹۱۹) همبستگی مثبت دارد و با As (-۰.۸۰۱)، درجه حرارت (-۰.۹۸۳) و K^+ (-۰.۹۷۱) همبستگی منفی دارد. همانطور که ملاحظه می‌شود رسانندگی الکتریکی با عناصر فلزی و میزان ذرات محلول در آب و

سختی کل و کلسیم رابطه مستقیم دارد و با افزایش آن‌ها، افزایش می‌یابد و هر چه درجه حرارت افزایش یابد میزان آن کاهش می‌یابد.

TDS با Cr (+۰.۸۹۳)، Zn (+۰.۸۳۱)، هدایت الکتریکی (+۰.۹۳۵)، سختی کل (+۰.۷۸۷)، سختی کلسیم (+۰.۹۴۲)، Ca^{2+} (+۰.۹۴۲)، Mg^{2+} (+۰.۷۰۴)، NO_3^- (+۰.۸۷۷) و SO_4^{2-} (+۰.۸۱۸) همبستگی مثبت دارد و با درجه حرارت (-۰.۸۸۳) همبستگی منفی دارد و با کاهش درجه حرارت میزان ذرات محلول در آب افزایش می‌یابد.

تیرگی با Se (+۰.۹۹۲)، Ni (+۰.۹۵)، V (+۰.۹۵۴) و CO_2 (+۰.۹۹۲) همبستگی مثبت دارد. در واقع با افزایش این عناصر میزان تیرگی و کدوری آب افزایش می‌یابد. این پارامتر با pH (-۰.۹۹۸) و Na^+ (-۰.۹۱۶) همبستگی منفی دارد یعنی هر چه میزان pH افزایش یابد میزان تیرگی آب کاهش می‌یابد و با هم نسبت معکوس دارند.

سختی کل نیز پارامتری است که با توجه به مقدار کلسیم و منیزیم محاسبه می‌شود. عناصری که افزایش آن‌ها همراه با افزایش کلسیم و منیزیم باشد با سختی کل نیز همبستگی مثبت دارد مثلاً با Zn (+۰.۸۶۵)، Fe (+۰.۶۲۸)، هدایت الکتریکی (+۰.۸۲۲)، TDS (+۰.۷۸۷)، سختی کلسیم (+۰.۸۵۱)، Ca^{2+} (+۰.۸۵۱)، Mg^{2+} (+۰.۹۸۹) و SO_4^{2-} (+۰.۹۶۳) همبستگی مثبت و با Pb (-۰.۹۲۲)، درجه حرارت (-۰.۷۱۶)، Na^+ (-۰.۷۴۱) و K^+ (-۰.۶۸۳) همبستگی منفی نشان می‌دهد.

سختی کلسیم با Cr (+۰.۸۶۷)، Zn (+۰.۹۶۸)، Fe (+۰.۷۴۳)، هدایت الکتریکی (+۰.۹۹۸)، TDS (+۰.۹۴۲)، سختی کل (+۰.۸۵۱)، Ca^{2+} (+۱)، Mg^{2+} (+۰.۷۶۶) و SO_4^{2-} (+۰.۹۳۴) همبستگی مثبت دارد و با As (-۰.۷۷۳)، درجه حرارت (-۰.۹۷۱) و K^+ (-۰.۹۵۶) همبستگی منفی دارد.

CO₂ با Se (+۰.۹۹۸)، Ni (+۰.۹۸۱)، V (+۰.۹۸۳) و تیرگی (+۰.۹۹۲) همبستگی مثبت نشان می‌دهد و با Cr (-۰.۶۶۸)، pH (-۰.۹۹۸) و Na⁺ (-۰.۸۵۹) همبستگی منفی دارد.

Na⁺ با Pb (+۰.۸۳۳) و pH (+۰.۸۸۸) همبستگی مثبت و با Se (-۰.۸۶۶)، Ni (-۰.۷۴۴)، V (-۰.۷۶۶)، تیرگی (-۰.۹۱۶)، CO₂ (-۰.۸۵۹) و Mg²⁺ (-۰.۸۳) همبستگی منفی دارد. در محیط‌های بازی و هر جا که محیط بازی‌تر باشد غلظت یون سدیم نیز افزایش می‌یابد.

K⁺ با As (+۰.۹۰۵)، Ni (+۰.۶۴۱) و درجه حرارت (+۰.۹۹۸) همبستگی مثبت و با Cr (-۰.۹۱۵)، Zn (-۰.۹۴۴)، Fe (-۰.۸۱۷)، هدایت الکتریکی (-۰.۹۷۱)، TDS (-۰.۸۵۶)، سختی کل (-۰.۶۸۳)، سختی کلسیم (-۰.۹۵۶)، Ca²⁺ (-۰.۹۵۶) و SO₄²⁻ (-۰.۸۳۹) همبستگی منفی نشان می‌دهد.

Ca²⁺ با Cr (+۰.۸۶۷)، Zn (+۰.۹۶۸)، Fe (+۰.۷۴۳)، هدایت الکتریکی (+۰.۹۹۸)، TDS (+۰.۹۴۲)، سختی کل (+۰.۸۵۱)، سختی کلسیم (+۱)، Mg²⁺ (+۰.۷۶۶)، SO₄²⁻ (+۰.۹۳۴) و NO₃⁻ (+۰.۶۹۲) همبستگی مثبت و با As (-۰.۷۷۳) و درجه حرارت (-۰.۹۷۱) همبستگی منفی نشان می‌دهد.

Mg²⁺ با Zn (+۰.۷۹۲)، هدایت الکتریکی (+۰.۷۳۱)، TDS (+۰.۷۰۴)، سختی کل (+۰.۹۸۹)، سختی کلسیم (+۰.۷۶۶)، Ca²⁺ (+۰.۷۶۶) و SO₄²⁻ (+۰.۹۲۱) همبستگی مثبت و با Pb (-۰.۹۴۵) و Na⁺ (-۰.۸۳۰) همبستگی منفی دارد.

NO₃⁻ با Cr (+۰.۶۳۶)، هدایت الکتریکی (+۰.۶۶۵)، TDS (+۰.۸۷۷)، سختی کل (+۰.۶۹۶)، سختی کلسیم (+۰.۶۹۲)، Ca²⁺ (+۰.۶۹۲)، Mg²⁺ (+۰.۶۶۱)، قلیایی کل (+۰.۸۴) و HCO₃⁻ (+۰.۸۴) همبستگی مثبت نشان می‌دهد.

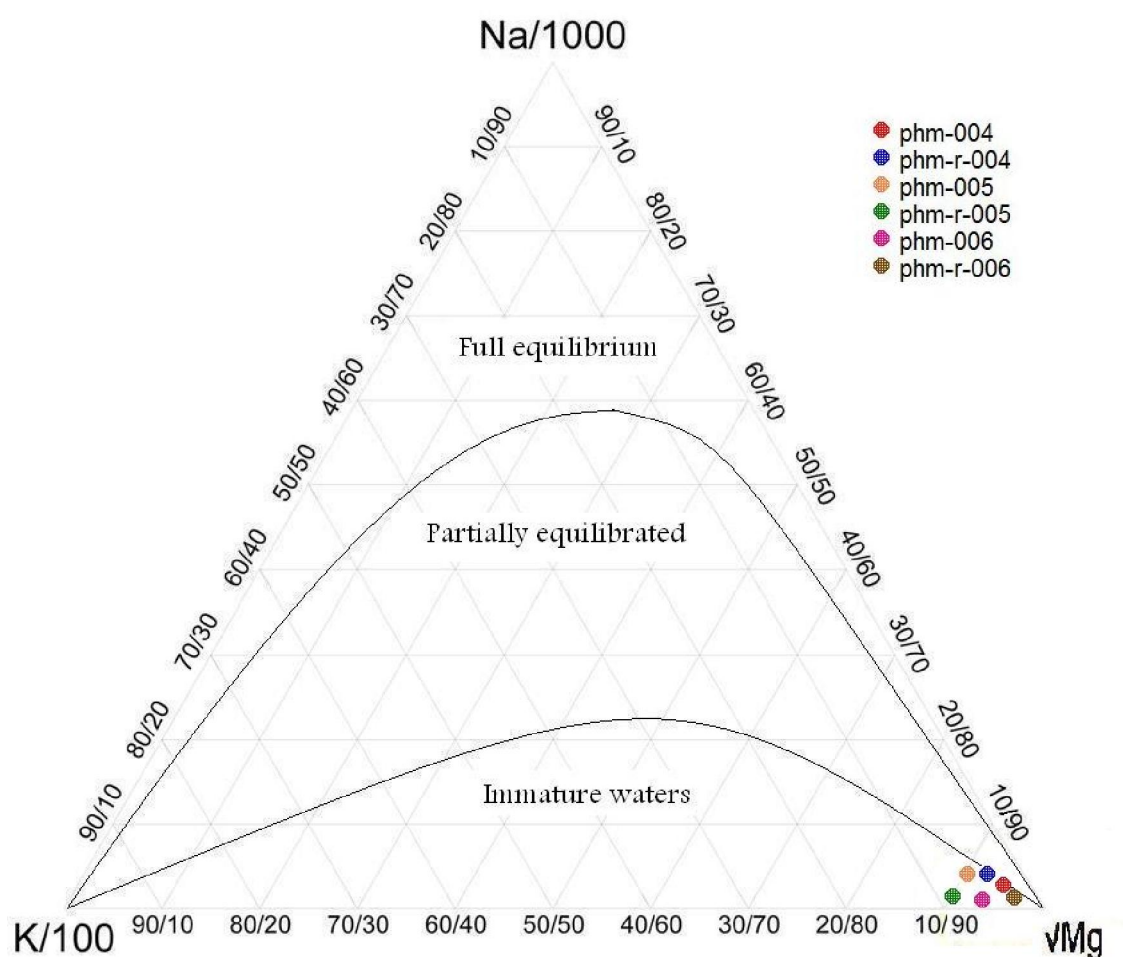
HCO_3^- با Cr (+۰.۶۴۴)، TDS (+۰.۶۹۱) و NO_3^- (+۰.۸۴) همبستگی مثبت نشان می‌دهد.

SO_4^{2-} با Cr (+۰.۶۳۴)، Zn (+۰.۹۶۷)، Fe (+۰.۷۹۸)، هدایت الکتریکی (+۰.۹۱۹)، TDS (+۰.۸۱۸)، سختی کل (+۰.۹۳۶)، سختی کلسیم (+۰.۹۳۴)، Ca^{2+} (+۰.۹۳۴) و Mg^{2+} (+۰.۹۲۱) همبستگی مثبت و با As (-۰.۷۰۷)، Pb (-۰.۸۸۷)، درجه حرارت (-۰.۸۵۸) و K^+ (-۰.۸۳۹) همبستگی منفی دارند.

۲-۶- بررسی ویژگی‌های تیپ و رخساره‌ای

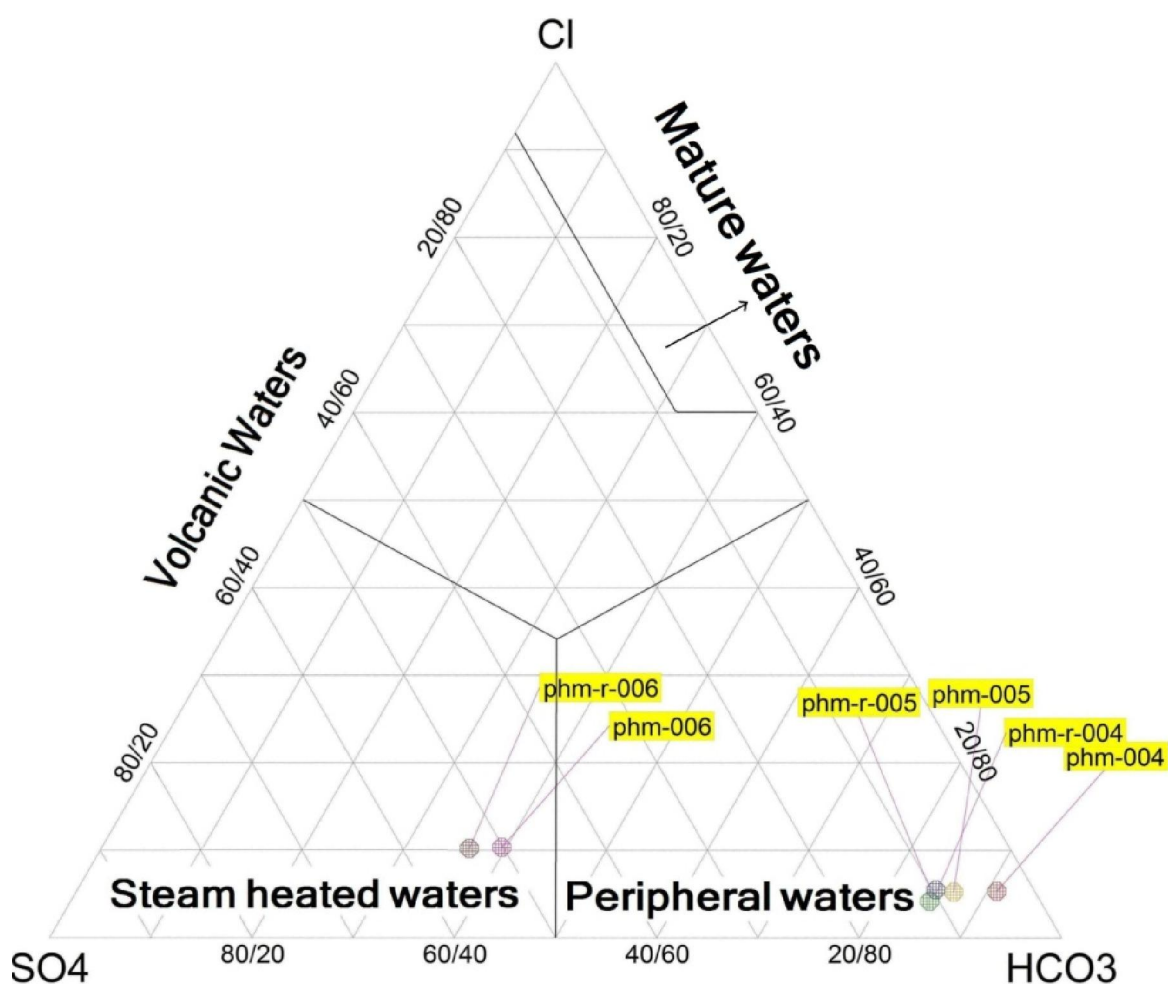
در این تحقیق منظور از آنیون‌های اصلی مطالعه شده در آب، HCO_3^- ، Cl^- و SO_4^{2-} و کاتیون‌های اصلی نیز شامل Na^+ ، Mg^{2+} و Ca^{2+} می‌باشد. تغییرات این آنیون‌ها و کاتیون‌ها می‌تواند معرف ویژگی‌های لیتولوژیکی مسیر حرکت آب باشد. همچنین آب‌های جوی با نفوذ به اعماق و اختلاط با آب‌های زیرزمینی تغییراتی را در آن‌ها به وجود می‌آورند که اثر آنها را می‌توان در تغییرات غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها مشاهده کرد. با استفاده از نتایج آنالیزهای ارائه شده در جداول ۴-۱ و ۴-۲ نمودارهای پایپر، استیف، شولر، فیکلین، داروو و نمودارهای مثلثی کاتیونی و آنیونی رسم شده و تیپ و رخساره و دیگر ویژگی‌های آنیونی و کاتیونی آب‌ها ارائه شده است.

شکل ۶-۲، با توجه به ۳ کاتیون اصلی پتاسیم، منیزیم و سدیم ترسیم شده است و نمونه‌های آبی را به ۳ دسته آب‌های نامتعادل، آب‌های تا حدی متعادل و آب‌های کاملاً متعادل تقسیم‌بندی می‌کند. همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود تمامی نمونه‌ها، چه در فصل خشک و چه در فصل بارش در محدوده آب‌های نابالغ قرار می‌گیرند.



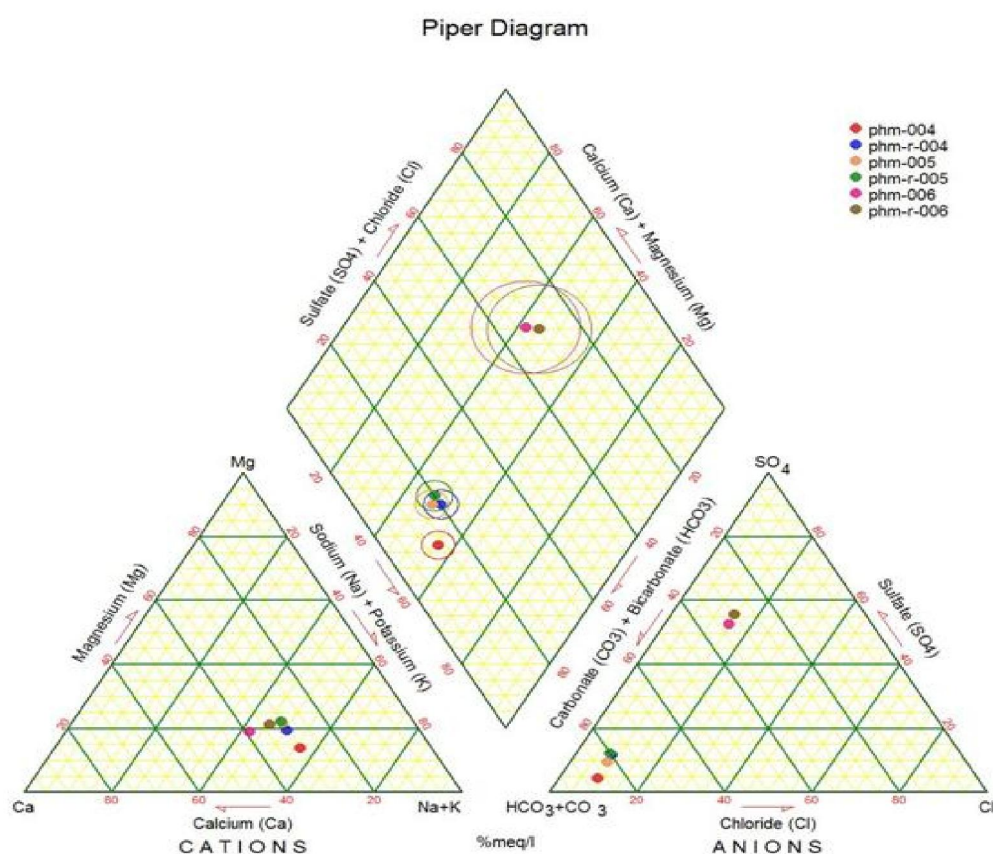
شکل ۶-۲- نمودار مثلثی کاتیون‌های نمونه‌های آبی مورد مطالعه (بر حسب % meq/L)

شکل ۳-۶ با توجه به غلظت آنیون‌های اصلی بی‌کربنات، سولفات و کلر رسم شده است. از لحاظ ساختاری، نمودار مثلثی به چهار قسمت تقسیم گردیده است که شامل آب‌های آتشفشانی، آب‌های گرم شده و بخار شده، آب‌های نابالغ و آب‌های بالغ می‌باشد. چهار نمونه که از چشمه‌های داخل تونل معدن در دو فصل خشک و بارش برداشت شده است، در محدوده آب‌های نابالغ قرار گرفته و ۲ نمونه برداشت شده در دو فصل مختلف از قنات با توجه به اینکه غلظت سولفات بالاتری نسبت به نمونه‌های دیگر دارند در محدوده آب‌های گرم شده و بخار شده قرار دارند.



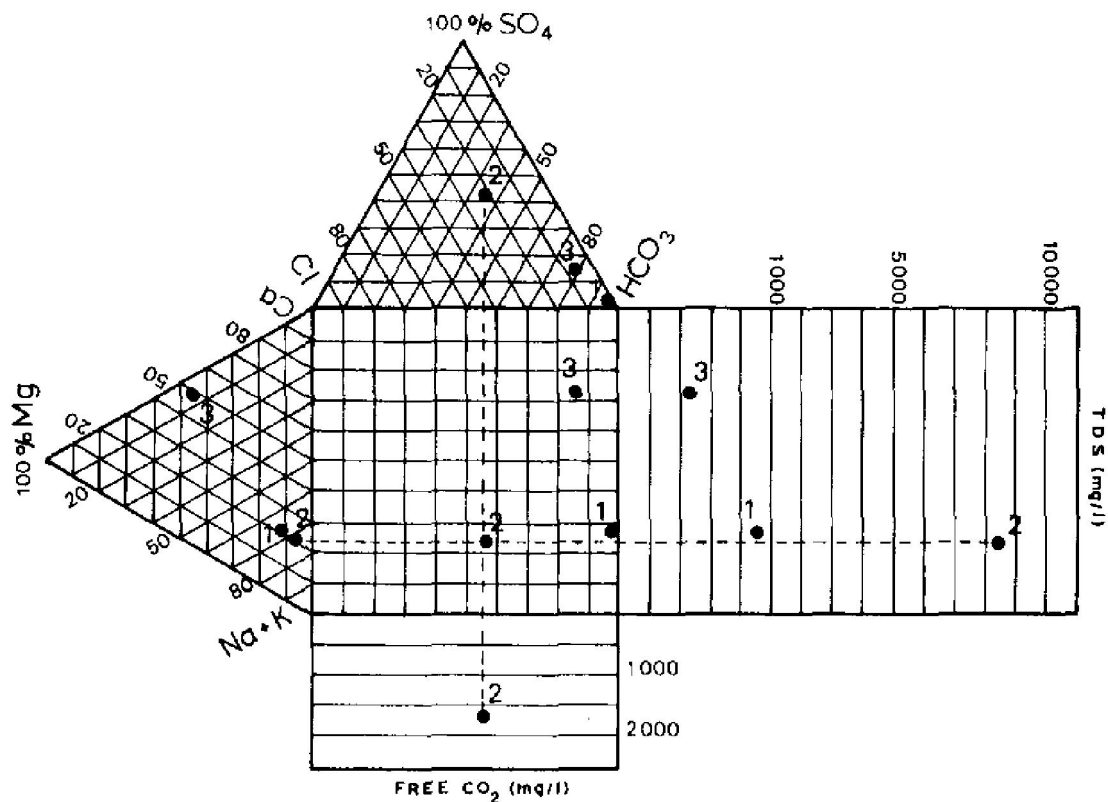
شکل ۳-۶- نمودار مثلثی آنیون‌های آبی مورد مطالعه (بر حسب % meq/L)

در نمودار پایپر می‌توان تعداد زیادی نمونه را در یک نمودار نشان داد. به علاوه این نمودار از نظر تعبیر و تفسیر نتایج تجزیه شیمیایی آب بسیار سودمند است. در شکل ۴-۶، نمودار مربوط به پایپر مشاهده می‌گردد. دو نمونه برداشته شده از قنات در مناطق ۱، ۴ و ۹ قرار دارند. در آن‌ها قلیایی‌های خاکی بیشتر از قلیایی‌ها، اسیدهای قوی بیشتر از اسیدهای ضعیف، دارند و در آن‌ها هیچ زوج آنیون - کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی‌کند. دو نمونه PHM-005 و PHM-R-005 در مناطق ۱، ۳ و ۵ قرار دارند. با توجه به شکل ۵-۶، در آن‌ها قلیایی‌های خاکی بیشتر از قلیایی‌ها، اسیدهای ضعیف بیشتر از اسیدهای قوی و سختی کربناتی از ۵۰ درصد تجاوز می‌کند. به عبارت دیگر قلیایی‌های خاکی و اسیدهای ضعیف غلبه دارند. دو نمونه PHM-004 و PHM-R-004 در مناطق ۲، ۳ و ۹ قرار دارند. در آن قلیایی‌ها بیش از قلیایی‌های خاکی، اسیدهای ضعیف بیشتر از اسیدهای قوی و در آن‌ها هیچ زوج آنیون - کاتیونی از ۵۰ درصد تجاوز نمی‌کند.



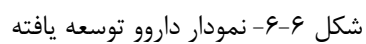
شکل ۴-۶- نمودار پایپر نمونه‌های آبی مورد مطالعه

نمودار داروو، شکل توسعه یافته نمودار پایپر می‌باشد. مشابه نمودار پایپر، این نمودار نیز برای نمایش تعداد زیادی داده به کار می‌رود. بر اساس این نمودار، درصد کاتیون‌ها و آنیون‌ها به صورت جداگانه در ناحیه مثلث‌ها ترسیم می‌شود (شکل ۶-۵). از محل تلاقی خطوط توسعه یافته از نقاط تعیین شده در ناحیه مثلثی به ناحیه مستطیل، نقطه‌ای به وجود می‌آید که با توجه به موقعیت آن می‌توان تیپ آب را مشخص نمود.

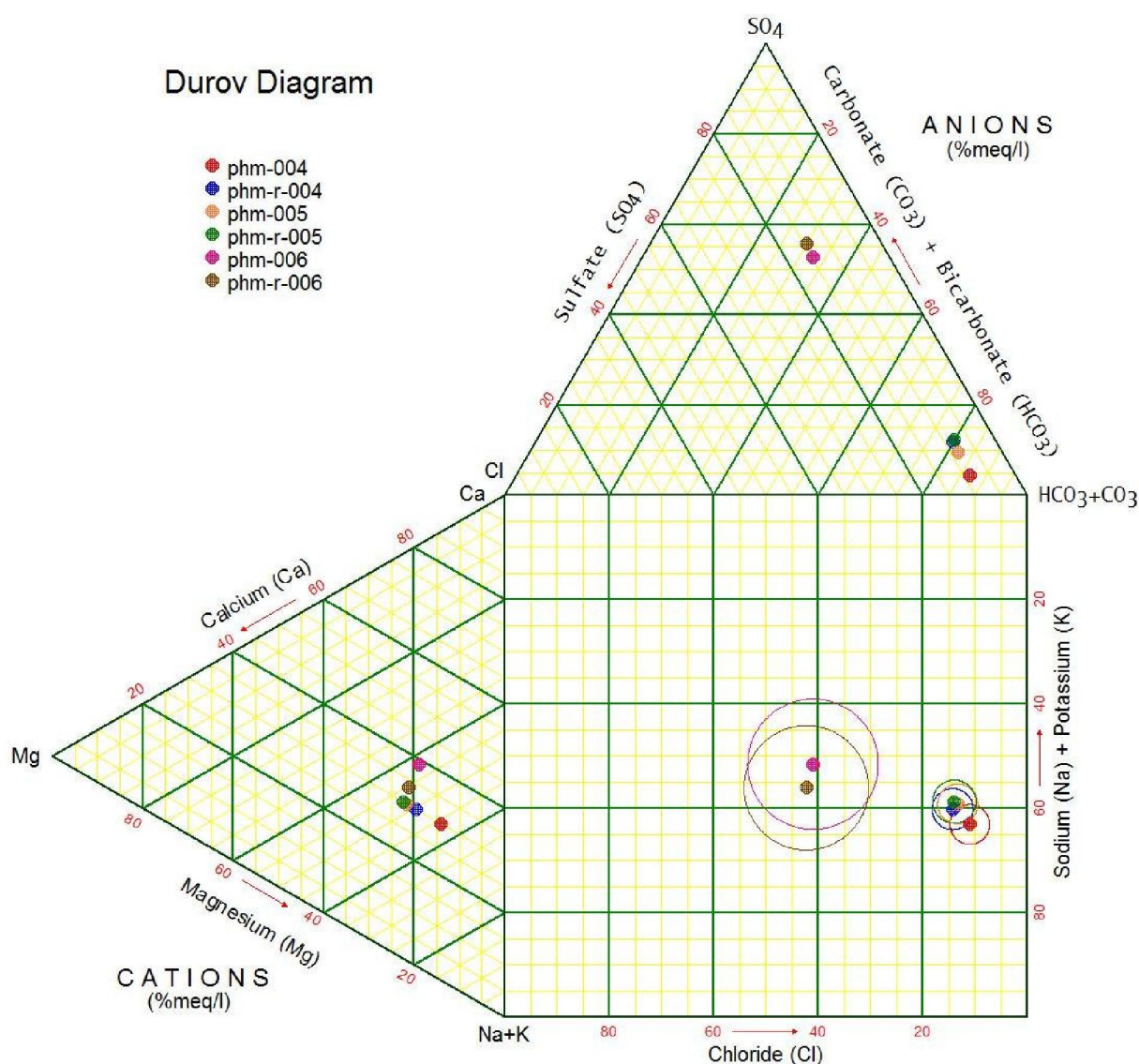


شکل ۶-۵- نحوه تعیین تیپ آب به کمک نمودار داروو

با توجه به شکل ۶-۶ که مدل توسعه یافته نمودار داروو می‌باشد، می‌توان از روی موقعیت نمونه‌ها تیپ آب‌ها را مشخص نمود. نمودار داروو معمولی نیز در بخشی از شکل ۶-۶ (دایره) دیده می‌شود که با توجه به آن می‌توان، تیپ آب‌ها را در نمودارهای معمولی داروو نیز مشخص کرد.



△人

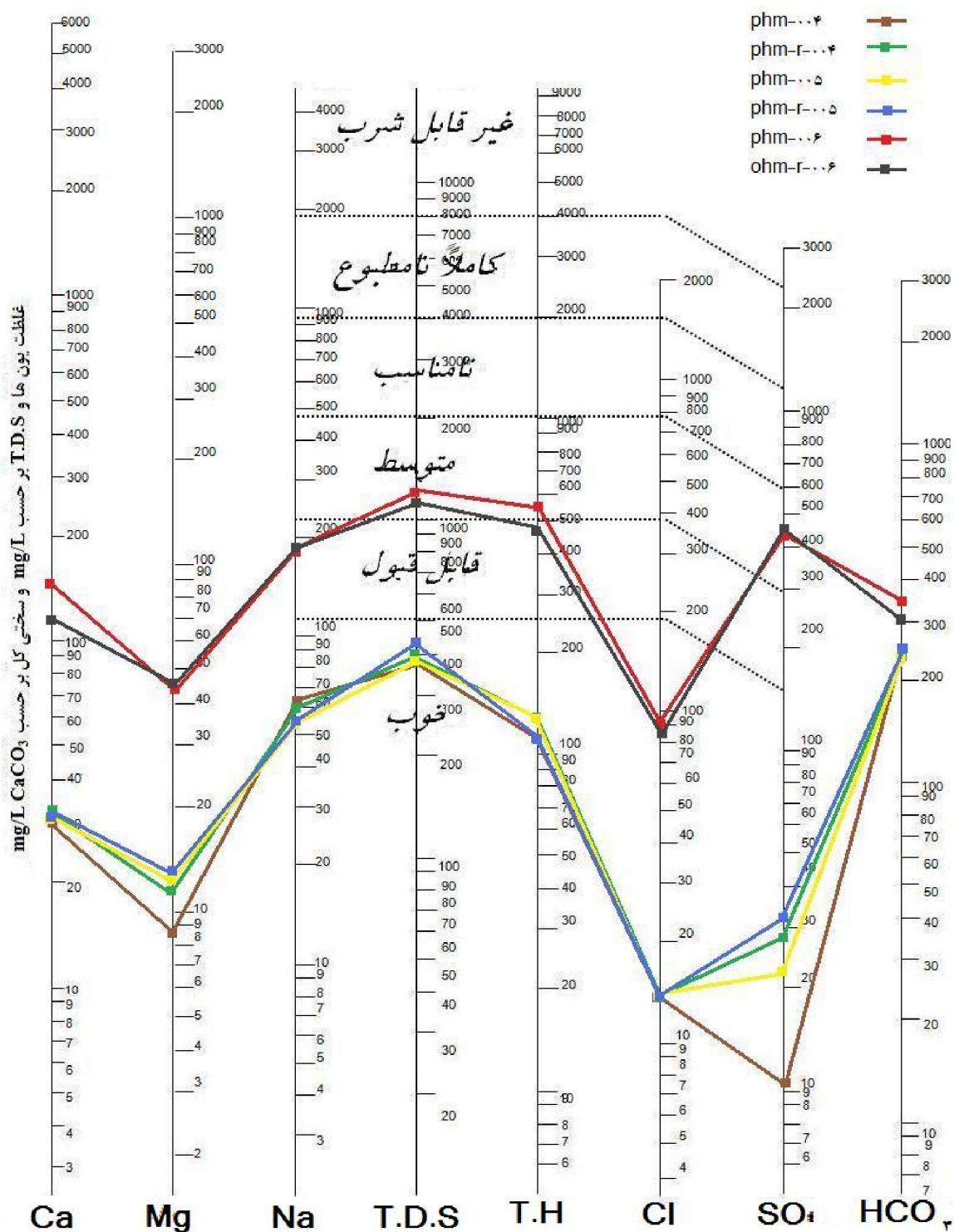


شکل ۶-۷- نمودار داروو نمونه‌های آبی مورد مطالعه

شکل ۶-۸ نمودار شولر را برای نمونه‌های آب مورد مطالعه نشان می‌دهد. این نمودار، نموداری لگاریتمی است که از نظر سرعت عمل، سهولت مقایسه و نشان دادن تعداد زیادی نمونه در یک برگ، در ایران بیشتر متداول است. در این نمودارها مقادیر یون‌ها را در ستون‌های قائم نشان می‌دهند. این نمودار با توجه به غلظت‌های مختلف یون‌ها به ۶ قسمت آب‌های غیر قابل شرب، کاملاً نامطبوع، نامناسب، متوسط، قابل قبول و خوب تقسیم گردیده است. همانطور که ملاحظه می‌شود ۴ نمونه

برداشت شده از چشمه‌ها در دو فصل بارش و خشک در محدوده خوب قرار دارند و ۲ نمونه برداشت

شده از قنات در ۲ فصل ذکر شده در محدوده قابل قبول تا متوسط قرار دارد.



شکل ۶-۸- نمودار شولر نمونه‌های آبی مورد مطالعه

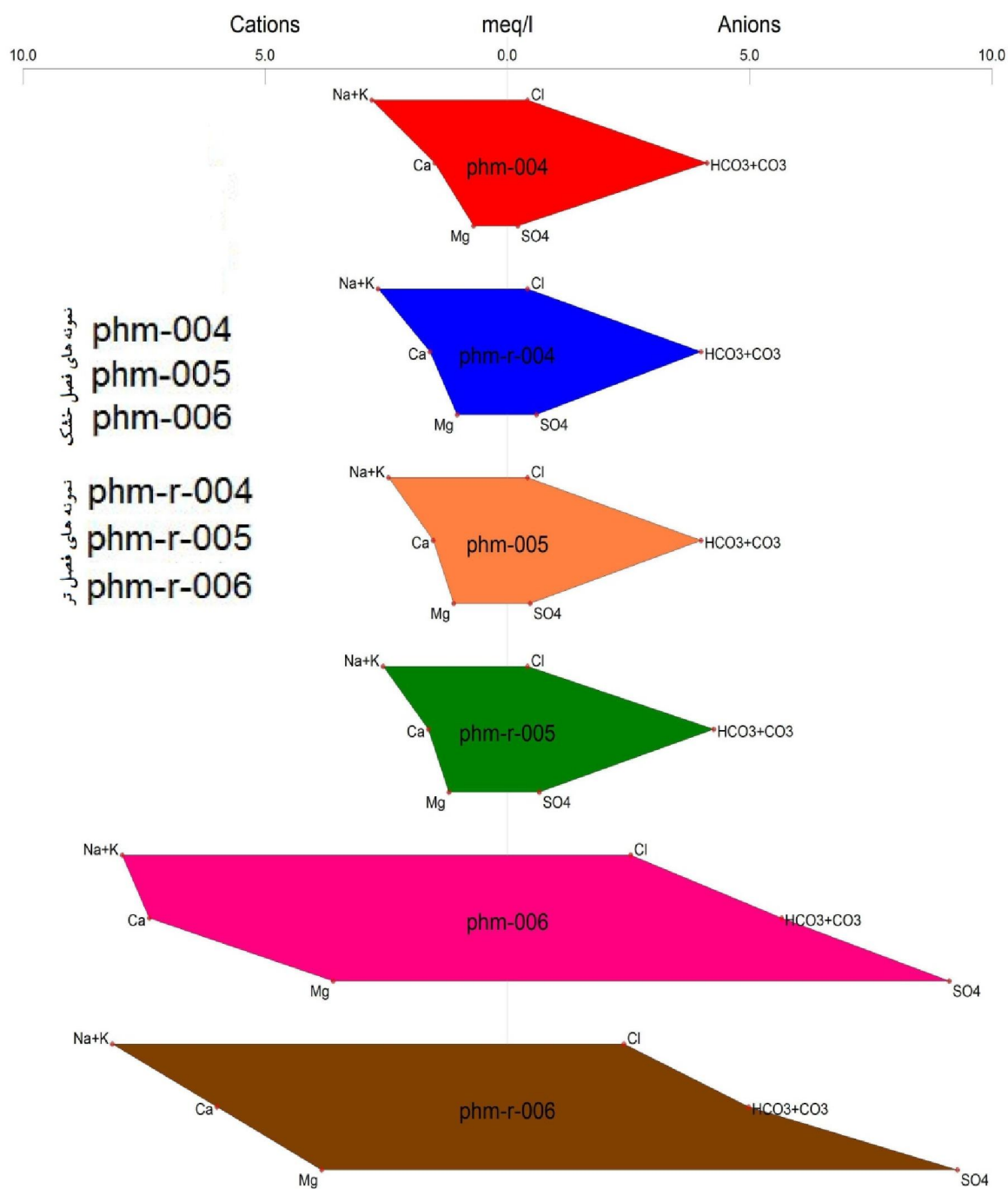
همانطور که در جدول ۶-۲ دیده می‌شود غلظت بی‌کربنات نسبت به کلر بیشتر است و این به دلیل وجود آب‌های جوی غنی از CO_2 محلول در آب‌ها می‌باشد. توالی کاتیونی رایج در جدول ۶-۲ $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$ است. سدیم کاتیون غالب این آب‌ها است. بیشتر بودن غلظت این یون نسبت به دیگر یون‌ها را می‌توان به وفور آن در واحدهای سنگی منطقه و کم بودن احتمال جذب سطحی این یون به خاک‌ها نسبت به یون‌های دیگر دانست.

جدول ۶-۲- توالی آنیونی و کاتیونی نمونه‌های آب مورد مطالعه

نام نمونه	توالی آنیونی	توالی کاتیونی
PHM-004	$\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{NO}_3$	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$
PHM-R-004	$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{NO}_3$	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$
PHM-005	$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{NO}_3$	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$
PHM-R-005	$\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{NO}_3$	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$
PHM-006	$\text{SO}_4 > \text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{NO}_3$	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$
PHM-R-006	$\text{SO}_4 > \text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{NO}_3$	$\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$

در شکل ۶-۹ نمودار استیف نمونه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. این شکل نمونه‌ها را به صورت یک ۶ ضلعی بر حسب تغییرات غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌هایی مثل Ca ، Mg ، SO_4 ، Cl و $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$ و $\text{Na} + \text{K}$ را بر حسب meq/L نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار ملاحظه می‌شود نمونه‌های برداشت شده از هر نقطه در کنار هم آورده شده تا تغییرات ایجاد شده پس از ریزش باران و قبل از آن بطور محسوس‌تری مشاهده گردد. استفاده از نمودار استیف یکی از سریع‌ترین روش‌ها جهت تعیین تیپ نمونه‌های آب می‌باشد. اندازه و شکل حاصل از این نمودار، تقریباً متناسب با کل محتوای یونی است.

Stiff Diagram



شکل ۶-۹- نمودار استیف نمونه‌های آبی مورد مطالعه

نمونه‌های phm-004 و phm-r-004 نمونه‌های برداشت شده از یک نقطه هستند. این دو نمونه دارای تیپ بی کربناتی-سدیکی (Na-HCO_3) هستند و با توجه به نمودار می‌توان گفت که منیزیم و سولفات پس از فصل بارش نسبت به قبل از آن بیشتر شده است.

دو نمونه phm-005 و phm-r-005 نیز نمونه‌های برداشت شده از یک نقطه در دو زمان مختلف است. این دو نمونه نیز تیپ بی کربناتی-سدیکی (Na-HCO_3) دارند. نمونه برداشت شده در فصل بارش نشان دهنده میزان سولفات بیشتری نسبت به نمونه فصل خشک می‌باشد.

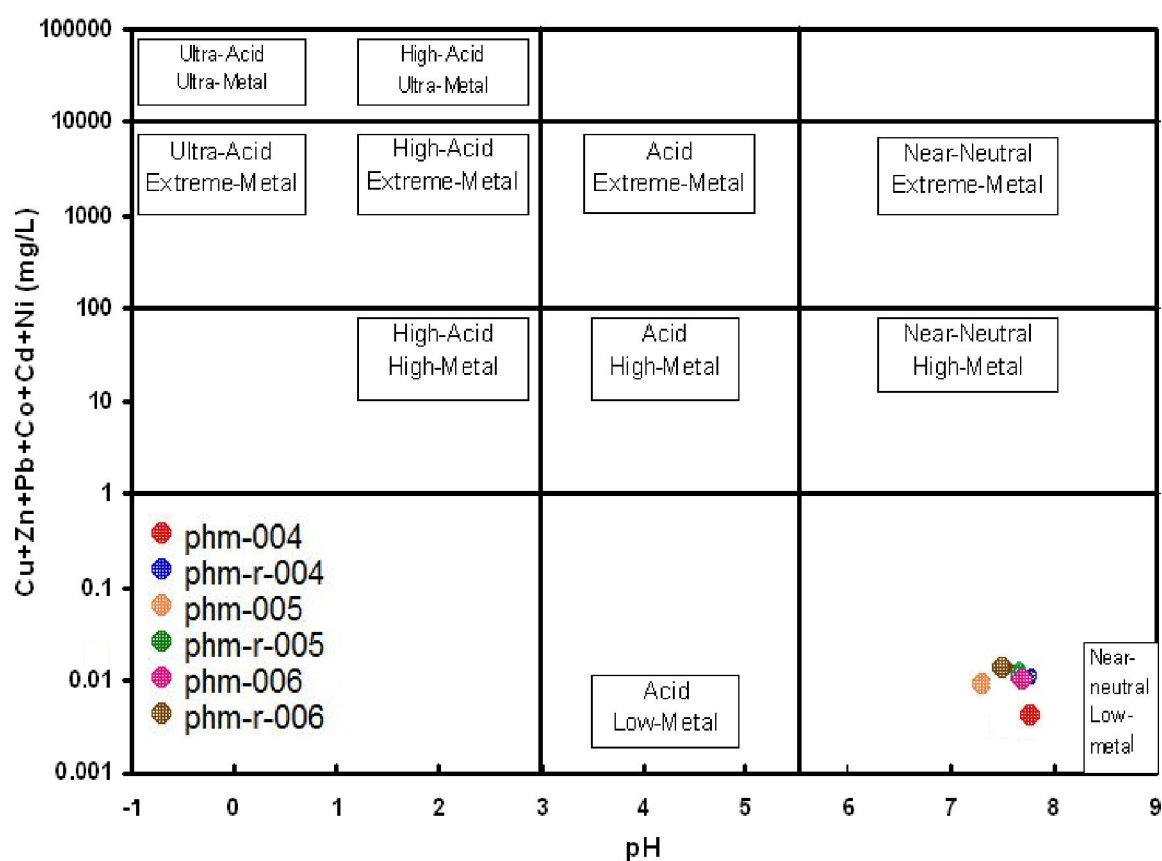
نمونه‌های phm-006 و phm-r-006 نمونه‌های برداشت شده از یک نقطه و از داخل قنات می‌باشد. این دو نمونه، تیپ سولفاتی-سدیکی (Na-SO_4) دارند و با توجه به نمودار می‌توان گفت که پس از بارش میزان غلظت کلسیم و بی کربنات کاهش یافته و سولفات افزایش یافته است.

در جدول ۳-۶ ویژگی‌های تیپ و رخساره‌ای آب‌های مورد مطالعه در کنار هم ملاحظه می‌شوند.

جدول ۳-۶- ویژگی‌های تیپ و رخساره نمونه‌های مورد مطالعه

نام نمونه	تیپ و رخساره
PHM-004	Na-HCO_3
PHM-R-004	Na-HCO_3
PHM-005	Na-HCO_3
PHM-R-005	Na-HCO_3
PHM-006	Na-SO_4
PHM-R-006	Na-SO_4

شکل ۶-۱۰ مربوط به نمودار فیکلین می‌باشد. همان‌طور که در این نمودار ملاحظه می‌شود، در قسمت افقی نمودار تغییرات pH را می‌بینیم و در قسمت قائم مجموع تغییرات غلظت Cu، Zn، Pb، Co، Cd و Ni در مقیاس لگاریتمی دیده می‌شود. غلظت بر حسب mg/L بیان می‌گردد. با استفاده از این روش می‌توان نمونه‌های آب را بر اساس میزان فلزات سنگین محلول در آنها طبقه‌بندی کرد. تمام نمونه‌ها در محدوده pH تقریباً خنثی و مقدار فلز کم قرار می‌گیرند.



شکل ۶-۱۰- نمودار فیکلین نمونه‌های آبی مورد مطالعه

۳-۶- بررسی‌های کیفی و مطالعات آماری نمونه‌ها

در جدول ۴-۶ مقادیر عناصر موجود در نمونه‌های برداشت شده و تغییرات آنها در دو فصل خشک و بارش مشاهده می‌گردد.

جدول ۴-۶- غلظت عناصر مختلف نمونه‌های آبی مورد مطالعه بر حسب ppb

	Hg	As	Sb	Se	Pb	Cd	Ni	Cr	V	Zn	Fe
نمونه‌های فصل خشک، دی ماه ۸۹											
PHM-004	<۱	<۱	<۰/۵	۰/۵	۳	<۰/۵	۱/۰۵	۰/۸	<۰/۵	۱/۷	<۱
PHM-005	<۱	<۱	<۰/۵	۸/۱	۰/۳	<۰/۵	۴/۱	۰/۲	<۱	۵	۱۶/۵
PHM-006	<۱	۱/۵	<۰/۵	۳/۸	۰/۸	<۰/۵	۴/۴	۱/۷	<۱	۴/۵	۳۴/۷
نمونه‌های فصل بارش، بهمن ماه ۸۹											
PHM-R-004	<۱	۰/۴	<۰/۵	۱/۱	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	۱/۵	<۰/۵	<۱۰	۴۸
PHM-R-005	<۱	۰/۷	<۰/۵	۲	<۰/۵	<۰/۵	۱	۲	<۰/۵	<۱۰	۲۵
PHM-R-006	<۱	۲/۳	<۰/۵	۳	<۰/۵	<۰/۵	۱	۷	<۰/۵	۱۱/۵	۲۹

۳-۶-۱- اندیس آلودگی فلز سنگین

یکی از معیارهای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در آب، اندیس آلودگی فلز سنگین^۱ است. این اندیس از رابطه زیر بدست می‌آید. (Mohan et al, 1996).

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Q_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (۱-۶)$$

که در آن:

^۱ Heavy metal pollution index

W_i : ضریب وزنی فلز سنگین i ام است که از معکوس مقدار استاندارد فلز سنگین i ام (S_i) به دست می‌آید (Mohan et al., 1996). جزء اندیس Q_i در رابطه ۶-۱، برای هر فلز سنگین i ، از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_i = \sum_{i=1}^n \frac{|M_i - I_i|}{(S_i - I_i)} \times 100 \quad (2-6)$$

که در آن:

M_i : مقدار فلز سنگین i مشاهده شده در نمونه،

I_i : مقدار ایده‌آل (حداکثر غلظت مطلوب^۲) فلز سنگین i در نمونه (با توجه به استاندارد مورد استفاده)

S_i : مقدار استاندارد یا حداکثر غلظت مجاز^۳ برای فلز سنگین i می‌باشد که با توجه به نوع کیفیت آب (شرب یا کشاورزی) به صورت کشوری و یا جهانی موجود است.

با توجه به رابطه ۶-۲ و علامت قدرمطلق در صورت کسر، مقدار جزء اندیس Q برای فلز سنگین i ، همواره عددی مثبت است. عناصر موجود در آب به دو دسته سمی و غیرسمی تقسیم می‌شوند که برای عناصر سمی، حداکثر غلظت مطلوب، صفر می‌باشد. ولی برای عناصر غیرسمی که وجود آن‌ها در آب برای انسان مفید می‌باشد، حداکثر غلظت مطلوب تعریف می‌شود.

از مزایای شاخص آلودگی فلز سنگین، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استانداردهای مختلفی را بسته به نوع مصرف آب (کشاورزی یا شرب) مورد استفاده قرار می‌دهند و در نتیجه، از این شاخص می‌توان برای تعیین آلودگی آب شرب یا کشاورزی به فلز سنگین استفاده کرد.

² MCLG

³ MCL, MAC

▪ این شاخص قابلیت مقایسه‌ای خوبی را بین استانداردهای مورد استفاده برای آب به صورت کشوری و جهانی ارائه می‌دهد.

در این تحقیق مقدار S_i از استاندارد EPA^۴ در سال ۲۰۰۹ گرفته شده است.

مقدار بحرانی برای اندیس آلودگی فلز سنگین ۱۰۰ می‌باشد و نمونه‌هایی که مقادیر اندیس محاسبه شده برای آن‌ها بیشتر از ۱۰۰ ($HPI > 100$) باشد، آلوده به فلز سنگین و نمونه‌های با مقادیر اندیس کمتر از ۱۰۰ ($HPI < 100$) فاقد آلودگی به فلز سنگین می‌باشند.

با توجه به این اندیس، همانطوری که در جدول ۵-۶ دیده می‌شود، تمامی نمونه‌ها در محدوده آلوده به فلز سنگین قرار دارند.

۶-۳-۲- اندیس سنجش فلز سنگین^۵

این اندیس معیار دیگری برای ارزیابی میزان فلز سنگین در آب می‌باشد که از فرمول زیر محاسبه می‌شود (Edet and Offiong, 2002).

$$HEI = \sum_{i=1}^n \frac{H_c}{H_{mac}} \quad (۳-۶)$$

که در آن:

H_c : غلظت فلز سنگین در نمونه و

H_{mac} : حداکثر غلظت مجاز فلز سنگین در آب آشامیدنی با توجه به استاندارد مورد استفاده می‌باشد.

حد بحرانی برای تشخیص کیفیت آب بر مبنای این اندیس عدد یک می‌باشد (Hajizadeh et al., 2010). $HEI=1$ حداکثر مقدار مجاز می‌باشد که اگر مقدار $HEI > 1$ باشد،

^۴ U.S. Environmental Protection Agency

^۵ Heavy metal evaluation index

آلودگی آب با فلز سنگین بالا ارزیابی می‌شود. همانطوری که در جدول ۵-۶ ملاحظه می‌شود، تمام نمونه‌ها در فصل خشک و نمونه برداشته شده از قنات در فصل بارش HEI بالاتر از ۱ دارند و از لحاظ وجود فلزات سنگین با توجه به استاندارد EPA آلوده می‌باشند. دو نمونه برداشته شده از چشمه‌ها در فصل بارش HEI کمتر از ۱ دارند و آلوده محسوب نمی‌شوند.

۳-۳-۶- درجه آلودگی^۶

از این اندیس می‌توان برای تشخیص آلودگی آب به انواع عناصر مختلف اعم از فلزی یا غیرفلزی استفاده کرد. با این شرط که حداکثر غلظت مجاز برای عنصر موردنظر در آب مشخص باشد (Backman et al., 1997 ; Bhuiyan et al., 2010). اندیس درجه آلودگی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$C_d = \sum_{i=1}^n CF_i \quad (۴-۶)$$

که CF_i از رابطه ۵-۶ به دست می‌آید:

$$CF = \frac{C_s}{C_b} \quad (۵-۶)$$

که در آن:

C_s : نشان‌دهنده غلظت عنصر در نمونه آب و

C_b : حداکثر مقدار مجاز عنصر موردنظر بر طبق استاندارد مورد استفاده می‌باشد.

درجه آلودگی به سه دسته زیر تقسیم می‌شود:

(Backman et al., 1997; Edet and Offiong, 2002; Bhuiyan et al., 2010)

^۶ Degree of contamination

• $C_d < 1$ درجه آلودگی پایین

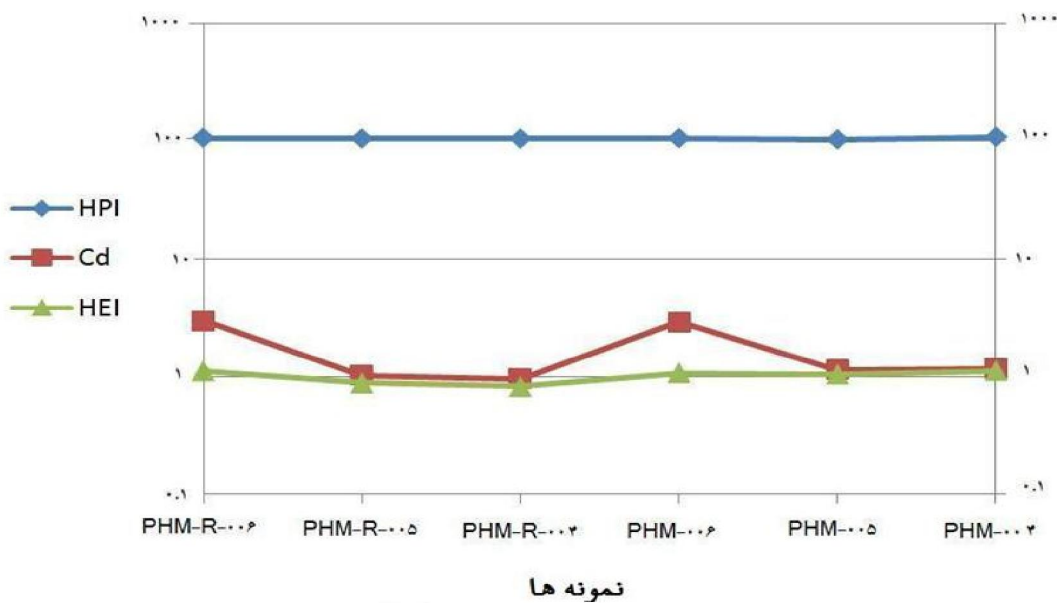
• $1 < C_d < 3$ درجه آلودگی متوسط

• $C_d > 3$ درجه آلودگی بالا

نمونه phm-r-004 که در فصل بارش از چشمه برداشته شده است از لحاظ این درجه آلودگی دارای درجه آلودگی پایین و مابقی نمونه‌ها درجه آلودگی متوسط دارند.

جدول ۶-۵- مقادیر محاسبه شده اندیس‌های HPI، HEI و C_d

نام نمونه	HPI	HEI	C_d
PHM-004	۱۰۹/۰۰	۱/۱۲	۱/۱۸
PHM-005	۱۰۳/۸۶	۱/۰۵	۱/۱۵
PHM-006	۱۰۶/۱۸	۱/۰۸	۲/۹۲
PHM-R-004	۱۰۵/۳۶	۰/۸۳	۰/۹۶
PHM-R-005	۱۰۵/۴۵	۰/۸۹	۱/۰۳
PHM-R-006	۱۰۶/۹۶	۱/۱۲	۲/۹۹

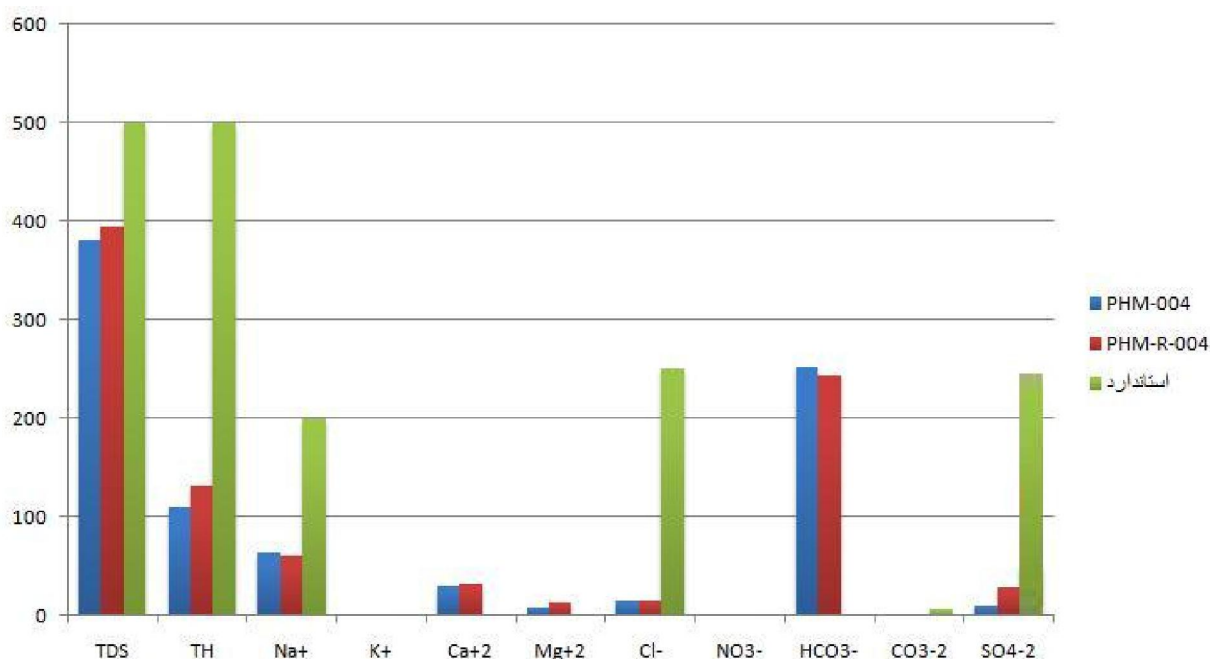


شکل ۶-۱۱- توزیع اندیس‌های ارزیابی آلودگی در نمونه‌های آب (بر اساس Bhuiyan et al. 2010)

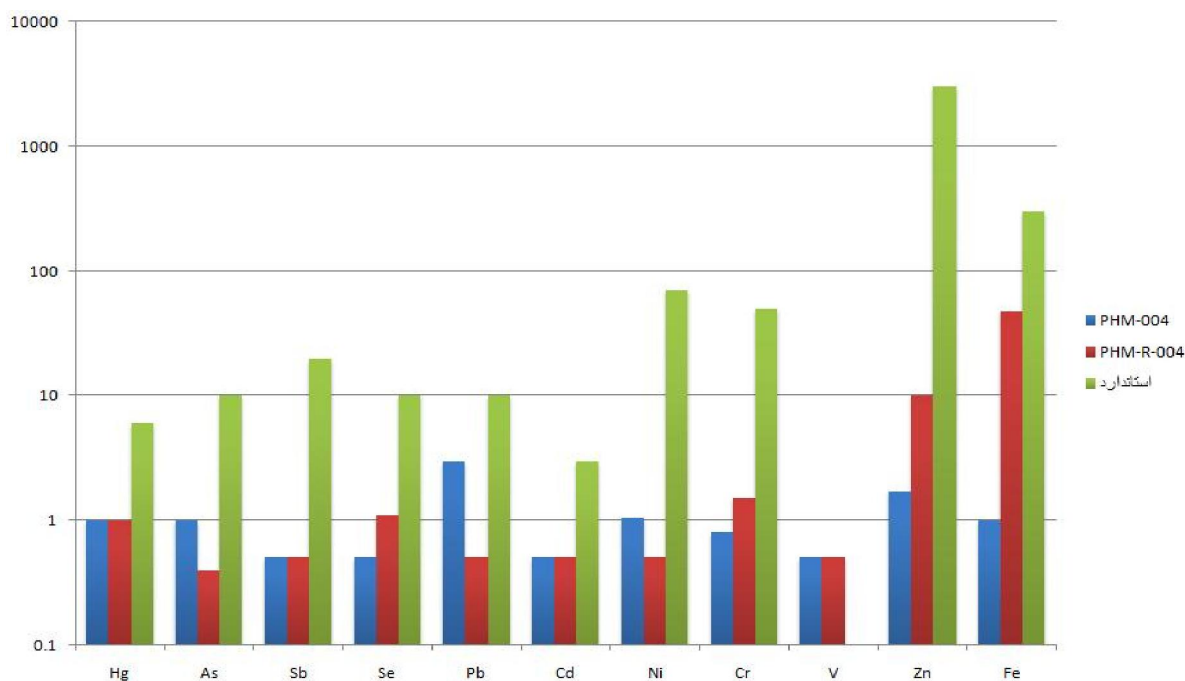
۴-۶- مقایسه غلظت پارامترها در فصل تر و خشک

۴-۶-۱- نمونه‌های phm-004 و phm-r-004 برداشت شده از چشمه

این چشمه در داخل تونل معدن و در ناحیه شمال غربی دو روستای معدن بالا و معدن پایین قرار گرفته است و از آب خروجی این چشمه جهت شرب و آشامیدن استفاده می‌شود. مقایسه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها طی دو فصل تر و خشک نشان می‌دهد که در پایان فصل تر غلظت سولفات، کلسیم و منیزیم و سختی کل آب افزایش یافته و غلظت بی‌کربنات، پتاسیم و سدیم کاهش یافته و غلظت کلر و کربنات تغییری نیافته است (شکل ۶-۱۲). از بین دیگر عناصر مورد مطالعه، غلظت سلنیوم، کروم، روی و آهن افزایش و غلظت آرسنیک، سرب و نیکل کاهش یافته است. غلظت عناصر جیوه، آنتیموان، کادمیوم و وانادیوم تغییری نیافته است (شکل ۶-۱۳). غلظت تمامی عناصر کمتر از حد استاندارد WHO بوده و کیفیت آب هم در فصل تر و هم در فصل خشک جهت شرب مناسب می‌باشد.



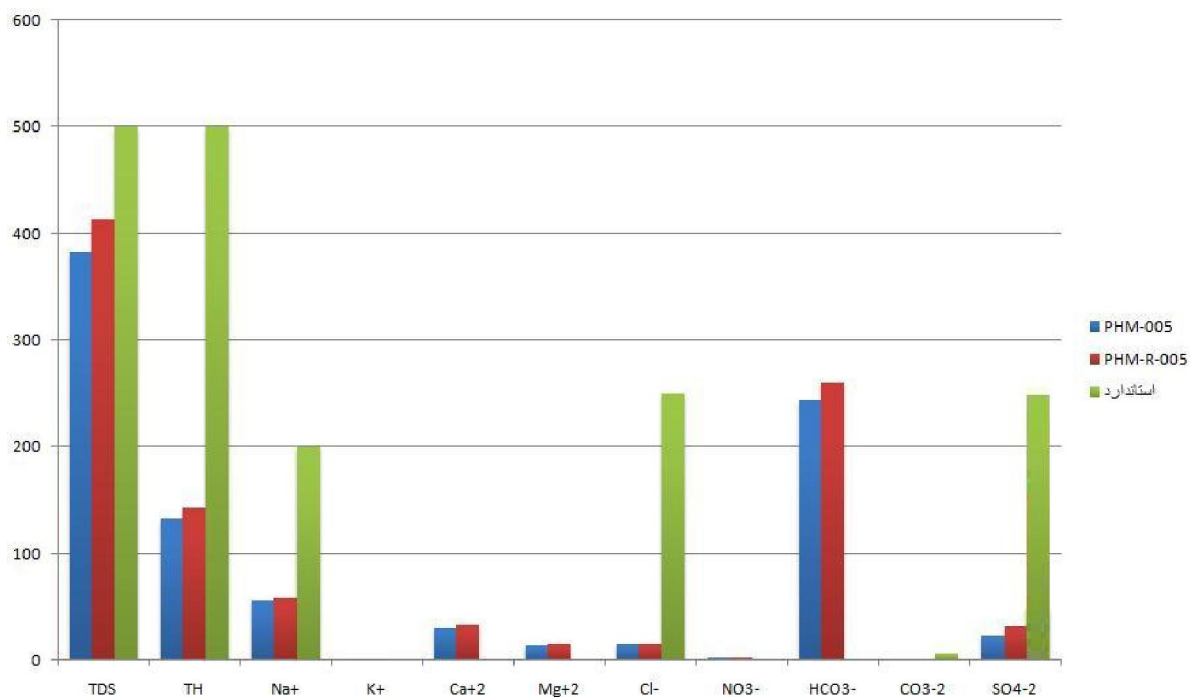
شکل ۶-۱۲- مقایسه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و دیگر پارامترها طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در چشمه تونل راست (غلظت‌ها بر حسب mg/L)



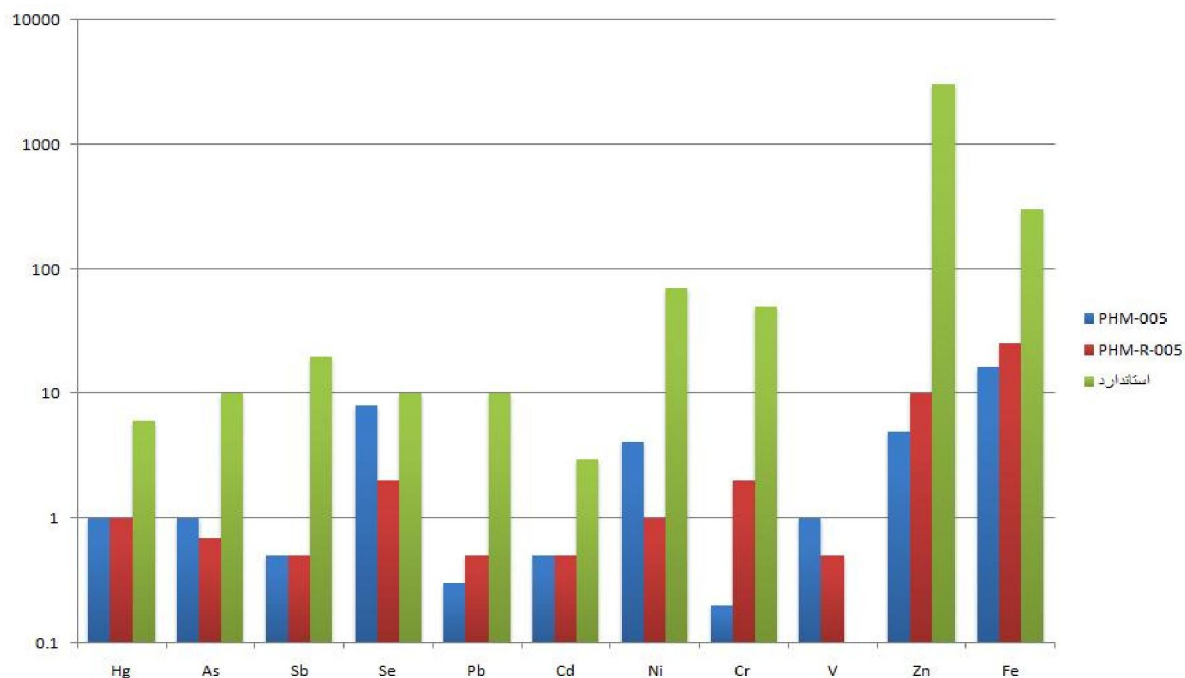
شکل ۶-۱۳- مقایسه غلظت عناصر طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در چشمه تونل راست

۶-۴-۲- نمونه‌های phm-005 و phm-r-005 برداشت شده از چشمه

این چشمه نیز در داخل تونل معدن قرار دارد و از آب خروجی این چشمه نیز جهت شرب و آشامیدن استفاده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۶-۱۴ ملاحظه می‌شود، مقایسه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها طی دو فصل تر و خشک نشان می‌دهد که در پایان فصل تر غلظت سولفات، بی‌کربنات، سدیم، کلسیم، منیزیم و سختی کل آب افزایش یافته و غلظت پتاسیم کاهش یافته است. غلظت کلر و کربنات تغییری نیافته است. از میان سایر عناصر مورد مطالعه، غلظت سرب، کروم، روی و آهن افزایش و غلظت آرسنیک، سلنیوم، وانادیوم و نیکل کاهش یافته است و غلظت عناصر جیوه، آنتیموان و کادمیوم تغییری نیافته است (شکل ۶-۱۵). همان‌طور که ملاحظه می‌شود بجز غلظت سلنیوم که در فصل خشک نزدیک به حد استاندارد WHO می‌باشد بقیه غلظت عناصر کمتر از حد استاندارد WHO بوده و کیفیت آب هم در فصل تر و هم در فصل خشک جهت شرب مناسب می‌باشد.



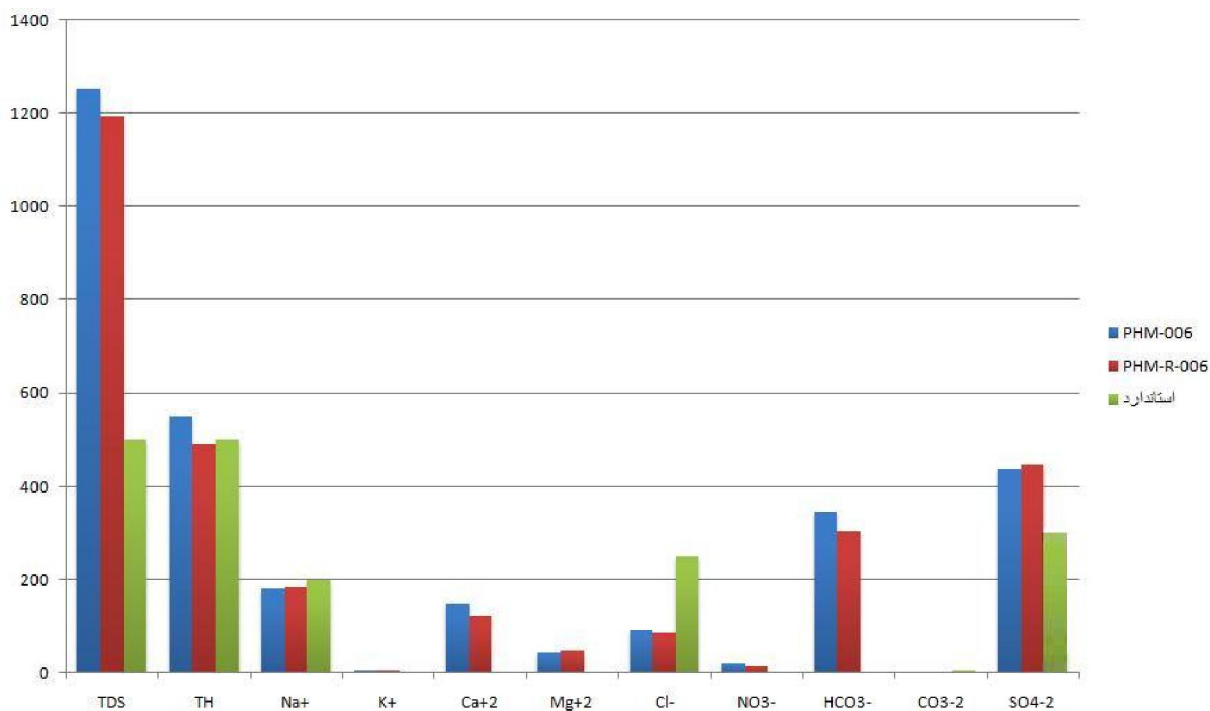
شکل ۶-۱۴- مقایسه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و دیگر پارامترهای دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در چشمه تونل چپ (غلظت‌ها بر حسب mg/L)



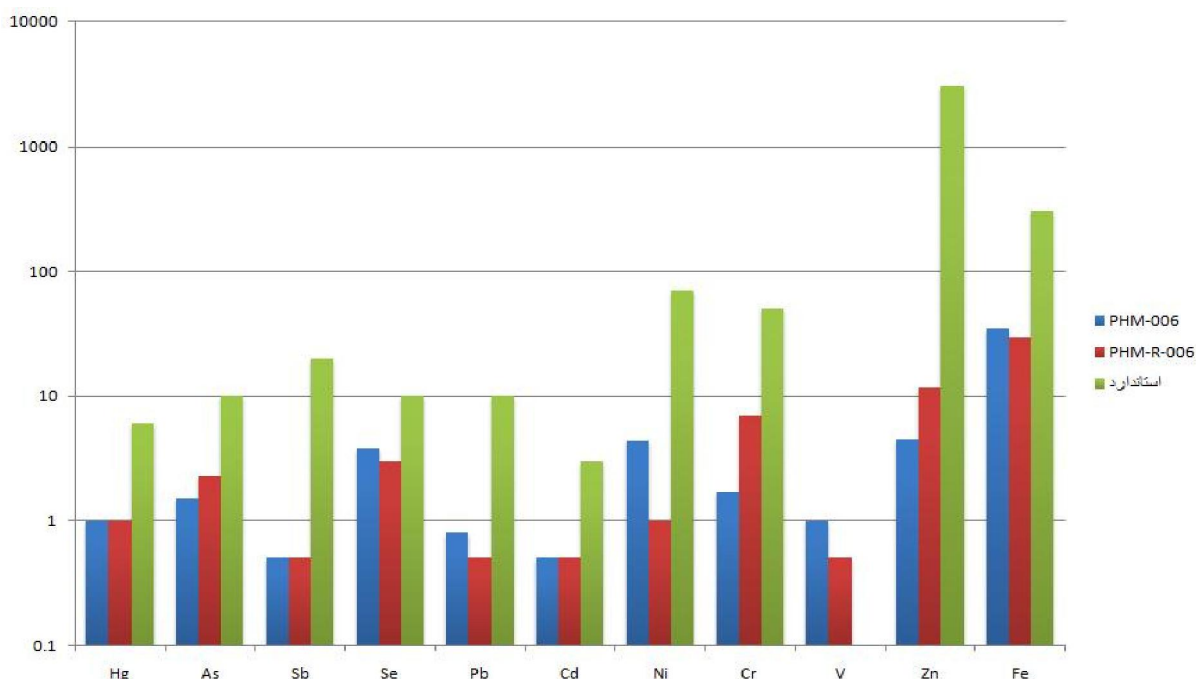
شکل ۶-۱۵- مقایسه غلظت عناصر طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در چشمه تونل چپ

۳-۴-۶- نمونه‌های phm-006 و phm-r-006 برداشت شده از قنات

این قنات در فاصله ۳۰۰ متری جنوب غربی معدن قرار گرفته است. مقایسه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها طی دو فصل تر و خشک نشان می‌دهد که در پایان فصل تر غلظت سولفات، سدیم و منیزیم افزایش یافته و غلظت پتاسیم، کلسیم، کلر، بی‌کربنات و سختی کل آب کاهش یافته و غلظت کربنات تغییری نیافته است (شکل ۶-۱۶). همانطور که در شکل ۶-۱۷ ملاحظه می‌شود از میان دیگر عناصر مورد مطالعه، غلظت آرسنیک، کروم و روی افزایش و غلظت سلنیوم، وانادیوم، آهن، سرب و نیکل کاهش یافته است و غلظت عناصر جیوه، آنتیموان و کادمیوم تغییری نیافته است. با توجه به شکل ۶-۱۸، سختی کل و میزان ذرات محلول در آب و همچنین سولفات بالای آب چه در فصل خشک و چه در فصل تر در مقایسه با استاندارد WHO نشانگر این مطلب است که این آب جهت شرب و آشامیدن مناسب نمی‌باشد.



شکل ۶-۱۶- مقایسه غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و دیگر پارامترها طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در قنات (غلظت‌ها بر حسب mg/L)



شکل ۶-۱۷- مقایسه غلظت عناصر طی دو فصل تر و خشک با استاندارد WHO در قنات

۵-۶- تعادل جرمی

آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی در آب توسط واکنش‌های مختلفی نظیر گازها و کانی‌ها، هوازدگی سیلیکات‌ها، اکسایش سولفیدها، تبادل یون، تبخیر، ورود آب‌های جوی، دولومیتی شدن و ورود آب‌های ژئوترمالی و ... کنترل می‌شود. روش تعادل جرمی بر مبنای مقایسه نسبت غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در آب استوار است. مقادیر بحرانی این نسبت‌ها در جدول ۶-۶ ارائه شده است. با توجه به این مقادیر می‌توان برخی از واکنش‌های اصلی کنترل‌کننده غلظت عناصر را شناسایی کرد (Hounslow, 1995). نسبت‌های محاسبه شده در جدول‌های ۶-۷ و ۶-۸ ارائه شده است.

غلظت بالای SiO_2 به انحلال شیشه آتشفشانی و یا ورود آب‌های ژئوترمالی غنی از سیلیس نسبت داده شده است. با توجه به عدم وجود چنین منابعی برای سیلیس اضافی، به نظر می‌رسد جایگزینی H^+ با

کاتیون‌های Ca و Na با کاهش pH که به ویژه در چاه‌ها مشاهده می‌شود می‌تواند عامل چنین تغییری باشد.

با استفاده از نسبت $\text{SiO}_2/(\text{Na}+\text{K}-\text{Cl}) < 1$ می‌توان منشأ Na و K را به تبادل یونی، هوازُدگی آلبیت و یا کانی‌های فرومنیزین نسبت داد. افزایش Na در آب عمل تبادل یونی را معکوس می‌کند که در چاه دولت آباد مشاهده می‌شود.

از نسبت $(\text{Na}+\text{K}-\text{Cl})/(\text{Na}+\text{K}-\text{Cl}+\text{Ca})$ برای بررسی احتمالی هوازُدگی پلاژیوکلازها به عنوان منبع Ca استفاده شده است. مقدار بیش از 0.5 این نسبت در آب نشان می‌دهد که هوازُدگی پلاژیوکلازها (و به احتمال تمام کانی‌های سیلیکاته Ca دار) منشأ اولیه Ca در محیط می‌باشد.

با توجه به منابع متعدد نسبت $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Cl}) > 0.5$ می‌رساند که Na از تبادل یونی (جایگزینی دیگر یون‌ها به جای Na و آزاد شدن آن در محیط و یا از هوازُدگی و انحلال آلبیت وارد محیط شده است.

همچنین منابع متعددی می‌توانند در ورود Ca به منابع آبی نقش داشته باشند که نسبت $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{SO}_4^{2-})$ این منابع را بررسی می‌کند. در منابع مورد مطالعه Ca از منابع غیر ژئوسپی (نظیر پلاژیوکلازها) آزاد شده است. در حالی که با ادامه روند حرکت آب، Ca از آب توسط واکنش‌های تبادل یون و یا رسوب ترکیبات کلسیم دار حذف می‌شوند.

همچنین نسبت‌های Cl^- به مجموع آنیون‌ها و HCO_3^- به مجموع آنیون‌ها به عنوان معیارهایی برای بررسی واکنش‌های کلی بین سنگ و نظیر ورود شورابه‌ها، تبخیر آب، هوازُدگی سنگ و یا انحلال کانی‌ها در آب استفاده می‌شود.

جدول ۶-۶ مقادیر بحرانی در روش تعادل جرمی (Hounslow, 1995)

پارامتر	مقدار	نتیجه‌گیری
$SiO_2(mmoll/L)$	>0.5	احتمال انحلال شیشه آتشفشانی یا آب‌های هیدروترمالی
$\frac{SiO_2}{Na^+ + K^+ + Cl^-}$	<1 >1 و <2 >2	تبادل کاتیونی هوازدگی آلبیت کانی‌های فرومنیزین
$\frac{Na^+K^+ + Cl^-}{Na^+ + K^+ + Cl^- + Ca^{2+}}$	>0.2 و <0.8 <0.2 و >0.8	هوازدگی احتمالی پلاژیوکلازها هوازدگی غیر محتمل پلاژیوکلازها
$\frac{Na^+}{Na^+ + Cl^-}$	>0.5 $=0$ <0.5 (TDS>500) <0.5 (50<TDS<500) <0.5 (TDS<50)	منبع سدیم از منابعی به جز هالیت-آلبیت، تبادل یون انحلال هالیت نرم شدن معکوس، آب دریا خطای تجزیه آب باران
$\frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+} + SO_4^{2-}}$	$=0.5$ <0.5 pH<5.5 pH خنثی <0.5 >0.5	انحلال ژپس اکسیداسیون پیریت حذف کلسیم، تبادل یون یا رسوب کلسیت منبع کلسیم از منابعی به جز ژپس، کربنات‌ها یا سیلیکات‌ها
$\frac{Cl^-}{sumAnions}$	>0.8 (TDS>500) >0.8 (TDS<100) <0.8	آب دریا، شورابه یا تبخیر آب باران هوازدگی سنگ
$\frac{HCO_3^-}{sumAnions}$	>0.8 <0.8 و سولفات بالا <0.8 و سولفات پایین	هوازدگی کربنات یا سیلیکات انحلال ژپس آب دریا یا شورابه

جدول ۶-۷- بررسی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های نمونه‌های آبی در فصل خشک به روش تعادل جرمی

	PHM-004		PHM-005		PHM-006	
$\frac{Na^{+}K^{+}+Cl^{-}}{Na^{+}+K^{+}+Cl^{-}+Ca^{2+}}$	۰/۷۷	هواز دگی احتمالی پلاژیوکلازها	۰/۷۴	هواز دگی احتمالی پلاژیوکلازها	۲/۲۱	هواز دگی غیر محتمل پلاژیوکلازها
$\frac{Na^{+}}{Na^{+}+Cl^{-}}$	۰/۸۱	منبع سدیم از منابعی به جز هالیت-آلبیت، تبادل یون	۰/۷۹	منبع سدیم از منابعی به جز هالیت-آلبیت، تبادل یون	۰/۶۷	منبع سدیم از منابعی به جز هالیت-آلبیت، تبادل یون
$\frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+}+SO_4^{2-}}$	۰/۷۴	منبع کلسیم از منابعی به جز ژپیس، کربناتها یا سیلیکاتها	۰/۵۸	منبع کلسیم از منابعی به جز ژپیس، کربناتها یا سیلیکاتها	۰/۲۵	حذف کلسیم، تبادل یون یا رسوب کلسیت
$\frac{Cl^{-}}{sumAnions}$	۰/۰۵	هواز دگی سنگ	۰/۰۵	هواز دگی سنگ	۰/۱	هواز دگی سنگ
$\frac{HCO_3^{-}}{sumAnions}$	۰/۹	هواز دگی کربنات یا سیلیکات	۰/۸۶	هواز دگی کربنات یا سیلیکات	۰/۳۹	انحلال ژپیس

جدول ۶-۸- بررسی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های نمونه‌های آبی در فصل تر به روش تعادل جرمی

	PHM-R-004		PHM-R-005		PHM-R-006	
$\frac{Na^{+}K^{+}+Cl^{-}}{Na^{+}+K^{+}+Cl^{-}+Ca^{2+}}$	۰/۷	هواز دگی احتمالی پلاژیوکلازها	۰/۶۸	هواز دگی احتمالی پلاژیوکلازها	۲/۱۹	هواز دگی غیر محتمل پلاژیوکلازها
$\frac{Na^{+}}{Na^{+}+Cl^{-}}$	۰/۸۱	منبع سدیم از منابعی به جز هالیت-آلبیت، تبادل یون	۰/۸	منبع سدیم از منابعی به جز هالیت-آلبیت، تبادل یون	۰/۶۸	منبع سدیم از منابعی به جز هالیت-آلبیت، تبادل یون
$\frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+}+SO_4^{2-}}$	۰/۵۳	منبع کلسیم از منابعی به جز ژپیس، کربناتها یا سیلیکاتها	۰/۵۱	منبع کلسیم از منابعی به جز ژپیس، کربناتها یا سیلیکاتها	۰/۲۱	حذف کلسیم، تبادل یون یا رسوب کلسیت
$\frac{Cl^{-}}{sumAnions}$	۰/۰۵	هواز دگی سنگ	۰/۰۵	هواز دگی سنگ	۰/۱	هواز دگی سنگ
$\frac{HCO_3^{-}}{sumAnions}$	۰/۸۴	هواز دگی کربنات یا سیلیکات	۰/۸۴	هواز دگی کربنات یا سیلیکات	۰/۳۶	انحلال ژپیس



فصل هفتم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها



این فصل شامل بخش‌های زیر است:

مقدمه

بررسی غلظت عناصر و دیگر پارامترها در نمونه‌های آبی و رسوبات آبراهه

مقایسه کیفیت منابع آب در فصول خشک و تر

تیپ و رخساره آب

پیشنهادها

۷-۱- مقدمه

در این پایان‌نامه سعی شده است تا کیفیت آب شرب دو روستای معدن بالا و پایین که در محدوده معدن فیروزه قرار دارند مورد بررسی قرار گیرند. از این رو نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی منطقه تهیه و عکس‌های هوایی مورد مطالعه قرار گرفتند. مطالعات جامعی در راستای کیفیت آب شرب و عوامل آلوده کننده آب‌ها صورت پذیرفت و سپس نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ها انجام شد. رسوبات را جهت آنالیز XRF ارسال و با استفاده از نتایج آن نحوه توزیع غلظت عناصر در طول آبراهه مشخص گردید و ضرایب مختلف آلودگی مثل ضریب آلودگی، ضریب بارآلودگی، ضریب غنی‌شدگی، زمین‌انباشت و ضرایب همبستگی محاسبه گردید. به منظور بررسی کیفیت آب‌ها، نمونه‌های آبی برداشته شده طی دو فصل تر و خشک جهت آنالیز ICP-MS و اندازه‌گیری غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها اصلی ارسال و نتایج حاصل از آن با استانداردهای WHO و EPA و ۱۰۵۳ ایران مقایسه شد. با استفاده از نتایج آنالیزها، دیاگرام‌های مختلفی نظیر استیف، شولر، داروو، فیکلین، پایپر، نمودارهای مثلثی کاتیون‌ها و آنیون‌ها رسم گردید و سپس اندیس‌های آلودگی، اندیس سنجش فلز سنگین و درجه آلودگی محاسبه گردید. تغییرات غلظت پارامترها در دو فصل بررسی و با استانداردهای جهانی مورد مقایسه قرار گرفتند. در این بخش نتایج به دست آمده از بخش‌های مختلف پایان‌نامه بطور خلاصه آمده است.

۷-۲- بررسی غلظت عناصر و دیگر پارامترها در نمونه‌های آبی و رسوبات آبراهه

نمونه‌های برداشته شده از آبراهه مورد آنالیز XRF قرار گرفتند. در این نمونه‌ها غلظت SiO_2 بین ۴۴/۷۷ تا ۵۳/۱۴ درصد، Al_2O_3 بین ۱۳/۶۵ تا ۱۴/۸۵ درصد، Na_2O بین ۰/۳۸ تا ۱/۶۳ درصد، MgO بین ۰/۷۷ تا ۲/۷۳ درصد، K_2O بین ۵/۶۳ تا ۱۰/۴ درصد، TiO_2 بین ۱/۴۴ تا ۱/۷۵ درصد، MnO بین ۰/۳۴ تا ۰/۶۴ درصد، CaO بین ۲/۹۵ تا ۴/۷۹ درصد، P_2O_5 بین ۰/۴۴ تا ۰/۹۳ درصد، Fe_2O_3 بین ۹/۹۱ تا ۱۴/۹۳ درصد، SO_3 بین ۰ تا ۰/۰۸ درصد، LOI بین ۳/۵۶ تا ۸/۸۶ درصد، باریم

بین ۱۴۸۸ تا ۳۱۹۱ ppm، کبالت بین ۱۱۲ تا ۱۹۸ ppm، کروم بین ۳ تا ۸۲ ppm، مس بین ۹۶ تا ۲۴۸ ppm، نوبیوم بین ۱۵۰ تا ۲۵۴ ppm، نیکل بین ۳۴ تا ۵۶ ppm، اورانیوم بین ۴ تا ۱۲ ppm، توریوم بین ۱۵ تا ۲۲ ppm، سلنیوم بین ۱۸۱ تا ۳۵۷ ppm، کلر بین ۱۲۹۰ تا ۱۷۶۷ ppm، سرب بین ۴۱ تا ۹۰۹ ppm، روبیدیوم بین ۵۶۶ تا ۷۵۱ ppm، استرانسیوم بین ۷۶۳ تا ۱۱۹۳ ppm، وانادیوم بین ۳۵۳ تا ۵۶۷ ppm، تنگستن بین ۴۹ تا ۲۰۰ ppm، ایتریوم بین ۷۷ تا ۹۱ ppm، زیرکن بین ۵۹۷ تا ۱۱۸۲ ppm و روی بین ۱۶۳ تا ۴۶۲ ppm بوده است.

بررسی‌های انجام شده در مورد نمونه‌های آب برداشت شده و بررسی نتایج اندازه‌گیری غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و پارامترهای اصلی فیزیک و شیمیایی نشان می‌دهد که درجه حرارت آب بین ۱۷/۷ تا ۲۱/۷ درجه سانتیگراد، pH بین ۷/۳۸ تا ۷/۸۵، هدایت الکتریکی بین ۴۵۸ تا ۱۷۴۱ $\mu\text{S}/\text{cm}$ TDS بین ۳۸۰/۱۳ تا ۱۲۵۴/۲۹ mg/L، سختی کل بین ۱۱۰ تا ۵۵۰ mg/L، سختی کلسیم بین ۷۵ تا ۳۷۰ mg/L، خاصیت قلیایی کل بین ۲۰۰ تا ۲۸۳ mg/L، دی اکسید کربن بین ۸/۱۳ تا ۲۴/۱۳ mg/L، سدیم بین ۵۵/۸ تا ۱۸۵ mg/L، پتاسیم بین ۱ تا ۴/۷ mg/L، کلسیم بین ۳۰/۰۴ تا ۱۴۸/۱۸ mg/L، منیزیم بین ۸/۵ تا ۴۶/۶۲ mg/L، کلر بین ۱۴/۷ تا ۹۰/۲ mg/L، نیترات بین ۱/۹ تا ۱۸/۵ mg/L، بی کربنات بین ۲۴۴/۰۴ تا ۳۴۵/۳۲ mg/L و سولفات بین ۱۰/۳ تا ۴۴۶ mg/L بوده است. همچنین در مورد غلظت عناصر مورد مطالعه در منابع آبی، غلظت جیوه کمتر از ۱ ppb، آرسنیک بین ۰/۴ تا ۲/۳ ppb، آنتیموان کمتر از ۰/۵ ppb، سلنیوم بین ۰/۵ تا ۸/۱ ppb، سرب بین ۰/۳ تا ۳ ppb، کادمیوم کمتر از ۰/۵ ppb، نیکل بین ۰/۵ تا ۴/۴ ppb، کروم بین ۰/۲ تا ۷ ppb، وانادیوم بین ۰/۵ تا ۱ ppb، روی بین ۱/۷ تا ۱۱/۵ ppb و آهن بین ۱ تا ۴۸ ppb بوده است.

۷-۳- مقایسه کیفیت منابع آب در فصول خشک و تر

از آنالیز داده‌های رسوبات و اعمال محاسبات به این نتیجه می‌رسیم که، ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی برای عناصر سرب، مس و روی بالا بوده است. این در حالی است که محاسبات ضریب غنی‌شدگی و ضریب زمین‌انباشت نشان می‌دهد که عنصر سرب غنی‌شدگی متوسط تا شدید و از لحاظ ضریب زمین‌انباشت کمی آلوده تا خیلی آلوده محسوب می‌شود. برای عنصر مس غنی‌شدگی کم و ضریب زمین‌انباشت آن غیرآلوده تا کمی آلوده می‌باشد. برای عنصر روی غنی‌شدگی کم و از لحاظ زمین‌انباشت در محدوده غیرآلوده قرار دارد. این آنالیزها برای عناصر دیگر آلودگی بالایی نشان نداده است.

برخی از پارامترها با تغییر فصل از خشک به تر افزایش و برخی دیگر کاهش یافته‌اند. در این میان غلظت بی‌کربنات، نیتрат، کلر، کلسیم، پتاسیم، سختی کل، سلنیوم، سرب، نیکل و وانادیوم کاهش یافته است. غلظت سولفات، منیزیم، سدیم، آرسنیک، کروم، روی و آهن افزایش یافته است. مقدار آب و ورود آب‌های غنی از CO_2 محلول به آب‌ها، جذب و آزادسازی عناصر از سنگ و عوامل موثر بر آن در نهایت باعث این تغییرات می‌شوند.

تفسیر داده‌های نمونه‌های آبی حاکی از آن است که درجه آلودگی برای نمونه آبی قنات متوسط می‌باشد و برای نمونه‌های چشمه‌ها درجه آلودگی نزدیک به درجه آلودگی پایین قرار دارد. میزان فلزات سنگین در نمونه‌های آبی چشمه‌ها پس از ریزش باران کمترین مقدار خود را دارد (همانطور که در جدول ۶-۵) مشاهده می‌کنیم.

با توجه به شکل ۶-۱۸، مقایسه غلظت پارامترهای آنالیز شده نمونه‌های آبی با استانداردهای EPA و WHO نشان می‌دهد که نمونه برداشته شده از قنات در فصل خشک و همچنین در فصل تر، TDS، سختی کل، سولفات و سدیم بالایی دارد و نمونه‌های برداشته شده از چشمه‌های داخل تونل نسبت به استانداردها غلظت در حد قابل قبولی را نشان می‌دهد.

۷-۴- تیپ و رخساره آب

تیپ آب در نمونه‌های برداشت شده از چشمه‌ها در دو فصل بی‌کربناتی است و در نمونه‌های برداشت شده از قنات سولفات می‌باشد. با این وجود بررسی توالی آنیون‌های غالب نشان می‌دهد که در چشمه‌ها بی‌کربنات فراوان‌ترین آنیون و بعد از آن سولفات است در حالی که در قنات سولفات آنیون غالب و بعد از آن بی‌کربنات می‌باشد. در توالی کاتیون‌ها نیز در تمام نمونه‌ها سدیم غالب و بعد از آن کلسیم، منیزیم و کلر می‌باشد. رخساره آب‌ها در تمام منابع آبی سدیک می‌باشد.

۷-۵- پیشنهادها

جهت جلوگیری از مصرف آب آلوده بهتر است که از آب چشمه‌ها که میزان آلودگی آن بسیار پایین است استفاده شود زیرا این چشمه‌ها در بالادست معدن قرار دارند و با توجه به بررسی‌های انجام شده آلودگی آب در آن پایین است و حتی امکان از آب قنات بدین منظور استفاده نشود.

پیشنهاد می‌گردد در این منطقه مطالعات زمین‌پزشکی نیز انجام گیرد.

پیشنهاد می‌شود که بررسی‌هایی این‌چنین در معادن دیگر سطح کشور هر چند سال یک بار انجام شود و در صورت مشاهده آلودگی احتمالی، راهکارهایی در جهت کنترل آن بکار گرفته شود.



منابع



منابع

- آقایی ز، (۱۳۸۹)، پایان‌نامه ارشد، "بررسی هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی چشمه‌های کارستی پالنگان، کردستان"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- اصفیا و معتمدی، (۱۳۳۳) "گزارش معدن فیروزه نیشابور"، سازمان زمین‌شناسی.
- امیرخانی م، (۱۳۸۷) "نگرشی بر سنگ فیروزه و فراوری آن"، اندیشه.
- ثوابی غ، (۱۳۸۹)، پایان‌نامه ارشد، "آلودگی آبهای زیرزمینی در دشت مختاران بر پایه اطلاعات ژئوشیمیایی منطقه"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- خانیان ع. و اسپهبد و نعمت، (۱۳۵۴) "اکتشافات اورانیوم اطراف معدن فیروزه نیشابور"، سازمان زمین‌شناسی.
- دری م، (۱۳۵۷) "بررسی زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰ محدوده معدن نمک عمارلو در شمال غرب نیشابور".
- زاوش م، (۱۳۴۸) "کانی‌شناسی قدیم ایران"، انتشارات بنیاد فرهنگ.
- سایت پایگاه ملی داده‌های علوم زمین www.ngdir.ir
- سایت رسمی معدن فیروزه نیشابور www.firooze.web2end.com
- سایت سازمان هواشناسی www.weather.ir
- سایت سازمان زمین‌شناسی و اطلاعات معدنی کشور www.gsi.ir
- شاه حسینی م، دولتی ف، تنکابنی ض، (۱۳۸۹)، "بررسی آلودگی فلزات سنگین در کارخانه ذغال‌شویی انجیرتنگه با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب"، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین.
- صداقت م، (۱۳۸۶) "زمین و منابع آب (آب‌های زیر زمینی)"، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- فیاض ه، (۱۳۴۵) "شناخت مواد معدنی"، انتشارات تهران.
- نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰ معدن، آب منطقه‌ای نیشابور.
- نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- مر ف، اسماعیلی ک، بهروز م، پیروزیان ن، (۱۳۸۸)، "ارزیابی اثرات زیست محیطی کنسار مس سونگون بر رسوبات رودخانه‌های منطقه"، کنفرانس مهندسی معدن، ص ۳۸۸-۳۹۵.
- مر ف، شرفی ع، (۱۳۷۳)، ترجمه، "اصول ژئوشیمی"، مرکز نشر دانشگاهی شیراز، ص ۴۳۵.
- معزز لسکو ض، (۱۳۴۲) "گوهرشناسی-بررسی سنگهای قیمتی".
- Alkarkhi A.F.M., Ismai N., Ahmed A., and Easa A., (2008), "Analysis of heavy metal concentrations in sediments of selected estuaries of malaysia-a statistical assessment", Environmental Monitoring and Assessment.

- Akabzaa T.M., Jamieson H.E., Jorgenson N., Nyame K., "The combined impact of mine drainage in the Ankobra river basin, SW Ghana", *Environmental Monitoring and Assessment*, 28,50-64.
- Backman B., Bodis D., Lahermo P., Rapant S., Tarvainen T., (1997), "Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia", *Environmental Geology*, 1, 23-30.
- Bazin D., Hubner H., Parsa T., (1972), "Nishapur turquoise mine".
- Benedtti M.F., Dia A., Riotte J., Chabaux F., Gerard M., Boulegue J., Fritz B., Chauvel C., Bulourde M., Deruelle B., Ildefones P., (2003), "Cemical Weathering of basaltic lava flows undergoing extreme climatic condition, The water geochemistry record", *Chemical Geology*, 201, 1-17.
- Bhuiyan M.A.H., Islam M.A., Dampare S.B., Parvez L., Suzuki S., (2010), "Evaluation of hazardous metal pollution in Irrigation and drinking water system in the Vicinity of a coal mine area of northwestern Bangladesh", *Journal of Hazardous Materials*.
- Cevik F., Goksu M., Derici O., Findik O., (2009), "An assessment of meral pollution in surface sediment of Seykan dam by using enrichment factor, Geoaccumulation index and statistical analysis", *Environmental Monitoring and Assessment*, 1, 43-52.
- Edet A.E., Offiong O.E., (2002), "Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring. Study case from Akpabuyo-Odukpani area, Lower Cross River Basin, southeastern Nigeria", *Geology Journal*.
- Gonzales- Macias C., Schifter I., Liuoch- Cota D.B., Endez- Rodriguez L., Hernandez- Vazquez S., (2006), "Distribution, enrichment and accumulation of heavy metal in coastal sediment of Salina Cruz Bay, Mexico", *Environmental Monitoring and Assessment*, 2, 1-11.
- Hajizadeh H., Karami G.H., Saadat S., (2010), "A study on chemical properties of groundwater and soil in ophiolitic rocks in Firuzabad, east of Shahrood, Iran: with emphasis to heavy metal contamination", *Environmental Monitoring and Assessment*.
- Huang X., Sillanpaa M., Gjessing E.T., Peraniemi S., Vogt R.D., (2010), "Environmental impact of mining activities on the surface water quality in Tibet: Gyama valley", *Science of the Total Environment*, 408,4177-4184.

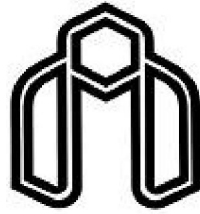
- Heikkinen P.M., Raisanen M.L., Johnson R.H., (2008), "Geochemical characterisation of seepage and drainage water quality from two sulphide mine tailings impoundments: Acid mine drainage versus neutral mine drainage", *Environmental Monitoring and Assessment*, 28, 30-49.
- Hounslow A.W., (1995), "Water quality data, analysis and interpretation", CRC press, 1, 355.
- Hull Sh., (2008), "A new approach to determining the geological provenance of turquoise artifacts using hydrogen and copper stable isotopes".
- Jamieson H.E., Robinson C., Alpers C.N., Nordstrom D.K., Poustoveot A., Lowers H.A., (2005), "The composition of coexisting jarosite-group minerals and water from the Richmond mine, Iron Mountain, California", *The Canadian Mineralogist*, 43, 1225-1242.
- Jarchofsky, Sadrzadeh, Tadayon, Ziegler, (1986), "Preliminary account related to short examination of maadan turquoise mine area".
- Lekhov A.V., Shvarov Y.V., Shvarov O.Y., (2002), "Interpretation of the results of a field experiment on radionuclide migration in groundwater", *Geochemistry International*, 40, 125-131.
- McGregor R.G., Blowes D.W., Jambor J.L., Robertson W.D., (1998), "The solid-phase controls on the mobility of heavy metals at the Copper Cliff tailings area, Sudbury, Ontario, Canada", *Journal of Contaminant Hydrology*, 33, 247-271.
- Meck M., Atlhopheng J., Masamba W.R.L., (2009), "Current impact of mining alkaline rocks on Save River water quality in Zimbabwe", *Journal of African Earth Sciences*, 55, 58-62.
- Mohan, Nathila S.V., Reddy S.J., (1996), "Estimation of heavy metal in drinking water and development of heavy metal pollution index", *Journal of Environmental Science Health*, 1, 54-60.
- Movahed M., (1988) "Neyshabur turquoise mine".
- Muller, G., (1979), "Schwermetalle in den sedimenten des Rheins-Veränderungen seit 1971", *Umschau*, 79, 778-783.
- Pekey H., (2006), "Heavy metals assessment in sediments of the Izmit bay, Turkey", *Environmental Monitoring and Assessment*, 1, 219-231.

- Romero F.M., Armeinta M.A., Gonzalez-Hernandez G., (2007), "Solid-phase control on the mobility of potentially toxic elements in an abandoned lead/zinc mine tailing impoundment, Taxco, Mexico", *Applied Geochemistry*, 22, 109-127.
- Taylor S.R., (1964), "Abundance of chemical elements in the continental crust:a new table", *Geochemical cosmochimica, Acta*28, 1273.
- Wang Sh., Cao Z., Lan D., Zheng Z., Li G., (2008), "Concentration distribution and assessment of several heavy metal in sediment of west- four Pearl River, Estuary", *Environmental Geology*, 4, 26-41.
- Zhang W., (2009), "Heavy metal contamination in surface sediments of Yangtze River intertidal zone: An assessment from different indexes", *Environmental Pollution*1-11.

Abstract

Neyshabour Turquoise Mine is located in the Khorasan Razavi Province and in 53 Kilometer of Northwest of the Neyshabour city, near the Binaloud mountains. There were two villages near the mine. Drinking water of two villages is provided from a spring inside of an abandoned tunnel. Due to the mining operation, local drinking waters were affected by a number of elements such as Pb, Zn, U, Cu and Cr. In order to investigate the effect of mining activity on water quality, six samples were collected from both water and sediments of the waterways in two different time period (December 2010 and January 2011). Sediments and drinking water samples were sent to laboratory for XRF and ICP-MS respectively to measure anions, cations and heavy metal concentrations. Analysis results of sediment samples show high concentrations for Pb, U, Cu and Cr. Contamination factor (CF) calculated for Pb, Cr, U and Cu were 6.52, 1.99, 1.53 and 1.55 respectively. The CF values for these elements were high. In addition, Pollution Load Index (PLI) was computed for Pb (2.31), Cu (1.39), Cr (1.33) and Zn (1.31) that were evaluated to be high. Enrichment factor (EF) for Pb varies between intermediate and high and Muller factor was slightly high for this element. HEI and Cd indices which were calculated for all water samples were above 1 in dry season. Moreover, HPI was above 100 and HPI index was above 100 for all water samples in wet season. The types of water samples taken from spring and Qanat in both seasons were Na- bicarbonate and Na-sulfate respectively. It was found that TDS, TH, Na and SO₄ of water samples measured in two seasons were slightly higher than those recommended concentrations by WHO and EPA standards.

Key words: Environmental impacts, water quality, water type, Neyshabour Turquoise mine



Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum & Geophysics

A Thesis for the Achievement of the Degree of Master of Engineering

Investigation of environmental impacts of Nayshabour Turquoise mining activity on water quality

Ali asghar Shahani

Supervisor:

Dr. Faramarz Doulati Ardejani

Advisor:

Dr. Majid Ansari Jafari

Date: July 2011