



## زمین شناسی، آلتراسیون، کانه زائی، ژئوشیمی و پتانسیل های معدنی منطقه کانی سازی شمال غرب نیشابور

علیرضا غیاثوند\*، محمدحسن کریم پور، محمدرضا حیدریان شهری، آزاده ملک زاده شفارودی

گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

### چکیده:

منطقه مورد مطالعه واقع در کمربند آتشفشانی - نفوذی شمال غرب نیشابور به سن ائوسن میانی تا میوپلیوسن است. از نظر ساختاری جزء زون بینالود است. انواع آلتراسیون سیلیسی، آرژیلیک، پروپیلیتیک، سرسیتی، کلریتی، آلونیتی، کربناتی، هماتیتی و در بعضی قسمتها اپیدوتی شدن در سنگهای منطقه دیده می شود. ذخایر فیروزه در داخل گدازه های حدواسط تا اسیدی تراکیت، تراکی آندزیت و آندزیت قرار گرفته است. گسلهای اصلی منطقه را تحت تأثیر قرار داده اند و ژنز فیروزه مرتبط با فرآیندهای ساختاری حاکم بر منطقه است. فیروزه آخرین فاز کانه زایی است. شواهد موجود نشانگر احتمال حضور کانی سازی مرتبط با سیستم پورفیری در اعماق است.

### Geology, alteration, mineralization, geochemistry and mineral potentials of the mineralization area in northwest of Neyshabour

A. Ghasvand, M. H. Karimpour, M. Heidarian Shahri, and A. Malekzadeh Shafaroodi

Geology department, Ferdowsi university of Mashhad

### Abstract:

The study area is located in middle Eocene to mio-pliocene plutonic-volcanic belt in northwest of Neyshabour. Structurally, it belongs to Binaloud zone. Alterations include silicic, argillic, propylitic, sericitic, chloritic, alunitic, carbonatic, hematitic



and epidotic types. Turquoise deposits occur in intermediate to acidic volcanic rocks as trachyte, trachy-andesite and andesite. Major faults have affected the area and turquoise mineralization is related to them. According to the existing indicators, the mineralization can be related to porphyry system.

#### مقدمه:

منطقه مورد مطالعه در 53 کیلومتری شمال غرب نیشابور در استان خراسان رضوی قرار دارد (شکل 1). این منطقه در بخش شرقی نقشه‌ی زمین‌شناسی 1:250000 سبزوار واقع است که قسمت شمال شرق نقشه زمین‌شناسی 1:100000 سلطان آباد و جنوب شرقی نقشه زمین‌شناسی 1:100000 مشکان را در بر می‌گیرد. مهمترین کانی‌سازی که تاکنون در منطقه مورد مطالعه اکتشاف شده، فیروزه است که در معدن فیروزه نیشابور در حال استخراج است. این تحقیق به معرفی محدوده کانی‌سازی شمال غرب نیشابور می‌پردازد که نتایج اولیه مطالعات جامع در منطقه است. در ادامه اشاره ای مختصر به مطالعات زمین‌شناسی، تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی، آلتراسیون، کانه زائی، ژئوشیمی، پتانسیل‌های معدنی منطقه خواهیم کرد. سپس در خصوص ژنز کانی فیروزه در منطقه بحث خواهد شد و تیپ‌های مهم کانی‌سازی محتمل معرفی خواهند شد

#### بحث

#### زمین‌شناسی

همان‌طور که گفته شد، منطقه مورد مطالعه در شمال شرق محدوده نقشه زمین‌شناسی 1:250000 سبزوار قرار دارد که قسمت شمال شرق نقشه زمین‌شناسی 1:100000 سلطان آباد و جنوب شرقی نقشه زمین‌شناسی 1:100000 مشکان را در بر می‌گیرد. حجم عمده سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه، ولکانیک‌های دوران سوم هستند که عمدتاً به صورت گدازه و آذرآواری و به مقدار بسیار کم به صورت توده‌های نیمه عمیق در سطح دیده می‌شود. از نظر سنی، سنگ‌های ولکانیکی مذکور از جنوب به شمال جوانتر می‌شوند (Baumann et al., 1982). یک کمربند ماگمائی از جنوب شرق محدوده به طرف شمال غرب آن ادامه دارد که عمدتاً مربوط به زمان ائوسن و شامل گدازه‌ها و آذرآواری‌های متوسط تا بازیک است. در داخل آنها ولکانیک‌های بعد از ائوسن



نیز به صورت گنبد‌های آتشفشانی، دایک و گدازه دیده می‌شوند. جوانترین سنگ‌های آتشفشانی منطقه مربوط به پلیوکواترنر می‌باشند.

گدازه‌های ائوسن دارای طیف ترکیبی متوسط تا بازی و به مقدار کمتر اسیدی هستند. به طور کلی ردیف ائوسن، بیشتر سن ائوسن میانی - پسین را نشان داده‌اند. تکاپوهای آتشفشانی شدید است، به نحوی که حجم قابل توجهی از گدازه و مواد آذرآواری را شامل می‌شود. گدازه‌ها ترکیب متوسط تا اسیدی و به ندرت بازیک دارند. بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی 1:100000 مشکان (امینی و کان ناظر، 1379) و سلطان آباد (اکرمی و عسگری، 1379)، واحد  $E_1^v$  دارای راستای شمال غربی - جنوب شرقی است. گدازه و گدازه‌های برشی شده با ترکیب تراکی آندزیت - تراکیتی همراه با توف و توفیت و به رنگ خاکستری مایل به قرمز و یا صورتی، ستبرائی نزدیک به 300 متر را شامل می‌شوند. معدن فیروزه نیشابور در گدازه‌های این واحد قرار گرفته است. وجود آلتراسیون‌های شدید و متنوع در این واحد قابل توجه است. واحد  $E_1^{vb}$  که درون سنگ‌های آتشفشانی واحد  $E_1^v$  جای دارد و بخشی از آن به شمار می‌آید، روانه‌های گدازه و گدازه‌های برشی شده بازالت آندزیتی، به رنگ خاکستری مایل به سبز تیره است. ستبرای این واحد تا 100 متر نیز می‌رسد. واحد  $PI-Q^{da}$  شامل سنگ‌های آندزیت، داسیت و کوارتز تراکی آندزیت به رنگ خاکستری روشن است که به صورت گنبد، دایک و یا گدازه‌های ستبر نهشته‌های ائوسن را بریده و یا بر روی آنها جای گرفته و جوان‌ترین بخش نهشته‌های آتشفشانی پلیوکواترنر را تشکیل می‌دهند. سلطانی دهنوی (1388)، سنگ‌های آتشفشانی واقع در قسمت جنوب شرقی نوار آتشفشانی مشکان که دارای راستای شمال غربی - جنوب شرقی است و به ائوسن میانی - پسین نسبت داده شده را به سه واحد  $E_1$ ،  $E_2$  و  $E_3$  تقسیم نموده است. بر اساس شواهد پتروگرافی و ژئوشیمیائی، واحد  $E_1$  دارای تمایل آلکالن و واحدهای  $E_2$  و  $E_3$  دارای تمایل کالک‌آلکالن هستند. لازم به ذکر است که سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه ایشان بخش کوچکی از شرق منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد که واحد  $E_1$  در آن رخنمون دارد. شکل (2) نقشه زمین‌شناسی بخشی از محدوده مورد مطالعه در شمال غرب نیشابور را نشان می‌دهد.

## تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی



منطقه مورد مطالعه در بخش غربی زون بینالود قرار دارد. این زون که نبوی (1355)، آن را زون تدریجی بین ایران مرکزی و البرز و بیشتر شبیه ایران مرکزی می داند، دارای ویژگی های زمین شناسی خاصی است که رخساره های آن، قبل از دوران مزوزوئیک (پالئوزوئیک)، شامل سری های کربناته و دونین، کاملاً به رخساره های شرق ایران مرکزی شباهت دارند، اما رخساره های مزوزوئیک آن شامل رخساره های رتولپاس، ژوراسیک بالائی و کرتاسه زیرین و تا حدی سنوزوئیک آن به رخساره های البرز شباهت دارند. این ناحیه، در واقع محل برخورد صفحه پایدار توران در شمال و صفحه کوچک شرق ایران مرکزی در جنوب است که مجموعه افیولیتی حاصل از بسته شدن بخشی از نئوتتیس شرقی، در جنوب این ناحیه به صورت یک کمربند تقریباً شرقی - غربی رخنمون دارند. بسته شدن حوضه اقیانوسی موردنظر در واقع در اثر فرورانش به سمت شمال پوسته اقیانوسی موردنظر، با شیب تقریباً تند به وقوع پیوسته است (Spies et al., 1983) و نتیجه این فرورانش تشکیل کمان ماگمائی جزیره ای (island arc)، از ائوسن به بعد است.

با بررسی درزه و شکستگی های واجد کانه زائی فیروزه، و درزه و شکستگی هائی که فاقد کانی سازی فیروزه هستند، مشخص شده که در تمام نقاطی که فیروزه تشکیل شده، دو سیستم گسلی حادث شده و وجود هر دوی این سیستمها برای تشکیل فیروزه ضروری است. این سیستم های گسلی با امتداد تقریباً شمالی - جنوبی و شمال شرق - جنوب غرب مشخص می شوند (شکل 3).

## آلتراسیون

بر اساس ملک زاده و کریم پور (1389)، سه محدوده مهم آلتره شده در منطقه شمال غرب نیشابور تشخیص داده شده که عبارتند از: 1) آلتراسیونی با وسعت 3 کیلومترمربع در واحد آندزیتی در شمال شرقی معدن فیروزه با آلتراسیون های پروپیلیتیک و هماتیتی شدید، 2) آلتراسیونی با وسعت 4 کیلومترمربع در غرب محدوده و غرب معدن با آلتراسیون های آرژیلیک، آلونیتی و کربناتی و 3) آلتراسیونی به وسعت حدود 2 کیلومترمربع در شمال شرقی محدوده در جنوب کانی سازی های مگنتیت در واحد آندزیتی که شامل زون های آرژیلیک، آلونیتی و کربناتی است و همچنین آلتراسیون سیلیسی نیز به طور پراکنده در اطراف معدن فیروزه بارز شده است (شکل 4). فعالیت های گرمایی موجب تغییر رنگ شدید سنگها در این منطقه شده و به سبب گسلش،



سنگهای فوق العاده تیره مجاور سنگهای روشن و سفیدرنگ قرار گرفته است. به طور خلاصه، در منطقه مورد مطالعه، آلتراسیون ها شامل سیلیسی، آرژیلیک، پروپیلیتیک، پیریتی، سربیسیتی، کلریتی، آلونیتی، کربناتی، هماتیتی و در بعضی قسمت ها اپیدوتی شدن است که به وضوح و به طور گسترده ای دیده می شود.

### کانه زائی

کانی های مهم دیده شده در معدن فیروزه شامل کالکوپیریت، پیریت، ژاروزیت، کریزوکولا، آلونیت، لیمونیت و هماتیت است. مهمترین کانی سازی اقتصادی شناخته شده در منطقه فیروزه است که همان فسفات مس و آلومینیوم آبدار است. در دنیا فیروزه نیشابور به **Persian Turquoise** مشهور است. این کانی در نمونه های دستی، رنگ هائی از آبی روشن تا سبز آبی تا سبز، قهوه ای و سفید به نمایش می گذارد. تراکیت سنگ مادر فیروزه معادل دانه ریز ولکانیکی و نیمه عمیق سینیت می باشد که از نظر ترکیب شیمیایی از انواع غنی از کوارتز تا انواع غنی از فلدسپاتوئید تغییر می کند.

وجود چندین رخنمون از سنگهای نفوذی نیمه عمیق متعلق به دوره نئوژن در شمال غربی و جنوب شرقی معدن فیروزه و احتمالاً وجود انشعابات از سنگهای نفوذی در قسمت های زیرین می تواند منشاء کانی سازی باشد و حتی کانسارهایی از نوع مس پورفیری به وجود آورد. کانی سازی مربوط به سنگهای نفوذی فوق ممکن است در درزه ها و شکافها تأثیر گذارده باشد.

می توان کانی سازی در محدوده معدن فیروزه را به دو زون هیپوژن و سوپرژن تقسیم کرد. فیروزه به صورت شکافه پرکن و به عنوان آخرین فاز کانه زائی کلیه کانی سازی های قبلی را قطع نموده است (شکل 5). پاراژنز فیروزه و آلونیت، تشکیل فیروزه را به خرج آلونیت محتمل می سازد.

### ژئوشیمی



دانشگاه لرستان



دومین همایش ملی انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران  
۱۶-۱۵ تیرماه ۱۳۹۴



همان طور که گفته شد سلطانی دهنوی (1388)، سنگهای آتشفشانی واقع در قسمت جنوب شرقی نوار آتشفشانی مشکان که دارای راستای شمال غربی - جنوب شرقی است و به ائوسن میانی - پسین نسبت داده شده را به سه واحد  $E_1$ ،  $E_2$  و  $E_3$  تقسیم نموده است. به عقیده ایشان، ویژگی های خاص ژئوشیمیایی مانند بالا بودن مقادیر  $Nb$  و  $Zr$ ،  $P_2O_5$ ،  $TiO_2$ ، فقدان آنومالی منفی  $Eu$  و دارا بودن نسبت های بالای  $Nb/La$ ،  $Na/K$  و  $Nb/U$  در نمونه های بازیک تر سری کالک آلکالن، آنها را در زمره بازالت و آندزیت های غنی از  $Nb$  قرار می دهد. سنگهای منطقه، میزان تقریباً بالای  $Al_2O_3$ ،  $Fe_2O_3$  و  $FeO$  را دارا بوده و میزان  $P_2O_5$  در کلیه سنگهای منطقه تقریباً بالا است. تراکیت های معدن فیروزه نیشابور از نوع تراکیت های غنی از سدیم یا تراکیت های پر آلکالن می باشد.

نتایج به دست آمده از مطالعات ژئوشیمیایی در منطقه حاکی از آن است که (تدین اسلامی، 1353): - در ناحیه مورد مطالعه آنومالی های مولیبدن و مس وسعت قابل توجهی را در بر می گیرند. - گسترش آنومالی مولیبدن بیش از آنومالی مس می باشد. - در افق دگرسان شده آنومالی های مس و مولیبدن با یکدیگر انطباق نسبی دارند

لازم به ذکر است بر اساس مطالعات ژئوفیزیکی که توسط کیمیاقلم و ایرانمنش (1353) انجام گرفته و تأیید کننده بررسی های ژئوشیمی است، چهار زون مشخص شده است. زون 2 که نزدیک به تونل اصلی معدن فیروزه است، دارای قوی ترین آنومالی بوده و روی باند آلتراسیون قرار دارد. از طرفی همین زون دارای مقاومت ظاهری زیادی است که در اثر سیلیسی شدن سنگها بوده و خود این امر به دلیل فعالیت محلول های هیدروترمال و نتیجتاً کانی سازی است.

### پتانسیل های معدنی منطقه مورد مطالعه

با توجه به واحدهای مختلف ولکانیک و ولکانوپیروکلاستیک، گسترش متنوع و زیاد آلتراسیون منطقه، ارتباط با محیط فرورانش و وجود توده های نفوذی در منطقه، پتانسیل کانه سازی بالایی در منطقه متصور است. مس در درون واحدهای سنگی ولکانیکی ائوسن با ترکیب آندزیت در امتداد درزه و شکستگی های موجود در ورقه یکصد هزارم زمین شناسی سلطان آباد قابل رویت است. در همین ورقه، در بخش شمال روستای معدن بالا،



واحدهای سنگی ولکانیک ائوسن، به گونه ای فراگیر آندزیت تا تراکی آندزیت، گسترده است که حاوی رخنمون هائی از آهن به صورت مگنتیت، هماتیت و گوتیت است و معدن فیروزه نیشابور در 63 کیلومتری شمال غرب نیشابور، در مجاورت و شمال دو روستای معدن بالا و معدن پائین واقع است.

بر اساس بهارفیروزی و همکاران (1377)، باید توده های ساب ولکانیک را در ورقه یکصد هزارم زمین شناسی مشکان در زیر سنگهای ولکانوپیروکلاستیک انتظار داشت و به همین ترتیب احتمال حضور کانی سازی هائی (به خصوص مس) در ارتباط با آنها در عمق های متناسب با آنها وجود دارد. به عقیده ایشان، یک زون بندی در کانی سازی مس بر روی کمر بند ماگمائی در ورقه یکصد هزارم مشکان وجود دارد به نحوی که در بخش های شمالی ورقه مزبور، کانی سازی مس به صورت کربناته است و در بخش های جنوب شرقی ورقه به صورت فسفات و سیلیکاته است. اندیس آهن کلاته موسی در جنوب شرق روستای برزنون قرار دارد. رگه های نازک و لکه های سیاه منگنز در حدود 7 کیلومتری جنوب روستای برزنون دیده می شود. در محدوده ورقه مشکان چندین اندیس معدنی کریزوکولا نیز وجود دارد که در گذشته به عنوان معادن کوچک فیروزه حفاری و بهره برداری شده اند.

## نتیجه گیری

سنگهای درونگیر فیروزه (مهمترین کانی سازی منطقه)، تراکیت، توف تراکیتی و آگلومرای تراکیتی است که دچار آلتراسیون شده اند. با بررسی درزه و شکستگی های واجد کانه زائی فیروزه و درزه و شکستگی هائی که فاقد کانی سازی فیروزه هستند، مشخص شده که در تمام نقاطی که فیروزه تشکیل شده، دو سیستم گسلی حادث شده و وجود هر دوی این سیستمها برای تشکیل فیروزه ضروری است. این سیستم های گسلی با امتداد تقریباً شمالی - جنوبی و سیستم گسلی با امتداد شمال شرق - جنوب غرب مشخص می گردند. دو زون کانه زایی اولیه یا هیپوژن و ثانویه یا سوپرژن وجود دارد. به دلیل این که رگه ها و دانه های پراکنده فیروزه تمام کانه زایی های پیشین را قطع کرده (شکل 4)، تشکیل فیروزه به عنوان آخرین فاز کانه زایی در منطقه تشخیص داده شد. بافت شاخص فیروزه از نوع بافتهای کنکرسونی و اسفروئیدی است که نشانگر ته نشست تدریجی فیروزه در یک محیط ثانویه هوازده می باشد (Ramdor, 1984). مراحل تشکیل کانسار فیروزه که مهم ترین کانی سازی در



دانشگاه لرستان



دومین همایش ملی انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران  
۱۶-۱۵ تیرماه ۱۳۹۲



منطقه مورد مطالعه است، عبارتند از (شکل 6: 1) تأثیر آب های جوی بر سولفیدهای فلزی به خصوص پیریت و کالکوپیریت تأثیر گذاشته و سولفات های آهن و مس تشکیل می گردد (Guilbert and Park, 1986). آهن و توده های پیریت ممکن است بدون باقی گذاردن هماتیت یا لیمونیت، زیاد شسته و یا خارج شود، چرا که وجود اسید سولفوریک، pH را پائین نگه داشته و ممکن است یک محیط کاهنده ایجاد کند که آهن را به صورت یون  $Fe^{2+}$  محلول در خود حفظ نموده و در نهایت منجر به ایجاد آغستگی های آهن شود. از طرفی اکسایش کالکوپیریت و کالکوسیت نیز می تواند یون های مس را به صورت آزاد وارد محلول کند. (2) همان طور که قبلاً نیز عنوان شد، سنگهای منطقه از میزان بالای فسفر به صورت کانی آپاتیت برخوردارند که از تأثیر اسید سولفوریک حاصله از مراحل قبل بر آن، اسید فسفریک ایجاد می شود. آلونیتها نیز از هوازدگی مصون نیستند و اسید فسفریک در نهایت بر سولفاتهای مس تأثیر می گذارد. از تأثیر محلول حاوی مس و فسفر بر آلونیت ها کانی فیروزه به صورت تدریجی و از حاشیه به سمت مرکز گرهک های آلومین دار به ویژه آلونیت ها تشکیل می شود. وجود فیروزه، آلونیت، ژاروسیت و کریزوکولا که در اکثر کانسارهای مس پورفیری با کانیهای مس همراه است، آلتراسیون شدید گرمابی در ناحیه معدن، وجود شکستگیها و درزه هائی که به صورت شبکه ای درهم و متراکم در سنگهای دگرسان شده موجود است و وجود سنگهای نفوذی، از دلایل احتمالی حضور کانی سازی مرتبط با سیستم پورفیری در منطقه مورد مطالعه است.

#### منابع:

- اکرمی، م.ع. و عسگری، ع.، 1379، نقشه زمین شناسی 1:100000 سلطان آباد، سازمان زمین شناسی کشور.
- امینی، ب. و کان ناظر، ن.ه.، 1379، نقشه زمین شناسی 1:100000 مشکان، سازمان زمین شناسی کشور.
- تدین اسلامی، 1353، گزارش اکتشاف ژئوشیمیایی در حوزه معدن فیروزه نیشابور، سازمان زمین شناسی کشور.
- کیمیا قلم و ایرانمنش، 1353، گزارش اکتشاف ژئوفیزیک در معدن فیروزه نیشابور، سازمان زمین شناسی کشور.





مافی، ا. و ناصریان مطلق، ز، 1386، معدن فیروزه نیشابور از دیروز تا امروز، یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

ملک زاده سفارودی، ا. و کریم پور، م.ح، 1389، بارزسازی زونهای آلتراسیون در ارتفاعات شمال غربی نیشابور، با استفاده از روش نقشه برداری زاویه طیفی بر روی تصاویر سنجنده آستر، نخستین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد

نبوی، م.ح، 1355، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، 109 ص.

Guilbert, J.M. and Park, C.F., 1986, *The Geology of Ore Deposits*, W. H. Freeman. 985 p.

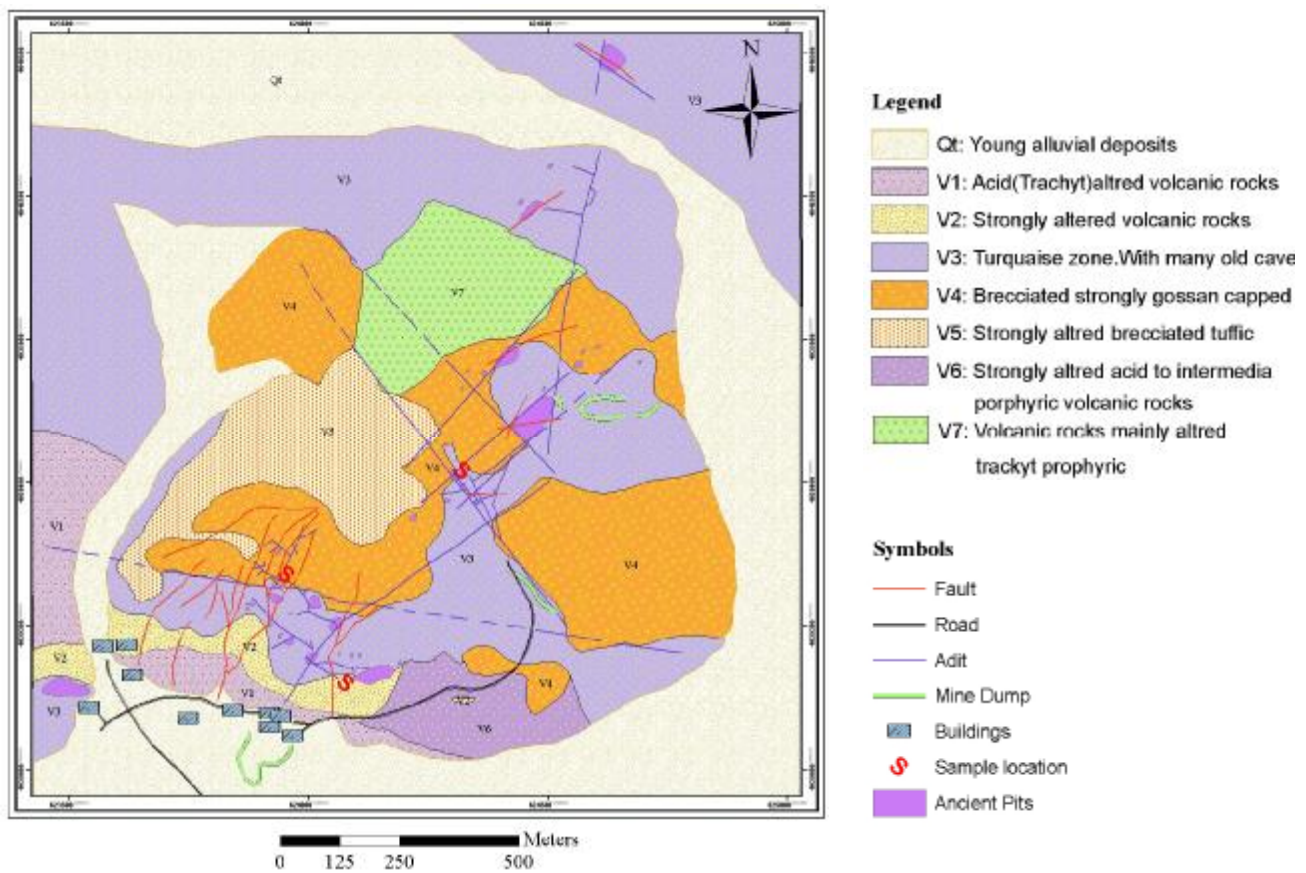
Movvahed, A., 1968, Nishabur Turquas Mine. G.S.I. 6P.

Romdor, P., 1984, *The ore minerals and their intergrowths*, copy right Akademic-VerlasBerlin.

Spies, O., Lensch, G. and Mihm, A., 1983, *Geochemistry of the post-ophiolitic Tertiary volcanics between Sabzevar and Quchan/ NE Iran*, Geodynamic project (geotraverse) in Iran: Geological Survey of Iran, report no. 51, 248-264.



شکل ۱. موقعیت جغرافیائی منطقه مورد مطالعه در شمال غرب نیشابور



شکل ۲. نقشه زمین شناسی بخشی از محدوده مورد مطالعه در شمال غرب نیشابور (اقتباس از مافی و ناصریان، ۱۳۸۶)

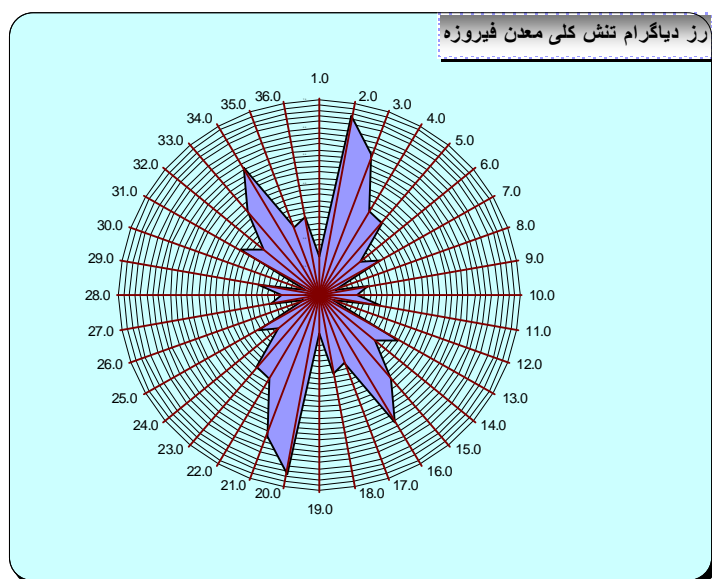


دانشگاه لرستان



دومین همایش ملی انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران  
۱۶-۱۵ تیرماه ۱۳۹۵





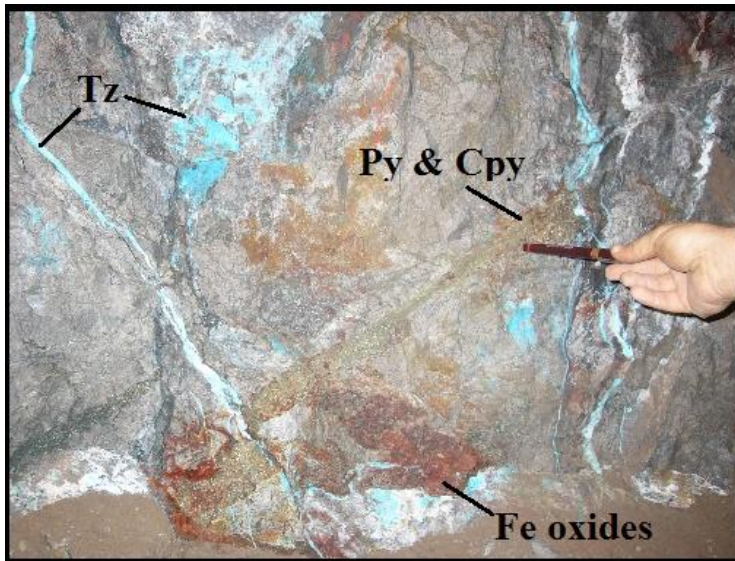
شکل 3. رژ دیاگرام تنش کلی  
معدن فیروزه نیشابور (اقتباس از  
مافی و ناصریان، ۱۳۸۶)



دانشگاه لرستان



دومین همایش ملی انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران  
۱۶-۱۵ تیرماه ۱۳۹۶



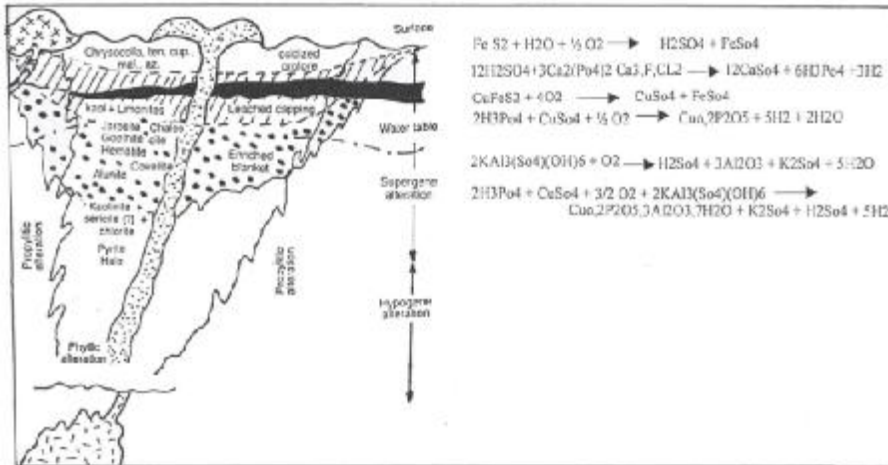
به و پرکن شکافه به صورت فیروزه. شکل 4  
کلیه کانی سازی زائی کانه فاز آخرین عنوان  
(Py: فیروزه، Tzهای قبلی را قطع نموده است )  
Fe oxides : پیریت و کالکوپیریت،  
& Cpy : هیدروکسیدهای آهن شامل هماتیت و  
لیمونیت).



دانشگاه لرستان



دومین همایش ملی انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران  
۱۶-۱۵ تیرماه ۱۳۹۶



شکل 5. مدل کانی سازی مرتبط

با معدن فیروزه نیشابور (بر اساس

Guilbert and Park, 1986.)