
یازدهمین همایش ملی تخصصی زمین شناسی
دانشگاه پیام نور
و
بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران
The 11th Geological National Conference of Payame Noor University
The 21th Symposium of Geological Society of Iran
۲۳ – ۲۴ آبان ۱۳۹۷ – قم
Qom, 14 - 15 Nov, 2018
مجموعه مقالات
تدوین و گردآوری:
دکتر روح اله ندری – دکتر سید جواد مقدسی


بسم الله الرحمن الرحيم

# مجموعه مقالات بیست و یکمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و

# یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور


| |
|---|
| تدوین مجوعه مقالات: **دکتر روح اله ندری، دکتر سید جواد مقدسی** |
| طراح جلد : **دکتر روح اله ندری** |
| انتشار : **به صورت الکترونیک – دانشگاه پیام نور** |
| تاریخ انتشار: **آبان ماه ۱۳۹۷** |
| نشانی دبیرخانه: **قم، بلوار عمار یاسر، دانشگاه پیام نور مرکز قم** |
| نشانی الکترونیک: http://conference.pnu.ac.ir/qom-Geology/default.aspx |
| مسئولیت کلیه مطالب علمی مقاله‌ها، بر عهده نویسندگان می‌باشد. |

# مقدمه

تولید دانش در سالهای آغازین قرن بیست و یکم رشدی شتابان داشته است و کشور عزیز ما ایران نیز از این امر مستثناء نبوده است. در این میان توجه به علوم زمین با توجه به نیازهای متنوع جوامع بشری به انرژی، آب و منابع معدنی و همچنین مخاطرات گوناگون زیست محیطی بیش از پیش نمایان شده است. بدین ترتیب رشته های مختلف زمین شناسی توسعه و شاخه های میان رشته ای مانند زمین شناسی پزشکی، زمین شناسی شهری، زمین شناسی زیست محیطی، زمین شناسی نظامی و نظایر آن معرفی و به خوبی رشد کرده اند.

اگرچه دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی کشور نقش کلیدی و اصلی در توسعه علوم ایفا می‌کنند، ولی انجمن‌های علمی نیز توانسته‌اند با گرد هم آوردن پژوهشگران، اساتید، دانشجویان و سایر علاقمندان، به کمک دانشگاه‌ها شتافته و نقش مهمی در پیشرفت و توسعه علوم ایفا نمایند. در همین راستا انجمن زمین شناسی ایران نیز توانسته است با برگزاری همایش‌های تخصصی پرمخاطب به میزبانی دانشگاه‌های بزرگ کشور، نقشی ارزشمند در ارائه دستاوردهای پژوهشی تولید شده در دانشگاه‌ها و سایر موسسات آموزشی و پژوهشی و همچنین صنعت ایفا کند.

با توجه به توسعه و رشد قابل توجه دانشگاه پیام نور در سال‌های اخیر و ظرفیت‌های آموزشی و پژوهشی ایجاد شده در حوزه علوم زمین در آن دانشگاه و بر اساس توافق صورت گرفته فیمابین انجمن زمین‌شناسی ایران و گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، بیست و یکمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران و یازدهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور به صورت مشترک با میزبانی دانشگاه پیام نور استان قم برگزار گردید. این همایش که با استقبال خوب پژوهشگران و صاحبنظران علوم زمین برگزار شد، فرصتی بود تا آخرین یافته‌های حوزه علوم زمین ارائه و در معرض نقد و مباحثه قرار گیرد.

ضمن تشکر از کلیه پژوهشگرانی که آخرین یافته‌های پژوهشی خود را بصورت مقاله به دبیرخانه همایش ارسال نمودند، سعی شد این مجموعه با سرعت و در اندک زمان باقیمانده تا تاریخ برگزاری همایش آماده و در اختیار عزیزان حاضر در همایش قرار گیرد. **مجموعه مقالات در ۱۰ جلد و عنوان بر مبنای عناوین در ج شده در سامانه همایش و بر حسب حروف الفبای فارسی نام نویسنده اول مقاله تنظیم گردیده است.**

لازم به ذکر است که بر اساس رویه‌ی موجود در برگزاری همایش‌های علمی، دبیرخانه همایش هیچگونه دخل و تصرفی در محتوای علمی مقالات ننموده است و صرفاً در مواردی که نویسنده (نویسندگان) الگوی مورد درخواست را رعایت ننموده بودند، نسبت به ویرایش جزیی مقالات اقدام نمود. در صورتی که در برخی صفحات ناهماهنگی و یا به هم ریختگی ملاحظه می‌شود، به دلیل عدم ارسال مقاله با الگوی درخواستی توسط نویسندگان بوده است که با توجه به فرصت کم، امکان تنظیم دوباره نبوده است. از زحمات بی‌دریغ اعضای محترم کمیته علمی و داوران که از دانشگاه‌های مختلف کشور و همچنین بخش صنعت این مهم را برعهده داشتند تشکر و قدردانی می‌شود.

این همایش با تلاش و کوشش خستگی ناپذیر جمع زیادی از همکاران علمی، اداری و دانشجویان دانشگاه پیام نور به بار نشست که لازم است بدین وسیله از ایشان تشکر و قدردانی شود. آقای دکتر محمدعلی حسینی ریاست دانشگاه پیام نور استان قم، آقای دکتر روح اله ندری دبیر اجرایی، مدیران ستادی و اجرایی دانشگاه پیام نور استان قم و دانشجویان پرتلاش رشته زمین شناسی دانشگاه پیام نور استان قم که امور مربوط به برگزاری همایش را به طور خستگی ناپذیر و شبانه روزی به سرانجام رساندند که بدین وسیله از تلاش ایشان صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

در پایان ضمن تشکر از همه پژوهشگران و صاحبنظران حوزه علوم زمین کشور، امیدواریم این همایش توانسته باشد نقشی مهم و موثر در پیشبرد علوم زمین در کشور داشته باشد.

**دکتر سید جواد مقدسی: دبیر علمی همایش**

**دکتر منصور قربانی: رئیس انجمن زمین‌شناسی ایران**

**آبان ماه ۱۳۹۷**

## برگزارکنندگان

دانشگاه پیام نور

انجمن زمین‌شناسی ایران

## حمایت‌کنندگان

آقای دکتر کریمی - معاونت فناوری و پژوهشی دانشگاه پیام نور

آقای دکتر علیزاده – معاونت اداری مالی و عمرانی دانشگاه پیام نور

خانم دکتر لک - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

آقای دکتر دهقانی - پایگاه استنادی علوم جهان اسلام(ISC)

آقای دکتر صالحی - مرکز منطقه ای اطلاع رسانی علوم و فناوری

آقای دکتر حسینی - دانشگاه پیام نور استان قم

آقای دکتر محمدرضایی - بنیاد ملی نخبگان استان قم

آقای دکتر خطیب - انجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایران

آقای مهندسی سید حسینی -سازمان نظام مهندسی معدن استان قم

آقای دکتر بشری - انجمن زمین شناسی نفت ایران

آقای دکتر قربانی - مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آرین‌زمین

شرکت مطالعات مواد معدنی زرآزما

پایگاه اطلاعاتی مرجع دانش(CIVILICA)

شرکت ژئودیوار

آقای مهندس رضا صدیق

# کمیته اجرایی بیست و یکمین همایش انجمن‌زمین شناسی ایران
# و یازدهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور

دکتر منصور قربانی

دکتر سید جواد مقدسی

دکتر روح اله ندری

دکتر محمد علی حسینی

آقای علی مصطفوی

آقای حسن پاکدامن

آقای حسن بیطرفان

آقای علی کریمی

آقای محمد نیک نام

آقای داود غلامی

آقای مجید اسدی

خانم اسرا محتشمی راد

خانم لیلا میرزایی مقدم

خانم فاطمه گلاب عین آبادی

خانم فرزانه احمدی

خانم عطیه خراسانی

خانم رقیه قربانی

خانم مبینا رحیمی

خانم معصومه رضایی

خانم ریحانه افخمی

خانم نجمه ذاکری

آقای ابوالفضل صفری

خانم افسانه قنبریان

خانم زهرا رباط جزی

خانم سمانه رجاقمی

خانم نفیسه شیعه مرتضی

خانم فاطمه پژمان

خانم فائزه سلمان

خانم عظیمه برقی

خانم سمانه سادات مجتوبی

آقای ابراهیم قنبری

اقای محمد حسن شهبازی

آقای سید محمدجواد شهابی

آقای سید محمد قدمگاهی

آقای سید حسن حسینی

آقای سید صمد مشعشعی

# کمیته علمی بیست و یکمین همایش انجمن‌زمین شناسی ایران و یازدهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور

آقای دکتر محمد حسین آدابی

آقای دکتر مهران آرین

آقای دکتر محمد آریامنش

آقای دکتر اصغر آزادی

آقای دکتر مهراج آقازاده

خانم دکتر فریماه آیتی

خانم دکتر مریم آهنکوب

آقای دکتر امیر اثنی عشری

آقای دکتر ناصر ارزانی

آقای دکتر علی ارومیه ای

آقای دکتر وحید احدنژاد

آقای دکتر جمشید احمدیان

آقای دکتر فرهاد احیا

خانم دکتر زهرا اعلمی نیا

آقای دکتر پیمان افضل

آقای دکتر علی امام علی پور

خانم دکتر مهناز سادات امیر شاه کرمی

آقای دکتر سید احمد بابازاده

خانم دکتر لی لی ایزدی کیان

آقای دکتر مهدی بادپا

آقای دکتر حسن برزگر

خانم دکتر صدیقه بطالبلویی

آقای دکتر علی اکبر بهاری فر

خانم دکتر مهناز پروانه نژاد شیرازی

آقای دکتر حمیدرضا پیروان

خانم دکتر فتانه تقی زاده فرهمند

آقای دکتر وحید توکلی

خانم دکتر سیده سمیه تیموری

آقای دکتر علی اصغر ثیاب قدسی

آقای دکتر حسین جلالی

آقای دکتر علی حسین جلیلیان

خانم دکتر محبوبه جمشیدی بدر

خانم دکتر گلناز جوزانی کهن

آقای دکتر ناصر حافظی مقدس

آقای دکتر بهزاد حاج علیلو

خانم دکتر شهره حسن پور

آقای دکتر ماشااله خامه چیان

آقای دکتر سعید خدابخش

آقای دکتر محمد خلج

آقای دکتر محمد مهدی خطیب

آقای مهندس حسین داداشی آرانی

خانم دکتر لی لی دانشور صائین

آقای دکتر جهانبخش دانشیان

آقای دکتر علیرضا داودیان دهکردی

خانم دکتر زینب داوودی

آقای دکتر محمد علی رجب زاده

آقای دکتر پیمان رجبی

آقای دکتر نعمت الله رشید نژاد عمران

آقای دکتر خلیل رضایی

آقای دکتر بهروز رفیعی

آقای دکتر حجت الله رنجبر

آقای دکتر محسن رنجبران

آقای دکتر سید ناصر رئیس السادات

آقای دکتر عزت الله رئیسی

آقای دکتر مهدی زارع

آقای دکتر علیرضا زراسوندی

آقای دکتر رامین ساریخانی

آقای دکتر عادل ساکی

آقای دکتر علی اصغر سپاهی

آقای دکتر سیروس شاکری

آقای دکتر جعفر شریفی

آقای دکتر شهرام شریعتی

آقای دکتر غلامرضا شعاعی

آقای دکتر رحیم شعبانیان

آقای دکتر بهنام شفیعی

آقای دکتر جعفر شریفی

آقای دکتر شهریار صادقی

آقای دکتر مهدی صفری

آقای دکتر ابراهیم طالع فاضل

آقای دکتر محمد فداییان

آقای دکتر نصرالله عباسی

خانم دکتر کیمیا سادات عجائبی

آقای دکتر سعید علیرضایی

آقای دکتر حسن علیزاده

آقای دکتر پرویز غضنفری

آقای دکتر مرتضی فلاح پور طزنجی

آقای دکتر عباس قادری

آقای دکتر مجید قادری

آقای دکتر حبیب الله قاسمی

آقای دکتر ابراهیم قاسمی نژاد

آقای دکتر جواد قانعی اردکانی

آقای دکتر فریدون قدیمی

آقای دکتر منصور قربانی

آقای دکتر جلیل قلمقاش

آقای دکتر محمد رضا کبریایی زاده

آقای دکتر جلال کرمی

آقای دکتر محمد کشاورز بخشایش

خانم دکتر زهرا کی همایون

آقای دکتر اسد الله محبوبی

خانم دکتر مهین محمدی

آقای دکتر سید داوود محمدی

آقای دکتر علی اصغر مختاری

آقای دکتر سروش مدبری

آقای دکتر فرید مر

آقای دکتر مسعود مرسلی

آقای دکتر فریبرز مسعودی

آقای دکتر علیرضا مظلومی

آقای دکتر سید علی مظهری

آقای دکتر محمد معانی جو

آقای دکتر سعید معدنی پور

آقای دکتر سید جواد مقدسی

آقای دکتر همایون مقیمی

خانم دکتر آزاده ملک زاده شفارودی

آقای دکتر محسن موذن

آقای دکتر سید رضا موسوی حرمی

آقای دکتر فردین موسیوند

آقای دکتر سید رضا مهرنیا

آقای دکتر حسن میرنژاد

آقای دکتر حمید رضا ناصری

آقای دکتر تقی نبئی

آقای دکتر علیرضا نجف زاده

آقای دکتر بهرام نجفیان

آقای دکتر محمد نخعی

خانم دکتر مهناز ندایی

آقای دکتر روح اله ندری

آقای دکتر محمدرضا نیکودل

آقای دکتر رضا نوزعیم

سرکار خانم دکتر فاطمه واعظ جوادی

آقای دکتر محمد وحیدی نیا

آقای دکتر مهدی هاشمی

آقای دکتر حمید هراتی

آقای دکتر عبدالرحیم هوشمند زاده

آقای دکتر محمد یزدی

آقای دکتر علی یساقی

آقای دکتر هادی یگانه فر

# بررسی ساختارهای میکروسکوپی، ژئوشیمی و علل تنوع رنگ در عقیق‌های جنوب فردوس (خراسان جنوبی)

حدیثه آقائی قوجه*[۱]، مهدی رضائی کهخائی[۲]، فرج ا... فردوست
گروه پترولوژی، ژئوشیمی و زمین شناسی اقتصادی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود
hadiseaghaei@gmail.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده:**

عقیق‌های جنوب فردوس بر اساس رده‌بندی ساختاری-رسوبی در زون ایران مرکزی، زیرپهنه بلوک لوت و در غرب شهرستان بیرجند (خراسان جنوبی) واقع شده است. سنگ‌های میزبان عقیق‌ها در منطقه جنوب فردوس از نوع توف، آندزیت، بازالت، آندزیت بازالتی به سن ائوسن-الیگوسن هستند. کانی‌سازی سیلیس در منطقه درون واحدهای آتش‌فشانی به شکل پرکننده حفرات و شکستگی‌ها رخ داده است. این عقیق‌ها دارای ساخت و بافت‌های متنوع هستند که از مهمترین آنها می توان به ساخت بلوردانی (ژئود)، رگه‌ای ، خزه‌ایی، لوله‌ایی و گل کلمی اشاره کرد. اغلب عقیق‌ها در منطقه جنوب فردوس در زیر نور XPL، به صورت فیبری (رشته‌ایی) کشیده و اسفروئیدی دیده می‌شوند. آنالیزهای ژئوشیمیایی نشان داد که تنوع رنگی عقیق‌های منطقه به تغییر میزان عناصر Fe، Mn، Cr، Y وTl در آن ها وابسته است. بطوریکه فراوانی اکسیدآهن در عقیق های قرمز، کروم در سبز، منگنز در سیاه و ایتریوم و تالیوم در عقیق های زرد بیشتر از سایر نمونه ها است.

**کلید واژه ها**: عقیق، ساختار میکروسکوپی، ژئوشیمی، فردوس.

## Investigation of Microstructures, Geochemistry and color variation in South Ferdows agates (Southern Khorasan)

**Hadiseh Aghaei*[1]; Mehdi Rezaei-Kahkhaei[2]; Farajollah Fardoust**
**Department of Petrology, Geochemistry and Economic Geology, Geosciences collage, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran**
hadiseaghaei@gmail.com

**Abstract:**

The Ferdows agates are parts of Central Iranian Structural-sedimentary zone, Lut block and Located at west of Birjand. The host rocks of the agates are Eocene- Oligocene tuff, andesite, basalt and basaltic andesite. Silica Mineralization in the area occurred inside the volcanic units in the form of filling cavity and fractures. This agates have variety of structure and texture, the most important of which can be made cauliflower, circular, venis, moss, tabular. Most of the study agates show long fibers and spherulites under the microscope in XPL light. Geochemical analysis showed that the color variation of the agates depends on the concentration of Fe, Mn, Cr, Y and Tl in which red agate are rich in iron oxide, green in Cr, black in Mn, yellow in yttrium, thallium than other samples.

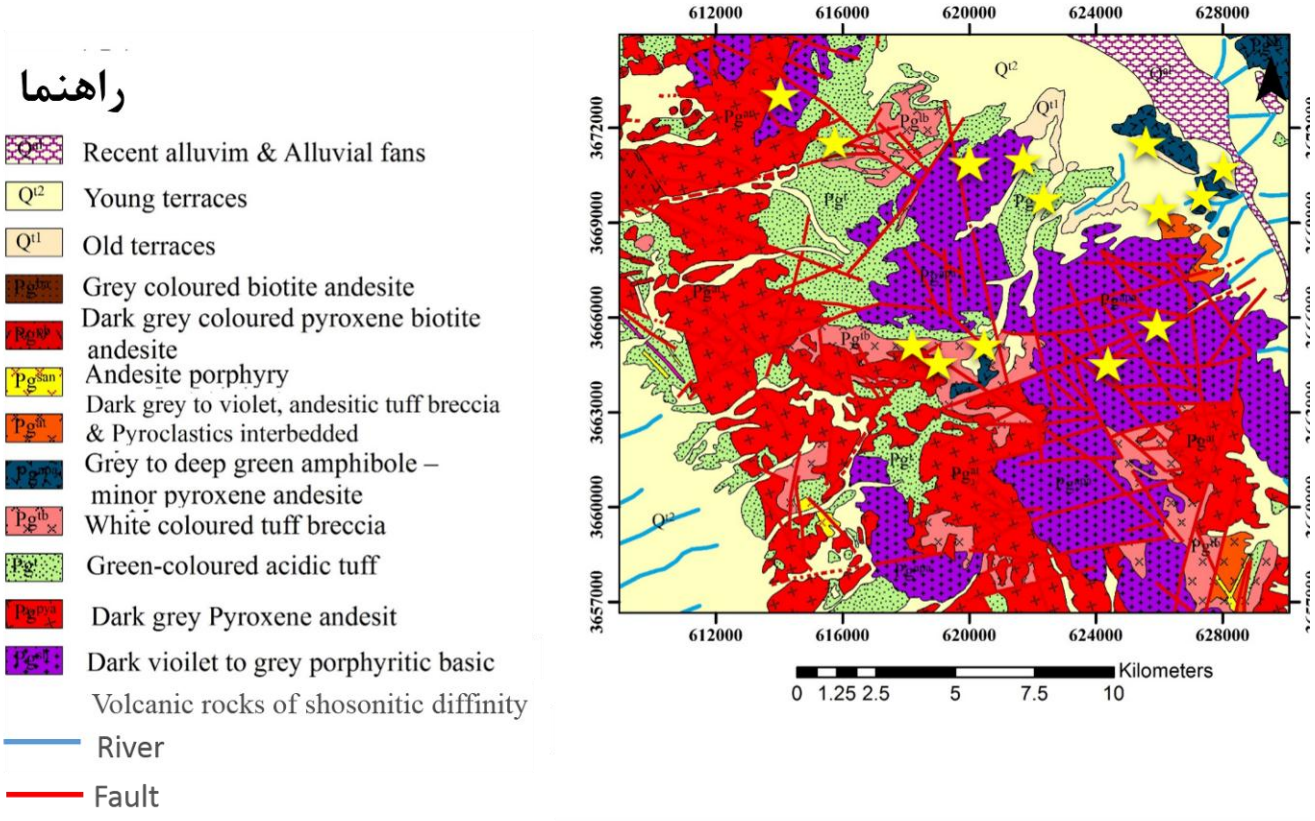
**Keywords:** Agate, Microstructure, Geochemistry, Ferdows.

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه**

با نگاهی دقیق به عقیق‌ها خواهیم فهمید که هر عقیق دارای جهانی کوچک و منحصر به فرد است (Gotze, 2011). عقیق‌ها جزء انواع سنگ‌های نیمه قیمتی محسوب شده که در طبیعت با ابعاد چند میلیمتری تا چند متری قابل مشاهده‌اند. این سنگ‌ها می‌توانند در محیط‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی تشکیل شوند (Moxon, 2002) . نظریه‌های زیادی در مورد تشکیل، ساختار میکروسکوپی و لایه‌های عقیق منتشر شده است. به طور کلی دو نظریه وجود دارد: براساس فرضیه اول فرض می‌شود که عقیق‌ها از محلول‌های سیلیسی حاصل می‌شوند، که به درون سنگ‌های میزبان (ولکانیکی) نفوذ کرده و سیلیس به عنوان لایه‌های کلسدونی ته‌نشین می‌شوند (Landmesser, 1984 ; BlankenBurg, 1988). همچنین این نظریه بیانگر آن است که فرآیند بیرونی (محلول‌های غنی از سیلیس در اثر انحلال و شستشوی سیلیس از سنگ‌های قبلی) سبب ایجاد ساختار و باندهای عقیق شده است. اساس فرضیه دوم بر آن است که عقیق‌ها در نتیجه فرآیند داخلی (که محلول‌های غنی از سیلیس حاصل از فازهای نهایی تبلور ماگمایی ایجاد می‌شوند) تشکیل شده‌اند (مقایسه با Landmesser, 1984). اگرچه مطالعات گسترده‌ای بر روی بافت‌ها و منشأ عقیق‌ها انجام شده است، اما نحوه تشکیل این بافت‌ها و منشأ عقیق‌ها در هاله‌ای از ابهام واقع شده و همچنان بحث برانگیز است (Brewster,1843; Bernauer,1927; Frondel 1962, 1978; Monros, 1964; Ball and Burns, 1975; Sunagawa and Ohta, 1976; Blankenburg et al., 1982; Flork et al., 1982; Landmesser 1984, 1988; Fallick et al., 1985; Graetsch et al., 1985, 1987; Copisarow, 1942; Folk and Weaver, 1952; Jayaraman, 1953; Pelto, 1956).

عقیق‌های جنوب فردوس بخشی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شارقنج و آیسک محسوب می‌شود که در آن به صورت ژئود و رگه‌ایی مشاهده می‌شوند و بین طول‌های جغرافیایی '۳۰ °۵۸ – '۰۰ °۵۸ و عرض‌های جغرافیایی '۰۰ °۳۴ – '۰۰ °۳۳ واقع شده‌اند (شکل ۱). این منطقه بر اساس رده‌بندی ساختاری-رسوبی در زون ایران مرکزی، زیر پهنه بلوک لوت و در غرب شهرستان بیرجند واقع شده است (آقانباتی، ۱۳۸۳ ، اشتوکلین و نبوی، ۱۹۷۳). فعالیت ماگمایی در این منطقه در زمان ائوسن غالباً به صورت روانه‌های گدازه، آگلومرا، توف، کریستال توف، آندزیت، بازالت، آندزیت بازالتی و... می‌باشد (رشیدپور و همکاران، ۱۳۹۶). در منطقه جنوب فردوس عقیق‌هایی با انوع ساخت-بافت و رنگ‌های متنوع مشاهده می شوند. هرچندکه مطالعات متعددی توسط رشیدپور و همکاران، ۱۳۹۶، نکویی و زرین‌کوب، ۱۳۹۵، شعبانی و کیانی، ۱۳۹۳ صورت گرفته است ولی بررسی عقیق‌ها از جنبه‌های مختلف ساختاری و ژئوشیمیایی دارای اهمیت قابل توجهی می‌باشد لذا در این تحقیق به توصیف بافتی در مقیاس میکروسکوپی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی پرداخته شده است.




**شکل ۱: موقعیت عقیق‌های جنوب فردوس برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شارقنج.**

◊◊◊◊◊◊◊

## بحث

### ساخت و بافت

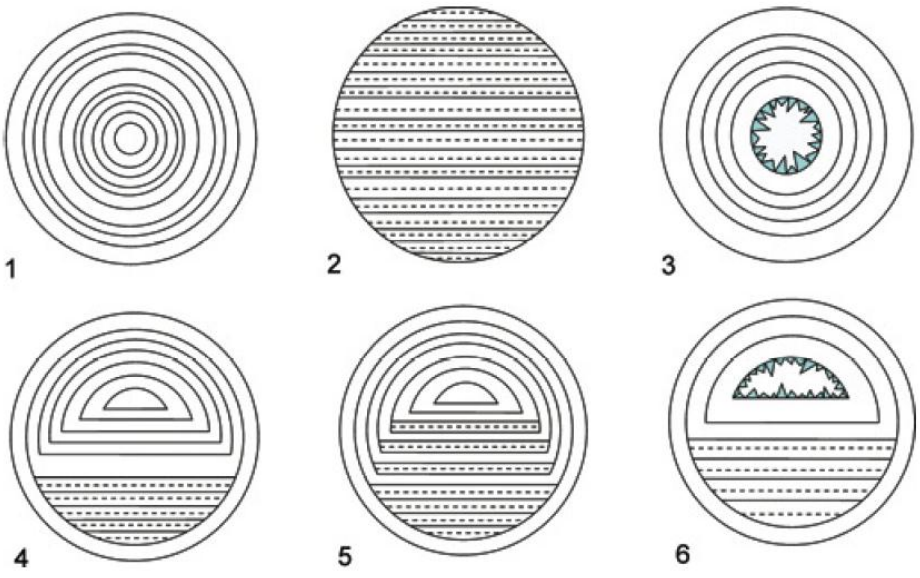
در منطقه جنوب فردوس کانی‌سازی سیلیس درون واحدهای آتش‌فشانی ائوسن-الیگوسن (رشیدپور و همکاران، ۱۳۹۶) به شکل پرکننده حفرات و در شکستگی‌ها رخ داده است . از ساخت‌های مهم منطقه جنوب فردوس می‌توان به ساخت بلوردانی (ژئود)، گل کلمی و رگه‌ایی اشاره کرد. عقیق‌های جنوب فردوس اغلب دارای اندازه ۱۰تا ۱۵ سانتی‌مترهستند و به دلیل وجود ناخالصی‌های موجود در آنها به رنگ‌های سفید تا بی‌رنگ، سبز، زرد، قرمز، صورتی و سیاه دیده می‌شوند. علاوه بر عقیق‌ها، انواع ژاسپر، آمتیست، اپال، کلسیت و ژیپس نیز در منطقه قابل مشاهده هستند.

باتوجه به تقسیم بندی Lancu و همکاران (۲۰۰۹)، عقیق‌ها به انواع عقیق برشی (brecciated agate) – عقیق کارنلین (carnelian agate) – عقیق متحدالمرکز (concentric/wall-lining/fortification agates) – عقیق خزه‌ایی (moss agate) – عقیق لوله‌ای (tabural agate) – عقیق رگه‌ای (vein agate) – عقیق لایه‌ای (banded/Uruguay agate) تقسیم می‌شوند. عقیق‌های خزه‌ایی، متحدالمرکز و لایه‌ایی بیشترین رخنمون را در منطقه دارند. بر این اساس در اینجا به بررسی ساختارهای

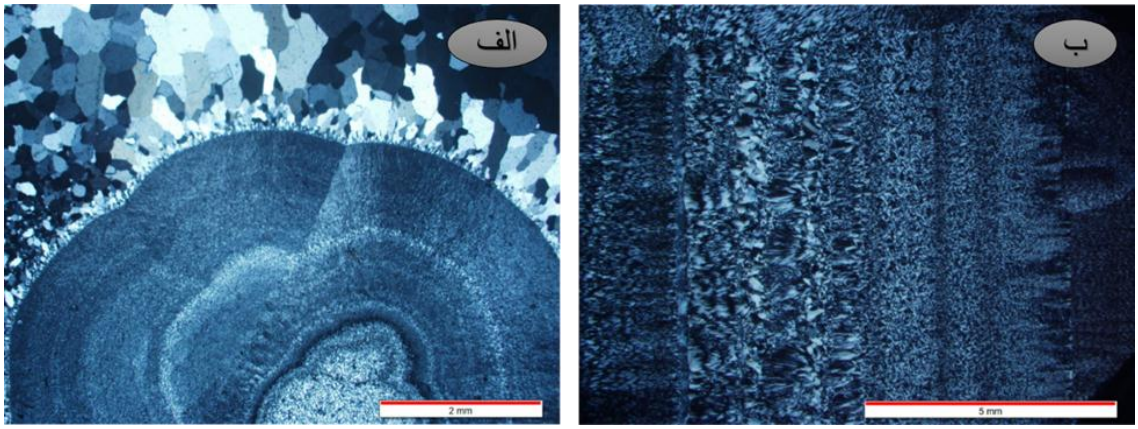
میکروسکوپی عقیق‌های متحدالمرکز و لایه‌ایی پرداخته می‌شود (شکل ۲).

عقیق‌های متحدالمرکز (wall-lining) در منطقه جنوب فردوس اکثراً با طرح کلی حفره‌های سنگ‌های میزبان مطابقت دارند و عقیق‌های لایه‌ایی (Uruguay) به صورت موازی با لایه‌های قبلی مشاهده می‌شوند (شکل ۳). لایه‌های مشاهده شده، می‌توانند ناشی از تغییر در نوع فاز سیلیکاته، اندازه بلورها، تخلخل و توزیع رنگدانه‌های رنگی (کانی‌های پاراژنتیک) در ماتریکس $SiO_2$ باشند (Gotze, 2011). طبق مطالعات Florke و همکاران (۱۹۸۲)، احتمالاً عقیق‌های متحدالمرکز منطقه مورد مطالعه در دمای بالا و عقیق‌های لایه‌ایی در دمای پایین تشکیل شده‌اند. بر اساس مدل ارائه شده توسط Gotze در سال ۲۰۱۱، عقیق‌های Wall-lining اغلب شامل سه زون می‌باشند. طبق مطالعات صورت گرفته بر روی بافت‌های میکروسکوپی عقیق‌های منطقه جنوب فردوس، می‌توان این سه زون را اینگونه معرفی کرد:

اولین زون، بیرونی‌ترین زون در عقیق‌های منطقه را تشکیل می‌دهند که با عرض چندین میلیمتر شامل دانه‌های کریپتوکریستالین یا کلسدونی اسفروئیدی می‌باشند. زون دوم اغلب توسط کلسدونی فیبری تحت سلطه قرار گرفته است. زون سوم داخلی‌ترین بخش می‌باشد و در اغلب عقیق‌ها از جمله عقیق‌های منطقه جنوب فردوس از کوارتز میکروکریستالین تشکیل شده است (شکل 4c).

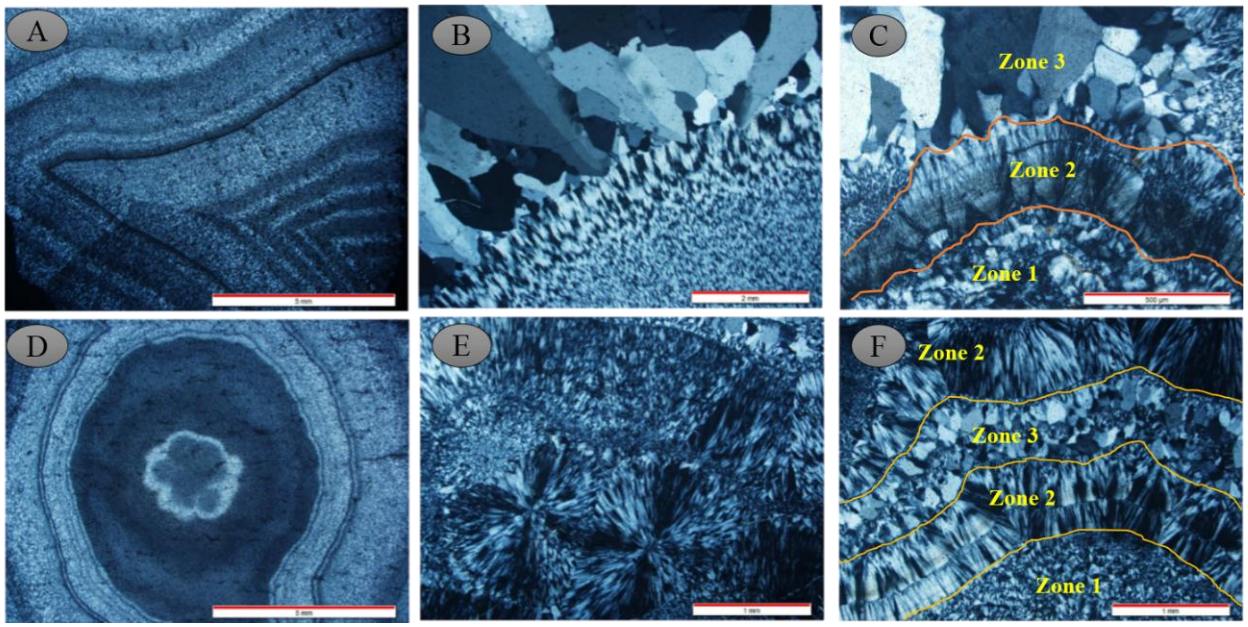



**شکل ۲: انواع عمومی ساختار عقیق‌ها را نشان میدهد. ۱)عقیق Wall-lining ۲) Uruguay agate ۳) عقیق‌های Wall-lining که مرکز آنها توسط کوارتز میکروکریستالین پرشده است. ۴و ۵و۶) ترکیبی از مدل ۳ مدل قبل هستند. گاهی اوقات مرکز عقیق‌ها می‌تواند توخالی باشد. (اصلاح شده توسط Petranek, 2006)**

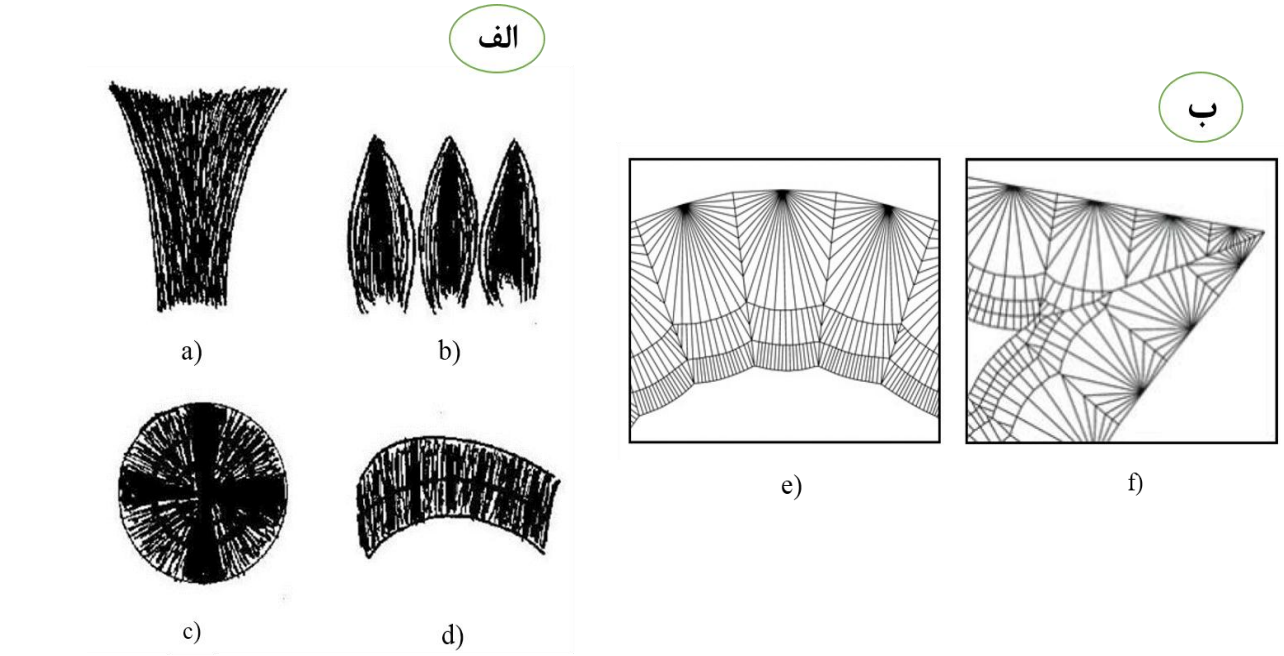



**شکل۳: الف) تصویر میکروسکوپی از عقیق‌های wall-lining و ب) Uruguay زیر نور XPL**

این ساختارها در بعضی از نمونه‌های منطقه مورد مطالعه به طور کامل توسعه پیدا نکرده‌اند و یا بعضی زون‌ها به صورت پی درپی تکرار شدند (شکل 4F). انواع بافت‌های اصلی مشاهده شده از عقیق‌های منطقه در زیر میکروسکوپ پلاریزان شامل فیبرهای کشیده (شکل 4B) و اسفروئیدی می‌باشد (شکل ۵ و شکل 4 A,D,E).




**شکل ۴: انواع بافت‌های اصلی عقیق‌های جنوب فردوس را نشان می‌دهد. A,D,E) بافت اسفروئیدی را نشان می‌دهند. B) بافت فیبری به همراه کوارتز ماکروکریستالین را نشان میدهد. C) سه زون اصلی در عقیق‌های متحدالمرکز را نشان می‌دهد. F) نشان دهنده تکرار زون ۲ در عقیق‌های منطقه فردوس می‌باشد.**




**شکل ۵: الف) ساختار میکروسکوپی عقیق‌ها (Moxon, 1996) a/b/d : بافت فیبری کشیده و c: بافت اسفروئیدی را نشان میدهد. ب) طرح شماتیک از تشکیل اسفروئیدی‌های جداگانه که در ادامه به سمت داخل به صورت لایه‌ای رشد می‌کنند.**

## ژئوشیمی عقیق‌ها

برای بررسی ترکیب شیمیایی عقیق‌های جنوب فردوس و نیز شناخت تأثیر عناصر رنگزا (آهن، مس، منگنز، کروم، تیتانیوم، نیکل و کبالت) در این عقیق‌ها، ۸ نمونه به رنگ‌های سفید، زرد، قرمز، سیاه و سبز جهت آنالیزهای ICP-MS و XRF انتخاب شدند. عقیق‌های مطالعه شده دارای مقادیر $SiO_2$ بین ۹۵/۷۸ تا ۹۸/۹۰ درصد وزنی و مقادیر جزئی از $Fe_2O_3$ (۰/۱۱ – ۱/۰۷درصد وزنی)، $Al_2O_3$ (۰/۰۷ – ۰/۳۴درصد وزنی)، NaO (۰/۱۱ –۰/۱۵درصد وزنی)، CaO (۰/۰۴– ۰/۰۶درصد وزنی) می‌باشد. مقادیر دیگر اکسیدهای اصلی ($P_2O_5$, $K_2O$, $TiO_2$) تغییرات اندکی را نشان می‌دهند و در اکثر نمونه‌ها پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه می‌باشند. با توجه به نتایج به دست آمده و مقایسه آن با مطالعات ژئوشیمی انجام شده توسط انصاری‌فر و همکاران (۱۳۹۶) و حاج علیلو و همکاران (۱۳۸۹) بر روی عقیق‌ها، می‌توان علت تنوع رنگی عقیق‌های جنوب فردوس را اینطور استنباط کرد که عقیق‌های سفید دارای بالاترین مقدار SiO2 هستند، این امر نشان‌دهنده تشکیل آنها از سیال با تفریق یافتگی بیشتر نسبت به سایر عقیق‌ها در منطقه است. میزان بالای ایتریوم و تالیوم در عقیق‌های زرد بیشتر از نمونه‌های دیگر می‌باشد که شاید علت رنگ زرد در نمونه‌ها را توجیه کند. علت رنگ قرمز در نمونه‌ها احتمالاً به

علت مقدار بالای اکسیدآهن بوده است. در عقیق‌های سیاه مقدار منگنز نیز ببشتر از سایر نمونه‌ها می‌باشد.

◇◇◇◇◇◇◇

**نتیجه گیری :**

در منطقه جنوب فردوس کانی سازی سیلیس (عقیق) درون واحدهای آتشفشانی ائوسن-الیگوسن به شکل پرکننده حفرات و در شکستگی‌ها رخ داده است. تنوع ساخت در عقیق‌های فردوس مشهود است و بیانگر شرایط متفاوت پر شدن حفره‌های سنگ‌ها از ژل سیلیسی است. بافت‌های فیبری و اسفروئیدی و نواری مهترین بافت‌های مشاهده شده در منطقه هستند. وجود رنگ‌های متنوع از قبیل قرمز، سیاه، سبز، زرد، سفید و صورتی ناشی از تغییر جزئی در عناصر ایجاد رنگ (آهن، منگنز، مس، نیکل و کبالت) در ترکیب ژل‌های سیلیسی است.

◇◇◇◇◇◇◇

**منابع فارسی :**

-آقانباتی، س. ع.، ۱۳۸۳ . زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۰۰ ص.

-رشیدپور، الف.، بهلگردی، الف.، زرین‌کوب، م.، محمدی، س.س.، و غلامی، الف.، ۱۳۹۶، بررسی سنگ‌های سیلیسی قیمتی و نیمه قیمتی در سنگ‌های آتش‌فشانی منطقه ایستوچاه (جنوب سه قلعه، خراسان جنوبی). نهمین همایش ملی انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه بیرجند.

-نکویی، الف.، زرین‌کوب، م.، ۱۳۹۵، کانی زایی سنگ‌های نیمه‌قیمتی مرتبط با ماگماتیسم ائوسن-الیگوسن در پهنه لوت-سیستان، خاور ایران، بیست و چهارمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود.

-شعبانی، ز.، کیانی، م.، ۱۳۹۳، بررسی سنگ‌های جواهری سیلیسی در ناحیه سه‌قلعه (شمال غربی خراسان جنوبی )، بیست و دومین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز.

-حاج علیلو، ب.، وثوق، ب.، و مؤذن، م.، ۱۳۸۹، ویژگی‌های کانی‌شناسی، ژئوشیمی، گوهرشناسی و علل تنوع رنگ در عقیق‌های میانه، شمال غرب ایران، مجله بلور شناسی و کانی شناسی ایران. شماره ۳، ۴۲۷ تا ۴۳۸.

## References:

Götze, J., 2011. Agate Fascination between legend and science. 117pages.

G◌otze, J., Tichomirova, M., Fuchs, H., Pilot, J., Sharp, Z.D., Geochemistry of Agates, Chemical geology, 175, p. 523-541.

Iancu, O.G., Toda, D.P., Iancu, G., 2009. Mineral chemistry of some agates from Gurasada (Mureº Valley, Romania), Studia Universitatis Babeº-Bolyai, 54 (1), 37.

Petránek, J., 2006. Entstehung von gravitations- und adhäsionsgebänderten Achaten in Raum und Zeit und in Abhängigkeit vom Klima. Der Aufschluss, 57(3), 129-150.

Moxon, T., 1996. Agate: Moxonmicrostructure and possible origin Doncaster, Terra Publications, 106 S.

Moxon, T., 2002. Agate: A study of ageing. European Journal of Mineralogy, 14, 1109-1118.

Mad ore, B.F., and Freedman, W.L., 1987. Self-organization structures. American Scientist, 75, 252-259.

Blankenburg, von h. - j., and Werner, c.d., 1982. Erste Ergebnisse der Sauerstoffisotopenuntersuchungen an Vulkanitachaten und ihre genetische Interpretation. Chem. Erde, 4, 213-217.

Landmesser, M., 1984. Das Problem der Achatgenese. Mitt. Pollichia, 72, 5-137.

Landmesser, M., 1988. Structural characteristics of agates and their genetic significance. Neues Jahrb. Miner. Abh., 159, 223-235.

Brewster, D., 1843. On the cause of the colour in iris agate. Philo.Mag, 22, 434-435.

Bernauer, F., 1927. Uber zickzackbanderung (Runzelbanderung) und verwandle Polarisation serscheinungen an kristallen und kristallaggregation. Neues Jahrb. Mineral. Geol. Palaeontol. Beilbd., 55, 92-143.

Frondel, C., 1962. The system of Mineralogy. Vol. III, Silica Minerals, 7th Ed ., Wiley, New York.

Frondel, c., 1978. Characters of quartz fibers. Am. Mineral., 63, 17-27.

Monros, E.A., 1964. Electron optical observations of fine-grained silica minerals. Am. Mineral., 49, 339-347 .

Ball, R.A., and Burns, R.L., 1975. Agate, Part 1, A review-genesis and structure. Australian Gemmol., 12, 143-150.

Sunagawa, I., and Ohta, E., 1976. Mechanism of formation of chalcedony. Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. III, 13, 131-146.

Florke, O.W., Kohler-Hernertz, B., Langer, K., and Tonges, I., 1982. Water in microcrystalline quartz of volcanic origin, agate. Contrib. Mineral. Petrol., 80, 324-333.

Graetsch, H., Florke, O.W., and Miehe, G., 1985. The nature of water in chalcedony and opal-c from Brazilian agate geodes. Phys. Chem. Mineral., 12, 300-306.

Graetsch, H., Florke, O.W., and Miehe, G., 1987. Structural defects in microcrystalline silica. Phys. Chem. Mineral., 14, 249-257.

Copisarow, A.C., and Copisarow, M., 1942. Silica and the liesegang phenomenon. Nature, 149, 143.

Folk, R., and Weaver, C.F., 1952. A study of the texture and composition of chert. Am. J. Sci., 250, 498-510.

Pelto, C.R., 1956. A study of chalcedony. Am. J. Sci., 254, 32-50.

Raman, C.V., and Jayaraman, A., 1953. On the optical behavior of cryptocrystalline quartz. Proc. Indian Acad. Sci., 41A, 1-6.

# مطالعه صحرایی و پتروگرافی سازندهای حاوی کانه زایی فسفات در جنوب استان چهارمحال و بختیاری

مریم آهنکوب، استادیار گروه زمین شناسی ،دانشگاه پیام نور ، ایران Ahankoub.m@pnu.ac.ir
الهام کیوانی هفشجانی، کارشناسی ارشد چینه شناسی و فسیل شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Keyvani.elham@gmail.com

**چکیده :**

به منظور پی جویی و اکتشاف فسفات در سازندهای رسوبی استان چهارمحال و بختیاری ۵ برش (دو برش در جنوب شهرستان بروجن و سه برش در شهرستان لردگان حوالی روستاهای امیرآباد و شیرمردی در جنوب شرق لردگان و برش ساطح در جنوب لردگان) انتخاب شد و پس از نمونه برداری از مقاطع مناسب، تعداد ۳۰۰ نمونه به طور سیستماتیک برداشت شده و مورد مطالعه قرار گرفت. از آن جا که مرز تغییر رخساره های پیشروی دریا و همچنین تبدیل رخساره های عمیق و کم عمق می تواند به نهشته شدن فسفات کمک کند. بررسی مرز سازندهای داریان و کژدمی، سروک و گورپی، گورپی و امیران، گورپی و پابده، دال بر حضور پتانسیل فسفات زایی در منطقه می باشد.

**کلید واژه ها**: فسفات، سازندهای رسوبی، ورقه بروجن، لردگان، چهارمحال و بختیاری.

## Field Study and Petrography Formation of Phosphate Mineralization in the South of Chaharmahal & Bakhtiari Province

Maryam Ahankoub, assistance professor, geology group, payam noor university, Iran.
Elham Keyvani, MSC in stratigheraghy, faculty of earth secience, Kharazmi University,Tehra, Iran

**Abstract:**

In order to search and explore the phosphate in sedimentary formations of Chaharmahal and Bakhtiari province, five sections were selected (two section in south of Borujen city and three section in Lordegan city around the villages of Amir Abad and Shirmardi in the east south of Lordegan and Sateh section in south of Lordegan) and then 300 samples were taken as systematically and studied. Since of the change boundary of transgression facies, and facies transformation deep and shallow, can to deposite phosphate. Investigating the boundary of Daryian and Kazhdumi Formation, Sarvak and Gurpi, Gurpi and Amiran, Gurpi and Pabdeh, indicates the presence of phosphatogenic potential in the region.

**Keywords :**phosphate,sedimentary formation, Broujen, Lordegan, Chaharmahal and bakhtiyari.

**مقدمه :**

از دیدگاه ساختاری استان چهارمحال و بختیاری در بردارنده ۳ زون زمین ساختی شامل سنندج – سیرجان در شرق، زاگرس مرتفع در مرکز و غرب و زاگرس چین خورده در جنوب می باشد. ویژگی های خاص زمین شناختی این سرزمین

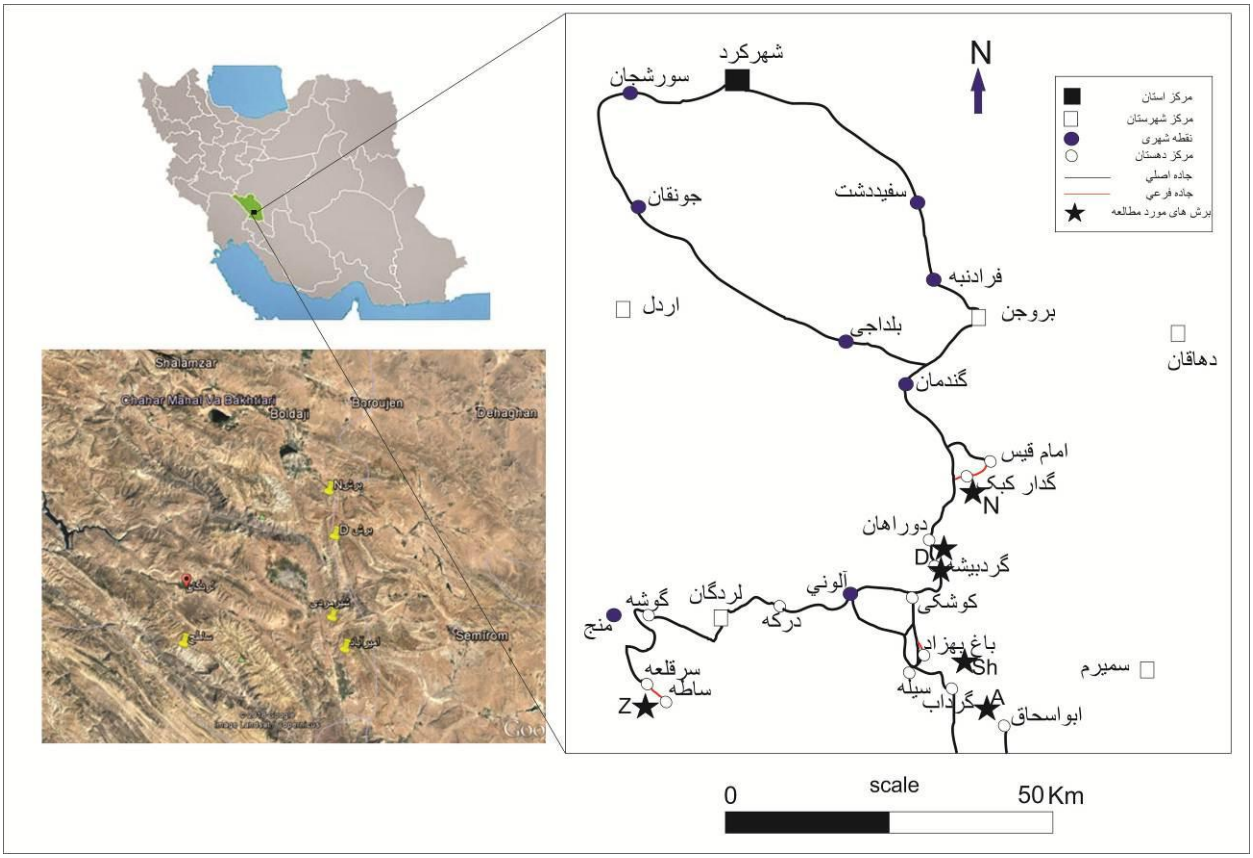
به طور کامل متاثر از حوادث کوهزایی بوده که در ادوار مختلف زمین شناسی به وقوع پیوسته است. به لحاظ قرار گیری بخش اعظم استان در پهنه ساختاری زاگرس، سازندهای رخنمون یافته عمدتا رسوبی هستند(آقانباتی،۱۳۸۳). عملکرد فرآیندهای رسوبی همچون پیشروی و پسروی های مکرر موجبات تنوع محیطی در ادوار مختلف زمین شناسی را فراهم آورده است که حاصل آن تشکیل منابع نسبتا ارزشمندی از کانسارهای رسوبی همچون سنگ های نمای مرمریتی، سنگ های لاشه، گچ، آهک های صنعتی، دولومیت، ماسه سنگ، سیلیس، فلدسپات، شیل های رسی و خاک های رسی و فسفات می باشد(زاهدی و رحمتی،۱۳۷۴).

گزارشات پراکنده ای که در جریان پروژه های پی جویی و نیز حفاری های نفتی صورت پذیرفته است، حاکی از وجود نشانه هایی از حضور اندیس های فسفات رسوبی در بین توالی چینه شناسی دوران دوم تا نئوژن می باشد. سازندهای گدوان و کژدمی به سن کرتاسه پایینی، مرز ایلام – گورپی و گورپی – پابده از جمله مهم ترین سازندهای واجد ذخایر فسفاتی در استان چهارمحال و بختیاری به شمار می آیند.

بسیاری از رسوبات فسفریتی ادوار زمین شناسی، در هنگامی که سطح آب دریا نسبتا بالا بوده یا با پیشروی های کوتاه مدت همراه بوده است، تشکیل شده اند. در طی این زمان ها، فلات قاره ای دریاهای کم عمق بارور، شکوفایی فیتوپلانکتون ها را زیاد می کند، که منجر به کم شدن اکسیژن در کف دریاهای کم عمق می شود. از طرف دیگر یک انطباق کلی در تشکیل فسفر در آب و هوای گرم ملایم وجود دارد، چون این آب و هوا باعث ریزش فسفر به کف اقیانوس می شود و این عمل منجر به پیدایش آب های کم اکسیژن گسترده ای می شود. (Arthur & Jenkyns, 1981)

پدیده جریان های بالا آینده **(Upweling)** را که آبهای غنی فسفر را از اعماق به بخش های کم عمق آورده و سبب افزایش **PH** و کاهش فشار گاز $CO_2$ می گردد، در رسوب فسفر مؤثر می داند.(Abdel-Zaher, 2005) البته در ا ین شرایط ابتدا محیط نسبت به کربنات کلسیم و سپس نسبت به فسفات کلسیم اشباع می شود. وی تأکیدمی نماید که فسفات درمنطقه فتوسنتز به دلیل جذب یون فسفر توسط فیتوپلانکتونها در اعماق بیش از 200 متری بدلیل مقدار زیاد گاز $CO_2$ که فوق اشباع شده فسفر جلوگیری می نماید، نمی تواند تشکیل گرد د. بنابراین کازاکف دو عامل تمرکز نامساو ی فسفر در آب دریا و بالا آمدن آب را مؤثر می داند.

در این تحقیق کلیه سازندهای فوق در استان بررسی شده اند و در جنوب استان سازندهای داریان، کژدمی، گورپی، امیران، سروک، کشکان، شهبازان، پابده و آسماری مشاهده شده اند.




شکل ۱.موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به برش های مورد مطالعه، برگرفته از نقشه اتواطلس ایران (۱۳۸۸)

**روش تحقیق:**

با توجه به وجود فسفات در سازندهای مزوزوییک و سنوزوییک و مرز آن ها که شامل سازندهای گدوان، کژدمی، ایلام، گورپی و پابده می باشد، رخنمونی از این سازندها و مرز آنها در پهنه زاگرس چین خورده و زاگرس مرتفع در شهرستان های لردگان و بروجن استان چهارمحال و بختیاری انتخاب شد.

پس از نمونه برداری از مقاطع مناسب سازندهای فوق، تعداد ۳۰۰ نمونه به طور سیستماتیک برداشت شده و مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه های مناسب در طی ۲ مرحله به آزمایشگاه طیف کانساران بینالود ارسال گردید. مطالعات پتروگرافی نیز در آزمایشگاه زمین شناسی پیام نور مرکز شهرکرد انجام گردید.

از آن جایی که سازند کژدمی به عنوان یکی از سازندهای انتخاب شده و راهبردی جهت پی جویی مقدماتی فسفات معرفی شده است و با توجه به پراکندگی مناسب و در دسترس این سازند در شهرستان لردگان، برش های A (امیرآباد با موقعیت ۵۹ ۱۴ ۵۱ طول شرقی و ۱۸ ۲۰ ۳۱ عرض شمالی) و Sh (شیرمردی با موقعیت ۵۴ ۱۲ ۵۱ طول شرقی و ۴۹ ۲۴ ۳۱ عرض شمالی) انتخاب گردیده است. برش های N (با موقعیت ۳۵ ۱۲ ۵۱ طول شرقی و ۰۲ ۴۳ ۳۱ عرض شمالی) و D (با موقعیت

۳۹ ۱۳ ۵۱ طول شرقی و ۲۸ ۳۶ ۳۱ عرض شمالی) در سازند کژدمی و سازندهای مجاور در ورقه بروجن مورد مطالعه قرار گرفت. در شهرستان لردگان و در نزدیکی روستای ساطح مقطع Z (با موقعیت ۴۶ ۴۷ ۵۰ طول شرقی و ۲۴ ۲۲ ۳۱ عرض شمالی) انتخاب شد.

**نتیجه گیری :**

برش N در ورقه بروجن درجنوب تاقدیس دودلو و در امتداد محورآن پیمایش شده است. به طورکلی ازنظر زمین ساخت، تاقدیس مذکور توسط گسل هایی در امتداد محور وعمود برآن دارای شکستگی های فراوان و جابجایی در واحد های سنگی است. این برش شامل سازندهای داریان و کژدمی می باشد که لیتولوژی غالب آن آهک های نازک لایه مرمریتی و آهک های رسی است که به آهک های ضخیم لایه توده ای تیره و حفره دار تبدیل می شود. همچنین مرز سازند داریان و کژدمی آهک رسی سست و متخلخل کرم رنگ با شکستگی و رگه های ثانویه می باشد. سطح تازه و شکسته این سنگ آغشته به هیدروکربن می باشد و بوی گوگرد و هیدروکربن ازآن استشمام می شود، به نظر سازند کژدمی در این منطقه دارای پتانسیل سنگ منشأ بوده و عوامل ثانوی مانند گسلش و نبود سنگ پوش مناسب موجب مهاجرت سریع هیدروکربن از آن به سطوح بالاتر و از بین رفتن آن شده است. همچنین وجود نودول ها و نوارهای سیلیسی و چرتی در این واحد سازند کژدمی نشان دهنده تبدیل رخساره های عمیق و کم عمق می باشد و هم زمانی رسوب گذاری را با آهک ها نشان می دهد، از آن جا که مرز تغییر رخساره های پیشروی دریا می تواند به نهشته شدن فسفات کمک کند، این واحد سنگی واحدی امید بخش برای پی جویی فسفات می باشد. به طور کلی این مقطع مرز کرتاسه بالایی گروه بنگستان و کرتاسه پایین گروه خامی را نشان می دهد.

برش D در ورقه بروجن به منظور پی جویی در افق های کرتاسه فوقانی و پالئوسن انتخاب شده است و دلیل این گزینش، وجود احتمالات تعریف شده در مرز فوقانی سازند گورپی و افق تحتانی تاربور می باشد. سازندهایی که در این محل رخنمون دارند به ترتیب شامل سازندهای گورپی،امیران، کشکان وشهبازان است. به طور کلی ساختار زمین ساختی اصلی منطقه شمالی - جنوبی می باشد که متأثراز ابر گسله دنا می باشد. لیتولوژی غالب این ناحیه لایه های شیلی و لایه های متوسط آهک کرمی رنگ فسیل دار می باشد که به صورت لنزهای کشیده در بین لایه های شیلی ومارنی قرار گرفته است. فسیل های شاخص این لایه ها هیپوریت مطبق و هلیکس می باشد که با توجه به فسیل های مشاهده شده در این لایه، سن آن کرتاسه فوقانی و معادل سازند تاربور است. به دلیل وجود احتمال اندیس های فسفات در افق های مرزی گورپی پیمایشی در محل رخنمون واحد های شیلی و مارنی سبز رنگ امیران (احتمالاً پابده) انجام گرفته است. این پیمایش در افق کربناتی رودیست دار (پابده) و در سقف شیل های سبز رنگ گورپی نیز انجام شد.

در لایه D همچنین مرز زیرین سازند گورپی با سروک تحت اکتشاف و پی جویی قرارگرفت، به این دلیل که تغییر رخساره عمیق سروک به رخساره کم عمق گورپی می تواند در ته نشین کردن فسفات توسط آب های سرد پیش رونده به

ساحل نقش مهمی داشته باشد. واحدهایی که در این مقطع دیده می شود واحدهای مرمریتی نازک لایه کرم رنگ متعلق به سازند سروک و شیل های متورق و مدادی گورپی می باشند.

از افق های رنگین مارنی سازند امیران نیز نمونه برداشت شده است. با توجه به مرز ناگهانی سازندگورپی با سازند امیران در این افق احتمال پسروی و کم عمق شدن حوضه بسیار زیاد است و میتواند افقی برای ته نشینی لیگاندهای فسفات در محل برخورد آب های سرد با آب های گرم کم عمق باشد.

برداشت مارن های زرد رنگ تا سفید بخش فوقانی سازند تاربور در برش D و لایه های مارنی که به صورت متناوب در بخش های آهکی پرفسیل رخنمون دارند، میتواند نتیجه عقب نشینی حوضه به صورت مکرر باشد. چنین حالتی شرایط ته نشینی ترکیبات فسفات را هموار می نماید. همچنین وجود هیپوریت ها و دیگر شکم پایان نشان دهنده شرایط ریفی و گرم حاشیه قاره ای می باشد.

بخش فوقانی سازند امیران در این برش شامل سازند های شیلی است که نشان دهنده مناطق کم عمق دریاهای آزاد وحواشی قاره است، ولی مرز سازند امیران و تاربور کاملا تدریجی بوده و کم تر دست خوش عوامل هوازدگی بوده است. برخلاف دیگر گزارشات، سازند امیران در این بخش بیشتر شیلی است و نه ماسه سنگی یا کنگلومرایی و به نوبه خود این مرز نیز شرایط ویژه ای جهت وجود اندیس های فسفات خواهد داشت.

برش A در شهرستان لردگان متعلق به واحدهای خاکستری آهکی توده ای می باشد. به نظر می رسد این واحدها متعلق به بخش زیرین سازند سروک باشد. در این محل درزه های قائم فراوانی وجود دارند که دارای امتداد شمالی - جنوبی و شمال شرقی می باشد. لایه ها در این محل ضخیم لایه تا توده ای می باشند که توسعه کارست و حفرات ریز در آن به فراوانی دیده می شود. وجود نوارهای چرت دار، واحدهای متوسط لایه آهکی کرم رنگ با تخلخل فراوان و خرده های فسیلی از دیگر ویژگی های این نمونه می باشد، به نظر می رسد این لایه در تحتانی ترین قسمت سازندکژدمی قرار گرفته باشد.

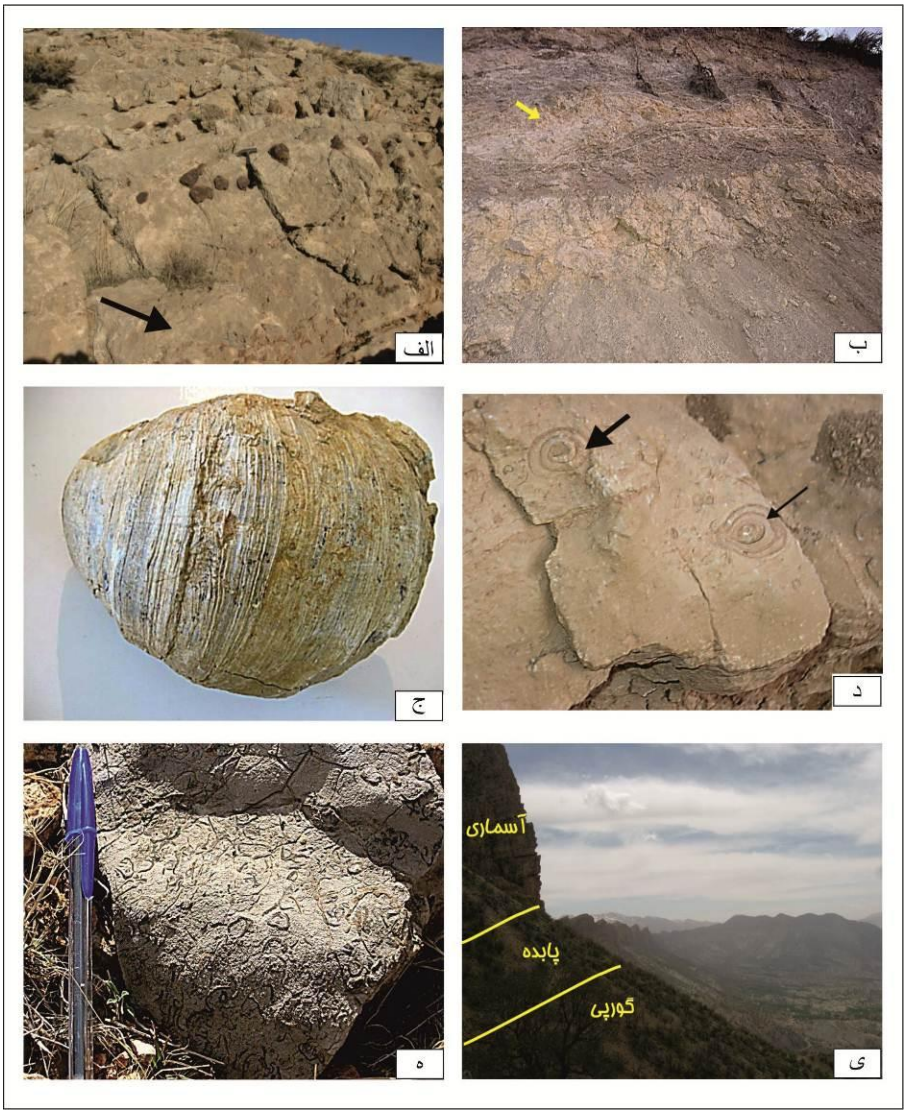
از آن جایی که سازند کژدمی به عنوان یکی از سازندهای انتخاب شده و راهبردی جهت پی جویی مقدماتی فسفات معرفی شده است و با توجه به پراکندگی مناسب و در دسترس این سازند در شهرستان لردگان، برش Sh در روستای شیر مردی انتخاب شد. این سازند در این منطقه دارای رخنمون قابل توجهی است اما از تنوع سنگ شناسی زیادی برخوردار نیست. این سازند در روستای شیر مردی گسلیده و در هم ریخته است و به صورت هم شیب توسط مارن های سفید سازند سروک پوشیده می شود. آغشتگی فراوان و نفوذ هیدروکربن در پهنه های خرد شده گسلی در این سازند از نکات قابل توجه در این پیمایش است. عملکرد بیشتر گسل های منطقه راندگی با امتداد NW-SE و گسل های عرضی با امتداد EW می باشد. لیتولوژی غالب این لایه آهک های کرمی رنگ مرمریتی با نودول های چرتی فراوان است که بر روی سطوح آن ها بلورهای الیژیست به خوبی دیده می شوند، آهک های نازک لایه ی رسی که به شدت بوی گوگرد می دهند و

آهک های خاکستری رودیست دار می باشد. همچنین در این واحد میزان نشت هیدروکربن در پهنه گسلی موجب شده است که در سطوح سنگی، قیرهای طبیعی پدیدار شود.

از دیگر مناطق مورد مطالعه، شهرستان لردگان و در نزدیکی روستای ساطح برش Z می باشد. ساختارکلی این منطقه تاقدیس زردکوه با چین خوردگی باز وهسته ی فرسایش یافته می باشد. در هسته سازند شیلی گورپی و در یال های تاقدیس سازند پابده و آسماری رخنمون دارند. سازند پابده در مرز آسماری شامل تناوبی از مارن، شیل و آهک مارنی متوسط لایه است.

به نظر می رسد تبدیل سازند گورپی به سازند پابده در محیط یکسان و در دو زمان متفاوت انجام شده است. ازآن جایی که مرز تبدیل این دو سازند از جایگاه ویژه ای برخوردار است، می تواند دارای اندیس هایی از فسفات باشد.

همچنین تبدیل لایه های شیلی به لایه های مارنی گویای تبدیل حوضه کم عمق به عمیق است که با پیشروی دریا صورت می گیرد. این پیشروی می تواند باعث فراهم شدن شرایط ته نشست ترکیبات فسفات دار گردد. پیشروی و پسروی خطوط عمقی و سطوح حواشی قاره ای می تواند باعث گسترش افق های فسفات دار گردد. بنابراین تمام مرزهای تبدیل چینه نگاری شیل به مارن یا مارن به آهک مارنی در این سازند مورد توجه قرار گرفته است و از تمام این تغییرات نمونه برداری صورت گرفته است. به طور کلی سازند پابده در این مقطع از لایه های آهکی نازک لایه مارنی و شیل و مارن تشکیل شده است.




شکل ۲: الف) قاعده آهک متوسط لایه چرت دار در محل برش N، ب) لنزی شدن آهکی در میان لایه های شیلی و مارنی، بخشی از سازند امیران و تاربور در محل برش D، ج) فسیل هیپوریت و د) هلیکس در محل برش D، ه) فسیل رودیست در آهک های خاکستری سازند کژدمی، در محل برش A، ی) یال شرقی تاقدیس زردکوه در محل برش Z.

با توجه به اهمیت کانه زایی فسفات در دوران های مختلف و سازندهای متفاوت و مقایسه منطقه مورد مطالعه با برش های اطراف مانند رخساره های فسفات دار تاقدیس لار (شریعتی، ۱۳۹۶)، کانسار فسفات کوه سفید (پورکاسب و همکاران، ۱۳۹۶)، کانسار فسفات بناری (پورکاسب و همکاران، ۱۳۸۹)، به لحاظ تشابه جنس لایه ها و نوع سنگ شناسی به نظر می رسد منطقه مورد مطالعه از نظر کانه زایی فسفات با ارزش بوده و دارای اندیس معدنی باشد.

**منابع:**

آقانباتی، ع.، (۱۳۸۳)، " زمین شناسی ایران" سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کل کشور.

زاهدی، م.، رحمتی ایلیخچی، م.، (۱۳۸۴)"نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ورقه شهرکرد" سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کل کشور.

شریعتی، ش.، (۱۳۹۶)، "تعیین رخساره های فسفات دار سازند پابده در رمپ کربناته پالئوژن تاقدیس لار (شمال خاوری گچساران)" نشریه علوم زمین، سال بیست و هفتم، شماره ۱۰۵، (۹۷-۱۰۴)

پور کاسب، ه.، زراسوندی، ع.، فریدونی، ز.، مختاری، ب.، میرزایی، ن.، (۱۳۹۶)، " بررسی انواع ترکیبات آلی و نقش آنها در ته نشینی و کانه زایی فسفات در کانسار فسفات کوه سفید، رامهرمز" مجله زمین شناسی اقتصادی، جلد ۹، شماره ۱، (۱۵۹-۱۷۴)

پور کاسب، ه.، زراسوندی، ع.، چرچی، ع.، دمیری، ک.، (۱۳۸۹)، " استفاده از شواهد کانی شناسی و بافتی در تعیین زایش کانسار فسفات بناری( کوه لار)، دهدشت، استان کهکیلویه و بویر احمد" همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، (۹۶-۱۰۱) .

Abdel-Zaher, M. A., 2008- "Physical and thermal treatment of phosphate ores - an overview". Int. J. Miner. Process .85, 59– 84.

Arthur, M.A., & Jenkyns, H.C., 1981. "*Phosphorites and palcoccanography*", Oceanologica Acta, SP, p. 83-96.

# تخمین عمق آنومالی‌های مغناطیسی کانسار آهن خلجی میامی به روش طیف توان و مدل‌های مصنوعی

◇◇◇◇◇◇◇

رامین اسدی صدر ۱ ،حمید آقاجانی۲ ، ابوالقاسم کامکار روحانی ۳ ،میعاد بادپا۴

۱-کارشناسی ارشد ژئوفیزیک ژئومغناطیس، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران

۲-دانشیار ، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران

۳-دانشیار، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران

۴-کارشناسی ارشد ژئوفیزیک ژئوالکتریک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

در کاوش‌های ژئوفیزیکی یکی از اهداف اصلی تخمین عمق توده‌های آنومال در زیرزمین است. در این مطالعه از روش طیف توان جهت برآورد عمق آنومالی‌های مغناطیسی محدوده اکتشافی کانسار آهن واقع در شرق شهر میامی استفاده شده است. به منظور بررسی نتایج روش مورد نظر، دو مدل مصنوعی با ساختار کروی،با مقدار خودپذیری مغناطیسی بالا و پایین ساخته شد. سپس تخمین عمق به روش طیف توان شعاعی بر روی مدل‌ها، توسط نرم افزار GEOSOFT به کارگرفته شد. داده‌های مغناطیس برداشت شده در منطقه ابتدا تصحیح و سپس تخمین عمق آنومالی با روش طیف توان صورت گرفته است. با توجه به نتایج بدست امده از اعمال روش مذکور بر روی مدل‌ها و بررسی نتایج حاصل، محدوده‌ای مناسب برای بدست آوردن عمق بالایی آنومالی‌های مغناطیسی، انتخاب و عمق آنومالی‌های محدوده مورد مطالعه از ۱۸ متر تا حدوداً ۲۰ متر تخمین زده شد

**کلید واژه**: آنومالی مغناطیسی، مدل مصنوعی، تخمین عمق، طیف توان، کانسار آهن میامی

## Depth Estimation of magnetic anomalies in Iron deposit of Khalajy, Mayamey, using the power spectrum method and Synthetic model

Ramin Asadi Sadr, raminasadisadr@gmail.com

Dr.Hamid Aghajani,Dr.Abolghasem Kamkar –Rouhani

**Abstract:**

**One of the main purposes of geophysical exploration is the estimation of the depths of subsurface anomalies. In this study, the power spectrum method has been used to estimate the depths of magnetic anomalies, located in east of Mayamey region. In order to evaluate the results of the so called method, two synthetic model having low and high magnetic susceptibility has been built, and then, the power spectrum method has been applied on these model using GEOSOFT software. First, magnetic data collected from the area have been corrected, and then, the depth estimation of magnetic anomalies has been made using the power spectrum method. Applying this method on these models provide us with depths of magnetic bodies ranging from 18 to approximately 20 meters that are evaluated as acceptable considering drilling information and geological observations from the area.**

**Key word**: Magnetic anomaly, Synthetic model, Depth Estimation, Power spectrum, Mayamey Iron deposit

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

تفسیر داده‌های میدان پتانسیل به طور معمول با برآورد عمق یا محل منبع بی‌هنجاری، در حوزه مکان یا عدد موج صورت می‌گیرد. تاکنون الگوریتم‌های متعددی برای این منظور عرضه شده است. این روش‌ها عموماً ابتدا برای تفسیر داده‌های مغناطیسی معرفی شدند و در ادامه در مورد داده‌های گرانی نیز تعمیم یافتند. یکی از مهمترین کاربردهای داده‌های مغناطیسی، به دست آوردن بیشینه عمق بالایی بیهنجاری‌های مغناطیسی و تعیین ضخامت رسوبات در اکتشاف منابع هیدروکربوری است. دراکتشاف معادن فلزی یا معادنی با تباین چگالی زیاد با سنگ‌های در برگیرنده نیز معمولاً یکی از اساسی‌ترین پارامترها عمق ماده معدنی است [آرش حدادیان و همکاران، ۱۳۹۲].

تحلیل طیفی داده‌های مغناطیس در طول دو دهه گذشته به‌طور گسترده برای به‌دست آوردن عمق ساختارهای زمین‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته است. روش تخمین عمق با استفاده از تحلیل طیف توان یکی از روش‌های خودکار تخمین عمق است که با در نظر گرفتن توزیع آماری منشأهای ایجاد آنومالی به تخمین عمق می‌پردازد. اولین تحلیل طیف توان به‌منظور تخمین عمق آنومالی‌های میدان پتانسیل توسط اسپکتور و گرنت (۱۹۷۰) انجام شد و بعدها توسط پژوهشگرای دیگری (هآهن، ۱۹۷۶؛ کنارد، ۱۹۸۳) توسعه داده شد. روش تخمین عمق تا سطوح تباین چگالی یا خودپذیری مغناطیسی به روش طیف توان اصلاح شده توسط افراد زیادی مطالعه و توسعه داده شد [پیلکینگتون وتودوسچاک (۱۹۹۳)، ماوس ودیمری (۱۹۹۶)، فدی(۱۹۹۷)، ژائو و تایبو (۱۹۹۸)، ماوس (۱۹۹۹) و کواترا (۲۰۰۰)].

طیف توان در حوزه فرکانس است و غالباً برای تحلیل طیفی داده‌های مغناطیسی ومحاسبه عمق تحتانی، لگاریتم طیف توان میانگین شعاعی در مقابل عدد موج k ترسیم می‌گردد. عمق آنومالی‌های مغناطیسی با استفاده از طیف توان از روش‌های متعددی قابل اندازه گیری است.

۱- بحث و تئوری روش

تاید و ماتیو در سال ۱۹۷۰ تخمین عمق چشمه‌های آنومالی را در حوزه عددموج ارائه دادند. تاکنون برای برآورد پارامترهای آنومالی‌های مغناطیسی براساس استفاده از مشتق‌های میدان، روش‌های گوناگونی ارائه شده است. در روش طیف توان تعمیم یافته عمق میانگین منبع با آهنگ کاهش طیف توان محاسبه می‌شود، که این موضوع اولین بار از سوی اسپکتور و گرانت ارائه شد. در چند دهه گذشته تحلیل‌های طیفی بر پایه مدل‌های آماری برای کاربردهای متنوع زمین شناسی مانند تخمین عمق متوسط بالایی آنومالی‌های مغناطیسی و یا تخمین ضخامت پوسته مورد استفاده قرار گرفته است. باتاچاریا (۱۹۶۶) طیف توان یک آنومالی میدان مغناطیسی کل مربوط به یک بلوک مستطیلی را به صورت تابعی از عدد موج u و v (radians/km) در جهت x و y به دست آورد. اسپکتور و گرنت (۱۹۷۰) با فرض اینکه آنومالی‌های

مغناطیس هوایی وابسته به مجموعه‌ای از منشورهای قائم هستند، تعمیم دادند. بنابراین طیف توان آنومالی‌های مغناطیسی موجود در یک نقشه شدت میدان با فرض اینکه مغناطیدگی سنگ‌ها تابع تصادفی از x و y باشد، در مختصات قطبی به صورت زیر ارائه خواهد شد [Salem et al., 2000]:

$$[E(r,\theta)] = 4\pi^2 M^2 R_G^2 [e^{-2hr}][(1-e^{-tr})^2][S^2(r,\theta)][R_p^2(\theta)] \quad (۱)$$

که در آن علامت [] نشانه امید ریاضی یا مقدار مورد انتظار[۱]،

M ممان مغناطیسی به ازای واحد عمق، h عمق بالایی منشور، t ضخامت منشور، S فاکتوری برای اندازه افقی منشور، $R_p$ فاکتوری برای مغناطیدگی منشور و $R_G$ فاکتوری برای جهت میدان مغناطیسی زمین است.

همچنین؛ $r = \sqrt{u^2+v^2}$ اندازه عدد موج و $\theta = \tan^{-1}(\frac{u}{v})$ جهت بردار عدد موج است. با میانگین‌گیری نسبت به $\theta$ خواهیم داشت:

$$[\bar{E}(r)] = 4\pi^2 M^2 \bar{R}_G^2 [e^{-2hr}][(1-e^{-tr})^2][\bar{S}^2(r)] \quad (۲)$$

$\bar{E}$ ، $\bar{R}$ و $\bar{S}$ بیانگر میانگین نسبت به $\theta$ می‌باشند.

اسپکتور و گرنت (۱۹۷۰) نشان دادند که گرادیان لگاریتم طیف فوریه میانگین آنومالی‌های مغناطیسی مجموعه منابع با عمق بالایی منابع مرتبط است

◇◇◇◇◇◇◇

۲-۱ مدل مصنوعی

به منظور بررسی روش تخمین عمق با روش طیف توان، چند مدل مصنوعی تولید شد. مدل‌های مورد نظر برای ساختارهای کروی با توجه مشاهدات منطقه تعریف شده است و روش طیف توان برای این ساختارها بکار گرفته شد تا جواب آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. با توجه مشاهدات زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، توده‌های آنومالی در عمق کم قرار دارند، که باتوجه به این موضوع مدل‌های تولید شده در اعماق کم در نظر گرفته شد.

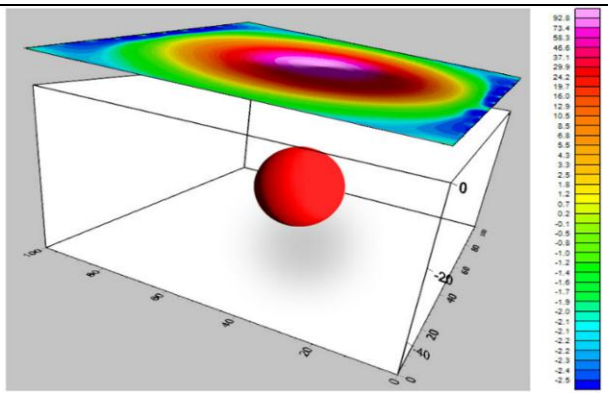
ساختارهایی که در محدوده مورد نظر رویت شد عدسی شکل و کروی هستند. اغلب کانی‌های موجود مگنتیت و هماتیت هستند. بدین منظور مدل‌های مصنوعی از جنس مگنتیت و هماتیت ساخته شد. اختلاف خاصیت خودپذیری مغناطیسی مدل‌ها با زمینه سبب ایجاد آنومالی می‌شود. ساختارهای از جنس مگنتیت دارای خودپذیری مغناطیسی بالا و ساختارهای هماتیتی درارای خودپذیری مغناطیسی پایین هستند. در ابتدا یک شبکه ۱۰۰متر در ۱۰۰ متر طراحی شد و سپس مدل یک کره از جنس هماتیت که در عمق ۲۰ متری از سطح زمین دفن شده است، ساخته شد. پارامترهای فیزیکی و هندسی جهت ساخت مدل در جدول (۱) آمده است. شکل (۱) نمای ۳ بعدی کره‌ی هماتیتی را نشان می‌دهد. در ادامه یک کره نیز از جنس مگنتیت ساخته شد که تام پارامترهای آن مشابه کره از جنس هماتیت است با این تفاوت که خودپذیری مغناطیسی برای این مدل دارای مقدار بالایی است. پارامترهای در نظر گرفته شده جهت ساخت آن در جدول (۲) امده است. شکل

[۱] Expected value

(۲) نمای ۳ بعدی کره‌ی مگنتیتی را نشان می‌دهد. سپس روش تخمین عمق به روش طیف توان میانگین شعاعی بر روی مدل های ساخته شده اعمال گردید. بدین گونه که در ابتدا طیف توان میانگین شعاعی برای هر کدام از مدل‌ها محاسبه گردید و سپس نمودار لگاریتم طیف توان برای اعداد موج رسم گردید. اعداد موجب بارها در بازه‌های متفاوت انتخاب شد تا بتوان با اندازه‌گیری شیب آن در محدوده بع عمق بالایی مدل رسید که در نهایت محدوده ۶۰-۳۰۰ انتخاب شد. در شکل (۳)، محدوده اعداد موج تعیین شده جهت محاسبه شیب و عمق محاسبه نشان داده شده است. عمق برآورد شده ۲۰ متر می‌باشد که همان عمق سطح بالایی کره‌ی هماتیتی مدفون است. همچنین شیب برای بخشی از منحنی واقع در محدوده اعداد موج بالا در مدل کره‌ی مگنتیتی نیز اندازه‌گیری و عمق آن محاسبه گردید که این نتیجه نیز دارای تخمین بسیار مناسبی می‌باشد شکل (۴)

**جدول (۱): پارامترهای فیزیکی و هندسی مدل مصنوعی کره‌ی هماتیتی**

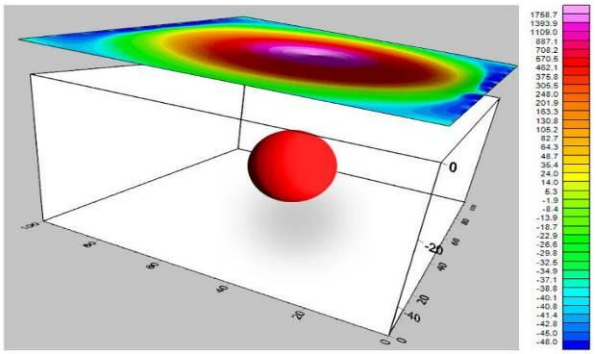
| Model | Sphere | |
|---|---|---|
| Position | X (m) | 50 |
| | Y (m) | 50 |
| | Z (m) | -20 |
| | Diameter (m) | 20 |
| Physical properties | Inclination ( $^{o}$) | 90 |
| | Declination ( $^{o}$) | 0 |
| | Intensity ($^{amp}/_{m}$) | 3.5 |
| | Susceptibility | 0.01 |



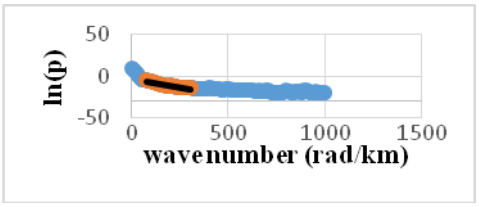
**شکل (۱): کره‌ی مدفون از جنس هماتیت**

**جدول (۲): پارامترهای فیزیکی و هندسی مدل مصنوعی کره‌ی مگنتیت**

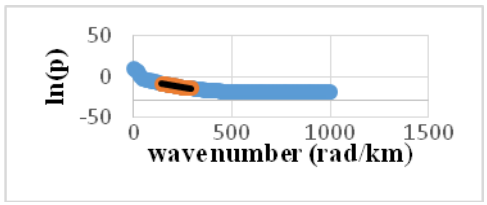
| Model | Sphere | |
|---|---|---|
| Position | X (m) | 50 |
| | Y (m) | 50 |
| | Z (m) | -20 |
| | Diameter (m) | 20 |
| Physical properties | Inclination ( $^{o}$) | 90 |
| | Declination ( $^{o}$) | 0 |
| | Intensity ($^{amp}/_{m}$) | 3.5 |
| | Susceptibility | 3 |



**شکل (۲): مدل مصنوعی کره‌ی مغناطیسی (کره از جنس مگنتیت)**




**شکل (۴)نتایج به دست آمده از محاسبه لگاریتم طیف توان میانگین شعاعی برای مدل مصنوعی کره‌ی مگنتیت**



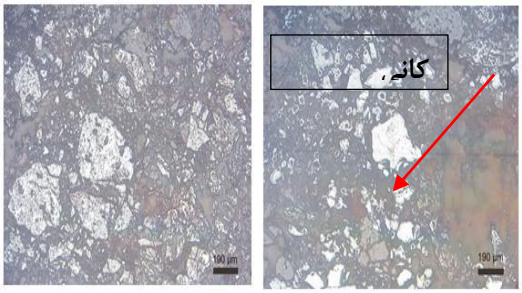

**شکل (۳) نتایج به دست آمده از محاسبه لگاریتم طیف توان میانگین شعاعی برای مدل مصنوعی کره‌ی هماتیت**

## ۲- زمین‌شناسی و **مطالعات کانی‌شناسی** محدوده مورد بررسی

محدوده مورد مطالعه وسعتی تقریبا ۲ کیلومتر مربع را تشکیل می‌دهد که به لحاظ واحدهای سنگی شامل سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی ائوسن، سنگ آهک ژوراسیک و توده نفوذی گرانودیوریت (ژوراسیک فوقانی) می باشد. کانی‌سازی آهن به صورت لایه‌ای و عدسی شکل بوده و تقریبا هم شیب با سنگ درونگی است.

ضخامت لایه‌ها و عدسی‌ها به طور تقریبی تا ۳ متر و طول آن‌ها تا بیش از ۳۰ متر می‌باشند. لیتولوژی سنگ میزبان شامل آهک، شیل مارن و گرانودیوریت می‌باشد که لیتولوژی رسوبی آن منحصر به سازند ژوراسیک است[حسینی،۱۳۹۱]. این آنومالی به صورت هم شیب و لایه‌ای، بین توده گرانودریت و لایه سنگ آهک واقع شده است (شکل ۵).

جهت مطالعه و شناسایی کانی‌های تشکیل دهنده ماده معدنی، بافت و نحوه ارتباط کانی‌ها، تعدادی نمونه از قسمت‌های مختلف کانسار برداشت گردید و مقاطع صیقلی تهیه شده آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این مطالعات به شرح زیر می‌باشد. براساس نتایج بررسی‌های میکروسکوپی صیقلی کانی مگنتیت به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار در ابعاد ریز تا متوسط به صورت افشان و پراکنده دیده شده است و به نظر کانی اصلی در نمونه است(شکل ۶). بیش از ۸۰ درصد مقاطع مورد بررسی را تشکیل داده که در مواردی به هماتیت تبدیل شده است. کانی هماتیت که اغلب به صورت ثانویه و در اثر تجزیه مگنتیت بوده است، به صورت ذرات ریز کلوئیدی قابل مشاهده است.[حسینی،۱۳۹۱].




**شکل (۶): کانی مگنتیت که به صورت پراکنده و افشان مشاهده می‌شود.**



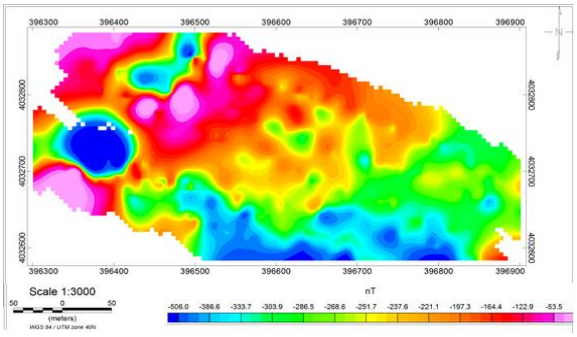

**شکل (۵): رخنمون آنومالی بین گرانودیوریت و سنگ آهک**

### ۳- پردازش داده‌ها

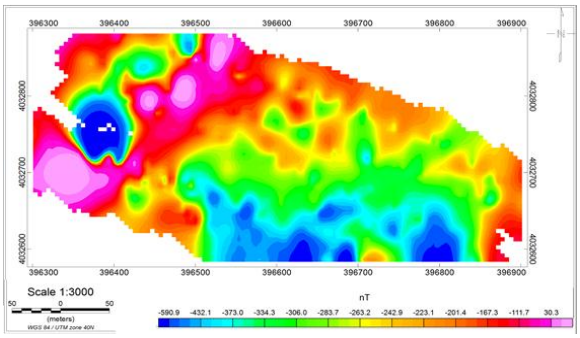
فیلترها کاربردهای فراوانی در تفسیرهای میدان پتانسیل دارد که از موارد کاربرد آن می‌توان به مشخص کردن محل دقیق آنومالی‌ها بر روی منابع اصلی مولد آن، جداسازی آنومالی‌های ناحیه‌ای و محلی و... اشاره نمود. جهت مشخص کردن محل دقیق آنومالی‌ها، از فیلتر برگردان به قطب داده‌های مغناطیس استفاده می‌شود.یکی از عوامل مؤثر بر شکل آنومالی‌های مغناطیسی، زاویه میل بردار میدان مغناطیس زمین می‌باشد. مقدار زاویه میل در قطبین مغناطیسی ۹۰ درجه، در استوا صفر درجه و سایر محل‌ها مقادیری بین صفر و ۹۰ درجه دارد. به غیر از مواردی که توده در قطب مغناطیسی واقع شده است، سایرآنومالی‌های مغناطیسی شکلی نامتقارن دارند. برگردان به قطب، شکل نامتقارن آنومالی مغناطیسی را به شکلی متقارن تبدیل می‌کند. به این ترتیب آنومالی مغناطیسی به آنومالی اندازه‌گیری شده در قطب مغناطیسی تبدیل و ضمناً باعث می‌شود تصویر آنومالی دقیقا بر روی توده قرار گیرد [Silva, 1986].

جهت جداسازی آنومالی‌ها می‌توان از فیلتر ادامه فراسو، فروسو و مشتق قائم استفاده نمود. منظور ازگسترش میدان به سمت بالا وپایین این است که میدان‌های پتانسیل در سطح متفاوتی از سطح برداشت داده‌ها محاسبه می‌شود. وقتی در سطحی بالاتر از سطح برداشت، میدان پتانسیل محاسبه شود، گسترش به سمت بالا (ادامه فراسو) و وقتی در سطحی پایین‌تر از سطح برداشت، میدن محاسبه شود، گسترش میدان به سمت پایین نامیده می‌شود [Bergron, 1990] . برای محاسبه ادامه‌ی فراسو و فروسو به‌وسیله معادلات ریاضی، داده‌های برداشت شده به سطحی بالاتر یا پایین‌تر تصویر می‌شود. در ادامه فراسو به سمت بالا، تاثیرات سطحی حذف خواهند شد و تاثیرات با عمق بیشتر مشخص می‌گردد.

داده‌های مغناطیسی از کانسار سنگ آهن واقع در شرق شهر میامی در طول ۶ پروفیل و در یک شبکه برداشت منظم برداشت شده است. طول شرقی شبکه برداشت از ۳۹۶۳۰۰ تا ۳۹۶۹۰۰ در سیستم مختصات متریک (UTM) و در عرض شمالی از ۴۰۳۲۶۰۰ تا ۴۰۳۲۹۰۰ و در زون ۴۰S در سیستم WGS84 واقع شده است. در این برداشت فاصله‌ی پروفیل‌ها ۲۰ متر و فاصله‌ی نقاط برداشت ۱۰ متر می‌باشد. بر روی داده‌های برداشت شده ابتدا تصحیحات لازم از قبیل تصحیحات روزانه، IGRF، توپوگرافی و غیره اعمال شد، سپس پردازش‌های لازم بر روی آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار GEOSOFT صورت گرفت. میدان باقی‌مانده مغناطیسی حاصل از حذف IGRF در شکل(۷) نشان داده شده است که در قسمت شمال غرب و جنوب غرب نقشه مناطق با مغناطیس بالا رویت می‌شود. سپس فیلتر برگردان به قطب بر روی میدان باقی‌مانده اعمال گردید که باعث شد مکان محدوده‌هایی که دارای شدت مغناطیس بالایی هستند، جابجا گردد و برروی محل اصلی منبع قرار گیرند (شکل ۸).

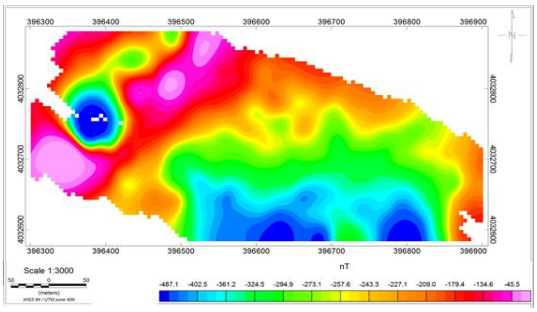



**شکل (۷): میدان باقی مانده مغناطیسی منطقه مورد نظر (پس از حذف IGRF)**

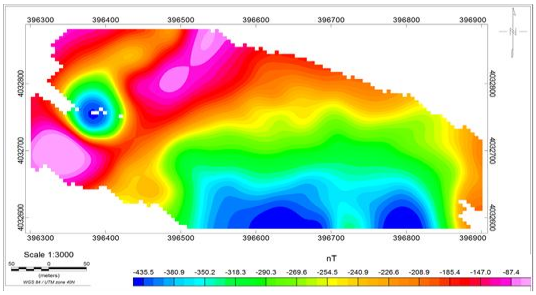



**شکل (۸): میدان باقی مانده مغناطیسی پس از اعمال فیلتر برگردان به قطب**

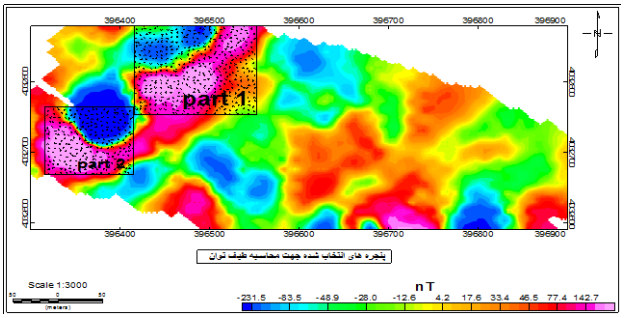
برای بررسی گسترش عمقی و جدا نمودن اثرات آنومالی‌های سطحی از آنومالی‌های عمیق‌تر فیلتر ادامه فراسوی ۱۰ ، ۲۰ و ۴۰ متر بر روی نقشه برگردان به قطب شده انجام شده است. با این کار داده‌ها به سطح‌های بالاتری آورده شده است و آنومالی‌هایی که دارای ریشه بیشتر هستند ( گسترش عمقی بیشتری دارند ) نمایان‌تر شد که در شکل‌های ۹ ،۱۰و ۱۱ نشان داده است. محدوده‌های مدنظر جهت اعمال روش تخمین عمق در شکل (۱۲) بصورت پنجره شماره ۱ و ۲ انتخاب گردید. سپس طیف توان آن‌ها جداگانه محاسبه شده است. شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نمودارهای طیف توان به تریب برای پنجره ۱ و ۲ است. پس از به‌کار گرفتن روش برای پنجره های ۱ و ۲ نمودار طیف توان رسم شده است. محدوده نقاط برای پنجره شماره ۱ از اعداد موج ۱۷۰-۶۰ و برای پنجره شماره ۲ از ۱۴۰-۶۰ ، باتوجه به بررسی‌ها و نتایج حاصل از به کارگیری روش برآورد عمق طیف توان میانگین شعاعی بر روی مدل‌های مصنوعی، انتخاب شد تا شیب آن‌ها محاسبه گردد. عمق بدست آمده برای پنجره ۱، ۱۹ متر و برای پنجره ۲ ، ۲۳ برآورد شد. این نتایج با نتایج حاصل از تخمین عمق به روش اویلر دی کانولوشن و مدل‌سازی معکوس مقایسه شد و این نتیجه حاصل شد که این روش نیز همانند دیگر روش‌ها عمق را با دقت مطلوبی بروآورد کرد.



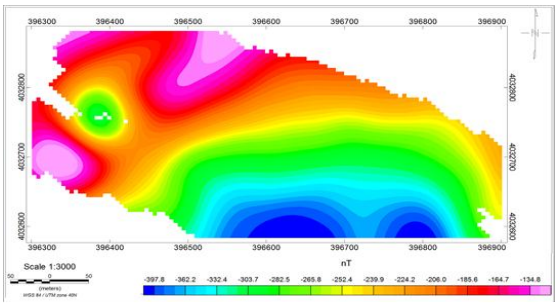

**شکل (۹): فیلتر ادامه فراسوی ۱۰ متر**



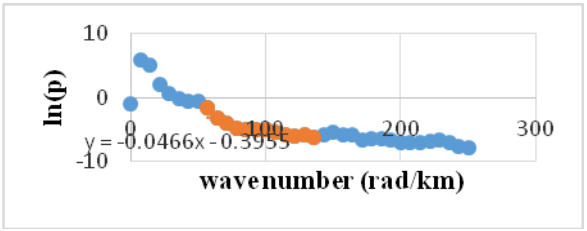

**شکل (۱۰): فیلتر ادامه فراسوی ۲۰ متر**



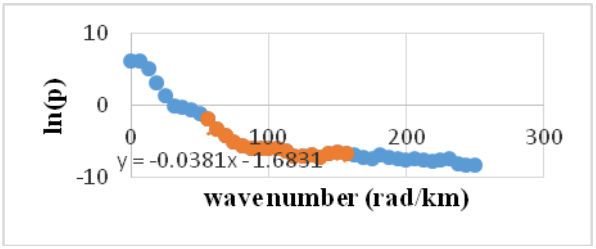

**شکل (۱۲): پنجره‌های انتخاب شده در منطقه برداشت شده جهت تخمین عمق به روش طیف توان بر روی نقشه برگردان به قطب داده‌ها**




**شکل (۱۱): فیلتر ادامه فراسوی ۴۰ متر**




**شکل(۱۴): نقشه طیف توان محاسبه شده برای پنجره ۲**




**شکل (۱۳): نقشه طیف توان محاسبه شده برای پنجره ۱**

## ۴– نتیجه‌گیری

با توجه به نقشه‌های ادامه فراسو و برگردان به قطب می‌توان روند وجود آنومالی در راستای شمال شرقی – جنوب غربی در قسمت چپ نقشه شکل ۱۷ تشخیص داد، که محدوده آنومالی نیز در این ناحیه است. با توجه به نتایج حاصل از اعمال روش در مدل‌های مصنوعی، می‌توان به این نتیجه رسید که اگر شیب برای برآورد عمق را برای محدوده بین نقاطی که دارای شیب تند و نقاطی که دارای شیب کم هستند در نظر گرفت، عمقی که حاصل می‌شود همان عمق سطح بالای توده می‌باشد. همچنین این نتیجه حاصل می‌شود که این روش را برای ساختارهای فوق الذکر بکار گرفت و به جواب مطلوب رسید. در کاوش‌های معدنی که اغلب عمق ماده معدنی کم (نسبت به کاوش‌های عمیق نظیر ژئوترمال) است، می‌توان این روش را در کنار روش‌های دیگری که استفاده از آن‌ها به نتایج درستی می‌انجامد، بکار گرفت.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

– حسینی س، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پردازش و تفسیر داده‌های مغناطیسی، دورسنجی و زمین‌شناسی به‌منظور اکتشاف ذخایر آهن در شمال شرق میامی، دانشگاه شاهرود، شاهرود،۱۳۹۱.

۲– حدادیان، آ.، نجاتی کلاته، ع.،دولتی اردجانی، ف.، "تفسیر داد های گرانی سنجی با استفاده از طیف توان تعمیم‌یافته"، مجله ژئوفیزیک ایران، شماره ۲، صفحه ۱۲-۱، ۱۳۹۲.

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

1- Bansal, A. R., and Dimri, V. P., (2010), Scaling spectral analysis: A new tool for interpretation of gravity and magnetic data: e-Journal Earth Science India, **3**(I), 54-68.

2- Bergron, C. J., Morris, T. L., and Ioup, J.W. (1990), "Upward and Downward continuation Of Airborne Electromagnetic data", SEG 60th Annual International meeting, pp.696-699.

3-Bhattacharyya B.K. and Morley L.W. (1966) "The Delineation of Deep Crustal Magnetic Bodies from Total Field Aeromagnetic Anomalies", **J. Geomagn. Geoelect**. 3-4, 17, 237-252.

4-Blakely, R.J., (1996). Potential theory in gravity & magnetic application. Cambridge University Press; pp.441.

5- Naidu, P., (1968), Spectrum of the potential field due to randomly distributed sources: Geophysics, **33**(2), 337-345.

6- Salem A. Ushijima K. Elsirafi A. and Mizunaga H. (2000), "Spectral Analysis of Aeromagnetic Data for Geothermal Reconnaissance of Quseir area, Northern Red Sea, Egypt", Proceeding World Geothermal Congress, Kyushu, Japan, 1669-1674.

7- Silva, J.C.B. (1986), "Reduction to the pole as an inverse problem and its application to low latitude anomalies", Geophysics, 51(2), pp.369-382.

8- Spector, A. and Grant, F.S. (1970), "Statistical model for the interpreting of aeromagnetic data Geophysics", 35, pp. 293–302.

9- Thompson, D.T., (1982), Euldph: Technique for making computer. assited depth estimate from magnetic data: Geophysics, pp. 37-47.

# شناسایی مناطق دگرسانی گرمابی منطقه رامند استان قزوین با نگاهی بر میانبارهای سیال منطقه

**بهناز اسماعیلی *[1]، تقی نبئی [2] ، سیدرضا مهرنیا[3]**

1.دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور مرکز قزوین، esmaeli_behnaz@yahoo.com

2.استادیار، دانشگاه پیام نور مرکز قزوین، Nabaei1977@pnu.ac.ir

3.دانشیار، دانشگاه پیام نور مرکز قزوین، srmehrnia@yahoo.com

## چکیده

منطقه رامند در زون ساختاری ایران مرکزی بوده که در غرب شهرستان بوئین زهرا و جنوب بخش دانسفهان قرار دارد. منطقه عمدتاً شامل سنگ های آذرین ریولیتی و داسیتی می باشد که برای شناسایی دگرسانی آن توسط پردازش تصاویر ماهواره ای، از روش های ترکیب رنگی و جهت تشخیص هاله های رسی، اکسید آهن و سیلیسی از روش کروستا و نسبت باندی استفاده گردید. که بر اساس نتایج آن تحلیل ماهواره ای، علاوه بر هاله دگرسانی آرژیلیکی، سریسیتی مشاهده شده در منطقه، سیلیسی شدن سنگ میزبان نیز حادث شده است. بعد از شناسایی مناطق دارای هاله های دگرسانی و نمونه برداری از آنها، نمونه ها مورد مطالعه پتروگرافی قرار گرفتند که نتیجه مطالعات نشان دهنده وجود کانی سیلیس در نمونه ها بوده که جهت مطالعات میانبارهای سیال مناسب می باشند. در ادامه با انجام آزمایش های میانبارهای سیال، مشخص گردید هاله دگرسانی عمدتاً دارای میانباردوفازی غنی از مایع(مایع + بخار)، بوده که بیشتر حجم این سیال ها را مایع تشکیل می دهد، به گونه ای که درصد فاز مایع موجود در آن ها بین ۶۰ تا ۹۰ درصد است. دمای همگن شدن آنها تقریباً میان ۴۰۰ تا ۵۵۰ درجه سانتیگراد و شوری تقریباً بین ۱۵ تا ۳۰ درصد وزنی معادل کلرو سدیم، چگالی تقریباً از ۰/۵ تا ۰/۸ گرم بر سانتی متر مکعب و فشار تقریباً مابین ۳۰۰ تا ۶۰۰ بار متغیر محاسبه گردیده است.

**کلید واژه:** ترکیب رنگی، کروستا، نسبت های باندی، میانبارهای سیال، دمای همگن شدن

# Identification of hydrothermal alteration regions of Ramdan region of Qazvin province with a look at the fluid cycle of the area

**Behnaz Esmaeili *[1] Dr. Taghi Nabei [2] Dr. Seyed Reza Mehrania [3]**

esmaeli_behnaz@yahoo.com،1 . Post graduate student, Economic Geology, Payam Noor University of Qazvin

Nabaei1977@pnu.ac.ir،2. Assistant professor, Geology Department, Payam Noor University of Qazvin

3. Associate professor, Geology Department, Payam Noor University of Qazvin srmehrnia@yahoo.com

## Abstract

The Ramand area is located in the central zone of Iran in the west of Boise Zahra city and south of the Danesfahan district. The area is mainly composed of igneous igneous rivlite and dacity. For identification of its alteration by processing satellite imagery, color combinations and for detecting clay halo, iron oxide and silica oxide using Cresta method and band ratio were used. Based on the results of that satellite analysis, in addition to the arguish alteration hierarchy, the observed Sarsity in

the region, the silicification of the host's stones has also occurred. After identifying areas with alteration halos and sampling them, the samples were examined by petrography. The results of the studies indicate that silica minerals in samples are suitable for studying fluids. Subsequently, by performing fluids over-length experiments, it was determined that the alteration hole is mainly liquid-rich (liquid + vapor) interbarbophosphate, the majority of these fluids are liquid, in such a way that the percentage of the liquid phase in them is between 60 to 90 percent. The temperature of their homogenization is approximately 400 to 550 ° C and the salinity is approximately 15 to 30 weight% equivalent to chlorine, a density of about 0.5 to 0.8 grams per cubic centimeter and a pressure of between 300 and 600 times the variable variables Is.

**Keywords:** Color combination, Crosta, Bandage ratios, Fluids, Microthermometers

## مقدمه

کوه های رامند با وسعت تقریبی ۷۶ کیلومتر مربع در جنوب شهرستان دانسفهان قرار دارد. توده های نفوذی منطقه، عموماً در ائوسن –الیگوسن تشکیل شده است. جهت گسلهای منطقه شمالغرب–جنوب شرق بوده و همان روند کلی گسلها در طول کمربند آتشفشانی ارومیه – دختر است. برای بررسی آثار دگرسانی و شناسایی آن ها از داده های ماهواره لندست استفاده شده است، سپس با استفاده از نرم افزار های مربوطه نقشه مناطق دگرسانی و مناطق نمونه برداری تهیه و مورد بررسی قرار می گیرد. در گام بعدی نمونه برداری جهت مطالعات پتروگرافی میانبارهای سیال و میکروترمومتری، از رخنمون های سنگی در دامنه ها، پرتگاه ها، در داخل و اطراف معادن موجود در منطقه صورت گرفت. مطالعه میانبارهای سیال منطقه نیز بر روی نمونه ها ی کوارتز انجام گرفت. این مطالعات به منظور تعیین شرایط فیزیکو شیمیایی سیالات عامل کانه سازی و دگرسانی، مثل شوری ، فشار و دما استفاده گردید

## ۲ – شناسایی مناطق دگرسانی گرمابی منطقه رامند

### ۲–۱– زمین شناسی

محدوده ی رامند در زون ایران مرکزی قرار دارد و از نظر زمین ساختی در زون تکتونیکی ارومیه–دختر واقع شده است. گسل اصلی منطقه گسل حسن آباد می باشد که کوه های رامند در شمال آن قرار گرفته اند. محدوده کوه های رامند در مرکز نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ دانسفهان قرار گرفته اند(اقلیمی.۱۳۷۸). در این محدوده واحدهای لیتولوژیکی مربوط به دوران ائون–الیگوسن هستند و واحدهای سنگی شامل سنگهای آذرین ریولیتی و داسیتی و ریوداسیتی و توف میباشد.

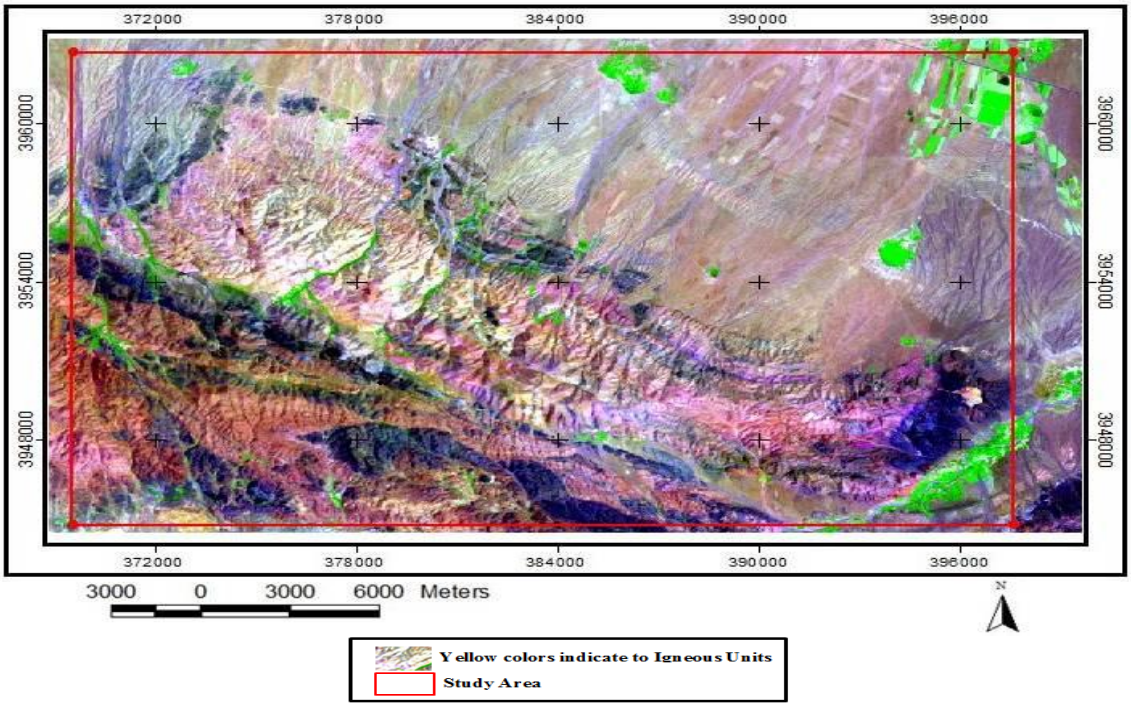
### ۲–۳– شناسایی مناطق دگرسانی گرمابی رامند

لایه های اطلاعاتی منطقه دگرسانی گرمابی توسط روش ترکیب رنگی و در ادامه توسط روش کروستا بدست آمد. به این ترتیب پس از پردازش بر روی تصاویر ماهواره لندست ابتدا از ترکیب رنگی تصاویر استفاده گردید و سپس جهت تفکیک دقیق تر مناطق دگرسانی از روش های کروستا نیز استفاده شد.

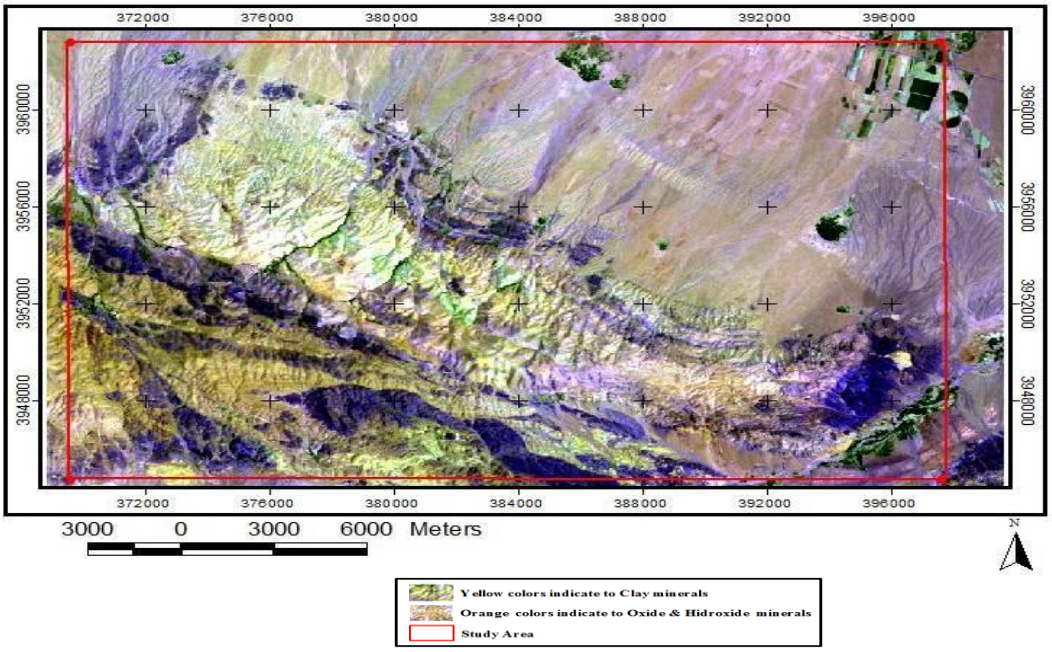
### ۲–۳–۱– روش ترکیب رنگی

ترکیب رنگی کاذب ۷۴۱: برای شناسایی واحدهای آذرین و تفکیک آنها از رخنمون های رسوبی بکار میروند.در این ترکیب رنگی مناطق قرمز آجری معرف رخساره ماگمایی هستند و هرجا که زرد یا نارنجی مایل به سفید باشد، معرف واحد آذرین دگرسان شده است که می تواند منشأ هیدروترمال یا هوازدگی داشته باشد.(شکل۳)

در ترکیب رنگی کاذب RGB=751، رنگ نارنجی به طور ضمنی نشان دهنده افزایش کانی های آذرین به ویژه اکسیدها و هیدروکسیدها است و هر چه رنگ زرد بیشتر شود، احتمال حضور کانی های رسی بیشتر می شود.(شکل۴)




**شکل ۳) ترکیب رنگی RGB = 741 با اعمال فیلتر HSV بر روی منطقه مورد مطالعه**




**شکل ۴)ترکیب رنگی RGB = 751 با اعمال فیلتر HSV بر روی منطقه مورد مطالعه**

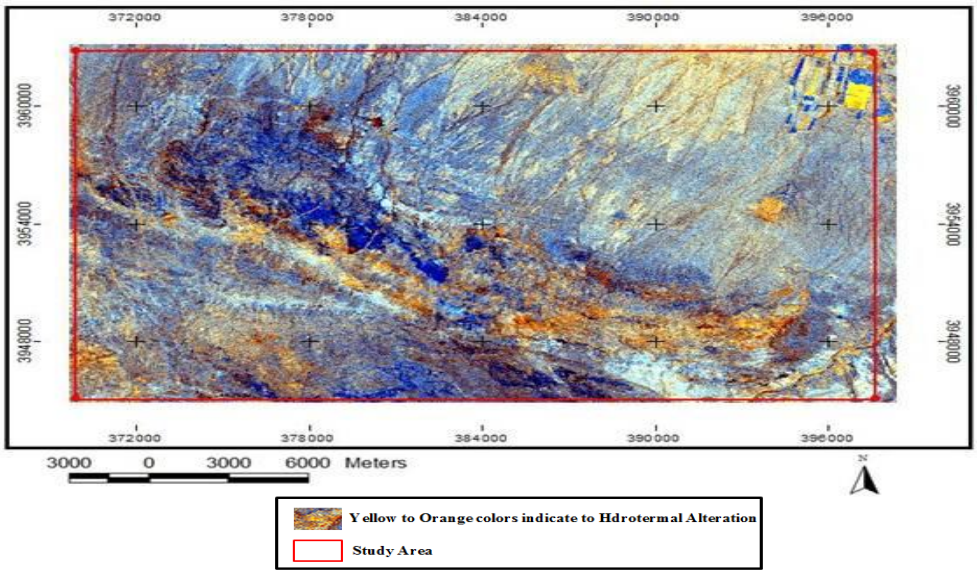
## ۲-۳-۲- شناسایی مناطق دگرسانی گرمابی به روش کروستا

تحلیل مولفه های اصلی(کروستا) یک تکنیک مبتنی بر اصول جبر و آمار است که به وسیله آن می توان به بالاترین حد تفکیکی طیفی پدیده ها دست یافت. روش کار آنالیز انجام شده طبق ذیل می باشد(جدول۲)

| R | G | B |
|---|---|---|
| H | H + F | F |
| باندهای ۱،۴،۵،۷ | ترکیب جمعی مولفه های H و F | باندهای ۱،۳،۴،۵ |
| مناطق دارای هاله های رسی | مناطق دارای هاله توأم رس+اکسید آهن | مناطق دارای اکسید آهن |

**جدول۲) باندهای انتخاب شده برای منطقه مورد مطالعه به روش کروستا(مهرنیا۱۳۹۴)**

با توجه به تصویر حاصله از این روش (شکل ۵)، تغییرات رنگ قرمز، نشان دهنده ی هاله های رسی و رنگ آبی، معرف هاله های اکسید و هیدورکسیدهای آهن می باشد و همچنین رنگ های زرد و نارنجی متمایل به زرد وجود مناطق دچار دگرسانی گرمابی را نشان می دهد.




**شکل۵)تصویر حاصل از تحلیل مولفه های اصلی انتخابی به روش کروستا**

## ۳- میانبارهای سیال و میکروترمومتری نمونه های منطقه رامند

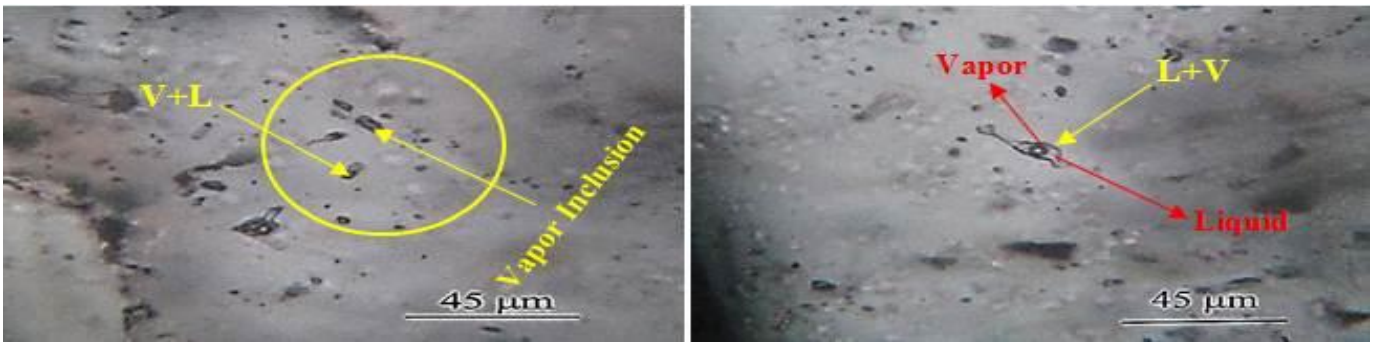
### ۳-۱ مطالعه میانبارهای سیال

مطالعه میانبارهای سیال در منطقه بر روی نمونه ها ی کوارتز انجام گرفته است. برای این مطالعات ۱۰مقطع صیقلی دوبر صیقل تهیه گردید و سپس مطالعات اولیه جهت تعیین نمونه مناسب جهت این مطالعات انجام شد، که در این مقاله خلاصه ای از آزمایشات یک نمونه(نمونه هشتم) ارایه گردیده است. پس از انجام پتروگرافی میانبارهای سیال، اندازه‌گیری‌های ریزدماسنجی نمونه ها توسط دستگاه Linkam THMS600 با پمپ نیتروژن TM94 انجام شده است.

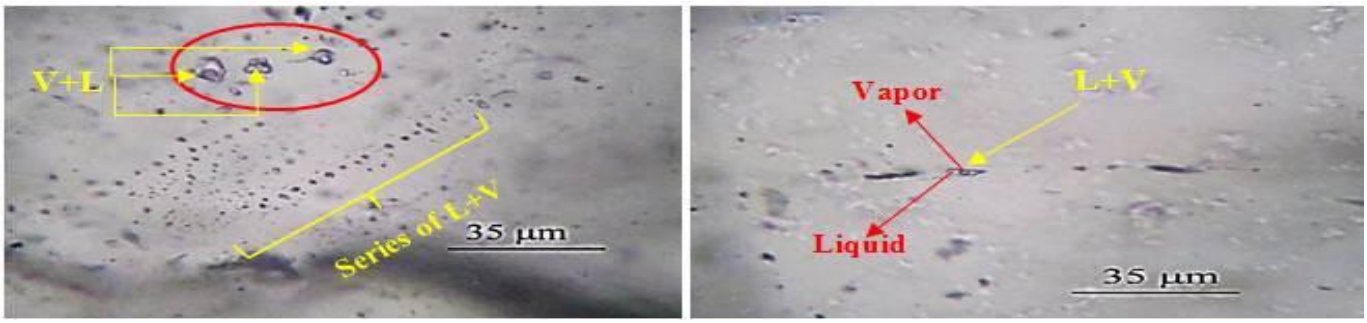
### ۳-۱-۱ پتروگرافی میانبارهای سیال نمونه

این نمونه یک سنگ ولکانیک برشی شده باشد که همراه با پیریتی شدن شدید است. در این نمونه اغلب کوارتز ثانویه همراه با پیریت تشکیل شده است و میانبارهای قابل مطالعه در این کوارتزهای ثانویه قرار گرفته اند. در این نمونه، میانبارهای دو فازی غنی از مایع مشاهده گردید که از یک فاز مایع و یک حباب بخار تشکیل شده اند. در این میانبارها حجم فاز بخار از ۲۰ تا ۳۰ درصد حجم میانبار تغییر می کند. اندازه این میانبارها از ۵ تا ۳۰ میکرون تغییر می کند و اغلب اشکال نامنظم، بیضوی و کشیده دارند. این نوع از میانبارها اغلب اشکال بیضوی، کشیده و نامنظم دارند.رخداد میانبارهای

سیال: میانبارهای دوفازی غنی از مایع اغلب بصورت دنباله و به مقدار کمتر به صورت منفرد مشاهده می گردد. این میانبارها در نمونه فراوان می باشند.(شکل ۷ و۸)




**شکل۷- الف) یک میانبار دو فازی غنی از مایع با شواهد کشیدگی شکل۷-ب) مجموعه جوشش: میانبار تک فازی بخارو دوفازی غنی از مایع**




**شکل۸-الف) یک میانبار دو فازی غنی از مایع در یک دنباله شکل۸- ب )دنباله میانبارهای دو فازی غنی از مایع همراه با میانباردو فازی غنی از بخار**

## ۳-۲ میکروترمومتری نمونه های منطقه

مطالعات ریز دماسنجی شامل دو بخش گرم کردن و سرد کردن است. مرحله اول برای به دست آوردن دمای همگن شدن یا دمای کانه زایی است. در آزمایش انجماد ، میانبار سیال سرد می شود تا فاز مایع آن به فاز جامد تبدیل شود. پس از سرد کردن ، دوباره نمونه گرم می شود تا جایی که بلور یخ ذوب شود. دمایی که در آن آخرین بلور یخ ذوب می شود به دمای ذوب آخرین قطعه یخ معروف است. مطالعات ریز دماسنجی بر روی ۳ نمونه و برای ۲۰نقطه برای هر نمونه انجام گردیده است. فلذا دماهای همگن شدن به فاز مایع میانبارهای دوفازی غنی از مایع از ۴۵۷ تا ۴۸۶ درجه سانتی گراد متغیر است (جدول۴) که فراوانی اندازه گیری‌ها برای یک نمونه از دمای ۴۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد بوده که بیشترین فراوانی دمای همگن شدن در ۵۰۰ درجه سانتیگراد می باشد، بر اساس این محاسبات شوری این میانبارها از ۱۹/۲۱ تا ۲۰/۸۲ درصد وزنی معادل نمک تغییر می کند و بیشترین فراوانی شوری برابر با ۲۲ درصد وزنی معادل نمک است.

**جدول۴) نتایج میکروترمومتری برای نمونه**

**۴ – محدوده شوری و دمای همگن شدن و عمق تشکیل میانبارهای برای هر سه نمونه**

| ردیف | میانبار | $T_H$ | $T_{FM}$ | $T_M$ | NaCl%wt | P(Bar) | P(g/cm3) | dP/dt(bar/°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | L+V | 465 | -56 | -15.7 | 19.21 | 407 | 0.699 | 6.9 |
| 2 | L+V | 474 | -55.7 | -15.9 | 19.37 | 432 | 0.688 | 6.7 |
| 3 | L+V | 472 | -57.1 | -17 | 20.22 | 420 | 0.704 | 6.9 |
| 4 | L+V | 486 | -56.3 | -16.8 | 20.07 | 463 | 0.681 | 6.1 |
| 5 | L+V | 457 | -56.4 | -16.9 | 20.15 | 379 | 0.724 | 7.3 |
| 6 | L+V | 469 | -56.1 | -16.4 | 19.76 | 415 | 0.701 | 6.9 |
| 7 | L+V | 480 | -55.3 | -15.7 | 19.21 | 451 | 0.676 | 6.5 |
| 8 | L+V | 471 | -55.1 | -16.6 | 19.92 | 419 | 0.701 | 6.9 |
| 9 | L+V | 483 | -55.7 | -16.7 | 19.99 | 454 | 0.685 | 6.6 |
| 10 | L+V | 476 | -55.9 | -16.9 | 20.15 | 432 | 0.697 | 6.8 |
| 11 | L+V | 468 | -56 | -16.4 | 19.76 | 412 | 0.703 | 6.9 |
| 12 | L+V | 463 | -55 | -17.6 | 20.67 | 392 | 0.724 | 7.3 |
| 13 | L+V | 477 | -55 | -17.4 | 20.52 | 433 | 0.702 | 6.9 |
| 14 | L+V | 472 | -56.1 | -17.8 | 20.82 | 417 | 0.723 | 7.1 |
| 15 | L+V | 469 | -55.7 | -17.3 | 20.45 | 410 | 0.712 | 7.1 |
| 16 | L+V | 465 | -55.7 | -17 | 20.22 | 401 | 0.714 | 7.1 |
| 17 | L+V | 462 | -55.4 | -16.9 | 20.15 | 393 | 0.717 | 7.2 |
| 18 | L+V | 473 | -55.1 | -16.8 | 20.07 | 424 | 0.7 | 6.9 |
| 19 | L+V | 470 | -55 | -16.9 | 20.15 | 415 | 0.706 | 7 |
| 20 | L+V | 481 | -55 | -17.5 | 20.06 | 444 | 0.697 | 6.8 |

بیشترین فراوانی دمای همگن شدگی برای ۶۰ میانبار در محدوده دمایی تقریباً ۴۷۵ درجه سانتی گراد بوده و بیشترین فراوانی شوری نیز در حدود ۲۲-۲۰ درصد وزنی رخ داده است.بطورکلی مشخص گردید که، یک سیال با شوری متوسط و دمای بالا(شوری متوسط در حدود ۲۲-۲۰ درصد وزنی معادل نمک و دمای همگن شدن در حدود ۵۵۰-۴۰۰ درجه سانتی گراد) در تشکیل میانبارهای سیال در این نمونه ها نقش داشته است. همچنین می توان مقدار عمقی که میانبار سیال در آن به تله افتاده است را فرمول زیر محاسبه کرد: (کتاب ژئوترمومتری میانبارهای سیال،دکتر بهزاد حاج علیلو)

$P = H \times \rho \times g$ P: Pressure (bar), H: Depth of capturing(Meter), ρ: (2.7=gr/ cm3), g: Gravity (0.0981=din/cm2)

عمق تشکیل میانبارهای سیال مطالعه شده تقریبا ۲ کیلومتری زیر سطح زمین بوده است. و طبیعتاً می توان گفت این موضوع بیانگر این است که نمونه هایی برداشت شده از سطح زمین جهت انجام آزمایش های میکروترمومتری و پتروگرافی بر روی میانبارهای سیال در اثر پدیده برونزد رگه ها در طی زمان، در سطح زمین نمایان شده اند.

## ۵– نتیجه گیری

با توجه به پردازش تصاویر ماهواره ای و بر اساس مطالعات میانبارهای سیال، این ناحیه مستعد کانی سازی در اطراف زونهای گسله و در واحدهای سنگی داسیت، ریولیت و ریوداسیتی است که تحت تاثیر دگرسانیهای آرژیلیک و سیلیسی قرار گرفته اند. در مورد میانبارهای سیال می توان دو فرآیند را شناسایی کرد: فرآیند سرد شدن که با روند کاهش دما در شوری تقریباً ثابت رخ می دهد و فرآیند جوشش، که رخداد این پدیده با حضور همزمان و هم زیستی میانبارهای دوفازی

غنی از مایع، در کنار میانبارهای دوفازی غنی از بخار بوده است. که این دو فرآیند می توانند تاثیر بسزایی در تشکیل و ته نشست مواد معدنی در منطقه داشته باشندکه وجود معادن مختلف در منطقه نشان دهنده این موضوع می باشد.

## منابع فارسی

حاج علیلو، ب، ۱۳۸۷، ژئوترمومتری میانبارهای سیال، انتشارات دانشگاه پیام نور .

اقلیمی، ب، ۱۳۸۷، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دانسفهان(خیارج)، برگه شماره ۵۹۶۱، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور .

شهاب پور، ج، سال ۱۳۹۰، زمین شناسی اقتصادری(ویرایش اول)، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.

عزتی، س.ا، ، مهرنیا، س.ر،۱۳۹۱، استفاده از داده های دور سنجی با هدف بارزسازی مناطق دگرسانی در ذخایر اپی ترمال مطالعه موردی منطقه رامند در استان قزوین، همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور.

علیزاده ربیعی، ح، ۱۳۸۵،سنجش از دور(اصول و کاربرد)، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها(سمت).

**References:**

Bakker, R.J., 2003. Package FLUIDS 1. Computer programs for the analysis of fluid inclusion data and for modelling bulk fluid properties. Chemical Geology 194, 3–23.

Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of $H_2O$-NaCl solutions. Geochimica et Cosmochimica Acta, v.57, 683-684.

Boric, R., Holmgren, C., Wilson, N. S. F. & Zentilli, M., 2002. The Geology of the El Soldado Manto Type Cu (Ag) Deposit, Central Chile. In Porter, T.M. (Ed.), Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits: A Global Perspective, V. 2, PGC Publishing, Adelaide 163-184.

# منطقه‌بندی فلزی و عنصری در کانسار مس زاغدره (جنوب‌غرب کرمان): رهیافتی برای ژنز و اکتشاف ذخیره

◇◇◇◇◇◇◇

حیدر اصغرزاده اصل[۱*]، جواد ضیایی شیرکلایی[۲]، ابراهیم طالع فاضل[۳]، عادل سرخوشی[۴]

۱*- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، Heydarasl@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری استخراج معدن دانشگاه صنعتی شاهرود، javadziaei@gmail.com

۳- استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی همدان، Fazel_tale@yahoo.com

۴- کارشناس ارشد پترولوژی دانشگاه زنجان، Asarkhoshi@gmail.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

منطقه زاغدره یکی از کانی‌زایی مهم در پهنه افیولیتی اسفندقه بوده، که در بخش ارزوئیه در شمال معدن کرومیت آبدشت قرار گرفته است. این منطقه در زون زمین‌ساختی سنندج- سیرجان همراه با مجموعه‌های آمیزه رنگین (کالرد ملانژ) با سن کرتاسه و پالئوژن قرار داشته و از نظر چینه‌شناسی از واحدهای مختلف سنگی با ترکیب حدواسط تا بازیک شامل سنگ-های بازالت تا تراکی‌آندزیت بازالت، سنگ‌های رسوبی- آذرین با ترکیب آندزیت توف تا توف‌های ماسه‌ای و شیلی و سیلتستون، سنگ‌های سرپانتینیتی، ریولیت پورفیری، وآهک‌های پلاژیک کرتاسه بالایی تشکیل شده است. میزبان اصلی کانی‌زایی مس در منطقه زاغدره، سنگ‌های تراکی‌آندزیتی تا ریولیتی با دگرسانی‌های کلریتی و سیلیسی- سریسیتی می-باشد. کانی‌زایی مس و مولیبدن به صورت افشان و رگچه‌ای تا توده‌ای شکل و در شرق آن کانی‌زایی آهن-مس (اولیژیستی)، در فاصله بیشتر کانی‌زایی منگنز به صورت لایه‌ای بین آهک و ولکانیک‌های مافیک ته‌نشین شدند. در مجموع شواهد صحرایی و آزمایشگاهی نوعی منطقه‌بندی کانی‌شناسی-شیمیایی نشان می‌دهد.

**کلید واژه ها**: منطقه‌بندی عنصری-شیمیایی، افیولیت، زاغدره، کرمان

## Metal and elements zoning in the Zaghdarreh Cu deposit, SW Kerman: implication on genesis and exploration

**Heydar Asgharzadeh Asl[1*],Javad Ziyaei Shirkalaei[2], Ebrahim Tale Fazel[3], Adel Sarkhoshi[4]**

[1*]Student PhD of Economic Geology, Tabriz University (heydarasl@yahoo.com)

[2]Student PhD of Mining, Shahrood Technology University (javadziaei@gmail.com)

[3] Assistant professor, Department of Geology, Bu-Ali Sina University, Hamedan (tale.fazel@gmail.com)

[4] Msc University of Zanjan (asarkhoshi@gmail.com)

**Abstract:**

The Zaghdarreh area is the one of the main mineralization at Esfandaghe ophiolitic zone, which is located in northern part of Abdasht chromite mine. This area is located in Sanandaj-Sirjan structural zone and composed of ophiolite mélange with Cretaceous-Paleogene and from stratigraphic view point including intermediate to basic rocks such as basalt to trachyandesite basalt, andesite tuff, sandstone and shale tuff, serpentinite, porphyry rhyolite, pelagic limestone with upper Cretaceous. The main host rock lithology in Zaghdarreh area is composed

of trachyandesite and rhyolite with chloritic and silisic-sericitic alteration. Cu and Mo occurs as disseminated, veinlet and massive shape and Cu-Fe deposit occurs in eastern part of Mn mineralization as layered shape between limestone and mafic volcanics. All evidences is shown typical mineralogical-chemistry zoning in area.

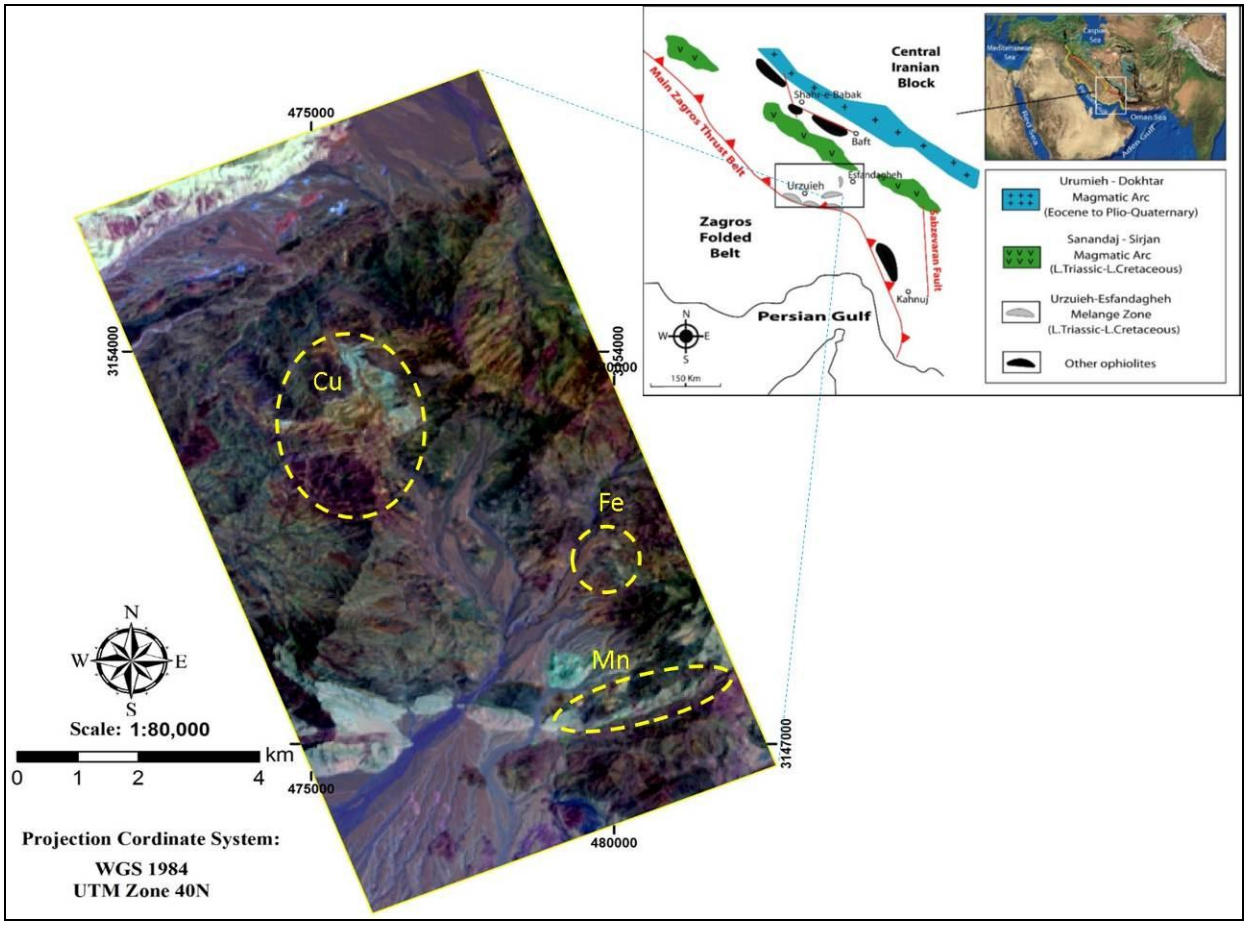
**Keywords:** chemical zoning, ophiolite, Zaghdareh, Kerman

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

منطقه زاغدره در ۱۶۰ کیلومتری جنوب‌غرب کرمان، شهرستان بافت و بخش بافت مرکزی و ارزوئیه در برگه ۱:۲۵۰۰۰۰ حاجی‌آباد و ۱:۱۰۰۰۰۰ دولت‌آباد و دهسرد (بزار) در مجاورت روستاهای دولت‌آباد و آبدشت- صوغان قرار گرفته است. از دیدگاه ساختاری این منطقه در دو زون زمین‌ساختی ایران یعنی زون سنندج- سیرجان و زاگرس جای دارد (اشتوکلین، ۱۹۷۴). از نظر زمین‌شناسی این منطقه در زون فرورانش پوسته اقیانوسی به زیر پوسته قاره‌ای و کمپلکس‌های افیولیتی قرار گرفته است. به دلیل تشکیل افیولیت‌ها در وجود پدیده‌های ماگمایی و دگرگونی، توان کانی‌زایی در این منطقه قابل توجه می‌باشد. نهشته‌های ماسیو سولفید، آهن و روی ممکن است در پیلولاواهای افیولیت‌ها به صورت استراتاباند دیده شوند. سنگ‌های آتشفشانی کف اقیانوس در اثر عمل سیستم گرمابی در حد رخساره شیست سبز و زئولیت دگرگون شده و همراه آنها، سولفید توده‌ای مشاهده می‌شود (Gas & Smewing, 1973).

به عقیده (Coleman, 1971) سولفیدهای توده‌ای در قسمت بالایی سری گدازه‌های بالشی تروودوس و قبرس حتی تا دایک‌های دیابازی گسترش داشته و بر روی آنها گل اخری از آهن با مقدار کمی منگنز دیده می‌شود. افیولیت‌های فانروزوئیک ممکن است دارای نهشته‌های ماسیوسولفید باشند که حدود ۹۵٪ آن از پیریت با مقدار کمی کالکوپیریت، اسفالریت، مارکازیت با مقدار خیلی کم پیروتیت، گالن، طلا و نقره بوده و کانی‌های همراه آن کوارتز، ژیپس، کلریت و انواع سولفات‌ها است (Coleman, 1971). هدف از این مقاله بررسی خصوصیات کانی‌زایی، دگرسانی و منطقه‌بندی کانی‌زایی به منظور پیشبرد اهداف اکتشافی در منطقه زاغدره است.




**شکل ۱- نمایی از منطقه‌بندی کانی‌زایی در منطقه زاغدره بر روی تصویر لندست منطقه**

◇◇◇◇◇◇◇

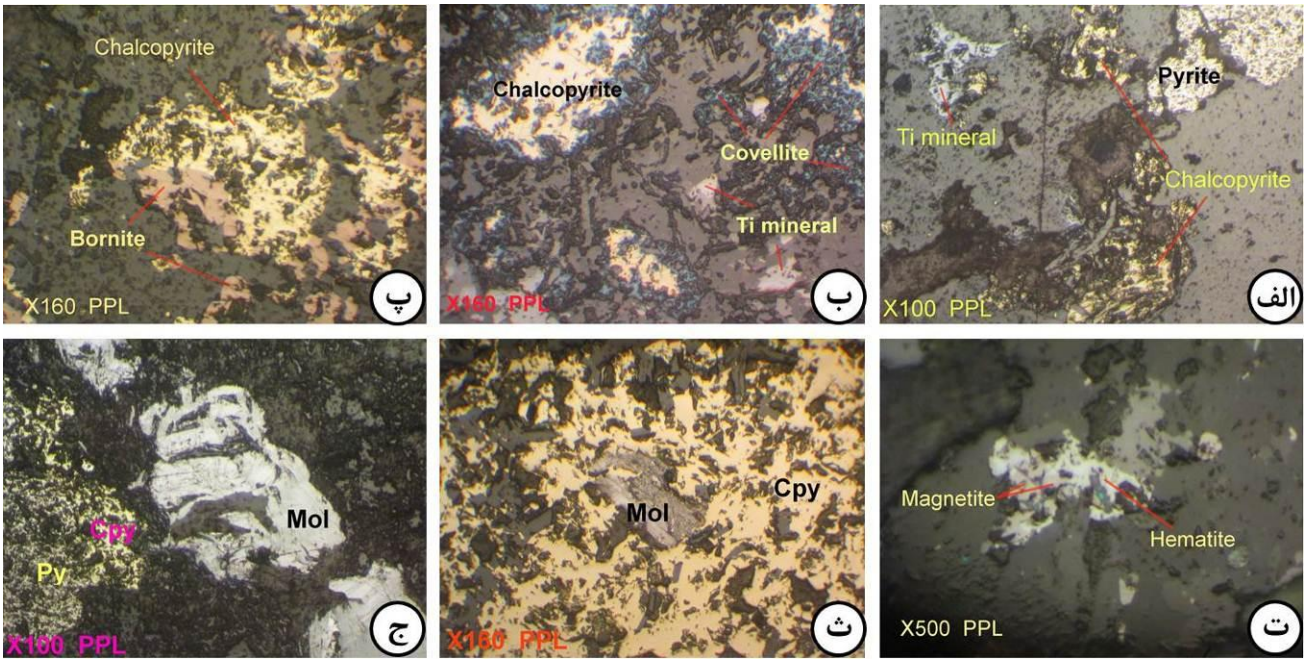
**روش تحقیق:**

با در نظر گرفتن محیط تکتونیکی منطقه و واحدهای سنگی دربرگیرنده کانی‌زایی و بررسی‌ها و مشاهدات صحرایی از منطقه بخشهای کانی‌زایی و عناصر مختلف در سکانس‌های افیولیتی با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق با کانی‌سازی مس، آهن-مس و منگنز مشاهده می‌شود که با نمونه‌برداری از آنها ویژگی‌های کانی‌شناسی در منطقه مشخص شدند.

**کانی‌زایی در مس زاغدره**

واحدهای سنگی منطقه با ترکیب حدواسط تا بازیک شامل سنگ‌های بازالت تا تراکی‌آندزیت بازالت، سنگ‌های رسوبی- آذرین با ترکیب آندزیت توف تا توف‌های ماسه‌ای و شیلی و سیلتستون، سنگ‌های سرپانتینیتی، ریولیت پورفیری، و رسوبات کواترنری تشکیل شده است. میزبان اصلی کانی‌زایی مس در منطقه زاغدره، سنگ‌های تراکی‌آندزیتی تا ریولیتی با دگرسانی‌های کلریتی و سیلیسی- سریسیتی می‌باشد. کانی‌زایی سولفیدی پیریت، کالکوپیریت و مولیبدنیت به صورت افشان و رگچه‌ای تا توده‌ای شکل مهمترین کانه‌های فلزی کانسار زاغدره می‌باشد. لکه‌های بی‌شکل کالکوپیریت به صورت پراکنده گاهی همراه با پیریت در رگچه‌های پیریتی و در قسمتی کالکوپیریت و بورنیت با یکدیگر با بافت جانشینی

دیده می‌شود گاهی در بعضی قسمتها نوار باریکی از کوولیت در اثر دگرسانی سوپرژن جانشین حواشی کالکوپیریت‌ها تشکیل شده است (شکل ۲ب، پ). ترکیبات تیتانیوم‌دار احتمالاً اسپینل‌های تیتانیوم‌دار در نمونه بصورت بلورهای اتومرف تا نیمه اتومرف پراکنده است (شکل ۲الف). بلورهای اتومرف مگنتیت به صورت پراکنده و بعضی از آنها در اثر دگرسانی توسط هماتیت جانشین شده یا در حال جانشینی هستند. مرحله سولفیدی سالم بوده و اثری از دگرسانی یا هوازدگی در آنها دیده نمی‌شود. به نظر می‌رسد ابتدا مرحله اکسیدی یعنی مگنتیت بعدا مرحله سولفیدی به ترتیب پیریت، بورنیت و کالکوپیریت تشکیل شده است (شکل ۲ت). مولیبدنیت به صورت بلورهای تیغه‌ایی منفرد و پراکنده یا تجمعی از تیغه‌ها در کنار هم، داخل باطله یا کالکوپیریت‌ها پراکنده است (شکل ۲ث، ج).

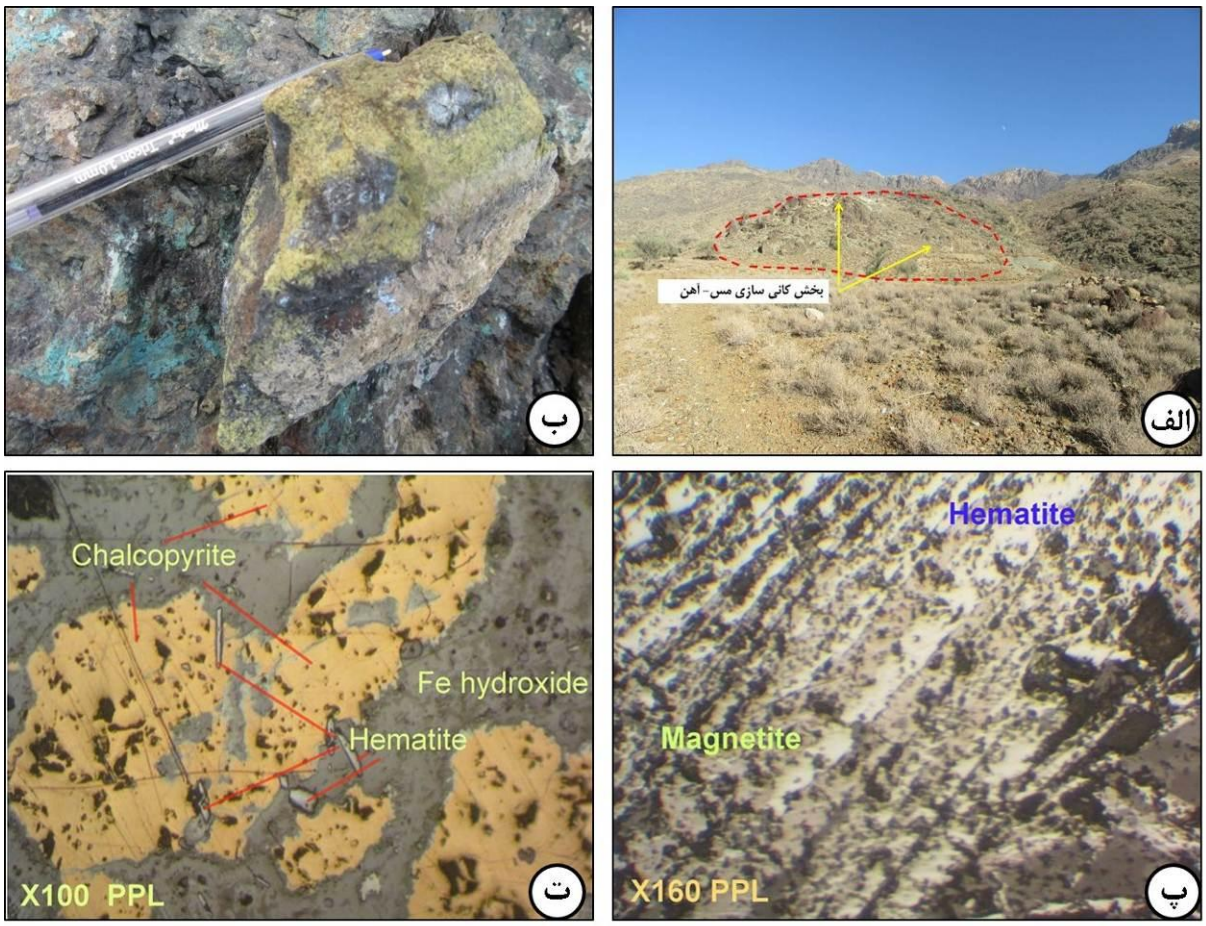



**شکل ۲. تصاویر میکروسکوپی شامل کالکوپیریت، پیریت، بورنیت، مولیبدنیت، کوولیت، مگنتیت و هماتیت**

## کانی‌زایی بخش اولیژیستی

بخش کانی‌زایی مس- آهن واقع در بخش شرقی محدوده مس زاغدره قرار دارد. زمین‌شناسی این بخش سنگ‌های ولکانیکی حدواسط تا مافیک با ترکیب ریولیت، آندزیت، تراکی آندزیت و آندزی بازالت به همراه سنگ‌های کربناته که در بالای این واحدها رخنمونهای ستیغ‌ساز و صخره‌ساز تشکیل داده‌اند (شکل ۳). کانی‌سازی در این منطقه با مختصات UTM ۳۱۵۰۳۸۸ - ۴۷۹۶۷۷ به صورت دو پچ کانی‌زایی با ابعاد حدوداً ۵۰ * ۱۵۰ متری در سنگ میزبان ولکانیکی همراه با دگرسانی پروپیلیتی شدید در دامنه کوه موردلو رخ داده است. کارهای اکتشافی به صورت ترانشه‌های قدیمی بر روی بخش کانی‌زایی دیده می‌شود که پتانسیل بالایی کانی‌سازی را نشان می‌دهد (شکل ۳). با بررسی مشاهدات صحرایی و نحوه رخداد کانی‌زایی که به صورت اولیژیستی، کالکوپیریت و مالاکیت با شدت بیشتری دیده می‌شود.

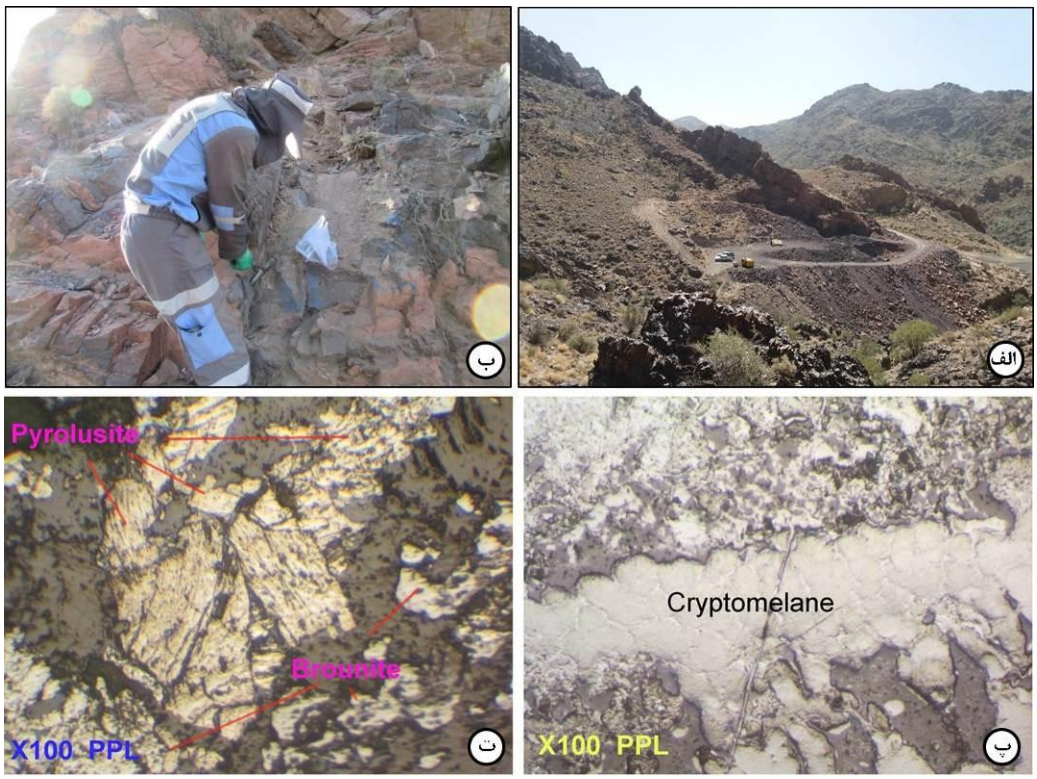
مگنتیت و هماتیت به صورت تیغه‌های کشیده و سوزنی که به صورت فشرده در کنار هم تشکیل یافته اند، مشاهده می‌شود. هماتیت‌های تیغه‌ایی در اثر افزایش حرارت و نفوذ آهن احتمالاً به واسطه فعالیتهای گرمابی به مگنتیت تبدیل گشته‌اند (Mushketovitization). گاهی کل یک تیغه به مگنتیت تبدیل شده و گاهی قسمت‌هایی از یک تیغه جانشین شده است. مقادیر بسیار اندکی هماتیت به صورت تیغه‌های بسیار کوچک داخل مگنتیت‌ها باقی مانده است. گاهی هماتیت‌های اولیه به شکل تیغه‌ایی و به صورت ادخال به مقدار کم داخل کالکوپیریت دیده می‌شود. خمیدگی در تیغه‌های هماتیت و مگنتیت نشانه فشارهای مکانیکی (تکتونیکی) وارد به سنگ بعد از تشکیل ماده معدنی است (شکل ۳). لکه‌های درشت کالکوپیریت در نمونه به صورت بی‌شکل پراکنده است. کالکوپیریت در اثر دگرسانی سوپرژن از اطراف لکه‌ها توسط هیدروکسیدهای آهن در حال جانشینی است و کالکوپیریت‌ها خیلی ریز داخل هیدروکسیدهای آهن مانند جزایری پراکنده می‌باشد. کالکوسیت و گاهی کوولیت با مقادیر بسیار کم به شکل نوار باریکی در حواشی کالکوپیریت‌ها جانشین شده‌اند. در این نمونه پیریت هم وجود داشته است ولی در اثر دگرسانی سوپرژن تقریبا تمامی آنها توسط هیدروکسیدهای آهن جانشین شده‌اند (شکل ۳).




**شکل ۳- الف) نمایی از بخش کانی‌سازی مس- آهن در منطقه، ب) تصویر نمونه دستی از بخش کانی‌سازی مس- آهن در منطقه، پ، ت) تصاویر میکروسکوپی از بخش کانی‌سازی مس-آهن در منطقه.**

## کانی‌زایی بخش منگنز

پتانسیل منگنز زاغدر به صورت یک معدن متروکه در مجاورت روستای زاغدر و در شرقی‌ترین زون کانی‌زایی قرار گرفته است (شکل ۴الف). این منگنز به صورت دو رگه با ضخامت متفاوت از ۱ تا ۸ متر به درازای حدود ۱۸۰۰ متر در میان واحدهای اولترابازیک و آهک نمایان و قابل پیگیری می‌باشد که از سمت غرب توسط یک گسل (رورانـدگی) محدود می‌شود و به صورت پلانژدار، این لایه در زیر آهک ناپدید می‌شود. در طول این ۱۸۰۰ متر رگه بخش‌هایی از آن به وسیله عملکرد گسل‌ها جابه‌جا شده است. در بخش مرکزی این رگه یک سینه کار استخراجی دیده می‌شود که از دو بخش شمال‌شرقی و جنوب‌غربی تشکیل شده است. رگه‌ها در بخش غربی تا روستای عشایری زاغدره قابل پیگیری می‌باشند (شکل ۴) مطالعات مقدماتی و برداشت‌های صحرایی در این منطقه انجام شد و موقعیت نمونه‌برداری براساس ضخامت و ارتباط با سنگ دیواره عمود بر رگه مشخص شد و نمونه‌برداری توسط پیکور دستی از عمق حدوداً ۲۰ سانتی‌متری داخل رگه به تعداد ۲۲ نمونه جهت آنالیز XRF و دو نمونه مقطع صیقلی جهت بررسی کانه‌شناسی برداشت شده است. نتایج تجزیه نمونه‌های ارسالی به آزمایشگاه نشان می‌دهد که در اکثر نمونه‌ها مقدار منگنز مشاهده شده نمونه، مقادیر بالای ۲۰ درصد تا ۷۰ درصد مشاهده شده است. این موضوع نشان دهنده پتانسیل خوب محدوده کانسار منگنز می‌باشد. کانه‌شناسی در این بخش شامل کریپتوملان، پسیلوملان، پیرولوزیت و براونیت است. این ترکیبات به صورت تجمعات میکروکریستالین و با بافت نمدی و قلوه‌ایی در حفرات سنگ استقرار یافته‌اند. بلورهای پیرولوزیت تیغه‌ایی بوده و بیشتر به صورت رگچه‌ایی در نمونه استقرار یافته‌اند. بلورهای براونیت در بعضی قسمتها تجمع کرده و به صورت موزائیکی مشاهده شده و در بعضی قسمتها هم به شکل تجمعات پراکنده دیده می‌شود. این ترکیبات در حال تبدیل به یکدیگر هستند (شکل۴ت).




**شکل۴- الف) نمایی از معدنکاری قدیمی بر روی رگه منگنز زاغدره، ب) نمایی از نحوه نمونه‌برداری از رگه منگنز زاغدره، پ، ت) تصاویر میکروسکوپی از رگه کانی‌زایی منگنز**

**جدول ۱- مقادیر اکسیدهای اصلی در آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی به روش XRF در کانسار منگنز**

| Element | Mn O | Si $O_2$ | $Fe_2$ $O_3$ |
|---|---|---|---|
| A1-MN-01 | 52.81 | 17.88 | 3.53 |
| A1-MN-02 | 15.29 | 60.87 | 7.11 |
| A1-MN-03 | 9.53 | 58.3 | 11.17 |
| A1-MN-04 | 19.66 | 56.34 | 15.11 |
| A1-MN-05 | 24.46 | 32.98 | 16.7 |
| A1-MN-06 | 20.6 | 33.66 | 15.86 |
| A1-MN-07 | 10.52 | 72.71 | 8.27 |
| A1-MN-08 | 26.38 | 23.97 | 11.77 |
| A1-MN-09 | 37.46 | 27.53 | 4.97 |
| A1-MN-10 | 12.43 | 27.16 | 13.73 |
| A1-MN-11 | 15.25 | 52.46 | 10.39 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| A1-MN-12 | 11.69 | 67.52 | 10.86 |
| A1-MN-13 | 26.75 | 31.32 | 12.76 |
| A1-MN-14 | 33.06 | 34.87 | 13.59 |
| A1-MN-15 | 12.99 | 47.27 | 10.47 |
| A1-MN-16 | 11.1 | 64.22 | 5.04 |
| A1-MN-17 | 11.47 | 58.57 | 6.66 |
| A1-MN-18 | 18.19 | 47.91 | 10.41 |
| A1-MN-19 | 16.28 | 52.09 | 10.37 |
| A1-MN-20 | 64.08 | 16.86 | 2.07 |
| A1-MN-21 | 69.48 | 13.85 | 1.32 |
| A1-MN-22 | 22.69 | 48.5 | 9.2 |

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

منطقه زاغدره در دو زون زمین‌ساختی ایران یعنی زون سنندج- سیرجان و زاگرس جای دارد. سازندهای مربوط به زون سنندج- سیرجان را مجموعه‌های آمیزه رنگین (کالرد ملانژ) با سن کرتاسه و پالئوژن دربرمی‌گیرد. باتوجه به محیط تکتونیکی، واحدهای سنگی در برگیرنده کانی‌زایی و دگرسانی‌های غالب و ارتباط با کانی‌زایی، به نظر می رسد یک زونبندی عناصر در یک محیط رسوبی-آتشفشانی به دلیل ویژگی‌های ژئوشیمیایی عناصر و تغییرات شرایط pH و EH کانی‌زایی مس، آهن-مس و منگنز با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق مشاهده می‌شود.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

۱- عزیزیان و نادری، ۱۳۸۵، "نقشه زمین‌شناسی برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ دولت‌آباد"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور.

۲- ناظم‌زاده و رشیدی، ۱۳۸۵، "نقشه زمین‌شناسی برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ دهسرد"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور.

۳- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور (۱۳۵۳)، "نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ حاجی‌آباد".

4- Coleman, R.G., 1971. *"Plate tectonic emplacement of upper mantle peridotites along continental edges"*. Journal of Geophysical Research 76, 1212–1222.

5- Stocklin, J., 1974.*" Possible ancient continental margin in Iran. In: Burk"*, C.A., Drake, C.L. (Eds.), The Geology of Continental margins.

# ارزیابی کانی‌زایی مس زاغدره کرمان با استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی IP و RS

◇◇◇◇◇◇◇

حیدر اصغرزاده اصل[۱*]، جواد ضیایی شیرکلایی[۲]، عادل سرخوشی[۳]، ابراهیم طالع فاضل[۴]

۱*- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، Heydarasl@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری استخراج معدن دانشگاه صنعتی شاهرود، javadziaei@gmail.com

۳- کارشناس ارشد پترولوژی دانشگاه زنجان، Asarkhoshi@gmail.com

۴- استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی همدان، Fazel_tale@yahoo.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

هدف از انجام این مطالعات در محدوده معدنی زاغدره، بررسی وضعیت زیرسطحی رخنمونهای مشاهده شده از نوع کانه-های فلزی مالاکیت و کریزوکولا در محدوده اکتشافی است. برای این منظور، از خواص قطبش القایی و تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی استفاده شد. برای کانی‌سازی در محدوده مورد بررسی، هندسه کانی‌سازی و عمق مورد انتظار و قدرت تفکیک در نظر گرفته شده، آرایش دوقطبی-دوقطبی به عنوان مناسب‌ترین آرایه به منظور برداشت طراحی، حجم نقاط اندازه‌گیری شده در محدوده زاغدره ۱۵۱۵ ایستگاه در قالب ۵ پروفیل برداشت گردید. براساس نقشه‌های شارژابیلیته و عدم بسته شدن بی‌هنجاری‌های شارژابیلیته در ابتدا و انتهای بیشتر پروفیل‌ها، به احتمال قوی گسترش بی‌هنجاری هم به سمت خاور و هم به سمت باختر ادامه دارد که نیازمند گسترش سطح مطالعات در منطقه است که با استفاده از نتایج آن نقاط حفاری پیشنهاد گردید.

**کلید واژه ها**: ژئوفیزیک، روش‌های IP و RS، زاغدره، صوغان، کرمان

# Assessment of copper mineralization in the Zaghdare Kerman using the IP and RS geophysical method

**Heydar Asgharzadeh Asl[1*],Javad Ziyaei Shirkalaei[2], Adel Sarkhoshi[3], Ebrahim Tale Fazel[4]**

[1*]Student PhD of Economic Geology, Tabriz University (heydarasl@yahoo.com)

[2]Student PhD of Mining, Shahrood Technology University (javadziaei@gmail.com)

[3]Msc University of Zanjan (asarkhoshi@gmail.com)

[4] Assistant professor, Department of Geology, Bu-Ali Sina University, Hamedan (tale.fazel@gmail.com)

## Abstract:

The aim of this study was to study the Zaghdare mine area, investigating the subsurface status of observed outcrops of malachiteand chrysocolla ore minerals. Based on, for achievement of this aim the induction polarization properties and electrical resistivity were used. Geometry of mineralization, expected depth and resolution were considered by bipolar-bipolar arrangement as the most suitable array. For design, the volume of measured points in the range of 1515 stations was taken in the form of 5 profiles. Based on the charging maps

and the lack of closure of charging abnormalities at the beginning and the end of the profiles, the non-normative expansion is likely to continue to the east and westward, requiring the expansion of the level of studies in the region which was proposed using the results of those drilling points.

**Keywords :** Geophysics, IP, RS, Zaghdare, Soghan, Kerman

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

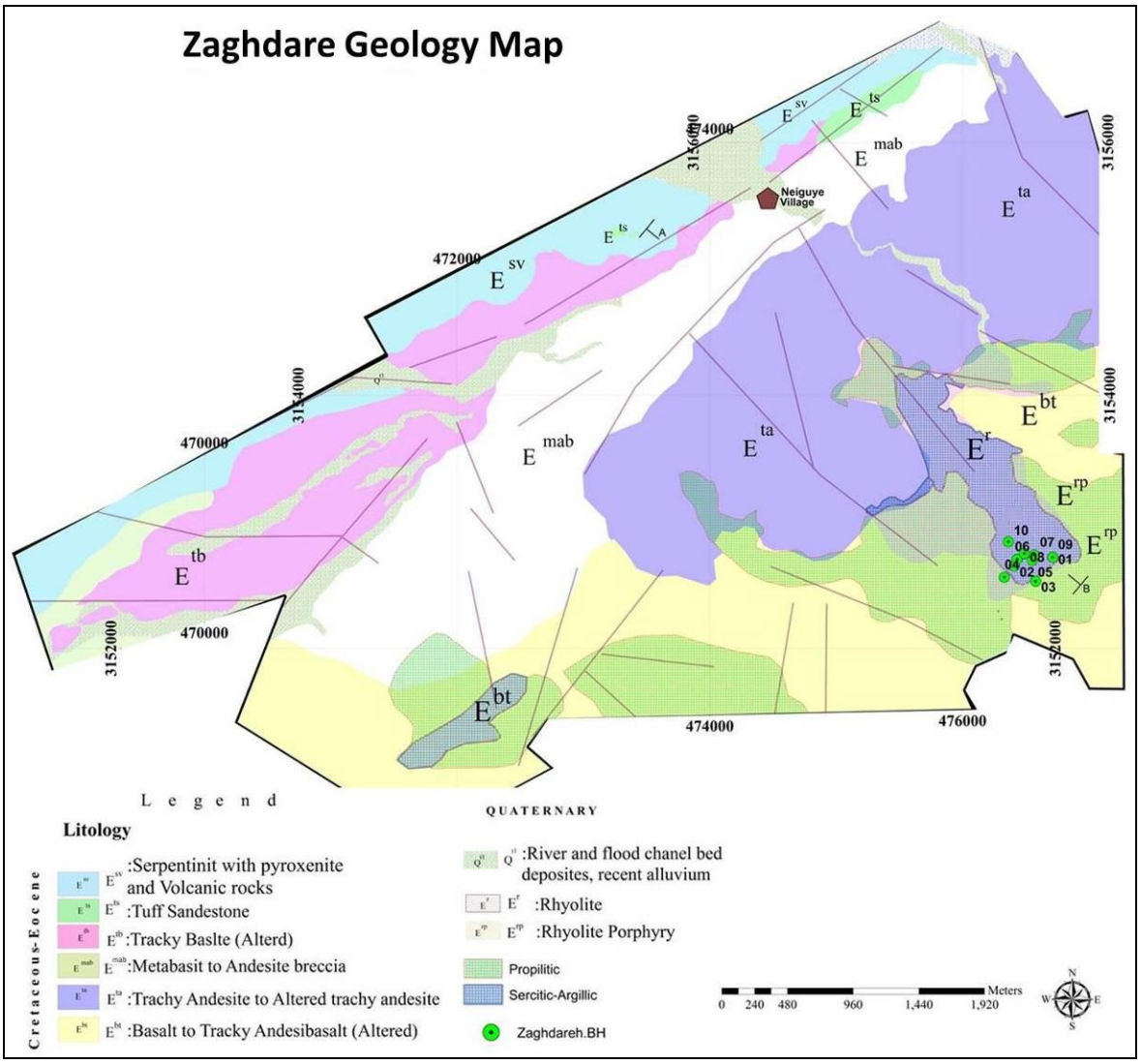
محدوده اکتشافی زاغدره از لحاظ تقسیم بندی ساختمانی ایران (اشتوکلین، ۱۹۷۱) در بخش انتهایی زون دگرگونی سنندج-سیرجان و بیشتر در زون افیولیتی اسفندقه- حاجی‌آباد قرار می‌گیرد. از دیدگاه زمین‌شناسی این منطقه در برگه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ حاجی‌آباد و ۱:۱۰۰۰۰۰ دولت‌آباد در مجاورت روستاهای دولت‌آباد و آبدشت- صوغان قرار گرفته است. در این منطقه کمپلکس زمین‌شناسی وجود دارد که مجموعه‌ای از افیولیتها، کالرد ملانژها و سنگهای دگرگونی و توده‌های نفوذی را دربرمی‌گیرد. مهمترین واحدهای سنگ‌شناسی محدوده، واحدهای افیولیتی و بیشتر کالرد ملانژ است که این واحدها از جنس پوسته اقیانوسی بوده و بیشتر شامل مجموعه‌ای از شیستهای گلوکوفان‌دار به رنگ سبز، واحدهای از تکتونیک ملانژ به همراه بلوکهایی از واحدهای رسوبی و دگرگونه زون سنندج- سیرجان و فلیشهای ائو- الیگوسن و آهکها می‌باشد (قاسمی و همکاران، ۱۳۷۷). کهنترین سنگهای این ریز پهنه، در برگیرنده هارزبورژیت و دونیت هارزبوژیت است که در یک ارتباط گسله با سایر بخشهای زیرپهنه دید می‌شود،که اکثر آنها تحت تاثیر دگرسانی کلریتی و سرپانتینی شده و کمی اورتوپیروکسن تشکیل شده است و در بعضی مناطق دارای عدسی‌های کرومیت است (شایسته‌فر، ۱۳۸۰؛ قاسمی، ۱۳۷۷؛ سبزه‌ای، ۱۹۷۴). با توجه به تیپ در نظر گرفته شده برای کانی‌سازی در محدوده مورد بررسی، هندسه کانی‌سازی و عمق مورد انتظار و قدرت تفکیک در نظر گرفته شده، آرایه دوقطبی-دوقطبی (دایپل-دایپل) به عنوان مناسب‌ترین آرایه جهت برداشت طراحی، انتخاب و اجرا شد. این آرایه قدرت تفکیک بالاتری نسبت به دیگر آرایه‌ها دارد و نتایج دقیق‌تری برای اعماق پایین به دست می دهد.

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

به واسطه محیط تکتونیکی و واحدهای سنگی این محدوده، امکان تمرکز کانیهای اقتصادی از جمله مس و سایر عناصر مفید همراه مثل طلا وجود دارد. تاثیر واحد ریولیتی احتمالا به این صورت می‌باشد که همچون موتور حرارتی عمل کرده و موجب جابه‌جایی و تمرکز مس از سنگهای اطراف شده و این مواد را در مناطق با فشار و حرارت کمتر که عمدتاً شامل گسلها و درزه‌های موجود در سنگها می‌باشد، جایگزین نموده است. کانی‌سازی مس به صورت اکسیدهای مس از جمله مالاکیت و کریزوکولا همراه با سنگهای با ترکیب بازالت تا آندزیت بازالت و در شکستگی سنگهای این محدوده دیده می‌شود (شکل ۱). شواهد پتانسیل بالای منطقه مربوط به زاغدره در بخش جنوبی، همراه با گستره زیادی از سرباره‌های حاصل از ذوب و وجود شواهدی از برداشتهای معدنی در دوره‌های دور، بیشتر دیده می‌شود و امکان

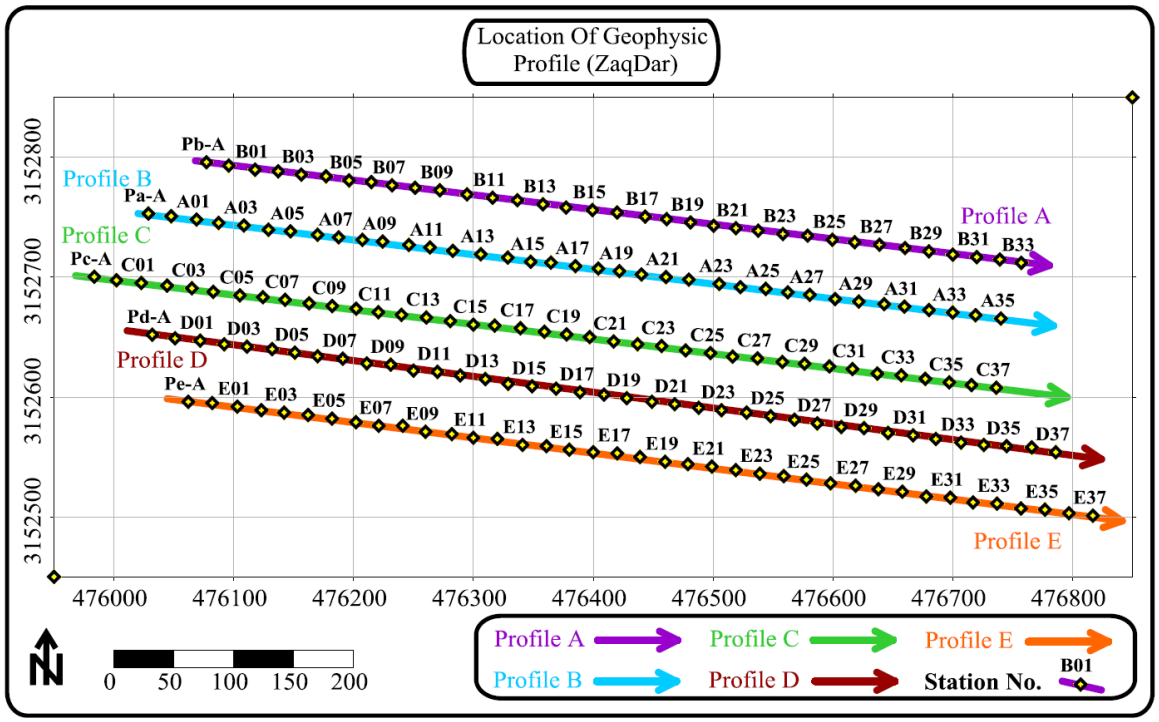
وجود ذخیره‌ای اقتصادی را تقویت می‌کند. با این حال اثبات وجود ذخیره اقتصادی مس در این محدوده به خصوص در اعماق نیاز به مطالعات ژئوفیزیک اکتشافی دارد که در ادامه تشریح می‌شود.




**شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه به همراه جانمایی گمانه‌ها**

### بررسی مقاطع دو بعدی در پروفیل‌های برداشت

با توجه به توضیحات ارایه شده، گسترش بالای کانی‌سازی سولفیدی (هدف اکتشاف ژئوفیزیکی) و عمق کاوش (Z=100 m) فاصله بین الکترودهای برداشت برابر بیست متر (MN=20 m) تعیین و برداشت شد. در طول پروفیل‌های این محدوده، تعداد ده پرش متوالی (n=10) انجام گرفت. با در نظر گرفتن تعداد پرش‌ها و فاصله الکترودی مذکور، عمق کاوش ژئوفیزیکی برای شبکه برداشت شده حدود صد متر و قدرت تفکیک فضایی آن در حد ده متر محاسبه می‌شود. با توجه به کافی بودن رزلوشن (ده متری) به منظور بهینه نمودن تعداد نقاط برداشت شبکه منظم انتخاب شد و در راستای پروفیل (باختر به خاور) فواصل الکترودهای جریان نیز بیست متر (AB=20 m) در نظر گرفته شد.




**شکل ۲- موقعیت و جهت پروفیل‌های A، B، C، D و F، نقاط برداشت هر پروفیل روی نقشه.**

راستای کلیه پروفیل‌ها خاوری باختری با انحراف به سمت شمال است و از باختر به سمت خاور برداشت شده است، درازای پروفیل B ۷۰۰ متر، پروفیل A ۷۵۰ متر و سایر پروفیل‌ها ۸۰۰ متر است. در مجموع تعداد ۱۵۱۵ نقطه در طول پنج پروفیل یاد شده، برداشت شده است (شکل ۲).

**تفسیر نتایج مدل‌سازی معکوس پروفیل A**

برای بررسی گسترش عمقی کانی‌سازی، اولین شبه مقطع (پروفیل A) روی رخنمون‌های مشاهده شده و تقریبا عمود بر امتداد آنها طراحی و اجرا شد. در طول این پروفیل، کانی‌سازی مس (مالاکیت) درون سنگهای آذرین (آندزیت و ریولیت) رخنمون دارد. با توجه به تعدد رخنمون‌ها و دگرسانی رخ داده در منطقه، به نظر می‌رسد کانی‌سازی اکسیدی مس (مالاکیت) مشاهده شده در سطح به صورت ثانویه از یک کانی‌سازی سولفیدی اولیه (کالکوپیریت) حاصل شده است. از این‌رو به منظور کشف منشأ سولفیدی رخنمون‌های اکسیدی سطحی، اکتشافات ژئوفیزیکی جهت تعیین محل عمقی کانی-سازی سولفیدی احتمالی صورت پذیرفته است.

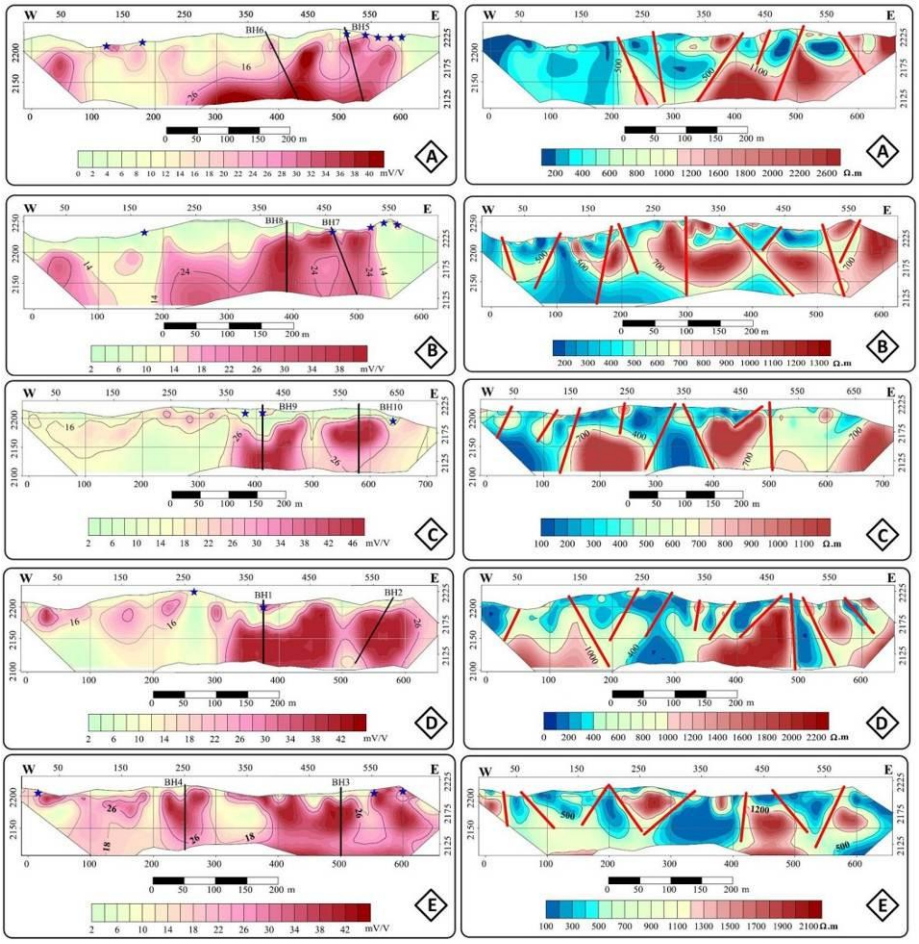
با توجه شکل ۳، دو تا سه بی‌هنجاری در این پروفیل قابل تشخیص می‌باشد. اولین بی‌هنجاری در قسمت باختری پروفیل مشاهده می‌شود که نسبت به سایر بی‌هنجاری‌ها شدت و وسعت کمتری دارد، حدآستانه این بی‌هنجاری، با توجه به اطلاعات منطقه و بررسی سایر نقشه‌ها حدود ۱۰ تا ۱۸ میلی ولت بر ولت می‌باشد، در قسمت خاوری نیز همین حدآستانه برای تفکیک بی‌هنجاری از زمینه در نظر گرفته شده است، اما در قسمت خاوری، بی‌هنجاری وسعت و شدت بیشتری دارد،

احتمالا در این قسمت بی‌هنجاری باختری با یک کانی‌سازی دیگر ترکیب شده و نتایج شارژابیلیته را بیش از حد بالا برده است. باتوجه به شکل گستردگی و مقدار IP کانی‌سازی‌ها در هم آلیاز شده و مقدار شارژابیلیته، در این قسمت وجود کانی‌سازی سولفیدی و افشان محتمل می‌باشد، با توجه به نتایج حاصل، احتمال حضور پیریت همراه با کانیهای سولفیدی مس قبیل کالکوپیریت، کالکوسیت، بورنیت و نظایر آن بسیار زیاد است به طوریکه وجود پیریت موجب افزایش بیش از حد مقادیر شارژابیلیته در برخی نقاط شده است. احتمال کانی‌سازی‌های دیگر مس یا مولیبدن و سایر پاراژنزها نیز دور از ذهن نمی‌باشد، هرچند کانی‌سازی غیراقتصادی پیریت به تنهایی نیز می‌تواند مقادیر شارژابیلیته را بیش از حد بالا ببرد. به هر حال حضور رخنمون‌های مس اکسیدی در سطح امید حضور کانی‌سازی‌های سولفیدی مس را در عمق افزایش می‌دهد. در شکل ۳ توجه به نکات بیان شده یک کانی‌سازی کوچکتر در قسمت باختری قابل مشاهده است، که تقریبا نزدیک به کانی‌سازی خاوری (با فاصله حدودی ۳۰ تا ۵۰ متر) می‌باشد و در صورتیکه شارژابیلیته ۱۶ میلی‌ولت بر ولت شروع کانی-سازی باشد کمتر از ۴۰ متر با قسمت خاوری فاصله دارد. رخنمونهای کانی‌سازی تا حدی به تعیین حدآستانه کانی‌سازی کمک می‌کند. گسترش این بی‌هنجاری در راستای خاوری- باختری ۵۰ تا ۸۰ متر می‌باشد و عمق متوسط آن از ۲۰ تا ۳۰ متری شروع شده و تا عمق ۶۰ متری و بیشتر ادامه دارد، هرچند با توجه به شکل، احتمال تشکیل آن در سطح، حد فاصل ۱۲۰ تا ۱۷۰ متر از نقطه آغاز پروفیل بسیار بالا می‌باشد، لازم به ذکر است در فاصله ۱۲۰ متری از شروع پروفیل، رخنمون مالاکیت واقع شده است. کانی‌سازی خاوری گسترده‌تر است و شدت بیشتری دارد، پهنای آن حدود ۳۰۰ متر است و گسترش عمقی آن از ۱۰ تا ۳۰ متری است، اما عمده تجمع آن در عمق بیش از ۸۰ متری است، با توجه به شکل بی‌هنجاری در نقشه احتمالا کانی‌سازی همچنان در اعماق بیشتر ادامه دارد و در حال گسترش است. با توجه به تیپ کانی‌سازی و شرایط زمین‌شناسی منطقه به نظر می‌رسد محل تمرکز توده‌های سولفیدی تطابق قابل قبولی با ساختارهای تکتونیکی داشته باشد و کانی‌سازی از طریق گسل‌های اصلی خود را به سطح رسانده و در شکستگی‌ها و متن سنگ میزبان به صورت پراکنده تشکیل شده است. به نظر می‌رسد بی‌هنجاری‌های موجود در قسمت مرکزی و خاوری با هم مرتبط بوده و هر دو دارای منشا عمقی می‌باشند که توسط چند گسل از یکدیگر جدا شده‌اند. این بی‌هنجاری‌ها از عمق ۱۰ تا ۳۰ متر شروع شده و تا عمق ۱۰۰ متری و بیشتر همچنان ادامه دارد. با توجه به شکل بی‌هنجاری احتمال می‌رود که در اعماق بیشتر شدت و وسعت آن افزایش یابد و دو بی‌هنجاری به یکدیگر بپیوندند.

**تفسیر نتایج مدل‌سازی معکوس پروفیل B**

در قسمت باختری با توجه به اطلاعات منطقه و بررسی سایر نقشه‌ها، حد آستانه بی‌هنجاری حدود ۱۴ میلی‌ولت بر ولت (پربند خاکستری) در نظر گرفته شده است، از ابتدای پروفیل تا فاصله ۱۰۰ متری، یک بی‌هنجاری با پهنای حدود ۷۰ متر، از عمق ۱۰ تا ۲۰ متری تا ۱۰۰ متری را می‌توان مشخص نمود، این بی‌هنجاری به سمت باختر و عمق همچنان ادامه دارد و منطبق بر واحدهای آندزیتی می‌باشد. در قسمت خاوری حدآستانه بی‌هنجاری، ۲۴ میلی‌ولت بر ولت (پربند مشکی) در نظر

گرفته شده است، بی‌هنجاری خاوری تقریبا از ۲۱۰ متری ابتدای پروفیل پدیدار می‌شود و تا ۳۱۰ متری ادامه دارد، عمق آن احتمالا از ۴۰ متری شروع شده، و با توجه به شکل عمق ۱۰۰ متری پایان بی‌هنجاری نمی‌باشد و بررسی در اعماق بیشتر باید ادامه یابد. بی‌هنجاری سوم از ۳۵۰ متری ابتدای پروفیل شروع و تا ۵۵۰ متری به تقریبا پیوسته گسترش یافته است. از ۳۵۰ متری به سمت خاور بی‌هنجاری به سطح نزدیکتر شده و تا عمق ۳۰ الی ۳۵ متری سطح میرسد. این بی‌هنجاری در ۵۵۰ متری ابتدای پروفیل به سطح زمین می‌رسد، همچنان احتمال تداوم بی‌هنجاری در اعماق بیش از ۱۰۰ متر بسیار بالا می‌باشد، در ۴۵۰ متری ابتدای پروفیل گسل عمودی باعث گسستگی عمقی بی‌هنجاری شده، سایر گسل‌ها در این محدوده سطحی هستند و بی‌هنجاری را نهایتا از عمق ۵۴ متری تا نزدیکی سطح زمین جابجا نموده‌اند. کانی‌سازی باختری در پروفیل B نیز مانند سایر پروفیل‌ها منطبق بر ساختارهای کم‌مقاوم آندزیتی می‌باشد و در قسمت خاوری منطبق بر ریولیت‌های مقاوم حاوی سیلیس می‌باشد و تنها قسمت‌های سطحی در اثر حضور خاک سطحی، آلتراسیون یا شکستگی‌های زیاد مقاومت-ویژه کمتر از ۵۰۰ اهم‌متر از خود نشان می‌دهند.




**شکل ۲: تصاویر سمت راست شبه مقطع مدل‌سازی شده داده‌های مقاومت ویژه پروفیل‌ها، ساختارهای رسانا (مقاومت ویژه پایین) با رنگ‌های سورمه‌ای تا آبی و ساختارهای مقاوم (با مقاومت ویژه بالا) با رنگ‌های صورتی تا زرشکی مشخص شده‌اند. گسل‌های اصلی روی نقشه با خطوط قرمز درشت جانمایی شده است.**

**تفسیر نتایج مدل‌سازی معکوس پروفیل C**

مدل مقاومت‌ویژه شباهت بسیار زیادی با پروفیلD دارد و همچنین با سایر پروفیل‌های همخوانی کامل دارد. قسمت باختری پروفیل (۳۵۰ متری ابتدای پروفیل) یک زون دارای مقاومت‌ویژه پایین (کمتر از ۴۰۰ اهم‌متر) با رنگ سورمه‌ای تا آبی آسمانی قابل تشخیص است، این ساختار شامل آندزیت‌های آلتره سبز رنگ و خاک‌های سطحی می‌باشد که در فاصله ۲۰۰ متری ابتدای پروفیل یک تودهای با مقاومت ویژه بالا به پهنای ۲۰۰ متر به درون آن نفوذ کرده است. با توجه به زمین-شناسی این محدوده، توده دارای مقاومت‌ویژه بالا ممکن است از جنس ریولیت با میزان کوارتز بالا باشد و یا بخش دگرسان نشده واحد آندزیتی است که فاقد درزه و شکاف و رطوبت می‌باشند. با توجه بررسی‌های انجام شده، برای بی-هنجاری‌های باختری حدآستانه‌ای برابر ۱۶ میلی‌ولت بر ولت (پربند خاکستری) در نظر گرفته شده است که تقریبا از ابتدای پروفیل تا ۳۵۰ متری گسترش دارد. با توجه به شکل ممکن است گسستگی‌هایی در این بی‌هنجاری وجود داشته باشد. از ۲۰۰ متری (منطبق بر آندزیت‌های آلتره کم‌مقاومت)، این بی‌هنجاری تقریبا در نزدیکی سطح زمین تظاهر یافته است. بی-هنجاری خاوری از ۳۶۰ متری ابتدای پروفیل شروع شده و تا ۶۳۰ متری پس از یک گسستگی ۴۰ متری (از ۴۸۰ تا ۵۲۰) ادامه می‌یابد. در ۳۶۰ متری عمق بی‌هنجاری ۴۰ متر می‌باشد و با شیب نسبتا تندی در فاصله ۴۸۰ متری، به ۱۰ متری سطحی زمین راه یافته است. این بی‌هنجاری تا اعماق بیش از ۱۰۰ متر نیز ادامه دارد. عمق قسمت دوم ده تا بیست متر می‌باشد و تا عمق ۱۰۰ متری ادامه یافته است. بی‌هنجاری‌های خاوری در ساختارهای با مقاومت بالا و متوسط تشکیل شده‌اند که شامل ریولیت‌های سیلیسی شده می‌باشد.

**تفسیر نتایج مدل‌سازی معکوس پروفیل D**

براساس شکل ۳ (شبه مقطع مقاومت ویژه) بیشینه مقاومت الکتریکی حدود ۱۰۰۰ تا ۲۲۰۰ اهم‌متر است که عمدتاً در رابطه با ریولیت‌های سیلیسی شده موجود در محدوده می‌باشد که این بخش‌مقاوم با رنگ صورتی تا زرشکی در نقشه نمایش داده شده است، در قسمت خاوری عمدتا ساختارهای مقاومت بالا تشکیل شده، زونهای هادی الکتریکی که با رنگ سورمه‌ای تا آبی آسمانی و مقاومت‌ویژه کمتر از ۵۰۰ اهم‌متر مشخص شده در رابطه با خاک‌های سطحی، زونهای آلتره، گسل خورده و تکتونیزه یا آندزیت‌های آلتره موجود در محدوده می‌باشند. با مقایسه مقطع مقاومت‌ویژه و بارپذیری مشاهده می‌شود، برخی از محدوده‌های بی‌هنجاری IP دارای مقاومت الکتریکی کم و یا همراه با افت مقاومت و برخی دارای مقاومت‌ویژه بالا می‌باشند، به همین دلیل دو نوع کانی‌سازی احتمالی (همانند پروفیل‌های قبلی) را می‌توان در طول این پروفیل پیش‌بینی نمود. در قسمت باختری و بخش‌های سطحی شبه مقطع مقاومت‌ویژه کمتری دیده می‌شود. با توجه شکل مقطع مقاومت‌ویژه در فواصل ۲۰۰ تا ۳۰۰ متری و ۵۰۰ متری ابتدای پروفیل ساختارهای کم مقاومتی شکل گرفته‌اند که تا اعماق شبه مقطع توسعه یافته‌اند که دقیقا منطبق بر دو گسل اصلی منطقه می‌باشند (شکل ۳). مقادیر بیش از ۱۶ میلی-ولت بر ولت (رنگ صورتی) در قسمت باختری (پربند خاکستری) یک بی‌هنجاری گسسته را نشان می‌دهد که پهنای آن از

ابتدای پروفیل تا ۲۵۰ متری با دسته کم سه گسستگی همراه است. گسترش عمقی این بی‌هنجاری تقریبا از سطح زمین تا ۵۰ متری می‌باشد. این بی‌هنجاری از بی‌هنجاری خاوری ضعیف‌تر است و گسترش کمتری دارد، به نظر می‌رسد کانی‌سازی احتمالی در این بخش از پروفیل به شکل رگه‌ای درون آندزیت‌های تیره رنگ تشکیل شده و احتمال حضور پیریت در آن کم است. بی‌هنجاری خاوری گسترش و شدت بیشتری دارد، در این قسمت مقادیر بیش از ۲۶ میلی‌ولت بر ولت به‌عنوان حدآستانه بی‌هنجاری (پربند مشکی) در نظر گرفته شده است. این بی‌هنجاری تقریبا از ۳۲۰ متری ابتدای پروفیل شروع شده و تا ۴۸۰ متر به پیوسته گسترش یافته است. در ۵۰۰ متری بی‌هنجاری توسط یک گسل عمودی گسسته شده است. کمینه عمق بی‌هنجاری در این قسمت ۱۰ متر می‌باشد، اما به‌طور میانگین از عمق ۴۰ متری شروع شده و تا اعماق بیش از ۱۰۰ متر ادامه دارد. بی‌هنجاری مجددا از ۵۲۰ متری ظاهر شده و تا ۶۰۰ متر ادامه می‌یابد این بی‌هنجاری به طور متوسط از عمق ۲۰ متر شروع شده و تا اعماق ۱۰۰ متر و بیشتر همچنان ادامه دارد. با مقایسه مقطع مدل‌سازی شارژابیلیته و مقاومت‌ویژه در این پروفیل و سایر پروفیل‌ها، استنباط می‌شود که زون بی‌هنجاری شارژابیلیته در قسمت خاوری دارای مقاومت‌ویژه بالایی است. همانطور که در پروفیل‌های قبلی نیز توضیح داده شد، وجود مقاومت بالا می‌تواند به علت سیلیسیفیکاسیون سنگ در برگیرنده توده میزبان بی‌هنجاری شارژپذیری باشد.

**تفسیر نتایج مدل‌سازی معکوس پروفیل E**

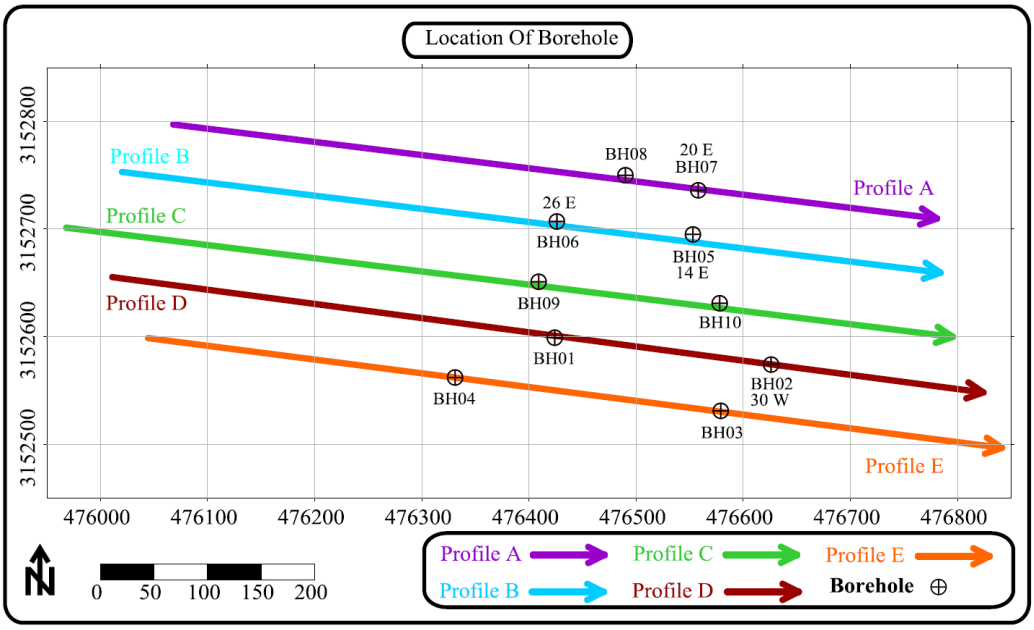
براساس شبه‌مقطع با در نظر گرفتن جابجایی ۴۰ متر به سمت خاور از لحاظ شکل و ساختار دقیقا مشابه با پروفیل ساختار آذرین کم‌مقاومت باختری، در برخی قسمت‌های سطحی مقاومت آنها نزدیک به خاک‌های سطحی منطقه است و در مناطق عمقی در اثر درزه و شکاف مقاومت ساختار کاهش یافته شده است. با در نظر گرفتن مقادیر بیش از ۱۸ میلی‌ولت بر ولت (مقادیر صورتی) برای آستانه بی‌هنجاری در قسمت باختری (پرند خاکستری) یک بی‌هنجاری گسسته اما قوی‌تر از پروفیل قبلی شکل گرفته است. با مقایسه بی‌هنجاری این پروفیل و پروفیل‌های قبل، پهنای هسته این بی‌هنجاری حدود ۱۶۰ متر تخمین زده می‌شود که از فاصله ۳۰ متری ابتدای پروفیل شروع شده و تا ۱۹۰ متری ادامه می‌یابد و گسترش عمقی آن از سطح زمین تا عمق ۱۰۰ متری بوده است. مرکز این بی‌هنجاری از دو بخش تشکیل شده است، قسمت اول از ۲۰ تا ۶۰ متری و گسترش عمقی آن از سطح زمین تا بیست متری است و قسمت دوم آن از ۱۲۰ تا ۱۹۰ متری بوده و عمق از ۲۰ متر تا ۴۰ متری است. دقیقا مشابه پروفیل D بی‌هنجاری خاوری گسترش و شدت بیشتری دارد، در این قسمت مقادیر بیش از ۲۶ میلی‌ولت بر ولت به‌عنوان حدآستانه بی‌هنجاری (پربند مشکی) در نظر گرفته شده است، تفاوت اندک به‌وجود آمده ناشی از ۴۰ متر جابجایی و گسستگی تقریبی ابتدای کانی‌سازی باختری است. قسمت مرکزی این بی‌هنجاری تقریبا از ۲۲۰ متری شروع شده و تا ۲۸۰ متر پیوسته است، به‌طور میانگین از عمق ۲۰ متری شروع شده و تا عمق بیش از ۹۰ متر ادامه دارد، احتمال ادامه آن در اعماق بیشتر نیز موجود می‌باشد. در ادامه بی‌هنجاری توسط یک گسل عمودی در ۳۰۰ متری گسسته شده است. این بی‌هنجاری مجددا از ۳۸۰ متری شروع شده و تقریبا تا ۵۲۰ متر گسترش یافته است. این بی‌هنجاری

از سطح زمین شروع شده و تا عمق بیش از ۱۰۰ متر همچنان ادامه دارد. در فاصله ۵۴۰ متری از ابتدای پروفیل بی‌هنجاری مجددا توسط یک گسل عمودی دچار گسستگی شده است و سپس از فاصله ۵۵۰ متری ابتدای پروفیل تا ۶۵۰ متری بی-هنجاری از سطح زمین تا عمق ۱۰۰ متری تظاهر یافته است.

با توجه به نقشه‌های تهیه شده، مطالعات قبلی و نتایج حاصل از برداشت‌های ژئوفیزیکی در محدوده اکتشافی، انجام حفاری‌های اکتشافی (با تأکید بر روش مغزه‌گیری) در شکل ۳ و نقاط پیشنهاد شده در جدول ۱ آورده شده است.

**جدول ۱- موقعیت و مشخصات گمانه‌های پیشنهادی در محدوده.**

| گمانه | نام مقطع | محل حفاری | متراژ روی مقطع (متر) | x | y | شیب | عمق (متر) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BH1 | P-D | ایستگاه ۱۹ | 375 | 476424 | 3152599 | 90 | 150 |
| BH2 | P-D | ایستگاه ۲۹ | 580 | 476626 | 3152574 | 30 W | 150 |
| BH3 | P-E | ایستگاه ۲۵ | 500 | 476579 | 3152531 | 90 | 150 |
| BH4 | P-E | بین ایستگاه ۱۲ و ۱۳ | 250 | 476331 | 3152562 | 90 | 150 |
| BH5 | P-A | بین ایستگاه ۲۵ و ۲۶ | 510 | 476553 | 3152695 | 76 E | 150 |
| BH6 | P-A | ایستگاه ۱۹ | 380 | 476426 | 3152707 | 64 E | 150 |
| BH7 | P-B | ایستگاه ۲۳ | 460 | 476558 | 3152736 | 70 E | 150 |
| BH8 | P-B | بین ایستگاه ۱۹ و ۲۰ | 390 | 476490 | 3152750 | 90 | 150 |
| BH9 | P-C | بین ایستگاه ۲۰ و ۲۱ | 410 | 476409 | 3152651 | 90 | 150 |
| BH10 | P-C | ایستگاه ۲۹ | 580 | 476578 | 3152631 | 90 | 150 |




**شکل ۳: جانمایی گمانه‌های پیشنهادی بر روی پروفیل‌ها.**

## نتیجه گیری :

با توجه مطالعات ژئوفیزیکی در منطقه زاغدره، بی‌هنجاری بارپذیری در دو ساختار کم مقاومت و مقاوم تشکیل شده است، احتمال می‌رود دو تیپ کانی‌سازی در منطقه تشکیل شده باشد. بی‌هنجاری باختری در آندزیتها (ساختارهای کم مقاومت) و بی‌هنجاری خاوری در ریولیت‌های سیلیسی شده (ساختارهای با مقاومت بالا) تشکیل شده است. بی‌هنجاری خاوری مقدار شارژابیلیته بسیار بالایی دارد، به دلیل عدم حضور آب زیرزمینی و ساختارهای رسی در عمق، پیش‌بینی می‌شود به جز کانه‌های سولفیدی مس (مثلا کالکوپیریت)، پیریت نیز همراه با کانی‌سازی تشکیل شده باشد. به‌ترتیب اولویت، پروفیل E و D براساس گسترش و شدت بی‌هنجاری‌های شارژابیلیته، پروفیل‌های پتانسیل کانی‌سازی بیشتری نسبت به سایر پروفیل‌ها می‌باشند.

براساس نقشه‌های شارژابیلیته و عدم بسته شدن بی‌هنجاری‌های شارژابیلیته در ابتدا و انتهای بیشتر پروفیل‌ها، به احتمال قوی گسترش بی‌هنجاری هم به سمت خاور و هم به سمت باختر ادامه دارد که نیازمند گسترش سطح مطالعات در منطقه است.

ادامه مطالعات ژئوفیزیکی در جهت شمالی و جنوبی A و E با توجه به بالا بودن شارژابیلیته پروفیل شبکه برداشت شده توصیه می‌گردد. با توجه به ساختارهای موجود در منطقه، محل رخنمون‌ها، دگرسانی‌های موجود همراه با کانی‌سازی و شکل بی‌هنجاری‌ها در شبه مقاطع، عوامل تکتونیکی بالاخص گسل‌خوردگی و درزه و شکاف از موثرترین عوامل جایگری و گسترش کانی‌سازی در محدوده می‌باشد. عمق کانی‌سازی احتمالی در پروفیل‌های برداشت شده متفاوت بوده و کانی‌سازی از سطح زمین تا عمق ۱۰۰ متری و بیشتر گسترش یافته است.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

۱- عزیزیان و نادری، ۱۳۸۵، "نقشه زمین‌شناسی برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ دولت‌آباد"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور.

۲- ناظم‌زاده و رشیدی، ۱۳۸۵، "نقشه زمین‌شناسی برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ دهسرد"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور.

۳- شایسته فر، م .ر.، ۱۳۸۰، پاراژنز، پتروژنز و پتروژئوشیمی کانی‌سازی کرومیت در مجموعه الترامافیک صوغان، اسفندقه، گزارش طرح دو در هزار وزارت صنایع و معادن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، دو جلد، ۱۸۱ ص

۴- قاسمی، ح .ا.، سبزه ای، م .و ژوتو، ت.، ۱۳۷۷، ماهیت زمین‌شناختی کمپلکس مافیک اولترامافیک سیخوران در جنوب خاوری ایران، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، شماره. ۴۵-۳۲. صفحات، ۳۰- ۲۹

5- Sabzehi, M., 1974. *"Les Mélanges Ophiolitiques de Region D'Esfandagheh (Iran Meridional)"*. Etude Petrologique et Structurale, Interpretation Dans le Cadre Iranian, Universite de Grenoble, 205p.

6- Stocklin, J., 1974.*" Possible ancient continental margin in Iran. In: Burk"*, C.A., Drake, C.L. (Eds.), The Geology of Continental margins.

# ژئوشیمی و نحوه رخداد کانسار مس زاغدره، جنوب‌غرب کرمان

حیدر اصغرزاده اصل[۱*]، جواد ضیایی شیرکلایی[۲]، ابراهیم طالع فاضل[۳]، کمال سیاه‌چشم[۴]

۱*- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، Heydarasl@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری استخراج معدن دانشگاه صنعتی شاهرود، javadziaei@gmail.com

۳- استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی همدان، Fazel_tale@yahoo.com

۴- استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه تبریز، kl_siahcheshm@yahoo.com

**چکیده :**

کانسار مس زاغدره یکی از کانی‌زایی مهم در پهنه افیولیتی اسفندقه بوده، که در بخش بافت مرکزی و ارزوئیه در شمال معدن کرومیت آبدشت قرار گرفته است. این منطقه در زون زمین‌ساختی سنندج- سیرجان همراه با مجموعه‌های آمیزه رنگین (کالرد ملانژ) با سن کرتاسه و پالئوژن قرار داشته و از نظر چینه‌شناسی از واحدهای مختلف سنگی با ترکیب حدواسط تا بازیک شامل سنگ‌های بازالت تا تراکی‌آندزیت بازالت، سنگ‌های رسوبی- آذرین با ترکیب آندزیت توف تا توف‌های ماسه‌ای و شیلی و سیلتستون، سنگ‌های سرپانتینیتی، ریولیت پورفیری، و رسوبات کواترنری تشکیل شده است. میزبان اصلی کانی‌زایی مس در منطقه زاغدره، سنگ‌های تراکی‌آندزیتی تا ریولیتی با دگرسانی‌های کلریتی و سیلیسی- سریسیتی می‌باشد. کانی‌زایی سولفیدی پیریت، کالکوپیریت و مولیبدنیت به صورت افشان و رگچه‌ای تا توده‌ای شکل مهمترین کانه‌های فلزی کانسار زاغدره می‌باشد. براساس نمودار خوشه‌ای عناصر کانه‌ساز (به روش میان گروهی) حداقل ۳ فاکتور عنصری شامل ۱- باریم-آنتیموان و ۲- مجموعه عنصری مس-منگنز-وانادیم و مس-روی-کادمیوم ۳- مجموعه عنصری مس-مولیبدن-نیکل در این منطقه قابل تشخیص است.

**کلید واژه ها**: کانی‌زایی، ژئوشیمی، زاغدره، صوغان، کرمان

## Geochemistry and development of the Zaghdare copper deposit, southwest Kerman

**Heydar Asgharzadeh Asl[1*],Javad Ziyaei Shirkalaei[2], Ebrahim Tale Fazel[3], Kamal Siah Cheshm[4]**

[1*]Student PhD of Economic Geology, Tabriz University (heydarasl@yahoo.com)

[2]Student PhD of Mining, Shahrood Technology University (javadziaei@gmail.com)

[3] Assistant professor, Department of Geology, Bu-Ali Sina University, Hamedan (tale.fazel@gmail.com)

[4] Assistant professor, Department of Geology, Tabriz University (kl_siahcheshm@yahoo.com)

**Abstract:**

Zaghdareh copper deposit is one of the most important mineralizations in the ophiolite zone of Esfandagh, in the north of Abdasht chromite mine. This area is located in Sanandaj-Sirjan structural zone with colored complexes (Caleard Melange) and Cretaceous to Palaeogene age. At the geologic

point of view there are various igneous and sedimentary unit rocks with intermediate to basic rocks nature including basaltto trachyandesitic basalt, sedimentary and igneous rocks with andesite composition of tuff to sandstone, shale and siltstone, serpentinite rocks, porphyritic rhyolite, and Quaternary sediments. The main mineralogy of the copper in the Zaghdare area is from trachy-andesite to rhyolitic rocks with chloride and silica-sercitic. The pyrite, chalcopyrite and molybdenium sulfide mineralization, are the most important metal ore deposits in Zaghdare. Based on the cluster diagram of mineralizing elements (by between group method), at least three elemental factors are detectable, which include: 1) barium-antimony, 2) copper-manganese-vanadium and copper-zinc-cadmium assemblage, and 3)copper-molybdenum-nickel assemblage.

**Keywords :** Mineralization, Geochemistry, Zaghdare, Soghan, kerman

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

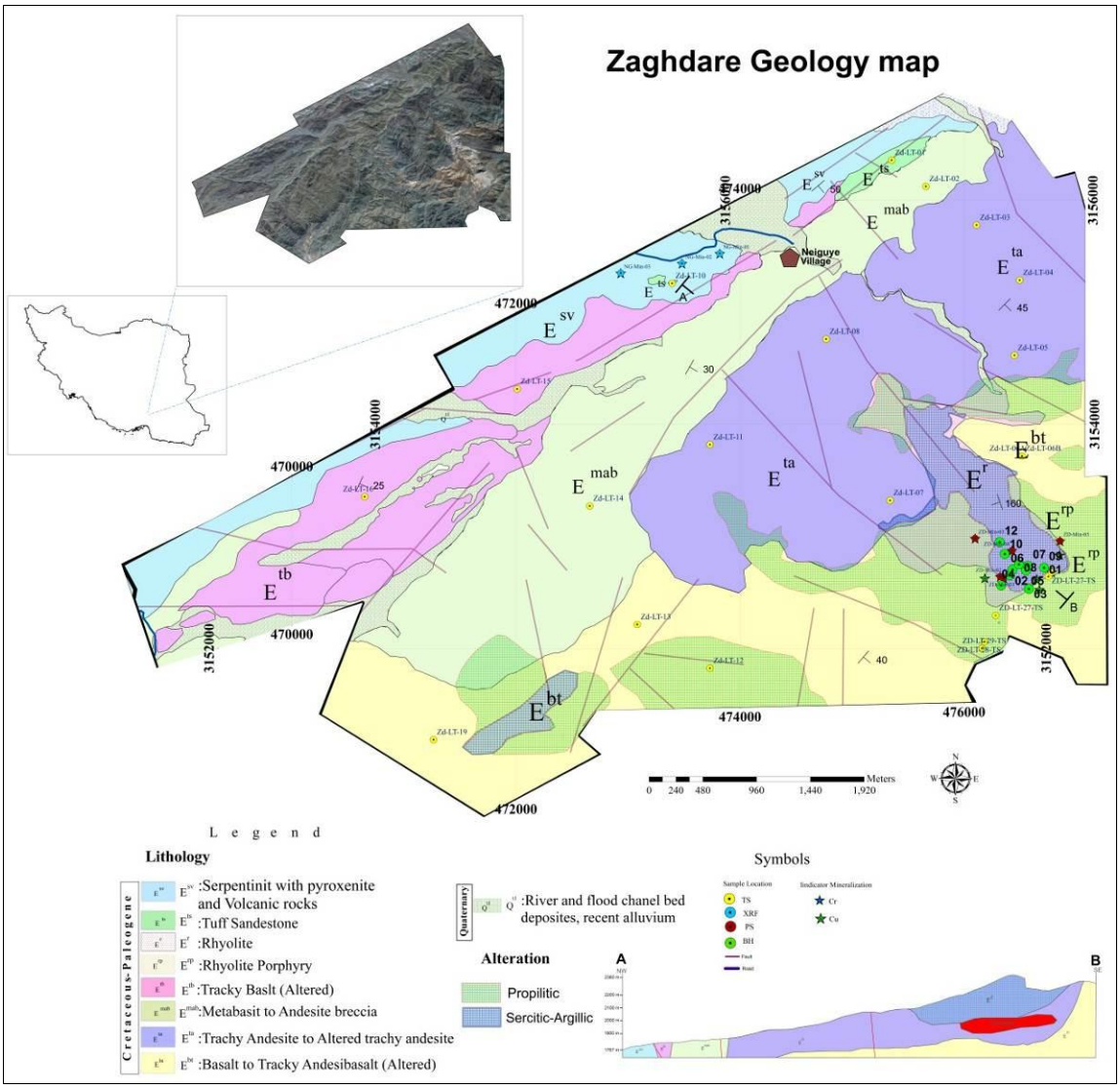
منطقه زاغدره در ۱۶۰ کیلومتری جنوب‌غرب کرمان، شهرستان بافت و بخش بافت مرکزی و ارزوئیه به مساحت ۳۲ کیلومترمربع در برگه ۱:۲۵۰۰۰۰حاجی‌آباد و ۱:۱۰۰۰۰۰دولت‌آباد و دهسرد (بزار) در مجاورت روستاهای دولت‌آباد و آبدشت- صوغان قرار گرفته است. از دیدگاه ساختاری این منطقه در دو زون زمین‌ساختی ایران یعنی زون سنندج- سیرجان و زاگرس جای دارد (اشتوکلین، ۱۹۷۴). سازندهای مربوط به زون سنندج- سیرجان را مجموعه‌های آمیزه رنگین (کالرد ملانژ) با سن کرتاسه و پالئوژن در برمی‌گیرد. سابقه فعالیتهای معدنی در این محدوده از ریشه‌های باستانی برخوردار می‌باشد به گونه‌ای که در منطقه زاغدره حجم بزرگی از سرباره‌ها را می‌توان دید که نشان از ذوب فلز و تولید کانه‌های فلزی در این محدوده دارد. هدف از این پژوهش بررسی خصوصیات کانی‌زایی، دگرسانی و همبستگی‌های ژئوشیمیایی میان عناصر معرف کانه‌ساز در کانسار زاغدره است.

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

برنامه‌ریزی اکتشافی و عملیات پیجویی در منطقه معدنی با تهیه نقشه ۱/۵۰۰۰ منطقه معدنی با استفاده از عکس ماهواره‌ای و کنترل زمین‌شناسی، نقشه توپوگرافی ۱/۱۰۰۰ از جمله فعالیت های انجام شده در منطقه است. به منظور مطالعه نحوه کانی‌سازی در منطقه زاغدره تعداد ۵۰ نمونه سنگی از واحدهای سنگی میزبان، ماده معدنی و بخش‌های دگرسان نمونه‌برداری شد. مطالعات پتروگرافی، کانی‌شناسی و بافت و ساخت بر روی واحدهای سنگی میزبان و کانسنگ با استفاده از ۴۴ مقطع نازک و صیقلی در آزمایشگاه زرآزما و تعداد ۶ نمونه پودری از واحدهای دگرسانی به منظور تعیین کانی‌های دگرسان توسط دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD)، در آزمایشگاه زرآزما مطالعه شد. از نظر چینه‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه از واحدهای مختلف سنگی با ترکیب حدواسط تا بازیک شامل سنگ‌های بازلتی تا تراکی‌آندزی بازالتی، تراکی‌آندزیت تا ترآکی‌آندزیت‌های دگرسان شده ($E^{ta}$)، سنگ-های بازیک شدیداً دگرسان شده ($E^{m}$)، سنگ‌های رسوبی- آذرین با ترکیب آندزیت توفی تا توف‌های ماسه‌ای و شیلی و سیلتستون با بافت خرد شده و شدیداً دگرسان شده ($E^{ts}$)، سنگ‌های سرپانتینیتی ($E^{sv}$)، ریولیت ($E^{r}$)، ریولیت پورفیری

($E^{rp}$)، و رسوبات کواترنری ($Q^{t1}$) و ($Q^{t2}$) می‌باشند. سنگ‌های موجود در منطقه مربوط به دوران اواخر مزوزوئیک و سنوزوئیک هستند.



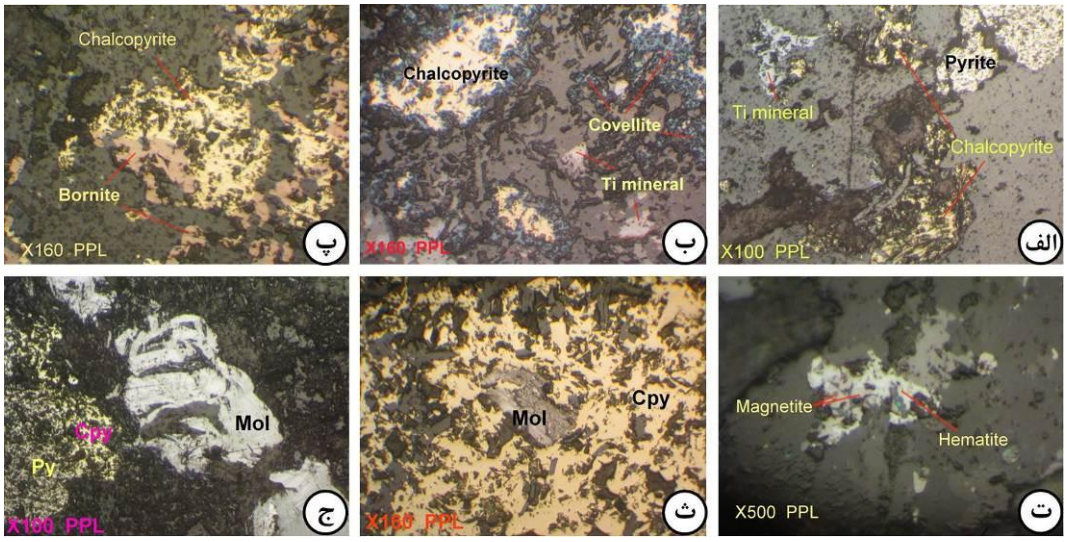

**شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی محدوده زاغدره**

دگرسانی‌های موجود در منطقه شامل دگرسانی‌های سریسیتی- سیلیسی با شدت متوسط تا شدید و آرژیلیکی با شدت ضعیف تا متوسط و دگرسانی پروپیلیتی با شدت متوسط تا شدید و دگرسانی‌های سرپانتینیتی با شدت‌های ضعیف تا شدید می‌باشند. میزبان اصلی کانی‌زایی مس در منطقه زاغدره، سنگ‌های آندزیتی تا ریولیتی با دگرسانی‌های کلریتی و سیلیسی- سریسیتی و میزبان اصلی کانی‌زایی کرومیت در منطقه دره‌نیگوئیه سنگ‌های سرپانتینیتی می‌باشند و دگرسانی پروپیلیتی در منطقه دره‌نیگوئیه که عمدتاً سنگ‌های آندزیتی و بازالتی را تحت تاثیر قرار داده است از نظر کانی‌زایی عقیم می‌باشد. عملکرد دگرسانی آرژیلیک- سیلیسی، ایجاد رنگ خاکستری تا سفید رنگ در واحدهای ریولیتی مشهود است. به نظر

می‌رسد که این دگرسانی حاصل تأثیر محلول‌های گرمابی بالا آمده در امتداد گسله‌ها و درز و شکستگی‌های سنگ میزبان باشد.

**کانی‌شناسی:**

واحدهای سنگی در سطح عمدتا ریولیت بوده بعد از آن تراکی‌آندزیت همراه با کانی‌زایی پیریت و کالکوپیریت افشان و رگچه‌ای تا توده‌ای شکل در واحد تراکی‌آندزیت همراه با دگرسانی کلریتی و سیلیسی دیده می‌شود. لکه‌های بی‌شکل کالکوپیریت به صورت پراکنده گاهی همراه با پیریت در رگچه‌های پیریتی و در قسمتی کالکوپیریت و بورنیت با یکدیگر با بافت جانشینی دیده می‌شود گاهی در بعضی قسمتها نوار باریکی از کوولیت در اثر دگرسانی سوپرژن جانشین حواشی کالکوپیریت‌ها تشکیل شده است (شکل ۲ب، پ). ترکیبات تیتانیوم‌دار احتمالاً اسپینل‌های تیتانیوم‌دار در نمونه بصورت بلورهای اتومرف تا نیمه اتومرف پراکنده است (شکل ۲الف). بلورهای اتومرف مگنتیت به صورت پراکنده و بعضی از آنها در اثر دگرسانی توسط هماتیت جانشین شده یا در حال جانشینی هستند. مرحله سولفیدی سالم بوده و اثری از دگرسانی یا هوازدگی در آنها دیده نمی‌شود. به نظر می‌رسد ابتدا مرحله اکسیدی یعنی مگنتیت بعدا مرحله سولفیدی به ترتیب پیریت، بورنیت و کالکوپیریت تشکیل شده است (شکل ۲ت). مولیبدنیت به صورت بلورهای تیغه‌ایی منفرد و پراکنده یا تجمعی از تیغه‌ها در کنار هم، داخل باطله یا کالکوپیریت‌ها پراکنده است (شکل ۲ث، ج).




**شکل ۲. تصاویر میکروسکوپی شامل کالکوپیریت، پیریت، بورنیت، مولیبدنیت، کوولیت، مگنتیت و هماتیت**

**ژئوشیمی:**

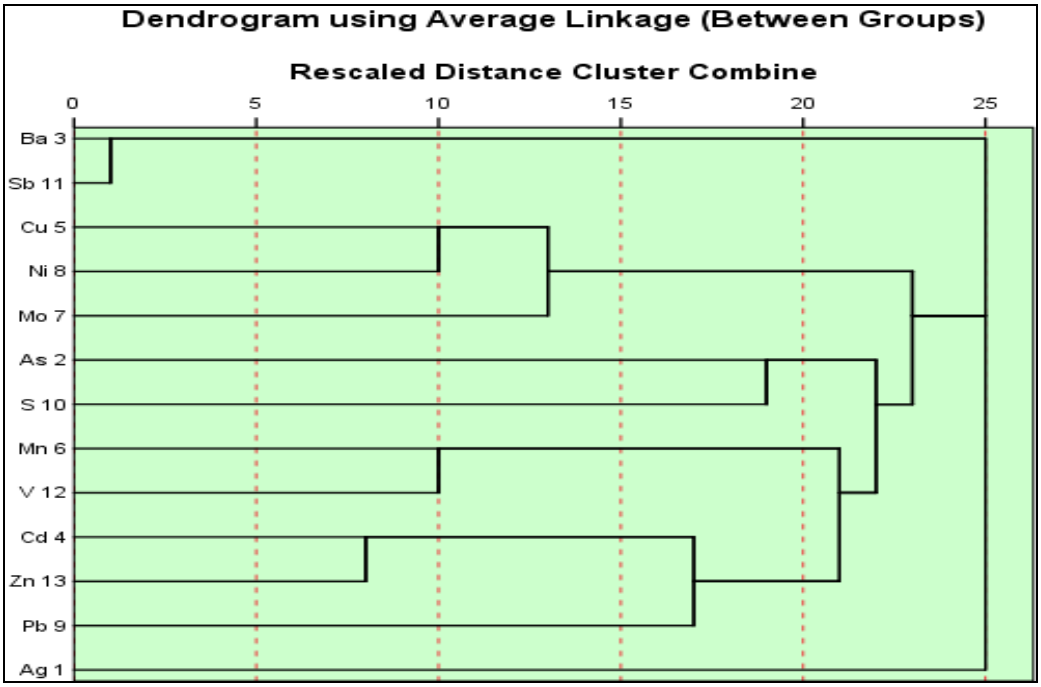
نمونه‌های برداشت شده از گمانه‌های حفاری برای تجزیه عناصر Ag, As, Ba, Cd, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Sb, V, Zn به روش ICP-OES مورد آنالیز قرار گرفت و مقادیر عناصر معرف شامل مس (غلظت ۲۳ تا ۵۰۰۰ گرم در تن با میانگین ۳۵۰۰ گرم در تن)، مولیبدن (۰,۵۵ ppm تا ۱۶۸۷)، نقره (۰,۱ ppm تا ۷,۱)، منگنز (۴۶ ppm تا ۳۵۵۸)، سرب (۳ ppm تا ۷۷)، روی (۱ ppm تا ۱۴۱۳)، آرسنیک (۱,۲ ppm تا ۲۳,۷)، کادمیوم (۰,۱ ppm تا ۳,۲)، آنتیموان (۰,۶۹ ppm

تا ۲۲,۷)، وانادیوم (ppm ۱۳ تا ۳۶۰)، گوگرد (ppm ۵۳ تا ۳۰۰۰)، نیکل (ppm ۲ تا ۱۸۹)، باریم (ppm ۵ تا ۲۱۳۱) محاسبه شده است. به منظور بررسی خصوصیات ژئوشیمی کانسنگ مس زاغدره برخی از عناصر کانه‌ساز در نرم‌افزار SPSS مورد آزمون همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن قرار گرفتند که نتایج آن در جدول ۱ ارایه شده است.

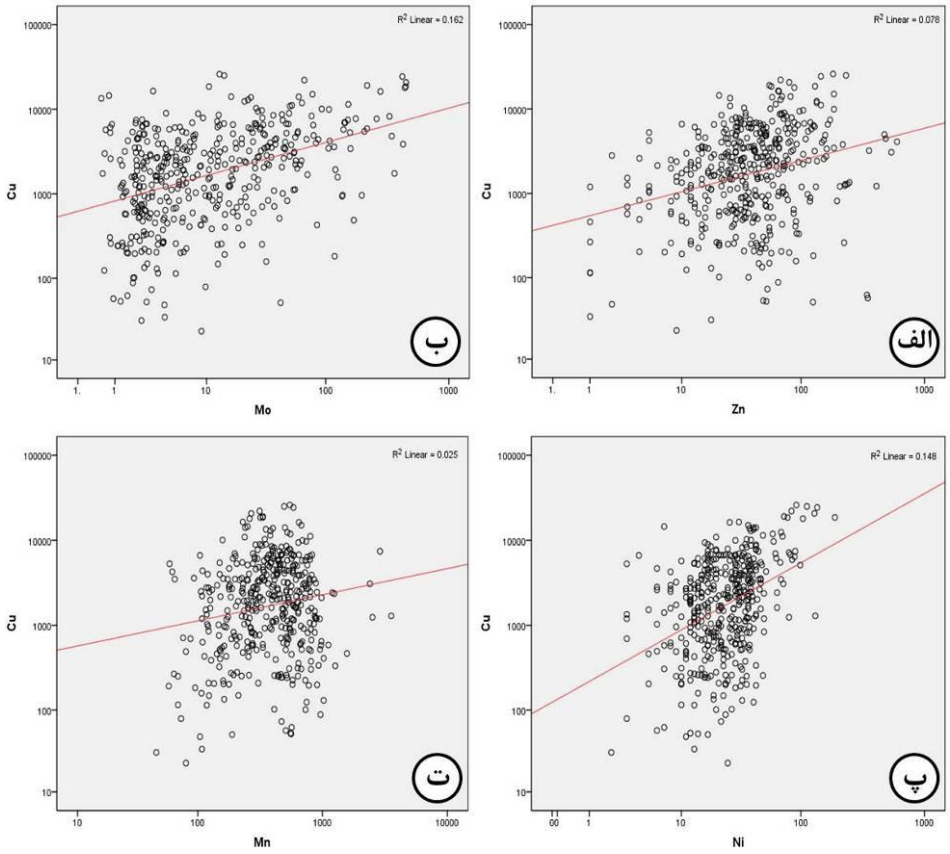
تجزیه و تحلیل آماری خوشه‌ای یک ابزار مناسب برای جداسازی متغییرهاست، که به هر متغیر به صورت یک خوشه‌ای مجزا در نظر گرفته شده است. سپس بر اساس شباهت بیشتر متغیرها، خوشه‌ها با هم ترکیب می‌شوند و در نهایت نمایش گرافیکی این اتصالها به صورت یک نمودار به اسم سلسله مراتبی است. مجموعه ۱۳ عنصر تجزیه شده در نمودار خوشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). براساس نمودار خوشه‌ای عناصر کانه‌ساز (به روش میان گروهی) حداقل ۳ فاکتور عنصری قابل تشخیص است که شامل ۱- باریم-آنتیموان و ۲- فاکتور عنصری دوم شامل مجموعه عنصری مس-منگنز-وانادیم و مس-روی-کادمیوم ۳- فاکتور عنصری مس-مولیبدن-نیکل است. همچنین در نمودار جفت عنصری، مس با عناصر مولیبدن، روی، منگنز، نیکل، از لحاظ همبستگی بررسی شدند و نمودار پراکنش آنها ترسیم شد، طبق این نمودارها بیشترین همبستگی طلا با عناصر مولیبدن و نیکل بدست آمد (شکل ۴). نمودار هیستوگرام نیز برای عناصر معرف کانه‌ساز شامل مس، مولیبدن، سرب، روی، منگنز و نیکل ترسیم شده که در شکل ۵ نشان داده شده است.

**جدول ۱. نتایج ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن برای ۱۳ عنصر معرف کانه‌ساز در منطقه**

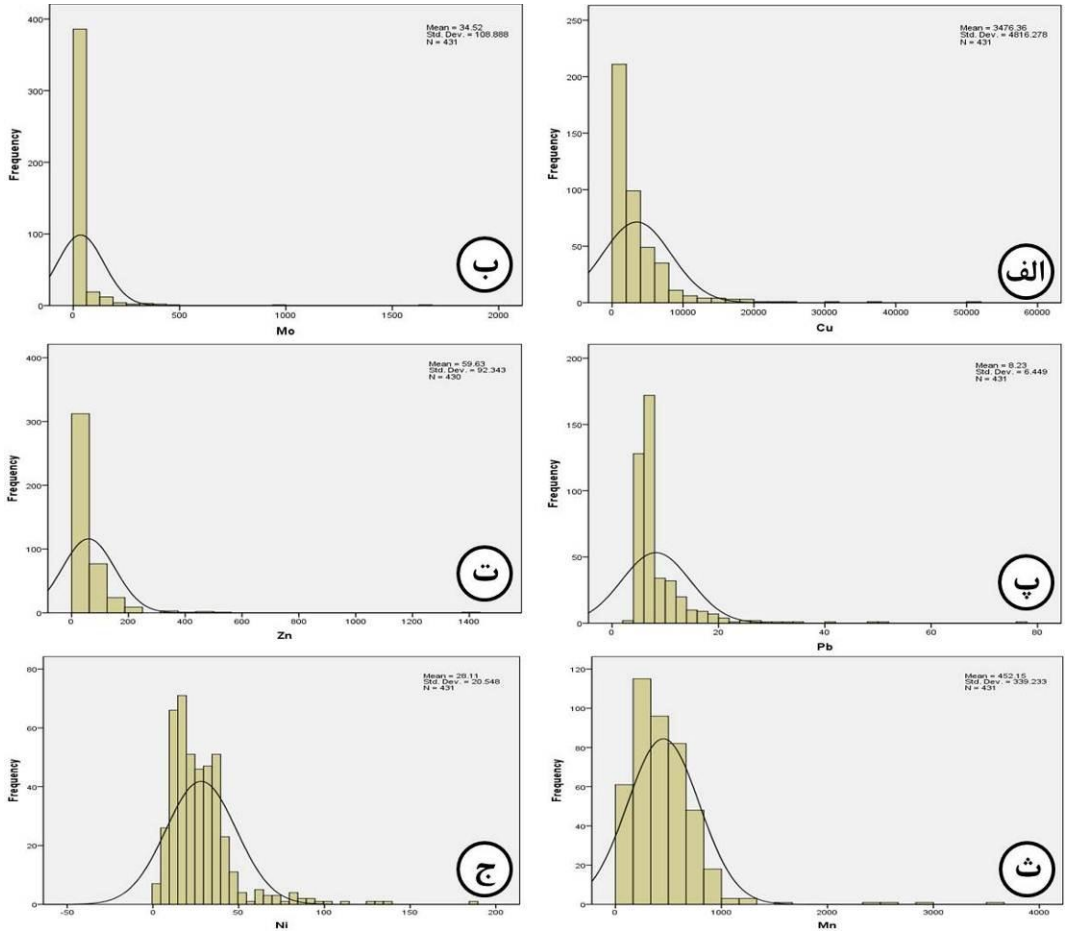
| | Ag | As | Ba | Cd | Cu | Mn | Mo | Ni | Pb | S | Sb | V | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ag | 1 | | | | | | | | | | | | |
| As | .111 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Ba | -.379 | .079 | 1 | | | | | | | | | | |
| Cd | .348 | .285 | -.052 | 1 | | | | | | | | | |
| Cu | .579 | .032 | -.397 | .172 | 1 | | | | | | | | |
| Mn | .322 | .213 | -.301 | .281 | .086 | 1 | | | | | | | |
| Mo | .233 | .067 | -.052 | .191 | .390 | -.128 | 1 | | | | | | |
| Ni | .358 | .425 | -.062 | .362 | .363 | .319 | .370 | 1 | | | | | |
| Pb | .162 | .312 | -.026 | .302 | -.058 | .504 | -.105 | .203 | 1 | | | | |
| S | .076 | .238 | .064 | .021 | .176 | .048 | .033 | .198 | .373 | 1 | | | |
| Sb | .242 | .290 | -.362 | .171 | .066 | .472 | -.094 | .142 | .347 | .009 | 1 | | |
| V | .214 | .101 | -.317 | .118 | .134 | .702 | -.114 | .226 | .362 | .233 | .273 | 1 | |
| Zn | .443 | .223 | .062 | .490 | .288 | .330 | .308 | .432 | .398 | .049 | .021 | .117 | 1 |




**شکل ۳. نمودار سلسله مراتبی (خوشه‌ای) عناصر معرف کانه‌ساز و ارتباط ژنتیکی میان آنها در منطقه زاغدره**



**شکل ۴. نمودار پراکنش جفت عنصری شامل، الف) همبستگی میان مس و روی، ب) همبستگی میان مس و مولیبدن، پ) همبستگی مس و نیکل، ت) همبستگی مس و منگنز**




**شکل ۵. نمودار هیستوگرام عناصر معرف کانه‌ساز در منطقه شامل، الف) مس، ب) مولیبدن، پ) سرب، ت) روی، ث) منگنز، ج) نیکل**

◇◇◇◇◇◇◇

**نتیجه‌گیری :**

این منطقه در دو زون زمین‌ساختی ایران یعنی زون سنندج- سیرجان و زاگرس جای دارد. سازندهای مربوط به زون سنندج- سیرجان را مجموعه‌های آمیزه رنگین (کالرد ملانژ) با سن کرتاسه و پالئوژن دربرمی‌گیرد. باتوجه به محیط تکتونیکی، واحدهای سنگی در برگیرنده کانسار، کانی‌زایی و دگرسانی‌های غالب و ارتباط با کانی‌زایی، تیپ احتمالی کانسار ماسیو سولفید می‌باشد. واحدهای سنگی در سطح عمدتا ریولیت بوده بعد از آن تراکی‌آندزیت همراه با کانی‌زایی پیریت و کالکوپیریت افشان و رگچه‌ای تا ماسیو در واحد تراکی‌آندزیت همراه با دگرسانی کلریتی و سیلیسی دیده می‌شود. براساس نمودار خوشه‌ای عناصر کانه‌ساز (به روش میان گروهی) حداقل ۳ فاکتور عنصری قابل تشخیص است که

شامل ۱- باریم-آنتیموان و ۲- فاکتور عنصری دوم شامل مجموعه عنصری مس-منگنز-وانادیم و مس-روی-کادمیوم ۳- فاکتور عنصری مس-مولیبدن-نیکل است.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

۱- عزیزیان و نادری، ۱۳۸۵، "نقشه زمین‌شناسی برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ دولت‌آباد"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور.
۲- ناظم‌زاده و رشیدی، ۱۳۸۵، "نقشه زمین‌شناسی برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ دهسرد"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور.
۳- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات کشور (۱۳۵۳)، "نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ حاجی‌آباد".
4- Stocklin, J., 1974.*" Possible ancient continental margin in Iran. In: Burk"*, C.A., Drake, C.L. (Eds.), The Geology of Continental margins.

# کانه‌زایی، ژئومتری و ژئوشیمی کانسار مس–طلا آتش انبار، جنوب غرب دانسفهان

◇◇◇◇◇◇◇

نرگس اعلایی مقتدر[۱*]، ابراهیم طالع فاضل[۲]، عباس اروجی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان nargesalaei74@gmail.com

[۲]استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان tale.fazel@gmail.com

[۳]کارشناس صنعتی، مجموعه معدنی زرشوران، زنجان abbas3585@gmail.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

کانسار مس–طلا آتش انبار به وسعت تقریبی ۲۰ کیلومترمربع در غرب استان قزوین و زون ساختاری ارومیه–دختر قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه دارای معادن فعالی از کائولینیت و آلونیت بوده که رگه‌های اصلی مس–طلا در کانسار آتش انبار در یکی از این معادن کائولینیت تشکیل شده است. کانسار آتش انبار واقع شده و مهمترین واحد سنگی منطقه شامل واحد $EO^{rd}$ متشکل از ریوداسیت، ریوداسیت پورفیری، ریولیت و توف ریوداسیت است. دگرسانی‌های آرژیلیک (کائولینیت)، پروپیلیتیک و سیلیسی مهمترین دگرسانی ذخیره هستند. کانه‌زایی با ژئومتری رگه‌ای، برشی و پرکننده فضای‌خالی در میزبان واحد $EO^{rd}$ همراه با کانه‌های اصلی کالکوپیریت، گالن و اسفالریت تشکیل شده است. طبق شواهد ژئوشیمیایی، همبستگی عنصری شامل؛ گروه اول) عناصر کادمیوم، روی با برون‌یابی سرب، گروه دوم) عناصر آهن و مس با برون‌یابی گوگرد و گروه سوم) عناصر طلا وآرسنیک با برون‌یابی آنتیموان، می‌توان مشاهده کرد.

**کلید واژه ها**:کانی‌شناسی، ژئوشیمی، مس–طلا، آتش انبار، دانسفهان

## Mineralization, geometry and geochemistry of the Cu-Au Atash Anbar deposit, SW Danesfahan

Narges Alaei Moghtader [1], Student of Economic Geology, Bu-Ali Sina University. nargesalaei74@gmail.com
Ebrahim Tale Fazel [2], Assistant professor, Department of geology, Bu-Ali Sina University
Abbas Oroji[3], Master science of Economic Geology, exploration consultant of the Zarshuran mine

**Abstract:**

The copper-gold deposit of the Atash Anbar is located 20 $km^2$ in the west of Qazvin Province and the Urmia-Dokhtar structural zone. The study area has active mines of kaolinite and alunite, and the main vein of copper-gold in the deposit of a Atash Anbar deposit in one of these mines is kaolinite. The Atash Anbar deposit is located and the most important rock unit of the region consists of the $EO^{rd}$ unit consisting of rhyodacite, porphyric rhyodacite, rhyolite and rhyolitic tuff. Argillic alterations (kaolinite), propylitic and silicic acid are the most important alteration of the reserve. An irrigation with vein, shear, and filler geometry is located in the host of the $EO^{rd}$ unit, along with the main ores of chalcopyrite, galena and sphalerite. According to geochemical evidence, elemental correlation includes: first group (cadmium and zinc elements with lead extraction); group II (iron and copper elements with sulfur extraction); and third group (gold and arsenic elements with antimony extraction) can be observed.

**Keywords:** Mineralogy, Geochemistry, Copper-Gold, Atash Anbar, Danesfahan

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

کانسار رگه‌ای آتش انبار به مساحت تقریبی ۲۰ کیلومترمربع در جنوب‌غربی دانسفهان و غرب استان قزوین واقع شده است. منطقه دانسفهان در ۷۰ کیلومتری جنوب استان قزوین قرار دارد و از نظر تقسیمات کشوری از توابع شهرستان بویین زهرا محسوب می‌شود. برای دسترسی به منطقه آتش انبار از جاده آسفالته قزوین–تاکستان–دانسفهان می‌توان به محدوده معدنی دست یافت. منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری ارومیه–دختر قرار می‌گیرد که بخش عمده‌ای از واحدهای سنگی دربرگیرنده ذخیره شامل سنگ‌های داسیت و ریوداسیتی ائوسن است. کانسار مس–طلا آتش انبار شامل رگه‌های کوارتز–مس می‌شود که با راستا و امتدادهای مختلف در معادن کائولینیت منطقه رخنمون دارند. کانه‌زایی در کانسار مس–طلا آتش انبار از دیدگاه کانی‌شناسی، دگرسانی، فلززایی و بافت و ساخت دارای شباهت‌هایی به ذخایر اپی‌ترمال مس–طلا می‌باشد (Cooke and Simmons, 2000؛ Yilmaz et al., 2010؛ White and Hedenquist, 2000). بافت‌های رگه–رگچه‌ای، برشی، فضا پرکن، دانه پراکنده و جانشینی مهمترین بافت‌های مشاهده شده در کانسار آتش انبار هستند. در این پژوهش خصوصیات کانه‌زایی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی کانسار مورد بحث قرار گرفته است. علاوه بر این، خصوصیات ژئومتری یا وضعیت فضایی رگه‌ها نسبت به سنگ میزبان مورد معرفی قرار گرفته است. با بررسی این خصوصیات می‌توان به یک الگوی مناسب اکتشافی در کانسار آتش انبار دست یافت.

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق :**

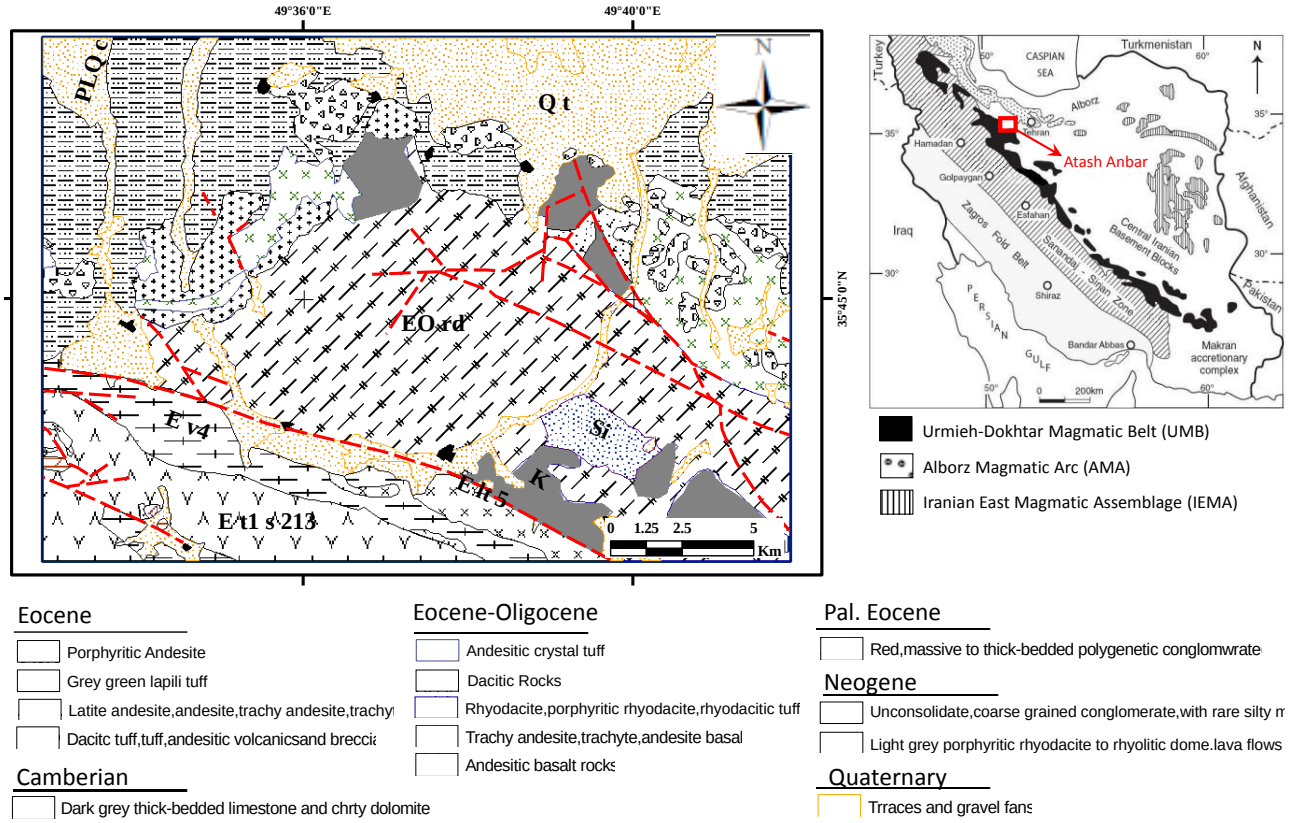
به منظور انجام مطالعات کانه‌زایی و دیگر عناصر همراه در منطقه اقدام به برداشت تعداد ۶۳ نمونه به صورت لبپری شده است. نمونه‌ها در آزمایشگاه زرآزما بعد از خردایش و نرمایش به روش ICP-OES برای اندازه‌گیری عیار عناصر S, Sb, Zn, Ag, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, و Au مورد تجزیه قرار گرفت. طلا قبل از تجزیه دستگاهی به روش پیش تغلیظ Fire Assay آماده‌سازی شد. مقدار بیشینه طلا در حدود ۱۴گرم در تن (ppm) و مقدار کمینه آن در حدود ۴ میلی‌گرم در تن (ppb) می‌باشد (گزارش عملیات اکتشافی پلی‌متال جنوب آتش انبار، ۱۳۹۳). سنگ‌های این منطقه که برای مطالعه کانی‌شناسی به صورت مقاطع نازک–صیقلی تهیه شدند در آزمایشگاه کانی‌شناسی مورد مطالعه قرارگرفته‌اند.

◇◇◇◇◇◇◇

**زمین‌شناسی و ساختارهای گسلی:**

منطقه آتش انبار بخشی از زون ساختاری–زمین‌شناسی ارومیه–دختر به شمار می‌رود و جز مناطق حاوی کانه‌زایی مس گزارش شده است (خویی و همکاران، ۱۳۷۸؛ بازین و هوبنر، ۱۹۶۹). این منطقه در برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دانسفهان (خیارج) (اقلیمی، ۱۳۷۹) و چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ ساوه (نوگل‌سادات و هوشمندزاده، ۱۹۸۴)، قرار می‌گیرد. این منطقه توسط یعقوب پور و همکاران (۱۳۹۰) به عنوان محدوده مردآباد–بویین زهرا معرفی شده است. واحدهای سنگی این منطقه اغلب شامل سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن–الیگوسن با ترکیب اسیدی است. واحد سنگی اصلی این منطقه $EO^{rd}$ می‌باشد که شامل جریان-های گدازه‌ای ریوداسیتی–ریوداسیت پورفیری و ریولیت–توف‌های ریوداسیتی و توف‌های بلورین تا لیتیک اسیدی است (شکل

۱).مهمترین گسل‌های منطقه عبارتند از گسل حسن آباد با روند شمال باختر–جنوب خاور که از طرف باختر به زون آبگرم آوج از طرف خاور به گسل ایپک منتهی می شود. این گسل گسلی وارون و بزرگ زاویه و با مولفه راستا لغز است. گسل کور چشمه با روند شمال باختر–جنوب خاور و شاخه ای از گسل حسن آباد که سبب پیدایش گسل‌های موزاییکی باد و حرمت افقی چپگرد و راستگرد شده است. گسل ساری دره حاجی آباد که گسل‌های عرضی با روندهای N75, N130, N40, و N170 هستند.




**شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه آتش انبار (با تغییرات از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ ادانسفهان)**

◇◇◇◇◇◇

## سنگ‌شناسی و دگرسانی :

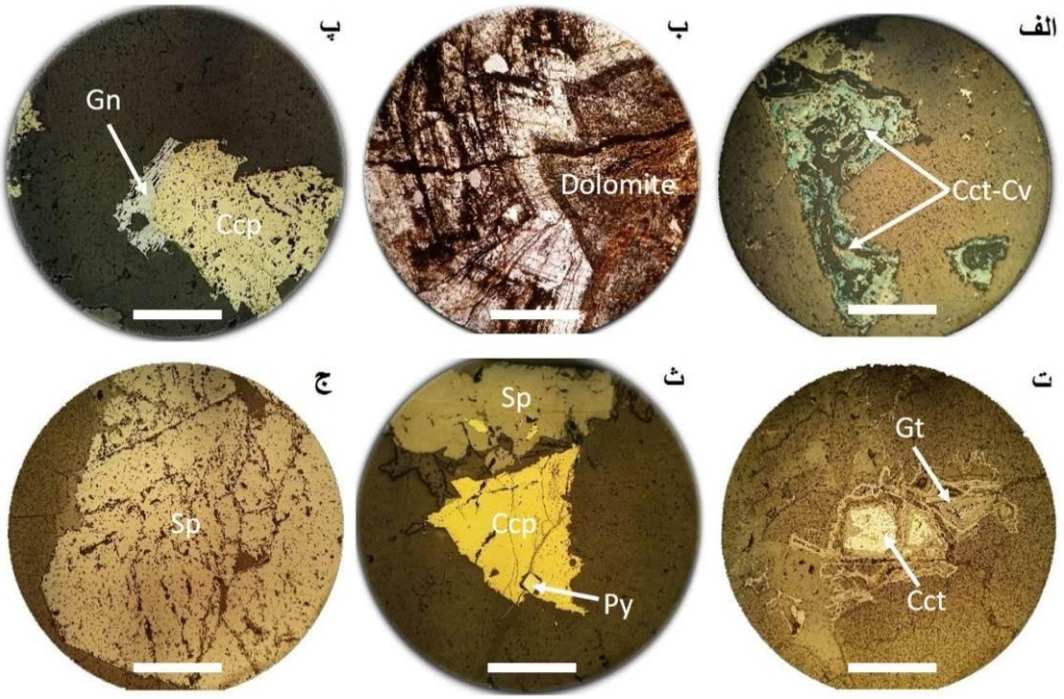
سنگ‌های اصلی موجود در منطقه را می‌توان به دو دسته سنگ‌های آذرآواری بالای گسل حسن آباد و گدازه‌های آتشفشانی–آذرآواری جنوب گسل مذکور تقسیم کرد. اصلی‌ترین واحد سنگی بخش شمالی گسل حسن آباد توف برش اسیدی است که در واقع اصلی‌ترین سنگ میزبان رگه‌های کانه‌دار منطقه نیز است. لیتولوژی بخش جنوبی گسل حسن آباد شامل واحدهای گدازه–آذرآواری اغلب حدواسط تا اسیدی است. سنگ‌های نیمه جنوبی نیز شامل لیتیک کریستالین توف تراکیتی تا آندزیتی است که به همراه واحدهای آگلومرایی وگدازه‌های آندزیتی تا تراکی آندزیتی به صورت بین لایه‌ای و استراتوولکان رخنمون دارند. دگرسانی اصلی منطقه شامل دگرسانی آرژیلیک بوده که به همراه دگرسانی سیلیسی تشکیل شده است. دگرسانی پروپیلیتیک (کلریتی) نیز در سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری با ترکیب حد واسط به ویژه آندزیتی منطقه قابل مشاهده است.

نتایج بررسی‌های کانی‌شناسی دگرسانی توسط مقاطع نازک و طیف سنج XRD شامل ۱) دگرسانی آرژیلیک: کوارتز، ایلیت، کائولینیت و آلبیت، ۲) دگرسانی سیلیسی: کوارتز و ۳) دگرسانی پروپیلیتیک: اپیدوت، کلریت، آلبیت، کربنات در منطقه است.

◇◇◇◇◇◇

**کانی‌شناسی:**

کانی‌شناسی این منطقه شامل دو بخش کانی‌های فلزی و کانی‌های غیرفلزی یا باطله است. کانی‌های فلزی در اغلب مقاطع مورد بررسی شامل گالن، اسفالریت، کالکوپیریت، پیریت، مس، هماتیت، گوتیت، کالکوسیت و کوولین است. کانی‌های باطله شامل کوارتز، باریت، کلسیت، کلریت، اپیدوت، دولومیت و مالاکیت است (شکل ۲). کانی‌های فلزی کالکوسیت و کوولین مشاهده می‌شوند (شکل۲-الف). دولومیت‌های تاج خروسی به عنوان کانه‌های باطله شاخصی در این مقطع قابل مشاهده است (شکل ۲-ب). گالن و کالکوپیریت کانه‌های سولفیدی فلزی موجود در این مقطع هستند (۲-پ). در این مقطع نیز کانه‌های فلزی همچون گوتیت و کالکوپیریت و کالکوسیت دیده می‌شوند (۲-ت). پیریت و کالکوپیریت جز کانه‌های سولفیدی و فلزی شاخص در این کانسنگ است که به خوبی در این مقطع مشاهده می‌شود (۲-ث). اسفالریت نیز همانند مورد قبل کانه فلزی است که به رنگ‌های قهوه‌ای روشن و زرد عسلی شاخصی در نمونه دستی و به صورت این تصویر در مقاطع میکروسکوپی قابل مشاهده هستند (۲-ج).




**شکل۲. تصاویر کانه‌نگاری میکروسکوپی از کانسار آتش انبار شامل، الف) کالکوسیت و کوولین، ب) دولومیت‌های تاج خروسی، پ) گالن و کالکوپیریت، ت) گوتیت و کالکوپیریت و کالکوسیت، ث) پیریت و کالکوپیریت، ج) اسفالریت. مقیاس خطی بطور تقریبی ۰/۱ میلیمتر است.**

◇◇◇◇◇◇◇

**ژئوشیمی کانسنگ:**

بر اساس تجزیه‌های عنصری انجام شده در کانسنگ مس-طلا کانسار آتش انبار، می‌توان گفت عناصر مس-طلا-روی و سرب در این منطقه غنی‌شدگی دارند. عیار میانگین طلا در تعداد ۶۳ نمونه برداشت شده حدود ۲/۲ گرم در تن (ppm) است. عیار میانگین مس ۱/۶ درصد وزنی و مقادیر میانگین سرب و روی به ترتیب برابر ۳/۳ و ۲/۶ درصد وزنی هستند.

با توجه به این مقادیر، می‌توان گفت کانی‌سازی طلا و مس مهمترین اولویت‌های اکتشافی در منطقه آتش انبار هستند و عناصر سرب و روی اهمیت کمتری دارند. به منظور بررسی خصوصیات ژئوشیمی کانسنگ مس-طلا تعداد ۱۳ عنصر معرف کانه‌ساز (representative elements) شامل Ag, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, S, Sb, Zn, و Au توسط نرم افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل‌های آزمون همبستگی رتبه‌ای پیرسون قرار گرفتند. نتایج این روش در جدول ۱ ارایه شده است.

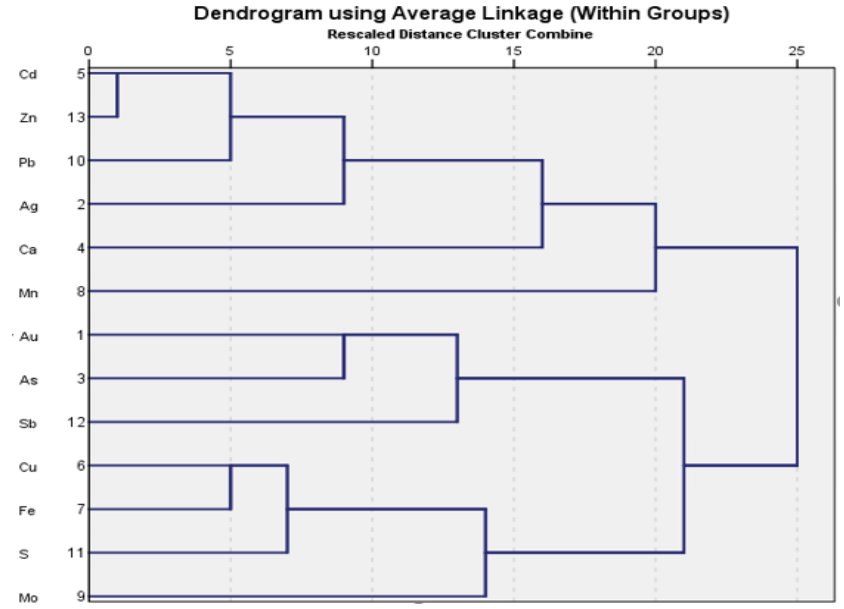
**جدول ۱. نتایج ضریب همبستگی رتبه ای پیرسون برای ۱۳ عنصر معرف کانه‌ساز در کانسار آتش انبار**

| | Au | Ag | As | Ca | Cd | Cu | Fe | Mn | Mo | Pb | S | Sb | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Au | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Ag | .574 | 1 | | | | | | | | | | | |
| As | .659 | .474 | 1 | | | | | | | | | | |
| Ca | -.146 | -.007 | -.084 | 1 | | | | | | | | | |
| Cd | .351 | .473 | .132 | .235 | 1 | | | | | | | | |
| Cu | .216 | .288 | .095 | -.233 | -.068 | 1 | | | | | | | |
| Fe | .092 | .086 | -.001 | -.275 | -.145 | .788 | 1 | | | | | | |
| Mn | -.203 | -.117 | -.115 | .451 | .094 | -.177 | -.094 | 1 | | | | | |
| Mo | -.059 | .103 | .010 | -.165 | -.089 | .317 | .367 | -.300 | 1 | | | | |
| Pb | .349 | .601 | .116 | .128 | .674 | -.068 | -.172 | .015 | -.030 | 1 | | | |
| S | .305 | .395 | .158 | -.252 | .083 | .786 | .616 | -.242 | .089 | .171 | 1 | | |
| Sb | .406 | .602 | .535 | -.088 | -.049 | .236 | .026 | -.093 | .125 | .082 | .219 | 1 | |
| Zn | .502 | .574 | .263 | .174 | .911 | -.002 | -.077 | .046 | -.075 | .757 | .169 | -.009 | 1 |

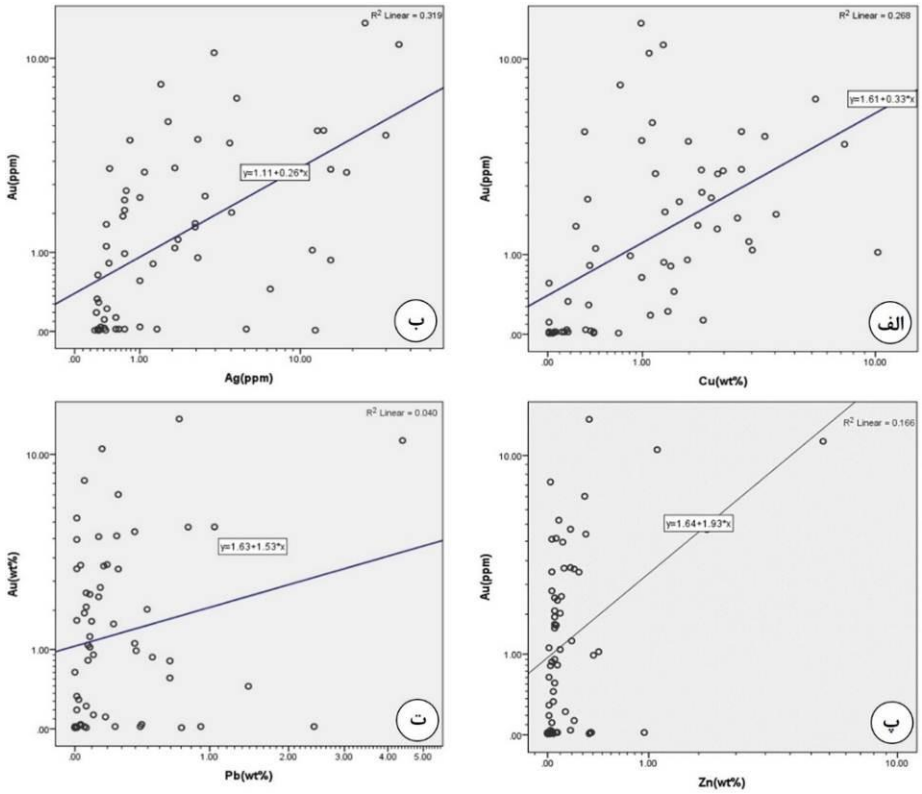
تجزیه و تحلیل آماری خوشه‌ای یک ابزار مناسب برای جداسازی متغیرهاست، که هر متغییر به صورت یک خوشه‌ای مجزا در نظرگرفته شده است. سپس بر اساس شباهت بیشتر متغیرها، خوشه‌ها با هم ترکیب می‌شود و در نهایت نمایش گرافیکی این اتصال‌ها به صورت یک نمودار به اسم نمودار سلسله مراتبی (Hierarchical) است (تامپسون و هاوات، ۱۹۷۶؛ رولینسون، ۱۹۹۷). مجموعه ۱۳ عنصر تجزیه شده در نمودار خوشه‌ای یا سلسله مراتبی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). برای رسم نمودار خوشه‌ای از روش آماری درون گروهی (within groups) استفاده شده است.

بر این مبنا دست کم سه گروه قرابت عنصری شامل؛ گروه اول) عناصر کادمیوم، روی با برون‌یابی سرب (فاصله منشأیی کمتر از ۵)، گروه دوم) عناصر آهن و مس با برون‌یابی گوگرد (فاصله منشأیی بین ۵ تا ۱۰)، گروه سوم) عناصر طلا وآرسنیک با برون-یابی آنتیموان (فاصله منشأیی کمتر از ۱۰ تا ۱۵)، می‌توان مشاهده کرد. علاوه بر این، یک قرابت عنصری فرعی نیز می‌توان بین عناصر سرب و نقره (احتمالاً ناشی از حضور نقره در ساختمان گالن‌های منطقه) و بین مجموعه عناصر Fe-Cu-S با مولیبدن (احتمالاً ناشی از حضور مقادیر مولیبدن در ساختمان کالکوپیریت‌های منطقه)، از نمودار خوشه‌ای یا سلسله مراتبی استنباط کرد.

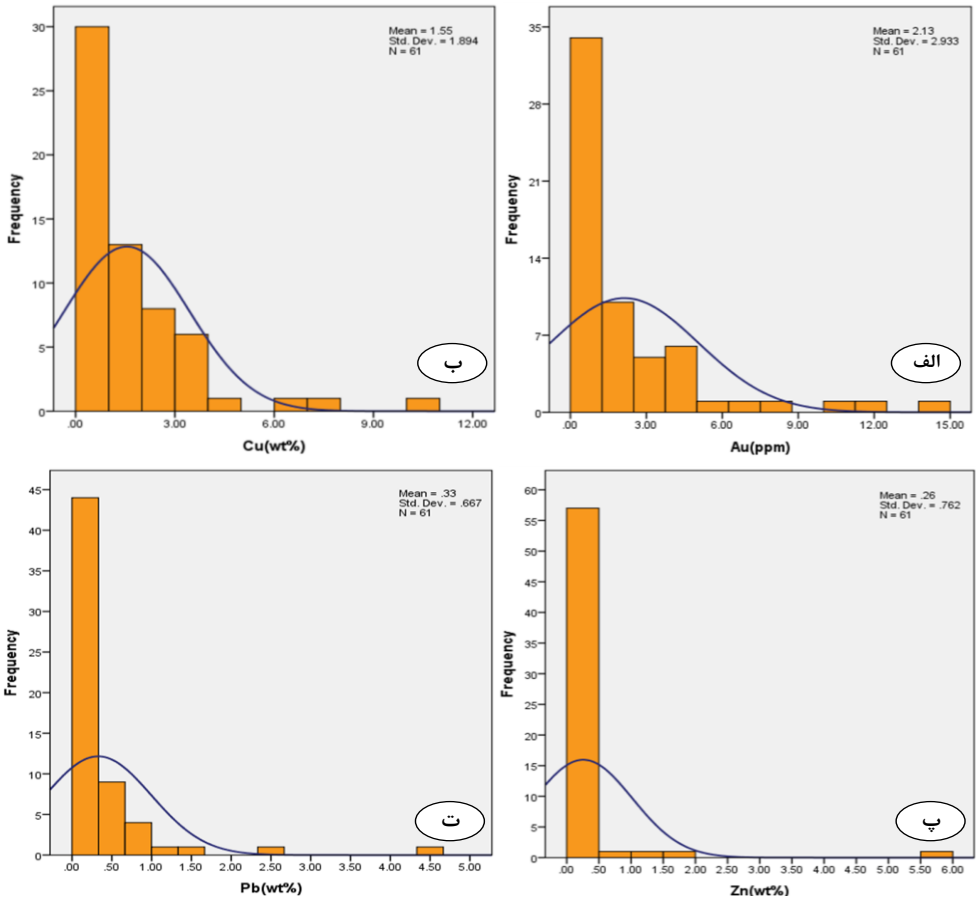
علاوه بر نمودار خوشه‌ای ترسیم شده برای عناصر معرف کانه‌ساز، از نمودارهای دوتایی عناصر و نمودار ستونی برای تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی استفاده شده است (شکل‌های ۴ و ۵).




**شکل۳. نمودار سلسله مراتبی (خوشه‌ای) عناصر معرف کانه‌ساز و ارتباط ژنتیکی میان آنها**




**شکل ۴. نمودار پراکنش جفت عنصری شامل، الف) همبستگی میان طلا و مس، ب) همبستگی میان طلا و نقره، پ) همبستگی میان طلا و روی، ت) همبستگی میان طلا و سرب**




**شکل ۵. نمودارهای هیستوگرام فراوانی و غلظت عناصربه ترتیب: طلا، مس، روی و سرب در کانسار آتش انبار**

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

همان طور که اشاره شد، اصلی‌ترین واحد لیتولوژی منطقه آتش انبار واحد $EO^{rd}$ شامل گدازه‌های ریوداسیتی، توف‌های ریوداسیتی و ریوداسیت پورفیری است. دگرسانی‌های اصلی منطقه شامل دگرسانی آرژیلیک، پروپیلیتیک و سیلیسی‌شدن هستند. در این منطقه مجموعاً ۳۴ رگه کانه‌دار وجود دارد که طی بررسی‌های انجام گرفته مجموعه ۱۳ عنصر تجزیه شده در نمودار خوشه‌ای یا سلسله مراتبی مورد بررسی قرار گرفت. بر این مبنا، دست کم سه گروه قرابت عنصری شامل؛ گروه اول) عناصر کادمیوم، روی با برون‌یابی سرب (فاصله منشأیی کمتر از ۵)، گروه دوم) عناصر آهن و مس با برون‌یابی گوگرد (فاصله منشأیی بین ۵ تا ۱۰)، گروه سوم) عناصر طلا وآرسنیک با برون‌یابی آنتیموان (فاصله منشأیی کمتر از ۱۰ تا ۱۵)، می‌توان مشاهده کرد. علاوه بر این، یک قرابت عنصری فرعی نیز می‌توان بین عناصر سرب و نقره (احتمالاً ناشی از حضور نقره در ساختمان گالن) و بین مجموعه عناصر Fe-Cu-S با مولیبدن (احتمالاً ناشی از حضور مقادیر مولیبدن در ساختمان کالکوپیریت)، از نمودار خوشه‌ای یا سلسله مراتبی استنباط کرد.

◇◇◇◇◇◇◇

**منابع فارسی :**

پیروز، ه.، ۱۳۹۳، "گزارش عملیات اکتشافی پلی‌متال جنوب آتش انبار". سازمان صنایع و معادن استان قزوین.

اقلیمی، س.، ۱۳۷۹، "گزارش نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰خیارج". سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

نوگل‌سادات، م.، و هوشمندزاده، ع.ر، ۱۹۸۴، "گزارش چهارگوش ساوه ۱:۲۵۰۰۰۰". سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

خویی، ن.، قربانی، م.، تاجبخش، پ.، ۱۳۷۸، "کانسارهای مس در ایران". سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۲۱ص.

یعقوب‌پور، ا.ج.، مسعودی، ف.، طالع فاضل، ا.، ۱۳۹۰، "خصوصیات کانی‌شناسی، بافت و ساخت و ژئوشیمی کانسار جارو (جنوب خاور اشتهارد): کانی‌سازی فلزات پایه و نقره با میزبان برشی"، همایش ملی مس، دانشگاه شهید باهنر کرمان

◇◇◇◇◇◇◇

**References:**

Bazin, D., and Hubner, H., 1969. Copper deposits in Iran. Geological survey of Iran, Report No. 13. p.232.

Cooke D.R., Simmons S.F., 2000. Characteristics and genesis of epithermal gold deposits, Rev, Economic Geology 13, 221-244.

Pirajno, F., 2009. Hydrothermal Processes and Mineral Systems, Springer Science, Business Media B.V.

Rollinso, H., 1997. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation (Longman Geochemistry Series) 1st Edition.

Sillitoe, R.H., Grauberger, G.L., and Elliott, J.E., 1985. A diatreme-hosted gold deposit at Montana Tunnels, Montana. Economic Geology, 80, 1707–1721.

Thompson, M. and Howarth, R. J., 1976. Duplicate analysis in geochemical practice (2 parts): Analyst, v. 101, p. 690–709.

White, N.C., Hedenquist, J.W., 1995. Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration, Society of Economic Geology Newsletter, 27, 1–13.

Yilmaz, H., Oyman, T., Sonmez, F.N., Arehart, G.B., Billor, Z., 2010. Intermediate sulfidation epithermal gold-base metal deposits in Tertiary subaerial volcanic rocks, Sahinli/Tespih Dere (Lapseki/Western Turkey), Ore Geology Reviews, 37, 236–258.

# کانی‌شناسی باطله کارخانه فلوتاسیون معدن آهنگران

◇◇◇◇◇◇◇

[۱]اعظم انتظاری هرسینی ، [۲*]احمد حسینخانی
[۱] گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران
[۲]دکتری زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد
Hosseinkhani.a@gmail.com

معدن آهنگران از معادن سرب و نقره فعال کشور بوده که در زون متالوژنیکی اصفهان-ملایر و در شهرستان ملایر، استان همدان قرار گرفته است. مطالعات کانه‌نگاری در بخش‌های مختلف آهنگران نشان‌دهنده زون‌های مختلف سولفیدی و اکسیدی با کانه‌های اصلی گالن، سروسیت، کالکوپیریت، مگنتیت، پیریت، هماتیت، گوتیت و دیگر کانه‌های فرعی است. در این منطقه باطله کانسنگ سرب پس از انتقال به کارخانه فلوتاسیون، دارای مقادیری سرب (بیش از ۱٪) است، بنابراین کانی‌شناسی باطله مورد بررسی قرار گرفت که شامل کانی‌های کوارتز، کربنات، باریت، گالن، اکسیدهای آهن و کانه‌های فرعی نظیر کرونادیت است. با جداسازی با روش هیدروسپاریشن کانه‌های سنگین از باطله جدا شده و مطالعات EPMA بر روی کانی‌های سنگین انجام گرفت. طی این مطالعات علاوه بر کانی‌شناسی کانه‌های فرعی، میزان حدود ۵۰۰ پی‌پی‌ام نقره نیز در کانی گالن شناسایی شد. به طور کلی این مطالعه مرحله مقدماتی از شناسایی فازهای باطله بوده که خود ممکن است در آینده‌ای نزدیک ارزش معدنی و استحصال داشته باشند.

**کلید واژه ها**:آهنگران، باطله، کانسنگ سرب، EPMA

## Mineralogy of flotation tailing in Ahangaran mine

Azam Entezari Harsini, Ahmad Hosseinkhani,
[1]Department of Geology, Payame Noor University, P.O. Box No. 19395-3697, Tehran, Iran.
PhD in economic geology, Ferdowsi University of Mashha
Hosseinkhani.a@gmail.com

**Abstract:**

Ahangaran is an active Pb-Ag mine of Iran that is located in Esfahan-Malayer metallogenic zone, Malayer town, Hamedan province. Mineralography studies from different parts of Ahangaran mine show different sulfide-oxide zones with major minerals including galena, cerussite, chalcopyrite, magnetite, pyrite, hematite, goethite and others minor minerals. The lead amounts of flotation tailing is more than 1% in Ahangaran, so the mineralogy of tailing have been studied that comprising quartz, carbonate minerals, barite, galena, Fe-oxide and cronadite as minor. The heavy minerals of tailing separated with hydroseraration method and EPMA studies have been done in them. In these studies 500 ppm of Ag in galena and the minor minerals have been identified. In general this paper is preliminary studies on tailing that may become economical in feature.

**Keywords:** Ahangaran, Tailing, Lead ore, EPMA.

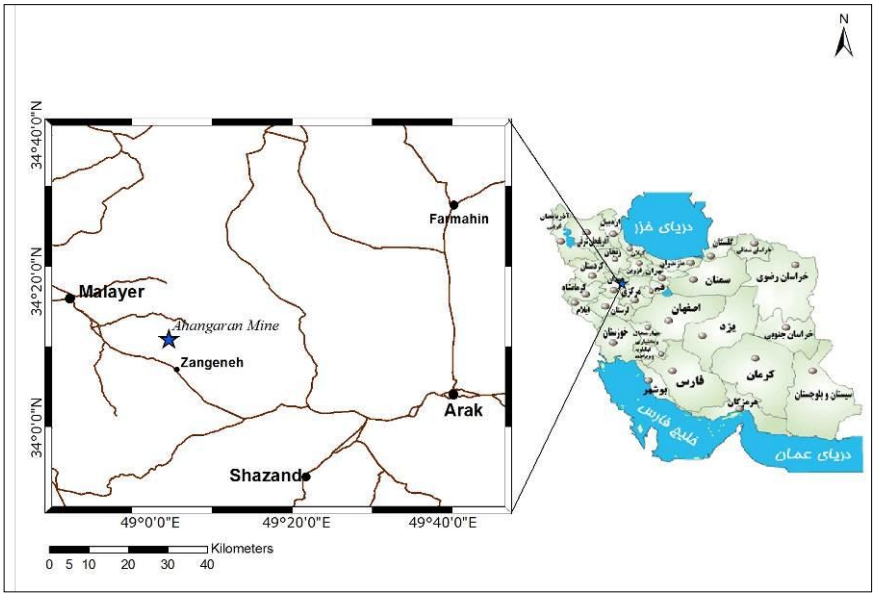
◇◇◇◇◇◇◇

## مقدمه

معدن آهنگران از معادن سرب و نقره فعال ایران بوده که در ۲۵ کیلومتری جنوب‌خاوری ملایر، در مسیر جاده اراک-ملایر و ۳ کیلومتر پس از روستای زنگنه واقع شده است (شکل ۱).

منطقه مورد مطالعه از لحاظ جایگاه زمین‌شناسی در زون سنندج-سیرجان و زون متالوژنی ملایر-اصفهان قرار گرفته است. این منطقه همچنین در زیرمجموعه دگرگونی همدان-ملایر از زون سنندج قرار دارد و دگرگونی آن به دو فاز کوهزایی لارامید و پیرنئن ارتباط داده شده است (Berberian and Alavi, 1977).

معدن آهنگران از سالیان دور فعالیت استخراجی داشته و همچنین کارخانه فراوری آن طی این مدت مشغول به کار بوده است بنابراین در این مطالعه به کانی‌شناسی باطله‌های حاصل از فلوتاسیون این معدن و مقایسه آن با کانسنگ پرداخته شده است.




شکل ۱: موقعیت معدن آهنگران و راه‌های دسترسی به آن.

## زمین‌شناسی

معدن آهنگران از لحاظ زمین‌شناسی در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ ملایر قرار می‌گیرد (شکل ۲) و واحدهای زمین‌شناسی آن به واحدهای مزوزوئیک محدود می‌شود. در زیر به تقسیم‌بندی این واحدها پرداخته شده که تا حدی مشابه تقسیم‌بندی مجیدی و همکاران، ۱۹۹۷ است؛

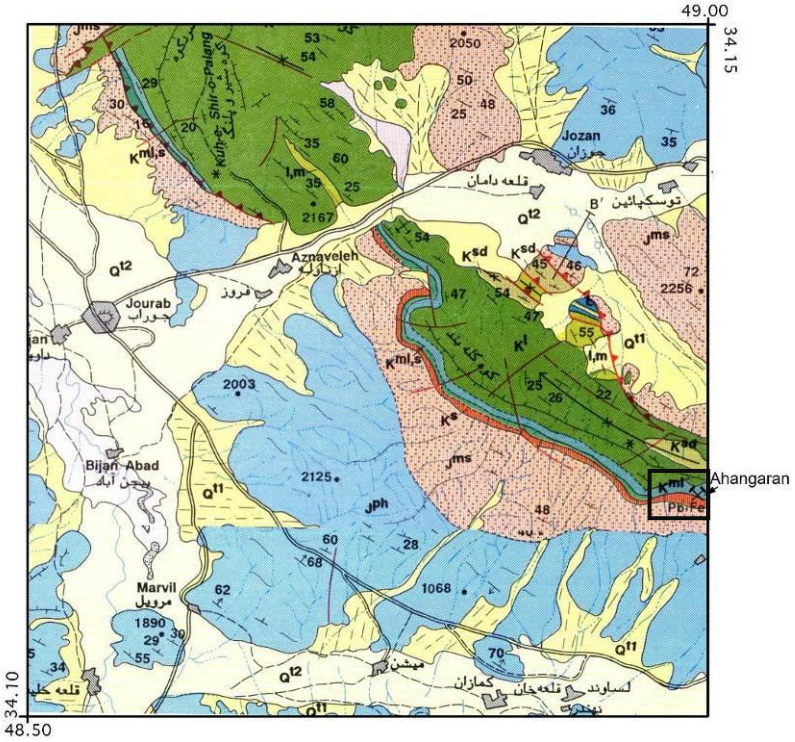
الف) واحد تریاس بالایی-ژوراسیک: سنگ‌های این واحد معادل سازند شمشک در البرز بوده و متشکل از میکاشیست‌هایی است که تحت تأثیر دگرگونی ناحیه‌ای درجه پایین قرار گرفته‌اند (Momenzadeh, 1976). در منطقه ملایر رخساره‌های دگرگونی شامل اسلیت، شیست، فیلیت، کوارتزیت و گاهی پاراگنیس است (Hushmamdzadeh, et al., 1972). این واحد توسط رسوبات کرتاسه زیرین با دگرشیبی فرسایشی پوشیده شده است.

ب) واحد کرتاسه زیرین: این واحد به صورت دگرشیب بر روی میکاشیست‌های تریاس-ژوراسیک قرار دارد و به پیشروی دریای کرتاسه زیرین (بارمین) نسبت داده شده (Seyed Emami, et al., 1971)، که قابل تقسیم به زیرمجموعه‌های زیر است؛

۱- واحد کنگلومرا، ماسه‌سنگ و دولومیت ماسه‌ای: به طور عمده از جنس ماسه‌سنگ با بین لایه‌های شیل است که در بالا به دولومیت سیلیسی، دولومیت آهکی و در نهایت آهک دولومیتی می‌رسد.

۲- واحد آهک پلیتی (ورقه‌ای): متشکل از آهک‌های نازک لایه با میان لایه‌های شیل و مارن به رنگ خاکستری متمایل به زرد است. فسیل‌های اوربیتولینا و رودیست در این واحد گزارش شده‌اند.

۳- واحد آهک توده‌ای فاقد اوربیتولین: متشکل از آهک میکرایتی به رنگ خاکستری تیره بوده که با درزه و شکستگی فراوان مشخص است.




شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ملایر و موقعیت معدن آهنگران بر روی آن.

◇◇◇◇◇◇◇

**کانه‌نگاری کانسنگ**

براساس مطالعه ۵۵ مقطع صیقلی تهیه شده از بخش‌های مختلف معدن آهنگران کانه‌های فلزی آن به سه دسته قابل تقسیم هستند؛

الف) کانی‌های هیپوژن: شامل کانی‌های اصلی گالن، پیریت، مگنتیت، کالکوپیریت و به طور فرعی کانی‌های اسفالریت، پیروتیت، مارکاسیت، بورنیت، ایلمنیت، تتراهدریت، فریبرژیت (شکل ۳-الف).

ب) کانی‌های سوپرژن: شامل کالکوسیت و به طور فرعی کوولیت.

ج) کانی‌های زون اکسیدان: دارای فراوانی نسبتاً بالا بوده و شامل اکسیدهای آهن (گوتیت، هماتیت، لپیدوکروسیت، کرونادیت)، کانی‌های ثانویه سرب (سروسیت، آنگلزیت)، کانی‌های کربناتی مس (مالاکیت، آزویت) و اکسیدهای منگنز می‌باشد. در زیر به کانه‌نگاری مقاطع صیقلی دارای سرب و نقره به دلیل اهمیت آنها در آهنگران پرداخته می‌شود.

◇◇◇◇◇◇◇

**کانی‌شناسی و کانه‌نگاری باطله**

بر مبنای تعداد ۱۰ عدد مقطع نازک-صیقلی تهیه شده از باطله، بخش عمده ای از سطح مقطع در این نمونه را قطعات کربنات تشکیل داده است. کربنات به صورت ذرات ریز تا نسبتا درشت و به صورت جانشینی بجای قطعات سنگی (لیتیک) مشاهده می شود (شکل ۳-ج). قطعه سنگ‌های غنی از کوارتز و شیستی فراوان قابل توجهی را بعد از کربنات ها در مقطع نشان می دهد که عمدتا از بلورهای ریز تا متوسط-دانه کوارتز تشکیل شده اند. دانه های ریز سریسیت به مقدار کم در زمینه قطعات سنگی غنی از کوارتز مشاهده می شود. قطعات لیتیک به طور محلی با شدت متوسط تا زیاد کربناتی شده اند. دانه های ریز تا نسبتا درشت کوارتز آزاد، حاصل خردایش قطعات لیتیک غنی از کوارتز، در مقطع پراکنده می باشند. گوتیت فراوان ترین کانه فلزی در مقطع (۷٪) را به صورت دانه های ریز تا نسبتا درشت تشکیل می دهد. مگنتیت بعد از گوتیت فراوان قابل توجهی را در مقطع نشان می دهد. مگنتیت به صورت پراکنده در مقطع دیده می شود که عمدتا به طور ضعیف تا متوسط مارتیتی شده اند. فراوان مگنتیت در کل مقطع حدود ۲-۲/۵ درصد است. فراوانی هماتیت حدود ۱/۵٪ است.

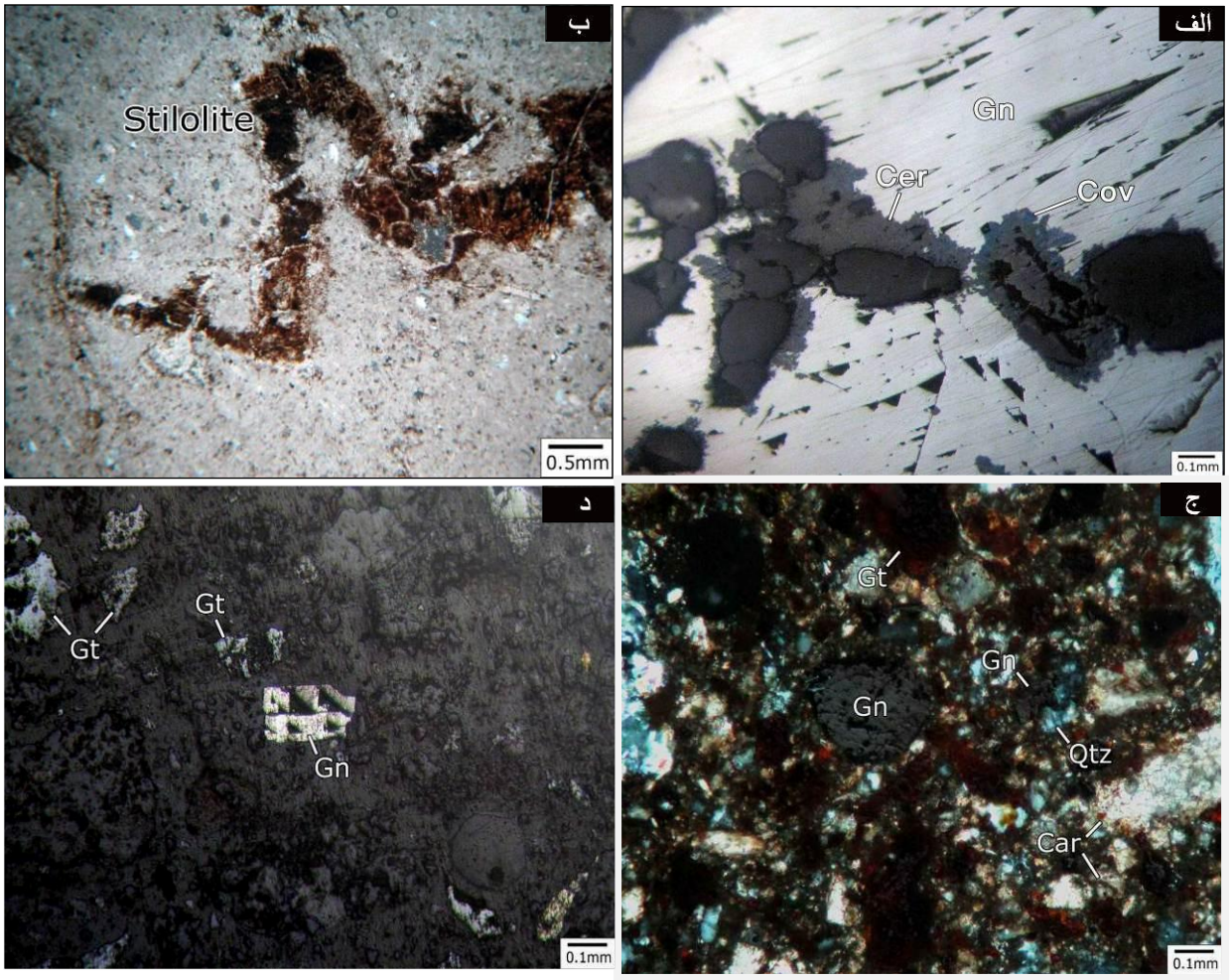
کانی پیریت به صورت دانه های پراکنده در مقطع دیده می شوند که عمدتا آزاد و کمتر درگیر هستند. فراوانی پیریت در کل مقطع حدود ۰/۲۵٪ است. گالن کانه فلزی حائز اهمیت در مقطع می باشد که فراوانی آن در سطح مقطع کمتر از ۰/۲۵٪ است. کانه گالن به صورت آزاد و درگیر با کربنات و کوارتز دیده می شود (شکل ۳-د). کانی های کالکوپیریت و بورنیت با فراوان بسیار کم در نمونه دیده می شوند. بورنیت به طور محلی و ضعیف توسط کالکوسیت جانشین شده است. اکسیدهای منگنز نیز به صورت پراکنده و با فراوانی کم در مقطع دیده می شود.

◇◇◇◇◇◇◇

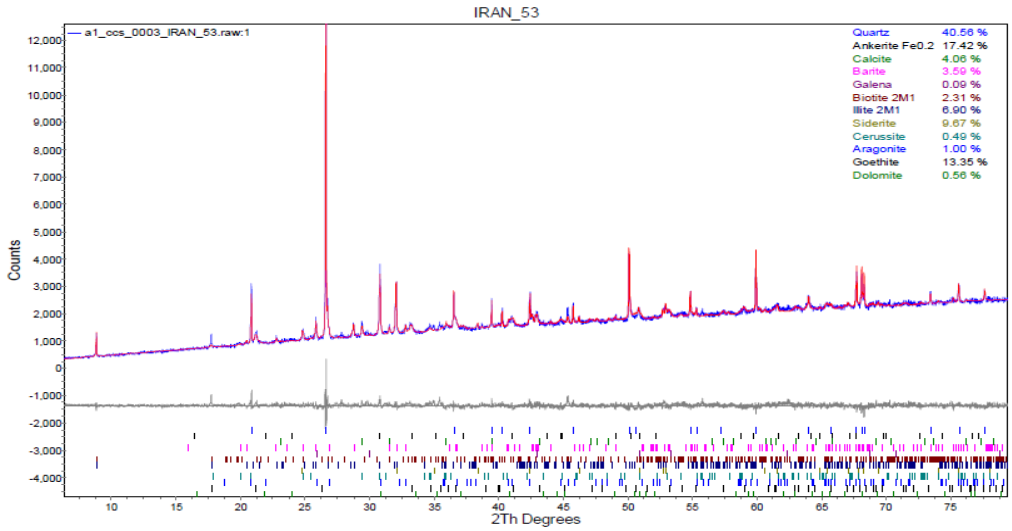
**نتایج آنالیز**

پس از مطالعات میکروسکوپی از نمونه معرف باطله معدن آهنگران دو نمونه جهت آنالیز XRD به آزمایشگاه ارسال گردید (شکل ۴). نتایج آنالیز XRD نشان می‌دهد که در نمونه باطله معدن کانی‌هایی نظیر کوارتز، آنکریت، کلسیت، باریت،

گالن، کانی‌های رسی، گوتیت و دولومیت است. همچنین نتایج آنالیز ICP-Ms نشان دهنده میزان عیار متوسط ۱/۵ ٪ سرب در باطله است.

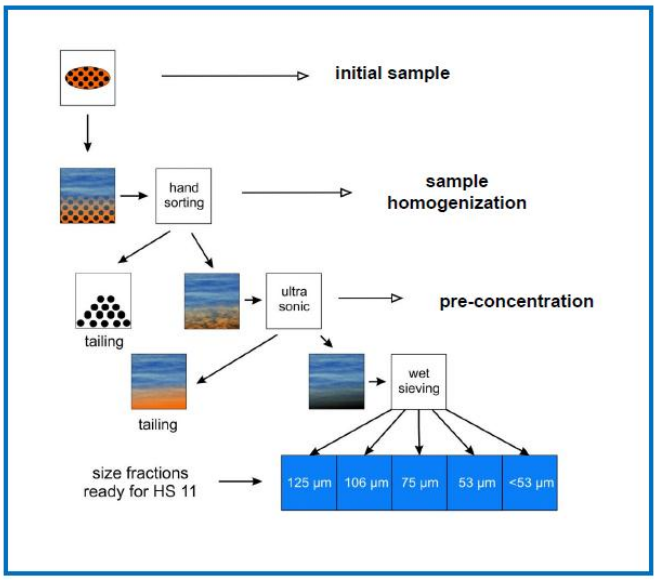



شکل ۳: الف) نمایی از کانسنگ گالن و رگچه سروسیتی درون آن. ب) اکسیدهای آهن که زمینه کربناتی را قطع نموده‌اند. ج) کانی‌های غیرفلزی باطله متشکل از کوارتز و کربنات و اکسیدهای آهن. د) کانی گالن و گوتیت در باطله.



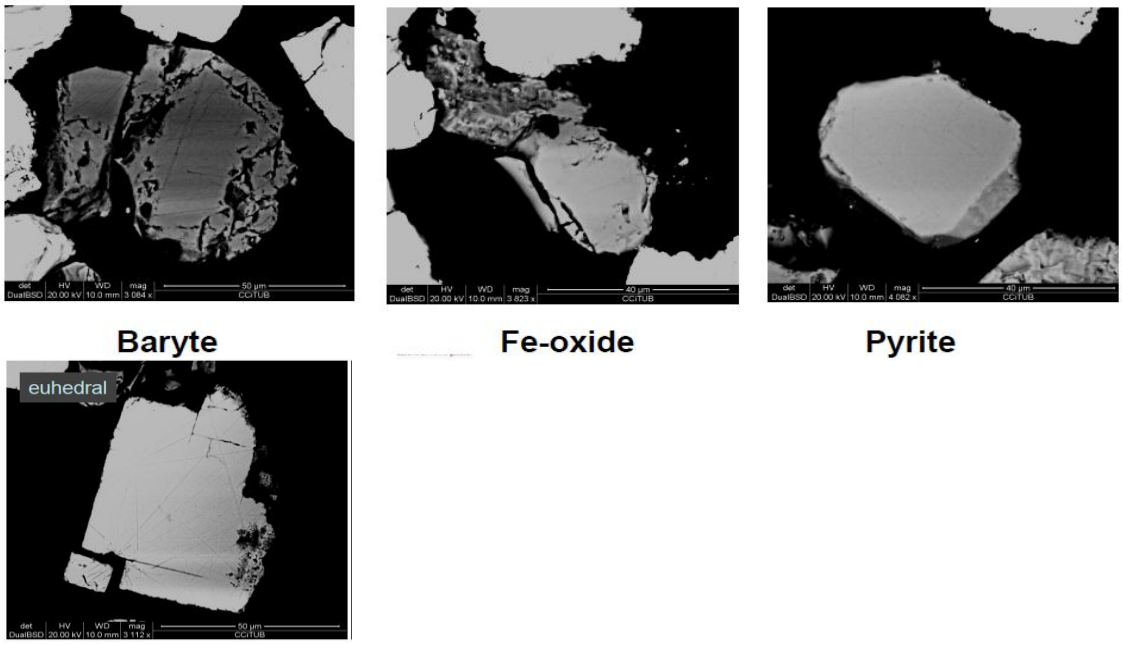

شکل ۴: نتیجه آنالیز XRD نمونه باطله.

پس از انجام آزمایشات کانی‌شناسی، نمونه باطله جهت جداسازی کانی‌های سنگین به روش هیدروسپاریشن به دانشگاه بارسلونا ارسال شد و در آنجا کانی‌های سنگین نمونه جداسازی و مطالعات بر روی این کانه‌ها انجام گردید. در شکل ۵ مراحل انجام آنالیز هیدروسپاریشن به صورت خلاصه ارائه شده است

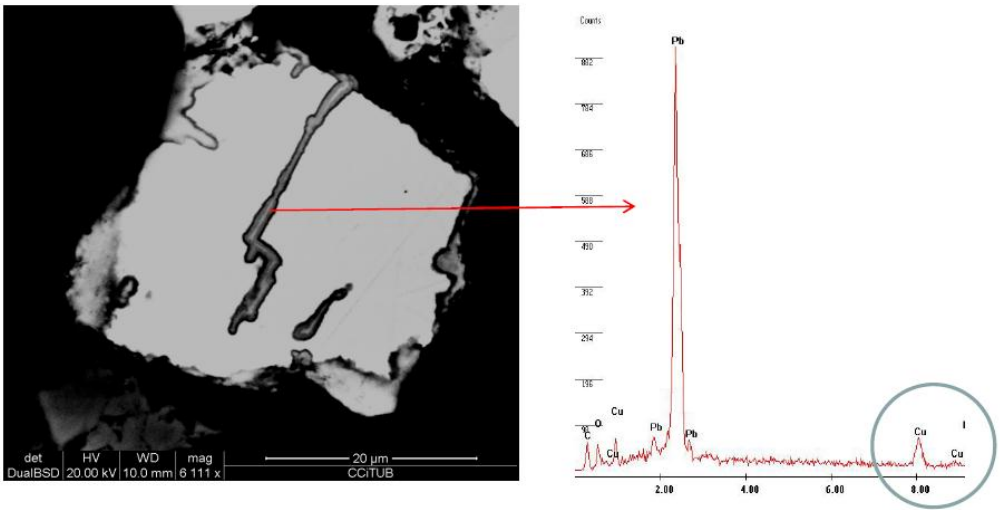



شکل ۵: مراحل جداسازی کانی‌های باطله طی آزمایش هیدروسپاریشن
(دانشگاه بارسلونا)

در حین جداسازی کانی‌های سنگین طی فرایند هیدروسپاریشن کانی‌های سنگین نظیر گالن، باریت، کانی‌های سرب-منگنزدار، اکسیدهای آهن و پیریت جداسازی شدند (شکل ۶ و ۷). فازهای سرب-آهن-منگنز می‌تواند کانی‌هایی نظیر کرونادیت در آهنگران باشد. این کانی‌ها به دلیل ریزبودن طی مطالعات مایکروپروب در دانشگاه بارسلونا شناسایی شدند. همچنین در مطالعات الکترون ماکروپروب مقادیر ۵۰۰ پی‌پی‌ام نقره نیز در گالن اندازه‌گیری شد.




شکل۶ : تصاویرBSE کانه‌های باطله در آهنگران




شکل ۷: نمایی از کانی گالن و رگچه مس درون آن.

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

بر اساس مطالعات کانی‌شناسی باطله در این مطالعه به این نتیجه می‌توان دست یافت که با وجود استخراج فراوان مواد معدنی و اهمیت آنها، باطله مواد معدنی نیز می‌تواند باارزش باشد و مطالعات کانی‌شناسی بر روی آنها پتانسیل مناسب اقتصادی‌شان را مشخص می‌نماید. در آهنگران نیز وجود کانی‌هایی نظیر گالن و عناصر باارزشی نظیر نقره اهمیت پتانسیل اقتصادی باطله را مشص می‌نماید که با پیشرفت تکنولوژی و بالارفتن قیمت مواد معدنی استحصال آنها نیز اقتصادی می‌شود. مطالعه کانی‌شناسی کلید اولیه استحصال باطله فراوری مواد معدنی است.

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

-Berberian, M., and Alavi-Tehrani, N., 1977. "Structural analyses of Hamadan metamorphic tectonites: A paleo tectonic discussion". Geological and mining survey of Iran, Report No. 40, 279p.

-Hushmamdzadeh, A., Majidi, B., Alavi-Tehrani, N., and Berberian, M., 1972. "The study of Deformation phase and metamorphism in Shahrekord-Sanandaj zone". Geol. Sur. of Iran, Tnternal rep. (Text in persian), 20p.

-Majidi, B., Alavi-Tehrani, N., Anidi, M., and Ghorashi, M., 1997. "Geological quadrangle map of Hamadan". Geo. Surv. of Iran.

-Momenzadeh, M., 1976. "Stratabound lead-zinc ores in the lower cretaceous and jurassic sediments in the Malayer-Esfahan district". Diss. Univ, Haidelberg. 300p.

-Seyed Emami, K., Brhts, A., and Bozorgnia, F., 1971. "Stratigraphy of the cretaceous rocks southeast of Esfahan. Geo Survey of Iran", Rep. No.

# بررسی واحد های سنگی و پتروگرافی کانسار کائولن آغچه کهل، جنوب بستان آباد، استان آذربایجان شرقی

◇◇◇◇◇◇◇

حانیه بابائی*[۱]؛ نیما یادگاری[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه تهران، دانشکده پردیس علوم، گروه زمین شناسی

[۲]دانشجوی دکتری زمین شناسی اقتصادی،دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی،گروه زمین شناسی

h.babai7394@gmail.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده:**

در این مقاله هدف از مطالعه شناخت واحد های زمین شناسی تشکیل دهنده کانسار کائولن آغچه کهل می باشد. کانسار کائولن آغچه کهل در استان آذربایجان شرقی، در ۶۶ کیلومتری جنوب شرقی شهر تبریز و جنوب شهرستان بستان آباد واقع شده است. برای نائل شدن به این هدف ابتدا بازدیدهای صحرایی و برداشت نمونه انجام شد و سپس از نمونه های برداشت شده مقطع نازک تهیه گردید. این محدوده از لحاظ تقسیم بندی ساختاری-تکتونیکی در زون البرز قرار دارد و بخشی از حاشیه انتهایی نوار پلوتونیک ارومیه-دختر است. واحدهای تشکیل دهنده منطقه شامل سنگ های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن با ترکیب آندزیتی، توده های نفوذی الیگوسن با ترکیب گرانیتی، واحدهای آذرآواری پلیوسن و واحدهای کواترنری می باشند. آنالیز های پراش پرتو ایکس و مطالعه میکروسکوپی مقاطع نازک تهیه شده نشان می دهد که کانی های پلاژیوکلاز، کوارتز، فلدسپات آلکالن، کائولینیت و کلریت به عنوان کانی های اصلی حضور دارند که توسط کانی های فرعی دیگر مانند هورنبلند، زیرکن و کانی های اپک همراهی می شوند. بافت های پورفیریتیک، گرانولار و میکروگرانولار از بافت های مشاهده شده در مقاطع هستند. با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات صحرایی و میکروسکوپی مشخص گردید نفوذ توده آذرین الیگوسن به واحد آذرآواری ائوسن موجب دگرسانی در مرز دو واحد و باعث کائولن زایی در منطقه شده است.

**کلید واژه ها**:( کائولن، مقطع نازک، آندزیت، آذرآواری، آغچه کهل)

## Study of Stone Units and Petrography of Aghcheh Kohal kaolin Deposit, South of Bostan Abad, East Azarbaijan Province

**Hanie Babai; Nima Yadegari**

**Abstract:**

In this Article the aim of the study is to identify the geological units forming Aghchech Kohal Kaolin deposit. Aghcheh Kohal Kaolin deposit is located in East Azarbaijan province, 66 km south-east of Tabriz city and south of Bostanabad city. In order to achieve this goal, first; field observations and sampling were performed, and then from samples were taken a thin section. This range is in terms of tectonic structural division in the Alborz Zone and is part of the Urmia-Dokhtar plutonic strip end margin. The region's constituent units include volcanic and pyroclastic Eocene rocks with andesite composition, oligocene intrusive bodies with granite composition, Pliocene pyroclastic units and quaternary units. XRD analysis and microscopic studies of thin sections show that plagioclase, quartz, feldspar alkaline, kaolinite and chlorite are the main minerals associated with other secondary minerals such as hornblende, zircon and opaque minerals. Porphyric, granular and microgranular tissues are from the tissues observed in the sections. According to the results of field and microscopy studies, It was determined that The influence of the Oligocene igneous mass to the Eocene pyroclastic unit has altered the boundaries of two units and Causing kaolinization in the region.

**Keywords :**( Kaolin , Thin section , Andesite , pyroclastic , Aghcheh Kohal )

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه:**

کائولن هم یک اصطلاح سنگی و هم یک اصطلاح کانیایی است. در اصطلاح سنگی کائولن به عنوان سنگی شناخته می شود که عمدتاً از کانی های رسی، خصوصاً کائولینیت (۹۵-۵۰٪) تشکیل شده و سنگی نرم، خاکی، شکل پذیر و معمولاً سفید یا روشن است. در اصطلاح کانیایی کائولن مشتمل بر کانی های رسی کائولینیت، دیکیت، ناکریت و هالوزیت می باشد. این ماده معدنی به دلیل مصارف گوناگون و تنوع مصرف آن در صنایع کاشی و سرامیک، کاغذسازی، رنگ سازی، داروسازی، آرایشی و بهداشتی، ماده جاذب و فیلتر از اهمیت بالایی برخوردار است. چسبندگی بالا در حالت خلوص، نفوذ پذیری بالا، قابلیت رسانایی گرمایی، کلوئیدی بودن، الکتریسیته کم، عدم تغییر در طیف گسترده ای از pH، بی اثر بودن و عدم واکنش پذیری سریع با محیط، مقاومت در برابر سیالات خورنده، خاصیت پلاستیکی، لمس چرب و جذب آب بالا از ویژگی های مهم این سنگ می باشند. کائولن ممکن است علاوه بر کائولینیت و دیگر کانی های رسی گفته شده شامل کوارتز، فلدسپات، اکسیدآهن، پیریت، روتیل، ایلیت، مونت موریلونیت، زیرکن، کیانیت، ترکیبات کربناتی و مواد آلی باشد. وجود این ناخالصی ها در کائولن رفتار فیزیکی فرآیند تولید را شدیداً تحت تاثیر قرار می دهد و ارزش تجاری کائولن را پایین می آورد. اغلب ذخایر کائولن مرغوب دنیا از دگرسانی سنگ های آذرین درونی اسیدی نظیر گرانیت ها به وجود آمده اند. متداول ترین نوع تشکیل کائولن فرآیندی است که طی آن کانی های آلومینوسیلیکات سنگ های آذرین اسیدی دگرسان و تجزیه شده و کائولن تشکیل می شود. چنین فرآیندی را کائولینیزاسیون گویند. طی این فرآیند مجموعه کانی های فیلوسیلیکاته و فلدسپات ها به ویژه پلاژیوکلازها به علت داشتن انرژی پیوندی ضعیف تجزیه و دگرسان شده و ذخایر کائولن را شکل می دهند. بر اثر دگرسانی و تجزیه، شبکه کانی های فلدسپار توسط محلول های یونی، هیدراسیون و هیدرولیز شکسته شده و یون های $Na^{+}$، $K^{+}$ و $Ca^{+2}$ آزاد می شود و واکنش Si و Al با OH باعث تشکیل کائولینیت می شود. به طور کلی پیدایش کائولینیت در محیط اسیدی امکان پذیر است. عناصر قلیایی خاکی از توانایی حرکت بیشتری نسبت به عناصر قلیایی برخوردارند. آهن و آلومینیم نیز توانایی حرکت بسیار پایینی دارند. از این رو

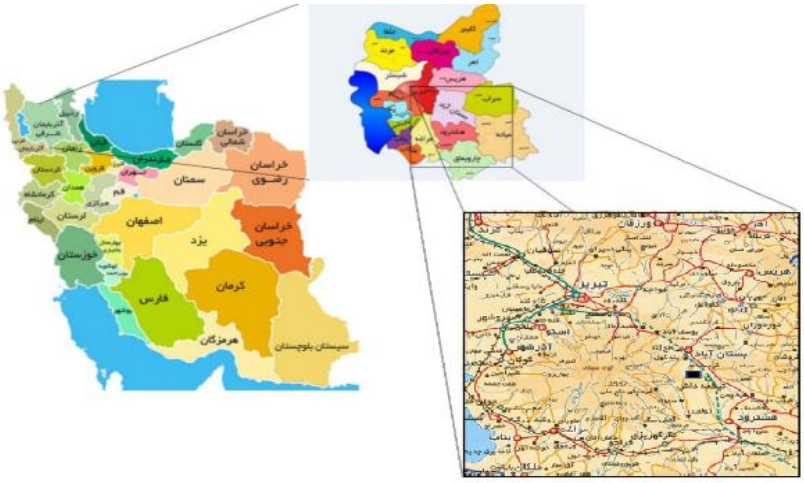
یون های قلیایی از محیط اسیدی به آسانی بیرون رفته و یون های آهن و آلومینیم در محیط به صورت ترکیبات سیلیکاتی و اکسیدی بر جای می مانند و تشکیل کانی های کائولینیت و بوکسیت را همراه کانی های اکسید آهن می دهند. اگر محیط قلیایی باشد مواد آلکالن حاصل از تجزیه فلدسپات ها در محیط باقی می مانند و اکثر مونت موریلونیت و کلریت تشکیل می شود. در طی فرآیند کائولینیت زایی pH اسیدی محیط اغلب در اثر تجزیه پیریت موجود در سنگ ها به وجود می آید. برای حصول کائولن از فلدسپات ها می بایست درصد $Al_2O_3$ افزایش یافته، عناصر قلیایی آن حذف شده و میزان آب بیشتر شود. از دیدگاه ژنتیکی کانسارهای کائولن به سه گروه برجای مانده(از آلتراسیون نامنظم توده های آذرین به وجود می آیند)، رسوبی(از شستشو و ترسیب مجدد خاک کائولینیتی به وجود آمده و در جریان نقل و انتقالات خالص تر می شوند) و گرمابی(از آلتراسیون هیدروترمال توده های آذرین پدید می آیند)طبقه بندی می شوند. منشا اکثر کائولن های موجود در ایران سنگ های آذرین خروجی هستند که کائولن از تجزیه فلدسپات های موجود در آن ها به وجود می آید.

معدن کائولن آغچه کهل در استان آذربایجان شرقی، در ۶۶ کیلومتری جنوب شرقی شهر تبریز، جنوب شهرستان بستان آباد و در حاشیه اتوبان تبریز-زنجان واقع شده است. محدوده مورد مطالعه یک ۱۶ ضلعی به مساحت ۱۱،۸۷ کیلومتر مربع است که در نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ میانه و نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد قرار می گیرد. روستای آغچه کهل درون محدوده مورد مطالعه قرار دارد و رخنمون های اصلی ماده معدنی در جنوب غرب این روستا دیده می شود. واحدهای تشکیل دهنده منطقه عبارتند از سنگ های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن که گسترش آن ها شمال غربی-جنوب شرقی است و گدازه های آن ترکیب آندزیتی تا لاتیتی دارند، توده های نفوذی الیگوسن که ترکیب سنگ شناسی متفاوتی دارند و گدازه ها و سنگ های آذرآواری ائوسن را قطع نموده اند. نفوذ این توده ها به واحد ائوسن باعث ایجاد دگرسانی در مرز دو واحد و ایجاد ماده معدنی کائولن شده است. این توده ها در جنوب روستای تیکمه داش ترکیب دیوریت تا گابرو دارند اما در شرق روستای قزل احمدا ترکیبی مونزونیتی، مونزوگرانیتی، گرانیت آلکالن و آپلیتی پیدا می کنند، واحد کنگلومرایی و ماسه سنگی دارای گدازه آندزیتی الیگوسن-میوسن، واحد آذرآواری پلیوسن-پلیستوسن و واحد کواترنری که شامل تراس های آبرفتی قدیمی، تراورتن، رسوبات مخروط افکنه ای، پادگانه های آبرفتی و رسوبات آبراهه ای عهد حاضر می باشد.

**بحث:**

محدوده مورد مطالعه منطقه ای به وسعت ۱۱،۸۷ کیلومتر مربع است که در ۶۶ کیلومتری جنوب شرقی شهر تبریز و جنوب شهرستان بستان آباد واقع شده است. بهترین مسیر دسترسی به این محدوده اتوبان تبریز-زنجان است، چرا که اتوبان در کیلومتر ۶۶ خود از محدوده مورد مطالعه عبور می کند. بخش اعظم منطقه مورد مطالعه را سنگ های آتشفشانی و

آذرآواری ائوسن، توده های نفوذی الیگوسن، کنگلومرای پلیوکواترنر و رسوبات کواترنری تشکیل می دهند. نفوذ توده های اسیدی الیگوسن، واحدهای ائوسن را تحت تاثیر خود قرار داده و دگرسانی هایی در آن ها ایجاد نموده است.




**شکل ۱: نقشه راه های دسترسی به منطقه مورد مطالعه و موقعیت آن در نقشه جغرافیایی ایران.**

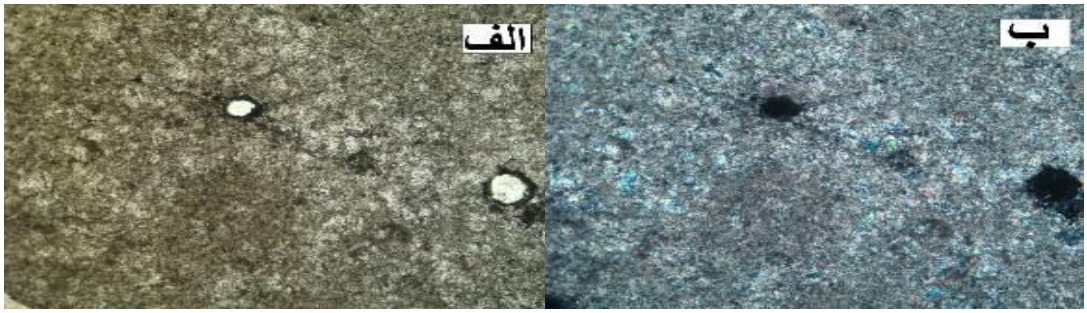
## واحدهای زمین شناسی تشکیل دهنده منطقه مورد مطالعه و پتروگرافی آن ها:

۱-واحد آتشفشانی ائوسن که شامل گدازه های آندزیتی همراه با توف و ایگنمبریت است. این واحد در بخش عمده ای از محدوده مورد مطالعه برونزد دارد. بررسی های پتروگرافی نشان می دهد که گدازه های این واحد در حد آندزیت می باشد. این واحد در مجاورت توده های آذرین نفوذی الیگوسن دگرسان شده و ماده معدنی کائولن اکثراً در این مرز دگرسان شده تشکیل شده است. واحد آذرآواری پلیوکواترنر و رسوبات کواترنر به صورت دگرشیب بر روی این واحد قرار می گیرند. بخش دگرسان شده به شدت با سیلیس همراهی می شود که از ارزش ماده معدنی می کاهد اما قابلیت تفکیک دارند. مطالعه مقطع نازک تهیه شده از نمونه سنگ های این واحد نشان دهنده بافت پورفیری با خمیره هیالومیکرولیتی است. کانی های اصلی دیده شده در این مقطع پلاژیوکلازهای درشت بلور دارای سطوح خرد شده هستند که حاکی از عدم تعادل شیمیایی بلور و لاواست و این پلاژیوکلازها قسمت اعظم فضای این سنگ را تشکیل می دهند. هورنبلندهای درشت بلور که اپکی سیته شده اند تا ۳٪ سنگ را تشکیل می دهند و فلدسپات های آلکالن نیز به صورت ریز دانه در متن حضور دارند. کانی های فرعی زیرکن و اپک نیز در مقطع دیده می شوند. اپکی سیته شدن کانی های هورنبلند، دگرسانی قابل مشاهده در سنگ های این واحد است.



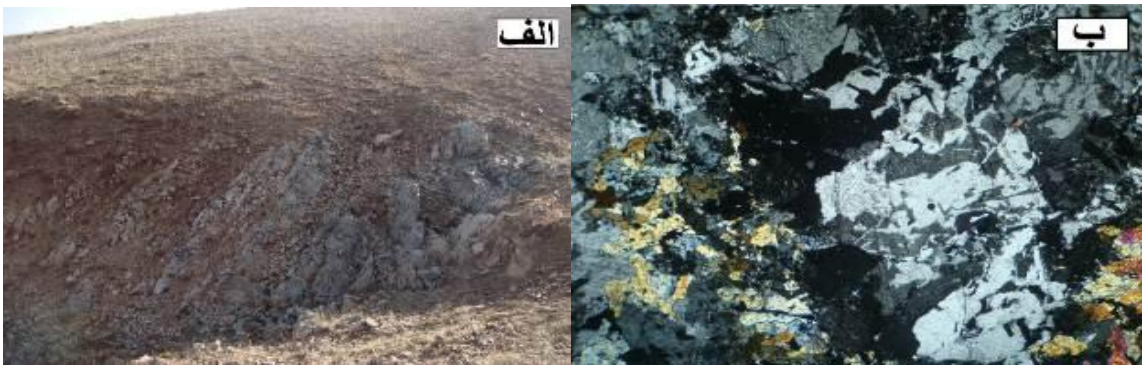

**شکل۲-الف) نمایی از گدازه های آندزیتی به همراه توف در اتوبان تبریز-زنجان، ب) مگا فنوکریستال های پلاژیوکلاز در زمینه میکرولیتی.**

۲-واحد توفی ائوسن که از توف های لایه ای تشکیل شده است. این واحد در بخش غربی و شمالی محدوده برونزد دارد. بررسی های پتروگرافی نشان می دهد که این واحد دارای ترکیب ریوداسیتی می باشد. این واحد در مجاورت توده های آذرین نفوذی الیگوسن دگرسان شده است. مطالعه مقطع نازک تهیه شده از این واحد نشان می دهد بلورهای پلاژیوکلاز به شدت دگرسان شده اند و اثری از بافت اولیه سنگ باقی نمانده است. این مقطع نشان دهنده دگرسانی پلاژیوکلازها و فلدسپات ها به کانی های رسی و کلسیت است.



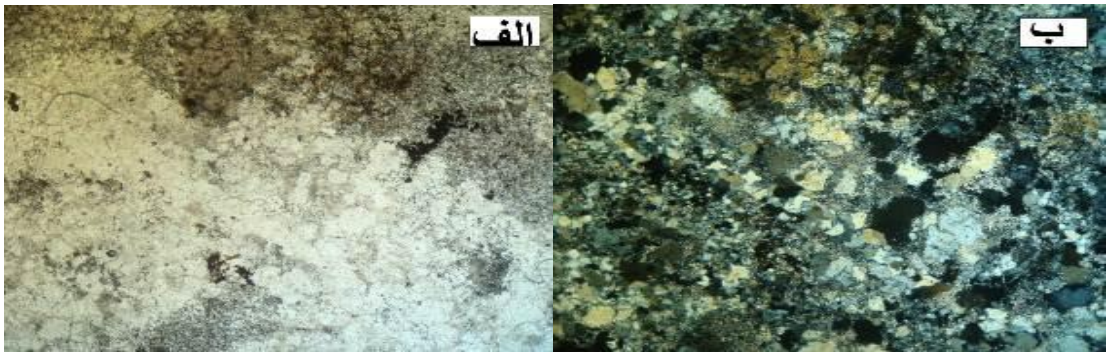

**شکل۳-الف) دگرسانی شدید و تشکیل کانی های رسی و کلسیت در نور ppl، ب) دگرسانی شدید و تشکیل کانی های رسی و کلسیت در نور xpl.**

۳-واحد گرانیتی الیگوسن-میوسن که شامل گرانیت و گرانیت آلکالن می باشد. این واحد دربخش شمالی و غربی محدوده برونزد دارد. مجاورت اصلی این واحد با سنگ های ائوسن می باشد و با نفوذ در این سنگ ها آن ها را دگرسان کرده است. مطالعه مقطع نازک تهیه شده از سنگ های این واحد نشان دهنده ی بافت گرانولار است. فلدسپات آلکالن، پلاژیوکلاز و کوارتز کانی های اصلی تشکیل دهنده سنگ های این واحد هستند. هورنبلندهای موجود در سنگ به شدت دگرسان شده و به کلریت تبدیل شده اند. فلدسپات های آلکالن و پلاژیوکلازها نیز به رس تبدیل شده اند. این واحد در برخی نقاط به شدت سیلیسی شده است.



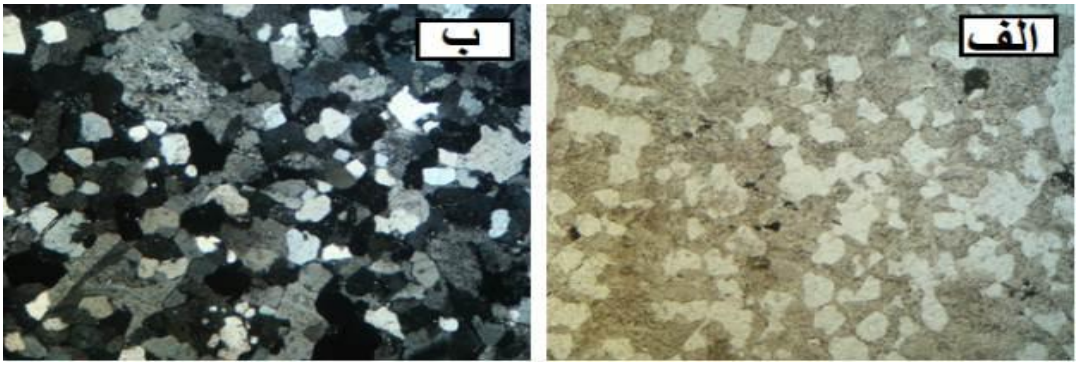

**شکل۴-الف) نمایی از گرانیت ها-دید به شمال غرب، ب) بافت گرانولار، کانی های فلدسپات و پلاژیوکلاز مشهود است.**

۴-گرانیت های به شدت سیلیسی شده الیگوسن که همبری این واحد با گرانیت های الیگوسن بوده و در اصل بخشی از این واحد می باشند. مطالعه مقطع نازک تهیه شده از سنگ های این واحد نشان می دهد که فلدسپات آلکالن، کوارتز و پلاژیوکلاز به عنوان کانی های اصلی حضور دارند. پلاژیوکلازها به مقدار کم سریسیته شده اند. هورنبلندها به شدت دگرسان شده و به کلریت تبدیل شده اند. رگچه های سیلیس در نقاط مختلف مقطع مشاهده می شود. بافت سنگ نیز میکروگرانولار است.




**شکل۵-الف) بافت میکروگرانولار، کانی های فلدسپات، کوارتز و آلتراسیون در نور ppl، ب) بافت میکروگرانولار، کانی های فلدسپات، کوارتز و آلتراسیون در نور xpl.**

۵-واحد آپلیتی تا ریولیتی الیگوسن-میوسن که به نظر می رسد حاشیه توده نفوذی منطقه را تشکیل می دهند. این واحد در بخش غربی محدوده برونزد دارد. مجاورت اصلی این واحد با سنگ های ائوسن می باشد و با نفوذ در این سنگ ها، آن ها را دگرسان کرده است. مطالعه مقطع نازک تهیه شده از این واحد کانی های فلدسپات آلکالن، پلاژیوکلاز و کوارتز را نشان می دهند که بافتی میکروگرانولار دارند. فلدسپات های آلکالن و پلاژیوکلازها در این سنگ به رس دگرسان شده اند.




**شکل۶-الف) بافت گرانولار، کانی های پلاژیوکلاز و فلدسپات در نور ppl، ب) بافت گرانولار، کانی های پلاژیوکلاز و فلدسپات در نور xpl.**

۶-واحد ریوداسیتی تا ریولیتی الیگوسن-میوسن که در بخش مرکزی محدوده برونزد دارد. با توجه به پوشیده بودن این واحد، مرز پایین آن دیده نمی شود. رسوبات پلیوکواترنر و تراس های آبرفتی روی این واحد را پوشش می دهند.

۷-واحدی شامل کنگلومرا، لاهار، جریان های گلی و خاکسترهای آتشفشانی با سن پلیوسن-کواترنر که در بخش جنوبی محدوده رخنمون دارند. این واحد به شکل دگرشیب روی گدازه ها و توف های ائوسن قرار می گیرند.

۸-تراس ها و پادگانه های آبرفتی کواترنری که در بخش مرکزی و شمالی محدوده برونزد دارد.

## تکتونیک

روند عمومی واحدهای زمین شناسی منطقه مورد مطالعه به گونه ای است که با روند اصلی گسلش منطقه که همان گسل تبریز است، مطابقت دارد. این روند شمال غربی-جنوب شرقی بوده و علاوه بر این روند گسل های امتداد لغزی عمود بر آن مشاهده می شود. هر دو روند در مرز توده گرانیتی الیگوسن و واحدهای آذرآواری ائوسن مشاهده می شوند. به طور کلی چنین می توان گفت که مرز توده های آذرین با سنگ های درونگیر در اصل شکستگی هایی هستند که مواد مذاب می توانند خود را از این شکستگی ها به مناطق سطحی تر برسانند و در مسیر خود دگرسانی ایجاد کنند.

◇◇◇◇◇◇◇

## روش تحقیق:

ابتدا از مطالعات کتابخانه ای برای شناخت ذخایر کائولن و نحوه شکل گیری این ذخایر استفاده گردید. سپس مطالعات صحرایی به منظور شناخت کلی از منطقه مورد مطالعه انجام گرفت و در این مرحله واحدهای زمین شناسی، وضعیت هندسی و مورفولوژی منطقه مشخص شدند. از واحدهای مختلف منطقه تعداد ۸ نمونه برداشت شد. برای انجام مطالعات

میکروسکوپی از ۸ نمونه برداشت شده مقاطع نازک تهیه گردید و به منظور شناسایی کانی های تشکیل دهنده نمونه ها تعداد ۲ نمونه در آزمایشگاه کانپژوه مورد آنالیز XRD قرار گرفتند. از مواد و ابزارهای استفاده شده در این تحقیق می توان به نقشه توپوگرافی ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد و نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ میانه اشاره کرد.

◇◇◇◇◇◇◇

**نتیجه گیری :**

این محدوده از لحاظ تقسیم بندی ساختاری-تکتونیکی در زون البرز قرار دارد و بخشی از حاشیه انتهایی نوار پلوتونیک ارومیه-دختر است. بخش اعظم منطقه مورد نظر از سنگ های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن با ترکیب آندزیتی، توده های نفوذی الیگوسن با ترکیب گرانیتی، کنگلومرای پلیوکواترنر و رسوبات کواترنری تشکیل شده است. سنگ های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن تحت تاثیر دگرسانی گرمابی حاصل از نفوذ توده های آذرین نفوذی الیگوسن از طریق گسل ها و شکستگی های منطقه، در مرز دو واحد به شدت دگرسان شده اند و باعث ایجاد کانی زایی کائولن در مرز این دو واحد شده است.

◇◇◇◇◇◇◇

**منابع فارسی :**

افتخارنژاد، ج، ۱۳۵۹، تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه‌های رسوبی، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲

آقانباتی، س. ع. ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه

کریم پور، م. ح. ۱۳۸۵. کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۰۰ صفحه.

نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد، سازمان زمین شناسی کشور

نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ میانه، سازمان زمین شناسی کشور

اطلس راه های ایران - سازمان جغرافیای کشور ، ۱۳۸۰

# اندیس های منگنز استان لرستان

افسانه، بدر[۱]*؛ مهدی، هاشمی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری پترولوژی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد
Afsanehbadr90@yahoo.com

[۲] استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷ ـ ۱۹۳۹۵، تهران
Economic.geology@yahoo.com

**چکیده:**

افیولیت های زاگرس بر اثر فرارانش قطعات باقیمانده پوسته اقیانوسی، در طی فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران مرکزی در ژوراسیک و کرتاسه تشکیل شده اند. مجموعه افیولیتی الشتر ـ کرمانشاه به عنوان بخشی از افیولیت‌های زاگرس، از الشتر تا نورآباد، هرسین و کرمانشاه ادامه دارد. اندیس های منگنز استان لرستان عمدتا در دو منطقه وجود دارند. یکی در شمال و شمال غرب الشتر (گرین و تمله فیروز آباد) و دیگری در غرب نورآباد (سورمه). کانه سازی منگنز در درون چرت های رادیولاریتی متعلق به مجموعه افیولیتی رخ داده است.

در اندیس های منگنز استان لرستان، کانه های منگنز عمدتا شامل پیرولوزیت، براونیت و پسیلوملان هستند که پیرولوزیت کانه اصلی است. کانه زایی منگنز در رادیولاریت ها به صورت لامینه ای، عدسی و رگه ای مشاهده می شود. کانی سازی در سه مرحله سین ژنتیک (همزاد)، دیاژنتیک ـ دگرگونی و اپی ژنتیک (دیرزاد) رخ داده است. پیرولوزیت به صورت لامینه‌ای در مرحله همزاد تشکیل شده است. ساخت‌های عدسی نشانگر تأثیر دگرگونی بر روی لامینه های اولیه هستند و براونیت در مرحله دگرگونی تشکیل شده است. پیرولوزیت و پسیلوملان نیز به صورت دیرزاد در رگه‌ها تشکیل شده‌اند. ترکیبات اولیه منگنز در چرت رادیولاریتی در فاصله‌ای از پشته میان اقیانوسی (ناحیه گسترش کف اقیانوس) و کانال‌های بروندمی کف دریا و در اثر فعالیت‌های گرمابی بروندمی (مرتبط با فعالیت‌های آتشفشانی زیردریایی) غنی از سیلیس در درون اقیانوس نئوتتیس نهشته شده‌اند. بر اساس مقایسه اندیس‌های منگنز استان لرستان با تیپ‌های مختلف منگنز، این اندیس‌ها از نوع آتشفشانی ـ رسوبی تیپ فرانسیسکن هستند.

**کلید واژه ها**: (الشتر، افیولیت، چرت رادیولاریتی، پیرولوزیت، بروندمی، تیپ فرانسیسکن)

## Manganese occurrences of Lorestan Province

Afsaneh, Badr[1*], Mehdi, Hashemi[2]

[1] Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University

[2] Department of Geology, Payame Noor University, PO Box 19395-3697, Tehran, Iran

**Abstract:**

The Zagros ophiolites are formed by obduction of oceanic crust remaining pieces, during the subduction of the Neotethys oceanic crust below Central Iran in the Jurassic and Cretaceous. The ophiolite complex of Aleshtar -

Kermanshah, as part of Zagros ophiolites, continues from Aleshtar to Nurabad, Harsin and Kermanshah. The manganese occurrences of Lorestan province are predominantly located in two regions, one in the north and northwest of Aleshtar (Garin and Temeliyeh (Firooz Abad)) and the other in west Nurabad (Sorme). Mineralization of manganese has occurred within the radiolarian cherts belonging to the ophiolite complex.
In the manganese occurrences of Lorestan province, manganese ores are mainly pyrolusite, brownite and psilomelane which pyrolusite is main mineral ore. Manganese mineralization is observed in radiolarites as laminated, lens and veins. Mineralization has occurred in three stages of syngenetic, diagenetic - metamorphic and epigenetic. Pyrolusite is formed as laminated in the syngenetic phase. Lens structures indicate the effect of metamorphism on primary laminaes and brownite is formed in the metamorphism stage. Pyrolusite and Psilomelane are also formed as epigenetic in veins. Manganese primary compounds are deposited in radiolarian chert at a distance from the midoceanic ridge (ocean floor expansion zone) and the canals of sea-floor exhalative and due to exhalative hydrothermal activities (associated with submarine volcanic activities), rich in silica within the Neotethys ocean. Based on comparison of manganese occurrences of Lorestan province with different types of manganese, these occurrences are of the Franciscan volcanic-sedimentary type.

**Keywords:** (Aleshtar, Ophiolite, Radiolarian Chert, Pyrolusite, Exhalative, Franciscan Type)

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه:**

مجموعه افیولیتی محور الشتر ـ کرمانشاه از الشتر تا نورآباد، هرسین و کرمانشاه ادامه دارد و در موقعیت طول ´۰۰ ۴۷ تا ´۳۰ ۴۸ شرقی و عرض ´۳۰ ۳۳ تا ´۱۵ ۳۴ شمالی جغرافیایی در زاگرس مرتفع قرار دارد. افیولیت‌های محور الشتر ـ کرمانشاه شدیدا تکتونیزه و از نوع ملانژ هستند و عمده کانی سازی منگنز با این واحد ملانژی رخ داده است. کانه سازی منگنز در درون بخش رادیولاریتی متعلق به این مجموعه افیولیتی رخ داده است. میانگین اکسیدمنگنز در واحد رادیولاریتی ۰/۵۴ درصد و بیشترین مقدار اکسید منگنز ۱۶/۷۱ درصد است. بخش رادیولاریتی شدیدا دگرسان شده، تکتونیزه و چین خورده است. مجموعه رادیولاریتی شامل سنگ‌های ژاسپ، چرت، رادیولاریت و اندیس‌های منگنز است. در سنگ‌های مجموعه افیولیتی کرمانشاه، واحد رادیولاریتی بیشترین حجم را تشکیل داده و در دو منطقه گسترش دارد: یکی در شرق نورآباد تا کرمانشاه (به رنگ سبز تا قرمز کم رنگ) و دیگری در شمال الشتر (به رنگ قرمز تا قهوه ای) (کیانی، ۱۳۹۰).

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

این پژوهش بر اساس مطالعات کتابخانه ای و نقد و بررسی مطالعات پیشین صورت گرفته است. برای این منظور پس از جمع آوری و بررسی داده های مربوط به اندیس های منگنز استان لرستان، تیپ کانی سازی مربوطه تا حد امکان پیشنهاد گردیده است.

◇◇◇◇◇◇◇

**بحث:**

اندیس‌های منگنز استان لرستان عمدتا در دو منطقه وجود دارند:

۱) شمال و شمال غرب الشتر (گرین و تملیه فیروز آباد) و ۲) غرب نورآباد (سورمه)

**۱) اندیس‌های منگنز شمال و شمال غرب الشتر**

رادیولاریت‌های شمال الشتر بخشی از مجموعه افیولیتی کرمانشاه در غرب ایران می‌باشند که در ارتفاعات کوه گرین با ۱۵۰ کیلومتر مربع وسعت رخنمون دارند (کیانی، ۱۳۹۱ و حسن نژاد، ۱۳۹۲).

در شمال و شمال غرب الشتر در میان کوه‌های گرین سن‌های رادیولاریتی افیولیت کرمانشاه رخنمون دارند. در بعضی از مناطق در درون این سنگ ها کانی سازی منگنز رخ داده است به گونه ای که رگه های از منگنز با روند غربی ـ شرقی در درون واحد رادیولاریتی تشکیل شده وجود دارند. رادیولاریت های گرین در شمال الشتر در ناحیه ای به نام نرمله (narmeleh) و دشتله (dashteleh) در مساحتی به وسعت ۴۰ کیلومتر مربع گسترش دارند که باعث به وجود آمدن تپه های قرمز در این منطقه شده است. این رادیولاریت حاوی سنگ های منگنز دار به رنگ سیاه می باشند.

کانه های منگنز شامل پیرولوزیت و براونیت هستند. کانه زایی به صورت توده ای و استوک ورک است که ضخامت توده ها در بعضی از جاها چند متر است. بافت استوک ورک در اکثر مناطق رخ داده که در این مناطق، رگه های منگنز در زمینه چرت یا بین دو لایه چرت وجود دارد. دگرسانی غالب این سنگ ها سیلیسی و هماتیتی می باشد. کانه ها دارای آلومینیوم بالا هستند و منشأ کانی سازی گرمابی می باشند. ترکیب شیمیایی کانه های منگنز در منطقه نشان می دهد که نهشت ترکیبات اولیه منگنز در چرت رادیولاریتی در فاصله نزدیک ناحیه گسترش کف اقیانوس و در نزدیک محل کانال های بروندمی کف دریا و در اثر فعالیت های گرمابی بروندمی (مرتبط با فعالیت های آتشفشانی زیردریایی) غنی از سیلیس در درون اقیانوس نئوتتیس رخ داده است و طی فرارانش افیولیت کرمانشاه در زون زاگرس مرتفع( زون برخوردی) جایگیری کرده اند و دچار فرآیندهای زمین ساختی و سوپرژن شده اند (کیانی، ۱۳۹۰).

فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران مرکزی در ژوراسیک و کرتاسه و در نهایت بسته شدن آن در میوسن باعث ایجاد کمربند کوهزایی زاگرس شده است. قطعات باقیمانده این پوسته اقیانوسی در طول زاگرس وجود دارند. نهشته های منگنز در این قطعات پوسته اقیانوسی نابرجا همراه چرت های رادیولاریت دار وجود دارند. کانه زایی منگنز در کمربند رورانده زاگرس در الشتر مشابه سایر نهشته های منگنز در کمربند افیولیتی زاگرس است. سن نهشته های رادیولاریتی بر اساس افق های سنگی کربناته درون رادیولاریت ها و میکروفسیل های مطالعه شده متفاوت و به صورت تریاس میانی ـ ژوراسیک پسین، کرتاسه پیشین(آپتین ـ آلبین) و کرتاسه پسین (حداقل تا تورونین) گزارش شده است. در حالت کلی به نظر می رسد که رادیولاریت ها از لحاظ سنی جوانتر از ژوراسیک میانی هستند. کانه زایی منگنز شمال الشتر عمدتا به صورت عدسی بهم ریخته، داربستی، نامنظم و میان لایه ای با چرت های رادیولاریتی شدیدا چین خورده و بهم ریخته وجود دارد. کانه ها شامل پیرولوزیت، پسیلوملان، هوسمانیت، کریپتوملان و هیدروکسیدهای منگنز و کمی پیریت و برونیت است. کانی های هماتیت، گوتیت و لیمونیت نیز به صورت تأخیری حضور دارند. کانی های باطله شامل کوارتز، مسکویت، مونت موریلونیت، کائولینیت و کلسیت هستند. ذرات اکسید ـ هیدروکسیدی منگنز هم به صورت دانه پراکنده و

هم به صورت جانشینی در رگه ها هستند. کانه منگنز اغلب پیرولوزیت است که در حال دگرسانی به اکسیدها و هیدروکسیدهای تأخیری مثل هوسمانیت است. پیرولوزیت و پسیلوملان به مقدار کم به صورت ریز بلورهای دانه پراکنده در متن سنگ حضور دارند. مقدار MnO برابر ۴۴/۹۵ درصد است (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۵).

دلایل زیر همگی نشانگر تشکیل ترکیبات اولیه منگنز از سیال گرمابی می باشد:

۱) توالی های رسوبی در محدوده مورد مطالعه فاقد واحدهای آذرین می باشند بنابراین سیال گرمابی منگنزدار دور از منشأ به درون حوضه رسوبی کانسار منگنز در منطقه وارد شده است.

۲) نسبت منگنز به آهن بالا (میانگین ۹۵/۰۱) است که به علت جدا شدن آهن از منگنز و نشانگر منشأ گرمابی است.

۳) بالا بودن سیلیس در منطقه

۴) پایین بودن مقدار عناصر مس، کبالت، نیکل، سرب، کروم و روی

۵) پایین بودن میانگین مجموع عناصر نادر خاکی (حدود ۳۹/۳۳)

۶) بالا بودن نسبت HREE به LREE

۷) آنومالی مثبت Eu و آنومالی منفی Ce

۸) وجود چرت های حاوی فسیل های رادیولاریت به عنوان سنگ میزبان نهشته های منگنز

بنابراین ترکیبات اولیه منگنز از سیال گرمابی در مجاورت پشته های میان اقیانوسی در امتداد کانال های بروندمی کف دریا تشکیل شده اند (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۵).

مجموعه رادیولاریتی شمال الشتر به رنگ قرمز تا قهوه ای شامل سنگ های ژاسپر، چرت، رادیولاریت و کانه زایی منگنز است که دارای مرز گسلی با آهک های کرتاسه است. این رادیولاریت ها به شدت تکتونیزه و چین خورده و شبیه به رادیولاریت های افیولیت نیریز هستند. پوسته شعاعیان این رادیولاریت ها از اوایل ژوراسیک تا اواخر کرتاسه در اقیانوس نئوتتیس تشکیل شده اند. در بعضی از مناطق در درون این واحد گدازه های بالشی بازالتی دیده می شود. در این واحد کانه زایی منگنز به صورت گسترده و به صورت توده ای و رگه ای دیده می شود. امتداد رگه های کانه سازی شده هم روند لایه های رادیولاریتی با ضخامت چندین سانتی متر تا دو متر است و دگرسانی غالب در این سنگ ها شامل دگرسانی سیلیسی و هماتیتی می باشد. در رادیولاریت ها کوارتز، پیرولوزیت، براونیت، لومونتیت و گوتیت می باشند. کانه های منگنز دار به خصوص پیرولوزیت به صورت توده ای و شکافه پر کن همراه آن ها دیده می شوند. می توان دو مرحله همزاد با رسوبگذاری و دیرزاد را در شکل گیری این رخداد معدنی در نظر گرفت. بیشترین مقدار منگنز ۲۳/۸۷ درصد است. مقدار کم آلومینیم و سیلیس فراوان نشان می دهد که کانسار گرمابی است (حسن نژاد و همکاران، ۱۳۹۳).

روستای تمیله در شرق شهر فیروز آباد، غرب الشتر در ۱۲ کیلومتری جاده الشتر – فیروز آباد قرار دارد. خاک سرخی در شمال روستای تمیله قرار دارد که قسمت عمده این خاک را اکسید های آهن و سیلیس تشکیل می دهدکه در گذشته از

این خاک به عنوان رنگ کننده استفاده می شده است. اکسید های آهن مذکور می توانند در صنایع نسوز ، سیمان و غیره مورد استفاده قرار گیرند.

**۲) اندیس منگنز سورمه (غرب نورآباد)**

اندیس منگنز سورمه در ۵۸ کیلومتری غرب نورآباد در اطراف روستای سورمه در بخش کاکاوند غربی در موقعیت طول ´۳۴ ۴۷ تا ´۳۸ ۴۷ شرقی و عرض ´۰۳ ۳۴ تا ´۰۵ ۳۴ شمالی جغرافیایی در زون سنندج – سیرجان واقع شده است. کانی سازی در واحد رادیولاریتی (با سن ژوراسیک فوقانی ـ کرتاسه فوقانی) مربوط به بخش فوقانی مجموعه افیولیت های هرسین قرار دارد که به شدت تکتونیزه شده است. کانه زایی در واحد رادیولاریتی با ضخامت ۲۵ کیلومتر و با روند شمال غرب ـ جنوب شرق رخ داده است. چرت های قهوه ای رادیولاریتی سنگ میزبان اصلی هستند و نهشت ترکیبات منگنز همزمان با تشکیل لایه های چرتی قهوه ای بوده است. چرت های سفید رنگ کانه زایی ضعیفتری دارند. زون کانی سازی عیار و حجم بالایی دارد. ترکیبات منگنز به صورت اکسیدهای بی شکل به همراه سیلیس و اکسیدهای آهن آبدار ثانویه (گوتیت) در اثر فعالیت میکروارگانیسم و تغییرات فیزیکوشیمیایی آب دریا تشکیل شده اند. کانی های پسیلوملان، پیرولوزیت و براونیت به صورت سین ژنتیک و اپی ژنتیک مشاهده می شوند. بافت های اصلی کانه زایی شامل بافت های توده ای، افشان و شکافه پرکن هستند. این اندیس مانند بیشتر نهشته های منگنز گرمابی مقادیر نسبتا بالای منگنز و آهن و مقادیر کم کبالت، نیکل و مس دارد. نسبت بالای سیلیسم به آلومینیوم نیز نشانگر منشا گرمابی بروندمی این اندیس در محیط دریایی است. کم بودن عناصر کمیاب نشانگر غنی شدگی و تخلیه منگنز از سیالات بروندمی در منطقه می باشد بر اساس شواهد زمین شناسی، بافت، محیط تشکیل، کانی شناسی و ارتباط با سنگ میزبان (چرتهای قهوه ای رادیولاریتی)، نهشت ترکیبات اولیه منگنز در چرت رادیولاریتی و در فاصله نزدیک به پشته میان اقیانوسی در نزدیکی محل کانالهای بروندمی کف دریا و در اثر فعالیتهای بروندمی (اگزالاتیو) رخ داده است. بر اساس قرارگیری افق کانه دار در رخساره خاص، ساخت و بافت ماده معدنی در مقیاس های مختلف، نوع محیط رسوبی، سنگ میزبان ماده معدنی، مطالعات زمین شیمیایی، کانی شناسی و پاراژنز، این اندیس از نوع آتشفشانی ـ رسوبی زیردریایی (تیپ فرانسیسکن) می باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۰).

زون رادیولاریتی با گستره ای با پهنای ۴۵ کیلومتر در خاک ایران از جنوب غربی بروجرد شروع شده است و به سمت غرب تا عراق ادامه و سپس در خاک ترکیه خاتمه می یابد. رادیولاریت های نورآباد ـ هرسین از نهشت های کف اقیانوسی دریای ژوراسیک ایجاد شده است که تحت تأثیر فاز کوهزایی ناشی از برخورد صفحه عربی به ایران در محیطی گرابنی، شکننده شده و تحت تأثیر فازهای فشاری (فاز دوم) در منطقه به صورت چین خورده شکل گرفته است. رادیولاریت ها به رنگ قرمز و زرد رنگ هستند کانی سازی منگنز در این رادیولاریت ها به صورت لامینه ها و گاه با رگه ها و میان لایه هایی به رنگ سیاه و آغشتگی های آهن قابل مشاهده است. کانه زایی منگنز در رادیولاریت ها محدوده با اشکال رگه ای،

میان لایه، و به صورت عدسی های حدود یک متری برونزد دارد. کانه ها شامل پیرولوزیت، نزوتیت و رودوکروزیت هستند. کانه زایی منطقه در طی دو مرحله اتفاق افتاده که در مرحله اول هیدروترمال دما بالا است که کانی زایی به صورت بلورهای پیرولوزیت آمورف و همراه با رگه های گرمابی آهن‌دار و سیلیسی در سنگ میزبان چرت رادیولاریتی رخ داده که این نوع رخداد دارای درصد بالایی از آهن(گوتیت) نیز هستند. نوع دوم کانی سازی منطقه، همراه با رسوب گذاری در محیط رسوبی و همراه با واحدهای کربناته است که به صورت رودوکروسیت در محدوده مطالعاتی دیده شد که در این محدوده فعالیت های سیلیس زا به صورت فاز تاخیری تمامی کانسنگ ها منگنزدار را تحت تأثیر قرار داده و باعث کانی زایی سیلیسی در محیط شده است (گراوندی و همکاران، ۱۳۹۵).

**تعیین تیپ اندیس‌های منگنز استان لرستان**

منگنز در بین واحدهای چرت رادیولاریتی اندیس های منگنز استان لرستان به سه صورت متفاوت رخنمون یافته است:

۱) سین ژنتیک (همزاد): منگنز به عنوان نهشته اولیه با لایه بندی ریتمیک با چرتهای رادیولاریتی، در محیط رسوبی وجود دارد.

۲) دیاژنتیک ـ دگرگونی: تحرک مجدد منگنز در حالت پلاستیک و تغییر شکل ماده معدنی از حالت لایه ای به شکل عدسی در طی فرایند دیاژنز و چین خوردگی دگرگونی.

۳) اپی ژنتیک (دیرزاد): تحرک مجدد منگنز و عناصر کمیاب بصورت حمل کلوئیدی و نهشت مجدد آن در میان درز و شکاف ها توسط واکنش محلول گرمابی ثانویه با منشأ ناشناخته.

پیرولوزیت به صورت لامینه ای در مرحله همزاد تشکیل شده است. ساختهای عدسی نشانگر تاثیر دگرگونی بر روی لامینه های اولیه هستند و براونیت در مرحله دگرگونی تشکیل شده است. پیرولوزیت و پسیلوملان نیز به صورت دیرزاد در رگه ها تشکیل شده اند.

ذخایر منگنز آذرین از ترکیب فعالیت های آتشفشانی و گرمابی در محیط های اقیانوسی سرچشمه گرفته اند. با توجه به سنگ میزبان، سنگهای همراه، کانیهای تشکیل شده، شکل کانسار، ابعاد حجم، تناژ، عیار و تعداد کانسار در واحدهای تشکیل شده، چهار نوع از ذخایر منگنز آذرین شامل ذخایر نوع فرانسیسکن، کوبایی، المپیک پنین سولا و قبرسی بر اساس خصوصیات زمین شناسی، ژئوشیمیایی و ژئو فیزیکی آنها قابل تشخیص هستند:

ذخائر تیپ فرانسیسکن در شیارهای کف اقیانوسی شکل می‌گیرند و عمدتاً همراه با چرت و شیل در حوالی مراکز فعالیت‌های آذرین یافت می‌شوند. ذخائر تیپ کوبایی همراه بسترهایی از جنس سنگ آهک و در خلال روندی آذرآواری بوجود آمده اند که سنگهای آذرآواری ترکیبی از داسیت تا بازالت دارند. ذخائر نوع المپیک پنین سولا در بستری از عدسی‌های سنگهای آهکی قرمز و یا در منطقه حد فاصل سنگ آهک‌ها و بازالتها تشکیل می شوند. ذخائر نوع قبرسی

معمولا به صورت عدسی هایی از آمبر (نوعی سنگ رسوبی غنی از آهن و منگنز) یافت می‌شوند که در بستری از بازالتهای بالشی قرار گرفته اند.

اندیسهای منگنز استان لرستان با تیپهای آتشفشانی ـ رسوبی منگنز شامل تیپ فرانسیسکن، کوبائی، المپیک پنین سولا و قبرسی مقایسه گردید. ویژگیهای اندیسهای منگنز استان لرستان از نظر محیط زمین ساختی، محیط نهشت، سنگهای میزبان، ژئومتری، بافت، کانی شناسی، زمین شیمی بیشترین شباهت را با کانسارهای تیپ فرانسیسکن نشان می دهد. اندیسهای منگنز در منطقه آباده طشک با افیولیتهای زاگرس مرتبط هستند و تیپ فرانسیسکن شناخته شده اند (میرزایی، ۱۳۸۳).

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری:

افیولیت های زاگرس بر اثر فرارانش قطعات باقیمانده پوسته اقیانوسی، در طی فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران مرکزی در ژوراسیک و کرتاسه تشکیل شده اند. مجموعه افیولیتی الشتر ـ کرمانشاه به عنوان بخشی از افیولیت های زاگرس، از الشتر تا نورآباد، هرسین و کرمانشاه ادامه دارد. اندیس های منگنز استان لرستان عمدتا در دو منطقه وجود دارند. یکی در شمال و شمال غرب الشتر (گرین و تمله فیروز آباد) و دیگری در غرب نورآباد (سورمه). کانه سازی منگنز در درون چرت های رادیولاریتی متعلق به مجموعه افیولیتی رخ داده است.

در اندیس های منگنز استان لرستان، کانه های منگنز عمدتا شامل پیرولوزیت، براونیت و پسیلوملان هستند که پیرولوزیت کانه اصلی است. کانه زایی منگنز در رادیولاریت ها به صورت لامینه ای، عدسی و رگه ای مشاهده می شود. کانی سازی در سه مرحله سین ژنتیک (همزاد)، دیاژنتیک ـ دگرگونی و اپی ژنتیک (دیرزاد) رخ داده است. پیرولوزیت به صورت لامینه ای در مرحله همزاد تشکیل شده است. ساخت های عدسی نشانگر تأثیر دگرگونی بر روی لامینه های اولیه هستند و براونیت در مرحله دگرگونی تشکیل شده است. پیرولوزیت و پسیلوملان نیز به صورت دیرزاد در رگه ها تشکیل شده اند. ترکیبات اولیه منگنز در چرت رادیولاریتی در فاصله ای از پشته میان اقیانوسی (ناحیه گسترش کف اقیانوس) و کانال های بروندمی کف دریا و در اثر فعالیت های گرمابی بروندمی (مرتبط با فعالیت های آتشفشانی زیردریایی) غنی از سیلیس در درون اقیانوس نئوتتیس نهشته شده اند. بر اساس مقایسه اندیس های منگنز استان لرستان با تیپ های مختلف منگنز، این اندیس ها از نوع آتشفشانی ـ رسوبی تیپ فرانسیسکن هستند.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی:

باقریان، س.، شاهرخی، س.و.، کریمی، ر.، ۱۳۹۰. "کانه زایی منگنز سورمه (غرب نورآباد ـ استان لرستان)"، دومین همایش ملی انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه لرستان.

پناهی، ا.، کیانی، م.، عالیوند، ف.، ۱۳۹۰. "بررسی کانه زائی منگنز در رادیولاریتهای شمال لرستان"، مجموعه مقالات چهارمین همایش زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.

حسن نژاد، د.، (۱۳۹۲). "کانی شناسی، ژئوشیمی و نحوه تشکیل منگنز در ناحیه تملیه (شرق شهر فیروز آباد ـ استان لرستان)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد، ۲۲۳ صفحه.

حسن نژاد، د.، شاهرخی، س.و.، لطفی، م.، کیانی، م.، آذربخت، س.، ۱۳۹۳. "کانه نگاری و ژئوشیمی نهشته های منگنزدار در واحد رادیولاریتی شمال الشتر (شمال لرستان)"، مجله ژئوشیمی، شماره ۴، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرند.

کریمی، ر.، (۱۳۸۷). "بررسی زمین شناسی اقتصادی ناحیه منگنزدار سورمه ـ غرب نورآباد لرستان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد.

کریمی، ر.، مهدی نیا، م.، سپهوند، م.، بهاروند، س.، ۱۳۹۰. "مطالعات ژئوشیمیایی در کانه زایی کانسار منگنز سورمه (غرب نورآباد ـ استان لرستان)"، خلاصه مقالات سومین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز.

کیانی، م.، (۱۳۹۰)، "ژئوشیمی، زمین شناسی اقتصادی و پتروژنز مجموعه افیولیتی در محور الشتر ـ کرمانشاه"، پایان نامه کارشناسی ارشد، زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم آباد.

کیانی، م.، احمدی خلجی، ا.، پناهی، ا.، ولی پور، ا.، ۱۳۸۹. "ژئوتوریسم افیولیت نورآباد (شمال غرب لرستان)"، مجموعه مقالات چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، دانشگاه ارومیه.

گراوندی، پ.، فتاحی، ط.، محمودی، ش.، ۱۳۹۵. "بررسی پتروگرافی و مینرالوگرافی رادیولاریتهای منگنزدار نورآباد ـ هرسین"، سی و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور.

میرزایی، م.، (۱۳۸۳). "مطالعه کانی شناسی و زمین شیمی اندیسهای معدنی منگنز در منطقه آباده طشک"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

یوسفوند، م.، مقدسی، س.ج.، یگانه فر، ه.، ۱۳۹۵. "زمین شناسی و زمین شیمی نهشته های منگنز الشتر و هرسین در افیولیت کرمانشاه"، سی و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

یوسفوند، م.، مقدسی، س.ج.، یگانه فر، ه.، ۱۳۹۵. "زمین شناسی و کانی شناسی نهشته های منگنز منطقه الشتر و هرسین، غرب ایران"، بیست و چهارمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه شاهرود.

◇◇◇◇◇◇◇

# تاثیر گسل ها بر روند غنی سازی ماده معدنی با استفاده از نرم افزار

ام البنین بهشتی روی ۱*/مهدی ایرانمنش۲ ، علی الهی۲، علیرضا شاکر۲
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مجتمع آموزش عالی زرند
۲- استادیار، بخش مهندسی معدن، مجتمع آموزش عالی زرند
m.r.markazi@gmail.com

◇◇◇◇◇◇◇

## چکیده :

معدن آهن جنگا در شمال غرب جیرفت واقع است که به عنوان بخشی از کمربند دهج- ساردوئیه در ناحیه کرمان مطرح می باشد. سنگهای این محدوده شامل سنگهای آتشفشانی (با ترکیب آندزیتی- تراکی آندزیتی) و توف های ائوسن می شوند کانه زایی آهن در سنگهای آتشفشانی و توفها به صورت استراتی فرم در قالب توسعه هماتیت و مگنتیت صورت گرفته است در این مقاله ما به بررسی نقش گسل ها در غنی شدگی آهن در آنومالی ۱ و۲ پرداخته ایم که از نرم افزارهای مختلف معدنی و ترسیمی استفاده شده است.

**کلید واژه ها**: معدن آهن جنگا ؛ گسل ؛ نرم افزار

**Effect of faults on the process of mineral enrichment using software**

**O. Beheshty roy*۱;M. Iranmanesh۲; A. Elahi[2]; A.R. Shaker[2]**
**1- M. Sc. Student, Higher Education Complex of Zarand**
**2-Assistant professor, Department of Mining Engineering, Higher Education Complex of Zarand.**

**Abstract:**

The Janga iron deposit, located in the northwest of Jiroft, is belonging to Dehaj-Sarduieh belt in Kerman region. The rocks are composed of Eocene volcanics (andesitic- trachyandesitic in composition) and tuffs, Fe mineralization is occurred in the volcanic rocks and tuffs as stratiform developing hematite and magnetite.In this paper we study the role of faults in iron richness in anomalies 1 and 2, which has been used by various mining and drawing software.

**Keywords :** Janga iron, deposits , Fault , software

◇◇◇◇◇◇◇

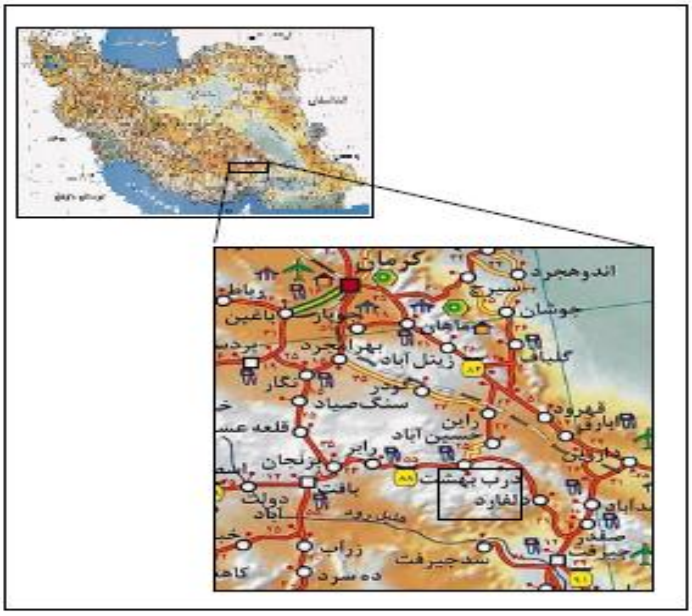
## مقدمه :

شناسایی و بهره برداری از پتانسیل ها و مواد معدنی در گستره ایران زمین می تواند منجر به رشد وشکوفایی اقتصادی شود. تنوع رخدادهای کانیهای فلزی وغیرفلزی درایران از یک سو و وسعت زیاد از سوی دیگر زمینه های تحقیق و تفحص برای شناخت این منابع را توجیه پذیر می‌نماید. مجموعه تحولات ساختمانی در پوسته ایران‌زمین که در دوران مزوزوئیک به اوج خود می‌رسد و طی این دوران شکستگی و انشقاق، موجب تشکیل حوضه‌های اقیانوسی(نئوتتیس) می گردند، آثار

خود را در ترشیری نیز به ودیعه می‌سپارند؛ به‌طوری‌که گذر کرتاسه به پالئوسن نیز در برخی حوضه‌های رسوبی بدون انقطاع است. فعالیت‌های ماگمایی طی ترشیری ادامه یافته و در ائوسن به اوج می‌رسد. البته فعالیت‌های ماگمایی در ایران مرکزی بسیار متنوع‌تر از سایر زون‌های ساختاری بوده و گسترش بیشتری دارد و ارومیه- دختر به‌عنوان یک کمربند ماگمایی در حاشیه جنوبی این زون شاخص می‌باشد [۱]. محدوده جنگا در کمربند ماگمایی دهج- ساردوئیه و زون پتانسیل معدنی مس و آهن ایران قرار دارد. کمربند ماگمایی مذکور از دهج در شمال باختری استان کرمان تا جنوب خاوری محدوده ساردوئیه را در برمی‌گیرد. طول این کمربند حدود ۵۰۰ کیلومتر و شامل ستبرای چند هزار متری از سنگ‌های آتشفشانی اسیدی، حدواسط و بازیک به همراه میان لایه‌های رسوبی- آتشفشانی و احیاناً رسوبی است [۲]. این توالی‌های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی به‌طور دگر شیب برروی رسوبات دوران مزوزوئیک قرار می‌گیرند. توده‌های نفوذی بعد از ائوسن (به‌ویژه میوسن- پلیوسن) به درون سنگ‌های آتشفشانی ائوسن نفوذ کرده و آثار گوناگون ازجمله هاله‌های دگرسانی شایان توجهی به‌جای گذاشته‌اند. توالی‌های کواترنری در نقاط پست بین کوهستانی به‌صورت رسوبات آبرفتی و در ارتباط با فعالیت‌های چشمه‌های آهک‌ساز به شکل پهنه‌های تراورتنی برون‌زدگی دارند [۳].

## موقعیت جغرافیایی و مشخصات معدن

منطقه مورد مطالعه در استان کرمان و در شمال باختری شهرستان جیرفت واقع است. برای رسیدن به این محل پس از طی حدود ۶۰ کیلومتر از جاده آسفالته جیرفت- درب بهشت، جاده خاکی از محل ۳ کیلومتری دوراهی جیرفت- راین به سمت درب بهشت به سمت جنوب انشعاب و پس از گذر حدود ۴ کیلومتر به سمت جنوب به محل این محدوده می‌رسد (شکل ۱).

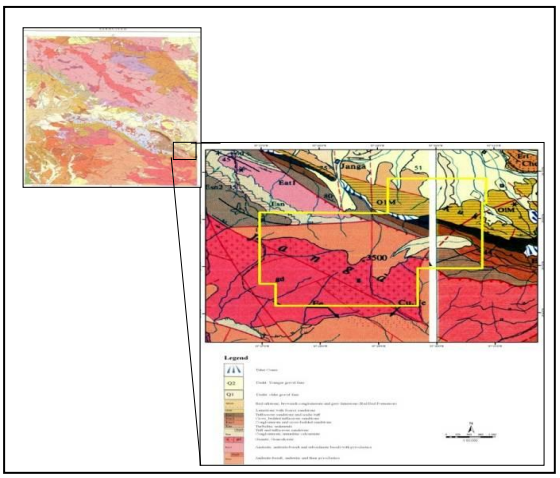



**شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به معدن آهن جنگا.**

کانسار آهن جنگا از نوع کانسارهای تیپ آتشفشانی- اسکارنی مگنتیت و هماتیت است که به صورت عدسی‌هایی در بخش میانی و به‌صورت اسکارن و به‌صورت لایه‌ای و همزاد با استراتیفورم چین‌های در کنتاکت توده نفوذی و همبر با سنگ‌های آذرآواری ائوسن جای گرفته است. کانسار جنگا دارای چندین رخنمون غنی از آهن بوده که هر یک به عنوان یک آنومالی معرفی گردیده اند [۴].

محدوده مورد مطالعه در قسمت جنوب شرق ورقه ساردوئیه واقع شده است.

,




**شکل ۲- موقعیت محدوده اکتشافی جنگا در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ساردوئیه**

مهمترین گسل های موجود در منطقه به شرح زیر می باشند

**الف- گسلهای رانده**

مهمترین گسلهای رانده ساردوئیه با راستای تقریبی شمالغرب–جنوب شرق مرز جدایش واحدهای رسوبی نئوژن و واحدهای ولکانیکی و نفوذی ائوسن می باشد

این گسل رانده معروف به راندگی قنات دره است و مانند راندگیهای ایران مرکزی روند کلی شمال غرب- جنوب شرق می باشد. اثر این گسل بر سطح زمین در امتداد کلی به صورت دندانه ای، گسلش دراز و کشیده با روند متغیر است.

**ب- گسلهای نرمال**

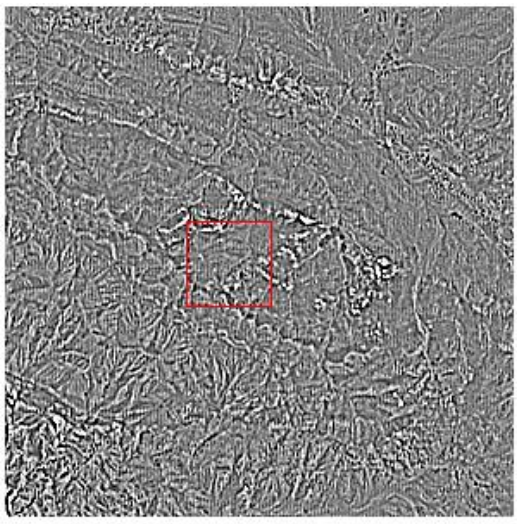
گسلهای اصلی موجود در منطقه از نوع نرمال است ولی مولفه امتداد لغز نیز دارند و به گونه گسل ترکیبی یا مرکب عمل میکنند این گسلها نیز هم روند با روند غالب خطواره های اصلی زون ارومیه –دختر می باشد و تعدادی از گسلها نیز روند شمال شرق- جنوب غرب دارند[۵]

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

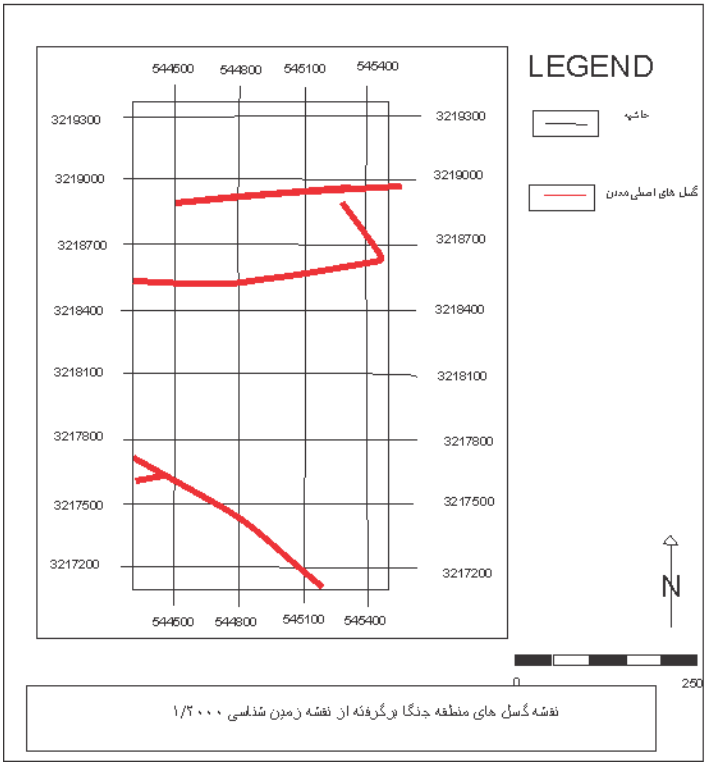
هدف این مقاله بررسی و تاثیر گسل ها بر میزان عیار آهن در منطقه است که در این مقاله سعی شده با استفاده از نرم افزار های جدید معدنی و بعضی نرم افزارهای ترسیمی به تحقیق در مورد این هدف بپردازیم. که به این منظور پس از آماده سازی اطلاعات ورودی و پردازش داده اطلاعات، گسل ها با توجه به مختصات UTM و آنومالی منطقه رسم گردید.

با پردازش تصاویر ماهواره ای استر و لندست در نرم افزار envi به بارزسازی منطقه مورد مطالعه و خطوط و گسل ها آن پرداخته ایم. (شکل ۳)



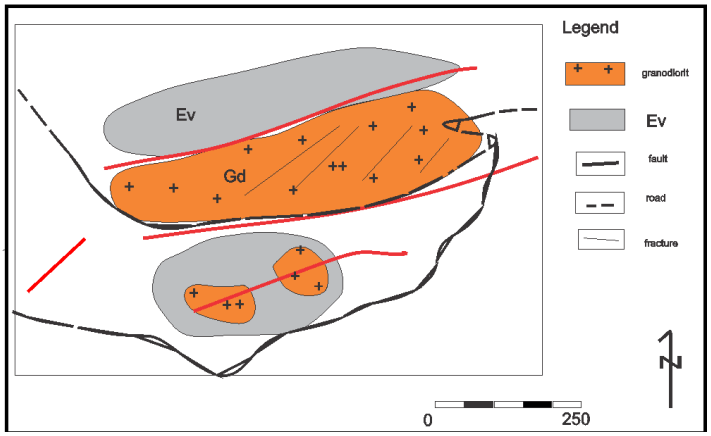
**شکل ۳- بارز سازی خطوط منطقه مورد نظر توسط** high pass filter **در نرم افزار** envi

با توجه به شواهد صحرایی و بررسی عکس های ماهواره ای م.قعیت گسل ها به همراه مختصات utm آن ها رسم گردید.(شکل ۴)




**شکل ۴- نقشه گسل های اصلی منطقه جنگا در نرم افزار ترسیمی** corel

موقعیت آنومالی ۱ و ۲ و گسل ها نیز رسم گردید.(شکل ۵)




**شکل ۵- رسم گسل ها و آنومالی ۱ و ۲ در نرم افزار ترسیمی** corel

◊◊◊◊◊◊◊

## نتیجه گیری :

با توجه به بررسی گسل ها و شکستگی های منطقه، نتایج آنالیز داده ها حاصل و کارهای نرم افزاری منطقه معدنی جنگا به نظر می رسد که به احتمال زیاد گسل های موجود در غنی شدگی و ایجاد آنومالی آهن در منطقه مورد مطالعه نقش اساسی داشته باشدزیرا که مناطق پر عیار آهن در کنار گسل ها بیشتر دیده میشود.

◊◊◊◊◊◊◊

## منابع فارسی :

۱] حداد تهرانی، مورو، ۱۳۹۱. گزارش پایان اکتشاف محدوده سنگ آهن جنگا، سازمان صنعت، معدن و تجارت جنوب استان کرمان، ۲۳۲ صفحه.

[۳] درویش زاده، ع.، ۱۳۷۰. زمین‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ویرایش اول، ۹۰۱ صفحه.

[۴] حسنی پاک؛ ع.، ۱۳۹۱. اصول اکتشاف ژئوشیمیایی؛ انتشارات دانشگاه تهران، ۶۱۵ صفحه.

[۵].حداد تهرانی، مورو، ۱۳۹۱. گزارش پایان اکتشاف محدوده سنگ آهن جنگا، سازمان صنعت، معدن و تجارت جنوب استان کرمان، ۱۸-۲ صفحه.

◊◊◊◊◊◊◊

## References:

[2] Dimitrijevic, M.D., 1973. Geology of Kerman region. Geological Survey of Iran, Report no, yu/52, Tehran, 334p.

# تاثیر دانه‌بندی و سختی کانسنگ بر عملکرد آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن

داوود نعمایی، دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند
علی بهنام فرد، دکترای فرآوری مواد معدنی، هیئت علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه بیرجند (مسئول مکاتبات)
behnamfard@birjand.ac.ir

**چکیده :**

امروزه استفاده از آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن در مدارهای خردایش ماده معدنی به دلیل اینکه جایگزین چند مرحله سنگ‌شکنی و آسیاکنی می‌شوند رایج شده است. عملکرد این نوع آسیا نسبت به تغییرات در توزیع اندازه ابعادی خوراک و سختی کانسنگ تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در برخی از عملیات‌ها که این تغییرات به خوبی کنترل نمی‌شوند عملکرد آسیا کاهش یافته و به عنوان یک مشکل بزرگ دیده می‌شود. با این حال، برخی از عملیات‌ها رابطه بین اندازه و سختی خوراک بر عملکرد آسیا را بدست آورده‌اند و آنها را برای بهبود عملکرد آسیا تغییر داده‌اند. در این تحقیق، تاثیر توزیع ابعادی خوراک و همچنین سختی خوراک بر عملکرد آسیاهای خودشکن و نیمه‌خودشکن بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش ابعاد کانسنگ ورودی (اندازه حداکثری و $F_{80}$)، توان مصرفی آسیای نیمه‌خودشکن افزایش و ظرفیت آن کاهش یافته است و روند عکس برای آسیای خودشکن وجود دارد. افزایش سختی خوراک در آسیاهای خودشکن و نیمه‌خودشکن باعث افزایش توان مصرفی و کاهش ابعاد محصول می‌شود.

**کلید واژه ها:** دانه‌بندی و سختی خوراک، آسیای خودشکن و نیمه خودشکن، توان مصرفی، ظرفیت آسیا، دانه‌بندی محصول

## The effect of ore particle size and hardness on performance of AG/SAG mills

Davood Neamaei, MSc. Student of Mineral processing, Faculty Engineering, University of Birjand
Ali Behnamfard, Assistant Prof. of Mining Engineering group, University of Birjand (Corresponding Author)
behnamfard@birjand.ac.ir

**Abstract:**

Today, the use of autogenous (AG) and semi-autogenous (SAG) mills in ore comminution circuits has become commonplace. It is due to the substitution of several crushing and grinding stages by one AG/SAG mill. The performance of this mill is affected by changes in the distribution of feed size and hardness of the ore. In some operations, which are not well controlled, the performance of AG/SAG mill is reduced and is seen as a big problem. However, some operations have gained the relation between the particle size and hardness of feed with the mill performance and have changed them to improve mill's performance. In this research, the effects of feed particle size distribution as well as feed hardness on the performance of AG/SAG mills are studied. The results of this study showed that the power consumption of SAG mill increases and its throughput decreases by increasing the particle size of the feed ore (top size and $F_{80}$) and a reverse case is observed for AG mill. Increasing the ore hardness increases the power consumption and reduces the product size in AG/SAG mills.

**Keywords:** Ore particle size and hardness, AG/SAG mill, Power consumption, Mill throughput, Product size

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

قسمت اعظم هزینه و مصرف انرژی (حدود ۶۰ درصد) در کارخانه‌های فراوری مواد معدنی مربوط به مرحله خردایش است (Silva and Casali, 2015). از اینرو می‌توان با بهینه‌سازی مصرف انرژی در این بخش، هزینه‌های فرآوری ماده معدنی را به میزان زیادی کاهش داد. در سال‌های اخیر استفاده از آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن در مدارهای خردایش، منجر به کاهش چشمگیر هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی کارخانه‌های فرآوری با ظرفیت بالا شده است. شکل ۱ نمایی از مدار آسیاکنی مجتمع سنگ آهن سنگان (شرکت اپال پارسیان) را نشان می‌دهد. در این کارخانه سنگ معدن استخراجی از معدن پس از عبور از سنگ‌شکن ژیراتوری، وارد آسیای خودشکن شده و سپس وارد آسیای گلوله‌ای می‌شود تا به ابعاد محصول مورد نظر برسد. بنابراین با توجه به اینکه آسیای خودشکن خود به تنهایی جایگزین چند مرحله خردایش شامل سنگ‌شکنی مرحله دوم، سنگ شکنی مرحله سوم و آسیاکنی مرحله اول می‌شود، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی واحد فرآوری کاهش چشمگیری می‌یابد (Lynch et al., 1977). اما یکی از ضعف‌های این آسیاها حساسیت عملکرد آنها به تغییرات مواد ورودی فرایند است. مهمترین تغییرات مواد ورودی، اندازه ابعادی و سختی سنگ معدن است. این حساسیت بالا به آن دلیل است که خود کانسنگ نقش بار خردکننده را ایفا می‌کند. آسیاهای خودشکن در این رابطه نسبت به آسیاهای نیمه خودشکن حساس‌تر هستند زیرا حساسیت آسیاهای نیمه خودشکن با افزایش بار گلوله به میزان زیادی کمتر می‌شود.



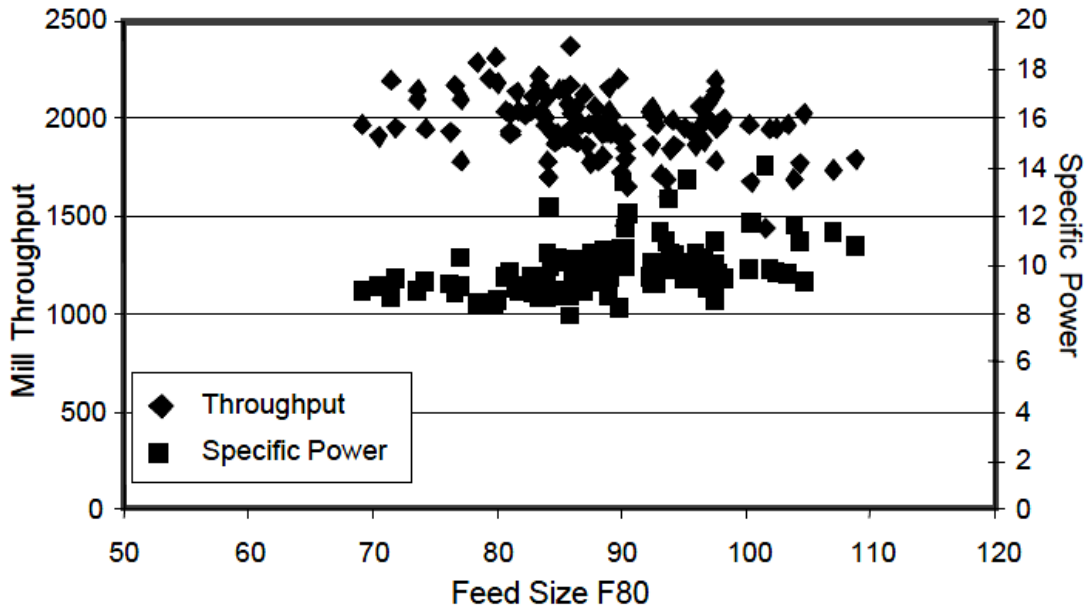

شکل ۱. تصویری از مدار خردایش مجتمع سنگ آهن سنگان خواف (شرکت اپال پارسیان) شامل آسیای خودشکن و گلوله‌ای

وابستگی عملکرد آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن به اندازه و سختی خوراک را می توان از طریق تغییرات در این دو پارامتر به مزیت تبدیل کرد. برای انجام این کار، درک رابطه بین اندازه و سختی خوراک با عملکرد آسیا بسیار مهم است. این مقاله برخی از روابط مشاهده شده بین اندازه و سختی خوراک و عملکرد آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن از نظر توان مصرفی، ظرفیت آسیا و دانه‌بندی محصول را نشان می‌دهد.

◇◇◇◇◇◇◇

**تاثیر اندازه ابعادی خوراک ورودی بر عملکرد آسیای خودشکن و نیمه خودشکن**

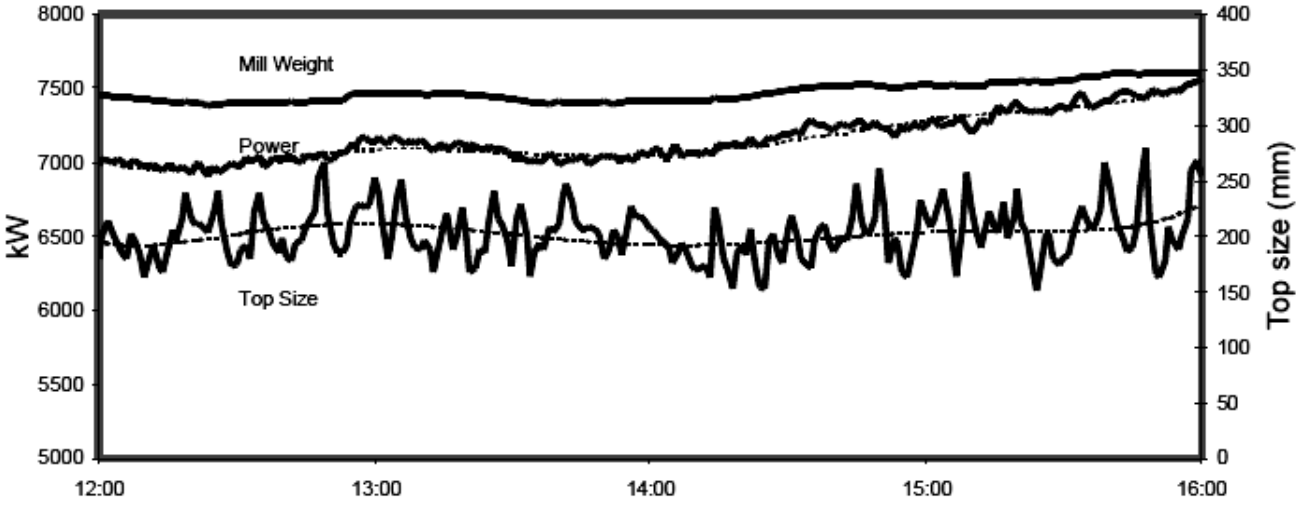
شکل ۲ تاثیر اندازه ابعادی خوراک ($F_{80}$) بر مصرف انرژی و ظرفیت آسیای نیمه خودشکن با ۱۲-۱۵٪ گلوله را نشان می-دهد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار $F_{80}$، انرژی مصرفی بیشتر و ظرفیت آسیا کاهش پیدا می کند بطوریکه در محدوده $F_{80}$ برابر با ۷۰ تا ۱۱۰ میلی متر، ۳۰٪ نوسان در انرژی مصرفی و ظرفیت آسیا وجود دارد که مقدار قابل توجهی است (Morrell and Valery, 2001).



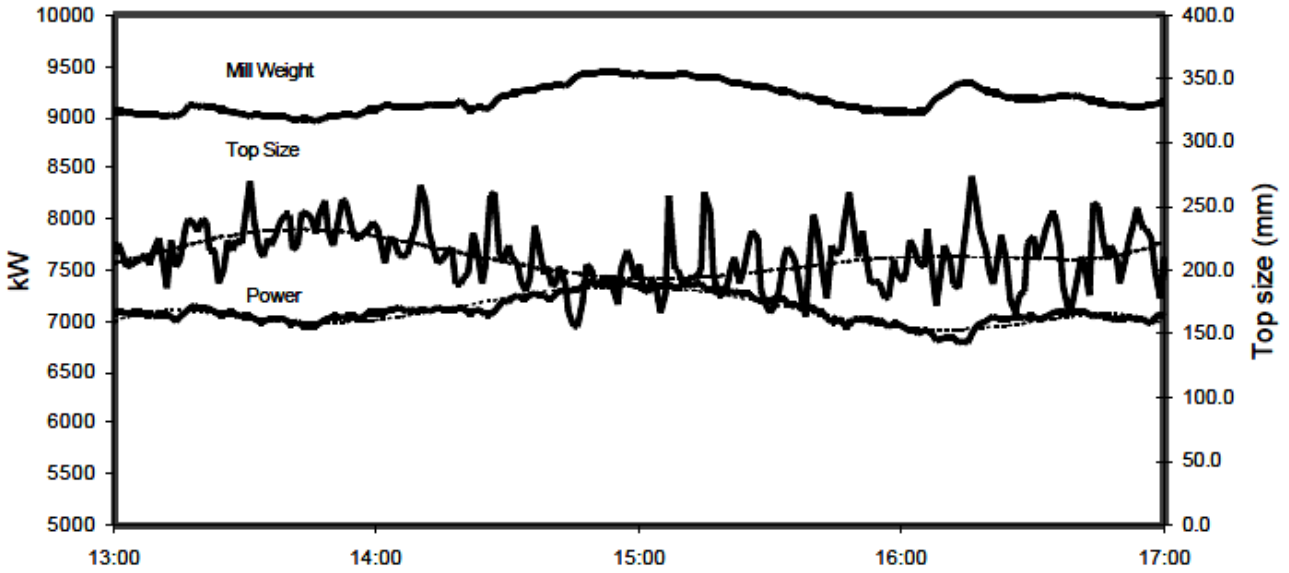

شکل۲. تاثیر اندازه خوراک ($F_{80}$) آسیای نیمه خودشکن بر ظرفیت و توان مصرفی آن (Morrell and Valery, 2001)

رابطه بین اندازه حداکثر خوراک ورودی و عملکرد یک آسیای نیمه‌خودشکن در شکل ۳ نشان داده شده است. این شکل به وضوح نشان می‌دهد که با افزایش حداکثر ابعاد خوراک، وزن آسیا افزایش می‌یابد زیرا خرد کردن سنگ‌های بزرگتر برای آسیا به میزان زیادی مشکل است. مصرف انرژی نیز با افزایش وزن آسیا افزایش می‌یابد و ظرفیت آسیا کاهش پیدا می‌کند. این نکته حائز اهمیت است که تأکید کنیم این نتیجه و نتیجه حاصل از شکل ۲ مربوط به آسیای نیمه خودشکن است و این مسئله لزوماً در مورد آسیای خودشکن صدق نمی‌کند. برای نشان دادن این مطلب، داده‌های شکل ۳ برای آسیای خودشکن نیز به دست آمد و در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود روند به دست آمده برای آسیای خودشکن بسیار متفاوت از آسیای نیمه خودشکن است. در مورد آسیای خودشکن در شکل ۴ مشاهده می‌شود

که با افزایش اندازه حداکثر خوراک، وزن آسیا کاهش می‌یابد یعنی آسیا کردن در این شرایط آسانتر است و در نتیجه آن توان مصرفی کاهش یافته و باعث افزایش میزان ظرفیت می‌شود (Morrell and Valery, 2001).




شکل ۳. تاثیر اندازه حداکثر خوراک (Top size) بر توان مصرفی و وزن آسیای نیمه خودشکن (SAG Mill) (Morrell and Valery, 2001)

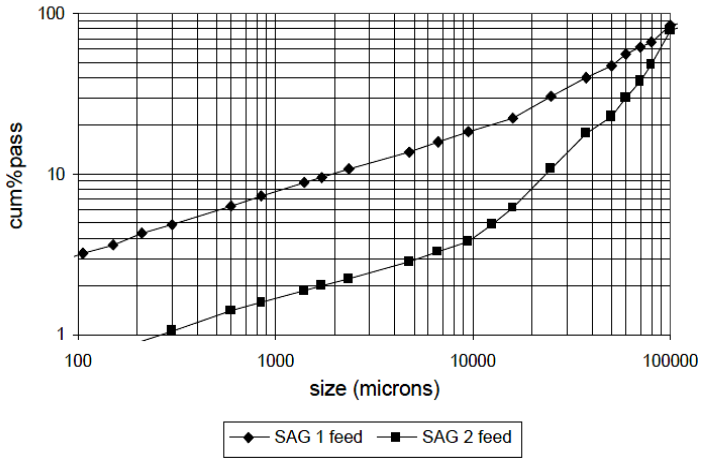



شکل ۴. تاثیر اندازه حداکثر خوراک (Top size) بر توان مصرفی و وزن آسیای خودشکن (AG Mill) (Morrell and Valery, 2001)

پاسخ متفاوت آسیاهای خودشکن و نیمه خودشکن به تغییرات در اندازه خوراک غیر منتظره نیست و ناشی از این واقعیت است که در آسیاهای خودشکن باید سنگ‌های بزرگی وجود داشته باشد که بتواند سنگ‌های با اندازه متوسط را خرد کند. اگر تعداد این سنگ‌های بزرگ کافی نباشد در نتیجه سنگ‌های با اندازه متوسط به میزان کافی شکسته نمی‌شوند، بنابراین باعث افزایش به اصطلاح اندازه بحرانی شده که در نتیجه منجر به ظرفیت کمتر می‌شود (Morrell and Valery, 2001).

این بدان معنا نیست که عملکرد آسیای خودشکن را می‌توان با افزایش اندازه خوراک بهبود داد. یک تعادل باید میان تعداد سنگ‌های درشت و سنگهای با اندازه متوسط باشد. اگر سنگ‌های درشت در آسیا خیلی زیاد شوند موجب عدم تعادل می‌شوند و در آسیا باقی می‌مانند و در نتیجه ظرفیت آسیا کم می‌شود. شرایط مشابه این در آسیای نیمه خودشکن اعمال می‌شود. با این حال، تعادل مورد نیاز بین سنگهای درشت و متوسط در این آسیا متفاوت با آسیای خودشکن است. این به این دلیل است که گلوله‌های های فولادی در آسیای نیمه خودشکن وظیفه سنگ‌های بزرگتر را ایفا می‌کنند. در نتیجه وجود گلوله‌های بیشتر در آسیای نیمه خودشکن باعث نیاز به سنگ درشت کمتر در آسیا می‌شود. از این رو روند کلی در آسیای نیمه خودشکن این است که خوراک‌های با اندازه کوچکتر بهتر از خوراک‌های بزرگتر عمل می‌کنند (Morrell and Valery, 2001).

هرچند $F_{80}$ و اندازه حداکثر نشانگرهای مفیدی هستند، اما نباید بر آنها به طور انحصاری تکیه کرد. شکل ۵ مثال خوبی از این مسئله ارائه می‌کند. این شکل توزیع ابعادی خوراک که از یک استوک‌پال برداشت شده‌اند را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود این دو خوراک دارای اندازه حداکثر و $F_{80}$ مشابه هستند ولی توزیع ابعادی آنها به میزان زیادی تفاوت دارد. تفاوت بین این دو منحنی دانه‌بندی بواسطه افتراق مواد پس از انباشت در تلنبار و برداشت نامتقارن از آن توسط نوار نقاله است. ظرفیت آسیای نیمه خودشکن تغذیه شده با این دو خوراک که دارای $F_{80}$ مشابه هستند به میزان قابل توجهی متفاوت است بطوریکه برای نمونه با دانه‌بندی ریزتر، ظرفیت آسیا ۵۰٪ نسبت به نمونه با دانه‌بندی درشت‌تر بیشتر است (Morrell and Valery, 2001).



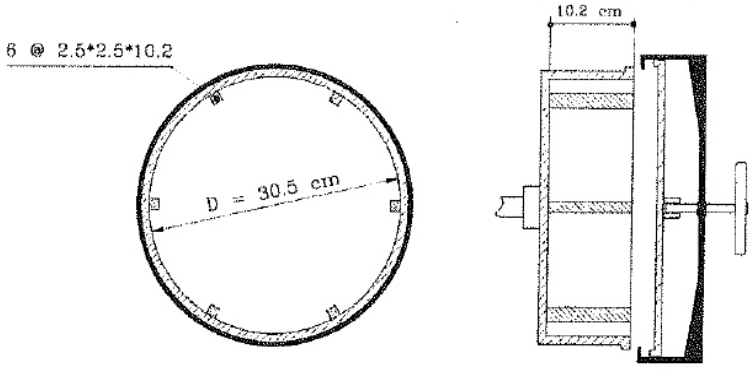

شکل ۵. تغییرات اندازه خوراک برداشت از یک استوک‌پایل بواسطه افتراق بار در آن و برداشت نامتقارن (Morrell and Valery, 2001)

◇◇◇◇◇◇◇

## تاثیر سختی خوراک ورودی بر عملکرد آسیای خودشکن و نیمه خودشکن

سختی کانسنگ یکی از پارامترهایی است که در طی فرآیند استخراج ماده معدنی از یک معدن دچار نوسان می‌شود و عملکرد آسیای خودشکن و نیمه خودشکن را می‌تواند تحت تاثیر قرار دهد. سختی کانسنگ در مدارهای آسیای خودشکن براساس شاخص SPI تعیین می‌گردد که نحوه تعیین آن در ادامه توضیح داده می‌شود.

نمونه سنگ معدن ابتدا توسط سنگ شکن فکی در مدار بسته با سرند ۱۹ mm در طی چند مرحله خرد می‌شود بطوریکه تمام نمونه از سرند ۱۹ میلیمتر عبور کند. بعد از سنگ‌شکنی نمونه توسط سرند ۱۲/۷ mm به دو فراکسیون تقسیم می‌شود. ۴۰۰ گرم از فراکسیون بزرگتر از ۱۲,۷ میلیمتر و ۱۶۰۰ گرم از فراکسیون کوچکتر از ۱۲,۷ میلیمتر را مخلوط کرده و به داخل آسیا ریخته می‌شود. با این کار نمونه داخل آسیا دارای وزن ۲ کیلوگرم با k80=12.7 mm خواهد بود. سپس با اضافه کردن گلوله ۲۵ میلیمتری به اندازه ۱۵ درصد حجم آسیا (معادل ۵ کیلوگرم) آزمایش قابل انجام خواهد بود. آسیای مورد استفاده دارای مشخصات استاندارد است بطوریکه دارای قطر درونی ۳۰۵ و طول ۱۰۲ میلیمتر می‌باشد و درون آسیا ۶ بالابر به ابعاد ۲۵*۲۵ میلیمتر برای سهولت حرکت بار نصب شده و کل طول آسیا را پوشش می‌دهد. شکل ۶ ابعاد طراحی و شکل ۷ تصویر واقعی آسیای مورد استفاده برای تعیین شاخص SPI را نشان می‌دهد (Starkey, 2006; Starkey and Dobby, 1996).



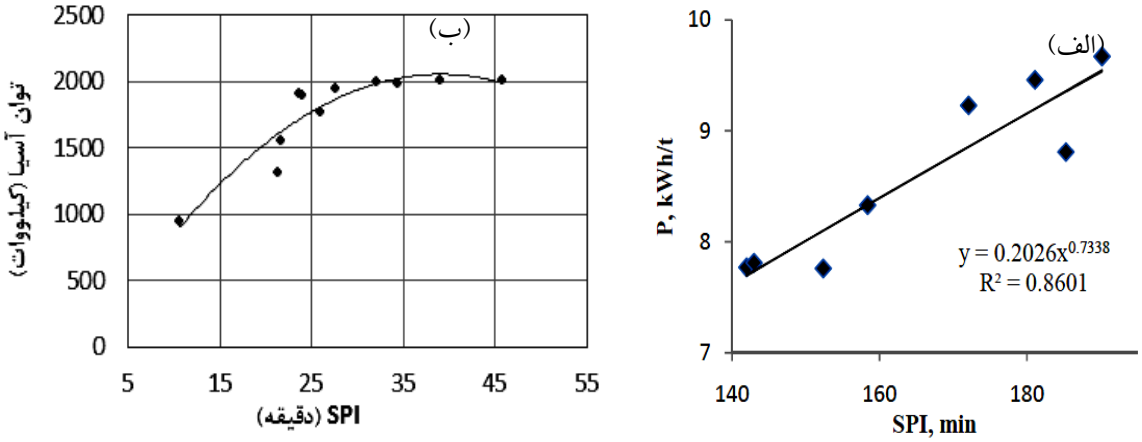

شکل ۶. ابعاد طراحی آسیای مورد استفاده برای تعیین شاخص SPI (Amelunxen et al., 2014)



شکل ۷. تصاویر آسیای مورد استفاده برای تعیین شاخص SPI (Amelunxen et al., 2014)

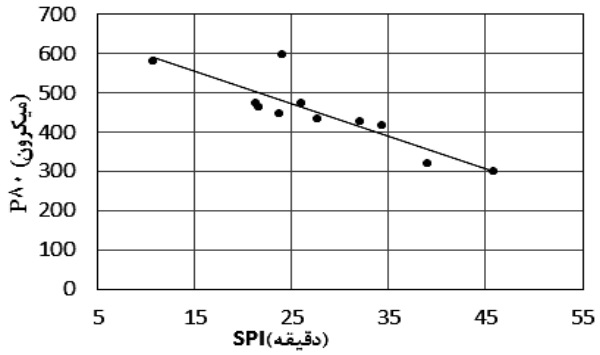
بعد از بستن درب آسیا، آسیای آزمایشگاهی روشن و زمان ثبت می‌شود. باید احتیاط نمود که یک نمونه ناشناخته بیش از اندازه نرم نشود. پس از اولین مرحله نرم کنی، نمونه از داخل آسیا تخلیه شده و با سرند ۱۰مش سرند می‌شود. در صورتیکه وزن مواد مانده روی این سرند بیش از ۴۰۰ گرم باشد همه نمونه به همراه گلوله‌ها جهت نرم‌کنی بیشتر به داخل آسیا برگردانده می‌شود. زیرا باید ۸۰ درصد مواد از سرند ۱۰ مش عبور نماید. با تکرار این فرایند در طی چند مرحله نمونه تا ۸۰ درصد عبوری از سرند ۱۰مش نرم می‌گردد. مجموع زمان‌های بدست آمده از این آزمایش بر حسب دقیقه نمایانگر میزان سختی نمونه (SPI) نمونه مزبور است (Starkey, 2006; Starkey and Dobby, 1996).

بارانی بیرانوند و قربانی مقدم (۱۳۹۵) تاثیر سختی خوراک بر عملکرد آسیای خودشکن مجتمع سنگ آهن گل‌گهر را بررسی کردند. شکل ۸-الف رابطه بین شاخص SPI و توان مصرفی آسیا را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار شاخص SPI، توان مصرفی آسیا افزایش یافته است. سختی کانسنگ و شاخص SPI ارتباط مستقیمی دارند بطوریکه با افزایش سختی مقدار شاخص SPI افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان بیان نمود که با افزایش سختی کانسنگ توان مصرفی آسیا افزایش پیدا می‌کند. دلیل این موضوع بواسطه افزایش پرشدگی آسیا و در نتیجه آن افزایش گشتاور وارده توسط باز داخلی آسیا است. جهانی و سایرین (۱۳۹۱) رابطه بین شاخص SPI و توان مصرفی آسیای نیمه‌خودشکن مجتمع مس سرچشمه را بررسی کردند که نتایج در شکل ۸-ب ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در اینجا نیز با افزایش شاخص SPI و به عبارت دیگر با افزایش سختی خوراک میزان توان مصرفی آسیا افزایش یافته است.




شکل ۸ رابطه بین شاخص SPI و توان مصرفی الف) آسیای خودشکن مجتمع سنگ آهن گل‌گهر ب) آسیای نیمه خودشکن مجتمع مس سرچشمه

شکل ۹ تاثیر سختی خوراک را بر $P_{80}$ محصول آسیای خودشکن مجتمع سنگ آهن گل‌گهر را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار SPI و به عبارت دیگر با افزایش سختی خوراک، محصول آسیای خودشکن دانه‌ریزتر می‌شود. دلیل این موضوع بواسطه افزایش پرشدگی آسیا و در نتیجه تغییر مکانیزم شکست از شکست ضربه‌ای به شکست سایشی-فرسایشی است که منجر به ریزتر شدن محصول آسیای خودشکن می‌شود (بارانی بیرانوند و قربانی مقدم، ۱۳۹۵).




شکل ۹. رابطه بین شاخص SPI و ابعاد محصول آسیای خودشکن مجتمع سنگ آهن گل‌گهر (بارانی بیرانوند و قربانی مقدم، ۱۳۹۵)

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

حساسیت آسیاهای نیمه‌خودشکن و خودشکن به مشخصات بار ورودی شامل اندازه ابعادی و سختی غیر قابل اجتناب است و درصورتیکه به طور مناسب کنترل نشوند باعث افت عملکرد و افزایش توان مصرفی آسیا می‌شوند. با این حال فرصت-هایی وجود دارد که می‌توان این تغییرات را با اثر خوب بکار برد و باعث بهبود قابل توجه عملکرد آسیا گردد. در مورد آسیاهای نیمه خودشکن، افزایش ابعادی خوراک ورودی منجر به افزایش در توان مصرفی آسیا و کاهش ظرفیت آن می-شود و عکس این روند در مورد آسیاهای نیمه خودشکن وجود دارد. بنابراین با کاهش اندازه ورودی خوراک به آسیای نیمه خودشکن و افزایش آن در مورد آسیای خودشکن می‌توان عملکرد آنها را بهبود بخشید. افزایش سختی خوراک منجر به افزایش توان مصرفی و کاهش ظرفیت آسیا و همچنین کاهش $P_{80}$ محصول می‌شود.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

بارانی‌بیرانوند، ک.، قربانی‌مقدم، م.، ۱۳۹۵، "بررسی تاثیر مشخصات بار ورودی بر عملکرد آسیای خودشکن خط سه کارخانه منیتیت شرکت گل‌گهر سیرجان"، نشریه علمی-پژوهشی مهندسی معدن، دوره یازدهم، شماره ۳۲، (۱۰۹-۱۱۷).

جهانی، م.، نوع‌پرست، م.، فرزانگان، ا.، لنگری‌زاده، غ.، ۱۳۹۱، "مدلسازی توان مصرفی آسیای نیمه‌خودشکن کارخانه پرعیارکنی ۲ مجتمع مس سرچشمه با استفاده از روش SPI"، نشریه علوم و مهندسی جداسازی، دوره چهارم، شماره دوم، (۴۹-۶۳).

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

Amelunxen, P., Berrios, P., Rodriguez, E., 2014. *"The SAG grindability index test"*, Minerals Engineering, 55, p. 42–51

Lynch, A. J., Bush, P. D., Bell, A. I. S., 1977. *"Unit Mineral crushing and grinding circuits: their simulation, optimisation, design, and control"*, Elsevier Scientific Pub. Co., Netherland.

Morrell, S., Valery, W., 2001, *"Influence of feed size on AG/SAG mill performance"*, SAG 2001 conference, Mining and Mineral Process Engineering Department, University of British Columbia, Vancouver, B. C., Canada.

Silva, M., Casali, A., 2015. *"Modelling SAG milling power and specific energy consumption including the feed percentage of intermediate size particles"*, Minerals Engineering, 70, p. 156–161.

Starkey, J., 2006. *"Accurate, economical grinding circuit design using SPI and Bond"*, Starkey & Associates 336-268 Lakeshore Road East, Oakville, Ontario L6J 7S4.

Starkey, J., Dobby, G., 1996. "Application of the MinnovEX SAG power index at five Canadian SAG plants, Int. Autogenous and Semi-autogenous Grinding Technology, Vancouver, Oct. 6-9, Vol. 1, p. 345-360.

# کانی‌شناسی و خاستگاه زمین‌شناسی ذخایر تیتانیوم و پرعیارسازی آنها به روش فلوتاسیون

◇◇◇◇◇◇◇

کامران چگنی، دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران
علی بهنام فرد، دکترای فرآوری مواد معدنی، هیئت علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه بیرجند (مسئول مکاتبات)
behnamfard@birjand.ac.ir

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

تیتانیوم کاربرد فراوانی در ساخت سامانه‌های هوایی، تجهیزات نظامی و تولید مواد شیمیایی مختلف از جمله رنگدانه دارد. در این تحقیق، کانی‌شناسی و خواستگاه زمین‌شناسی ذخایر تیتانیوم بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان داد که امروزه تولید ایلمنیت از ذخایر سنگی بیشتر از ذخایر ماسه‌ای است و تقریباً تمامی ذخایر سنگی مهم و با ارزش اقتصادی شناخته شده ایلمنیت، به همراه سنگ‌های آنورتوزیت یا گابروها یافت می‌شوند. در ادامه این تحقیق، فرآوری کانسنگ‌های تیتانیوم بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان داد که هرچند روش‌های مختلفی از جمله روش‌های جدایش ثقلی برای فرآوری کانسنگ‌های تیتانیوم وجود دارد ولی امروزه با کاهش ذخایر پرعیار تیتانیوم و همچنین کاهش درجه آزادی کانی ایلمنیت، تکنولوژی فلوتاسیون مورد توجه قرار گرفته است و با موفقیت در معادن مختلف دنیا از جمله معدن تیتانیا نروژ بکار گرفته شده است. چالش اصلی پرعیارسازی کانسنگ ایلمنیت‌دار به روش فلوتاسیون، تمایل کم کلکتور آنیونی به جذب بر سطح ایلمنیت است که باعث افت بازیابی در مدار می‌شود. راهکار اصلی برای غلبه بر این چالش، افزودن نیترات سرب به پالپ فلوتاسیون است که در این تحقیق مبانی علمی آن بررسی شده است. با توجه به عیار کم و پیچیدگی کانی‌شناسی کانسنگ‌های ایلمنیت ایران، می‌توان با بکارگیری تکنولوژی فلوتاسیون پرعیارسازی آنها را به طور مطلوب انجام داد.

**کلید واژه ها**: ذخایر تیتانیوم‌دار، ایلمنیت، خاستگاه زمین‌شناسی، فرآوری، فلوتاسیون، نیترات سرب

◇◇◇◇◇◇◇

# Mineralogy and the geological origin of the titanium deposits and their up-gradation by flotation

Kamran Chegni, MSc. Student of Mineral processing, Faculty of Mining Engineering, Amirkabir University of Technology
Ali Behnamfard, Assistant Prof. of Mining Engineering group, University of Birjand (Corresponding Author)
behnamfard@birjand.ac.ir

**Abstract:**

Titanium is widely used in the construction of aerial systems, military equipment and the production of various chemicals such as pigments. In this research, the mineralogy and geology of titanium deposits are investigated. The results of this study showed that today ilmenite production from rock deposits is more than sand deposits and almost all of the important and economic deposits of ilmenite are found along with anorthosite or gabbro rocks. In this study, titanium ore processing has also been reported. The results of this study showed that although there are several methods, such as gravity separation for the processing of titanium ores, but flotation technology has been considered due to the grade reduction of titanium reservoirs as well as the reduction of the degree of freedom of ilmenite. Flotation technology has been successfully applied in various mines such as Titania mine in Norway. The main challenge of the processing of ilmenite ore by flotation is the low tendency of anionic collector to absorb on the surface of the ilmenite, which results in loss of recovery in the circuit. The

main solution to overcome this challenge is to add lead nitrate to the flotation pulp and its theoretical fundamentals has been reviewed in this research. Due to the low grade and complexity of the mineralogy of Iran's ilmenite ores, it is possible to upgrade them properly using flotation technology.

**Keywords:** Titanium deposits, ilmenite, Geological origin, Processing, Flotation, Lead nitrate

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

تیتانیوم به دلیل نسبت بالای مقاومت مکانیکی به وزن و همچنین مقاومت بالا در برابر خوردگی‌ها باعث شده است تا کاربرد فراوانی در صنایع مختلف از جمله رنگ‌سازی، پلاستیک‌سازی، کاغذسازی، لمینت‌ها، فولاد، تکنولوژی فضایی و هوایی داشته باشد. عمده مصرف تیتانیوم در تولید رنگدانه است. تجارت جهانی رنگدانه اکسید تیتانیوم سالیانه ۴/۵ میلیون تن با ارزش در حدود ۷ میلیارد دلار است. دلیل این موضوع آن است که اکسید تیتانیوم با توجه به قدرت پوشش بسیار مناسب، ضریب انعکاس بالا و ویژگی‌های دیگر آن از کیفیت مطلوبی در بین رنگدانه‌های سفید برخوردار بوده و کاربردهای فراوانی دارد.

تیتانیوم یکی از فراوان‌ترین فلزات در پوسته زمین با فراوانی بیش از ۰/۶۲ درصد است. تیتانیوم بیشتر در سنگ‌های آذرین و دگرگونی یافت می‌شود. این عنصر به صورت دی اکسی تیتانیوم و نمک‌های اسیدهای تیتانیوم دیده می‌شود. تیتانیوم قادر به ایجاد ترکیبات آنیونی از جمله تیتانیت‌های ساده است. هم‌چنین تیتانیوم را می‌توان همراه با کانی‌های حاوی نیوبیوم، سیلیکات‌ها، زیرکن و سایر کانی‌ها یافت. در مجموع حدود ۷۰ کانی تیتانیوم‌دار شناخته شده است ولی تنها تعدادی از این کانی‌ها دارای ارزش اقتصادی هستند. جدول (۱) کانی‌های اصلی و مهم تیتانیوم‌دار را نشان می‌دهد. ایلمنیت و روتیل مهمترین کانی‌های اقتصادی تیتانیوم‌دار هستند (Bulatovic, 2010; Nayl and Aly, 2009).

جدول ۱. مهمترین کانی‌های با ارزش اقتصادی تیتانیوم

| نام کانی | فرمول شیمیایی | $TiO_2$ % | وزن مخصوص (g/cm3) | سختی |
|---|---|---|---|---|
| ایلمنیت (Ilmenite) | $FeTiO_3$ | ۵۲/۶ | ۴/۶ – ۵/۲ | ۵ – ۶ |
| روتیل (Rutile) | $TiO_2$ | ۱۰۰ | ۴/۳ | ۶ |
| ایلمینوروتیل (Ilmenorutil)* | $(Ti,Nb,Fe)O_2$ | ۵۳ | ۴/۶ – ۵/۱ | ۶ |
| پروسکایت (Perovskite) | $CaTiO_3$ | ۵۸/۹ | ۴ | ۵/۵ – ۶ |
| اسفن (Sphene) | $SiO_2.TiO_2.CaO$ | ۴۰/۸ | ۳/۳ – ۳/۶ | ۵/۶ |
| لوپاریت (Loparite) | $(Na,Ce,Sr,Ca)(Nb,Ti)O_2$ | ۳۹/۲ | ۴/۷ – ۵ | ۵/۵ – ۶ |
| لوکوکسن (Lucoxene) | $TiO_2.TiO_2.SiO_2$ | ۵۰ – ۹۵ | ۳/۳ – ۴/۳ | ۵ – ۶ |
| مگنتیت تیتانیوم دار (Titanomagnetite) | **$FeTiO_3.Fe_3O_4$ | ۲ – ۳۰ | ۴/۵ – ۶ | ۵/۵ – ۶ |

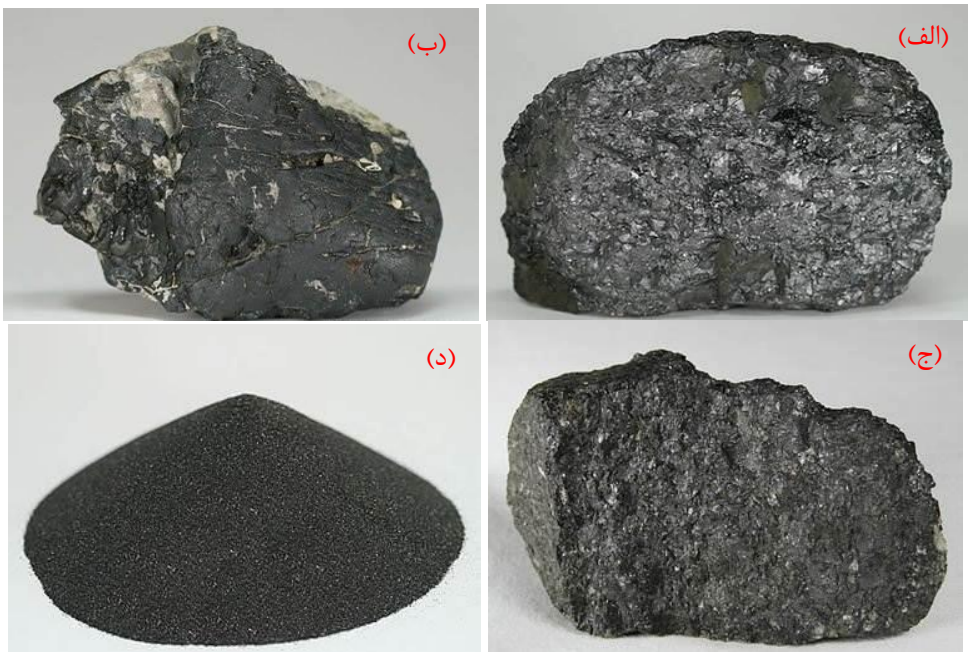
* در صورت بالا بودن میزان عنصر نیوبیم (Nb) این کانی در گروه کانی‌های نیوبیم قرار می‌گیرد.

** یا $Fe_3O_4.TiO_2$

◇◇◇◇◇◇◇

## خواستگاه زمین‌شناسی ذخایر ایلمنیت‌دار:

کانی‌های تیتانیوم‌دار از ذخایر سنگی و هم‌چنین ماسه‌ای استخراج می‌شوند. تا سال ۱۹۴۵ بیشتر استحصال تجاری ایلمنیت و روتیل از ذخایر ماسه‌ای بود اما امروزه تولید ایلمنیت از ذخایر سنگی بیشتر از ذخایر ماسه‌ای است. شکل (۱) تصاویری از کانسنگ ایلمنیت یافت شده در نقاط مختلف دنیا را نشان می‌دهد.




شکل ۱. کانسنگ ایلمنت الف. Saint-Urbain در کبک کانادا ب. Normanville استرالیای جنوبی ج. Kragero نروژ د. ماسه ایلمنیتی از فلوریدا آمریکا

رایجترین ذخایر ماسه‌ای تیتانیوم‌دار، ماسه‌های سیاه رنگ در رودخانه‌ها و سواحل مناطق آتشفشانی هستند. کانی‌های سیاه رنگ اصلی ماسه‌ها شامل مگنتیت، تیتانوفروس[2] مگنتیت و سیلیکات‌های سیاه رنگ هستند. تولید ایلمنیت مناسب برای تهیه رنگدانه از ماسه سیاه بسیار دشوار است اما سایر ذخایر ماسه‌ای که حاوی روتیل، ایلمنیت و گاهی مونازیت[3] هستند در استرالیا، امریکا، هند و آفریقا یافت می‌شوند (Bulatovic, 2010). هند دارای ذخایر غنی ایلمنیت ماسه‌ای در سواحل جنوبی و شرقی است که محتوای اکسید تیتانیوم آن در مناطق مختلف آن بین ۵۰ تا ۶۰ درصد متفاوت است. کشور هند با وجود ذخیره ۲۹۴ میلیون تنی سالیانه در حدود ۰/۲۹ میلیون تن کانسنگ تیتانیوم را تولید می‌کند (Samal et al., 2008).

تقریباً تمامی ذخایر سنگی مهم و با ارزش اقتصادی شناخته شده تیتانیوم، به همراه سنگ‌های آنورتوزیت یا گابروها یافت می‌شوند. کانسارهای سنگی تیتانیوم را می‌توان به سه نوع، ایلمنیت – مگنتیت، ایلمنیت – هماتیت و ایلمنیت – روتیل تقسیم

[2] Titanoferous
[3] Monazite

نمود. در کانسار نوع اول، ایلمنیت و مگنتیت به صورت دانه‌هایی درون خمیره رشد یافته‌اند و به راحتی می‌توان آن‌ها را جدا نموده و دو محصول کنسانتره ایلمنیت و مگنتیت تولید نمود. در حالیکه در کانسار دوم، ایلمنیت و هماتیت در هم رشد داشته و از این کانسنگ می‌توان کنسانتره همو- ایلمنیت تولید نمود. در برخی از کشورها مانند امریکا، کانادا، برزیل، شیلی و برخی دیگر نقاط جهان گونه‌های مختلفی از کانسارهای تیتانیوم از قبیل کانسارهای ایلمنیت پراکنده شده در شیست، کانسارهای ترکیبی آپاتیت ایلمنیت در کانادا و کانسارهای روتیل، آناستاز[4] و بروکیت[5] در فاز پگماتیتی در سنگ‌های آلکالین درامریکا و شیلی دیده می‌شود (Bulatovic, 2010).

یکی از کانسارهای مهم تیتانیوم در ایران، کانسار تیتانیوم کهنوج در نزدیکی شهرستان کهنوج از توابع استان کرمان و در محدوده جنوب و جنوب شرقی کهنوج است. کانسار کهنوج به دلیل ساختار خاص زمین‌شناسی، سنگ شناسی و وجود توده عظیم گابرویی بند زیارت باعث شده است تا یکی از بهترین مناطق ایلمنیت‌دار محسوب شود. ذخیره‌ی این کانسار در حدود ۴۳ میلیون تن با عیار ۳/۷ درصد اکسید تیتانیوم (۵/۳ درصد ایلمنیت) تخمین زده شده است. کانسار آبرفتی درگز یکی از مهمترین ذخایر ایلمنیت در این منطقه به لحاظ عیار و ذخیره قطعی و سهولت بهره برداری است. ذخیره قطعی این کانسار ۲/۴۳۵ میلیون تن برآورد شده است. البته علاوه بر ایلمنیت ۲ میلیون تن منیتیت، ۱۰۰۷۵ تن پنتا-اکسید وانادیم به عنوان ذخایر جانبی شناسایی شده است. مشخصات کمی و کیفی هر دو کانسار آبرفتی و سنگ مادر درگز در جدول (۲) ارائه شده است (کره‌ای، ۱۳۸۳).

جدول۲. مشخصات کمی و کیفی کانسار آبرفتی و سنگ مادر درگز

| نوع کانسار | درصد عیار | | مقدار ذخیره به تن | |
|---|---|---|---|---|
| | $TiO_2$ | $FeTiO_3$ | $TiO_2$ | $FeTiO_3$ |
| آبرفت درگز | ۳/۶ | ۵/۲ | ۱۶۸۰۰۰۰ | ۲۴۳۵۰۰۰ |
| سنگ مادر درگز | ۵/۲۹ | ۸/۷ | ۱۲۴۹۰۰۰۰ | ۲۰۴۷۶۰۰۰ |

◇◇◇◇◇◇◇

## فرآوری کانسنگ ایلمنیت

با توجه به خصوصیات مختلف ایلمنیت مانند دانسیته بالا، خواص پارا مغناطیس و هدایت الکتریکی می‌توان جهت جدایش آن از کانی‌های گانگ از روش‌های ثقلی، جدایش مغناطیس شدت بالا، جدایش الکترواستاتیک و یا ترکیبی از این روش‌ها استفاده نمود. امروزه با کاهش ذخایر پرعیار تیتانیوم و همچنین کاهش درجه آزادی کانی ایلمنیت باعث شده است تا فرآوری کانسنگ‌های کم عیار حاوی ذرات آزاد ایلمنیت که بصورت پراکنده در بین کانی‌های گانگ وجود دارد با روش‌های ذکر شده امکان‌پذیر نباشد. در این مورد تکنولوژی جایگزین، فلوتاسیون است. در این روش با تنظیم شیمی پالپ از طریق افزودن واکنشگرهای شیمیایی، سطح کانی ایلمنیت بطور انتخابی آبران شده و با دمش هوا به داخل سلول

[4] Anastase
[5] Brookite

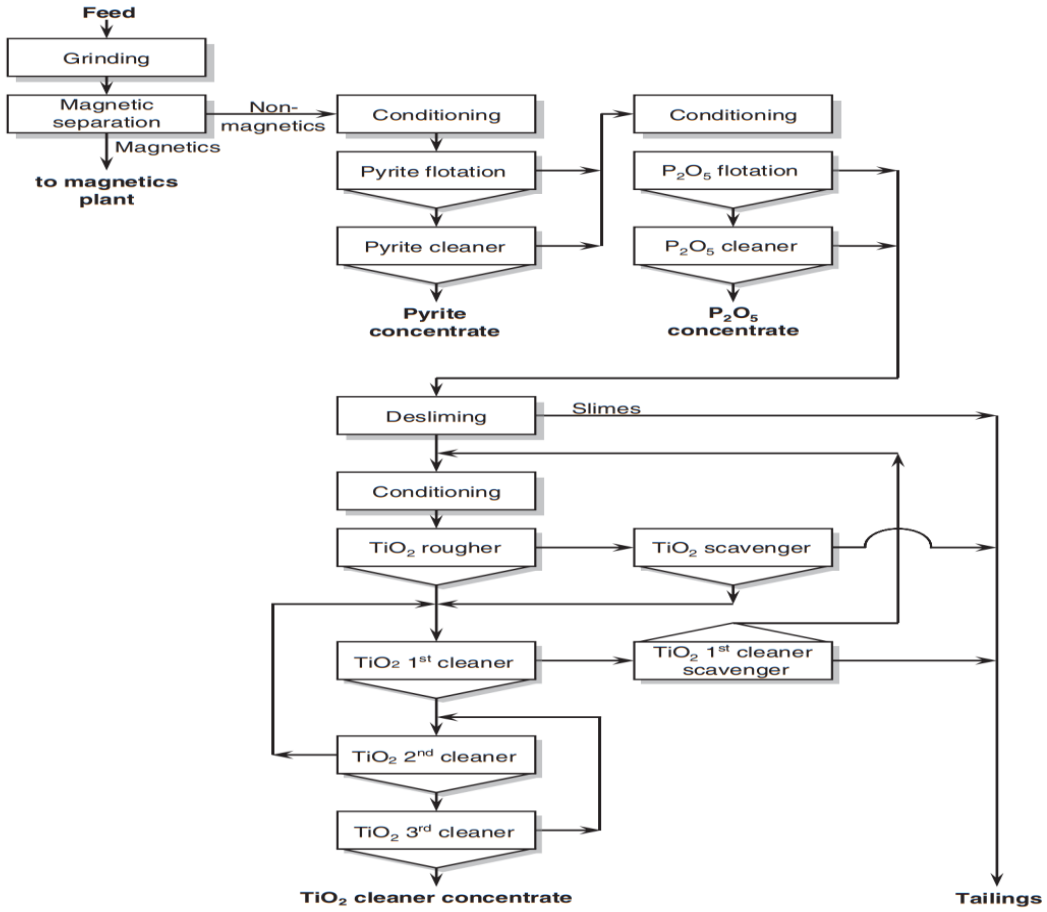
فلوتاسیون جذب حباب‌های هوا شده و به فاز کف منتقل می‌شوند و به این طریق از کانی‌های گانگ جدا می‌شوند. کلکتور مورد استفاده جهت آبران کردن سطح ایلمنیت معمولاً کلکتور آنیونیک از جمله اولئات سدیم و یا هیدروکسامات است و فلوتاسیون در محدوده pH برابر با ۵ تا ۹ انجام می‌شود.

یکی از این کارخانجات که کانسنگ ایلمنیت‌دار را به روش فلوتاسیون فرآوری می‌کند معدن تیتانیا در نروژ است. این واحد در جنوب نروژ واقع شده است. کانی‌های با ارزش این کانسنگ شامل ایلمنیت و مگنتیت و کانی‌های گانگ اصلی آن شامل فلدسپار، هایپرتن[6] و بیوتیت و کانی‌های گانگ فرعی آن شامل پیریت، اولیوین و پیروتیت[7] است. ذخیره این معدن از دو نوع کانسار اصلی Stogargen (کانسار قدیمی) و کانسار Zellnes تشکیل شده است. این دو نوع کانسار در ساختار به کلی متفاوت هستند. مطالعات متعددی بر روی این دو نوع سنگ انجام شده است. طی چند سال با تغییر سنگ در این معدن، باعث شده است تا فلوشیت کارخانه تیتانیا نیز تغییر کند. شکل (۲) فلوشیت فعلی این کارخانه را نشان می‌دهد. این فلوشیت یک روش فلوتاسیون دو مرحله‌ای را نشان می‌دهد که در مرحله اول پیریت و آپاتیت جدا شده و سپس در مرحله دوم فلوتاسیون ایلمنیت انجام می‌شود. پیش از فلوتاسیون پیریت، مگنتیت به کمک روش جداسازی مغناطیسی با شدت کم از مدار حذف می‌شود. واکنشگرهای مورد استفاده در معدن تیتانیا در جدول (۳) آورده شده است. مشکل اصلی در فرآوری این کانسنگ تمایل شناور شدن آپاتیت به همراه ایلمنیت است. دو راه برای کنترل این مشکل مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از این راه‌ها فلوتاسیون آپاتیت در مدار پیریت با استفاده از مقدار کمی روغن کاج[8] و دیگری استفاده از NaF برای بازداشت آپاتیت در طول عملیات پاکسازی ایلمنیت است. هر دو روش قادر به کاهش مقدار آپاتیت در تغلیظ ایلمنیت است (Bulatovic, 2010).

جدول ۳. مواد شیمیایی مورد استفاده در کارخانه تیتانیا

| واکنش دهنده | مقدار واکنش دهنده (g/t) | | pH | |
|---|---|---|---|---|
| | پیریت – آپاتیت | ایلمنیت | پیریت | ایلمنیت |
| **تنظیم کننده و بازدارنده ها** | | | | |
| سدیم کربنات | ۰ – ۲۰۰ | – | ۹ | ۵/۵ |
| سدیم فلورید | – | ۲۰۰ – ۳۰۰ | – | – |
| Nafaril emulsifier | ۵ | ۶۰ – ۱۰۰ | – | – |
| نفت سیاه | ۷۵ | ۵۰۰ -۶۰۰ | – | – |
| **کلکتورها** | | | | |
| Tall oil | ۵۰ – ۷۵ | ۶۰۰ – ۱۳۰۰ | – | – |
| اتیل گزنتات | ۵۰ | – | – | – |

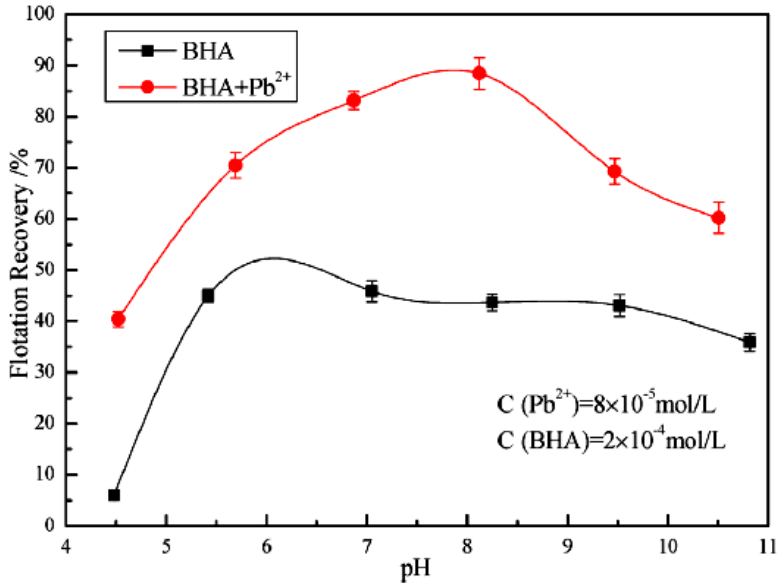
[6] hypersthene
[7] pyrrhotite
[8] Tall oil




شکل ۲. فلوشیت عملیاتی فلوتاسیون ایلمنیت کارخانه تیتانیا

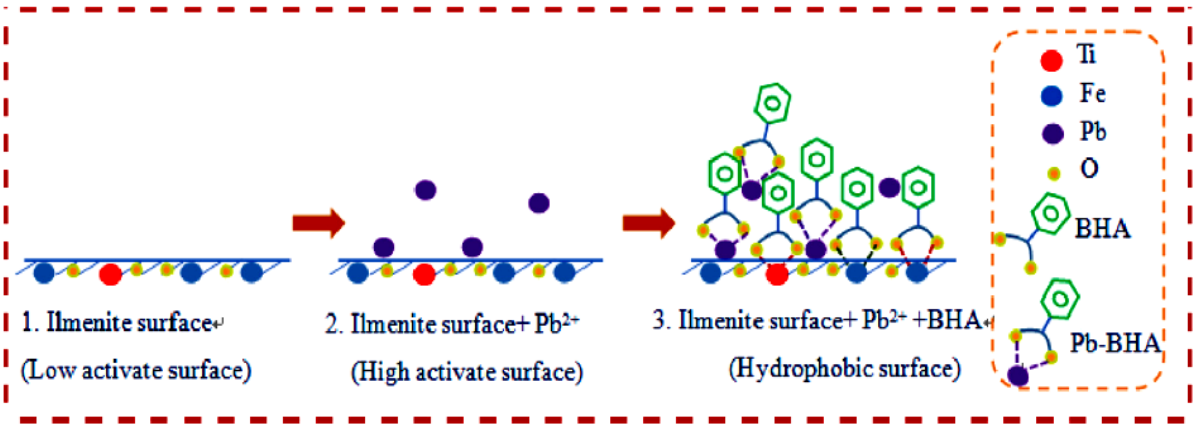
یکی از چالش‌های پرعیارسازی کانسنگ ایلمنیت‌دار به روش فلوتاسیون، تمایل کم کلکتور آنیونی به جذب بر سطح ایلمنیت است که باعث افت بازیابی در مدار می‌شود. دلیل این موضوع آن است که کلکتور آنیونی با کاتیون‌های فلزی سطح ایلمنیت ($Fe^{2+}$ و $Ti^{4+}$) به طور مطلوب واکنش نمی‌دهند و حتی در صورت افزایش مقدار کلکتور نیز این مشکل حل نمی‌شود. مطالعات بسیاری در جهت غلبه بر این محدودیت و بهبود بازیابی فرآیند فلوتاسیون ایلمنیت صورت گرفته است. راهکار اصلی برای اصلاح خواص سطحی ایلمنیت و بهبود جذب کلکتور بر آن و در نتیجه بهبود شناورسازی آن افزودن نیترات سرب است. Fan و Rowson در سال ۲۰۰۰ این ایده را به منظور افزایش بازیابی ایلمنیت در طی فرآیند فلوتاسیون آنیونی مطرح کردند. نتایج آزمایشات آنها نشان داد که وقتی نیترات سرب به میزان ۶۰ گرم بر تن به پالپ فلوتاسیون افزوده می‌شود میزان بازیابی ایلمنیت از ۶۵٪ به ۸۳٪ افزایش می‌یابد. Xu و سایرین (۲۰۱۷) نحوه عملکرد نیترات سرب برای بهبود فلوتاسیون ایلمنیت را تحقیق کردند. شکل (۳) تاثیر افزودن نیترات سرب به پالپ بر بازیابی ایلمنیت در طی فرآیند فلوتاسیون آنیونی در مقادیر مختلف pH را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در غیاب $Pb^{2+}$ بیشینه بازیابی به میزان

۴۵٪ در pH برابر با ۵/۵ به دست آمده است درحالیکه در حضور $Pb^{2+}$ بیشینه بازیابی به میزان ۸۸/۴۶٪ در pH برابر با ۸/۱۲ حاصل شده است. بنابراین افزودن $pb^{2+}$ به میزان زیادی بازیابی ایلمنیت را بوسیله کلکتور هیدروکسامات بهبود می‌دهد.




شکل ۳. بازیابی ایلمنیت در فلوتاسیون آنیونی (BHA کلکتور آنیونی از نوع هیدروکسامات) در حضور و غیاب $Pb^{2+}$ و در مقادیر مختلف pH

در مقادیر pH کمتر از ۸، نیترات سرب به طور عمده در محلول به صورت $Pb^{2+}$ یا $PbOH^{+}$ حضور دارد در حالیکه در مقادیر pH بیشتر از ۸، ترکیبات غالب $Pb(OH)_{2(s)}$ و $Pb(OH)^{3-}$ هستند. جذب این گونه‌های سرب پتانسیل زتای ایلمنیت را تحت تاثیر قرار داده و مکان‌های جذب بر سطح آن ایجاد می‌نماید که منجر به افزایش جذب کلکتور بر سطح ایلمنیت می‌شود. شکل ۴ نحوه تاثیر افزودن یون سرب بر افزایش جذب کلکتور بر سطح ایلمنیت را نشان می‌دهد. افزایش جذب کلکتور بر ایلمنیت باعث افزایش آبرانی آن شده و در نتیجه بازیابی فلوتاسیون افزایش می‌یابد.




شکل ۴. نمایش شماتیک نحوه تاثیر افزودن سرب به پالپ بر افزایش جذب کلکتور بر سطح ایلمنیت

◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

تیتانیوم به دلیل مقاومت بالا در برابر خوردگی و داشتن بالاترین نسبت مقاومت به چگالی در برابر دیگر عناصر فلزی کاربرد فراوانی در صنایع هوایی، نظامی و شیمیایی از جمله تولید رنگ‌دانه سفید دارد. در مجموع حدود ۷۰ کانی تیتانیوم-دار شناخته شده است ولی تعداد کمی از این کانی‌ها دارای ارزش اقتصادی هستند. ایلمنیت و روتیل مهمترین کانی‌های اقتصادی تیتانیوم‌دار هستند. کانی‌های تیتانیوم‌دار از ذخایر سنگی و هم‌چنین ماسه‌ای استخراج می‌شوند. تا سال ۱۹۴۵ بیشتر استحصال تجاری ایلمنیت و روتیل از ذخایر ماسه‌ای بود اما امروزه تولید ایلمنیت از ذخایر سنگی بیشتر از ذخایر ماسه‌ای است. تقریباً تمامی ذخایر سنگی مهم و با ارزش اقتصادی شناخته شده تیتانیوم، به همراه سنگ‌های آنورتوزیت یا گابروها یافت می‌شوند. از روش‌های جدایش ثقلی، مغناطیس شدت بالا و یا الکترواستاتیک می‌توان برای پرعیارسازی کانسنگ ایلمنیت استفاده نمود ولی امروزه با کاهش ذخایر پرعیار تیتانیوم و همچنین کاهش درجه آزادی کانی ایلمنیت این روش‌ها از کارایی مناسب برخوردار نیستند. تکنولوژی جایگزین، فلوتاسیون است. کلکتور مورد استفاده جهت آبران کردن سطح ایلمنیت معمولاً کلکتور آنیونیک از جمله اولئات سدیم و یا هیدروکسامات است و فلوتاسیون در محدوده pH برابر با ۵ تا ۹ انجام می‌شود. یکی از این کارخانجات که کانسنگ ایلمنیت‌دار را به روش فلوتاسیون با موفقیت فرآوری می‌کند معدن تیتانیا در نروژ است. چالش اصلی پرعیارسازی کانسنگ ایلمنیت‌دار به روش فلوتاسیون، تمایل کم کلکتور آنیونی به جذب بر سطح ایلمنیت است که باعث افت بازیابی در مدار می‌شود. راهکار اصلی برای اصلاح خواص سطحی ایلمنیت و بهبود جذب کلکتور بر آن افزودن نیترات سرب است. تحقیقات انجام شده نشان داده‌اند که وقتی نیترات سرب به میزان ۶۰ گرم بر تن به پالپ فلوتاسیون افزوده می‌شود میزان بازیابی ایلمنیت از ۶۵٪ به ۸۳٪ افزایش می‌یابد. جذب گونه‌های سرب، پتانسیل زتای ایلمنیت را تحت تاثیر قرار داده و مکان‌های جذب بر سطح آن ایجاد می‌نماید که منجر به افزایش جذب کلکتور بر سطح ایلمنیت می‌شود. با توجه به عیار پایین و پیچیدگی کانی‌شناسی اکثر ذخایر ایلمنیت کشف شده در ایران، می‌توان از روش فلوتاسیون با موفقیت در پرعیارسازی آنها استفاده نمود.

◇◇◇◇◇◇◇

**منابع فارسی :**

کره‌ای، م.، (۱۳۸۳)، "بررسی عملکرد کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی فلزی استان کرمان"، فصل هشتم گزارش عملکرد کارخانه فرآوری تیتانیوم کهنوج، وزارت صنایع معادن کشور.

◇◇◇◇◇◇◇

**References:**

Bulatovic, S. M. 2010. *"25 - Flotation of Titanium Minerals."*, in Srdjan M. Bulatovic (ed.), Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice (Elsevier: Amsterdam).

Fan, X., Rowson, N.A., 2000. *"The effect of $Pb(NO_3)_2$ on ilmenite flotation"*, Minerals Engineering, 13(2): 205-215.

Liua, W., Zhang, J., Wang, W., Deng, J., Chen, B., Yan, W., Xiong, S., Huang, Y., Liu, J., 2015. *"Flotation behaviors of ilmenite, titanaugite, and forsterite using sodium oleate as the collector"*, Minerals Engineering, 72: 1-9.

Nayl, A.A., Aly, H.F., 2009. *"Kinetics of acid leaching of ilmenite decomposed by KOH: Part 2. Leaching by $H_2SO_4$ and $C_2H_2O_4$"*, Journal of hazardous materials, 168: 793-99.

Samal, S., Rao, K.K., Mukherjee, P.S., Mukherjee, T.K., 2008. *"Statistical modelling studies on leachability of titania-rich slag obtained from plasma melt separation of metallized ilmenite"*, chemical engineering research and design, 86: 187-91.

Xu, L., Tian, J., Wu, H., Lu, Z., Yang, Y., Sun, W., Hu, Y., 2017. *"Effect of $Pb^{2+}$ ions on ilmenite flotation and adsorption of benzohydroxamic acid as a collector"*, Applied Surface Science, 425: 796–802.

# زمین‌شناسی انواع مختلف ذخایر گرافیت در ایران و جهان و روش نوین فرآوری آنها

◇◇◇◇◇◇◇

علی بهنام فرد، دکترای فرآوری مواد معدنی، هیئت علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه بیرجند (مسئول مکاتبات)
behnamfard@birjand.ac.ir
کامران چگنی، دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

گرافیت یک ماده معدنی باارزش است که میزان مصرف آن در جهان با توسعه تکنولوژی‌های جدید و دوستدار محیط زیست بواسطه دارا بودن خواص منحصر به فرد رو به افزایش است. گرافیت طبیعی با توجه به میزان تبلوریافتگی به ترتیب به سه گروه گرافیت آمورف، پولکی و رگه‌ای تقسیم می‌شود. در تحقیق حاضر انواع این ذخایر معرفی شده و خواستگاه-های زمین‌شناسی آنها بیان می‌شود. در ایران، زون دگرگونی سنندج و سیرجان و همچنین زون شرقی مستعد کانی‌زایی گرافیت هستند. از جمله در استان لرستان چند ذخیره گرافیت شناسایی شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. مشکل اصلی گرافیت‌های ایران، خلوص پایین و محتوی بالای خاکستر است و بنابراین فرآوری آن ضروری می‌باشد. روش متداول فرآوری کانسنگ گرافیت، فلوتاسیون است. در این تحقیق همچنین فلوتاسیون کانسنگ گرافیت به منظور حذف ناخالصی‌های آن شرح داده شده است.

**کلید واژه ها:** کانسنگ گرافیت، خواستگاه زمین‌شناسی، انواع ذخایر، فرآوری گرافیت، فلوتاسیون

# Geology of various types of graphite reserves in Iran and the world and their new processing technology

Ali Behnamfard, Assistant Prof. of Mining Engineering group, University of Birjand (Corresponding Author)
behnamfard@birjand.ac.ir
Kamran Chegni, MSc. Student of Mineral processing, Faculty of Mining Engineering, Amirkabir University of Technology

## Abstract:

Graphite is a valuable mineral which its consumption increases with the development of new and eco-friendly technologies in the world due to its unique properties. Natural graphite is divided into three groups of amorphous, flake and vein based on crystallization degree, respectively. In the present study, various types of these reserves are described and their geological origin is expressed. In Iran, the metamorphic zone of Sanandaj-Sirjan as well as the eastern zone are susceptible to mineralization of graphite. Several graphite deposits have been identified and exploited in Lorestan province. The main problem of Iranian graphite is low purity and high ash content. Hence, its processing is necessary. The conventional method of graphite ore processing is flotation. In this research, flotation of graphite ores to remove impurities is also described.

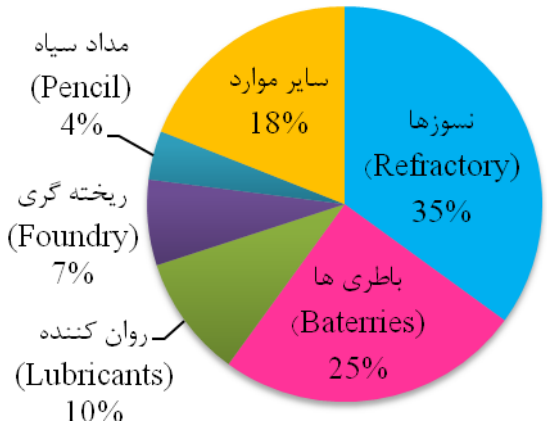
**Keywords:** Graphite ore, Geological source, Reserve types, Graphite processing, Flotation

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه**

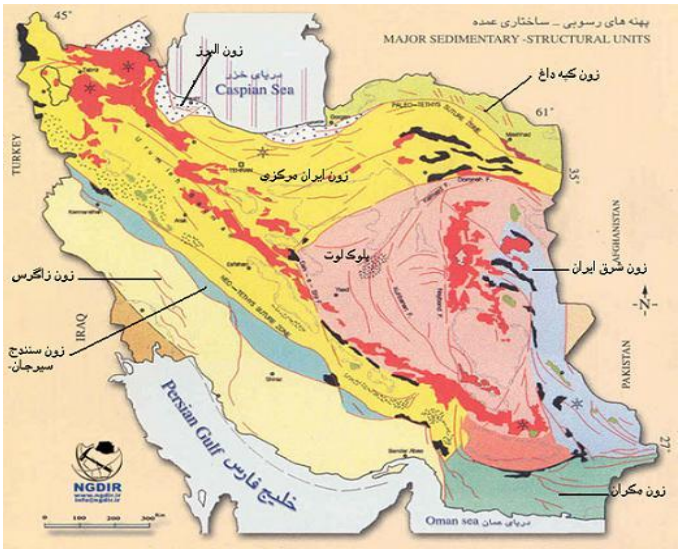
گرافیت به دلیل دارا بودن خواص فلزی و غیر فلزی منحصر به فرد دارای کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف است. از خواص فلزی آن می‌توان به هدایت‌پذیری حرارتی و الکتریکی و از خواص غیر فلزی آن می‌توان به مقاومت در برابر تغییرات حرارتی و روانکاری اشاره نمود (Jin et al., 2016). میزان مصرف گرافیت با توسعه تکنولوژی‌های جدید و فناوری‌های نو و دوستدار محیط زیست رو به افزایش است. برای مثال در ساخت یک گوشی تلفن همراه ۱۵ گرم گرافیت مصرف می‌شود. همچنین در تولید اتومبیل‌های برقی که تولید آنها در دنیا بواسطه هدم تولید آلاینده‌های ها رو به افزایش است ۱۰۰ کیلوگرم گرافیت استفاده می‌شود.

میزان تولید گرافیت در سال ۱/۱ میلیون تن است که ارزش آن بالغ بر ۱۲ میلیارد دلار می‌رسد. شکل ۱ انواع کاربردهای گرافیت و درصد کاربرد گرافیت در آن را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود ۳۵٪ مصرف گرافیت در صنایع نسوز و ۲۵٪ در تولید باطری است. پس از آن ۱۰، ۷ و ۴٪ مصرف گرافیت به ترتیب در تولید روان کننده، صنایع ریخته-گری و تولید مداد است.



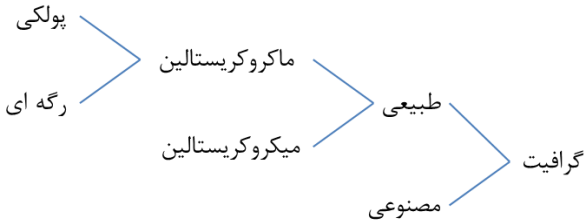

شکل ۱. انواع کاربردهای گرافیت

در حال حاضر، چین تولید کننده اصلی گرافیت طبیعی است و ۴۰ درصد از تولید جهان را تامین می‌کند. از دیگر تولیدکنندگان گرافیت می‌توان به کشورهای برزیل، هند، کره و ساریلانکا اشاره نمود. در ایران از دیدگاه خواستگاه زمین-شناسی زون دگرگونی سنندج-سیرجان مستعد کانی‌زایی گرافیت است. در محدوده این زون واقع در استان لرستان ذخایر گرافیت شناسایی و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. همچنین در زون شرق ایران واقع در استان‌های خراسان‌رضوی و جنوبی و همچنین در استان سیستان و بلوچستان مناطق مستعد حضور گرافیت شناسایی شده‌اند. شکل ۲ موقعیت این زون‌ها را در ایران نشان می‌دهد. گرافیت‌های موجود در ایران دارای خلوص پایین (محتوی کربن کم) و خاکستر بسیار بالا بوده و به این دلیل حتماً باید فرآوری آنها به انجام برسد تا قابلیت کاربرد داشته باشند.




شکل ۲. موقعیت زون سنندج–سیرجان و زون شرق ایران در نقشه جغرافیایی ایران

شکل ۳ انواع گرافیت‌های موجود در بازار را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود گرافیت طبیعی با توجه به میزان بلوریافتگی به دو گروه میکروبلوری (micro crystalline) و ماکروبلوری (macro crystalline) تقسیم می‌گردد. گرافیت طبیعی ماکروبلوری نیز خود به دو گروه پولکی و رگه‌ای تقسیم می‌شود (Peng et al., 2017). در ادامه انواع ذخایر گرافیت معرفی می‌شوند.




شکل ۳. طبقه بندی گرافیت (Wissler et al., 2006)

◇◇◇◇◇◇◇

## انواع ذخایر گرافیت

### الف. کانسار گرافیت میکروبلوری یا آمورف (Microcrystalline or amorphous graphite)

گرافیت میکروبلوری که به آن گرافیت آمورف نیز گفته می‌شود، از بین سه نوع گرافیت طبیعی به دلیل خلوص پایین (میزان خاکستر بالا) و عدم تبلوریافتگی دارای کمترین قیمت است ولی میزان فراوانی آن از دو نوع دیگر بیشتر بوده و در حدود ۶۰٪ سهم بازار گرافیت را به خود اختصاص می‌دهد. در صنایعی که محتوی خاکستر بالاتر قابل قبول بوده و یا ترجیح داده می‌شود این نوع گرافیت گزینه مناسبی است. شکل ۴ تصاویر سنگ معدن گرافیت آمورف و همچنین نمونه فرآوری شده و پودر شده آن را نشان می‌دهد. گرافیت آمورف محتوی ۷۰ تا ۷۵٪ کربن بوده و در بسیاری از محصولات روان‌ساز از قبیل گریس‌ها استفاده می‌شود. کانسار گرافیت میکروبلوری از متارسوبات حاوی لایه زغال یا سایر لایه‌های

رسوبی با کربن زیاد حاشیه قاره‌ای و یا حوضه‌های درون کراتونی[9] تشکیل شده است. سنگ‌های میزبان معمولاً کوارتزیت‌ها، فیلیت‌ها و کنگلومراها هستند. کیفیت گرافیت به دست آمده از این نوع کانسار به خصوصیات رسوبات کربنی اولیه و میزان گرافیتی شدن بستگی دارد. گرافیت میکروبلوری در چین، کره، مکزیک و سایر مناطق دنیا استخراج و فرآوری می‌گردد (Bulvatic, 2015, Simandl et al., 2015).




شکل ۴. الف. سنگ معدن گرافیت آمورف ب. نمونه گرافیت آمورف فرآوری و پودر شده

**ب. گرافیت پولکی (Flake graphite)**

گرافیت پولکی مشهورترین نوع گرافیت طبیعی است و در حدود ۴۰٪ از بازار گرافیت را به خود اختصاص می‌دهد. مقدار کربن آن در گستره ۸۰ تا ۹۸٪ است. شکل ۵ تصویری از سنگ معدن گرافیت پولکی و نمونه فرآوری شده آن را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود این نوع گرافیت دارای یک مورفولوژی پولکی کاملاً مشخص است و نام آن نیز از این مرفولوژی پولکی گرفته شده است. شکل ۶ تصاویر SEM مربوط به گرافیت پولکی را نشان می‌دهد. در این تصاویر نیز ساختار پولکی آن کاملاً مشخص است. کانسارهای گرافیت پولکی معمولاً در سنگ‌های سیلیسی به طور ناحیه‌ای دگرگون شده یافت می‌شوند. ذخایر گرافیت پولکی معمولاً چینه‌کران[10] بوده و گرافیت درون سنگ میزبان به یک زون خاص محدود می‌گردد. این کانسار در برخی نواحی مانند استرالیا، کانادا و چین یافت می‌شود. گرافیت پولکی همچنین در سنگ‌های رسوبی کربناته یافت می‌شوند که شکل و اندازه این ذخایر متفاوت است (Bulvatic, 2015., Simandl et al., 2015).




شکل ۵. الف. سنگ معدن گرافیت پولکی ب. نمونه گرافیت پولکی فرآوری شده

[9] Continental margin or intercratonic-basin metasediments containing coal beds or other highly carbonaceous sedimentary beds
[10] Strata-bound




شکل ۶. تصاویر SEM گرافیت پولکی

**ج. گرافیت رگه‌ای (Vein Graphite)**

گرافیت رگه‌ای کمیاب‌ترین، باارزش‌ترین فرم گرافیت است. این نوع گرافیت به صورت ذخایر با عیار بالا یافت می‌شود. شکل ۷ تصاویر سنگ معدن گرافیت رگه‌ای را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود این نوع گرافیت به صورت تیکه‌های بزرگ با خلوص بالا از معدن استخراج می‌شود. گرافیت رگه‌ای مورد توجه خاص تولید کنندگان و خریداران است. برای تولیدکنندگان، هزینه‌های خردایش و فرآوری آن بواسطه عیار بالا کم است و برای خریداران این فرصت وجود دارد که تنوع کاربردهای آن بسیار زیاد باشد. کانسار گرافیت رگه‌ای در مناطق بطور ناحیه‌ای دگوگون شده، معمولاً در گرانیت و یا سنگ‌های رخساره کارنوکیت[11] یافت می‌شوند. آن‌ها ممکن است با کانسار گرافیت پولکی یافت شوند و میزبان آنها می‌تواند شیست، کوارتزیت و مرمر باشد. سنگ‌های نفوذی گرانیتی و پگماتیت‌ها ممکن است با رگه‌های گرافیتی همراه باشند. کانسارهای حاوی گرافیت، کوارتز، فلدسپار، کلسیت، گارنت و سولفیدها به صورت رگه‌هایی در داخل شکستگی‌های بوجود آمده توسط چین‌خوردگی‌ها و گسل‌خوردگی‌ها یافت می‌شوند. گرافیت رگه‌ای در حال حاضر فقط از دو معدن Kahatagaha و Bogala واقع در ساریلانکا با ظرفیت به ترتیب ۸۰ و ۲۵۰ تن در ماه بهره-برداری می‌شود. (Bulvatic, 2015., Simandl et al., 2015).



شکل ۷. تصاویر سنگ معدن گرافیت رگه‌ای

[11] Charnockite facies rocks

◇◇◇◇◇◇◇

**فرآوری گرافیت**

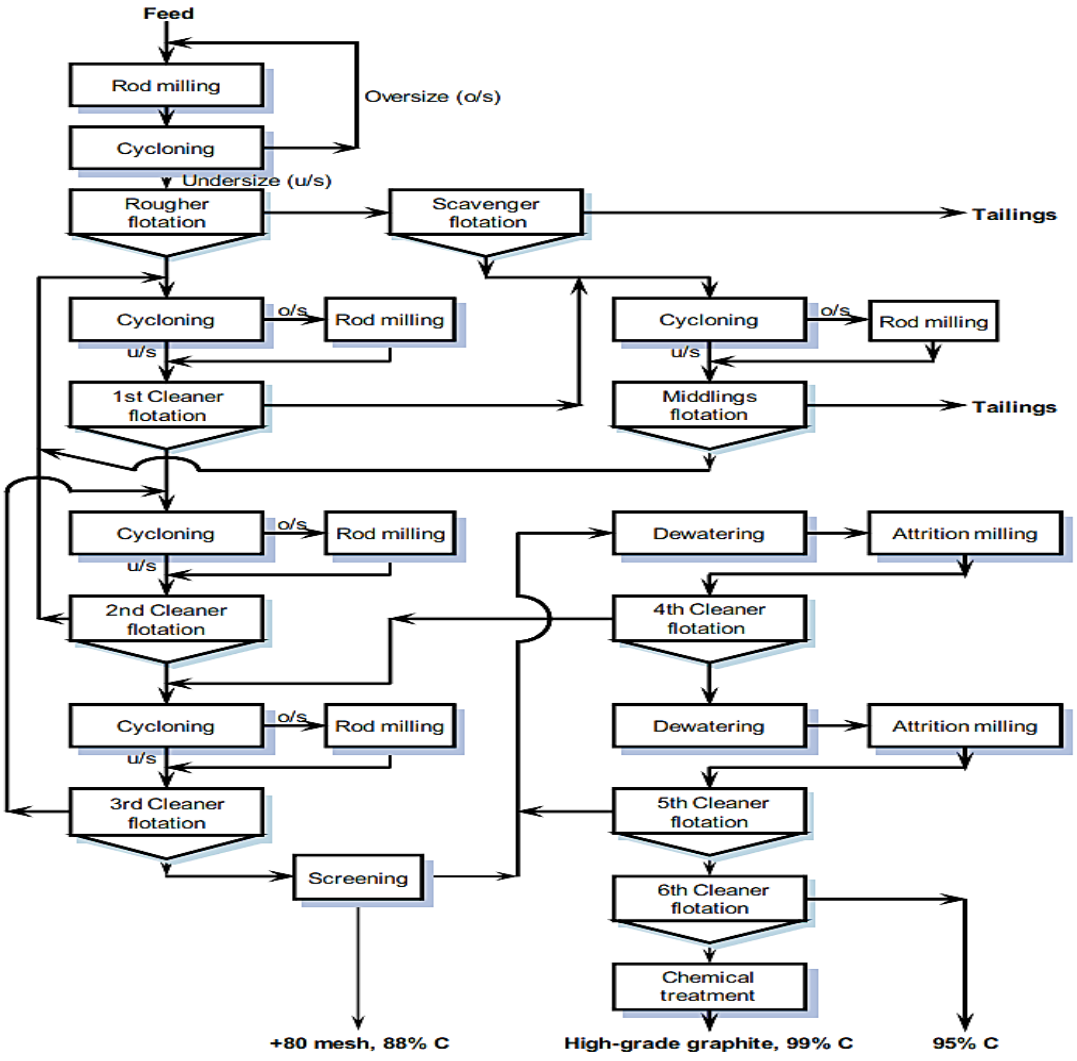
تقاضای روزافزون برای محصولات گرافیتی عیار بالا تا ۹۹/۹۹٪ کربن موجب توسعه رویکردهای مختلف جهت حذف ناخالصی‌ها و افزایش خلوص کربن شده است (Chelgani et al., 2016). برای فرآوری کانسنگ گرافیت و جدایش آن از باطله اغلب از روش فلوتاسیون استفاده می‌شود. در این روش با اضافه کردن مواد شیمیایی مناسب به پالپ، سطح کانی باارزش به طور انتخابی آبران شده و سپس آنها با دمش هوا به داخل پالپ به سطح پالپ انتقال می‌یابند و از کانی‌های گانگ که در داخل سلول فلوتاسیون باقی می‌مانند جدا می‌گردند. دلیل انتخاب روش فلوتاسیون برای پرعیارسازی کانسنگ‌های گرافیتی آن است که گرافیت بطور ذاتی هیدروفوب بوده و در نتیجه قابلیت شناور شدن به صورت طبیعی را دارا است. همچنین گرافیت دارای وزن مخصوص کم نسبت به کانی‌های گانگ است که انتقال آن به فاز کف را آسان‌تر می‌نماید. واکنشگرهای مورد استفاده در فلوتاسیون گرافیت شامل یک نوع کف‌ساز از جمله MIBC یا روغن کاج و همچنین یک روغن هیدروکربنی مانند کروزن یا روغن سوختی به عنوان کمک‌کلکتور می‌شود. همچنین از یک بازداشت کننده مانند سیلیکات سدیم و یا اسید لاکتیک به عنوان متفرق کننده و بازداشت کننده کانی‌های گانگ در فرآوری کانسنگ‌های با ترکیبات پیچیده کانی شناسی استفاده می‌شود (Bulvatic, 2015., Chelgani et al., 2016).

فرآوری گرافیت باید به نحوی انجام شود که حذف ناخالصی در حد امکان در فراکسیون‌های ابعادی درشت انجام شود. دلیل این موضوع آن است که عامل تعیین کننده قیمت گرافیت علاوه بر خلوص، درشت بودن دانه‌بندی آن است. به عبارت دیگر خردایش گرافیت باید به نحوی انجام گیرد که با تولید حداقل ذرات ریز بتوان به درجه آزادی مناسب دست یافت. در واقع به دلیل چسبیدن ذرات گانگ به پولک‌های گرافیت، جهت دستیابی به درجه آزادی مناسب لازم است تا گرافیت به طور کامل ورقه ورقه شود و از آنجایی که بیشترین تقاضای بازار برای کنسانتره درشت دانه با عیار بالای گرافیت است، لازم است تا آزادسازی گرافیت از کانی‌های باطله به نحوی انجام گیرد که با کمترین خوردشدگی همراه باشد. خردایش مجدد با آسیای گلوله‌ای یا آسیای قلوه سنگی می‌تواند باعث آزادسازی گرافیت گردد ولی باعث تولید ذرات نرمه می‌شود. در طی مطالعات بین سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ در *MINEC* (آفریقای جنوبی) یک تکنیک تورق شدگی منحصر به فرد توسعه یافته است. این تکنولوژی می‌تواند پولک‌های گرافیت را جدا کرده و کانی‌های باطله‌ای که به آن چسبیده است را با کمترین آسیب رسیدن به پولک‌های گرافیت نیز جدا کند. این فرآیند در معدن گرافیت شرکت توسعه زیمباو[12] تست شده است. با استفاده از این تکنیک جدید، عیار کنسانتره گرافیت از ۹۰٪ به ۹۸ ٪ کربن بهبود یافته است (Bulvatic, 2015.).

فلوشیت کارخانه‌های فرآوری گرافیت به نوع کانسنگ عمل‌آوری شده و خصوصیات درجه آزادی آن بستگی دارد. در شکل ۸ یک فلوشیت تولید گرافیت پولکی نشان داده شده است. در این فلوشیت جهت دستیابی به درجه آزادی مطلوب و

[12] Zimbabwe Development Corporation Graphite Mine

تولید کمترین ذرات ریز، عملیات خردایش مجدد کنسانتره با استفاده از آسیای میله‌ای در مرحله کلینر اولیه (۱، ۲ و ۳) انجام می‌شود. در کلینر نهایی از آسیاهای سایشی استفاده شده است. با استفاده از این فلوشیت، دو کنسانتره گرافیت پولکی یکی با عیار ۹۹ ٪ کربن بعد از عمل آوری شیمیایی و دیگری با عیار ۹۵٪ کربن تولید می‌شود (Bulvatic, 2015.).




شکل۸ فلوشیت فرآو ری کانسنگ گرافیت پولکی و تولید کنسانتره‌های با خلوص بالا

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

گرافیت به دلیل دارا بودن خواص منحصر به فرد دارای کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف است و میزان مصرف آن با توسعه تکنولوژی‌های جدید و دوستدار محیط زیست در جهان رو به افزایش است. دلیل این موضوع خواص منحصر به فرد آن از جمله هدایت‌پذیری الکتریکی و حرارتی، مقاومت در برابر تغییرات حرارتی، خواص روان‌سازی و غیره است. ذخایر گرافیت با توجه به میزان بلورشدگی آن به ترتیب به سه گروه گرافیت میکروبلوری، پولکی و رگه‌ای تقسیم می‌شوند.

مناطق زمین‌شناسی مستعد کانی‌زایی گرافیت شامل زون‌های دگرگونی ناحیه‌ای و مجاورتی، متارسوبات حاوی لایه زغال یا سایر لایه‌های رسوبی با کربن زیاد حاشیه قاره‌ای و یا حوضه‌های درون کراتونی و همچنین مناطق هیدروترمال می‌شوند. در ایران زون دگرگونی سنندج-سیرجان و همچنین زون شرقی مستعد کانی‌سازی گرافیت است و در استان‌های لرستان، خراسان و سیستان و بلوچستان چند ذخیره گرافیت شناسایی شده‌اند. قیمت و کاربردهای گرافیت وابسته به دو عامل خلوص و دانه‌بندی بوده به صورتی که هر چه گرافیت دارای محتوی کربن بیشتر در دانه‌بندی درشت‌تر باشد قیمت آن بالاتر و کاربردهای آن بیشتر خواهد بود. بنابراین فرآوری گرافیت به منظور حذف ناخالصی و افزایش خلوص آن امری ضروری است و این مهم باید به صورتی انجام شود که در دانه‌بندی درشت‌تر بتوان خاکستر را حذف نمود. روش فرآوری متداول گرافیت فلوتاسیون است. دلیل این انتخاب آن است که گرافیت به دلیل خواص آبرانی ذاتی به صورت طبیعی شناور می‌شود. در این فلوتاسیون، جدایش گرافیت از کانی‌های گانگ بوسیله افزودن مقدار کمی کروزین به عنوان کمک کلکتور و سیلیکات سدیم به عنوان بازداشت کننده کانی‌های گانگ و MIBC یا روغن کاج به عنوان کف‌ساز بهبود داده می‌شود.

◇◇◇◇◇◇◇

**References:**

Bulatovic, S. M., 2015. *"Chapter 37 - Beneficiation of Graphite Ore. In S. M. Bulatovic (Ed.), Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice* (pp. 163-171) *"*. Amsterdam: Elsevier.

Chelgani, C. S., Rudolph, M., Kratzsch, R., Sandmann, D & ,.Gutzmer, J. ,2016. *"A review of graphite beneficiation techniques". Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 37*(1), 58-68 .

Jin, M., Xie, G., Xia, W., & Peng, Y. ,2016., *"Flotation optimization of ultrafine microcrystalline graphite using a box-behnken design". International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 1-9 .

Peng, W., Qiu, Y., Zhang, L., Guan, J., & Song, S.,2017., *"Increasing the Fine Flaky Graphite Recovery in Flotation via a Combined MultipleTreatments Technique of Middlings" ., Minerals, 7*(11), 208.

Simandl, G. J., Paradis, S., & Akam, C., 2015., *"Graphite deposit types, their origin, and economic significance"*., Paper presented at the Symposium on Strategic and Critical Materials, British Columbia Geological Survey, Columbia.

Wissler, M. ,2006. *" Graphite and carbon powders for electrochemical applications"., Journal of Power Sources, 156*(2), 142-150. doi:https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2006.02.064

# کانسار باریت–فلزات‌پایه ونکان سمنان: نمونه ای از کانه‌زایی سولفید توده‌ای آتشفشانزاد نوع کوروکو در کمربند ماگمایی شمال ایران مرکزی

◇◇◇◇◇◇◇

فرزانه پزشکی قره‌چه[۱*]، فردین موسیوند[۲]، مهدی رضایی کهخائی[۲]، فرج‌الله فردوست[۲]

far.pezeshki@gmail.com

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود

[۲]استادیار گروه پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود

**چکیده :**

کانه‌زایی باریت–فلزات‌پایه سولفید توده‌ای آتشفشانزاد ونکان در کمان‌ماگمایی شمال ایران‌مرکزی در داخل توالی آتشفشانی–رسوبی ائوسن در شمال‌شرق سمنان رخ داده است. سنگ‌های میزبان ماده‌معدنی عمدتاً از نوع توف، شیل و توف‌شیلی می‌باشد. سنگ‌های آتشفشانی از لحاظ ناحیه‌ای در گردنه‌آهوان شامل سنگ‌های آتشفشانی مافیک و فلسیک از جمله بازالت، آندزیت، داسیت، ریولیت و توف می‌باشد. کل منطقه معدنی ونکان در یک ناودیس با روند محوری شمال شرقی–جنوب غربی قرار دارد. در یال شمال‌غربی ناودیس، کانسار ونکان۱ و در یال جنوب‌شرقی ناودیس نیز کانسار ونکان۲ واقع شده است. کانسارهای ونکان۱ و ونکان۲ براساس ویژگیهای کانی‌شناسی، ساخت و بافت در رخساره‌های کانسنگ تاحدودی دارای تفاوتهایی هستند که در ونکان ۱ عبارتند از: ۱) رخساره رگه–رگچه‌ای و برشی که سیمای اصلی این رخساره را رگه–رگچه‌های باریتی–سیلیسی تشکیل می‌دهد، ۲) رخساره سولفید توده‌ای که از کانی‌های اسفالریت، گالن، باریت، کالکوپیریت و پیریت تشکیل شده است، ۳) رخساره لایه‌ای–نواری سولفیدی که دارای لامینه‌ها و نوارهای سولفیدی به‌صورت همروند با لایه‌بندی سنگ‌میزبان (چینه‌سان) می باشد، ۴) رخساره کانسنگ باریتی که حاوی باریت با ساخت متخلخل تا برشی است و ۵) رخساره رسوبی–بروندمی که دارای تناوب نوارهایی از چرت، سنگ میزبان و باریت است. همچنین رخساره‌های کانه‌دار در ونکان۲ عبارتند از: ۱) رخساره رگه–رگچه‌ای و برشی که به صورت رگه–رگچه-های باریتی–سیلیسی همراه با کانی گالن دیده می‌شود و ۲) رخساره رسوبی- بروندمی که عمدتاً از تناوب نوارهای چرتی و نواری غنی از اکسیدآهن مثل هماتیت تشکیل شده است. بر اساس مقایسه این کانه‌زایی‌ها با تیپ‌های مختلف سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS)، کانسارهای باریت–فلزات‌پایه ونکان بیشترین شباهت را با کانسارهای نوع کوروکو (Kuroko-type) نشان می‌دهند.

**کلید واژه ها**: سولفید توده‌ای آتشفشانزاد، رخساره‌های کانسنگ، کوروکو، ونکان، سمنان

# The Vanakan barite-base metals deposits: An example of Kuroko-type volcanogenic massive sulfide mineralization in the magmatic belt of north Central Iran

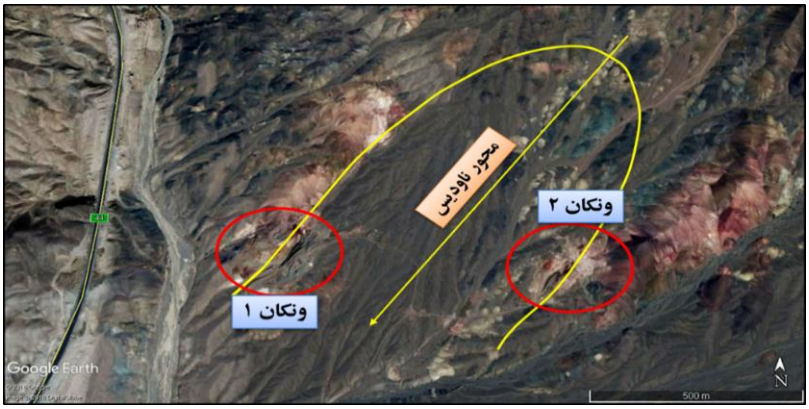
Farzaneh Pezeshki Gharache*[1], Fardin Mousivand[2], Mehdi Rezaei Kahkhaei[2], Farajollah Fardoust[2]
[1]M.Sc. Student in Economic Geology, Shahrood University of Technology
far.pezeshki@gmail.com
[2]Assistant professor, Department of Petrology and Economic Geology, Shahrood University of Technology

## Abstract:
The Vanakan barite-base metal volcanogenic massive sulfide deposits occurred in the magmatic arc of north Central Iran, within the Eocene volcanic-sedimentary sequence at northeast of Semnan. The host rocks of ores mainly consist of tuff, shale and shaly tuff. Volcanic rocks in the Ahovan area include mafic and felsic volcanic rocks including basalt, andesite, dacite, rhyolite and tuff. The Vanakan area is located in a syncline with NE-SW axis trend. The Vanakan 1 and 2 locates in the northwest and southeast limb of the syncline, respectively. The ore facies in Vankan 1 and Vankan 2 deposits are different based textures and structures and mineralogy, in the Vanakan 1 deposit are: 1) vein-veinlets and breccia consisting of barite-silica vein-veinlets, 2) massive sulfide ore facies composed of sphalerite, galena, barite, chalcopyrite and pyrite. 3) layered-banded sulfide ore comprising of sulfide-rich parallel and concordant with host rock (Stratiform). 4) Banded sedimentary-exhalative facies with alternations of chert, barite and host rock. Also ore facies in Vanakan 2 are as follows: 1) vein-veinlet and breccias consisting of barite-silica vein-veinlets containing galena, and 2) banded sedimentary exhalative facies which is mainly composed of Fe oxide-hydroxides-rich cherty bands. By comparison of this mineralization with other volcanogenic massive sulfide (VMS) types, the Vanakan barite-base metal deposits show the most similarity to the Kuroko-type deposits.
**Keywords:** Volcanogenic massive sulfide, ore facies, Kuroko, Vanakan, Semnan

## مقدمه :
کانسار باریت-فلزات‌پایه ونکان در استان سمنان، ۲۳ کیلومتری شمال‌شرق شهرسمنان (گردنه‌آهوان) و در شمالی‌ترین بخش پهنه ایران‌مرکزی، در داخل توالی آتشفشانی-رسوبی ائوسن و با مختصات جغرافیایی ″۵۰ ′۳۷ □۵۳ طول‌شرقی و ″۱۰ ′۴۰ □۳۵ عرض‌شمالی در محدوده نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ جام (علوی نائینی، ۱۳۷۶) واقع گردیده است. کانسار ونکان به صورت دو محدوده معدنی ونکان۱ و ونکان۲ به ترتیب در یال شمال‌غربی ناودیس و ونکان۲ در یال جنوب‌شرقی ناودیس واقع شده‌اند (شکل۱). کانه‌زایی باریت-فلزات‌پایه در محدوده‌معدنی ونکان توسط مطالعات قبلی انجام شده توسط پزشکی و همکاران (۱۳۹۷) به‌عنوان کانه زایی سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) معرفی شده است. هدف از این تحقیق تعیین تیپ کانه‌زایی VMS در محدوده ونکان بر اساس شواهد زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، بافت و ساخت، کانی‌شناسی ماده-معدنی و سنگ‌های میزبان می‌باشد که می‌تواند بعنوان راهنمای اکتشافی برای اکتشاف ذخایر مشابه در توالی‌های چینه‌ای مشابه در منطقه و دیگر پهنه‌های ساختاری ایران مفید واقع شود.

## زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه:
منطقه گردنه‌آهوان دارای خصوصیاتی است که می‌توان آن را پهنه‌ای حدواسط میان ایران‌مرکزی و البرز دانست. پهنه رسوبی-ساختاری البرز شامل بلندی‌های شمال صفحه ایران است که به شکل تاقدیسی مرکب، در یک راستای عمومی شرقی-غربی، از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد. حد جنوبی البرز که مرز بین کمربند ماگمایی البرز و ایران مرکزی

است، چندان روشن نیست. چنین به نظر می‌رسد که مرز شاخصی در مرز جنوبی البرز وجود نداشته باشد و گذر از پهنه ایران مرکزی به پهنه البرز تدریجی باشد. با دستیابی به یافته‌های بیشتری از زمین‌شناسی ایران، یقین شد که بسیاری از واحدهای سنگ‌چینه‌ای البرز و ایران مرکزی، از دیدگاه رخساره و شرایط تشکیل، همانندند. منطقه آهوان به دلیل برونزد-های پالئوزوئیک که در حاشیه شرقی و غربی منطقه وجود دارد، با سنگ‌های ایران‌مرکزی هم‌رخساره است و برونزدهای مزوزوئیک، بویژه تریاس و ژوراسیک که در شمال ناحیه جام دیده می‌شود، با سنگ‌های همزمان در کوه‌های البرز هم-رخساره می‌باشد. واحدهای سنگی منطقه از قدیم به جدید شامل واحدهای شیل، ماسه‌سنگ و دولومیت ژوراسیک، ماسه-سنگ و آهک مارنی کرتاسه، کنگلومرای پالئوسن، واحدهای آتشفشانی-رسوبی ائوسن و واحدهای کنگلومرا، آهک و مارن الیگومیوسن می‌باشند که توسط رسوبات تخریبی کواترنری پوشیده شده‌اند(شکل۲) (علوی نایینی، ۱۳۷۶). حضور سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری به همراه میان لایه‌هایی از واحدهای رسوبی، حاکی از رخداد ولکانیسم در محیط زیردریایی است (Galley et al., 2007).




**شکل۱- محدوده معدنی ونکان که به‌صورت ناودیس در منطقه قابل مشاهده است وکانسار ونکان۱ در یال شمال‌غربی ناودیس و کانسار ونکان۲ در یال جنوب‌شرقی آن قرار دارد.**

## رخساره‌های کانه‌دار در کانسارهای ونکان۱ و ونکان۲

کانه‌زایی اصلی در کانسارهای ونکان۱ و ۲ در سنگ میزبان توف، شیل و توف‌شیلی دیده می‌شود. بر اساس ویژگی‌های ساخت، بافت و کانی‌شناسی مواد معدنی، رخساره‌های کانه‌دار در کانسارهای ونکان ۱و۲ مورد تفکیک و بررسی قرار گرفته که شرح آن‌ها در ادامه آمده‌است.

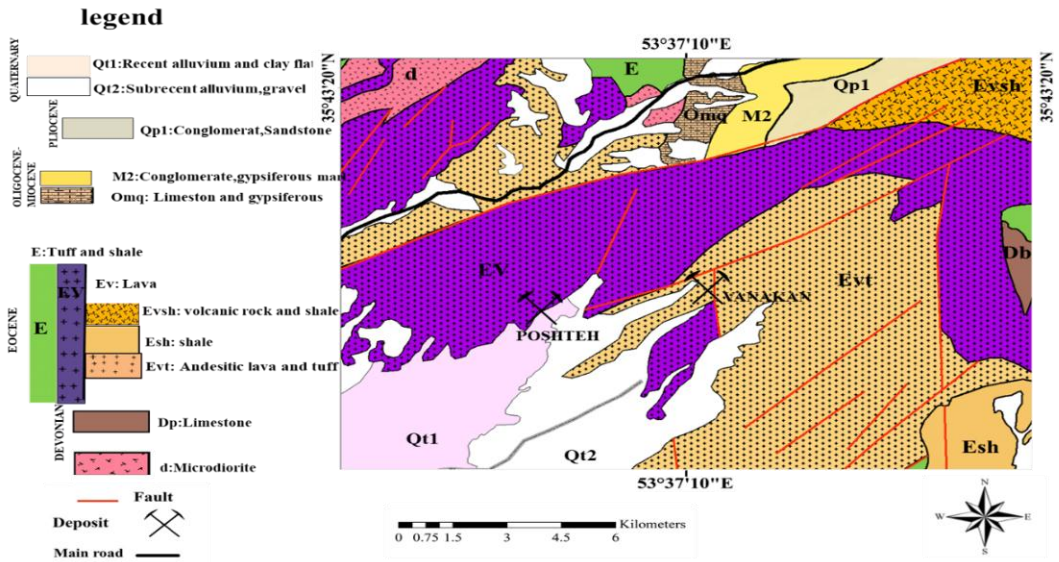
### الف) رخساره‌های کانه‌دار در ونکان ۱

بر اساس مشاهدات صحرایی و مطالعات انجام شده شکل کلی ماده معدنی به صورت پیکره‌های چینه‌سان همروند با لایه-بندی سنگ میزبان بوده که دارای قسمت ناهمخوان زیرین است. ماده‌معدنی در کانسار ونکان۱ دارای ساخت و بافت‌های رگه-رگچه‌ای، توده‌ای، نواری-لایه‌ای، دانه‌پراکنده، برشی و جانشینی می‌باشد. کانسار ونکان ۱ بر اساس مطالعات انجام شده برروی بخش‌های مختلف از لحاظ ویژگی‌های مختلف کانی‌سازی، ساخت، بافت، کانی‌شناسی و نوع ارتباط با سنگ

میزبان دارای رخساره های کانه‌دار متفاوت می‌باشد: ۱) رخساره رگه-رگچه‌ای و برشی، ۲) رخساره سولفید توده‌ای، ۳) رسوبات لایه‌ای-نواری سولفیدی، ۴) رخساره کانسنگ باریتی و ۵) رخساره نواری رسوبی- برونددمی (exhalative).

**رخساره رگه-رگچه‌ای**

رخساره رگه-رگچه‌ای در کانسار ونکان ۱ دارای گسترش زیادی می‌باشد. این رخساره به صورت شبکه‌هایی از رگه-رگچه‌های باریتی-سیلیسی که سنگ میزبان توفی را قطع می‌کند دیده می‌شود. بررسی رگه‌های موجود در رخساره‌های مشابه در کانسارهای سولفیدتوده‌ای نظیر بوانات و چاه‌گز حاکی از عبور سیال کانه‌ساز از این مجاری می‌باشد که موجب دگرسانی در سنگ دیواره خود نیز گردیده‌اند (موسیوند، ۱۳۸۹). این رگه-رگچه‌ها در ونکان۱ عمدتاً از باریت تشکیل شده‌اند که همراه با آن اکسید و هیدروکسیدهای آهن ثانویه مثل گوتیت و کانی‌های دگرسانی مثل کوارتز، سریسیت، کائولینیت و اپیدوت دیده‌می‌شود (شکل۳ الف،ب).



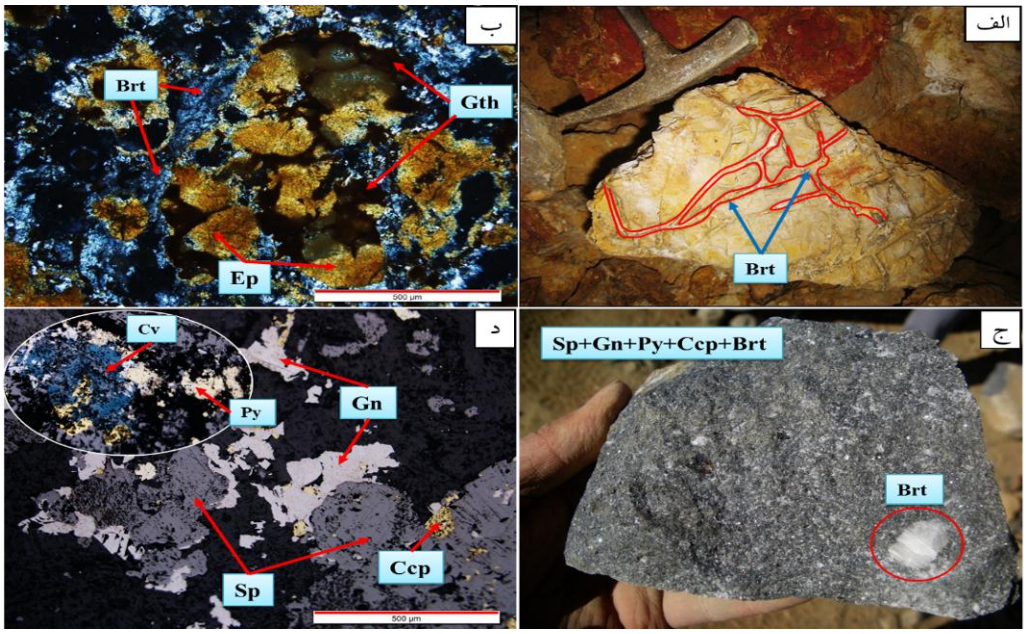

**شکل۲- موقعیت کانسار باریت فلزات پایه ونکان در نقشه زمین شناسی منطقه (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰:۱اجام، علوی نائینی، ۱۳۷۶).**

**رخساره سولفید توده‌ای**

این رخساره که تقریباً در مرکز کانسار است از مهم‌ترین بخش‌های کانسار ونکان۱ می‌باشد که به صورت رخساره‌ی توده-ای-لایه‌ای یا عدسی شکل، بالاتر از رخساره رگه-رگچه‌ای، در سنگ میزبان توف و شیل قرار دارد و حاوی کانی‌های اصلی اسفالریت، گالن، باریت، کالکوپیریت و پیریت می‌باشد (شکل۳ ج،د). رخساره کانسنگ توده‌ای در مقایسه با دیگر بخش‌های کانسار ونکان، شامل کانی‌سازی سولفید توده‌ای با ماهیت نسبتاً ناهمگون و تقریباً چینه‌سان می‌باشد. این بخش در اغلب کانسارهای سولفید توده‌ای دیده می‌شود (Galley et al., 2007). در این رخساره کانی‌های اصلی شامل اسفالریت، گالن، پیریت و کالکوپیریت با هم همرشدی دارند و همچنین در اثر هوازدگی بعدی کوولین جانشین کانی‌های سولفیدی از جمله اسفالریت گردیده است (شکل۳، د) که می تواند به دلیل وجود ناخالصی مس در ساختار اسفالریت باشد.

### رخساره لایه‌ای-نواری سولفیدی

این بخش از کانسار فقط در محدوده معدنی ونکان۱ قابل مشاهده است و دارای ضخامت کمتری نسبت به رخساره کانسنگ توده‌ای بوده و در بالای آن قرار دارد. این رخساره شامل لایه‌ها و لامینه‌های سولفیدی است که ناشی از ته‌نشینی همزمان کانی‌های سولفیدی با ذرات تشکیل‌دهنده سنگ میزبان شیلی در کف دریا است (Devine et al., 2002). کانی‌های تشکیل دهنده این قسمت شامل اسفالریت، کالکوپیریت، باریت، پیریت و گالن می‌باشد (شکل۴ الف،ب،ج). سولفیدها غالباً بصورت لامینه‌ای، نواری و دانه پراکنده همراه با کانی‌های سنگ میزبان شیلی تشکیل شده‌اند.




**شکل۳- رخساره رگه-رگچه‌ای و سولفید توده‌ای در کانسار ونکان۱، الف) نمونه دارای رگه-رگچه‌های باریتی (Brt) سولفیددار در سنگ میزبان توفی. ب) تصویر میکروسکوپی از رگچه‌های باریتی (Brt) به همراه اکسید و هیدروکسیدهای آهن (گوتیت-Gth) و اپیدوت (Ep). ج) نمونه دستی از رخساره سولفید توده‌ای که غنی از کانی‌های سولفیدی شامل اسفالریت،گالن، پیریت، کالکوپیریت (Sp+Gn+Py+Ccp+Brt) و کانی باریت می‌باشد. د) تصویر میکروسکوپی از همرشدی کانی‌های اسفالریت، گالن، پیریت و کالکوپیریت و جانشینی کوولین به‌جای اسفالریت و گالن. نام مخفف کانیها براساس Whitney and Evans (2010) می باشد.**

### رخساره کانسنگ باریتی

این رخساره بطور عمده از باریت تشکیل شده که دارای ساخت برشی تا متخلخل می باشد. در قسمت بالایی این رخساره به صورت تدریجی به رخساره بروندمی چرت آهن دار تبدیل می شود.

### رخساره رسوبی–بروندمی (Exhalative)

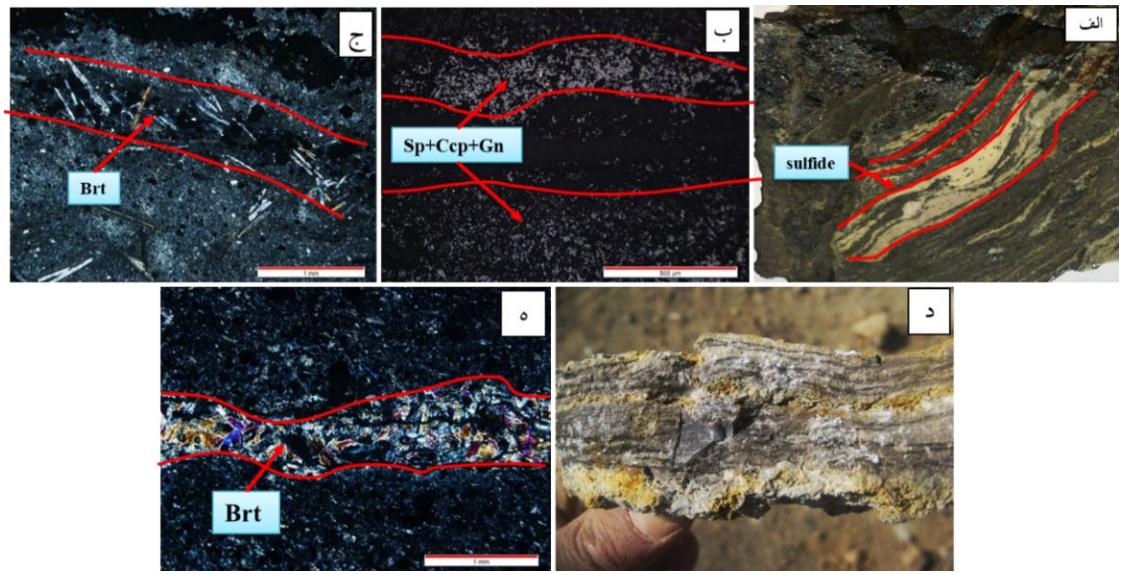
در محدوده معدنی ونکان۱ این رخساره با بافت نواری دارای گسترش نسبتاً کمی است و به صورت تناوبی از کانی باریت به همراه چرت آهن دار و سنگ میزبان توفی در بالاترین بخش از کانسار قابل مشاهده است (شکل۴ د،ه).

## ب) رخساره‌های کانه‌دار در ونکان ۲

محدوده معدنی ونکان ۲ در یال جنوب‌شرقی ناودیس قرار دارد. در این منطقه کانه زایی ضعیف‌تری نسبت به ونکان۱ دیده می شود. رخساره های کانه‌دار در این منطقه عبارتند از: ۱) رخساره رگه-رگچه‌ای و برشی، ۲) رخساره نواری رسوبی-بروندمی.

**رخساره رگه–رگچه‌ای (Stringer zone)**

این رخساره به صورت شبکه‌هایی از رگه-رگچه‌های باریتی-سیلیسی حاوی گالن است که سنگ میزبان توفی را قطع می-کند (شکل۵، الف-ب).




**شکل۴- رخساره لایه‌ای-نواری سولفیدی و رخساره رسوبی-بروندمی در کانسار ونکان۱. الف) نمونه دستی از رخساره لایه‌ای-نواری سولفیدی (Sulfide) در سنگ میزبان شیل. ب) لامینه‌های غنی از کانی اسفالریت (Sp) به همراه مقدار کمتری از کانی‌های کالکوپیریت (Ccp) و گالن (Gn) در سنگ میزبان شیل. ج) نوارهای دارای کانی‌های تیغه‌ای باریت (Brt) که در این رخساره دیده می‌شود. د) نمونه دستی از رخساره رسوبی-بروندمی در محدوده معدنی ونکان۱ که عمدتاً حاوی چرت و باریت در سنگ میزبان شیلی می‌باشد. ه) تصویر میکروسکوپی از این رخساره که دارای نوارهای غنی از باریت (Brt) بصورت متناوب با نوارهای غنی از کوارتز (چرت) می‌باشد.**

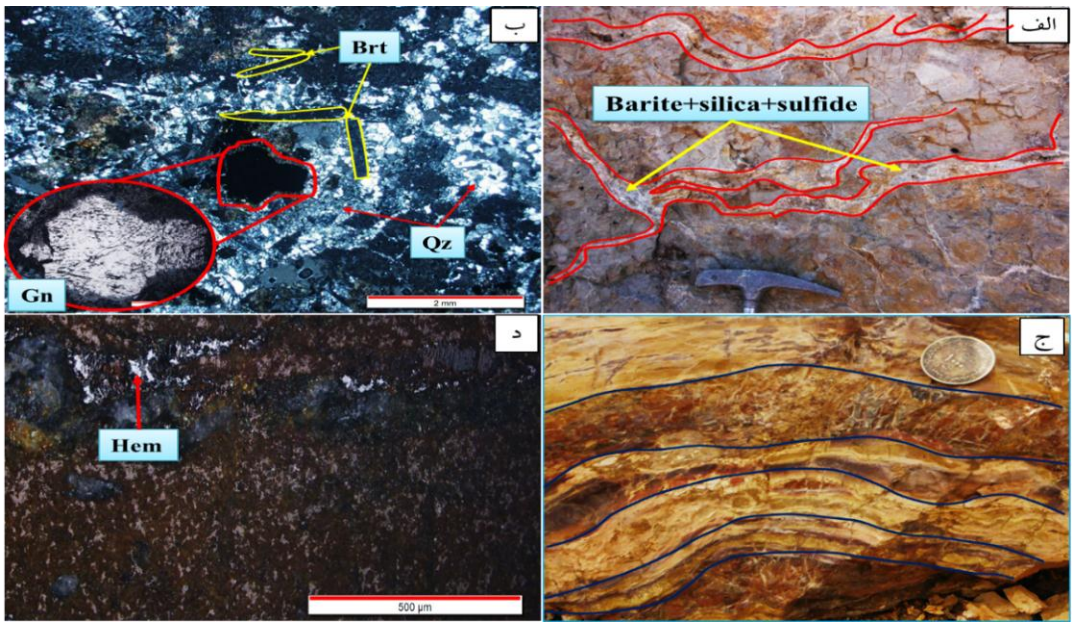
**رخساره رسوبی–بروندمی غنی از اکسید آهن (Exhalative)**

این رخساره که در بالاترین بخش از کانسار دیده می‌شود و دارای گسترش بسیار زیادی در منطقه است، در بخش کمر بالا کانسار دیده می‌شود و عمدتاً دارای تناوبی از چرت و سنگ توفی میزبان و نوارهای غنی از اکسید آهن (هماتیت اولیه) و گاهی باریت است (شکل۵، ج-د).

**بحث و نتیجه‌گیری**

کانسارهای باریت-فلزات‌پایه ونکان ۱ و ۲ دارای رخساره‌های گوناگون رگه-رگچه‌ای، سولفید توده‌ای، لایه‌ای-نواری سولفیدی، کانسنگ باریتی و رسوبات نواری بروندمی بوده که در کانسارهای سولفیدتوده‌ای آتشفشانزاد معمول می‌باشند (Franklin et al., 1998; Gibson and Kerr, 1999; Lobanov et al., 2012). این کانه زایی ها بر اساس مقایسه آنها با انواع

کانسارهای VMS، به دلیل داشتن باریت فراوان و پاراژنز غنی از سرب و روی و نیز نوع سنگ‌های میزبان و همراه، بیشترین شباهت را با تیپ کوروکو (Kuroko-type) نشان می‌دهند. از این نوع کانسارها می‌توان کانسارهای کمربند توف سبز ژاپن (Glasby et al., 2008)، منطقه اوکیناوا ژاپن (Yeats et al., 2017)، بعضی کانسارهای کمربند آتشفشانی Mount Read تاسمانیای استرالیا مانند Rosebery (Large et al., 2001) و کانسارهای کمربند Skellefte سوئد (Schlatter, 2007; Montelius, 2005) و نیز کانسار پشته سمنان (غفاری و موسیوند، ۱۳۹۶) وکانسار ورندان قمصر (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۶) را نام برد. ذخایر عمده کوروکو در شمال‌شرق Honsho ژاپن، یک نوع کلیدی از ذخایر اصلی سولفید توده‌ای آتشفشانزاد برای مطالعه بیشتر کانسارهای نوع کوروکو در سراسر جهان هستند (Glasby et al., 2008). ذخایر کوروکو از پایین به بالا عمدتاً از ژیپس، سیلیس، باریت، کانسنگ زرد، کانسنگ سیاه، کانسنگ باریت و کانسنگ چرت‌آهن دار تشکیل شده‌اند و کانی‌های موجود در کانسنگ سیاه شامل اسفالریت، گالن، پیریت، باریت، کالکوپیریت و تتراهدریت است (Shikazono, 2003). همچنین لازم به ذکر است که پهنه تغذیه‌کننده (Stringer zone)، که یکی از بخش‌های کلیدی و مهم نهشته‌های سولفید توده‌ای است و نهشته‌های چرتی آهن‌دار که همان رسوبات بروندمی-نواری (Exhalites) هستند، همراه با کانه‌زایی سولفید توده‌ای نهشته شده‌است (Grenne and Slack, 2005). در کانسارهای ونکان ۱و ۲ نیز این رخساره‌ها و ویژگی‌های ذکر شده مشاهده می‌گردد.




**شکل۵-رخساره‌های کانه‌زایی در کانسار ونکان۲، الف) رگه-رگچه‌های باریتی، سیلیسی و سولفیدی (Barite-silica-Sulfide) در سنگ میزبان توفی در محدوده معدنی ونکان۲. ب) تصویر میکروسکوپی از رگه-رگچه‌های سیلیسی (Qz) حاوی باریت (Brt) به همراه گالن (Gn). ج) رخساره رسوبی-بروندمی نواری در محدوده معدنی ونکان ۲ که دارای تناوبی از چرت و سنگ میزبان توفی است. د) تصویر میکروسکوپی ازکانی هماتیت (Hem) در این رخساره.**

اینگونه کانسارها امروزه نیز در برخی مناطق مثل ژاپن در حال تشکیل می‌باشند (Yeats et al., 2017). همچنین به دلیل دارا بودن سنگ‌های درونگیر آتشفشانی-رسوبی شامل توف، توف‌شیلی، شیل و داشتن بافت‌های اولیه‌ی توده‌ای، نواری و لایه-ای و رگه-رگچه‌ای این گونه به نظر می‌رسد که کانه‌زایی باریت-فلزات پایه ونکان در زمان ائوسن در اثر فعالیت‌های آتشفشانی-بروندمی در داخل یک حوضه کششی در حال فرونشست رسوبی که همراه با خروج مواد آتشفشانی بوده است، بصورت کانسار سولفید توده‌ای (VMS) نوع کوروکو تشکیل شده است.

## منابع


۱- پزشکی، ف.، موسیوند، ف.، رضایی کهخایی،م.، فردوست، ف.، ۱۳۹۷، " الگوی تشکیل کانسار باریت-سرب-روی-مس ونکان، شمال-شرق سمنان؛ بر پایه مطالعات کانی‌شناسی، دگرسانی، ساخت و بافت ماده معدنی"، دهمین همایش ملی زمین‌شناسی اقتصادی ایران.

۲- علوی نایینی،م.، ۱۳۷۶، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جام، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

۳-غفاری،گ. و موسیوند، ف.، ۱۳۹۵، " کانسار باریت فلزات پایه پشته سمنان،کانه‌زایی سولفید توده‌ای آتشفشانزاد نوع کوروکو در کمان ماگمایی البرز"، هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران.

۴- موسیوند، ف.، ۱۳۸۹، زمین شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار روی- سری- مس چاه گز در جنوب شهر بابک و مقایسه آن با کانسار سولفید توده ای مس- روی -نقره بوانات در پهنه سنندج - سیرجان جنوبی. رساله دکتری زمین شناسی اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس، ۵۰۵ صفحه.

۵- هاشمی، ف.، موسیوند، ف.، رضایی کهخائی، م.، ۱۳۹۶،" افق‌های کانه‌دار، رخساره‌های کانسنگ، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS) باریت-سرب-مس ورندان، جنوب غرب قمصر". مجله زمین شناسی اقتصادی، شماره۲، ص.۵۸۷-۶۱۶.


## References:


1. Devine C.A, Gibson, H.L, Bailes, .A.H., Maclachlan, K ., 2002, Stratigraphy of volcanogenic massive sulfide-hosting volcanic and volcaniclastic rocks of the Filn Flon formation. Flin Flon–Creighton area, Saskatchewan and Manitoba; in Summary of Investigations 2002, Volume 2, Saskatchewan Geological Survey, Sask. Industry Resources, Misc. Rep. 2002-4.2, CD-ROM, Paper B-4, 11p.
2. Franklin, J.M., Haninngton, M. D., Jonarson, I. R., Barvie, C. T., 1998, Arc related volcanogenic massive sulfide deposits. In: Metallogeny of Volcanogenic Arcs, British Columbia Geol. Survey, Open file, 1998-8.
3. Galley, A.G., Hannington, M.D., and Jonasson, I.R., 2007, Volcanogenic massive sulfide deposits, in Goodfellow, W.D., ed., Mineral Deposits of Canada: A synthesis of major deposit-types, District Metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication No. 5, p. 141-161.
4. Gibson, H., Kerr, D. J., 1998, Giant VMS deposits: with emphasis on Archean deposit. In: 5th annual short course of magmatism, volcanism and metallogeny. Univ. de Bretagne occidental- Brest, France.
5. Glasby, G.P., Iizasa, K., Hannington, M., Kubota, H., Notsu, K., 2008, Mineralogy and composition of Kuroko deposits from northeastern Honshu and their possible modern analogues from the Izu-Ogasawara (Bonin) Arc south of Japan: Implications for mode of formation, Ore Geology Reviews, Ore Geology Reviews 34: 547-560.
6. Grenne, T. & Slack, J. F., 2005- Geochemistry of Jasper Beds from the Ordovician Lokken Ophiolite, Norway: Origin of Proximal and Distal Siliceous Exhalites: Economic Geology, 100(8): 151 -1527.
7. Large, R., McPhie, J., Gemmell., J.B. & Davidson, G., 2001, The spectrum of ore deposits types, volcanic environment, alteration halos, and related exploration vectors in submarine volcanic succession: some example from Australia. Economic Geology, 96: 913-938.

8. Lobanov. K., V., Gaskov. I., V., 2012, The Karchiga copper massive sulfide deposit in the high-grade metamorphosed rock of the Kurchum block: geologic structure, formation, and Genetic Models. Economic Geology, Vol: 97, p:471-510
9. Montelius, C., 2005- The Genetic Relationship between Rhyolitic Volcanism and Zn-Cu-Au Deposits in the Maurliden Volcanic Centre, Skellefte district, Sweden: volcanic facies, lithogeochemistry and Geochronology. Ph.D. thesis, Lulea University of Technology, Sweden. 135 p.
10. Schlatter, D. M., 2007- Volcanic Stratigraphy and Hydrothermal Alteration of the Petiknäs South Zn-Pb-Cu-Au-Ag Volcanic-hosted Massive Sulfide Deposit, Sweden, Doctoral thesis, Lulea University of Technology, Sweden. 208p.
11. Shikazono, N., 2003. Geochemical and tectonic evolution of arc-back arc hydrothermal systems implication for the origin of Kuroko and epithermal vein-type mineralization and the global geochemical cycle. Elsevier, Amsterdam. 466 p.
12. Whitney. D. l., Evans, B. W., 2010, Abbreviation for names of rock-forming minerals. American Mineralogist, Vol: 95, p: 185-187.
13. Yeats. C.J., Hollis. S.P., Halfpenny. A., Corona. J., Laflamme. C., Southam. G., Fiorentini. M., Herrington. R. J., Spratt. J. 2017. Actively forming Kuroko-type volcanic-hosted massive sulfide(VHMS) mineralization at Iheya North, Okinawa Trough, Japan. Ore Geology Reviews 84. p: 20-41.

# بررسی ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای و منشا کانی های سنگین منطقه کله جار، جنوب غرب مرند، آذربایجان شرقی

◇◇◇◇◇◇◇

**فاضل خالقی[۱]، سجاد پلنگی[۲]**

۱- استادیار گروه زمین شناسی واحد تبریز، دانشگاه آزاداسلامی، تبریز، ایران

۲- دانشجوی گروه زمین شناسی واحد تبریز، دانشگاه آزاداسلامی، تبریز، ایران

, palangi_1368@yahoo.comFazel_Khaleghi@yahoo.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

محدوده مورد مطالعه در جنوب غرب شهرستان مرند و استان آذربایجان شرقی واقع گردیده است. واحدهای زمین شناسی رخنمون یافته در این منطقه مربوط به کامبرین تا میوسن می باشد. به دلیل وجود واحدهای آذرین کهن و جایگاه خاص، بررسی ژئوشیمیایی آبراهه ای و مطالعات کانی سنگین در منطقه مورد پژوهش انجام گردید. بدین منظور تعداد ۱۰ نمونه از رسوبات آبراهه ای و ۱۵ نمونه کانی سنگین در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. پس از تحلیلهای آماری و رسم هیستوگرام ها، نقشه های ناهنجاری مربوط به۱۷ عنصر موجود در منطقه با نرم افزارSurfer رسم شده است. بر اساس نمودارهای هیستوگرام، عناصر Ni,Co,As,Cu دارای توزیع ژئوشیمیایی غیر عادی بوده و عناصرFe,Ti,V دارای غنی شدگی مجدد در منطقه می باشند. بر اساس نقشه های ناهنجاری، عناصر آرسنیک، نیکل، مس، آهن، وانادیوم وتیتانیوم با کانی زایی منتسب به توده های نفوذی در منطقه ارتباط دارند. بر اساس مطالعات کانی سنگین در زیر بیناکولار کانیهای زیرکن،پیریت، کوارتز، فلدسپات، آپاتیت، روتیل، اسفن، ایلمنیت،گارنت، پیروکسن، آمفیبول، مگنتیت و مالاکیتدر نمونه های منطقه شناسایی شد. کانی سنگین آمفیبول و پیروکسن در منطقه بیانگر سنگ منشاء آذرین با ترکیب حدواسط است. همچنین کانیهای سنگین ایلمنیت، پیریت، مگنتیت و مالاکیت ـ کالکوپیریتبه کانی زایی در منطقه نسبت داده می شوند. با توجه به تجمع کانیهای سنگین تیتان در منطقه (ایلمنیت فراوان به همراه روتیل و اسفن جزئی) توصیه می شود منطقه مورد اکتشاف تفصیلی صورت گیرد.

**کلید واژه ها:** مرند، کله جار، رسوبات آبراهه ای، کانی سنگین، تیتان

## Geochemical Study of stream sediments and heavy minerals sources in Kolejar Area,Marand, East Azarbayjan

Fazel Khaleghi[1], Sajjad Palangi[2]

[12] Geology department, Islamic Azad university –Tabriz Branch,Tabriz, Iran

**Abstract:**

The study area is located in southwest of Marand city and East Azarbaijan province. The geological units outcropped in this area are from Cambrian to Miocene. Due to the presence of ancient igneous units and a special place, geochemical surveys and heavy mineral studies were conducted in the studied area. For this

purpose, 10 samples of drainage sediments and 15 mineral minerals were studied in the area.After statistical analyzes and histograms, the anomaly maps of the 17 elements in the region are plotted with the Surfer software.According to histogram diagrams, Ni, Co, As, Cu elements have an anomaly geochemical distribution. Also, Elements such as Fe, Ti and V have re-enrichment in the region. Based on anomaly maps, arsenic, nickel, copper, iron, vanadium and titanium are associated with mineralization attributed to intrusive bodies in the region.Based on heavy mineral studies under Binocular microscope, minerals of zircon, pyrite, quartz, feldspar, apatite, rutile, sphene, ilmenite, garnet, pyroxene, amphibole, magnetite and malachite were identified in the samples of the region. Present of amphibole and pyroxene in samples indicate the igneous rock source with intermediate composition. Also heavy minerals of ilmenite, pyrite, magnetite, malachite and chalcopyrite are attributed to mineralization in the region.Due to the accumulation of heavy minerals of Titanium in the area, it is recommended that a detailed exploration area be taken.

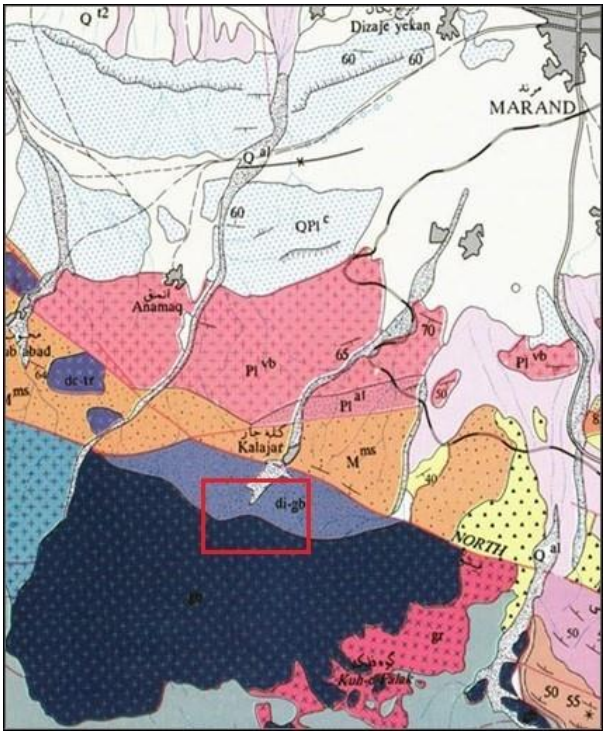
**Keywords :**Marand, Kolajar, Stream Sediment, Heavy Mineral, Titanium

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

روش های اکتشاف زمین شیمیایی رسوب آبراهه ای و کانی سنگین روش هایی مناسب، ارزان و مکمل یکدیگر در مرحله مقدماتی اکتشاف ذخایر معدنی پنهان می باشند. انطباق زون های تمرکز یافته از کانی های سنگین با ناهنجاری های عنصری در نمونه های رسوب آبراهه ای تأییدی بر حضور کانی سازی در سنگهای در برگیرنده حوضه آبریز می‌باشند. بروز ناهنجاری ها در محل آبراهه ها خود نشان دهنده کانسار در محل نیست، بلکه با توجه به تحرک عناصر میتوان منشأ اولیه این عناصر یعنی توده کانساری را با توجه به اطلاعات به دست آمده شناسایی کرد(یزدی، ۱۳۸۰).

محدوده ی مورد مطالعه از لحاظ تقسیمات کشوری در استان آذربایجانشرقی-شهرستان مرند و در بخش مرکزی مرند واقع شده است. فاصله محدوده تا شهر مرند ۱۰ کیلومتر می باشد. نزدیک ترین آبادی به محدوده ی روستای کله جار است که تقریبا در ۱/۵ کیلومتری شمال شرق محدوده واقع شده است(شکل۱). با توجه به نقشه زمین شناسی ۱۰۰۰۰۰: ۱مرند (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور ۱۹۹۴)، که محدوده کله جار در آن واقع شده است می توان گفت مهمترین واحدهای زمین شناسی موجود در محدوده اکتشافی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ را سازند کهر و توده های نفوذی گابرویی تا اولترابازیک(پریدوتیت)، دیوریتی، گرانودیوریتی تا میکروگرانیتی و دایک های میکرودیوریتی تا دولریتی و رسوبات کواترنری تشکیل می‌دهند.توده نفوذی گابرویی بیشترین گسترش را در محدوده اکتشافی داشته و کانی زایی های متعددی در نقاط مختلف در آن صورت گرفته است. واحد میکروگرانودیوریت ها شامل میکروگرانیت، سینیت تا گرانودیوریت می باشد. بررسی رسوبات آبراهه ای منطقه مذکور می تواند مطالعات کاربردی زمین شناسی را افزایش داده و به شناسایی منشاء رسوبات تشکیل دهنده و همچنین پتانسیل معدنی منطقه کمک نماید. هدف از مطالعات حاضر ارزیابی منطقه به لحاظ کانی سازی های محتمل فلزی و غیر فلزی با استفاده از تکنیک ژئوشیمی آبراهه ای و معرفی منطقه امید بخش برای ادامه عملیات زمین شناسی و اکتشافی در مقیاس تفضیلی می باشد.




**شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه بر روی نقشه زمین شناسی مرند**

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

در این مطالعه دو نوع نمونه برداری انجام شده است: الف) نمونه برداری ژئوشیمی رسوبات آبراهه ای: با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ محدوده و دستگاه GPS نمونه برداری انجام گرفت، که در مجموع تعداد ۱۰ نمونه ژئوشیمی را شامل می شود. نتایج آنالیز نمونه‌هایی که از پهنه‌های مختلف این محدوده برداشت می‌شود مبنای تهیه اطلاعاتی خواهد بود که اساس تمام مراحل داده‌پردازی و تدوین را در بر دارد(پلنگی، ۱۳۹۷). ب) نمونه برداری کانی سنگین: نمونه های کانی سنگین با رعایت دستورالعمل های خاص برداشت شدند. موارد مهم در این دستورالعمل شامل گسترش حوضه آبریز، پهنای آبراهه، شیب توپوگرافی، رژیم بارندگی، اجتناب از حواشی آبراهه ها و انتخاب مئاندرها و رسوبات با دانه بندی مختلف و ناهمگن می باشد. با توجه به نتایج نمونه های ژئوشیمیایی و نقشه های ناهنجاری ها محدوده های امید بخش مشخص گردیده و در مجموع از کل محدوده ۱۵ نمونه کانی سنگین برداشت شده است.

◇◇◇◇◇◇◇

**نتایج :**

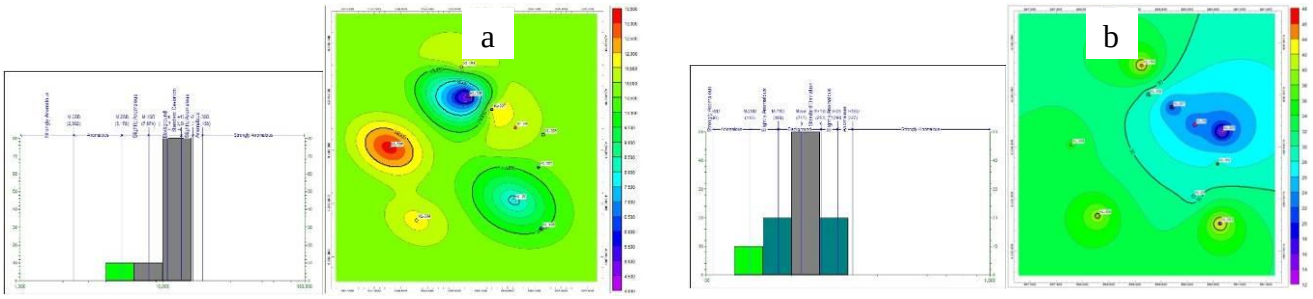
به منظور تشخیص روابط آماری موجود بین عناصر مرتبط با کانی‌سازی، نتایج آنالیز۱۷ عنصر(Ti, Cu, Zn, Pb, V, SFe, Co ,Ni ,Ba , La , As و ....) در نرم افزار SPSS وارد شده و مورد بررسی آماری قرار گرفتند. نتایج تحلیل آماری تک متغیره عناصر مهم در جدول یک نشان داده شده است.

**جدول ۱-پارامترهای آماری داده‌های ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای در محدوده اکتشافی جنوب غربی مرند(داده‌ها برحسب ppm غیر از طلا که برحسب ppb است)**

| | N | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation | Variance |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Au | ۱۰ | 1 | ۴ | ۲,۴ | ۱,۱۷ | ۱,۳۷ |
| As | ۱۰ | ۲,۳ | ۱۸,۷ | ۷,۷۸ | ۶,۲۵ | ۳۹,۰۵ |
| Ba | ۱۰ | ۸۲ | ۲۹۴ | ۱۷۷,۳ | ۷۶,۵۷ | ۵۸۶۳,۵ |
| Co | ۱۰ | ۳۰ | ۸۸ | ۵۲,۳ | ۱۶,۳ | ۲۶۵,۱ |
| Cr | ۱۰ | ۵۶ | ۸۷ | ۷۳,۷ | ۱۰,۶۳ | ۱۱۳,۱۲ |
| Cu | ۱۰ | ۴۷ | ۲۰۰ | ۷۶,۵ | ۴۸,۴۵ | ۲۳۴۷,۴ |
| Fe | ۱۰ | ۵۸۱۶۹ | ۹۶۵۷۳ | ۷۹۴۶۰,۸ | ۱۲۵۷۷,۸ | ۱۵۸۲۰۰۸۳۷,۹ |
| La | ۱۰ | ۵ | ۳۰ | ۱۴,۳ | ۸,۰۸ | ۶۵,۳۴ |
| Li | ۱۰ | ۴ | ۱۵ | ۹,۱ | ۳,۹۵ | ۱۵,۶۵ |
| Mn | ۱۰ | ۸۷۴ | ۱۹۴۸ | ۱۴۸۳,۹ | ۳۶۲,۷ | ۱۳۱۵۸۰,۳۲ |
| Ni | ۱۰ | ۴۰ | ۱۶۶ | ۶۴,۳ | ۳۹,۶۳ | ۱۵۷۱,۱۲ |
| Pb | ۱۰ | ۱۱ | ۴۸ | ۳۰,۸ | ۱۲,۵۷ | ۱۵۷,۹۵ |
| S | ۱۰ | ۱۷۹ | ۲۴۹۹ | ۱۰۶۷,۷ | ۹۸۶,۹۹ | ۹۷۴۱۵۳,۵۶ |
| Sr | ۱۰ | ۱۰۷ | ۲۳۰ | ۱۶۷,۶ | ۴۲,۷۰ | ۱۸۲۳,۳۷۷ |
| Ti | ۱۰ | ۴۱۸۷ | ۱۳۵۷۰ | ۱۰۷۷۰ | ۲۷۹۶,۰۸ | ۷۸۱۸۱۰۰,۲۲ |
| V | ۱۰ | ۱۵۲ | ۲۶۸ | ۲۱۶,۶ | ۳۶,۹ | ۱۳۶۱,۶ |
| Zn | ۱۰ | ۷۵ | ۱۴۴ | ۱۱۵,۳ | ۲۴,۱۷ | ۵۸۴,۲۳ |

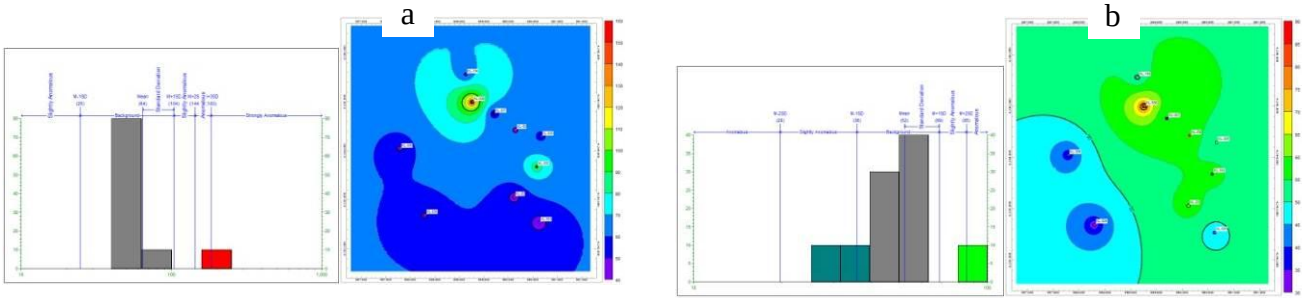
جهت تعیین محل آنومالی‌ها طبق روشهای مرسوم(Hale & Plant,1994; Howarth, 1983)، نقشه‌های ناهنجاری ژئوشیمیایی مکانی با استفاده از نرم افزار Rockwork ترسیم گردید که برای تفسیر آنها از انطباق نقشه های ناهنجاری با نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استفاده شده است(شکل۲). با توجه به نمودار های هر یک از عناصر بررسی شده این نتیجه به دست آمد که عناصر کبالت، نیکل، مس، منگنز، سرب، لانتانیوم، گوگرد، آرسنیک دارای انحراف به راست و توزیع نامتقارن می باشند. همچنین عناصر آهن، وانادیوم، تیتان، دارای انحراف به سمت چپ و دارای غنی شدگی در رسوبات می باشند. جهت تفسیر نقشه های ژئوشیمیایی محل ناهنجاری ها با نقشه ی زمین شناسی ۲۵۰۰۰: ۱ محدوده مورد مطالعه مقایسهشده است. با توجه به این نقشه ها مقدار آنومالی عنصر Ti، ۱۳۵۷۰ گرم در تن بوده در بخش غرب جنوبغرب منطقه بیشترین غنی شدگی را دارد که بر واحد های سنگی گابرو- پریدوتیت منطبق می باشد (شکل۲). آنومالی عنصر مس در قسمت شمال مرکز منطقه می باشد. فراوانی طبیعی عنصر مس در پوسته زمین ۵۵ گرم در تن می باشد که در این منطقه به حدود ۲۰۰ گرم در تن رسیده است. مقادیر زیاد این عنصر بر واحد های نفوذی دیوریت و گابرومنطبق

است(شکل۳). آنومالی عنصر نیکل در بخش شمال مرکز منطقه می باشد. فراوانی نیکل در این منطقه به ۱۶۶ گرم درتن رسیده و مقادیر بالای آن منطبق بر توده های مافیک گابروـپریدوتیت و نیزنفوذیهای دیوریت است. آنومالی عنصر آرسنیک در بخش جنوب غرب منطقه می باشد. بیشترین عیار این عنصر در منطقه ۱۸,۷ گرم در تن می باشد. بسیار قابل توجه است حداکثر مقادیر آن منطبق بر شیلهای کهر و واحدهای گابروـ پریدوتیت است(شکل۴).

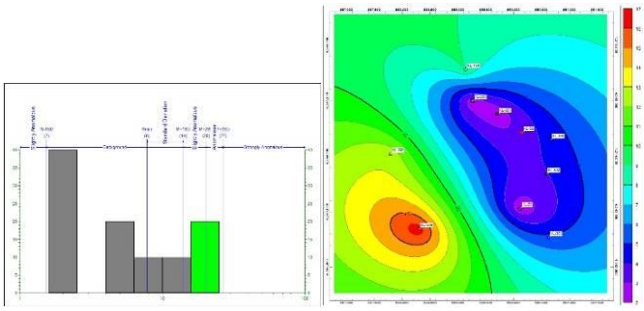



**شکل۲- نقشه ناهنجاری وهیستوگراملگاریتمی عنصر Ti (a) و عنصر V (b) دررسوبات آبراهه‌ای در جنوب غربی مرند**

آنومالی عنصر کبالت در بخش شمال مرکز منطقه می باشد. بیشترین غلظت این عنصر در منطقه ۸۸گرم در تن می باشد. مقادیر زیاد این عنصر منطبق با توده های دیوریت وگابرو می باشد و با کانی سازی سولفیدی احتمالی مرتبطاست. آنومالی آهن در بخش مرکز شرق منطقه بیشترین مقدار خود را نشان می دهد و عیار آن ۹,۶درصد می باشد که منطبق بر واحد های نفوذی دیوریت ـ گابرواست .آنومالی عنصر باریم در قسمت جنوب منطقه می باشد. فراوانی عنصر باریم در این منطقه به حدود ۲۹۴ گرم در تن رسیده است و محل آنومالی بر واحد های گابرو پریدوتیت منطبق است. حداکثر آنومالی سرب در بخش شمالی منطقه می باشد که بیشترین عیار آن ۴۸ گرم در تن می باشد که با توجه به نقشه زمین شناسی محل ناهنجاری منطقه منطبق بر نفوذی دیوریت ـ گابرو می باشد. عنصر وانادیوم در شرق کمی متمایل به مرکز منطقه آنومالی نشان می دهد حداکثر عیار این عنصر در حدود ۲۶۸ گرم در تن می باشد که بر واحد دیوریت ـ گابرومنطبق می باشد(شکل۲). عنصر منگنز در بخش شرق دارای آنومالی می باشد. حداکثرفراوانی این عنصر در حدود۱۹۴۸ گرم در تن می باشد که شامل واحدهای دیوریت ـ گابرو است. عنصر باریم در بخش جنوبغرب دارای آنومالی می باشد. حداکثر مقدار این عنصر در حدود ۲۹۴ گرم در تن می باشد. این عنصر نیز همانند بسیاری از عنصر های فوق بر واحدهای اولترامافیک گابروـ پریدوتیت منطبق است.



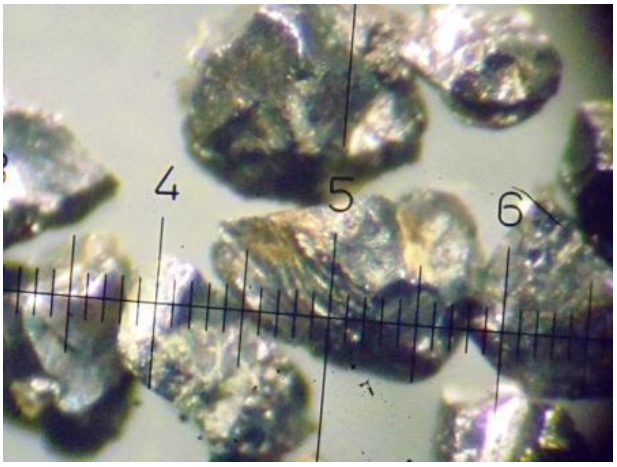

**شکل۳-نقشه ناهنجاری و هیستوگرام فراوانی عنصرCu (a) و عنصر Ni (b) دررسوبات‌آبراهه‌ای در جنوب غربی مرند**



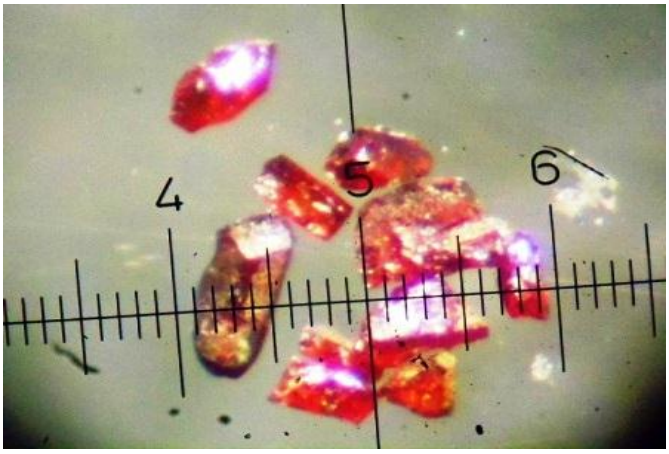
**شکل۴- نقشه ناهنجاری و نمودار فراوانی عنصر As دررسوبات‌آبراهه‌ای در جنوب غربی مرند**

**مطالعات کانی سنگین :** به منظور بررسی دقیق‌تر، از تعدادی نمونهکانیسنگینجهت مطالعه در زیر میکروسکوپ بیناکولار و تعیین منشا انتخاب گردید.در فاز غیر مغناطیسی(NM) نمونه ها، کانی های زیرکن، پیریت، کوارتز و فلدسپات به صورت انتشار گرم درتن و کانی های آپاتیت، روتیل و اسفن بصورت انتشار جزئی(pts) حضور دارد. در فاز مغناطیسی متوسط(AV) نمونه های این محدوده،کانی های آمفیبول، پیروکسن و ایلمنیت و کانی های گارنت و بیوتیت مشاهده شده است. کانی مگنتیت هم در حد انتشار گرم درتن دراین منطقه مشاهده شده است(شکل۹). این محدوده به لحاظ کانی زایی تیتان(حضور کانی ایلمنیت) حائز اهمیت می باشد(شکل۵). کانی ایلمنیت بی شکل و بیشتر به صورت خرده های کریستالی حضور دارد. این محدوده می تواند به لحاظ کانه تیتان مورد پیجویی بیشتری قرار گیرد.کانی زیرکن دارای رنگ صورتی و شکل دار تا نیمه شکلدار درفاز NM نمونه ها حضور دارد(شکل-۸).

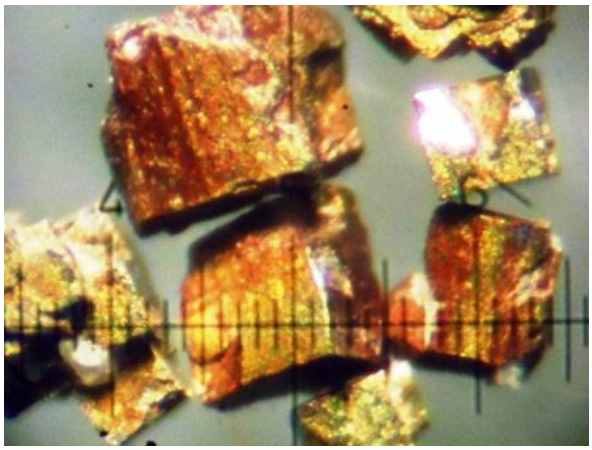
کانی پیریت در مطالعه نمونه های کانی سنگین به دلیل راهنمایی در معرفی نواحی امید بخش و به طور غالب همبستگی آن با زایش کانی های اقتصادی و کانسارسازی چون طلا دارای ارزش می باشد. (شکل -۷). مقدار این کانی در نمونه ها بصورت انتشار گرم درتن و در نمونه ها بصورت انتشار جزئی مشاهده شده است.کانی گارنت هم بصورت کانی های بی شکل و خرده کانی و نسبتا گرد شده در نمونه ها بصورت انتشار جزئی مشاهده شده است.از ناهنجاریهای مس می توان به حضور کانی مالاکیت ریز بلور و کانی کالکوپیریت در نمونه ها اشاره کرد.



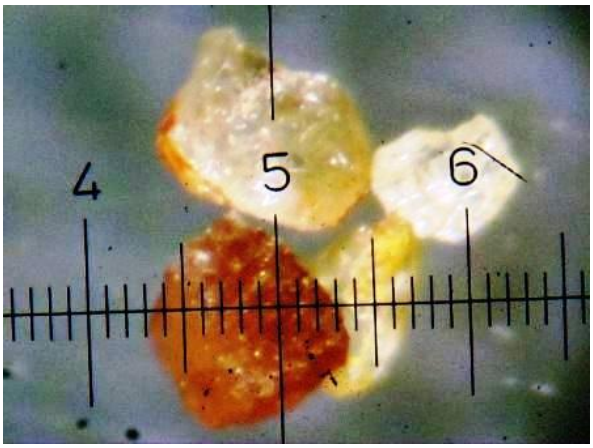

**شکل۵-الف: تجمعکانی ایلمنیت با اندازه بیش از ۱۰۰ میکرون در نمونه ها.**



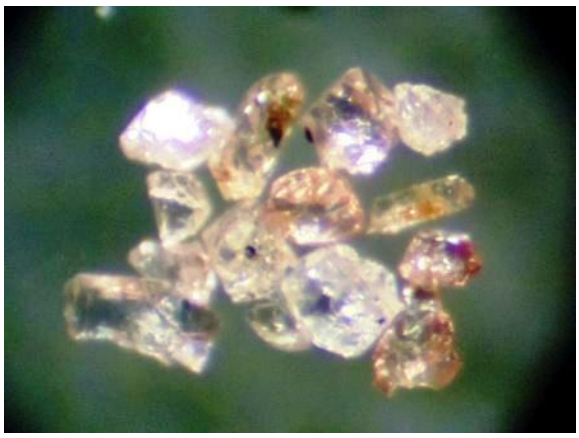

**شکل۵-ب: تصویری از حضور کانی روتیل**



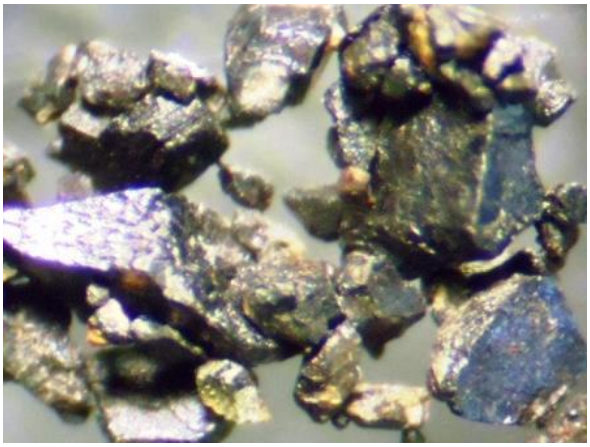
**شکل۶: تصویری ازحضور کانی پیریت در نمونهKJ.HM1**




**شکل-۷: تصویری ازحضور کانی اسفن در نمونهKJ.HM3**



**شکل۸ـ تصویری از حضور کانی زیرکن در نمونه KJ.HM3**



**شکل۹ـ تصویری از کانی مگنتیت در نمونه ها**

بر اساس تحلیل نمودارهای هیستوگرام ترسیم شده از نمونه های رسوبات آبراهه ای، عناصر دارای ۲ نوع توزیع می باشند: الف– عناصری که دارای توزیع غیرعادی و انحراف به سمت راست بوده و دارای ناهنجاری می باشند این عناصر به دو گروه تقسیم می شوند: عناصری که منعکس کننده کانی سازی در منطقه کله جار می باشند مانندمس، آرسنیک، نیکل و سربو عناصری که منعکس کننده سنگ منشا در منطقه می باشند مانند کبالت، منگنز، باریم. ب–عناصری که دارای توزیع غیر عادی بوده و تمایل به سمت چپ ( غنی شدگی مجدد ) دارند؛ مانند تیتان، وانادیوم وآهن. بر اساس تحلیل داده ها ۱۰نمونه رسوب آبراهه ای عناصر Cu,Zn,Sr,Pb,Ni,Co,Ti ,As دارای ناهنجاری بوده ولی با توجه به فراوانی عادی عناصر Zn,Sr در پوسته زمین نوع ناهنجاری قوی به نظر نمی رسد. حضور کانی های سولفیدی از جمله پیریت در نمونه های کانی های سنگین با ناهنجاری گوگرد همخوانی دارد. برخی از کانی های سنگین ازجمله زیرکن می تواند توده های نفوذی اسیدی در جنوب منطقه را نشان دهد و منشا سنگ زادی دارد. برخی از عناصر از جمله Ti,V, غیر عادی بوده و احتمالا مربوط به کانی سازی قابل توجه در غرب ـ جنوبغرب منطقه می باشند.

◇◇◇◇◇◇◇

**منابع فارسی :**


۱. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه زمین شناسی مرند در مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱
۲. کریم زاده ثمرین، ع.، ۱۳۸۱، کاربردهای داده های ژئوشیمی، انتشارات دانشگاه تبریز
۳. یزدیم.،"۱۳۸۰، روشهایمرسومدراکتشافاتزمینشیمیایی"،انتشاراتدانشگاهشهیدبهشتی،تهران، ۱۸۹ ص
۴. پلنگی، سجاد، ۱۳۹۷، بررسی ژئوشیمی رسوبات آبراهه ای و معرفی کانیهای سنگین منطقه کله جار، مرند، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز


**References:**


۵. Hale, M., and Plant, J.A. (1994). "Drainage Geochemistry in Mineral Exploration", Elsevier Science LTD, 120p
۶. Howarth, R.J. (1983). Handbook of Exploration Geochemistry Drainage, "Statistics and Data Analysis in Geochemical Prospecting", V.2, Elsevier Sci. Pub.Co, 437p


◇◇◇◇◇◇◇

# زمین شناسی و کانی شناسی کانسار مس مزوش دلیجان

◇◇◇◇◇◇◇

زهرا جمالی آقدوه لو، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور jamali.zahra93@gmail.com
سید جواد مقدسی، دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور
شهره حسن‌پور، استادیار، گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

معدن مس مزوش در فاصله ۲۷ کیلومتری جنوب خاوری شهرستان دلیجان در استان مرکزی واقع شده است. این محدوده بخشی از کمان ماگمایی ارومیه-دختر در زون ساختاری ایران مرکزی می باشد. در این محدوده سنگهای آذرین، رسوبی و آذرآواری سنوزوئیک از ائوسن میانی تا عهد حاضر برونزد دارد. واحدهای سنگی این محدوده عموماً شامل متاولکانیک، دایک‌های دیابازی،گابرو، توف وگدازه‌های اسیدی، داسیت، لیتیک توف، توف، ماسه سنگ، آهک ماسه‌ای و کنگلومرا است. دگرسانی‌های این منطقه شامل کلریتی، سریسیتی، اپیدوتی، سیلیسی، آرژیلیک و کربناتی می‌باشد که گسترش آنها با شکستگی‌ها و گسل‌های موجود در منطقه همخوانی دارد. کانی‌سازی هیپوژن از نوع هیدروترمال و شامل کانی‌های بورنیت، کالکوپیریت، مگنتیت، تتراهدریت- تنانتیت، کارولیت و پیریت است. کانی‌سازی سوپرژن شامل کانی‌های هماتیت، گوتیت و کوولیت است.

**کلید واژه ها**: زمین شناسی، کانی شناسی ، معدن مزوش، دلیجان

## Geology and mineralogy of mozvash copper deposit, Delijan

Zahra Jamali Aghdohlooi, MSc Student of Economic Geology, geology department, payame noor university
Seyed javad moghaddasi, associate professor, geology department, payame noor university
Shohreh Hasanpoor, assistant professor, geology department, payame noor university

**Abstract:**

Mozvash copper deposit is situated in Markazi Province, 27 km southeast of Delijan. Study area is part of Urmia-Dokhtar magmatic arc in the central Iran structural zone. Middle Eocene to recent igneous, sedimentary and volcanoclastic rocks are exposed in the area. Rock units of the study area consist of metavolcanics, diabasic dykes, gabbro, tuff anf asidic lavas, dacite, lithic tuff, tuff, sandstone, sandy-limestone and conglomerate. Alteration products are chlorite, sericite, epidote, silica, argillization and carbonates, whose expansion is consistent with fractures and faults in the region. Hypogene mineralization is hydrothermal type and includes boronite, chalcopyrite, magnetite, tetrahedrite-tannatete, carrollite and pyrite minerals. Supergene mineralization includes hematite, goethite and covellite minerals.

**Keywords :**geology, mineralogy, Mozvash ore depozit, Delijan

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

معدن مس مزوش با مختصات طول جغرافیایی "۳۴,۲ '۰۱ °۵۱ و عرض "۴۳,۶ '۵۶ °۳۳ در شهرستان دلیجان در استان مرکزی واقع شده است. این محدوده بخشی از کمان ماگمایی ارومیه-دختر مربوط به زون ساختاری ایران مرکزی می باشد. در این محدوده سنگهای آذرین، رسوبی و آذرآواری سنوزوئیک از ائوسن میانی تا عهد حاضر برونزد دارد. واحدهای سنگی این محدوده عموماً شامل متاولکانیک، دایک‌های دیابازی،گابرو، توف وگدازه‌های اسیدی، داسیت، لیتیک توف، توف، ماسه سنگ، آهک ماسه‌ای و کنگلومرا است. از آنجا که بر روی این کانی سازی در گذشته مطالعات مفصلی انجام نشده است، در این پژوهش ضمن بررسی زمین‌شناسی عمومی منطقه به مطالعه زون های دگرسانی و رابطه آن با کانی سازی، توالی پاراژنزی و کانی‌شناسی مناطق اکسیدی و سولفیدی در دو منطقه سوپرژن و هیپوژن پرداخته می‌شود.

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

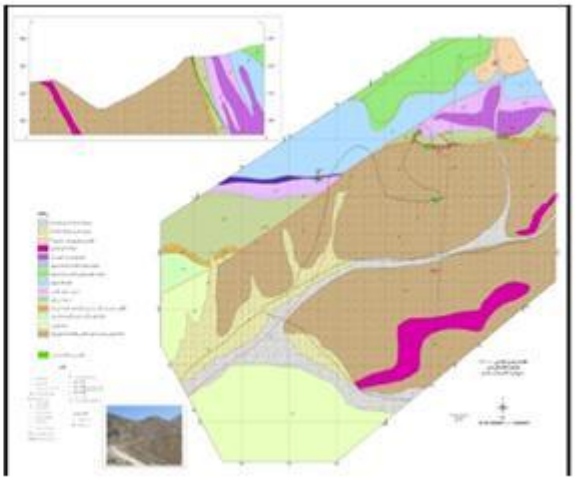
پس از مطالعه منابع و پژوهش های انجام شده، بازدید صحرایی و برداشت نمونه از واحدهای سنگی، کانی سازی و دگرسانی، از منطقه مورد مطالعه تعداد ۲۴ عدد نمونه برای مقاطع نازک و نازک صیقلی برداشت و با استفاده از میکروسکپ پلاریزان نور عبوری و بازتابیده مطالعه شد.

◇◇◇◇◇◇◇

**نتیجه گیری :**

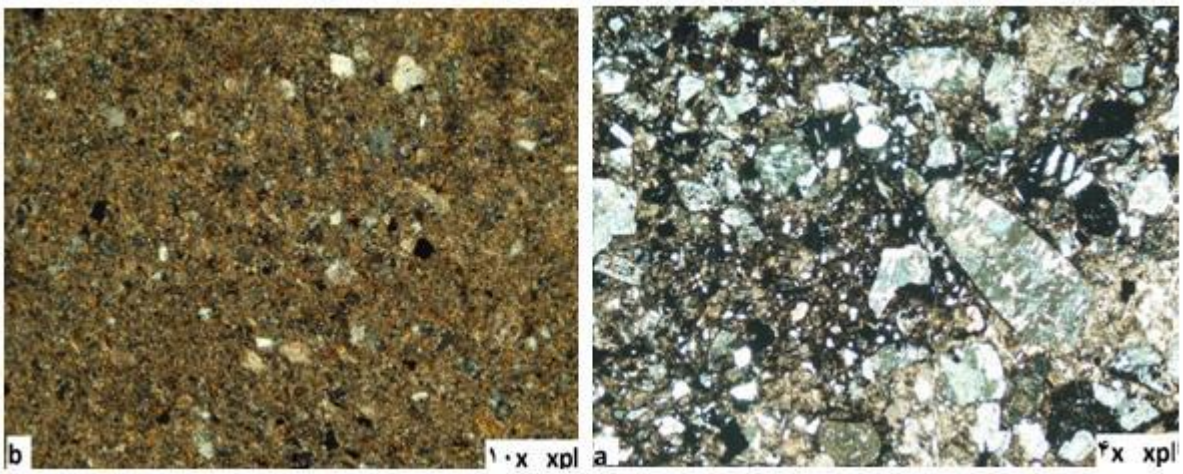
در محدوده معدن مس مزوش سنگهای آذرین و آذرآواری سنوزوئیک از ائوسن میانی تا عهد حاضر برونزد دارند و در این میان فعالیتهای آتشفشانی ائوسن پسین از گسترش چشم‌گیری برخوردار است. سنگهای رسوبی مزوزوئیک و ترشیاری نیز در منطقه رخنمون داشته و در بیشتر منطقه با رسوبات کواترنری پوشیده شده‌اند. مهمترین سنگهای محدوده عبارتند از تناوبی از آهک سیلتی، داسیت، آندزیت، آگلومرا، کنگلومرا، سیلتستون، توف و گدازه‌های آندزیتی با سن ائوسن که در مجاورت آن توده ای با ترکیب گرانیت و گرانودیوریت نفوذ کرده و باعث دگرگونی ضعیفی شده است (شکل‌های ۱ و ۲).

سنگ میزبان دارای زمینه شیشه ای به صورت ریز دانه است که شامل کوارتز، پلاژیوکلاز، کلسیت و کانی های ثانویه می-باشد. بیشتر نمونه ها به شدت دگرسان شده اند و به مجموعه ای از اپیدوت، رس، سریسیت، کانی کدر و کلسیت تبدیل شده اند. در حالت کلی سنگ میزبان توف می باشد (شکل ۳). بافتهای مشاهده شده در نمونه ها شامل بافت پورفیری، بافت جریانی، بافت بادامکی و بافت تیغه ای می باشد.

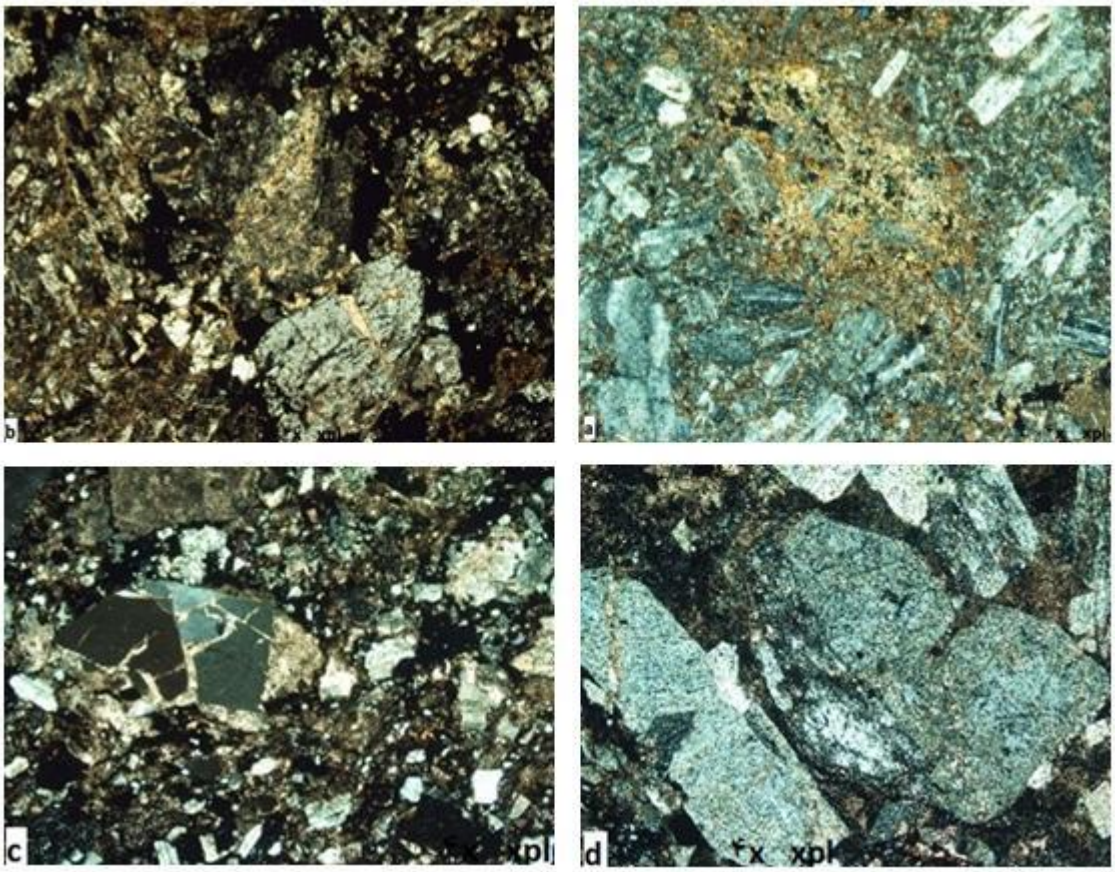



**شکل ۱ نقشه ۱:۱۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه (رویکو، ۱۳۹۳)  شکل ۲ عکس هوایی معدن مس مزوش دلیجان**

در نمونه ها دگرسانی کلسیتی به وفور و به صورت رگه رگچه ای و هم داخل خود کانی در منطقه مورد مطالعه مشاهده شد. دگرسانی اپیدوتی به صورت پراکنده در زمینه سنگ و به صورت رگه رگچه ای گسترش داشته است. دگرسانی سریسیتی و رسی نیز در زمینه از تجزیه فلدسپار به رس و تجزیه پلاژیوکلازها به سریسیت تشکیل شده اند. در بعضی نمونه ها دگرسانی به حدی بوده است که سنگ اولیه قابل تشخیص نیست (شکل ۴).




**شکل۳ a) قطعات سنگی مختلف کوارتز، فلدسپار در یک زمینه ریز دانه که ترکیب عمدتا فلدسپار و کلسیتی شدن است.  b) بافت کلی سنگ**



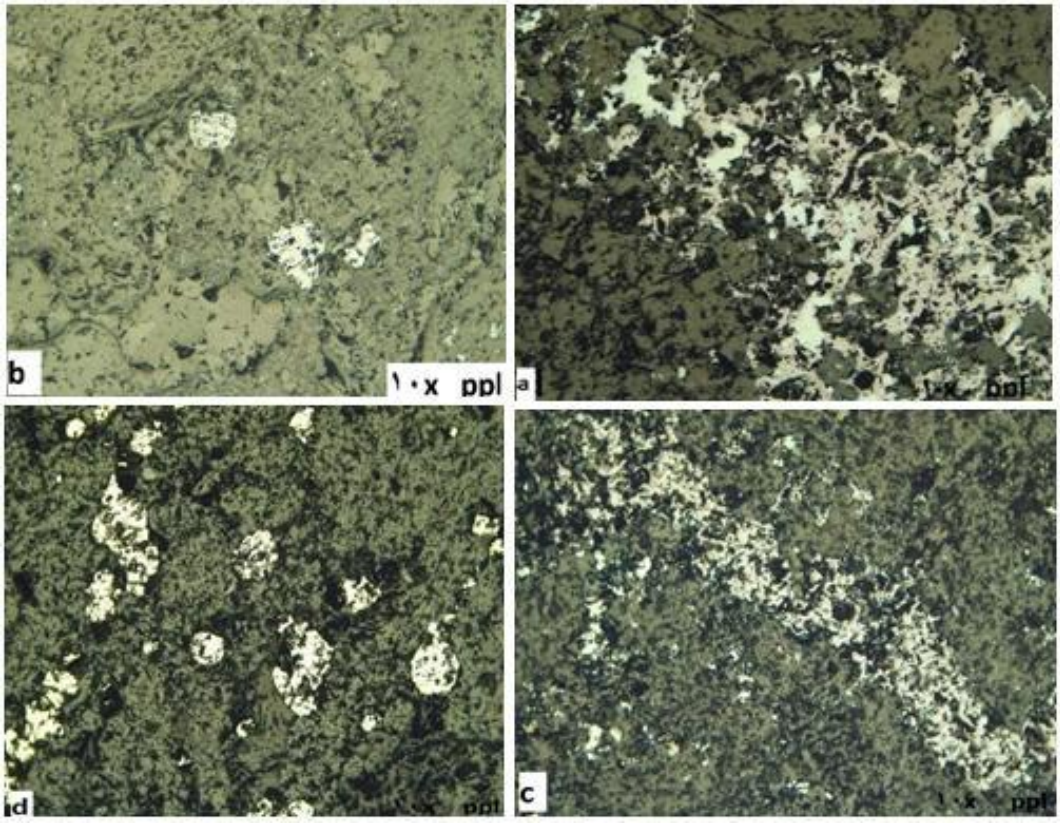

**شکل۴ a) دگرسانی اپیدوتی b)کربناتی شدن به همراه ترکیبی از سریسیتی شدن و اپیدوتی شدن خیلی ضعیف در اطراف c) سیال تخریبی کربناتی که وارد سنگ شده و در حال تجزیه سنگ به کلسیت است d) پلاژیوکلازهای درشت که سریسیتی شده اند.**

مطالعه مقاطع صیقلی و نازک صیقلی نشان داد که کانی‌سازی هیپوژن از نوع هیدروترمال و شامل کانی‌های بورنیت، کالکوپیریت، مگنتیت، تتراهدریت- تنانتیت، کارولیت و پیریت است. کانی‌سازی سوپرژن شامل کانی‌های هماتیت، گوتیت و کوولیت است.

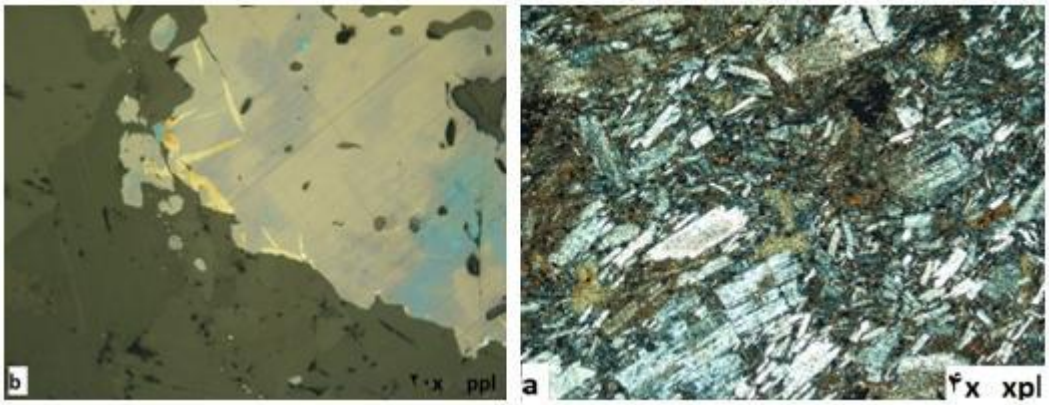
بورنیت از کانی های اصلی و فراوان در منطقه مورد مطالعه می باشد که بیشتر به صورت رگه رگچه ای و حفره پرکن تشکیل شده است. بورنیت به همراه کالکوپیریت به صورت همرشدی و میانبار مشاهده می‌شود. همچنین به صورت همرشدی با تتراهدریت- تنانتیت نیز مشاهده می‌شود. کالکوپیریت فراوانترین کانی سولفیدی مس در محدوده مورد مطالعه می باشد که به صورت بافت تیغه ای و همرشدی درکنار بورنیت حضور داشته است. کانی سازی پراکنده و رگچه ای در بافت سنگ داشته و بین قطعات سنگی را پر می کند.

در بعضی نمونه ها بورنیت به همراه کالکوپیریت در رگه کلسیتی مشاهده می‌شود. پیریت به شکل بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار در زمینه سنگ پراکنده است و به صورت رگه- رگچه ای و پراکنده کانی سازی داشته است. تتراهدریت –

تنانتیت به صورت همرشدی با بورنیت در لا به لای فضای باز سنگها تشکیل شده است. هماتیت در بخش هایی از محدوده کانی به صورت اسپیکولاریت یا همان هماتیت سوزنی حضور دارد.کوولیت به صورت ضعیف و کم در اثر دگرسانی کانی های مس دار تشکیل شده است (شکل ۵).




**شکل۵ a) همرشدی تتراهدریت- تنانتیت با بورنیت، b)کانی‌سازی مگنتیت و آثار پراکنده از هماتیت، c) پراکندگی بورنیت در رگه و d) بلورهای شکل دار و نیمه شکل دار پیریت.**




**شکل۶ a) بافت جریانی (عمدتاً فلدسپار قلیایی) و b) بافت تیغه ای کالکوپیریت درون بورنیت**

نتایج حاصل از مطالعات صحرایی و میکروسکوپی در محدوده مزوش دلیجان بیانگر آن است که کانی زایی مس در لایه های سنگی دربرگیرنده آذرین بیرونی و آذرآواری به صورت رگه- رگچه سولفیدی با کانی های غالب کالکوپیریت و بورنیت و به مقدار پیریت انجام شده است. غالبا کانی زایی مس در محل شکستگی‌ها و گسل‌های اصلی یا تلاقی آنها انجام شده است و دگرسانی های سریسیتی، کربناتی، اپیدوتی و کلریتی با گسل ها و شکستگی های موجود در منطقه همخوانی داشته و تاییدی بر این موضوع می باشد. این امر موید آن است که شکستگی ها و گسلش معبر و محل نفوذ مناسبی برای محلول های کانی ساز بوده است.

کانی سازی کانی های اکسیدی و سولفیدی در منطقه مورد مطالعه در دو مرحله درون زاد (هیپوژن) و برون زاد (سوپرژن) روی داده است به طوریکه مگنتیت، بورنیت، تتراهدریت-تنانتیت، پیریت و کالکوپیریت در مراحل اولیه تشکیل کانسنگ و در زون هیپوژن تشکیل شده است و کانی های کوولیت و گوتیت هم در زون سوپرژن (با مکانیزم متفاوت با زون هیپوژن) تشکیل شده اند و پاراژنز تشکیل هماتیت هم در زون هیپوژن و سوپرژن بوده است (شکل ۷).

| Minerals | Mineralization stages | |
|---|---|---|
| | Hypogene | Supergene |
| Magnetite | | |
| Bornite | | |
| Tetrahedrite-Tenantite | | |
| Chalcopyrite | | |
| Pyrite | | |
| Carrollite (?) | | |
| Covelite | | |
| Hematite | | |
| Goethite | | |

**شکل۷ توالی پاراژنزی منطقه مورد مطالعه**

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

این متن را پاک کرده و منابع فارسی مقاله را به ترتیب با توجه به حرف اول نام نویسنده اول بنویسید.

شعبانیان، ر ، ۱۳۹۱، "زمین شناسی ایران"، (صفحات ۵۶ تا ۶۱)

حمید ثمری، الهام فیروزی، علیرضا توکلی، حسن اسماعیلی، ۱۳۹۴، "پی جویی و امکان سنجی مس در گستره مزوش دلیجان با استفاده از تلفیق اطلاعات زمین شناسی، زمین ساختی و دور سنجی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS"، نوزدهمین همایش سالانه انجمن زمین شناسی ایران و نهمین همایش ملی دانشگاه پیام نور، دانشگاه پیام نور، تهران

حمید ثمری، الهام فیروزی، ادریس منصوری، محمد فراهانی ،۱۳۹۳،"مطالعات دورسنجی زون های دگرسانی محدوده اکتشافی مزوش، دلیجان"، اولین همایش ملی زمین شناسی و اکتشافات معدنی کرمان- موسسه اموزش عالی کرمان

محمدعلی علی آبادی، پگاه نعمتی، محمد فراهانی، امیررضا موحدیان، ادریس منصوری،آبان ۱۳۹۳، "مطالعات اولیه زمین شناسی، سنگ شناسی، کانی شناسی و بررسی کانه زایی مس در منطقه مزوش دلیجان، استان مرکزی"، هشتمین همایش ملی تخصصی زمین شناسی دانشگاه پیام نور اراک

نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

◇◇◇◇◇◇◇

# مطالعه لیتوژئوشیمیایی طلا در منطقه میاردان بستان آباد، آذربایجان شرقی، ایران

فاطمه جهانگیریار[۱*]، صمد علیپور[۱]، وارطان سیمونز[۲]، الکساندر توالچرلیدزه[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم زمین، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- استاد، ژئوشیمی اکتشافی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳- دانشیار زمین شناسی اقتصادی، مرکز تحقیقات علوم‌پایه دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۴- استاد زمین شناسی اقتصادی، گرجستان
* عهده‌دار مکاتبات:fjahangiryar@yahoo.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

منطقه مورد مطالعه در جنوب روستای میاردان در استان آذربایجان شرقی، غرب شهرستان بستان آباد واقع شده و بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد ونقشه توپوگرافی ۱: ۲۵۰۰۰۰ میانه می‌باشد. از نظر زمین شناسی مهمترین واحدهای زمین شناسی منطقه را واحدهای پلیوسن تشکیل می‌دهند که بیشترین گسترش وضخامت را در این منطقه دارند از لحاظ زمین شناسی اقتصادی، کانی زایی طلا در واحد ائوسن شکل گرفته است این سری عمدتاً متشکل از سنگهای آتشفشانی بوده و شامل آندزیت و تراکی آندزیت، توف، ایگلنمبریت و پرشدگی های کوارتزی می‌باشد. با توجه به مساحت منطقه (حدود ۲۴/۱ کیلومتر مربع) تعداد ۳۵۴ نمونه لیتوژئوشیمیایی از محدوده مورد مطالعه برداشت و ۸ آنومالی طلا در این محدوده مورد بررسی قرار گرفت که بیشترین مقدار آنومالی طلا در زون اول به مقدار ۲/۰۴ گرم در تن و در زون سیلیسی قرار دارد .

**کلید واژه ها**: مطالعات لیتوژئوشیمیایی، طلا، آنومالی، میاردان

## Lithogeochemical Study of Gold in the Miardan region, Bostanabad, East Azarbaijan ,Iran

**Fatemeh Jahangiryar[1*], Samad Alipour[2], Vartan Simmonds[3], Alexander towalcherlidzeh[4]**

**۱)Ph.D. Student of Economic Geology, Geology Department, Faculty of Sciences, Urmia University**
**2) Professor of Geochemistry, Geology Department, Faculty of Sciences, Urmia University**
**3) Associate professor of Economic Geology, Research Institute for Fundamental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran**
**4) Professor of Economic Geology, Georgia**

**Abstract:**

The study area is located in the south of Miardan village in East Azarbaijan province, west of the Bostanabad city, which is part of the 1: 100000 geological map of the Bostanabad (Bahroozi, 1377) and 1:250,000

topography map of the Mianeh (Lotfi, 1357). Geologically, the most important geological units in the region are Pliocene units, which have the largest expansion and thickness in this area. In terms of economic geology, mineralization has been formed in the Eocene unit. On the other hand, this series consist mainly of volcanic, including andesite and trachy andesite, tuff, and Quaternary alluvials. Considering the surface area of the study region (about 24.1 km2), 354 samples of lithogeochemical samples were collected, based on which 8 anomaly zones for gold were found in this area. The highest gold grade is obtained from the first zone, reaching to 2.04 g / ton, which is a silicified zone.

**Keywords :** LithoGeochemical Study, Gold, Anomaly, Miardan

◇◇◇◇◇◇◇

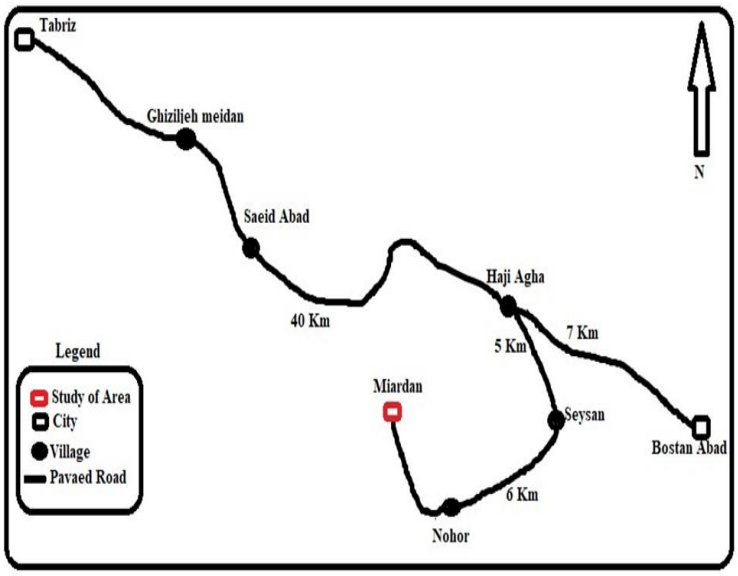
**مقدمه :**

امروزه یکی از موثرترین تکنیک‌های اکتشافی در مقیاس ناحیه‌ای، روش‌های ژئوشیمیایی هستند و در این میان، روش لیتوژئوشیمیایی با تکیه بر قوانین حاکم برتمرکز فلزات در سنگ ها انجام می شود(حسنی پاک، ۱۳۹۱).

طلا از گذشته‌های بسیار دور، به دلیل جلای زیبا، مقاومت بالا در مقابل اکسایش و دیگر عوامل شیمیایی، شکل‌پذیری خوب و کمیابی، در طول تاریخ مورد توجه بشر بوده و دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. از مطالعات انجام‌شده در منطقه، می توان به گزارش پی‌جویی و پتانسیل‌یابی مواد معدنی شهرستان بستان آباد (مؤید و همکاران، ۱۳۷۶) و همچنین مطالعات قانع (۱۳۷۲) و پتروگرافی سنگ‌های آتش‌فشانی و پلوتونیک منطقه تیکمه‌داش اشاره کرد و همچنین مطالعات ژئوشیمیایی اخیر که در جلده باخان سراب واقع در شرق این منطقه انجام گرفته (لشگری، ۱۳۸۹)، آنومالی-هایی از عناصر طلا و مس را در شرق منطقه مورد مطالعه مشخص کرده است. در این مقاله سعی شده با استفاده از داده‌های لیتوژئوشیمیایی و پردازش آماری داده‌های حاصل از آن هاله ژئوشیمیایی عنصر طلا در ورقه ۱:۲۵۰۰۰ میاردان مورد مطالعه قرار گیرد.

**موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه:**

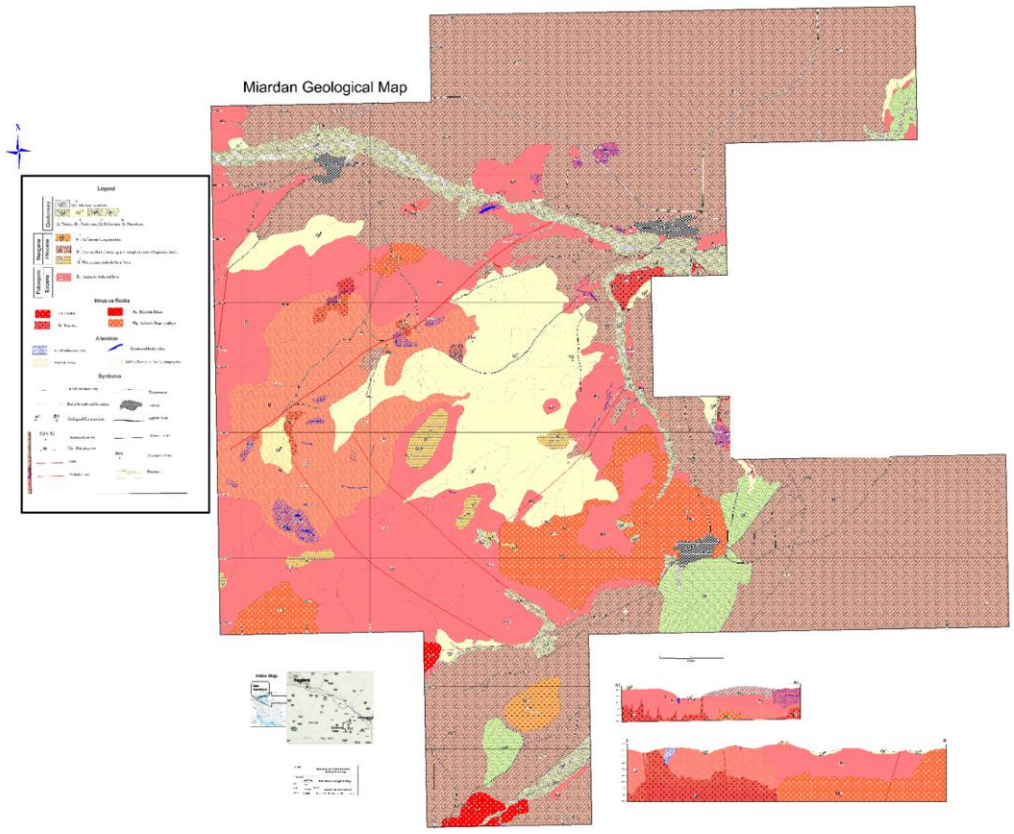
منطقه مورد مطالعه دردامنه ارتفاعات غرب بستان آباد و شرق رشته کوه سهند واقع شده است و بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰بستان آباد(بهروزی،۱۳۷۷) را شامل می‌شود. پس از طی ۴۰ کیلومتردر جاده قدیم تبریز – بستان آباد در فاصله ۷ کیلومتر مانده به بستان آباد به سه راهی سیسان می‌رسیم. از این سه راهی تا محدوده اکتشافی ۱۱ کیلومتر می‌باشد که ۵ کیلومتر آسفالت و ۶ کیلومتر تا روستای نهر جاده شنی می‌باشد که پس از طی این مسافت به منطقه مورد مطالعه می‌رسیم(شکل۱). با توجه به تقسیمات واحدهای ساختمانی-رسوبی ایران (اشتوکلین ۱۹۷۲)، این ناحیه بخشی از کمربند دگرگونی و افیولیتی زون سنندج- سیرجان دانسته شده است. نبوی (۱۳۵۵)، این منطقه را بخشی از زون خوی– مهاباد از زون البرز– آذربایجان در نظر گرفته است. همچنین آقانباتی (۱۳۸۲) منطقه مورد مطالعه را جزء پهنه مرکزی ایران محسوب کرده است.




**شکل ۱: راه‌های دسترسی به محدوده مورد مطالعه**

پی‌سنگ منطقه مطالعاتی را واحدهای به سن کرتاسه پسین می‌سازند. این واحد ها تناوبی ازسنگهای آتشفشانی سرپانتینیتی و کلریتی شده بازالتی، توف بازیک و گابرو و واحدهای آهک مارنی نازک لایه، ماسه سنگ، کنگلومرا و شیل می‌باشند که مرز گسله با هم دارند. بر روی این واحد ها رسوبات منسوب به ائوسن به صورت ناپیوسته قرار گرفته‌اند. ترکیب کلی این واحدها بیشتر آتشفشانی آذرآواری می‌باشند. سنگهای آذرآواری و گدازه با تناوبی از توف‌های خرد شده، توف ماسه-ای و گدازه‌های آندزیتی به رنگ خاکستری و سبز تیره($E^{tv}$) قدیمی‌ترین سنگ‌های ائوسن می‌باشند که در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب شرق منطقه مورد مطالعه رخنمون دارند. برروی این واحد واحد سنگ‌های آتش فشانی پورفیری بنفش رنگ همراه با کمی توف قرار گرفته است($E^{v}$) )(شکل۲)که خود توسط واحد توف و ایگنیمبریت که در نقشه با نماد $E^{It}$ نمایش داده شده پوشیده می شود. این سنگ ها ریزدانه بوده و بیشتر در مرکز محدوده دیده می شود.کانی سازی بیشتر در درون این واحد شکل گرفته است. توده‌های نفوذی گرانیتی،کوارتز مونزونیتی، گرانودیوریتی، سنگ‌های داسیتی وریوداسیتی با رنگ روشن به شکل گنبد و سیل ($OM^{d}$) و دایکهای ریولیتی منسوب به الیگوسن در درون واحدهای قدیمی تزریق شده‌اند(شکل۲). .تعدادی گسل در اطراف محل کانسار وجود دارد و همین مسئله این تئوری را توجیه می-کند که محلول‌های گرمابی حاصل از توده گرانیتی پنهان در نزدیک روستای خاتون آباد و میاردان باعث کانی سازی در منطقه شده اند. واحدهای آهکی سازند قم و واحدهای گچ‌دار مارنی، سیلت، ماسه سنگ و کنگلومرای به سن میوسن در شمال شرق محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند($M^{lm}$ ,$M_2^{sm}$,$M^{sm}$ )(شکل۲). رسوبات پلیوسن بیشتر از نوع کنگلومرای سست می باشند. این واحد دارای رنگ روشن بوده واز لاهار، گلسنگ و برشهای ولکانیکی که قطعات آن از چندمیلی متر

تا بولدرهای چند متری با گرد شدگی بالا هستند تشکیل شده است.این واحد دارای میان لایه های پومیس، ماسه و رس بوده و بعد از کانی سازی بر روی سنگ های ائوسن نهشته شده است($Pl^{vc}2^{c}$, $Pl^{vc}1^{c}$). کراترهای آتشفشانی با ترکیب اسیدی (داسیت و داسیت آندزیت) سهند می‌باشند ($Pl_2^{d}$)که در منطقه مورد مطالعه رخنمون دارند(شکل۲). رسوبات کواترنری به شکل رسوبات کوهپایه‌ای و تراس‌های قدیمی و رسوبات آبراهه‌ای جوانترین واحدهای در منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. ($Q^{la}$ , $Q^{t1}$ , $Q^{al}$).




**شکل۲: نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ میاردان**

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

وجود رسوبات جوان شامل لاوا ، آگلومرا و توف ، پومیس کنگلومرا متوسط به ضخامت ۸۰ متر و شرایط زمین شناختی رسوبات آتشفشانی سهند، محدوده مورد مطالعه طوری است که اجازه نمونه برداری سیتماتیک را نمی داد. در نتیجه این عوامل ما مجبور به نمونه برداری از رخنمون های موجود که بیشتر در درون دره ها قرار دارند شدیم.

به این منظور تعداد ۳۵۴ نمونه لیتوژئوشیمیایی از تنوع لیتولوژی‌ها در محل رخنمون‌ها بصورت تک نمونه، انتخابی و متریک بروش لیپری نمونه برداری انجام شد. وزن نمونه ها در حدود ۶ کیلوگرم بوده و از محل کانی زایی ها، حاشیه کنتاکت ها و مناطق سیلیسی نمونه برداری شده است. نمونه های برداشت شده از منطقه بعد از کدگذاری و توزین جهت

آماده سازی و آنالیز به آزمایشگاه زرآزما ارسال گردید و طلا با روش Fire Assay مورد اندازه گیری قرار گرفت. در کارگاه آماده سازی نمونه ها را از کیسه های پلاستیکی درآورده و در سینی های مخصوصی ریخته و به مدت ۱۰ ساعت در دمای حدوداً ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک کردند. ابتدا نمونه های خشک شده را در سنگ شکن فکی اولیه تا ابعاد ۲ سانتی متر خرد کرده و در سنگ شکن ثانویه تا زیر ۵ میلی متر خرد شدند. سپس نمونه های خرد شده را در داخل تقسیم کننده مخروطی ریخته و نمونه معرف را به وزن ۳۰۰-۲۵۰ گرم جهت انجام عملیات نرمایش جدا کرده و بقیه نمونه خرد شده بایگانی شد. سپس نمونه های خرد شده را که در بسته های پلاستیکی به وزن تقریبی ۲۵۰ گرم هستند در دیسک آسیاب ریخته و داخل دستـگاه قرار داده و پودر نمودیم.

◇◇◇◇◇◇◇

**نتایج:**

وجود روند خطی در سیستم نمونه‌برداری پردازش داده‌ها به روش کریجینگ خطای بالایی را به نتیجه وارد می نمود بنابراین بر حسب سنگ شناختی منطقه و روند نمونه‌ها محدوده اکتشافی را به بخش های فرضی تقسیم نموده و رسم هاله‌های ژئوشیمیایی را در این بخش‌ها انجام داده‌ایم تا از ایجاد آنومالی‌های غیر واقعی تا حدودی جلوگیری به عمل آید. در شبکه بندی پردازش ژئوشیمیایی نزدیکترین داده استفاده شده است.

**آنومالی اول**

این آنومالی در جنوب غربی محدوده مورد مطالعه واقع شده است که در ابعاد ۱۵۰ ×۱۰۰ متر زون سیلیسی کوارتزی رخنمون دارد(شکل ۳A ) و روند عمومی آن ۶۰ درجه به سمت شمال شرق بوده به علت رخنمون خوب توسط بیل مکانیکی سطح تازه از سنگ ایجاد شده و نمونه برداری بیشتر به شکل شبه کانالی انجام گرفته است. تعداد نمونه های برداشت شده از این زون ۷۷ نمونه می‌باشد. بیشترین عیار داده‌های طلا در این زون ۲/۰۴ گرم درتن و کمترین مقدار ۰/۰۱ گرم در تن است متوسط عیارطلا ۰/۶گرم در تن است(جدول۲).

**آنومالی دوم**

این آنومالی در نیمه شمالی محدوده مورد مطالعه در شمال غرب روستای میاردان واقع شده است(شکل ۳B ). در ابعاد ۴۰۰۰ ×۲۰۰۰ متر زونهای متنوع سیلیسی کوارتزی رخنمون دارد. روند عمومی زونهای آن ۳۰ تا ۵۰ درجه شمال شرقی برآورد می گردد نمونه برداری بیشتر به شکل نقطه ای انجام گرفته است. تعداد نمونه های برداشت شده از این ۳۹ نمونه می‌باشد. بیشترین عیار داده های طلا در این زون۱/۷۸ گرم درتن و کمترین مقدار ۰/۰۱گرم در تن است، متوسط عیارطلا ۰/۴۸ گرم در تن است(جدول۲).

**آنومالی سوم**

این آنومالی در نیمه غربی محدوده مورد مطالعه در جنوب روستای میاردان واقع شده است(شکل ۳C ). در ابعاد تقریبی ۴۰۰×۲۰۰ متر زونهای متنوع باریتی، کوارتزی رخنمون دارد. روند عمومی زون‌های آن ۱۱۰تا ۹۰ درجه جنوب

شرقی برآورد می گردد نمونه برداری بیشتر به شکل نقطه‌ای در این بخش انجام گرفته است. تعداد نمونه های برداشت شده از این زون‌ها ۳۳ نمونه می‌باشد. بیشترین عیار داده های طلا در این زون ۱/۶۸ گرم درتن و کمترین مقدار ۰/۰۱ گرم در تن است متوسط عیارطلا ۰/۲۹ گرم در تن است(جدول۲).

**آنومالی چهارم**

این آنومالی در نیمه غربی محدوده مورد مطالعه در جنوب آنومالی ۳ واقع شده است(شکل ۳D ). در ابعاد تقریبی ۱۰۰ ×۷۰ و ۲۰×۱۷۰ متر زونهای متنوع با دگرسانی هماتیتی، رگه و رگچه‌های کوارتزی با ضخامت ۵ تا ۱۰۰ سانتی‌متر رخنمون دارد. این زون‌ها در دو دیواره رودخانه در زیر کنگلومراهای آتشفشان سهند قرار دارند. روند عمومی زونهای آن ۴۰تا ۵۰درجه شمال شرقی است. نمونه برداری بیشتر به شکل نقطه‌ای انجام گرفته است. تعداد نمونه های برداشت شده از این زون‌ها ۳۳ نمونه می‌باشد. بیشترین عیار داده‌های طلا در این زون ۱/۶۷گرم درتن و کمترین مقدار ۰/۱۲ گرم در تن است متوسط عیارطلا ۰/۴۱ گرم در تن است(جدول۲).

**آنومالی پنجم**

این آنومالی در نیمه جنوب‌غربی محدوده مورد مطالعه در امتداد جنوب آنومالی ۲ واقع شده است(شکل ۳E). در ابعاد تقریبی ۵۰۰×۱۰۰۰ متر برآورد می گردد که زونهای متنوع برشی هماتیتی، برشی کوارتزی رخنمون دارد. روند عمومی زون‌های آن به نظر به زون‌های بخش ۲ می‌رسند. نمونه برداری بیشتر به شکل نقطه‌ای انجام گرفته است. تعداد نمونه های برداشت شده از این زون‌ها ۲۳ نمونه می‌باشد. بیشترین عیار داده های طلا در این زون ۱/۴۲ گرم درتن و کمترین مقدار ۰/۰۱ گرم در تن است متوسط عیارطلا ۰/۲۹گرم در تن است(جدول۲).

**آنو مالی ششم**

این آنومالی در مرز جنوب محدوده مورد مطالعه واقع شده است(شکل ۳F ). در ابعاد تقریبی ۱۰۰×۱۵۰ متر برآورد می گردد که زون‌های متنوع هماتیتی،رگچه‌های کوارتزی و کلسیتی در درون آندزیت‌های نسبتا دگرسان شده رخنمون دارد. نمونه‌برداری بیشتر به شکل نقطه‌ای انجام گرفته است. تعداد نمونه‌های برداشت شده از این زون‌ها ۲۶ نمونه می‌باشد. بیشترین عیار داده ها ی طلادر این زون ۰/۹۸ گرم درتن و کمترین مقدار ۰/۰۱ گرم در تن است متوسط عیارطلا ۰/۱۶گرم در تن است(جدول۲).

**آنومالی هفتم**

این آنومالی در مرکز محدوده مورد مطالعه واقع شده است(شکل ۳G). زون‌های سرسیتی هماتیتی با رگچه های کلسیتی برشی و مقدار کمی کوارتزی با ضخامت ۵-۲۰ سانتی متری در درون آندزیت رخنمون دارد. نمونه برداری بیشتر به شکل نقطه‌ای انجام گرفته است. تعداد نمونه های برداشت شده از این زون ۱۲ نمونه می‌باشد. بیشترین عیار

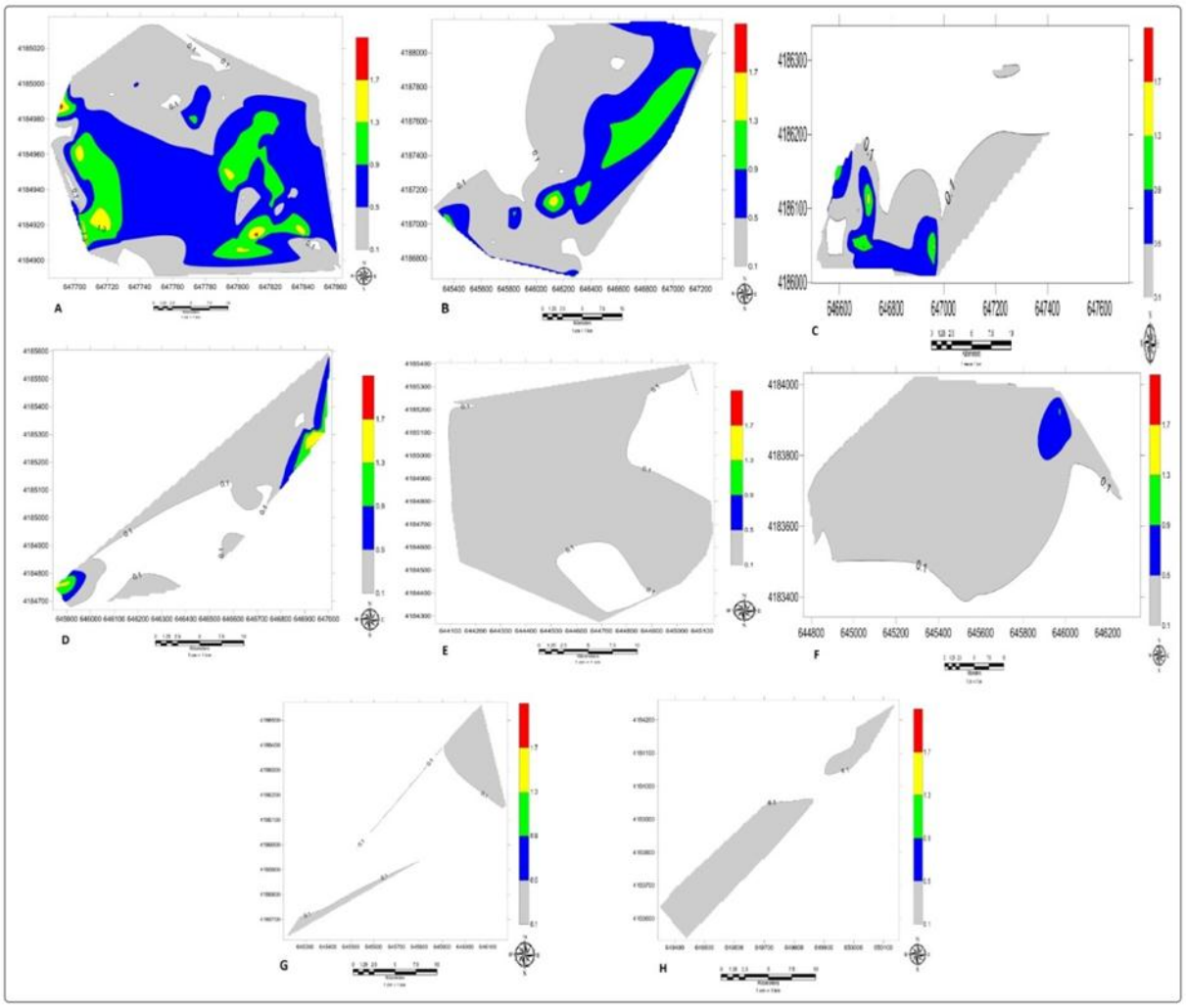
داده‌ها ی طلا در این زون ۰/۵ گرم درتن و کمترین مقدار ۰/۰۱ گرم در تن است متوسط عیارطلا ۰/۱۱ گرم در تن است(جدول۲).

**آنومالی هشتم**

این آنومالی در جنوب شرق محدوده مورد مطالعه واقع شده است(شکل 3H). زون‌های سرسیتی هماتیتی با رگچه‌های کلسیتی و کوارتزی در این زون رخنمون دارد. نمونه برداری بیشتر به شکل نقطه‌ای انجام گرفته است. تعداد نمونه های برداشت شده از این زون‌ها ۱۶ نمونه می‌باشد. بیشترین عیار داده‌های طلا در این زون ۰/۴۴ گرم درتن و کمترین مقدار ۰/۰۴ گرم در تن است متوسط عیارطلا ۰/۷ گرم در تن است(جدول۲).

**جدول ۲: عیار داده های طلا (زون اول تا زون هشتم)**

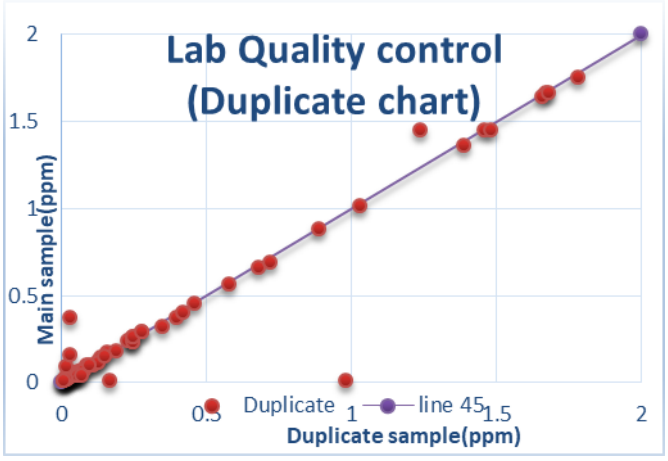
| Au (ppm) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | زون اول | زون دوم | زون سوم | زون چهارم | زون پنجم | زون ششم | زون هفتم | زون هشتم |
| Samples | 77 | 39 | 33 | 33 | 23 | 26 | ۱۲ | ۱۶ |
| Average | ۰/۶۰۸۰۵۲ | ۰/۴۸۰۵۲۶ | ۰/۲۸۶۳۶۴ | ۴۰۹۰۹۱۰ | ۰/۲۰۱۷۳۹ | ۰/۱۵۸۸۴۶ | ۰/۱۱۱۶۶۷ | ۰/۱۶۳۳۳۳ |
| Min | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۴ |
| Max | ۲/۰۴ | ۱/۷۸ | ۱/۶۸ | ۱/۶۷ | ۱/۴۲ | ۰/۹۸ | ۰/۵ | ۰/۴۴ |
| Mode | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ | ۰/۱۲ | ۰/۰۶ | ۰/۱۸ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ |



شکل۳: نقشه کنتور ایزوشیمیایی طلا

**بحث:**

در مباحث اکتشافات ژئوشیمیایی یکی از سه مولفه خطای کلی در عملیات اکتشافی، خطای آزمایشگاهی است و بدست آوردن این خطا برای اطلاع از میزان دقت آنالیزها حائز اهمیت است. از آنجا که در پروژه‌های ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه‌ای و نیمه تفصیلی، هدف سنجش نسبی هر عنصر نسبت به یکدیگر به منظور معرفی نواحی امید بخش می‌باشد، لذا دقت اندازه‌گیری‌ها در مقایسه با صحت آنها از درجه اهمیت بیشتری برخوردار است (حسنی پاک، ۱۳۹۱). به منظور کنترل دقّت دستگاه‌های تجزیه کننده، تعداد ۶۳ نمونه بصورت مزدوج پودر از نمونه ها تهیه و با کدهای متفاوت به آزمایشگاه فرستاده شد. در شکل ۴ محور X ها میزان طلای نمونه اصلی و محورY ها عیار طلای نمونه تکراری برحسب ppm می باشد. بر اساس این نمودار تجمع نمونه ها بر روی خط ۴۵ درجه نشان از دقت خوب آزمایشگاه در آزمایش این سری از نمونه ها می باشد.




**شکل۴: نمودار کنترل دقت آزمایشگاه**

## نتیجه گیری:

مطالعات لیتوژئوشیمیایی در منطقه میاردان هشت زون با آنومالی طلا را مشخص می کند که بیشترین عیار طلا در زون اول به مقدار ۲/۰۴ گرم در تن و کمترین عیار طلا در همه زون ها ۰/۰۱ گرم در تن می‌باشد. براساس پراکندگی عیار فلز طلا درنقشه های ژئوشیمیایی عیاری برآورد می‌گردد که زونهای دگرسانی این منطقه شامل سنگ‌های آندزیتی و رگه های کوارتز و باریت نسبت به فلز طلا مستعد می باشند. وجود واحدهای جوان آتشفشان‌های سهند بسیاری از زونها را از دید پنهان کرده است. بنابراین نمونه برداری ژئوشیمیایی به صورت غیر سیستماتیک مقدور می‌باشد و در نهایت پردازش آنها باید بیشتر به صورت دستی انجام گیرد.

## منابع فارسی :


۱) آقانباتی ع. ا.، ۱۳۸۲، "زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور"، ۵۸۶ ص.

۲) امینی، ف.، امینی، آ.، امامی، م.، بهروزی، ر. 1377. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ بستان‌آباد، گزارش زمین‌شناسی بستان‌آباد. سازمان زمین‌شناسی کشور.

۳) حسنی‌پاک، ع.، ۱۳۹۱،"اصولااکتشافات ژئوشیمیایی"انتشارات دانشگاه تهران،۶۱۵ صفحه.

۴) قانع و همکاران،.۱۳۷۲. بررسیهای پتروگرافی سنگ‌های ولکانیک و پلوتونیک منطقه تیکمه‌داش، پایان نامه کارشناسی دانشگاه تبریز.

۵) لشگری، م.، ۱۳۸۹. اکتشافات ژئوشیمیایی با استفاده از رسوبات آبراهه‌ای در منطقه جلده‌باخان سراب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.، ۱۲۰ صفحه.

۶) لطفی، ۱۳۵۷. نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ توپوگرافی میانه، گزارش زمین شناسی میانه. سازمان زمین شناسی کشور.

۷) مؤید، م.، ۱۳۷۶. گزارش پی‌جویی و پتانسیل‌یابی مواد معدنی شهرستان بستان آباد، مرکز مطالعات زمین‌شناسی و معدنی کشور.

۸) نبوی م. ح.، ۱۳۵۵، "دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۹ ص.

1) **Stocklin J., EftekharNezhad J., Hushmand Zadeh A., 1972,** "Geological Reconnaissance Map of Central Lut", Geological Survey of Iran 22, 69 p.

# مینرال شیمی، شرایط تشکیل و باروری توده گرانیتوئیدی بی بی مریم درشمال خاوری نهبندان ( بخش شمالی زمین درز سیستان)

◇◇◇◇◇◇◇

میلاد جهانی۱*، اکرم شهرانی فراهانی۲، تولا احمد میرزا۳
گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز۱
۲گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور شرق تهران
۳دپارتمان زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه سلیمانیه، عراق
Geologist.Janjani@gmail.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

منطقه مورد مطالعه در شمال خاوری نهبندان قرار گرفته است. بر اساس نتاج حاصل از شیمی کانی در این مطالعه آمفیبول ها از نوع کلسیک بوده و در زیر گروه منیزیوهورنبلند قرار می گیرند. بیوتیت ها در محدوده فلوگوپیت نبوده و به خاطر آن که نسبت Fe (Fe + Mn) بیش از ۰/۳۳ است در محدوده فلوگوپیت قرار نمی گیرند.بیوتیت های مورد نظر هم زیست با مسکوویت بوده و از نوع اولیه می باشند. با توجه به شیمی هالوژن های موجود در بیوتیت می توان گفت که به علت کمبود میزان Cl انتقال مواد معدنی و فلزات به خوبی صورت نگرفته و توده نفوذی عقیم مانده است . با توجه به بررسی های زمین دما – فشار سنجی صورت گرفته توده گرانیتوئیدی در دمای بالغ بر ۶۶۴ درجه سانتی گراد و فشاری بالغ بر ۴ کیلوبار تشکیل شده است.

**کلید واژه ها**: شیمی کانی، ژئوترموبارومتری، گرانیتوئید، بی بی مریم، نهبندان

## Mineral Chemistry, Formation Conditions Of Intrusive Mass and Mineralization in Bibi Maryam Granitoeid Of Bibi Maryam In Northeast Of Nehbandan (North Part of Sistan (geosuture

**Milad Jahani*1, Akram Shahrabi Farahani2, Tola Ahmed Mirza3**
**Department of Geology, faculty of Earth sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, iran۱**
**Department Of Geology, Faculty of Sciences, Payame Noor University Of Tehran, Iran۲**
**Department of Geology, College Of Sciences, University of Sulaimani, Iraq۳**
Geologist.Janjani@gmail.com

**Abstract:**

The study region is located in the North-East of Nehbandan, Iran. The obtained results from the mineral chemistry in this study indicate that the studied amphiboles are calcic amphiboles, and in terms of chemical composition they can be called Magnesiohomblende. The results indicate that the chemical composition of biotite is not within the phlogopite range and Due to the fact that Fe (Fe + Mn) ratio is greater than 0.33, it is not within the range of phlogopite. Most biotites located in the region coexist with Muscovite in the calc-alkaline

igneous rocks. The study of biotite confirms their primary properties. Regarding the chemistry of halogens, it can be said that due to the lack of Cl and its effective role in the transfer of mineralization metals, this is one of the most important reasons for the lack of fertility in the Bibi Maryam granitoid rocks . Different methods were used to perform thermobarometry, the best of which showed that the formation temperature of granitoid mass has been in the range of 664°C and a pressure of 4 Kb.
**Key Words:** Mineral Chemistry, Geothermobarometery, Granitoeid, Bibi maryam, Nehbandan

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین شناسی در بخش شمالی زمین درز سیستان واقع شده است در طول این زون چندین مجموعه افیولیتی وجود دارد که توده گرانیتوئیدی بی بی مریم در یکی از این مجموعه واقع شده است. این توده با وسعت تقریبی ۵ کیلومتر مربع در شمال خاوری نهبندان واقع شده است. با توجه به مطالعات صحرایی توده گرانیتوئیدی به درون سنگ میزبان های مافیک و اولترامافیک نفوذ کرده است. گرانیتوئیدها سازنده اصلی کمربند کوهزایی بوده و دارای تنوع وسیع ترکیبی هستند (Kaygusuz et al ۲۰۰۸,) بر همین اساس از گرانیتوئیدها می توان برای بررسی های پوسته قاره ای کمک فراوانی گرفت (Barbarin ۱۹۹۹) . توده نفوذی بی بی مریم با روند کلی شمال خاوری – جنوب باختری درون مجموعه افیولیتی نهبندان و در این زون گسلی واقع گردیده لذا با توجه به بررسی های صحرایی به نظر می رسد زبانه های گرانیتوئیدی سنگ های افیولیتی را قطع کرده باشد. با توجه به شواهد صحرایی و سن سنجی سنگ میزبان توده گرانیتوئیدی ماستریشتین است. هدف از این مقاله بررسی شیمی کانی، ژئوترموبارومتری، مطالعه جایگاه تکتونوماگمایی و کانه زایی این توده نفوذی است

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

برای این مطالعه از روش تجزیه دستگاهی EMPA استفاده شده است لذا برای این پژوهش ۲۰۰ نقطه مورد آنالیز قرار گرفته است. دستگاه آنالیزور از نوع JEOL بوده که با ولتاژ شتاب ۱۵ Kv و زمان شمارش ۴۰ ثانیه صورت پذیرفته است. برای بررسی زمین دما – فشار سنجی نیز از نرم افزار MineralForDroop استفاده شده که داده های حاصل پردازش و نتایج حاصل از آن به روش های مختلف بررسی شد.

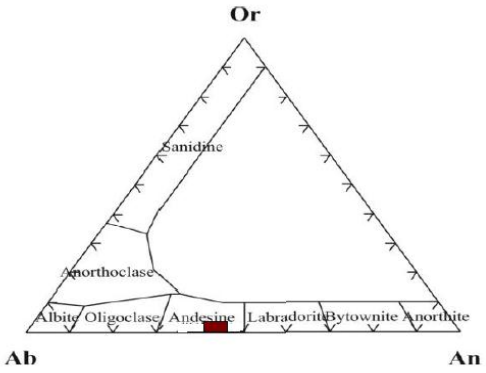
◇◇◇◇◇◇◇

**بحث و بررسی**

**مینرال شیمی**

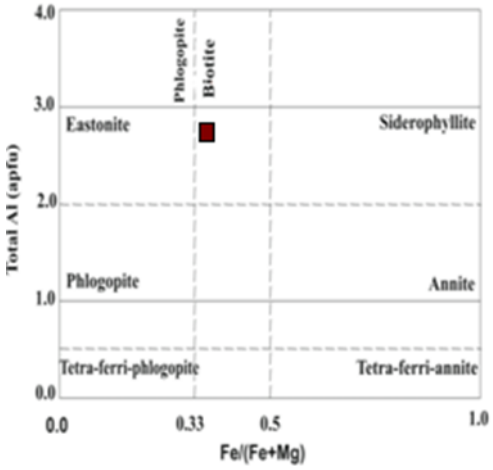
کانی های تشکیل دهنده سنگ به ترتیب پلاژیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت، آلکالی فلدسپات و کانی های فرعی شامل اسفن، زیرکن و مگنتیت است. برای انجام مطالعه مینرال شیمی از داده های شیمیایی کانی های اصلی استفاده شده است. لذا نتایج آن در این قسمت آورده شده است.

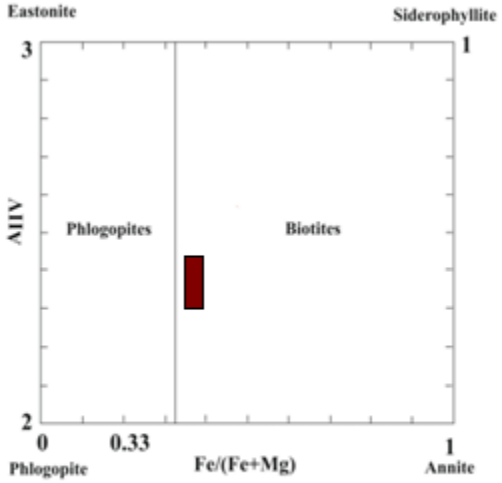
**پلاژیوکلاز:** این کانی مهم ترین کانی تشکیل دهنده گرانیتوئید بی بی مریم می باشد. برای بررسی ترکیب شیمیایی پلاژیوکلاز ها از نمودار سه تایی استفاده شد بنابراین بر اساس موقعیت قرار گیری داده ها روی این نمودار می توان نتیجه گرفت که پلاژیوکلاز ها از نوع آندزین هستند.



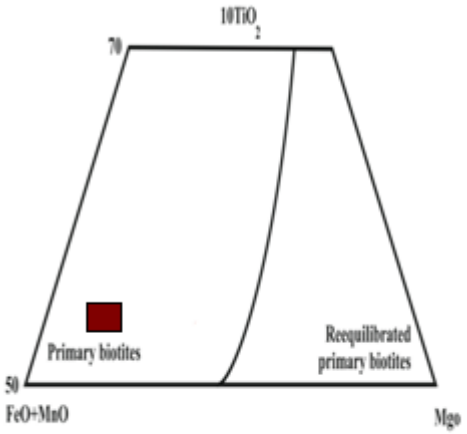

**نمودار ۱: ترکیب شیمیایی پلاژیوکلاز**

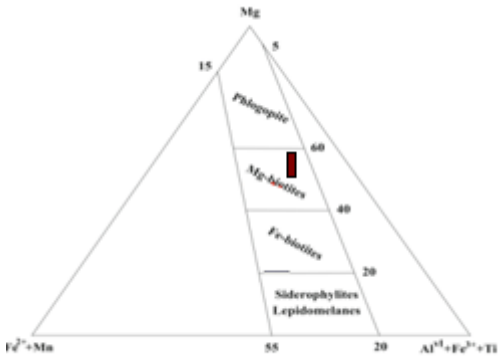
**بیوتیت** : با توجه به شیمی بیوتیت می توان به شرایط ترمودینامک و نحوه فرآیند ذوب و تشکیل یک توده نفوذی پی برد لذا با توجه به داده های موجود و موقعیت قرار گیری این داده ها بیوتیت های مورد مطالعه منیزیم دار هستند (نمودار ۴) و با توجه به نسبت $Fe\ (Fe + Mg)$ که بیش از ۰/۳۳ است می توان آن ها را از فلوگوپیت جدا کرد (نمودار ۲). براساس میزان اندک $Ti$ و هم چنین $Fe + Mg$ بیوتیت های منطقه از نوع اولیه به شمار می روند (نمودار ۵). براساس نمودار (۳) بیوتیت ها به هیچ کدام از قطبین تمایل ندارند و ترکیب ثابت شیمیایی خود را حفظ کرده اند. اگر این نسبت زیاد باشد و میزان $Al^{tot}$ نیز زیاد باشد آن گاه می توان انتظار داشت که بیوتیت ها از نوع سیدروفیلیت باشند یا اگر $Al^{tot}$ کم باشد قطعاً تترافروآنیت تشکیل می شود اما با توجه به میزان حد واسط این نسبت و $Al^{tot}$ بالا ترکیب بیوتیتی است




**نمودار۲: تمایز بین بیوتیت و فلوگوپیت  نمودار ۳: ترکیب شیمیایی بیوتیت**

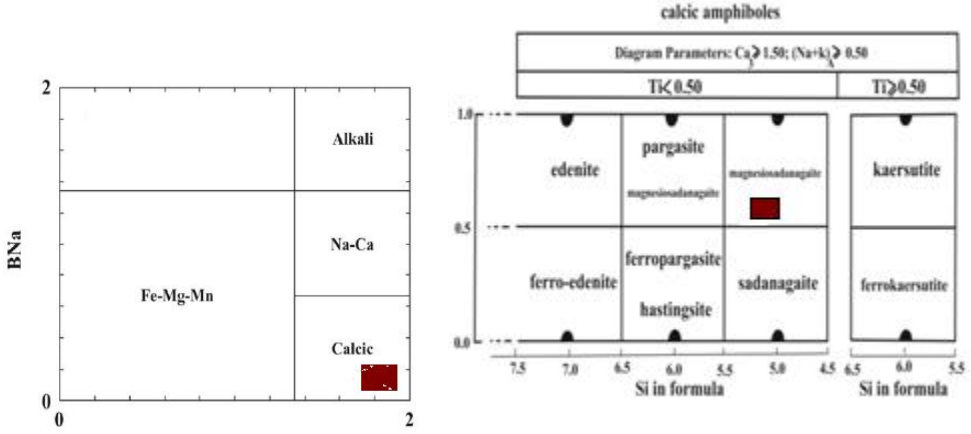



**نمودار ۴: طبقه بندی بیوتیت**

**نمودار ۵: تمایز بیوتیت ها به دو دسته اولیه و ثانویه**

آمفیبول : با توجه به داده های شیمیایی آمفیبول های منطقه مورد مطالعه از نوع کلسیک بوده (نمودار ۶) و در زیر گروه منیزیوهورنبلند قرار می گیرند (نمودار ۷). دلیل آن هم نسبت بالای Mg(Mg+Fe2) است اما از دلایل دیگر می توان به میزان بالای  Si در ترکیب آمفیبول اشاره کرد زیرا هرچه این مقدار بیشتر باشد ترکیب آمفیبول به سمت منیزیوهورنبلند متمایل می شود.




**نمودار ۶ و ۷: ترکیب شیمیایی آمفیبول های مورد مطالعه**

## ژئوترموبارومتری

برای بررسی ژئوترموبارومتری روش های متعددی وجود دارد که با استفاده از هرکدام می توان به یک عدد معقول و مناسب دست پیدا کرد. بر همین اساس از روش های زوج کانی هورنبلند – پلاژیوکلاز (Holland, T. J. B. Blundy 1990)، (Anderson and Smith, 1995) و روش های (Otthen 1984)( Schmidt, 1992)( Wu and Chen 2015 ) استفاده شده است. با استفاده از میزان Ti موجود دربیوتیت می توان به روش دما و فشار توده را محاسبه کرد لذا بر ااساس روش های فوق الذکر توده گرانیتوئیدی بی بی مریم بصورت میانگین در دمای ۶۶۴ درجه سانتی گراد و فشار یبالغ بر ۴ کیلوبار تشکیل شده است.

**جدول ۱: دمای محاسبه شده بر حسب درجه سانتی گراد به پنج روش مختلف**

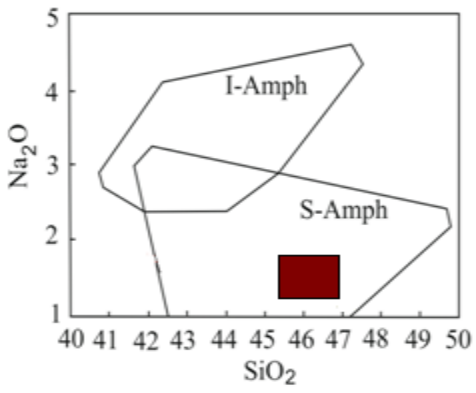
| Methods | T (C) |
|---|---|
| Holland and Blundy, 1994 | 71۱.1 |
| Wu and Chen 2015 | 603 |
| Schmidt, 1992 | 667.1 |
| Anderson and Smith, 1995 | 73۰.۱ |
| Otthen 1984 | ٦٤٢,٧ |

**جدول ۲: فشار محاسبه شده به سه روش متداول بر حسب کیلوبار**

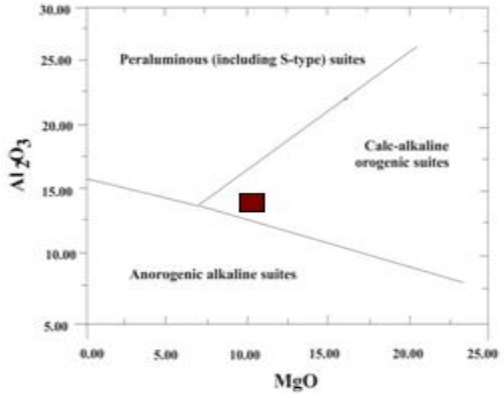
| Methods | P (Kb) |
|---|---|
| Holland and Blundy, 1994 | 2 |
| Schmidt, 1992 | 5.37 |
| Anderson and Smith, 1995 | 5.05 |

## تکتونوماگماتیسم

نحوه جایگیری یک توده نفوذی برای زمین شناسان همیشه مورد بحث و بررسی بوده است. برای این مهم می توان از نمودار های (۸) و (۹) استفاده کرد. با توجه به نسبت $SiO2$ در برابر $NaO2$ آمفیبول های مذکور به زون فروارنش تعلق دارند از طرفی با توجه به نسبت $Al2O3$ در برابر $MgO$ ماهیت ماگمایی توده مورد نظر از نوع کالک – آلکالن می باشد.




**نمودار۸: جایگاه تکتونیکی توده نفوذی بی بی مریم**

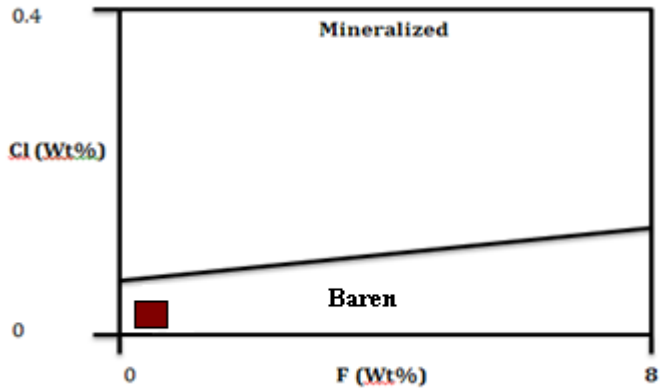



**نمودار ۹: ماهیت ماگمای سازنده گرانیتوئید بی بی مریم**

## باروری

برای مطالعه باروری می توان از میزان هالوژن های موجود در کانی بیوتیت استفاده کرد زیرا هالوژن ها نقش مهم و کلیدی در ترکیب بیوتیت می توان گفت که $Cl$ و $F$در انتقال مواد معدنی و فلزات دارند لذا با توجه به میزان اندک دو عنصر کانه زایی صورت نگرفته و انتقال مواد معدنی به صورت کافی انجام نشده است. از طرف دیگر یکی از عوامل مهم در باروری توده های نفوذی مخصوصاً گرانیتوئیدها میزان آب موجود در ترکیب پلاژیوکلاز است به این معنا که هرچه

ترکیب ابدار تر یا به تعبیر دیگر آنورتیتی تر باشد احتمال کانه زایی بیشتری از یک توده نفوذی میرود لذا بر اساس آندزین بو.دن ترکیب پلاژیوکلازها که اساساً حد واسط بودن یک ترکیب را از منظر آبدار بودن نشان میدهد باروی اتفاق نیفتاده و عدم وجود هالوژن ها و سیال کافی در ترکیب بیوتیت و پلاژیوکلاز مهم ترین دلایل عدم باروری توده نفوذی بی بی مریم به شمار می رود (نمودار ۱۰)




**نمودار ۱۰: بررسی باروری توده گرانیتوئدی بی بی مریم با توجه به هالوژن های موجود در ترکیب بیوتیت**

## نتیجه گیری :

براساس مطالعه انجام شده آمفیبول ها از نوع کلسیک بوده و در زیرگروه منیزیوهرنبلند قرار می گیرند، بیوتیت ها نیز منیزیم دار بوده و با توجه به میزان هالوژن های اندک نتوانسته اند فرآیند باروری را به درستی انجام دهند و گرانیتوئید مورد نظر عقیم مانده است. پلاژیوکلازهای مورد نظر از نوع آندزین بوده و عدم وجود سیال کافی یکی دیگر از دلایل مهم عدم باروری توده نفوذی بی بی مریم است. براساس میزان Si و Tio2 می توان نتیجه گرفت که موقعیت مورد مطالعه از نظر زمین شناسی در زون فرورانش قرار گرفته است. با توجه به مطالعه ژئوترموبارومتری صورت گفته دمای تشکیل توده نفوذی و این توده در فشاری بالغ بر به وجود آمده است.

◇◇◇◇◇◇◇

**References:**

Anderson, J. L. 1996. Status of thermobarometry in granitic batholiths: Transactions of the Royal Society of [Edinburgh, v. 87, 125-138. [also published in GSA Special Paper 315

Anderson, J. L. & Smith, D. R. 1995. The effect of temperature and oxygen fugacity on Al-in-hornblende .barometry. AM MINERAL 80, 549-59

Blundy, J. D. & Holland, T. J. B. 1990. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase .geothermometer. CONTRIB MINERAL PETROL 104, 208-24

Holland, T. & Blundy, J. 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-.plagioclase thermometry. CONTRIB MINERAL PETROL 116, 433-47

Johnson, M. C. & Rutherford, M. J. 1989. Experimental calibration of an aluminum-in-hornblende .geobarometer with application to Long Valley caldera (California) volcanic rocks. GEOL 17, 837-841

Otten, M. T. 1984. The origin of brown hornblende in the Artfjallet gabbro and dolerites. CONTRIB .MINERAL PETROL 86, 189-99

Schmidt, M. W. 1992. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration .of the Al-in-hornblende barometer. CONTRIB MINERAL PETROL 110, 30

Schmidt, M. W. 1993. Phase relations and compositions in tonalite as a function of pressure: an experimental .study at 650 °C. AMER J SCIENCE 293, 1011-60

Wu CM and Chen HX (2015) Revised Ti-in-biotite geothermometer for ilmenite- or rutile-bearing crustal metapelites. Science Bulletin, 60: 116-121

# تخمین ذخیره کانسار مس گل‌چشمه، جنوب نیشابور با استفاده از روش کریجینگ معمولی

◇◇◇◇◇◇◇

مهناز حاتمی نسب، دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تهران
(mahnaz.hatami@ut.ac.ir)
عبدالرحمان رجبی، استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ایران
(rahman.rajabi@ut.ac.ir)
سروش مدبری، استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ایران
(modabberi@ut.ac.ir)
رضا ارجمندزاده، استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور بجنورد، ایران
(Arjmand176@gmail.com)
اعظم انتظاری هرسینی، استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نورکرمانشاه، ایران
(Entezari552003@yahoo.com)

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

تخمین ذخیره کانسار از بخش های مهم و کلیدی است که طراحی محدوده نهایی و برنامه‌ریزی تولید را تحت شعاع قرار می‌دهد. برای بررسی‌های فنی اقتصادی و نحوه استخراج آتی یک ذخیره، برآورد میزان ذخیره به تقریب درست از نیازهای اصلی در بخش تصمیم‌گیری و مدیریت ریسک در اکتشاف و بهره‌برداری از ذخایر می باشد. کانسار مس گل‌چشمه، از تیپ کانسارهای مس مانتو است. در این پژوهش تخمین ذخیره و عیار این کانسار به دو روش کریجینگ و نزدیک‌ترین همسایگی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در طی پژوهش حاضر مدل سازی این کانسار با تکیه بر داده های اکتشافی حاصل از ۲۸ گمانه انجام شده است. بدین منظور، مدل هندسی برای هر دو زون عیاری و نوع لیتولوژی به تفکیک ساخته شده است و تناژ و عیار هر بخش محاسبه گردید. براساس نتایج بدست آمده ذخیره قطعی مس در سنگ‌های مختلف که توسط نزدیک ترین همسایگی محاسبه شده تناژ در حوزه تخمین آندزیت پورفیری خاکستری ۳۶۵۷۸۱ تن با عیار ۰,۵۹ درصد و آندزیت پورفیری قرمز رنگ ۲۲۸۲۸۱ تن با عیار۰,۵۸ درصد و مگا آندزیت پورفیری قرمز رنگ ۲۸۱۲ تن با عیار ۰,۳۹ درصد (گرم در تن) می باشد. همچنین مقادیر ذخیره و عیار ۵۹۷۵۰۰۰ تن و ۰,۵۹ درصد با استفاده از روش کریجینگ معمولی برای ماده معدنی محاسبه شده است.

**کلید واژه ها**: (تخمین ذخیره، کانسار مس گل‌چشمه، کریجینگ).

# Reserve estimation of Golcheshmeh copper deposit, south of Neyshabour, using conventional Kriging method

[1]Hataminasab, M., [1]Rajabi, A., [1]Modaberi., S, [2]Arjmandzadeh, R., [2]Entezari, A
[1]Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Tehran, Tehran 14155-64155, Iran
[2]Department of Geology, Payame Noor University (PNU), P.O.BOX, 19395-3697, Tehran, Iran

## Abstract:

The reserve estimation of ore deposits is one of the most critical stages which influences the final target design and the production planning. For economical-technical investigations and upcoming reserve extraction, an approximate estimate of reserve tonnage is an essential requirement for decision and risk management in exploration and exploitation. The Golcheshmeh copper deposit is classified as manto type copper deposit. Here, reserve and grade estimation of this deposit are evaluated by Kriging and nearest neighbor methods using Datamine software. During this research, the modeling of this deposit has been based on exploration data from 28 boreholes. For this purpose, the geometric model was constructed for both grade and rock sections and then the tonnage and grade of each section were calculated. According to the obtained results by nearest neighbor methods, the approved the Cu tonnage in grey porphyry andesite is about 365,781 tons @ 0.59%; in red porphyry andesite is 228281 tons @ 0.58% and in the mega porphyry andesite is about 2812 tons @ 0.39%. Similarly, reserve and grade values of 5975000 tons @ 0.59% were calculated using the conventional Kriging method.

**Keywords:** reserve estimation, Golcheshmeh Cu deposit, Kriging

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه:**

بعد از طی مراحل مختلف اکتشافی و اثبات وجود یک ذخیره اقتصادی قابل استخراج، یکی از مهم‌ترین مراحل جهت برنامه ریزی کلی کانسارکشف شده، تخمین ذخیره ماده معدنی می‌باشد، چرا که یک تخمین و ارزیابی نامناسب می‌تواند نتایج سنگینی را دربرداشته باشد. مدل‌سازی، تعیین میدان‌های تخمین و ارزیابی عیار و ذخیره جزو مهمترین مراحل طراحی هر معدن روباز می‌باشند. دراین میان یکی از مهمترین مسائلی که زمین‌شناسان و مهندسین معدن همواره با آن روبرو بوده‌اند، تعیین حدود ماده معدنی (کانسار) و تخمین کمیت و کیفیت ذخیره بوده است.

متخصصان حوزه زمین آمار قادر هستند که تخمین‌های بسیار دقیقی از تناژ کلی و عیار میانگین را در اختیار طراحان معادن قرار دهند و به آن‌ها در تصمیم گیری‌های آتی کمک نمایند، به نحوی که سرمایه‌گذاری‌های بعدی در پروژه‌های معدنی با اطمینان بیشتری صورت گیرد، به طوری که طی دهه‌های گذشته برتری روش‌های زمین آماری در تخمین ذخیره انواع زیادی از معادن در نقاط مختلف دنیا به اثبات رسیده است (منجزی و همکاران، ۱۳۸۵). هدف از این مقاله، تعیین حوزه‌های تخمین کانسار مس گل چشمه از دیدگاه سنگ‌شناسی و زون کانه‌زایی، مدل‌سازی سه‌بعدی زمین آماری حوزه‌های تخمین، همچنین ارزیابی عیار و ذخیره این حوزه‌ها می‌باشد.

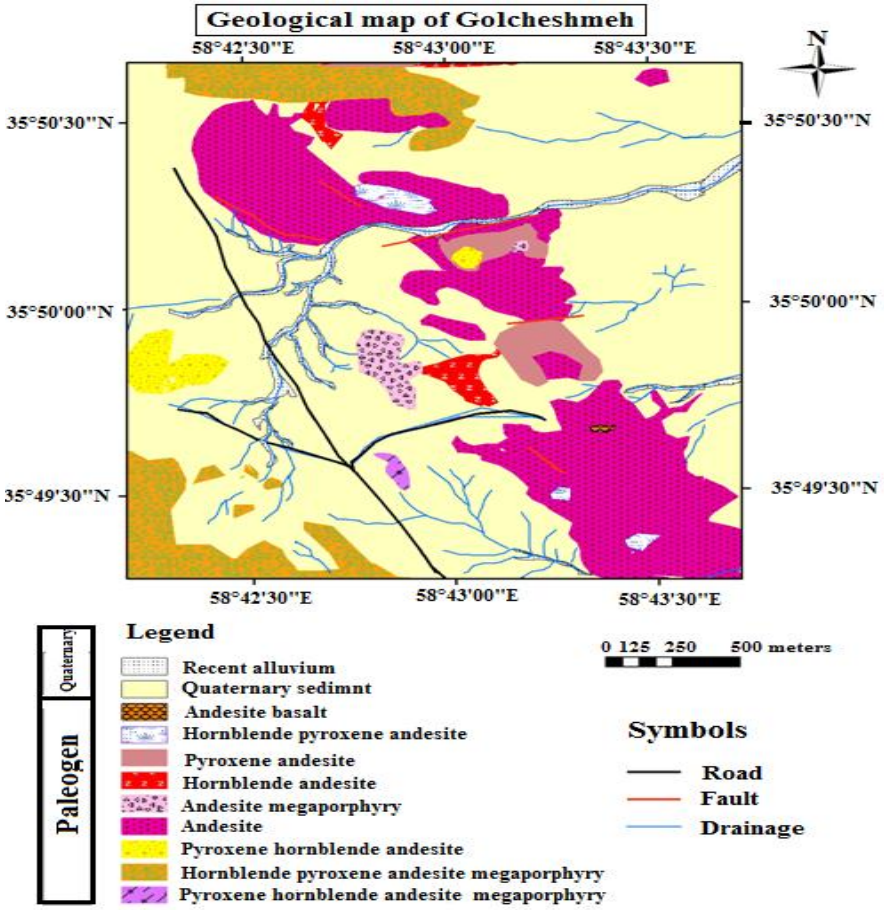
◇◇◇◇◇◇◇

## زمین‌شناسی و کانه‌زایی:

منطقه مطالعاتی گل چشمه در شمال غرب ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کدکن و ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت حیدریه (نادری و ترشیزان، ۱۳۷۷)، و در پهنه‌ی ساختاری سبزوار در شمال گسل درونه واقع شده است (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۴). این منطقه، قسمتی از ایالت فلززایی شمال شرق ایران به شمار آمده و این ایالت شامل کمربندهای فلززایی تکنار و کمربند فلززایی کویر سبزوار است. این محدوده، شامل کمربندی از سنگ‌های آتشفشانی-آذرآواری، همراه واحدهای رسوبی، سنگ آهک و میان لایه‌هایی از توف می‌باشد (شکل۱). سنگ میزبان کانه‌زایی، تراکی‌آندزیت، آندزیت، آندزیت-بازالت در منطقه می‌باشند و سن این واحدها پلیوسن تخمین زده می‌شود (Entezari Harsini et al, 2017).

کانسارهای مس مانتو (Manto) گرچه حقیقتاً یک نوع نمی‌باشند ولی اغلب به گروه مرکبی از کانسارها اطلاق می‌شود که در آن‌ها فرآیند جایگزینی گرمابی در آندزیت‌ها و گاهی ریولیت‌ها (ایگنمبریت‌ها) موجب می‌باشند که عموماً شکل هندسی تخت دارند و منطبق یا درون طبقات یا گدازه‌ها بوده و از نوع چینه‌کران (Strata - bound) به حساب می‌آیند (Kojima and Trista et al., 2009). به طور کلی بافت‌های چیره در کانسارهای مس نوع (Volcanic Red Bed) VRB و مانتو، پرکننده فضای خالی، رگه- رگچه ای، جانشینی و پراکنده است (Ramirez et al., Espinoza et al., 1996; Lefbure & Church, 1996; Maksaev et al., 2003 2006a; Ferenc & Rojkovic, 2001; Kirkham, 1996b;).

کانه‌های اصلی با توجه به مطالعات انجام شده، کانه‌های سولفیدی مس درکانسار گل‌چشمه شامل کالکوسیت، کوولیت، به مقدار جزئی کالکوپیریت، بورنیت، دیژنیت، تتراهدریت همراه با مس خالص می‌باشد که در این بین کالکوسیت بیشترین فراوانی را داراست. همچنین کانه‌های زون اکسیدی کانسار شامل مالاکیت، آزوریت و کریزوکلا می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه شکل توده معدنی به صورت چینه‌کران بوده و محدوده به واحدهای سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیتی می‌باشد. کانه‌های سولفیدی مس در این سنگ‌ها به صورت بافت‌های رگه- رگچه‌ای، دانه پراکنده، پرکننده حفرات و فضاهای خالی و جانشینی رخ داده‌اند که شباهت‌های زیادی با کانه‌زایی در کانسارهای مس نوع مانتو نشان می‌دهد (انتظاری، ۱۳۹۶).




**شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه گل‌چشمه (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۴)**

**روش تحقیق:**

پس از مطالعات صحرایی، پتروگرافی و مینرالوگرافی نمونه‌های کانه‌زایی، تعداد ۱۰۱ نمونه از عمق‌های متفاوت گمانه‌های اکتشافی برای انجام تجزیه ICP-OES برداشت و در شرکت معدنی درکاو خراسان رضوی مورد آنالیز قرارگرفته است که در (جدول ۱) نتایج مشاهده می‌شود.

**جدول۳- نتایج به دست آمده از آنالیز ICP نمونه های برداشت شده از منطقه (برحسب ppm)**

| BHID | FROM | TO | NTERVAI | CU | BHID | FROM | TO | NTERVAI | CU | BHID | FROM | TO | NTERVAI | CU | BHID | FROM | TO | NTERVAI | CU |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BH01 | ۰ | ۳.۲ | ۳.۲ | ۱.۶۱۵ | BH10 | ۲.۷ | ۳ | ۰.۳ | ۱.۶۴ | BH23 | ۲۱ | ۲۴.۹ | ۳.۹ | ۰.۷۸۷ | BH32 | ۱۰.۵ | ۱۴.۳ | ۳.۸ | ۱.۲۷۱ |
| BH01 | ۳.۲ | ۵.۱ | ۱.۹ | ۰.۹۸۵ | BH12 | ۰ | ۲.۷ | ۲.۷ | ۱.۱۵۶ | BH26 | ۰ | ۲.۵ | ۲.۵ | ۱.۲۴۶ | BH32 | ۱۴.۳ | ۱۹.۸ | ۵.۵ | ۰.۶۴۹۵ |
| BH01 | ۵.۲ | ۷.۲ | ۲ | ۱.۰۱۵ | BH12 | ۵.۴ | ۷.۵ | ۲.۱ | ۱.۲۴۸ | BH26 | ۲.۵ | ۴ | ۱.۵ | ۰.۵۵۴ | BH32 | ۱۹.۸ | ۲۱.۵ | ۱.۷ | ۰.۱۱۶ |
| BH01 | ۷.۲ | ۱۰ | ۲.۸ | ۰.۳۴۲ | BH12 | ۱۱.۴ | ۱۳.۴ | ۲ | ۰.۳۴۳ | BH26 | ۴ | ۶ | ۲ | ۰.۳۴۶ | BH32 | ۲۱.۵ | ۲۴ | ۲.۵ | ۰.۱۱۳۵ |
| BH01 | ۲۲.۵ | ۲۴ | ۱.۵ | ۰.۰۴۶۵ | BH12 | ۱۳.۴ | ۱۵ | ۱.۶ | ۰.۲۷۴ | BH26 | ۶ | ۷.۵ | ۱.۵ | ۰.۵۳۶ | BH32 | ۲۴ | ۲۷ | ۳ | ۰.۰۶۳ |
| BH01 | ۲۸ | ۲۸.۳ | ۰.۳ | ۰.۲۶۱۵ | BH12 | ۱۵ | ۱۸.۵ | ۳.۵ | ۰.۰۸۲ | BH26 | ۷.۵ | ۹ | ۱.۵ | ۰.۱۴۶ | BH32 | ۲۷ | ۳۰.۱ | ۳.۱ | ۰.۰۵۴ |
| BH01 | ۷۰.۳ | ۷۰.۸ | ۰.۵ | ۰.۱۰۹۵ | BH12 | ۱۹ | ۲۰.۷ | ۱.۷ | ۰.۵۵۳ | BH26 | ۹ | ۱۰ | ۱ | ۰.۷۷۷ | BH32 | ۳۰.۱ | ۳۱.۴ | ۱.۳ | ۰.۰۳۱۵ |
| BH02 | ۳ | ۴ | ۱ | ۰.۰۲۶ | BH14 | ۵.۷۵ | ۷.۲ | ۱.۴۵ | ۱.۳۹ | BH26 | ۱۱ | ۱۳ | ۲ | ۰.۲۰۵ | BH33 | ۰ | ۳.۲ | ۳.۲ | ۰.۴۲۶ |
| BH02 | ۵.۶ | ۹.۵ | ۳.۹ | ۰.۶۵۹۵ | BH14 | ۷.۴ | ۹.۴ | ۲ | ۰.۶۳۲ | BH26 | ۱۳ | ۱۶.۳ | ۳.۳ | ۰.۰۵۸ | BH33 | ۳.۲ | ۴.۶ | ۱.۴ | ۱.۵۵ |
| BH03 | ۵ | ۷ | ۲ | ۰.۰۹۵ | BH14 | ۱۰.۵ | ۱۱ | ۰.۵ | ۰.۱۵۲ | BH26 | ۱۹.۶ | ۲۰ | ۰.۴ | ۱.۸۸ | BH33 | ۸.۲ | ۱۴.۵ | ۶.۳ | ۰.۰۷۶۵ |
| BH04 | ۱۵ | ۱۸ | ۳ | ۰.۲۸۹ | BH14 | ۱۱.۵ | ۱۳ | ۱.۵ | ۰.۰۴۲۵ | BH26 | ۲۰ | ۲۲.۲ | ۲.۲ | ۰.۰۰۷۵ | BH33 | ۲۱.۵ | ۲۳.۱ | ۱.۶ | ۲.۴۱۲ |
| BH04 | ۱۹.۵ | ۲۰ | ۰.۵ | ۰.۲۴۵ | BH18 | ۱۷.۹ | ۱۹.۵ | ۱.۶ | ۰.۴۷۹ | BH27 | ۴ | ۸ | ۴ | ۰.۵۵ | BH34 | ۰ | ۳.۵ | ۳.۵ | ۱.۵۶۴ |
| BH04 | ۲۱ | ۲۴ | ۳ | ۰.۱۳۸ | BH18 | ۲۳ | ۲۴ | ۱ | ۱.۱۲۲۵ | BH27 | ۸ | ۱۰ | ۲ | ۰.۱۸ | BH34 | ۳.۵ | ۵.۹ | ۲.۴ | ۰.۲۹۹ |
| BH05 | ۰ | ۸ | ۸ | ۰.۳۱۹ | BH18 | ۲۵ | ۲۸.۵ | ۳.۵ | ۲.۴۳۷۵ | BH27 | ۱۰ | ۱۲ | ۲ | ۰.۵۳۹۵ | BH34 | ۵.۹ | ۶.۹ | ۱ | ۱.۳۴۸ |
| BH05 | ۱۴.۲ | ۱۵.۵ | ۱.۳ | ۰.۶۶۶ | BH19 | ۰ | ۳ | ۳ | ۱.۵۳۲۵ | BH27 | ۱۷ | ۲۰ | ۳ | ۰.۱۳۵ | BH34 | ۶.۹ | ۸.۹۵ | ۲.۰۵ | ۰.۲۱۳۵ |
| BH05 | ۲۰.۵ | ۲۶ | ۵.۵ | ۰.۱۲۶ | BH19 | ۳ | ۷.۳۵ | ۴.۳۵ | ۰.۲۸۶ | BH27 | ۲۰ | ۲۲ | ۲ | ۰.۳۶۵ | BH34 | ۸.۹۵ | ۱۱ | ۲.۰۵ | ۱.۵۲۶ |
| BH05 | ۲۸ | ۲۸.۸ | ۰.۸ | ۱.۲۷۸ | BH19 | ۲۲.۳۵ | ۲۳.۳۵ | ۱ | ۰.۷۷۹ | BH27 | ۲۲ | ۲۵ | ۳ | ۰.۲۱۸۵ | BH34 | ۱۱ | ۱۴ | ۳ | ۰.۴۱۰۵ |
| BH07 | ۰ | ۲.۷ | ۲.۷ | ۰.۶۵۲۵ | BH19 | ۲۳.۳۵ | ۳۱ | ۷.۶۵ | ۰.۰۸۱ | BH28 | ۱.۶۵ | ۳.۲ | ۱.۵۵ | ۲.۱۳۱ | | | | | |
| BH07 | ۲.۷ | ۴.۵ | ۱.۸ | ۱.۰۱ | BH20 | ۰ | ۳ | ۳ | ۰.۵۳۶ | BH28 | ۳.۲ | ۴.۶ | ۱.۴ | ۱.۲۵۲ | | | | | |
| BH07 | ۴.۵ | ۷ | ۲.۵ | ۰.۵۵۸ | BH21 | ۰ | ۳.۱ | ۳.۱ | ۱.۱۷ | BH28 | ۱۴.۲ | ۱۵.۳ | ۱.۱ | ۰.۰۲۶ | | | | | |
| BH07 | ۷ | ۸ | ۱ | ۰.۷۳۴ | BH22 | ۰ | ۲.۲ | ۲.۲ | ۰.۲۷۱۵ | BH28 | ۱۷.۳ | ۱۷.۸ | ۰.۵ | ۰.۰۳۱ | | | | | |
| BH07 | ۸ | ۱۰.۶ | ۲.۶ | ۰.۲۲۶ | BH22 | ۱۵.۵۵ | ۱۸ | ۲.۴۵ | ۰.۵۸۵ | BH29 | ۰ | ۴.۲ | ۴.۲ | ۱.۳۸۶ | | | | | |

## مطالعه روش زمین آماری کریجینگ و نزدیک‌ترین همسایگی:

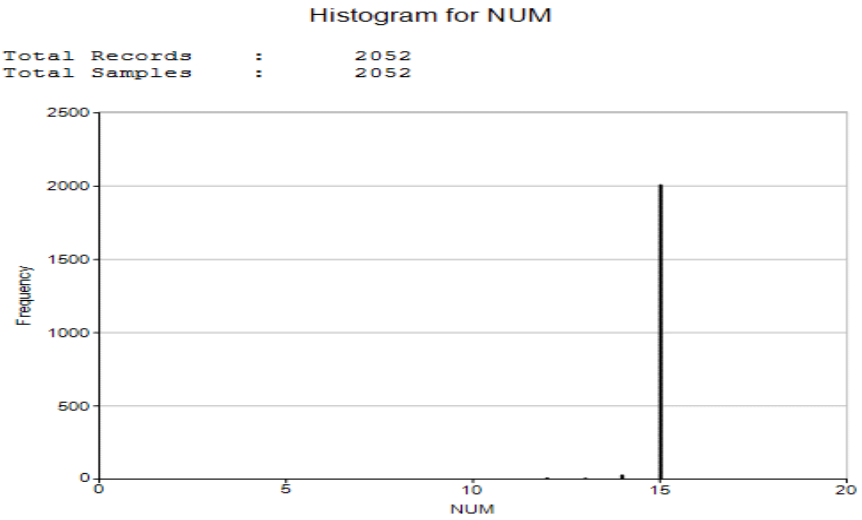
تخمین زمین آماری فرآیندی است که طی آن می توان مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم را با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم بدست آورد. کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار است و در مورد آن می‌توان گفت که بهترین تخمینگر خطی ناریب BLUE[۱۳] است (حسنی‌پاک، ۱۳۸۰).

برای تخمین ذخیره عیاری مس بعد از مراحل ساخت بلوک، با استفاده از روش کریجینگ معمولی تخمین ذخیره انجام شد، که حداقل داده یک بلوک ۱۰ (حداقل ارتفاع بلوک) و حداکثر ۱۵ تخمین زده شد. شکل۲ تعداد داده های مورد استفاده در تخمین بلوک‌ها با روش کریجینگ معمولی را به نمایش می گذارد. در روش نزدیک‌ترین همسایگی مقدار مورد تخمین برای بلوک (خواه عیار باشد و یا جنس سنگ و یا هر پارامتر دیگر) به نزدیک ترین نمونه به آن بلوک نسبت داده می‌شود در جدول ۲ میزان عیار، تناژ جنس سنگ های مختلف را نشان می‌دهد.

**جدول ۲) نمایش درصد مس در Rock Type های موجود در محدوده کانساری**

| عیارCu | وزن مخصوص | تناژ کانسار | حجم کانسار | نوعRock Type |
|---|---|---|---|---|
| ۰,۵۹ | ۲,۵ | ۳۶۵۷۸۱ | ۱۴۶۳۱۲ | آندزیت پورفیری خاکستری(APG ) |
| ۰,۵۸ | ۲,۵ | ۲۲۸۲۸۱ | ۹۱۳۱۲ | آندزیت پورفیری قرمز رنگ (APR) |
| ۰,۳۹ | ۲,۵ | ۲۸۱۲ | ۱۱۲۵ | مگا آندزیت پورفیری قرمز رنگ (MAPR) |

[۱۳] Best Linear Unbiased Estimator

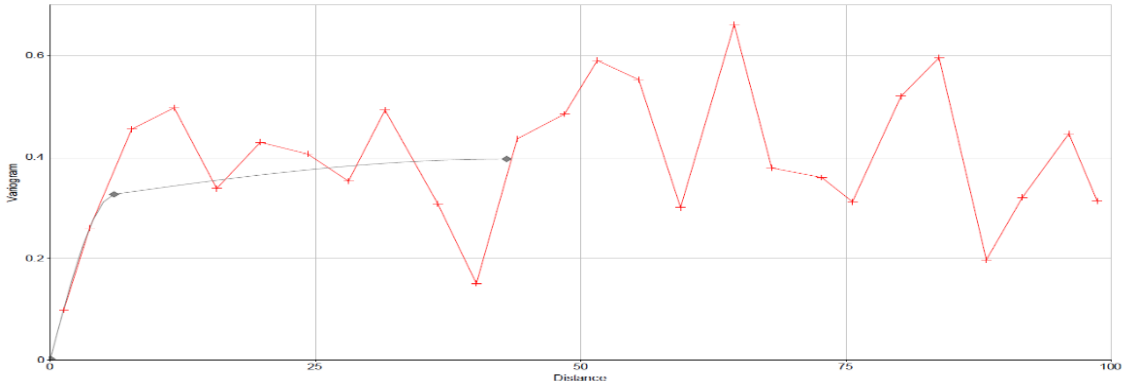



**شکل۲- نمایش تعداد داده‌های به کار رفته در تخمین کریجینگ معمولی**

**واریوگرام کانسار:**

یکی از مشکلات به کارگیری داده‌های خام، هم احتمال نبودن فضای مربوط به هر نمونه و تغییرپذیری عیار در امتداد چاه-ها است. برای رهایی از مشکلات موجود در استفاده از داده‌های خام بایستی داده‌ها به طریقی میانگین‌گیری شوند و تغییر-پذیری بین آن ها کاسته شود، بدین معنی که برای یک حجم معین از کانسار و یا یک طول معین از مغزه، یک داده وجود داشته باشد به این عمل، کامپوزیت‌سازی گفته می‌شود. اساسی‌ترین مرحله مطالعات زمین آماری، برازش یک مدل واریوگرافی، بر متغیر ناحیه‌ای مورد مطالعه است، چرا که با مشخص شدن مدل واریوگرام، مدل ریاضی رفتار متغیر ناحیه‌ای بدست می‌آید. واریوگرام یک ابزار آماری برای ساده سازی ساختار تغییر پذیری است که این ویژگی آن موجب کاربرد بسیار وسیع آن در همه زمینه های وابسته به صنعت معدنی شده است (حسنی پاک، ۱۳۷۷).

به منظور دستیابی به نحوه توزیع ساختار فضائی منطقه، آگاهی از میزان تداوم کانی‌سازی و همسانگرد یا ناهمسانگرد بودن منطقه، واریوگرام بدون جهت برای مقادیر عیاری مس کامپوزیت ۱ متری با طول لگ ۴ متر محاسبه گردید. سپس به این واریوگرام مدلی متناسب با ساختار واریوگرام برازش داده شد (شکل ۳). پارامترهای مربوط به این مدل که یک مدل کروی دو ساختاره است در جدول ۳ آورده شده است.

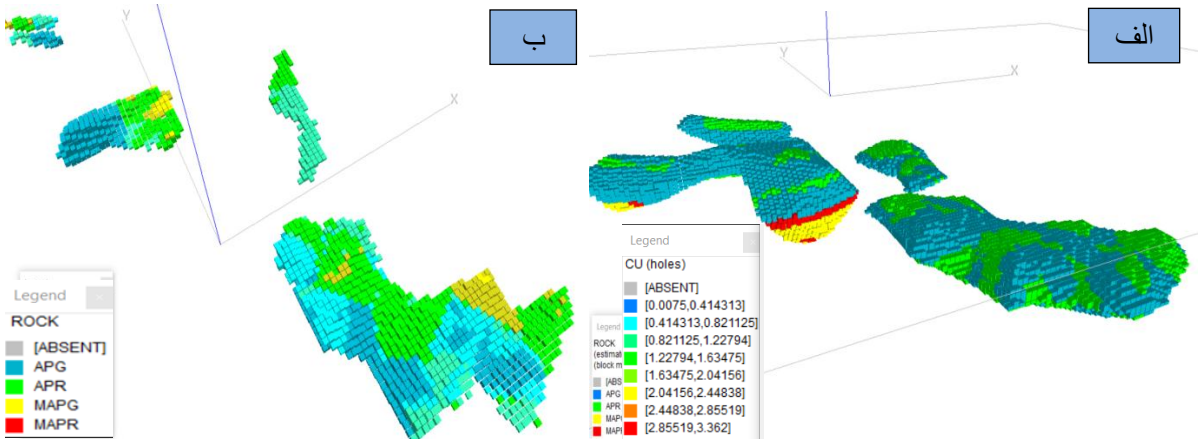



**شکل۳- واریوگرام‌های تجربی بدون جهت مس به همراه مدل برازش داده شده**

**جدول ۳- مشخصات مدل‌های برازش داده شده به واریوگرام تجربی بدون جهت**

| Nugget | Model 1 | Range 1 | Sill 1 | Model 2 | Range 2 | Sill 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.002 | Spherical | 6 | 0.306 | Spherical | 43 | 0.088 |

با استفاده از نتایج جدول ۴ تخمین عیار مس در شکل ۴ توسط کریجینگ معمولی و جنس سنگ توسط نزدیک‌ترین همسایگی ترسیم شده است. نتایج تخمین عیار مس و تناژ کانسنگ مس با استفاده از کریجینگ معمولی در (جدول ۴) آورده شده است.




**شکل۴- الف- تخمین ذخیره عیاری و ب- تخمین جنس‌سنگ**

◇◇◇◇◇◇◇

**جدول۴- نتایج تخمین ذخیره محدوده مس کانسار گل چشمه با استفاده از روش کریجینگ معمولی**

| زون عیاری | واحد | مشخصات |
|---|---|---|
| ۲۳۹۰۰۰ | متر مکعب | حجم کانسنگ مس |

| | | |
|---|---|---|
| ۲,۵ | تن بر متر مکعب | وزن مخصوص |
| ۵۹۷۵۰۰۰ | تن | تناژ کانسنگ مس |
| ۰,۵۹ | گرم در تن | عیار |
| ۲۰۶۵ | تعداد | بلوک |

## نتیجه گیری:

در تخمین زمین‌آمار، چون ساختار فضای داده‌ها مد نظر قرار می‌گیرد بنابراین از دقت و صحت بالاتری برخوردارند. لذا در این پژوهش سعی بر آن شد که با تعیین دقیق پارامترهای تخمین و پارامترهای لازم در ترسیم واریوگرام، نتایج تخمین عیار مس و تناژ کانسنگ مس با استفاده از روش کریجینگ معمولی محاسبه می‌شود. با توجه به مدل بلوکی عیاردار کانسار مس گل چشمه ملاحظه می‌شود که قسمت اعظم ذخیره کانسار در آندزیت پورفیری خاکستری و آندزیت پورفیری قرمز رنگ تشکیل شده است. طبق نتایج حاصله از این پژوهش، مقدار کل مس محدوده با استفاده از کریجینگ معمولی ۵۹۷۵۰۰۰ تن تخمین زده می‌شود.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

انتظاری هرسینی، ا.، ۱۳۹۶،"زمین شناسی، ژئوشیمی، کانه زایی، ژنز و مطالعات ایزوتوپی کانسار گل‌چشمه، جنوب نیشابور، شمال شرق ایران" رساله دکتری، دانشگاه فردوسی، مشهد

انتظاری هرسینی، ا.، (۱۳۹۴) "سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی، منطقه‌های دگرسان و پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی در منطقه‌ی کل‌چشمه، شرق ایران"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، صفحه ۶۳۹ تا ۶۵۰

حسنی پاک، ا.، (۱۳۸۰)، "تحلیل داده های اکتشافی"، چاپ اول، (۶۲۷ تا ۶۳۸)، انتشارات دانشگاه تهران

حسنی پاک، ا.، ( ۱۳۷۷ )، "زمین آمار"، چاپ اول، (۹۴ تا ۱۰۰ )، انتشارت دانشگاه تهران

منجزی، مسعود؛ کامران گشتاسبی و امید اخوان، ۱۳۸۵ ، "مدلسازی و تخمین ذخیره به روش زمین آماری برای بلوک ۷ گل بینی معدن بوکسیت جاجرم"، کنفرانس علوم زمین، بیست و پنجمین گرد همایی علوم زمین، شماره صفحه ها۷ تهران، ۱۳۸۵.

نادری میقان، ن. و ترشیزیان، ح.۱۳۷۷. نقشه زمین‌شناسی 1:100000 کدکن. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

EntezariHarsini A, Mazaheri S, Saadat S and Santos J. 2017 "U-Pb Geochronology, Sr-Nd Geochemistry, Petrogenesis and Tectonic Setting of Gandab Volcanic Rocks Northeastern Iran",Geochronometria, p. 269-286.

Kojima, S., Trista, D., Guilera, A. and Ken-ichiro ayashi, H., 2009. "Genetic aspects of the Manto-type Copper deposite based on geochemical studies of North Chilean deposits". Resource Geology, 59,(1),87-98.

Ramirez, L. E., Palacios, C., Townley, B., Parada, M. A., Sial, A. N., Turiel, J. L. F, Gimeno, D., Valles, M. G, Lehmann, B. 2006, "The Mantos Blancos copper deposit: an upper Jurassic breccia-style hydrothermal system in the Coastal Range of northern Chile", Miner Deposita, v. 41, p. 246-258

Kirkham, R. V. 1996, "Volcanic Red Bed copper In: Geology of Canadian mineral deposit types, (ed.) O. R. Eckstrand., W. D. Sinclair., R.I. Thorpe"., Geological Survey of Canada, No. 8, p. 241-252.

# مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی و شکل ذخیره کانسار مس گل‌چشمه، جنوب نیشابور، شمال شرق ایران

◇◇◇◇◇◇◇

مهناز حاتمی نسب، دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تهران
(mahnaz.hatami@ut.ac.ir)
عبدالرحمان رجبی، استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ایران
(rahman.rajabi@ut.ac.ir)
سروش مدبری، استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ایران
(modabberi@ut.ac.ir)
رضا ارجمندزاده، استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور بجنورد، ایران
(Arjmand176@gmail.com)
اعظم انتظاری هرسینی، استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور کرمانشاه، ایران
(Entezari552003@yahoo.com)

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

کانسار مس گل‌چشمه در ۸۰ کیلومتری جنوب نیشابور، در استان خراسان رضوی و در حاشیه زون ساختاری سبزوار قرار دارد. سنگ‌های آتشفشانی منسوب به پلیوسن، از نوع آندزیت تا بازالت به همراه واحدهای رسوبی، سنگ آهک و میان لایه‌هایی از توف و برش آتشفشانی می‌باشد. بافت کانسنگ شامل انواع رگه-رگچه‌ای، دانه‌پراکنده، پرکننده حفرات و فضاهای خالی و جانشینی می‌باشند. شواهد کانی‌سازی در منطقه بسیار گسترده بوده که زون اکسیدی کانسار شامل مالاکیت، آزوریت و کریزوکلا بوده و کانه‌های سولفیدی مس شامل کالکوسیت، کوولیت، به مقدار جزئی کالکوپیریت، بورنیت، دیژنیت، تتراهدریت و مس خالص می‌باشند که در این بین کالکوسیت بیشترین فراوانی را در بین کانه‌های سولفیدی دارد. زون‌های دگرسانی مرتبط با لایه‌های آندزیتی- بازالتی میزبان کانه‌زایی شامل کربناتی شدن، پروپیلیتی، اندکی سیلیسی، آرژیلیکی و سرسیتی هستند که کربناتی شدن مهم‌ترین دگرسانی منطقه را تشکیل می‌دهد. در مقاله حاضر کانی‌شناسی، دگرسانی و شکل ذخیره بر اساس گمانه‌های اکتشافی بحث و بررسی شده است.

**کلید واژه ها**: گل‌چشمه، جانشینی، مس مانتو، شکل ذخیره

# Economic geology studies and evaluation of the reserve form of Golcheshmeh copper deposit, south of Neyshabur, NE Iran

[1]Hataminasab, M., [1]Rajabi, A., [1]Modaberi., S, [2]Arjmandzadeh, R., [2]Entezari, A
[1]School of Geology, College of Sciences, University of Tehran, Tehran 14155-64155, Iran
[2] School of Geology, Payame Noor University (PNU), P.O.BOX, 19395-3697, Tehran, Iran

**Abstract:**

Golcheshmeh copper deposit is located 80 km south of Neyshabour, in Khorasan Razavi province and on the margin of Sabzevar structural zone. Volcanic rocks composed of Pliocene andesite and basalt, with sedimentary units intercalated with sequences of tuff and breccia volcanic. Ore textures comprise vein-veinlet, dispersed seed, cavity and open space filling, dissemination, and replacement. The widespread mineralization occurrences include the major copper oxide and sulfide minerals which Copper minerals consist of malachite, azurite, chrysocolla, chalcocite, covellite, chalcopyrite, bronnite, digenite, tetrahedrite and native copper, with abundant chalcocite among sulfide phases. The alteration zones are associated with the andesitic-basaltic sequences and include carbonatization, propylitic, slightly silicic, argillic, and sericite with dominance of carbonatization. In this paper, the mineralogy, alteration and the deposit form are discussed and examined based on boreholes.

**Keywords:** Golcheshmeh, replacement, manto copper, deposit form

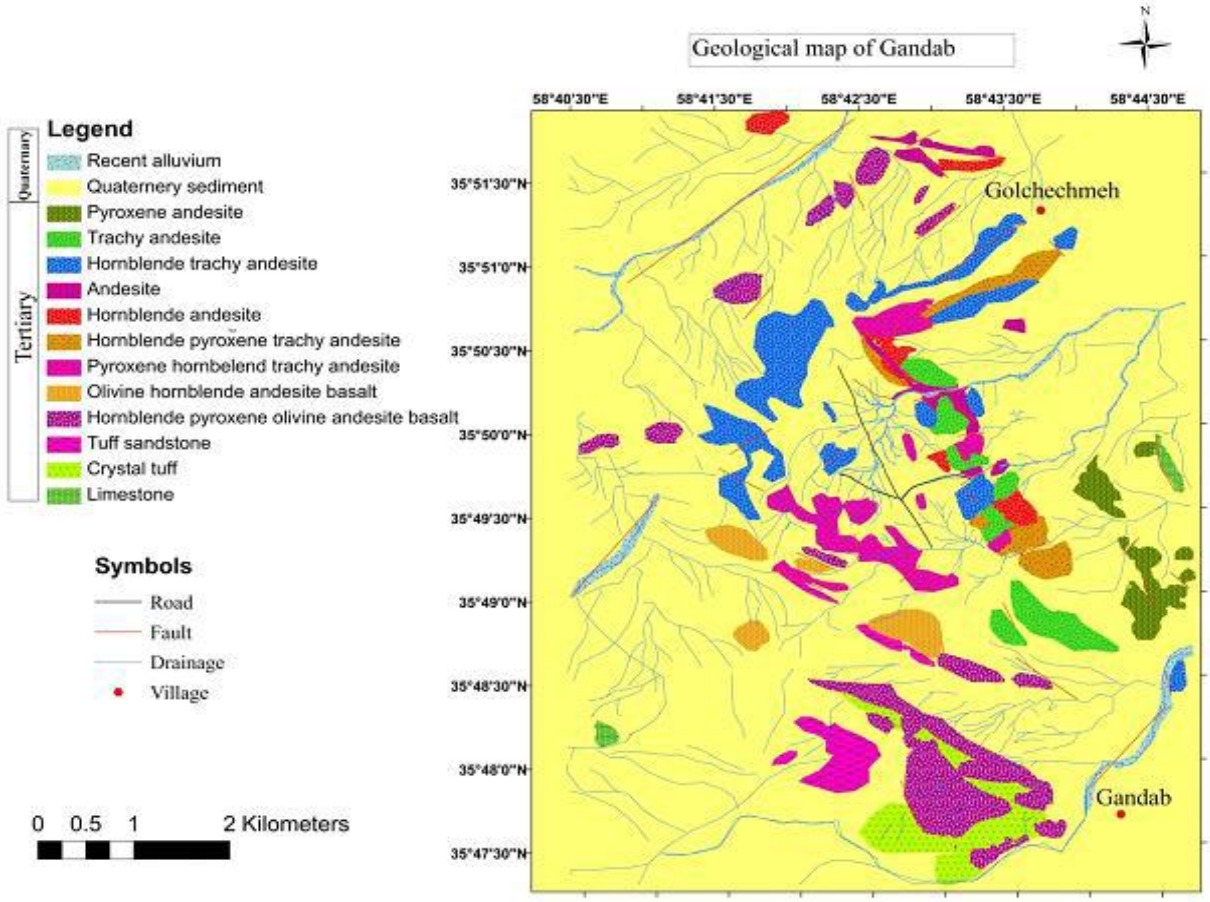
◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

کانسارگل چشمه در۲۲۰کیلومتری جنوب غرب مشهد و ۸۰کیلومتری جنوب نیشابور و در گستره‌ای بین طول‌های شرقی"۱۵'۴۲ °۵۸ الی "۴۰ '۴۳ °۵۸ و عرض‌های شمالی"۳۰ '۴۷ °۳۵ الی"۰۰'۵۲ °۳۵ قرارگرفته است. این منطقه در شمال شرق پهنه‌ی ایران مرکزی و در زیر پهنه‌ی ساختاری سبزوار، در شمال گسل درونه واقع شده است (شکل ۱). زیرپهنه‌ی ساختاری سبزوار شامل گستره‌ای محدود بین گسل‌های میامی–درونه است که در یک روند تقریبی شرقی–غربی از سبزوار تا مرز افغانستان ادامه دارد. در این زیرپهنه سنگ‌های پالئوزوییک و مزوزوئیک برونزد دارند. برونزدهای سنگی مهم این زیرپهنه، شامل مجموعه‌های افیولیتی سبزوار و تربت حیدریه است که خاستگاه اقیانوسی دارند.

مجموعه‌های آتشفشانی به سن اوایل ترشیری (ائوسن) در زون ساختاری سبزوار، که بیشتر از شمال بردسکن تا شمال تربت حیدریه و نزدیک مرز افغانستان (در شمال گسل درونه) رخنمون دارند، میزبان ذخایر معدنی مانند طلا (ارغش، کوه زر) می‌باشند (انتظاری، ۱۳۹۶).

واحدهای عمده لیتولوژی در این ناحیه شامل: واحد آتشفشانی پالئوسن فوقانی- ائوسن متشکل از گدازه‌های آندزیتی، تراکی آندزیت، ریوداسیت، آگلومرا و برش، واحد آذراواری- آتشفشانی ائوسن بالایی، توده‌های نفوذی شامل گابرودیوریت، دیوریت، گرانودیوریت و گرانیت به سن اواخر ائوسن تا الیگوسن می باشند (نجمی، ۱۳۹۴).

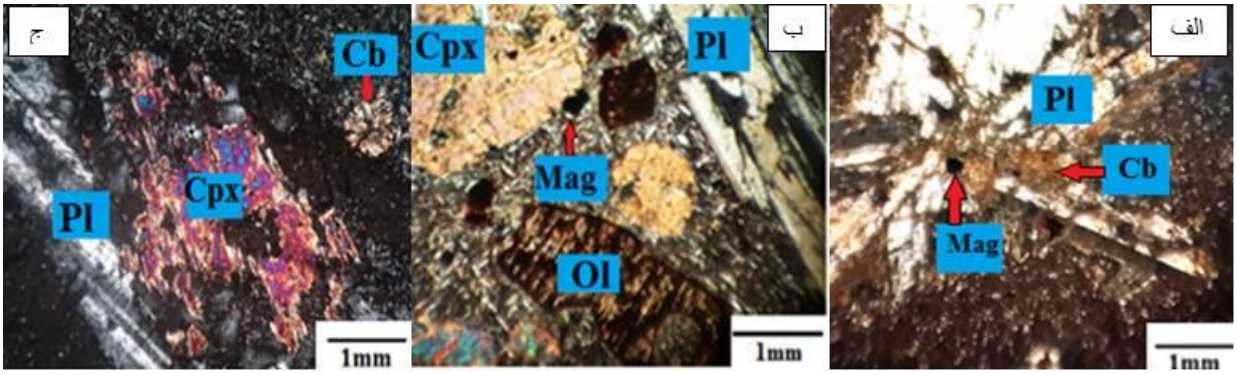



**شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه گل‌چشمه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۶)**

**زمین‌شناسی منطقه معدنی:**

واحدهای زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه عمدتاً سنگ‌های آذرین بود و با توجه به ترکیب کانی‌شناسی- مودال سنگ، واحدهای آتشفشانی شامل شامل تراکی آندزیت، آندزیت بازالت، آندزیت و مونزودیوریت پورفیری است، و سنگ نیمه-عمیق پیروکسن هورنبلند مونزودیوریت پورفیری می‌باشد. در منطقه علاوه بر سنگ‌های آتشفشانی و نیمه‌عمیق ذکر شده رخنمون توف و سنگ آهک نیز دیده می‌شود (شکل ۱).

در شکل ۲ تصاویر میکروسکوپی آندزیت، هورنبلند پیروکسن الیوین آندزیت بازالتی، هورنبلند پیروکسن تراکی آندزیت، هورنبلند آندزیت، هورنبلند تراکی آندزیت، تراکی آندزیت نشان داده شده که بافت آن‌ها مگاپورفیری و پورفیری می-باشند.




**شکل۲-الف- تصاویر میکروسکوپی آندزیت ب- هورنبلند پیروکسن الیوین آندزیت بازالتی ج- هورنبلند پیروکسن تراکی آندزیت (مطالعه در نور XPL). اختصارات Hbl: هورنبلند، Pl: پلاژیوکلاز، Cpx: کلینوپیروکسن، Ol: الیوین، Mag: مگنتیت، Cb: کربنات، Chl: کلریت، Sa: سانیدین (علایم اختصاری از Whitney, 2010).**

◇◇◇◇◇◇◇

## روش تحقیق:

پس از مطالعات دفتری و بررسی مطالعات قبلی و نمونه‌برداری از رخنمون‌های سطحی و گمانه‌های اکتشافی، ۴۰ مقطع نازک صیقلی به منظور مطالعه کانی‌سازی و لیتولوژی از بخش‌های مختلف کانسار تهیه شد. همچنین تعداد ۱۰۱ نمونه از عمق های متفاوت گمانه های اکتشافی برای انجام تجزیه ICP-OES برداشت و در شرکت معدنی درکاو خراسان رضوی مورد آنالیز قرار گرفته است.

## کانه زایی:

کانسار گل چشمه شامل کانه‌زایی سولفیدی مس به صورت دانه‌پراکنده تا رگه- رگچه‌ای می‌باشد که به شکل چینه‌کران در سنگ‌های آتشفشانی پلیوسن با ترکیب آندزیت تا آندزیت- بازالت رخ داده است (Entezari Harsini et al, 2017). در این کانسار تعداد ۲۸ گمانه با عمق‌های متفاوت و تعدادی ترانشه حفر شده است. گمانه شماره یک با عمق ۱۰۱ متر بیشترین و گمانه ۹ با عمق ۱۲,۷۰ کمترین حفاری را دارا می‌باشد. زون‌های دگرسانی مرتبط با لایه‌های آندزیتی- بازالتی میزبان کانه‌زایی در منطقه شامل کربناتی شدن، پروپیلیتی، اندکی سیلیسی، آرژیلیکی و سرسیتی می‌باشد.

سیلیسی شدن و کربناتی شدن، از عمده ترین و معمولترین دگرسانی ها در کانسارهای مس نوع (Cabral and Volcanic Red Bed (Beaudoin, 2007 وکانسارهای مس نوع Manto هستند (Kojima et al., 2007).

در بررسی مقاطع نازک صیقلی، کانی‌های زون اکسیدی کانسار شامل مالاکیت، آزوریت و کریزوکلا بوده و کانه‌های سولفیدی مس شامل کالکوسیت، کوولیت، به مقدار جزئی کالکوپیریت، بورنیت، دیژنیت، تتراهدریت همراه با مس خالص می‌باشد که در این بین کالکوسیت بیشترین فراوانی را داراست.

کانسارهای نوع مانتو به گروهی از کانسارها گفته می‌شود که معمولا چینه‌کران و منطبق با لایه‌بندی و یا درون طبقات یا گدازه ها هستند. کانی های اصلی مس، کالکوسیت و بورنیت هستند. سنگ میزبان در این ذخایر، گدازه‌های بازالتی و آندزیتی است. کانسارهای مس نوع بازالتی، کانسارهای مس با سنگ میزبان آتشفشانی و کانسارهای مس نوع مانتو را مترادف (Synonym) می خوانند. به نظر می‌رسد که تمامی این کانسارها به یک نوع تعلق دارند و در مکان‌های مختلف اسامی گوناگونی به آنها داده شده است (Lefebure and Church, 1996).

با توجه به روابط بافتی بین سولفیدها، پیریت اولین سولفیدی است که در منطقه تشکیل شده است و از لحاظ فراوانی کمترین مقدار را در بین کانی‌های سولفیدی دارا می‌باشد. این کانی در نقاط محدودی در زمینه سنگ میزبان آندزیتی، عمدتاً به شکل دانه‌پراکنده (شکل۳-الف) و بعضاً کلوفرم دیده می‌شود.

کالکوپیریت در مقاطع تهیه شده بیشتر به صورت لکه‌ای و بی‌شکل وگاه با بافت اسکلتی همراه با بورنیت و کالکوسیت دیده می شود (شکل۳- ب). اندازه دانه‌های آن از ۰,۵ تا ۲ میلیمتر متغیر است. این کانی سولفیدی اولیه مس تحت تاثیر فرآیندهای سوپرژن در حال تبدیل به کانه‌های ثانویه مانند کالکوسیت وکوولیت می‌باشد، در بعضی نقاط نوعی همرشدی بین این کانه و بورنیت نیز دیده می‌شود.

بورنیت یکی دیگر از کانه‌های سولفیدی مهم و اولیه در منطقه می‌باشد که همراه با کالکوپیریت و کالکوسیت ثانویه با بافت عمده جانشینی و به صورت بی شکل و پراکنده در برخی از مقاطع تهیه شده دیده می‌شود. براساس مطالعات می‌توان بورنیت را یک کانه اولیه همزمان با فعالیت‌های درونزاد در نظر گرفت. این کانه براثر فعالیت‌های سوپرژن به کالکوسیت ثانویه، کوولیت و دیژنیت تبدیل شده است (شکل۳- ب).

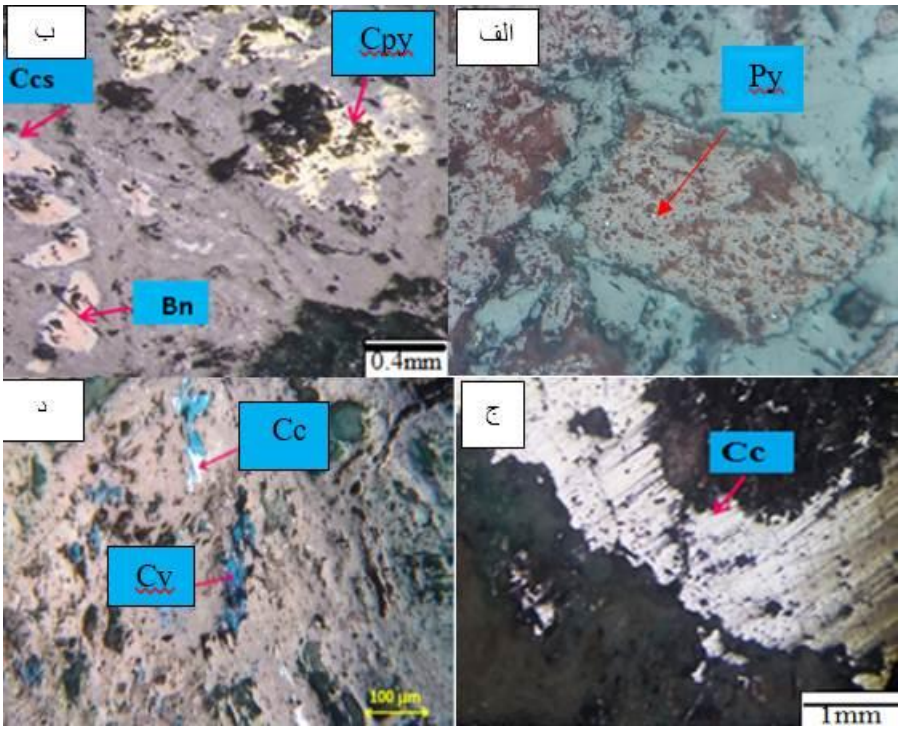
کالکوسیت مهم‌ترین کانی سولفیدی مس در منطقه گل‌چشمه بوده و بیشترین فراوانی را در بین کانه‌های سولفیدی دارا است. این کانی می‌تواند هم به صورت یک کانه اولیه و هم به صورت ثانویه همراه با بورنیت، کالکوپیریت و پیریت تشکیل شود. در محدوده مورد نظر بخش عمده کالکوسیت از نوع اولیه می‌باشد که این کانه همراه با دیگر کانه‌های موجود در رگه- رگچه‌ها، به صورت پراکنده و پرکننده‌ی حفرات در سنگ میزبان دیده می‌شود. نوع دوم کالکوسیت در منطقه که به مقدار جزئی در برخی مقاطع دیده می‌شود، تحت فرایندهای سوپرژن که به صورت ثانویه از کانه‌های سولفیدی اولیه مانند بورنیت و کالکوپیریت به صورت جانشینی در آنها ایجاد شده است (شکل۳- ب، ج، د).

کوولیت عمدتاً به رنگ آبی به صورت لکه‌ای در مقاطع قابل مشاهده است. این کانی به صورت ثانویه طی مرحله سوپرژن عمدتا به صورت جانشینی و بی‌شکل در زمینه سنگ میزبان ایجاد شده است. این کانه جانشین کانی‌های سولفیدی اولیه مانند کالکوپیریت، بورنیت و کالکوسیت شده است و در بعضی ازمقاطع با رنگ آبی و آنیزوتروپی مسی در همراهی با کالکوسیت دیده می‌شود (شکل۳- د).

مالاکیت از تبدیل کانی‌های مس‌دار اولیه درون‌زاد تشکیل شده و نشان دهنده‌ی زون سوپرژن اکسیدی منطقه می‌باشد. کانی مالاکیت در منطقه بصورت رگه- رگچه‌ای، شکافه پرکن، آغشتگی و تراوشی و جانشین شده در پلاژیوکلاز همراه با آزوریت، کریزوکلا، آتاکامیت و کالکوسیت دیده می‌شود.

کریزوکلا نیز مانند مالاکیت از تبدیل کانی‌های مس‌دار اولیه درون‌زاد در مرحله سوپرژن و در شرایط اکسیدی ایجاد شده است و به صورت آغشتگی و رگه- رگچه ای و پرکننده حفرات همراه با مالاکیت، آزوریت و کالکوسیت در اکثر واحدهای سنگی منطقه به مقدار کمتر نسبت به مالاکیت دیده می‌شود.

آزوریت در مقادیر بسیار کم در برخی واحدهای سنگی منطقه دیده می شود که عمدتاً به صورت پراکنده و پرکننده حفرات دیده می شود. آتاکامیت سبز تیره، آبی و ساختار الیافی و رشته ای به صورت دانه‌ای و توده‌ای در مجاورت کانی-های مالاکیت، آزوریت و کریزوکلا در منطقه مورد نظر دیده می‌شود.




**شکل۳-تصاویر میکروسکوپی الف- غالب پیریت و وجود دانه های پیریت ب- وجود کالکوپیریت و بورنیت در حال تبدیل به کالکوسیت ثانویه ج-کالکوسیت اولیه به صورت رگچه‌ای د- جانشین شدن کوولیت به جای کالکوسیت (نور انعکاسی) (Py= پیریت، Cpy= کالکوپیریت، Cc= کالکوسیت، Bn= بورنیت، Cv= کوولیت، Ccs= کالکوسیت ثانویه (علایم اختصاری از Whitney, 2010)**

**شکل ذخیره مس گل‌چشمه:**

در کانسار مس گل چشمه از روش نزدیک ترین همسایگی برای جنس سنگ و کریجینگ برای تخمین ذخیره عیاری استفاده شده است. مراحل اولیه اجرای این روش به قرار زیر است:

۱-به منظور همگن سازی داده‌ها و کاهش تغییر پذیری، نوعی میانگین گیری متحرک روی داده های حاصل از مغزه انجام می گیرد که به منظور تخمین ذخیره محدوده کانسار، کامپوزیت یک متر انجام شد. در واقع محدود کردن حوزه تخمین به کانسنگ، دقت تخمین را بالا می‌برد.

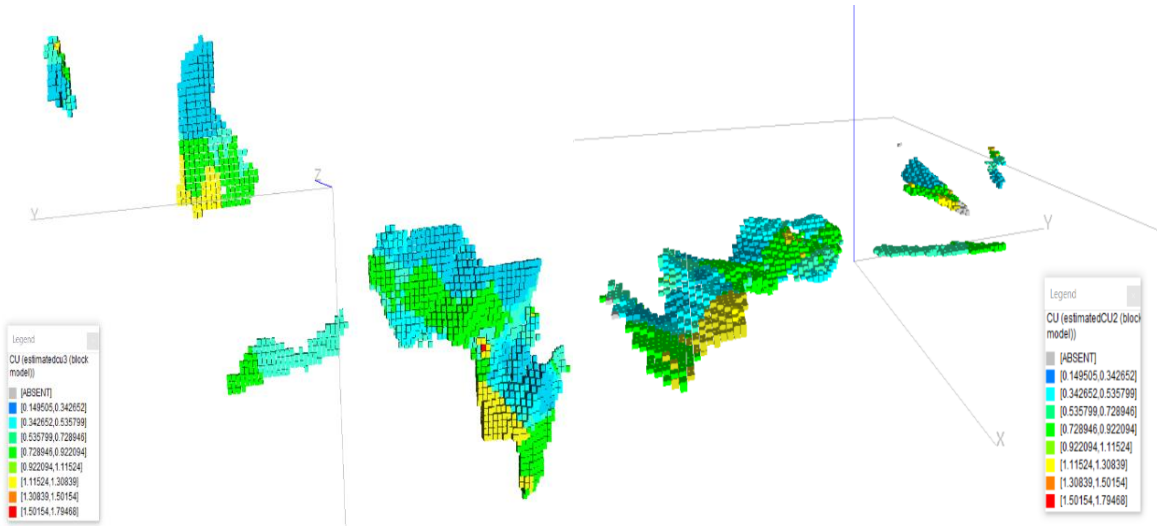
۲-ابعاد بلوک‌های تخمین تعیین می‌شوند.

۳-محدوده‌ای که در آن تخمین عیار بلوک ها انجام خواهد گرفت، مشخص می‌شوند.

۴-تحلیل روند در داده‌های موجود بررسی می‌شود.

۵-کریجینگ معمولی و نزدیک ترین همسایگی برروی داده‌های حاصل از کامپوزیت‌ها اعمال می‌شود.

۶-عیار بلوک ها تعیین شده، خروجی و شکل سه بعدی ترسیم می شود (شکل۴).




**شکل۴- الف- تخمین ذخیره عیاری با استفاده از کریجینگ معمولی در زوایای مختلف**

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری:

طبق مطالعات و بررسی‌های انجام شده منطقه مورد نظر از واحدهای آندزیتی پالئوسن پوشیده شده است.کانی‌سازی در منطقه به صورت رگه-رگچه ای و به ندرت پراکنده در واحدهای آتشفشانی شکل گرفته‌اند و دگرسانی غالب آن ها کربناتی است. کانی سولفیدی غالب در این کانسار، کالکوسیت و به مقدار جزئی بورنیت، دیژنیت و کالکوپیریت می‌باشد و کانی‌های ثانویه مس مالاکیت، آزوریت، کریزوکلا که به صورت بافت رگه‌ای و جانشینی در برخی نقاط دیده می‌شود.
با تعیین و مدل‌سازی سه‌بعدی حوزه‌ی تخمین عیار، با استفاده از کریجینگ معمولی شکل چینه کران ذخیره مس گل-چشمه مشخص شد که با توجه به مطالعات انجام شده از جمله، زمین‌شناسی و محیط زمین‌ساختی، کانی‌شناسی و نوع سنگ در برگیرنده، بافت ماده معدنی و کانه‌زایی مس در منطقه گل‌چشمه شباهت‌های زیادی با کانسارهای مس میشیگان داشته و در رده کانسار های تیپ مانتو قرار می‌گیرد.
با توجه به این مطالعات، میزان عیار ماده معدنی در کانسار گل‌چشمه براساس روش کریجینگ معمولی، ۰,۵۹ درصد مس و تناژ ماده معدنی ۵۹۷۵۰۰۰ تن محاسبه گردیده است.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

انتظاری هرسینی، ا.، ۱۳۹۶،"زمین شناسی، ژئوشیمی، کانه زایی، ژنز و مطالعات ایزوتوپی کانسار گل‌چشمه، جنوب نیشابور، شمال شرق ایران" رساله دکتری، دانشگاه فردوسی، مشهد

امیری لاریجانی، ر، ۱۳۸۶، "تخمین زخیره کانسار مس سونگون با استفاده از نرم افزار DATAMINE و روش شبکه عصبی مصنوعی، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین بهمن۸۶

نجمی، ف.، (1394) "زمین‌شناسی، دگرسانی، کانه‌زایی و مطالعات ژئوشیمیایی در معدن مس، منطقه گل‌چشمه، جنوب نیشابور" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی، مشهد

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

EntezariHarsini A., Mazaheri S., Saadat S and Santos J. 2017 "U-Pb Geochronology, Sr-Nd Geochemistry, Petrogenesis and Tectonic Setting of Gandab Volcanic Rocks Northeastern Iran",Geochronometria.,p. 269-286.
Kojima, S., Aguilera, D. T., Hayashi, K. I. 2007, "Genetic aspects of manto type copper deposits based on geochemical studies of north Chilean deposits", Resource Geology, v. 59, No. 1, p. 87-98.
Lefebure, D. V., Church, B. N. 1996, " Volcanic Red Bed Cu".

Whitney D.L., and Evans B. W., 2010. "Abbreviations for names of rock-forming minerals, *American Mineralogist*", *v. 95, p. 185-187.*

# اکتشاف فلوریت درمحدوده آوهنگ شهر فردوس

◇◇◇◇◇◇◇

حمید حافظی مقدس[۱*]، فرهاد زال[۲]، محمد رستمی[۳]،

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲-دانشجوی دکتری، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان

۳-کارشناسی ارشد، شرکت معدنی رسا

*Hamid.hafezimoghadas@gmail.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

منطقه مورد مطالعه در روستای آوهنگ شهرستان فردوس قرار دارد که جز زون ساختاری بلوک لوت می باشد. این ناحیه جهت مطالعات کانه زایی فلوریت و تهیه نقشه ها با مقیاس۱:۱۰۰۰ مورد مطالعه واقع شد. سنگ های محدوده شامل تراکیت آندزیت کریستال توف، کریستال آندزیت توف و دایک آندزیتی است.در درون واحد کریستال توف رگه فلوریت به رنگ سبز و صورتی دیده می شود که دارای عیار میانگین ۸۳/۶ می باشد. فلوریت در این ناحیه از نوع هیدرترمال و می تواند حاصل فعالیت های گسلی در منطقه باشد.

**کلید واژه ها**:هیدرترمال، فلوریت، کریستال توف، آوهنگ، فردوس

## Fluorite exploration in Ahang district of Ferdows city

Farhad ZaLL[1], Mohammad Rostami[2], Hamid Hafezi Moghadas[3]

1-Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Lorestan University

2-Master, Rasa Mineral Company.

3- Master Student, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University

**Abstract:**

The study area is located in the Ahang village of Ferdows city, which is a part of the Lut block structural zone. This area was studied for the exploration of fluorite mineralization and mapping with a 1:1000 scale. This area has trachy andesite crystal tuff, andesite crystal tuff and dyke andesitic rocks. There is a fluorite vein whiten tuft crystal that has green and pink color. Fluorites show an average grade of 83.6%. Fluorite in this area is hydrothermal and can be the result of fault activity.

**Keywords:** Hydrothermal, Fluorite, Crystal Tuff, Ahang, Ferdows

◇◇◇◇◇◇◇

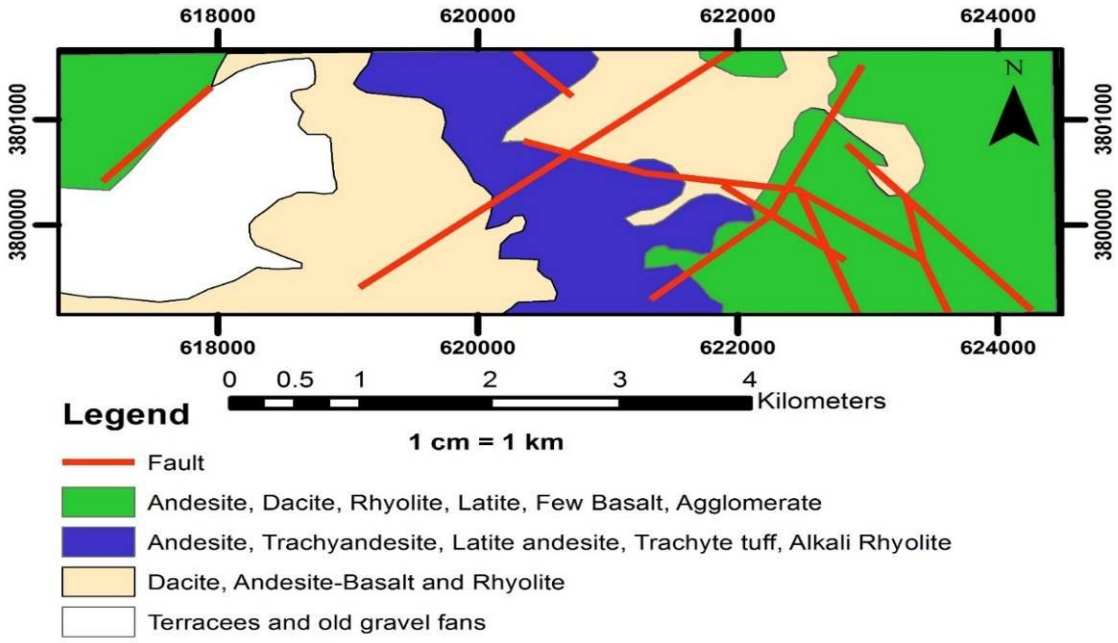
**مقدمه :**

محدوده مورد مطالعه براساس تقسیمات کشوری در استان خراسان جنوبی و در ۴۰ کیلومتری شمال شرق فردوس قرار دارد. جایگاه محدوده مورد نظر، بر اساس تقسیم‌بندی رسوبی – ساختاری(آقانباتی ۱۳۸۳) در زون بلوک لوت است. بلوک لوت در خاور ایران، بخشی از خردقاره ایران مرکزی است که درازای حدود ۹۰۰ کیلومتری در سوی شمال -جنوب و پهنای حدود ۲۰۰ کیلومتر در سوی شرق -غربی دارد .مرز شرقی این بلوک به گسل نهبندان و حوضه فلیشی خاور ایران و مرز باختری آن به گسل نایبند و رشته کوه های شتری محدود شده است. همچنین، مرز شمالی آن محدود به گسل ژرف درونه و فروافتادگی کاشمر و مرزجنوبی آن به کمپلکس ماگمایی بزمان -شهسواران و فروافتادگی جازموریان محدود می شود.

**زمین شناسی منطقه:**

جایگاه محدوده مورد نظر، بر اساس تقسیم‌بندی رسوبی – ساختاری(آقانباتی ۱۳۸۳) در زون بلوک لوت است. این منطقه در شمال غربی بلوک لوت جای گرفته است. قدیمی ترین فعالیت های ماگمایی شمال بلوک لوت مربوط به زمان ژوراسیک بوده که به صورت سنگ های آتشفشانی و توده های نفوذی گرانیتی تا مونزونیتی در جنوب شرق شهر گناباد رخنمون دارند .این توده ها سن ۱۶۱میلیون سال( کالووین )داشته و از انواع احیایی هستند که از پوسته قاره ای منشأ گرفته اند(مرادی و همکاران،.۱۳۹۰). فعالیت ماگمایی کرتاسه زیرین به صورت توده های گرانیتی کوچک در شرق شهر گناباد و غرب شهر زوزن بوده که سنی حدود۱۲۷ میلیون سال(بارمین) برای آن تعیین شده است(Eftekharnezhad

et al., 1977; Fauvelet & Eftekharnezhad, 1992). در کرتاسه بالایی، فعالیت ماگمایی این ناحیه به صورت سنگ های آتشفشانی و توده های نفوذی نوع احیایی با سن ۷۷ میلیون سال در شرق بجستان نفوذ کرده اند(Jung et al.,1983) .سنگ های آتشفشانی ترشیری شامل آندزیت، آندزیت بازالت،تراکیت، داسیت و سنگ های پیروکلاستیک می باشد (افتخارنزاد). توده های نفوذی ترشیری که شامل گرانیت، گرانودیوریت، مونزونیت و مونزودیوریت هستند، در بخش های مختلف، سنگ های آتشفشانی ائوسن را قطع کرده اند(مرادی و همکاران۱۳۹۰، کریم پور وهمکاران۱۳۹۱) .این توده ها در جنوب شرقی و غربی بجستان، شمال فردوس، جنوب خاوری گناباد و باختر زوزن رخنمون داشته اند. محدوده مورد مطالعه در مرکز نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ فردوس قرارگرفته است. بر اساس این نقشه کوچک مقیاس لیتولوژی در منطقه شامل بیوتیت هورنبلند آندزیت، آندزیت، تراکیت آندزیت، لاتیت آندزیت،آندزیت بازالت، کوارتز آندزیت، آلکالی ریولیت، آلکالی تراکیت، توف، تراکیت، لاتیت، آگلومرا، داسیت و ریولیت است. طبق این نقشه واحدهای زمین‌شناسی محدوده اوهنگ متعلق به زمان سنوزئیک و ائوسن تا الیگوسن هستند(شکل۱).




**شکل ۱) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰(شهرابی و پورلطفی۱۳۸۶)**

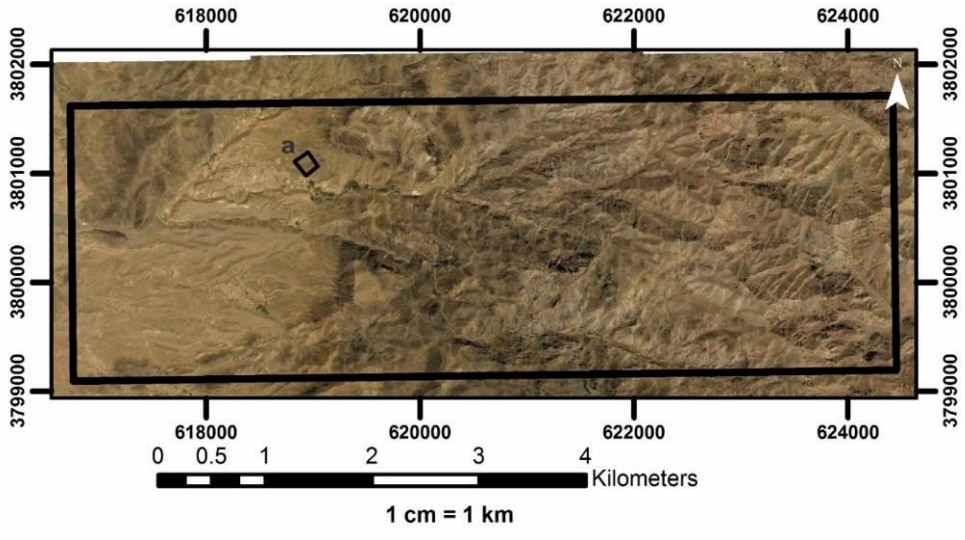
◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

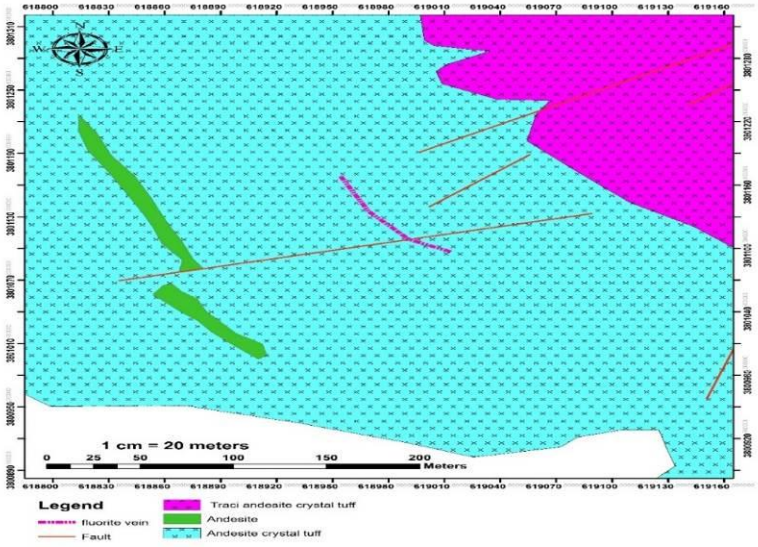
بعد از پی جویی چکشی و بررسی های صحرایی جهت تهیه نقشه های بزرگ مقیاس از منطقه مورد نظر، نمونه برداری از سنگ ها و رگه فلوریت صورت گرفت و تعداد۱۵ عدد مقطع نازک از آنها برای بررسی میکروسکوپی تهیه گردید و سپس مقاطع جهت بررسی ویزیگی های پتروگرافی در دانشگاه فردوسی توسط میکروسکوپ پلاریزان نوری مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین تعداد ۵ نمونه از رگه فلوریت به روش شیاری برداشت شد و برای تعیین عیار فلوریت در نمونه به آزمایشگاه آماتیس شرق ارسال شدند و به روش روش تیتراسیون مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت.

**تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰محدوده مورد مطالعه :**

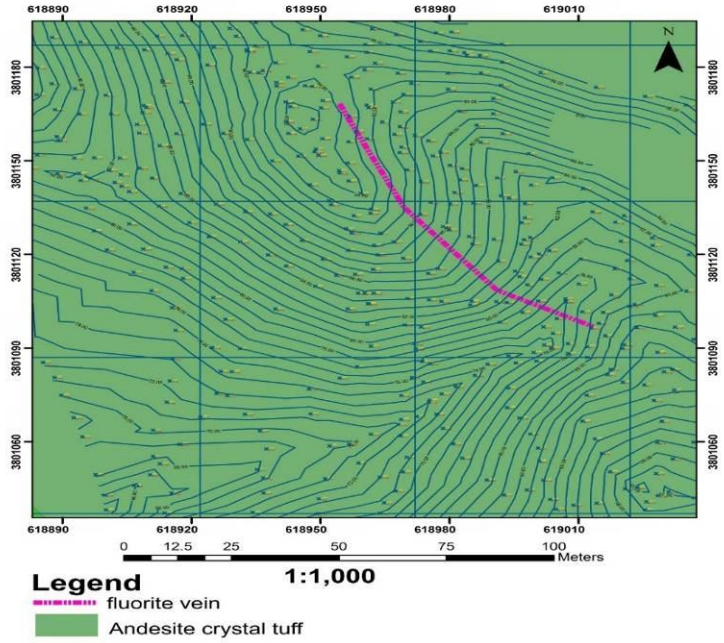
بعد از پیمایش های صحرایی در منطقه مورد مطالعه و مشخص شدن محل حاوی کانه زایی، مراحل بعدی اکتشاف در بخش حاوی کانه زایی( چهارگوشa) متمرکز شد(شکل۲). در این محدوده سه واحد سنگی کریستال توف آندزیتی، کریستال توف تراکیت آندزیت و یک دایک آندزیتی رخنمون دارند(شکل۳). همچنین محل حاوی چند گسل امتداد لغز با روند شمال شرق به جنوب غرب می باشد که عمدتا راستلغز می باشد. واحد کریستال توف آندزیتی حاوی یک رگه فلوریت می باشد. بر این اساس نقشه توپوگرافی و نقشه زمین شناسی با مقیاس۱:۱۰۰۰ این واحد که میزبان رگه فلوریت است نیز تهیه شد(شکل۴). ویژگی های هر واحد لیتولوژی برداشت شده به شرح ذیل می باشد.




**شکل۲) تصویر هوایی از چهار گوش اولیه منطقه و منطقه حاوی کانه زایی فلوریت (a)**




**شکل۳) نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ محدوده مورد مطالعه( محدوده a).**




**شکل۴) نقشه زمین شناسی و توپوگرافی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ از محل رگه فلورین**

**کریستال توف آندزیتی:**

این واحد عمده سنگ موجود در منطقه می باشد که در قسمت های جنوبی و مرکز گسترش دارد . رنگ این سنگ در نمونه دستی به رنگ سیاه تا سبز تیره می باشد که بسیار شبیه یک سنگ دیوریتی می باشد(شکل۵- A). نمونه دستی حاوی زمینه کاملا ریز دانه و سیاه رنگ است. در مطالعات میکروسکوپی این سنگ حاوی بلورهای درشت پلاژیوکلاز به صورت شکل دار و شکسته شده می باشد(شکل۵-B). سنگ دارای بافت میکرو پورفیری می باشد. کانی های موجود در سنگ عمدتا پلاژیوکلاز، هورنبلند و کوارتز می باشد. هورنبلند فضای بین کانی ها رو پر کرده است و به صورت کاملا بی شکل است. پلاژیوکلاز حاوی دگرسانی سرسیتی ضعیفی می باشد.

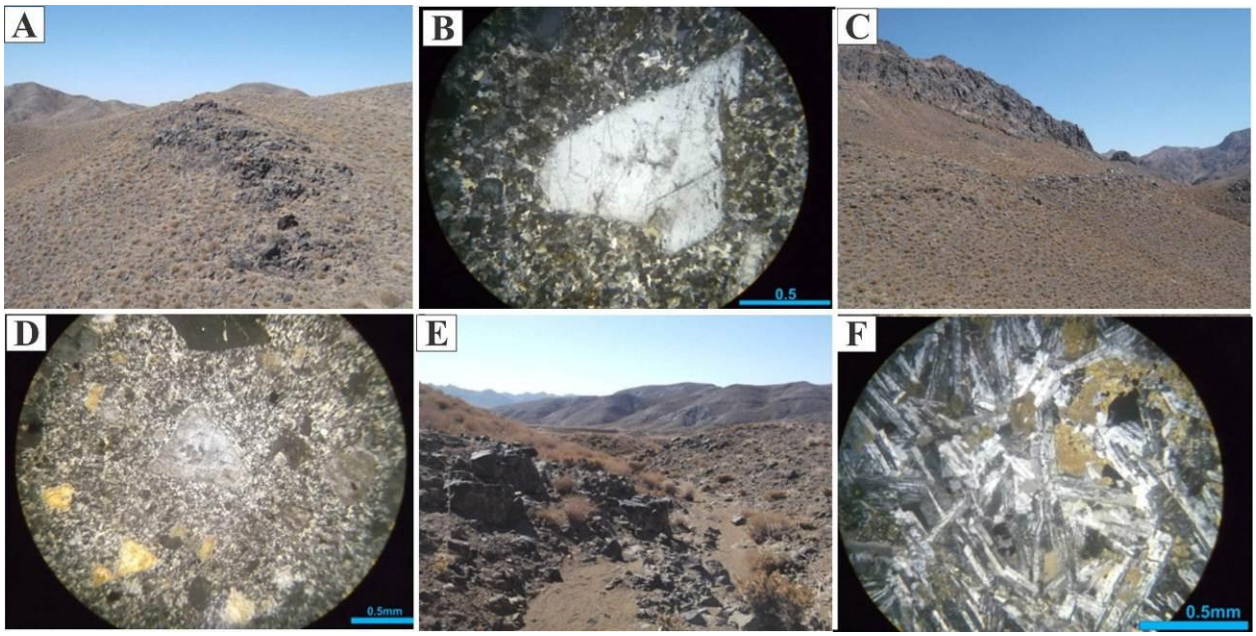
**کریستال توف تراکیت آندزیتی**

این واحد در قسمت شمال شرقی منطقه قرار دارد. رنگ نمونه دستی آن زمینه کرم با بلورهای درشت صورتی رنگ می باشد. این واحد بخش های مرتفع منطقه رو شامل می شود(شکل۵-C). در مطالعات میکرسکوپی این سنگ حاوی

بلورهای درشت پلاژیوکلاز و ارتوکلاز به شکل های نامنظم و شکسته شده می باشد(شکل۵-D). زمینه سنگ کاملا ریز دانه و حاوی بلورهای پلاژیوکلاز و کوارتز است. پلاژیوکلاز حاوی دگرسانی سرسیتی و کلریتی می باشد.

**دایک آندزیتی:**

این واحد سنگی در قسمت جنوبی منطقه و در واحد کریستال توف آندزیتی بیرون زدگی دارد. در نمونه دستی به رنگ سیاه می باشد(شکل۵-E). در مطالعات میکرسکوپی شامل بلورهای پلاژیوکلاز و آمفیبول با بافت اینترسرتال واینترگرانولار می باشد(شکل۵-F). پلاژیوکلاز حاوی دگرسانی ضعیف سرسیتی می باشد.




**شکل۵) A-تصویری از رخنمون واحد کریستال توف در منطقه دید به سمت شمال غرب،B - تصویری میکروسکوپی از واحد کریستال توف، C-تصویری از رخنمون واحد کریستال توف تراکیت آندزیت در منطقه دید به سمت شمال، D-تصویری میکروسکوپی از واحد کریستال توف تراکیت آندزیتی، E-تصویری از رخنمون واحد دایک آندزیتی در منطقه مورد مطالعه، F-تصویری میکروسکوپی از واحد دایک آندزیتی**

**کانه زایی رگه ای فلوریت در منطقه مورد مطالعه:**

پس از پی جویی صورت گرفت در محل وجود یک رگه فلوریت در واحد کریستال توف آندزیتی مشخص شد. این رگه در بخش های شمالی واحد کریستال توف آندزیتی واقع شده و به طول ۱۵۰ متر و عرض ۱ تا ۱,۵ متر می

باشد(شکل۶-A). فلوریت به رنگ سبز و صورتی و بعضا با همرشدی کوارتز دیده می شود که دارای بلور های خودشکل می باشد(شکل۶-B). امتدا رگه در جهت شمال غرب –جنوب شرق می باشد. از این رگه ۵ نمونه جهت تعیین عیار فلوریت برداشت شد که مختصات و عیار آنها به شرح جدول(۱) می باشد. عیار فلوریت در نمونه ها بین ۶۸/۳۴٪ تا ۹۱/۷۲٪ می باشد. در محل رگه یک گسل راستلغز عمود بر رگه وجود دارد که واحد دایک آندزیتی را جابجا کرد اما رگه فلوریت را جابجا نکرد و این نشان میدهد که رگه فلوریت بعد از گسل خوردگی ایجاد شده است.




**شکل۶)A-تصویری از رگه فلوریت در واحد توف کریستال دید به سمت شمال غرب، B-تصویری از فلوریت به رنگ سبز در منطقه**

**جدول۱) مختصات نمونه های فلوریت برداشت شده جهت آنالیز و عیار آنها**

| NO. | X | Y | Z | $CaF_2$% |
|---|---|---|---|---|
| AH-03 | 618953 | 3801157 | 1803 | 85.77% |
| AH-04 | 618938 | 3801202 | 1802 | 91.72% |
| AH-08 | 619008 | 3801098 | 1797 | 68.34% |
| AH-09 | 618966 | 3801136 | 1798 | 85.73% |
| AH-10 | 618992 | 3801113 | 1788 | 86.67% |

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری:

مطقه مورد مطالعه حاوی سنگ های با ترکیب آندزیتی و تراکیت آندزیتی می باشد.این واحد ها حاوی کانه زایی فلوریت به شکل رگه ای می باشد. با توجه به قطع شدن رگه توسط یک گسل راستلغز که واحد های سنگی را تحت تاثیر قرار داد

اما رگه فلوریت را تحت تاثیر قرار نداده است می توان گفت کانه زایی بعد از فعالیت های آتشفشانی صورت گرفت و به صورت هیدروترمال می باشد. که البته حضور این رگه فلوریت می تواند تحت تاثیر فعالیت های گسلی در منطقه باشد.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

آقا نباتی.،س،ع(۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران".، سازمان زمین شناسی و اکتشاف مواد معدنی کشور.

شهرابی و پورلطفی.،۱۳۸۶.، "نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس"، سازمان زمین شناسی و اکتشاف مواد معدنی کشور

مرادی، م.، کریم پور، م .ح.، فارمر، ل .و استرن، چ.، ۱۳۹۰.،"ژئوشیمی ایزتوپ های Sr-Rb و Sm-Nd، سن سنجی به روش U-Pb وپتروژنز باتولیت گرانودیوریتی نجم آباد گناباد".، مجله زمین شناسی اقتصادی ایران.،شماره۴،۱ ، صفحه ۱۲۷ تا ۱۴۵.

مرادی، م.، کریم پور، م .ح.، مل کزاده شفارودی، آ.، فارمر، ل .و استرن، چ.،1391 .،" زمین شیمی، سن سنجی به روش U-Pb، و ژئوشیمی ایزتوپ های Sr-Rb وSm-Nd سنگهای مونزونیتی نجم آباد گناباد"، مجله پترولوژی،سال سوم، شماره ۱۱، صفحه۷۷تا ۹۶

Eftekharnezhad, J., Valeh. N., Ruttner, A., Nabavi, M. H., Alavi, M. & Haghipour, A., 1977- "Geological map of Ferdows quadrangle". Geological survey of iran.

Fauvelet, E. & Eftekharnezhad, J., 1992- "Explanatory text of Gonabad quadrangle map, scale 1/250000". Geological survey of Iran,. 166p.

Jung, D., Keller, J., Khorasani, R., Marks, Ch., Bauman, A. & Horn, P., 1983- "Petrology of tertiary magmatic activity in northern Lut area, east of Iran in Geodynamic project in Iran". Report n. V. 51. p. 285-336

# کانی شناسی وسنگ شناسی کانسار سرب و روی گنهران وتعیین ژنز احتمالی آن

مهدی ایرانمنش،استادیار مجتمع آموزش عالی زرند

مهدیه صفی زاده،دانشکده زمین شناسی ،دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵،تهران،ایران

سیده شکوفه حیات الغیبی،دانشجوکارشناسی ارشد مجتمع آموزش عالی زرند

نویسنده مسئول و رابط shhayatolghibi69@gmail.com

## چکیده

کانسار سرب و روی گنهران در فاصله ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان داران ،استان اصفهان، در بخش مرکزی زون سنندج- سیرجان و برروی کمربند فلززایی سرب و روی اصفهان – ملایر با سنگ میزبان اصلی آهک کرتاسه واقع شده است. براساس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه ، واحدهای سنگی شامل ماسه سنگ و شیل دگرگونه ژوراسیک ( بصورت شیست سبز و اسلیت)، آهک های کرتاسه و رسوبات کواترنری است. پدیده ساختمانی منطقه شامل دو سری گسل با روند شمال غربی – جنوب شرقی ( با امتداد N165 و زاویه شیب ۸۰ تا ۹۰ ) و روند شمال شرق – جنوب غرب می باشد. محلول کانه ساز در امتداد این گسلها سبب کانی سازی بصورت رگه های سیلیسی – کربناتی حاوی سولفید های سرب، روی ومس شده است. کانی سازی متشکل از شبکه و رگچه ها و رگه های سرب در گانگ دو لومیت و کلسیت در محل کنتاکت آهک با سیستم درز شکاف فراوان ( کمرپائین ) با آهک مارنی ( کمربالا) در غرب روستا ی گنهران و همچنین بصورت توده ای ، عدسیها و پاکت های موازی با لایه بندی در کنتاکت آهک با شیل وماسه سنگ دگرگونه ژوراسیک در شرق روستای دره بید رخ داده است. این لایه شیلی– ماسه سنگی دگرگونه نفوذ ناپذیر، بصورت یک افق غیر قابل نفوذ یا پوش سنگ (Cap Rock) عمل نموده وسبب ایجاد تله چینه شناسی (Trap) در سکانس رسوبات شده است. براساس مطالعات میکروسکوپی و تجزیه نمونه ها با روش XRD ماده معدنی غالب گالن با مقادیر کمی پیریت، کالکوپیریت،

اسفالریت و مالاکیت می باشد. کوارتز و کلسیت اصلی ترین باطله اند. براساس مطالعات ژئوشیمی ، بیشترین فراوانی مربوط به سرب، روی ومس است.

**کلید واژه ها** : زمین شناسی، کانی شناسی، کانسار، سرب، روی، گنهران

## ـ مقدمه

کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته، از مهمترین کانسارهای سرب و روی در ایران وجهان به شمار می آیند. از میان مناطقی که در ایران حاوی این تیپ کانسارها هستند، ایالت فلززایی ملایر- اصفهان است که کانسارهای سرب و روی زیادی را در خود جای داده است. دراین ایالت، کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته، در سازندهایی به سنین مختلف یعنی از تریاس بالایی – ژوراسیک تا کرتاسه زیرین قرار دارند که البته کانسارهای اصلی ومهم غالبا در واحدهای آهکی کرتاسه زیرین تشکیل شده اند.

در ناحیه اصفهان و جنوب اراک که جزئی از این کمربند فلززایی است، کانسارها و اندیس های معدنی سرب و روی فراوان یافت می شود که می توان به مواردی چون معادن : عمارت، هفته، گنهران، تکیه، لکان، رباط، کلنگه، حسین آباد، ساکی و... است، که در اکثر قریب به اتفاق این ذخایر، سنگ میزبان آهک های کرتاسه زیرین است. کانسار سرب و روی گنهران که در آهک های اوربیتولین دار کرتاسه زیرین تشکیل شده است، به عنوان موضوع این مقاله جهت مطالعه انتخاب شده است.

## ـ روش مطالعه

- نمونه برداری از سنگ میزبان و سایر واحدهای سنگی موجود در محدوده معدنی به منظور تفکیک جنس واحدهای چینه شناسی.

-نمونه برداری و تهیه مقطع صیقلی به منظور مطالعه کانی شناسی

-نمونه برداری از زون ها و رگه های کانه دار و تهیه تعداد ی مقطع دوبر صیقل .

-تجزیه تعداد ی نمونه به منظور مطالعه دقیق کانی شناسی، به روش پراش اشعه ایکس(XRD)

## - موقعیت جغرافیایی

کانسار سرب و روی گنهران در مختصات طول جغرافیایی "34 '41 50 و عرض جغرافیایی "4 '59 32 ، در فاصله ۲۰ کیلومتری شرق شهرستان داران ( از توابع استان اصفهان) قرار گرفته است.

## -زمین شناسی

گستره مورد بررسی در بخش شمال نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ چادگان ( قاسمی و همکاران ،۱۳۸۵) قرار میگیرد از ویژگیهای این منطقه می توان به وجود گسترده سنگ های دگرگونی و رسوبی آهکی با روند شمال غربی – جنوب شرقی اشاره کرد.

پدیده های ساختمانی اصلی منطقه گنهران گسل و شکستگی هایی با روند شمال غربی – جنوب شرقی است که عمومی آنها در حدود N ۱۶۵ با زاویه شیب ۸۰ تا ۹۰ درجه می باشد (شکل۴). این روند ساختمانی تحت تاثیر نیروهای تکتونیکی بعدی ( با شدت کمتر) و با روند عمودی شمال شرق – جنوب غرب قرار گرفته است. محلول کانه ساز در امتداد این گسل ها سبب کانی سازی رگه ای و در محل کنتاکت آهک با آهک مارنی و با شیل و ماسه سنگ دگرگونه ژوارسیک، باعث ایجاد کانی سازی توده ای شده است. در تعدادی از این گسل ها رگه هایی سیلیسی و کربناتی تشکیل شده است که رگه های سیلیسی حاوی کانه زایی سولفیدی است . گسل های جدیدتر باعث خرد شدن رگه های سیلیسی شده اند.

## - دگرگونی و کانی سازی

همانطور که گفته شد، فاز هیدروترمالی ( گرمابی ) در محدوده، با حضور رگه های سیلیسی و با روند خاص (شمال غرب-جنوب شرق) مشهود است. محلول در امتداد گسل ها نفوذ و در مکان مناسب (آهک) ، کانی سازی سرب و عناصر همراه را انجام داده است ( اشکال ۳و۴).

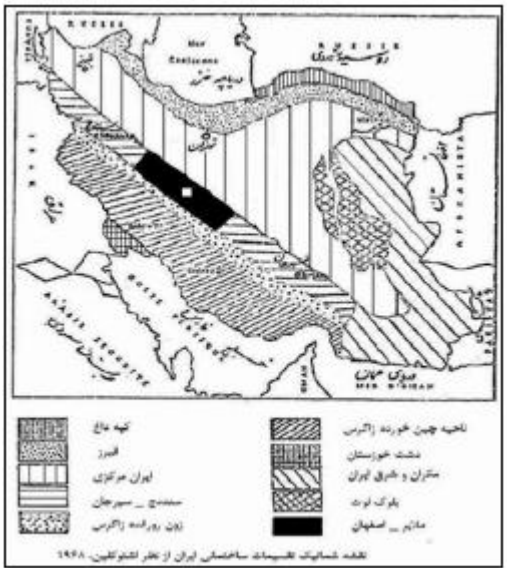
از لحاظ جایگاه چینه شناسی، کانی سازی در معدن گنهران به دو صورت است ( نقشه زمین شناسی۱:۱۰۰۰۰۰ گنهران،) (شکل ۳) :

بخش اول (غرب گنهران ): خود از دو بخش کمر پایین وکمر بالا تشکیل شده است.که بخش کمر پایین آن، آهک اوربیتولین دار است که به رنگ خاکستری تیره است و دارای سیستم درز و شکاف و شکستگی فراوان است. کمر بالای افق مینرالیزه مذکور را واحد مارنی – آهکی کرم رنگ تشکیل می دهد. در این بخش ترانشه هایی برروی زون کانی سازی و رگه های سیلیسی حاوی کانی سازی حفر شده است(شکل ۶. الف)

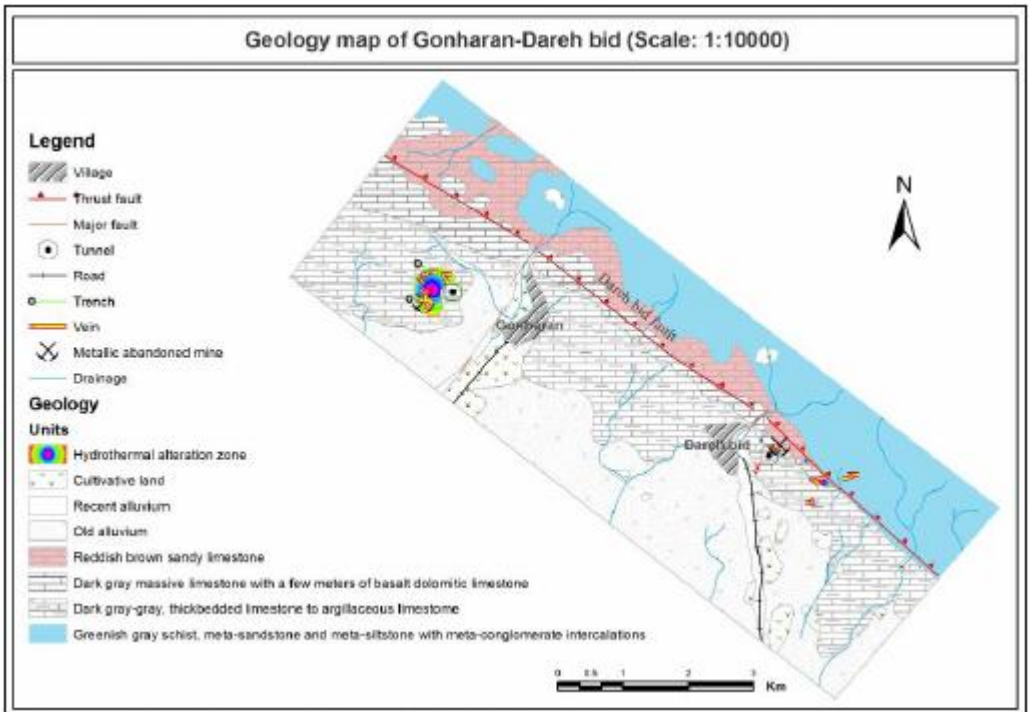
بخش دوم (شرق دره بید) : در کنتاکت آهک کرتاسه با شیل – ماسه سنگ دگرگونه ژوراسیک که ظاهر این لایه شیلی – ماسه سنگی دگرگونی نفوذ ناپذیر، بصورت یک افق غیر قابل نفوذ یا پوش سنگ (cap Rock) عمل نموده و سبب ایجاد تله چینه شناسی (Trap) در سکانس رسوبات شده است که تونلی به منظور دسترسی به کانی سازی دراین محل حفره شده است (شکل ۶.ب)

-دگرسانی درکانسار گنهران

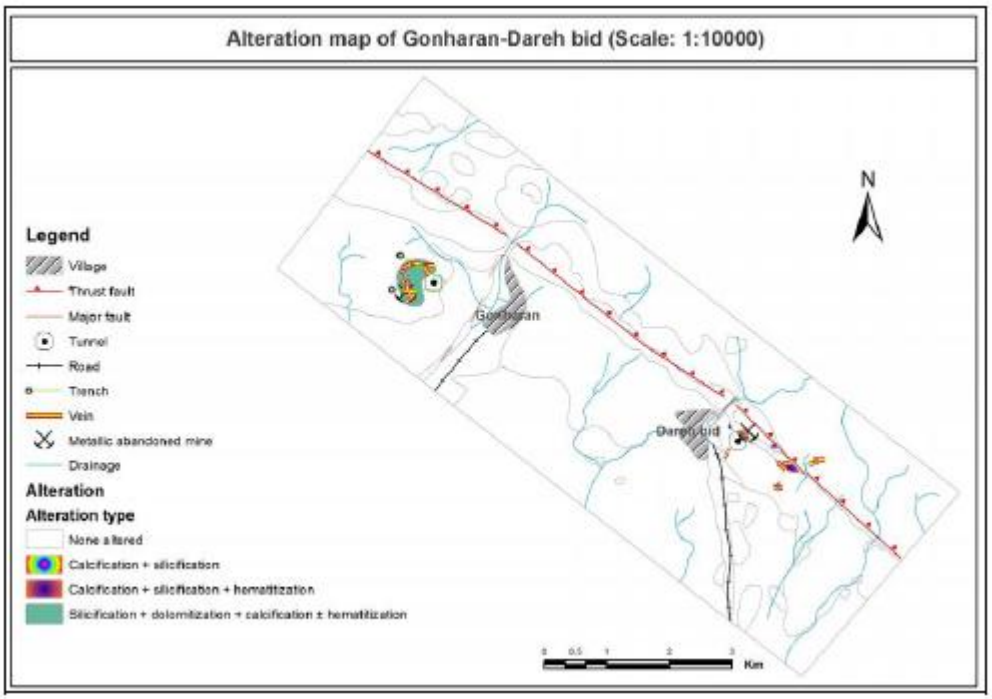
اثرات دگرسانی سنگ دیواره در کانسار گنهران، ساده و ظریف بوده و شامل دولومیتی شدن، ژاسپروئیدی شدن، هماتیتی شدن، تبلور مجدد، پیریتی شدن است (شکل ۴).



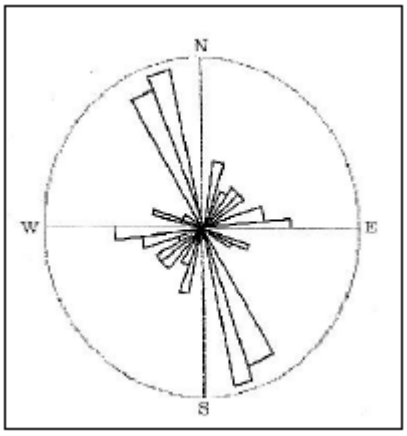
شکل 1. موقعیت محدوده مطالعاتی گنهران برروی نقشه زمین ساختاری ایران (اشتوکلین،1968 ).



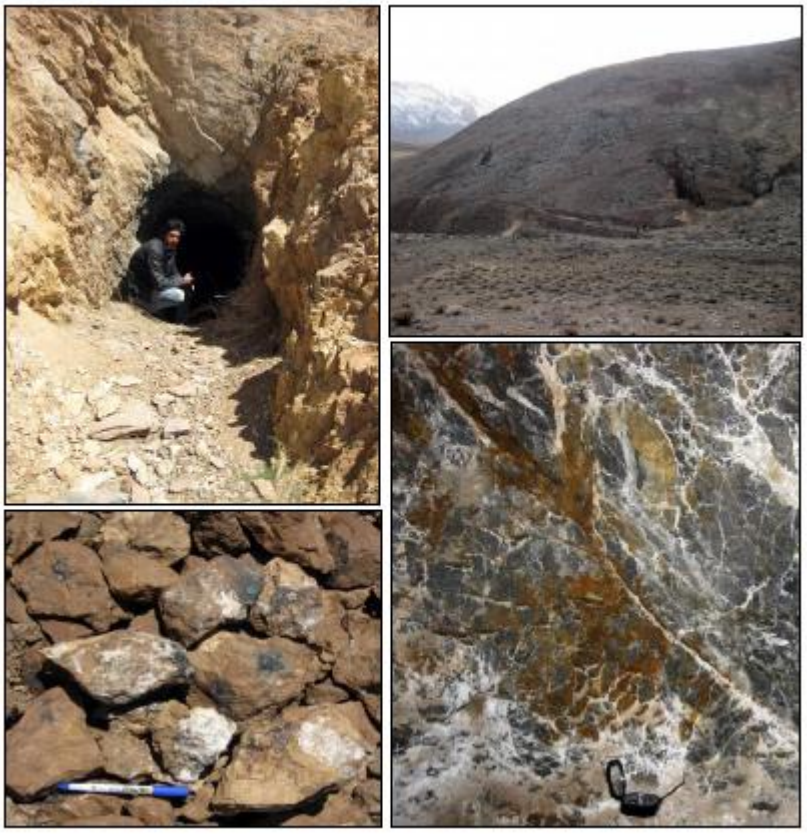

شکل 2. نقشه زمین شناسی منطقه گنهران، مقیاس 1:10000



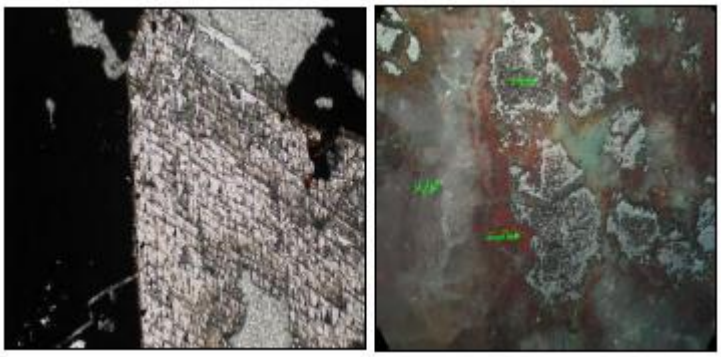

شکل 3. نقشه دگرسانی منطقه گنهران، مقیاس 1:10000




شکل4. دیاگرم گل سرخی برای گسل ها و شکستگی های موجود در منطقه گنهران. روند عمومی NW-SE است



شکل۵. الف. نمای ترانشه های روی زون و رگه های حاوی کانی سازی غرب روستای گنهران، ب. تونل حفر شده در زون کانی سازی شرق روستای دره بید ج. دپوی های حاوی کانه سازی گالن، مالاکیت ، پیریت و کالکوپیریت که همراه با باطله کلسیت و دولومیت دیده می شود. هماتیتی شدن در زون کانی سازی و سنگ در برگیرنده .



شکل۶. الف دگرسانی پیریت به هماتیت و سایر اکسیدهای آهن ب. تبلور مجدد کلسیت ، بزرگنمایی 20X.




شکل ۷الف. کلسیت به عنوان باطله اصلی همراه با گالن درتونل شرق روستای دره بید. ب. کوارتز به عنوان باطله دوم بعد از کلسیت در تونل روستای گنهران

## 6- کانی سازی

کانی شناسی کانسار سرب و روی گنهران با استفاده از مطالعات میکروسکوپی و تجزیه نمونه ها با روش XRDتعیین شده است .در نتایج حاصل از XRD ، کانی های فلزی کالکوپیریت، مالاکیت، اسفالریت، بورنیت و کولویت مشاهده نمی شوند که می تواند به علت درصد پایین این کانی های در کانسارگنهران باشد، لیکن در مطالعات میکروسکوپی این کانی ها با فراوانی بسیار اندک مشاهده شده اند.

پیریت($feS_2$) :

در کانسار گنهران، پیریت در درون رگه های وشکستگی های (حاوی کانه زایی یا بدون کانه زایی) در درون شیل و آهک های افق های بالایی معدن مشاهده می شود.

گالن (pbs) :

گالن اصلی ترین کانی کانسار در معدن گنهران است وبه صورت درشت بلور است (اندازه برخی از بلورها تا ۱سانتی متر می رسد). میزان نقره موجود در گالن بالا است و دربرخی از نمونه ها تا ۶۲۵ ppm هم می رسد.

کالکوپیریت (CufeS2) :

در کانسار گنهران، کالکوپیریت فقط در زون کانه دار مشاهده می شود. میزان فراوانی کالکوپیریت در گنهران پایین می باشد و این کانی در چند نمونه محدود مشاهده شد که اکثرا هم به کانی های ثانویه مس دار تبدیل شده است.

اسفالریت (Zns)

در کانسار گنهران، درصد فراوانی اسفالریت بسیار پایین است وفقط در چند نمونه محدود اسفالریت مشاهده می شود (شکل ۱۰. ب) و فراوانی روی (Zn) بسیار پایین است و کمتر از آن حداست که کانی مستقل به صورت فراوان تشکیل دهد. اسفالریت های موجود در گنهران، به علت تیره بودن، غنی از آهن به نظر میرسند.

سروزیت (PbCo3) :

این کانی در زون اکسیداسیون تشکیل می شود وحاصل اکسیداسیون گالن در یک محیط قلیایی است.

میمیت (Pb5(AsO4)3CI)

براساس مطالعات دیفراکتومتری اشعه X، کانی ثانویه میمتیت شناسایی شد، این کانی نیز در زون اکسیداسیون و از اکسید شدن گالن تشکیل می شود.

سیدریت (FeCO3) :

در کانسار گنهران، کانی های بورنیت و کوولیت حاصل تجزیه کالکوپیریت بوده (البته بورنیت به صورت کانی اولیه نیز تشکیل می شود) و در اغلب موارد بقایای کالکوپیریت به همراه آن ها دیده می شود(شکل ۱۰.د). گاها کالکوپیریت به پیریت +کوولیت تجزیه می شود معادله زیر این تجزیه را نشان می دهد:

$$FeS_2 + Cus \rightarrow CuFeS_2 + S$$

اکسیدهای آهن:

کانی های گوتیت، ژوراسیت، هماتیت و لیمونیت از تجزیه و آب دار شدن پیریت حاصل شده اند(شکل۱۰.و) وفرآیند اکسید شدن درامتداد گسل ها وشکستگی ها از گسترش زیادی برخوردار است.

کوارتز(Q):

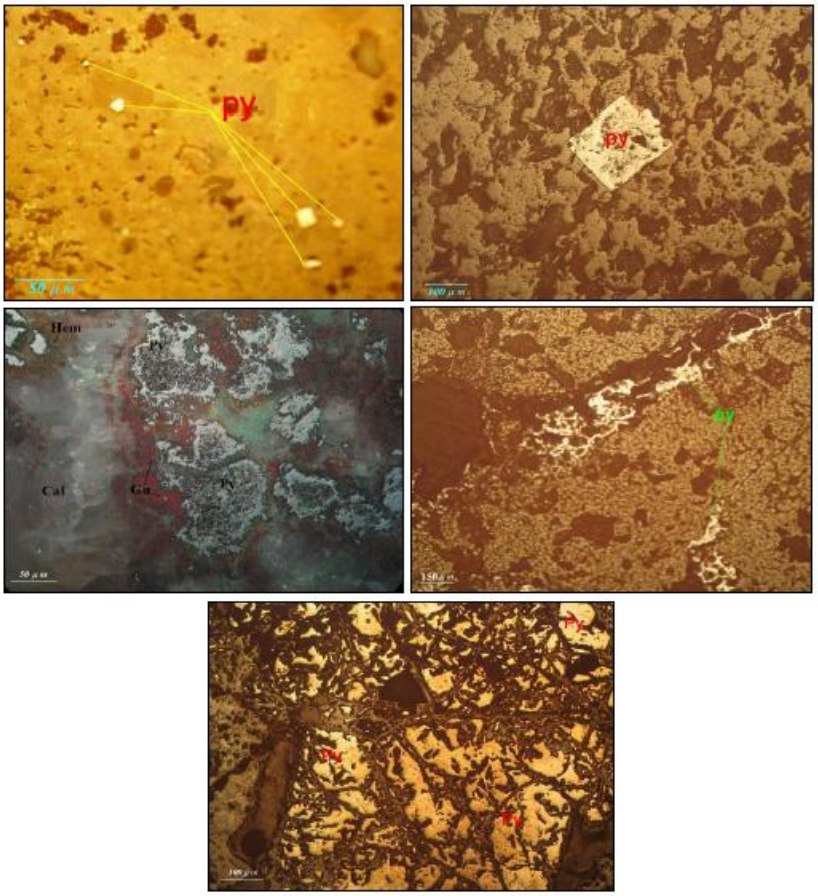
در کانسار دره بید، در تونل کلسیت و کوارتز باطله اصلی بوده وکوارتز به عنوان باطله اصلی رگه های سیلیسی شناخته می شود

کلسیت ($CaCO_3$):

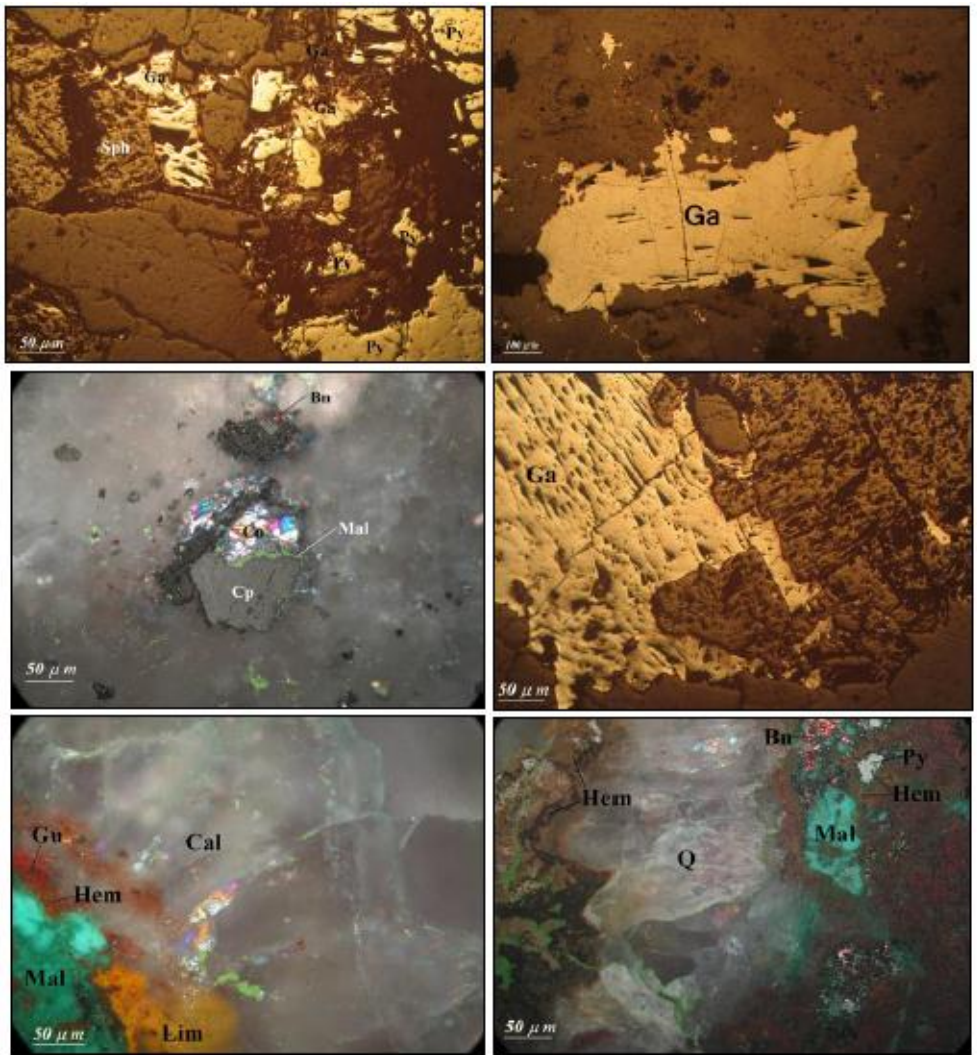
کلسیت همراه با کوارتز، در رگه ها ورگچه های درون آهک، شیل وماسه سنگ ها مشاهده می شود، که موید نهشت همزمان کلسیت و کوارتز ازسیال است.

مسکوویت :

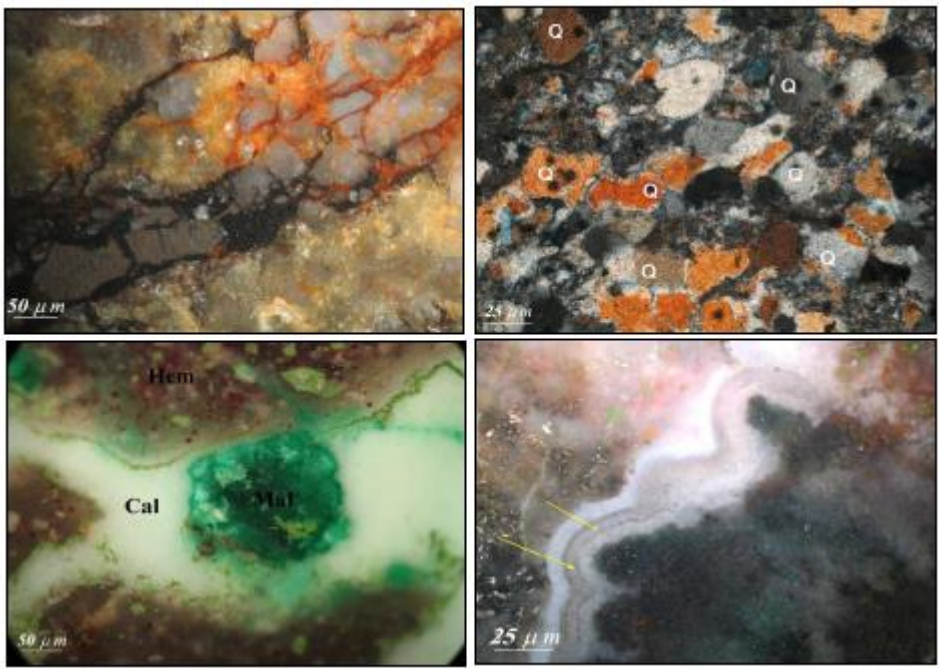
این کانی همراه با کوارتز در رگه ها وشکستگی های فاقد کانه زایی مشاهده می شود، در رگه های کانه دار کوارتز و کلسیت با هم هستند و دراین رگه ها مسکوویت دیده نشده است، بنابراین وجود مسکوویت در رگه معدنی نشان دهنده عدم کانه زایی است.




شکل ۹. الف پیریت (Py)سین ژنتیک در زمینه آهکی . ب. بلورهای ریز و افشان پیریت که به صورت اشکال شکل دار، نیمه شکلدار و بی شکل دیده می شوند. ج . رگه های پیریتی (py) درسنگ میزبان د. تجزیه پیریت (Py) به هماتیت (Hem) و گوتیت(Gu)، پیریت همراه با رگه کلسیتی (Cal) است. شکل ه. خرد شدن پیریت (py) دراثر فشارهای تکتونیکی، فاصله بین ذرات خرد شده پیریت توسط اکسیدهای آهن پر شده است.




شکل ۱۰. الف. بلور گالن سین ژنتیک(Ga). ب. بلورهای گالن(Ga). پیریت(Py) و اسفالریت(Sph) که در اثر فشارهای تکتونیکی خرد شده اند.ج. تغییر شکل پیچشی در بلور گالن(Ga) در اثر حوادث تکتونیکی. د. تجزیه کالکوپیریت(Cp) به کوولیت(Co)، بورنیت(Bn) و مالاکیت (Mal) ه. تجزیه کالکوپیریت(Cp) به بورنیت(Bn) مالاکیت(Mal) و پیریت(Py).و. تجزیه کانی های اولیه آهن دار به کانی های ثانویه لیمونیت(Lim) گوتیت(Gu) و هماتیت(Hem)




شکل ۱۱. الف .ذرات کوارتز(Q) تخریبی در مقطعی از سنگ میزبان .ب .کوارتز رگه ای با بافت برشی،در اطراف ذرات کوارتز آغشتگی بااکسیدهای آهن مشاهده می شود. ج. کوارتز با بافت کلوئیدی. د .کلسیت(Cal) رگه ای.

## کتابنگاری

- آقانباتی، ع،۱۳۸۵، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۵ صفحه.

- امامی پور،م ،۱۳۷۲، بررسی زمین شناسی و زمین ساخت معدن سرب و روی عمارت ، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، ۱۷۰ صفحه .

- جمالیان، م،۱۳۸۱، نقش سنگ میزبان کانسارهای سرب و روی ناحیه رباط خمین- اراک، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، ۱۴۰ صفحه.

- حسنی پاک، ۱۳۷۰، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی مواد معدنی، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی دانشگاه تهران، ۶۰۱ صفحه.

- شجاعت، ب،۱۳۷۲، بررسی ژئوشیمیایی به منظور ارائه مدل احتمالی کانی سازی سرب و روی در منطقه عمارت، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی ، ۱۲۰ صفحه.

- شهریار ، ۱۳۷۴، مطالعه زمین شناسی ژئوشیمی، آنالیز رخساره ای وژنز کانسار سرب و روی ویشان- تکیه ومقایسه آن با رخساره های کانه دار منقه معدنی عمارت- ( جنوب اراک پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۰ صفحه.

- صالحی،ل،۱۳۸۳، ژئوشیمی عناصر کمیاب، کانسار و روی ویشان- تکیه ( جنوب اراک)،پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، ۱۲۰صفحه.

- قاسمی و همکاران ،۱۳۸۵،نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ چادگان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- کریم زاده ،ع،۱۳۷۹ ، بررسی ارتباطات کانی شناسی- ژئوشیمیایی و ژنز احتمالی معدن سرب و روی عمارت (اراک)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم ،۲۵ صفحه.

- مر، ف، شرفی،۱۳۷۱، اصول ژئوشیمی، جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۳۶ صفحه.

- ونایی، م،۱۳۷۷ ،ویژگی های ساختی، بافتی و ژئوشیمیایی کانسار سرب و روی عمارت، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان،۱۶۸ صفحه.

## References

-Alavi, M.,2004,Regional stratigraphy of the zagros Fold-Thrust belt of Iran and proforclnnd evotution .Amrican Journal of Science,Vol.304,P.1-20

-Bailey,E.H.Barnes,W.G.,1969. Geology and ore deposit of lakan lead-Zinc distric ,Iran,Cento .pub.,18.p

-Brown,J.,S 1976,Genesis of Stratiform lead,Zinc ,Barite, Flurit Deposits . in carbonate rocks ,A symposium ,Eco. Geo. Monograph :3,520P.

-Edward ,R.and Atkinson ,k.,1986.ore deposit geology ,Chapman &Hall,466p.

-Euhenberg.H.,1961,Iron deposits of Shamsabad ,Demag Co,250 P.

-Evans ,A,M.,1980,"An introduction to ore geology "Blackwell scientific publication .231 P.

-Garlick, W.G.,1963 ,Hydrothermal versus syngenetic theories of are deposition:Diss Economic Geology ,V. 58,p.447-465.

-Graven, G., Freeze ,R,A ., 1984,Theoretical analysis of the role of groundwater flow in the genesis of stratabound ore depostits ,Amarican Journal of Sceince, V.284.P.1125-1174.

-Graven, G., Person ,S., Sverjensky ,D.A.,1993,Genesis of strarabound ore deposits in the Midcontibent of North America, Amar Journal of Sceince, V.293,P.497-568.

-Guillbert ,J., Park C.H.,1986,The geology of ore deposits:W.H.freeman and .985.P

-Huston,L.D., Stevens, B.,Southgate , N.P.,Muhling ,P., Wybron, L.,2006,Australian Zn-Pb-Ag ore formation system :A review and analysis ,Economic Geology ,V.101,P.1117-1157.

-Hutkinson,C.S.,1983,Economic deposits and relation to tectonic setting ,Mcmillan Press.London,365p.

- Khadem ,N.,1964,Summary of base metal resources of Iran, Cento symposium , on mining of base metals Ankara, Turkey ,P.71-88.

-Levinson ,A.A., 1980,Introduction to exploration geochemistry ,applied ,924P.

-Maynard ,J.B.,1983,Geochemistry of sedimentary ore deposits , Springer 305.

-Momenzadeh ,M.,1976.Stratabound lead –Zinc ores in lower Cretaceus – and Jusassic sediment sediment in the Malayer -Esfahan district, Diss Unir ,Haidelberg,300P.

-Nelson,L. J., paradis,5.,Zantvoort ,w.,1999, The ROBB Lake carbonate – Hosted lead –Zinc deposit ,Northeastern British Columbia Acoradilleran MVT deposit.

-Orgun,Y., Guktekin, A.H., onal, A., 2004,Geology ,Mineralogy and Fluid - inclusion date From the Arapucan Pb-Zn-Cu-Ag deposit,Canakkale,Tukey ,Jurnal of Asian Sciences ,P.629-642.

-Paradis ,S., Hammigan P., Dewing ,K., 2007,Mississippi Valley Type Lead –Zinc depostis,Mineral deposits of Canada, Spewcial , Publication No.5,P.185-203.

-Pouba, Z.,Stempok, M.,1970,Problems of Hydrothermal ore Deposition (The origin Evolution Control of ore Bearing Fluids),T.U.G.S.,Series :A,Number .2,393 p.

-Rastad ,E., 1978 Geological ,Mineralogical and ore facies investigations on the lower Cretaceous stratabound -Zn-pb(Be-Cu) deposits on the Irankuh Montain Range ,Esfahan,West Central Iran,.Diss.Univ., Haidelberg.334.p.

-Rhodes ,W., Fairbridge ,1972,The Enclopedia of geochimstry and environment science, Dowden Hutchison & Rose Inc.,1321P.

-Sangester ,D. F.,1990,Missippi Valley type and Sedex lead-Zinc . Earth. Sci., No .99,P.21-42.

-Shiderhon,H., 1964,Lehrbuch der erzlager estattenkunde ,Jena: Gustay

-Schmidt ,S.Th., Amstutz ,G.C., 1983,Minralogical Investigations of Strata Ttiassic of the Central Alps (Switzerland),Mineral Depoists of Apls ,No.3.P.117-127.

-Stanton, R.L., 1972,ore petrology .MC Graw Hill ,713p.

-Stocklin,J., 1968,Structural history and Tectonic of Iran,A review ,Am ,p1229-1258.

-Ziserman .A.&.Momen zadeh.M.,1972,study of Arak-Esfahan lead-zinc 18p.

# بررسی ژئوشیمی عناصر نادر خاکی در کانسار مس آغبلاغ – شمال اشنویه– استان آذربایجان‌غربی

کمال دانا*[۱]: دانشجوی دکترا، گروه علوم زمین و ژئوفیزیک، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (kamaldana2003@yahoo.com)
نیما نظافتی[۲]: استادیار، گروه علوم زمین و ژئوفیزیک، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (nima.nezafati@gmail.com)
منصور وثوقی عابدینی[۳]: دانشیار، گروه علوم زمین و ژئوفیزیک، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران(m-abedini@srbiau.ac.ir)

**چکیده :**

کانسار آغبلاغ در جنوب باختری استان آذربایجان‌غربی و در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال شهرستان اشنویه قرار دارد و در واقع یک کانسار اسکارنی که در اثر نفوذ توده گرانیتی در نهشته‌های کامبرین (نهشته‌های کربناته و آواری) تشکیل شده است. نفوذ توده سبب دو مرحله کانی‌سازی شامل، مرحله اول کانی‌سازی اسکارنی: که شامل دو بخش اسکارن پیشرونده و دو بخش اسکارن پسرونده و مرحله دوم: کانی‌سازی رگه‌ای که در فاصله‌ای دورتر و همراه با رگه‌های سیلیسی ایجاد شده است. در این تحقیق شمار ۱۰۰ نمونه برداشت که از این میان، ۴۰ مقطع نازک، نازک‌صیقلی، ۲۱ نمونه خرده‌سنگی از پهنه کانی‌سازی با روش ICP-MS، ۱۸ نمونه از بخش‌های سنگی به روش XRD، ۳ نمونه گرانیتی با روش XRF در آزمایشگاه زرآزما بررسی و داده‌های تجزیه‌ای با نرم‌افزارهای GCDkit، IgPet 2007 پردازش شد. هدف از تحقیق حاضر بررسی شرایط ژئوشیمایی کانسار با تکیه بر تغییرات عناصر نادرخاکی می‌باشد. الگوی REE نرمالیزه شده به کندریت غنی‌شدگی بیشتر LREEs نسبت به HREEs در لیتولوژی‌های مختلف نشان می‌دهد. نسبت La/Y به خوبی شرایط pH محیط تشکیل کانسار را نشان داده که توده گرانیتی دارای بیشترین و زون اسکارنی دارای دوگونه شرایط است. گونه اول: La/Y>1 در نمونه‌های نزدیک به توده و کانسنگ اسکارنی نشان دهنده شرایط اسیدی وگونه دوم: La/Y<1 که به لیتولوژی مرمر نزدیک و نشان‌دهنده شرایط قلیایی می‌باشد. در خصوص کانسار رگه‌ای نیز نمونه دارای کانی‌سازی در شرایط قلیایی بوده و سایر نمونه‌ها شرایط اسیدی را نشان می‌دهند. برای ارزیابی ضریب جدایش بین REEs، نسبت‌های مختلفی از جمله (La/Yb)n، (La/Sm)n و (Gd/Yb)n استفاده می‌شوند. بیشترین جدایش بین LREEs و HREEs و کمترین جدایش بین MREEs و HREEs در طول فرآیند اسکارنی‌شدن صورت گرفته است.

**کلید واژه ها:** آغبلاغ، اسکارن، نسبت (La/Yb)n، نسبت (La/Sm)n، نسبت La/Y

# Evaluating geochemistry of Rare Earth Elements in Copper Deposit of Agh Bolagh- North of Oshnavieh - West Azarbaijan Province

**Kamal Dana[1*], Nima Nezafati[2], Mansour Vosouqi Abedini[3]**

**1. Ph.D. Student, Department of Earth Sciences and Geophysics, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Tehran, Iran**

**2. Assistant Professor, Department of Earth Sciences and Geophysics, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Tehran, Iran**

**3. Associate Professor, Department of Earth Sciences and Geophysics, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Tehran, Iran, Tehran, Iran**

Corresponding author, e-mail: kamaldana2003@yahoo.com.

## Abstract:

Agbolagh deposit is located in the southwest of West Azerbaijan Province, 10 km north of Oshnavieh city, and is actually a skarn deposit formed by the penetration of the granite mass in the Cambrian strata (carbonate deposits and clastic deposits). Intrusive penetration caused two periods of mineralization including the first period of mineralization of skarn: Which includes two stage of progressive skarn and two stages of the retrograde skarn and the second period: The mineralization of the vein that is located far away and with solicits veins. In this study, 100 samples were taken, of which 40 thin, thin sections, 21 samples from the mineralization zone by method ICP-MS, 18 samples from stone sections by XRD method, Three granite samples were analyzed by XRF method in Zarazma Lab and the analytical data was processed with GCDkit, IgPet 2007 software. The purpose of this study is to investigate the geochemical conditions of the deposit based on the changes of rare elements. The REE pattern normalized to Chondrite shows the fact that, LREEs have more enrichment compared to HREEs in different lithology. The La/Y ratio shows the pH condition of the environment for formation of deposit. This ratio shows two different conditions. The first condition: the part in which LA/Y>1, and this can be observed in samples near the intrusion and Skarn ore is also found in this range. The second condition: the part that La/Y<1, which is near to marble lithology. Also, about vein deposit, the sample is ore making in alkaline conditions, and other samples show acidic conditions. To evaluate the segregation coefficient between REEs, different ratios of REEs including (La/Yb) n ', (La/Sm) n, and (Gd/Yb) n are used. The values of these ratios range from (0.42 to 50.56) for (La/Yb) n; and from (0.25 to 80.125) for (La/Sm) n'; (from 0.006 to 48.8) for (Gd/Yb) n. The highest segregation was between LREEs and HREEs (more than 125) and the least segregation was between MREEs and HREEs during the Skarn process.

**Keywords:** Agh Bolagh, Skarn, (La/Yb)n ratio, (La/Sm)n ratio, La/Y ratio

## مقدمه :

یکی از مفیدترین راه‌ها برای تفسیر پتروژنتیک توده‌های نفوذی، بهره‌گیری از داده‌های ژئوشیمیایی و بررسی تغییرات و نسبت‌های عناصر اصلی و کمیاب در این توده‌ها است (Tabatabaiemanesh et al., 2011). تحرک عناصر در محلول آبگین بعد از شکسته شدن کانی‌های اولیه در طی دگرسانی و تشکیل محصولات کانیایی ثانویه می‌باشد. تثبیت عناصر نادر خاکی در زون‌های دگرسان شده به تشکیل و پایداری کانی‌های ثانویه که می‌توانند میزبان این عناصر باشند بستگی دارد (Terakado and Fujitani, 1998). اثبات تجربی منشأ محلول‌های هیدروترمال مسئول تشکیل کانسارهای اسکارن یکی از مهم‌ترین مراحل مطالعات این تیپ کانسارها می‌باشد. تغلیظ عناصر نادر خاکی (RREs) La تا Lu در محلول‌های هیدروترمال امکان دادن اطلاعات مفیدی راجع به منشأ عناصر تشکیل دهنده کانسار حاوی عناصر پایه را فراهم می‌سازد (Kato, 1999).

کانسار مس آغبلاغ در جنوب باختری استان آذربایجان غربی و در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال شهرستان اشنویه و در محدوده ′۰۱، °۴۵ تا ′۰۹، °۴۵ طول خاوری و ′۰۹، °۳۷ تا ′۱۳،°۳۷ عرض شمالی در کنتاکت توده گرانیتی اشنویه با سنگ‌های کربناته کامبرین و در زون سنندج-سیرجان به وجود آمده است. همچنین نفوذ توده و محلول کانه‌ساز در فواصل دورتر از کنتاک و درون توالی‌های ماسه‌سنگی موجب تشکیل سنگ‌های کوارتزیتی و رگه‌های کانه‌دار مس شده است. (شکل ۱).

مجموعه نفوذی اشنویه از ۳ خانواده نفوذی دیوریت، گرانیت و آلکالی سینیت-آلکالی گرانیت (آس-آگ) در بخش شمال باختری پهنه سنندج-سیرجان پدید آمده است. خانواده گرانیتی (یکی از سه توده نفوذی اشنویه) با ویژگی‌های آشکار گرانیت‌های نوع S حاصل ذوب بخشی سنگ‌های پلیتی-گری‌واکی هستند. این منطقه در گذشته توسط پژوهشگرانی از جمله نقی‌زاده و همکاران (۲۰۰۴) در راستای تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ اشنویه، قلمقاش و همکاران (۱۳۹۲) از دیدگان تعیین سن ایزوتوپی به روش پتاسیم-آرگون بررسی شده است. با توجه به محیط تشکیل دیوریت‌های منطقه و همزمانی تشکیل آن‌ها با سنگ‌های گرانیتی در ۱۰۰ میلیون سال پیش، به نظر می‌رسد مجموعه نفوذی اشنویه حاصل فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران مرکزی است. سن سنجی به روش K-Ar بر بیوتیت‌های گرانیتی زمان‌های 1.9+100 و1.5+98.9 میلیون سال (اواخر کرتاسه آغازی) را نشان داده است (قلمقاش و همکارن، ۱۳۹۲).

## روش تحقیق:

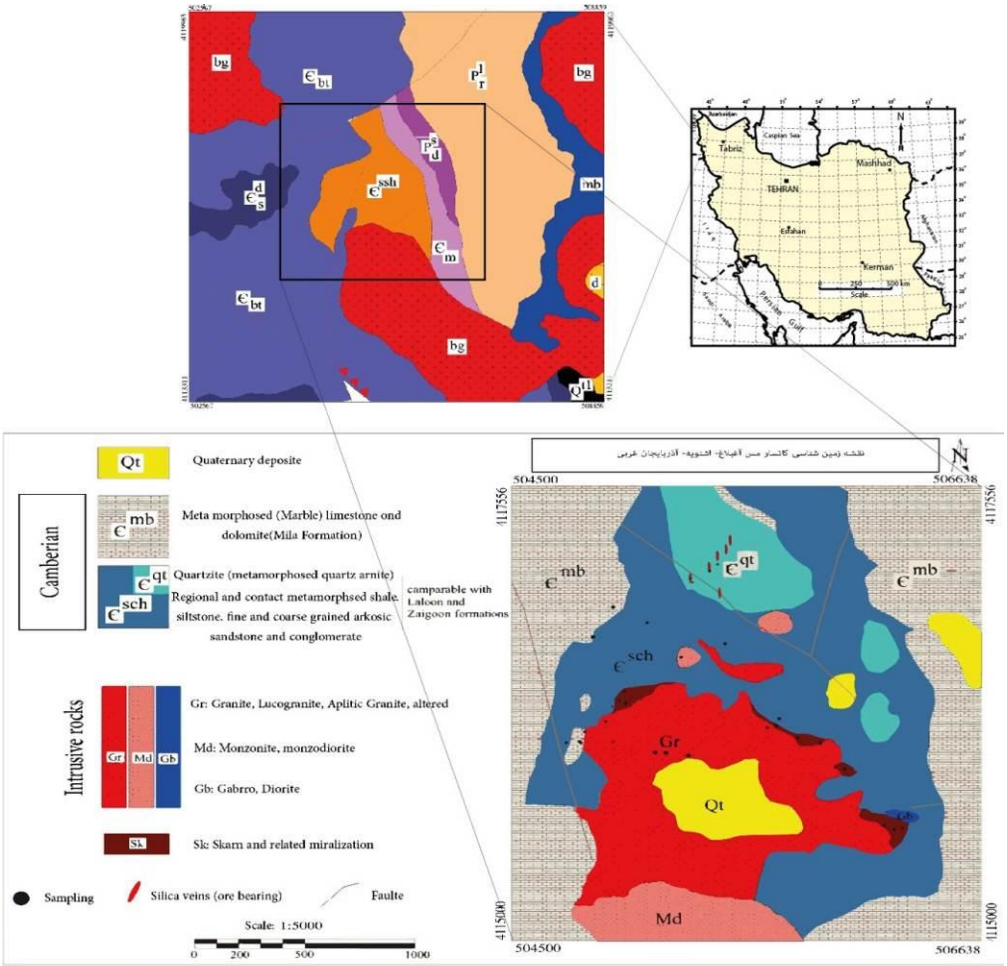
در راستای تهیه نقشه زمین‌شناسی- کانی‌سازی منطقه اکتشافی آغبلاغ و بررسی‌های سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی ماده معدنی، نخست برداشت‌های صحرایی و نمونه‌برداری از واحدهای سنگی و پهنه کانی‌سازی انجام شد. شمار ۱۰۰ نمونه از سطح منطقه برداشت شد و از میان آن‌ها، ۴۰ مقطع نازک، نازک صیقلی ساخته و بررسی شدند. برای بررسی شیمی کانسنگ، شماره ۲۱ نمونه خرده سنگی از پهنه کانی‌سازی برداشت و فراوانی عناصر فلزی (مس، جیوه، سرب، روی و ...) با روش ICP-MS در آزمایشگاه زرآزما بررسی شد. همچنین تعداد ۱۸ نمونه از بخش‌های سنگی محدوده جهت تعیین کانی‌های اصلی به روش XRD مورد بررسی قرار گرفت. پس از بررسی‌های دقیق سنگ‌نگاری، تعداد ۳ نمونه از توده آذرین درونی مولد کانی‌سازی که دارای کمترین دگرسانی بودند، برای بررسی‌های سنگ‌شناسی برگزیده شدند. پس از خردایش و آماده‌سازی نمونه‌ها، فراوانی اکسیدهای اصلی آن‌ها (با روش XRF) و نیز مقدار L.O.I آن‌ها در شرکت زرآزما، اندازه‌گیری شد. داده‌های تجزیه‌ای به دست آمده با نرم‌افزارهای GCDkit، Magma، IgPet 2007 پرداز شده و از نمودارهای سنگ‌شناسی برای تعبیر و تفسیرها بهره گرفته شده است.

### زمین شناسی:

در واقع کانسار مس آغبلاغ از نظر موقعیت ساختاری در بخش انتهای شمال غربی زون سنندج -سیرجان قرار دارد. با توجه به نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اشنویه (Naghizadeh, 2004) که بخشی از آن جداسازی شده و کانسار مس آغبلاغ در آن واقع شده است، شامل واحدهای زمین‌شناسی کامبرین (سازند باروت: تناوب سنگ آهک و دولومیت متبلور با شیل به رنگ

خاکستری؛ سازند سلطانیه: دولومیت، سنگ آهک دولومیتی به رنگ کرمی حاوی چرت؛ مرمر؛ سازند میلا: سنگ آهک و دولومیت به طور محلی همراه با شیل خاکستری تیره؛ هم ارز سازند زاگون-لالون: شیل-سیلتستون و ماسه سنگ به رنگ سبز همراه با ماسه‌سنگ آرکوزی قرمز تا خاکستری) واحد پرمین شامل (سازند روته: سنگ آهک با میان لایه‌های از دولومیت، شیل و ماسه‌سنگ کوارتزیتی؛ سازند دورد: ماسه‌سنگ کوارتزیتی قرمز با میان لایه‌های شیل و سنگ آهک)، توده‌های نفوذی گرانیتی، دیوریت گابرو-مونزودیوریت دانه درشت می‌باشد. (تصویر شماره ۱).

بارزترین واحدهای زمین‌شناسی به ترتیب از قدیم به جدید شامل واحدهای کامبرین شامل (ماسه‌سنگ کوارتزی، سنگ-های کربناته دگرگون شده (دولومیت و سنگ آهک دگرگون شده)، شیل و سیلتستون دگرگون شده)، واحدهای پرمین (سنگ‌های کوارتزیتی و ماسه سنگی و دولومیتی)، تشکیلات کواترنری می‌باشد. مهمترین ویژگی‌های زمین‌شناسی اقتصادی این منطقه، حضور کانی‌سازی‌هایی از Cu در محل کنتاکت گرانیتوئید با سنگ‌های مرمر و به سمت بیرون کانی‌سازی مس درون ماسه سنگ‌ها و رگه‌های کوارتزیتی می‌باشد. (تصویر شماره ۱).



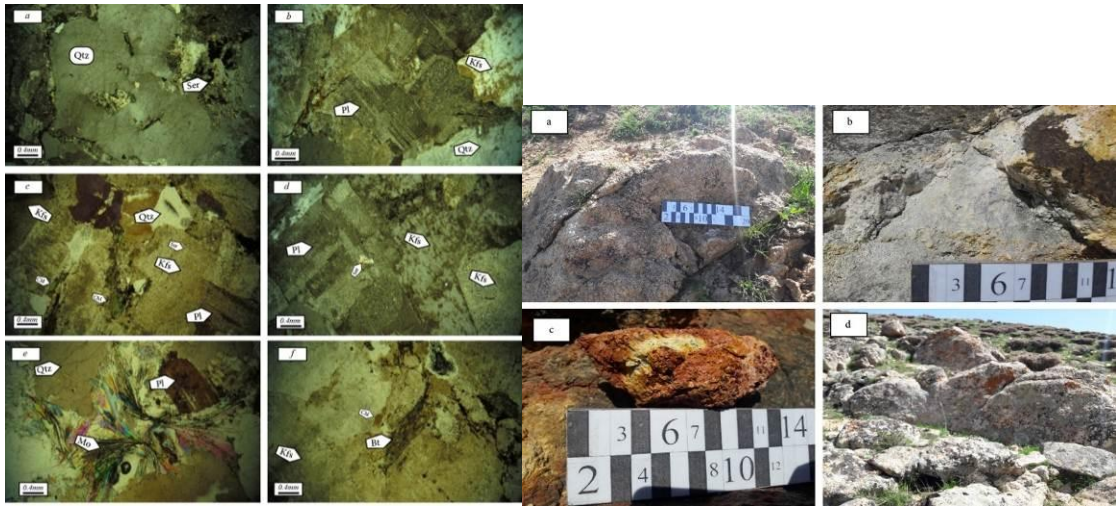

**تصویر شماره ۱: موقعیت و نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه (کانسار مس آغبلاغ- اشنویه)**

**توده گرانیتی آغبلاغ:**

در بررسی‌های صحرایی، توده گرانیتی در بخش مرکزی محدوده قرار دارد. این گرانیت‌ها متوسط تا درشت بلور ظاهری روشن و سفید دارد (شکل ۲ a و d). این توده به صورت لوکوکرات حاوی کانی‌های اصلی کوارتز، فلدسپار، پلاژیوکلاز و کانی‌های فرعی بیوتیت، مسکویت، سرسیت و کانی‌های تیره عمدتاً پیریت می‌باشد (شکل ۳). این گرانیت‌ها از لحاظ حضور درصد کانی‌های تیره فقیر هستند که ویژگی شاخصی برای این گرانیتوییدها محسوب شده، باعث کاهش ضریب رنگی آن‌ها شده است. براساس پایین بودن درصد کانی‌های مافیک موجود در این سنگ‌ها می‌توان آن‌ها را لوکوگرانیت نامید (معین‌وزیری و احمدی، ۱۳۸۰).

توده نفوذی گرانیتی در سطح دچار هوازدگی شده و دگرسان شده‌اند. رنگ توده عمدتاً سفید با کانی‌های ریز تا متوسط و در برخی نقاط درشت بلور می‌باشد. کانی ارتوز به صورت درشت بلور در بخش‌های مرکزی قابل مشاهده بوده و به سمت کنتاکت از اندازه کانی‌ها کاسته می‌شود و بافت اپلیتی به خود می‌گیرد. کانی‌های تیره این توده عمدتاً پیریت می‌باشد (شکل ۲ b) و در بخش‌هایی که دگرسانی بیشتری روی توده صورت گرفته، توده را به رنگ قرمز تا قهوه‌ای رنگ در آورده است (شکل ۲ c). این واحد عامل اصلی تشکیل اسکارن و محلول‌های حاصله از آن موجب تشکیل رگه‌های کانه-دار شده‌اند.

در بررسی‌های میکروسکوپی بافت سنگ گرانولار است. دارای ۵۰ تا ۵۵ درصد حجمی کوارتز با فرم بی‌شکل، دارای خاموشی موجی و اکثراً دارای ادخال‌هایی از کانی‌های ثانویه همچون سرسیت می‌باشد. بعد از کوارتز بیشتر فراوانی کانی‌ها از نظر درصد حجمی مربوط به آلکالی فلدسپار (۳۰ تا ۳۵ درصد حجمی) می‌باشد. این کانی‌های به صورت جزئی درگرسان و به کانی‌های ثانویه همچون سرسیت تبدیل شده‌اند. پاژیوکلاز با بافت پلی‌سنتتیک حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد حجمی توده نفوذی آغبلاغ را در بر داشته و ۱ تا ۲ درصد کانی های ثانویه و جزئی شامل مسکوویت، بیوتیت و سرسیت و حدود ۱ درصد کانی‌های تیره که غالباً کانی پیریت می‌باشد در این توده قابل مشاهده می‌باشد.



**شکل ۲: a: نمایی از توده گرانیتی به رنگ روشن، b: نمایی از توده گرانیتی دارای کانی پیریت، c) نمایی از دگرسانی کانی‌های آهن دار و تغییر رنگ آن، d: نمایی از رخنمون گرانیتی کانسار مس آغبلاغ**

**شکل ۳: تصاویر میکروسکوپی سنگ‌های آذرین منطقه:**

**a) کانی کوارتز بی‌شکل و دربرداری‌هایی از سرسیت، b): ماکل پلی‌سنتتیک در پلاژیوکلاز که کمی دگرسانی نشان می‌دهد، c): کانی‌های تشکیل دهنده توده گرانیتی، کلریت، فلدسپار پتاسیم دگرسان شده به سرسیت، کوارتز و پلاژیوکلاز، d): پلاژیوکلاز و فلدسپار پتاسیم دگرسان شده، e): مسکویت دارای بیرفرنژانس به همراه پلاژیوکلاز و کوارتز، f) بیوتیت و کلریت (کلریتی شدن بیوتیت‌ها)**

**Qtz=quartz, Pl=plagioclase, Kfs= K feldspar, Bt= biotite, Chl= chlorite, Ser= seresite, Mo= moskovite**

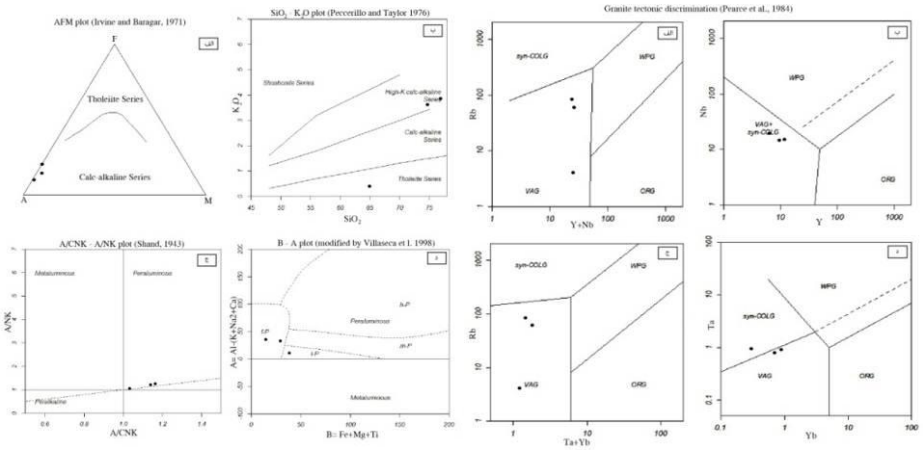
جهت نامگذاری، تعیین تیپ و سری ماگمایی و موقعیت تکتونیکی توده نفوذی آغبلاغ پرداخته شده است. در این خصوص تعداد دو نمونه از بخش‌های مختلف و یک نمونه از مرز کنتاکت برداشته و جهت آنالیز ده اکسید به شرکت زرآزما فرستاده شد (جدول ۱).

**جدول ۱: نتایج آنالیز ده اکسید توده نفوذی کانسار مس آغبلاغ -اشنویه**

| Sample | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | $Na_2O$ | $K_2O$ | MgO | $TiO_2$ | MnO | $P_2O_5$ | L.O.I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aq-GT-SH2 | 74.74 | 13.81 | 1.6 | 0.42 | 4.52 | 3.62 | 0.3 | 0.13 | < | < | 0.64 |
| Ag-SG-2 | 64.89 | 17.74 | 2.97 | 0.16 | 10.01 | 0.4 | < | 0.09 | < | < | 2.03 |
| Aq-SG-6 | 76.79 | 12.99 | 0.94 | 0.5 | 3.7 | 3.85 | 0.08 | 0.08 | < | < | 0.77 |

بر پایه نمودار (Cox et al., 1979) که در سال ۱۹۸۹ توسط Wilson برای سنگ‌های پلوتونیک تعمیم داده شد توده نفوذی مورد بررسی ترکیبی گرانیتی تا آلکالی گرانیت دارند. و بر اساس نمودارSiO2 در برابرK2O می‌باشد که توسط (Peccerillo and Taylor, 1976) تهیه شده، نمونه‌ها در در محدوده سری کالک-آلکالن با پتاسیم زیاد قرار می‌گیرند (شکل ۴ ب). توده گرانیتی موجود در رده پرآلومین قرار دارد (شکل ۴ د) در رده گرانیت‌های S Type طبقه‌بندی کرد.

توده نفوذی از نوع گرانیتوئیدهای کمان آتشفشانی (VAG) و درون قاره‌ای می‌باشد که همزمان با برخورد قاره‌ای (Syn-collosional) شکل گرفته است. براساس دیاگرامهای (Schandl and Gorton, 2002)، گرانیتوئید مورد مطالعه مربوط به حاشیه فعال قاره‌ها بوده، که این مسئله با ماهیت زون سنندج-سیرجان همخوانی دارد (شکل ۵).




**شکل ۴: دیاگرام‌های استفاده شده جهت تعیین سری ماگمایی توده گرانیتوئیدی آغبلاغ**

**الف) موقعیت نمونه‌های توده نفوذی در دیاگرام AFM (A=(Na2O+K2O), F=FeOt, M=Mgo، (Irvine and Baragar, 1971)**

**ب) موقعیت نمونه‌ها در دیاگرام SiO2 در برابر K2O (Peccerillo and Taylor, 1976)**

**ج) موقعیت نمونه‌ها در دیاگرام تعیین میزان آلومینیوم A/CNK-A/NK (Shand, 1943)**

**د) موقعیت نمونه‌ها در دیاگرام B-A Plot (A=Al-(K+Na+2Ca), B=Fe+Mg+Ti (Villaseca et al, 1998).**

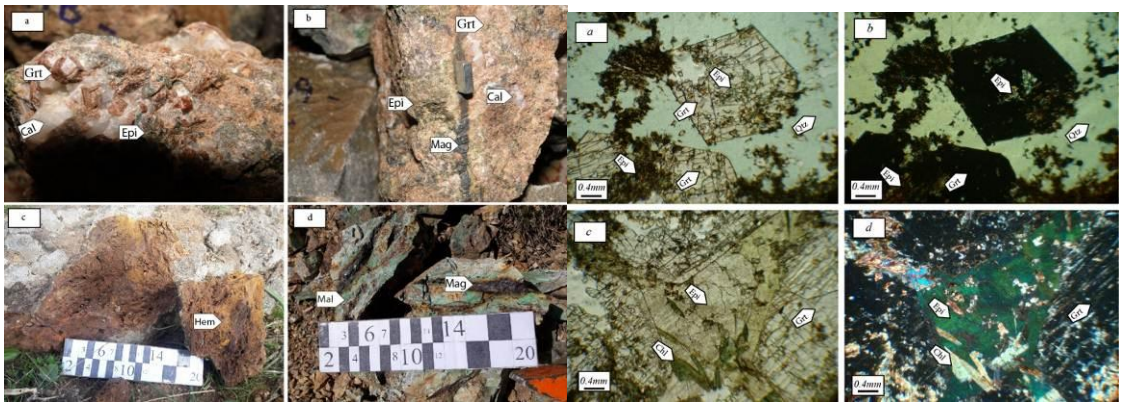
**شکل ۵: موقعیت نمونه‌ها مربوط به توده گرانیتوئیدی آغبلاغ در دیاگرام‌های (الف) Rb در برابر Y+Nb، (ب) Nb در برابر Y، (ج) Rb در برابر Ta+Yb، (د) Ta در برابر Yb، جهت تعیین موقعیت تکتونیکی آن اقتباس از (Pearce et al., 1984). WPG: گرانیت‌های درون صفحه‌ای، ORG: گرانیت‌های زون گسترش، COLG-Syn: گرانیت‌های همزمان با تصادم قاره‌ای، VAG: گرانیت‌های کمربند آتشفشانی زون فرورانش**

**واحد اسکارن:**

واحد اسکارنی در بخش شمالی توده نفوذی و در امتدادی از غرب تا شرق به صورت ناپیوسته گسترش دارد. این واحد به صورت کامل پوشیده می‌باشد و تنها با رخنمون‌های گارنتیت (شکل ۶ a) و هورنفلس و گوسن قابل شناسایی می‌باشد. کانی‌زایی تنها در بخش کوچکی از غربی محدوده قابل روئیت می‌باشد، ولی با توجه به اینکه در اکثر قریب به اتفاق کانسارهای اسکارنی مشخص است، کانی‌سازی معمولاً بعد از زون گارنت اسکارن (بخش انتهایی زون گارنت اسکارن) رخ می‌دهد. وجود گوسن (کلاهک آهنی) در این قسمت حاکی از وجود کانه‌های سولفیدی در زیر را دارد (شکل ۶ C). کانی‌های قابل تشخص در نمونه دستی در این بخش، کوارتز، گارنت، اپیدوت، کردیریت، کلسیت و کانه‌ها شامل کالکوپیریت، بورنیت، مالاکیت، آزوریت و مگنتیت می‌باشند (شکل ۶).

با توجه به شواهد صحرایی زون اسکارنی دارای ضخامت ۲ تا ۲۰ متر در مرز توده نفوذی و سنگ‌های کربناته می‌باشد. پهنه کانی‌سازی اصلی در راستای شرقی- غربی و شیب متغیر ۶۰ تا ۸۰ درجه به سوی شمال دارد. یافته‌ها نشان می‌دهد خاستگاه کانی‌سازی توده آغبلاغ بوده و محلول کانه‌دار از راه پهنه گسلی و مرزهای سنگ‌شناسی در بخش نزدیک به توده کانسار اسکارنی و در بخش‌های دورتر کانسار رگه‌ای را همراه با محلول‌های سیلیسی شکل داده است. کانی گارنت به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و بی‌شکل در زون اسکارنی در اثر درگرسانی پیشرونده تشکیل شده و دگرسانی قهقرایی موجب

دگرسانی آن که اپیدوت شده است. سدوموف اپیدوت بعد از گارنت در بررسی های میکروسکوپی قابل مشاهده است (شکل ۷a,b,c,d)




**شکل ۶: تصاویر ماکروسکوپی زون اگزواسکارن کانسار مس آغبلاغ:**

**(a): نمایی از نمونه دستی گارنت، اپیدوت و کلسیت زون اگزواسکارن، (b): نمایی از نمونه دستی گارنت به رنگ قهوه‌ای روشن، اپیدوت، کلسیت و رگچه مگنتیتی، (c): نمایی از کلاهک آهنی (گوسن) که نشان دهنده زون سوپرژن است، (d) نمایی از کانی-سازی در زون اگزواسکارن همراه با کانی‌های مگنتیت، مالاکیت، آزوریت و کالکوپیریت**

**Grt= garnet, Mag= magnetite, Epi=epidote, Mal= malakite, Hem=hematite, Cal=calcite**

**شکل ۷: تصاویر میکروسکوپی زون اگزواسکارن منطقه آغبلاغ:**

**a) کانی گارنت در نور معمولی و دگرسانی آن به اپیدوت، b) کانی گارنت، اپیدوت و کوارتز در نور متقاطع، c) کانی اپیدوت سدومورف گارنت، کلریت در نور معمولی، d) سدمورف اپیدوت بعد از گارنت.**

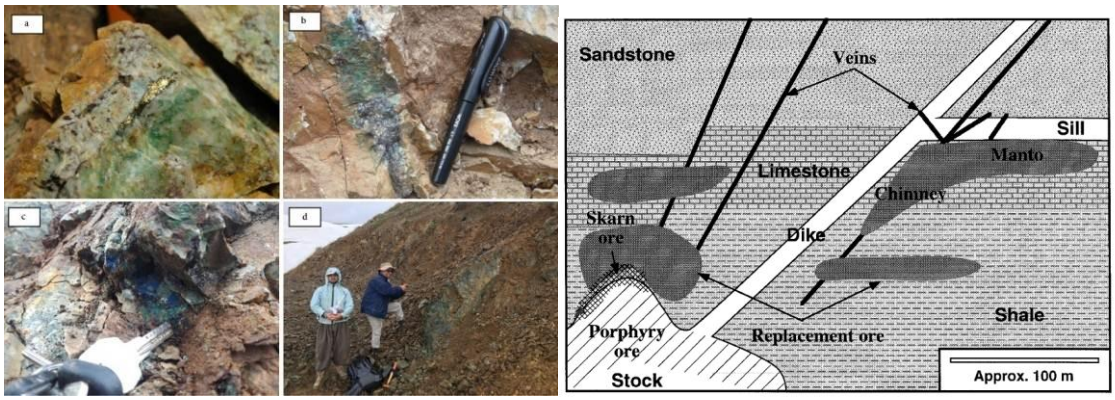
**Qtz=quartz, Grt=garnet, Epi= epidote, Chl=chlorite**

**کانسار رگه‌ای:**

این کانسارها دارای ذخیر کم (۱۰۰۰۰ تن) تا بسیار بزرگ (بیشتر از ۳۰-۴۰ میلیون تن) می‌باشند. همچنین این کانسارها به طور اخص دارای میزبان سنگ رسوبی (دولومیت، سنگ آهک، ماسه سنگ و شیل) هستند که به وسیله نفوذ استوک، دایک و سیل آذرین با ترکیب متوسط تا فلسیک تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. تغییرات ایجاد شده سنگ‌های میزبان کربناتی معمولاً از نوع تبلور دوباره، دولومیتی شدن، سفید و شسته شدن (روند تولید سیمان آهکی در سنگ‌های رسوبی حذف می‌شود). آلتراسیون سنگ‌های کربناتی شامل ژاسپیروئیدهای غنی در سیلیس در برخی نقاط معمول می‌باشد. در برخی مناطق، کانی‌های کربناته توسط کانی‌های کالک-سیلیکاته اسکارنی نظیر (اپیدوت، آمفیبول، گارنت، پیروکسن، و کانی-های اکسیدی آهن) نزدیک به کنتاکت توده جایگزین می‌شوند. دگرسانی توده نفوذی، در کل شامل کوارتز-سرسیت-پیریت و مجموعه کوارتز – رس (آرژیلیک) می‌باشد که به عنوان دگرسانی پروپیلیتیک (اپیدوت، کلریت، پیریت، کربنات) در نظر گرفته می‌شود. (شکل ۸) (Cox, 1986 ؛Morris, 1986).

زون ماسه‌سنگی پس از سنگ‌های مرمری و در فاصله حدودی ۲۰۰ متری از توده نفوذی قرار گرفته است. محلول‌های کانه‌دار با عبور از مرمر وارد درز و شکاف موجود در ماسه‌سنگ‌ها (درز و شکاف ایجاد شده احتمالا در اثر نفوذ توده آذرین بوده است) شده که مکان مناسبی جهت ته‌نشینی مواد محلول می‌باشد. در این بین رگه‌هایی با ضخامت چند سانتی-

متر تا ۳ متری در این سنگ‌ها تشکیل شده‌اند (شکل ۹). جنس رگه‌ها کوارتزیتی بوده و بر اساس آنالیزهای XRD و نوری حاوی مقادیر جزئی میکروکلین، مسکویت، سرسیت، هماتیت، گوتیت و کانی‌های سولفیدی و کربناتی مس می‌باشند. ساخت‌های پرکننده فضای خاکی و ساخت دندان سگی در این بخش به وفور یافت می‌شوند. کالکوپیریت، کالکوسیت، مالاکیتف آزوریت به همراه کوارتز جزو کانی‌های موجود در این بخش از کانسار می‌باشد (شکل ۹).




**شکل ۸: تصویر شماتیک کانسار پلی‌متالیک جانشینی که تیپ‌های مختلف و سنگ میزبانشان را نشان می‌دهد. (Morris, 1986؛ Cox, 1986)**

**شکل ۹: a): نمایی از نمونه دستی کوارتز حاوی کانی‌سازی کالکوپیریت، مالاکیت، (b): رگه کوارتزی حاوی کانی‌سازی مس (کالکوپیریت، کالکوسیت، مالاکیت و آزوریت)، (c): نمایی از کانی آزوریت و کریزوکلا، (d): نمایی از رگه کوارتزی حاوی کانی-سازی**

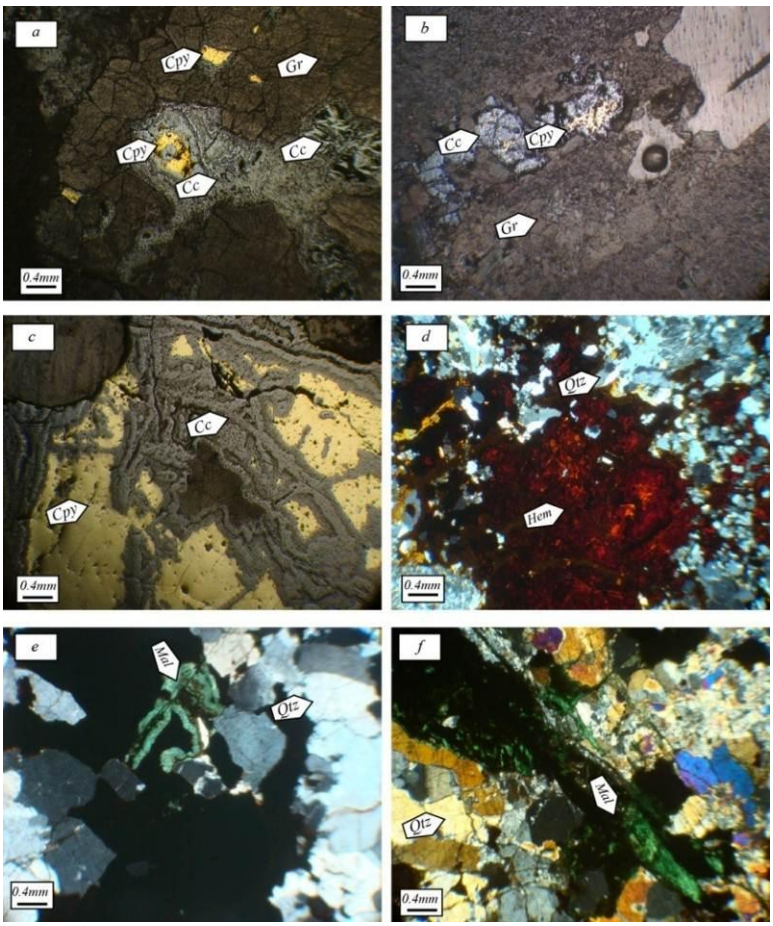
**کانی‌سازی:**

در بخش‌های بالایی این کانسار هم در بخش رگه‌ای و هم اسکارنی، کالکوسیت اصلی‌ترین کانی کانسنگی این کانسار می‌باشد. سایر کانی‌های از جمله کالکوپیریت، بورنیت، کولیت، بورنیت، مالاکیت، آوزریت و مگنتیت به صورت جزئی یافت می‌شوند. زون سوپرژن از گسترش عمقی کمی برخوردار بوده و با حفر ترانشه (توسط بهره‌بردار معدنی زیر نظر سازمان صنعت، معدن و تجارت استان آذربایجان غربی، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲) از میزان کانی کالکوسیت کاسته شده و میزان کالکوپیریت افزایش می‌یابد. این کانی از دگرسانی کالکوپیریت تشکیل شده و بافت توده‌ای دارد (شکل‌های ۱۰ a و c). در زیر میکروسکوپ به حالت ایزوترپ دیده می‌شود و وجود کانی اولیه کالکوپیریت در بخش‌های سطحی و دگرسانی آن به کالکوسیت نشان از تأثیر فرآیند سوپرژن می‌باشد. حالت جانشینی کالکوپیریت توسط کالکوسیت در تصاویر کاملاً مشخص می‌باشد (شکل‌های ۱۰ a، b، c). کانی‌سازی در زون اسکارنی همراه با گارنت می‌باشد و در اثر دگرسانی قهقرایی شکل گرفته است. مالاکیت، آزوریت به صورت سطحی در اثر اکسیداسیون کانی‌های سولفیدی تشکیل شده است شکل (۱۰ e و f). کانی کاکلوسیت در زون اسکارنی دارای بافت‌های توده‌ای، اسکلتی، حفره‌ای می‌باشد. وجود کانی‌سازی همراه با کانی گارنت، اپیدوت (حاصل دگرسانی گارنت)، نشانه شکل‌گیری کانه‌های فلزی در فرآیند دگرسانی قهقرایی اولیه و انتهای دگرسانی پیشرونده دوم می‌باشد. کانی مالاکیت به رنگ سبز در فضای حاشیه کانی‌ها جایگرفته است و با توجه به

بافت حاصله نشان از تشکیل در فرآیند دگرسانی قهقرایی ثانویه می‌باشد (۱۰ e و f). روند تبدیل کالکوپیریت به کالکوسیت از حاشیه و نواحی ضعیف و دارای شکستگی رخ داده است (شکل ۱۰ a، b و c).

در بخش رگه‌ای کانسار آغبلاغ تنوع کانیایی کانی‌های مس بیشتر از زون اسکارنی می‌باشد. در این زون در بخش‌های سطحی کانی مالاکیت، آزوریت به صورت رشته‌ای و به رنگ‌های سبز و آبی (به ترتیب) در بین کانی‌های کوارتز قرار گرفته و بیشتر نشان از بافت پرکننده فضای خالی دارند. این جایگیری به صورتی می‌باشد که مالاکیت در اطراف کانی‌های اولیه جایگرفته و نشانی از پدیده (filter pressing) پلایش فشاری در آن دیده نمی‌شود و این موضوع نشان دهنده مراحل نهایی دگرسانی کانسار می‌باشد (شکل ۱۰ e و f). در اثر دگرسانی کانی‌های سولفیدی چون پیریت، هماتیت به رنگ قهوه‌ای در بین کانی‌های کوارتز تشکیل شده است (شکل ۱۰ d).

همان‌طور که پیش از این بیان شد، در بخش رگه‌ای کانسار رگه‌ای تنوع کانی‌سازی مس بیشتر بوده و علاوه بر کالکوپیریت، مارکاسیت، ملاکیت و آزوریت، کانه‌های کولیت، بورنیت، گوتیت و هماتیت به مقدار جزئی و در اندازه‌های بسیار ریز (کمتر از ۰/۲ میلی‌متر تا ۰/۴ میلی‌متر) قابل مشاهده می‌باشند.




**شکل ۱۰: تصاویر میکروسکوپی کانه‌سازی مس در زون اسکارنی و رگه‌ای**

**(a):کالکوپیریت که از حاشیه به کالکوسیت تبدیل شده است، (b): تبدیل کالکوپیریت به کالکوسیت، (c): میزان بیشتر کالکوپیریت با افزایش عمق و دگرسانی این کانی به کالکوسیت از سمت حاشیه کانی، (d): هماتیت حاصل دگرسانی کانی‌های سولفیدی آهن، (e): مالاکیت و کوارتز در زون رگه‌ای، (f): جایگیری مالاکیت به رنگ سبز در مراحل نهایی دگرسانی در بخش رگه‌ای**
**Gr=garnet, Qtz=quartz, Cpy=chalcopyrite,Cc=chalcocite, Hem=himatite, Mal=malakite**

**ژئوشیمی عناصر نادر خاکی:**

مطالعه رفتار عناصر نادر خاکی REE در سنگ‌ها و کانی‌ها به چند دلیل صورت می‌گیرد: اول: REEها رفتارهای خاصی در فرایندهای مختلف ژئوشیمیایی از خود نشان می‌دهند به همین دلیل از آن‌ها به عنوان آشکارسازها در شناخت منشأ کانی‌ها و سنگ‌ها و نیز شناسایی فرآیندها و موقعیت‌های زمین‌شناسی و تکتونیک استفاده می‌شود. دوم: در مسائل زیست محیطی برای مدیریت پساب‌های رادیواکتیو بسیار مفید می‌باشند، REEها، به عنوان محصولات پلوتونیوم و اورانیوم قابل شستشو در نیروگاه‌های هسته‌ای شناخته شده‌اند (Brooking, 1984; Rard, 1988). سوم: از لحاظ اقتصادی، آن‌ها چندین کاربرد فوق-العاده دارند.

REEها به سه زیر گروه تقسیم می‌شوند (HREE، MREE و LREE) (Rollinson, 1993). اشاره شده است که جایگزینی آسان REE به وسیله کلسیم به عنوان یک ویژگی ایزومورفیسیم با کلسیم یکی از ویژگی‌های مهم آن‌ها می‌باشد (Knarchenco and Pokrovsky, 1995; Pollard, 1995).

**جدول۲: مقادیر عناصر نادر خاکی نمونه‌های مختلف کانسار مس آغبلاغ**

| Sample | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Tb | Er | Tm | Yb | Lu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AqSG2 | 1 | 1 | 0.02 | 0.1 | 0.01 | 0.08 | 0.03 | 0.16 | 0.55 | 0.17 | 0.3 | 0.08 |
| AqSG6 | 17 | 28 | 1.46 | 4.1 | 1.5 | 0.48 | 0.51 | 0.28 | 0.86 | 0.21 | 0.7 | 0.14 |
| AqGTSH2 | 27 | 46 | 2.76 | 8.3 | 2.22 | 0.68 | 1.17 | 0.35 | 1.07 | 0.24 | 0.9 | 0.16 |
| AqSM3 | 2 | 3 | 0.03 | 0.4 | 0.01 | 0.08 | 0.03 | 0.08 | 0.03 | 0.08 | 0.03 | 0.08 |
| AqSM17 | 5 | 13 | 0.23 | 3.3 | 1.38 | 0.26 | 1.05 | 0.28 | 0.42 | 0.12 | 0.1 | 0.08 |
| AqSM18 | 2 | 3 | 0.03 | 0.4 | 0.07 | 0.08 | 0.03 | 0.22 | 0.44 | 0.12 | 0.1 | 0.08 |
| AqSES7 | 30 | 58 | 6.54 | 27 | 6.01 | 1.42 | 5.48 | 0.88 | 3.71 | 0.59 | 5.7 | 0.54 |
| AqSHS9 | 34 | 64 | 5.97 | 23.4 | 4.77 | 1.4 | 4.19 | 0.7 | 2.86 | 0.49 | 3 | 0.41 |
| AqSES10 | 27 | 61 | 5.38 | 21.1 | 4.31 | 0.74 | 3.13 | 0.54 | 1.74 | 0.31 | 1.8 | 0.24 |
| AqGO20 | 12 | 8 | 0.81 | 3.4 | 0.82 | 0.17 | 0.14 | 0.21 | 0.35 | 0.11 | 2.8 | 0.08 |
| AqGA21 | 1 | 4 | 0.48 | 7.1 | 2.51 | 0.6 | 1.68 | 0.35 | 0.59 | 0.15 | 1.6 | 0.08 |
| AqEP23 | 13 | 24 | 2.02 | 8.6 | 2.29 | 0.57 | 1.53 | 0.73 | 1.01 | 0.2 | 0.9 | 0.13 |
| AqEPSH4 | 33 | 64 | 5.58 | 19.3 | 3.27 | 0.72 | 2.62 | 0.5 | 1.73 | 0.31 | 2.3 | 0.24 |
| AqEXSH1 | 4 | 0.8 | 0.03 | 0.4 | 0.59 | 0.08 | 0.03 | 0.2 | 0.31 | 0.12 | 3.6 | 0.08 |
| AqGAEP | 5 | 18 | 1.43 | 7.4 | 2.62 | 0.63 | 1.88 | 0.34 | 0.44 | 0.12 | 2 | 0.08 |
| AqSNS8 | 44 | 80 | 8.54 | 33.2 | 6.47 | 1.56 | 6.04 | 0.88 | 3.53 | 0.58 | 4.6 | 0.53 |
| AqV15 | 15 | 26 | 1.85 | 6.5 | 1.19 | 0.29 | 0.05 | 0.21 | 0.42 | 0.15 | 0.2 | 0.08 |
| AqV16 | 0.8 | 0.8 | 0.03 | 0.4 | 0.01 | 0.08 | 0.03 | 0.08 | 0.03 | 0.08 | 0.03 | 0.08 |
| AqVT8 | 3 | 0.8 | 0.03 | 0.4 | 0.06 | 0.08 | 0.03 | 0.16 | 0.03 | 0.11 | 0.2 | 0.08 |
| AqVT9 | 11 | 9 | 1.01 | 4.3 | 1.13 | 0.27 | 0.76 | 0.3 | 0.86 | 0.19 | 1.8 | 0.1 |

در این قسمت ابتدا عناصر نادر خاکی تمامی نمونه‌ها از تمامی بخش‌های کانسار (توده نفوذی، اندواسکارن، اگزواسکارن، مرمر، کانسار رگه‌ای) که نسبت به کندریت نرمالیزه شده‌اند در یک دیاگرام عنکبوتی جهت بررسی روند تغییرات ترسیم شدند. الگوی REE نرمالیزه شده به کندریت برای توده گرانیتی، اسکارن، مرمر و کانسار رگه‌ای نشان می‌دهد که اگرچه الگوی REEs کمی یکنواخت و صاف است، ولی در کل LREEs غنی‌شدگی بیشتری نسبت به HREEs در لیتولوژی‌های مختلف نشان می‌دهند (شکل ۱۱). رنج اعداد نرمالیزه شده به کندریت در کانسار آغبلاغ به طور محسوسی متغیر است، (۲/۵۸ تا ۱۴۱/۹۳ برای La و ۰/۱۴ تا ۲۷/۲۷ برای Yb). این نشان می‌دهد که تفاوت‌های مشخصی در افزایش و کاهش LREEs و HREEs در طول تشکیل سنگ‌های کانسار آغبلاغ صورت گرفته است.

برای ارزیابی ضریب جدایش بین REEs، نسبت‌های مختلفی از REEs از جمله (La/Yb)n’، (La/Sm)n و (Gd/Yb)n استفاده می‌شوند (جدول ۳). (La/Yb)n ضریب جدایش LREEs از HREEs را در طول فرآیندهای ژئوشیمیایی محاسبه نموده (Aubert et al., 2001; Yusoff et al., 2013) و دو نسبت دیگر ضریب جدایش بین LREEs و MREEs و بین MREEs و HREEs را محاسبه می‌کنند (Yusoff et al., 2013). میزان این نسبت‌ها رنجی از (۰/۴۲ تا ۵۰/۵۶) برای (La/Yb)n و (۰/۲۵ تا ۱۲۵/۸۰) برای (La/Sm)n و (۰/۰۰۶ تا ۸/۴۸) برای (Gd/Yb)n می‌باشد. بیشترین جدایش صورت گرفته بین LREEs و HREEs صورت گرفته (بیشتر از ۱۲۵) و کمترین جدایش بین MREEs و HREEs در طول فرآیند اسکارنی‌شدن صورت گرفته است. بیشترین ضریب این نسبت‌ها در زون مرمر بوده و تنها ضریب (Gd/Yb)n در اسکارن بیشترین ضریب را دارند که نشان می‌دهد بیشترین جدایش در زون مرمر نه تنها به دلیل کمبود HREE بلکه به دلیل کمبود HREE و MREE در این زون می‌باشد (شکل ۱۲ a). نسبت La/Y به شکل خوبی شرایط pH محیط تشکیل کانسار را نشان می‌دهد. میزان (La/Y>1) نشان دهنده شرایط قلیایی و (La/Y<1) نمایانگر شرایط اسیدی می‌باشد (Crinci and Jurkowic, 1990). این نسبت در کانسار آغبلاغ رنجی از (۰/۰۹ تا ۲/۲۶) است. توده نفوذی بیشترین نسبت (La/Y) به مقدار ۲/۲۶ را نشان می‌دهد.. زون اسکارنی (اندواسکارن و اگزواسکارن و کانسنگ موجود در اگزواسکارن) دو گونه شرایط را نشان می‌دهند. گونه اول: بخش که نسبت La/Y>1 و این در نمونه‌های نزدیک به توده مشاهده می‌شود و کانسنگ اسکارنی نیز در این محدوده قرار دارد. گونه دوم: بخشی که نسبت La/Y<1 که به لیتولوژی مرمر نزدیک است. این تقسیمات نشانه شرایط اسیدی و بازی دگرسانی هیدروترمال در طول فرآیند اسکارنی شدن می‌باشد. این حالت در بخش رگه‌ای کانسار آغبلاغ نیز مشاهده می-شود.با توجه به دیاگرام کانسار از ابتدار توده گرانیتی تا اواسط زون اگزواسکارن (نمونه Aq-SES7)، شرایط قلیایی حاکم بوده و از این نقطه تا انتهای سنگ میزبان (مرمر) شرایط اسیدی حاکم بوده است. در خصوص کانسار رگه‌ای نیز نمونه دارای کانی‌سازی در شرایط قلیایی بوده و سایر نمونه‌ها شرایط اسیدی را نشان می‌دهند. از این‌رو، می‌توانیم پیش‌بینی کنیم که در یک محیط متأثر از محلول‌های هیدروترمال که در آن محلول‌های اسیدی و داغ حاوی REE در اثر بر همکنش با سنگ‌های کربناته رقیق و حالت قلیایی می‌یابند (شکل ۱۲ b).

محاسبه آبومالی Eu از طریق معادله زیر صورت می‌گیرد:

Eu/Eu*=(2Eu/Eu chondrite)/(Sm/Sm chondrite +Gd/Gd chondrite)

آنومالی *Eu/Eu در کانسار مس آغبلاغ رنجی از (۰/۶۲ تا ۱۲/۱۴) دارد (شکل ۱۲ c و جدول ۳). مقدار بیشتر از یک را آنومالی مثبت و مقدار کمتر از یک را آنولمالی منفی می‌گویند. آنومالی *Eu/Eu در توده نفوذی مثبت بوده، در زون اسکارنی آنومالی منفی نشان داده و در بخش مرمر مجدداً مثبت شده است. پس در این بخش دو آنومالی مثبت در سمت توده و سنگ میزبان داریم و یک آنومالی منفی در زون اسکارنی مشاهده می‌شود. این آنومالی‌ها را می‌توان با وجود پلاژیوکلاز در سمت توده و وجود کانی آلبیت در زون مرمر و بخش کانسار رگه‌ای تفسیر نمود. در زون اسکارنی به دلیل نبود پلاژیوکلاز آنومالی منفی نشان می‌دهد (Zamanian nad Radmard, 2016). آنومالی مثبت Eu مراحل تغییرات سنگ را در محیط اسیدی نشان می‌دهد (Kikawada, 2001). همچنین آنومالی مثبت Eu و (La/Lu)n نشان‌دهنده مایعات اسیدی با دمای بالا است (Wood, 1990). بر پایه دو پارامتر *Eu/Eu و (Pr/Yb)n در زون اسکارنی، دو تیپ محلول هیدروترمالی را می‌توان مشخص نمود که بر سنگ میزبان تأثیر نموده‌اند: ۱) محلول‌های با غلظت REE پایین همراه با آنومالی مثبت Eu و شرایط اسیدی و خاصیت اکسیدکنندگی، ۲) محلول غنی از REE با آنومالی منفی Eu نشان‌دهنده شرایط قلیایی چنین محلولی می‌باشد (شکل ۱۲ c و d).

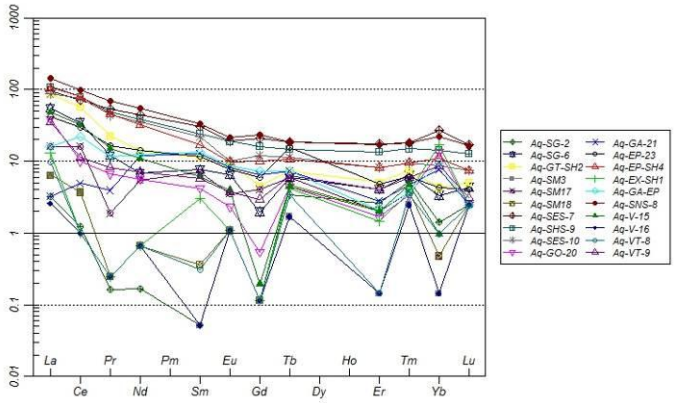
وجود نسبت بالای اگزواسکارن به اندواسکارن و گسترش زون اگزواسکارن شرایط عمق کم (کمتر از ۵ کیلومتر) و فعالیت شدید اکسیژن (شرایط اکسیداسیون) را نشان می‌دهد (Zamanian, 2003).

**جدول ۳: مقادیر عناصر نادرخاکی نمونه‌های کانسار آغبلاغ و نسبت‌های مورد بین عناصر نادر خاکی جهت بررسی شرایط تشکیل کانسار**

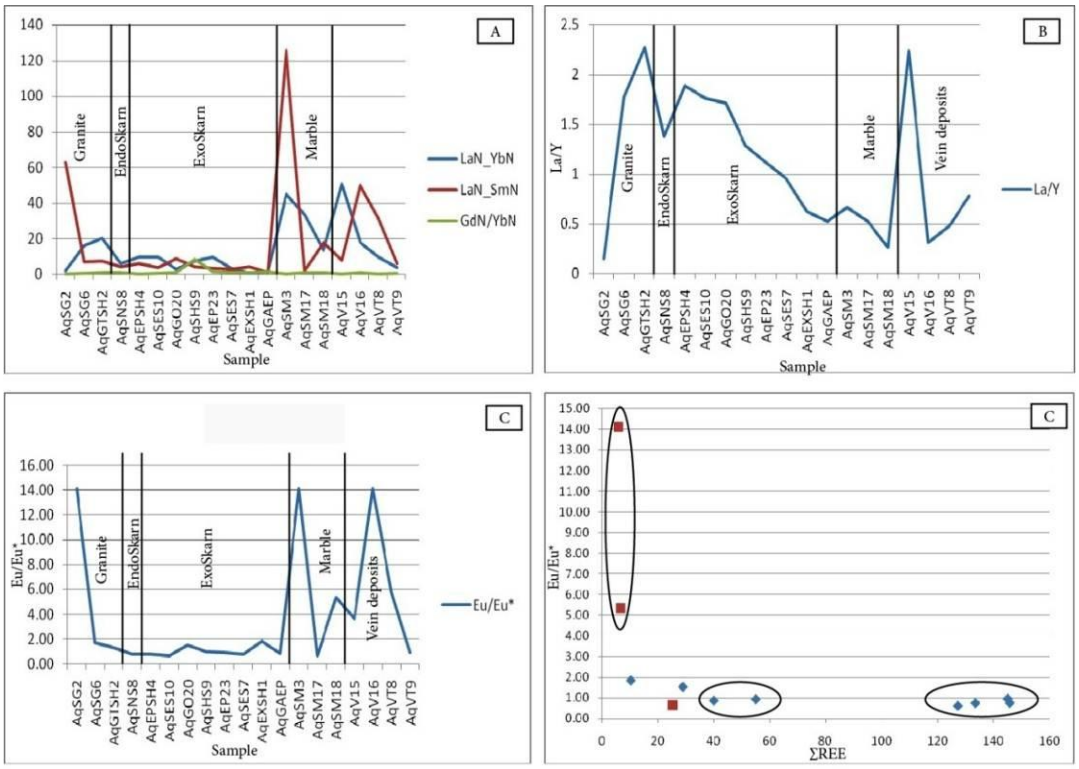
| Sample | AqSG2 | AqSG6 | AqGTSH2 | AqSNS8 | AqEPSH4 | AqSES10 | AqGO20 | AqSHS9 | AqEP23 | AqSES7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LREE La-Nd ppm | 2.12 | 50.56 | 84.06 | 154.74 | 121.88 | 114.48 | 24.21 | 127.37 | 47.62 | 121.54 |
| MREE Sm-Tb ppm | 0.28 | 2.77 | 4.42 | 14.95 | 7.11 | 8.72 | 1.34 | 11.06 | 5.12 | 13.79 |
| HREE Er-Lu ppm | 1.1 | 1.91 | 2.37 | 9.24 | 4.58 | 4.09 | 3.34 | 6.76 | 2.24 | 10.54 |
| ∑REE (La-Lu) ppm | 3.5 | 55.24 | 90.85 | 189.93 | 133.57 | 127.29 | 28.89 | 145.19 | 54.98 | 145.87 |
| (Ln/Lu)n | 1.30 | 12.61 | 17.53 | 14.28 | 15.58 | 2.60 | 5.77 | 6.49 | 11.69 | 2.60 |
| La/Y | 0.15 | 1.77 | 2.27 | 1.38 | 1.89 | 1.76 | 1.71 | 1.29 | 1.12 | 0.95 |
| Eu/Eu* | 14.12 | 1.68 | 1.29 | 0.76 | 0.75 | 0.62 | 1.53 | 0.96 | 0.93 | 0.76 |
| (La/Sm)n | 62.90 | 7.13 | 7.65 | 4.28 | 6.35 | 3.94 | 9.21 | 4.48 | 3.57 | 3.14 |
| (La/Yb)n | 2.25 | 16.37 | 20.23 | 6.45 | 9.67 | 10.11 | 2.89 | 7.64 | 9.74 | 3.55 |
| (Gd/Yb)n | 0.08 | 0.59 | 1.05 | 0.92 | 0.04 | 0.24 | 0.78 | 8.48 | 1.40 | 0.81 |
| (Pr/Yn)n | 0.11 | 3.57 | 5.25 | 3.18 | 4.16 | 5.12 | 0.50 | 3.41 | 3.85 | 1.97 |

| Sample | AqEXSH1 | AqGAEP | AqSM3 | AqSM17 | AqSM18 | AqV15 | AqV16 | AqVT8 | AqVT9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LREE La-Nd ppm | 5.23 | 31.83 | 5.43 | 21.53 | 5.43 | 49.35 | 2.03 | 4.23 | 25.31 |
| MREE Sm-Tb ppm | 0.9 | 5.47 | 0.2 | 2.97 | 0.4 | 1.74 | 0.2 | 0.33 | 2.46 |
| HREE Er-Lu ppm | 4.11 | 2.64 | 0.22 | 0.72 | 0.74 | 0.85 | 0.22 | 0.42 | 2.95 |
| ∑REE (La-Lu) ppm | 10.24 | 39.94 | 5.85 | 25.22 | 6.57 | 51.94 | 2.45 | 4.98 | 30.72 |
| (Ln/Lu)n | 1.30 | 10.39 | 5.19 | 6.49 | 8.62 | 19.48 | 1.04 | 3.90 | 11.42 |
| La/Y | | 0.53 | 0.67 | 0.53 | 0.27 | 2.24 | 0.32 | 0.48 | 0.78 |
| Eu/Eu* | 1.84 | 0.87 | 14.12 | 0.66 | 5.34 | 3.64 | 14.12 | 5.77 | 0.89 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (La/Sm)n | 4.27 | 1.20 | 125.81 | 2.28 | 17.97 | 7.93 | 50.32 | 31.45 | 6.12 |
| (La/Yb)n | 0.75 | 1.69 | 44.95 | 33.71 | 13.48 | 50.57 | 17.98 | 10.11 | 4.12 |
| (Gd/Yb)n | 0.85 | 1.37 | 0.01 | 0.76 | 1.06 | 0.20 | 0.81 | 0.12 | 0.34 |
| (Pr/Yn)n | 0.01 | 1.22 | 1.71 | 3.94 | 0.51 | 15.85 | 1.71 | 0.26 | 0.96 |




**شکل ۱۱: نمودار عنکبوتی نمونه‌های زون‌های مختلف کانسار مس آغبلاغ نرمالیزه شده به کندریت (Boynton, 1984)**




**شکل ۱۲: a) روند تغییرات نسبت‌های (La/Yb)n، (La/Sm)n و (Gd/Yb)n در زون‌های مختلف کانسار آغبلاغ. b) روند تغییرات نسبت‌های La/Y در زون‌های مختلف کانسار آغبلاغ، c) نمودار تغییرات نسبت Eu/Eu* در زون‌های مختلف کانسار آغبلاغ، d) نمودار تغییرات نسبت ∑REE در برابر Eu/Eu* در زون اگزواسکارن و مرمر کانسار آغبلاغ**

## نتیجه‌گیری:

مطالعات گویای آن است که در اشنویه (آغبلاغ) کانه‌زایی مس به دو حالت اسکارن و رگه‌ای در ارتباط با توده‌های گرانیتی اشنویه رخ داده است. توده نفوذی عامل کانه‌زایی از نوع S، کالک‌آلکالن با پتاسیم بالا و پرآلومینوس در حاشیه

فعال قاره‌ای و در کمان آتشفشانی همزمان با برخورد (VAG, syn-COLG) تشکیل شده است. کانه‌زایی اسکارنی در سنگ‌های کربناته مجاور توده گرانیتی و کانه‌زایی رگه‌ای در فاصله دورتر (بطور میانگین ۲۰۰ متر) و در ماسه‌سنگ‌های محدوده به صورت رگه‌های کوارتزیتی تشکیل شده است. کانه‌های اصلی موجود در این کانسار در دو بخش سوپرژن و هیپوژن شامل، کالکوسیت، کالکوپیریت بوده و به صورت جزئی تر بورنیت، مالاکیت، آزوریت و مگنتیت در آن قابل مشاهده می‌باشد.

برای ارزیابی ضریب جدایش بین REEs، نسبت‌های مختلفی از REEs از جمله (La/Yb)n’، (La/Sm)n و (Gd/Yb)n استفاده شد. بر اساس نتایج بدسن آمده، بیشترین جدایش صورت گرفته بین LREEs و HREEs صورت گرفته (بیشتر از ۱۲۵) و کمترین جدایش بین MREEs و HREEs در طول فرآیند اسکارنی‌شدن صورت گرفته است. بیشترین ضریب این نسبت‌ها در زون مرمر بوده و تنها ضریب (Gd/Yb)n در اسکارن بیشترین ضریب را دارند که نشان می‌دهد بیشترین جدایش در زون مرمر نه تنها به دلیل کمبود HREE بلکه به دلیل کمبود HREE و MREE در این زون می‌باشد.

نسبت La/Y در کانسار آغبلاغ رنجی از (۰/۰۹ تا ۲/۲۶) است. توده نفوذی بیشترین نسبت (La/Y) به مقدار ۲/۲۶ را نشان می‌دهد. زون اسکارنی (اندواسکارن و اگزواسکارن و کانسنگ موجود در اگزواسکارن) دو گونه شرایط را نشان می‌دهند. گونه اول: بخش که نسبت La/Y>1 و این در نمونه‌های نزدیک به توده مشاهده می‌شود و کانسنگ اسکارنی نیز در این محدوده قرار دارد. گونه دوم: بخشی که نسبت La/Y<1 که به لیتولوژی مرمر نزدیک است. این تقسیمات نشانه شرایط اسیدی و بازی دگرسانی هیدروترمال در طول فرآیند اسکارنی شدن می‌باشد. این حالت در بخش رگه‌ای کانسار آغبلاغ نیز مشاهده می‌شود. بی این اساس از ابتدار توده گرانیتی تا اواسط زون اگزواسکارن (نمونه Aq-SES7)، شرایط قلیایی حاکم بوده و از این نقطه تا انتهای سنگ میزبان (مرمر) شرایط اسیدی حاکم بوده است. در خصوص کانسار رگه‌ای نیز نمونه دارای کانی‌سازی در شرایط قلیایی بوده و سایر نمونه‌ها شرایط اسیدی را نشان می‌دهند. از این‌رو، می‌توانیم پیش‌بینی کنیم که در یک محیط متأثر از محلول‌های هیدروترمال که در آن محلول‌های اسیدی و داغ حاوی REE در اثر بر همکنش با سنگ‌های کربناته رقیق و حالت قلیایی می‌یابند.

آنومالی Eu/Eu* در توده نفوذی مثبت بوده، در زون اسکارنی آنومالی منفی نشان داده و در بخش مرمر مجدداً مثبت شده است. پس در این بخش دو آنومالی مثبت در سمت توده و سنگ میزبان داریم و یک آنومالی منفی در زون اسکارنی مشاهده می‌شود. این آنومالی‌ها را می‌توان با وجود پلاژیوکلاز در سمت توده و وجود کانی آلبیت در زون مرمر و بخش کانسار رگه‌ای تفسیر نمود. در زون اسکارنی به دلیل نبود پلاژیوکلاز آنومالی منفی نشان می‌دهد

## منابع فارسی :

مجله:

قلمقاش، ج.، هوشمند معنوی، س.، وثوقی عابدینی، م. ۱۳۹۲، " زمین‌شناسی، ژئوشیمی و پتروژنز مجموعه نفوذی اشنویه (شـما بـاختر ایـران) " مجله علوم زمین. سال بیست دوم، شماره ۸۸، صفحه ۲۱۹ تا ۲۳۲

کتاب:

معین وزیری، ح.، و احمدی، ع.، ۱۳۸۰"پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین" دانشگاه تربیت معلم، تهران.

نقی زاده ۱۳۸۴.، " نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اشنویه" سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

## References:

Aubert, D. Stille, P. & Probst, A., 2001. "REE fractionation during granite weathering and removal by waters and suspended loads: Sr and Nd isotopic evidence". Geochimica et Cosmochimica Acta 65, 387–406.

Brooking, D.G., 1984. " Geochemical aspects of radioactive waste disposal", Springer, New York, 374 pp.

Cox, D.P., 1986. "Descriptive model of Zn-Pb skarn deposits" , in Cox, D.P. and Singer, D.A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 90.

Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J., 1979. "The Interpretation of Igneous Rocks". George, Allen and Unwin, London.

Crinci, J. & Jurkowic, I ., 1990. " Rare earth elements in Triassic bauxites of Croatia Yugoslavia". Travaux 19, 239–248.

Kato, Y., 1999. "Rare earth elements as an indicator to origins of skarn deposits, example of the Kamioka Zn-Pb and Yoshiwara-Sannotake (Cu-Fe) deposit in Japan". Resource Geology 49, 183–198.

Kikawada, Y., 2001. "Experimental studies on the mobility of lanthanides accompanying alteration of andesite by acidic hot spring water". Chemical Geology 176, 137–149.

Knarchenko, S.M. & Pokrovsky, B.G., 1995. "The tomtor alkaline ultrabasic massif and related REE-Nb deposit, Northern Siberia". Economic Geology 90, 676–689.

Morris, H.T., 1986. "Descriptive model of polymetallic replacement deposits". in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., Mineral deposit models: U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 99-100.

Pearce, J.A., Harris, B.W., and Tindle, A.G., 1984. "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks". J. Petrol., 25, 956-983.

Peccerillo, A. – Taylor, S. R., 1976. "Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey". Contributions to Mineralogy and Petrology, 58, 63–81.

Pollard, P.J., 1995. "A special issue devoted to the geology of rare metal deposits, geology of rare metal deposits: An introduction and overview". Economic Geology 90, 489–494.

Rard, J.A., 1988. "Aqueous solubility's of praseodymium, Europium and lutetium sulfates". Journal of Solution Chemistry 17, 499–517.

Rollinson, H., 1993. "Using Geochemical data: Evolution, presentation, interpretation". Longman, London, 652 pp.

Schandl, E.S., and Gorton, M.P. 2002., "application of high field strength elements to discriminate tectonic settings in VMS environments". Economic Geology, 97, 629-642.

Shand S.J., 1943. "Eruptive Rocks. Their genesis, composition, classification and their relation to deposits". Thomas Murby and Co, London, pp.448.

Tabatabaiemanesh, S. M. Mirlohi, A. and Movahedi, M. 2011. " Petrology and mineral chemistry of Ochestan granitoids (south of Mahallat, Markazi province) ". Petrology 2(7): 51-76 (in Persian).

Taylor, B.E., 1976. "Origin and significance of C-O-H fluids in the formation of Ca-Fe-Si skarn, Osgood Mountains, Humboldt County", Nevada: Unpublished Ph.D. thesis, Stanford, CA, Stanford University, 149 p.

Terakado, Y.; Fujitani, T., 1998. " Behavior of the rare earth elements and other trace elements during interactions between acidic hydrothermal solutions and silicic volcanic rocks, southwestern Japan". Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 62, Issue 11, p. 1903-1917.

Villaseca, C., Barbero, L., Rogers, G., 1998. "Crustal origin of Hercynian peraluminous granitic batholiths of central Spain: petrological, geochemical and isotopic (Sr, Nd) constraints". Lithos, 43, 55-79.

Wilson, M., 1989, " Igneous petrogenesis: A global tectonic approach": London, Unwin Hyman, 466 p.

Wood, S.A., 1990. "The aqueous geochemistry of the rare-earth elements and Yttrium. Theoretical predictions of speciation in hydrothermal solutions to 350°C at saturation water vapor pressure". Chemical Geology 88, 99–125.

Yusoff, Z.M., Ngwenya, B.T. & Parsons, I., 2013. "Mobility and fractionation or REE during deep weathering of geochemically contrasting granites in a tropical setting, Malaysia". Chemical Geology 349–350, 71–86.

Zamanian, H., 2003. "Iron mineralization related to the Almoughlagh and south Ghorveh batholiths with specific refrence ti the Baba Ali and Gelali deposits". University of Pune, 220 pp.
Zamanian, H., Radmard, K., 2016. "Geochemistry of rare earth elements in the Baba Ali magnetite skarn deposit, western Iran- a key to determine conditions of mineralization". Geologos 22, 1 (2016): 33-47. doi:10.1515

# مدلسازی داده‌های ژئوالکتریکی با روش فرکتالی در کانسار دره زنجیر تفت(ایران مرکزی)

◇◇◇◇◇◇◇

مهدی محمدی اصل[۱]،لی لی دانشورصائین[۲]، پیمان افضل[۳]، سید وحید شاهرخی[۴]

[۱]گروه زمین شناسی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، لرستان، ایران mahdimohamadiassl@gmail.com

[۲]استادیار،گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور ، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵تهران،ایران Daneshvar.saein@gmail.com

[۳]گروه مهندسی اکتشاف معدن، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران P_Afzal@azad.ac.ir

[۴]گروه زمین شناسی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، لرستان، ایران vahid.shahrokhi@gmail.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

هدف از این پژوهش، شناسایی زون‌های کانه‌زایی سرب و روی با استفاده از روش فرکتالی عیار–حجم با تلفیق داده‌های بارپذیری و مقاومت ویژه الکتریکی در کانسار دره‌زنجیر تفت می‌باشد. کانی‌سازی در محدوده بیشتر به شکل کربناته، همراه با سولفورهای سرب و روی است. لیتولوژی منطقه شامل انواع واحد های سنگی آهک، دولومیت، شیل و مارن می باشد. درپژوهش حاضر داده‌های بارپذیری و مقاومت ویژه کانسار سرب و روی معدن دره زنجیر ابتدا به صورت دو بعدی تفسیر وسپس برای بررسی بیشتر کانسار درعمق، روش مدل سازی معکوس به صورت سه بعدی بکار گرفته و از روش فرکتالی عیار–حجم برای جداسازی زون‌های پرعیار از مناطق کم‌عیار و تعیین حدود آستانه ای استفاده شده است. که بدین ترتیب زون‌های با عیار سرب و روی بالا را از مناطق با عیار سرب و روی پایین که مقاومت ویژه ظاهری بالا دارند، جدا گردید. همچنین از نتایج مدل سازی معکوس داده‌های ژئوفیزیکی چند نقطه حفاری اکتشافی جدید برای مناطق مورد مطالعه پیشنهاد شده است.

**کلید واژه ها**: بارپذیری، مقاومت ویژه الکتریکی، مدلسازی معکوس، روش فرکتال عیار–حجم.

# Modeling of geoelterical data using fractal method for Dareh-Zanjir deposit, Taft (Central Iran)

**Mehdi Mohammadi Asl[1], Lili Daneshvar Saein[2], Peyman Afzal[3], Seyed Vahid Shahrokhi[4]**

**1. Department of Geology, Khoramabad Branch, Islamic Azad University, Khoramabad, Iran,**
mahdimohamadiassl@gmail.com

**2. Department of Geology,Payame Noor university(PNU),P.O.Box,19395-3697,Tehran**,Iran
Daneshvar.saein@gmail.com

**3. Department of Mining Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran**
P_Afzal@azad.ac.ir

**4. Department of Geology, Khoramabad Branch, Islamic Azad University, Khoramabad, Iran,**
vahid.shahrokhi@gmail.com

## Abstract:

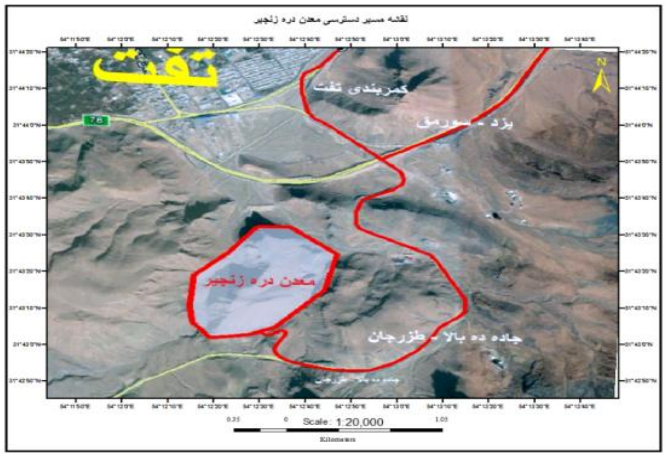
Aim of this study is detection of Pb-Zn mineralized zones using Concentration-Volume (C-V) fractal model by integration of resistivity and chargeability data in Dareh-Zanjir deposit, Taft (Central Iran). The Pb-Zn mineralization exist as carbonates and sulfidic ores. Lithological units are limestones, dolomites, shales and

marls. Firstly, chargeability and resistivity data were 2D modelled and 3D modeling was carried out by reverse method. Then, different zones were separated using the C-V fractal model. Based on this modeling, thresholds were discriminated for high grade and low grade of Pb and Zn zones. Finally, several boreholes were suggested for further exploration in this area.
**Keywords:** Chargeability; Resistivity; Reverse modeling; Concentration-Volume (C-V) fractal method

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

محدوده مورد مطالعه در جنوب غربی استان یزد، از توابع شهرستان تفت، در کیلومتر ۵ جاده آسفالته "تفت-ده بالا" قرار گرفته واز لحاظ تقسیمات ساختاری در ایران مرکزی قرار دارد(شکل ۱). کوه‌های منطقه که اکثراً آهکی و دولومیتی‌اند دارای روند غربی-شرقی بوده که توسط دره‌های شیلی با دهانه باز به دوبخش شمالی و جنوبی تقسیم شده اند. این پژوهش بر روی بخش اصلی و شمالی دره فراز می باشد. کانی سازی سرب و روی در منطقه، بطور عمده به صورت کربنات سرب و روی (سروزیت ,اسمیت سونیت و کالامین) همراه با سولفوره های سرب و روی (گالن و اسفالریت) است که بصورت رگچه های نازک قطع کننده یا پر کننده حفرات در سنگ میزبان دولومیتی قرار گرفته است (محجل ۱۳۹۲).




**شکل ۱- موقعیت معدن دره زنجیر**

◇◇◇◇◇◇◇

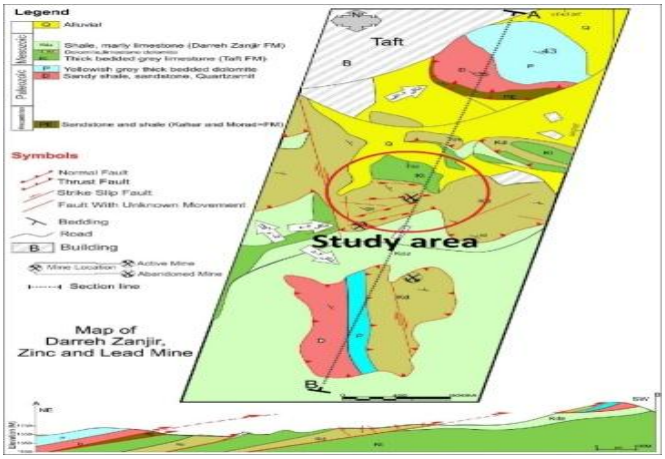
**روش تحقیق:**

**زمین شناسی**

منطقه معدنی دره‌زنجیر عمدتا از نهشته‌های رسوبی پرکامبرین، دونین، کرتاسه و رسوبات جوان کوارترنر تشکیل شده است. با وجود اینکه در اغلب نقاط توده‌های مواد حاوی فلز به صورت یک مرز گسله سطحی یافت شده‌اند، نقاط تجمع مواد فلزی در دره‌زنجیر به صورت نوارهای منشعب و نامرتبی وجود دارند که ارتفاع آن در دره‌زنجیر بالغ بر ۳۰ متر می‌گردد.مواد کانی محتوی سرب و روی در ماگمای اولیه تشکیل و در نتیجه تحولاتی که در محل صورت گرفته است، تفکیک شده است. عمل موثر در تکوین و تشکیل مواد فوق نفوذ محلول‌هایی بوده است که تحت تأثیر حرارت زیاد ناشی از یک توده درون رانده شده گرانیت به محل تجمع جریان داشته است. البته از توده عظیم گرانیت مزبور هیچ آثار و بیرون

زدگی مشاهده نشد. مراکز تجمع این مواد در منطقه اکتشافی به علت مساعد بودن اوضاع سطح‌الارضی، پس از مراحل اولیه تکامل، بار دیگر مورد تجمع و تمرکز مواد قرارگرفته و محتوی فلزات به مراتب غنی تر شده است (محجل ۱۳۹۲).

در منطقه یک گسل راندگی نیز تشخیص داده شده است. (گسل راندگی دره‌زنجیر) که لایه‌های کربناتی کرتاسه پایینی را بر روی شیل‌های آلبین و در جاهایی بر روی طبقات هم سن خود رانده است، سطح راندگی در طول حدود ۲۰۰ متر دیده می‌شود و توسط گسل امتداد لغز دره شرقی قطع می‌شود. راندگی مزبور عامل اصلی ایجاد شکستگی‌های کوچک و بزرگ در ناحیه می‌باشد. گسل تراستی دره‌زنجیر با در نظر گرفتن شرایط زمین‌ساختی کنترل کننده کانی‌سازی می‌باشد. که سن راندگی‌های ناحیه احتمالا مربوط به نئوژن می‌باشند (ناکینی ۱۳۹۲).



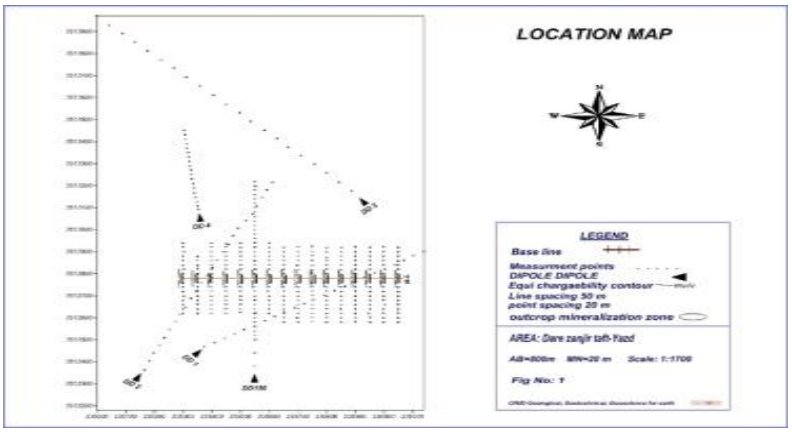

**شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه به همراه برش ساختاری (حاج ملا علی ۱۳۷۹).**

## ژئوفیزیک

با توجه به روند کانی‌سازی در منطقه ،که دارای روند ظاهری نزدیک به شرقی – غربی می باشد. ابتدا یک شبکه برداشت با خط مبنای شرقی – غربی طراحی تا روند اصلی کانی‌سازی بدست آید. خط مبنا (base line) شبکه برداشت، نقطه (۰۰) آن منطبق بر امتداد زون کانی‌سازی سطحی بوده و بدین ترتیب یک شبکه اکتشافی با وسعت تقریبی ۳۲۰×۷۵۰ متر تحت پوشش برداشت‌های بارپذیری و مقاومت ویژه الکتریکی قرار گرفت.

در مرحله نخست محدوده بوسیله آرایش مستطیلی (Rectangle) با مشخصات AB=800 و MN=20 متر برای تعیین گسترش زون کانی‌سازی احتمالی برداشت گردید. در این برداشت‌ها یک روند آنومالی بارپذیری که تقریبا منطبق بر روند کارهای استخراجی قبلی است، مشاهده گردید. لذا برای بررسی وضعیت زون کانی‌سازی احتمالی در عمق و با توجه به نتایج مرحله نخست و مشخص شدن گسترش زون‌های ناهنجاری بارپذیری و مقاومت‌سنجی در نقشه بارپذیری اقدام به برداشت ۳ شبه مقطع در محدوده اندازه گیری که به ترتیب زمان برداشت DD150، DD1 و DD2 نامگذاری گردید. شبه مقطع ۱۵۰ دردو مرحله با فاصله الکترودی ۲۰ و۶۰ متر و همچنین شبه مقطع ۱ و۲ روی تعدادی از بی هنجاری‌های

بارپذیری آرایش مستطیلی برداشت شد. پروفیل‌ها با آرایه‌های دوقطبی–دوقطبی و با توجه به رخنمون زون کانی‌سازی سطحی و نقشه بارپذیری در این محدوده برای تعیین گسترش احتمالی زون کانی‌سازی در عمق برداشت گردید (شکل ۳).



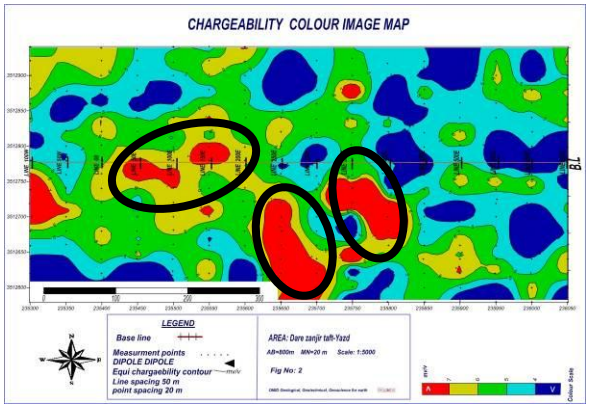

**شکل ۳- موقعیت پروفیل‌های برداشت شده**

## بررسی نقشه تغییرات بارپذیری

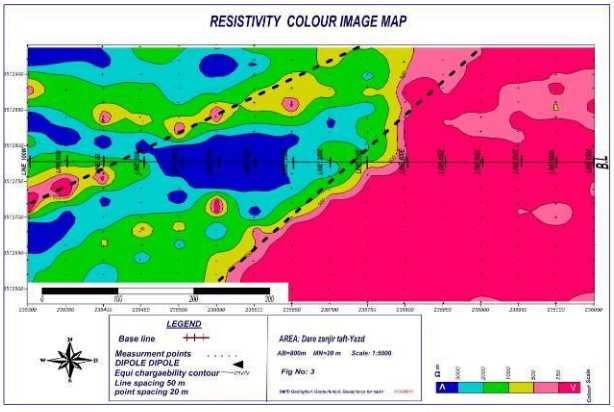
در نقشه بارپذیری برای داده‌های برداشت شده با آرایه مستطیلی سه زون ناهنجاری بارپذیری دیده می‌شود که روند آن تقریبا شمال شرق–جنوب غرب درمرکز نقشه بوده و انطباق خوبی با رخنمون سطحی نشان می‌دهد(شکل۴ -الف).

## بررسی نقشه تغییرات مقاومت ویژه ظاهری

تغییرات مقاومت ویژه ظاهری متاثر از مقاومت الکتریکی یا هدایت الکتریکی واحدهای سنگی در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. واحدهای قابل مشاهده در محدوده های برداشت ژئوفیزیکی ،شامل آهک ، دولومیت، شیل و مارن می‌باشد.در نقشه مقاومت ویژه ظاهری یک زون ناهنجاری با مقاومت الکتریکی بالا در مرکز و غرب محدوده برداشت که در ارتباط با واحدهای آهک دولومیتی است، مشاهده می‌شود . مقادیر پایین مقاومت ویژه در شرق نقشه در ارتباط با شیل و رسوبات و آبرفت می‌باشد. یکی از مهمترین قابلیت‌های نقشه مقاومت ویژه، تعیین روند عمومی واحدهای موجود در منطقه و تعیین گسل‌ها که معمولا نقش مهمی در کنترل کانی‌سازی نیز دارند، می‌باشد (شکل ۴-ب).




الف

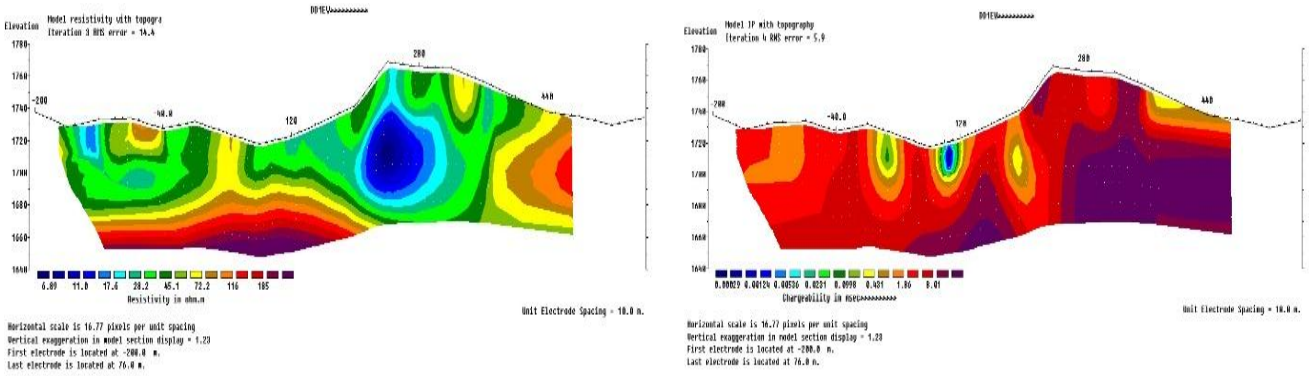



ب

**شکل -۴-الف- نقشه بارپذیری برداشت شده با آرایه مستطیلی،ب- نقشه بارپذیری برداشت شده با آرایه مستطیلی**

**مدلسازی شبه مقطع پروفیل DD 1**

با توجه به برداشت شبه مقطع دو قطبی روی ناهنجاری‌های بارپذیری و با توجه به توپوگرافی محدوده برداشت شده، مدلسازی شبه مقاطع دو قطبی دوقطبی‌ها با استفاده از نرم‌افزار Res2dinv انجام و شکل و موقعیت بهینه ناهنجاری‌ها در امتداد پروفیل‌های برداشت شده مشخص گردید.از بررسی مدل ناهنجاری بارپذیری دو زون که دارای شدت بارپذیری زیاد و در بخش هایی مقاومت ظاهری کم بوده و کاهش مقاومت در آن ناشی از وجود شیل و یا وجود مواد سولفوره می‌باشد،مشاهده گردید.(شکل ۶ -الف وب)

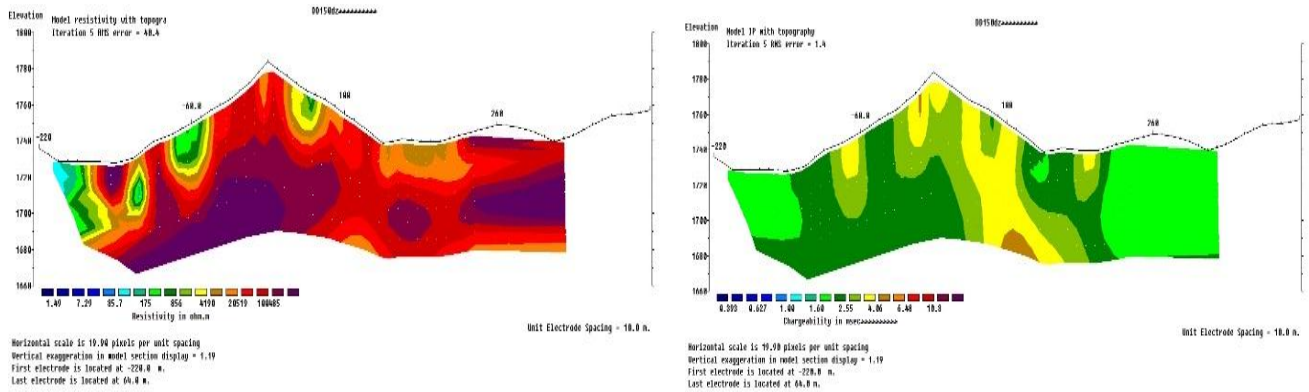


ب الف

**شکل- ۶- الف-نقشه مدل سازی بارپذیری پروفیل DD 1 .ب- نقشه مدل سازی مقاومت ویژه پروفیل DD 1**

**مدلسازی شبه مقطع پروفیل DD 150**

این پروفیل جهت بررسی ادامه و گسترش زون ناهنجاری بارپذیری با فواصل الکترودی ۲۰، ۶۰ متر اندازه گیری شده است. از بررسی مدل ناهنجاری بارپذیری چند زون اصلی قابل مشاهده است. هر چند مقادیر بارپذیری کم بوده است ولی بی هنجاری نزدیک ایستگاه مبنا که در نقشه بارپذیری آرایش مستطیلی از ایستگاه ۶۰ تا ایستگاه ۲۰ جنوبی امتداد دارد بعنوان محدوده امید بخش قابل معرفی می‌باشد (شکل۷ -الف وب).

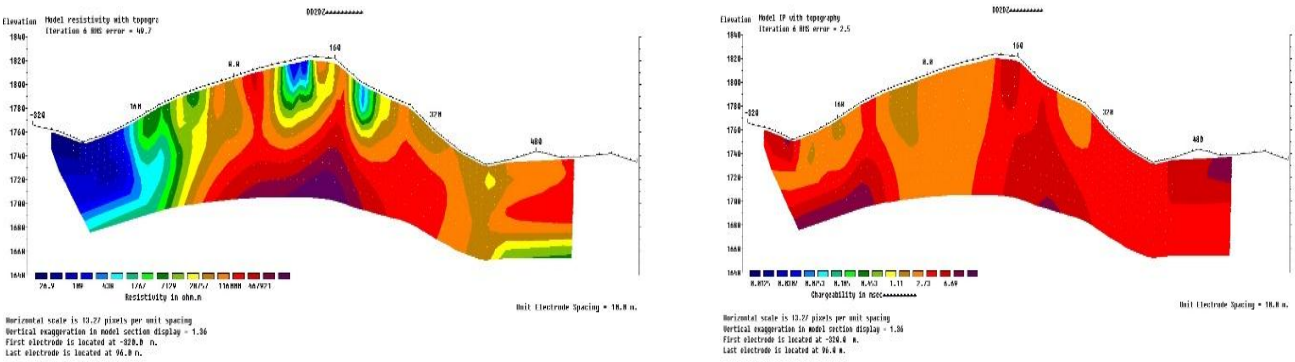


ب الف

**شکل -۷-الف- نقشه مدل سازی بارپذیری پروفیل DD 150 ،ب- نقشه مدل سازی مقاومت ویژه پروفیل DD 150**

**مدلسازی شبه مقطع پروفیل DD 2**

این پروفیل جهت بررسی ادامه و گسترش زون ناهنجاری بارپذیری غرب شبکه برداشت با فواصل الکترودی ۴۰ متر طراحی و اندازه گیری گردیده است. از بررسی مدل ناهنجاری بارپذیری چند زون قابل مشاهده است: زون واقع در زیر ایستگاه ۲۰ جنوب غربی در اولویت اول که دارای شدت بارپذیری زیاد و زون واقع در زیر ایستگاه ۲۶۰ شمال شرقی در اولویت دوم بعنوان محدوده امید بخش قابل معرفی می‌باشد (شکل ۸- الف و ب).



ب الف

**شکل -۸-الف- نقشه مدل سازی بارپذیری پروفیل DD 2 وب- نقشه مدل سازی مقاومت ویژه پروفیل DD 2**

**روش فرکتالی عیار– حجم**

اساس روش فرکتالی عیار–حجم بر این حقیقت استواراست که با افزایش عیار، حجم دربرگیرنده آن و عیارهای بالا کمتر می‌شود و در واقع این دو پارامتر با یکدیگر دارای رابطه عکس می‌باشند. با رسم نمودار لگاریتمی عیار–حجم می‌توان مشاهده کرد که شیب منحنی در نقاطی تغییر شدیدی می کند که این موضوع نشان دهنده تغییرات شدید در جوامع عیاری است که این امر خود متاثر از تغییر در شرایط زمین‌شناسی و کانی زایی می‌باشد. بطورکلی این روش بر اساس فرمول زیر تعریف می گردد (Afzal et al. 2011).

$$V(\geq\rho) \propto \rho^{-D} \qquad (1-1)$$

در رابطه فوق V حجم کانسنگ دربرگیرنده عیارهای بزرگتر و برابر ρ در کانسار مورد مطالعه و D بعد فرکتال است. بطور کلی می‌توان گفت روش نوین عیار–حجم توانایی زیادی در تفکیک زون‌ها و رگه‌های پرعیار از کم عیار دارد، علت این امر توجه روش عیار–حجم به هندسه فرکتالی که همان هندسه کانسار است و نیز در نظر گرفتن عیار عنصر اصلی و حجم کانسنگ دربرگیرنده آن می‌باشد. از مزایای استفاده از روش فرکتالی عیار–حجم ترسیم منحنی فرکتالی با توجه به مشخص بودن حجم هر ریزبلوک و عیار مربوط به آن می‌باشد که درنهایت منجر به تشخیص و جدایش جوامع گوناگون عیاری و رگه‌های پرعیار از کم عیار می‌گردد.بعد از مرتب کردن و حذف داده‌های خارج از ردیف، نمودار لگاریتمی

عیار-حجم زیر برای جدایش بخش آنومالی و زمینه، و ورود به محدوده آنومالی ترسیم گردیده است. محور افقی لگاریتم بارپذیری و مقاومت ویژه می‌باشد.آنچه که از نمودار لگاریتمی عیار -حجم بارپذیری نتیجه می‌شود، به شرح زیر است:

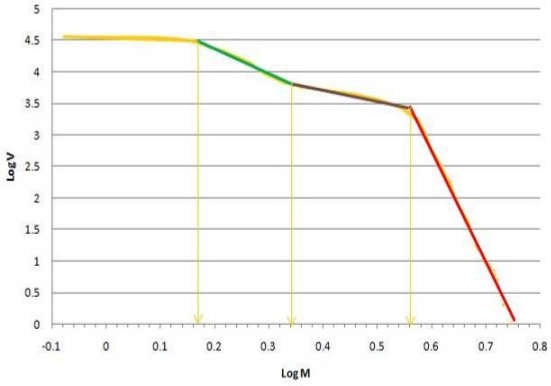
۱- بارپذیری حد زمینه کمتر از ۱/۴۷ می‌باشد.

۲- بارپذیری زمینه تا محدوده آنومالی بالاتر از ۱/۴۷ می‌باشد.

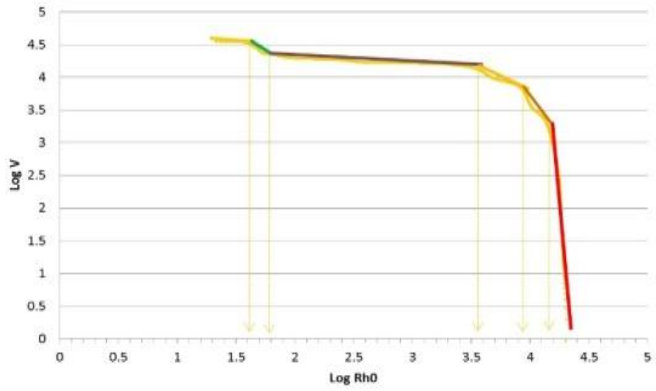
۳- از ۱/۴۷تا ۳/۶۳ آنومالی می‌باشد.

۴- از ۳/۶۳ به بالا آنومالی اصلی و مهم می‌باشد.

آنچه که ازقسمت الف نتیجه می شود اینست که، بخشی از منحنی پردازش شده دارای شیب نسبتاً کم و نزدیک به افق می‌باشد. این قسمت نشان دهنده منطقه‌ای است که آنومالی آن بارز نبوده و بطور کلی به آن ارزش زمینه می گویند. ارزش این قسمت که به رنگ زرد در منحنی نشان داده شده است، کمتر از ۱/۴۷ می‌باشد به ترتیب میزان ارزش موجود در نقطه شکست برای منحنی لگاریتمی آمده را می‌توان درجدول زیر مشاهده نمود(جدول-۱- الف).و اما، قسمت ب نموداراز چند نقطه شکست تشکیل شده است که بیان کننده محدوده‌های مقاومتی متفاوتی می‌باشد. این نقاط شکست منحنی نشان دهنده شرایط و ساختارها و حتی لیتولوژی متفاوت از هم می‌باشد، که با عبور از مرز، موجب شکست منحنی می گردد. طبق نقاط شکست و جدول عیاری نمودار گسترده ترین محدوده مقاومتی مربوط به ۵۶ میلی اهم تا ۳۵۰۰ میلی اهم می‌باشد که با توجه به گستردگی آهک‌ها در منطقه می‌توان آن را به آهک نسبت داد و مورد تفسیر قرار داد(شکل-۹-الف وب).




الف




ب

**شکل-۹-الف- نمودار لگاریتمی عیار - حجم برای بارپذیری،ب- میزان مقاومت ویژه موجود در نقطه شکست**

| X(Log IP) | $10^x$ |
|---|---|
| 0.17 | 1.479108388 |
| 0.34 | 2.187761624 |
| 0.56 | 3.630780548 |

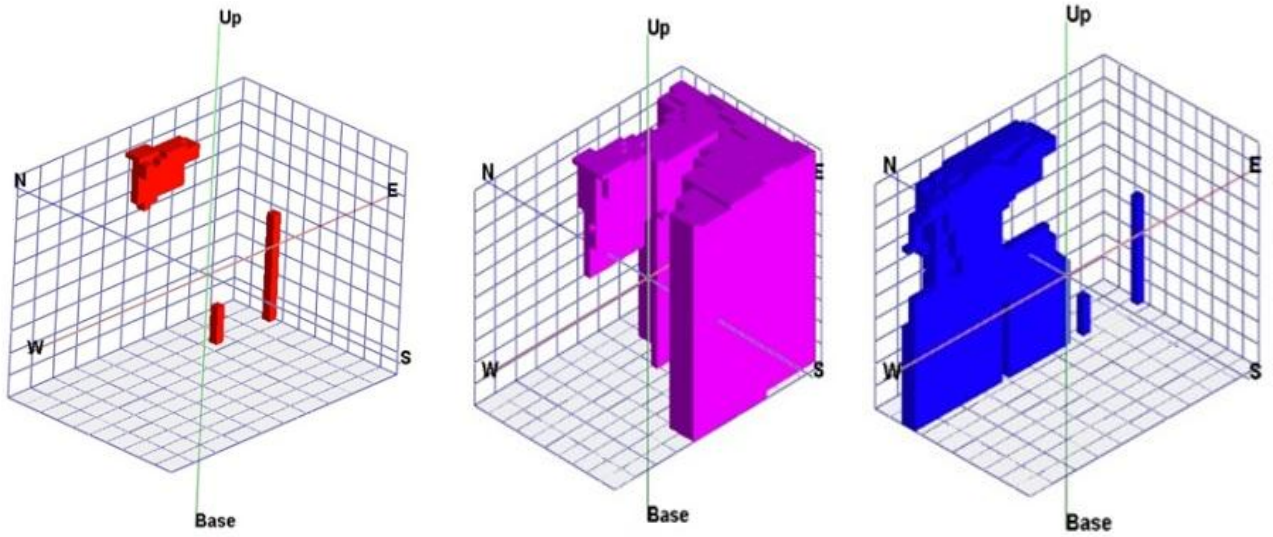
الف

| X(Log Rh0) | $10^x$ |
|---|---|
| 1/6 | 39/81071706 |
| 1/75 | 56/23413252 |
| 3/55 | 3548/133892 |
| 3/9 | 7943/282347 |
| 4/15 | 14125/37545 |

ب

**جدول-۱- الف- میزان ارزش عیاری برای نقطه شکست وب- میزان مقاومت ویژه موجود در نقطه شکست**

با تلفیق مناطق با کمترین مقاومت ویژه الکتریکی و بیشترین بارپذیری از نتایج روش لگاریتمی عیار-حجم در نرم‌افزار RockWorks مدل سازی نموده یک منطقه بابیشترین پتانسیل (پتانسیل سولفیدی) به دست می‌آید. بیشترین احتمال کانه‌زایی را به ما می‌دهد.طبق مدلسازی‌های سه بعدی از نتایج فرکتالی این مناطق با بیشترین پتانسیل کانه‌زایی در قسمت شرق وشمال منطقه موردمطالعه ماقرار داردکه آنومالی شمالی دارای عمق کمتر و گستردگی بیشتری می‌باشد (شکل ۱۰-الف وب و ج).




ج ب الف

**شکل-۱-الف- مدل سه بعدی بیشترین بارپذیری،ب- مدل سه بعدی کمترین مقاومت ویژه،ج- مدل سه بعدی تلفیق بارپذیری و مقاومت ویژه الکتریکی با روش فرکتال**

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

از مجموع نتایج ارائه شده در خصوص شبیه سازی و مدل سازی معکوس داده‌های پلاریزاسیون القایی و مقاومت ویژه می‌توان نتیجه گرفت که تفسیر داده‌های خام اولیه بدون شبیه سازی و مدل سازی می‌تواند منجر به نتایج انحرافی در تفاسیر گردد لذا نظر به حجم بسیار زیاد مقالات به چاپ رسیده و در حال چاپ در مجلات معتبر جهان در خصوص استخراج اطلاعات نهفته از درون داده‌های خام اولیه و همچنین نتایج بدست آمده در این پژوهش، ضرورت انجام چنین بررسی‌هایی اجتناب ناپذیر می‌نماید. از مجموع نتایج ارائه شده در خصوص شبیه سازی و مدل سازی معکوس داده‌های پلاریزاسیون القایی و مقاومت ویژه می‌توان نتیجه گرفت که تفسیر داده‌های خام اولیه بدون شبیه سازی و مدل سازی می‌تواند منجر به نتایج انحرافی در تفاسیر گردد لذا نظر به حجم بسیار زیاد مقالات به چاپ رسیده و در حال چاپ در مجلات معتبر جهان در خصوص استخراج اطلاعات نهفته از درون داده‌های خام اولیه و همچنین نتایج بدست آمده در این پژوهش، ضرورت انجام چنین بررسی‌هایی اجتناب ناپذیر می‌نماید.

◇◇◇◇◇◇◇

**منابع فارسی :**


۱. افضل، پ. خاکزاد، ا. معارف‌وند، پ. رشیدنژادعمران، ن. فداکارالقلندیس، ی. (۱۳۸۹). استفاده از روش فرکتالی عیار- حجم در جدایش زون‌ها در کانسارهای پرفیری، فصلنامه علوم زمین شماره ۷۸، ص۱۷۲-۱۶۸.

۲. افضل، پ. خاکزاد، ا. معارفوند، پ. رشیدنژاد عمران، ن. اسدی هارونی، ه. (۱۳۹۲). جداسازی زون‌های کانیسازی در کانسار مس پورفیری کهنگ اصفهان با استفاده از روش نوین فرکتالی عیار- حجم، مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۸۱ ، سال ۲۱ ، ص ۹۵ تا۱۱۲ .

۳. محجل، م. ناکینی، ع. تدین، م. (۱۳۹۲). گزارش زمین‌شناسی معدن دره‌زنجیر، ص۳۴. سی و دومین گردهمائی و نخستین کنگره تخصصی بین المللی علوم زمین.

۴. ناکینی، ع. محجل، م. تدین، م. (۱۳۹۲). ساختار راندگی در معدن دره‌زنجیر (جنوب باختر یزد)، سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره تخصصی بین المللی علوم زمین.


◇◇◇◇◇◇◇

**References:**


1. Afzal, P. Dadashzadeh Ahari, H. Rashidnejad Omran, N. Aliyari, F. 2013. Delineation of gold mineralized zones using concentration-volume fractal model in Qolqoleh gold deposit, NW Iran, Ore Geology Reviews, v. 55, p. 125-133.
2. Afzal, P. Fadakar Alghalandis, Y. Khakzad, A. Moarefvand, P. Rashidnejad Omran, N. 2011. Delineation of mineralization zones in porphyry Cu deposits by fractal concentration–volume modeling, Journal of Geochemical Exploration, Vol. 108, p.p. 220–232.
3. Cheng, Q. Agterberg, F. P. Ballantyne, S. B. 1994. "The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods", Journal of Geochemical Exploration, Vol. 51: 109–130.
4. Cheng, Q. Agterberg, F. P. 1995. "Multifractal modeling and spatial point processes", Math. Geol. Vol 27: 831–845.

# زمین‌شناسی،سنگ‌شناسی و الگوی تشکیل کانسار مس کلوت‌بلند، جنوب دامغان

یونس سرنخشی*، دانشجوی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود
ysarnakhshi@shahroodut.ac.ir
فرج ا... فردوست، استادیار زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود
مهدی رضایی کهخائی، استادیار پترولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود

## چکیده
کانسار مس کلوت‌بلند در ۱۲۰ کیلومتری جنوب دامغان، ۵۰ کیلومتری جنوب‌غرب معلمان و در بخش شمالی پهنه ساختاری-رسوبی ایران مرکزی واقع شده است. براساس نقشه زمین‌شناسی-معدنی منطقه واحدهای سنگی محدوده اکتشافی شامل بازالت، آندزیت، آندزیت-بازالت و توف می‌باشد. کانه‌زایی به صورت رگه-رگچه‌ای، شکافه‌پرکن و پرکننده فضای خالی در داخل واحد آندزیت و آندزیت – بازالت با سن ائوسن رخ داده است. دگرسانی‌های عمده شامل کربناتی، سیلیسی، آرژیلیتی، لیمونیتی و هماتیتی شدن می‌باشد. براساس مطالعات کانه‌نگاری، کانی‌های اولیه شامل کالکوسیت، پیریت و مس طبیعی و کانی‌های ثانویه شامل مالاکیت، آزوریت، گوتیت و اکسید و هیدروکسیدهای آهن می‌باشند. کانی‌های کوارتز، کلسیت و زئولیت کانی‌های باطله‌های کانسار را تشکیل می‌دهند. براساس شواهد بحث شده به‌نظر می‌رسد که کانسار مس کلوت‌بلند یک کانسار اپی‌ژنتیک، هیدروترمالی دما پایین باشد.

**کلیدواژه**: زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، الگوی‌تشکیل، مس، کلوت بلند، جنوب دامغان

# Geology, petrology and genesis of the long Kalut copper deposit, south of Damghan

Younes Sarnakhshi*[1]; Farajollah Fardous [2]; Mehdi Rezaei Kahkhaei[3]
[1]M.Sc. Student in Economic Geology, Shahrood University of Technology,
ysarnakhshi@shahroodut.ac.ir
[2] Assistant Professor in Economic Geology, Shahrood University of Technology,
[3]Assistant Professor in Petrology, Shahrood University of Technology

## Abstract
long Kalut coppr deposit is located in 120 km south of Damghan, 50 km Southwest of Moaleman, 20 km west of the village of Reshm and in the central Iran structural zone. Accordin to map geology- mineral area, rock units of the deposit area include basaltic, andesitic, andesitic-basalte and tuff units. . Mineralization occurred vein-veintles, open space filling and emptying filler inside andesite and andesite-basaltic unite with Eocene age. Major alterations are include carbonate, silica, argelitic, limonite and hematite. According to mineralization studies early minerals include Chalcocite, Pyrite, Native Copper and secondary Malachite, Goethite, Azurite, oxid and hydroxid Fe. Quartz, Calcite and zeolite minerals are dominant gangue minerals. Based on the evidence, it is likely that the long kalut copper deposit is an epigenetic, hydrothermal deposit and possibly epithermal.

**Keywords**: Geology, petrology, Genesis, copper, long Kalut, Damghan

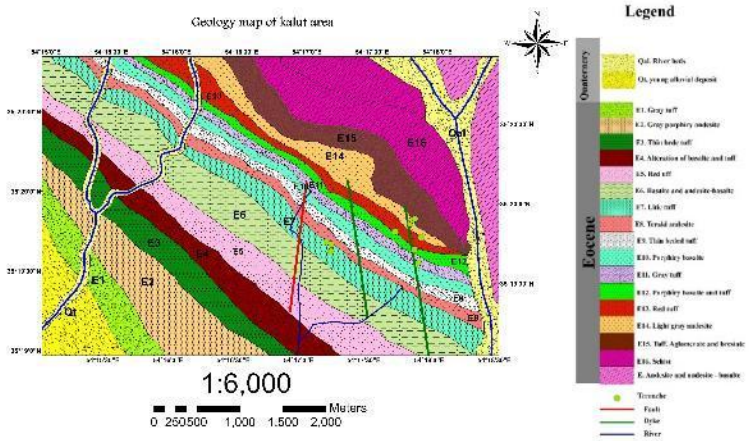
## مقدمه:
کانسار مس کلوت بلند در حدود ۱۲۰ کیلومتری جنوب غربی دامغان، ۵۰ کیلومتری جنوب غرب معلمان، در استان سمنان با مختصات جغرافیایی ´۱۹ °۳۵ عرض شمالی و ´۱۷ °۵۴ طول شرقی واقع شده است. این منطقه از جمله مناطق پتانسیل‌دار برای اکتشاف مس بوده و همچنین، مجموعه‌ای از کانی‌های دگرسانی و فلزی را در کنار هم برای مطالعه دقیق یک سامانه کانه‌زایی فراهم کرده است. جنبه‌های مختلف رخداد زمین‌شناختی در محدوده کلوت‌بلند بررسی شده است و در پژوهش حاضر به مطالعه سنگ‌شناختی سنگ‌های میزبان، کانه‌زایی، جزئیاتی در

زمینه دگرسانی گرمابی و کانه‌زایی فلزی و این سامانه رگه‌ای، به‌منظور درک بیشتر نحوه کانی‌سازی و ارائه یک الگوی اکتشافی مناسب در منطقه پرداخته شده است.

## بحث

### سنگ شناسی منطقه

محدوده اکتشافی در بخش شمالی پهنه ساختاری ایران‌مرکزی واقع است. سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی میزبان توده‌های نفوذی نیمه عمیق منطقه، هم‌ارز سازند کرج متعلق به دوره ائوسن با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالت، بازالت، تراکی آندزیت و سنگ‌های آذرآواری رخنمون دارند و روند عمومی آنها شمال‌غربی-جنوب‌شرقی و شیب حدود ۸۰ درجه در جهتجنوب‌غرب دارند. براساس نقشه زمین‌شناسی-معدنی بزرگ‌مقیاس(شکل۱)، واحدهای سنگی میزبان کانه‌زایی به شرح زیر معرفی می‌گردند.




شکل ۱) نقشه زمین‌شناسی-معدنی بزرگ مقیاس محدوده معدنی

### الف:واحد آندزیت و تراکی آندزیت(E2-E8-E14)

در منطقه کلوت‌بلند این واحد با گسترش محدود و اغلب همراه با سنگه‌ای آندزیتی رخنمون دارند .گدازه‌های آندزیتی و تراکی‌آندزیتی در سطح هوازده به رنگ خاکستری متمایل به قهوه‌ای و در سطح تازه خاکستری تیره و در برخی نقاط به دلیل آغشتگی اکسیدهای آهن به رنگ قرمز مشاهده میشود. در مطالعات میکروسکوپی کانی‌های اصلی شامل؛ پلاژیوکلاز، پیروکسن، و هورنبلند است. بلورهای پلاژیوکلاز بیش از ۷۰-۶۵ درصد حجم این سنگ‌ها را تشکیل داده و بعضاً آثار چرخش محلول‌های آهن‌دار در شکستگی‌های آنها مشاهده می‌شود. سرسیتی شدن به مقدار نسبتاً فراوان بلورهای این کانی را تحت تأثیر قرار داده است. پیروکسن‌ها بصورت فنوکریست‌های بی‌شکل و یا بصورت ریز بلور در زمینه سنگ وجود دارند و بشدت دچار انحلال و خوردگی شده‌اند. کانی‌های ثانویه را کلسیت، کوارتز، سرسیت و کلریت تشکیل می‌دهند.

### ب:واحد آندزیت-بازالت(E6-E)

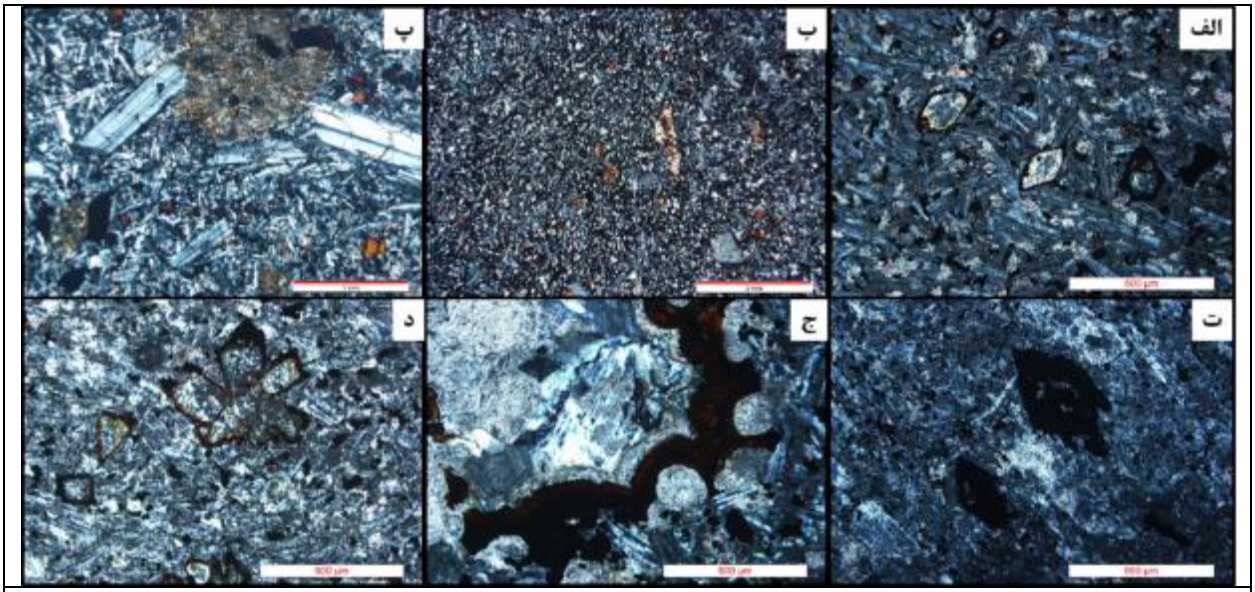
در مشاهدات صحرایی بصورت همشیب، همروند و با مورفولوژی خشن نسبت به سایر واحدها رخنمون دارند و اغلب به رنگ سبز تا خاکستری تیره و گاهی قرمز( آغشتگی به اکسید آهن )مشاهده می‌شوند. در مقطع میکروسکوپی دارای بافت میکروپورفیری با زمینه میکرولیتی -جریانی می‌باشند. کانی‌های اصلی از جمله پلاژیوکلاز، کانی‌های فرومنیزین( پیروکسن، آمفیبول و هورنبلند )و الیوین، به صورت شکل‌دار و بیشکل در زمینه میکرولیتی قرار دارند. پلاژیوکلازها به سرسیست و کلسیت دگرسان شده‌اند .کانی‌های ثانویه شامل کوارتز، کلسیت و کلریت به صورت بافت بادامکی و رگه -رگچه‌ای دیده می‌شوند.

### پ:واحد بازالت(E4-E10-E12)

گدازه‌های بازالتی در مشاهدات صحرایی به رنگ سیاه تا سبز تیره و در نمونه دستی به رنگ خاکستری تیره هستند. از لحاظ ویژگی‌های پتروگرافی، دارای فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، اکتینولیت و الیوین که در زمینه‌ای از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول، الیوین و کانی‌های کدر قرار دارند. پلاژیوکلازها بیشترین و درشت‌ترین فنوکریست‌های این واحد سنگی می‌باشند که گاهی به سریسیت و کانی‌های رسی دگرسان شده‌اند. اکسیدهای آهن از جمله کانی‌های فرعی موجود در این سنگ‌ها هستندکه لکه‌های قهوه‌ای رنگ و بی‌شکلی را در سطح مقطع ایجاد نموده‌اند. ازکانی‌های ثانویه می‌توان به کلسیت، کلریت و سریسیت اشاره کرد .پرشدن حفرات کروی و بیضوی توسط کانی‌هایی از جمله کلسیت و سیلیس سبب تشکیل بافت بادامکی شده است. بافت‌های میکرولیتی و پورفیری و گلومروپورفیری از بافت‌های اصلی بازالت‌ها هستند.

### ت:واحد توف(E1-E3-E5-E7-E9-E11-E13-E15)

در مشاهدات صحرایی این واحد بخش اعظم محدوده مورد مطالعه را در برمی‌گیرد و به صورت همروند با واحدهای گدازه‌ای رخنمون دارند و به رنگ‌های قهوه‌ای تا قرمز و خاکستری متمایل به سبز و با دگرسانی بسیار شدید مشخص می‌شوند. سنگ‌های آذرآواری منطقه در رده کریستال‌توف، لیتیک توف و آگلومرا قرار می‌گیرند .آگلومراها در مشاهدات صحرایی به رنگ قهوه‌ای تا قرمز و درون این مجموعه به خصوص در منطقه کلوت‌بلند گسترش وسیعی دارند. توف‌های منطقه موردمطالعه به طور عمده از نوع کریستال‌توف خاکستری رنگ با مورفولوژی سخت و کریستال‌لیتیک‌توف قرمز رنگ با مورفولوژی نرم هستند. کریستال‌های این واحد از نوع کوارتز، پلاژیوکلاز، اکسید-آهن، کانی‌های کدر و کلسیت به مقدار فراوان در زمینه خاکستری تا سبز شیشه‌ای قرار گرفته‌اند.



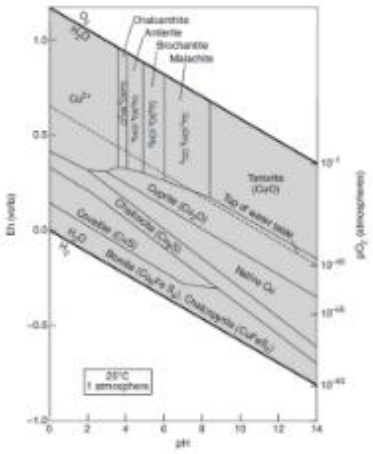

شکل۲: الف-بلور هورنبلند در مرکز تصویر که از اطراف به اکسید آهن تبدیل شده است. ب-نشان دهنده بلورهای الیوین که ادینگزیتی شده اند. پ-بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن های دگرسان شده که بافت پورفیری را ایجاد کرده اند. ت-برش عرضی بلور هورنبلند که در تصویر به رنگ تیره قابل مشاهده است. ج-بلورهای کلسیت درسمت چپ، زئولیت در مرکز و اکسید آهن در سمت راست که تشکیل بافت کلوفرمی را داده‌اند. د-بلورهای پیروکسن به صورت تجمعی در مرکز تصویر قرار دارند و تشکیل بافت گلومروپورفیری را داده‌اند.

## کانی‌شناسی، ساخت، بافت و دگرسانی

براساس مطالعات میکروسکوپی کانی‌های تشکیل دهنده ماده معدنی شامل کالکوسیت، پیریت و مس طبیعی و کانی‌های ثانویه شامل مالاکیت، آزوریت، گوتیت و اکسید و هیدروکسیدهای آهن و کانی‌های باطله شامل کوارتز، کلسیت و ژیپس می‌باشند. ماده معدنی در کانسار مس کلوت‌بلند دارای ساخت و بافت رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، حفره‌پرکن، پورفیری، آمیگدالوئیدال و گلومروپورفیری می‌باشد. مهم-ترین دگرسانی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه شامل دگرسانی کربناته، سیلیسی، آرژیلیتی، هماتیتی و لیمونیتی می‌باشند. دگرسانی هماتیتی گسترش وسیعتری نسبت به بقیه دگرسانی‌ها دارد.

## محیط ژئوشیمیایی رخداد کانه‌زایی

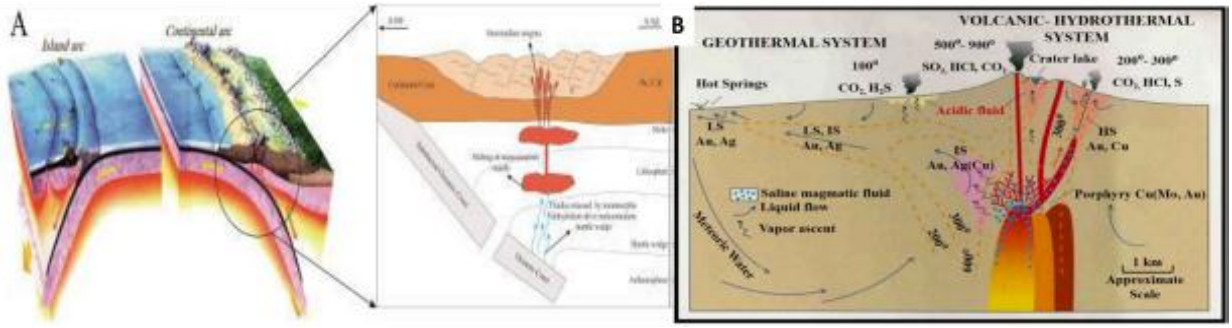
کانسارها در شرایط فیزیکی و شیمیایی مختلف و در تیپ‌های متفاوت تشکیل می‌شوند. این شرایط شامل PH و EH، عمق، حرارت و فشار محیط است که سبب تشکیل پاراژنز کانیایی خاصی می‌شود. همین امر سبب اختلاف در نوع و ترکیب کانی‌شناسی و نهایتاً به‌وجود آمدن دگرسانی‌ها پهنه‌بندی‌های گوناگون در کانسارهای مختلف می‌گردد. همانطور که می‌دانید مس تحت شرایط اکسیداسیون و اسیدی به‌ویژه (PH=6) مهاجرت می‌کند که در این شرایط، سولفیدهای مس به‌سادگی به سولفات‌ها اکسیده می‌شوند و مس به‌صورت $Cu^{2+}$ آزاد می‌شود. لازم به ذکر است که مس از پهنه اکسیدان توسط آب‌های فرورو حمل و در زیر سطح آبهای زیرزمینی به دلیل افزایش PH و کاهش EH به صورت سولفید یا مس طبیعی برجای گذاشته می‌شود. پهنه احیایی به دلیل افزایش عیار اولیه به پهنه غنی شده نیز معروف است که شامل دو پهنه اصلی اکسیدان فوقانی و غنی شده می‌باشد. عنصر مس در حالت یک ظرفیتی به عناصر قیمتی مانند طلا و نقره و در حالت دو ظرفیتی به دیگر سری‌های اول عناصر واسطه Ni ( Co و Fe ) شباهت دارد. در پهنه اکسیدان فوقانی مقادیر بالای گوتیت و کانی‌های مس اکسیدی مانند مالاکیت، البته تحت شرایط آب و هوایی بسیار خشک تشکیل می‌شوند. در پهنه غنی شده مس، کالکوسیت مهم‌ترین کانی گزارش شده است. همچنین مقداری کوولیت در بالای کالکوسیت و در مرز بین شرایط اکسیداسیون و احیا یافت می‌شوند (ناهیدی‌فر،۱۳۹۳) عوامل شیمیایی نقش مهمی در ته‌نشینی عنصر مس در منطقه مطالعاتی دارد، برطبق ( شکل۳) عنصر مس در شرایط اسیدی و اکسیدکننده در سیالات هیدروترمالی می‌تواند انتقال یابد و با توجه به این مسئله که فلزات قلیایی و قلیایی خاکی، به طور فراوان در منطقه حضور دارند (مانند رگه‌های کلسیتی فراوان در سیستم درز و شکستگی‌ها و حفره‌ها)، می‌توان نتیجه گرفت که با وارد شدن عناصری مانند Ca به سیالات کانه‌دار، این سیالات قلیایی‌تر شده و در نتیجه تشکیل کمپلکس‌هایی چون $CuCl_2^-$ و $CuCl_3^{2-}$ تا حد زیادی افزایش می‌یابد.




شکل۳:نمودار PH و EH که نشان‌دهنده زمینه پایداری کانی‌های مس‌دار است(Robb,2004)

## الگوی تشکیل و نحوه کانه‌زایی صورت گرفته

کانی‌سازهای اپی‌ترمال معمولاً در قسمت فوقانی پوسته زمین تا عمق ۱۰۰۰ متری و زیر سطح ایستابی آب تشکیل می‌شوند. منشأ اولیه سیستم های هیدروترمالی، از گرمای ماگمایی و تا حدودی از بالا آمدن چرخه آب‌های سطحی عمیق در طول گسل‌های حوضه نشأت میگیرند (Simmons et al., 2005). این نوع نهشته‌ها اغلب از ماگماتیسم حاصل می‌شوند و در مجاور و بالای توده‌های نفوذی و یا فاصله کمی از آن تشکیل می شوند (Carman, 2003). معیارهای زمین‌شناسی و ویژگی‌های اولیه نهشته‌های اپی‌ترمالی، عبارتند از: ۱-در موقعیت شکاف قوس ماگمایی و مرز صفحات همگرا تشکیل می‌شوند. ۲-در حاشیه دهانه‌های فعال یا غیر فعال آتشفشانی واقع شده‌اند. ۳-در مناطق ژئوترمالی فعال و غیرفعال همراه با نهشته‌های نقره و با خرده برش‌های سیلیسی شناخته شده است (Carew, 2004; Anne et al., 2013). طبقه‌بندی‌های مختلفی از جمله کانی‌شناسی، دگرسانی، PH ، سولفیداسیون و اکسیداسیون برای آن‌ها در نظر می‌گیرند. کانسارهای اپی‌ترمال براساس سولفیداسیون به سه دسته سولفید پایین (L.S)، سولفید متوسط (I.S) و سولفید بالا (H. S) تقسیم می‌شوند (Simmons et al., 2005) (شکلA-۴). از مهم‌ترین فاکتورهای مطالعه هر کانسار، توجه به عوامل کنترل‌کننده تشکیل و تمرکز ماده معدنی به‌منظور معرفی و ارائه الگویی مناسب جهت شناسایی و اکتشاف ذخایر جدید در مناطق با شرایط زمین‌شناسی مشابه می‌باشد که در گرو شناخت دقیق عوامل کنترل‌کننده تشکیل و نحوه تمرکز ماده معدنی است. همانطور که می‌دانید، پیامد فرورانش ورقه اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران مرکزی، در بخش‌های شمالی پهنه ایران مرکزی، در ائوسن سبب رژیم کششی شده است که در نتیجه آن حوضه‌های فروافتاده کم عمق تا نسبتاً عمیق در مقیاسی گسترده تشکیل شده‌اند. منطقه مورد مطالعه نیز در طی ائوسن زیرین میانی( تا قبل از لوتسین- پسین)، در شرایط کشش بوده است که امکان بالا آمدن ماگمای بازالتی از گوشته بالایی به سوی پوسته فراهم شده است. ماگمای بازالتی در حین بالا آمدن در بخش‌های بالایی پوسته جای گرفته، در این زمان در بخش‌های بالایی آن گازها و بخارات گرد آمده و در نخستین مرحله، فعالیت‌های آتشفشانی انفجاری را در پی داشته است. در دومین مرحله ماگمای بازالتی به سطح زمین رسیده و به کف دریا ریخته‌اند. این مواد که در ابتدا دارای ترکیب بازالتی بوده‌اند، به سبب جدایش کانی‌های مافیک به سمت ماگمای آندزیتی گرایش یافته‌اند. در طی عبور از این دو پدیده ماگمایی، کف حوضه نشست پیدا کرده و پیشروی دریای لوتسین را به دنبال داشته است( اشراقی و همکاران،1385) و در نهایت مجموعه آتشفشانی رسوبی ائوسن، تحت تأثیر رژیم تکتونیکی تراکم کوتاه مدت قرار گرفته، چین خورده، درهم ریخته و دگرگونی درجه پایین را متحمل شده است( یوسفی،1396). در پایان ائوسن نیز پسروی دریا صورت گرفته و مواد آذرآواری دوباره تشکیل شده‌اند( شکلB-۴ ) همانطور که می‌دانید، کمان‌های ماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای، جزایر قوسی آتشفشانی و نواحی آتشفشانی قاره‌ای وابسته به ساختارهای کششی محیط‌های مناسبی برای تشکیل کانسارهای رگه‌ای اپی‌ترمال محسوب می‌شوند که در منطقه مورد مطالعه به‌دلیل قرارگیری بر روی کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای، مکان مناسبی برای تشکیل این نوع کانسار فراهم بوده است. براساس شواهد بحث شده در بالا ازجمله نوع دگرسانی، کانی‌های تشکیل‌دهنده و نحوه گسترش ماده معدنی، به‌نظر می‌رسد که کانسار مس کلوت‌بلند یک کانسار اپی‌ژنتیک، هیدروترمالی و احتمالاً اپی‌ترمال باشد. همانطور که می‌دانید، سولفیدهای مس به‌طور معمول در حرارت‌های پایین تشکیل می‌شوند، مانند کالکوسیت که در دمای بالاتر از 103 درجه پایدار نیست.




شکل۴) A: مدل شماتیک چگونگی تشکیل کانسارهای اپی‌ترمال سولفید بالا(H.S)، سولفید متوسط(I.S) و سولفید پایین(L.S) (Hedenquist et al., 2000; Cooke and Simmons, 2000). B: در ائوسن میانی، مجموعه آتشفشانی رسوبی ائوسن، تحت تأثیر رژیم تکتونیکی تراکمی قرار گرفته و به‌صورت درهم ریخته، چین‌خورده، گسل‌خورده و دگرگون شده در آمده است. در همین زمان ذوب شدن گوشته بالای ورقه فرورونده تحت آبزدایی ورقه اقیانوسی فرورونده رخ داده است(یوسفی با تغییرات،۱۳۹۶).

## عوامل موثر در تشکیل کانسار مس کلوت بلند

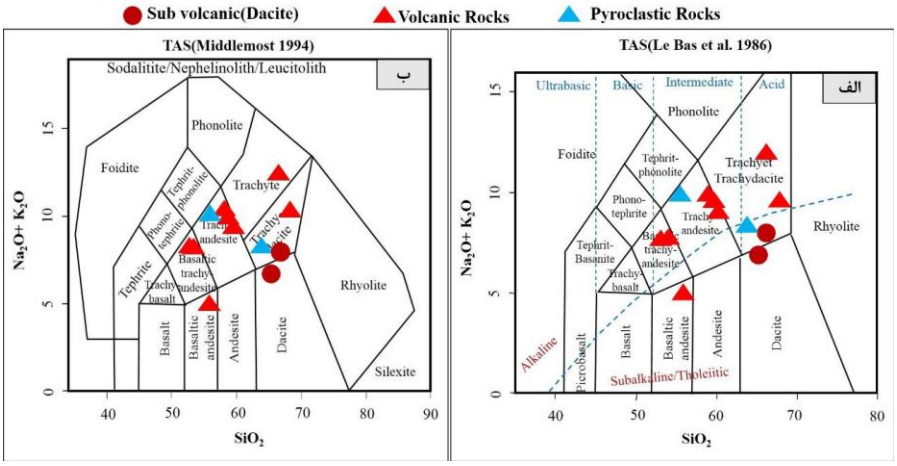
**تکتونیک ناحیه‌ای:** کانسارهای اپی‌ترمال بیشتر در قوس‌های آتشفشانی-نفوذی(جزایر قوسی و همچنین کمان‌های قاره‌ای) مرتبط با رشته فرورانش و ولکانیسم تشکیل می‌شوند(Camprubí and Albinson, 2006). عمق تشکیل این نهشته‌ها، کم و اساساً سنگ‌های آتشفشانی میزبان نهشته‌ها هستند. به نظر می‌رسد منطقه مورد مطالعه احتمالاً به دلیل قرارگیری روی کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای مکان مناسبی برای تشکیل این نوع کانسارها است.

**سنگ میزبان:** براساس مشاهدات صحرایی و مطالعات میکروسکوپی سنگ میزبان کانسار مس کلوت‌بلند غالباً آندزی- بازالت، آندزیت، تراکی‌آندزیت و توف برش است. این سنگ‌ها در نمودارهای(Le Bas et al, 1980; Middlemost, 1994) در محدوده‌ی آندزی- بازالت، بازالت تراکی- آندزیت، تراکی-آندزیت، تراکیت، تراکی- داسیت و داسیت قرار می‌گیرند(شکل۵ الف). همچنین این سنگ‌ها بر روی نمودار(Pearce, 1996 ) که براساس عناصر نادر خاکی طراحی شده بازالت، آلکالی‌بازالت و تراکی-آندزیت را نشان می‌دهد(شکل۵ ب). طبق نمودارهایAFM ( Irvine and Baragar,1971; Jensen, 1976) سنگ‌های منطقه کلوت‌بلند اغلب از نوع سری کالک آلکالن هستند(شکل۶). سنگ‌های تشکیل‌دهنده کانسار مس کلوت‌بلند علاوه بر ماهیت مناسب، به دلیل وجود تخلخل و فضای کافی، محیط مناسبی را برای تمرکز ماده معدنی فراهم کرده است.

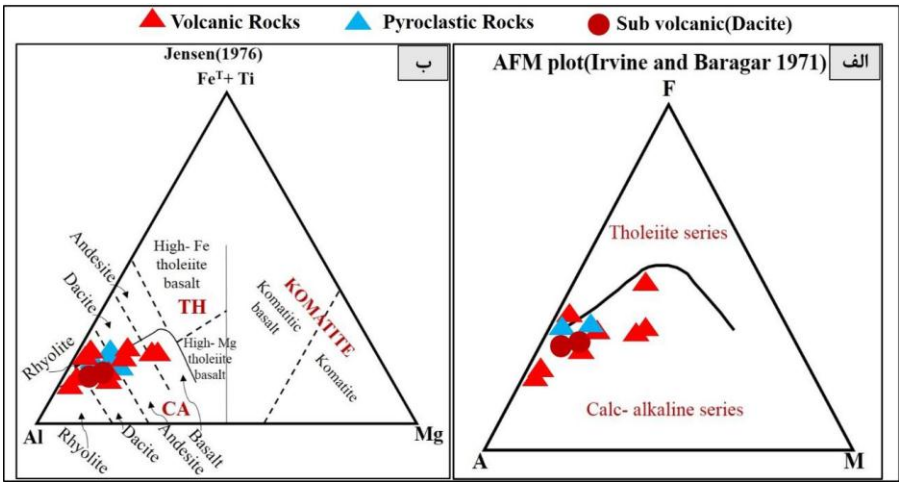
**ساختارهای زمین‌شناسی منطقه:** شکستگی‌ها به ویژه گسل‌ها عامل مهم و اساسی در تشکیل و تمرکز ذخایر معدنی می‌باشند. گسل‌ها و درز و شکاف‌های موجود در سنگ‌میزبان(بخصوص سنگ‌های آذراواری به دلیل فضای کافی برای چرخش سیالات و تمرکز ماده معدنی) کنترل کننده اصلی کانی‌زایی در محدوده اکتشافی کلوت‌بلند است. گسل‌ها و شکستگی‌های کنترل کننده کانی‌زایی در منطقه مورد مطالعه به سه دسته با روندهای شمال‌شرقی- جنوب‌غربی، شمال‌غربی- جنوب‌شرقی و شرقی-غربی تقسیم می‌شوند که روند غالب کانی‌زایی شمال-شرقی-جنوب‌غربی و تقریباً هم روند با گسل اصلی طرود و انجیلو است.

**منبع انرژی حرارتی:** فعالیت‌های آذرین در کانسارهای اپی‌ترمال بعنوان موتور حرارتی و تأمین عناصر لازم جهت تشکیل کانسار نقش مهمی را ایفا می‌کنند. با وجود رخنمون‌های ساب‌ولکانیک داسیتی در محدوده کلوت‌بلند و با احتمال وجود توده‌های نفوذی در عمق، گرمای لازم را جهت تشکیل این کانسار فراهم کرده است.

**منشا سیالات:** در سیستم‌های اپی‌ترمال آب‌های جوی در تشکیل کانسارهای اپی‌ترمال سولفید پایین(LS) و سولفید متوسط(IS) نقش اساسی دارند؛ اما برای تشکیل انواع سولفید بالا(HS)، بیشتر سیالات ماگمایی با شوری بالا و تا حدودی آب‌های جوی تأثیرگذار هستند. در صورت وجود توده‌های نفوذی نیمه‌عمیق یا ساب ولکانیک، کانسارهای اپی‌ترمال سولفید پایین و سولفید متوسط می‌توانند در اثر اختلاط آب‌های جوی و ماگمایی تشکیل شوند. بنا به نظر(Wenlandt, 1997) $Ce^{+3}$ در محیط‌های اسیدی پایداری پایین‌تری از محیط‌های خنثی و قلیایی دارد و با در نظر گرفتن اینکه تقریباً در تمام نمودارهای مربوط به کانسار مس کلوت‌بلند سریوم تحرک چندانی نداشته است، می‌توان PH خنثی(غیر اسیدی) را برای محلول‌های کانه ساز در نظر گرفت. نسبت بسیار پایین La/Y (کمتر از یک) شرایط اسیدی و (بیشتر از یک) شرایط قلیایی دارد. این نسبت در نمونه‌های کانسار مس کلوت‌بلند بین ۱/۳۴-۱/۱۰ متغیر می‌باشد که تقریباً شرایط خنثی تا قلیایی را برای سیال نشان می‌دهد.




شکل۵) موقعیت سنگهای آتشفشانی، آذراواری و سابولکانیک منطقه کلوت‌بلند الف-در نمودار نسبت $Na_2O + K_2O$ درمقابل $SiO_2$، TAS( Le Bas et al. 1986). ب بر روی نمودار TAS (Middlemost, 1994)




شکل۶) موقعیت سنگهای آتشفشانی، آذراواری و سابولکانیک منطقه رباعی الف: درنمودار سه‌تایی Al ، Mg و $Fe^T$+Ti (Jensen, 1976) ب: نمودار (Iravine and Baragar, 1971)

## نتیجه‌گیری

براساس بررسی‌های صحرایی و مطالعات میکروسکوپی کانسار کلوت‌بلند دارای ساخت و بافت رگه رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، حفره-پرکن، آمیگدالوئیدال و گلومروپورفیری می‌باشد و کانی های تشکیل دهنده ماده معدنی شامل کالکوسیت، پیریت و مس طبیعی می‌باشد. منطقه

مورد مطالعه در طی ائوسن زیرین میانی( تا قبل از لوتسین- پسین)، در شرایط کشش بوده است که امکان بالا آمدن ماگمای بازالتی از گوشته بالایی به سوی پوسته فراهم شده است. مشاهدات میکروسکوپی و بررسی‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که کانسار مس کلوت‌بلند یک کانسار هیدروترمال دما پایین، سولفیدپایین می‌باشد.

## منابع فارسی

۱-مسکینی‌سیاهمرد، ش،(۱۳۹۷)، "زمین‌شناسی،سنگ‌شناسی و الگوی تشکیل کانسار مس قیصری، جنوب دامغان"، همایش زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه اصفهان.

۲-یوسفی، ف.،(۱۳۹۶ )، "پتروژنز و زمین‌شناسی ایزوتوپی سنگ‌های آذرین نفوذی پس از ائوسن نوار ماگمایی طرود-احمدآباد( جنوب‌شرق شاهرود)" رساله دکتری، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۳-ناهیدیفر، ل، (۱۳۹۳)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی: " کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس دیان(جنوب دامغان)"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۴-خواجه‌زاده ح، (۱۳۸۸)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد،"پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های آذرین نفوذی شمال معلمان"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۵-ناهیدیفر، ل، (۱۳۹۳)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی: " کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس دیان(جنوب دامغان)"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۶-اشراقی، ص .ع.، جلالی، الف.، (۱۳۸۵ )، " گزارش و نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران

## Reference

1-Robb L. (**2004**) “Introduction to ore forming processes” Blackwell, Oxford.
2-Simmons S. F., White N. C., John D. A. (**2005**) “Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits” Economic Geology 100th anniversary volume, 29, pp.485-522.
3-Carew Michael Jonh., (**2004**), “controls on Cu- Au mineralization and Fe oxide metasomatism in the Eastern Fold Belt” NW Queensland, Australia. PhD thesis, James Cook University.
4-Anne E. Morrel., Corinne A. Locke., John Cassidy., Jeffrey L. Mauk. (**2013**) “Geophysical Characteristics of Adulari- Sericite Epithermal Gold- Silver Deposits in the Waihi- Waitekkauri Region New Zealand”. Economic Geology, v.106, p. 1031-1041.
5-Hedenquist J.W., Arribas A., Gonzalez-Urien E. (**2000**) “Exploration for epithermal gold deposits” Reviews in Economic Geology, 13(2), pp.45-77.
6-Cooke D.R and Simmons S.F. (**2000**), “Characteristics and genesis of epithermal gold deposits”. Reviews in Economic Geology, 13, pp.221-244.
7-Camprubi A., Albinson T. (**2006**) “Depósitos epitermales en México-Actualización de su conocimiento y reclasificación empírica”. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 58(1), 27-81.
8-Wood D.A. (**1980**) “The application of a Th Hf Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province” Earth and planetary science letters, 50(1), pp.11-30.
9-Middlemost E. A. K. (**1994**) “Naming materials in the magma / igneous rock system”. Longman Groun u. k, pp. 73 – 86.
10-Bates R.L Jackson., J. A. (**1980**), “Glossary of geology. American Geological Institute”, Falls church,Virginia,751p.
11-Jensen L.S. (**1976**) “A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks” (Vol. 66). Ministry of Natural Resources.
12-Irvinen T.N.J and Baragar W.R.A.F. (**1971**) “A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks” Canadian journal of earth sciences, 8(5), pp.523-548.

13-Wendlandt R. F., Harrison W. J. (**1997**). "Rare earth partitioning between immiscible carbonate and silicate liquids and CO2 vapor: results and implications for the formation of light rare earth-enriched rocks". Contributions to Mineralogy and Petrology, 69(4), pp. 409-419.
14-Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B. (**1986**) "A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram" **Journal of petrology**, **27(3)**, pp.**745-750**.

# تحلیل داده‌های ژئوفیزیکی مقاومت مخصوص و شارژابیلیته به منظور تعیین نقاط حفاری در محدوده اکتشافی داغ دالی، شمال تکاب

زینب، سلطانی[1*]؛ علی، امامعلی پور[2] ؛ سمانه، برک[3]

[1*]دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن، اکتشاف معدن، دانشگاه ارومیه st_z.soltani@urmia.ac.ir

[2]دانشیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه ارومیه a.imamalipour@urmia.ac.ir

[3]دانشجوی دکتری مهندسی معدن، اکتشاف معدن، دانشگاه ارومیه samaneh_barak@ut.ac.ir

**چکیده :**

محدوده اکتشافی داغ دالی در شمال غرب ایران و در مجاورت کانسار طلای زرشوران تکاب قرار دارد. در این محدوده، کانی‌سازی گرمابی روی-طلا در پیوند با سنگ‌های دگرگونی شیست و دولومیت روی داده است. به منظورشناخت زون-های کانه‌دار در عمق و دست‌یابی به تصویری دقیق از ویژگی‌های زیرسطحی، از روش ژئوفیزیکی مقاومت الکتریکی و قطبش القایی در این محدوده استفاده شد. برای اندازه‌گیری فاکتورهای RS و IP تعداد ۶۶۶ ایستگاه به صورت ۱۲ پروفیل موازی با فاصله‌ی ۵۰ متر از یکدیگر طراحی و اجرا شد. هر پروفیل نیز با ایستگاه‌هایی به فاصله ۲۰ متر از هم تقسیم گردید. سپس نقشه‌های شبه مقطع RS و شبه مقطع IP ترسیم شد. وجود مقادیر IP بالا در مقابل مقاومت پایین می تواند نشانگر وجود کانی‌سازی با قابلیت هدایت فلزی باشد. داده‌های برداشت شده با نرم‌افزار RES2DINV و GIS مدل‌سازی و پس از تفسیر، مناطق کانه‌دار شناسایی شد؛ شواهد زمین‌شناسی در منطقه نقاط حفاری پیشنهادی را مورد تایید قرار داد.

**کلید واژه‌ها**: مقاومت ویژه؛ قطبش القایی؛ RES2DINV؛ داغ دالی، تکاب.

## Resistivity and Chargeability of Geophysical Data Analysis to Determine Drilling Points in Dagh Dali prospect, north of Takab

Zeinab, soltani[1]; Ali, Imamalipour[2]; Samaneh, Barak[3]

**Abstract:**

The Dagh Dali prospect is located in the northwest of Iran and adjacent to Takab Zarshowan gold deposit. In this area, the thermal mineralization of zinc-gold has been associated with schist and dolomite-like metamorphic rocks. In order to detect the mineralized zones in depth and to obtain a detailed picture of subsurface characteristics, the geophysical method of electrical resistance and induction polarization in this range were used. In order to measure RS and IP factors, 666 stations were designed and implemented with 12 parallel profiles at a distance of 50 meters. Each profile is also divided into stations at a distance of 20 meters. Then RS and IP pseudosection maps were mapped. Existence of high IP values against low resistance can indicate the presence of metallic conductivity mineralization. Data obtained by RES2DINV and GIS software was modeled and after interpretation, mineral zones were identified; Geological evidence in the region confirmed the proposed drilling points

**Keywords :** Resistivity; Induction Polarization; RES2DINV; Dagh Dali, Takab.

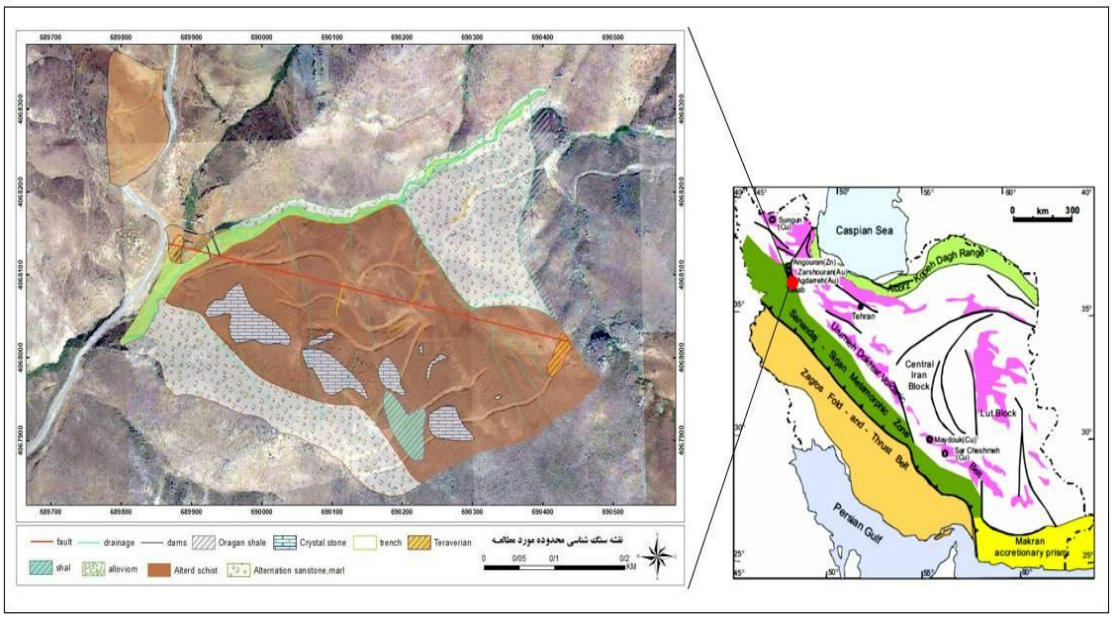
**مقدمه :**

ژئوفیزیک علمی است که قادر به تعیین برخی از خصوصیات فیزیکی زمین از قبیل خواص الکتریکی، مغناطیسی و ... می-باشد، لذا با استفاده از روش‌های ژئوفیزیک می‌توان بخش‌هایی از زمین چون زون‌های کانی‌سازی را که دارای خصوصیات فیزیکی متفاوت از محیط اطراف هستند، شناسایی نمود (شاهی و همکاران، ۱۳۸۹). روش‌های ژئوالکتریکی یکی از مهمترین زیر مجموعه‌ی روش‌های ژئوفیزیک اکتشافی هستند که بر مبنای مطالعه میدان‌های الکتریکی زمین یا ویژگی‌های الکتریکی پیکره‌های زمین‌شناسی و معدنی استوارند. قطبش القایی (IP) یکی از روش‌های معمول و کارآمد در تشخیص کانی‌های سولفیدی و فلزی است. اندازه‌گیری‌های IP معمولا در حوزه زمان یا فرکانس صورت می‌گیرند و بارپذیری، معمول‌ترین متغیر در اندازه‌گیری حوزه زمان محسوب می‌شود. از آنجا که مقاومت ویژه نیز از ویژگیهای ذاتی سنگ و تشکیلات مختلف به شمار رفته و در شناخت وضعیت ساختاری و زمین شناسی منطقه مورد نیاز می‌باشد، به عنوان روش مکمل IP در اکتشاف ذخایر فلزی به کار گرفته می‌شود (Mikhail, 1994). در بررسی‌های ژئوفیزیکی به منظور افزایش دقت و حصول نتایج با صحت بالاتر، از ترکیب چند روش استفاده می‌شود. از این‌رو، برداشت‌های مقاومت سنجی و IP به وسیله آرایش دوقطبی-دوقطبی که پوشش افقی نسبی خوبی دارد و سیگنال آن قوی است و به نوفه‌های تلوریک حساس نیست (Mostafaie et al., 2009)، مناسب‌ترین است. هدف نهایی تمامی اکتشافات ژئوفیزیک کاربردی، رسیدن به تصویری دقیق از ویژگی‌های زیرزمینی است. اما ساختارهای واقعی اغلب خیلی پیچیده هستند. بنابراین سعی می‌شود مدل ساده‌تر که توسط تعداد پارامترهای متناهی کنترل می‌شود؛ طرح گردد (Dey et al., 1979). در این مطالعه برای تفسیر داده‌های IP و RS از مدل‌سازی پیشرو، با استفاده از نرم افزار Res2DINV استفاده شده است. مدل‌سازی به فرایند شبیه-سازی بی‌هنجاری اندازه‌گیری شده توسط یک آنومالی محاسبه شده به وسیله تکنیک‌های عددی وتحلیلی از یک مدل فرضی در زیر زمین و تخمین پارامترهای ژئومتری و فیزیکی آن از آنومالی اطلاق می‌گردد(Hinze, 1990) . نرم افزار Res2dinv روش کمترین مربعات غیر خطی را بکار می برد و محاسبات عددی را با روش های تفاضل محدود و اجزاء محدود انجام می‌دهد(Loke, 2002). شاهی و همکاران، در تحقیق خود به تحلیل و تفسیر داده‌های مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی با استفاده از مدل‌سازی پیشرو با روش غیر خطی کمترین مربعات پرداخته‌اند. در این مطالعه که به منظور شناسایی مناطق حاوی کانی‌سازی طلای لیسوینیتی، بر روی افیولیت‌های شرق کشور و در جنوب بیرجند انجام پذیرفته است، پس از مطالعات صحرایی، اکتشافات نیمه تفصیلی و ژئوشیمیایی، نقاط امید بخش برای عملیات ژئوالکتریک مشخص گردیده و پس از تعبیر و تفسیر داده‌های حاصل از آن، موقعیت، عمق و ابعاد کانی‌سازی جهت حفاری تعیین شده اند (شاهی و همکاران، ۱۳۸۹).

## روش تحقیق:

### زمین‌شناسی منطقه

محدوده داغ دالی به مساحت تقریبی ۲۰ /۷۲۵ کیلومترمربع می‌باشد (شکل ۱). از نظر تقسیم‌بندی زون‌های ساختمانی ایران منطقه مورد مطالعه در محدوده نوار سنندج – سیرجان، زون خوی – مهاباد و محل برخورد زون‌های ساختمانی البرز- آذربایجان و ایران مرکزی می‌باشد. قدیمی‌ترین سنگ‌های موجود در منطقه شامل سنگ‌های شدیدا دگرگون شده پرکامبرین از قبیل میکاشیست، گنایس ، مرمر و آمفیبولیت می‌باشد؛ که دارای امتداد ساختمانی شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشد. توالی چینه‌ای در منطقه با شیست‌های کهر آغاز و به سازند قرمز بالائی ختم می‌شود. فعالیت‌های آتشفشانی در این منطقه در پرکامبرین پسین ،کرتاسه، ائوسن، الیگومیوسن و پس از میوسن رخ داده است. کانی‌سازی در این محدوده نتیجه عملکرد محلول‌های هیدروترمال در امتداد شکستگی‌ها و زون‌های گسله می‌باشد.




شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه (صمیمی، ۱۳۷۱ و Daliran, 2008; stocklin, 1968)

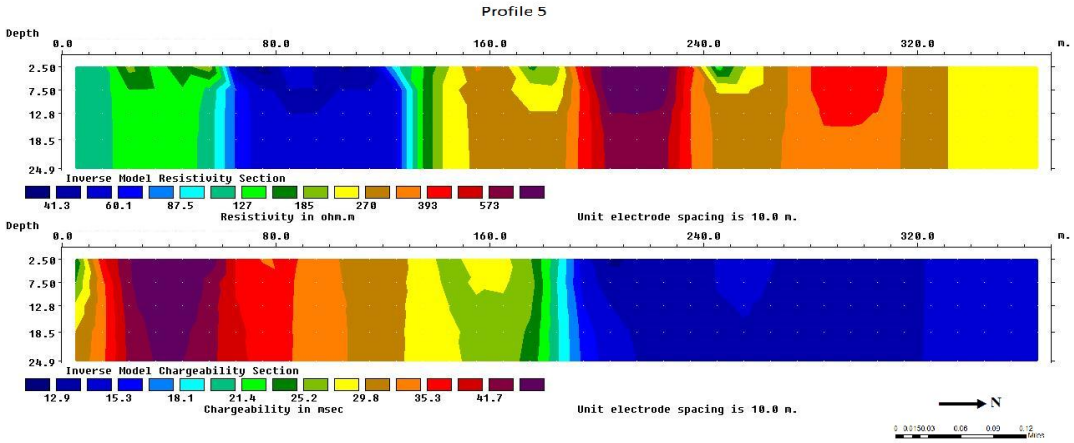
### نحوه انجام عملیات صحرایی و مشخصات دستگاه‌های ژئوفیزیک

برای برداشت داده‌ها در هر محدوده با داشتن اطلاعات زمین‌شناسی و وسعت گستره زون مینرالیزه ابتدا خط مبنایی در امتداد زون‌های مینرالیزه در نظر گرفته شده و با G.P.S این خط در زمین با فواصل ۵۰ متر از یکدیگر علامت‌گذاری و با رنگ مشخص می‌گردد. با توجه به شبکه اندازه‌گیری، ایستگاه‌های اندازه‌گیری با فواصل ۲۰ متر بر روی مقاطعی که عمود بر خط مبنا می‌باشند با G.P.S در زمین پیاده می‌شوند، در مناطق مورد مطالعه برای اندازه‌گیری فاکتورهای IP و RS از دو سری دستگاه‌های IP استفاده گردیده است؛ که شامل یک دستگاه گیرنده رقومی (IPR- 10A) و یک دستگاه ترانسمیتر (TSQ- 3/3000W) و یک دستگاه ژنراتور می‌باشد، اندازه‌گیری در حوزه زمان انجام می‌گیرد.

## تفسیر داده‌های مقاومت ویژه و قطبش القایی

مطالعات ژئوفیزیک در قالب ۱۲ ایستگاه ژئوفیزیکی برداشت شد که به دلیل محدودیت‌های موجود تنها اطلاعات مربوط به یک ایستگاه به صورت مجزا آورده شده است سپس با استفاده از نرم‌افزار GIS نقشه تغییرات IP و RS تهیه گردید.

پروفیل ۵: با توجه به رابطه معکوس IP و Rs مشاهده می‌شود که محل آنومالی IP و Rs کاملا عکس یکدیگرند و از این نظر دو نقشه بر هم منطبق‌اند. در نقشه IP در ابتدای پروفیل مقدار IP افزایش یافته (۳۰ تا ۷۰) است که به نظر می‌رسد این شاخه آنومالی در نتیجه اثرات توپوگرافی ظاهر شده است. در شبه مقطع RS قسمت زیرین نقشه، یک آنومالی هادی الکتریکی ردیابی شده است که تغییرات نامنظم دیگر مقاومت الکتریکی می‌تواند در رابطه با تغییرات سازندهای منطقه باشد.



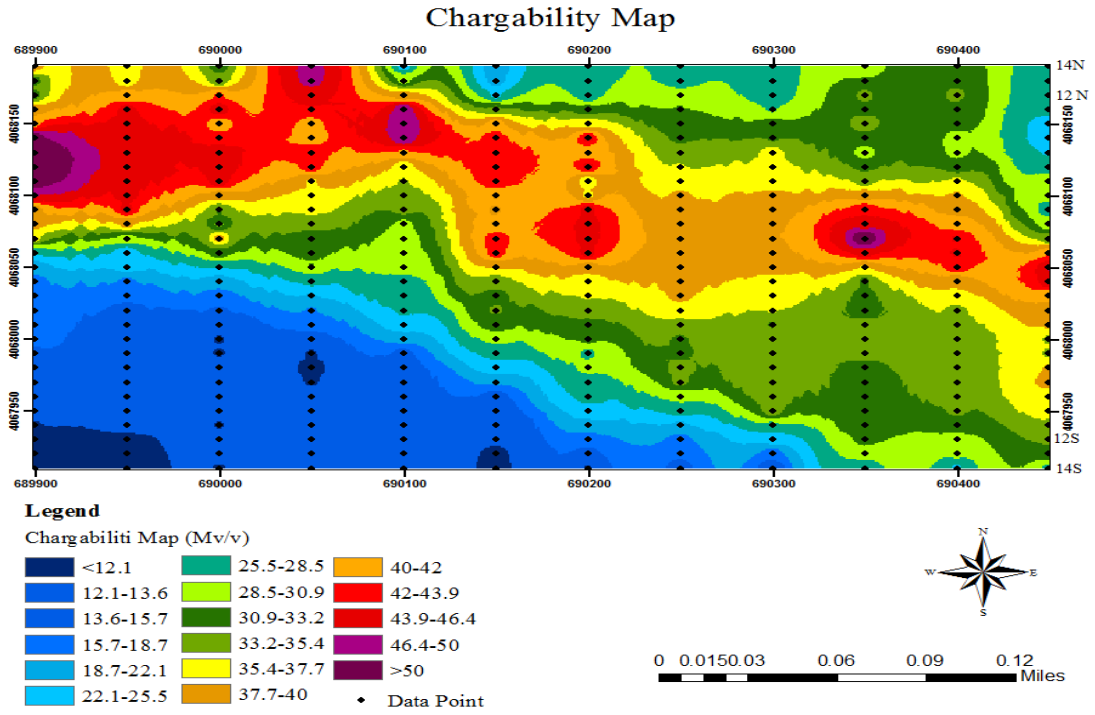

شکل ۲. نقشه شبه مقطع دو بعدی RS-IP پروفیل ۵

نقشه تغییرات IP (شکل ۳): این نقشه، تغییرات IP محدوده زیر پوشش را نشان می‌دهد، در این نقشه تغییرات شارژابیلیته با فاصله ۲mv/v پربندی شده است، همچنین از مقیاس رنگ نیز جهت نشان دادن زون‌های هم شارژابیلیته استفاده گردیده است. با توجه به نقشه دیده می‌شود که طیف تغییرات آن بین ۸mv/v تا ۵۰mv/v می‌باشد . شارژابیلیته اندازه‌گیری شده نشان از وجود زون‌های مینرالیزه قوی می‌دهد. با بررسی این نقشه ۴ محور آنومالی شارژابیلیته در محدوده‌های مختلف به شرح زیر مشخص گردیده است .

– محدوده شمال غرب: در این منطقه محدوده‌ای دارای IP بین ۳۴ mv/v تا ۵۰mv/v به صورت آنومالی مشخص شده که بین مقاطع ۱ و ۸ قرار گرفته است. این آنومالی از طرف جنوب شرق به یک گسل محدود گردیده است، در داخل این محدوده دو محور آنومالی مشخص شده است، که یک محور از مقطع ۳ شروع و از طرف غرب هنوز ادامه داشته و محدود نشده است. دو مرکز آنومالی در این محور مشخص گردیده است، محور اول در مقطع ۳، ایستگاه N ۸ قرار دارد، حداکثر مقدار شارژابیلیته در آن ۴۴ mv/v است. محور دوم در مقطع ۱ قرار دارد که شامل ایستگاه‌های ۷ تا N ۱۱ بوده و حداکثر

شارژابیلیته در آن به ۵۰ mv/v می‌رسد و همان‌طور که مشخص شده این محور از طرف غرب محدود نشده است. محور آنومالی دیگر در شرق محور دیگر قرار دارد طول آن در حدود ۱۵۰ متر می‌باشد که دارای مراکز متفاوتی است که به ترتیب در مقاطع ۶ (ایستگاه‌های ۹ N تا ۱۱ N)، ۵ (ایستگاه‌های ۱۱ N تا ۱۲ N) و ۴( ایستگاه ۱۴ N) قرار داشته و شدت شارژابیلیته در آن‌ها بین ۴۴ mv/v و ۵۰mv/v متغیر است.

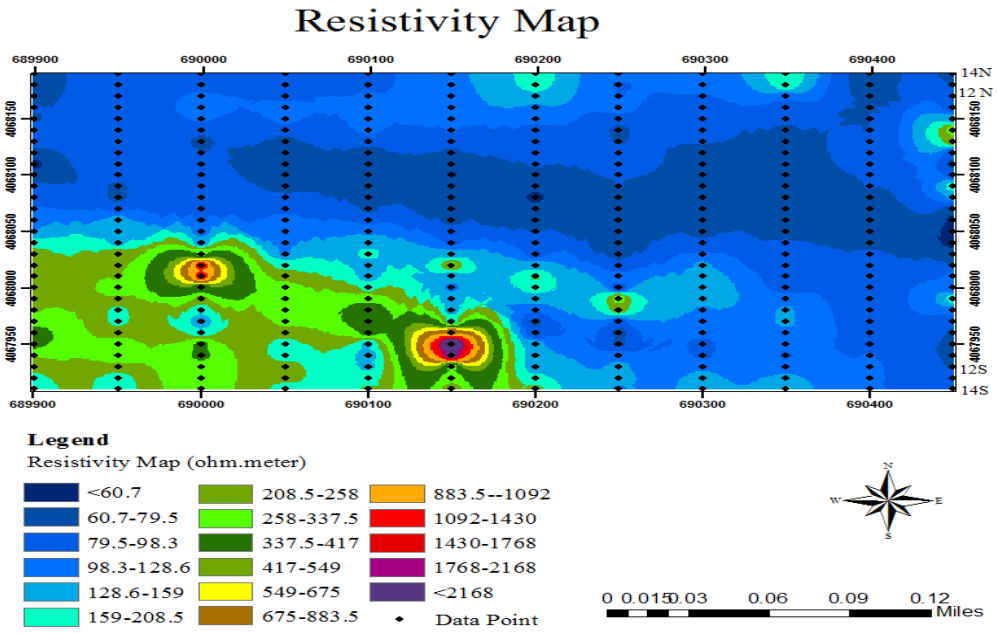
– محدوده مرکزی و جنوب شرقی: این محدوده بین مقاطع ۶ و ۱۲ قرار دارد و از طرف شمال غرب و جنوب شرق به دو گسل محدود می‌شود، این محدوده شامل یک محور بزرگ آنومالی است که طول آن حدود ۳۳۰ متر می‌باشد و دو مرکز در آن دارای حداکثر IP می‌باشد. مرکز اول در غرب محور آنومالی بین مقاطع ۶ و ۷ قرار دارد که در محدوده ایستگاه-های ۲ N ، ۳ N و ۴ N از مقطع ۶ و ایستگاه‌های ۳ N، ۴ N و ۵ N از مقطع ۷ واقع شده‌اند، مرکز دوم بین مقاطع ۹ و ۱۲ واقع شده که دارای وسعت ۱۵۰ متر است، این محور در شمال خط مبنا قرار گرفته است. حداکثر IP در مراکز آن به بیش از ۴۴ mv/v می‌رسد.




شکل ۳. نقشه تغییرات IP

نقشه تغییرات RS (شکل ۴): مقاومت الکتریکی سنگ‌ها نتایج عوامل مختلفی از جمله تراکم آن‌ها، وجود آب و مقاومت الکتریکی آن، آلتره شدن آن‌ها و در نهایت وجود مواد هادی از جمله مواد کانی فلزی از جمله سولفورها است، با توجه به این مورد و از طرف دیگر با بررسی زمین‌شناسی محدوده برداشت داده‌ها که از سنگ‌های مختلف آذرین، رسوبی شامل آهک‌های دولومیتی و مارنی و مارن و شیل و همچنین وجود زون‌های آلتره و غیره تشکیل شده طیف وسیع مقاومت الکتریکی که ۱۰ اهم متر تا بیش از ۱۰۰۰ اهم متر است قابل توجیه است، نقشه تغییرات مقاومت الکتریکی بر مبنای محاسبه

مقاومت الکتریکی برای هر ایستگاه تهیه و با ضریب ۷۲ پربندی شده است، همچنین از مقیاس رنگ نیز استفاده شده (شکل ۴) و زون‌های هم مقاومت الکتریکی از یکدیگر جدا شده‌اند، با توجه به نقشه دیده می‌شود که زون‌های مقاوم الکتریکی بیشتر در قسمت جنوب غرب محدوده با مقاومت الکتریکی زیاد (رنگ سبز، زرد، قرمز تا بنفش) مشخص شده‌اند؛ که با توجه به زمین‌شناسی منطقه از سنگ‌های آذرین و سازندهایی نظیر آهک‌های دولومیتی و غیره تشکیل شده‌اند. زون‌های دیگر مقاوم الکتریکی نیز به صورت‌های مجزا با مقاومت الکتریکی بین ۱۶۰ اهم متر تا ۲۸۰ اهم متر به صورت منفرد و جدا از یکدیگر در نقشه ظاهر شده‌اند که با توجه به تکتونیک منطقه امری عادی است . یک محور کاهش مقاومت در محدوده‌ای قرار گرفته که مقاومت الکتریکی تا مقدار ۲۸ اهم متر در مقطع ۱ افت می‌کند و تطابق خوبی با زون هادی الکتریکی وجود دارد که می‌تواند به علت وجود کانی‌سازی نیز باشد. محور بعدی (مقاطع ۴ تا ۶) در محدوده‌ای قرار دارد که مقاومت الکتریکی از ۲۸۰ اهم متر به ۱۰۰-۷۰ اهم متر افت می‌کند و این مورد می‌تواند در اثر وجود زون مینرالیزه نیز باشد که نهایتا تطابقی بین آنومالی IP و افت مقاومت الکتریکی وجود دارد. محور بعدی در محدوده‌ای قرار دارد که مقاومت الکتریکی به حداقل ۵۰ اهم متر افت می‌کند و تطابق خوبی را نشان می‌دهد . همچنین شاخه فرعی آن نیز در امتداد زون هادی الکتریکی است که مقاومت الکتریکی در مراکز آن به ۳۵ اهم متر می‌رسد. این محور می‌تواند منطبق بر گسل باشد و همچنین در قسمت جنوب شرقی زون هادی اکتریکی با مقاومت الکتریکی حداقل ۱۰ تا ۲۰ اهم متر کاملا منطبق به زون آنومالی IP می‌باشد و تطابق بسیار خوبی با آن دارد .با توجه به روند خطوط میزان هم مقاومت الکتریکی گسل‌هایی در منطقه ردیابی شده است. در نهایت آنومالی‌های هادی الکتریکی، آنومالی‌های شارژابیلیته را تأیید می‌کنند و می‌توان دلیل آن را وجود زون‌های کانی‌سازی نیز دانست.




شکل ۴. نقشه تغییرات RS

## نتیجه گیری :

اندازه‌گیری IP و RS در این منطقه نشان می‌دهد، نواحی کانه‌زا در اکثر مناطق از بارپذیری بالا و همچنین مقاومت ویژه پایین تا متوسطی برخوردار است. این امر را می‌توان به کانی‌سازی فلزی در منطقه نسبت داد. با توجه به نقشه تغییرات IP مشخص می‌گردد که محورهای آنومالی‌های ردیابی شده در شرق و غرب محدوده هنوز ادامه دارند و لذا برای فاز دوم و تکمیل مطالعات پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

۱-ادامه برداشت داده‌ها از شرق و غرب محدوده، ۲- تهیه نقشه‌های شبه مقطع در مراکز دیگر محورهای آنومالی، ۳- انجام برداشت‌های مغناطیسی.

با توجه به حضور شیست در این منطقه و اینکه این سنگ‌ها از مقاومت ویژه پایین و بارپذیری نسبتا بالایی برخودارند. این‌گونه ساختارها جز نویزهای اندازه‌گیری بوده و بایستی به خوبی مدنظر قرار گیرند. همچنین در موردی که این سنگ‌ها با کانی‌سازی ضعیفی نیز همراه باشند، مقادیر بارپذیری بالایی (حتی بالاتر از مناطق کانه‌زا) از خود نشان می‌دهند. از این رو حفاری‌های پیشنهادی به خصوص در این نواحی باید با اطلاعات زمین‌شناسی همراه شوند. با توجه به پارامترهای فیزیکی انجام شده در این منطقه سه حلقه حفاری اکتشافی با مشخصات زیر (جدول ۱) ارائه شد:

جدول۱. حلقه حفاری اکتشافی پیشنهاد شده

| ردیف | مقطع | محل نقطه حفاری در N ۱۲ | | شیب | عمق به متر |
|---|---|---|---|---|---|
| | | X | Y | | |
| BH1 | ۱ | ۶۸۹۹۰۰ | ۴۰۶۸۱۲۰ | قائم | ۵۰ |
| BH2 | ۴ | ۶۹۰۰۵۰ | ۴۰۶۸۱۸۰ | قائم | ۵۰ |
| BH3 | ۵ | ۶۹۰۱۰۰ | ۴۰۶۸۱۵۰ | قائم | ۵۰ |

## منابع فارسی :

حسین شاهی، ابوالقاسم کامکار روحانی، منصور ضیایی، "تحلیل و تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی و پلاریزاسیون القایی با استفاده از مدل‌سازی پیشرو جهت تعیین محل دقیق کانی‌زایی"، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۲۱ الی ۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۹.

صمیمی، م. ۱۳۷۱، پی‌جویی و اکتشافات مقدماتی در محدوده زرشوران، گزارش مهندسین مشاور کاوشگران.

## References:

Daliran, F., 2008. The carbonate rock-hosted epithermal gold deposit of Agdarreh, Takab geothermal field, NW Iran-hydrothermal alteration and mineralization. Miner. Deposita, v. 43, p. 383-404.

Dey A, Morrison H. F. (1979). Kerisriviry modeling for arbitrarily shaped three - dimensional swuctures Geophysics 44, 753- 780.

Hinze, W.J., 1990. The role of gravity and magnetic methods in engineering and environmental studies. In: Ward (Ed), Geotechnical and environmental geophysics of exploration Geophysicists, 75- 126

Loke, M. H., (2002). Electerical imaging surveys for environmental and engineering studies - a practical guide to 2-D, 3-D surveys

Mikhail, Z.S., 1994. The geoelectrical methods in geophysical exploration. Elsevier.

Mostafaie, K., Nowrouzi, Gh., Askari, S. and Shiva, M., (2009). Statiscal analysis and Rs & IP Geophysical data modeling for Hameech mining index. first conference of economicgeology association of Iran. Ferdowsi university of Mashhad.

Stocklin, G., 1968, structural history and tectonic of Iran: Areview, Amer. Assoc. Petrol. Geologists., K. 52, No. 7, p. 1229-1258.

# بررسی و شناسایی پتانسیل معدنی ورقه ۱:۲۵۰۰۰ مهابادI با استفاده از روش منطق فازی و GIS

◇◇◇◇◇◇◇

۱- حسین عبداله زاده بدلبو؛ ۲- علی امامعلی پور
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
۲-دکتری زمین شناسی اقتصادی، هئیت علمی گروه معدن دانشگاه ارومیه
Hossein_Abdollahzade@yahoo.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

در ایران باتوجه به وسعت زیاد کشور و گستردگی مناطق پتانسیل دار ذخایر معدنی(وجود کمربند ولکانیکی ارومیه دختر) و لزوم شناسایی و مدیریت صحیح این ذخایر، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی دارای اهمیت بسیار بالایی می باشد. با توجه به افزایش روز افزون داده ها و اطلاعات زمین مرجع، و نیز تنوع و ارزش متفاوت آنها در بررسی های اکتشافی، دیگر روش های کلاسیک به تنهایی قادر به تجزیه و تحلیل منابع اطلاعاتی نیستند. بدین منظور، امروزه همگام با پیشرفت علوم کامپیوتری، روش های تجزیه و تحلیل داده های اکتشافی نیز توسعه و قابلیت ارزشمندی یافته است.

در سال های اخیر GIS تحول انکار ناپذیری را در عرصه مطالعات ذخایر معدنی ایجاد نموده است و سازماندهی و مدیریت داده های معدنی و اکتشافی را متحول ساخته است. استفاده از علم و فناوریGIS ضمن آنکه می تواند در ساماندهی اطلاعات مربوط به مطالعات اکتشاف ذخایر معدنی مورد استفاده قرار گیرد، توانایی آن را دارد که تهیه و تلفیق لایه های مختلف اطلاعاتی را در قالب مدل های مختلف، با سرعت و دقت بیشتری انجام دهد. آشنایی با روشهای نوین اکتشافی می تواند در ارتقاء سطح کیفی و کمی مطالعات اکتشافی نقش سازنده و تعیین کننده ای را ایفاء نموده و منجر به تحول در روش های اکتشاف در کشور شود.

در این مقاله به منظور تعیین پتانسیل معدنی در ورقه ۱:۲۵۰۰۰ مهابادI واقع در جنوب استان آذربایجان غربی، نمونه برداری از این ناحیه به مساحت ۱۵۴ کیلومتر مربع از رسوبات آبراهه ای انجام گرفته است. بر این اساس ۴۳۱ نمونه رسوبات آبراهه ای و تعداد ۱۹۶ نمونه کانی سنگین از آبراهه های منطقه برداشت و آنالیز شد. و با استفاده از روش منطق فازی و GIS تلفیق لایه های منطقه و آنومالی عناصر باریم، مس، روی و سرب بررسی و مناطق با پتانسیل معدنی شناسایی شد.

**کلید واژه ها:**مهابادI، منطق فازی، GIS، پتانسیل معدنی و تلفیق لایه ها

# Review and identify mineral potential of 1: 25,000 Mahabad I using fuzzy logic and GIS

1-Hossein Abdollahzadeh, 2-Ali Imamalipor
1- Economic geology graduate student, Islamic Azad University of Ahar
2- Ph.D in Economic Geology, Faculty of Mining Urmia University
Hossein_Abdollahzade@yahoo.com

**Abstract:**

In Iran, due to the sheer size of the country and the extent of potential mineral deposits (volcanic belt of Orumieh dokhtar) and the need to identify and correct management of the reserves, the use of geographic information system is very important. Due to the increasing geo-referenced data and information, as well as diversity and different value in the study of exploration, other classical methods alone are not able to analyze sources of information. Therefore, today, along with the development of computer science, exploratory data analysis methods have been developed and valuable functionality. In recent years GIS development in the field of mineral resources has created an undeniable and organize and manage the data mining operations has changed. The use of science and technology, GIS, while you can organize the information on the studies explore mineral resources used, its ability to provide and integrate different layers of information in the form of different models, with speed and accuracy do more. Introduction to modern exploration methods can be used in improving the quality and quantity of exploratory studies to play a constructive role and decisive and lead to variations in methods of exploration in the country. In this paper to determine the mineral potential in 1: 25000 Mahabad I in West Azerbaijan province in the south, an area of 154 square kilometers of area sampling of stream sediments have been conducted. The 431 stream sediment samples and 196 heavy mineral samples collected and analyzed from area waterways. And using fuzzy logic and GIS maps of the area and the anomaly of barium, copper, zinc and lead study areas with mining potential has been identified. In this paper to determine the mineral potential in 1: 25000 Mahabad I in West Azerbaijan province in the south, an area of 154 square kilometers of area sampling of stream sediments have been conducted. The 431 stream sediment samples and 196 heavy mineral samples collected and analyzed from area waterways. And using fuzzy logic and GIS maps of the area and the anomaly of barium, copper, zinc and lead study areas with mining potential has been identified. In this paper to determine the mineral potential in 1: 25000 Mahabad I in West Azerbaijan province in the south, an area of 154 square kilometers of area sampling of stream sediments have been conducted. The 431 stream sediment samples and 196 heavy mineral samples collected and analyzed from area waterways. And using fuzzy logic and GIS maps of the area and the anomaly of barium, copper, zinc and lead study areas with mining potential has been identified. The 431 stream sediment samples and 196 heavy mineral samples collected and analyzed from area waterways. And using fuzzy logic and GIS maps of the area and the anomaly of barium, copper, zinc and lead study areas with mining potential has been identified.

**Keywords :** Mahabad I, fuzzy logic, GIS, mineral potential and overlay

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

با توجه به اینکه در پدیده های زمین شناسی قطعیت وجود ندارد، لذا برای حصول نتایج مناسب برای تعیین نواحی پتانسیل دار به ویژه برای تعیین مکان های مناسب بررسی های تفضیلی اکتشافی از روش های گوناگون مدل سازی و تلفیق لایه های اطلاعاتی استفاده می شود[۱].

یکی از مهمترین وظایف سیستم های اطلاعات مکانی، تحلیل اطلاعات مکان مرجع به منظور کشف اطلاعات جدید است. در بسیاری از تحلیل های مکانی لازم است نقش و تاثیر پارامترهای موثر در پدیده مورد نظر تعیین شود[۲]. بررسی تاثیر معیارها در وقوع یک پدیده مکانی و تلفیق آنها با در نظر گرفتن ساختار و پیچیدگی پدیده مورد نظر مسئله ای است که توجه کافی به آن ممکن است با نتایج نا کارآمد و نادرست در تصمیم گیری های مکانی منجر شود. در دهه های اخیر با پیشرفت سریع علم و فناوری، روش های دقیق تر و انعطاف پذیرتری جایگزین روش های سنتی و رایج برای وزن دهی و تلفیق لایه های مکانی شده است که از جمله آنها می توان به شبکه های عصبی مصنوعی و سیستم های استنتاج فازی اشاره کرد.

تعدادی از محققین نظیر بونهام کارتر، رایت و همکاران، کرانزا و هال، پوروال، موخوپاژای، آن و همکاران، از منطق فازی در تلفیق لایه های اطلاعاتی به منظور تهیه نقشه پتانسیل معدنی استفاده کرده اند و به نتایج بهتری نسبت به مطالعات صورت گرفته با روش های سنتی دست یافته اند[۳]، [۴]، [۵]، [۶]، [۷]، [۸]، [۹].

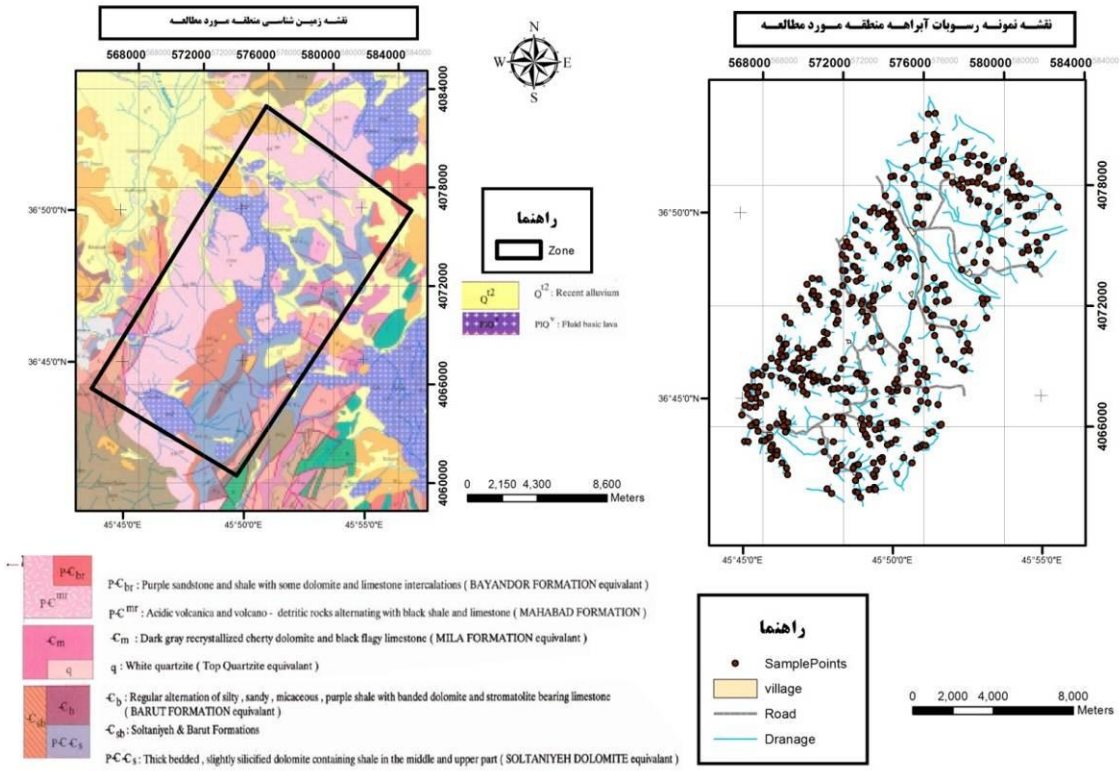
دانشمندان علوم زمین نیازمند درک رابطه فضایی میان انواع متنوع داده های فضایی گردآوری شده می باشند. پیش از گسترش فراگیر GIS در اواخر دهه ۸۰ میلادی، بیشتر دانشمندان علوم زمین انتخاب، ارزیابی و ترکیب شواهد و مدارک ذخایر معدنی را بر روی میزهای سبک و مجهز به سیستم روشنایی انجام می دادند. در این دوره آنها نقشه های گوناگون را در قالب لایه های اطلاعاتی به طور فیزیکی بر روی هم قرار می دادند تا روابط مشترک میان آنومالی ها را تعیین کنند[۳].

این سامانه که در دهه ۸۰ به عنوان ابزاری توانمند جنبه جهانی به خود گرفته است، دارای کاربردهای وسیعی در عرصه های مختلف برنامه ریزی، مدیریت و تصمیم گیری بوده و روز به روز بر حوزه های کاربردی آن افزوده می شود. در حقیقت GIS فرآیندی است که شامل مجموعه ای از روش ها و دستوراتی است که به واسطه آنها و در راستای پشتیبانی از فعالیت های مبتنی بر تصمیم گیری، می توان هم در داده های فضایی و هم در داده های توصیفی، تسهیلاتی را در روند ورود، ذخیره، پردازش و تحلیل، و در نهایت خروجی گرفتن از داده ها ایجاد کرد.

امروزه GIS تحولی چشم گیر در بسیاری از رشته های کاربردی بخصوص در زمینه زمین شناسی و معدن پدید آورده است. این تحویل چشم گیر بدین دلیل می باشد که GIS، پردازش و تجزیه و تحلیل لایه های مجزایی از داده های فضایی را امکانپذیر می سازد و ابزارهایی به منظور تجزیه و تحلیل و مدلسازی روابط متقابل میان لایه ها فراهم

می آورد. مدیران اکتشاف می توانند از GIS به منظورتلفیق کردن داده ها و تهیه نقشه پتانسیل معدنی به منظور تصمیم گیری در مورد اولویت های اکتشافی آینده استفاده کنند. در این پژوهش با استفاده از داده های ژئوشیمیایی آبراهه ای و بررسی و شناسایی پتانسیل معدنی به روش منطق فازی و GIS، آنومالی های ژئوشیمیایی برای عناصر باریم، مس، سرب و روی در ورقه ۱:۲۵۰۰۰ مهابادI در استان آذربایجان غربی بررسی و شناسایی گردید(شکل۱).

محدوده مورد مطالعه در زون سنندج – سیرجان واقع شده است. زون سنندج - سیرجان نوعی کافت درون قاره ای است که تکاپوهای ماگمازایی و پدیده های دگرگونی عواملی موثر در ایجاد نهشته های معدنی هستند. به همین رو توان معدنی درخور توجه دارد و جدا از ذخایر و نشانه های شناخته شده امید دستیابی به نهشته های معدنی جدید دور از دسترس نیست (قربانی،۱۳۸۱). از دیدگاه زمین شناسی اقتصادی و پراکندگی کانسارهای زون سنندج-سیرجان را به سه بخش تقسیم می کند. بخش جنوبی که به داشتن کروم در اولترامافیک های اسفندقه فاریاب، آهن، آهن - منگنز در گل گهر، هنشک، بافت، سرب-روی-مس درچاه گز، قنات مروان با سن پرکامبرین پسین تا کرتاسه پیشین شاخص است. بخش میانی، کانی سازی اصلی سرب و روی است که در مناطق شمس آباد-نظام آباد (با کانی سازی سرب و روی و نقره، آهن و منگنز)، آهنگران (با کانی سازی سرب و روی و نقره، آهن و منگنز ) و موته در بیشترین مقدار است. افزون بر آن در این بخش کانسار های تالک، گرافیت، باریت و سنگ های ساختمانی اهمیت ویژه ای دارند. بخش شمالی کانی سازی آهن ( معدن آهن همه کسی شمال همدان و شمال سنقر، شمال باختری دیوان دره)، طلا و طلا-آنتیموان(معدن داشکسن ) و کانه های آلومینوسیلیکاته را نام برد. گفتنی است آنچه که پیش از همه می تواند در زون سنندج-سیرجان از نظر اقتصادی با اهمیت باشد وجود انواع مختلف سنگ های تزیینی و نما با ذخایر زیاد است (قربانی،۱۳۸۱).




شکل۱- نقشه زمین شناسی و نمونه برداری از ورقه ۱:۲۵۰۰۰مهابادI

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

منطق فازی در سال ۱۹۶۰ توسط پرفسور لطفعلی عسگرزاده مطرح شد. در بسیاری از مواقع نمی توان در مورد بود یا نبود پدیده خاصی تصمیم گیری کرد و بنابراین یک مرز تدریجی وجود دارد. این روش به ویژه در سال های اخیر در اکتشاف نواحی پرپتانسیل کانه زایی و به ویژه در تعیین مناطق مناسب برای حفاری اکتشافی مورد استفاده قرار گرفته است (کوره پزان دزفولی،۱۳۸۷) منطق فازی هم دارای عملگرهایی است که در تصمیم گیری ها از آنها استفاده می شود.

۱-عملگرOR فازی : خروجی این عملگر نیز توسط عدد حداکثر کنترل می شود، از این عملگر در مواقعی استفاده می شود که ما شواهد کافی و زیاد در اختیار نداریم و بنابراین هرگونه شاهدی می تواند مفید باشد[۱۰].

$$f_{\text{ترکیب}} = MAX(f_A, f_B, \dots)$$

۲- عملگر Algebric SUM فازی : این عملگر نیز نتایجی شبیه OR فازی داشته، با این تفاوت که تمامی اعداد در نتیجه خروجی دخالت دارند. به عبارتی این عملگر خصوصیت افزایشی دارد. برای مثال اگر دو شاهد، مطلوب فرضیه مورد نظر باشد نتایج خروجی بیشتر از هر کدام و حتی بزرگتر از عدد حداکثر است[۱۰].

$$f_{\text{ترکیب}} = ۱ - \Pi_{i=۱}^{n}(۱ - f_i)$$

۳- عملگر Gamma Operation : این عملگر بر اساس تعیین عدد$\gamma$ ، بین عملگرهای SUM و Product در نوسان است و مقدار آن عددی بین صفر و یک، در اینجا باید با توجه به آزمون سعی و خطا و نیز کارهای مشابه عدد مناسب انتخاب شود[۱۰].

$$f_{\text{ترکیب}} = (\text{جمع جبری فازی}) * \gamma * (\text{فازی جبری ضرب})^{1-\gamma}$$

لایه های اکتشافی از نقشه زمین شناسی ( لایه های زمین ساختی و گسل خوردگی ها)، داده های ژئوشیمیایی و کانی سنگین تشکیل شده است. هر لایه اکتشافی پس از بررسی های اولیه براساس اولویت به چند کلاس رده بندی شده و از صفر تا یک بهنجار می شود.

برای رستری کردن و وزن دهی به لایه ها پس از انتخاب لایه های مورد نظر، در برنامه GIS، بارگذاری می شوند. اگر لایه ها حالت رستری نداشته باشند با استفاده از روش زیر به حالت رستری تبدیل می شوند.

$$ArcGIS \rightarrow Arc\ Tools \rightarrow Convert \rightarrow To\ Raster$$

در مرحله بعد لایه های رستری شده در برنامه بارگذاری می شوند و با استفاده از ابزار Reclassify لایه های مورد نظر را دسته بندی کرده و با ابزار Weighted SUM به آنها وزن می دهیم.

سپس این لایه ها با استفاده از روش منطق فازی تلفیق شده اند و مناطق پر پتانسیل معرفی شده اند. در این پروژه از نرم افزار ArcGIS10 در مسیری که آورده شده است. برای تلفیق نقشه ها به منظور تعیین مناطق پتاسیل دار معدنی استفاد شده است.

$$\text{ArcGIS} \rightarrow \text{ArcToolbox} \rightarrow \text{Spatial Analyst tools} \rightarrow \text{Overlay} \rightarrow \text{Fuzzy Overlay}$$

تلفیق لایه ها برای عناصر Ba,Cu,Zn و Pb انجام شد و براساس اهمیت لایه ها طبق نظریه کارشناسی به آنها وزن مناسب داده شد. برای داده های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای مقدار ۰/۸، کانی های سنگین مقدار ۰/۷، سازند سلطانیه مقدار ۰/۷، برای واحد سنگی ریولیتی مقدار ۰/۸، برای لایه های ساختاری زمین شناسی منطقه ۰/۱ و برای گسل خوردگی مقدار ۰/۱ داده شد، و سپس با از استفاده از عملگر SUM فازی تلفیق شدند.

**آنومالی عنصر باریم**

در نقشه تهیه شده با استفاده از روش منطق فازی، براساس افزایش متغیر طیف رنگی مناسب انتخاب شد که در نقشه قابل مشاهده می باشد. به طوری که هر چه همپوشانی لایه ها بیشتر باشد، عدد بیشتری به آن محدوده نسبت داده شده و به عدد یک نزدیک تر می شود. بر این اساس مناطق کم پتانسیل برای آنومالی های Ba در سنگ های $P\mathcal{E}^{mr}$ ، $PIQ^{v}$ و $P\mathcal{E}_{\text{br}}$ و مناطق پر پتانسیل در قسمت های مرکزی محدوده در سنگ های $P\mathcal{E}\mathcal{E}_{s}$ و $Q^{t_{r}}$ قرار دارند(شکل۲).

**آنومالی عنصر مس**

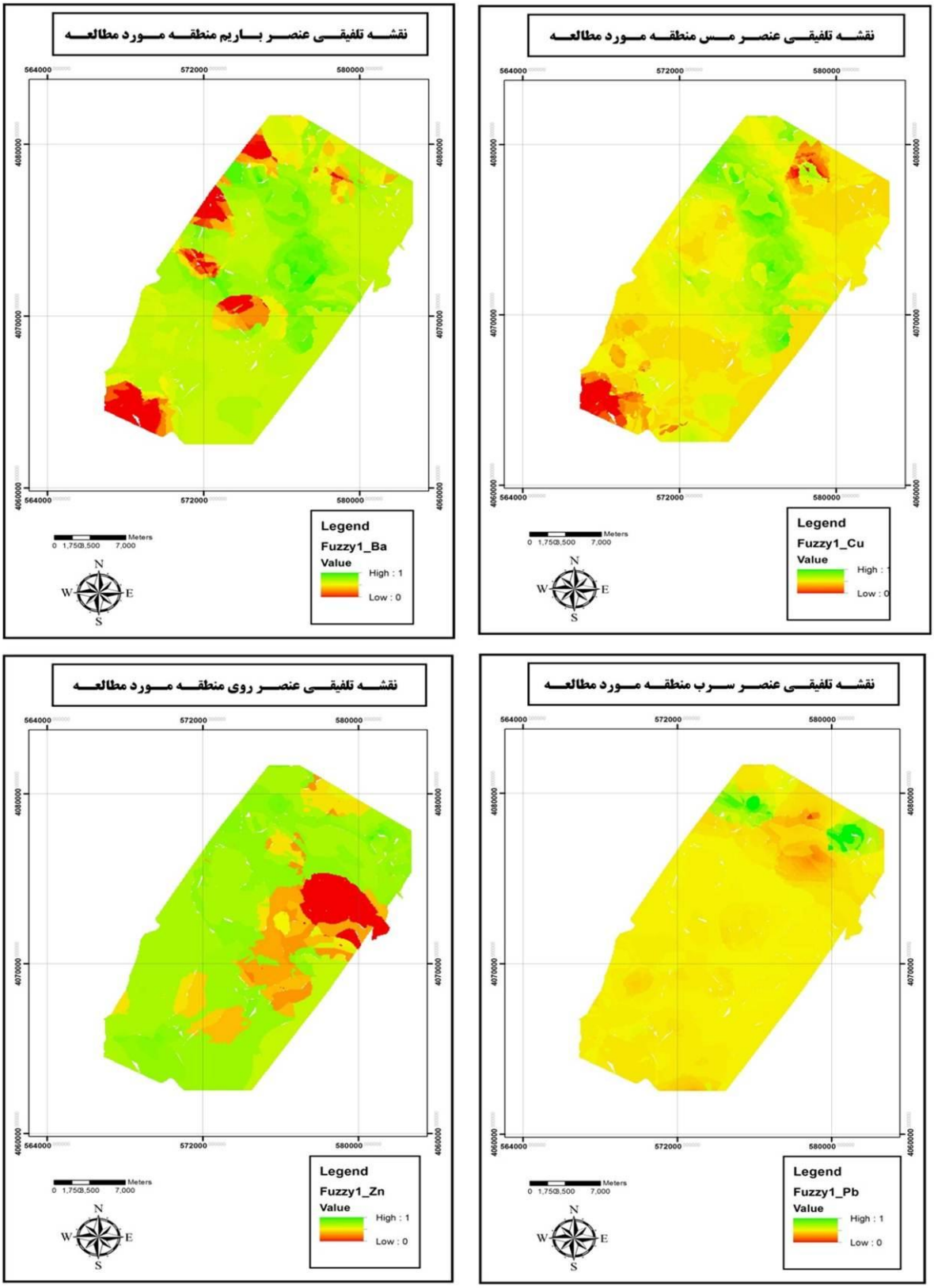
در نقشه تهیه شده با استفاده از روش منطق فازی، براساس افزایش متغیر طیف رنگی مناسب انتخاب شد که در نقشه قابل مشاهده می باشد. به طوری که هر چه همپوشانی لایه ها بیشتر باشد، عدد بیشتری به آن محدوده نسبت داده شده و به عدد یک نزدیک تر می شود. بر این اساس مناطق کم پتانسیل برای آنومالی های Cu در سنگ های $P\mathcal{E}^{mr}$ و مناطق پر پتانسیل در قسمت های مرکزی محدوده در سنگ های $P\mathcal{E}\mathcal{E}_s$ و $Q^{t_r}$ قرار دارند(شکل۲).

**آنومالی عنصر روی**

در نقشه تهیه شده با استفاده از روش منطق فازی، براساس افزایش متغیر طیف رنگی مناسب انتخاب شد که در نقشه قابل مشاهده می باشد. به طوری که هر چه همپوشانی لایه ها بیشتر باشد، عدد بیشتری به آن محدوده نسبت داده شده و به عدد یک نزدیک تر می شود. بر این اساس مناطق کم پتانسیل برای آنومالی های Zn در سنگ های $P\mathcal{E}\mathcal{E}_s$ و $Q^{t_r}$ و مناطق پر پتانسیل در قسمت های جنوبی محدوده در سنگ های $P\mathcal{E}\mathcal{E}_s$ قرار دارند(شکل۲).

**آنومالی عنصر سرب**

در نقشه تهیه شده با استفاده از روش منطق فازی، براساس افزایش متغیر طیف رنگی مناسب انتخاب شد که در نقشه قابل مشاهده می باشد. به طوری که هر چه همپوشانی لایه ها بیشتر باشد، عدد بیشتری به آن محدوده نسبت داده شده و به عدد یک نزدیک تر می شود. بر این اساس مناطق کم پتانسیل برای آنومالی های Pb در سنگ های $P\mathcal{E}^{mr}$ و مناطق پر پتانسیل در قسمت های شمالی محدوده در سنگ های $P\mathcal{E}^{mr}$ و $Q^{t_r}$ قرار دارند(شکل۲).




شکل۲- تلفیق لایه های اکتشافی باریم، مس، روی و سرب با استفاده از منطق فازی

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

مطالعات نشانگر کارایی روش منطق فازی در شناسایی پتانسیل معدنی و آنومالی های ژئوشیمیایی مبتنی بر رسوبات آبراهه ای در ورقه ۱:۲۵۰۰۰ مهابادI می باشد. همچنین نتایج مطالعات نشان می دهد که بهترین آنومالی های عناصر باریم، مس، سرب و روی در بخش های شمالی و مرکزی محدوده مورد دیده می شود که بیشتر هم در بین آبرفت های جوان کواترنری، سنگ های ولکانیک اسیدی پروتوزوئیک و گدازه های مایع سنوزوئیک قرار دارند. موقعیت آنومالی های موید حضور کانی سازی پراکنده باریت با ضخامت های مختلف را در منطقه دارد و احتمال تیپ کانی سازی اپی ترمال در منطقه مورد مطالعه می باشد.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

قربانی، م . دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران، پایگاه ملی داده های علوم زمین شناسی کشور،(۱۳۸۱).

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

1- Malczewsli, J ; GIS and multifarctal decision analysis, published in Canada and printed in USA, 392 page, 1999.
2- Farhad Hosseinali, Ali Alesheikh ; Weighting Spatial Information in GIS for Copper minig exploration, American Journal of Applied Science, 2008.
3- Bonham-Carter, G.F., (1994): Geographic Information Systems forGeoscientists:Modeling with GIS,Pergamon Press, Ontario, Canada.
4- Wright, D.F., Bonham-Carter, G.F., (1996): VMS Favourability Mapping with GIS-based IntergrationModels, Chisel Lake-Anderson Lake area, Geological Survey of Canada.
5- Carranza, E.J.M., and Hale, M., 2001. Geologically constrained fuzzy mapping of gold mineralization potential, Baguio district, Philippines. Natural Resources Research, v. 10(2), p. 125-136.
6- Carranza, J., (2002): "Geographically-Constrained Mineral Potential Mapping", PhD Thesis, DelftUniversity of Technology, The Netherlands, 480 pp.
7- Porwal, A., Carranza, E.J.M., and Hale, M., 2003a. Knowledgedriven and data-driven fuzzy models for predictive mineral potential mapping. Natural Resources Research, v. 12(1), p. 1-25.
8- Mukhopadhyay, B., Hazra, N., Sengupta, S.R., Kumar Das, S., (1996): "Mineral Potential Map by aKnowledge Driven GIS Modeling: an Example from Singhbhum Copper Belt", Jharkhad,Geological Survey of India.
9- An, P., Moon, W.M., and Rencz, A., 1991. Application of fuzzy set theory for integration of geological, geophysical and remote sensing data. Canadian Journal of Exploration Geophysics, v. 27, 1-1
10- Nader Nouri, Mohammad Soltani, Ali Alesheikh, Mohammad Khalilzadeh; Land assessment for flood spreading site selection using geospatial information system, International Journal of Environmaetal Science And Technology, Tehran-Iran,455-462,2008.

# جداسازی آنومالی های ژئوشیمیایی از زمینه در نمونه های رسوبات آبراهه ای با استفاده از روش فرکتالی عیار– تعداد در ورقه ۱:۲۵۰۰۰ مهابادI

◇◇◇◇◇◇◇

۱- حسین عبداله زاده بدلبو؛ ۲- علی امامعلی پور
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
۲-دکتری زمین شناسی اقتصادی، هئیت علمی گروه معدن دانشگاه ارومیه
Hossein_Abdollahzade@yahoo.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

به منظور اکتشاف ناحیه ای ژئوشیمیایی در ورقه ۱:۲۵۰۰۰ مهابادI واقع در جنوب استان آذربایجان غربی، نمونه برداری از این ناحیه به مساحت ۱۵۴ کیلومتر مربع از رسوبات آبراهه ای به منظور تعیین پتانسیل های معدنی انجام گرفته است. بر این اساس ۴۳۱ نمونه رسوبات آبراهه ای و تعداد ۱۹۶ نمونه کانی سنگین از آبراهه های منطقه برداشت و آنالیز شد. در این پژوهش به منظور جدایش آنومالی ها از مقادیر زمینه و تعیین حدود آستانه ای عناصر مورد بررسی از روش فرکتالی عیار- تعداد استفاده شد. روش های فرکتالی از جمله روش های نوین مورد استفاده برای این کار می باشند که در سال های اخیر کاربرد زیادی در این امر داشته اند. با توجه به اینکه نمونه ها از رسوبات آبراهه ای برداشته شده اند و امکان استفاده از روش فرکتالی عیار- مساحت در این مورد وجود ندارد، لذا از روش فرکتالی عیار- تعداد استفاده شده است و با استفاده از مقادیر آنومالی، نقشه های آنومالی ژئوشیمیایی عناصر با نرم افزار GIS تهیه گردید. نتایج به دست آمده گویای آن است که با استفاده از این روش آنومالی های ژئوشیمیایی عناصر باریم، مس، سرب و روی با دقت بالایی از مقادیر زمینه جدا شده اند.

**کلید واژه ها**: مهابادI، روش فرکتالی عیار-تعداد، اکتشافات ژئوشیمیایی، GIS

## Isolating geochemical anomalies from background in the stream sediments samples with using the method of fractal Concentration – Number (C-N) in plate 1:25000 , Mahabad1

1-Hossein Abdollahzadeh, 2-Ali Imamalipor
1- Economic geology graduate student, Islamic Azad University of Ahar
2- Ph.D in Economic Geology, Faculty of Mining Urmia University
Hossein_Abdollahzade@yahoo.com

**Abstract:**

In order to do areal geochemical discovery in the plate 1:25000 Mahabad1 which is located in south of west Azarbaijan, sampling from stream sediments in this area which is 154 km square is done by the mean of determining mineral potentials.

Therefor 431 samples of stream sediments and 196 samples of heavy minerals from areal streams are collected and analyzed . in this project, for the separation of anomalies from the amounts of background and determining the thresholds of elements , the fractal concentration – number (C-N) method is used .
The fractal methods are the example of modern methods used in this project , which have been used a lot in recent years . due to the sediments which are collected from streams sediments the method of fractal concentration- area cannot be used for this reason the method of fractal concentration – number.
Is used and by the use of anomalous values , geochemical anomalies maps for elements are made by the GIS software . results of this project shows that by the use of geochemical anomalies for elements like Ba , Cu , Pb , Zn are carefully separated from the background values .

**Keywords :** Mahabad1 , fractal (C-N) , geochemical discoveries , GIS

◇◇◇◇◇◇◇

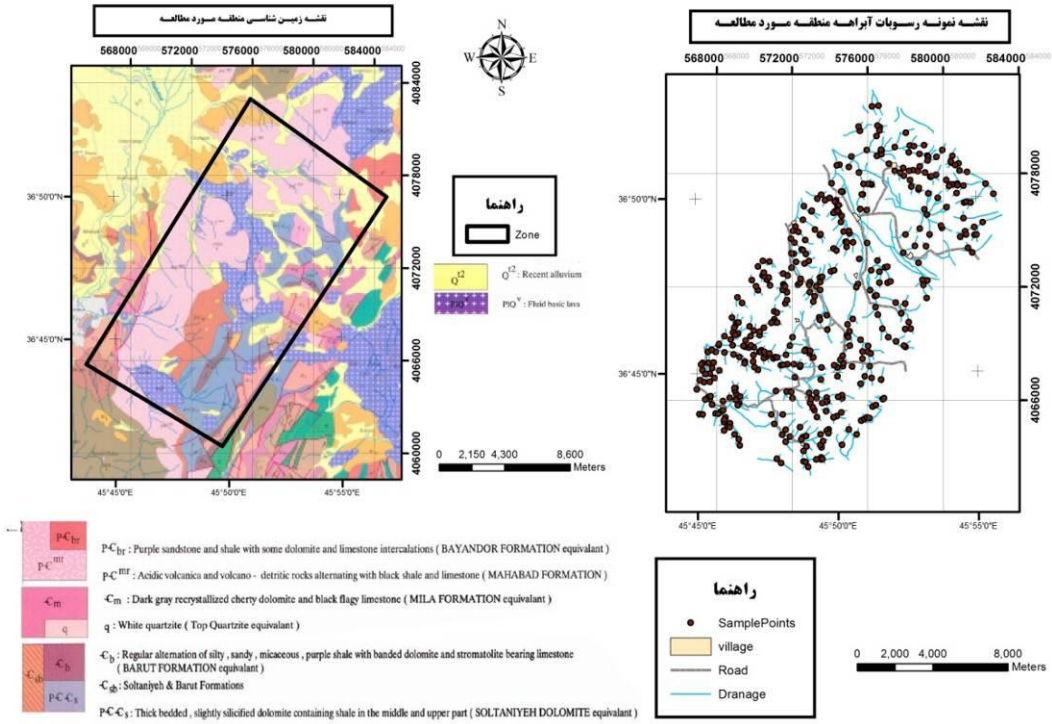
**مقدمه :**

تشخیص و تعیین آنومالی های عناصر گوناگون از زمینه پراهمیت ترین بخش در اکتشاف ژئوشیمیایی می باشد .چندین روش برای تشخیص آنومالی های عناصر از زمینه بر اساس روش های آمار کلاسیک براساس پارامترهای آماری مانند میانگین، میانه، حد و انحراف معیار یا نمودارهایی چون نمودار جعبه ای و هیستوگرام وجود دارد (Davis, 2002). این روش ها به توزیع داده ها و بخصوص نرمال بودن آنها حساس هستند و بسیاری از بررسی ها نشان داده است که توزیع فراوانی عیار عناصر در بسیاری از موارد نرمال نمی باشد (Li et al,2003; Rafiee,2005).

ماتندلبروت (۱۹۸۳) با نوشتن و ارائه کتاب ارزشمندی به طور رسمی هندسه فرکتال را به جهانیان به عنوان یک شاخه نوین از دانش هندسه معرفی نمود. اساس این هندسه پیوسته بودن بعدها و خود تشابهی در اشکال است. این نظریه در زمینه های مختلف علوم زمین و مطالعه منابع معدنی از دهه ۱۹۸۰ مورد استفاده قرار گرفته است
(Turcotte, 1986; Agterberg et al., 1996) .

مطالعات انجام شده توسط چنگ و همکاران (۱۹۹۴) همبستگی فرکتال بین عیار و تمرکز عناصر و خصوصیات هندسی پراکندگی ژئوشیمیایی آنها را نشان دادند. روش های فرکتال متعددی برای اکتشاف ژئوشیمیایی و تشخیص آنومالی ها به کار گرفته می شود که شامل روش های عیار- مساحت (Cheng et al.,1994)، روش طیف توان- مساحت (Cheng,1999)، روش عیار- فاصله (Li et al., 2003 ) و روش عیار- تعداد (Hassanpour and Afzal, 2013 ) می باشد. توزیع فضایی اغلب عناصر در محیط ژئوشیمیایی– زمین شناسی نتیجه فرآیند های زمین شناسی از قبیل فعالیت های آتشفشانی یا توده های نفوذی، فرآیندهای رسوبی، تکتونیک، فرآیندهای دگرگونی و کانی سازی می باشند. این فرآیندها دارای مشخصات خود تشابهی هستند، از این رومی توانند فرکتال یا مولتی فرکتال تلقی شوند
(Afzal et al. 2016). در این پژوهش با استفاده از داده های ژئوشیمیایی آبراهه ای و تحلیل آنها با روش فرکتالی عیار- تعداد، آنومالی های ژئوشیمیایی برای عناصر باریم، مس، سرب و روی در ورقه ۱:۲۵۰۰۰ مهابادI در استان آذربایجان غربی جدا و معرفی گردیدند(شکل۱).

محدوده مورد مطالعه در زون سنندج – سیرجان واقع شده است. زون سنندج - سیرجان نوعی کافت درون قاره ای است که تکاپوهای ماگمازایی و پدیده های دگرگونی عواملی موثر در ایجاد نهشته های معدنی هستند. به همین رو توان معدنی درخور توجه دارد و جدا از ذخایر و نشانه های شناخته شده امید دستیابی به نهشته های معدنی جدید دور از دسترس نیست (قربانی،۱۳۸۱). از دیدگاه زمین شناسی اقتصادی و پراکندگی کانسارهای زون سنندج-سیرجان را به سه بخش تقسیم می کند. بخش جنوبی که به داشتن کروم در اولترامافیک های اسفندقه فاریاب، آهن، آهن - منگنز در گل گهر، هنشک، بافت، سرب-روی-مس درچاه گز، قنات مروان با سن پرکامبرین پسین تا کرتاسه پیشین شاخص است.
بخش میانی، کانی سازی اصلی سرب و روی است که در مناطق شمس آباد-نظام آباد (با کانی سازی سرب و روی و نقره، آهن و منگنز)، آهنگران (با کانی سازی سرب و روی و نقره، آهن و منگنز ) و موته در بیشترین مقدار است. افزون بر آن در این بخش کانسار های تالک، گرافیت، باریت و سنگ های ساختمانی اهمیت ویژه ای دارند. بخش شمالی کانی سازی آهن ( معدن آهن همه کسی شمال همدان و شمال سنقر، شمال باختری دیوان دره)، طلا و طلا-آنتیموان(معدن داشکسن ) و کانه های آلومینوسیلیکاته را نام برد. گفتنی است آنچه که پیش از همه می تواند در زون سنندج-سیرجان از نظر اقتصادی با اهمیت باشد وجود انواع مختلف سنگ های تزیینی و نما با ذخایر زیاد است (قربانی،۱۳۸۱).




شکل۱- نقشه زمین شناسی و نمونه برداری از ورقه ۱:۲۵۰۰۰ مهاباد I

◇◇◇◇◇◇◇

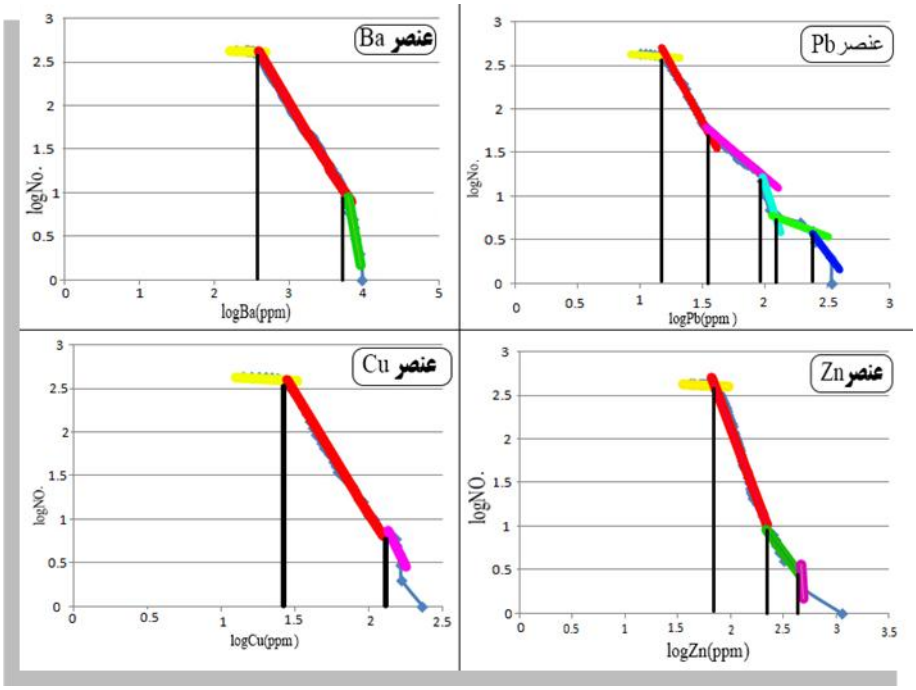
**روش تحقیق:**

در این پژوهش، ۴۳۱ نمونه ژئوشیمیایی برداشت شده ( شکل۱) و پس از آماده سازی برای ۴۲ عنصر مورد آنالیز قرارگرفتند. روش اندازه گیری برای همه عناصر به جز طلا روش ICP-MS و ICP-OES بوده است. همچنین در این مطالعه از روش فرکتال عیار– تعداد که اولین بار توسط (حسن پور و افضل،۲۰۱۳) برای جدایش آنومالی از زمینه پیشنهاد شده، استفاده گردیده است. این روش براساس رابطه زیر به کار گرفته می شود:

$$N(\geq C) \propto \rho^{-\beta}$$

$N(\geq C)$ به این معنی است که تعداد نمونه ها با مقدار عیار بزرگ تر از مقدار C باشد. $\rho$ عیار عنصر و $\beta$ بعد فرکتال می باشد. در این روش بر روی داده های ژئوشیمیایی عملیات اولیه مثل نرمال سازی داده های خام صورت نمی گیرد( راثی و افضل، ۱۳۹۳).

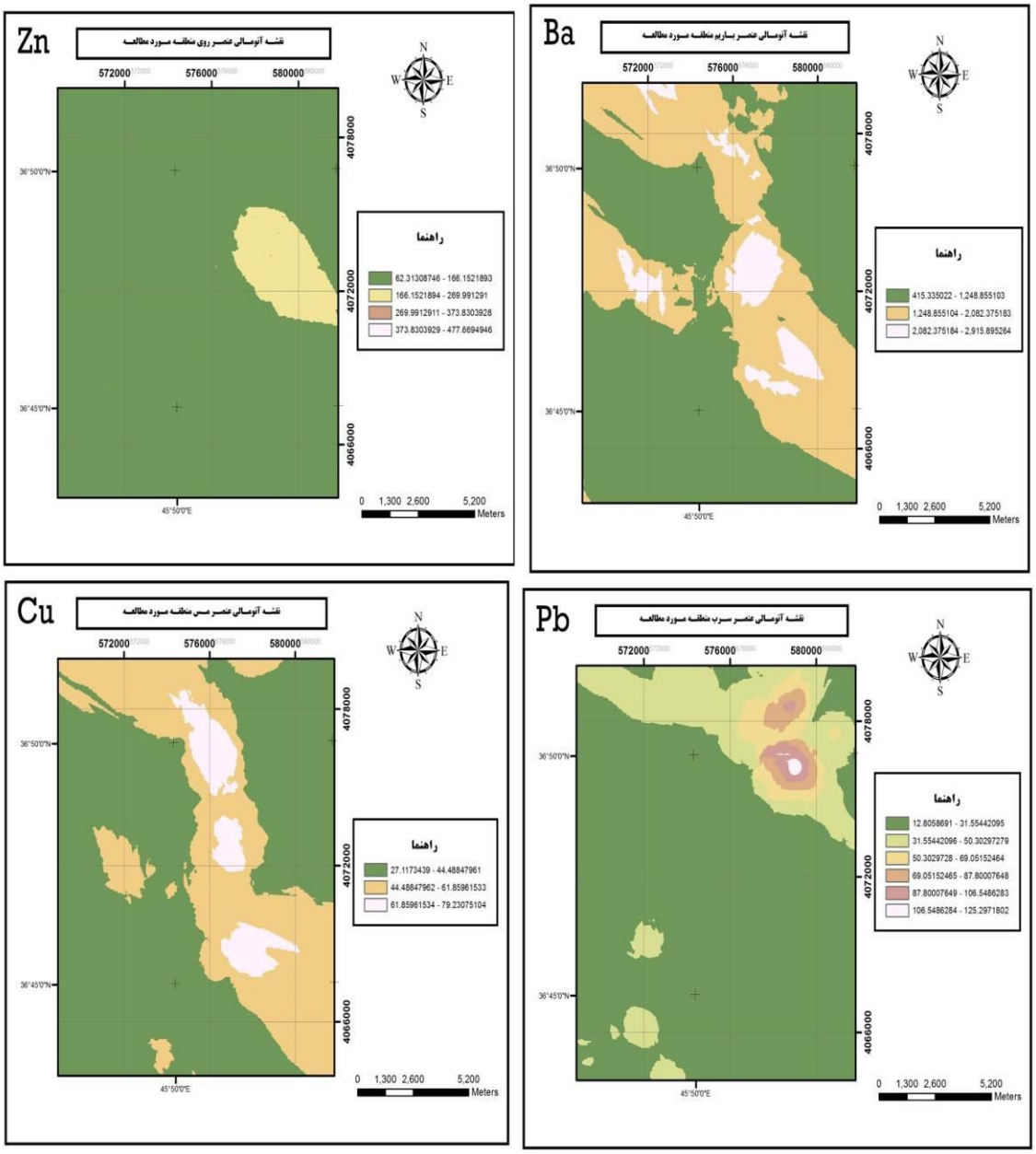
منحنی فرکتال های عیار- تعداد برای عناصر باریم، مس، سرب و روی نشانگر جامعه ژئوشیمیایی گوناگون در ورقه ۱:۲۵۰۰۰ مهابادI می باشند(شکل۲)(جدول۱). براساس این منحنی ها عناصر باریم، مس، سرب و روی در منطقه خصوصیات چند فرکتالی را از خود نشان می دهد. آنومالی های عنصر باریم در بخش های شمال و مرکزی ورقه مهابادI دیده می شود که در بین دولومیت های خاکستری کریستالی شده چرتی کامبرین، آبرفت های جدید کواترنری و گدازه های مایع سنوزوئیک قرار دارند (شکل۳). آنومالی های عنصر مس در بخش های شمال، مرکزی و جنوب شرقی ورقه دیده می شود که در بین سنگ های ولکانیک اسیدی به همراه شیل سیاه و سنگ آهک پروتوزوئیک، آبرفت های جدید کواترنری و گدازه های مایع سنوزوئیک قرار دارند(شکل۳). آنومالی های عنصر روی در بخش شرقی ورقه دیده می شود که در بین گدازه های مایع سنوزوئیک و در بستر های ضخیم همراه کمی دولومیت های سیلیسی شده با شیل کامبرین و آبرفت های جدید کواترنری قرار دارند(شکل۳). آنومالی های سرب در بخش های شمال تا شمال شرقی ورقه دیده می شود که در بین سنگ های ولکانیک اسیدی پروتوزوئیک، آبرفت های جدید کواترنری وگدازه های مایع سنوزوئیک قرار دارند(شکل۳).




شکل۲-نمودارهای لگاریتمی عیار –تعداد عناصر باریم، مس، سرب و روی منطقه مورد مطالعه

جدول۱- محاسبه مقادیر حد زمینه، حدآستانه ای و آنومالی های عناصر

| عنصر | حد زمینه | حد آستانه ای | آنومالی ممکن | آنومالی احتمالی |
|---|---|---|---|---|
| Ba | 501> | 501 | 6240 | 6240 < |
| Cu | 26> | 26 | 140 | 140 < |
| Pb | 40 | 80 | 191 | 191 < |
| Zn | 64> | 254 | 466 | 466 < |




شکل۳- نقشه آنومالی های باریم، مس، سرب و روی

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

مطالعات نشانگر کارایی روش فرکتالی عیار- تعداد در جدایش آنومالی های ژئوشیمیایی مبتنی بر رسوبات آبراهه ای در ورقه ۱:۲۵۰۰۰ مهابادI می باشد. همچنین نتایج مطالعات نشان می دهد که بهترین آنومالی های عناصر باریم، مس، سرب و روی در بخش های شمالی و مرکزی محدوده مورد دیده می شود که بیشتر هم در بین آبرفت های جوان کواترنری، سنگ

های ولکانیک اسیدی پروتوزوئیک و گدازه های مایع سنوزوئیک قرار دارند. موقعیت آنومالی های موید حضور کانی سازی پراکنده باریت با ضخامت های مختلف را در منطقه دارد و احتمال تیپ کانی سازی اپی ترمال در منطقه مورد مطالعه می باشد.

◇◇◇◇◇◇◇

**منابع فارسی :**

راثی، ر.، افضل، پ.، ۱۳۹۳ ، " جداسازی جوامع آنومالی رگه های طلادار در منطقه شرف آباد هیزه جان( آذربا یجان شرقی )با استفاده از رو ش فرکتالی عیار- تعداد"، سی و سومین گردهمایی ملی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

قربانی، م . دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران، پایگاه ملی داده های علوم زمین شناسی کشور،(۱۳۸۱).

◇◇◇◇◇◇◇

**References:**

Afzal, P., Eskandarnejad Tehrani, M., Ghaderi, M., Hosseini, M.R., 2016. *"Delineation of supergene enrichment, hypogene and oxidation zones utilizing staged factor analysis and fractal modeling in Takht-e-Gonbad porphyry deposit, SE Iran"*, Geoscience, 161, p. 119-127.

Agterberg, F.P., Cheng, Q., Brown, A., Good, D., 1996. "*Multifractal modeling of fractures in the Lac du Bonnet batholith, Manitoba*", Computers and Geosciences 22 (5), p. 497-507.

Cheng, Q, Agterberg, F. P., Ballantyne, S. B., 1994. "*The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods*", Journal of Geochemical Exploration 51, p. 109–130.

Cheng, Q., 1999. "*Spatial and scaling modelling for geochemical anomaly separation*", Journal of Geochemical Exploration 65 (3), p. 175-194.

Davis, J.C., 2002. "*Statistics and data analysis in Geology*" (3th ed.). John Wiley & Sons Inc., New York.

Hassanpour, Sh., Afzal, P., 2013. "*Application of concentration-number (C-N) multifractal modelling for geochemical anomaly separation in Haftcheshmeh porphyry system, NW Iran*", Arabian Journal of Geosciences, 6, p. 957–970.

Li, C., Ma, T., Shi, J., 2003. "*Application of a fractal method relating concentrations and distances for separation of geochemical anomalies from background*", Journal of Geochemical Exploration 77, p. 167–175.

Mandelbrot, B.B., 1983. "*The Fractal Geometry of Nature*", W. H. Freeman. San Fransisco, 468 pp.

Rafiee, A., 2005. "*Separating geochemical anomalies in stream sediment media by applying combination of fractal concentration-area model and multivariate analysis* ,20th World Mining Congress Proceeding, Iran, p. 461 -470.

Turcotte, D.L., 1986. "*A fractal approach to the relationship between ore grade and tonnage*", Economic Geology 18, 1525-1532.

# مطالعات زمین شناسی و کانه نگاری کانسار مس– طلای رگه‌ای در منطقه‌ی رشتخوار (جنوب‌شرق تربت حیدریه)

◇◇◇◇◇◇◇

هانیه کیائی ، دانشجوی دکتری زمین شناسی اقتصادی ،دانشگاه آزاد واحد محلات Haniekiaee85@gmail.com
احمد کاظمی مهرنیا ، دکتری زمین شناسی اقتصادی، مدیر پروژه شرکت پارسی کان کاو و استاد مدعو دانشگاه آزاد اسلامی واحد محلات akmehrnia@yahoo.com
پیمان افضل، دکتری زمین شناسی اقتصادی، دانشیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب P_Afzal@azad.ac.ir
حمید ثمری، کارشناس ارشد زمین شناسی در شرکت GRE دانشگاه دنور، کلرادو، امریکا hsamari@gmail.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

منطقه مورد مطالعه در جنوب استان خراسان رضوی و در بخش خاوری شهرستان رشتخوار از توابع تربت حیدریه قرار گرفته است. این منطقه در کمان ماگمائی بردسکن – تربت جام واقع شده و سنگ های آذرین آن مربوط به سنوزوئیک بوده و متعلق به کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای است. بر پایه ی بررسی های کانه نگاری و زمین شناسی، سنگ های اصلی در بر گیرنده کانی‌زائی، آندزیت مگا پورفیری و کنگلومرا است.کانی های اولیه شامل پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، مگنتیت و (کالکوسیت و مس طبیعی) که بصورت پراکنده، رگچه‌ای در سنگ های میزبان و یا در داخل رگه‌های کوارتز دیده می‌شوند. کانسار فتح آباد از نظر کانی شناسی و زون های دگرسانی بیشترین شباهت را با کانسارهای اپی ترمال کم سولفید نشان می دهد و با آن قابل قیاس است.

**کلید واژه ها**: کانه زایی رگه ای مس طلا، فتح آباد، رشتخوار، اپی ترمال سولفیداسیون پایین

◇◇◇◇◇◇◇

## Geological studies and Mineralography in Rostkhar Copper-Gold Vein deposit (SE Iran)

**Hanieh Kiaee**, Haniekiaee85@gmail.com
**Ahmad Kazemi Mehrnia**, akmehrnia@yahoo.com
**Peyman Afzal**, P_Afzal@azad.ac.ir
**Hamid Samari**, hsamari@gmail.com

**Abstract:**
The study area of this paper is located in southern Khorasan Razavi province and in the eastern part of the city of Roshtkhar, Torbat Heydarieh. It is located in Bardaskan- Torbatjam Magmatic arc and its igneous rocks are Cenozoic and belong to the magmatic continental margin arc. According to mineralography and geology studies, the main rocks in the mineralization is included mega porphyry andesitic and conglomerate. Host minerals like Pyrite, Chalcopyrite, Boronite, Magnetite (and possibly calcite and copper), which appears scattered, veinlet in the host rocks or inside the vein quartz. Mineralogy and alteration zones have the most similarity with low-sulfidation epithermal deposits and can be compared with Fathabad mineral deposits.

**Keywords:** Copper-Gold Vein deposit - Fathabad- Roshtkhar- Epitermal- low sulfidation

◇◇◇◇◇◇◇

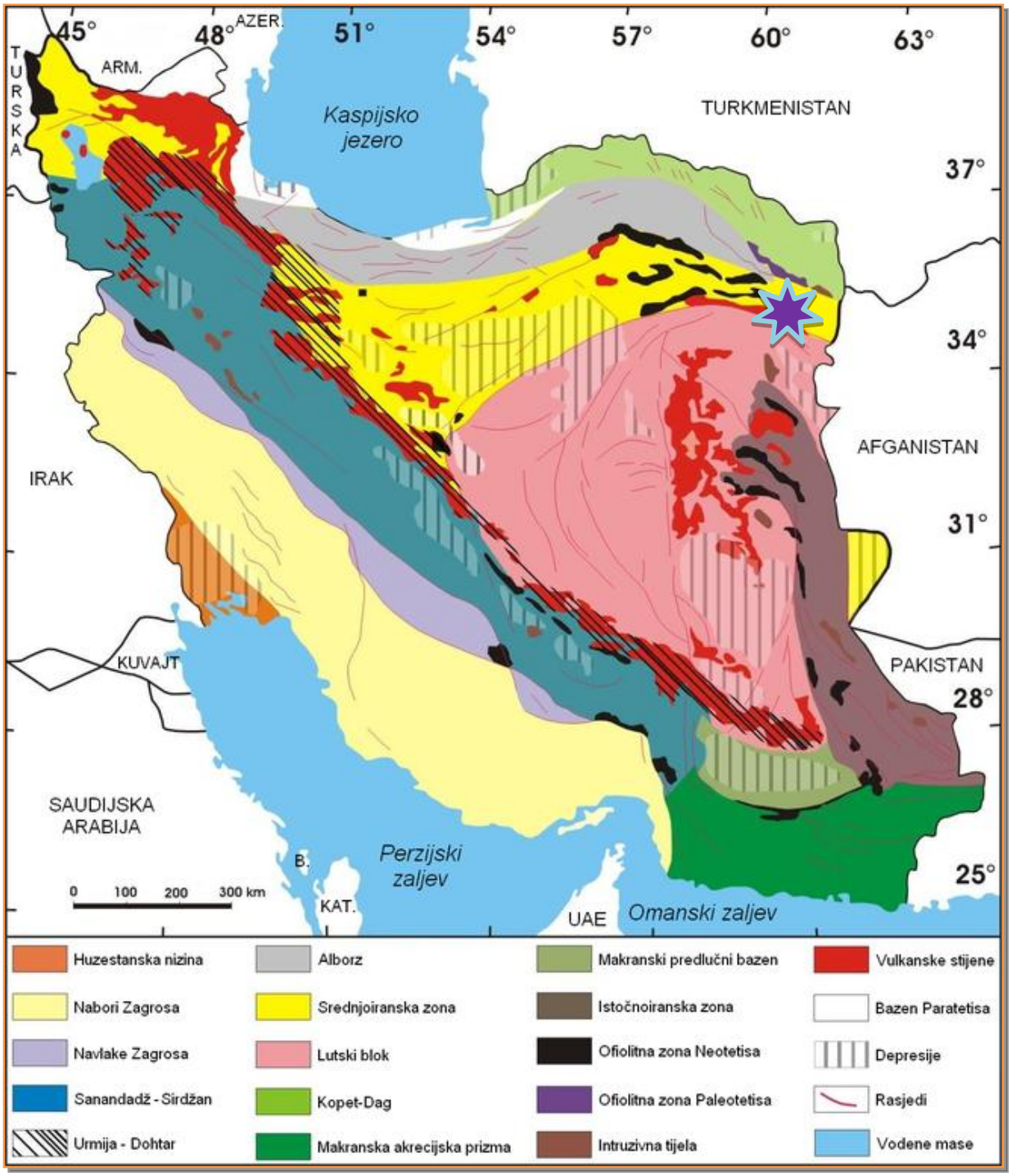
**مقدمه :** منطقه مورد مطالعه در جنوب استان خراسان رضوی و در بخش خاوری شهرستان رشتخوار از توابع تربت حیدریه قرار گرفته است. موقعیت مختصاتی آن در سیستم تصویری UTM (زون ۴۰)واقع در بین طول‌های جغرافیایی ۷۵۵۱۱۷ و ۷۶۰۶۱۴ و عرض‌های جغرافیایی ۳۸۸۲۴۳۷ و ۳۸۷۹۹۲۷ است و در چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت حیدریه و برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ دولت‌آباد قرار گرفته است. تعدد فعالیت های تکتونیکی باعث به وجود آمدن پدیده هایی همچون چرخش، برش (شکاف) و حرکات عمودی بلوک ناشی از وجود گسل های نرمال ، معکوس و مقاطع که شرایط را برای نفوذ و یا فوران ماگما فراهم نموده است. گسل درونه یکی از مهمترین گسل های به عنوان گسل معکوس مسئول انتقال رسوبات شمال شرقی به سمت جنوب غربی است(Ehsani Reza et al.,2016).

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

**زمین شناسی منطقه**

با توجه به پیماش‌های انجام شده در منطقه واحدهای موجود در محدوده اکتشافی شامل گدازه آندزیت پورفیری است که حاوی درشت بلورهای پلاژیوکلاز بوده است. واحد آگلومرایی نیز دارای قطعاتی از واحدهای قدیمی‌تر و قلوه‌های ولکانیک هستند. گسل درونه با شیب 60SW و امتداد N318 به صورت امتداد لغز با مولفه نرمال عمل کرده و جداکننده ارتفاعات از دشت (واحدهای ولکانیک از رسوبی) است. کانی سازی در این منطقه کربناتی در زون گسله و به صورت مالاکیت (سوزنی) و آزوریت در محل شکستگی‌ها است . کانی سازی سولفید در برخی ترانشه ها مربوط به رگه‌های سیلیسی موجود در منطقه است که تقریباً عمود بر امتداد گسل قرار دارد و حاوی کانی‌های مالاکیت و آزوریت و سولفیدهای مس و بعضاً اکسیدهای آهن است. در این منطقه اپیدوت به عنوان کانی ثانویه و حاصل از دگرسانی و به صورت پرکننده شکستگی های موجود در آندزیت‌ها قابل مشاهده است . ناحیه مورد نظر در منطقه دولت آباد قرار گرفته است (Eftekharnezhad, 1980). با توجه به نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دولت آباد، قدیمی‌ترین سازند رخنمون یافته ، سازند کهر به سن پرکامبرین از کهن ترین نهشته های رسوبی – دگرگونی و سنگ های آتشفشانی در شمال خاوری منطقه مورد بررسی قراردارد.




شکل ۱) نقشه زمین‌ساختی ایران به همراه موقعیت قرارگیری منطقه مورد مطالعه (نظافتی، ۲۰۱۲)

## روش مطالعه

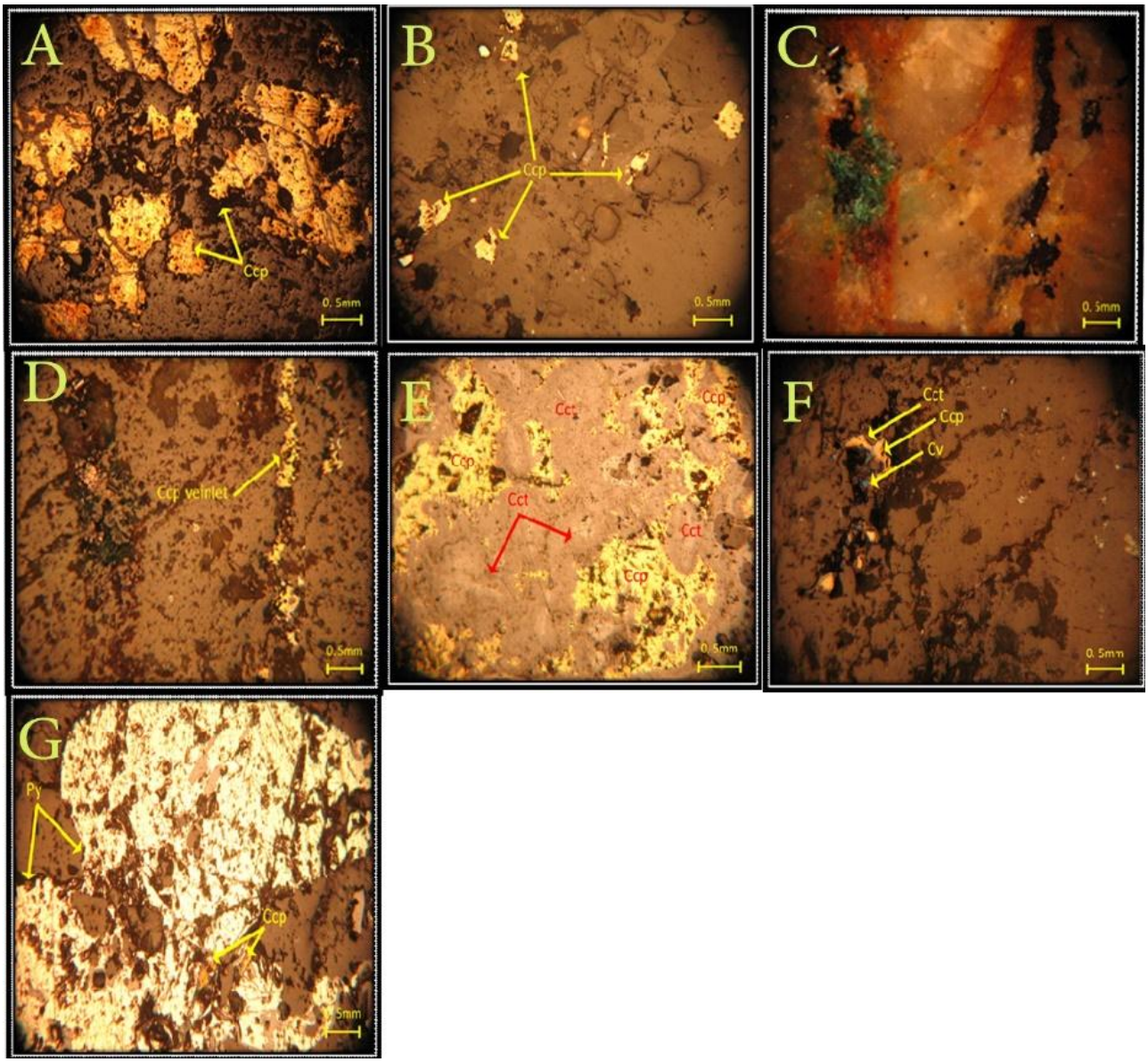
مراحل زیر به منظور تعیین کانی شناسی و انجام آنالیزهای مربوط در این مطالعه انجام شده است:

- بررسی مقالات و گزارش های مرتبط با منطقه و مطالعه ی نقشه های زمین شناسی و عکس های ماهواره ای منطقه
- برداشت بیش از ۵۰ نمونه از منطقه، تهیه مقاطع نازک و مقاطع صیقلی
- انجام مطالعات میکروسکوپی روی نمونه ها و تجزیه و تحلیل و نتیجه گیری با استفاده از مطالعات و آنالیز داده ها

## مطالعات کانه نگاری (Mineralography)

مطالعات کانی شناسی در محدوده ی فتح آباد، توسط شرکت پارسی کان کاو بر روی ۵۷ مقطع صیقلی انجام شده است. (۵۵ مقطع از مغزه های حفاری و ۲ مقطع از نمونه های سطحی). بعد از آن نیز حدود ۱۲ مقطع صیقلی و ۲۱ مقطع نازک برای انجام کارهای تکمیلی تهیه شد. مقادیر کانی ها به صورت تخمینی بیان شده‌اند.

۱- کانی‌های سولفیدی : این کانی‌ها شامل کالکوپیریت، کالکوسیت، کوولیت، پیریت و میزان بسیار کمی بورنیت است.کالکوپیریت در ۷۵٪ از مقاطع، به مقدارهای متفاوتی مانند تجمعات بی‌شکل ، دانه‌های کوچک پراکنده، و رگچه‌ای (شکل ۲-A) حضور دارد. کالکوسیت نیز در بیش از ۴۵٪ نمونه‌ها( بیشترین میزان کالکوسیت در مقطع شماره‌ی FA15-25 ) دیده می‌شود( با میزان ۱۲٪ از سطح مقطع ). در اغلب مقاطع کالکوسیت به صورت ثانویه و بر اثر جانشینی از کالکوپیریت در حاشیه ی تشکیل شده‌است (شکل ۲-B). حدود ۲۵ ٪ کوولیت‌اند جانشین کالکوسیت شده‌است. (شکل ۲- D,C). در ۷۰٪ ازمقاطع پیریت در ابعاد و میزان متفاوت که بیشترین میزان پیریت در مقطع شماره‌ی FA14-51.5 میزان ۹٪ است (شکل ۲-E)که در برخی مقاطع، اکسید شده و تشکیل اکسید آهن داده‌اند(شکل ۲-F). بورنیت دو نمونه جانشین کالکوپیریت و پیریت شده‌است (شکل ۲-G). گالن تنها در نمونه‌ی شماره‌ی FA 38-33، به صورت چند دانه‌ی کوچک نیمه شکل‌دار مشاهده شده‌است.




شکل۲-**A**: تصویر تجمعات بی شکل از کالکوپیریت شکل ۲-**B** : دانه‌های کوچک و بی شکل کالکوپیریت. شکل ۲- **C , D**: در سمت راست تصویر رگچه‌ای از کالکوپیریت و در سمت چپ نیز آغشتگی به مالاکیت. شکل ۲- **E** : میزان زیادی کالکوسیت ثانویه. شکل ۲- **F**: جانشینی کالکوسیت و کمی دانه‌های آبی رنگ کوولیت . شکل ۲- **G** : پیریت بی‌شکل همراه با چند دانه‌ی کوچک کالکوپیریت در پایین تصویر(تصاویر A-B-D-E-F-G در نور PPL و تصویر C در نور XPL)

۲- کانی‌های اکسیدی : این کانی‌ها شامل اکسیدهای آهن مانند مگنتیت و هماتیت، هیدروکسیدهای آهن مانند گوتیت و لیمونیت، پیرولوسیت و مالاکیت است.

۱-۲- اکسیدهای آهن: مگنتیت در ۴۵٪ از مقاطع دیده می‌شود (با میانگین حدود۲٪ ). این دانه‌ها اغلب شکل‌دار تا نیمه شکل‌دارند (شکل ۳-A). بیشترین میزان هماتیت (در ۳۰٪ از مقاطع) در نمونه‌ی شماره FA38-33 و به مقدار ۶٪ از سطح مقطع است. هماتیت در اغلب مقاطع به‌صورت تجمعات بی‌شکل و رگچه‌ای مشاهده می‌شود (شکل ۳-E,D,C, B).

۲-۲- هیدروکسیدهای آهن : در ۹۵٪ از نمونه‌ها، آغشتگی به لیمونیت دیده می‌شود، بطوریکه در برخی مقاطع، حدود ۳۰٪ از سطح مقطع را آغشته کرده‌است ( به‌صورت رگچه‌ای و آغشتگی‌های پراکنده ) (شکل ۳-G,F). گوتیت به صورت نوارهای بی‌شکل در سطح ۲۵٪ از مقاطع دیده می‌شود. بیشترین میزان گوتیت در مقطع شماره‌ی FA15-5 دیده می‌شود (۲۰٪)و گاهاً به میزان زیادی جانشین کالکوپیریت شده‌است. در بسیاری از نمونه‌ها، در حاشیه‌ی گوتیت، آغشتگی به لیمونیت نیز وجود دارد (شکل ۳-H).

۳-۲- اکسید منگنز : پیرولوسیت در ۱۰٪ نمونه‌ها حضور دارد. میانگین آن در ۵ مقطع مشاهده شده، به ۴٪ می‌رسد. این کانی معمولا به صورت رگچه‌ای و تجمعات در حال تجزیه، در سطح این مقاطع مشاهده می‌شود(شکل ۳-I).

۴-۲- کربنات‌های آبدار مس : مالاکیت در ۸۵٪ از نمونه‌ها، مشاهده‌می‌شود( به صورت پراکنده). همچنین در رگچه‌های موجود در سطح مقاطع وجود دارد. میانگین مالاکیت در این مقاطع به ۳٪ می‌رسد(شکل ۳-J). دو نمونه دارای کم‌تر از ۰/۵٪ آغشتگی به آزوریت هستند.

۱-۳- مس خالص : در ۲۵٪ از نمونه‌ها میزان کمی ذرات بسیار کوچکی از مس خالص حضور دارند.

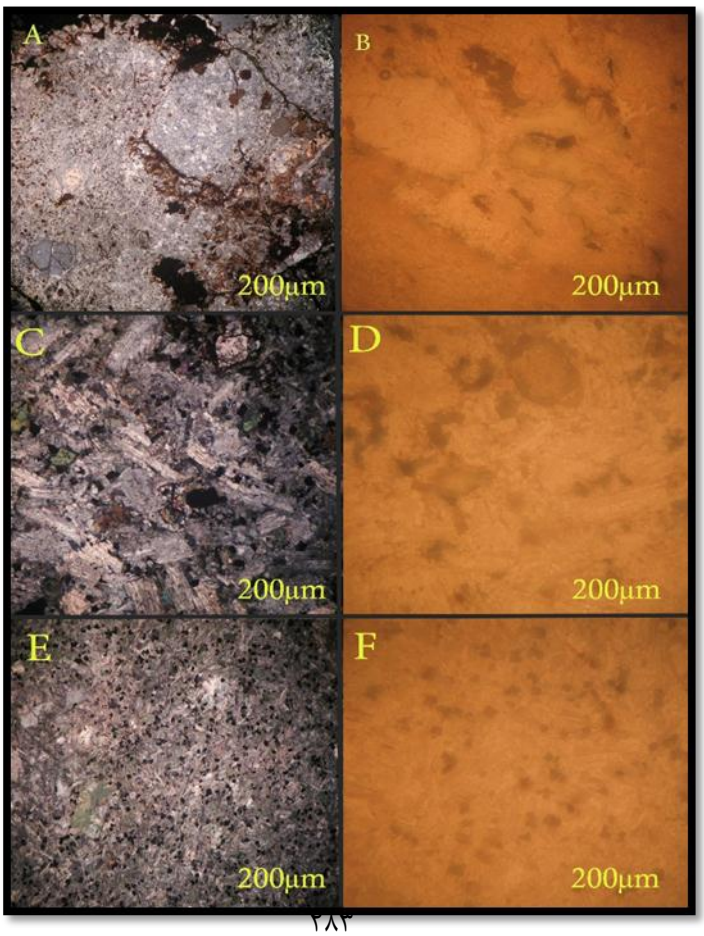


شکل۳ – A) دانه‌های نیمه شکل‌دار مگنتیت. شکل ۳ –**C,B**) رگچه‌ای از هماتیت در میانه‌ی تصویر با آغشتگی حاشیه‌ای به لیمونیت .شکل ۳-**E,D**) چندتجمع بی شکل از هماتیت و آغشتگی سطح مقطع به مالاکیت . شکل ۳-**G,F** ) آغشتگی به لیمونیت در حاشیه‌ی نوارهای هماتیت، و آغشتگی سطح مقطع به مالاکیت. شکل ۳-**H** ) میزان زیادی گوتیت به صورت تجمعات بی‌شکل که در حاشیه، آغشتگی به لیمونیت . شکل شکل ۳-I ) میزان زیادی پیرولوسیت دیده می‌شود که اغلب در حال تجزیه‌اند.شکل ۳-**J** ) رگچه‌هایی از مالاکیت در میانه‌ی تصویر(تصاویر A-C-E-G-H-I در نور PPL و تصاویر B-D-F-J در نور XPL) .

تعدادی دیگر از نمونه های برداشت شده به صورت مقاطع نازک در زیر آمده است:

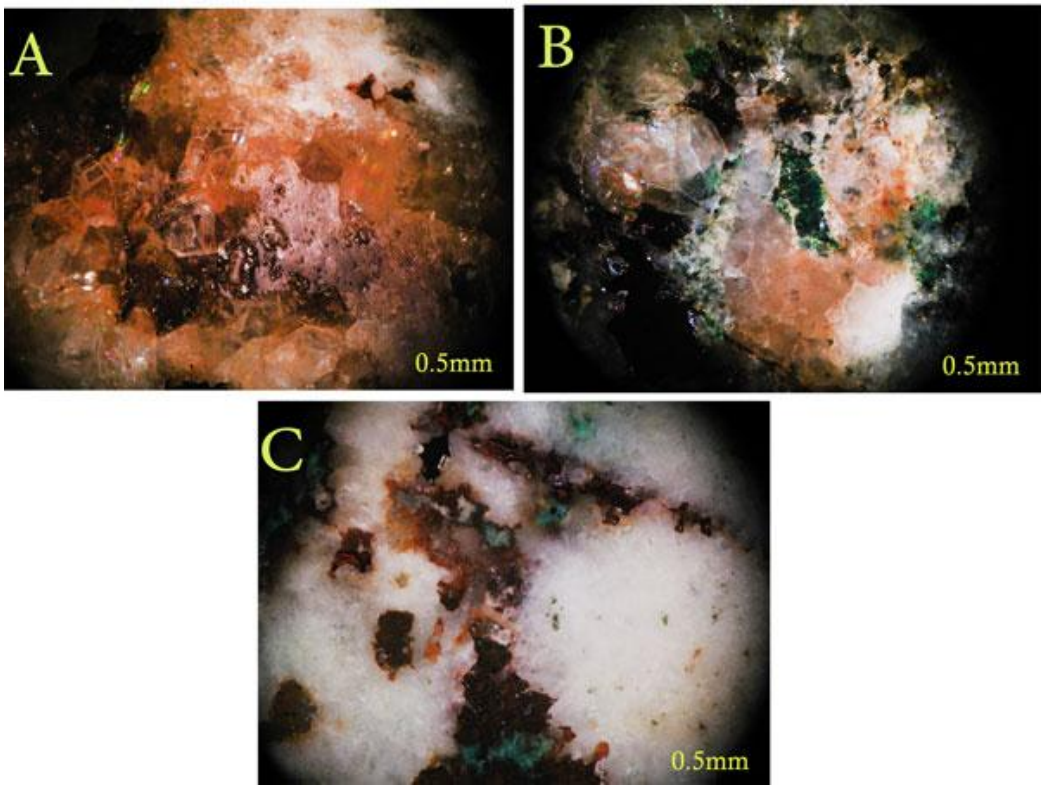
آندزیت مگاپورفیری (شکل۴-A ، B) سنگ آتشفشانی است که در آن بلورهای پلاژیوکلاز در زمینه پورفیری قرار گرفته

است. دارای کانی کوارتز به صورت رگچه ای،کانی های اوپک ، اکسید آهن و بیوتیت است. بلورها در اثر دگرسانی به کلریت و اپیدوت و گاهاً کربنات تبدیل شده است. دیاباز (شکل۴-C) سنگ نفوذی دارای بافت دانه متوسط، پلاژیوکلاز جز کانی اصلی این سنگ و در زمینه کوارتز قابل مشاهده است. بیوتیت ، کوارتز رگچه ای و کانی اوپک از کانی های فرعی در این سنگ است. دگرسانی اپیدوتی و کلریتی نیز در این نمونه قابل مشاهده است. دیاباز (شکل۴-D) با بافت پورفیری و دیابازی، دارای پلاژیوکلاز، پلاژیوکلاز زونه و کوارتز در متن سنگ است. کانی بیوتیت و کانی اوپک جز کانی های فرعی این نمونه است. کانی های اپیدوت، کلریت و کربنات نیز در اثر دگرسانی در این نمونه قابل مشاهده است. در برخی بخش ها کانی کوارتز به صورت رگچه ای قابل مشاهده است.



شکل۴) شکل **A و B** ) آندزیت مگاپورفیری حاوی بلورهای پلاژیوکلاز در زمینه پورفیری (**BHFA19-B3-11** )، شکل **C** و**D**) پلاژیوکلاز در زمینه ای از کوارتز (**FA064** ، شکل **E** و **F**) پلاژیوکلاز زونه به همراه کوارتز در متن سنگ (**FA027**)(اشکال سمت راست نور PPL و اشکال سمت چپXPL).

گرانیت (شکل ۵-A) با آغشتگی اکسید آهن ، مالاکیت، کالکوپیریت و تیوتسیت است. کانی اصلی آن پلاژیوکلاز و دارای بافت ریزبلور است. کالکوپیریت در این نمونه گاهاً به کالکوسیت تبدیل شده است. پیریت هم به صورت یوهدرال و کوبیک در این نمونه قابل مشاهده است. دیاباز (شکل ۵-B) با بافت گل کلمی (نشان دهنده ی دمای تشکیلی کم)، که دارای کانی پلاژیوکلاز، کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت به صورت زاویه دار ، اکسید آهن و کالکوسیت بهصورت یوهدرال در داخل اکسید آهن است.گرانیت (شکل ۵-C) با بافت ریز بلور دارای پلاژیوکلاز، مالاکیت ، اکسید آهن، کالکوسیت، کالکوپیریت (به صورت ساب هدرال که گاهاً به کالکوسیت تبدیل شده است) است. پیریت در حدود ۲ درصد از این مقطع را تشکیل داده است و بیشتر در شکستگی ها قابل مشاهده است. بافت گل کلمی اکسید آهن نیز در این مقطع قابل رویت است.



شکل ۵-**A**) گرانیت با آغشتگی اکسید آهن ، مالاکیت، کالکوپیریت و تیوتسیت (**FA001**)، شکل ۵-**B**) دیاباز با بافت گل کلمی (**BHFA19-B4-16**)، شکل ۵-**C**) گرانیت با بافت ریز بلور (**FA056**)(نور XPL).

## کانی سازی در منطقه فتح آباد

کانی سازی و نهشت مواد معدنی همانند پدیده دگرسانی به تبعیت از شرایط تکتونو ماگمایی حاکم بر منطقه اکتشافی فتح آباد در دو مرحله اصلی رخ داده است. مرحله اول مقارن با توزیع پراکنده عناصر با ارزش در متن توده نفوذی می باشد. کانی سازی در این مرحله بصورت تمرکزهای پراکنده ای از پیریت در پیکره توده نفوذی قابل شناسایی است. کانی سازی با اهمیت در مرحله دوم و به همراه عملکرد سیستم های گسله با روند شمالشرق ـ جنوبغرب بوقوع پیوسته است. در این مرحله در امتداد گسل های اصلی منشعب از گسل درونه دگرسانی شدید و آثار کانی سازی کالکوپیریت و طلا درون رگه های سیلیسی مملو از اکسیدهای آهن و منگنز درون واحدهای آتشفشانی و کنگلومرا نهشته شده است. کانی سازی مس به صورت شکافه پرکنی و عمدتاً کانی سازی اولیه به صورت کالکوپیریت همراه رگه های سیلیسی تشکیل شده است. کانی سازی مالاکیت به شکل آغشتگی و در درزه های سنگ گسترش یافته است(جدول ۱). کانی سازی کالکوپیریت به صورت شکافه پرکن در رگه ها و رگچه های سیلیسی طلا تشکیل شده و پیریت در متن سنگ حضور دارند.

بر اساس مطالعات مختلف از قبیل سنگ شناسی، کانی شناسی، دگرسانی‌ها، جایگاه تکتونو- ماگمایی و کنترل کننده‌های ساختاری و مقایسه آن با تیپ‌های مشابه می توان مدل احتمالی تشکیل کانسار را تخمین زد.

۱- محیط تکتونو – ماگمایی: منطقه مورد مطالعه در کمان ماگمائی بردسکن – تربت جام واقع شده و سنگ های آذرین آن مربوط به سنوزوئیک بوده و متعلق به کمان ماگمایی حاشیه قاره‌ای است. این ماگماتیسم از نوع کالک-آلکالن تا آلکالن بوده و به تیپ I گرایش نشان می‌دهد.

۲- تکتونیک: یکی از ساختارهای اساسی در منطقه مورد مطالعه گسل بزرگ درونه است، که ساختارهای موجود در منطقه نیز در ارتباط با آن قابل تفسیر و بررسی هستند. همچنین اغلب رگه‌ها و زون‌های مینرالیزه از روند شکستگی‌ها و گسل‌های با روند NE پیروی می‌کنند، که خود در ارتباط با عملکرد گسل درونه قابل توجیه است.

۳- سنگ درونگیر: سنگ های اصلی در بر گیرنده کانی‌زائی شامل ولکانیک های حدواسط ائوسن و توده‌های نفوذی اسیدی تا حدواسط بعد از ائوسن (میوسن) است که شامل آندزیت مگا پورفیری و کنگلومرا و واحدهای رسوبی است. کانی سازی در کنگلومرا به صورت ثانویه است و بر اثر چرخش محلول های جوی در آن تشکیل شده است.

۴- دگرسانی: اگرچه دگرسانی بخصوص نوع پروپلتیک از گسترش زیادی در منطقه برخوردار است (بویژه در سنگ های ولکانیکی)، ولی شدت دگرسانی‌ها اغلب ضعیف است و محدود به حاشیه زون‌های مینرالیزه و دیواره رگه‌هاست. زون‌های اصلی دگرسانی در ارتباط با کانه‌زائی شامل پروپلیتیک، سیلیسی شدن، آرژیلی و سریسیتی شدن ضعیف می باشد.

۵- زمان کانه‌زائی: سنوزوئیک و میوسن.

۶- کانی های اولیه: پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، مگنتیت و (کالکوسیت و مس طبیعی) که بصورت پراکنده، رگچه‌ای در سنگ های میزبان رخ داده و یا در داخل رگه‌های کوارتز دیده می‌شوند.

۷- کنترل ساختاری: اغلب کانه‌زائی در ارتباط با گسل های کششی با روند NE می‌باشد.

جدول۱) توالی پاراژنزی کانسار فتح آباد (ضخامت خطوط نشان دهنده فراوانی کانی هاست.)

| Minerals | Pre mineralization | Ore stage | Post mineralization | supergene |
|---|---|---|---|---|
| Quartz | | | | |
| Pyrite | | | | |
| Sericite | | | | |
| Epidote | | | | |
| Chlorite | | | | |
| Hematite | | | | |
| Galena | | | | |
| Chalcopyrite | | | | |
| Chalcocite | | | | |
| Covellite | | | | |
| Copper | | | | |
| Bornite | | | | |
| Malachite | | | | |
| Azurite | | | | |

ویژگی‌های ذکر شده در بالا، با کانی سازی رگه‌های اپی ترمال همخوانی و مشابهت نشان می‌دهد. با توجه به عدم حضور دگرسانی آرژیلیک پیشرفته (آلونیت، کائولینیت، پروفیلیت)، شدت کم دگرسانی‌ها و نیز عدم حضور کانی‌های با سولفید بالا مثل انارژیت و لوزونیت، تیپ کانه‌زائی در منطقه فتح آباد (بویژه کانی‌زائی رگه‌ای) را می‌توان از نوع اپی‌ترمال سولفید پائین

(Low Sulfidation Epithermal) در نظر گرفت. با توجه به کنترل ساختاری و نیز عدم تبعیت کامل از یک لایه ولکانیکی و نیز مقدار زیاد دگرسانی ها می توان گفت این نوع کانی زائی نیز در ارتباط با فرآیندهای هیدروترمالی و از نوع اپی‌ترمال سولفید پائین می‌باشد. در ادامه مختصری از مشخصات کانسارهای فتح‌آباد با کانسارهای اپی‌ترمال سولفید پائین قیاس شده است.

محیط تکتونیکی کانسار فتح آباد مربوط به محیط های کمان قاره ای است، محیط های تکتونیکی مرتبط با کانسارهای اپی ترمال با سولفیداسیون پایین (LS) شامل جزایر قوسی و حاشیه قاره ای در انواع غنی از گوگرد و محیط های کشش واقع در قوس ها در انواع فقیر از گوگرد است.

کانی شناسی در کانسار فتح آباد از نوع رگه ای و پر شدگی فضاهای خالی است و کانسارهای اپی ترمال با سولفیداسیون پایین نیز از نوع پرشدگی فضاهای خالی، رگه ای، کراستیفرم، کلوفرمی است، که مشابه با کانسار فتح آباد است.

دگرسانی در کانسار فتح آباد از نوع اپیدوتی، کلریتی، کربناتی و گاهاً سریسیتی است ، در کانسارهای اپی ترمال با سولفیداسیون پایین نیز این دگرسانی ها به همراه دگرسانی آرژیلیتی، ایلیت و اسمکتیت به چشم می خورد.

همانطوریکه دیده می‌شود، کانسار فتح آباد از نظر کانی شناسی و زون های دگرسانی بیشترین شباهت را با کانسارهای کم سولفید نشان می دهد و با آن قابل قیاس است.

## نتیجه گیری :

با توجه به مطالعات کانه نگاری و پتروگرافی سنگ آذرین در منطقه فتح آباد رشتخوار از نوع سنگ های نفوذی با منشا آذرین مافیک است و اغلب ماهیت گرانودیوریتی و دیوریتی از خود نشان می دهد. کانی های اولیه: پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، مگنتیت و (کالکوسیت و مس طبیعی) که بصورت پراکنده، رگچه‌ای در سنگ های میزبان رخ داده و یا در داخل رگه‌های کوارتز دیده می‌شوند و نشان از مشابهت این کانی سازی با کانی سازی رگه ای اپی ترمال دارد.کانه زایی در منطقه کانسار فتح آباد از نظر فرم و شکل کانه زایی، دگرسانی، کانی شناسی و سنگ میزبان شامل کانی سازی رگچه ای و پراکنده مس و کانی زائی نوع رگه ای است.کانی سازی کالکوپیریت به صورت شکافه پرکن در رگه ها و رگچه های سیلیسی طلا تشکیل شده و پیریت در متن سنگ حضور دارند.کانسار فتح آباد از نظر کانی شناسی و زون های دگرسانی بیشترین شباهت را با کانسارهای کم سولفید نشان می دهد و با آن قابل قیاس است.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

- بیابانگرد، ح.، ۱۳۹۴، "سنگ شناسی، دگرسانی و خاستگاه کانه زایی آهن در رشتخوار"، مجله زمین شناسی اقتصادی، شماره ۱، (۹۳- ۱۱۵)

- حدادان، م.، ده حقی، ف.، محبی، ا.ر.،۱۹۹۶، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دولت آباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- رحمانی، ا.، ۱۳۹۳، "زمین شناسی، کانی زایی و ژئوشیمی کانسار اپی ترمال مس (طلا) خلیفه لو، پهنه طارم، شمال خرمدره"، مجموعه مقالات هجدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، (۱۰۹۵- ۱۱۰۴)
- سپاهی گرو، ع.، ۱۳۹۵، "پترولوژی و ژئوشیمی توده گرانیتی علی آباد دامن (رشتخوار، خراسان رضوی)"، پترولوژی، شماره ۲۶، ( ۷۹- ۹۸)
- شهاب پور، ج.، ۱۳۹۰، "زمین شناسی اقتصادی"، ششم، ( ۲۵۱ – ۲۶۴)، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان
- گروه مهندسین مشاور پارسی کان کاو.،۱۳۹۲-گزارش مربوط به بررسی محدوده معدنی فتح‌آباد.
- نظافتی، ن.، ۲۰۱۲، نقشه زمین‌ساختی ایران.

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

- Ehsani, R., Mohammadi, N., Ehsani, M. H., 2016. *" Economic Geology Study with Focus on Cu Mineralization (Fath Abad Area, Khorasan Razavi) "*, Journal of Geoscience and Environment Protection, 4, p. 1-27.
- Bissig, Th., Clark, A. H., Montgomery, A., 2015. *" Physiographic and tectonic settings of high-sulfidation epithermal gold–silver deposits of the Andes and their controls on mineralizing processes "*, Ore Geology Reviews, 65, p. 327-364.
- Kouhestani, H., Mokhtari, M. A. A., Chang, Zh., Johnson, C. A., 2018. *" Intermediate sulfidation type base metal mineralization at Aliabad-Khanchy, Tarom-Hashtjin metallogenic belt, NW Iran* ", Ore Geology Reviews, 93, p. 1-18.
-Sholeh, Ali., Rastad, E., Huston, David., Gemmell, J. B., Taylor, R.D., 2016. *" The Chahnaly Low-Sulfidation Epithermal Gold Deposit, Western Makran Volcanic Arc, Southeast Iran "*, Economic Geologists, 111, p. 619-639.
- Eftekharnezhad, J., 1980. *"Tectonic Classification of Iran in Relation to Depositional Basins"*, Journal of Iranian Petroleum Society,82,19-28.

# مطالعه زمین‌شناسی اقتصادی و منشأ کانسار آهن گل‌گهرسیرجان، استان کرمان– جنوب غربی ایران

نادر گلشنی نسب، دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات، Nadergolshaninasab@yahoo.com
معصومه رحیمی حقیقی، کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه شیراز، SepidehRoshani2018@yahoo.com

## چکیده

کانسار سنگ آهن گل‌گهر سیرجان در ۵۵ کیلومتری جنوب باختری سیرجان و در خاوری زون سنندج- سیرجان واقع شده است. سنگ‌های همبر کانسار شامل واحدهای رسوبی± آتشفشانی دگرگون شده در رخساره شیست سبز و با سن احتمالی پروتروزوئیک پسین- پالئوزوئیک پیشین است. مهم‌ترین واحدهای سنگی میزبان کانسار شیل، ماسه سنگ، سیل بازالتی، گابرویی و دیابازی، سنگ‌های یخساری (دیامیکتیک) و توالی‌های کربناتی- چرتی می‌باشد. همچنین بر پایه مطالعات ژئوشیمی عناصر کمیاب و ایزوتوپی شیست‌ها و آمفیبولیت‌ها در تشکیل کانسار آهن گل‌گهر نقشی نداشته و فقط سنگ درونگیر هستند. لذا شاید بتوان گفت منشأ ماگمای گوشته تهی‌شده برای کانسار گل‌گهر محتمل‌تر است.

**کلید واژه**: آهن، کانسار گل‌گهر، کانسنگ آهن، مگنتیت

## Study of Economic Geology & Genes of the Gol-e- Gohar Sirjan Iron Deposit, Kerman province- Southwest of Iran

Nader Golshani nasab, Ph.D. Student of Economic Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Nadergolshaninasab@yahoo.com
Masoumeh Rahimi Haghighi, MSc of Economic Geology of Shiraz University, SepidehRoshani2018@yahoo.com

## Abstract

The Gole Gohar iron deposit is located at about 55 km southwest of Sirjan and in the eastern edge of the Sanandaj-Sirjan structural zone of Iran. The host rocks of the ore deposit include metamorphosed sedimentary ± volcanic rocks of the greenschist facies, probably of Upper Proterozoic-Lower Paleozoic age. The most important host rock units include shale, sandstone, gabbroic-basaltic and diabasic sills, diamictite and cherty carbonatic sequences. Also base on geochemical studies the rare and isotopic elements of schists and amphibolites did not play any role in iron ore deposition and are just abundant in wholerock. Therefore, it can be said that the origin of the depleted mantel magma is more probable for the Gol-e- Gohar Sirjan ore deposit.

**Keywords**: Iron, Gol-e- Gohar deposit, Iron ore, Magnetite

## مقدمه

کانسارهای آهن شامل انواع کانسارهای وابسته به سنگ‌های آذرین مافیک- الترامافیک، کانسارهای وابسته به نفوذی‌های متوسط تا فلسیک، کانسارهای وابسته به آتشفشانی در خشکی، کانسارهای وابسته به آتشفشانی زیر دریایی، کانسارهای وابسته به رسوبگذاری شیمیایی، کانسارهای وابسته به رسوبگذاری آواری و کانسارهای وابسته به هوازدگی هستند (جدول ۱). کانسار سنگ آهن گل‌گهر سیرجان یکی از ذخایر اقتصادی مهم آهن ایران بوده که دارای ذخیره قطعی بیش از یک میلیارد تن سنگ آهن با عیار ۵۷٫۲٪ Fe است.

**جدول ۱؛ تقسیم‌بندی انواع کانسار آهن (Guilbert J.M and Park Jr.C.F; 1997)**

| | انواع کانسار | | کانی‌های اصلی |
|---|---|---|---|
| ۱ | کانسارهای وابسته به سنگ‌های آذرین مافیک- الترامافیک | نوع بوشولد | کرومیت، پنتلاندیت، پیروتیت، پیریت، کانی‌های سولفیدی گروه پلاتین و مگنتیت |
| | | آنورتوزیت‌ها | پلازیوکلاز، ایلمینیت، روتیل، مگنتیت و تیتانیوم‌دار- آپاتیت |
| | | کربناتیت‌ها | فلوگوپیت، آپاتیت، ورمیکولیت، مگنتیت، کانی‌های REE و سولفیدهای مس |
| ۲ | کانسارهای وابسته به نفوذی‌های متوسط تا فلسیک | آهن ماگمایی (تیپ کایرونا) | مگنتیت، هماتیت، آپاتیت، اسکاپولیت |
| | | آهن گرمابی | مگنتیت، کلرو آپاتیت |
| | | IOCG | مگنتیت، هماتیت، اسپیکیولاریت، آپاتیت، سولفیدهای مس، کانی‌های اکسید اورانیوم |
| | | اسکارن‌ها | مگنتیت، هماتیت، شئلیت و ولفرامیت، کانی‌های گروه گارنت- گروه پیروکسن و ... |
| ۳ | کانسارهای وابسته به آتشفشانی در خشکی | آهن آتشفشانی | مگنتیت، هماتیت، آپاتیت |
| ۴ | کانسارهای وابسته به آتشفشانی زیر دریایی | سازندهای آهن نواری (آلگوما، سوپریور و راپیتان) | اکسیدی، سیلیکاتی، کربناته، سولفیدی |
| ۵ | کانسارهای وابسته به رسوبگذاری شیمیایی | کانسارهای اولیتی آهن | هماتیت، لیمونیت، سیدریت، شاموزیت، گلوکونیت، گوتیت و پیریت |
| | | کانسارهای مردابی آهن | لیمونیت |
| ۶ | کانسارهای وابسته به رسوبگذاری آواری | کانسارهای پلاسری آهن | گروه پلاتین، مگنتیت، کاسیتریت، ولفرامیت، کرومیت، ایلمینیت، روتیل و زیرکن |
| ۷ | کانسارهای وابسته به هوازدگی | کانسارهای لاتریت آهن | لیمونیت، هماتیت، گوتیت، اکسید منگنز، گارنیریت، سرپانتین |

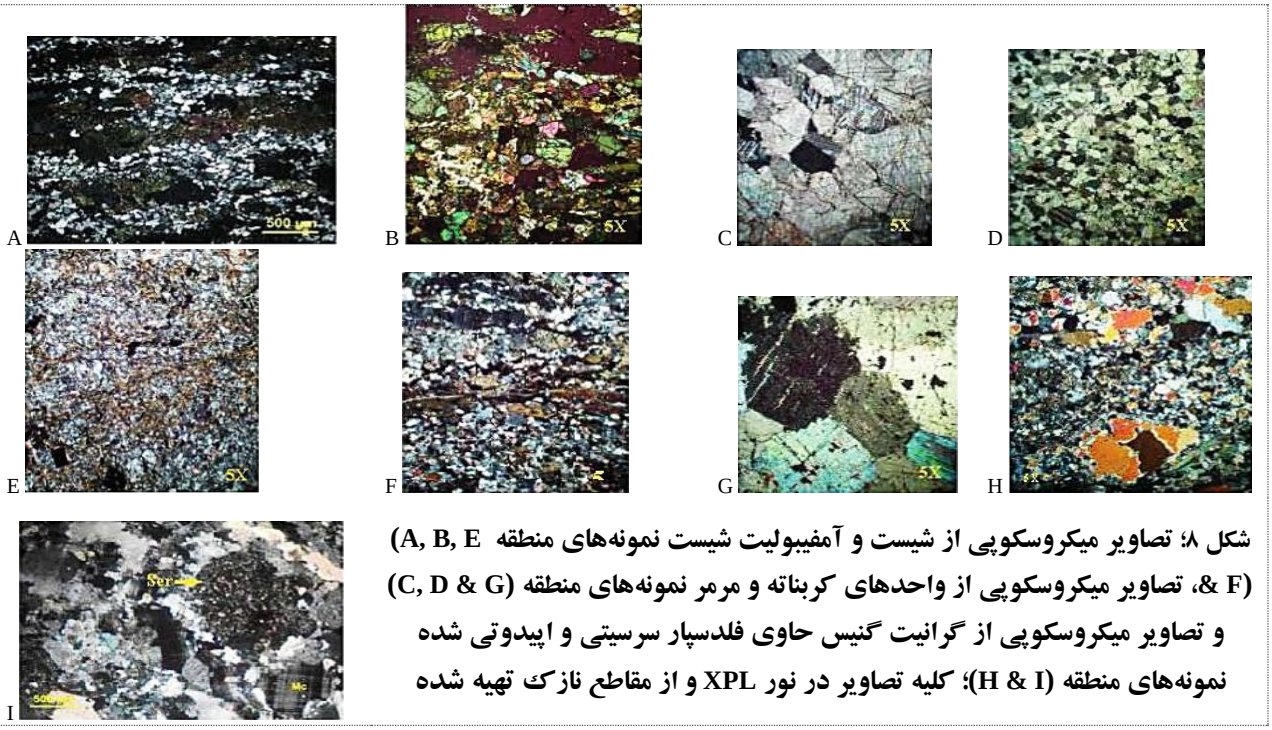
## زمین‌شناسی

مجتمع معدنی گل‌گهر سیرجان، در نیمه شمالی نقشه ۱/۲۵۰۰۰ گل‌گهر در بین طول‌های شمالی ′۵۵°۱۵ - ′۵۵°۲۴، عرض‌های شرقی ′۲۹°۳ - ′۲۹°۷ و ارتفاع متوسط آن ۱۷۵۰ متری قرار گرفته است. همچنین این کانسار در ۵۳ کیلومتری جنوب باختری شهرستان سیرجان در استان کرمان و در لبه خاوری زون سنندج- سیرجان قرار دارد.




**شکل ۷؛ نقشه راه‌های حوزه استحفاظی شهرستان سیرجان**

این ناحیه در لبه گود افتادگی بزرگ نمک‌زار کفه خیرآباد سیرجان قرار داشته که خود در فاصله میانی پهنه سنندج- سیرجان و پهنه آتشفشانی ارومیه- دختر به وجود آمده است. از جمله راه‌های دسترسی به منطقه شامل؛ جاده آسفالته سیرجان- نیریز- شیراز و راه آهن بافق- بندرعباس می‌باشند (شکل ۱).



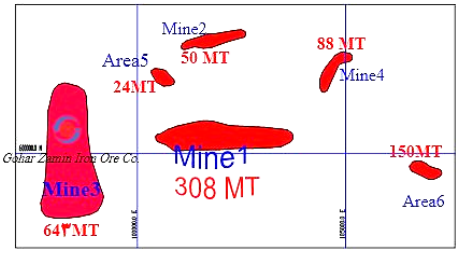

**شکل ۸؛ تصاویر میکروسکوپی از شیست و آمفیبولیت شیست نمونه‌های منطقه (A, B, E & F)، تصاویر میکروسکوپی از واحدهای کربناته و مرمر نمونه‌های منطقه (C, D & G) و تصاویر میکروسکوپی از گرانیت گنیس حاوی فلدسپار سرسیتی و اپیدوتی شده نمونه‌های منطقه (H & I)؛ کلیه تصاویر در نور XPL و از مقاطع نازک تهیه شده**

واحدهای سنگی موجود در منطقه از قدیم به جدید شامل؛

پرکامبرین: این واحد عمدتا از سنگ‌های الترامافیک سرپانتینی‌شده و گابروی دگرگونی تشکیل شده است. این واحد در شمال غرب کانسار گل‌گهر واقع بوده؛ و سنگ‌های الترامافیک عمدتا از نوع ورلیت تجزیه شده به سرپانتین و کانی اپک هستند.

پالئوزوئیک زیرین: کمپلکس گل‌گهر سیرجان عمده این واحد را تشکیل داده؛ که متشکل از سه قسمت با تغییرات لیتولوژیک است. بخش تحتانی با تناوبی از گنیس، میکاشیست، آمفیبولیت و کوارتز شیست بوده که بر روی آن تناوبی از مرمر دولومیتی، میکاشیست، شیست سبز و گرافیت بدون دگرشیبی قرار گرفته؛ و در نهایت به واحدی از مرمر دولومیتی کلسیتی به نام کرسفید ختم می‌شود.

مجموعه سنگ آهن گل‌گهر سیرجان شامل ۶ ذخیره معدنی بوده که ذخایر شماره ۱ و ۳ مستعدترین ذخایر محسوب می‌شوند. در این مطالعه ضمن بررسی ذخیره شماره سه (گهر زمین) به صورت ویژه، به بررسی اجمالی کل ذخیره آهن در منطقه پرداخته می‌شود. مجموعه سنگ آهن گل‌گهرسیرجان متشکل از سه زون اصلی مگنتیت فوقانی، زون اکسیدی و مگنتیت تحتانی با

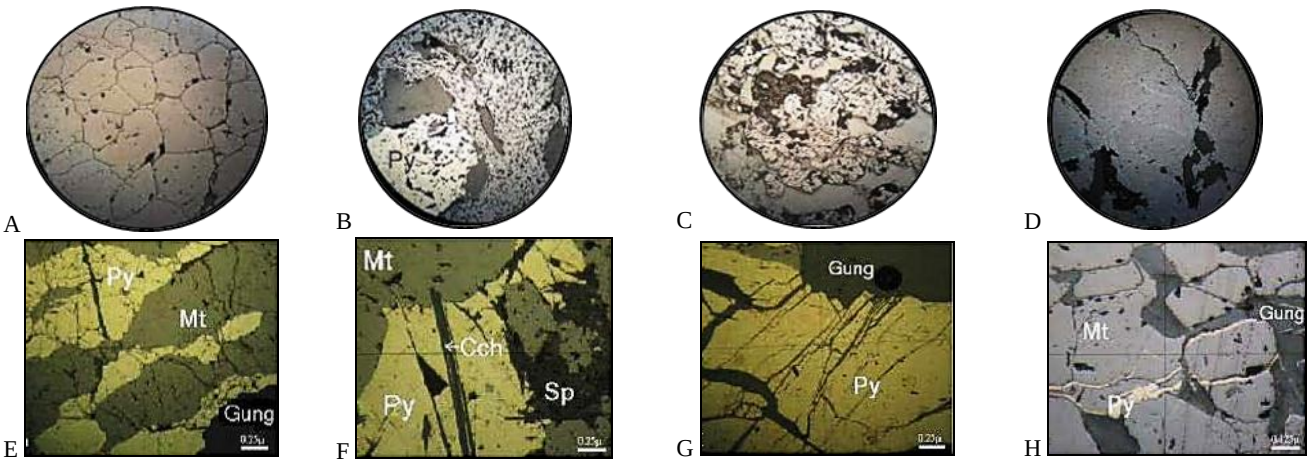



**شکل ۹؛ تصویری شماتیک از محل ذخایر گل‌گهر سیرجان**

کانسنگ اصلی مگنتیت، گوتیت، هماتیت، مارتیت و لیمونیت و با کانی‌های فرعی پیریت- پیروتیت و مونت‌موریلونیت آهن‌دار است (شکل ۳).

مگنتیت فوقانی که با نام مگنتیت پرمایه و کم گوگرد نیز شناخته می‌شود؛ بیشتر از دانه‌های مگنتیت با بافت توده‌ای و متراکم تشکیل شده که دارای عیار بسیار پایین گوگرد می‌باشد. سنگ بستر این زون کاملا دگرگون شده بوده و دارای سنگ پوشی از کوارتز مسکویت شیست سفید تا خاکستری با ناپیوستگی گسلیده است. زون اکسیدی متشکل از مگنتیت با تقریبا بیش از ۱۲٪ اکسیدهای آهن بوده؛ که در تماس مستقیم با زون تحتانی و مرزی گسلیده با زون فوقانی و از کانه‌های هماتیت، گوتیت و لیمونیت و کانی‌های فرعی پیریت، آپاتیت، و زئولیت تشکیل شده است. مگنتیت تحتانی که با نام مگنتیت پرمایه و پر گوگرد (مگنتیت با گوگرد بیش از ۰/۲٪) نیز شناخته می‌شود؛ بخش اصلی ذخیره آهن گل‌گهر سیرجان است. این زون دارای کانی اصلی مگنتیت و عیار بالای گوگرد بوده که به صورت کانی‌های پیریت- پیروتیت و کالکوپیریت دیده می‌شوند. همچنین کانی‌های باطله این ذخیره شامل تالک، سرپانتین، کلسیت و کمی هورنبلند و کلریت بوده که توسط سنگ بستر با ترکیب آمفیبولیت، کوارتز بیوتیت شیست، کلریت شیست، فلوگوپیت شیست، گرانیت میلونیتی در برگرفته شده است.

مگنتیت پرمایه و پر گوگرد بخش اصلی ذخیره شماره سه مجموعه سنگ آهن سیرجان را تشکیل داده؛ که می‌توان آن را براساس کانی‌های همراه به سه زیر مجموعه تفکیک نمود. اولین زیر مجموعه، سنگ مگنتیت فاقد کانی‌های سولفیدی و فسفری بوده؛ که دانه‌های مگنتیت توسط سیمان تالک و کلریت در برگرفته شده‌اند. زیر زون بعدی، مگنتیت اکسیده دارای هماتیت ثانویه و کانی‌های فسفر بوده؛ که بر اثر اکسیداسیون مگنتیت کانی‌های هماتیت، گوتیت و کمی مارتیت بصورت ثانویه تشکیل شده و محتوی پیریت به‌عنوان کانی اصلی در فاز سولفیدی است. سومین زیر زون در ذخیره شماره سه گل-گهر، سنگ آهن مگنتیتی همراه با کمی کانی‌های سولفید آهن می‌باشد. بخش عمده این ذخیره از مگنتیت همراه با پیریت و سیمانی از دانه‌های مگنتیت تشکیل شده از تالک و کلریت است.




**شکل ۱۰؛ تصاویر میکروسکوپی مقاطع صیقلی و انواع بافت در کانی مگنتیت (ردیف اول) و حضور انواع کانی‌های پیریت، مگنتیت، سرپانتین، کلینوکلر و تالک (ردیف دوم)**

سنگ مادر مجموعه دگرگونی گل‌گهر تناوبی از سنگ‌های رسوبی شامل سنگ‌های پلیتی، ماسه سنگ و سنگ آهک همراه با افق‌هایی از سنگ‌های آذرین (بازالت و گابرو) بوده است که پاراژنز کانی‌های بی‌آب+ گارنت نشانگر سنگ‌های دگرگونی با منشأ رسوبی است که در رخساره آمفیبولیت دگرگون شده‌اند (دگرسانی قهقرایی) (قلمقاش ج. و همکاران؛ ۱۳۸۹). طبق نظر (هوشمندزاده؛ ۱۳۶۷)، کانی‌زایی ذخایر آهن در ایران مرکزی در مرز پروتروزئیک پسین تا اردووسین انجام شده؛ از طرفی (آقانباتی؛ ۱۳۸۳)، الگو و زمان کانی‌زایی آهن در کانسار گل‌گهر سیرجان را مشابه کانسارهای منطقه بافق و با سن احتمالی پرکامبرین در نظر گرفته است. همچنین (بابکی آ. و آفتابی ع.؛ ۱۳۸۵)، در بیشتر نقاط دنیا فعالیت دوره‌ای و متناوب ریفت‌ها در مرز پرکامبرین- پالئوزوئیک زیرین نیز گزارش شده و منشأ اولیه این کانسارها فعالیت‌های آتشفشانی- بروندمی است که در نهایت در برخورد با آب‌های اقیانوسی کانسارهای آهن رسوبی را تشکیل داده‌اند. از ویژگی‌های اصلی این منطقه فراوانی مجموعه‌های دگرگونی به سن ژوراسیک، در بردارنده مجموعه گل‌گهر (تناوب گنیس، میکاشیست، آمفیبولیت و کوارتز شیست در بخش زیرین و گنیس و کوارتز شیست در بخش‌های بالایی) و مجموعه کرسفید (بیشتر در بردارنده تناوب مرمر و شیست) است. از جمله کانی‌های موجود در منطقه شامل؛ مگنتیت، هماتیت، مارتیت، گوتیت، لیمونیت، پیریت، پیروتیت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت، کلینوکلر، تالک، لیزاردیت، کلسیت، دولومیت، آمفیبول، آپاتیت، آلبیت، تورمالین، پاراگازیت، هورنبلند، منگانوفیلیت، اپیدوت و مسکویت هستند. همچنین ذخیره شماره سه متشکل از کانی‌های اصلی هماتیت، مارتیت، گوتیت و لیمونیت و کانی‌های فرعی پیریت، پیروتیت، کالکوپیریت، کلینوکلر، تالک، سرپانتین، کلسیت، دولومیت، آمفیبول و آپاتیت است (شکل ۲ و ۴).

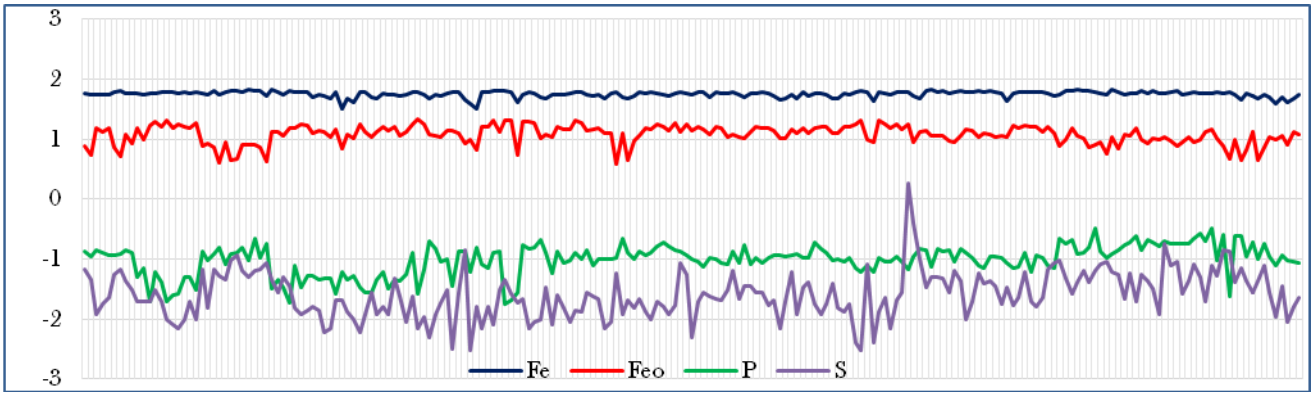
## زمین‌شیمی

به منظور ارزیابی اقتصادی و عیارسنجی منطقه، تعداد ۲۰۹ نمونه از سنگ آهن ذخیره شماره سه گل‌گهر سیرجان موجود برداشت و به منظور تعیین غلظت سه عنصر آهن، فسفر و گوگرد مورد آنالیز Davis Tube؛ و به منظور بررسی عناصر جزئی

در منطقه نمونه‌ای نیز مورد آنالیز ICP-MS قرار گرفته است (جدول ۲). رفتار عناصر آهن، گوگرد و فسفر در این ذخیره تقریبا روند خطی داشته و در ابعاد کوچکتر شاهد روند تقریبا عکسی در مقایسه آهن با گوگرد و فسفر هستیم؛ که این امر دلیلی بر عدم تاثیرپذیری تشکیل اولیه کانسار از فرآیندهای دیاژنز و دگرگونی و مجزای از عناصر باطله (احتمالا با منشأ متفاوت) است (شکل ۵).

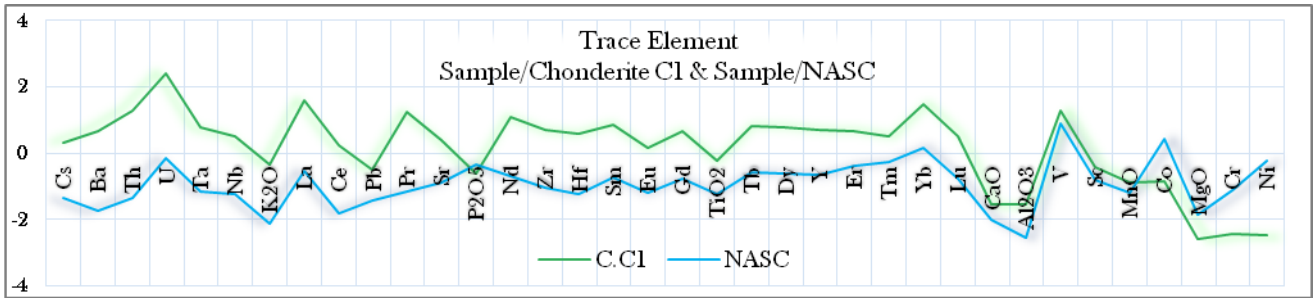
**جدول ۲؛ مقادیر عناصر آهن، فسفر و گوگرد در ۳۳ نمونه از نمونه‌های کانسنگ گل‌گهر، براساس داده‌های آنالیز Davis Tube**

| Sample | %Fe | %P | %S | Sample | %Fe | %P | %S | Sample | %Fe | %P | %S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9-26-6 | 54.60 | 0.11 | 0.09 | 10-15-110 | 65.47 | 0.03 | 0.05 | 12-1-68 | 43.63 | 0.06 | 0.00 |
| 9-26-27 | 65.79 | 0.12 | 0.04 | 10-14-71 | 53.15 | 0.18 | 0.09 | 12-1-55 | 63.90 | 0.06 | 0.00 |
| 9-27-1 | 54.55 | 0.17 | 0.02 | 10-14-6 | 65.79 | 0.09 | 0.05 | 11-29-106 | 52.40 | 0.17 | 0.01 |
| 9-27-37 | 62.90 | 0.19 | 0.03 | 11-19-99 | 41.87 | 0.03 | 0.02 | 11-29-24 | 60.72 | 0.14 | 0.09 |
| 09-23-32 | 55.46 | 0.12 | 0.02 | 11-19-79 | 62.83 | 0.02 | 0.05 | 12-3-44 | 59.81 | 0.07 | 1.79 |
| 09-23-44 | 64.23 | 0.12 | 0.07 | 11-23-75 | 46.86 | 0.13 | 0.02 | 12-3-71 | 53.28 | 0.11 | 0.40 |
| 9-24-2 | 42.52 | 0.09 | 0.03 | 11-23-53 | 61.95 | 0.10 | 0.13 | 12-4-17 | 47.88 | 0.15 | 0.10 |
| 9-24-40 | 61.74 | 0.13 | 0.06 | 11-34-10 | 45.51 | 0.12 | 0.01 | 11-32-67 | 49.16 | 0.17 | 0.04 |
| 9-20-151 | 58.13 | 0.14 | 0.03 | 11-34-37 | 60.31 | 0.11 | 0.03 | 11-32-34 | 61.35 | 0.08 | 0.03 |
| 9-20-12 | 65.37 | 0.07 | 0.05 | 10-12-114 | 54.25 | 0.07 | 0.02 | 10-16-65 | 31.74 | 0.15 | 0.02 |
| 10-15-40 | 32.59 | 0.06 | 0.02 | 10-12-130 | 62.15 | 0.02 | 0.01 | 10-16-53 | 60.75 | 0.04 | 0.00 |

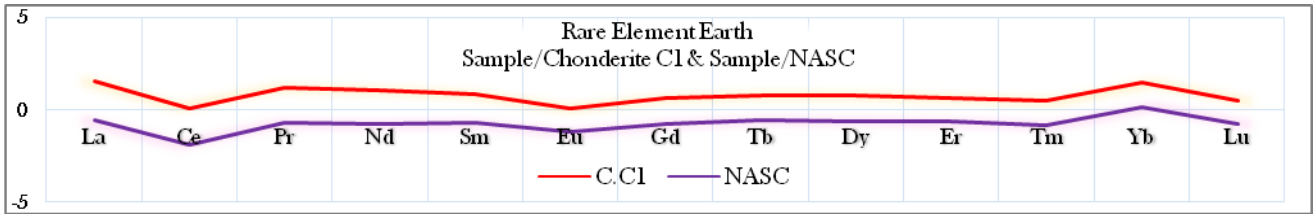



**شکل ۱۱؛ روند تغییرات عناصر آهن، فسفر، گوگرد و اکسید آهن به صورت لگاریتمی در نمونه‌های ذخیره شماره سه گل‌گهر سیرجان براساس داده‌های آنالیز Davis Tube**

براساس مقایسه داده‌های جهانی با داده‌های ژئوشیمیایی عناصر اصلی و فرعی در ذخیره سنگ آهن گل‌گهر، سنگ همبر این ذخیره از نوع شیست‌هایی با سنگ مادر ماسه سنگی- پلیتی- توربیدیتی و گری‌وکی است که در رخساره شیست‌های کلریتی، مسکوویتی، اکتینولیتی دگرگون شده است. حضور مقادیر زیاد اکسیدهای سدیم و پتاسیم و براساس مطالعه مقاطع نازک، بیانگر مودال بالای فلدسپار بوده که دلیلی بر دگرسانی نوع اسپیلیتی در شیست‌های منطقه است. همچنین بی‌هنجاری مثبت ایتربیوم (Yb) می‌تواند ناشی از منشأ گوشته‌ای برای کانسنگ گل‌گهر سیرجان باشد (رولینسون ه.آ؛ ۱۹۹۳) (شکل ۶ و ۷).




**شکل ۱۲؛ دیاگرام عنکبوتی عناصر جزیی به‌هنجار شده با کندریت C1 (C.C1) و با شیل آمریکا (NASC) در نمونه کانسنگ گل‌گهر**




**شکل ۱۳؛ دیاگرام عنکبوتی عناصرنادرخاکی به‌هنجار شده با کندریت C1 (C.C1) و با شیل آمریکا (NASC) در نمونه کانسنگ گل-گهر**

بر پایه مطالعات ژئوشیمی عناصر کمیاب و ایزوتوپی (ایزوتوپ پایدار اکسیژن و گوگرد) و متفاوت بودن نسبت‌های ایزوتوپی در کانسنگ و سنگ میزبان می‌توان گفت شیست‌ها و آمفیبولیت‌ها در تشکیل ذخیره آهن گل‌گهر نقشی نداشته و فقط سنگ درونگیر بوده و احتمالا پیریت‌ها نیز با منشا سولفات آب دریا تشکیل شده‌اند (قلمقاش ج. و همکاران؛ ۱۳۸۹). همچنین باتوجه به رابطه عکس اکسید پتاسیم و مثبت اکسید سدیم با عناصر کمیاب خاکی در کانسنگ گل‌گهر می‌توان گفت تشکیل کانسار هیچ ارتباطی به فعالیت سیالات گرمابی دما بالا نداشته است.

براساس مقایسه‌های صورت‌گرفته در دیاگرام عنکبوتی عناصر کمیاب خاکی کانسار سنگ آهن گل‌گهرسیرجان با انواع تیپیک کانسارهای آهن جهان نتایج زیر حاصل می‌گردد؛

۱. در صورت نرمالایز با کندریت:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| MREE | راپیتان | > | ۱۰ | | |
| مثبت | $Eu/Eu^*$ | راپیتان | | | |
| منفی | $Ce/Ce^*$ | راپیتان | | | |
| MREE | اسکارن | ≥ | ۱۰ | | |
| مثبت | $Eu/Eu^*$ | اسکارن | | | |
| منفی | $Ce/Ce^*$ | اسکارن | | | |
| MREE | کربناتیت | ≤ | ۱۰ | | |
| منفی | $Eu/Eu^*$ | کربناتیت | | | |
| منفی | $Ce/Ce^*$ | کربناتیت | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| MREE | سوپریور | ≤ | ۱۰ | | |
| مثبت | $Eu/Eu^*$ | سوپریور | | | |
| منفی | $Ce/Ce^*$ | سوپریور | | | |
| MREE | آهن ماگمایی | ≤ | ۱۰ | | |
| منفی | $Eu/Eu^*$ | آهن ماگمایی | | | |
| منفی | $Ce/Ce^*$ | آهن ماگمایی | | | |
| MREE | آهن گرمابی | ≤ | ۱۰۰ | | |
| منفی | $Eu/Eu^*$ | آهن گرمابی | | | |
| منفی | $Ce/Ce^*$ | آهن گرمابی | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| MREE | آلگوما | ≤ | ۱۰ | | |
| منفی | $Eu/Eu^*$ | آلگوما | | | |
| منفی | $Ce/Ce^*$ | آلگوما | | | |
| MREE | بوشولد | ≤ | ۱۰ | | |
| منفی | $Eu/Eu^*$ | بوشولد | | | |
| منفی | $Ce/Ce^*$ | بوشولد | | | |
| MREE | آهن آتشفشانی | ≤ | ۱۰۰۰ | | |
| منفی | $Eu/Eu^*$ | آهن آتشفشانی | | | |
| مثبت | $Ce/Ce^*$ | آهن آتشفشانی | | | |

۲. رفتار عناصر کمیاب خاکی در کانسار سنگ آهن گل‌گهرسیرجان؛ نرمالایز با شیل آمریکا (NASC) و نرمالایز با کندریت (C1)

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **NASC** | MREE | گل‌گهر | < | -۱ | منفی | $Eu/Eu^*$ | گل‌گهر | منفی | $Ce/Ce^*$ | گل‌گهر |
| **C1** | MREE | گل‌گهر | > | ۱۰ | منفی | $Eu/Eu^*$ | گل‌گهر | منفی | $Ce/Ce^*$ | گل‌گهر |

براین اساس رفتار عناصر کمیاب خاکی در نمونه‌های گل‌گهر نسبت به کانسارهای آهن نواری، اسکارن، کربناتیت، آهن گرمابی، کانسار نوع بوشولد و آهن آتشفشانی- رسوبی متفاوت است.

## بحث و نتیجه‌گیری

حضور ریز لایه‌ها و توالی‌های متوسط لایه پیریت با مگنتیت و حضور کانی گرافیت در کانسار، مبین شرایط نیمه اکسیدی- احیایی و بیانگر تغییرات سریع فوگاسیته اکسیژن است که منجر به رسوبگذاری کانی‌های فوق شده است. به طور کلی ماده معدنی تشکیل شده در شرایط با دمای پایین همزمان با مواد آلی ، گل، رس، چرت و کربنات رسوب کرده؛ سپس رسوبات تحت دیاژنز پیشرفته کانی‌های دگرگونی شیست میزبان از جمله پیریت، کلریت، تالک، اکتینولیت، گرافیت و کوارتز را تشکیل داده‌اند. از آنجایی که کلیه کانی‌های اولیه آهن اکثرا به صورت مگنتیت بوده و سایر کانی‌های آهن ثانویه هستند؛ و عدم ارتباط مستقیم عناصر و کانی‌های باطله (فسفر و گوگرد- پیریت) و همچنین عدم تاثیر پذیری تغییرات آهن از عمق (دیاژنز)، شاید بتوان نظریه منشأ آهن آتشفشانی را رد و منشأ اولیه آهن ماگمایی را محتمل‌تر دانست.

از این رو و باتوجه به خصوصیات موجود در رفتار عناصر کانسار گل‌گهر سیرجان از جمله؛ ساخت و بافت و همسو بودن جهت مغناطیسی کانی‌ها، انقطاع امتداد لایه کانسنگ ناشی از گسل‌ها، روند تقریبا خطی عناصر جزئی (گواه دو محیط با عناصر جزئی متضاد)، رابطه عکس پتاسیم با عناصر کمیاب خاکی، عدم وجود هاله اسکارن، عدم تاثیر هوازدگی و دگرسانی بر تشکیل مستقیم کانسار، بی‌هنجاری منفی یوروپیوم و سریم، بی‌هنجاری مثبت ایتربیوم، پایین بودن مقادیر آهن در کانی‌های سنگ میزبان، خطی بودن تغییرات آهن نسبت به عمق و روند تقریبا عکس نسبت به تغییرات فسفر و گوگرد، تشکیل پیریت مربوط به فازهای تاخیری بعد از تشکیل مگنتیت (براساس مطالعات مقاطع نازک) و ترسیم انواع دیاگرام‌های پتروگرافی و زمین‌شیمی از جمله دیاگرام AFM و MgO-Al2O3- SiO2 می‌توان گفت منشأ آهن از گوشته تهی‌شده با آلودگی پوسته است.

از این رو شاید بتوان گفت طی تزریق سیال ماگمایی در زون برخوردی ایران مرکزی با پلیت عربی ماگمای گوشته اولیه تحت فشار و گرما به دو ماگمای غنی شده و ماگمای تهی‌شده تفکیک یافته که ماگمای غنی شده در مرز نیریز (با فشار بالاتر) و ماگمای تهی‌شده در مرز سیرجان (با دمای بالاتر) تزریق گردیده است. ماگمای محدوده سیرجان طی سرد شدن در محیطی کاهشی (احتمالا به علت شرایط یخچالی حاکم بر سطح آب‌ها) به صورت چینه کران همتراز با لایه‌های رسوبی

موجود در منطقه به سطح وارد و طی فشارهای دگرگونی بعدی (رخساره شیست سبز) با شرایط اکسیدی، متمرکز (تشکیل بلورهای بزرگ واحد از بلورهای پراکنده) و تشکیل توده عدسی را داده؛ و در نهایت طی دگرسانی قهقرایی (رخساره آمفیبولیت) برخی آثار دگرگونی و هیدروترمال ثانویه را بر سطح کانسار برجای گذاشته است.

## منابع فارسی

آقانباتی س.ع (۱۳۸۳)؛ زمین‌شناسی ایران؛ انتشارات سازمان زمین‌شناسی؛ ۵۸۶ صفحه.

بابکی آ. و آفتابی ع. (۱۳۸۵)؛ بررسی الگوی کانسارسازی آهن در کانسار گل‌گهرسیرجان، کرمان؛ مجله علوم زمین، پاییز ۸۵ سال شانزدهم، شماره ۶۱؛ ۲۰ صفحه.

رولینسون ه.آ (۱۹۹۳)؛ کاربرد داده‌های زمین‌شیمیایی؛ ترجمه مر ف. و مدبری س. (۱۳۸۴)؛ مرکز نر دانشگاهی، تهران.

قلمقاش ج.، کوثری ع.، محمدیان ک.، میرنژاد ح.، رشید ح.، عروج‌نیا پ.، صفایی ب. و شاه‌حسینی ا. (۱۳۸۹)؛ شرح زمین‌شناسی نقشه ۱:۲۵۰۰۰ گل‌گهر؛ مدیریت زمین‌شناسی منطقه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور؛ ۸۹ صفحه.

هوشمندزاده ع. (۱۳۷۷)؛ بررسی ژئوشیمی و ژنز کانسار شماره ۲ گل‌گهر؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه شیراز؛ ۲۱۴ صفحه.

## References

Asadi S. & Rajabzadeh M.A (2014); Geochemistry, Paragenesis, and Wall-Rock Alteration of the Qatruyeh Iron Deposits, Southwest of Iran: Implications for a Hydrothermal-Metasomatic Genetic Model; Hindawi Publishing Corporation, Journal of Geological Research; 26 P.

Fatehi H. & Ahmadipour H. (2018); Geochemistry and petrogenesis of metabasites from the Gol-e-Gohar Complex in southern Sanandaj-Sirjan metamorphic zone, South of Iran; Evidences for crustal extension and magmatism at early Palaeozoic; Geologica Acta, Vol.16, Nº 3, September 2018, 293-319 P.

Guilbert J.M and Park Jr.C.F (1997); The geology of ore deposits; Freamanand company; New York.

# ویژگی‌های زمین‌شناسی و دگرسانی کانه‌زائی رگه‌ای چندفلزی هجیب، جنوب قزوین

سمیرا مددی[۱،*]، مسعود علی‌پوراصل[۲]، سید احمد مشکانی[۳]
Samira.madadi.026@gmail.com
[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود
[۲]استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود
[۳]مدیر ارشد گروه معدنی و بازرگانی زرمش، تهران

## چکیده

محدوده اکتشافی هجیب در استان قزوین، و در بخش شمالی کمربند ماگمایی ارومیه-دختر واقع شده است. توالی آتشفشانی-رسوبی ائوسن رخنمون‌های سنگی این محدوده را تشکیل می‌دهد، که شامل: سنگ‌های آذرآواری با ترکیب توف آندزیتی و لیتیک توف، گدازه‌های آندزیتی و آندزیت-بازالتی، ماسه‌سنگ توفی و ماسه‌سنگ می‌باشد. آندزیت، توف آندزیت و ماسه‌سنگ‌های توفی میزبان رگه‌های سیلیسیی سولفیددار هستند. کالکوپیریت، بورنیت، پیریت، اسفالریت و گالن از کانی‌های مهم سولفیدی در این رگه‌ها هستند، که به‌وسیله کالکوسیت،کوولیت، مالاکیت، آزوریت، اولیژیست،گوتیت، هماتیت، و لیمونیت همراهی می‌شوند. مناطق دگرسانی گرمابی اصلی در منطقه شامل پروپلیتیک (کلریتی-اپیدوتی)، آرژیلیک، سریسیتی، سیلیسی و اکسید-هیدروکسیدهای آهن است. شواهد زمین‌شناسی صحرایی، سنگ‌نگاری، کانی‌شناسی، و دگرسانی بیان از رخداد کانه‌زایی رگه‌ای گرمابی چندفلزی در محدوده هجیب است، که به‌صورت رگه-رگچه‌های سیلیسی سولفیددار در سنگ‌های میزبان آتشفشانی مشاهده می‌شود.

**کلید واژه‌ها**: کانی‌شناسی، دگرسانی، کانه‌زائی، رگه‌ای چندفلزی، هجیب، قزوین.

## Geological and alteration characteristics of Hajib polymetallic vein mineralization, South Qazvin

Samira Madadi[1,*], Masood Alipour-asll[2], Seyed Ahmad Meshkani
Samira.madadi.026@gmail.com
[1]M.Sc. Student in Economic Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology
[2]Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology
[3]Chief Executive, Zarmesh Mining and Commercial Group, Tehran

## Abstract

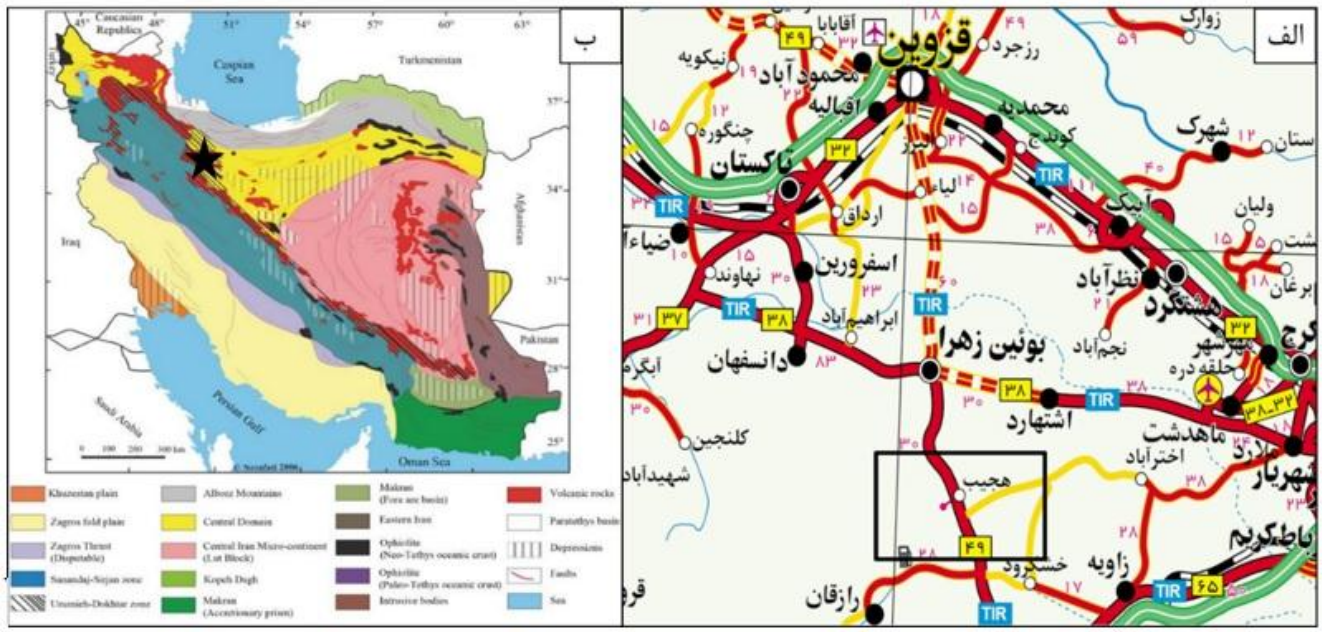
The Hajib prospect district is located in the Qazvin province, at the northern part of Urumieh-Dokhtar magmatic belt. The Eocene volcanic-sedimentary sequences cropped out in this area, and including: pyroclastic rocks with andesite tuff and lithic tuff in composition, andesite and basaltic andesite lava, tuffaceous sandstone and sandstone. Andesite, Andesite tuff and tuffaceous sandstone hosting sulfide-bearing silicic veins. Chalcopyrite, bornite, pyrite, sphalerite, and galena are important sulfide minerals in this veins and accompanied by chalcocite, covellite, malachite, azurite, olygiste, goethite, hematite, and limonite. The main hydrothermal alteration zones are propylitic (chloritization and epidotization), argillic, sericite, silicic, and iron oxides-

hydroxides. The field observations, petrography, mineralogy, and alteration indicate occurrence of polymetallic hydrothermal vein mineralization in the Hajib area, which observed as sulfide-bearing silicic vein-veinlets in the host volcanic rocks.

**Keywords:** Mineralogy, Alteration, mineralization, polymetallic vein, Hajib, Qazvin.

**مقدمه**

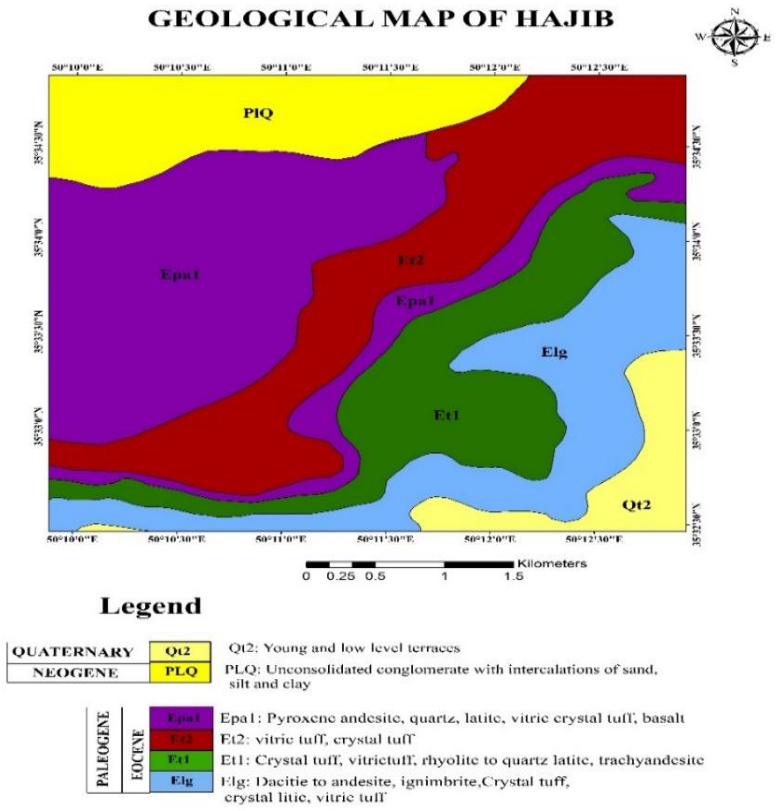
محدوده اکتشافی هجیب از نظر تقسیمات کشوری در استان قزوین و بین طول‌های "۷۹ '۴۶ °۴۲ تا"۱۸ '۸۱ °۴۲ شرقی و عرض‌های "۳۱ '۳۷ °۳۹ تا"۳۶ '۳۴ °۳۹ شمالی قرار دارد. این محدوده از نظر زمین‌ساختی، در بخش شمالی کمربند ماگمایی ارومیه-دختر واقع است (شکل ۱). مطالعات اکتشافی در این بخش از ارومیه-دختر با استفاده از بررسی و پردازش داده‌های ژئوشیمیایی، ژئوفیزیک هوایی و پردازش تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است که منجر به کشف مناطق کانی‌سازی پورفیری، اسکارن، رگه‌ای اپی‌ترمال و چند فلزی شده است که رخداد معدنی هجیب از آن جمله می‌باشد. برای محدوده اکتشافی هجیب نقشه زمین‌شناسی-معدنی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ توسط گروه معدنی و بازرگانی زرمش تهیه شده است. در چارچوب این بررسی‌ها رگه‌های سیلیسی-سولفیدی در بخش‌هایی از محدوده مورد مطالعه گزارش شده‌است که با کانه-زایی عناصر مس، سرب، روی و طلا همراه است. آثار متعددی از معدنکاری قدیمی نیز به‌صورت ترانشه و چاه‌های اکتشافی و استخراجی مشاهده می‌گردد. تحقیق حاضر به هدف مطالعات سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی، و دگرسانی رخداد معدنی هجیب انجام شده است.




**شکل ۱- الف) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده مورد مطالعه ( بر گرفته از نقشه جامع راه‌های کشور، ۱۳۹۴)، و ب) موقعیت محدوده اکتشافی هجیب بر روی نقشه زمین‌شناسی- ساختاری ایران (آقانباتی، ۱۳۸۵).**

## زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی

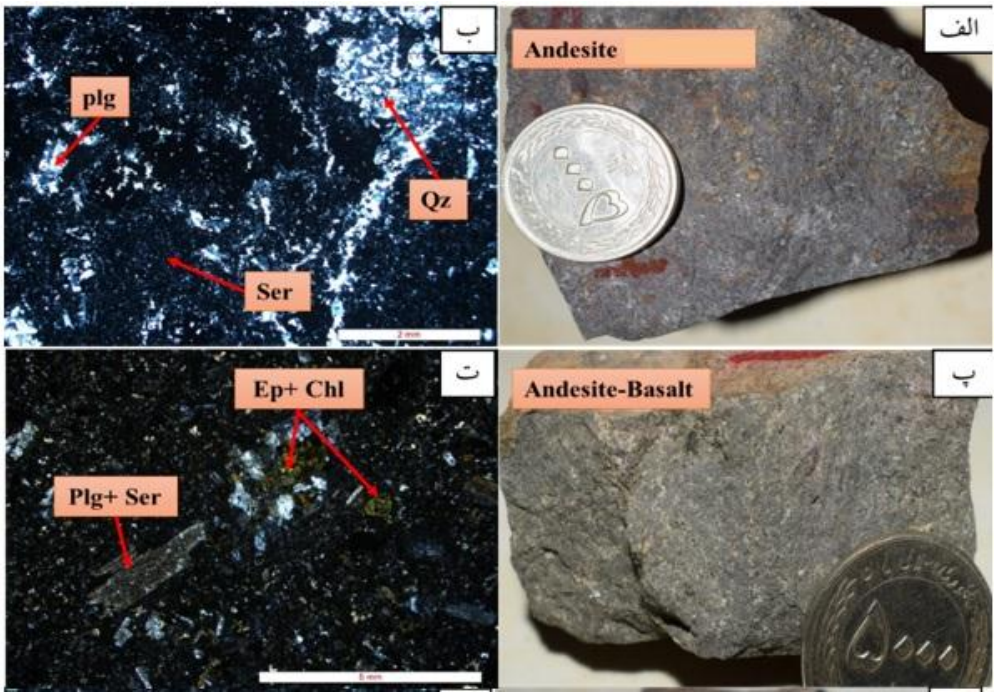
منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی ایالت فلززایی ارومیه –دختر قرار دارد. در تقسیم‌بندی ورقه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی، محدوده هجیب در ورقه زمین‌شناسی اشتهارد واقع است. بر پایه اطلاعات این نقشه، در محدوده هجیب سنگ‌های آذرآواری به سن ائوسن میانی شامل ایگنیمبریت داسیتی تا آندزیتی، کریستال توف و کریستال لیتیک ویتریک توف رخنمون دارد (یوسفی و همکاران، ۱۳۷۹). مشاهدات صحرایی و سنگ‌نگاری تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در محدوده‌ی مورد مطالعه سنگ‌های گدازه‌ای، آذرآواری، رسوبی به سن ائوسن و آبرفت‌های کواترنری وجود دارند (شکل- ۲)، که در ادامه هر یک از واحدهای سنگی توصیف می گردد:




**شکل ۲) نقشه زمین‌شناسی محدوده اکتشافی هجیب (برگرفته از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ اشتهارد، یوسفی و همکاران، ۱۳۷۹).**

**گدازه‌های آندزیتی تا آندزیت بازالتی:** در محدوده هجیب گدازه‌های آتشفشانی به‌صورت‌های بین‌لایه‌ای با سنگ‌های آذرآواری قرار دارند و درای ترکیبی از آندزیت تا آندزیت بازالتی هستند. سنگ‌های آندزیتی در بخش مرکزی محدوده رخنمون گسترده‌ای دارند و در نمونه دستی به‌رنگ خاکستری مایل به سفید مشاهده می‌شوند. کانی‌های اصلی سازنده‌ی

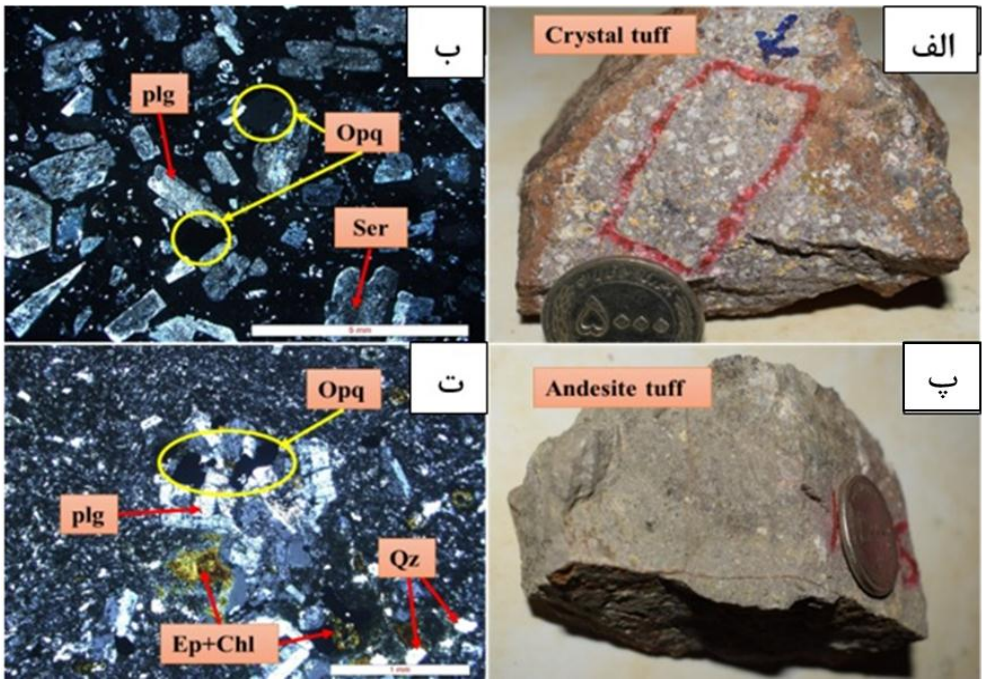
گدازه‌های آندزیتی پلاژیوکلاز و هورنبلند است، که با کوارتز، سریسیت، کلریت، اپیدوت و کانی‌های کدر همراهی می‌شوند (شکل۳، الف و ب). گدازه‌های آندزیت بازالتی بیشتر در بخش‌های مرکزی و جنوب‌شرقی محدوده رخنمون دارند. در سنگ‌های آندزیت بازالتی کانی‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن به همراه کانی‌های کدر کلریت و اپیدوت دیده می‌شود. بافت غالب این سنگ‌ها از نوع جریانی، پورفیری-میکرولیتی و بعضاً گلومروپورفیری است (شکل۳، پ و ت).




**شکل۳) سنگ‌های گدازه‌ای محدوده هجیب: الف و ب) تصویر نمونه دستی و میکروسکوپی از گدازه آندزیتی که عمدتا از پلاژیوکلاز (Plg) ترکیب یافته، و به‌شدت سریسیتی (Ser) و سیلیسی (Qz) شده است. پ و ت) تصویر نمونه دستی و میکروسکوپی از واحد گدازه آندزیت بازالتی که از پلاژیوکلاز و پیروکسن تشکیل شده، و دگرسانی‌های پروپلیتیک به صورت‌های کلریتی و اپیدوتی شدن (Ep+Chl) و سریسیتی نمایان است نماد اختصاری کانی‌ها برگرفته از(Whitney and Evans, 2010).**

**سنگ‌های آذرآواری:** سنگ‌های آذرآواری بیشترین گسترش را در محدوده هجیب دارند، و به صورت بین لایه‌ای دارای گدازه‌ها آتشفشانی و سنگ‌های رسوبی هستند. ترکیب عمده این سنگ‌ها از آندزیت تا لیتیک کریستال توف تغییر می-کند. بررسی مقاطع نازک حاکی است که پلاژیوکلاز و قطعات سنگی بخش غالب سنگ‌های کریستال لیتیک توف را تشکیل می‌دهند. کانی‌های کدر، بیوتیت، پتاسیم‌فلدسپار و اکسیدهای آهن از کانی‌های فرعی در این سنگ‌ها هستند (شکل۴، الف و ب). واحد توف آندزیتی در محدوده مورد مطالعه در کنار واحدهای لیتیک توف قرار گرفته و دارای رنگ خاکستری روشن می‌باشند. پلاژیوکلاز، کوارتز، کلریت، اپیدوت، و کانی های کدر ترکیب این سنگ‌ها را تشکیل می‌دهند (شکل۴، پ و ت). سنگ‌های آذرآواری و به‌ویژه توف‌های آندزیتی میزبان اصلی رگه‌های سیلیسی-سولفیدی هستند.

**سنگ‌های رسوبی:** ماسه‌سنگ و ماسه‌سنگ‌های توفی بیشتر در بخش‌های شمال‌غربی و جنوب‌غربی محدوده اکتشافی گسترش دارد. ماسه‌سنگ‌های منطقه از نوع ساب‌لیتارنایت است. کوارتز، فلدسپار، قطعات سنگی، و کانی‌های کدر از سازنده‌های ماسه‌سنگ‌ها هستند. در مواردی این واحد سنگی، میزبان رگه‌های سیلیسی کانه‌دار است. در نزدیکی مناطق کانه‌زائی، ماسه‌سنگ‌ها و ماسه‌سنگ‌های توفی آغشتگی شدیدی به اکسیدهای آهن نشان می‌دهند.

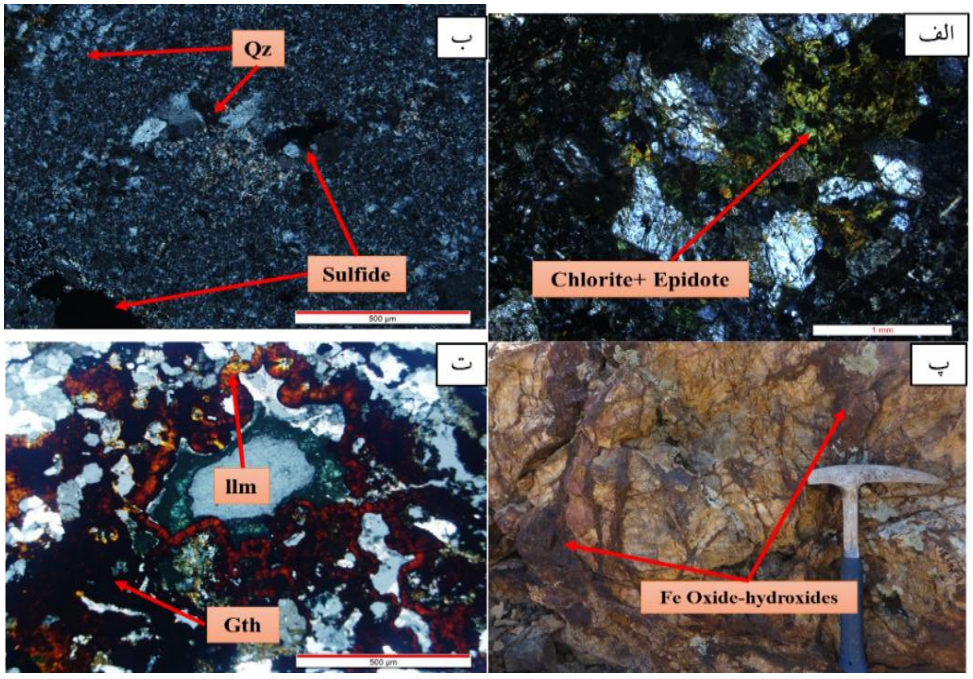



**شکل ۴) سنگ‌های آذرآواری منطقه: الف و ب) تصویر نمونه دستی و میکروسکوپی واحد لیتیک کریستال توف که از درشت بلورهای شکل‌دار پلاژیوکلاز و کانی‌های کدر (Opq) ترکیب یافته است. پ و ت) تصویر نمونه دستی و میکروسکوپی توف آندزیتی تا آندزیت بازالتی که دارای پلاژیوکلاز، اپیدوت، کلریت و کانی‌های کدر است.**

### دگرسانی‌های گرمابی

دگرسانی‌های اصلی موجود در منطقه شامل انواع پروپلیتیک (کلریتی-اپیدوتی)، آرژیلیک، سریسیتی، سیلیسی و اکسید آهنی می‌باشد. دگرسانی پروپلیتیک (کلریتی-اپیدوتی) در گدازه و توف‌های آندزیتی تا آندزیت بازالتی قابل مشاهده است. کانی‌های شاخص این نوع دگرسانی شامل کلریت، اپیدوت (زوئیزیت و کلینوزوئیزیت) و کربنات‌ها (نظیر کلسیت-دولومیت-آنکریت) است. گاهاً در کنار کلریت‌ها کانی‌های پیریت، کالکوپیریت به صورت دانه‌پراکنده قرار دارد. در صورت بالا رفتن درصد فراوانی هر یک از کانی‌های اصلی این دگرسانی، به جای استفاده از واژه پروپیلتیک از واژه‌هایی نظیر دگرسانی کلریتی، اپیدوتی، کربناتی و آلبیتی استفاده می‌شود (شکل۳، ت و شکل۵، الف). سیالات در حین عبور از فلدسپارهای موجود در سنگ‌ها باعث از بین رفتن و شسته شدن عناصر قلیایی و قلیایی خاکی می‌شود، و سبب تشکیل کانی‌های رسی می‌شوند (Guilbert and Park, 1986). این نوع دگرسانی با فراوانی کائولینیت و مونتموریلونیت به

جای فلدسپارها مشخص می‌شود. دگرسانی سریسیتی در حد قابل توجهی در واحدهای سنگی لیتیک توف، گدازه و توف‌های آندزیتی مشاهده می‌شود. کانی اصلی این دگرسانی سریسیت است که بیشتر محصول دگرسانی و تجزیه پلاژیوکلازها است (شکل‌های ۳ب، ۴ب، و ۵ب). سنگ‌هایی که متحمل دگرسانی سریسیتی شده‌اند میزبان رگه-رگچه-های های سیلیسی کانه‌دار هستند. دگرسانی سیلیسی شامل افزایش نسبت سیلیس به شکل کوارتز، کلسدونی و اپال در سنگ‌های دگرسان شده به واسطه تهنشینی از محلول‌های گرمابی است. کانی شاخص این دگرسانی در محدوده هجیب کوارتز است که محتوی کالکوپیریت، بورنیت، پیریت، گالن، اسفالریت، کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت، آزوریت، اولیژیست، گوتیت و هماتیت است (شکل۵ب). دگرسانی اکسید آهنی با وجود کانی‌های اولیژیست و هماتیت مشخص می‌شود. اکسیداسیون سطحی کانی‌های سولفیدی و اکسیدی با منشاء گرمابی سبب تشکیل کانی‌های هماتیت، گوتیت و لیمونیت می‌گردد، که بیشتر در واحدهای ماسه سنگی و ماسه‌سنگ توفی دربردارنده رگه‌های سیلیسی کانه‌دار قابل رویت است (شکل۵، پ و ت).

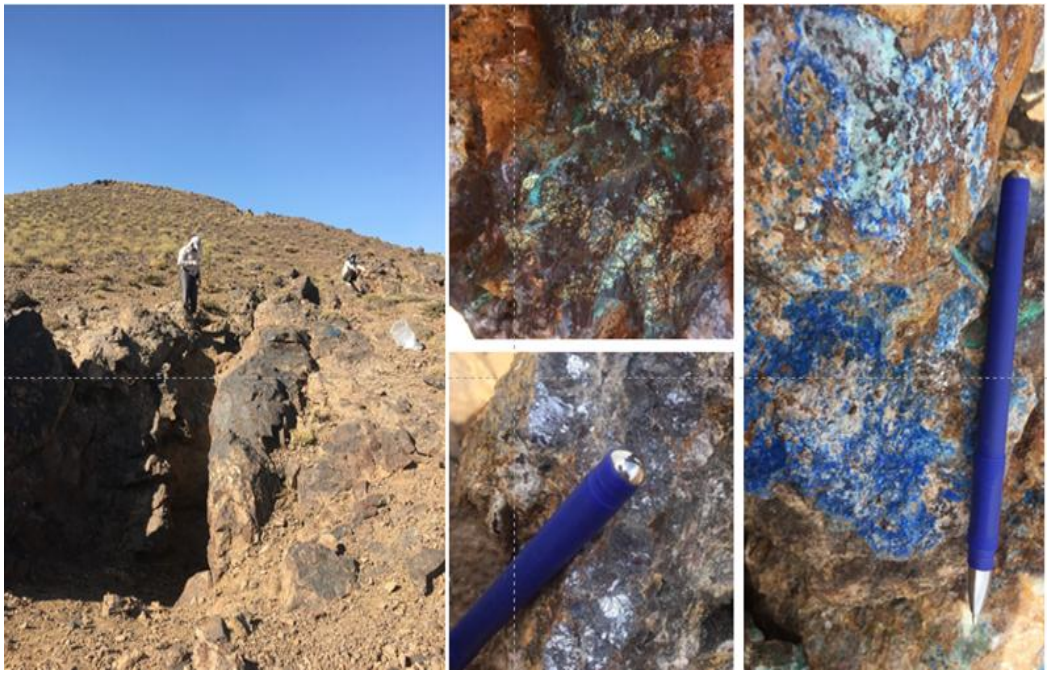



**شکل۵- دگرسانی‌های موجود در منطقه هجیب: الف) دگرسانی پروپلیتیک شامل کلریت و اپیدوت (Chlorite+Epidote)، ب) دگرسانی سیلیسی سولفیدی حاوی کانی‌های کوارتز (Qz) و سولفید (sulfide)، پ) دگرسانی اکسید آهنی، و ت) تصویر میکروسکوپی از اکسید-هیدروکسیدهای آهن شامل گوتیت (Gth) و لیمونیت (Ilm) که محصول اکسیداسیون سطحی هستند.**

## کانه‌زایی

مشاهدات صحرایی و مطالعات کانی‌شناسی براساس مقاطع صیقلی و نازک-صیقلی نشان می‌دهد که کانه‌زایی در منطقه هجیب به صورت رگه‌های سیلیسی-سولفیدی در آندزیت، توف‌های آندزیتی، لیتیک‌توف و ماسه‌سنگ‌های توفی وجود

دارد. کانه‌زایی اغلب به فرم‌های رگه-رگچه‌ای و بندرت پرشدگی فضاهای خالی در سنگ‌های میزبان مشاهده می‌گردد. کانه‌های تشکیل دهنده این رگه‌ها به‌ترتیب شامل: پیریت، کالکوپیریت، هیدروکسیدهای سرب و روی، اسفالریت، گالن، بورنیت، کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت، آزوریت، اولیژیست، گوتیت، هماتیت، و لیمونیت می‌باشد. کانی‌های باطله کانه-زایی، کوارتز، باریت، فلورین و کلسیت است. در محدوده اکتشافی هجیب، تعداد ۷ رگه سیلیسی کانه‌دار با امتداد تقریبی N60ºE وجود دارد. یکی از بزرگترین رگه‌ها با متوسط ضخامت ۳ متر، در حدود ۵۰۰ متر رخنمون طولی دارد (شکل ۶). در آنالیزهای نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های معدنی، مقادیر متوسط غلظت عناصر مس، سرب، روی، طلا و نقره در رگه‌های سیلیسی کانه‌دار به ترتیب ۱۳۹۴۰، ۸۲۹۷، ۵۲۴۸، ۰/۴۴ و ۳۸/۸۵ گرم در تن اندازه‌گیری شده است.



**شکل۶) دید نمایی از رگه سیلیسی و کانه‌های سولفیدی و اکسیدی غنی از مس، سرب، روی، طلا و نقره در محدوده معدنی هجیب.**

## نتیجه‌گیری

در محدوده معدنی هجیب، سنگ‌های گدازه‌ای، آذرآواری و رسوبی ائوسن رخنمون دارند. گدازه‌های آتشفشانی دارای ترکیبی از آندزیت تا آندزیت بازالتی، و آذرآواری‌ها شامل تناوبی از توف آندزیتی، لیتیک توف، و ماسه سنگ توفی است. سنگ‌های میزبان اصلی رگه-رگچه‌های سیلیسی کانه‌دار، توف آندزیتی، لیتیک‌توف و ماسه‌سنگ توفی می‌باشد. کالکوپیریت کانه اصلی کانه زائی است که بوسیله پیریت، اسفالریت، گالن، بورنیت، کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت، آزوریت، هیدروکسیدهای سرب و روی، اولیژیست، هماتیت، گوتیت و لیمونیت همراهی می‌شود. کانی‌های گانگ، کلسیت، باریت، فلورین و کوارتز است. دگرسانی‌های سریسیتی، سیلیسی، و اکسید آهنی بیشترین نزدیکی را با کانه‌زائی

دارند. کانه‌زائی غنی از مجموعه عناصر مس، سرب، روی، طلا و نقره است. نتایج پژوهش حاضر حکایت از رخداد کانه-زایی رگه‌ای گرمابی چندفلزی در محدوده هجیب دارد.

## منابع فارسی :

آقانباتی، س.ع.، (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

یوسفی، م.، امامی، م.ه.، علوی، م.، و عروج‌نیا، پ.، (۱۳۷۹) نقشه زمین‌شناسی اشتهارد، سری ۱/۱۰۰۰۰۰، شماره ۶۰۶۱، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

## References

Guilbert, J.M., and Park, C.f., (1986) The Geology of ore deposits. Freeman.p.1-985.

Whitney, D.l., and Evans, B.W., (2010) Abbreviation for names of rock-forming minerals. American Mineralogist, Vol: 95, p: 185-187.

# کانی‌شناسی، ساخت و بافت و دگرسانی در کانسار مس قیصری، جنوب دامغان

◇◇◇◇◇◇◇

شیوا مسکینی سیاهمرد*، دانشجوی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود
Sh.meskini@shahroodut.ac.ir
فرج ا... فردوست، استادیار زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود
مهدی رضایی کهخائی، استادیار پترولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

کانسار مس قیصری در ۱۵۰ کیلومتری جنوب دامغان، ۴۰ کیلومتری جنوب‌غرب معلمان، ۳۰ کیلومتری غرب روستای رشم و در پهنه ساختاری-رسوبی ایران مرکزی واقع شده‌است. توالی لیتولوژیکی محدوده مورد مطالعه شامل: گدازه‌های زیردریایی با ترکیب آندزیت – بازالت، آندزیت، دایک دیابازی و مجموعه آذرآواری از جمله توف و توف برش دگرسان شده دارای قطعات بازالتی با سن ائوسن میانی می‌باشند.کانه‌زایی به صورت رگه-رگچه‌ای(شکافه پرکن)، جانشینی، دانه پراکنده و پرکننده فضای خالی در داخل واحد آندزیت و آندزیت – بازالت با سن ائوسن رخ داده است. دگرسانی‌های عمده شامل کربناتی،کلریتی، سیلیسی، سریسیتی، سولفاته، لیمونیتی و هماتیتی می‌باشد. براساس مطالعات کانه‌نگاری، کانی‌های اولیه شامل کالکوسیت، کالکوپیریت، پیریت، دیژنیت، و مس طبیعی و کانی‌های ثانویه شامل مالاکیت، آزوریت، کوولیت، گوتیت و اکسید و هیدروکسیدهای‌آهن(لیمونیت و هماتیت)، مگنتیت، کوپریت می‌باشند. کانی‌های کوارتز، کلسیت و ژیپس کانی‌های باطله کانسار را تشکیل می‌دهند.

**کلید واژه ها**:( کانی‌شناسی، ساخت و بافت، دگرسانی، مس، قیصری، دامغان)

# Mineralogy, structure and texture and alteration of the Qeysari copper deposit, south Damghan

Shiva Meskini Siahmard*[1]; Farajollah Fardoust [2]; Mehdi Rezaei Kahkhaei[3]
[1]M.Sc. Student in Economic Geology, Shahrood University of Technology,
Sh.meskini@shahroodut.ac.ir
[2]Assistant Professor in Economic Geology, Shahrood University of Technology,
[3]Assistant Professor in Petrology, Shahrood University of Technology

**Abstract:**

Qeysari coppr deposit is located in 150 km south of Damghan, 40 km Southwest of Moaleman, 30 km west of the village of Reshm and in the central Iran structural zone. The lothologic sequence of the studiesd area includes: andesite-basaltic, andesite and subsea lavas combination pyroclastic including tuff and tuff deformed cutting with basaltic elements with Eocene age. Mineralization occurred vein-veintles(emptying filler), Replacement, Disseminated, open space filling and inside andesite and andesite-basaltic unite with Eocene age. Major alterations are include carbonate,Chloritic, silica, serisitic, sulfate, limonite and hematite. According to mineralization studies early minerals include Chalcocite, chalcopyrite, Pyrite,dygenite, Native Copper and

secondary Malachite, Goethite, Azurite,covelite, oxid and hydroxid Fe(limonite and hematite), magnetite, copryte. Quartz, Calcite and Gypse minerals are dominant gangue minerals.

**Keywords :**( Mineralization, structure and texture**,** alteration, copper, Qeysari, Damghan)

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

گستره ایران مرکزی بخشی از منابع بالقوه مس جهان را در دل خویش نهفته دارد که از گذشته دور انگیزه‌ای برای رونق معدن‌کاری در این مرز و بوم بوده است. تجمعات مس در طبیعت به اشکال مختلفی از جمله نهشته‌های پورفیری، اسکارن، ماسیوسولفید، هیدروترمال و رسوبی یافت می‌شوند. در این راستا مطالعه کانسار و آثار معدنی مس در نوار آتشفشانی – رسوبی ترود – چاه‌شیرین در استان سمنان و در پهنه ساختاری ایران مرکزی که اساساً تحت تأثیر سیالات گرمابی در داخل گسل‌ها، شکستگی‌ها و فضاهای خالی بین‌دانه ای تشکیل شده‌اند هم از لحاظ علمی و هم از لحاظ اکتشافی می‌تواند حائز اهمیت باشد، چرا که شناخت ویژگی‌های تشکیل و عوامل کنترل کننده تمرکز و اقتصادی شدن این نوع از کانسارها می‌تواند به عنوان الگو، هم در اکتشاف ذخایر مشابه در این پهنه و هم در سایر نقاط ایران مورد استفاده قرار گیرد. تاکنون مطالعات زمین‌شناسی و معدنی بسیاری در منطقه انجام گرفته است(خادمی‌نژاد، ۱۳۹۵؛ عبداللهی، ۱۳۹۵؛ ناهیدی‌فر، ۱۳۹۳؛ مهرابی و قاسمی‌سیانی، ۱۳۹۰؛ طالع ماسوله، ۱۳۸۹؛ امام جمعه و همکاران، ۱۳۸۵؛ قربانی، ۱۳۸۴).

ولی در مورد کانسار مس قیصری تاکنون هیچ‌گونه مطالعه زمین‌شناسی اقتصادی صورت نگرفته است. لذا هدف از این تحقیق بررسی کانی‌شناسی، ساخت، بافت و دگرسانی مس قیصری می‌باشد.

◇◇◇◇◇◇◇

**زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه:**

منطقه مورد مطالعه در شمال ایران، در شمال استان سمنان و در مختصات جغرافیایی ″۰۰′۱۸°۵۴ تا ″۰۰′۱۹°۵۴ طول شرقی و ″۰۰′۱۹°۳۵ تا ″۰۰′۲۱°۳۵ عرض شمالی واقع شده است. براساس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم، قدیمی‌ترین سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه به سن پالئوزوئیک زیرین (اردویسین – سیلورین) و جدیدترین واحدها نهشته‌های مربوط به پلیوسن و کواترنر می‌باشد. از دیگر واحدهای سنگی می‌توان به کنگلومرا و ماسه‌سنگ به سن ائوسن – الیگوسن و پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و جدید کواترنری اشاره کرد(شکل۱و۲). وجود این سنگ‌ها، نشان دهنده محیط دریایی کم عمق در آن زمان است.

توالی آتشفشانی-رسوبی ترود-چاه‌شیرین سنگی بصورت بلوکی در بین دو گسل ترود در جنوب و انجیلو در شمال محصور شده است. از لحاظ ساختاری شامل تعدادی ناودیس و تاقدیس می‌باشد که روند و امتداد کلی آن‌ها شمال‌شرقی – جنوب‌غربی است. براساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم واحدهای میزبان کانه‌زایی از نظر سنگ‌شناسی به ۳

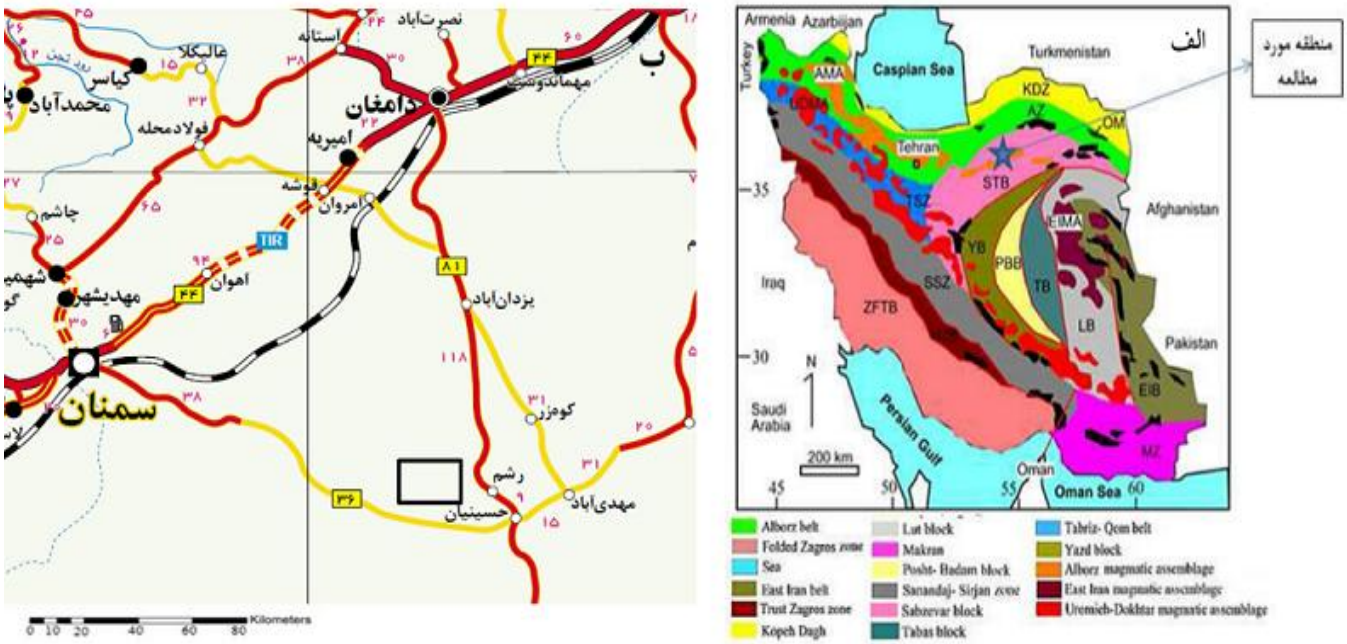
دسته قابل تفکیک می‌باشد: ۱-گدازه‌های زیردریایی شامل آندزیت و آندزیت-بازالتی ۲-واحدهای آذرآواری شامل توف، توف برش دگرسان شده ۳-دایک دیابازی، که شرح پتروگرافی هر یک از آن‌ها به اختصار ارائه می‌شود(شکل۲).

۱-آندزیت و آندزیت-بازالتی بخش اصلی توالی سنگی چینه‌ای منطقه را تشکیل می‌دهدکه با رنگ خاکستری تیره، بافت پورفیری و برجستگی بالا مشخص می‌باشند. پلاژیوکلاز، پیروکسن و الیوین فنوکریست‌های آن‌ها هستند که در زمینه دانه ریز قرار گرفته‌اند و تشکیل بافت پورفیری و گلومروپورفیری را می‌دهند(شکل۳ الف و ب).

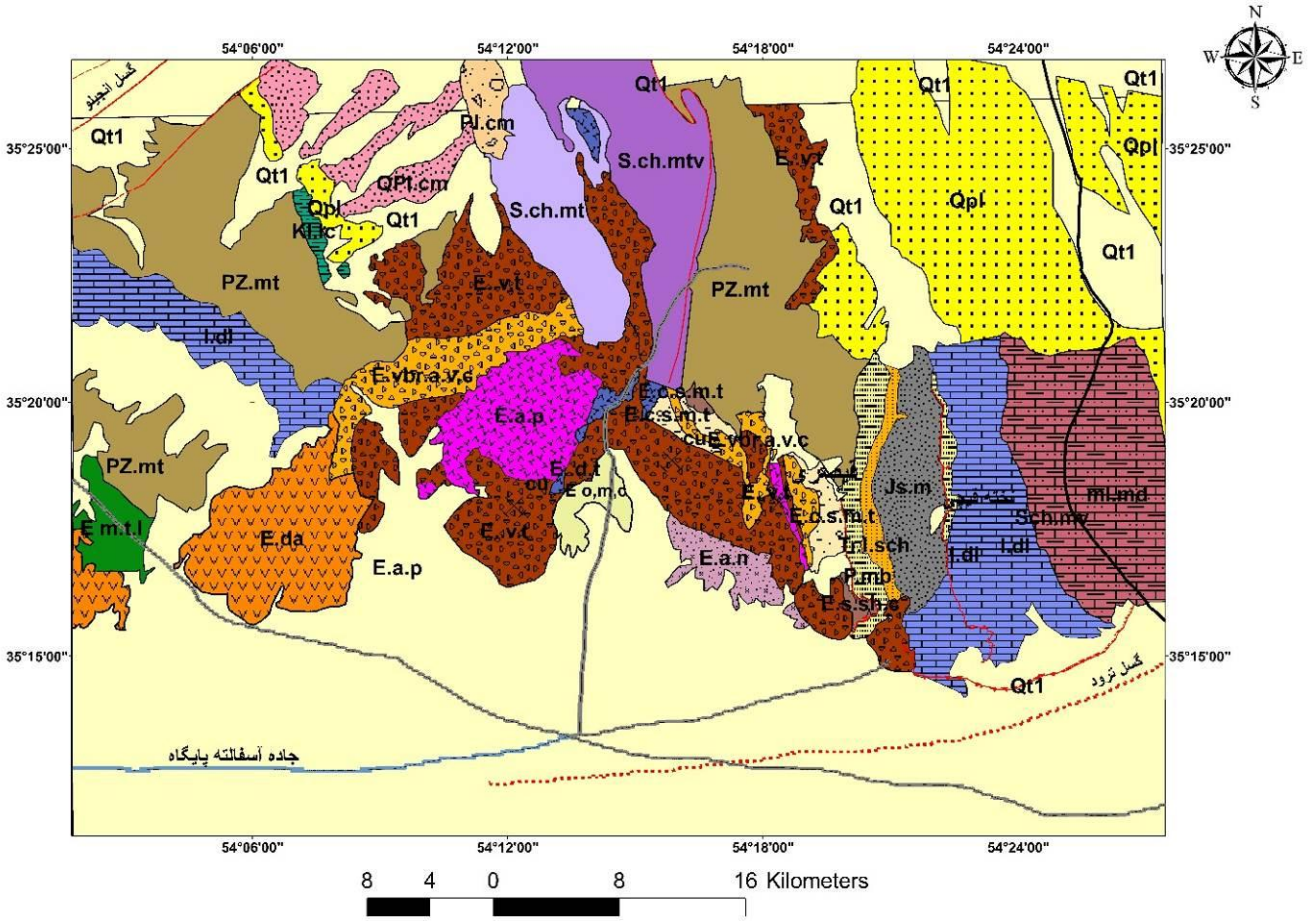
۲-واحدهای آذرآواری با گسترش کم، به صورت بین لایه‌ای و به رنگ خاکستری تا قرمز در میان گدازه‌ها و هم‌روند با آن‌ها قرار می‌گیرند.

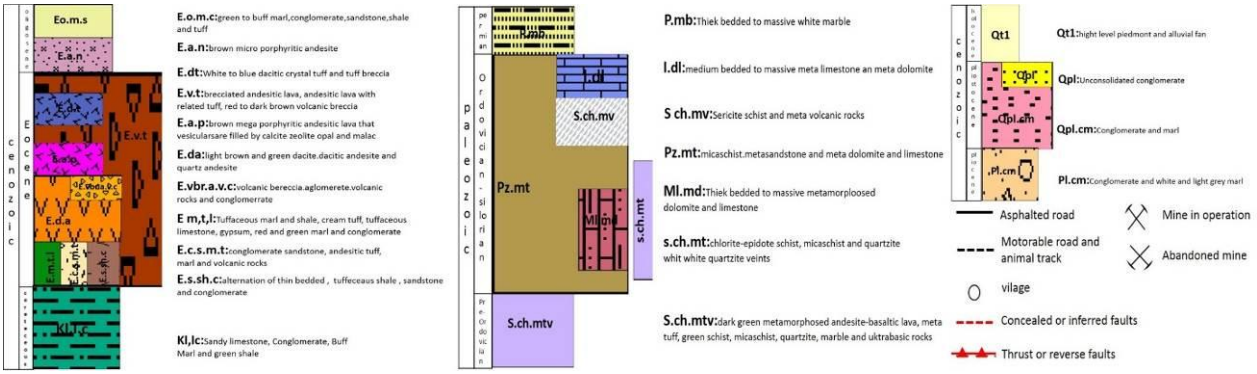
۳-دایک دیابازی به رنگ سبز، متشکل از پلاژیوکلاز، پیروکسن و کلریت توالی آتشفشانی رسوبی را قطع نموده است.کانه‌زایی مس به اطراف این دایک محدود می‌شود.

براساس مطالعات پتروگرافی بیشترین کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌های آتشفشانی متشکل از الیوین، پلاژیوکلاز و پیروکسن می‌باشد. کانی‌های قابل مشاهده در نمونه دستی پلاژیوکلاز می‌باشد که به صورت درشت بلور مشاهده می‌شود. در زیر میکروسکوپ بافت غالب این سنگ‌ها پورفیری است که در زمینه دانه‌ریزی از پلاژیوکلاز و پیروکسن قرار دارند.

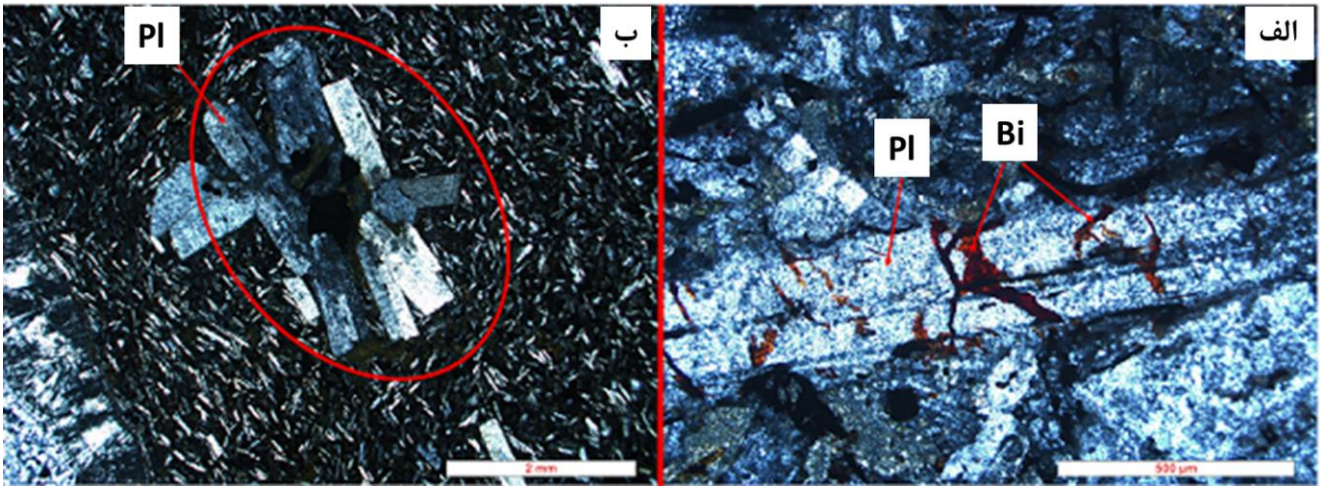



شکل۱-الف)موقعیت جغرافیایی محدوده موردمطالعه روی نقشه پهنه‌های زمین‌شناسی – ساختاری ایران (آقانباتی، ۱۳۸۵)، ب)نقشه راه‌های دسترسی به کانسار مس قیصری که با علامت ( ▭ ) مشخص شده است (برگرفته از نقشه جامع راه‌های کشور، ۱۳۹۴)



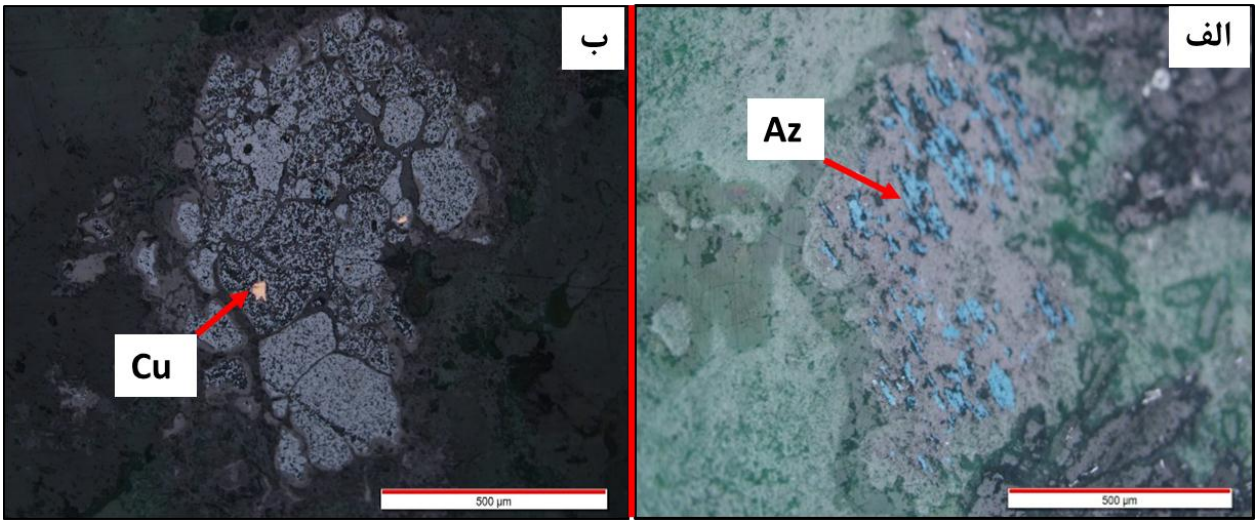

شکل ۲: بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم که محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



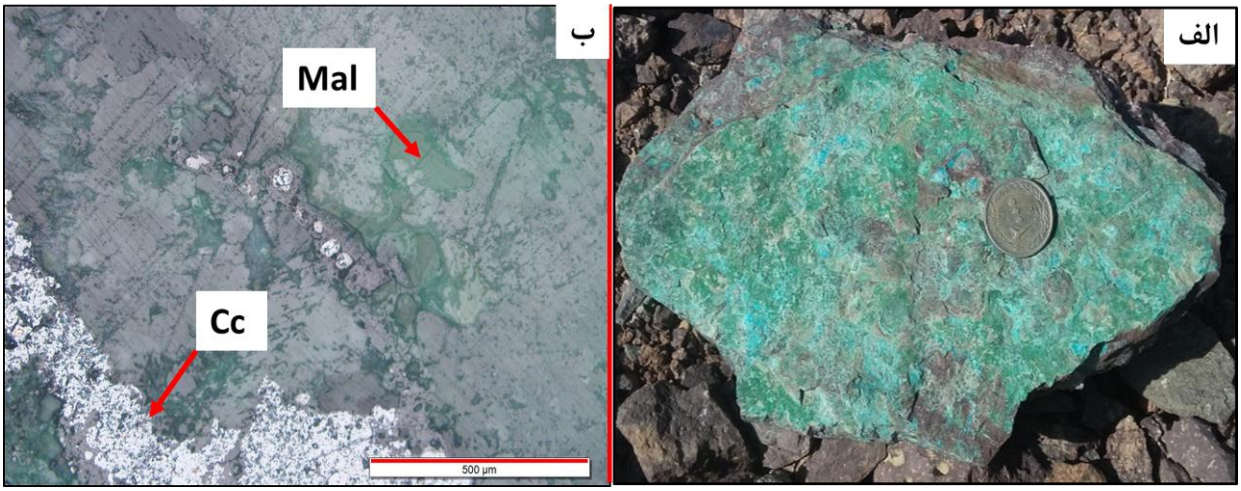

شکل۳-الف: بلور پلاژیوکلاز(PL) با همرشتی بیوتیت(BI) در نور(XPL) که دگرسانی اکسید آهن را نشان می‌دهد ب: بلورهای پلاژیوکلاز که بافت گلومروپورفیری را نشان می‌دهددر نور(XPL).

**کانی‌شناسی، ساخت و بافت:**

ماده معدنی در کانسار مس قیصری دارای ساخت و بافت رگه-رگچه‌ای(شکافه پرکن)، جانشینی، پراکنده، پرکننده فضای خالی، پورفیری، آمیگدالوئیدال و مگاپورفیری می‌باشد. سنگ میزبان ماده معدنی عمدتا واحد توف برش ائوسن است و در واقع به طور کلی کنترل کننده اصلی ناحیه‌ای کانی‌زایی، گسل‌ها درداخل واحد توف برش هستند. کانی‌های تشکیل دهنده ماده معدنی شامل کالکوسیت، کالکوپیریت، پیریت، دیژنیت و مس طبیعی و کانی‌های ثانویه شامل مالاکیت، آزوریت،کوپریت، کالکوسیت،گوتیت و اکسید و هیدروکسیدهای آهن(لیمونیت و هماتیت)، مگنتیت، کوپریت و کانی-های باطله شامل کوارتز، کلسیت و ژیپس می‌باشند(شکل ۴ و ۵). بیشتر کانی‌زایی در سنگ میزبان توف برش صورت گرفته که کانی‌سازی در این واحد به صورت رگه، رگچه‌ای و پرکننده فضاهای خالی می‌باشد. مالاکیت فراوان‌ترین کانی غیرسولفیدی مس‌دار در کانسار مورد مطالعه است که به دلیل حضور این کانی اکثر رخنمون‌های سطحی را غشای نازک سبز رنگی از مالاکیت پوشانده است.



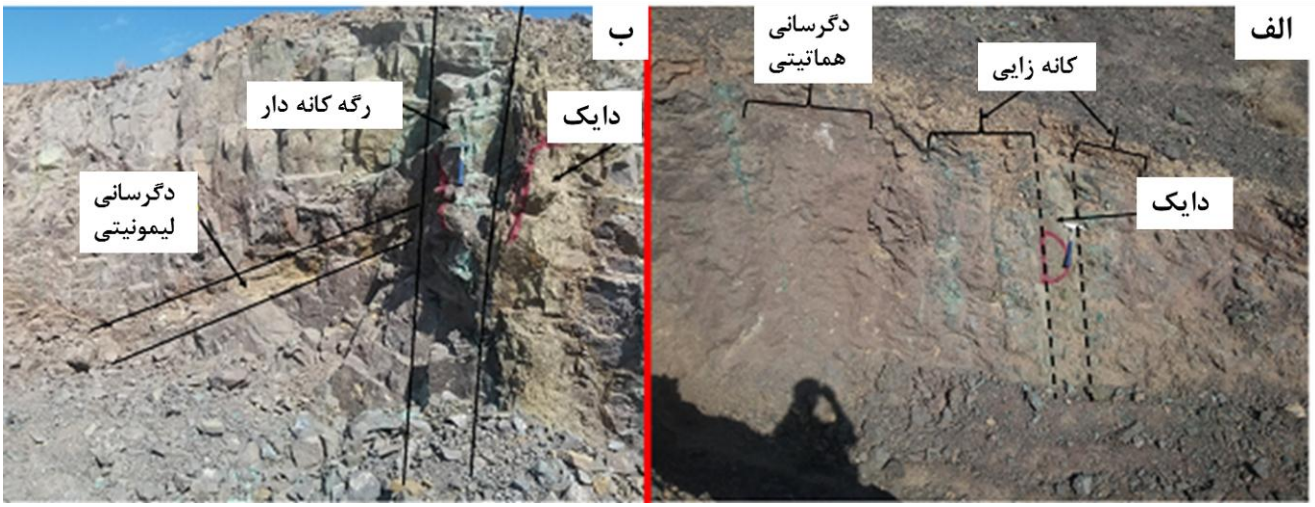

شکل۴-الف: دانه‌های آزوریت که توسط مالاکیت احاطه شده و ب: دانه‌های مس طبیعی




شکل۵-الف: نمونه دستی مالاکیت که زمینه سبز رنگی به سنگ داده ب: کانی‌های مالاکیت(Mal) و کالکوسیت(Cc) در نور (XPL)

**دگرسانی:**

مهم‌ترین دگرسانی‌های موجود در منطقه قیصری شامل دگرسانی کربناتی،کلریتی، سیلیسی، سریسیتی، سولفاته، اکسید آهن(هماتیتی و لیمونیتی) می‌باشند. دگرسانی هماتیتی گسترش وسیعتری نسبت به بقیه دگرسانی‌ها دارد. آلتراسیون نوع سیلیسی نسبتاً زیاد یافت می‌شود. افزایش مقدار درصد کوارتز و یا اکسیدهای سیلیس را در سنگ، اصطلاحاً سیلیسی‌شدن می‌گویند.آلتراسیون سیلیسی در بیشتر کانسارهای گرمابی یافت می‌شود. این حالت در ذخایر اپی‌ترمال اکثراً به صورت کوارتز کریپتوکریستالین دیده می‌شود که به آن ژاسپروئید می‌گویند(کریم‌پور، ۱۳۸۹). دگرسانی هماتیتی در مجاورت رگه‌ی کانه‌دار مشاهده می‌شود و اغلب حاوی کانی هماتیت است(شکل ۶).




◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

سنگ میزبان کانه‌زایی در منطقه قیصری گدازه‌های زیردریایی با ترکیب آندزیت و آندزیت – بازالت با سن ائوسن، سنگ‌های آذرآواری از جمله توف و توف‌برش دگرسان شده و دایک دیابازی می‌باشند.

ماده معدنی به دوشکل دانه پراکنده در متن سنگ و پرکننده درزه و شکاف‌ها، حفرات در داخل گدازها تشکیل شده است. کانی اصلی کالکوسیت و مالاکیت هستند و کلسیت، کوارتز و ژیپس باطله‌های آنرا تشکیل می‌دهند.

ساخت رگه‌ای و بافت رگچه‌ای، پورفیری، دانه‌پراکنده، پورفیری و آمیگدالوئیدال از خصوصیات ماده معدنی می‌باشد.

از مهم‌ترین دگرسانی‌های مشاهده شده در اطراف کانه‌زایی می‌توان به دگرسانی کربناتی،کلریتی، سیلیسی، سریسیتی، سولفاته، اکسید آهن(هماتیتی و لیمونیتی) اشاره نمود.

در واقع کنترل کننده‌های کانی‌سازی مس در منطقه قیصری گسل‌های قطع کننده واحدهای آتشفشانی است. گسل‌ها و شکستگی‌ها محیط مناسبی برای نقل و انتقال سیالات کانه‌ساز فراهم می‌کند(Brown, 1971; Kirkham, 1983).

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

امام‌جمعه،ا.(۱۳۸۵)، "زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار چاه‌موسی و قله‌کفتران، شمال‌غرب ترود، سمنان"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۵ صفحه.

جعفریان،م.(۱۳۷۳)، نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم شماره ۶۸۶۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

خادمی‌نژاد(۱۳۹۵)، گزارش پایان عملیات اکتشافی محدوده مس شرق کلوت، سازمان صنعت، معدن و تجارت استان سمنان.

عبداللهی،ا.(۱۳۹۵)، "زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار مس و آهن رباعی، جنوب دامغان، استان سمنان"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۸۹صفحه.

طالع ماسوله،س.(۱۳۸۹)، "مطالعه زمین‌شناسی اقتصادی کانسار مس چاه‌گله، شمال غرب ترود، استان سمنان"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد، لاهیجان، ۱۲۰صفحه.

ناهیدی‌فر،ا.(۱۳۹۳)، "کانی‌شناسی، ژئوشیمی، ژنز کانسار مس دیان جنوب ترود، استان سمنان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم-زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۴۷صفحه.

کریم‌پور، م، ۱۳۸۹،"زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی" چاپ چهارم، (۹۰-۷۳)، انتشارات ارسلان، مشهد.

اسماعیلی قصونی، ف.، موسیوند، ف.، صادقیان، م.، ۱۳۹۶،"کانی شناسی، ساخت و بافت، دگرسانی و کنترل کننده‌های کانه زایی د در کانسار مس میاندشت، شرق میامی". نهمین همایش ملی انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه بیرجند.

اصغری، ف.، فرج ا...، ف.، ۱۳۹۶،"کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانسار مس چاه‌گبری، جنوب دامغان"، نهمین همایش ملی انجمن زمین-شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه بیرجند.

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

Mehrabi, B., and Ghasemi Siani, M., (2012), Intermediate sulfidation epithermal Pb-Zn-Cu (±Ag-Au) mineralization at Cheshmeh Hafez deposit. Journal of the Geological Society of India,. 80, p. 563-578.

Kirkham, R.V., 1995, Volcanic- red bed copper ., in geology of Canadian mineral deposit types, (ed) O.R.: Eckstrand, W.D. Sinclair, and R.I. Thorpe ., Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no. 8, p. 241-252.

Brown, A., 1971, Zoning in the White Pine Copper Deposit, Ontonagon County, Michigan. Economic Geology 66: 543-574.

# مطالعه پاراژنزی و سیالات درگیر کانسار باریت تلخابوند، بلوک لوت، شرق ایران

◇◇◇◇◇◇◇

جواد معصومی[1*]، آزاده ملکزاده شفارودی[2]، صدیقه زیرجانی‌زاده[3]

[1*] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[2] دانشیار، گروه زمین‌شناسی و گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[3] استادیار، مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران

javad.masoomi@mail.um.ac.ir
shafaroudi@um.ac.ir
s.zirjanizadeh@gonabad.ac.ir

◇◇◇◇◇◇◇

## چکیده :

کانسار تلخابوند در شرق بجستان، استان خراسان رضوی، و در شمال غرب بلوک لوت قرار گرفته است. زمین‌شناسی منطقه شامل سنگهای دگرگونی ژوراسیک، سنگ آهک، توده‌های نفوذی و واحد اسکارنی کرتاسه و واحدهای آتشفشانی ائوسن است. کانی‌سازی باریت به شکل اپی‌ژنتیک و با روند عمدتا شمال‌غربی –جنوب‌شرقی تمام واحدهای سنگی منطقه را قطع کرده و جوانتر از ائوسن است. کانی‌ها شامل باریت، کوارتز و کلسیت همراه با مقادیر جزیی پیریت‌های عمدتا اکسید شده و گالن و کانی-های ثانویه گوتیت، لیمونیت، کوولیت، مالاکیت و آنگلزیت است. حداقل دمای تشکیل باریت‌ها بین ۲۲۹ تا ۳۸۵ درجه سانتیگراد بوده و از محلولی محتوی نمکهای NaCl و $CaCl_2$ با درجه شوری بین ۷/۵ تا ۱۲/۳ درصد وزنی بوجود آمده‌اند. باریت-ها در سه دامنه دمایی مختلف تشکیل شده‌اند و با کاهش دما بر مقدار شوری سیال کانه‌دار افزوده شده است. احتمالا سیالی با شوری بالا که می‌تواند نشات گرفته از رسوبات تبخیری باشد با محلول کانه‌دار اولیه مخلوط شده است.

**کلیدواژه‌ها:** کانی‌سازی، پاراژنز، سیالات درگیر، باریت، تلخابوند، بلوک لوت.

## Paragenesis and fluid inclusion study of Talkhabvand barite deposit, Lut Block, eastern Iran

**J. Maasoumi[1]*, A. Malekzadeh Shafaroudi[2], S. Zirjanizadeh[3]**

**[*1] Ms.C Student, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran**

**[2]Associate professor, Department of Geology and Research Center for Ore deposit of Eastern Iran, Faculty of science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran**

**[3]Assistant professor, University of Gonabad, Gonabad, Iran**

**Abstract:**

Talkhabvand deposit is located eastern Bajestan, Khorasan Razavi province, and northwest of Lut Block. Geology of the area include Jurassic metamorphic rocks, Cretaceous limestone, intrusive rocks, and skarn unit and Eocene volcanic rocks. Barite mineralization as epigenetic with the mainly NW-SE trend has cut off all the rock units and it is younger than Eocene. Minerals consist of barite, quartz and calcite associated with minor oxidized pyrite and galena and secondary minerals such as goethite, limonite, covellite, malachite and anglesite.

Based on fluid inclusion studies, formation temperature of mineralization is between 229 to 385 ºC and it is occurred from NaCl-, and $CaCl_2$-bearing fluid with 7.5 to 12.3 wt. % NaCl equivalent salinity. Barites have occurred at three ranges of temperature. The ore-fluid salinity has increased with decrease of temperature. Probably high-salinity fluid, which can be caused by evaporate units, is mixed with the initial ore solution.

**Keywords :** Mineralization, Paragenesis, Fluid inclusion, Barite, Talkhabvand, Lut block.

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

بزرگترین کانسارهای باریت ایران در زون‌های ساختاری البرز مرکزی و ایران مرکزی دیده شده و سنگ میزبان آنها عمدتا دولومیت یا سنگ-های آتشفشانی- رسوبی است (Ehya, 2012). کانسار باریت تلخابوند در ۱۴ کیلومتری شرق شهرستان بجستان در استان خراسان رضوی و در حدفاصل طول‌های جغرافیایی "۲۹ '۱۷ °۵۸ تا "۵۵ '۱۶ °۵۸ و عرض‌های جغرافیایی "۲۷ '۳۲ °۳۴ تا " ۰۶ '۳۳ °۳۴ واقع شده است. محدوده مورد مطالعه به لحاظ تقسیمات ساختاری در بخش شمال غربی بلوک لوت قرار گرفته است. در مجموعه ماگمایی محدوده شرق تا جنوب شرقی شهرستان بجستان مناطق اکتشافی متعددی از مس، آهن، باریت و سرب و روی مانند کلاته کوک، سوسناری، تلخابوند، آب باریک، کلاته اوبی، حسین آباد، قوچی و غیره دیده می‌شود که نشان‌دهنده پتانسیل بالای کانه‌زایی این بخش از بلوک لوت است (احمدی روحانی، ۱۳۹۶). به طور کلی هدف از انجام این پژوهش مطالعه روابط پاراژنزی و سیالات درگیر برای تعیین دما و شوری محلول کانه‌دار و بررسی تحول سیال در کانسار باریت تلخابوند است.

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

بیش از ۱۵۰ نمونه سنگی از سطح منطقه جمع آوری گردید که از این میان ۸۰ مقطع نازک جهت مطالعات سنگ‌شناسی و ۱۳ مقطع نازک صیقلی و بلوک صیقلی جهت مطالعه کانی‌های فلزی و غیرفلزی و تعیین توالی پاراژنزی تهیه و مطالعه شدند. برای مطالعه سیالات درگیر، تعداد ۵ مقطع دوبرصیقل از کانی باریت تهیه شد آزمایشهای مربوطه با استفاده از یک دستگاه سردکننده و گرم‌کننده ساخت شرکت لینکام مدل THM 600 در دانشگاه فردوسی مشهد صورت گرفته است. دقت کار دستگاه در مرحله سرد و گرم کردن ±1° C و محدوده حرارتی دستگاه بین (۱۹۰-) تا (۶۰۰+) درجه سانتیگراد می‌باشد. مقدار شوری و دانسیته در سیستم $H_2O$-NaCl با استفاده از نرم افزار تعبیه شده در سیستم اکسل HOKIEFLINCS-$H_2O$-NACL (Steele-MacInnis et al., 2012; Lecumberri-Sanchez et al., 2012) محاسبه شده است. هیستوگرام‌های مناسب در نرم‌افزار SPSS ترسیم شد.

◇◇◇◇◇◇◇

**زمین‌شناسی:**

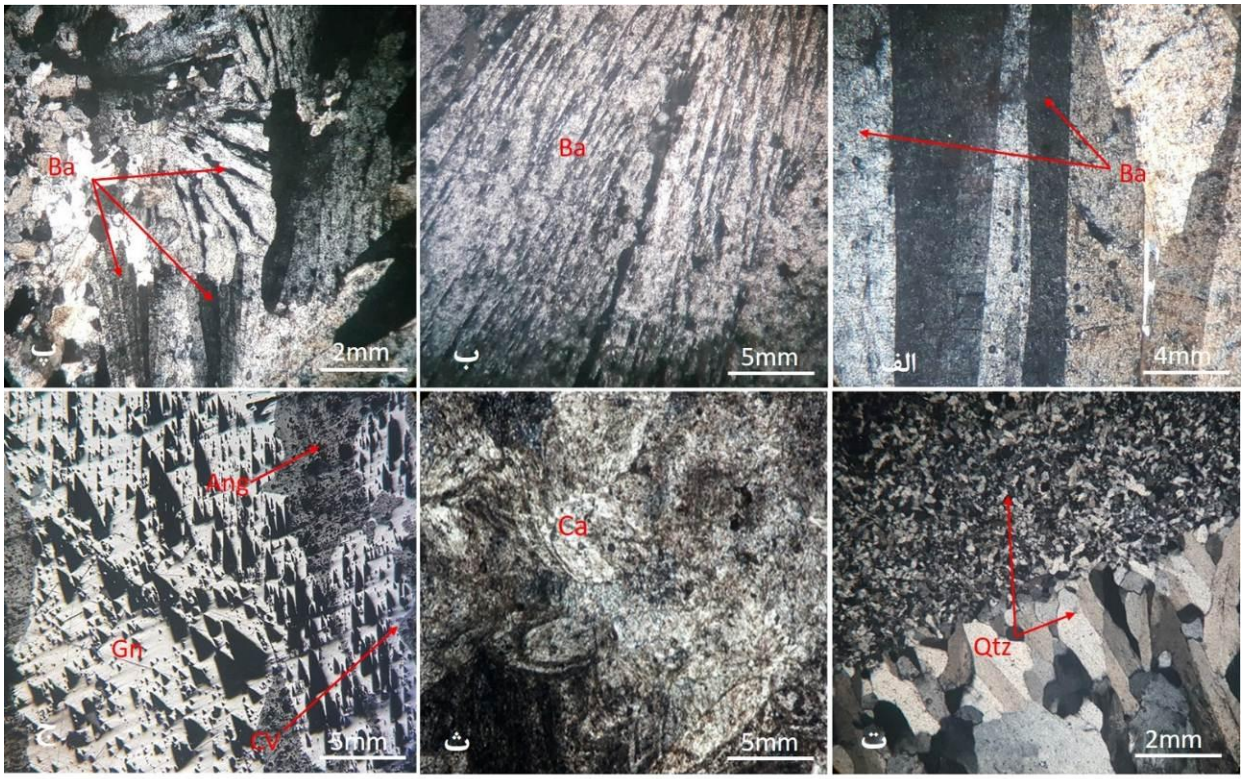
کانسار باریت تلخابوند در جنوب نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بجستان (عاشوری و همکاران، ۱۳۸۴) قرار می‌گیرد. همچنین احمدی روحانی (۱۳۹۶) نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از مجموعه ماگمایی شرق بجستان تهیه کرد که کانسار باریت مورد مطالعه در شمال آن واقع شده

است. برپایه مطالعات صحرایی- آزمایشگاهی و تهیه نقشه زمین‌شناسی- کانی‌سازی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ از محدوده کانسار تلخابوند، شاخص‌ترین واحدهای سنگی منطقه از قدیم به جدید شامل واحدهای اسلیت با سن احتمالی ژوراسیک؟، سنگ آهک کرتاسه، مونزوگرانیت پورفیری، سینوگرانیت و اسکارن منسوب به کرتاسه، سنگ‌های آتشفشانی ریولیت- ریوداسیت و توف بلورین ائوسن شناسایی گردید. به دلیل پدیده دگرگونی، اسلیت‌ها که میزبان بخشی از رگه‌های باریت نیز هستند، سن دقیق آنها از طریق شواهد فسیل‌شناسی امکانپذیر نیست. اما با توجه به شواهد سنگ‌شناسی و چینه‌ای شاید بتوان آن را معادل سازند شمشک (ژوراسیک) دانست (عاشوری و همکاران، ۱۳۸۴). بخش جنوب غربی و مرکز محدوده را توده‌های نفوذی کرتاسه تشکیل داده‌اند که ترکیب آنها مونزوگرانیتی و سینوگرانیتی است. براساس سن‌سنجی U-Pb روی زیرکن توسط احمدی روحانی و همکاران (۱۳۹۵) سن آنها بین ۷۶ تا ۷۹ میلیون سال پیش (کرتاسه) بوده و ماهیت پرآلومین و احیایی دارند. نفوذ این توده‌ها در برخی مناطق در سنگ‌های کربناته موجب تشکیل اسکارن و همچنین شواهد دگرگونی همبری به صورت مرمریت و به ندرت هورنفلس شده است. سرانجام بخش اعظم منطقه از سنگ‌های آتشفشانی منسوب به ائوسن با ترکیب اسیدی است که به شکل گدازه و آذرآواری به ترتیب در جنوب و شمال محدوده گسترش دارند، پوشیده شده است و فرسایش طی زمان باعث شده است تا واحدهای قدیمتر در حال حاضر نیز رخنمون داشته باشند.

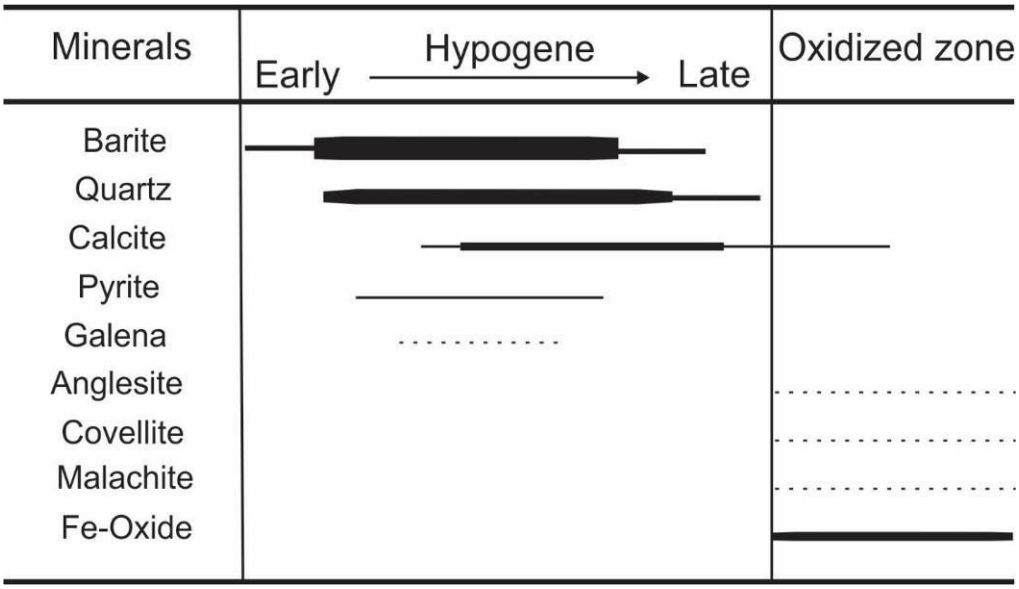
◇◇◇◇◇◇◇

## کانی‌سازی و نعیین روابط پاراژنزی:

کانی‌سازی در کانسار باریت تلخابوند کنترل گسلی داشته و تمام واحدهای لیتولوژیکی منطقه تا ائوسن را قطع نموده است. تعداد ۱۸ رگه باریت‌دار بزرگ و کوچک در منطقه تلخابوند دیده می‌شود که امتداد عمده آنها شمال غربی- جنوب شرقی با شیب بین ۸۰ تا ۹۰ درجه به سمت شمال شرقی و گاهی جنوب غربی است. ضخامت‌های قابل تشخیص رگه‌ها از ۲۰ سانتیمتر تا ۵ متر متغیر است و طول آنها تا ۳۰۰ متر می‌رسد. کانی‌شناسی کانسار شامل باریت، کوارتز و کلسیت همراه با مقادیر جزیی پیریت‌های عمدتا اکسید شده و گالن و کانی‌های ثانویه گوتیت، لیمونیت، کوولیت، مالاکیت و آنگلزیت است. باریت مهمترین و فراوانترین کانی کانسار است که در حال بهره‌برداری نیز می‌باشد. بافت‌های متنوع و زیبایی در باریت‌های منطقه دیده می‌شود (شکل ۱ الف تا پ) که توده‌ای و جعبه‌ای از همه فراوانترند. در بافت پرکننده فضای خالی عمدتا باریت در دو طرف رگه و کوارتزهای درشت بلور در وسط و گاهی برعکس است که نشان می‌دهد احتمالا بخش عمده باریت‌ها قبل از کوارتز تشکیل شده است. همین حالت در رابطه بین باریت و کلسیت نیز مشاهده می‌گردد، بطوریکه باریت در حاشیه و کلسیت در وسط رگه است یا کلسیت‌ها باریت‌ها را قطع کرده‌اند که حکایت از تبلور کلسیت بعد از باریت دارد. دو نسل متفاوت کوارتز دیده می‌شود (شکل ۱ ت): ۱- کوارتزهای درشت بلور با رشدیافتگی کامل که به رنگ‌های سفید تا قهوه‌ای (به دلیل وجود اکسیدآهن ثانویه) مشاهده می‌گردد. ۲- کوارتزهای کریپتوکریستالین با بافت کلوفرم که در فضاهای خالی باریت و دیگر کانی‌ها رشد کرده و در شرایط تاخیری و سطحی تشکیل شده‌اند. رورشدی کلیست بر روی کوارتزها، قرارگرفتن در وسط باریت‌ها در بافت پرکننده فضای خالی و پرکردن حفرات باریت نشان می‌دهد که این کانی پس از باریت و کوارتز تشکیل شده است (شکل ۱ ث). پیریت فراوانترین کانی سولفیدی منطقه تلخابوند است که عمدتا به گوتیت و لیمونیت اکسید شده است. گالن در برخی رگه‌ها به مقدار کمتر از یک مشاهده می‌گردد. بین ۳۰ تا ۴۰ درصد گالن‌ها به آنگلزیت تبدیل شده است. کوولیت در حاشیه دانه‌های گالن به ندرت وجود دارد (شکل ۱ ج). معمولا در همین رگه‌ها بسیار جزیی مالاکیت نیز دیده شده است. روابط پاراژنزی کانی‌های اولیه و ثانویه کانسار باریت تلخابوند در شکل (۲) نشان داده شده است.




شکل ۱. الف) باریت تیغه‌ای. ب) باریت جارویی یا دم پرنده‌ای. پ) باریت شعاعی. ت) دو نسل کوارتز درشت بلور و ریز بلور در کنار هم. ث) کلسیت با بافت گل کلمی. **همه عکسها در XPL عبوری. ج) بلور گالن که از حاشیه به آنگلزیت تبدیل شده است و کوولیت نیز در حاشیه آن دیده می‌شود در PPL انعکاسی. (Qz= کوارتز، Ba= باریت، Ca= کلسیت، Gn= گالن، Ang= آنگلزیت، Cv= کوولیت ( Whitney and Evans, 2010)).**



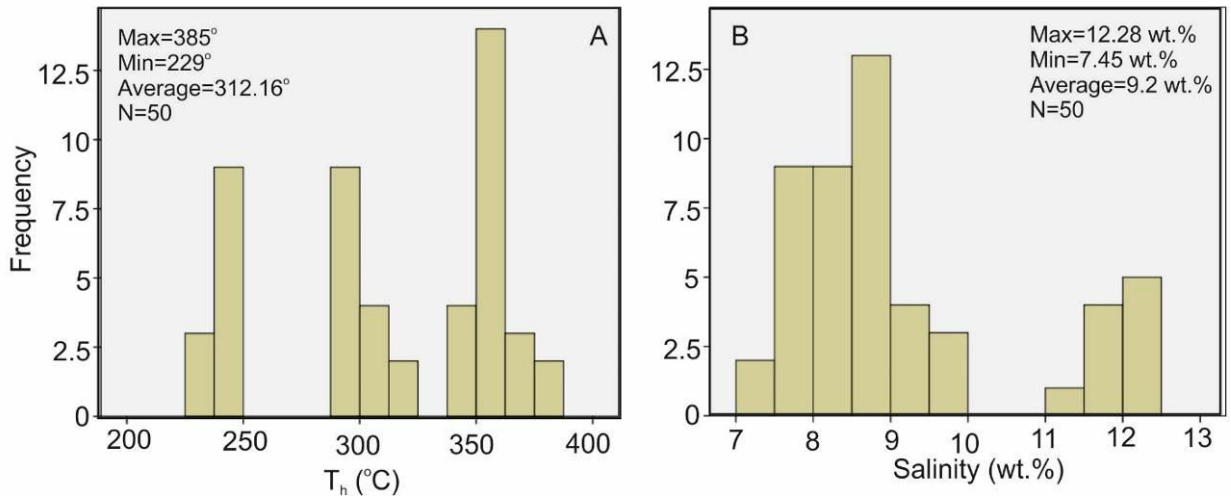

شکل ۲. توالی پاراژنز کانی‌های فلزی و غیرفلزی کانسار تلخابوند

◇◇◇◇◇◇◇

**مطالعه سیالات درگیر:**

دماسنجی به روش گرمایش و تعیین نوع املاح و مقدار شوری به روش سرمایش بر روی ۵۰ سیال درگیر بر روی کانی باریت صورت پذیرفت. مطالعات پتروگرافی سیالات درگیر اولیه در باریت نشان داد که آن‌ها به صورت بیضوی، دایره، کشیده، بی‌شکل و چندضلعی نامنظم دراندازه‌های حداقل ۵ تا ۸ میکرون می‌باشند. براساس تقسیم‌بندی‌های متداول (Roedder, 1984; Sheppherd et al.,1985) سیالات از نوع سه‌فازی غنی از مایع (L+V+O)، دوفازی غنی از مایع (L+V) و تک فاز مایع (L) هستند که فاز دختر در نوع L+V+O اکسیدآهن است. مقدار سیالات LV بیش‌تر از بقیه است. اندازه-گیری‌های دماسنجی، تعیین نوع محلول و مقدار شوری بر روی سیالات درگیر اولیه نوع LV انجام شد.

دمای همگن شدن ($T_h$) در سیالات درگیر اولیه بین ۲۲۹ تا ۳۸۵ درجه سانتیگراد متغیر بوده و سه دامنه مختلف دمایی برای باریت قابل مشاهده است (شکل ۳ A). نخستین دمای ذوب شدگی ($T_{fm}$) بین۵۷- تا ۴۹/۵- درجه سانتیگراد است. بر اساس $T_{fm}$ بدست آمده نمک‌های $CaCl_2$ و NaCl در سیالات درگیر اولیه وجود دارند. مقدار $T_m$ بین ۴/۷- تا ۸/۵- درجه سانتیگراد است. براساس سیستم $H_2O$-NaCl (Steele-MacInnis et al., 2012; Lecumberri-Sanchez et al., 2012)، مقدار شوری محلول کانه‌دار بین ۷/۵ تا ۱۲/۳ درصد وزنی محاسبه شد (شکل ۳ B).



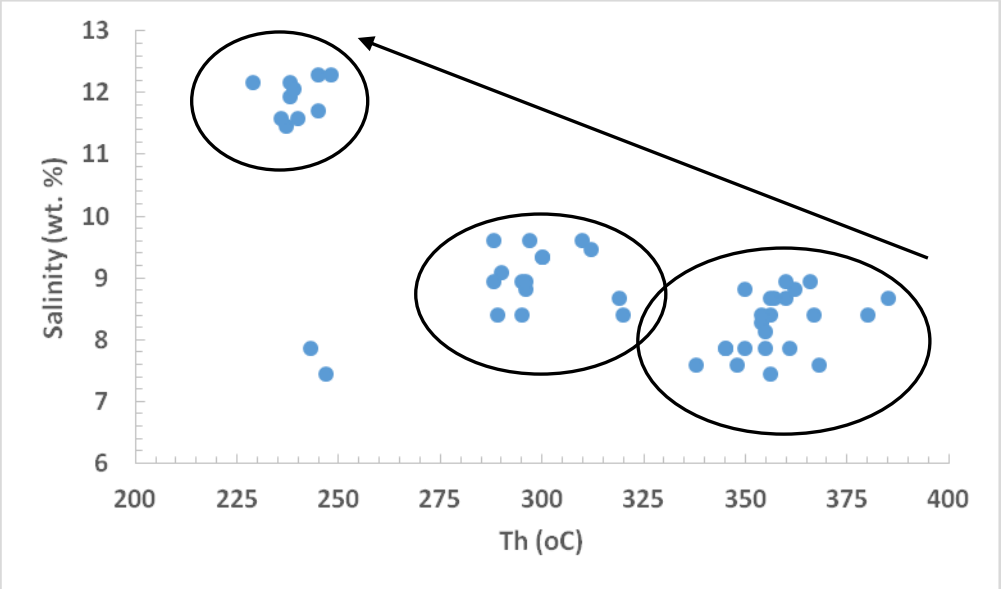

**شکل ۳. هیستوگرام‌های مربوط به سیالات درگیر. A) دمای همگن شدن، B) مقدار شوری**

◇◇◇◇◇◇◇

**نتیجه‌گیری:**

کانی‌شناسی کانسار تلخابوند بسیار ساده بوده و شامل باریت، کوارتز و کلسیت همراه با مقادیر جزیی پیریت‌های عمدتا اکسید شده و گالن و کانی‌های ثانویه گوتیت، لیمونیت، کوولیت، مالاکیت و آنگلزیت است. حداقل دمای تشکیل باریت‌ها بین ۲۲۹ تا ۳۸۵ درجه سانتیگراد بوده و از محلولی محتوی نمکهای NaCl و $CaCl_2$ با درجه شوری بین ۷/۵ تا ۱۲/۳ درصد وزنی بوجود آمده-اند. همانطور که در نمودار دمای همگن شدن- شوری مشخص است، باریت‌ها در سه دامنه دمایی ۳۳۰ تا ۳۸۵، ۲۸۵ تا ۳۲۰ و ۲۲۹ تا ۲۶۰ درجه سانتیگراد تشکیل شده‌اند و با کاهش دما بر مقدار شوری سیال کانه‌دار افزوده شده است. افزایش

مقدار شوری در فاز باقیمانده می‌تواند بر اثر پدیده جوشش و یا مخلوط شدن سیال با یک محلول با شوری بالا صورت بگیرد. از آنجاییکه شواهد جوشش دیده نشده است، نظر اول منتفی است و احتمالا سیالی با شوری بالا که می‌تواند نشات گرفته از رسوبات تبخیری باشد با محلول کانه‌دار اولیه مخلوط شده است.




شکل ۴. نمودار شوری و دمای همگن شدن در باریت‌های کانسار تلخابوند

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی:

احمدی روحانی، ر.، ۱۳۹۶، "کانی‌سازی، ژئوشیمی، تکتونیک و پتروژنز توده‌های نفوذی بجستان"، رساله دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

احمدی روحانی، ر.، کریم‌پور، م.ح.، رحیمی، ب.، ملکزاده شفارودی، الف.، کلوتزلی، ا. و سانتوز، ج.ف.، ۱۳۹۵،"سنگ‌شناسی، سن‌سنجی، ژئوشیمی و تعیین منشاء توده‌های گرانیتوئیدی منطقه بجستان، شمال فردوس، استان خراسان رضوی"، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، جلد ۸، شماره ۲، ص ۵۲۵-۵۵۲.

عاشوری، ع. ، کریم‌پور، م.ح. و سعادت، س.، ۱۳۸۴، " نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بجستان"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

Ehya, F., 2012, "*Rare earth element and stable isotope (O, S) geochemistry of barite from the Bijgan deposit, Markazi Province, Iran*". Mineralogy and Petrology, 104, p. 81-93.

Lecumberri-Sanchez, P., Steel-MacInnis, M. and Bodnar, R.J., 2012, "*A numerical model to estimate trapping conditions of fluid inclusions that homogenize by halite disappearance*". Geochimica et Cosmochimica Acta, 92, p. 14-22.

Roedder. E., 1984, "*Fluid inclusions*". Reviews in Mineralogy, 12, 644 pp.

Sheppherd., T.j., Rankin., A.H., Alderton., D.H.M., 1985, "*A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*". Blackie and Son, 239 pp.

Steele-MacInnis, M., Lecumberri-Sanchez, P. and Bodnar, R.J., 2012, "*HOKIEFLINCS-$H_2O$-NACL: A Microsoft Excel spreadsheet for interpreting microthermometric data from fluid inclusions based on the PVTX properties of $H_2O$–NaCl*". Computer in Geosciences, 49, p. 334–337.

Whitney, D.L., Evans, B.W., 2010, "*Abbrevations for names of rock-forming minerals*", American Minrealogist, 95, p. 185-187.

# زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی کانسار باریت تلخابوند، شرق بجستان، استان خراسان رضوی

◇◇◇◇◇◇◇

جواد معصومی[۱*]، آزاده ملکزاده شفارودی[۲]، صدیقه زیرجانی‌زاده[۳]

[۱*] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۲] دانشیار، گروه زمین‌شناسی و گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۳] استادیار، مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران

javad.masoomi@mail.um.ac.ir
shafaroudi@um.ac.ir
s.zirjanizadeh@gonabad.ac.ir

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

کانسار تلخابوند در شرق بجستان، استان خراسان رضوی، و در شمال غرب بلوک لوت قرار گرفته است. زمین‌شناسی منطقه شامل سنگهای دگرگونی ژوراسیک، سنگ آهک، توده‌های نفوذی و واحد اسکارنی کرتاسه و واحدهای آتشفشانی ائوسن است. کانی‌سازی باریت به صورت رگه- رگچه‌ای، با بافت‌های متنوع و با روند عمدتا شمال‌غربی –جنوب‌شرقی تمام واحدهای سنگی منطقه را قطع کرده است. کانی‌ها شامل باریت، کوارتز و کلسیت همراه با مقادیر جزیی پیریت‌های عمدتا اکسید شده و گالن و کانی‌های ثانویه گوتیت، لیمونیت، کوولیت، مالاکیت و آنگلزیت است. شش نوع مختلف رگه- رگچه قابل تفکیک است. میزان $SrSO_4$ در رگه‌ها نشان می‌دهد که باریت‌ها وابسته به عضو نهایی باریت هستند و سیلیس اصلی‌ترین باطله کانسار است. شواهد زمین-شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی نشان می‌دهد باریت‌ها از نوع هیدروترمالی هستند.

**کلیدواژه‌ها:** کانی‌شناسی، ژئوشیمی، باریت، تلخابوند، بلوک لوت، بجستان

## Geology, mineralogy, and geochemistry of Talkhabvand barite deposit, eastern Bajestan, Khorasan Razavi province

**J. Maasoumi[1]*, A. Malekzadeh Shafaroudi[2], S. Zirjanizadeh[3]**

**[*1] Ms.C Student, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran**

**[2]Associate professor, Department of Geology and Research Center for Ore deposit of Eastern Iran, Faculty of science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran**

**[3]Assistant professor, University of Gonabad, Gonabad, Iran**

**Abstract:**

Talkhabvand deposit is located eastern Bajestan, Khorasan Razavi province, and northwest of Lut Block. Geology of the area include Jurassic metamorphic rocks, Cretaceous limestone, intrusive rocks, and skarn unit and Eocene volcanic rocks. Barite mineralization as vein-veinlets with various textures and with the mainly NW-SE trend has cut off all the rock units. Minerals consist of barite, quartz and calcite associated with minor oxidized pyrite and galena and secondary minerals such as goethite, limonite, covellite, malachite and anglesite. Six different types of vein-veinlets are distinguishable. $SrSO_4$ values of veins indicate barites depend on the

final member of the barite and quartz is the most important waste mineral. Based on Geology, mineralization, and geochemistry, Talkhabvand barites are hydrothermal type.

**Keywords :** Mineralogy, Geochemistry, Barite, Talkhabvand, Lut block, Bajestan.

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

کانسار باریت تلخابوند در ۱۴ کیلومتری شرق شهرستان بجستان در استان خراسان رضوی و در حدفاصل طول‌های جغرافیایی "۲۹ '۱۷ °۵۸ تا "۵۵ '۱۶ °۵۸ و عرض‌های جغرافیایی "۲۷ '۳۲ °۳۴ تا " ۰۶ '۳۳ °۳۴ واقع شده است. محدوده مورد مطالعه به لحاظ تقسیمات ساختاری در بخش شمال غربی بلوک لوت قرار گرفته است. این محدوده یک بخش معدنی فعال بوده که هم اکنون در حال برداشت و استخراج می‌باشد اما تا کنون مطالعه جامع و گسترده‌ای بر روی ویژگی‌های کانی‌شناسی، زمین‌شناسی و ژئوشیمی این کانسار صورت نگرفته است. تنها مطالعه پیشین صورت گرفته در این منطقه می‌توان به رساله دکتری احمدی روحانی (۱۳۹۶) اشاره کرد که عمدتا بر روی ماگماتیسم و پتروژنز توده‌های نفوذی و کانی‌سازیهای مس جنوب منطقه معطوف بوده است. به طور کلی هدف از انجام این پژوهش بررسی زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و تفکیک انواع رگه‌های باریت موجود در محدوده وتعیین ماهیت ژئوشیمیایی رگه‌ها براساس آنالیز اکسیدهای اصلی در کانسار باریت تلخابوند است.

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

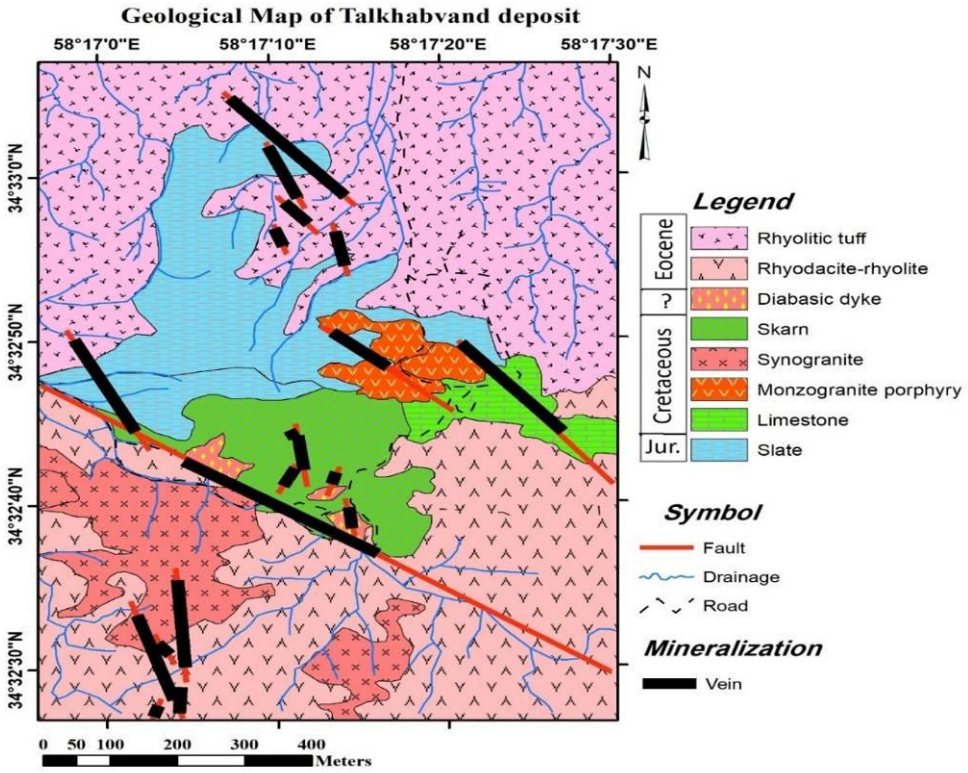
در راستای تهیه نقشه زمین‌شناسی و کانی‌سازی، ابتدا برداشت اطلاعات صحرایی و نمونه‌برداری از واحدهای سنگی در منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۲ کیلومترمربع انجام شد. بیش از ۱۵۰ نمونه سنگی از سطح منطقه جمع آوری گردید که از این میان ۸۰ مقطع نازک جهت مطالعات سنگ‌شناسی و ۱۳ مقطع نازک صیقلی و بلوک صیقلی جهت مطالعه کانی‌های فلزی و تعیین توالی پاراژنزی تهیه و مطالعه شدند. نقشه زمین‌شناسی– کانی‌سازی منطقه در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. جهت بررسی ژئوشیمی اکسیدهای اصلی در رگه‌ها، تعداد ۷ نمونه به روش XRF در آزمایشگاه تجزیه‌کنندگان کانسارهای بلورین آمتیس شرق تجزیه شد.

◇◇◇◇◇◇◇

**زمین‌شناسی:**

کانسار باریت تلخابوند در جنوب نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بجستان (عاشوری و همکاران، ۱۳۸۴) قرار می‌گیرد. همچنین احمدی روحانی (۱۳۹۶) نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از مجموعه ماگمایی شرق بجستان تهیه کرد که کانسار باریت مورد مطالعه در شمال آن واقع شده است. برپایه مطالعات صحرایی– آزمایشگاهی و تهیه نقشه زمین‌شناسی– کانی‌سازی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ از محدوده کانسار تلخابوند، شاخص‌ترین واحدهای سنگی منطقه از قدیم به جدید شامل واحدهای اسلیت با سن احتمالی ژوراسیک؟، سنگ آهک کرتاسه، مونزوگرانیت پورفیری، سینوگرانیت و اسکارن منسوب به کرتاسه، سنگ‌های آتشفشانی ریولیت– ریوداسیت و توف بلورین ائوسن شناسایی گردید (شکل ۱). به دلیل پدیده دگرگونی، اسلیت‌ها که میزبان بخشی از رگه‌های باریت نیز هستند، سن دقیق آنها از طریق شواهد فسیل‌شناسی امکانپذیر نیست. اما با توجه به شواهد سنگ‌شناسی و چینه‌ای شاید بتوان آن را معادل سازند شمشک (ژوراسیک) دانست (عاشوری و همکاران، ۱۳۸۴). بخش جنوب غربی و مرکز محدوده را توده‌های نفوذی کرتاسه تشکیل داده‌اند که ترکیب آنها مونزوگرانیتی و سینوگرانیتی است. براساس سن‌سنجی U-Pb روی زیرکن توسط احمدی روحانی و همکاران (۱۳۹۵) سن آنها بین ۷۶ تا ۷۹ میلیون سال پیش (کرتاسه) بوده و ماهیت پرآلومین و احیایی

دارند. نفوذ این توده‌ها در برخی مناطق در سنگ‌های کربناته موجب تشکیل اسکارن و همچنین شواهد دگرگونی همبری به صورت مرمریت و به ندرت هورنفلس شده است. سرانجام بخش اعظم منطقه از سنگ‌های آتشفشانی منسوب به ائوسن با ترکیب اسیدی است که به شکل گدازه و آذرآواری به ترتیب در جنوب و شمال محدوده گسترش دارند، پوشیده شده است و فرسایش طی زمان باعث شده است تا واحدهای قدیمتر در حال حاضر نیز رخنمون داشته باشند (شکل۱).




شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی – کانی‌سازی کانسار باریت تلخابوند

◇◇◇◇◇◇◇

## کانی‌سازی و کانی‌شناسی:

کانی‌سازی در کانسار باریت تلخابوند کنترل گسلی داشته و تمام واحدهای لیتولوژیکی منطقه در قسمت‌های مختلف میزبان رگه‌ها هستند (شکل ۲ الف). تعداد ۱۸ رگه باریت‌دار بزرگ و کوچک در منطقه تلخابوند دیده می‌شود که امتداد عمده آنها شمال غربی- جنوب شرقی با شیب بین ۸۰ تا ۹۰ درجه به سمت شمال شرقی و گاهی جنوب غربی است (شکل ۱). براساس کانی‌شناسی رگه‌ها می‌توان آنها را به انواع زیر تقسیم نمود: ۱- باریت، ۲- باریت- کوارتز، ۳- باریت- کلسیت، ۴- باریت- اکسیدآهن ثانویه (نتیجه تجزیه پیریت‌ها)، ۵-باریت- کوارتز- کلسیت، ۶- باریت- گالن± کوولیت±مالاکیت±آنگلزیت.

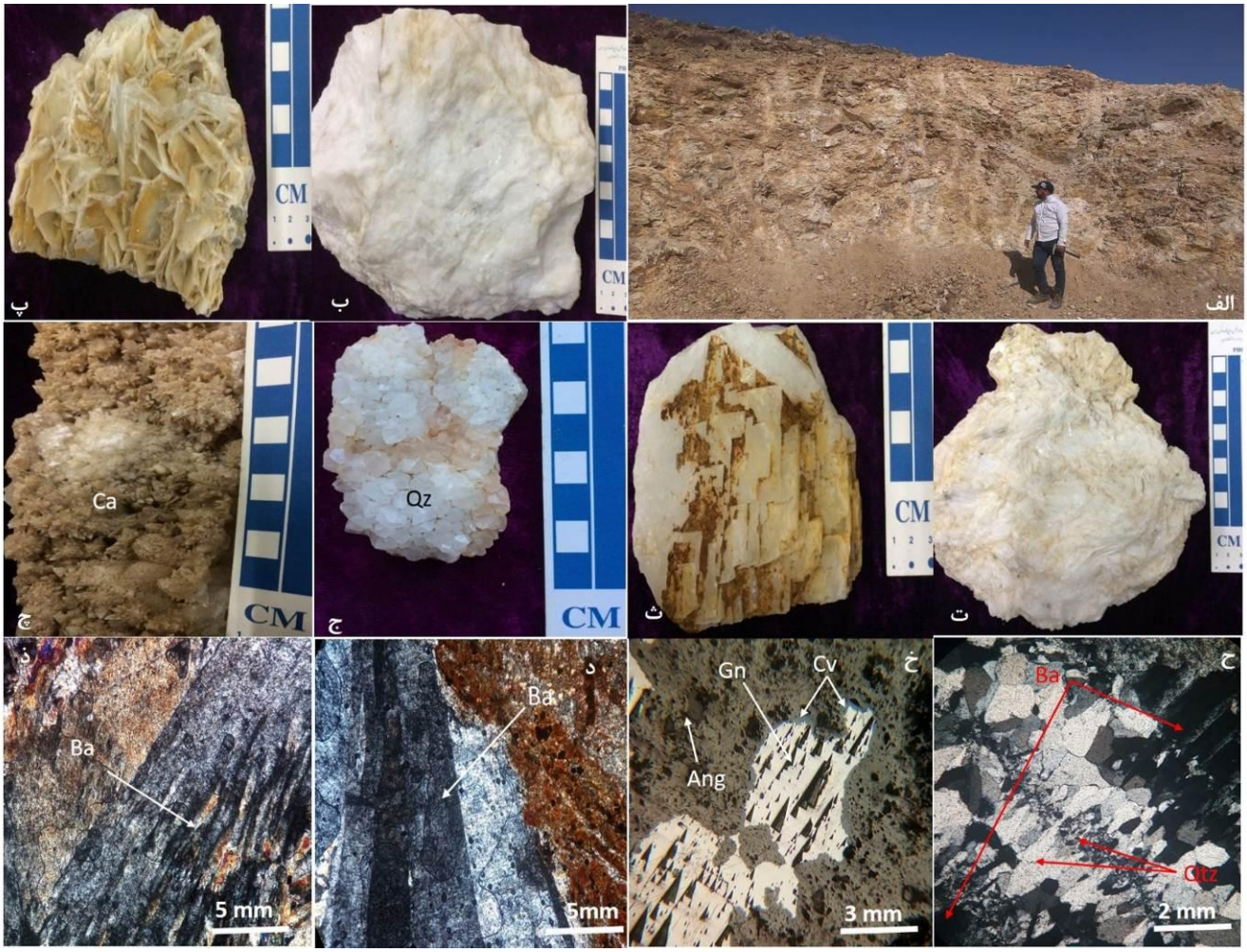
باریت: مهمترین و فراوانترین کانی کانسار تلخابوند که در حال بهره‌برداری نیز می‌باشد، باریت است. بافت‌های متنوع و زیبایی در باریت‌های منطقه دیده می‌شود که می‌توان به توده‌ای، جعبه‌ای، شعاعی، پرکننده فضای خالی، کلوفرم و برشی اشاره کرد (شکل ۲ الف تا ت). بافت‌های توده‌ای و سپس جعبه‌ای از همه فراوانترند.

کوارتز: این کانی دومین کانی متداول در کانسار تلخابوند است. دو نسل متفاوت کوارتز دیده می‌شود: ۱- کوارتزهای درشت بلور با رشدیافتگی کامل که به رنگ‌های سفید تا قهوه‌ای (به دلیل وجود اکسیدآهن ثانویه) مشاهده می‌گردد. (شکل ۲ ث و ح). ۲- کوارتزهای کریپتوکریستالین با بافت کلوفرم که در فضاهای خالی باریت و دیگر کانی‌ها رشد کرده علاوه بر این پدیده سیلیسی‌شدن در سنگ‌های میزبان کانی‌سازی نیز وجود دارد.

کلسیت: این کانی سومین کانی فراوان در کانسار تلخابوند است (شکل ۲ چ). نسل‌های مختلفی از کلسیت دیده می‌شود که می‌توان به کلسیت-های دندان سگی، توده‌ای، پرکننده فضای خالی و کلوفرم اشاره کرد.

پیریت: این کانی فراوانترین کانی سولفیدی منطقه تلخابوند است که در برخی رگه‌ها همراه باریت دیده می‌شود و عمدتا به گوتیت و لیمونیت اکسید شده است. بیش از ۹۷ درصد این کانی به اکسیدهای آهن ثانویه (گوتیت و لیمونیت) تبدیل شده است و باعث رنگ قهوه‌ای- زرد رگه-های باریت شده است.

گالن: در برخی رگه‌ها به مقدار کمتر از یک درصد بلورهای گالن به شکل پراکنده در متن باریت و با اندازه حداکثر یک سانتیمتر مشاهده می-گردد. بین ۳۰ تا ۴۰ درصد گالن‌ها به آنگلزیت تبدیل شده است. کوولیت در حاشیه دانه‌های گالن به ندرت وجود دارد که محصول تبدیل اندک کانی‌های مس‌دار احتمالی مانند کالکوپیریت در منطقه است (شکل ۲ خ). زیرا معمولا در همین رگه‌ها بسیار جزیی مالاکیت نیز دیده شده است.




شکل ۲. الف) نمایی از رگه باریت همراه با اکسیدآهن ثانویه -کلسیت و کوارتز های شکل دار و پر کننده فضای خالی در سنگ میزبان آهکی و گرانیتی در تلخابوند دید به سمت شمال غربی. ب) باریت توده‌ای. پ) باریت جعبه‌ای. ت) باریت شعاعی. ث) باریت صفحه‌ای. **ج) کوارتز شکل دار. چ) کلسیت دندان سگی. ح) باریت و کوارتز. بافت پرکننده فضای خالی در XPL عبوری.خ) بلور گالن که از حاشیه به آنگلزیت تبدیل شده است و کوولیت نیز در حاشیه آن دیده می‌شود در PPL انعکاسی. د)** باریت تیغه‌ای **در XPL عبوری. ذ)** باریت جارویی یا دم پرنده‌ای **در XPL عبوری. (Qz= کوارتز، Ba= باریت، Ca= کلسیت، Gn= گالن، Ang= آنگلزیت، Cv= کوولیت ( Whitney and Evans, 2010)).**

◇◇◇◇◇◇◇

## ژئوشیمی:

تعداد ۷ نمونه از رگه‌های مختلف کانی‌سازی باریت تلخابوند برای بررسی اکسیدهای اصلی به روش XRF آنالیز شد. مقدار Sr در رگه‌ها از ۰/۲۸ تا ۱/۰۶ درصد متغیر است که این میزان برابر با ۰/۵۸ تا ۲/۲ درصد $SrSO_4$ است. این مقدار $SrSO_4$ نشان می‌دهد که باریت‌های کانسار تلخابوند در سری انحلال جامد باریت- سلستیت وابسته به عضو نهایی باریت هستند. مقدار Ba در رگه‌ها از ۱۸/۵ تا ۵۱ درصد متغیر است. میزان $SiO_2$ بین ۰/۶۴ تا ۶۵ درصد تغییر می‌کند که مربوط به حضور کوارتز به عنوان اصلی‌ترین کانی باطله همراه با باریت است. همچنین میزان CaO بین ۰/۰۶ تا ۴/۴۵ درصد است که

بستگی به مقدار کلسیت همراه با کانی‌سازی داشته است. بیشترین مقدار $Al_2O_3$ در رگه غنی از کوارتز دیده می‌شود (نمونه TB-4). مقادیر کم $Al_2O_3$ و $TiO_2$ معمولا در باریت‌های هیدروترمالی دیده می‌شود؛ زیرا در این نوع ذخایر عمدتا عناصر هیدروترمالی غنی می‌شوند و مواد Al و Ti دار کمتری وارد می‌شوند (Lottermoser and Ashley, 1996).

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه‌گیری:

بر اساس مطالعات صورت گرفته در محدوده معدنی باریت تلخابوند، کانی‌سازی باریت به صورت رگه-رگچه‌ای با راستای عمدتا شمال‌غربی – جنوب‌شرقی، امتداد رخ اسلیتی در واحدهای دگرگون‌شده ژوراسیک؟ و دیگر واحدهای آذرین منطقه تا ائوسن را قطع نموده است که نشان می‌دهد سن کانی‌سازی جوانتر از ائوسن است. کانی شناسی کانسار بسیار ساده بوده و شامل باریت، کوارتز و کلسیت همراه با مقادیر جزیی پیریت‌های عمدتا اکسید شده و گالن و کانی‌های ثانویه گوتیت، لیمونیت، کوولیت، مالاکیت و آنگلزیت است. میزان $SrSO_4$ در رگه‌ها نشان می‌دهد که باریت‌ها وابسته به عضو نهایی باریت هستند. کوارتز مهمترین باطله همراه با رگه-هاست که به عنوان یک کانی مزاحم برای استفاده صنعتی باریت منطقه محسوب می‌شود. شواهد زمین‌شناسی، کانی‌سازی و ژئوشیمیایی حکایت از تشکیل یک کانسار باریت هیدروترمالی در منطقه تلخابوند دارد.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی:

احمدی روحانی، ر.، ۱۳۹۶، "کانی‌سازی، ژئوشیمی، تکتونیک و پتروژنز توده‌های نفوذی بجستان"، رساله دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

احمدی روحانی، ر.، کریم‌پور، م.ح.، رحیمی، ب.، ملکزاده شفارودی، الف.، کلوتزلی، ا. و سانتوز، ج.ف.، ۱۳۹۵،"سنگ‌شناسی، سن‌سنجی، ژئوشیمی و تعیین منشاء توده‌های گرانیتوئیدی منطقه بجستان، شمال فردوس، استان خراسان رضوی"، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، جلد ۸، شماره ۲، ص ۵۲۵-۵۵۲.

عاشوری، ع. ، کریم‌پور، م.ح. و سعادت، س.، ۱۳۸۴، " نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بجستان"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

Lottermoser, B.G., Ashley, P.M., 1996, "*Geochemistry and exploration significance of ironstones and barite-rich rocks in the Proterozoic Willyama Supergroup, Olary Block, South Australia*", Journal of Geochemical Exploration, 57, p. 57–73.

Whitney, D.L., Evans, B.W., 2010, "*Abbrevations for names of rock-forming minerals*", American Minrealogist, 95, p. 185-187.

# تاثیر خواص فیزیکی کانی‌های رسی و فلدسپاتی بر توجیه‌پذیری اقتصادی، مطالعه موردی: معادن اسکوق و زمهریر

◇◇◇◇◇◇◇

مهدی صفری*[۱]، مسعود باریکانی[۲]، محیا منوچهری‌نیا[۳]، سعید سلطان محمدی[۲]

[۱]* گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، تهران ، ایران mb.safari@yahoo.com

[۲] گروه زمین شناسی، دانشکده معدن، دانشگاه کاشان، کاشان

[۳] گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه دامغان، ایران Mahia.manouchehri@gmail.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

یک ماده معدنی دارای خواص فیزیکی فراوانی مانند چگالی، سختی، رنگ، شکل بلور و... تا خواص فیزیکی کاربردی می باشد و هر یک از صنایع بستگی به اینکه محصول هدف آن چه محصولی باشد به یکسری از خواص فیزیکی خاص نیاز دارد. با بررسی و پژوهش روی چند کانی خاص در ۲ معدن اسکوق و زمهریر صرفاً روی ده نوع از خواص فیزیکی اعم از شیرینکیج (انقباض بعد از پخت)، ویسکوزیته، استحکام خشک و خام، استحکام پخت، میزان جذب آب، ضریب انبساط حرارتی خطی، رنگ پخت، سختی، دما و سیکل‌پخت مشخص شد، که اطلاعات کافی از خواص فیزیکی مواد معدنی مختلف استحصال شده از معادن خاک صنعتی سبب افزایش سودآوری آن معدن می گردد. با انجام این مطالعه به این نتیجه می‌رسیم که در مرحله اکتشاف ماده معدنی علاوه بر انجام مراحل مختلف معمول در فرآیند اکتشافات مقدماتی و تفضیلی اعم از عملیات پی جویی و انجام بررسی های مختلف دورسنجی، نمونه برداری و ژئوشیمی‌ایجاد سینه کار اکتشافی، حفاری و گمانه زنی و... به منظور تعیین کیفیت و کمیت ذخیره ماده معدنی بایستی مطالعات کافی روی ساختار و ترکیب کانی های مختلف برای تعیین کانی‌ها و خواص فیزیکی آن صورت پذیرد.

**کلید واژه ها**: کانی‌های رسی و فلدسپاتی، توجیه پذیری اقتصادی، اسکوق، زمهریر

# Effect of physical properties of clay and feldspar minerals on economic justification, case study: mines of Skavagh and Zamharir

Mahdy Safary[1]*, asoud Barikany[2], Mahya Manouchehry Niya[3], saeed sultan mohamady[2]

[1]Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran

[2]Department of Geology, Kashan University, Kashan, Iran

[3]Department of Geology, Damghan University, Damghan, Iran

**Abstract:**

A mineral has many physical properties such as density, hardness, color, crystalline shape, and even physical properties. Each industry depends on a product's specific product and a number of physical properties. By studying and researching certain minerals in two mines of Skavagh and Zamharir, only ten types of physical properties, such as sweetening (after cooking), viscosity, dry and crude strength, cooking strength, water absorption, linear thermal expansion coefficient, Cooking color, hardness, temperature and cycling were determined that sufficient information on the physical properties of various minerals extracted from industrial soil mines would increase the profitability of the mine. By doing this study we conclude that at the stage of exploration of the mineral in addition to performing various stages in the process of exploratory and detailed exploration, including tracking operations and conducting different studies of remote sensing, sampling and geochemistry of the exploratory chest, Drilling and speculation, etc. In order to determine the quality and quantity of mineral resources, sufficient studies are required on the structure and composition of various minerals for the determination of its minerals and its physical properties

**Keywords:** clay and feldspar minerals, economic justification, Skavagh, Zamharir

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

امروزه استفاده بهینه از منابع اولیه و کاربرد آن‌ها در صنایع مختلف به شکلی که بهره‌وری بالایی را به همراه داشته باشد از مسائل مهم بشری و از شاخص‌های توسعه پایدار می‌باشد. صدها نوع ازمواد معدنی دارای خصوصیاتی هستند که هریک با توجه به نیاز بشر به آن‌ها در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. گروهی از این مواد معدنی بسیار مهم کانی‌های رسی و فلدسپاتی هستند، با اندکی تأمل در منابع مطالعاتی موجود که در خصوص کانی‌های رسی یا فلدسپاتی نوشته شده در می‌یابیم که این بررسی‌ها و توجهات عموماً در خصوص مباحث مربوط به ژنز و نحوه تشکیل این کانی‌ها و مدل‌های زمین شناختی، ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی و اطلاعات ماهواره‌ای برای کشف این کانی‌ها می‌باشد نه در حوزه کاربرد آن‌ها. گرچه در حوضه کاربرد توجهات دقیقی به بررسی آنالیز شیمیایی و کانی شناسی (XRF, XRD) شده است ولی به خواص فیزیکی کانی‌های مذکور تنها اشاره‌ای آنهم به جهت شناسایی این کانی از یکدیگر شده است. تعداد خواص فیزیکی کاربردی، حد و مرز خاصی ندارد و هر یک از صنایع بسته به اینکه محصول هدف آن چه محصولی باشد به یکسری از خواص فیزیکی خاص نیاز دارد و بررسی این خواص فیزیکی است که در تعیین ارزش واقعی آن معدن موثر می باشد.

براساس بررسی‌های صورت گرفته، دلیل عمده تعطیلی بسیاری از معادن کانی‌های رسی یا فلدسپاتی در کشور، همین عدم وجود اطلاعات کافی از خواص فیزیکی و مکانیکی آن‌ها از قبیل پلاستیسیته، شیرین‌کیج، مقاومت خشک و خام، مقاومت بعد از پخت، دانسیته، میزان جذب آب، ضرایب انبساط حرارتی، رنگ پخت در دماهای مختلف و..... می‌باشد.

هدف از انجام این پژوهش، معرفی یکسری از خواص فیزیکی کاربردی کانی‌ها که در کنار آنالیز شیمیایی و کانی‌شناسی در مرحله‌ی اکتشاف برای جلوگیری از هزینه‌های زیاد همچون شبکه راه‌های دسترسی، ایجاد سینه‌کار و دپوسازی امری ضروری به نظر می‌رسد.

◇◇◇◇◇◇◇

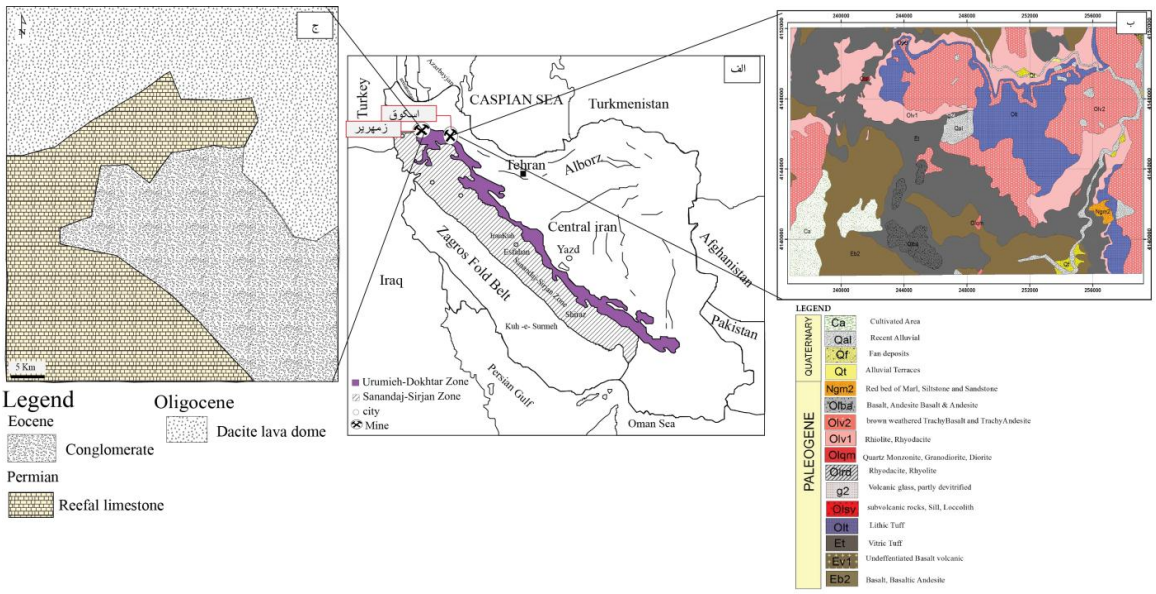
**روش تحقیق:**

به منظور بررسی تاثیر مطالعه خواص فیزیکی بر اقتصاد جمعا از سه معدن تعداد ۸۰ نمونه دربازه زمانی یکساله از خرداد ۹۳ تا خرداد ۹۴ و به روش شیاری نمونه برداری شد. تعداد نمونه های استحصال شده از هر معدن به تفکیک عبارتند از: معدن کائولن زمهریر (۳۰ نمونه )، معدن آراز گون آی ( ۳۰نمونه)، معدن اسکوق ( ۲۰نمونه). در مرحله بعدی نمونه ها برداشت شده در آزمایشگاه های مرجع مورد بررسی به لحاظ خصوصیات فیزیکی، کانی شناسی و شیمیایی قرار گرفت. بطوریکه در آنالیز شیمیایی به روش ذوب قلیایی و خوانش آن با کمک روش شیمیایی $ICP_{oes}$ و آنالیز کانی شناسی به روش XRD در آزمایشگاه زرآزما صورت پذیرفت. خواص فیزیکی حاصل کار تحقیقاتی در آزمایشگاه های معتبر صنایع مصرف کننده این خاکها اعم از صنایع کاشی و سرامیک و پرسلان و چینی و مظروف و چینی بهداشتی و مقره سازی و صنایع رنگ می‌باشد بدین صورت که جهت بررسی خواص کاربردی مواد معدنی که هدف اصلی این رساله است بدنه‌های آزمایشی توسط پرس هیدرولیکی و فشار ۳۰۰ بار قالب‌گیری شدند و در دماهای مختلف پخت سریع در کارخانجات مختلف بکار گرفته که برای این کار از کوره های صنعتی خط تولید کارخانجات مصرف کننده استفاده گردید. خواص فنی که توسط انجام آزمایشات ویژه روی بدنه های آزمایشی بررسی شدند.

## بحث و بررسی

### زمین شناسی

معادن مورد نظر همگی در امتداد شمال غربی– جنوب شرقی و منطبق با زون ارومیه – دختر به موازات پهنه دگرگونی سنندج – سیرجان و پهنه زاگرس قرار گرفته اند (شکل ۱ الف). که در بررسی های بعمل آمده می توان به ارتباط مستقیمی بین رخدادهای اتفاق افتاده طی دوران سوم بخصوص دوره ائوسن در پهنه های زمین شناسی اعم از ارومیه – دختر، سنندج – سیرجان و ژنز و نحوه تشکیل این کانسارها که اکثراً حاصل فرآیند آلتراسیون سنگهای آذرین با ترکیب اسیدی و نیمه اسیدی بوسیله سیالات گرمابی ناشی ازحرکات پلوتونیسم بعد از آن دوره می باشند پی برد.




شکل ۱: الف) جانمایی محدوده‌های مورد مطالعه(Mohajjel et all., 2003) ، ب) نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه (با تغییرات از Faridy and Anvary, 1982.) ، ج) موقعیت معدن بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا

**معدن اسکوق**

منطقه مورد مطالعه در استان آذربایجان شرقی و در شهرستان میانه قرار دارد. (شکل ۱ ب) (Aqanbati, 2004.). گستره مورد نظر بخشی از غرب کمربند چین خورده و رانده البرز و قسمتی از مجموعه ماگمایی ترسیری البرز را در بر می‌گیرد (Alavi ,1991). واحدهای سنگی به سن کربونیفر پیشین، پرمین، ژوراسیک، کرتاسه و پالئوژن در قالب صفحه های نابرجا بر روی گسل‌های راندگی و با جابجائی‌های بزرگ مقیاس بسوی غرب و جنوب غربی کشیده شده اند. سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی – رسوبی ائوسن و الیگوسن بیش از ۷۰ درصد گستره منطقه را پوشش داده‌اند. توده های نفوذی الیگوسن پسین، با ترکیب حدواسط، مجموعه آتشفشانی و آتشفشانی رسوبی یاد شده را قطع کرده و در نقاط مختلف، این نفوذ همراه با دگریختی ساختاری و دگرسانی گرمابی است. کانی‌سازی مواد معدنی فلزی اغلب در میزبان سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی – رسوبی ائوسن (واحدهای سنگی $E_{b2}$, $E_t$) و تحت تاثیر نفوذ توده‌های آذرین بعدی که شامل کوارتز مونزونیت، گرانیت، گرانودیوریت و دایک و سیل های نیمه عمیق رخداده است (شکل ۱ ب). مهمترین زون‌های دگرسانی در این منطقه شامل زون‌های سریسیتی، پیریتی، کوارتزی، آرژیلیک پیشرفته تا ضعیف، کلریتی و سیلیسی است بطوریکه در اطراف محدوده مورد مطالعه و در رشت آباد کانی‌زائی پیریت، کالکوپیریت، گالن و بورنیت و در منطقه خلف، آنومالی‌های گالن، اسفالریت، منیتیت و پیریت به وضوح مشاهده می‌گردد (Faridy and Anvary, 1982).

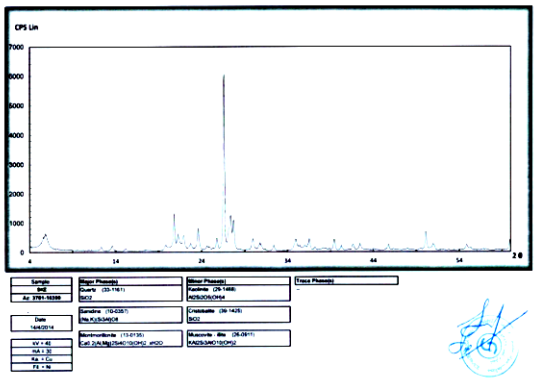
**بررسی خواص فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی در معدن اسکوق**

معدن خاک صنعتی اسکوق از سال ۹۴ شروع به فعالیت کرده و در تولید پرسلان کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. خاک مورد مطالعه در واقع یک نوع خاک صنعتی با ترکیب اصلی ایلیت و کوارتز بوده که با توجه به قلیایی‌های بالا آن دارای

نقطه ذوب پایین می‌باشد.. سایر ویژگی‌های آن عبارتند از ضریب انقباض خطی ( ۳/۹ – ۳ )، مقاومت خشک (۱۶ ) و ضریب انبساط حرارتی بالا ( ۹۰ ) می‌باشد.

**بحث و بررسی**

الف) مطالعه کانی شناسی همانطور که در ۲ مشاهده می‌شود بررسی الگوهای پراش X حاصل از آنالیز XRD نمونه‌های آماده سازی شده نشان داد که کائولینیت کانی اصلی تشکیل دهنده خاک می‌باشد. سایر کانی‌های همراه با آن عبارتند از کوارتز، کریستوبالیت، پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، مسکویت، ایلیت، کائولینیت، هماتیت.



شکل ۲) نتایج آنالیز XRD نمونه ارسالی از معدن اسکوق

ب)مطالعه ترکیب شیمیایی: نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی برای نمونه‌های برداشت شده از سینه کارهای مختلف که به روش XRF صورت پذیرفته است در جدول ۱ شده است.

جدول۱) نتایج آنالیز شیمیایی XRF مواد معدنی در معدن خاک صنعتی اسکوق

| Sample | $Sio_2$ % | $Al_2o_3$ % | Fet % | $Tio_2$ % | Cao % | Mgo % | $Na_2o$ % | $K_2o$ % | $So_3$ % | Loi % | Mno % | $P_2o_5$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SKE | 75.21 | 13.01 | 0.59 | 0.06 | 0.67 | 0.45 | 1.39 | 4.46 | <0.02 | 3.87 | 0.01 | 0.06 |
| SKE1 | 75.46 | 13.02 | 0.59 | 0.07 | 0.53 | 0.38 | 1.40 | 4.48 | <0.02 | 3.99 | 0.01 | 0.05 |
| SKS-1 | 75.60 | 13.42 | 0.42 | 0.10 | 0.45 | 0.30 | 1.08 | 4.57 | <0.02 | 4.30 | <0.01 | 0.01 |

پ)خواص مکانیکی: از بین خواص فیزیکو مکانیکی مختلف خاک شش خاصیت اصلی استحکام خمشی خشک، پخت، جذب آب، انقباض خطی و ضریب انبساط حرارتی و رنگ بعد از پخت در دو کارخانه کاشی کسری و کاشی سینا مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲) نتایج بررسی خواص فیزیکی مواد معدنی در معدن خاک صنعتی اسکوق

| نام کارخانه | استحکام خشک | استحکام پخت | جذب آب | انقباض بعد از پخت | ضریب انبساط حرارتی | رنگ پخت | دما و سیکل پخت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کاشی سینا | ۱۶ | ۳۰۰ | ۹/۵ | ۳/۹ | ۹۰ | کرم روشن | ۱۱۶۴ – ۷۰′ |
| کاشی کسری | ۱۶ | ۲۶۰ | ۱۲ | ۳ | ۹۰ | کرم روشن | ۱۱۵۵ – ۵۰′ |

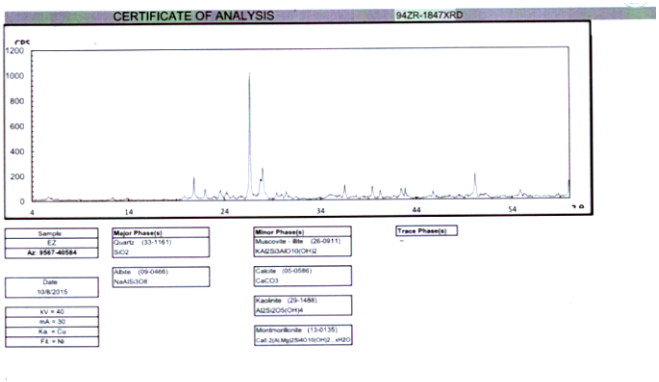
**معدن کائولن زمهریر**

این معدن در استان آذربایجان شرقی و در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی - شهرستان مرند واقع شده است. واحد سنگی غالب در منطقه شامل: واحد آهکی پرمین که این واحد، قسمت شمال غربی منطقه و بخصوص ارتفاعات پرشیب منطقه را تشکیل می دهند. وجود رگه‌های کلسیتی فراوان در برخی لایه‌های سنگ آهک و نیز وجود چرت‌های سیاه رنگ در بخش پایانی این واحد نیز از ویژگی‌های آشکار این بخش از ردیف آهکی مورد نظر می‌باشد ( درویش زاده، ۱۳۷۰)، کنگلومرای پی ائوسن این واحد بعلت رنگ قرمز خود در مشاهدات صحرایی بسیار آشکار می باشد و گنبد داسیتی که فعالیت نفوذ و فوران مواد پلوتونیکی زمان الیگوسن این واحد را به وجود آورده است.. سنگ‌های سازنده این ولکانیک‌ها دارای بافت پورفیری در زمینه میکروگرانولر هستند. ماده معدنی در اثر آلتره شدن یکی از گنبدهای داسیتی و ریوداسیتی منطقه در نتیجه تحمل تکتونیک تشکیل یافته است و زون آلتراسیون در حدود دو کیلومتر در این منطقه گسترش داشته و عرض متوسط اندازه‌گیری شده آن در حدود ۳۰۰ متر می‌باشد. ( آقانباتی، ۱۳۸۳ ) (شکل ۱ ج)

**بررسی خواص فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی معدن کائولن زمهریر**

کائولن معدن زمهریر بر اساس اکتشافات بعمل آمده در آن، دارای ذخیره کائولن بسیار خوب است ( ۴۰۰۰۰۰۰ تن) که از سال ۸۶ شروع به کار کرده و در حال حاضرکارخانه‌های کاشی کف و پرسلانی و گرانیتی از این خاک استفاده می‌کنند این خاک دارای انقباض خطی بسیار خوب (۳/۴ – ۲/۵۶ )و رنگ پخت سفید می‌باشد.

الف)مطالعات کانی شناسی: همانطور که در شکل۳ مشاهده می‌شود بررسی الگوهای پراش X حاصل از آنالیز XRD نمونه‌های آماده سازی شده نشان داد که کانی اصلی تشکیل دهنده خاک مورد مطالعه کائولن و سایر کانی‌های همراه با آن کوارتز، آلبیت، مسکویت /ایلیت، کلسیت، کائولینیت، مونتموریلونیت می‌باشد.




شکل ۳ نتایج آنالیز XRD نمونه ارسالی از معدن زمهریر

ب)مطالعه ترکیب شیمیایی: نتایج آنالیز شیمیایی برای نمونه‌های برداشت شده از سینه کارهای مختلف که به روش XRF صورت پذیرفته است در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳ نتایج آنالیز شیمیایی XRF مواد معدنی در معدن کائولن زمهریر

| Sample | Sio2 % | Al2o3 % | Fet % | Tio2 % | Cao % | Mgo % | Na2o % | K2o % | So3 % | Loi % | Mno % | P2o5 % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EZ | 71.88 | 15.59 | 0.33 | 0.04 | 1.00 | 0.48 | 3.47 | 2.45 | 0.09 | 4.38 | 0.01 | 0.06 |
| AZST | 76.13 | 15.89 | 0.36 | 0.04 | 0.86 | 0.16 | 2.24 | 2.59 | < | 1.59 | < | 0.02 |
| AZL | 76.42 | 16 | 0.5 | 0.4 | 0.29 | 0.29 | 1.39 | 2.06 | < | 2.92 | < | 0.03 |

پ)خواص فیزیکو مکانیکی: از بین خواص فیزیکو مکانیکی مختلف خاک، شش خاصیت اصلی استحکام خمشی خشک، پخت، جذب آب، انقباض خطی و ضریب انبساط حرارتی و رنگ بعد از پخت در دو کارخانه پخت سریع دمای کاشی سینا و پخت سریع کاشی تبریز مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن درجدول ۴ شده است.

جدول ۴) نتایج بررسی خواص فیزیکی مواد معدنی در معدن کائولن زمهریر

| نام کارخانه | استحکام خشک | استحکام پخت | جذب آب | انقباض بعد از پخت | ضریب انبساط حرارتی | رنگ پخت | دما و سیکل پخت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کاشی سینا | ۱۶ | ۲۵۰ | ۱۲/۷۰ | ۲/۵۶ | ۸۶ | سفید کرم | ۷۰′ – ۱۱۶۴ |
| کاشی تبریز | <۱۴ | <۲۲۰ | ۱۵ | ۳/۴ | ۸۶ | سفید کرم | ۶۵′ – ۱۱۶۵ |

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

با بررسی و پژوهش روی چند کانی خاص در ۲ محدوده معدنی و صرفاً روی ده نوع از خواص فیزیکی اعم از شیرینکیج (انقباض بعد از پخت)، ویسکوزیته، استحکام خشک و خام، استحکام پخت، میزان جذب آب، ضریب انبساط حرارتی خطی، رنگ پخت، سختی، دما و سیکل پخت مشخص شد که اطلاعات کافی از خواص فیزیکی مواد معدنی مختلف استحصال شده از معادن خاک صنعتی ما را قادر خواهد ساخت تا امکان کاربرد مواد معدنی را در صنایع مختلف مشخص نموده و عدم توجه به آن سبب ایجاد محدودیت در بازار مصرف مواد معدنی و کاهش سودآوری آن معدن و در نهایت حتی مواجه با خطر متروکه شدن آن می گردد. البته قابل ذکر است که گاهی بر حسب اتفاق و روال معمولی واحد مصرف کننده یک ماده معدنی متوجه ویژگی های خاص آن ماده معدنی می‌شود و پس از دسترسی واحدهای رقیب به این اطلاعات تعداد کارخانجات مصرف کننده آن ماده معدنی افزایش می‌یابد ولی باید با بررسی آنالیز های شیمیایی و مینرالی و خصوصاً خواص فیزیکی ماده معدنی و تحقیق در مورد آن و کسب آگاهی لازم از کاربرد قطعی مواد معدنی مذکور در صنایع مورد نظر با مدیریت آگاهانه و از پیش تعیین شده به وجود بازار و فروش آن مطمئن شد

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

درویش‌زاده، ع.، (۱۳۸۳)، "زمین‌سناسی ایران. انتشارات امیر کبیر". صفحه ۲۵.

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

Aqanbati.A., 2004. "*Geology of Iran*". Geological Survey of Iran, p: 640

Faridy, M., Anvary, A., 1982. "*Geological map of Hashtjin; 1:5000000*" G.S.l., one sheet.

Alavi, M., 1991. "*Tectonic map of middle east; 1:5000000*", G.S.l., one sheet.

Mohajjel, M., Fergusson, C. L., Sahandi, M. R., 2003. "*Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision*", Sanandaj-Sirjan Zone,western Iran. Journal of Asian Earth Sciences 21, p. 397–412.

# ردیابی هندسی عناصر تیپومورفیک در آثار طلای منطقه رامند (استان قزوین)

◇◇◇◇◇◇◇

سید رضا مهرنیا، دانشیار دانشگاه پیام نور، r_mehrniya@pnu.ac.

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**

ردیابی هندسی عناصر مرتبط با کانه زایی طلا یک روش جدید برای تشخیص مناطق امید بخش معدنی از نوع گرمابی است که با استفاده از سری اعداد فیبوناچی و تعیین نسبت طلایی داده ها انجام میشود. منطقه رامند در غرب استان قزوین، از سنگ های آتشفشانی جوان (نئوژن) با استعداد کانه زایی طلای اپی ترمال برخوردار است. سوابق مطالعات دورسنجی و اکتشافات ژئوشیمیایی نیز موید وجود آثار دگرسانی آرژیلیک و سیلیس بوده و در رگه های کوارتزپیریت با غنی شدگی نسبی طلا مواجه هستیم. در این تحقیق، از شش عنصر برای ردیابی هندسی آثار طلای رامند استفاده گردید که در همه آنها از پارامترهای شعاع اثر سری فیبوناچی و تعیین الگوی مستطیل طلایی استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان میدهند که پایداری هندسی دو عنصر سیلیس و گوگرد بیش از سایر ردیاب ها بوده و نقش اصلی را در هاله دگرسانی مرتبط با رویداد کانه زایی طلا بعهده داشته اند. بنابراین بر اساس مطابقت مارپیچ هندسی این دو عنصر با مارپیچ حاصل از توزیع طلا، احتمال ناحیه بندی کانسار و تداوم آن در دگرسانی آرژیلیبک وجود دارد. مصادیق ردیابی هندسی طلا در میکروگراف های بدست آمده از رخساره کوارتز پیریت مشهود است.

**کلید واژه ها**: دگرسانی، ردیاب هندسی، طلا، رامند.

## Geometrical Pathfinding of the main elements in Ramand Au- indices (Qazvin province)

Seyed Reza Mehrnia, Assoc. Prof., PNU, r_mehrniya@pnu.ac.ir

**Abstract:**

Using geometrical pattern recognition technique for prospecting epigenetic mineralization potential in hypogenic environments, is a new method for improving the efficiency of the mineral prospectivity modeling in Ramand region. a Fibonacci sequence containing ordinary and random set, has used for identify the self-organized zonation in a few elements such as gold and copper. Variations of the golden ratios in pathfinder elements, indicate spiral accumulation of Au, Si and S in altered regions related to Neogene volcanic outcrops. Therefore, an interpolation has used to verifying the statistical results of mineralization process by linear techniques. Also some evidences of ore-forming minerals found in Pyrite, and Goethite which have sampled from Ramand prone areas based on variations in golden ratios. Considering, specifications of 6 major elements, a pattern recognition technique has introduced for assessment the hypogenic mineralization processes in Ramand district.

**Keywords:** Alteration, Geometrical Pathfinder, Gold, Ramand.

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

منطق حاکم بر ردیابی هندسی ذخایر اپی ترمال، بر اساس توزیع مولفه های ژئوشیمیایی و تبعیت آنها از اعداد فیبوناچی است که اولین بار توسط لئوناردو پیسا (فیبوناچی) معرفی (Livio, 2002) و در قالب توابع ارائه شده است(Pappas, 1989). معمولا جملات اول این سری با اعداد صفر، ۱ و ۱ آغاز میشوند و جملات بعدی مطابق رابطه زیر قابل محاسبه هستند.

$$Fn=F(n-1) + F(n-2) \quad (1)$$

در این معادله، منظور از Fn جمله n ام توالی فیبوناچی و مقادیر F(n-1) و F(n-2) به ترتیب، دو جمله ماقبل جمله n ام هستند.

با توجه به رابطه (۱)، سری متعارف فیبوناچی به شرح زیر معرفی میگردد:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, …, Fn

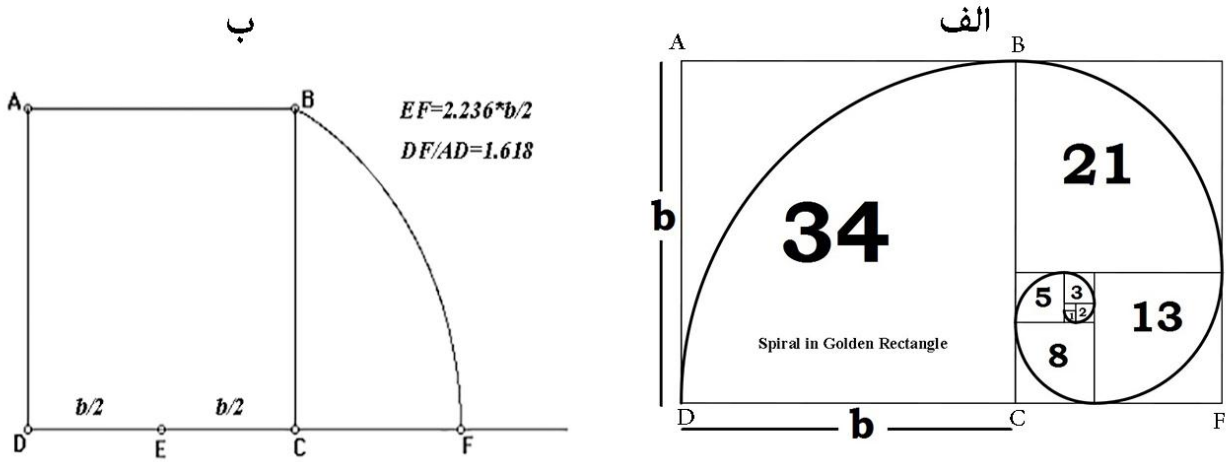
ویژگی سری مذکور، دستیابی به نسبت ثابت در یک توالی نامحدود است که به نسبت طلایی فیبوناچی معروف است [1].

$$\text{Ø} = Fn / F(n-1) = 1.618 \quad (2)$$

در رابطه اخیر، منظور از Ø ، نسبت طلایی در اشکال مثلث، مستطیل و دایره است که بیانگر سطح توزیع عناصر ردیاب هستند. در اغلب این شکل ها، مقدار ثابت ۱/۶۱۸ به عنوان نسبت طلایی وجود دارد . البته در برخی موارد شاهد تغییرات جزئی در این نسبت هستیم. بطور مثال در گنومون و مستطیل تصادفی، این ثابت طلایی معادل۰/۶۱۸ و ۱/۱۳۱ است ( Livio, 2002). در بین اشکال هندسی با خاصیت طلایی، تابع توزیع مستطیل از بیشترین کاربرد برای پی جویی ذخایر معدنی برخوردار بوده و بطور مشخص با سازوکار پیدایش هاله های دگرسانی در اطراف کانسارهای اپی ترمال ارتباط دارد (مهرنیا، ۱۳۹۷). توزیع ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی عناصر ردیاب، بصورت مارپیچ هایی به شعاع (R)، انجام میشود که مقدار آن با طول شبکه اولیه (b) و زاویه انحنای θ متناسب است.

$$R = Exp (b.\theta) \ , \ [b = 2/\pi \ Ln(\text{Ø})] \quad (3)$$

شکل۱-الف، نمونه ای از توزیع مارپیچی شکل حاصل از توالی فیبوناچی را بر اساس پیدایش مستطیل های طلایی نشان داده شده است. کمیت Ø ، عامل اصلی این توزیع بوده و تحولات هندسی محیط های پساماگمایی را رقم میزند( Pappas, 1989)




شکل۱، الف) توزیع مارپیچ حاصل از مستطیل طلایی (فیبوناچی) ب) روش محاسبه و تبدیل شبکه ایزومتریک به مستطیل طلایی

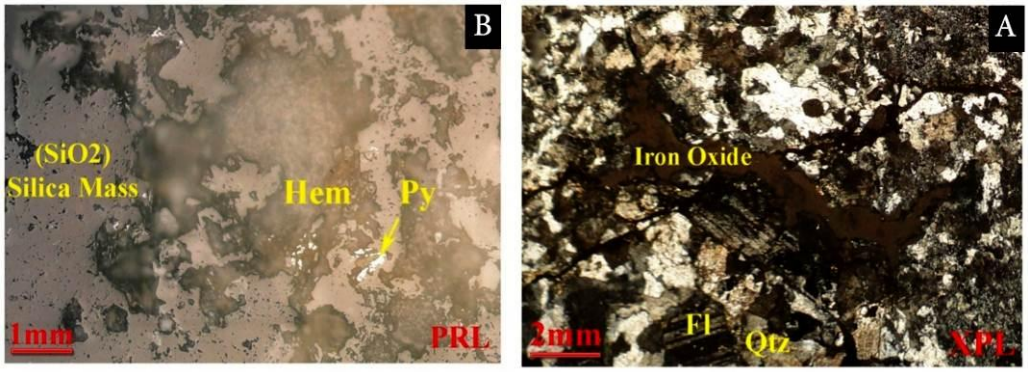
همچنین مطابق شکل۱- ب، تغییر مساحت چهارضلعی ها طبق قواعد فیبوناچی انجام میشود. بطوری که در چهار ضلعی اولیه (ایزومتریک به طول b) ، افزایش نسبت طول بصورت حاصل ضرب b/2 در ثابت عددی ۲/۲۳۶ بوده و منجر به گسترش ابعاد آن و تشکیل مستطیل طلایی (الف) میشود. از دیدگاه زمین شناسی اقتصادی، فرآیندهای تفریق ماگمایی که منجر به شکل گیری کانسارهای اپی ترمال طلا میشوند، ارتباط هندسی معناداری با مکان هندسی گسل ها داشته و توزیع عناصر تیپومورفیک، تحت تاثیر الگوی زمین ساختی منطقه است(Turcotte, 2002). بنابراین توابع توزیع عناصر ردیاب سیلیس و گوگرد نیز تحت تاثیر الگوی هندسی فیبوناچی بوده و موجب پیدایش تابع مارپیچ میگردند (مهرنیا، ۱۳۹۷). پدیده خودساماندهی رگه های معدنی (به ویژه در ذخایر هیدروترمال)، از عوامل پیدایش نسبت های طلایی در سطح توزیع عناصر تیپومورفیک است که نقش کلیدی را در اکتشافات ناحیه ای ایفا میکند. ویژگی توزیع طلایی عناصر، پیدایش مثلث های متساوی الساقین با زوایای راس ۳۶ درجه و ۱۰۸درجه است که به ترتیب به مثلث های طلایی و گنومون معروف هستند (Livio, 2002) در مثلث طلایی، نسبت طلایی ۱/۶۱۸ و در گنومون این نسبت ۰/۶۱۸ است (Schoen, 1982). همچنین از دوران مثلث های طلایی، دایره طلایی بوجود می آید که از بیشینه تقارن هندسی در بین اشکال متناظر برخوردار است (Turcotte, 2002) این دایره خودساماندهی، متشکل از دو کمان است که یکی از آنها مقابل به زاویه ۱۳۷/۵ درجه و کمان مکملش (بزرگتر) مقابل به زاویه ۲۲۲/۵ درجه است. نسبت طول کمان بزرگتر به طول کمان کوچکتر همواره مساوی ۱/۶۱۸ است(Turcotte, 2002)

◇◇◇◇◇◇◇

**آثار کانه زایی رامند:**

آثار طلای رامند در غرب استان قزوین متعلق به ناحیه فلززایی طارم است (Abbaszadeh et al., 2017). این اثر معدنی از رگه های کوارتز پیریت با قابلیت کانه زایی طلا برخوردار است. شواهد صحرایی به همراه مطالعات آزمایشگاهی، موید کانی سازی تیپ رگه ای با منشا اپی‌ترمال در کانسارهای مجاور این منطقه است که تحت شرایط سولفیداسیون کم بوجود

آمده اند (توکل و همکاران، ۱۳۹۳). عیار طلا در نمونه های سطحی حدود۲۰۰ میلی گرم درتن بوده و در عمق رگه ها به بیش از۴۰۰ میلی گرم درتن میرسد (توکل و همکاران، ۱۳۹۳). دراطراف رگه های معدنی، آثار پراکنده رس (آرژیلیک متوسط تا پیشرفته) مشاهده میشود که در نزدیکی سنگ های رسوبی آتشفشانی نئوژن ، بر ضخامت و تنوع کانیایی آنها افزوده میشود. توزیع رس به صورت متقارن بوده و از میان لایه های کوارتز حاوی ترکیبات سولفیدی و آرسنیدی آهن برخوردار است. نظم حاکم بر رویداد دگرسانی طوری است که در نزدیکی سنگ های آتشفشانی، رگه کوارتز فراوان ترند و با حرکت به سمت طرفین، کاهش رس زایی ، کاهش سیلیس زایی و جایگزینی آنها توسط هاله کلریت ، کلسیت و سریسیت هستیم. هاله برونزاد این منطقه شامل اکسیداسیون وسیع کانیهای آهن است که موجب پیدایش هیدروکسیدهای آهن و همیافتی جزئی آنها باکروسیت گردیده است. اکتشافات معدنی رامند طی دو مرحله انجام شده است. مرحله اول شامل مطالعات دورسنجی با تاکید بر داده های سنجنده ETM و ASTER است که از نتایج آن برای ورود به مرحله بعدی و نمونه برداری لیتوژئوشیمیایی از رخنمون های دگرسانی استفاده شده است. در مرحله اخیر، تغییرات عناصر ردیاب طلا (کانی های سیلیس و ترکیبات سولفیدی فلزات پایه) با تاکید بر یافته های دورسنجی بررسی شده اند که بواسطه آن ، رابطه رویداد کانه زایی اپی ترمال با پیدایش سولفیدهای رگه ای (کنترل گسلی) در سنگ های آتشفشانی نئوژن باثبات رسیده است (Abbaszadeh et al., 2017). میکروگراف شکل۲، همیافتی رخساره کوارتز پیریتی را با کانه های فلزی منطقه رامند نشان داده است.




شکل۲، رخساره سیلیسی کانه دار منطقه رامند در همیافتی با هیدروکسیدهای آهن (A) و پیریت – هملتیت (B) ، نیکول عمود.

**تحلیل هندسی داده های ژئوشیمیایی:**

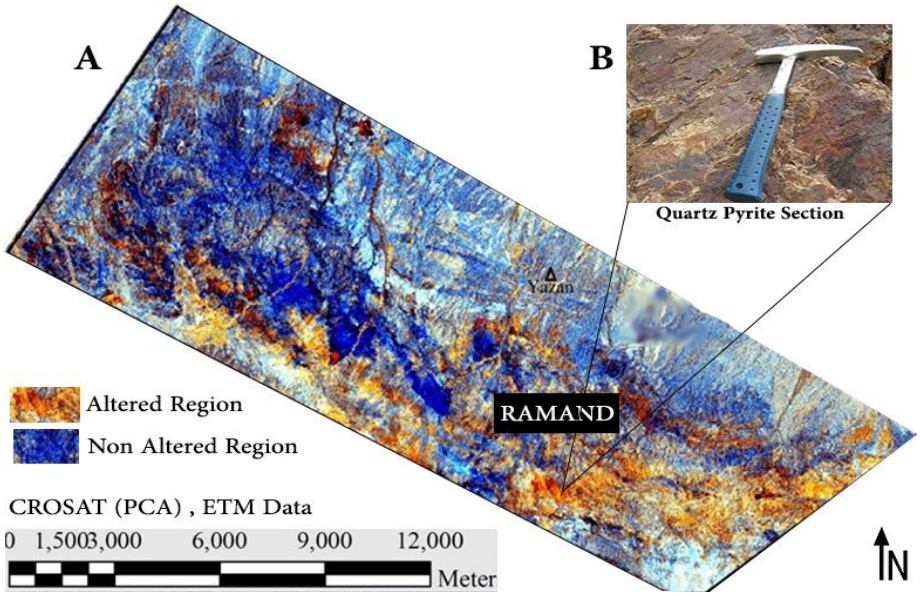
گوناگونی عناصر تیپومورفیک و نحوه توزیع آنها در عمق رخساره های دگرسانی، بخشی از فرآیند کانه زایی گرمابی است که تابع مولفه های ژئوشیمیایی در محیط شکل گیری کانسار است (Hedenquist and Arribas, 2003). در مناطق نابارور، ناحیه بندی منظم و گسترده ای در اطراف رخنمون های دگرسانی مشاهده نمی شود. در حالی که مناطق با استعداد کانی سازی هیدروترمال، از تنوع رخساره های دگرسانی برخوردارند و نظم ذاتی توزیع عناصر ژئوشیمیایی برقرار است. روش ارائه شده در این تحقیق مبتنی بر معیارهای توزیع هندسی عناصر ردیاب است که با تاکید بر نتایج درونیابی شش

عنصر طلا، مس، سرب، روی، گوگرد و سیلیس انجام شده است. رویداد کانه زایی گرمابی به مثابه یک خوشه طبیعی است که از روند معین و شعاع توزیع منحصر بفردی دارد. در این روش همبستگی عناصر بر اساس مطابقت هندسی آنها صورت میگیرد و تابع تغییرات نسبت طلایی است (مهرنیا، ۱۳۹۷). مراحل ردیابی هندسی طلای رامند به ترتیب عبارتند از: تشکیل پایگاه داده های ژئوشیمیایی، درون یابی عناصر ردیاب طلا، تعیین سلول واحد شبکه توزیع هندسی به روش فیبوناچی، تفکیک عناصر ردیاب بر اساس شاخص نسبت طلایی و تولید نقشه پیش داوری از پتانسیل معدنی طلا با استناد بر ردیاب های هندسی.

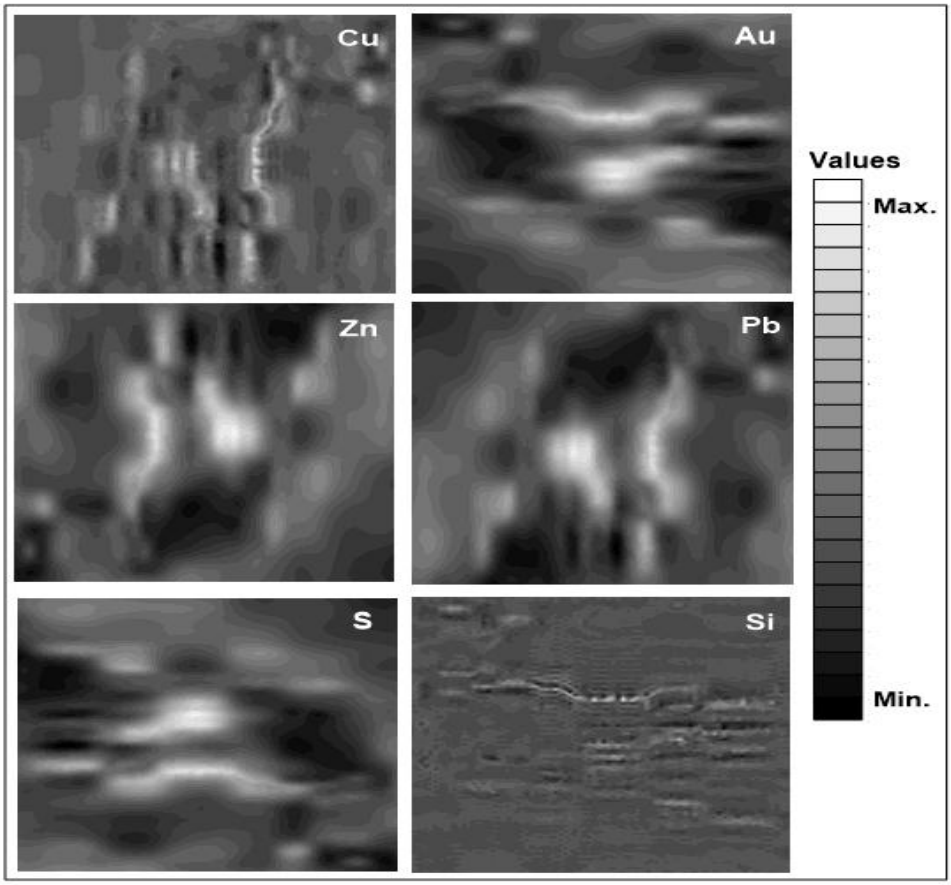
◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

مناطق امید بخش معدنی با توجه به شواهد دورسنجی (شکل۳، A) و با تاکید بر رخنمون های دگرسانی رامند (شکل۳، B) شناسایی شده اند. نمونه برداری از رگه های سیلیسی و دگرسانی آرژیلیک صورت گرفته است. نتایج آنالیزهای دستگاهی در محیط GIS پردازش گردیده و متعاقبا درونیابی شده اند. مطابق شکل۴ ، نقشه پریندی عناصر طلا، مس، سرب، روی ، سیلیس و گوگرد پس از درونیابی به روش IDW، ارائه شده اند.

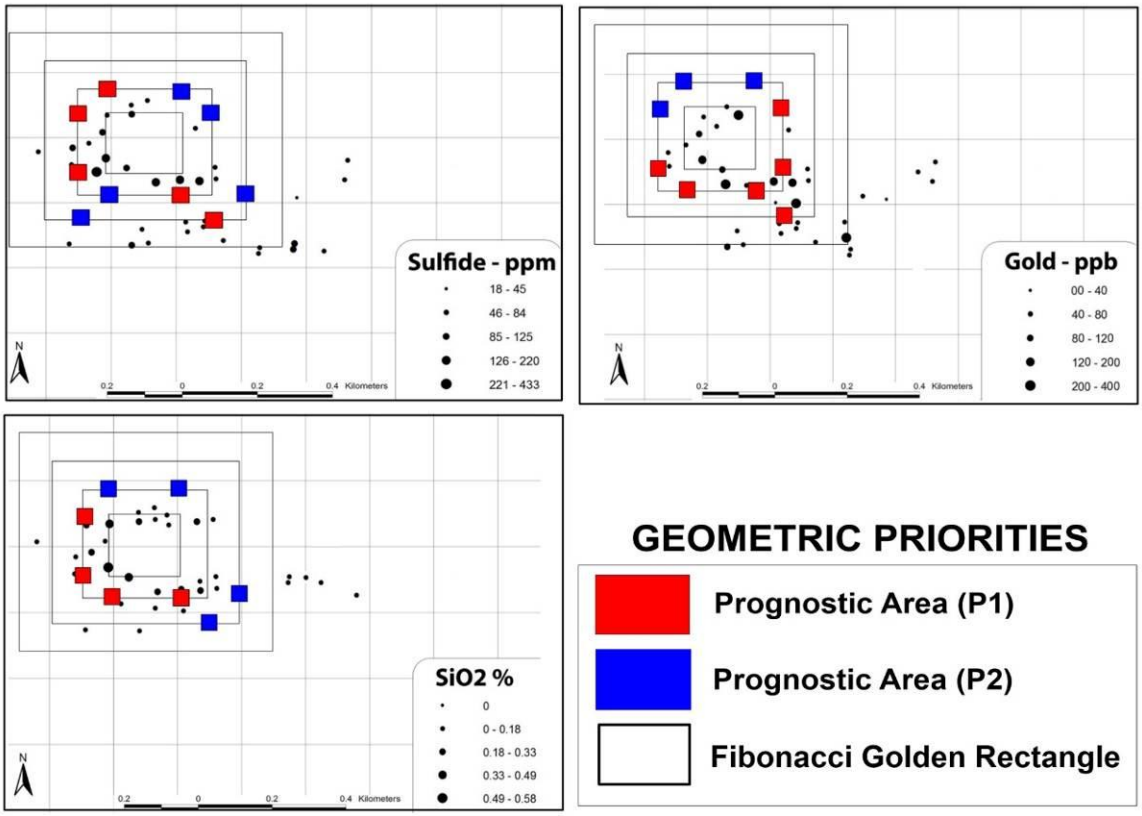



شکل۳، آثار دگرسانی گرمابی در عکس نقشه دورسنجی (A) و مقطع ماکروسکوپی کوارتز پیریت (B) در منطقه رامند قزوین




شکل۴، نتایج درونیابی زمین آماری( IDW ) عناصر طلا ، مس، سرب ، روی ، سیلیس و گوگرد در منطقه رامند قزوین

با توجه به شکل فوق، بخش های مرکزی و جنوب رامند از بیشترین مطابقت مکانی ردیاب های ژئوشیمیایی با نقشه پربندی طلا برخوردارند. همچنین تغییرات عیار بویژه سیلیس و گوگرد متناسب با افزایش عیار طلا بوده و همبستگی معناداری بین این عناصر برقرار است. با توجه به موارد ذکر شده، الگوی تغییرات هندسی رامند، با استفاده از سری اعداد فیبوناچی و با استفاده از ردیاب های ژئوشیمیایی مطابق شکل ۵ معرفی شده است.




شکل۵، مقایسه الگوی توزیع هندسی طلا (الف) با الگوهای توزیع سیلیس (ب) و گوگرد (ج) به روش مستطیل طلایی (فیبوناچی)

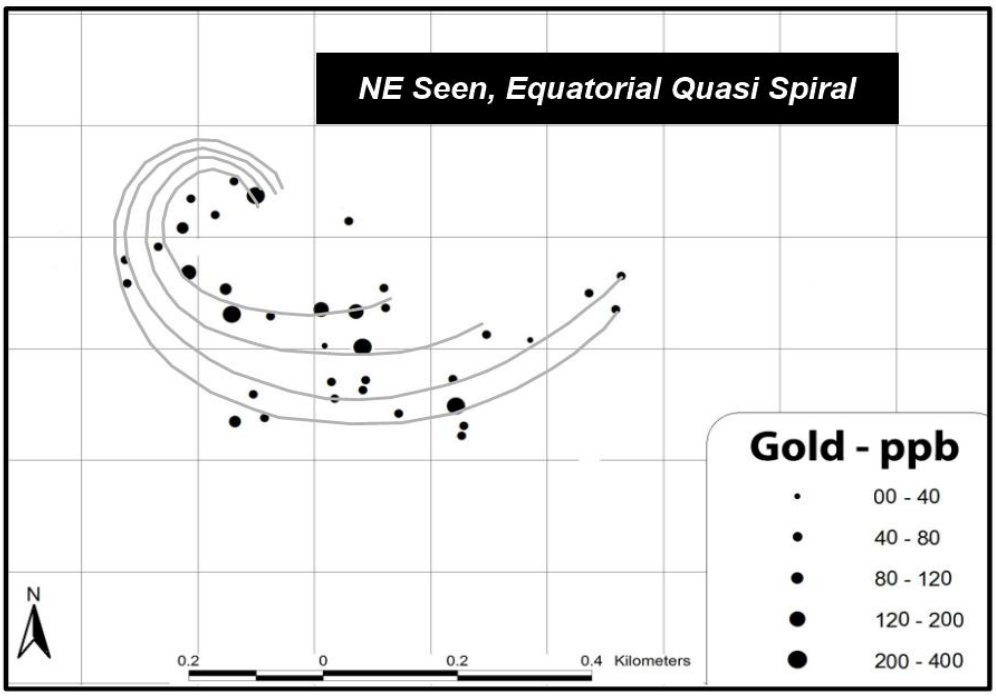
مطابق شکل فوق، دو عنصر سیلیس و گوگرد دارای انطباق هندسی معنادار با طلا هستند. در این شکل، چهار ضلعلی های تو در تو معرف بیشینه تغییرات عناصر ردیاب بوده و به روش فیبوناچی بدست آمده اند. در هر سه توزیع، مربع های توپر قرمز معرف اولویت اکتشافی متناسب با همان عنصر بوده و مربع های تو پر آبی بیانگر اولویت های بعدی (محتمل) هستند. اشکال منتظم طوری انتخاب شده اند که نسبت بین اقطار آنها از قواعد فیبوناچی تبعیت می کند. تلاقی امتداد اضلاع هر شبکه با شبکه بعد، موجب پیدایش نسبت طلایی شده و اضلاع متناسب با مستطیل طلایی توسعه یافته اند (نگاه کنید به شکل۱). توزیع مارپیچ عناصر ردیاب نیز از محل تلاقی شبکه های ایزومتریک تبعیت می کند. شعاع شبکه مرجع بر اساس کمینه فاصله بین دو بی هنجاری انتخاب شده است که در مطالعه موردی رامند حدود ۰/۴۷ (بر حسب یکای نقشه) است. این شعاع مبنای گسترش اشکال تو در تو بوده و مرکز شبکه های منتظم منطبق بر یکدیگر و متناسب با تغییرات بیشینه عیار طلا است.

## نتیجه گیری :

در شکل۵ ، مکان هندسی عیار بیشینه طلا دارای ویژگی های هندسی. اول آنکه، خودساماندهی مقادیر بیشینه طلا بصورت شبکه های مرجع و در فاصله ۱۰۰ تا ۱۵۰ متری از محل دگرسانی آرژیلیک مشاهده میگردد. تقارن نسبتا خوبی در توزیع

ژئوشیمیایی طلا مشاهده میشود که بیانگر ناحیه بندی رویداد کانه زایی در تبعیت از سامانه گرمابی منطقه است. همچنین طبق الگوی هندسی شکل۵، شعاع شبکه مرجع، منطبق بر بیشینه عیار هر سه عنصر است. یعنی نظم هندسی معناداری بین طلا و دو ردیاب ژئوشیمیایی آن وجود دارد که توسط ملاک های هندسی قابل شناسایی بوده و تا حدودی از توزیع سطوح پربندی شکل۴ استنباط میگردد.. شعاع تاثیر این تغییرات حدود ۲۰۰ متر در اطراف هاله آرژیلیکی است و بعد از آن، الگوی توزیع داده ها حالت تصادفی دارد ( یعنی بعد از فاصله مذکور، ضریب طلایی ۱/۶۱۸ به ضریب تصادفی ۱/۱۳ تبدیل می‌شود).

– مطابق شکل۶، توزیع طلای رامند از الگوی شبه مارپیچی با دنباله نسبتا متقارن تبعیت میکند. این الگو به موازات مدارات گسترش یافته و عمود بر گسل های شمالی- جنوبی تا شمال شرقی – جنوب غربی است. ابعاد مارپیچ متوسط و طول حدود ۸۰۰ متر و عرضش کمتر از ۴۰۰ متر است.




شکل۶، توزیع شبه مارپیچ طلا در محدوده رامند قزوین. این تابع به روش مستطیل طلایی و بر اساس قواعد فیبوناچی بدست آمده است.

مطابقت شواهد دورسنجی (شکل۳) با مدل هندسی شکل۶، موید آن است که بخش بیرونی این شبه مارپیچ (حلقه چهارم) تحت تاثیر دگرسانی کلریت کلسیتی قرار دارد. در حالیکه قسمت درونی آن دارای دگرسانی های رس (متوسط تا پیشرفته) و سیلیس است. از دیدگاه هندسی، توزیع سطحی طلای رامند تا حدی تقارن دارای ناحیه بندی مناسب است. لذا برای توسعه اکتشافات سطحی منطقه رامند، بررسی اکتشافی فاز تفصیلی با استفاده از روش های ژئوالکتریک و با تمرکز بر حلقه های اول و دوم این مارپیچ توصیه میگردد. همچنین با توجه به شکل۵، مربع های قرمز رنگی که روی حلقه های دوم و

سوم مارپیچ قرار میگرند از پتانسیل بیشتری برای اکتشاف رگه های سیلیسی طلادار در عمق هاله های دگرسانی آرژیلیک برخوردارند.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

توکل، ربابه، مهرنیا، سید رضا، نظافتی، نیما، شیخ ذکریایی، جمال، ۱۳۹۳، "توزیع ژئوفرکتالی سیلیس و ارتباط آن با کانه زایی طلا در منطقه نیکویه قزوین"، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد ۸، (۴۴- ۳۴).

مهرنیا، سید رضا، (۱۳۹۶)، " ردیابی هندسی عناصر تیپومورفیک در آثار طلای نیکویه (استان قزوین)" دهمین همایش ملی انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه اصفهان، جلد ۱، (۱۰۱-۱۰۸).

◇◇◇◇◇◇◇

## References:

Abbaszadeh, S., Mehrnia, S.R., Senemari, S., 2017. "*A fuzzy-based prognosis of ore-mineralization potentials in Ramand region*". Journal of Mining & Environment (JME), v.8, no. 9, p. 403-418.

Hedenquist, J.W., and Arribas, A., Jr., 2003, "*Epithermal gold deposits: I. Hydrothermal processes in intrusion-related systems. II. Characteristics, examples and origin of epithermal gold deposits*". Society of Economic Geologists, Fieldtrip Guidebook, Mineralization of the Western Carpathians, v. 31, p. 14-63.

Livio, M. , 2002, "*The Golden Ratio: The Story of Phi, the World's Most Astonishing Numbe*r". New York: Broadway Books, p. 85.

Pappas, T, 1989. "*The Golden Rectangle*." The Joy of Mathematics. San Carlos, CA: Wide World Publ./Tetra, pp. 102-106.

Schoen, R., 1982. "*The Fibonacci Sequence in Successive Partitions of a Golden Triangle*." Fib. Quart. 20, 159-163, 1982.

Turcotte, D.D., 2002. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics, New York, Cambridge University, Cambridge University Press, p397, 2nd Edition.

# بررسی کانی زایی تیتانیوم با استفاده از مطالعات کانی شناسی و زمین شیمیایی بر روی سنگ های گابرو میزبان ایلمنیت کهنوج – جنوب کرمان

کیامرث حسینی دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی دانشگاه هرمزگان.
سیما نژادحسن* دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی دانشگاه هرمزگان
آزاده شریعت بهادری، دانش اموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی دانشگاه زنجان.
h.kiamars89@gmail.com

**چکیده:**
مجموعه بازیک کهنوج شامل گابروهای لایه ای، گابروهای ایزوتروپ، دایک های ورقه ای، پلاژیوگرانیت و گدازه بالشی همراه با رادیولاریت و سنگ آهک پلاژیک می‌شود این سنگ ها میزبان اصلی کانی ایلمنیت بوده است و کانی زایی ایلمنبت پس از کانی زایی الیوین و پلاژیوکلاز رخ داده است حضور میانبارهای الیوین در پلاژیوکلاز و بالعکس میانبارهای پلاژیوکلاز در الیوین، نشان دهنده تبلورهم زمان این دو کانی است. گرانیت ها و پلاژیو گرانیت ها از مهمترین سنگ های دگرسان نشده مجموعه افیولیتی منطقه هستد و شامل کوارتز ، الکالی فلدسپات و هورنبلند می باشد و به شکل رگه های ناپیوسته در مناطق برشی حضور دارند. این پدیده سبب تبلور مجدد و ایجاد دگرسانی سدیمی سوسوریتی اپیدوتی ، کلریتی ، سریسیتی شده است الگوها غنی شدگی LREE/MREE و الگوی U شکل نشان درگابرو های کهنوج نشان از ویژگی های Residual آنها در اثر خروج مذاب با ترکیب MORB دارد که بعدها از LREEs غنی شده اند. نتایج انالیز زمین شیمیایی بیانگر افزایش پیوسته اهن ، وانادیوم ،کرم و تیتانیوم و کاهش نیکل به سمت گابروهای فوقانی است به عبارتی همه گابروها حاصل تفریق بلورین از یک مذاب واحد بدون هر گونه تغییر ناگهانی در ترکیب شیمیایی و کانی شناسی است. به منظور تشخیص محیط تکتونیکی از نمودار مثلثی Zr/117-Th-Nb/16 استفاده شد که سنگ های گابرویی در محدوده بازالت های قوسی قرار میگیرند.

**کلید واژه ها:**کانی شناسی، زمین شیمی،ایلمنیت کهنوج.

## Investigation of Titanium Mineralization Using Mineralogy and Geochemical Studies on the gabbro rocks host iliminte Kahnuj - south of Kerman

**Kiamars Hosseini M.S student of sedimentology and sedimentary rock, university of Hormozgan, iran.**
**Sima Nejadhassan, M.S student of sedimentology and sedimentary rock, university of Hormozgan, iran.**
**h.kiamars89@gmail.com**

**Abstract**:
Kahnuji's collection contains layered gabbros, isotropic gabbro, sheet dayks pelagic granite and pillow lava with radiolarite and pelagic limestone. These rocks are the main host of ilmenite mineral and ilmenite mineralization occurred after olivine mineralization and plagioclase. The presence of olivine inclosions in the plagioclase and vice versa inclosions of the plagioclase in olivine ,represents the crystallization of the time of these two minerals. Granites and plagio-granites are one of the most important not alterd rocks ophiolite collection of the region and includes quartz, alkali feldspar and hornblende and in the form of bulging veins in the shear areas. This phenomenon has caused recrystallization and creating alteration sodium, sosurite, epidote,

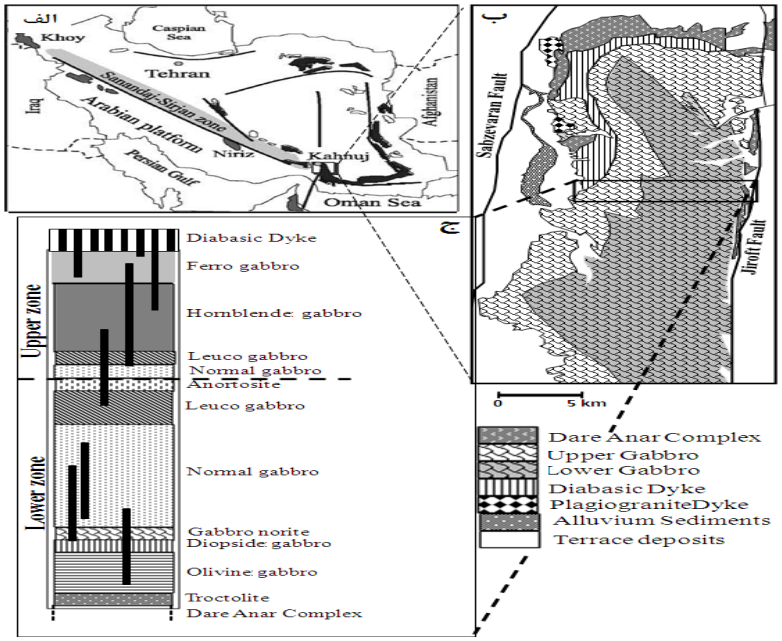
chlorite, serisite. Patterns of LREE / MREE enrichment and the U-shaped pattern in Kahnuj gabro is indicative of their residual properties due to molten exhaust with MORB composition which later became enriched with LREEs. Geochemical analysis results Indicates a steady increase in iron, vanadium, chrome and titanium, and a reduction of nickel to the upper gabbros. In other words, all gabbros are the result of crystalline subtraction from a single molten mass without any sudden change in chemical composition and mineralogy. In order to detect the tectonic environment, the triangular diagram Zr / 117-Th-Nb / 16 was used, with gabbro rocks placed in the Arched Basalt Range.
**Key words:** Mineralogy, Geochemistry, iliminte Kahnuj.

**مقدمه**

پوسته اقیانوسی از بخش های بازالتی، دایک های دیابازی، گابرویی، پریدوتیتی به همراه سنگ های آهکی پلاژیک و رادیولاریتی تشکیل شده است که در فرآیند فرارانش بر روی پوسته قاره ای همه و یا بخش هایی از آن به شکل تکتونیکی در سطح زمین رورانده می شود و در این صورت به آن افیولیت اطلاق می شود (Knipper.et al., 1986; Nicolas, 1989; Boulin, 1991) مجموعه بازیک کهنوج شامل گابروهای لایه ای، گابروهای ایزوتروپ، دایک های ورقه ای، پلاژیوگرانیت و گدازه بالشی همراه با رادیولاریت و سنگ آهک پلاژیک می شود و علی رغم عدم حضور گسترده سنگ های پریدوتیتی، ماهیت افیولیتی آن پذیرفته شده است. نظرات متفاوتی درباره تشکیل و سن اجزای سازنده مجموعه افیولیتی کهنوج به وسیله پژوهشگران ارائه شده است . برخی از پژوهشگران با اعتقاد به همزاد بودن بخش های مختلف این مجموعه ، زمان تشکیل آن را کرتاسه تا پالئوسن تعیین کرده اند (مهندسین مشاور کاوشگر ۱۳۶۹).

**زمین شناسی منطقه مورد مطالعه**

قسمت اعظم مجموعه سنگ شناختی افیولیت کهنوج از گابروها، دایکهای دیابازی و سنگ های پلاژیوگرانیتی تشکیل شده است. این مجموعه در بین طول جغرافیایی '37 57 و '50 57 شرقی و عرض جغرافیایی '35 27 و '55 27 شمالی با مساحت تقریبی ۵۰۰ کیلومتر مربع در جنوب استان کرمان واقع شده و در شرق جاده رودان کهنوج قابل دسترسی است این منطقه به صورت بخشی از یک گستره پهناور در محل برخورد سه زون ساختاری زمین شناسی ایران قرار می گیرد، به طوری که از شمال به بلوک لوت، از غرب و شمال غرب به زون سنندج سیرجان، از شرق به حوزه جازموریان و از جنوب به زون مکران محدود می شود. این مجموعه سنگ شناختی در اثر عملکرد دو گسل بزرگ جیرفت در شرق و سبزواران در غرب به صورت یک فرازمین بر روی سطح جایگیری شده است .امتداد عمومی مجموعه افیولیتی کهنوج و گسل های جیرفت و سبزواران در منطقه مورد مطالعه شمالی-جنوبی است و واحدهای آتشفشانی – رسوبی کرتاسه فوقانی گنج، دره انار، چاه میرک و بیدک در حاشیه توده افیولیتی قرار دارند. بر اساس داده های عناصر نادر خاکی منشأ بازالت مجموعه افیولیتی E-MORB در نظر گرفته شده است(Ghazi et al., 2004) .




**شکل ۱ -الف (نقشه زمین شناسی توده های افیولیتی ایران ، ب (نقشه زمین شناسی مجموعه افیولیتی کهنوج) برگرفته از نقشه زمی ن شناسی 1:250000 میناب، انتشارات سازمان زمین شناسی(، ج (ستون سنگ شناسی مجموعه افیولیتی کهنوج**

## روش انجام پژوهش

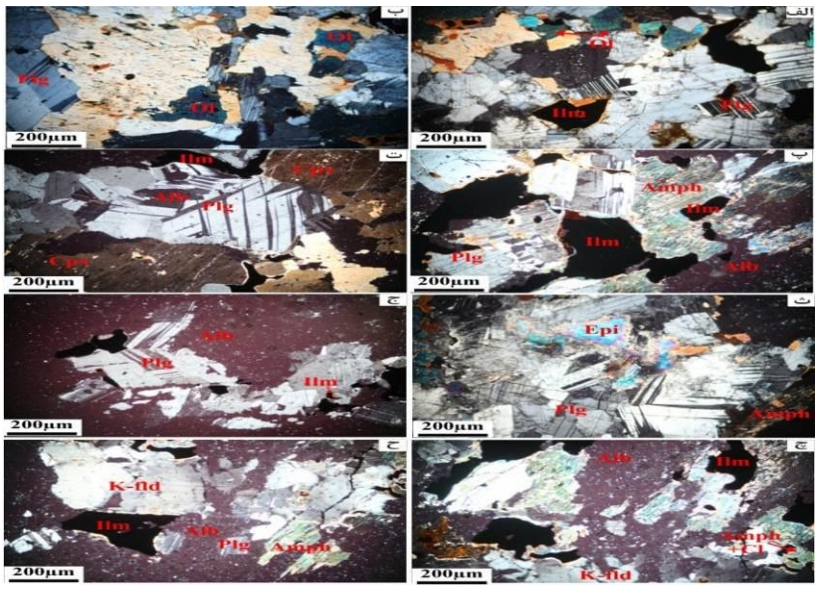
در پیمایش های صحرایی، تعداد ۵۳ نمونه از سنگ های مجموعه افیولیتی کهنوج بر اساس تغییرات سنگ شناسی در امتداد بخش های زیرین به سمت قسمت های فوقانی برداشت شدند . تعداد ۳۴ نمونه شاخص، مقاطع نازک و نازک صیقلی تهیه و سپس به وسیله روش های معمول میکروسکوپ نوری انکساری وانعکاسی در بخش علوم زمین دانشگاه هرمزگان مطالعه شدند. همچنین جهت تعیین شیمی عناصر اصلی، فرعی وعناصر نادر خاکی تعداد ۱۸ نمونه به روش XRF در شرکت کانساران بینالود و تعداد ۱۱نمونه به روش ICP-MS در شرکت زر ازما مورد انالیز قرار گرفت.

## مطالعات پتروگرافی

سنگ فروگابرو در بالاترین سطح بخش گابرویی فوقانی و غرب افیولیت کهنوج قرار گرفته و با بافت دانه ریز تا دانه متوسط مشخص می شود. این سنگ میزبان اصلی کانی ایلمنیت بوده به طوری که در برخی از نمونه ها میزان ایلمنیت به بیش از ۱۰ درصد حجم سنگ می رسد کانی های الیوین و پلاژیوکلاز به صورت فاز انباشتی اولین بلورهایی هستند که متبلور می شوند و کانی کلینوپیروکسن به صورت میان انباشتی تبلور یافته است. حضور میانبارهای الیوین در پلاژیوکلاز و بالعکس میانبارهای پلاژیوکلاز در الیوین، نشان دهنده تبلورهم زمان این دو کانی است .(شکل۲- الف و ب ) کانی های آمفیبول بیشتر به رنگ سبز تا قهوه ای و به دو شکل اولیه (نیمه خود شکل )و ثانویه (بی شکل) دیده می شوند .عقیده بر این است که سنگ های حاوی آمفیبول اولیه در شرایط فشار کم از تبلور تفریقی ماگما نوع پشته میان اقیانوسی به وجود می آیند .سیال به دام افتاده در مرحله بعد از کومولایی به همراه ورود یک سیال غنی از آب به ستون ماگمایی موجب تشکیل آمفیبول می شود(Tribuzio et al.,2000). این

گابروها از نظر بافتی بسیار متغیر بوده به طوری که از انواع بسیار دانه درشت پگماتوییدی در نزدیکی مرز گابروهای زیرین و محل نفوذ دایک های دیابازی تا انواع دانه ریز با بافت های گرانولار، اینترسرتال و دیده می شوند .کانی های اصلی این سنگ ها شامل پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و آمفیبول بوده، الیوین کانی فرعی آنهاست کانی های کدر نیز فراوان و بیشتر از نوع ایلمنیت و مگنتیت هستند .شواهد پتروگرافی نشان دهنده ترتیب تبلور به صورت پلاژیوکلاز + الیوین کلینوپیروکسن آمفیبول + ایلمنیت و مگنتیت در این سنگ هاست بلورهای مانند ایلمنیت پیروکسن و پلاژیوکلاز دانه درشت بوده، در فازانباشتی قرار می گیرند(شکل۲- پ) در این سنگ کانی آمفیبول نیز به صورت میان انباشتی و بی شکل در فضای بین بلوری رشد کرده است. حضور ایلمنیت همراه با حاشیه واکنشی در کانی پیروکسن( تشکیل آمفیبول پارگازیت ثانویه) نشان دهنده دگرسانی دوتریک سنگ توسط سیال غنی از آب در زمان کانه زایی کانی های حاوی تیتانیم است (شکل۲- ت)

گرانیت ها و پلاژیو گرانیت ها از مهمترین سنگ های دگرسان نشده مجموعه افیولیتی منطقه هستد و شامل کوارتز ، الکالی فلدسپات و هورنبلند می باشد و به شکل رگه های ناپیوسته در مناطق برشی حضور دارند.این پدیده سبب تبلور مجدد و ایجاد دگرسانی سدیمی سوسوریتی اپیدوتی ، کلریتی ، سریسیتی شده است در گابروها تحت دگرسانی سدیمی، کانی آلکالی فلدسپار به آلبیت تبدیل میشود . در دگرسانی پس رونده نیز پلاژیوکلازها به سوسوریت و کانیهای مافیک آبدار به اپیدوت و کلریت دگرسان و کانی های فلدسپار پتاسیم دار تحت تأثیر سیال اسیدی به سریسیت مبدل می شوند (شکل۲- ث تا ح).



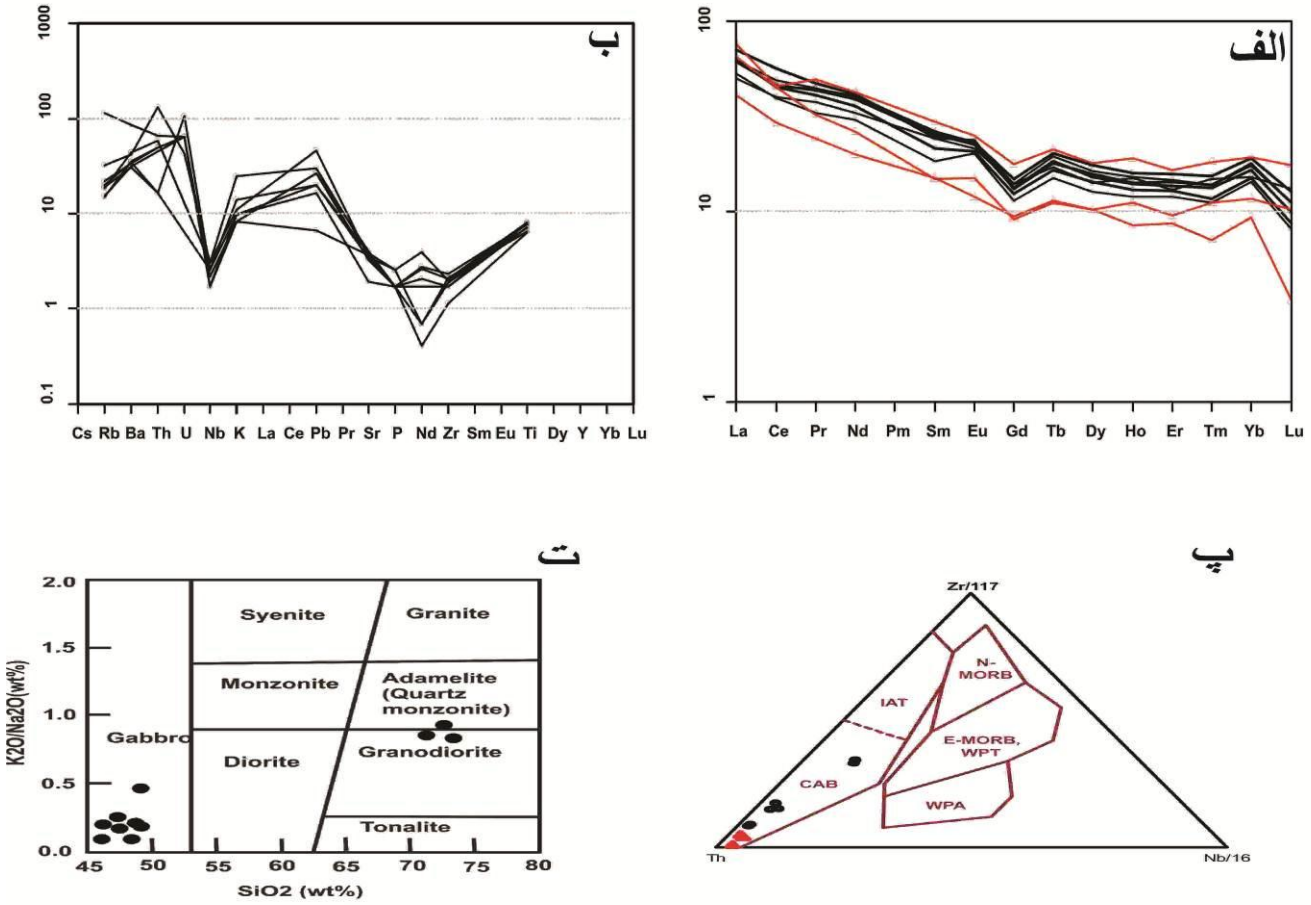

**شکل ۲- الف تا ت – عکس از مقطع تهیه شده بر روی سنگ های گابرویی، ث تا ح مقطع تهیه شده از سنگ های پلاژیوگرانیت.**

## ژئوشیمی و خواستگاه تکتونیکی

نتایج داده های تجزیه شیمیایی عناصر اصلی و فرعی به روش XRF بر روی سنگ های گابرویی و پلاژیوگرانیت در جدول ۱ آورده شده اند به منظور رده بندی ژئوشیمی توده های نفوذی مورد مطالعه ترکیب ان بر روی نمودار Na2O/K2O-SiO2 پلات شد و نمونه ها در محدوده ی گابرو و گرانودیوریت قرار میگیرند (شکل ۳ –ت) در مطالعات تفریق ماگمایی در مجموعه های آذرین می توان از نسبت FeO/(FeO+MgO) استفاده کرد (Anant et al., 2001; Dipankar et al., 2005) این نسبت در گابرو ها بین ۰,۶۷ تا ۰,۸۲ و در سنگ های پلاژیوگرانیتی بین ۰,۸۵ تا۰,۹۸ در تغییر است که نشان دهند تفاوت در منشا انها در منطقه مورد مطالعه است.افزایش این نسبت به سمت سطوح فوقانی با تفریق ماگما متناسب است . داده های حسنی پاک ۱۹۹۶ از عناصر نادر خاکی در گابروها نشان دهنده وجود دو ماگمای بازالتی با ماهیت بازالت درون قاره ای(غنی از LREE) و بازالت معمولی مورب (فقیر از عناصر نادر خاکی) دارد.

نتایج تجزیه های شیمیایی سنگ کل با مقادیر استاندارد N-MORB و کندریت بهنجار شدند بررسی الگوها، نشان از غنی شدگی آنها LREE نسبت HREEدارند. همچنین همه الگوها مقادیر متفاوتی از غنی شدگی LREE/MREE و الگوی U شکل نشان میدهند الگوهای U شکل از عناصر خاکی کمیاب درگابرو های کهنوج نشان از ویژگی های Residualآنها در اثر خروج مذاب با ترکیب MORB دارد که بعدها از LREEs غنی شده اند. همچنین داده های زمین شیمیایی بیانگر افزایش پیوسته اهن ، وانادیوم ،کرم و تیتانیوم و کاهش نیکل به سمت گابروهای فوقانی است به عبارتی همه گابروها حاصل تفریق بلورین از یک مذاب واحد بدون هر گونه تغییر ناگهانی در ترکیب شیمیایی و کانی شناسی است. همچنین سنگ های گابرویی غنی شدگی بالایی در عناصر بزرگ یون لیتوفیلBa Th U (LIL) و تهی شدگی شدیدی در عناصر شدت میدان بالا (HFS) نظیر Zr و Nb نشان می دهند (شکل ۳ الف و ب)

به منظور تعیین محیط تکتونیکی از نمودار ابداع شده برای تشخیص محیط تکتونیکی بازالت ها برای تفسیر سنگ های گابرویی استفاده شد و بر اساس نمودار مثلثی Zr/117-Th-Nb/16 سنگ های گابرویی در محدوده بازالت های قوسی قرار میگیرند و از انجا که تمام گدازه ها کمانی نسبت به Th غنی شدگی نشان می دهند (Juteau, T., Maury, R 2009) Th یک عنصر کلیدی در تحولات ماگمایی موبوط به زون فرورانش است به همین دلیل برای جدایش افیولیت های نوع مورب از نوع سوپرسابداکشن پیشنهاد می شود(شکل ۳–پ)




**شکل ۳- الف – الگوی عناصر نادر خاکی در سنگ های گابرو بر اساس کندریت ب -نمودار عنکبوتی مربوط به سنگ های گابرو نرمالیز شده بر اساس مورب عادی پ- نمودار مثلثی Zr/117-Th-Nb/16 جهت تشخیص محیط تکتونیکی سنگ های گابرویی ت موقعیت توده های نفوذی بر روی نمودار** وینچستر و فلوید

**جدول ۱- نتایج انتخابی انالیز عنصری به روش XRF بر روی سنگ های گابرو و پلاژیوگرانیت**

| | گابروی دگرسان زیرین | گابروی دگرسان بالایی | گابروی غیر دگرسان زیرین | گابروی غیر دگرسان بالایی | گابروی بالایی | گابروی بالایی | گابروی زیرین | گابروی زیرین | پلاژیوگرانیت | پلاژیوگرانیت | پلاژیوگرانیت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SiO2 | 46.7 | 45.7 | 49.4 | 47.5 | 45.4 | 48.5 | 46.3 | 47 | 73.2 | 72.4 | 73.4 |
| TiO2 | 9.1 | 8.2 | 9.8 | 9.1 | 10.1 | 8.1 | 9.9 | 10.3 | 2.5 | 1.2 | 0.8 |
| Al2O3 | 18.2 | 18 | 18.3 | 19.6 | 18.7 | 13.1 | 13.1 | 13.3 | 3.4 | 4.1 | 3.8 |
| FeO* | 9.1 | 12.7 | 8.6 | 6.5 | 9.7 | 13.5 | 13.5 | 12.13 | 7.9 | 9.8 | 10.2 |
| MnO | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| MgO | 4.1 | 3.7 | 2.6 | 4.4 | 4.2 | 4.4 | 3.4 | 4.3 | 0.5 | 0.3 | 0.1 |
| CaO | 7.8 | 7.5 | 5.7 | 8.3 | 7.5 | 8.6 | 7.4 | 8.5 | 3 | 2.7 | 3.2 |
| Na2O | 4 | 4.1 | 3.8 | 3.7 | 3.8 | 3.5 | 3.8 | 3.8 | 4.6 | 4.7 | 4.7 |
| K2O | 0.7 | 0.8 | 1.8 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 1 | 0.6 | 4.2 | 5.2 | 4.5 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P2O5 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Cu | 22.7 | 16.1 | 11 | 34.5 | 29.9 | 13.8 | 19.5 | 18.5 | 22 | 55.3 | 10.7 |
| Zn | 68.3 | 86.6 | 76.5 | 103.9 | 79.8 | 27.5 | 60.7 | 61.4 | 96.6 | 72 | 55 |
| Rb | 11.2 | 10.4 | 17.9 | 8.6 | 8.4 | 63.5 | 10.8 | 12.2 | 6 | 30.8 | 45.9 |
| Sr | 307.8 | 315.2 | 341.9 | 360.4 | 295.8 | 173.2 | 342.8 | 326.5 | 357.8 | 151.2 | 205.9 |
| Y | 25.1 | 27.7 | 28 | 29.4 | 23.6 | 11.8 | 27.9 | 25.6 | 36.9 | 21.4 | 17 |
| Zr | 137.8 | 154.8 | 173.3 | 126.7 | 127.7 | 83.9 | 144.5 | 153.6 | 149.1 | 96.2 | 15.6 |
| Ba | 220.8 | 276 | 261.6 | 199.8 | 222.7 | 545.3 | 192.4 | 214.3 | 228 | 220.1 | 428 |
| Co | 33 | 36 | 27 | 48 | 44 | 34 | 31 | 40 | 14 | 18 | 17 |
| Cr | 5 | 3 | 12 | 9 | 14 | 15 | 0 | 0 | 18 | 8 | 3 |
| F | 1386 | 1073 | 683 | 979 | 1131 | 1043 | 700 | 743 | 479 | 586 | 600 |
| Ga | 19 | 20 | 15 | 19 | 21 | 20 | 19 | 18 | 16 | 15 | 15 |
| Nb | 6 | 7 | 7 | 5 | 4 | 4 | 6 | 4 | 11 | 11 | 10 |
| Nd | 5 | 5 | 20 | 15 | 0 | 3 | 29 | 19 | 2 | 0 | 18 |
| Ni | 2 | 4 | 6 | 8 | 4 | 6 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 |
| Pb | 6 | 14 | 9 | 8 | 8 | 5 | 6 | 2 | 18 | 10 | 17 |
| S | 8893 | 38664 | 2080 | 425 | 6802 | 16 | 75 | 81 | 1690 | 1192 | 32 |
| Th | 2 | 7 | 16 | 0 | 6 | 8 | 2 | 6 | 25 | 19 | 20 |
| U | 0 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 6 | 9 | 7 |
| V | 174 | 158 | 128 | 228 | 218 | 203 | 160 | 222 | 31 | 39 | 40 |

**جدول ۱- نتایج انتخابی انالیز عنصری به روش ICP-MS بر روی سنگ های گابرو و پلاژیوگرانیت**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| La | 20.07 | 16.45 | 23.24 | 19.34 | 19.37 | 19.03 | 21.97 | 15.55 | 23.62 | 12.77 | 20.20 |
| Ce | 36.38 | 31.82 | 38.37 | 36.70 | 39.72 | 37.41 | 45.78 | 32.49 | 36.81 | 23.56 | 36.39 |
| Pr | 5.00 | 4.03 | 5.88 | 5.40 | 5.44 | 5.30 | 5.75 | 4.60 | 6.06 | 2.96 | 3.95 |
| Nd | 21.48 | 18.18 | 25.39 | 24.25 | 24.09 | 23.40 | 24.80 | 19.75 | 25.44 | 12.00 | 15.70 |
| Sm | 4.19 | 3.60 | 4.94 | 5.11 | 5.06 | 4.94 | 4.75 | 4.70 | 5.79 | 2.92 | 2.89 |
| Eu | 1.53 | 1.48 | 1.72 | 1.70 | 1.72 | 1.66 | 1.73 | 1.57 | 1.85 | 0.88 | 1.10 |
| Gd | 3.23 | 2.94 | 3.66 | 3.85 | 3.63 | 3.44 | 3.42 | 3.64 | 4.58 | 2.43 | 2.36 |
| Tb | 0.78 | 0.71 | 0.88 | 0.96 | 0.93 | 0.87 | 0.85 | 0.81 | 1.00 | 0.54 | 0.53 |
| Dy | 4.63 | 4.11 | 5.15 | 5.65 | 5.27 | 4.92 | 5.07 | 4.57 | 5.79 | 3.29 | 3.29 |
| Ho | 0.93 | 0.86 | 1.06 | 1.15 | 1.09 | 1.00 | 1.02 | 1.08 | 1.37 | 0.80 | 0.61 |
| Er | 2.70 | 2.52 | 3.04 | 3.32 | 3.08 | 2.86 | 3.01 | 2.73 | 3.46 | 1.99 | 1.82 |
| Tm | 0.38 | 0.36 | 0.43 | 0.50 | 0.45 | 0.43 | 0.45 | 0.48 | 0.59 | 0.36 | 0.23 |
| Yb | 3.13 | 2.98 | 3.40 | 3.98 | 3.77 | 3.47 | 3.68 | 3.17 | 4.03 | 2.44 | 1.94 |
| Lu | 0.28 | 0.26 | 0.32 | 0.41 | 0.36 | 0.32 | 0.36 | 0.43 | 0.57 | 0.33 | 0.11 |

## نتیجه گیری:

سنگ فروگابرو در بالاترین سطح بخش گابرویی فوقانی و غرب افیولیت کهنوج قرار گرفته و با بافت دانه ریز تا دانه متوسط مشخص می شود. این سنگ میزبان اصلی کانی ایلمنیت بوده به طوری که در برخی از نمونه ها میزان ایلمنیت به بیش از ۱۰ درصد حجم سنگ می رسد. گابروها از نظر بافتی بسیار متغیر بوده به طوری که از انواع

بسیار دانه درشت پگماتوییدی در نزدیکی مرز گابروهای زیرین و محل نفوذ دایک های دیابازی تا انواع دانه ریز با بافت های گرانولار، اینترسرتال و دیده می شوند .کانی های اصلی این سنگ ها شامل پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و آمفیبول بوده، الیوین کانی فرعی آنهاست کانی های کدر نیز فراوان و بیشتر از نوع ایلمنیت و مگنتیت هستند .شواهد پتروگرافی نشان دهنده ترتیب تبلور به صورت پلاژیوکلاز + الیوین کلینوپیروکسن آمفیبول + ایلمنیت و مگنتیت در این سنگ هاست بلورهای مانند ایلمنیت پیروکسن و پلاژیوکلاز دانه درشت بوده، در فازانباشتی قرار می گیرند گرانیت ها و پلاژیو گرانیت ها از مهمترین سنگ های دگرسان نشده مجموعه افیولیتی منطقه هستد و شامل کوارتز ، الکالی فلدسپات و هورنبلند می باشد و به شکل رگه های ناپیوسته در مناطق برشی حضور دارند. نتایج تجزیه های شیمیایی سنگ کل با مقادیر استاندارد N-MORB نشان دهنده غنی شدگی LREE نسبت HREEدارند. همچنین همه الگوها مقادیر متفاوتی از غنی شدگی LREE/MREE و الگوی U شکل نشان میدهند الگوهای U شکل از عناصر خاکی کمیاب درگابرو های کهنوج نشان از ویژگی های Residual آنها در اثر خروج مذاب با ترکیب MORB دارد که بعدها از LREEsغنی شده اند. همچنین داده های زمین شیمیایی بیانگر افزایش پیوسته اهن ، وانادیوم ،کرم و تیتانیوم و کاهش نیکل به سمت گابروهای فوقانی است به عبارتی همه گابروها حاصل تفریق بلورین از یک مذاب واحد بدون هر گونه تغییر ناگهانی در ترکیب شیمیایی و کانی شناسی است. به منظور تعیین محیط تکتونیکی از نمودار ابداع شده برای تشخیص محیط تکتونیکی بازالت ها برای تفسیر سنگ های گابرویی استفاده شد و بر اساس نمودار مثلثی Zr/117-Th-Nb/16 سنگ های گابرویی در محدوده بازالت های قوسی قرار میگیرند.

**References:**

Anant, S., Rajish, K. S., Chandra, R. and George, A. J. (2001) Fe-Ti-enriched mafic rocks from south Andaman ophiolite suite: Implication of late stage liquid immiscibility. Current Science 80: 453-454.

Boulin, J. (1991) Structures in south east Asia and evolution of the eastern Tethys. Tectonophysics 196: 211-268.

Dipankar, M., Naresh, C. G. and Nilanajan, C. H. (2005) Crystallization history of massif anorthosite in the eastern India shield margin based on borehole lithology. Journal of Asian Earth Sciences 25: 77-94.

Ghazi, A. M., Hassanipak, A. A., Mahonery, J. J. and Duncan, R. A. (2004) Geochemical characteristic, 40Ar/39Ar age and original tectonic setting of Band-e- Ziarat-Dar Anar ophiolite, Makran accretionary prism, S. E. Iran. Tectonophysics 393: 175-196.

Juteau, T., Maury, R (2009) La crout Océanique, Pétrologie et Dynamique Endogene. Société Géologique de Franc Vuibert. Paris, Cedex 13, 470pp.

Knipper, A., Ricou, L. E. and Dercourt, J. (1986) Ophiolites as indicators of the geodynamic evolution of the Tethyan Ocean. Tectonophysics 123: 213-240.

Nicolas, A. (1989) Structures of ophiolites and dynamics of oceanic lithosphere. Kluwer Academic Publishers, London.

Tribuzio, R., Tiepolo, M. and Thirlwall, M. F. (2000) Origin of titanium pargasite in gabbroic rocks from the Northern Apennine ophiolites (Italy): insights into the late-magmatic evolution of a MORB-type intrusive sequence. Earth and Planetary Science Letters 175: 281-293.

Wood, D.A (1980) The application of a ThHf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province, Earth and Planetary Science Letters, 50: 11-30.

# مطالعات کانی شناسی و زمین شیمیایی سنگ میزبان و کانسنگ کانسار منگنز دهنج جنوب شرق زنجان

آزاده شریعت بهادری، دانش اموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی دانشگاه زنجان.
قاسم نباتیان قشلاق،استادیار بخش علوم زمین دانشگاه زنجان
کیامرث حسینی دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی دانشگاه هرمزگان.
سیما نژادحسن* دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی دانشگاه هرمزگان
h.kiamars89@gmail.com

## چکیده

کانسار منگنز دهنج در ۵۵ کیلومتری جنوب‌خاوری شهرستان زنجان واقع شده است. سنگ میزبان کانسار آندزیت ، کوارتز اندزیت، ریوداسیت و توف می‌باشد. کانی زایی در این منطقه عمدتاً به صورت رگه‌ای، رگچه‌ای و توده ای است. دگرسانی‌های تشکیل‌شده شامل سیلیسی، سریسیتی- کربناتی و آرژیلی است. پیرولوزیت، منگنایت، پسیلوملان کانه های اصلی و باریت و کوارتز کانی‌های باطله را تشکیل می‌دهند. مطالعات ژئوشیمی انجام شده بر روی سنگ میزبان کانسار نشان می دهد که عناصر کمیاب Ti، Th ، Nb، Sr ، Zr و Tb داری انومالی منفی و عناصر Tm، Yb، U و Sm , داری بی هنجاری مثبت می باشد. نمودار توزیع عناصر نادر خاکی نشان می دهد که LREEs تفریق شدید تری نسبت به MREE و HREE نشان می دهند و این روند نشان دهنده غنی شدگی LREE نسبت به HREE است و از مشخصهای سنگ های مربوط به مناطق فرورانش می باشد. تمامی نمونه ها انومالی منفی Eu نشان می دهند که ناشی از جدایش فلدسپار ها از مذاب فلسیک به وسیله تفریق بلوری و یا ذوب بخشی می باشد الگوی نمودار عنکبوتی مربوطه به سنگ های اذرین و وجود انومالی مثبت Ti و Nb حاکی از قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در زون فرورانش می باشد. انومالی منفی عنصر Sr حاکی از تفریق پلاژیورکلاز و فلدسپات های قلیایی و بیوتیت های موجود در سنگ های اتشفشانی باشد انومالی مثبت Ba نیز میتواند نشانه نفوذ سیالات گرمابی حاوی این عنصر به درون سنگ های اتشفشانی منطقه باشد.کانسار های ابزاد منگنز غنی شدگی بالایی از عنصر Ce نشان می دهند اما در کانسار های گرمابی این عنصر دارای انومالی منفی است انومالی مثبت اما بسیار ضعیف Ce و نسبت (Co+Cu+Ni) به Co/Zn در نمونه های مورد مطالعه می تواند حاکی از منشا اپی ترمال نهشته های مورد مطالعه باشد.

**کلید واژه ها:** کانی شناسی، زمین شیمی، کانسار منگنز دهنج.

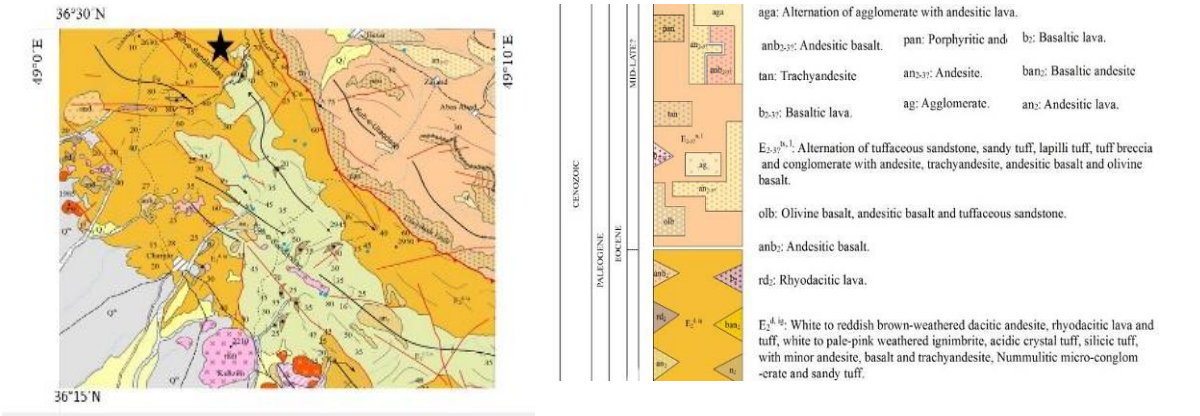
## Mineralogy and mineralogical studies of host rock and ore deposits of manganese ore deposit dehenj in southeast of Zanjan

**Azadeh Shariah Bahadori, Undergraduate Student, Economic Geology, University of Zanjan,iran.**
**Ghasem Nafatian Gheshlagh, Assistant Professor, Department of Earth Sciences, Zanjan University, iran.**
**Kiamars Hosseini M.S student of sedimentology and sedimentary rock, university of Hormozgan, iran.**
**Sima Nejadhassan, M.S student of sedimentology and sedimentary rock, university of Hormozgan, iran.**
**h.kiamars89@gmail.com**

**Abstract**:
Manganese ore deposit dehenj is located 55 km southwest of Zanjan city. The host rock of ore deposit consists of andezite, quartz andezite, rhyodacite and tuff. The mineralization in this region is mainly in the vein, vein and massive. The alterations made include silicic, sirisite, carbonate and argillic. Pyrololite, Manganite, Psilomlane constitute the main ore and Barite and quartz form waste minerals. Geochemical studies on host rock show that the rare elements Ti, Th, Nb, Sr, Zr and Tb have anomalous negative and the elements Tm, Yb, U and Sm are positive anomalous. The distribution diagram of rare earth elements indicates that LREEs exhibit more substitutions than MREE and HREE and this trend represents a LREE. All samples of the negative Eu anomaly indicate that the feldspar is separated from the felsic igneous rock by crystalline or melting fractionation. The pattern of the spider diagram related to the igneous rocks and the positive anomaly of Ti and Nb indicate that the region under study is in the subduction zone. The negative anomaly of the Sr element is the subtraction of plagioclase and alkaline feldspars and biotite in the volcanic rock . Positive Ba anomalies can indicate the penetration of hydrothermal fluids containing this element into the volcanic rocks of the region. supergene manganese deposits show a high enrichment of Ce element, but in hydrothermal deposits, this element has anomalous negative . The positive, but very weak anomalous Ce and ratio (Co + Cu + Ni) to Co / Zn in the studied samples could indicate the origin of the epithermal deposits studied.
**Key words:** Mineralogy, Geochemistry, dehenj manganese deposit.

**مقدمه :**

منطقه مورد مطالعه درشمال‌باختر ایران و در ۵۵ کیلومتری جنوب‌خاوری شهر زنجان با مختصات جغرافیایی ´۲۹ °۳۶ تا ´۳۲ °۳۶ عرض شمالی و ´۵۹ °۴۸ تا ´۴ °۴۹ طول شرقی در پهنه البرز باختری- آذربایجان و در زیرپهنه طارم قرار دارد. واحدهای رخنمون‌یافته در منطقه مورد مطالعه براساس نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زنجان (Eftekhar-nezhad, H., 1975) شامل گدازه‌های آندزیتی، داسیتی، ریوداسیتی، ایگنمبریت، توف، بازالت، تراکی آندزیت و میکروکنگلومرا است. در منطقه طارم یکسری توده‌های نفوذی به سن ائوسن پایانی (Nabatian et al., 2014) در داخل سازند کرج نفوذ کرده و باعث تشکیل دگرسانی و کانه‌زایی‌های مختلف در این زیرپهنه شده است (Nabatian et al., 2016). (Nabatian et al 2014; 2017). (شکل۱) در پژوهش حاضر سعی شده است تا با استفاده از مطالعات صحرایی، آزمایشگاهی ویژگیهای پترولوژیکی و ژئوشیمایی واحدهای میزبان کانسار و کانه زایی کانسار دهنج بررسی شود.




**شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ابهر. محدوده کانسار با علامت ستاره مشخص شده است.**

**روش تحقیق:**

در طی بازدیدهای صحرایی و نمونه برداری از کانسار دهنج جهت مطالعات پتروگرافی تعداد ۴۰ مقطع نازک و جهت مطالعه ماده معدنی ۳۰ مقطع صیقلی تهیه گردید. همچنین جهت انجام مطالعات زمین شیمیایی تعداد ۶ نمونه از ماده معدنی و ۴ نمونه سنگ میزبان کانسار جهت انجام انالیز به روش Icp-Ms و تعداد ۸ نمونه جهت انالیز XRF به مرکز تحقیقات و فراوری مواد معدنی ایران ارسال شد.

**سنگ نگاری محدوده کانه زایی دهنج**

**واحد آندزیتی:**

اصلی ترین واحد سنگی میزبان کانه زایی منگنز دهنج، واحد آندزیتی میباشد. در مقاطع میکروسکوپی، آندزیت ها دارای بافت های پورفیری، پورفیری میکرولیتی، آمیگدالوئیدی و گلومروپورفیری می باشد. فلدسپات پتاسیم، کلینوپیروکسن و آمفیبول فنوکریست های غالب این سنگ ها می باشند. زمینه دانه ریز این سنگ ها متحمل دگرسانی آرژیلی و سریسیتی شده و در آنها رگچه های کوارتز و کلسیت قابل مشاهده می باشد. فلدسپات پتاسیم فنوکریست اصلی این سنگ ها بوده، عمدتاً به صورت بلورهای شکل دار و با ماکل آلبیتی مشخص می شوند. فلدسپات پتاسیم به درجات متغیری متحمل دگرسانی به سریسیت و کربنات شده اند. با توجه به زاویه خاموشی، احتمالاً از نوع آندزین هستند. (شکل۲-الف).

**داسیت**

بافت اصلی این واحد پورفیری بوده که در برخی نمونه ها حالت جهت یافته نشان می دهد. ازنظر کانی شناسی، فنوکریست های اصلی تشکیل دهنده این سنگ فلدسپات پتاسیم، آمفیبول و کوارتز می باشد. تفاوت واحد آندزیتی با این واحد در وجود بلورهای آزاد کوارتز می باشد که به سنگ ماهیت اسیدی داده و آن را به داسیت تبدیل می کنند. فلدسپات پتاسیم ها عمدتاً شکل دار تا نیمه شکل دار و شدیداً سریسیتی شده هستند.. آمفیبول ها با شکل کاملاً منشوری با حاشیه اپاسیته قابل تشخیص هستند. آمفیبول در این واحد توسط کلسیت و کانی های کدر و کوارتز جانشین شده است. (شکل۲-ب).

**کوارتز آندزیت**

بافت موجود در این واحد بافت پورفیری و گلومروپورفیری می باشد. از نظر کانی شناسی، شامل فنوکریست های فلدسپات پتاسیم، آمفیبول و کوارتز می باشد. کلریت نیز در برخی نقاط به صورت شکافه پرکن در شکستگی ها قابل مشاهده است فلدسپات پتاسیم بخش عمده سنگ را تشکیل می دهند که از جنس الیگوکلاز تا آندزین هستند. در برخی بافت غربالی مشاهده شده است که حفرات ناشی از این بافت توسط اکسیدآهن و کلریت پرشده است. (شکل۲-پ).

**ریوداسیت**

بافت موجود در این واحد بافت پورفیری و گلومروپورفیری می باشد. از نظر کانی شناسی، شامل فنوکریست های فلدسپات پتاسیم و آمفیبول می باشد. فلدسپات پتاسیم موجود در این واحد با توجه به ماکل نواری و دوتایی و زاویه خاموشی از نوع الیگوکلاز می باشد. آمفیبول توسط کوارتز، کلریت و اکسیدآهن جانشین شده اند. (شکل۲-ت).

**ایگنمبریت**

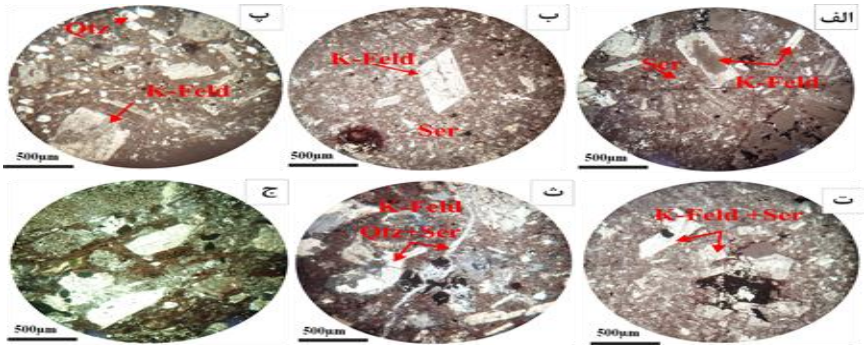
بافت موجود در این واحد پورفیری و اتاکسیتی است. از نظر کانی شناسی، کانی های اصلی این سنگ فنوکریست های فلدسپات پتاسیم و کانی های مافیک می باشد، که کانی های مافیک توسط کلسیت جانشین شده اند. زمینه سریسیتی و آرژیلی شده و نوارهایی از کوارتز ،آلکالی فلدسپات و بخش های ریز بلور که به سریسیت دگرسان شده اند، وجود دارد. در این واحد رگچه های غنی از سیلیس مشاهده می شود که سنگ را قطع کرده است. کلسیت نیز در حفرات بصورت ثانویه تشکیل شده است(شکل۲-ث).

**کریستال لیتیک توف**

بافت این واحد پورفیری و پورفیری میکرولیتی و بطور کلی پورفیروکلاستیک می باشد.از نظر کانی شناسی، کانی اصلی این واحد فلدسپات پتاسیم، کانی های مافیک و کوارتزهای ریزبلور است. فلدسپات پتاسیم در این واحد شدیداً کربناتی و سریسیتی شده و اطراف کانی های مافیک، کلریت و کربنات مشاهده می شود. (شکل۲-ج).

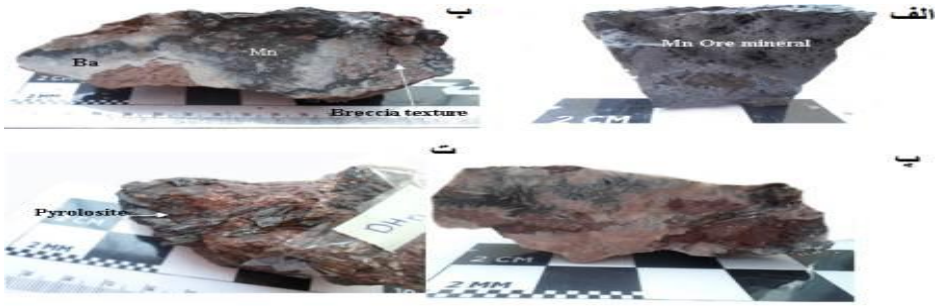



**شکل ۲- الف- واحدهای آندزیتی کانسار دهنج در نمونه دستی ب- تصاویری از نمونه دستی واحد داسیتی پ- تصاویری از نمونه دستی واحد آندزیت- کوارتز ت- تصاویری از نمونه دستی واحد ریوداسیت ث- تصاویری از نمونه دستی واحد ایگنمبریت ج- تصاویری از نمونه دستی واحد کریستال لیتیک توف.**




**شکل ۳- مقاطع تهیه شده از واحد های میزبان کانسار الف- واحدهای آندزیتی ب- واحد داسیتی پ- واحد آندزیت- کوارتز ت- واحد ریوداسیت ث- واحد ایگنمبریت ج- واحد کریستال لیتیک توف.**

بر اساس مطالعات میکروسکوپی کانی های تشکیل‌دهنده کانسار منگنز دهنج به طور عمده شامل پیرولوزیت، منگنایت و پسیلوملان است که همراه با کانی های باطله باریت و کوارتز به صورت رگه رگچه ای و نوارهای متناوب و توده ای مشاهده می شوند.




**شکل ۴- نمونه‌های دستی از سنگ میزبان و کانه زایی منگنز در کانسار منگنز دهنج.**

**پیرولوزیت**

این کانی بلورهای منشوری داشته(شکل ۵- الف) و در نواحی گسلی این کانی ها دچار شکستگی نامنظم و در سطح سنگ پراکنده است. این کانی با رنگ زرد متمایل به خاکستری تا زرد متمایل به قهوه‌ای، چندرنگی ضعیف و آنیزوتروپی بسیار قوی از سایر کانیهای منگنز به‌راحتی تشخیص داده میشود. در کانسار منگنز دهنج پیرولوزیت از فراوان‌ترین کانیها نسبت به سایر کانیهای اکسیدی منگنز می باشد. بافت‌های پیرولوزیت در کانسار دهنج شامل بافت جانشینی و رگه رگچه ای (شکل ۵۴- ب)، بافت توده‌ای (شکل ۵- پ) می‌باشد.

**منگنایت**

با رنگ سیاه، خاکستری، قهوه‌ای تیره و رنگ خاکه خاکستری تیره می‌باشد. بلورهای منشوری، خوشه و ماکله داشته و شکستگی نامنظم دارد. (کانی منگنایت دومین کانی فراوان در کانسار دهنج می‌باشد. ته رنگ قهوه‌ای، آنیزوتروپی، انعکاس داخلی قرمز تیره از ویژگیهای شاخص این کانی است. این کانی به‌صورت همرشد با پیرولوزیت در کانسار دهنج دیده می‌شود (شکل ۵- ت). بخش هایی از منگنایت در طی فرآیندهای هوازدگی و برون‌زاد از حواشی و در راستای شکستگی‌ها به کانی های ثانویه از جمله پیرولوزیت و پسیلوملان تبدیل‌شده و فقط آثار کمی از آن به‌صورت بافت بازماندی باقی‌مانده است (شکل ۵- ث). بافت منگنایت در این کانسار بیشتر به‌صورت توده‌ای و بازماندی می‌باشد.

**پسیلوملان**

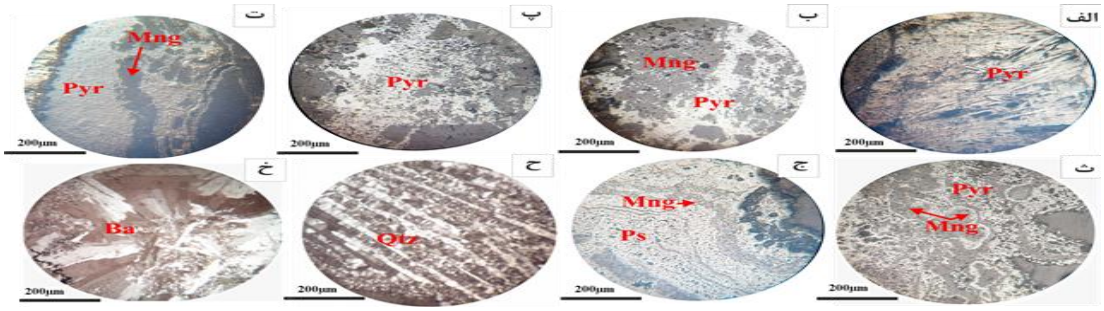
پسیلوملان با داشتن BaO در ترکیب شیمیایی خود جزء اکسیدهای سخت و توده‌ای منگنز خوانده می‌شود Palache et al., 1944). این کانی سومین کانی فراوان کانسنگ منگنز دهنج می‌باشد. رنگ سفید، چندرنگی و آنیزوتروپی شدید از ویژگی‌های شاخص این کانی است . این کانی بصورت نواری و توده ای با کانی منگنایت دیده میشود (شکل ۵- ج).

**کوارتز**

کانی کوارتز به عنوان باطله اکسید های منگنز را همراهی میکند وهمانند کلسیت به صورت رگه ای و پر کننده فضای خالی دیده میشود در مقاطع نازک دارای بافت نواری می باشد که شاهدی بر فعالیت های گرمابی می باشد (شکل ۵- ح).

**باریت**

به رنگ سفید، خاکستری، آبی، قهوه‌ای دیده می شود. بلورهای ورقه ای، پهن و کوتاه و به‌ندرت منشوری دارد. و به شنکل شبکه ای از رگچه های با ساخت و بافت شکافه پرکن، پس کانی زایی دیده میشود این نوع باریت احتمالا محصول رسوبگذاری از یک سیال گرمابی باریم دار در اعماق متوسط با حرارت متوسط و کم است (شکل ۵- خ).

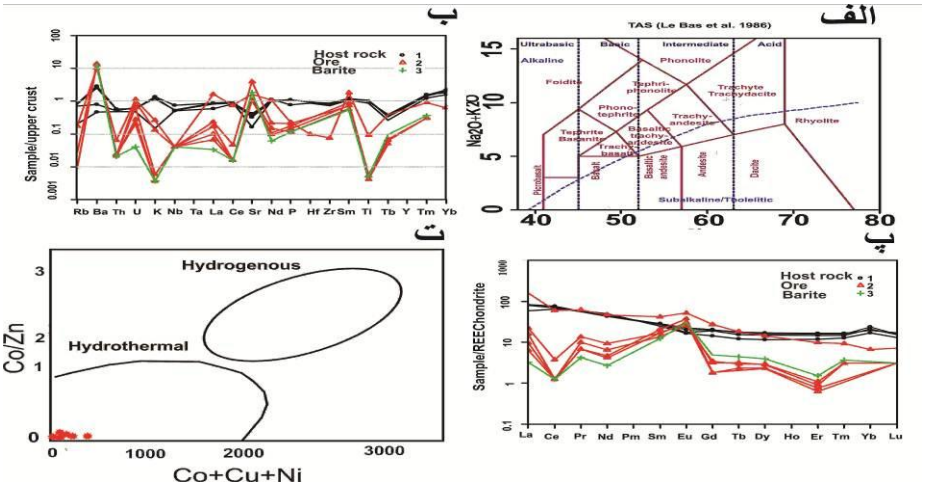



**شکل ۵- مقطع تهیه شده از کانسنگ منگنز دهنج**

**زمین شیمی**

رده بندی سنگ ها از کاربر دیگر عناصر اصلی و کمیاب است بر اساس نمودار قلیایی کل در مقابل سیلیس (Tas) ارائه شده توسط Cox et al., 1979 سنگ های اتشفشانی مورد بررسی از نوع حد واسط و شامل اندزیت داسیت تراکی اندزیت می باشد. (شکل ۶ –الف) مطالعات زمین شیمی انجام شده بر روی سنگ میزبان نشان میدهد که عناصر کمیاب Th ،Ti ، Nb، Sr ، Zr و Tb داری انومالی منفی و عناصر Tm، Yb، U و Sm , داری انومالی مثبت می باشد. الگوی نمودار عنکبوتی مربوطه به سنگ های اذرین و وجود انومالی مثبت Ti و Nb حاکی از قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در زون فرورانش می باشد (Dostal et al., 2001). انومالی منفی عنصر Sr حاکی از تفریق پلاژیورکلاز و فلدسپات های قلیایی و بیوتیت های موجود در سنگ های اتشفشانی باشد.(Rollinson., 1993) انومالی مثبت Ba نیز میتواند نشانه نفوذ سیالات گرمابی حاوی این عنصر به درون سنگ های اتشفشانی منطقه باشد(شکل ۶–ب). نمودار توزیع عناصر نادر خاکی در سنگ میزبان و کانسنگ نشان می دهد که LREEs تفریق شدید تری نسبت به MREE و HREE نشان می دهند و این روند نشان دهنده غنی شدگی LREE نسبت به HREE است و از مشخصه های سنگ های مربوط به مناطق فرورانش می باشد.,Dostal et al) (2001. تفریق LREE نسبت به HREE ممکن است ناشی از وجود الیوین و کلینوپیروکسین است که در انها ضریب جدایش برای این کانی ها از La تا Lu چندین برابر افزایش می یابد.گرچه در مذاب های بازالتی و اندزیتی تمام REEها ناسازگار بوده و ممکن است تفریق ناسازگار پیدا کند. همچنین غلظت بالای LREE می تواند به دلیل درجات کم ذوب بخشی منشا در نظر گرفته شود. HREE با برخی از لیگاند ها ، کمپلکس های نسبتا پایداری تشکیل میدهند و در مقایسه با عناصر نادر خاکی سبک مدت زمان طولانی تری در محلول باقی می مانند (Takahashi et al., 2004). تمامی نمونه ها انومالی منفی Eu نشان می دهند که ناشی از جدایش فلدسپار ها از مذاب فلسیک به وسیله تفریق بلوری و یا ذوب بخشی می باشد. کانسار های اب زاد منگنز غنی شدگی بالایی از عنصر Ce نشان می دهند اما در کانسار های گرمابی این عنصر

دارای انومالی منفی است (Elderfiled and Greaves.,1981) انومالی مثبت اما بسیار ضعیف Ce و نسبت (Co+Cu+Ni) به Co/Zn در نمونه های مورد مطالعه می تواند حاکی از منشا اپی ترمال نهشته های مورد مطالعه باشد.




**شکل ۶- الف رده بندی سنگ ها بر اساس نمودار قلیایی کل در مقابل سیلیس (Tas) ارائه شده توسط(Cox et al., 1979) ب الگوی بهنجار سازی عناصر کمیاب نسبت به پوسته بالایی پ الگوی بهنجارسازی عناصر نادر خاکی نسبت به کندریت Boynton ) (1985 ت موقعیت نمونه های کانسنگ منگنز دهنجبر روی نمودار** (Toth, 1980( (Co/Zn( – (Co+Ni+Cu)

**جدول ۱- نتایج انتخابی انالیز سنگ میزبان و ماده معدنی به روش ICP-MS و XRF .**

| | ICP-MS | | | XRF | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SiO2 | 13.61 | Host rock 44.56 | | ore 31.72 | Barite 60.10 | 60.20 |
| Al2O3 | 1.80 | 52 | 0.09 | 48 0.13 | 1 8.08 | 3.07 |
| BaO | 5.07 | 18 | 2.92 | 49 2.86 | 1 1.55 | 3.75 |
| CaO | 6.92 | 7.17 | 1.08 | 7.58 0.89 | 0.51 0.91 | 1.03 |
| Fe2O3 | 26.43 | 30 | 1.14 | 28 2.95 | 1.62.08 | 5.78 |
| K2O | 0.53 | 4.86 | 0.05 | 3.16 0.02 | 2.43 9.20 | 4.70 |
| MgO | 0.66 | 1.2 | 0.45 | 3.81 1.04 | 2.21 0.23 | 0.27 |
| MnO | 6.36 | 3.74 | 44.48 | 7 5.48 | 1.25 3.47 | 14.90 |
| Na2O | 0.85 | 0.58 | 0.05 | 0.87 0.06 | 0.21 0.05 | 0.05 |
| P2O5 | 5.24 | 3.76 | 0.05 | 4.61 0.74 | 1.26 0.05 | 0.05 |
| SO3 | 3.42 | 2.46 | 0.77 | 2.06 0.75 | 0.32 0.50 | 1.59 |
| TiO2 | 0.56 | 0.41 | 0.05 | 0.3 0.05 | 0.12 0.05 | 0.05 |
| LOI | 4.90 | 3.5 | 4.51 | 1.4 6.96 | 0.05 3.07 | 3.04 |
| Lu | 0.51 | 0.42 | | 0.23 0.1 | 0.1 | |
| Hf | 5.36 | 5.12 | | 0.57 <0.5 | <0.5 | |

## نتیجه گیری :

مطالعات صحرایی ، کانی شناسی و زمین شیمیایی نشان می دهد که سنگ میزبان کانسار آندزیت ، کوارتز اندزیت، ریوداسیت و توف می‌باشد که تحت تاثیر دگرسانی سیلیسی، سریسیتی- کربناتی و آرژیلی است. کانی زایی در این منطقه عمدتاً به صورت رگه‌ای، رگچه‌ای نوار های متناوب وتوده ای است. پیرولوزیت، منگنایت، پسیلوملان کانه های اصلی و

باریت و کوارتز کانی‌های باطله را تشکیل می‌دهند. پیرولوزیت از فراوان‌ترین کانی‌ها نسبت به سایر کانی‌های اکسیدی منگنز می‌باشد. بررسی زمین شیمیایی نشان داد که عناصر کمیاب Ti، Th ، Nb، Sr ، Zr و Tb داری انومالی منفی و عناصر Tm، Yb، U و Sm داری انومالی مثبت می باشد. الگوی نمودار عنکبوتی مربوطه به سنگ های اذرین و وجود انومالی مثبت Ti و Nb حاکی از قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در زون فرورانش می باشد نمودار توزیع عناصر نادر خاکی در سنگ میزبان و کانسنگ نشان می دهد که LREEs تفریق شدید تری نسبت به MREE و HREE نشان می دهند و این روند نشان دهنده غنی شدگی LREE نسبت به HREE است تفریق LREE نسبت به HREE ممکن است ناشی از وجود الیوین و کلینوپیروکسین است که در انها ضریب جدایش برای این کانی ها از La تا Lu چندین برابر افزایش می یابد.گرچه در مذاب های بازالتی و اندزیتی تمام REEها ناسازگار بوده و ممکن است تفریق ناسازگار پیدا کند. تمامی نمونه ها انومالی منفی Eu نشان می دهند که ناشی از جدایش فلدسپار ها از مذاب فلسیک به وسیله تفریق بلوری و یا ذوب بخشی می باشد. همچنین انومالی مثبت اما بسیار ضعیف Ce و نسبت (Co+Cu+Ni) به Co/Zn در نمونه های مورد مطالعه می تواند حاکی از منشا اپی ترمال نهشته های مورد مطالعه باشد.

## References:

Boynton W.V.,1985., *Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies*, In Rare Earth Element Geochemistry,(P. Henderson, ed.), Chapter 3, Developments in Geochemistry 2, 115-1522, Elsevier, Amsterdam.

Cox K.J., Bell J.D., Pankhurst R.J. 1979.,*The interpretation of igneous rocks,* George Allen and Unwin, London.

Dostal, J., Church, B. N., Reynolds, P. H. and Hopkinson, L., 2001., *Eocene volcanism in the Buck Creek basin, central British Columbia (Canada): transition from arc to extensional volcanic.* J. Volcano. Geothermal. Res., 107: 149-170.

Eftekhar-nezhad, H., 1975., *Brief description of tectonic history and structural development of Azarbaidjan.* Geological Survey of Iran (Int. report)

Elderfield, H., Greaves, M. J., 1981., *Negative Cerium anomalies in the rare earth element patterns of oceanic ferromanganese nodules.* Earth planet. Sci. Let., V. 55. P.163-170.

Honarmand, M., Li, X. H., Nabatian, G., & Neubauer, F. 2017. *In-situ zircon U-Pb age and Hf-O isotopic constraints on the origin of the Hasan-Robat A-type granite from Sanandaj–Sirjan zone, Iran: implications for reworking of Cadomian arc igneous rocks*. Mineralogy and Petrology, 111(5), 659-675.

Nabatian, G., Ghaderi, M., Neubauer, F., Honarmand, M., Liu, X., Dong, Y., & Bernroider, M. 2014., *Petrogenesis of Tarom high-potassic granitoids in the Alborz–Azarbaijan belt, Iran: Geochemical, U–Pb zircon and Sr–Nd–Pb isotopic constraints*. Lithos, 184, 324-345.

Nabatian, Ghasem, et al. *Zircon U–Pb ages, geochemical and Sr–Nd–Pb–Hf isotopic constraints on petrogenesis of the Tarom-Olya pluton, Alborz magmatic belt, NW Iran*. Lithos 244 (2016): 43-58.

Rollinson H.R., 1993., *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*., Longman Scientific & Technical, 352p.

Palache, Charles, Harry Berman, and Clifford Frondel. 1944., *Elements, sulphides, sulfosalts, oxides*, v. 1 of The system of mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana."

Takahashi, Y., Tada, A., Shimizu, H., 2004., *Distribution of pattern of rare earth ions between water and montmorillonite and its relation to the sorbet species of the ions.* Analytical Sciences 20,P.1301–1306.

# کانی شناسی، ساخت، بافت و کنترل کننده‌های کانه زایی در کانسار مس تنکاشکن، منطقه رمشک، جنوب شرق کرمان

پوریا ولیخانی[۱،*] ، فردین موسیوند[۲]، حبیب الله قاسمی[۳]
Purya1372@yahoo.com
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود
[۲] استادیار گروه پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود
[۳] استادگروه پترولوژی وزمین‌شناسی اقتصادی،دانشگاه صنعتی شاهرود

**چکیده :**
کانسار مس تنکاشکن در جنوب شرق استان کرمان، در مجاورت استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان و در ۸ کیلومتری جنوب روستای رمشک واقع شده‌است. سنگ میزبان کانه زایی شامل بازالت‌های بالشی و سنگ‌های رسوبی دانه ریز سیلتی (که در بخش‌های زیرین حاوی مقداری بازالت نیز می باشند) مرتبط با توالی افیولیتی رمشک بوده که با سنگ-های کالک شیستی و نازک لایه آهکی و سنگ‌های آهکی ضخیم‌تر همراه هستند. رخساره‌های کانسنگ از پایین به بالا شامل ۱) رخساره رگه-رگچه‌ای و برشی، ۲) رخساره سولفیدی توده‌ای و ۳) رخساره گل اخرا می‌باشد. ماده معدنی دارای بافت‌های توده‌ای، رگه-رگچه‌ای و برشی می‌باشد. کانه‌زایی در کانسار تنکاشکن شامل کانی‌های اولیه پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و اولیژیست وکانی‌های ثانویه مالاکیت، آزوریت، کوولیت، و اکسید- هیدروکسیدهای آهن می-باشند. دگرسانی‌های عمده در کانسارتنکاشکن رمشک شامل کلریتی، کربناتی، اپیدوتی، سریسیتی و سیلیسی می‌باشد. بر اساس مطالعات سطحی و زیرسطحی صورت گرفته در منطقه و ویژگی‌های ماده معدنی ازجمله دگرسانی، ساخت و بافت، کانی‌شناسی و رخساره‌های کانسنگ، به نظر می رسد که این کانسار در اثر فعالیت‌های آتشفشانی زیردریایی در یک حوضه آتشفشانی- رسوبی بصورت سولفید توده‌ای آتشفشانزاد تشکیل شده است.

**کلید واژه ها:** سولفیدتوده‌ای، مس، تنکاشکن، رمشک، کرمان ، کمپلکس دورکان

# Mineralogy, Structure, Texture, and Mineralization Controllers in the Tankashkan Copper Deposit, Remeshk Area, Southeast of Kerman

Poorya Valikhani*[1],Fardin Mousivand[2], Habibollah Ghasemi[3]
[1]M.Sc. Student in Economic Geology, Shahrood University of Technology
Purya1372@yhoo.com
[2]Assistant professor, Petrology and Economic Geology department, Shahrood University of Technology
[3] professor, Petrology and Economic Geology department, Shahrood University of Technology

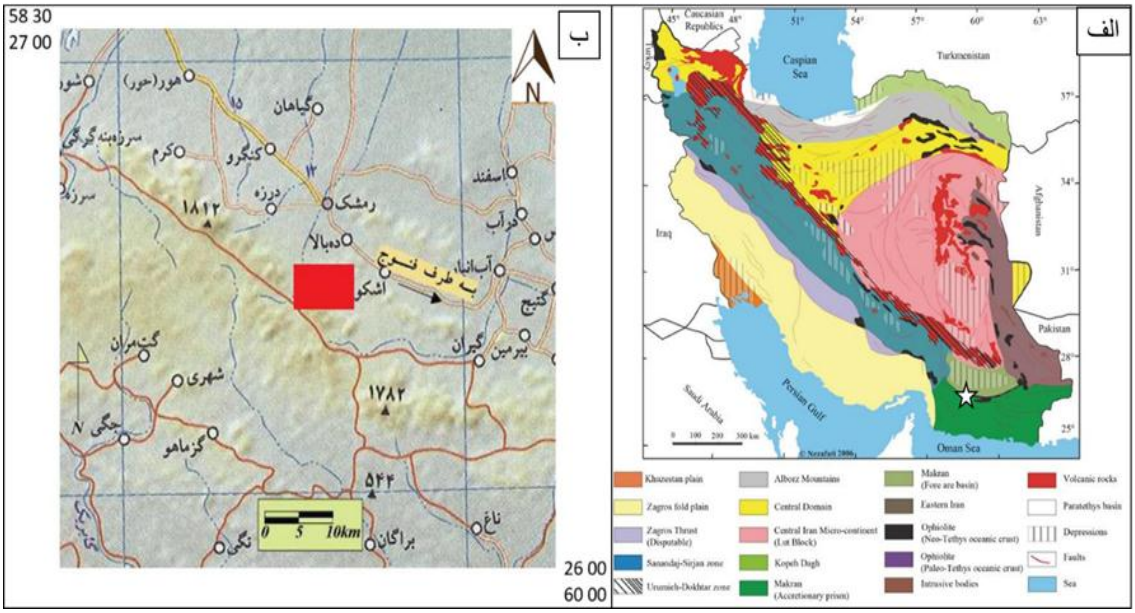
**Abstract:**
Tankashkan copper deposit is located in southeast of Kerman province, adjacent to the Sistan and Baluchestan, and Hormozgan provinces, about 8 km faraway from south of the Rameshk village. Mineralized host rocks include Rameshk ophiolite related pillow basalts and fine grained siltstones (which in lower parts have basalts) associated with calc-schists and thin and thick bedded limestones. The ore facies from bottom to top include: 1) vein-veinlet and brecciated facies, 2) massive sulfide facies, and 3) ocher facies. The major ore textures are massive, vein-veinlet and brecciated. Tankashkan deposit consists of primary minerals of pyrite, chalcopyrite, sphalerite and olygiste, and secondary minerals are malachite, azurite, covellite, and iron oxide-hydroxides. The

wallrock alterations in Tankashkan copper deposit include chloritic, carbonatic, epidote, sericitic and silicic. Based on surface and subsurface studies and characteristics of ore deposit such as alteration, ore structure and texture, mineralogy and ore facies, it seems that this deposit occurred as volcanogenic massive sulfide (VMS) due to submarine volcanic activity.

**Keywords**:
Massive sulfide, Copper, Tankashkan, Rameshk, Kerman, Durkan Complex.

**مقدمه :**

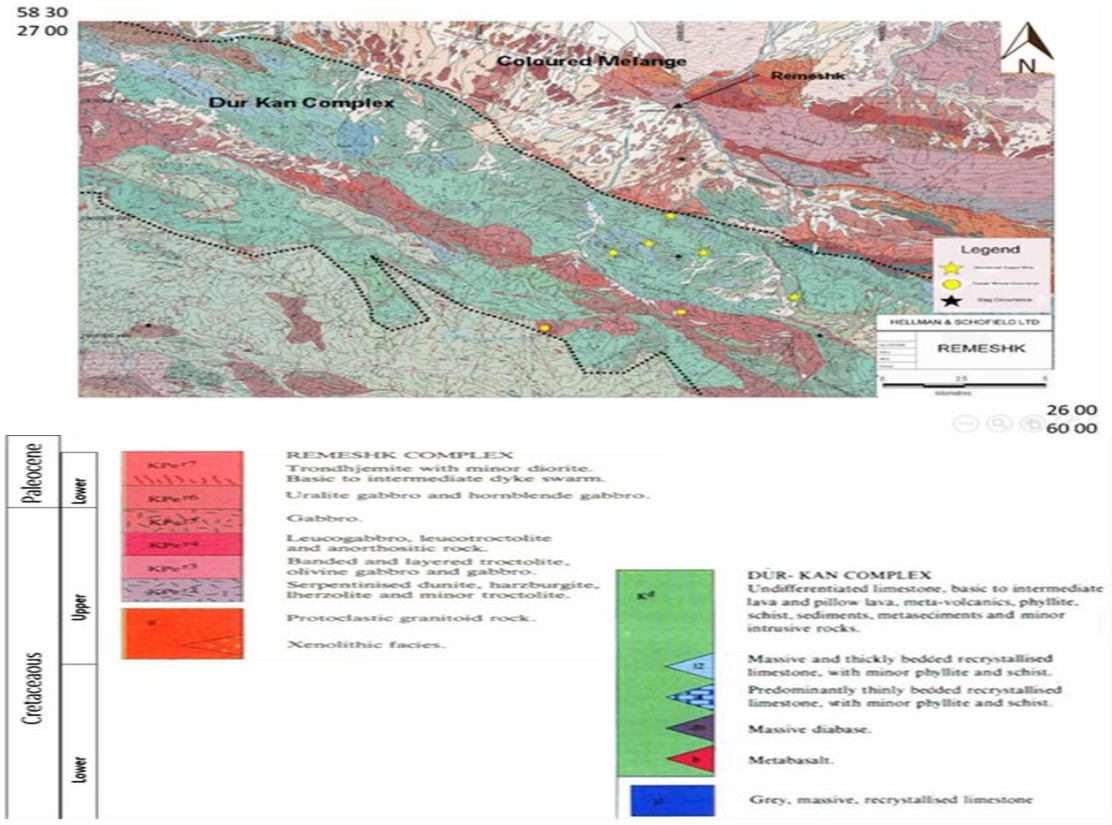
محدوده رمشک در پهنه زمین شناسی-ساختاری مکران قرار دارد (شکل ۱ الف). این محدوده در جنوب استان کرمان و در مجاورت استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان واقع شده‌است. بهترین راه‌های دسترسی به محدوده، جاده آسفالته بندر عباس-قلعه گنج است که در ادامه از قلعه گنج تا روستای رمشک حدود ۱۵۰ کیلومتر جاده عمدتاً آسفالته است. محدوده مورد مطالعه در ۸ کیلومتری جنوب روستای رمشک واقع شده است (شکل۱-ب). مطالعاتی که در سالیان دور توسط شرکت پاراگون و سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور صورت گرفته است، منجر به شناسایی رخدادهای متنوعی از کانه‌زایی‌های مختلف فلزی در این ناحیه گردیده است. با توجه به پتانسیل بالای کانه زایی در منطقه، در ادامه برخی شرکتها نیز مطالعات اکتشافی محدودی بر روی کانه زایی های مس منطقه انجام دادند که امروز بصورت تفصیلی توسط شرکتهای دیگر در حال انجام است. هدف از این مطالعه، بررسی ویژگی های کانی‌سازی، ساخت، بافت، دگرسانی، کنترل کننده کانه‌زایی و الگوی تشکیل کانسار تنکاشکن در محدوده رمشک می باشد.




**شکل۱-الف: موقعیت محدوده کانسار رمشک بر روی نقشه زمین‌شناسی-ساختاری ایران (آقانباتی، ۱۳۸۳)،**
**ب: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده اکتشافی رمشک (اطلس راه‌های ایران ۱۳۸۸).**

**زمین شناسی و سنگ شناسی منطقه:**

از نظر تقسیمات زمین شناسی ایران، منطقه مورد مطالعه بخشی از پهنه افیولیتی جنوب جازموریان (افیولیت های مکران) محسوب می شود که در جنوب فرورافتادگی هامون– جازموریان و در محدوده نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رمشک و ۱:۲۵۰۰۰۰ فنوج (Morgan, 1983a,b) واقع شده است. به طور کلی مجموعه افیولیتی جنوب جازموریان که حاصل فرورانش ورقه اقیانوسی نئوتتیس به زیر صفحه اوراسیا بوده (Moslempour, et al., 2015)، از دو مجموعه دورکان که شامل سنگ‌های آتشفشانی زیردریایی بازالتی و سنگ آهک پلاژیک و رادیولاریت (کرتاسه پایینی-کرتاسه میانی) است و رمشک که شامل سنگ‌های اولترامافیک، گابرو، ترونجمیت، دیوریت، دیاباز و دایک‌های ورقه‌ای(کرتاسه بالایی-پالئوسن پایینی) می‌باشد، تشکیل شده است. مجموعه آمیزه های رنگین(Colored Melanges) نیز از درهم آمیختگی این دو مجموعه ایجاد شده است. در محدوده مورد بررسی عمدتاً مجموعه دورکان و آمیزه های رنگین رخنمون داشته و بخش-های کوچکی از مجموعه رمشک در حاشیه شمالی و مجموعه آمیزه رنگین در حاشیه جنوب باختری منطقه رخنمون دارد (شکل۲).




**شکل ۲- موقعیت کانسارهای مس رمشک در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رمشک (Morgan, 1983)**

**کانسارهای مس منطقه رمشک :**

در محدوده رمشک، کانی‌سازی های مس در سطح زمین بصورت عدسی‌های اکسیدآهن (کلاهک‌های آهنین، شکل ۳ الف) در مجموعه آتشفشانی–رسوبی دورکان و عمدتاً در ۶ پهنه به نام‌های تنکاشکن (تنکاشکو)، سرسو، میمندر،کرماهو، مازرکی و خواک مشاهده می‌شود.

**پهنه معدنی تنکاشکن:**

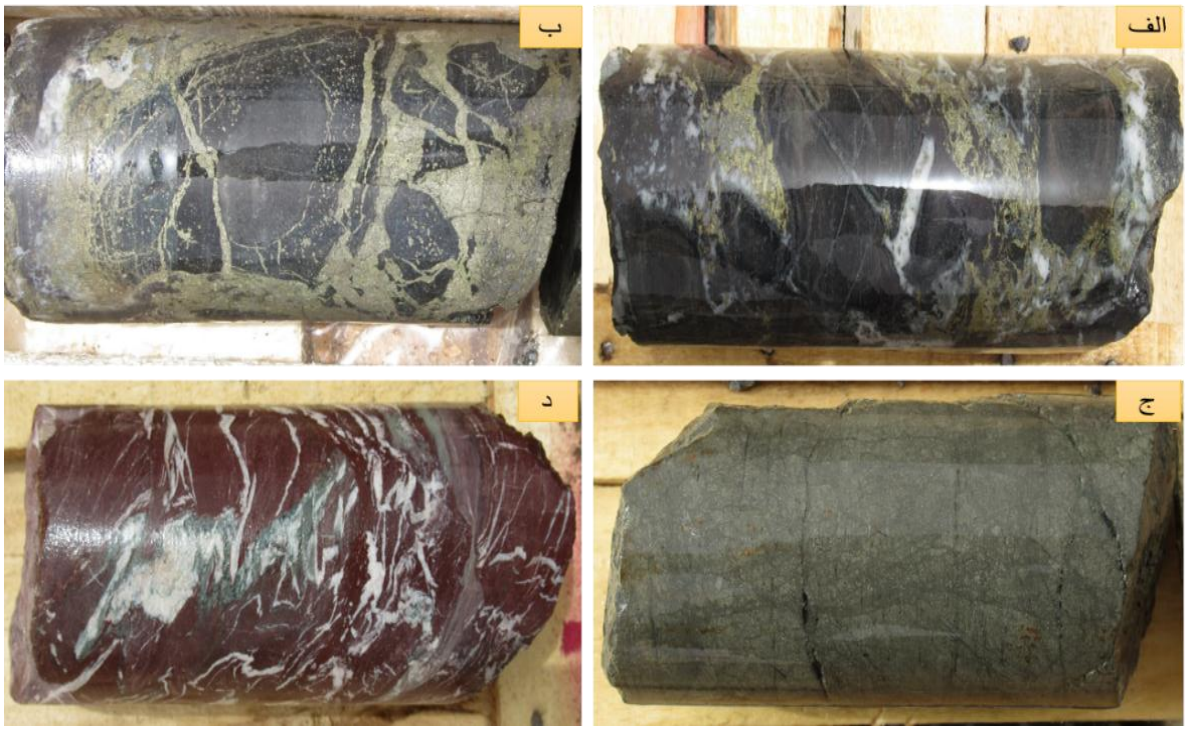
در این محدوده معدنی بخش‌های مهم یک توالی افیولیتی شامل گدازه های بازالتی بالشی و سنگ‌های رسوبی شامل سنگ‌های آهکی و سیلتستون قرمز و کالک شیست مشاهده می‌شود. با توجه به مشاهدات صحرایی، توالی سنگ‌شناسی میزبان کانه زایی از پایین به بالا شامل: ۱–گدازه‌های بازالتی بالشی با دگرسانی غالب اپیدوتی (شکل۳ب)، ۲–سنگ‌های رسوبی دانه ریز سیلتی قرمز (که در بخش‌های زیرین حاوی مقداری بازالت نیز می‌باشند)، ۳–سنگ‌های کالک شیستی نازک لایه آهکی، ۴– سنگ‌های آهکی ضخیم لایه. سنگ‌های آهکی و رسوبات قرمز سیلتی دانه ریز بیشتر بصورت عدسی می‌باشند. پهنه های گوسن بیشتر در مرز سنگهای بازالتی با بخش سیلتستونی دیده می شوند. گوسن بطور عمده متشکل از اکسیدهای آهن (لیمونیت و هماتیت)، سیلیس (چرت و کلسدونی)، کلسیت و ژیپس است. بر روی گوسن یک افق نازک از ژاسپر دیده می شود که گاهی بافت لامینه‌ای دارد. در داخل توالی بازالتی شمال تنکاشکن، دایک‌های ترونجمیتی سفید رنگ گسترش دارند. این سنگ‌ها غالباً درشت دانه هستند اما گاهی در حاشیه‌ها ریزدانه می‌باشند (موسیوند، ۱۳۸۵; Hellman., 2006).




**شکل ۳–الف) نمایی از پهنه معدنی مس تنکاشکن در محدوده رمشک، ب)گدازه‌های بازالتی بالشی در کمرپایین کانسار مس تنکاشکن**

**کانه‌زایی، ساخت و بافت ماده معدنی :**

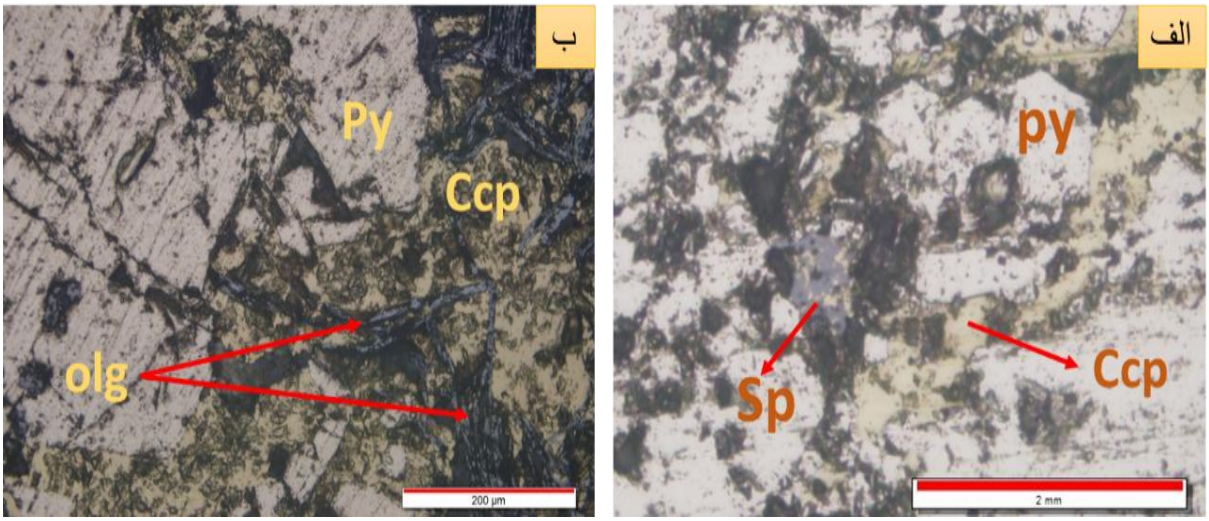
پهنه کانه‌دار در داخل و بالای گدازه‌های بالشی، بصورت کلاهک آهنی یا گوسن ( Gossan) قرار دارد. براساس مشاهدات صحرایی ومطالعه گمانه‌های حفاری شده، رخساره‌های کانسنگ در منطقه از پایین به بالا شامل ۱)رخساره استرینگر رگه-رگچه‌ای و برشی، ۲) رخساره سولفیدی توده‌ای و ۳) رخساره گل اخرا و گاهی ژاسپیلیتی می‌باشند(شکل ۴). در رخساره استرینگر رگه-رگچه ای و برشی، رگه‌های سیلیسی همراه با کالکوپیریت دیده می‌شود. ساخت برشی در مرز بین رخساره رگه-رگچه‌ای و سولفید توده‌ای قرار دارد و با کانی‌های سولفیدی همراه است. رخساره سولفید توده‌ای اغلب شامل پیریت بوده وگاهی با نفوذ رگچه های کالکوپیریت و اولیژیست دار همراه است. رخساره گل اخرا در قسمت بالایی سولفید توده-ای قرار گرفته و بطور عمده متشکل از اکسید آهن (هماتیت)، سیلیس (چرت )، کلسیت و ژیپس می‌باشد (موسیوند، ۱۳۸۵; Hellman., 2006). این بخش می تواند نشان دهنده مراحل آخر تشکیل کانسار و اکسیداسیون محیط تشکیل باشد (غفاری و موسیوند، ۱۳۹۶).




**شکل۴- رخساره‌های کانسنگ در کانسار تنکاشکن در منطقه رمشک: الف) رخساره استرینگر که دارای بافت رگه-رگچه‌ای سیلیسی -سولفیدی در داخل کلریت شیست‌های کمرپایین است. ب) رخساره برشی در کلریت شیست‌ها وشیل‌های سیاه آهکی کمرپایین که حاوی پیریت وکالکوپیریت می‌باشد. ج) رخساره سولفید توده‌ای که عمدتاً از پیریت تشکیل شده و گاهی با نفوذ فاز غنی از کالکوپیریت، اسفالریت و اولیژیست همراه است. د) رخساره گل اخرا که دارای اکسیدهای آهن ورگه‌های سیلیسی می‌باشد.**

**کانی شناسی:**

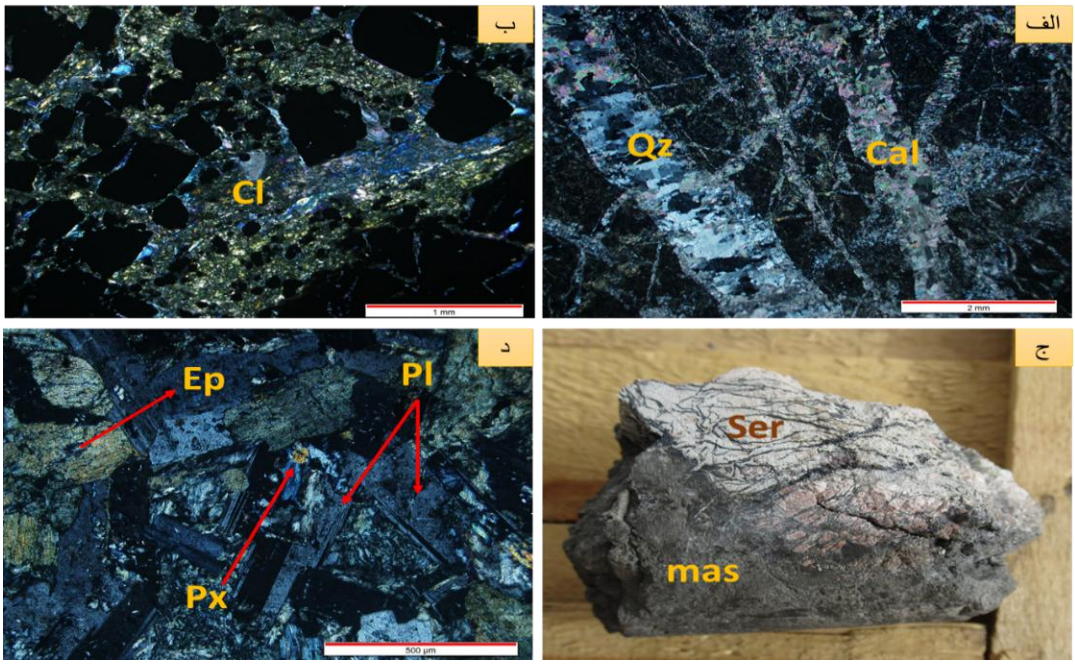
بر اساس مطالعات کانی‌شناسی، کانی‌های اولیه و اصلی تشکیل‌دهنده این کانسار شامل پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و اولیژیست می باشد و کانی‌های ثانویه آن مالاکیت، آزوریت، کوولیت، و اکسید- هیدروکسیدهای آهن هستند. کانی-کالکوپیریت همراه با اولیژیست و اسفالریت جانشین پیریت شده‌اند (شکل۵-الف و ب). گاهی همراهی کالکوپیریت و اسفالریت به صورت بافت اکسلوشن است (شکل ۵-الف).




**شکل۵- کانی‌های معدنی کانسار مس تنکاشکن در منطقه رمشک: الف) پیریت که توسط فاز غنی از کالکوپیریت و اسفالریت جانشین شده است و بافت اکسلوشن کالکوپیریت در اسفالریت، ب) همراهی اولیژیست با کالکوپیریت و جانشینی آنها بجای پیریت. نماد اختصاری کانی‌های معدنی برگرفته از(Whitney and Evans, 2010 )**

## دگرسانی:

مهم‌ترین دگرسانی‌های موجود در کانسار تنکاشن در منطقه رمشک شامل دگرسانی‌های کلریتی، کربناتی، اپیدوتی،آرژیلیک، سریسیتی و سیلیسی می‌باشد (شکل-۶). در قسمت فرودیواره، فراوانترین دگرسانی‌های قابل مشاهده دگرسانی کلریتی ،اپیدوتی و سیلیسی است. بروز دگرسانی در زیر افق معدنی بیشتر بوده و با دور شدن از فرودیواره به سمت فرادیواره از شدت آن کاسته می شود. دگرسانی اپیدوتی و کلریتی بیشترین شدت را در کمرپایین یا فرودیواره دارد.




**شکل۶-دگرسانی در کانسار تنکاشکن: الف) دگرسانی سیلیسی(Qz) و کربناتی (Cal) درکلریت شیست کمرپایین، ب) دگرسانی کلریتی (Cl)در رخساره برشی، ج) دگرسانی سریسیتی (ser) در مرز بالایی سولفیدتوده‌ای (mas)، د) دگرسانی اپیدوتی (Ep) در بازالت‌های کمرپایین که حاوی پلاژیوکلاز(Pl) و پیروکسن(px) هستند.**

## بحث و نتیجه گیری :

براساس مشاهدات صحرایی و مطالعات زیرسطحی و آزمایشگاهی بر روی کانسار تنکاشکن در منطقه رمشک، از جمله سنگ میزبان آتشفشانی-رسوبی، رخداد کانه زایی در افقهای چینه شناسی خاص، شکل هندسی عدسی تا لایه ای شکل کانسار و وجود رخساره های کانه دار از پایین به بالا شامل رگه-رگچه‌ای، سولفید توده‌ای و رخساره گل اخرا که وجود این رخساره‌ها در کانسارهای سولفیدتوده‌ای معمول می‌باشد(Franklin et al, 1998; Gibson and Kerr, 1999)) می توان استنباط کرد که کانسار مس تنکاشکن از نوع سولفید توده ای آتشفشانزاد (VMS) است. مشابه این کانسار در نوارهای متالوژنی پونتید (Revan et al., 2014) و کانسار ارتاکلار (Yildinm et al., 2015) در ترکیه و دیگر کانسارها (Lobanov and Gaskov, 2012) دیده می‌شود، اگرچه تفاوتهایی نیز با آنها دارد.

## منابع فارسی :

-آقانباتی، س.ع.،۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۷۰۸ صفحه.

-غفاری،گ. و موسیوند، ف.، ۱۳۹۵ ،" کانسار باریت فلزات پایه پشته سمنان،کانه‌زایی سولفید تودهای آتشفشانزاد نوع کوروکو در کمان ماگمایی البرز"، هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه زنجان.

-موسیوند، ف.، ۱۳۸۵، مطالعه مقدماتی ویژگی‌های کانه‌زایی محدوده‌های معدنی رمشک، شرکت کاهنربا، ۱۳ صفحه.

## References:

1-Franklin, J.M., Haninngton, M. D., Jonarson, I. R., Barvie, C. T., 1998,*" Arc related volcanogenic massive sulfide deposits"*. In: Metallogeny of Volcanogenic Arcs, British Columbia Geol. Survey, Open file, 1998-8.

2-Gibson, H., Kerr, D. J., 1998,*" Giant VMS deposits: with emphasis on Archean deposit"*. In: 5th annual short course of magmatism, volcanism and metallogeny. Univ. de Bretagne occidental- Brest, France, 3-5 June 1998.

3- Hellman, Ph., 2006, " Evaluation of the Potential for Copper Mineralisation in the Remeshk Area, Kerman – Sistan va Baluchestan Provinces, Islamic Republic of Iran". P: 37

4-Lobanov. K., V., Gaskov. I., V., 2012, *"The Karchiga copper massive sulfide deposit in the high-grade metamorphosed rock of the Kurchum block: geologic structure, formation, and Genetic Models"*. Economic Geology, Vol: 97, p:471-510

5-Morgan, K., (1983b), Fanouj geological map, scale 1:250000, Geological Survey of Iran, map no. 7943.

6-Morgan, K., (1983a), Rameshk geological map, scale 1:100000, geological survey of Iran, map no. 7743.

7-Moslempour, M., Khalatbari-Jafari, M., Ghaderi, M., Yousefi, H., Shahdadi, S., (2015), *"Petrology, geochemistry and tectonics of the extrusive sequence of Fannuj-Maskutan Ophiolite, Southeastern Iran"*. Journal Geological Socierty of India,
Vol.85, pp.604-618.

8- Revan, M.K., Genç, Y., Maslennikov, V.V., Maslennikov, S.P., Large, R.R., Danyushevsky, L.V., 2014, "Mineralogy and trace-element geochemistry of sulfide minerals in hydrothermal chimneys from the Upper-Cretaceous VMS deposits of the eastern Pontide orogenic belt (NE Turkey)". Ore Geology Reviews 63, 129-149.

9-Yildinm, N., Donmez, C., Kang, J., Lee, I., Pirajno, F., Yildirim,E., Gunay, K., Hunseo. J., Farquha, J., Wonchang,S., 2015, *"A magnetite-rich cyprus-type VMS deposit in ortaklar:A unique vms style in the tethyan metallogenic belt,Gaziantep, Turkey"*. Ore Geology Reviews, doi.org/10.1015/j.oregeorev.2016.05.021.

10-Whitney. D. l., Evans, B. W., 2010,*" Abbreviation for names of rock-forming minerals"*. American Mineralogist, Vol: 95, p: 185-187.

# بررسی تکتونیک، تیپ ذخیره و مدل ژنتیکی کانسار کائولن آرازگونی ، جنوب قره آغاج، استان آذربایجان شرقی

◇◇◇◇◇◇◇

نیما یادگاری*[۱]؛ سید غفور علوی[۲]،کمال سیاه چشم[۳]
[۱]دانشجوی دکتری زمین شناسی اقتصادی،دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی،گروه زمین شناسی
[۲]استادیار، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی،گروه زمین شناسی
[۳]استادیار، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی،گروه زمین شناسی

Nima.yadegari7@yahoo.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده :**
کانسار کائولن آرازگونی در استان آذربایجان شرقی و در ۱۸ کیلومتری جنوب شهرستان قره آغاج واقع گردیده است.محدوده مورد نظر در زون بندی های زمین شناسی ایران، بخشی از نوار ولکانو-پلوتونیک ارومیه-دختر است. کائولن زایی در این منطقه در ارتباط با محلول های سیلیس غنی از سولفور مربوط به آخرین فاز های ولکانیسم کواترنری می باشد .در مجاورت روستای دیبکلو در امتداد گسل های عمیق که شاخه هایی از گسل بزرگ قینرجه-چهارتاق است به داخل ولکانیک های برشی نفوذ کرده است و ماده معدنی کائولن در مسافتی حدود ۱۵ الی ۲۰ هکتار در شرق روستای آرازگونی بالا و جنوب و جنوب شرق روستای آرازگونی پایین گسترش یافته است. با توجه به فراوانی کانی های اسید-سولفات مانند کائولینیت و سیلیس و فقدان آدولاریا احتمالا می توان تیپ ذخیره را آرژیلیک پیشرفته دانست.

**کلید واژه ها**:(کائولن، تکتونیک، گوگرد، آرژیلیک، آرازگونی)

**investigation Tectonic, storage type and genetic model in araz goney kaolin deposit South of Qarah Aghaj, East Azerbaijan Province**

**Nima Yadegari; Seyed ghafour Alavi; Kamal Siah Cheshm**

**Abstract:**

Araz Goney Kaolin deposit is located in East Azarbaijan Province,~18 km south of of Qareh Aghaj city. The study area in Iran geological zones is part of Urmia-Dokhtar volcano-plutonic strip.
Kaolinization in this area associated with sulfur-rich silica solutions is related to the last quaternary Volcanic phases. In the vicinity of the village of Dibkloo along deep faults, which are branches of the great Qinarje-Chahar Tagh fault, it penetrates into the breccia volcanics, Kaolin mineral is spreading about 15-20 hectares in the east of the village of high Araz Goney and south and southeast of the village of down Araz Goney. Considering the abundance of acid-sulfate minerals such as kaolinite and silica, and the lack of adularia, probably the storage type can be considered an advanced argillic.

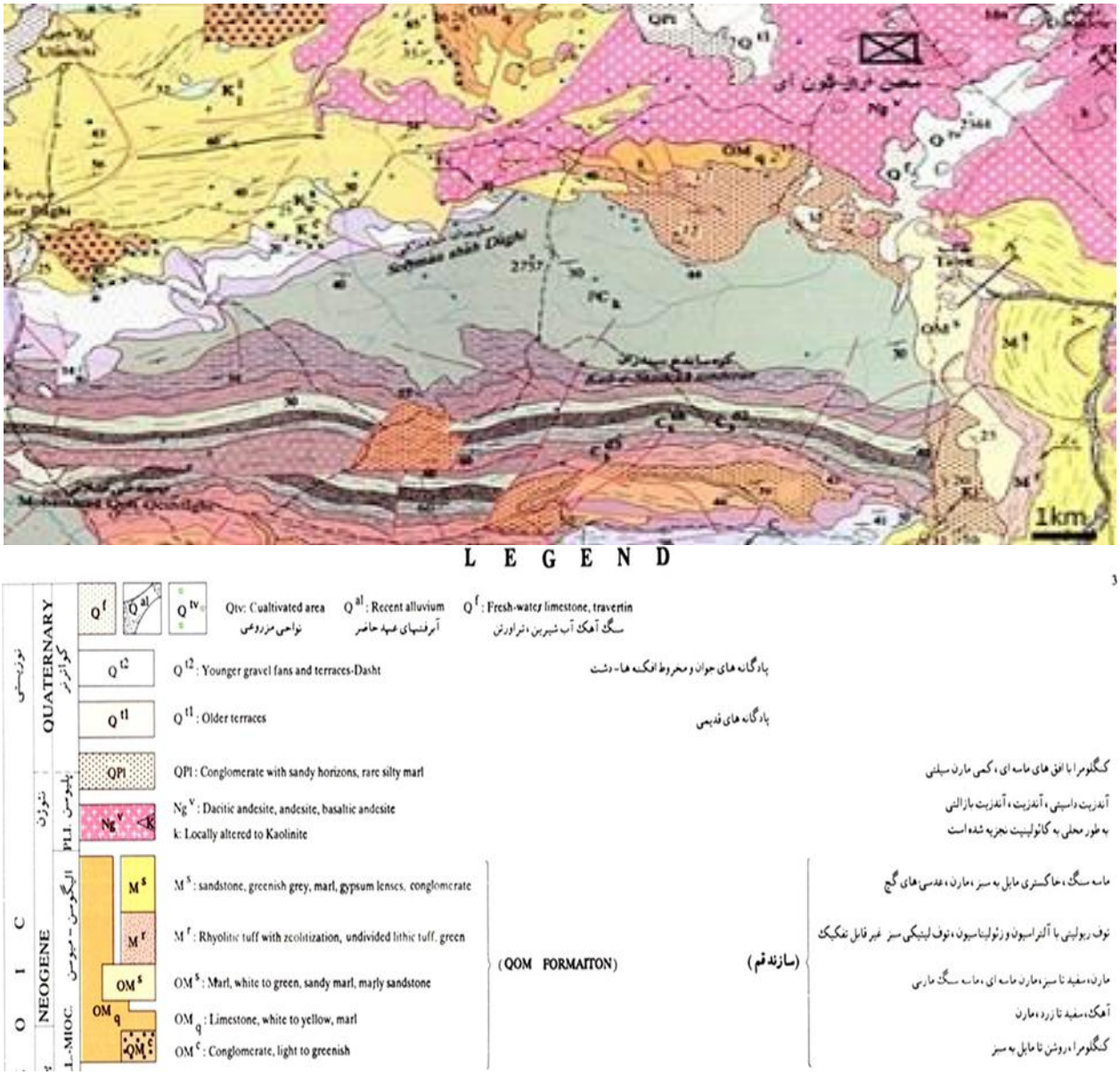
**Keywords :**( Kaolin, Tectonic, Sulfur, Argillic, Araz Goney )

◇◇◇◇◇◇◇

**مقدمه :**

این معدن در طول شرقی ″۱۷ ′۵۸ °۴۶ تا ″۱۰ ′۵۶ °۴۶ و عرض شمالی ″۴۰ ′۵۸ °۳۶ تا ″۰۰ ′۰۰ °۳۷ واقع بوده و محل معدن در ۱۸ کیلومتری جنوب شهرستان قره آغاج واقع در استان آذربایجان شرقی می باشد.

در این منطقه گدازه های توف های برشی داسیت -آندزیتی به رنگ های صورتی و بنفش سنگ مادر کائولن های منطقه را تشکیل می دهند که با یک روند عمومی شمالی-جنوبی با شیب ۲۰ تا ۲۵ درجه به طرف شرق در داخل رسوبات مارنی-ماسه سنگی گچ دار سازند قم با زمان الیگومیوسن قرار گرفته اند. کائولن زایی در این منطقه در ارتباط با محلول های سیلیس غنی از سولفور مربوط به آخرین فاز های ولکانیسم کواترنری می باشد .در مجاورت روستای دیبکلو در امتداد گسل های عمیق که شاخه هایی از گسل بزرگ قینرجه-چهارتاق است به داخل ولکانیک های برشی نفوذ کرده است و ماده معدنی کائولن در مسافتی حدود ۱۵ الی ۲۰ هکتار در شرق روستای آرازگونی بالا و جنوب و جنوب شرق روستای آرازگونی پایین گسترش یافته است.




**شکل ۱ : موقعیت معدن بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهین دژ**

## تکتونیک منطقه

بر اساس بررسی‌های به عمل آمده در واقع منطقه مورد نظر در شمال شرقی یک تاقدیس با روند شمال-شمال غربی و جنوب-جنوب شرقی قرار گرفته است. به طور کلی دو سیستم گسل یکی با روند شمال شرقی- جنوب غربی و دیگری با

روند شمال غربی - جنوب شرقی این منطقه را تحت تأثیر خود قرار داده است که مشتق از گسل‌های بزرگ منطقه مانند گسل قینرجه-چارتاق می‌باشد که در شرق رودخانه آیدوغموش قرار گرفته است. در منطقه مورد مطالعه گسل‌های عمده دارای جهت شمال شرقی-جنوب غربی بوده و در واقع این گسل‌ها سبب دگرسانی گرمابی و ایجاد خاک صنعتی و تراورتن سازی در منطقه شده است. این گسل‌ها اغلب دارای شیب زیادی هستند و جابجایی آن‌ها نیز چپ گرد می‌باشد. در امتداد یکی از این گسل‌ها در شمال روستای دیبکلو به سنگ‌های آندزیتی-بازالتی برخورد شده است که سن کواترنر داشته و ادامه این گسل‌ها از معدن ایسی سو گذر می‌کند و سبب کائولن زایی بیشتری در این منطقه شده است. گسل‌های با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی در محدوده مورد مطالعه کم بوده ولی در خارج از آن وجود دارد و ظاهراً نقش عمده‌ای در کائولن زایی منطقه نداشته‌اند و در اصل می‌توان چنین اظهار نظر نمود که اغلب گسل‌های با امتداد شمال شرقی-جنوب‌غربی سبب هدایت محلول‌های هیدروترمالی به سطح و داخل گدازه‌های آتشفشانی اولیگومیوسن شده است و از طرفی چرخش آب‌های هیدروترمال سبب فعالیت چشمه‌های آبگرم آهک‌ساز شده و در نتیجه تراورتن‌ها نیز تشکیل یافته‌اند. همان طور که گفته شد منطقه مورد مطالعه و اطراف آن در واقع یال شرقی-شمال‌شرقی یک تاقدیس را تشکیل می‌دهند که محور این تاقدیس، دارای راستای شمال-شمال غرب و جنوب-جنوب شرق است. واحدهای موجود در یال شرقی تاقدیس بیشتر مربوط به سنگ‌های آذرین و سنگ‌های آذرآواری اولیگومیوسن و رسوبات سازند قم می‌باشند. با نظر به راستا و نحوه چین خوردگی تاقدیس چنین می‌توان استنباط نمود که این ساختار و در نتیجه عملکرد نیروهای فشار وارده با راستای شمال شرق- جنوب غرب ایجاد شده است و در بعضی نقاط نیز گسل‌ها سبب جابجایی و یا احیاناً تغییر در روند چین خوردگی شده‌اند. گسل‌هایی که روند شمال شرق-جنوب غربی دارند شیب صفحه آن‌ها نزدیک به قائم بوده و در اثر جابجایی احتمالاً در بین دو بلوک فضاهای خالی ایجاد شده که جایگزینی مواد آذرین را به همراه داشته است. آنچه

که حائز اهمیت است این است که گسل‌های یاد شده تا اعماق زیادی از پوسته زمین تداوم داشته و در ارتباط با این گسل‌ها است که محلول‌های هیدروترمال به سطح زمین راه یافته و سبب ایجاد دگرسانی در سنگ‌های منطقه شده است.

**تیپ ذخیره و مدل ژنتیکی**

ازآنجایی که شواهدی مبنی بر نا برجا بودن واحد های سنگی موجود در محدوده کانسار کائولن آرازگونی مشاهده نشده است و کلیه مراحل تشکیل و تکامل این کانسار به صورت درجا صورت گرفته است، این کانسار را می توان جزء کانسارهای کائولن اولیه در نظر گرفت.

با توجه به فراوانی کانی های اسید–سولفات مانند کائولینیت و سیلیس و فقدان آدولاریا و با توجه به زون های دگرسانی و موقعیت آن ها نسبت به هم، احتمالاً می توان تیپ ذخیره را آرژیلیک پیشرفته دانست.

بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ منطقه، می توان نحوه شکل گیری زون های دگرسانی آرازگونی را به صورت شکل ۱ نشان داد. فاز های کانیایی که در این سیستم ها توسعه می یابند تابعی از دما، فشار، نوع سنگ، طبیعت سیالات در حال گردش (مثل pH، فعالیت $CO_2$ ,$H_2S$) و نسبت آب به سنگ می باشد.

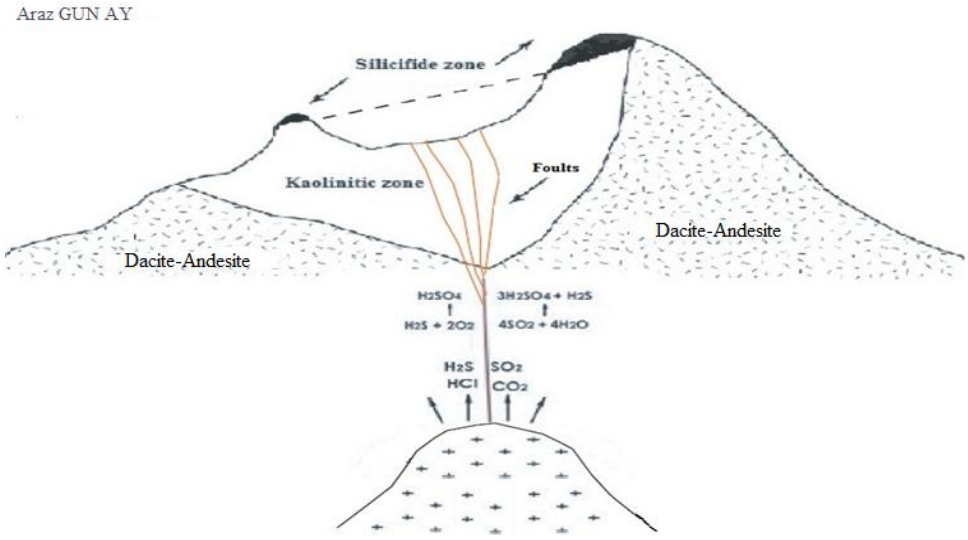
در منطقه مورد مطالعه نحوه عملکرد عوامل یاد شده به گونه ای است که دگرسانی پروپیلیتیک که از دگرسانی های معمول در این تیپ از ذخایر است گسترشی ندارد.

ذخایر اسید–سولفات احتمالاً در نتیجه صعود مواد فرار ماگمایی با درجه حرارت بالا ایجاد می شوند. این مواد فرار که حاوی $H_2S$، $SO_2$، $H_2O$ و HCl می باشند با آب های فرو رو مخلوط می شوند. در نتیجه $SO_2$ و $H_2S$ با آب واکنش داده و طبق واکنش های زیر تشکیل اسید سولفوریک ($H_2SO_4$) می دهند.

1) $H_2S + 2O_2 \rightarrow H_2SO_4$

2) $4SO_2 + 4H_2O \rightarrow 3H_2SO_4 + H_2S$

اسـید سولفوریک با حمله به سنگ های دیواره باعث شستشوی اسیـدی (آرژیلیک پیشرفـته) شـدید می شود. دمای این سیالات اسیدی و اکسید کننده به خاطر وجود پیروفیلیت حدود ۲۰۰ تا ۴۵۰ درجه و pH آن نیز به دلیل شرایط اسیدی در حدود ۱ تا ۳ بوده است.




**شکل ۲ : مقطع عرضی شماتیک از نهشته کائولن آرازگونی، حاصل از واکنش اسید-سولفات با سنگ های آتشفشانی**

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

مطالعات صحرایی، با چندین بار بازدید از منطقه مورد مطالعه آغاز شد. در این مرحلـه زون هـای مختلـف شناسـایی شـد و وضعیت هندسی و مورفولوژی آن ها مشخص گردید. مشاهدات صحرایی مانند، ساخت سنگ های موجود در منطقه و نیز تشخیص گسل های موجود در محدوده ی کائولینیزه شده می باشد.از مواد و ابزار های مورد استفاده در ایـن پـژوهش مـی توان به نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش میانه، ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهین دژ، نقشه ۱:۵۰۰۰۰ آرپاچـائی و الامچـی، نقشـه ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه ۱:۱۰۰۰ از کل محدوده اشاره کرد.

◇◇◇◇◇◇◇

**نتیجه گیری :**

کائولن زایی در این منطقه در ارتباط با محلول های سیلیس غنی از سولفور مربوط به آخرین فاز های ولکانیسم کواترنری می باشد .در مجاورت روستای دیبکلو در امتداد گسل های عمیق که شاخه هایی از گسل بزرگ قینرجه-چهارتاق است به داخل ولکانیک های برشی نفوذ کرده است و ماده معدنی کائولن در مسافتی حدود ۱۵ الی ۲۰ هکتار در شرق روستای آرازگونی بالا و جنوب و جنوب شرق روستای آرازگونی پایین گسترش یافته است. با توجه به فراوانی کانی های اسید-سولفات مانند کائولینیت و سیلیس و فقدان آدولاریا احتمالا می توان تیپ ذخیره را آرژیلیک پیشرفته دانست. ذخایر اسید-سولفات احتمالاً در نتیجه صعود مواد فرار ماگمایی با درجه حرارت بالا ایجاد می شوند. این مواد فرار که حاوی $H_2S$، $SO_2$، $H_2O$ و HCl می باشند با آب های فرو رو مخلوط می شوند. در نتیجه $SO_2$ و $H_2S$ با آب واکنش داده و تشکیل اسید سولفوریک ($H_2SO_4$) می دهند. اسید سولفوریک با حمله به سنگ های دیواره باعث شستشوی اسیدی (آرژیلیک پیشرفته) شدید می شود. دمای این سیالات اسیدی و اکسید کننده به خاطر وجود پیروفیلیت حدود ۲۰۰ تا ۴۵۰ درجه و pH آن نیز به دلیل شرایط اسیدی در حدود ۱ تا ۳ بوده است.

◇◇◇◇◇◇◇

**منابع فارسی :**

افتخارنژاد، ج، ۱۳۵۹، تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه‌های رسوبی، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲

آقانباتی، س. ع. ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه

خلقی، م. ح؛ علوی نائینی، م. گزارش و نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهین دژ تهیه شده در سازمان زمین‌شناسی کشور.

علوی نائینی، م. ۱۳۴۷. گزارش معدن کائولن ایسی سو سازمان زمین‌شناسی کشور.

علوی نائینی، م. گزارش زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش تکاب.

نقشه ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه ۱:۱۰۰۰ از محدوده مورد مطالعه.

# بررسی زمین شناسی، کانی شناسی و پتروگرافی کانسار کائولن آرازگونی، جنوب قره آغاج، استان آذربایجان شرقی

◇◇◇◇◇◇◇

نیما یادگاری*[۱]؛ سید غفور علوی[۲]،کمال سیاه چشم[۳]

[۱]دانشجوی دکتری زمین شناسی اقتصادی،دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی،گروه زمین شناسی

[۲]استادیار، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی،گروه زمین شناسی

[۳]استادیار، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم طبیعی،گروه زمین شناسی

Nima.yadegari7@yahoo.com

◇◇◇◇◇◇◇

**چکیده:**

کانسار کائولن آرازگونی در استان آذربایجان شرقی و در ۱۸ کیلومتری جنوب شهرستان قره آغاج واقع گردیده است.محدوده مورد نظر در زون بندی های زمین شناسی ایران، بخشی از نوار ولکانو-پلوتونیک ارومیه-دختر است. بخش اعظم منطقه مورد نظر از سنگ های آتشفشانی با ترکیب داسیت-آندزیتی الیگومیوسن تشکیل شده است که تحت تأثیر دگرسانی گرمابی به شدت دگرسان گردیده اند. آنالیزهای پراش پرتوی ایکس نشان می دهد که کانی های کائولینیت، آلبیت و کوارتز به عنوان کانی های اصلی حضور دارند که توسط مقادیر کمی ارتوکلاز، میکا، ایلیت، پیروفیلیت، مونت موریلونیت و آناتاز به عنوان کانی های فرعی همراهی می شوند. مشاهدات پتروگرافی نشان می دهد که کانی های اصلی داسیت – آندزیت ها شامل پلاژیوکلاز، پیروکسن، کوارتز، بیوتیت و آلکالی فلدسپار بوده و بافت پورفیریتیک غالب است.

**کلیدواژه ها**:( داسیت، گرمابی، کائولن، پتروگرافی، آرازگونی)

## Investigation of geology, mineralogy and petrography in araz goney kaolin deposit South of Qarah Aghaj, East Azerbaijan Province

**Nima, Yadegari; Seyed ghafour Alavi; Kamal Siah Cheshm**

**Abstract:**

Araz Gun Ay Kaolin deposit is located in East Azarbaijan Province,~18 km south of of Qareh Aghaj city. The study area in Iran geological zones is part of Urmia-Dokhtar volcano-plutonic strip. The bulk of the area is composed volcanic rocks with The composition of dacite-andesitic oligo-miocene which has been strongly altered by hydrothermal alteration. XRD analys.es of altered samples from different alteration zones reveal that kaolinite, albite and quartz of present as major minerals which are accompanied by lesser amounts of accessory minerals like Orthoclase, mica, illite, Pyrophyllite, montmorillonite and anatase. Petrographical examinations indicated that the major minerals within the dacite-andesitic lavas are Plagioclase, pyroxene, Quartz, Alkali feldspar and Biotite, and showing porphyritic textures.

**Keywords :**(Dacite, Hydrothermal, Kaoline, Petrografy, Araz Goney)

◇◇◇◇◇◇◇

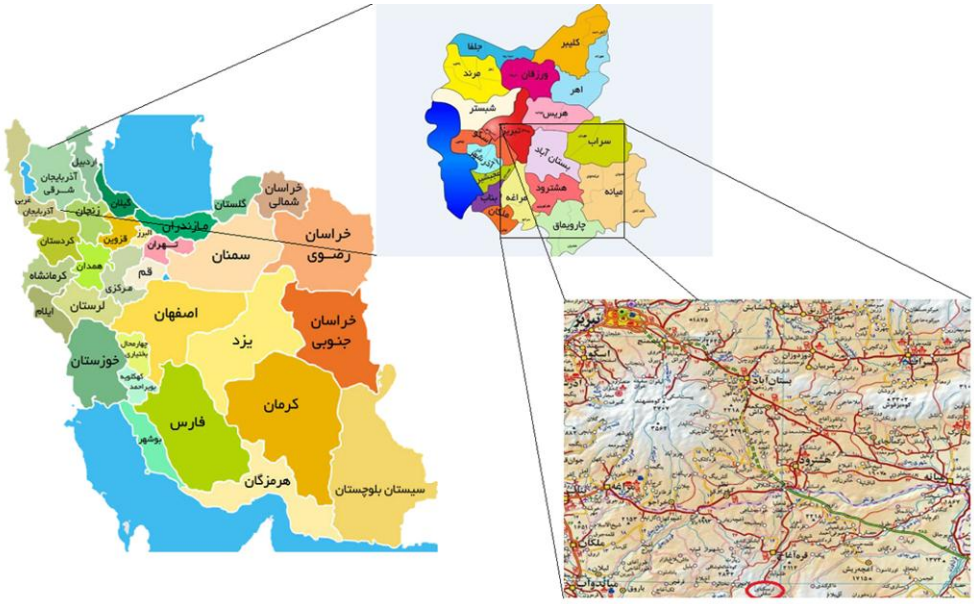
**مقدمه:**

کائولن یک اصطلاح اقتصادی است که برای کانی های رسی تقریباً سفید به کار می‌رود. کائولن سنگی نرم، خاکی و شکل پذیر می باشد که عمدتاً از کانی کائولینیت تشکیل شده است (۵۰ تا ۹۵ درصد). کائولن شامل کانی‌های رسی کائولینیت، دیکیت، ناکریت و هالوزیت می‌باشد. شرایط آب و هوایی، ترکیب کانی شناسی سنگ های منشا و میزان هوازدگی آن و همچنین فرآیندهای حمل و نقل و رسوبگذاری نقش مهمی در تشکیل انواع کانی های رسی دارند. از خواص مهم این سنگ می توان به چسبندگی، کلوئیدی بودن، نفوذپذیری، قابلیت رسانایی گرمایی و الکتریسیته کم، جذب آب فوق العاده اشاره کرد. عدم تغییر آن در طیف گسترده ای از pH باعث شده است که در صنایع مختلف به صورت گسترده به عنوان ماده ی اصلی و در پاره ای از صنایع در کنار مواد دیگر به کار رود. کانی شناسی کائولن عمدتاً شامل کائولینیت، کوارتز و فلدسپات است و کانی های فرعی دیگر نیز می توانند در ترکیب آن وجود داشته باشند، که وجود برخی از آن ها ناخالصی به شمار آمده و رفتار فیزیکی فرآیند تولید را به شدت تحت تاثیر قرار می دهند. کائولن یک نوع خاک صنعتی به رنگ خاکستری، سبز و زرد با لمس چرب است که دارای طیف وسیع مصرفی در اکثریت صنایع می باشد. کانسارهای کائولن اکثراً به دو صورت اولیه و ثانویه ذخیره می گردند که دارای سه خاستگاه برجای مانده، رسوبی و گرمابی می باشند. از نظر ویژگی های کانی شناسی، ترکیب شیمیایی و چگونگی زایش، کانسارهای اقتصادی کائولن به دو گروه ۱- کانسارهای نوع رسوبی در پیوند با فرآیندهای فرسایشی و رسوب گذاری و ۲- کانسارهای نوع گرمابی مرتبط با فرآیندهای ولکانیسم ترسیر تقسیم می شوند. پارامترهای مؤثر در تشکیل انواع مختلف کانسارهای کائولن عبارتند از ترکیب شیمیایی سنگ مادر، مقادیر PH ، درجه حرارت، عوامل ساختمانی (بستر مناسب)، شرایط اقلیمی و زمان می باشند. تجزیه و دگرسانی کانی های آلومینوسیلیکات سنگ های آذرین اسیدی متداول ترین نوع تشکیل کائولن می باشد. در طی چنین فرآیندی مجموعه کانی های فیلوسیلیکاته و فلدسپات ها به ویژه پلاژیوکلازها به دلیل داشتن انرژی پیوندی ضعیف در به وجود آوردن چنین ذخایر بسیار مناسب هستند. به دنبال دگرسانی و تجزیه، شبکه های کانی های فلدسپات توسط محلول های یونی، هیدراسیون و هیدرولیز شکسته شده و یون های CaNa, K آزاد شده و واکنش Si وAl با OH باعث تشکیل کائولینیت می گردد. در طی واکنش های دگرسانی سوپرژن عامل PH در تحرک و توان مهاجرت یون ها نقش مهمی دارند. عناصر قلیایی خاکی بیش از عناصر قلیایی توانایی تحرک دارند، در حالی که آهن و آلومینیم از توانایی کمتری برخوردارند. از این رو یون های قلیایی از محیط های اسیدی به آسانی بیرون می روند و یون های آهن و آلومینیم در محیط به صورت ترکیبات سیلیکاتی و اکسیدی بر جا می مانند و تشکیل کانی های کائولینیت و بوکسیت را همراه کانی هایی از اکسید آهن می دهند .در پدیده کائولن زایی یون هایی نظیر کلسیم، منیزیم، سدیم و بخش اعظم پتاسیم موجود در سنگ های اصلی باید از محیط خارج گردند و تنها به مقدار بسیار کمی یون پتاسیم نیاز است. سیلیس نیز

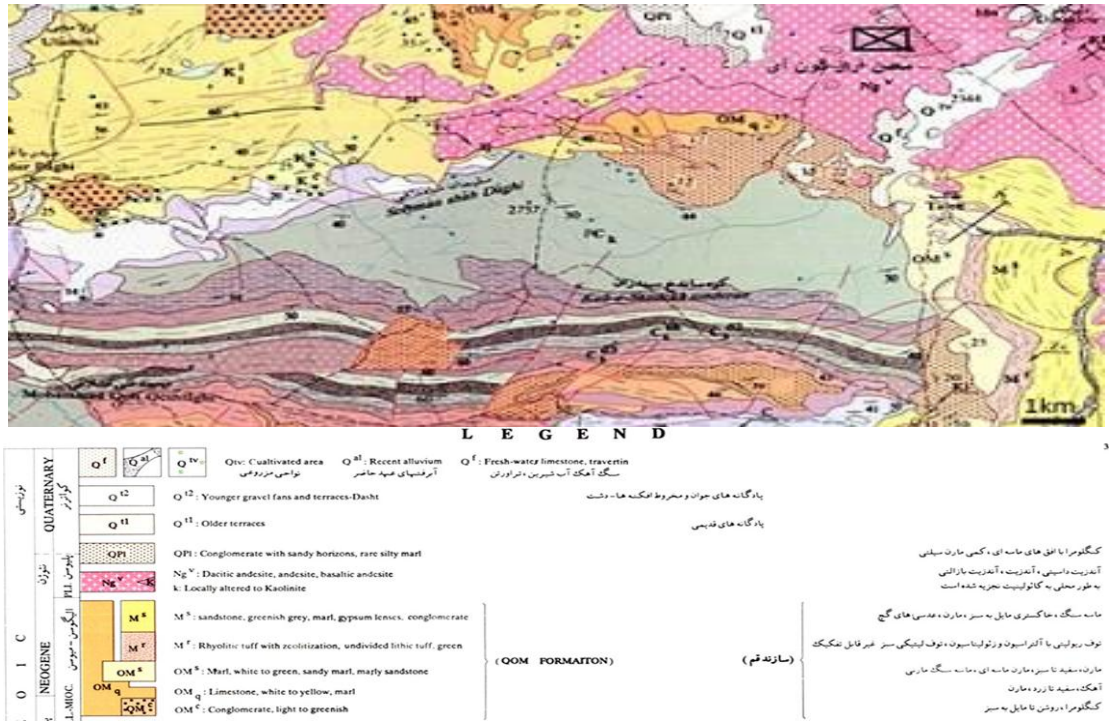
دارای تحرک کمی می باشد که در محیط قلیایی با مقادیر کم $CO_2$ ، انحلال بیشتری می یابد. لذا در محیط های گرم انحلال آن به علت وجود محلول های قلیایی بیشتراست.

این معدن در طول شرقی ″۱۷ ′۵۸ °۴۶ تا ″۱۰ ′۵۶ °۴۶ و عرض شمالی ″۴۰ ′۵۸ °۳۶ تا ″۰۰ ′۰۰ °۳۷ واقع بوده و محل معدن در ۱۸ کیلومتری جنوب شهرستان قره آغاج واقع در استان آذربایجان شرقی می باشد.

در این منطقه گدازه های توف های برشی داسیت-آندزیتی به رنگ های صورتی-بنفش سنگ مادر کائولن های منطقه را تشکیل می دهند که با یک روند عمومی شمالی-جنوبی با شیب ۲۰ تا ۲۵ درجه به طرف شرق در داخل رسوبات مارنی-ماسه سنگی گچ دار سازند قم با زمان الیگومیوسن قرار گرفته اند. کائولن زایی در این منطقه در ارتباط با محلول های سیلیس غنی از سولفور مربوط به آخرین فاز های ولکانیسم کواترنری می باشد .در مجاورت روستای دیبکلو در امتداد گسل های عمیق که شاخه هایی از گسل بزرگ قینرجه-چهارتاق است به داخل ولکانیک های برشی نفوذ کرده اند و ماده معدنی کائولن در مسافتی حدود ۱۵ الی ۲۰ هکتار در شرق روستای آرازگونی بالا و جنوب و جنوب شرق روستای آرازگونی پایین گسترش یافته است.




**شکل ۱ : نقشه راه های دسترسی به منطقه مورد مطالعه و موقعیت آن در نقشه جغرافیایی ایران**




**شکل ۲ : موقعیت معدن بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهین دژ**

## بحث

محدوده مورد مطالعه در گوشه شمال غربی نقشه چهارگوش تکاب واقع شده است و قسمت بیشتر محدوده را سنگ های آتشفشانی اولیگومیوسن مانند داسیت و آندزیت تشکیل داده اند. این سنگ ها در اثر عوامل دگرسانی گرمابی دگرسان گشته و به خاک های صنعتی با رنگ های مختلف شامل کانی هایی چون کائولینیت، آلبیت، کوارتز، ارتوکلاز، میکا، ایلیت، پیروفیلیت، مونت موریلونیت و آناتاز تبدیل شده اند. این سنگ ها در بعضی نقاط دارای دگرسانی کمتری بوده و گاهاً نیز کاملاً سالم و دگرسان نشده هستند. روی این سنگ ها واحد دیگری با سن پلیو کواترنر قرار گرفته که به صورت آگلومرا بوده و اغلب قطعات آن را سنگ های آتشفشانی پلی ژنتیک تشکیل داده است. گاهاً به گدازه هایی از بازالت-آندزیت نیز برخورد شده است. رسوبات جوان کواترنری همانند رسوبات چشمه ای به صورت تراورتن و نیز رسوبات کوهپایه ای و رسوبات رودخانه ای و رسوبات آبرفتی دشت از جوانترین رسوبات موجود در داخل محدود مورد مطالعه بوده که روی واحدهای قدیمی به صورت دگرشیب قرار گرفته اند. واحدهای مختلف سنگی موجود در محدوده اکتشافی از قدیم به جدید به ترتیب زیر است:

الف: سنگ های آندزیتی – داسیتی ب: واحد سنگهای دگرسان شده آتشفشانی ج: واحد تراورتن د:خاک و رسوبات جوان

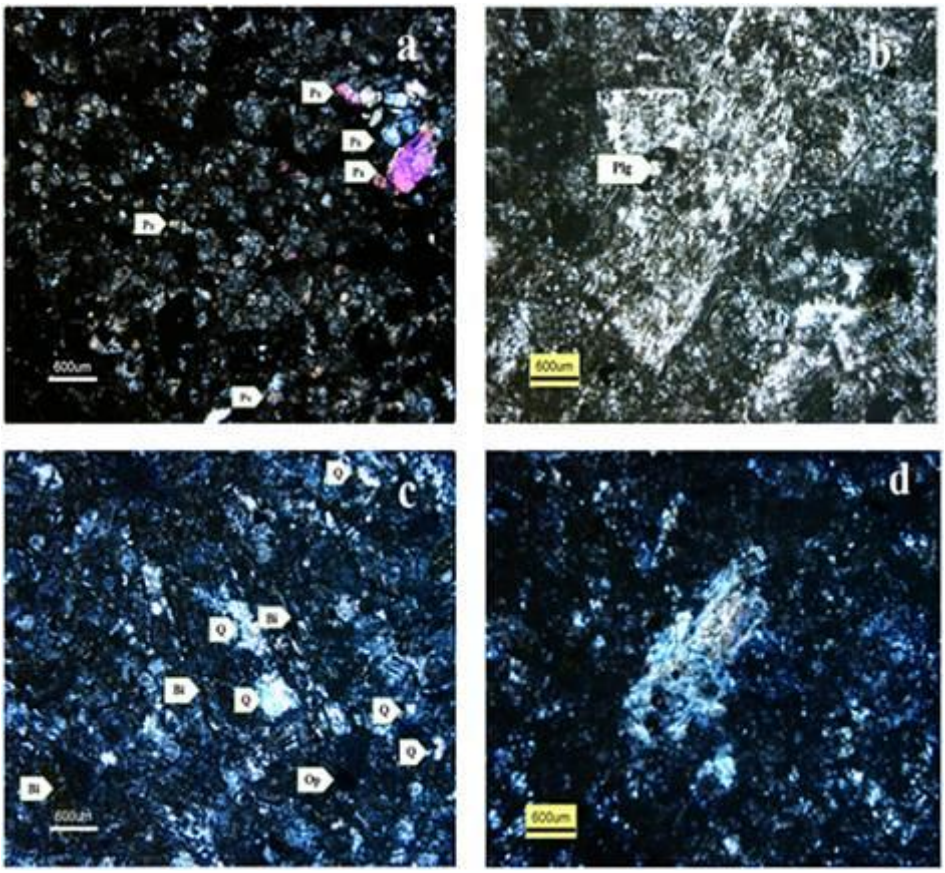
آنالیزهای XRD نشان می دهد که کانی های کائولینیت، آلبیت و کوارتز به عنوان کانی های اصلی حضور دارند که توسط مقادیر کمی ارتوکلاز، میکا، ایلیت، پروفیلیت، مونت موریلونیت و آناتاز به عنوان کانی های فرعی همراهی می شوند.

| ردیف | نمونه | کانی‌ها |
|---|---|---|
| 1 | AR1 | Quartz + Albite + Alkali Feldespar + Kaolinite+ Mica + IIlite + Pyrophylite + Anatase+ Montmorillonite |
| 2 | AR2 | Quartz + Albite + Kaolinite + Alkali Feldespar + Mica + IIlite + Pyrophylite + Anatase+ Montmorillonite |
| 3 | AR3 | Quartz + Albite + Kaolinite + Alkali Feldespar + Mica + IIlite + Pyrophylite + Anatase+ Montmorillonite |

**جدول ۱ : نتایج آنالیز مینرالی به روش پراش پرتو ایکس از نمونه های کائولن**

## پتروگرافی:

مطالعات پتروگرافی نشان می‌دهد که کانسنگ‌های داسیت–آندزیتی منطقه دارای بافت پورفیریتیک با فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن در یک زمینه‌ریزدانه میکرولیتی تا شیشه‌ای متشکل از پلاژیوکلاز، پیروکسن، کوارتز، بیوتیت و آلکالی فلدسپار می‌باشند. پلاژیوکلاز کانی فراوان این سنگ‌ها بوده و ترکیب آن باتوجه به ویژگی‌های نوری در حد الیگوکلاز تا آندزین می‌باشد. پلاژیوکلازها نیمه شکل تا شکل‌دار با ماکل‌های آلبیتی و کارلسبادی بوده و تا ۲۵ درصد کل حجم سنگ را شامل می‌شود.




**شکل ۲ : تصویر میکروسکوپی از مقاطع سنگی واحد داسیت –آندزیتی. a) فنوکریست‌های پیروکسن در زمینه دانه‌ریز میکرولیتی تا شیشه‌ای (نور XPL). b) فنوکریست‌های پلاژیوکلاز در زمینه دانه‌ریز میکرولیتی تا شیشه‌ای (نور PPL). c) بلورهای کوارتز، بیوتیت و کانی‌های اپک در کنار هم. d) پلاژیوکلاز تبدیل شده به سرسیت.**




**شکل ۳ : واحدهای لیتولوژیکی به ترتیب از سنگ مادر داسیت –آندزیتی به کائولن تا خلوص بالا با نمونه برداری سیستماتیک a) نمونه‌ای از سنگ مادر نسبتاً سالم آندزیتی ذخیره کائولن آرازگونی. b) نمونه‌ای از سنگ مادر نسبتاً سالم داسیتی ذخیره کائولن آرازگونی. c) نمونه‌ای از سنگ مادرآندزیتی آلتره شده ذخیره کائولن آرازگونی. d) نمونه‌ای از سنگ مادر داسیتی آلتره شده ذخیره کائولن آرازگونی. e و f) نمونه‌ای از کائولن‌های نسبتاً خالص و مرغوب در ذخیره کائولن آرازگونی**

◇◇◇◇◇◇◇

**روش تحقیق:**

همزمان با مطرح نمودن و تصویب عنوان طرح مطالعاتی مورد نظر در پاییز ۱۳۹۶، مطالعات کتابخانه ای جهت به دست آوردن اطلاعات مورد نیاز در زمینه ی شناخت ذخائر کائولن، نحوه ی شکل گیری این ذخایر، کانسارهای کائولن ایران و جهان و نیز مطالعات پترولوژیکی و ژئوشیمیایی مورد نیاز آغاز گردید. در این راستا از منابع فارسی و لاتین اعم از کتاب ها و مقالات منتشر شده استفاده شد و بدین وسیله زمینه مساعدی برای اجرای مراحل بعدی فراهم گردید. مطالعات صحرایی، با چندین بار بازدید از منطقه مورد مطالعه آغاز شد. در این مرحله زون های مختلف شناسایی و وضعیت هندسی آنها مشخص گردید. در این مرحله، دگرسانی های منطقه مورد بررسی قرار گرفت و در امتداد پروفیل های عرضی انتخابی از عدسی کائولن دار منطقه، نمونه برداری سیستماتیک به عمل آمد. از دیگر کارهای صورت گرفته در این مرحله می توان به برداشت اطلاعات مورد نیاز جهت تهیه ی نقشه ی زمین شناسی از محدوده مورد مطالعه به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰، مشاهدات صحرائی مانند، ساخت سنگ های موجود در منطقه و نیز تشخیص گسل های موجود در محدوده ی کائولینیزه شده اشاره کرد. در نمونه برداری از محدوده مورد مطالعه از دو روش تصادفی و سیستماتیک استفاده شد. نمونه های حاصل از روش اول، در طی پیمایش منطقه به صورتی تصادفی انتخاب و برداشته شده اند و نمونه برداری سیستماتیک در امتداد دو پروفیل

عرضی انتخابی از عدسی های کائولن دار منطقه، که از لحاظ خلوص ماده معدنی نسبت به سایر بخش ها شاخص تر هستند، به عمل آمد و ادامه نمونه های حاصل از نمونه برداری سیستماتیک جهت آنالیز انتخاب شدند.

برای انجام مطالعات میکروسکوپی، تعداد ۸ نمونه مقاطع نازک از نمونه های کائولن، سنگ منشا و سایر واحدهای سنگی موجود در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. و نیز جهت شناسایی کانی های رسی در نمونه ها، تعداد ۳ نمونه در آزمایشگاه کانپژوه مورد آنالیز پراش پرتو XRD قرار گرفتند.

◇◇◇◇◇◇◇

## نتیجه گیری :

بخش اعظم منطقه مورد نظر از سنگ های آتشفشانی با ترکیب داسیت-آندزیتی الیگومیوسن تشکیل شده است که تحت تاثیر دگرسانی گرمابی به شدت دگرسان گردیده اند. آنالیزهای XRD نشان می دهد که کانی های کائولینیت، آلبیت و کوارتز به عنوان کانی های اصلی حضور دارند که توسط مقادیر کمی ارتوکلاز، میکا، ایلیت، پروفیلیت، مونت موریلونیت و آناتاز به عنوان کانی های فرعی همراهی می شوند. مشاهدات پتروگرافی نشان می دهد که کانی های اصلی داسیت – آندزیت ها شامل پلاژیوکلاز، پیروکسن، کوارتز، بیوتیت و آلکالی فلدسپار بوده و بافت پورفیریتیک غالب است.

◇◇◇◇◇◇◇

## منابع فارسی :

افتخارنژاد، ج، ۱۳۵۹، تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه‌های رسوبی، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲

آقانباتی، س. ع. ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه

خلقی، م. ح؛ علوی نائینی، م. گزارش و نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهین دژ تهیه شده در سازمان زمین‌شناسی کشور.

علوی نائینی، م. ۱۳۴۷. گزارش معدن کائولن ایسی سو سازمان زمین‌شناسی کشور.

علوی نائینی، م. گزارش زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش تکاب.

قربانی، م. ۱۳۷۳. زمین‌شناسی ایران: کائولن و رس‌های نسوز، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۷۱ صفحه.