



زمین‌شناسی، پتروگرافی، آلتراسیون و مغناطیس‌سنجی غرب معدن کائولین دربند (جنوب غرب سبزوار)

نادرمرزرجی، سمانه^{۱*}؛ ابراهیمی، خسرو^۲؛ همام، مسعود^۲

^۱ کارشناسی ارشد، زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد s.naderi.geo@gmail.com

^۲ عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

معدن کائولین دربند در ۳۲ کیلومتری جنوب غربی شهرستان سبزوار و ۱۰ کیلومتری روستای هلاک آباد واقع گردیده است. در منطقه مورد مطالعه توده‌های ساب و لکانیک کوارتز مونزونیت پورفیری، کوارتز مونزودیوریت پورفیری، دیوریت پورفیری، کوارتز هورنبلنددیوریت پورفیری و پیروکسن‌دیوریت پورفیری به همراه توده‌های لکانیک آندزیت، پیروکسن‌هورنبلند آندزیت، پیروکسن آندزیت، هورنبلند بازالت و توف با قطعات لیپتیک شناسایی شده‌است. از جنبه آلتراسیونی توده‌های کوارتز مونزونیت پورفیری آلتراسیون شدید آرژیلیک + سیلیسی و واحدهای کوارتز مونزودیوریت پورفیری آلتراسیون شدید سیلیسی + آرژیلیک را نشان می‌دهند. و در سایر واحدها آلتراسیون پروپیلیتیک در شدت‌های مختلف مشاهده می‌شود. که روند این زون‌های آلتراسیون، از روند شمال غربی - جنوب شرقی گسل‌های منطقه، پیروی می‌کند. پذیرفتاری مغناطیسی واحدهای نفوذی تا SI^{-۵} (۱۰^{-۵} × ۳۱۳۲) اندازه‌گیری شده است. که براساس ترکیب کانی‌شناسی و پذیرفتاری مغناطیسی، این توده‌ها منطبق بر سری مگنتیت (نوع اکسیدان) و ازگرانیت‌های نوع I می‌باشد. با توجه به نوع توده‌های نیمه‌عمیق، شکل و گستردگی آلتراسیون، پردازش داده‌های ماهواره‌ای و وجود آنومالی عناصر مس و روی و طلا این منطقه پتانسیل اکتشاف کانسارهای مس پورفیری را دارد.

Geology , Petrography, Alteration and Magnetic susceptibility West of Darband's kaolinite mine(southwest sabzevar)

Nadermezerji. S., Ebrahimi, Kh. & Homam, M

Department. of Geology, Ferdowsi University of MASHHAD, Iran

Abstract:

Darband's kaolinit mine is located at 32 km southwest of Sabzevar and 10 km East of Halak Abad village. In the study area, sub volcanic units including Quartz monzonite porphyry, Quartz monzodiorite porphyry, Diorite porphyry, Quartz horenbled diorite porphyry, Pyroxene diorite porphyry associated with volcanic units of Andesite, Pyroxene horenbled Andesite, Pyroxene Andesite, Horenbled basalt And Tuff have been recognized. Quartz monzonite porphyry units are indicated alteration of strong argylitic + silicate and Quartz monzodiorite porphyry units alteration of strong silicate + argylitic . The other units have propylitic alteration in different range. The trend of alteration zones to fallow of faults NW – SE trend. Magnetite sucebtibility in intrusive were measured until 3132×10⁻⁵ .Based on mineralogy and high magnetic suscebtibility ,these units related to magnetic series (oxidant type) and I-type granitoids. for refer to units type, form and expanse of alteration zones, anomaly of CU-Zn-Au element in area will has great potential for porphyry copper type .

مقدمه

منطقه معدنی کائولین دربند، در محدوده "۳۹/۵۲' ۳۶° ۵۷" و "۴۳/۰۹' ۳۷° ۵۷" طول شرقی و "۱۷/۹۵' ۳۵° و "۳۳/۶۱' ۵۸° ۳۵" عرض شمالی، در جنوب غربی سبزوار و شمال غربی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ ششتم واقع گردیده است (جعفریان و جلالی، ۱۳۷۷). این منطقه از نظر تقسیمات ساختاری در زون سبزوار قرار دارد، این زون از شمال توسط کوه‌های بینالود و از جنوب توسط گسل‌های ریوش و درونه محدود می‌شود (Lindenberg, et al, 1983). هدف از این پژوهش، بررسی دقیق پتروگرافی جهت تفکیک واحدهای سنگی و بررسی زون‌بندی آلتراسیونی واحدهای منطقه، تهیه نقشه‌های پتروگرافی و آلتراسیون با مقیاس



۱:۱۰۰۰۰ و همچنین اندازه گیری پذیرفتاری مغناطیسی توده‌ها جهت تعیین نوع سری ماگمایی و انطباق آن با سیستم‌های مس پورفیری می باشد. بدین منظور در مطالعات صحرایی تعداد ۴۵ نمونه از رخنمون واحدهای سنگی برداشت شد، و نمونه‌ها به طور دقیق از جنبه پتروگرافی و آلتراسیون مورد مطالعه قرار گرفتند. با توجه به توده‌های نفوذی در منطقه، تنوع و گسترش زون‌های آلتراسیونی، پردازش داده‌های ماهواره‌ای منطقه هلاک آباد (مظلوم، م. ۱۳۸۶) و وجود چندین معدن فعال کائولن بررسی و مطالعه منطقه از جنبه واحدهای زمین شناسی و زون‌های آلتراسیونی حائز اهمیت است.

زمین‌شناسی منطقه

منطقه کائولن دریند جزء زون سبزوار محسوب می‌شود، در منطقه مورد مطالعه، واحدهای سنگی که در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ ششتمد به آنها اشاره شده است عبارتند از: داسیت، آندزیت، توف سبز و آگلومرا با مقدار کمی سنگهای ولکانیکی به سن ائوسن که در مرکز و جنوب منطقه رخنمون دارند و همچنین به واحدهای رسوبی مارن، آهک نومولیت دار، کنگلومرا و ماسه سنگ به سن پالئوسن - ائوسن اشاره شده است (جعفریان و جلالی، ۱۳۷۷). با مطالعات دقیق پتروگرافی از رخنمون‌های سنگی در منطقه مورد مطالعه، برای اولین بار واحدهای سنگی زیر در منطقه شناسایی شدند. که واحدهای سنگی نیمه عمیق عبارتند از: کوارتز مونزونیت پورفیری، کوارتز مونزودیوریت پورفیری، دیوریت پورفیری، پیروکسن دیوریت پورفیری، کوارتز هورنبلند دیوریت پورفیری. و توده‌های بیرونی عبارتند از: آندزیت، پیروکسن آندزیت، پیروکسن هورنبلند آندزیت، پیروکسن بازالت و توف که غالباً در جنوب منطقه رخنمون دارند (شکل ۱). روند گسل‌های اصلی در منطقه شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد، که این گسل‌ها شرایط مناسبی را جهت نفوذ محلول‌های هیدروترمال و آلتراسیون واحدهای سنگی فراهم نموده‌اند.

واحدهای سنگ‌شناسی منطقه مطالعاتی عبارتند از:

آندزیت: این واحد در جنوب منطقه گسترش زیادی داشته و حدود ۴۰٪ فنوکریست دارد که اکثراً پلاژیوکلاز بوده و ۱٪ هورنبلند در مقاطع میکروسکوپی مشاهده می‌شود (شکل ۱).

پیروکسن هورنبلند آندزیت: این واحد به شکل استوک کوچک در جنوب منطقه رخنمون دارد، در مقاطع نازک، سنگ بافت پورفیری، گلومروپورفیری، اورتوفیری و منطقه‌ای را نشان می‌دهد. این واحد ۴۲٪ فنوکریست دارد و از این مقدار ۲۲٪ پلاژیوکلاز، ۱۰٪ هورنبلند، ۸٪ اوژیت با بافت گلومروپورفیری و ۲٪ کوارتز است، و پذیرفتاری مغناطیسی این واحد $10^{-5} \times 2440$ می‌باشد (شکل ۱).

پیروکسن آندزیت: در مقاطع میکروسکوپی، سنگ بافت پورفیری، گلومروپورفیری، اورتوفیری، کرونا و منطقه ای را نشان می‌دهد و درصد فنوکریست سنگ درحد ۵۰٪ می‌باشد، که از این مقدار ۲۸٪ پلاژیوکلاز، ۱۹٪ اوژیت و ۱٪ کوارتز می‌باشد. کانی فرعی روتیل نیز در مقاطع مشاهده می‌شود و درصد کانی‌های اوپاک درحد ۳ تا ۳ درصد است که غالباً از پیریت، مگنتیت و هماتیت می‌باشند. بلورهای اوژیت از حاشیه اکسید شده‌اند و با کانی‌سازی همراه هستند. پذیرفتاری مغناطیسی این واحد $10^{-5} \times 317$ می‌باشد (شکل ۱).

هورنبلند بازالت: این واحد به رنگ سیاه در جنوب منطقه رخنمون داشته و حفره‌های فراوانی که ابتدا با کوارتز سپس با کلریت و کربنات پر شده‌اند داخل سنگ مشاهده می‌شود، که کشیدگی و جهت‌یابی این حفره‌ها شمال غربی - جنوب شرقی است. در مقاطع میکروسکوپی، سنگ بافت پورفیری و آمیگدال و میکروولیتی را نشان می‌دهد. درصد فنوکریست آن بین ۲۰٪ - ۵٪ می‌باشد. که از این مقدار ۴٪ تا ۱۸٪ پلاژیوکلاز، ۲٪ تا ۵٪ هورنبلند و ۱٪ ارتوکلاز می‌باشد پذیرفتاری مغناطیسی این واحد بین $10^{-5} \times 1918$ تا $10^{-5} \times 2840$ می‌باشد (شکل ۱).

توف: این واحد آنراواری به رنگ سبز تیره در مرکز منطقه رخنمون کوچکی دارد، که در مقاطع، قطعات لیتیک از جنس دیوریت پورفیری در آن مشاهده می‌شود و زمینه از سیلیس می‌باشد (شکل ۱).

کوارتز مونزودیوریت پورفیری: این واحد سنگ‌شناسی به رنگ خاکستری تیره همراه با بلورهای درشت کوارتز در شرق منطقه مورد مطالعه رخنمون دارد، رنگ تیره این واحد به دلیل وجود سیلیس ریز دانه در زمینه می‌باشد. بافت این سنگ پورفیری است و علاوه بر آن، کوارتزها بافت خلیجی را نشان می‌دهند. همچنین بافت منطقه‌ای، میرمکتی نیز در مقاطع میکروسکوپی مشاهده می‌شود. درصد فنوکریست سنگ بین ۱۷٪ تا ۲۳٪ است که از این مقدار ۷٪ - ۵٪ کوارتز، ۱۳٪ - ۱۱٪ پلاژیوکلاز از نوع آندزین و ۳٪ - ۲٪ ارتوکلاز می‌باشد. کانی اوپاک در این واحد ۲۵٪/۰ است که غالباً از پیریت می‌باشد. در مقاطع رگچه‌های سیلیسی و کربناته به ضخامت تقریبی ۰/۵ میلی‌متر که همراه با کانی سازی هستند مشاهده می‌شود. پذیرفتاری مغناطیسی این واحد بین $10^{-5} \times 25$ تا $10^{-5} \times 101$ می‌باشد که به دلیل شدت آلتراسیون سیلیسی پذیرفتاری مغناطیسی پایینی را نشان می‌دهد (شکل ۱).

کوارتز مونزونیت پورفیری: این واحد با وسعت زیاد در مرکز منطقه رخنمون داشته و کنتاکت بالا و پایین این واحد منطبق بر گسل‌های اصلی در منطقه است. سه معدن کائولن نیز در این واحد قرار دارد. در مقاطع

میکروسکوپی، سنگ بافت پورفیری و خلیجی را نشان می‌دهد، که درصد فنوکریست‌های آن بین ۱۰٪ تا ۲۰٪ است از این مقدار ۴٪ تا ۹٪ پلاژیوکلاز، ۵٪ - ۳٪ ارتوکلاز و ۴٪ - ۳٪ کوارتز می‌باشد پذیرفتاری مغناطیسی این واحد بین ۰ تا $10^{-5} \times 5$ می‌باشد، بدلیل شدت آلتراسیون آرژیلیک، پذیرفتاری مغناطیسی پایین است (شکل ۱).

دیوریت پورفیری: در مقاطع نازک این سنگ بافت پورفیری با زمینه میکروولیتی ازکانی‌های پلاژیوکلاز را نشان می‌دهد. این واحد ۱۸٪ فنوکریست دارد، که از این مقدار ۱۴٪ پلاژیوکلاز، ۲٪ ارتوکلاز، ۱٪ کوارتز و ۱٪ کانی اوپیک است و زمینه غالباً از پلاژیوکلاز می‌باشد. درمقطع رگچه‌هایی از کربنات و سیلیس نیز مشاهده می‌شود که همراه با کانی‌سازی نیست. پذیرفتاری مغناطیسی این واحد $10^{-5} \times 2993$ می‌باشد (شکل ۱).

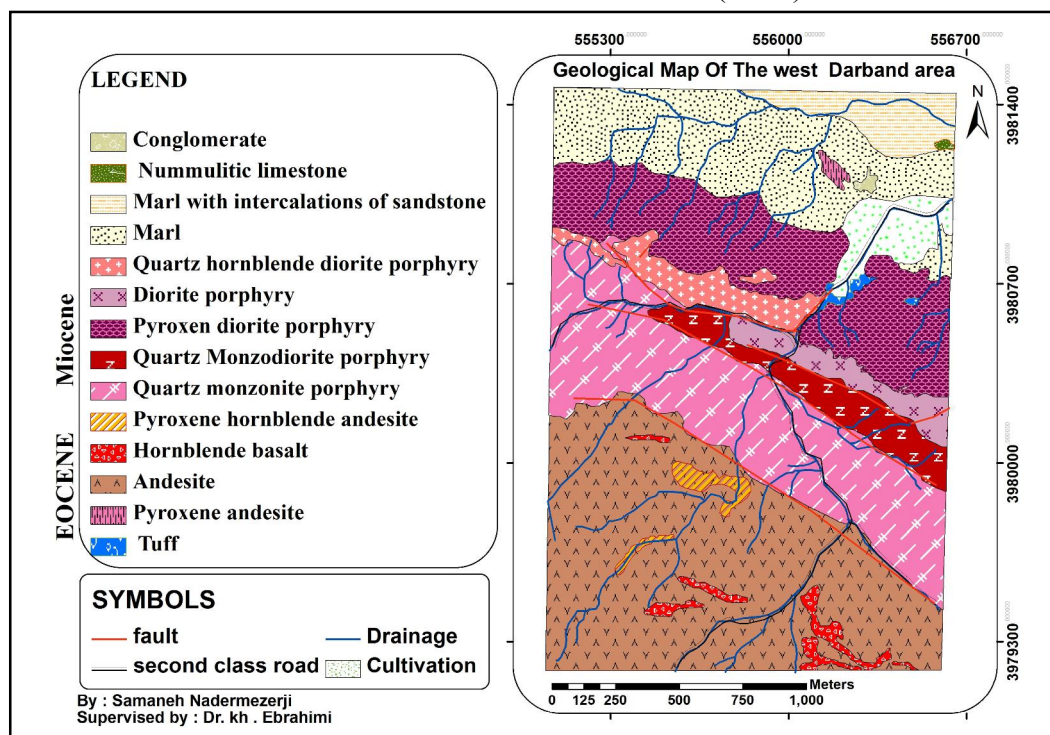
کوارتز هورنبلند دیوریت پورفیری: در برداشت‌های صحرایی در این واحد رگچه‌هایی به ضخامت ۱ سانتی‌متر که در جهات مختلف یکدیگر را قطع نموده‌اند و همراه باکانی‌سازی است مشاهده می‌شود. درمقاطع میکروسکوپی این سنگ بافت پورفیری را نشان می‌دهد که زمینه آن از بلورهای درشت پلاژیوکلاز تشکیل شده است. فنوکریست این سنگ ۵٪ می‌باشد، که ۳٪ آن پلاژیوکلاز، ۱٪ هورنبلند و ۱٪ کوارتز می‌باشد، درحالیکه زمینه سنگ از ۶۰٪ پلاژیوکلاز، ۲۰٪ هورنبلند و ۱۰٪ ارتوکلاز تشکیل شده است و کانی‌سازی در امتداد رگچه‌های کربناته دیده می‌شود پذیرفتاری مغناطیسی این واحد $10^{-5} \times 708$ می‌باشد (شکل ۱).

پیروکسن دیوریت پورفیری: شدت آلتراسیون پروپیلی‌تیک این واحد بسیار بالا است. درصد فنوکریست آن ۳۰٪ می‌باشد که غالباً از پلاژیوکلاز بوده و حدود ۳٪ پیروکسن دارد. پذیرفتاری مغناطیسی این واحد $10^{-5} \times 71$ می‌باشد (شکل ۱).

سنگ آهک نومولیت‌دار: این واحد به رنگ کرم روشن در شمال منطقه و داخل واحد مارن با میان لایه‌هایی از کنگلومرا دیده می‌شود (شکل ۱).

ماسه سنگ: این واحد به رنگ سبز روشن، در شمال منطقه و در داخل مارن‌ها رخمون داشته امتداد این واحد شمال غربی - جنوب شرقی است و شیب این واحد به سمت جنوب می‌باشد. در مطالعه مقاطع این واحد غالباً از کوارتز و مقدار خیلی کم پلاژیوکلاز و گلاکونیت تشکیل شده که سیمان آن اسپاریتی می‌باشد جورشدگی نرات خوب و گردشدگی آنها پایین می‌باشد و این سنگ ساب لیت آرنایت می‌باشد (شکل ۱).

مارن با میان لایه‌هایی از کنگلومرا: این واحد در شمال منطقه با وسعت زیاد و به رنگ کرم رخمون داشته که توپوگرافی تپه ماهوری نشان می‌دهد. سیستم آبراه‌های در این واحد توسعه پیدا کرده است. قطعات کنگلومرا غالباً از توف و آندزیت می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه زمین شناسی غرب معدن کانولن دربند.



آلتراسیون

در رابطه با آلتراسیون در منطقه هلاک آباد نکات زیر قابل توجه می‌باشد. ۱- ابعاد $۷ \times ۰/۵$ کیلومتر مربع. ۲- شکل کشیده. ۳- شدت، پیوستگی و تنوع آلتراسیون پروپلینتیک، آرژیلیک، سریسیتیک و سیلیسی. ۴- خطی بودن. ۵- حضور سولفید نسبتاً فراوان (کریم پور و سعادت، ۱۳۸۴).

سیلیسی شدید + کربناتی: این زون در مرکز منطقه مورد مطالعه قرار دارد، مهم‌ترین کانی‌های حاصل از آلتراسیون در درجه اول سیلیس و بعد کربنات می‌باشد (شکل ۲ب)، زمینه سنگ به مقدار ۸۰٪ سیلیسی شده است و همچنین رگچه‌هایی از کوارتز در مقاطع مشاهده می‌شود. پلاژیوکلازها ۱۵٪ به کربنات تبدیل شده‌اند و رگچه‌هایی از کربنات به ضخامت ۰/۳ میلی‌متر که همراه با کانی‌سازی هستند در مقاطع مشاهده می‌شود (شکل ۳).

سیلیسی شدید + آرژیلیک: این زون از شرق تا مرکز منطقه گسترش یافته و واحدهای کوارتزومونزودیوریت پورفیری را تحت تاثیر قرار داده است. زمینه سنگ به شدت سیلیسی شده همچنین رگچه‌هایی از سیلیس به ضخامت ۰/۲ میلی‌متر در مقاطع مشاهده می‌شود (شکل ۲ج)، که این رگچه‌های سیلیسی رگچه‌های کربناته را قطع نموده‌اند و این نشان‌دهنده آن است که ابتدا محلول‌های هیدروترمال سبب کربناتی شدن سنگ شده و در درجه بعد سنگ سیلیسی شده است. فلدسپات‌ها در سنگ بین ۱۰٪ تا ۵۰٪ آرژیلیکی شده‌اند (شکل ۳).

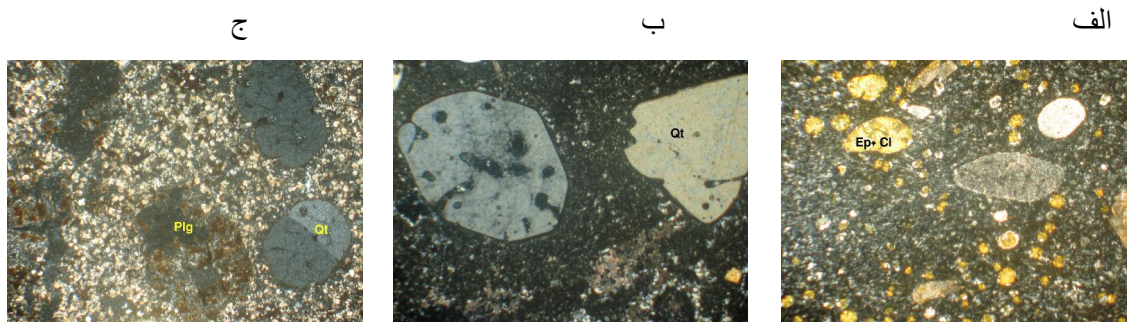
زون سیلیسی شدید: این زون آلتراسیونی با وسعت کم در مرکز منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۳). **زون آرژیلیک:** گسل‌های اصلی این زون را از شمال و جنوب محدود نموده و زون آرژیلیک منطبق بر نقاطی است که معادن کائولن در آنجا حضور دارند، و واحدهای کوارتزومونزونیت پورفیری را تحت تاثیر قرار داده است کائولن موجود در این منطقه کائولن اولیه می‌باشد و فقط در بعضی مناطق کائولن سوپرژن مشاهده می‌شود (شکل ۳).

زون پروپیلینتیک شدید: کانی‌های مهم این زون کلریت، اپیدوت، کربنات و مقداری کوارتز می‌باشد. که این کانی‌ها در طی تغییرات کانی شناسی واحدهای آندزیتی و پیروکسن دیوریت پورفیری، تحت تاثیر محلول‌های هیدروترمال ایجاد شده‌اند. این واحدها به میزان ۷۰٪ متحمل این آلتراسیون شده‌اند، کانی غالب این آلتراسیون کلریت از نوع آهن دار می‌باشد که به صورت ثانویه در فضای بین کانی‌ها و داخل حفرات جایگزین شده است (شکل ۳).

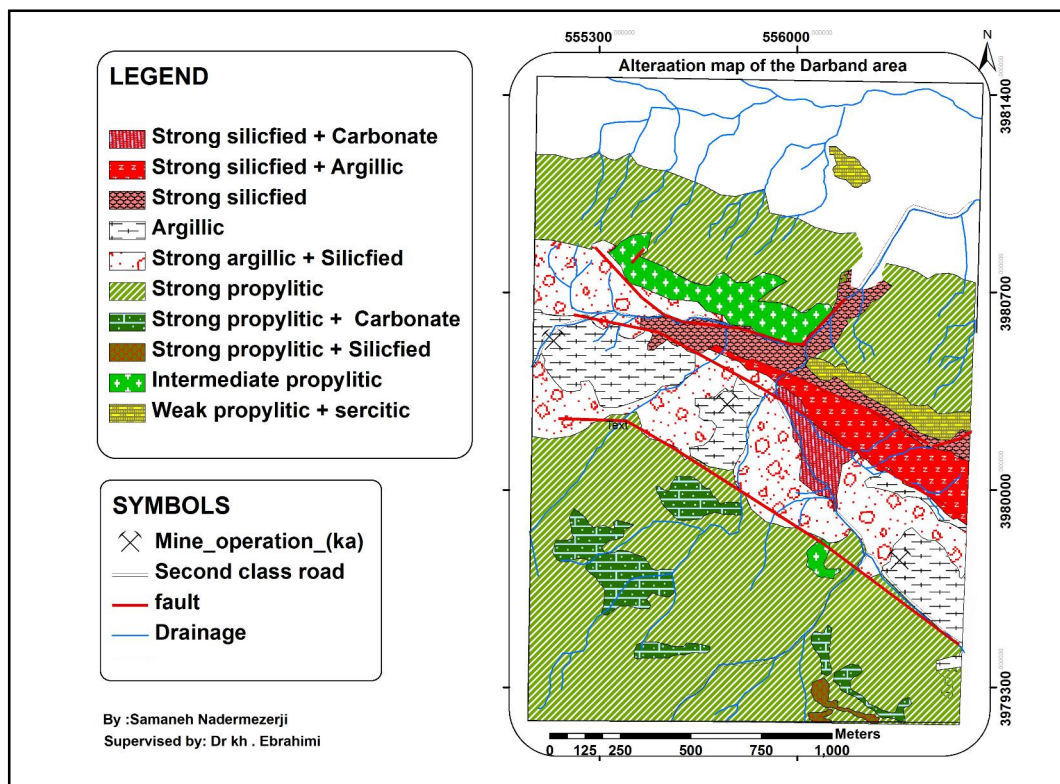
پروپیلینتیک شدید + کربنات: این آلتراسیون منطبق بر واحد پیروکسن بازالت می‌باشد، با وسعت محدود در جنوب منطقه مشاهده می‌شود، عمده کانی‌های تشکیل دهنده این زون به ترتیب اهمیت ابتدا کلریت و سپس اپیدوت می‌باشد (شکل ۲الف). که حاصل تجزیه پلاژیوکلازها و هورنبلند می‌باشد. حفرات موجود در این زون ابتدا با کواتز و سپس با کلریت و اپیدوت و کربنات پر شده‌اند و این خود بیانگر تغییر در ترکیب محلول‌های هیدروترمال می‌باشد (شکل ۳).

پروپیلینتیک ضعیف: این زون منطبق بر واحد دیوریت پورفیری و پیروکسن آندزیت می‌باشد. شدت آلتراسیون ضعیف بوده و کلریت در فضای بین کانی‌ها حضور دارد و پلاژیوکلازها به میزان ۷٪ به سرسیت تبدیل شده‌اند (شکل ۳).

پروپیلینتیک متوسط: این زون آلتراسیون در غرب منطقه منطبق بر واحد کوارتز هورنبلند دیوریت پورفیری است. کانی‌های عمده این زون کلریت، اپیدوت، کربنات و به مقدار کمتر سرسیت است. هورنبلند به میزان ۵۰٪ به کلریت و اپیدوت تبدیل شده‌اند، و پلاژیوکلازها ۱۰٪ به سرسیت تبدیل شده‌اند (شکل ۳).

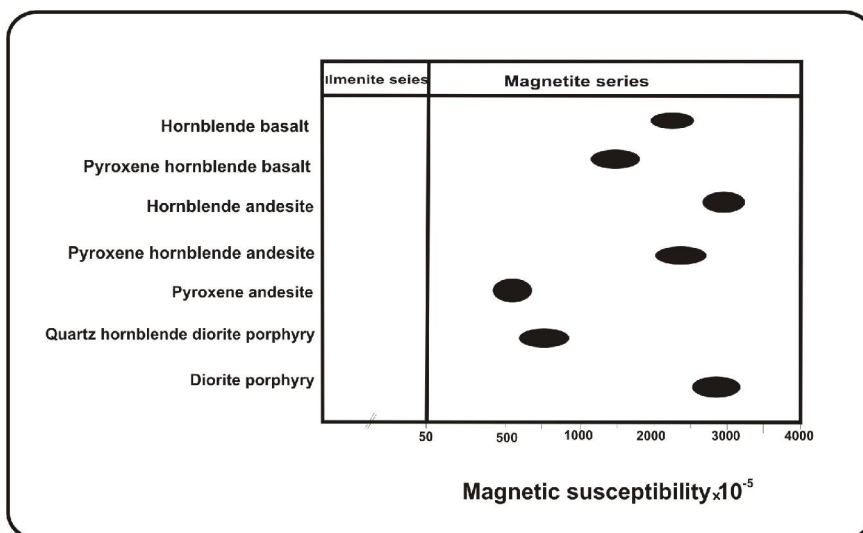


شکل ۲. الف) دگرسانی پیروپلینتیک شدید + کربناته. ب) آلتراسیون سیلیسی + کربناته. ج) آلتراسیون سیلیسی + آرژیلیک. عدسی (۵ x)



شکل ۳. نقشه آلتراسیون غرب معدن کانولن دربند.

پذیرفتاری مغناطیسی: مقادیر پذیرفتاری مغناطیسی در بیش از ۴۵ نمونه سنگی اندازه‌گیری شده است، و بالاترین پذیرفتاری‌ها مربوط به توده‌های آندزیتی، بازالتی و همچنین دیوریت پورفیری می‌باشد. که حداکثر پذیرفتاری را واحد هورنبلند آندزیت با مقدار $10^{-5} \times 3132$ نشان می‌دهد (شکل ۴). مگنتیت هم به صورت افشان در متن سنگ‌ها، همچنین به شکل پرکننده رگچه‌ها و به مقدار فراوان در رسوبات رودخانه‌ای مشاهده شده است. برخی از واحدها از قبیل کوارتز مونزونیت پورفیری و مونزودیوریت پورفیری به دلیل شدت آلتراسیون آرژیلیک پذیرفتاری مغناطیسی پایینی را نشان می‌دهند. با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده سری توده‌های نفوذی منطقه با سری مگنتیت (نوع اکسیدان) مطابقت دارد، و پذیرفتاری مغناطیسی به همراه سایر شواهد پتروگرافی، آلتراسیونی و ژئوشیمی می‌تواند دلیلی بر حضور کانسار مس پورفیری در منطقه هلاک آباد باشد.



شکل ۴. پذیرفتاری مغناطیسی واحدهای سنگی منطقه کانولن دربند.



نتیجه گیری: با توجه به مطالعات پتروگرافی، عمده واحدهای منطقه را توده‌های ساب ولکانیک مونزونیت پورفیری، کواتز مونزدیوریت پورفیری، دیوریت پورفیری، کوارتزهورنبلند دیوریت پورفیری و پیروکسن دیوریت پورفیری تشکیل می‌دهد. که این واحدها توسط گسل‌هایی با روند شمال غربی - جنوب شرقی محدود شده‌اند و آلتراسیون آرژلیک و سیلیسی به همراه کربناته را نشان می‌دهند، سایر واحدها، توده‌های ولکانیک آندزیتی و بازالتی می‌باشد که در جنوب منطقه بیرون‌زدگی دارند و تحت تاثیر محلول‌های هیدروترمال، آلتراسیون پروپیلیتیک را در شدت‌های مختلف نشان می‌دهند. در مطالعات مقاطع تغییر در شرایط محلول‌های هیدروترمال به وضوح مشاهده می‌شود به طوری که ابتدا شرایط جهت ته‌نشینی سیلیس فراهم بوده و با تغییر محلول‌های هیدروترمال کلریت و اپیدوت در حفرات ته‌نشین شده و در پایان کربنات جایگزین شده است. پذیرفتاری مغناطیسی توده‌های نفوذی منطقه تا مقدار $10^{-5} \times 3132$ می‌رسد که سری سنگ‌های منطقه منطبق بر سری مگنتیت می‌باشد. واحدهای کوارتز مونزونیت پورفیری و کوارتز مونزدیوریت پورفیری به دلیل شدت آلتراسیون آرژلیک پذیرفتاری مغناطیسی پایینی را نشان می‌دهند. با توجه به نوع توده‌های نیمه‌عمیق، شکل و گستردگی آلتراسیون، پردازش داده‌های ماهواره‌ای و وجود آنومالی عناصر مس و روی و طلا این منطقه پتانسیل اکتشاف کانسارهای مس پورفیری را دارد.

منابع:

۱. جعفریان، م؛ جلالی، ع، ۱۳۷۷، ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ ششتمد، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران
۲. کریم پور، م.ح؛ سعادت، س، ۱۳۸۴، مطالعه و بررسی پتانسیل‌های معدنی و تعیین اولویت‌های اکتشافی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، آلتراسیون، ژئوشیمی و ژئوفیزیک ورقه ششتمد، مرکز تحقیقات ذخایر معدنی شرق ایران.
۳. مظلوم، م، ۱۳۸۶، بررسی مطالعه پتروگرافی، دگرسانی و ژئوشیمی در غرب معدن کائولن هلاک آباد سبزوار، با رویکرد بر اکتشاف مس پورفیری

4. Lindenberg, H. G., Gorler, K., Ibbeken, H., (1983): Stratigraphy, Structure and Orogenetic Evolution of Sabzevar zone in the area of Oryan Khorasan, NE Iran