نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۶۱، تابستان ۱۴۰۰

بررسی تاثیر ویژگی های زمین شناسی و سنگ شناسی بر تغییرات کیفیت آب در محدوده ارتفاعات جغتای خراسان رضوی از حیث کرومیت

دریافت مقاله: ۹۷/۶/۱۵ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۱۰/۲۷

صفحات: ۹۴-۷۹

علی اکبر شایان یگانه: دکتری ژئومورفولوژی، مدرس دانشگاه فرهنگیان علامه طباطبایی سبزوار، ایران[1]
Email: aasy@gmail.com
مینا فیروز یزدی: کارشناسی اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، ایران.
Email: mina.yazdi1511@ut.ac.ir
جواد جمال‌آبادی: دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، ایران
Email: javadjamalabadi@yahoo.com

چکیده

یکی از حیاتی ترین نیازهای بشر آب است. عنصر کروم یکی از فلزات سنگین است که موجب آلودگی آب در مناطق مختلف می شود. منطقه مورد مطالعه ارتفاعات جغتای و دشت های داورزن، خوشاب، جغتای، جوین و سبزوار در استان خراسان رضوی می باشد. در این پژوهش آلودگی آب به عنصر کروم و نیز تاثیر سنگ شناسی ارتفاعات جغتای برکیفیت آب منطقه از حیث کرومیت، بررسی و تجزیه و تحلیل شده است. در این تحقیق تعداد ۱۳ نمونه، جمع آوری و با روش طیف سنج اتمی آزمایش گردیده و با مقایسه آنالیز داده های ژئوشیمی و حدود استاندارد، میزان کروم موجود در آنها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان می دهد که مقدار کروم در منابع آبی انتخاب شده بین ۰/۳-۲/۱ میلی گرم در لیتر متغیر است. نمونه های ژئوشیمی از ۲۱۰ppm تا ۴۷۰۰ ppm متغیر است. سنگ شناسی منطقه بالاخص معادن کرومیت بر کیفیت آب تاثیر گذاشته است. اما تراکم گسلها و مخروط افکنه ها بر مقدار کروم حل شده تاثیری نداشته است. تاثیر شیب لایه های زمین شناسی مثبت است و نقش میزان اسیدیته در آلودگی آب به کروم ضعیف می باشد. در نهایت مقدار کروم در برخی نمونه ها بیش از حد استاندارد است و باید از سوی متولیان امر مد نظر قرار بگیرد.

کلید واژگان: کرومیت، کیفیت آب، ارتفاعات جغتای، عناصر سنگین.

۱. **نویسنده مسئول**: سبزوار، چهار راه ضمن خدمت، دانشگاه فرهنگیان واحد علامه طباطبایی، ۰۹۱۵۹۷۴۱۱۸۹

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

مقدمه

آب یکی از منابع حیاتی است که به‌طور بالقوه بر تمامی جنبه‌های زندگی روزمره تأثیر می‌گذارد(احمدی و زارعی، ۱۳۹۶: ۱۹۶). دسترسی به آب آشامیدنی سالم یکی از شاخص‌های بهداشتی تعیین شده توسط سازمان جهانی بهداشت[1]و مورد توجه مسئولین ذیربط جوامع مختلف می باشد(جنیدی و همکاران،۱۳۹۱: ۵۲۴). امروزه بررسی های کیفی آب، دامنه ی گسترده تری پیدا کرده و مسائل مربوط به آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی را نیز شامل می‌گردد(محمدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳). آلودگی می تواند از منابع مختلف و راههای گوناگون وارد آب شود. علاوه بر آلودگی میکروبی، آلودگی شیمیایی نیز یکی از مسائل مهم در بحث بهداشت آب می باشد. در این میان فلزات سنگین نیز از اهمیت ویژه ای برخوردارند(علیدادی و همکاران،۱۳۹۲: ۲۸). یکی از چالش های اساسی و مهم در زمینه های زیست محیطی، افزایش تدریجی و یا تجمع غلظت فلزات سنگین در غلظت بالا به سبب عدم تجزیه آنها در محیط می باشد(لاسیت[2]، ۲۰۰۳: ۱۱۰)؛ و این مطلب یکی از شدید ترین تهدیدات به خاک، گیاهان، سلامت انسان و محیط است(سید محمد[3]، ۲۰۱۳). فعالیت هایی که باعث افزایش فلزات سنگین می شوند عبارتند از سوزاندن زغال سنگ و نفت، صنایع فولاد، روش های ذوب، صنعت سیمان و عملیات استخراج معادن(داویلا و همکاران[4]، ۲۰۱۲: ۸). متداولترین فلزات سنگین آلوده کننده آب شامل کادمیوم، کروم، مس، روی و سرب است که غلظت شان از چند میکروگرم تا چند میلی گرم در کیلوگرم متغیر است. در جدول تناوبی کروم (Cr) دارای عدد اتمی ۲۴، توده اتمی ۵۲، تراکم 7/19 g / cm3، نقطه ذوب ۲۱۳۰ K و نقطه جوش ۲۷۵۵ K است(ووآنا و اکیمن[5]،۲۰۱۱). کروم (Cr) به عنوان یک محصول سنگ معدن اولیه به شکل کرومیت مشتق شده، FeCr2O4 استخراج می‌شود(بوآدو تئوفیلوس[6]، ۲۰۱۲). این عنصر از نظر فراوانی هفدهمین عنصر پوسته زمین می باشد که میانگین تمرکز آن در پوسته زمین در حدود ۵۱۱ ppm و در سنگهای بازالتی و اولترامافیک ۱۱۱-۱۰۱۱ ppm می‌باشد(نریگو و نیبور[7]، ۱۹۹۸: ۸۴). کروم در آبهای زیرزمینی به دو شکل کروم (III) و کروم (VI) در محیط وجود دارد(رای و همکاران[8]، ۱۹۹۸). هرچند کروم (III) یک عنصر مغذی و ضروری برای بدن است(دایقردی[9]، ۱۹۹۸) و نیز در عملکرد انسولین موثر است (اندرسون[10]، ۱۹۹۹: ۷۷)؛ اما کروم (VI) سمی و سرطان زا می‌باشد (ریچارد و بورد[11]، ۱۹۹۱: ۸۰۹) که سبب زخم پرده بینی، برونشیت، خشکی و حساسیت پوست و نیز سرطان ریه و پوست می‌شود (گاد[12]، ۱۹۹۸) و تولد نوزادان ناقص الخلقه از عوارض آن می‌باشد(نوردبرگ[13]، ۲۰۰۷). از نظر زمین شناسی،

1 World Health Organization
2 Lasate
3 Said mohammad
4 davila et al
5 Wuana and Okieimen
6 Boadu Theophilus
7 Nriagu and Nieboer
8 Rai et al.
9 Daugherty
10 Anderson
11 Richard and Bourg
12 Gad
13 Nordberg

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

کانسارهای کرومیت در ارتباط با سنگهای اولترابازیک نظیر پریدوتیت[۱]، دونیت[۲]، پیروکسینت[۳] و سرپانتینت[۴] می‌باشند که مربوط به پوسته‌های اقیانوسی است که در پی باز شدن گودال‌های ژرف و نفوذ توده‌های اولترابازیک در پوسته قاره ای، کرومیت، همراه آن به سطح می‌رسد(شایسته فر،۱۳۹۳: ۵۴). منطقه افیولیتی سبزوار در حاشیه ایران مرکزی قرار داشته و قسمت وسیعی از آن حاوی کالرملانژ، سنگ آذرین اولترابازیک، سنگ نفوذی با ترکیب حد واسط است، همچنین شامل آتشفشان های نئوژن و ائوسن و سنگ های نفوذی است (علوی تهرانی،۱۳۶۰). با توجه به اینکه در محدوده ی مورد مطالعه منابع وسیع و سرشار کرومیت وجود دارد، بررسی امکان آلودگی منابع آب زیرزمینی به عنصر کروم حائز اهمیت است.

در دنیا پیشینه تحقیق در مورد کرومیت، قدمت ۲۲۰ ساله دارد. در سال ۱۷۹۷، وکلین[۵] شیمیدان فرانسوی برای اولین بار عنصر کرم (Cr) و نمونه های کانسنگ کرومیت را در یکی از معادن طلای سیبری نخستین کانی کروم دار کشف و آن را کرومیت با ترکیب PbCrO4 نامگذاری کرد(شایان یگانه،۱۳۸۷ :۳۷). کین و همکاران[۶] (۲۰۱۰)، در پژوهش خود به آلودگی فلزات سنگین خاک های کشاورزی در اطراف معادن کرومیت در ویتنام پرداختند و نتایج خود را این گونه ارائه دادند: آلودگی شدید خاک های شور زمین های پایین با Cr، Co و Ni به علت فعالیت های معدنی نشان می‌دهد که خطرات جدی سلامت از طریق محصولات کشاورزی، از جمله دام در این منطقه وجود دارد. باندیتا دئو و همکاران[۷] (۲۰۱۱) در پژوهش خود با عنوان جذب فلزات سنگین توسط گونه های گیاهی که بر روی سنگ های معدنی زغال سنگ در مناطق جنوب غربی گرمسیر هند رشد می‌کنند، به این نتیجه رسیدند که: عناصری مانند al و cr عناصری ضروری هستند و می توانند به رشد گیاه کمک کنند. همچنین به این نتیجه رسیدند که ضریب همبستگی بین ضایعات معدنی و گیاهان طبیعی وجود ندارد و همچنین به طور کلی، معادن زغال سنگ خاکی بیش از حد سمی نیستند. پیشینه کاوش و تحقیق بر روی کرومیت در ایران به ۸۰ سال پیش بر می گردد و باید گفت کرومیت اولین بار در سال ۱۳۱۹ در ۱۴ کیلومتری کاهک (منطقه‌ای از اطراف سبزوار) کشف و سالانه در حدود ۱۰۰۰ تن کرمیت از آن استخراج می شده است(شایان یگانه،۱۳۸۷ :۳۷). طیبی و شایان یگانه(۱۳۸۷ :۱۲-۱) در تحقیقی با عنوان اندازه گیری کمی آهن و کروم در برخی منابع آب زیرزمینی محدوده معادن غنی کرومیت شمال غرب استان خراسان رضوی به این نتیجه رسیده اند که: آنالیز نمونه ها مقـدار کـروم را بـالا نشان می دهند. این نمونه ها مربوط به آب های زیزمینی حوالی دشت فرومد تا دشت داورزن می باشند و مقـدار کـروم در آنها بالا است. شهریاری و همکاران (۱۳۹۰: ۴۱-۳۳) در پژوهشی با عنوان غلظت کروم و مس در آب های زیرزمینی و شبکه توزیع آب آشامیدنی در بیرجند میزان کروم در آب آشامیدنی شهر بیرجند را بالاتر از حد استاندارد تشخیص داده اند و همچنین اندازه ی رسوبات در نقاط مختلف دشت متفاوت است که این امر بر کیفیت و کمیت آب های زیر زمینی تاثیر می گذارد و احتمالا دلیل بالا بودن بعضی عناصر سنگین از جمله کروم در منابع آب شهرستان بیرجند همین سازندهای زمین شناسی

1 pirdutite
2 Dunite
3 Perucsinit
4 Serpentinite
6-Vauquelin
6 Kien et al
7 Bandita deo et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

می باشد. قاسمی و رزم آرا (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان تاثیرات زیست محیطی کروم (Cr) موجود در افیولیت ها و معادن کرومیتی منطقه گرماب آبدارو (شمال شرق تربت حیدریه) بر منابع آب و خاک منطقه نتیجه گرفتند که در پساب های معدنی منطقه گرماب آبدار و غلظت بالایی از کروم وجود دارد (حدود ۳ برابر استاندارد) و حتی چندین منبع آبی منطقه در حد آب آلوده تشخیص داده شد (۹ نمونه از آبهای منطقه بالاتر از حد مجاز بود). بیشترین میزان کروم در آبهای مجاور سدهای باطله چشمه عسگرد به علت قرارگیری در کنار سدهای باطله معادن کرومیتی موجود در افیولیت ها می باشد. کمترین آلایندگی کروم در مجاورت رس ها (در چشمه حسنعلی شاه)، به دلیل جذب کروم توسط رس ها می باشد. نظری و همکاران (۱۳۹۳: ۸-۱) در تحقیقی با عنوان ارزیابی عناصر سنگین موجود در منابع آب در کمپلکس های افیولیتی منطقه پانگی(کته تلخ، شمال غرب تربت حیدریه ایران) به این نتیجه رسیدند که منابع آلودگی به عناصر سنگین منطقه تابع دو عامل عمده است: یکی در ارتباط با لیتولوژی منابع افیولیتی غالب منطقه که عناصر کروم و آهن استرنسیوم و مس و منگنز عمدتا به این دلیل است و دیگری فعالیتهای معدنی در آنجا می باشد که عناصری همچون نیکل و کروم به این علت افزایش چشمگیری داشته است. سلگی و پرماه[1](۲۰۱۵: ۲۳۸۷-۲۳۸۰)، در مقاله ای تحت عنوان آنالیز و اندازه گیری آلودگی کروم و نیکل در خاکهای اطراف معادن کرومیت باغجر در کمربند افیولیتی سبزوار، شمال شرق ایران به این نتیجه رسیدند که آلودگی قابل ملاحظه است و خاک های اطراف معدن از حد طبیعی بیشتر آلودگی دارد. همچنین نتایج نشان می دهد با فاصله گرفتن از معدن مقدار تمرکز این عناصر بیشتر می شود که حکایت از حمل با فاصله زیاد از منابعشان دارد. جعفریان و جعفریان[2](۲۰۱۷: ۱۹۰-۱۸۳)، در مقاله ای تحت عنوان آلودگی زمین زاد و انسان زاد کروم در آبهای زیر زمینی در منطقه افیولیتی شمال شرق ایران با نمونه گیری از ۲۳ نمونه از آب های زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که مقدار کروم در منطقه ۲۵۵۸ ppm بوده و از گستره ۸۳۲ تا ۴۵۲۵ ppm پراکنده می باشد. لایه های دونیت در منطقه به لحاظ زمین زاد و فعالیت های معدنی به عنوان انسان زاد می تواند عوامل مهم آلودگی کروم در منطقه باشد.

ارتفاعات جغتای، در کنار گسل درونه، یکی از عمده ترین مناطق افیولیتی ایران است و یک مجموعه افیولیتی تقریبا کاملی به حساب می‌آید. با توجه به جنس زمین شناسی که عموما هارزبورژیت است و تعدد معادن کرومیت و بهره برداری از آن، این مساله به ذهن متبادر می‌شود که آیا آب منطقه به کرومیت آلوده شده است یا نه؟ و چه مواردی از زمین شناسی می‌تواند در تشدید این آلودگی‌ها کمک کند؟ این پژوهش در نظر دارد تا پاسخ مناسبی به این سوالات داشته باشد.

روش تحقیق

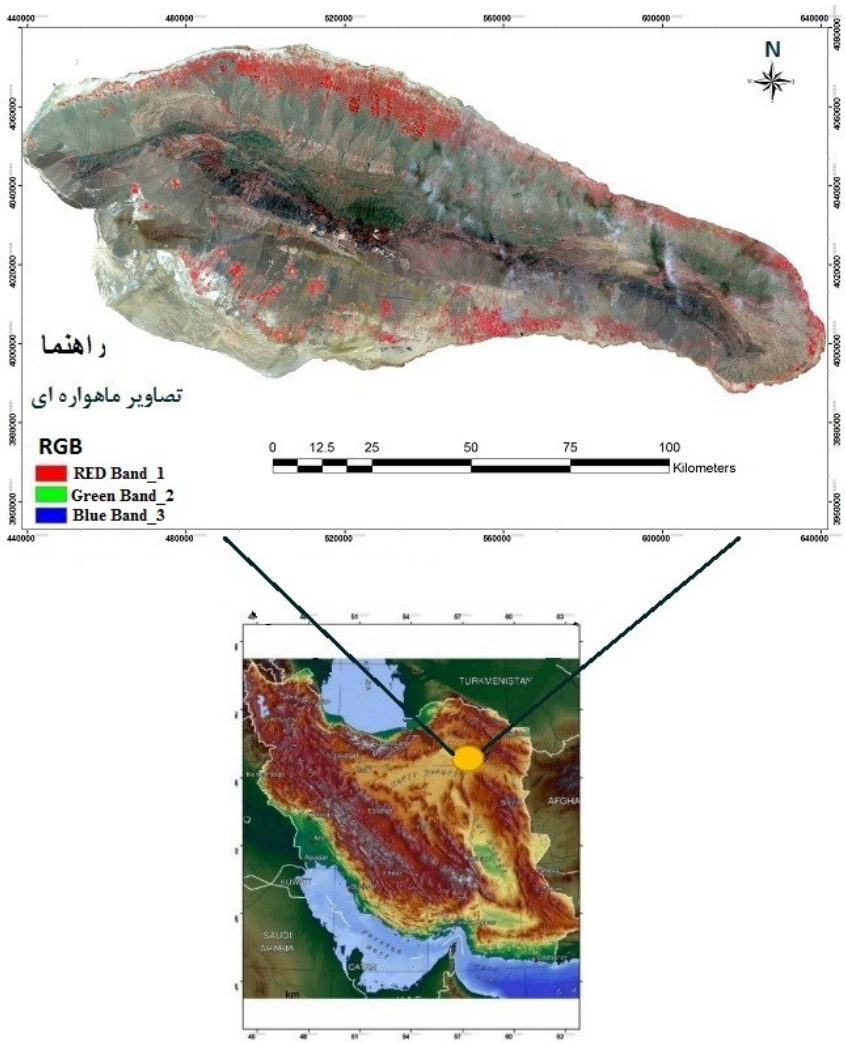
موقعیت جغرافیایی منطقه ی مورد مطالعه

ارتفاعات جغتای در منطقه مورد مطالعه از لحاظ موقعیت ریاضی بین ″ ۰۰ ′۱۰ °۳۶ تا ″۳۰ ′۳۹ °۳۶ عرض شمالی و ″ ۰۰ ′۴۵ °۵۶ تا ″۳۰ ′۱۸ °۵۸ طول شرقی واقع شده است و دارای مساحتی معادل ۱۹۸۹۸ کیلومترمربع می‌باشد. ارتفاعات جغتای از نظر موقعیت نسبی، به موزات رشته کوه های آلاداغ به بینالود و در

1 Solgi and Parmah
2 Jafarian and Jafarian

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

جنوب آن با روند شمال غرب به جنوب شرق قرار دارد و پهنای آن بین ۱۲ تا ۳۰ کیلومتر متغیر است و این ارتفاعات جداکننده دشت سبزوار از دشت جوین می‌باشد. از نظر سیاسی این منطقه از شمال به شهرستان های خوشاب، جوین و جغتای، از جنوب به دشت ششتمد – روداب، از مشرق به فیروزه نیشابور و از مغرب به بخش میامی شاهرود محدود می‌گردد. شکل(۲).



شکل (۲): موقعیت منطقه مورد مطالعه (منبع : نگارندگان،۱۳۹۷)

داده و روش کار

این تحقیق ماهیتا جزء تحقیقات عِلی می‌باشد و برای پی بردن به روابط علت و معلولی پدیده ی مورد نظر(در این جا بررسی عوامل لیتولوژیکی برکیفیت آب) از این گونه تحقیق استفاده می‌شود، برای جمع آوری اطلاعات در این تحقیق از سه روش میدانی، کتابخانه ای و آزمایشگاهی استفاده شده است. در روش کتابخانه ای از کتب

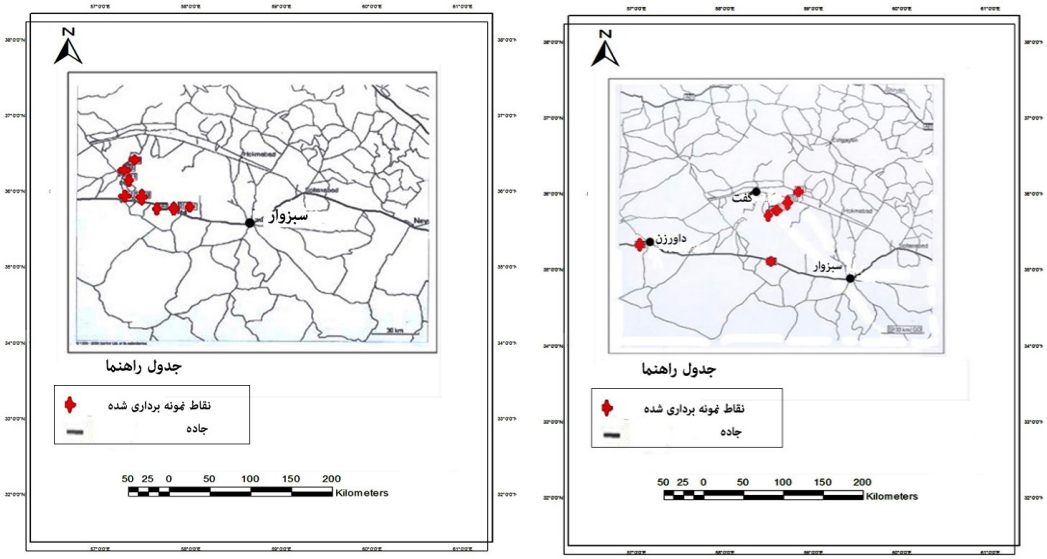
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

مختلف در این زمینه، اسناد کتبی و تصویری مانند مقالات، طرح های پژوهشی، سالنامه های آماری، نقشه های توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰ و زمین شناسی۱:۱۰۰۰۰۰، گزارشات شفاهی کارشناسان و صاحب نظران سایر نهادها و ادارات از جمله، سازمان آب منطقه ای خراسان، اداره ی آب و فاضلاب شهری سبزوار، اداره ی صنایع و معادن استفاده شده است. برای جمع آوری داده های جغرافیایی از دستگاه GPS استفاده شده است. برای تکمیل روش کتابخانه ای اقدام به مشاهدات میدانی منطقه نیز گردیده است. از روشهای آمار توصیفی و استنباطی جهت طبقه بندی داده های آماری و خلاصه سازی اطلاعات در قالب نمودارها، جداول و هیستوگرام تحلیل ارتباط بین متغیرها استفاده گردیده است. در تهیه ی نقشه ها و نمودارها از نرم افزارهای spss – photoshop – microsoft excel – GIS استفاده شده است. باتوجه به حجم و وسعت زیاد منطقه، معمولا از روش نمونه گیری و تعمیم نمونه به جامعه استفاده گردیده است. برای دست یابی به نتایج مطلوب، لازم است که تجزیه و تحلیل بر روی نمونه ای انجام شود که ترکیب آن کاملا انعکاسی از ترکیب کل منطقه باشد. مولفه ها، ترکیبات و عناصری که قابل اندازه گیری هستند عبارتند از کروم، آهن، بی کربنات، منیزیم، کلسیم، سولفات، سدیم، کلر، EC و PH نکته قابل توجه آن است که نباید فاصله بین نمونه گیری و آنالیز زیاد باشد. در این تحقیق نمونه ها در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ به وسیله ظروف پلی اتیلن۵۰۰ میلی لیتری از نقاطی همچون روستاهای زیور، صد خرو، چشمه های اطراف معدن گفت، شهر داورزن، اطراف روستای کاهک، معادن فرومد و اطراف آن برداشت شده است. برای پیشگیری از تاثیر آلودگی بر روی نتایج، ابتدا ظروف با اسید نیتریک غلیظ و سپس آب مقطر شسته شد و ظروف نمونه برداری کاملاً توسط نمونه پر شد تا هوا وارد آن نگردد و تا تکمیل عملیات برداشت، نمونه ها در درجه حرارت پایین (یخچال) نگه داری و بلافاصله جهت کسب نتایج به آزمایشگاه آنالیز شیمی دانشگاه حکیم سبزواری منتقل گردیده و با روش طیف سنجی جذب اتمی[1] نمونه ها آزمایش شده است. طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) یک روش اسپکتروسکوپی برای اندازه‌گیری کمی عناصر شیمیایی با استفاده از جذب اشعه نوری (نور) توسط اتم در حالت گازی است. در شیمی تجزیه این تکنیک برای تعیین غلظت یک عنصر خاص در یک نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس این تکنیک، استفاده از دستگاه جذب برای ارزیابی غلظت آنالیت در نمونه است؛ لذا نیازمند رابطه‌ای بین میزان نور جذب شده توسط نمونه و غلظت نمونه هستیم. به‌طور خلاصه الکترون‌های اتم‌ها با جذب طول موج مشخصی (انرژی) می‌توانند به سطوح بالاتر انرژی بروند و برای مدت کوتاهی به حالت برانگیخته در بیایند. هر عنصری فقط به یک طول موج مشخص پاسخ می‌دهد. هنگامی که اتم برانگیخته به حالت پایه برمی‌گردد طول موج مشخصی از خود ساطع می‌کند با اندازه‌گیری میزان جذب نمونه و رسم منحنی کالیبراسیون پی به میزان مجهول در نمونه می‌بریم. در این تحقیق تعداد ۱۳ نمونه از منابع آب زیرمینی (چاه کشاورزی، عمیق، نیمه عمیق، چشمه و قنات) و سطحی همچون رودخانه‌ها، برای بررسی دقیق تر علاوه بر داده های ژئوشیمی انتخاب شده است. شکل (۱). در انتخاب این مسیرها عواملی همچون نیمرخ زمین شناسی، دوری و نزدیکی به معدن، تنوع در سنگ شناسی منطقه، وجود مخروطه افکنه و ارتفاع و یال شمالی و جنوبی در نظر گرفته شده است. به عبارتی از مناطقی برای نمونه برداری استفاده شده است تا این فاکتور ها در آلودگی آب

۱. Spectroscopy طیف سنجی جذب اتمی در شیمی تجزیه، روشی برای تعیین غلظت یک عنصر فلزی خاص در نمونه است که از آن برای تعیین غلظت بیش از ۶۲-عنصر مختلف می توان استفاده کرد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

بررسی شود. مثلا از دو یال شمالی و جنوبی نمونه برداشته شد تا تفاوت یال ها بررسی شود. از فواصل مختلف تا معدن نمونه برداشت شد تا فاصله تا معدن بر روی آلودگی بررسی شود. در ارتفاعات متفاوتی نمونه ها برداشت شد تا نقش ارتفاع در آلودگی بررسی شود.



شکل (۱): مسیر نقاط نمونه برداری شده (منبع : نگارندگان،۱۳۹۷)

نتایج

موقعیت محل های نمونه برداری شده و نتایج حاصل از نمونه برداری‌ها پس از آزمایش در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱) : نتایج آنالیز نمونه های انتخابی اطراف معادن گفت و میر محمود. (منبع : نگارندگان،۱۳۹۷)

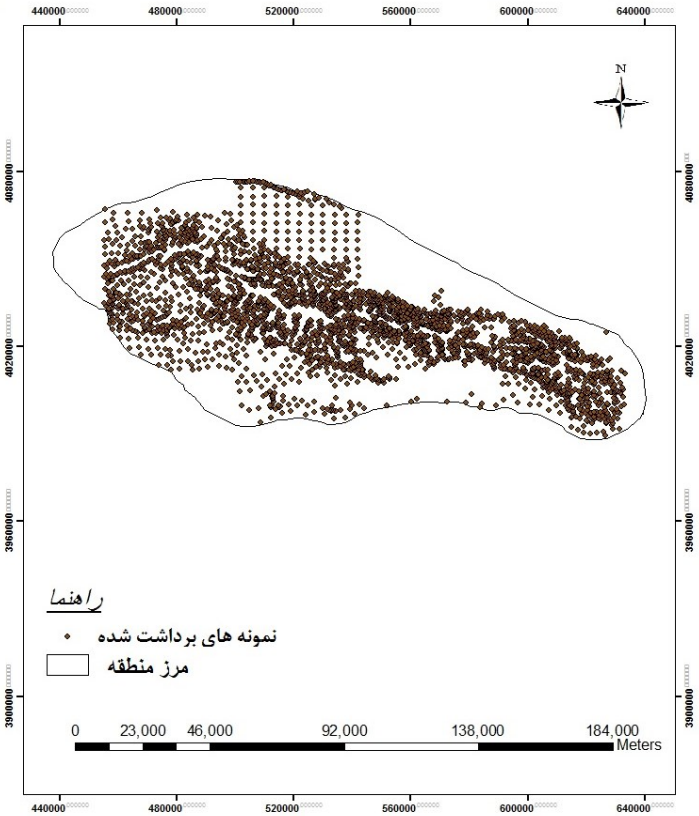
شماره نمونه	نام محل	UTM X	UTM Y	ارتفاع محل	EC (µs)	$[Cr^{+2,+3,+6}]$ Mg/l	pH	سختی کل Mg/l
۱	روستای زیور	۵۰۴۲۳۱	۴۰۶۴۵۹۴	۱۱۰۲	۶۵۱	۱/۷	۸/۶	۳۸
۲	چشمه داخل معدن گفت	۵۰۰۷۷۹	۴۰۵۲۲۶۰	۱۶۰۲	۴۴۳	۱/۵	۸/۹	۱۳۰
۳	چشمه خروجی از زیر معدن گفت	۵۰۰۴۷۲	۴۰۵۱۹۰۵	۱۶۵۴	۴۲۲	۲/۱	۹/۷	۱۲۵
۴	چشمه اطراف معدن گفت	۵۰۱۲۶۳	۴۰۵۲۵۴۹	۱۵۵۶	۴۶۹	۲/۱	۸/۸	۱۱۰
۵	چشمه پایین دست معدن گفت	۵۰۱۵۱۸	۴۰۵۲۳۶۲	۱۵۴۱	۶۱۸	۲/۱	۸/۴	۱۶۰
۶	حوالی روستای کاهک	۴۷۹۳۳۹	۴۰۲۳۱۷۸	۹۳۰	۷۵۰	۰/۳	۸/۴	۲۲۰
۷	چاههای منطقه شرق فرومد	۴۷۹۱۰۰	۴۰۳۵۵۸۱	۹۹۳	۵۲۰	۰/۴۵	۸/۳	۱۶۵
۸	پایین دست معدن فرومد	۴۷۸۲۷۰	۴۰۳۶۴۲۰	۱۱۸۶	۴۵۰	۱/۲	۸/۸	۱۴۳
۹	معدن فرومد	۴۷۷۷۵۷	۴۰۴۱۳۲۶	۱۲۴۸	۴۳۰	۱/۸	۹/۲	۱۳۰
۱۰	دشت زیر معدن فرومد	۴۷۸۷۳۴	۴۰۳۷۲۳۰	۱۱۲۰	۴۰۵	۰/۸	۸/۴	۱۱۵

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

۱۱	قنات فرومد	۴۷۸۷۵۷	۴۰۴۱۳۲۶	۱۰۱۰	۴۱۵	۱/۷	۸/۵	۹۵
۱۲	چاه داورزن	۴۸۷۷۱۶	۴۰۲۲۷۸۳	۹۲۷	۷۲۰	۱/۱	۸/۲	۲۳۵
۱۳	چاه صدخرو	۵۱۲۲۶۴	۴۰۱۵۶۵۲	۹۹۷	۵۵۰	۰/۹	۸/۳	۸۸

- یک نمونه از آب داخل استخر مخصوص شستشوی سنگ معدن برداشته شد. این آب دارای هدایت الکتریکی ۴۷۹ میکروزیمنس و PH آن معادل ۹/۲ بوده است. غلظت یون کلرید آن نیز حدود ppm ۳۱ است. سختی کل این آب نیز حدود ۱۳۸۰ میلی گرم در لیتر است. مقدار کروم محلول در این آب برابر ppm ۷/۶ و مقدار کل آهن موجود در آن تقریبا ppm ۰/۳ است.

مناطق ژئوشیمی سازمان زمین شناسی که در تاریخ ۱۹۹۱/۰۱/۰۱ ثبت شده، طبق نقشه شکل (۳) اورده شده است.



شکل (۳): پراکندگی نمونه های ژئوشیمی برداشت شده توسط سازمان زمین شناسی کشور. (منبع : سازمان زمین شناسی،۱۳۹۷)

۳۰۶۶ نمونه در شکل (۳) به نمایش گذاشته شده است که در چند دسته به شرح جدول (۲) دسته بندی شده اند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

جدول(۲): دسته بندی نمونه ها بر اساس مقدار ppm از نمونه های موجود. (منبع : نگارندگان،۱۳۹۷)

ردیف	دسته بندی داده ها به ppm	تعداد نمونه ها	درصد نمونه ها
۱	زیر ۵۰۰	۲۱۳۱	۶۹/۵
۲	۵۰۰ تا ۱۰۰۰	۶۳۶	۲۰/۸
۳	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰	۲۳۸	۷/۷
۴	۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰	۵۶	۱/۸
۵	بالای ۴۰۰۰	۵	۰/۲
۶	کل نمونه ها	۳۰۶۶	۱۰۰

نتایج به دست آمده از داده های ژئوشیمی نشان می دهد از کل نمونه ها ۶۹/۵ درصد آنها کرومیت در حد زیر ۵۰۰ppm دارند. این نشان دهنده آن است که در نمونه های ژئوشیمی سازمان زمین شناسی مقدار کرومیت موجود در آب در حد متعارف و خوبی می‌باشد. ۲۰/۸ درصد نمونه ها مقدار ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ppm دارد. تنها حدود ۱۰ درصد نمونه ها بالای ۱۰۰۰ppm دارد که با توجه به گستردگی معادن کرومیت در منطقه این داده ها نگران کننده نیست. ۲ درصد نمونه ها بالای ۲۰۰۰ppm را نشان می دهند که هرچند اندک ولی باز می تواند در برنامه ریزی ها برای ترفیع مشکل آلودگی لحاظ شود.

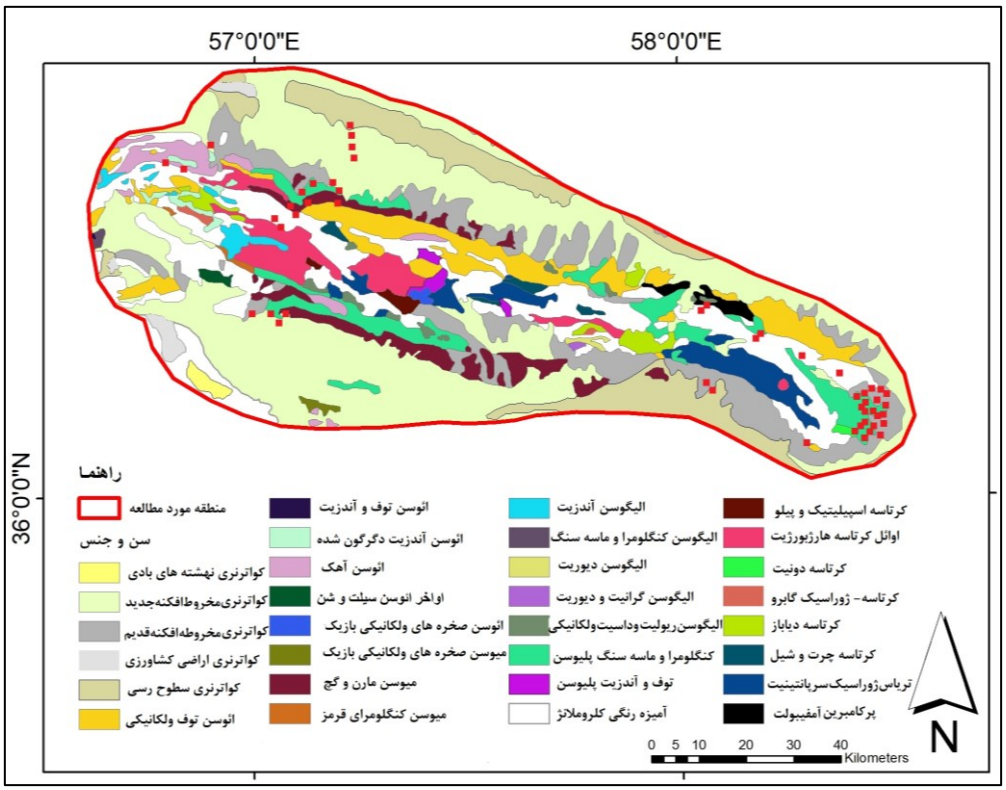
نتایج بدست آمده از نمونه های گرفته شده در مناطق اطراف معدن نشان می‌دهد مقدار کروم در منابع آبی انتخاب شده بین ۰/۳-۲/۱ میلی گرم در لیتر متغیر است. مقایسه این داده ها با حدود استاندارد مشخص می کند مقدار کروم در برخی نمونه ها بیش از حد استاندارد است. خوشبختانه بر اساس اطلاعات بدست آمده بیشتر کروم موجود در مناطق نمونه گیری شده بصورت کروم سه ظرفیتی هستند، که از سمیت کمی برخوردارند. اما به هر حال مقدار کلی کروم بیش از مقدار استاندارد ۱ میلی گرم در لیتر می باشد. عوامل طبیعی و به خصوص عوامل انسانی مانند سموم کشاورزی و استقرار صنایعی که به نحوی با مواد اسیدی و اکسید کننده سر و کار دارند، سبب می شوند کروم سه ظرفیتی که مانند خطری خفته در کمین آبهای زیرزمینی است، به کروم شش ظرفیتی تبدیل شده و سریعا آبها را آلوده کند. دلایل ناهنجاری یافته های تحقیق را با موارد زمین شناسی زیر بررسی می کنیم:

تاثیر سنگ شناسی و معادن کرومیت بر کیفیت آب دشت های شمال و جنوب منطقه

سنگ شناسی منطقه بالاخص معادن کروم بر کیفیت آب دشتهای سبزوار و جوین اثر داشته است. مشخص می‌شود که هرچه از دشت به سمت ارتفاعات جغتای در دامنه های جنوبی و شمالی پیش می رویم، فاصله تا سنگهای کرومیت دار کمتر می‌شود به طوری که در دشتهای دستوران فاصله تا سنگ هایی که کرومیت دارند به بیش از ۲۰۰۰ متر می رسد. سنگهای سرپانتینیت، هارزبورژیتی و دونیتی سنگ هایی هستند که در آن رگه های معدنی کرومیت پیدا می شود. همان طور که از جدول ۱ استنباط می‌شود می توان گفت که با نزدیک شدن به معادن و سنگهایی که کرومیت دارند و با ارتفاع گرفتن میزان آلودگی آب به کروم بیشتر شده است. بیشترین

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

میزان آلودگی کروم در اطراف معدن "گفت" به میزان ۲/۱ میلی گرم در لیتر می‌باشد که دربیشترین ارتفاع یعنی ۱۶۵۴ متراز سطح دریا بوده و در آن قسمت بیشترین تجمع سنگ های کرومیت دار می‌باشد. بعد از معدن "گفت" بیشترین آلودگی آب مربوط به معدن "فرومد" به میزان ۱/۸ میلی گرم در لیتر است که ارتفاع آن محل از سطح دریا ۱۲۴۸ متر بوده و بر روی سنگهای هارزبورژیتی و دونیتی است. کمترین مقدار آلودگی کروم درکاهک به میزان ۱/۲ میلی گرم در لیتر بوده است که در دورترین فاصله نسبت به معدن می باشد و کمترین ارتفاع یعنی ۹۳۰ متراز سطح دریا را دارد. شکل (۴)، نقشه زمین شناسی منطقه را نشان می‌دهد. هر جا تراکم سرپانتینیت بیشتر باشد میزان کرومیت نیز بیشتر است.



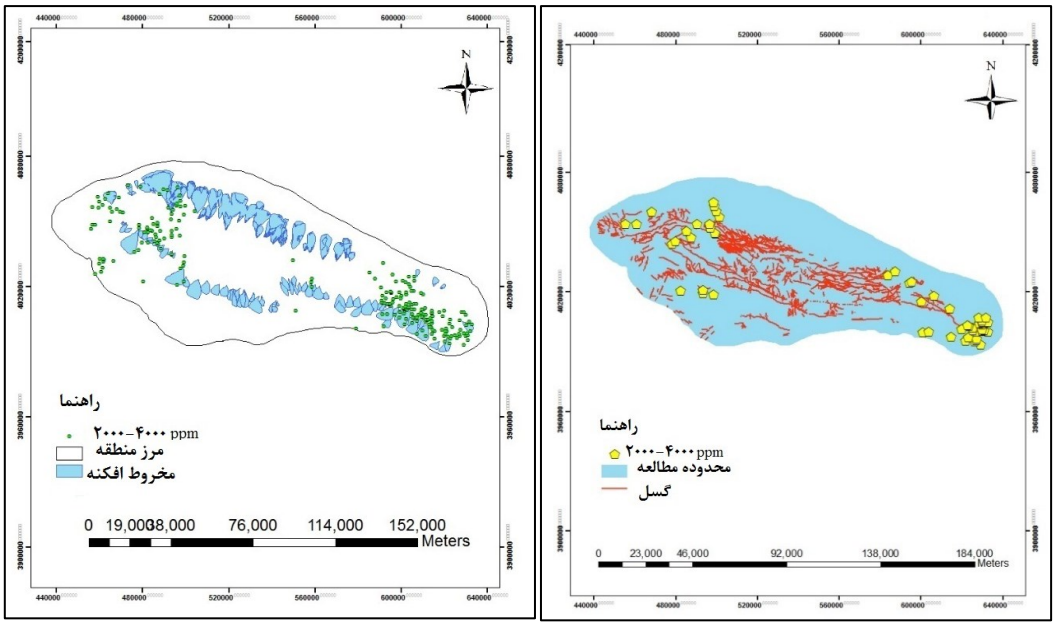
شکل (۴): نقشه جنس سنگ منطقه و مقادیر بالای ppm ۲۰۰۰ تا ppm۴۰۰۰ (منبع : نگارندگان،۱۳۹۷)

تاثیر گسل و مخروط افکنه بر میزان آلودگی کرومیت

داده های ژئوشیمی نشان می‌دهد که تراکم گسلها و مخروط افکنه ها بر مقدار کرومیت حل شده تاثیر مثبتی ندارد. همان طور که در شکل (۵) نشان داده شده است، از نمونه های فراوان ژئوشیمی سازمان زمین شناسی مقادیر با غلظت کم منطبق با مخروط افکنه ها بوده و اکثر مقادیر بالاتر از ppm۲۰۰۰ بر روی آن ها قرار نگرفته است. جوان بودن رسوبات و نیز زهکش آب به پایین دست می تواند در این امر دخالت داشته باشد. از طرف دیگر، شکل ۵ نشان می دهد که گسل ها نیز نقشی در مقدار بالای کروم ندارد و یا به عبارتی رابطه معکوس دارد. شاید بتوان گفت که گسل ها غیر مستقیم بر انحلال کرومیت در پایین دست تاثیر گذاشته است. خطواره

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

ها و به ویژه گسلها در نفوذپذیری و هدایت آب نقش اساسی دارند. این امر می تواند به دلیل سست بودن خاک در این ناحیه و به طبع آن نفوذپذیر بودن آب، جهت شیب گسل و به طبع آن جهت حرکت و انباشت آب حاوی کروم باشد. آب نقش هدایت کننده آب را بازی می کند و در قسمتی دیگر آلودگی ایجان می کند.



شکل (۵): سمت چپ، مخروط افکنه همراه با داده های ژئوشیمی و سمت راست گسلهای منطقه همراه با داده های ژئوشیمی. (منبع : نگارندگان،۱۳۹۷)

جدول (۳) فاصله نمونه های بالای ۲۰۰۰ ppm از گسل را در چهار دسته نشان می دهد. این جدول نشان می دهد که در فاصله های دورتر از گسل میزان انحلال بیشتر است. ۴۴ نمونه از ۶۱ نمونه بالای ۲۰۰۰ ppm، در فاصله ای دورتر از ۵۰۰ متر از گسل قرار دارد. می توان گفت در این منطقه گسل یک ارتباط غیر مستقیم با آلودگی دارد.

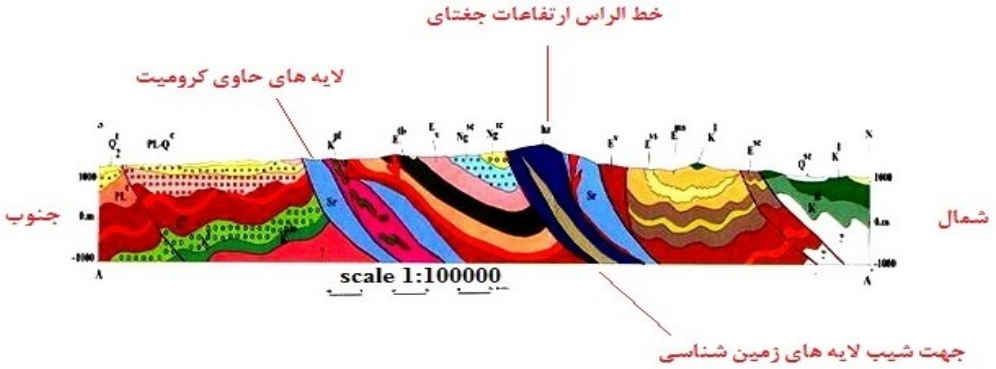
جدول (۳): فاصله نمونه ها بالای ppm۲۰۰۰ از گسل

ردیف	فاصله از گسل	تعداد نمونه
۱	۰-۲۵۰ متری	۱۲
۲	۲۵۰-۵۰۰ متری	۵
۳	۵۰۰-۱۰۰۰ متری	۱۴
۴	بیش از هزار متر	۳۰

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

نقش شیب لایه های زمین شناسی، جهت حرکت آب های زیر زمینی و توپوگرافی بر پراکنش آلودگی کروم در آب های منطقه

همان طور که در شکل (۶) نشان داده شده است، جهت شیب لایه های زمین شناسی تاثیر بیشتری بر پراکنش آلودگی کروم در منطقه داشته باشد. همان طور که مشخص است سنگهای اولترابازیک به وضوح به سمت "گفت" گسله خورده و شیب این لایه ها به سمت گفت می‌باشد. نمونه گیری ها نشان می دهد که میزان آلودگی های آب به کروم در گفت و دامنه ی شمالی ارتفاعات جغتای بیشتر از دامنه ی جنوبی یعنی فرومد می‌باشد. کمترین آلودگی در دامنه ی شمالی ۱/۷میلی گرم در لیتر می‌باشد در صورتی که در دامنه ی جنوبی کمترین آلودگی ۰/۳ میلی گرم در لیتر است. بیشترین آلودگی در دامنه ی شمالی ۲/۱ میلی گرم در لیتر می‌باشد در صورتی که در دامنه ی جنوبی بیشترین آلودگی ۱/۸ میلی گرم در لیتر است (جدول ۱). شیب توپوگرافی و شبکه ی جریانی آب در دو سوی دامنه تفاوت چندانی ندارد، اما آنچه در این دو دامنه باعث تمایزشان شده است شیب لایه های زمین شناسی است که بطور محسوسی به سمت دامنه های شمالی یعنی معدن "گفت" می‌باشد. بنابراین می توان گفت تغییر در آلودگی آب به کروم در دو دامنه ی شمالی و جنوبی بیشتر مربوط به شیب لایه های زمین شناسی است. هرچه به سمت ارتفاعات بالاتر می رویم مقدار کرومیت بیشتر می‌شود. این امر به این علت است که به سنگهای سرپانتینیت حاوی کرومیت دار نزدیک تر می‌شویم.



شکل(۶) . نیمرخ زمین شناسی از ارتفاعات جغتای. (منبع : نگارندگان،۱۳۹۷)

***نقش اسیدیته ی(PH)آب های منطقه در میزان آلودگی آب ها به کروم:**

میزان اسیدیته ی آب و میزان کروم در آب از مناطق نمونه برداری شده به صورت نمودار ترسیم شده در شکل (۷) نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که در بعضی موارد با افزایش اسیدیته ی آب میزان کروم نیز افزایش پیدا کرده است. به عنوان مثال بیشترین اسیدیته ی آب در اطراف معادن گفت به میزان ۹/ ۷ است درحالی که بیشترین آلودگی آب به کروم نیز در همین منطقه به میزان ۲/۱ میلی گرم در لیتر است. از طرفی کمترین میزان اسیدیته در اطراف روستای کاهک و داورزن به میزان ۸/۳ و۸/۲ می‌باشد. این درحالی است که در این قسمت کمترین میزان آلودگی به کروم نیز به میزان ۰/۳ و ۱/۱ میلی گرم در لیتر است. اما نمی توان به

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

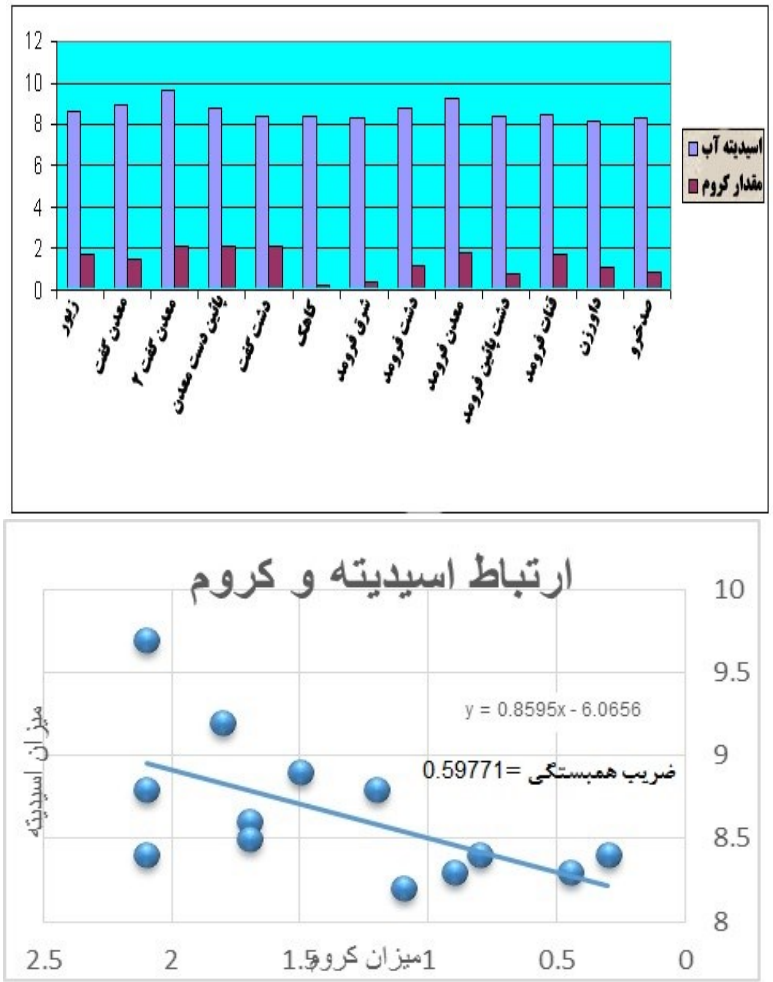
طور کلی بیان داشت با افزایش اسیدیته کروم نیز افزایش پیدا می‌کند. در رابطه (۱) ضریب همبستگی (۰/۵۹۷۷۱) عدد قابل توجهی را نشان نمی دهد.

رابطه (۱).

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

r=0/59771

در بعضی از موارد با اسیدیته ی یکسان، میزان کروم متفاوتی دیده می‌شود. همچنین میزان اسیدیته در تبدیل کروم ۳ ظرفیتی به کروم ۶ ظرفیتی تاثیر گذار می‌باشد. شکل (۷).



شکل (۷). نمودار رابطه میزان اسیدیته و کرومیت در منطقه مورد مطالعه. (منبع : نگارندگان،۱۳۹۷)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

نتیجه‌گیری

با توجه به موقعیت اقلیمی منطقه که محدودیت منابع آب (به لحاظ کمی و کیفی) را باعث گردیده است، بایستی به منظور جلوگیری از بحران های زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی با برنامه ریزی مدون و اصولی در جهت حل مشکلات منابع آبی اقدامات لازم صورت گیرد. تاثیر سازندهای مختلف منطقه، همچون رسوبات تخریبی و تبخیری نئوژن، آمیزه های رنگین، توده های آذرین رشته کوه های جغتای و واریزه ها و آبرفت ها در دشت ها باعث ایجاد تنگناها و پتانسیل هایی در منابع آبی منطقه گردیده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که مقادیر کروم در نزدیکی معدن در این منطقه به بیشترین حد خود می‌رسد و هر چه از معدن فاصله می گیریم میزان آلودگی آن کمتر می شود. البته تفاوت میزان کروم موجود در آبهای زیرزمینی در فاصله های دورتر از معادن در مقایسه با معدن خیلی چشمگیر نیست، این می‌تواند حاکی از آن باشد که این عنصر کروم در دراز مدت تاثیر خود را بر آب گذاشته است. تا فواصل زیاد از معدن نیز تمرکز عناصر کرومیت وجود دارد که حکایت از حمل این عناصر تا فاصله دور دارد. هر چند این نتیجه بدیهی به نظر می رسد اما در تحقیق های دیگر در مناطق دیگر همچون تحقیق سلگی و پرماه(۲۰۱۵) عکس این عمل را نشان داده است. مقادیر کروم موجود در آب های زیرزمینی ارتفاعات دامنه های شمالی جغتای نسبت به دامنه های جنوبی آن بیشتر است. از جایی که در دو طرف یال، جنس سنگ شناسی، ارتفاعات و شیب توپوگرافی تا حدودی در دو طرف یال یکی است، این موضوع می‌تواند به دلیل تفاوت در شیب لایه های زمین شناسی و اقلیم متفاوت باشد. شیب لایه های زمین شناسی به گونه ای است که آب های حاوی کرومیت می تواند عناصر کروم بیشتری به یال شمالی ببرد. اقلیم هم می تواند در این مورد تاثیر گذار باشد. جهت شیب، بارندگی و رطوبت بیشتر می تواند در دامنه شمالی انحلال کرومیت را بیشتر نماید. شیب لایه های زمین شناسی، جهت حرکت آبهای سطحی و زیر زمینی، و سنگ شناسی منطقه بر پراکنش کروم در آب های زیرزمینی موثر می‌باشد. مقدارکروم آب با ارتفاع نمونه های برداشته شده از سطح دریا رابطه ای مستقیم دارد. یعنی با افزایش ارتفاع مقدار کروم موجود در آب نیز افزایش می یابد. این امر به دلیل وجود سنگهای کرومیت دار از جمله سرپانتینیت می‌باشد. مقدار کروم موجود در آبهای زیرزمینی اطراف معادن کرومیت گفت و میرمحمود به ویژه حوالی روستاهای گفت، جبله و دستوران بیش از حد استاندارد بوده که به دلیل شست و شوی سنگریزهای استخراجی از معدن و دفع نامناسب آنها است؛ و مخاطراتی را به همراه دارد. میزان اسیدیته در برخی موارد رابطه مستقیم با میزان آلودگی آب به کرومیت دارد و در برخی مناطق این رابطه حالت عکس را نشان می دهد. بنابراین در این منطقه اسیدیته آب تاثیری بر میزان آلودگی کرومیت ندارد. داده های بالای آلودگی در مخروط افکنه دیده نمی شود که می تواند به دلیل جوان بودن رسوبات و نیز زهکش آب به پایین دست باشد. گسل ها هم می تواند به صورت غیر مستقیم بر انحلال کروم تاثیر داشته باشد. سست بودن خاک در محل گسل یکی از این موارد است.

با توجه به اینکه در محدوده شمال شهرهای سبزوار، داورزن و جنوب جغتای منابع وسیع و سرشار کرومیت وجود دارد، مسلما نتایج این تحقیق می تواند مورد استفاده مدیران و برنامه ریزان قرار گیرد. نتایج این بررسی می تواند برای نهادهایی همچون آب منطقه ای، جهاد کشاورزی، بهداشت و درمان، منابع طبیعی و صنایع و معادن و مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

منابع

احمدی، سیروس و زارعی، قاسم. (۱۳۹۶). **بررسی تاثیر دینداری برگرایش به صرفه جویی در مصرف آب،** فصلنامه ی توسعه ی اجتماعی(توسعه ی انسانی سابق)، ۱۱(۳): ۲۱۰-۱۹۵.

جنیدی، احمد؛ رستگار، ایوب؛ فرزادکیا، مهدی؛ رضایی کلانتری، روشنک؛ رضایی گزل آباد، زهرا. (۱۳۹۱). **بررسی تاثیر جنس خاک بر نشت و جذب فلزات سنگین(کروم، سرب و کادمیوم) بعد از کاربرد کمپوست بر روی خاک ها،** مجله ی سلامت و محیط، فصلنامه ی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، ۶(۴):۵۲۳-۵۳۴ .

شایان یگانه. (۱۳۸۷). **بررسی عوامل لیتولوژیکی ارتفاعات جغتای بر کیفیت آب دشت جوین و سبزوار(با تاکید بر کروم)،** پایان نامه ارشد، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران، ۱-۹۶.

شایسته فر، محمد رضا؛ محمدی، محمد؛ رضایی، علی؛ رنجبر، حجت اله(۱۳۹۳). **اکتشاف کرمیت با استفاده ار آنالیز داده های مغناطیس سنجی هوایی۱:۵۰۰۰۰ آبدشت،** اسفندقه کرمان، مجله ی علوم زمین(زمین شناسی مهندسی و محیط زیست)، ۹۴: ۵۸ -۵۱،

شهریاری، طاهر؛ عزیزی، محمود؛ شریف زاده، غلامرضا؛ حاجیانی، محموئ؛ زراعتکار، ولی الله؛ علی آبادی، رقیه. (۱۳۹۰). **غلظت کروم و مس در آب های زیرزمینی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر بیرجند در سال ۸۹-۱۳۸۸،** مجله ی علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، ۱۸(۱) :۴۱-۳۳.

طیبی، رضا؛ شایان یگانه، علی اکبر. (۱۳۸۷). **تعیین آهن و کروم به عنوان یونهای فلزی تلفیقی در منابع آب زیرزمینی اطراف معادن کروم در سبزوار،** دهمین کنفرانس ملی شیمی معدنی ایران در دانشگاه سیستان و بلوچستان.

علوی تهرانی، نورالدین. (۱۳۶۰). **ویژگی‌های ژئوشیمی در مجموعه سنگهای افیولیتی ناحیه شمال شرق ایران،** سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور ، تهران.

علیدادی، حسن؛ پیروی، مینائی رویا؛ دهقان ، علی اکبر؛ واحدیان، محمد؛ معلم زاده؛ حقیقی، حمیده؛ امینی، امین رضا. (۱۳۹۲). **بررسی غلظت فلزات سنگین (کروم، کادمیوم، سرب) در آب آشامیدنی شهر مشهد در سال۱۳۹۰،** مجله ی علوم پزشکی رازی، ۲۰ (۱۱۶): ۲۷-۳۴،

قاسمی، علی؛ رزم آرا فرزقی، مرتضی. (۱۳۹۲). **تاثیرات زیست محیطی کروم(Cr) موجود در افیولیت ها و مهادن کرومیتی منطقه گرماب-آبدارو(شمال شرق تربت حیدریه)برمنابع آب و خاک منطقه،** هشتمین همایش انجمن زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران.

محمدی، سیاوش؛ عالم، زینب؛ کاشفی پور، سید محمود؛ خوب، عصمت (۱۳۹۰). **بررسی کیفیت آب رودخانه کرخه و کارون با استفاده از شاخص WQI،** اولین کنفرانس بین المللی و سومیت کنفرانس ملی سد و نیروگاه های برق آبی، ۸-۱.

نظری، اسحاق؛ رزم آرا فرزقی، مرتضی؛ قاسمی، علی (۱۳۹۳). **بررسی شاخص های آلودگی منابع آب، در منطقه افیولیتی کته تلخ (شمال غرب تربت حیدریه، خراسان رضوی)،** اولین همایش سراسری محیط زیست و پدافند زیستی، ۸-۱.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]

Jafarian A., Jafarian S. (2017). **Geogenic and Anthropogenic Chromium Contamination in Groundwater in an Ophiolitic Area, Northeastern Iran**, Universal Journal of Geoscience 5(6): 183-190.

Anderson, R.A., (1989). **Essentiality of chromium in humans**. Sci. Tot, Environ. 86:75-81.

Bandita D., Gayatri N., and R.K.Sahu. (2011), **Studies on the uptake of heavy metals by selected plant species growing on coal mine spoils in sub-tropical regions of India**, Journal of American Science , 7(1): 26-34

BOADU THEOPHILUS M.(2014), **HEAVY METALS CONTAMINATIONS OF SOIL AND WATER AT AGBOGBLOSHIE SCRAP MARKET**, ACCRA,2014, MASTER OF SCIENCE DEGREE IN ENVIRONMENTAL SCIENCE,1-59.

Daugherty, M. L., (1992). **Toxicity summary for chromium".** Oak Ridge National Laboratory Chemical Hazard Evaluation and Communication Group, Oak Ridge, Tenn .

Dávila O. G., Gómez-Bernal J. M. and Ruiz-Huerta E. A. (2012). **Plants and soil Contamination with Heavy Metals in Agricultural areas of Guadalupe, Zacatecas, Mexico,** Environmental Contamination, Dr. Jatin Srivastava (Ed.), ISBN: 978-953-51- 0120-8, InTech ,37-50.

SOLGI E., PARMAH J. (2015). **Analysis and assessment of nickel and chromium pollution in soils around Baghejar Chromite Mine of Sabzevar Ophiolite Belt, Northeastern Iran,** Transactions of Nonferrous Metals Society of China, (25)7: 2380-2387.

Fatma Ç., Münir Ziya L. G., Osman B D., and Özlem F. (2009).**An assessment of metal pollution in surface sediments of Seyhan dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses,** Environ Monit Assess 152:309–317.

Gad, C.S., (1989). **Acute and chronic systemic chromium toxicity**. Sci. Tot. Environ

Kien C.N., Noi N.V., Son L.T., Ngoc H.M., Tanaka S., Nishina T., IWasaki K. (2010). **Heavy metal contamination of agricultural soils around a chromite mine in Vietnam**, Soil Science and Plant Nutrition, (56)2: 344-356.

Lasate, M. M., (2003). **Phytoextraion of toxic metal": A review of biological mechanism, Review and analyses with heavy metal. J Environ, Qual**, 31: 109-120.

Nordberg, G. F., Fowler, B. A., Nordberg, M. and Friberg, L., (2007). **Handbook on the Toxicology of metals"**, (3nd ed.), NY: Elsevier.

Nriagu J.O., Nieboer E. (1988). **Production and uses of chromium. In Natural and Environments Wiley. interscience,** New York, 81-104.

Rai D., Zachara J.M., Eary L.E., Ainsworth C.C., Amonette J.E., Cowan C.E., Szelmeczka R.W., Resch C.T., Schmidt R.L., Girvin D.C., and Smith S.C., (1988). **Chromium reactions in geological materials,** Interim Report, Electric Power Research Institute (EPRI) EA.

Richard F.C., Bourg, A.C.M. (1991). **Aqueous geochemistry of chromium**, a review. Wat. Res. 25:807–816.

Said Muhammad M. T. S., Sardar K., Umar S., Nida G., Muhammad U, K., Riffat N M., Muhammad F. and Alia N.(2013), **Wild Plant Assessment for Heavy Metal Phytoremediation Potential along the Mafic and Ultramafic Terrain in Northern Pakistan**. BioMed Research International, Article ID 194765, 9 http://dx.doi.org/ 10.1155/2013/194765

Wuana R. A. and Okieimen F. E. (2011). **Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation,** ISRN Ecology, vol. 2011, Article ID 402647, 20.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.61.1.9]
[DOI: 10.52547/jgs.21.61.79]