

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده علوم پایه

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی

بررسی زمین شناسی، کانی شناسی

ژئوشیمی و ژئزکانسار مس قلعه زری بیرجند

محمد دیمه‌ور

استاد راهنما:

دکتر محمد حسن کریم‌پور

پائیز 1374

تقدیم به روح ملکوتی پدر

گرانمایه بسیجیان جهان اسلام

حضرت امام خمینی (ره)

وشهدای عارف نهضت خونین تشیع

تقدیم به روح پاک مادر بسیار

عزیز و گرانقدرم، او که عزیزترین

عزیزان و بزرگترین معلم زندگییم بود.

روحش شاد و مولایش حسین (ع) شفیعش باد

## تشکر و قدردانی

اینک به فضل الهی این پایان نامه تدوین یافته است بر خود لازم میدانم به همه سروران و بزرگانی که در مراحل مختلف انجام آن مرا یاری داده‌اند مراتب تشکر و سپاس خود را تقدیم دارم.

- استاد و معلم بسیار ارجمندم جناب آقای دکتر راستاد که بسیاری از آموخته‌های علمی - اخلاقی خودم را مدیون ایشان هستم، در طول مدت تحصیل و همچنین اجرای پایان نامه کمال همکاری و لطف را نسبت به اینجانب داشته‌اند که صمیمانه از آن بزرگوار تشکر کرده و توفیقشان را از خدای بزرگ خواستارم.

- استاد محترم راهنمایم جناب آقای دکتر کریم‌پور که در تمام مراحل انجام این تحقیق از نظرهای علمی ارزشمندان سود برده‌ام، حق بزرگی بر من دارند، از خداوند بزرگ دوام تأییدشان را مسئلت می‌نمایم.

- از زحمات بی‌شائبه و ارشادات ارزشمند استاد محترم مشاور جناب آقای دکتر محمد هاشم امامی کمال سپاس و تشکر را دارم.

- از بزرگواران گروه زمین‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس بویژه برادران گرانقدر آقایان دکتر نیکودل و دکتر رشیدنژاد که همیشه از الطافها بهره‌مند بوده‌ام، همچنین آقای مهندس صفاری مسئول محترم آزمایشگاههای گروه و برادر فیروزی تکنسیت محترم آزمایشگاه تهیه مقاطع، کمال امتنان و تشکر را دارم.

- از مسئولین و اعضای محترم گروههای زمین‌شناسی و شیمی دانشگاه بیرجند بویژه جناب آقای مهندس کاردان مقدم و جناب آقای دکتر خطیب به خاطر همکاری صادقانه‌شان تشکر می‌نمایم.

- از مسئولین محترم شرکت میناکان در تران، جناب آقای مهندس زاهدی و جناب آقای مهندس اعتمادی که اینجانب را در انجام این تحقیق بسیار یاری داده‌اند صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

همچنین از مسئولین و کارگران شریف معدن قلعه‌زری به خاطر محبت‌هایشان و مساعدت در انجام کارهای صحرائی نهایت امتنان و تشکر را دارم.

و در پایان از همه عزیزانی که به نحوی مرا یاری داده‌اند و در این مجال نامی از آنها برده نشده سپاسگذاری کرده از خداوند متعال سعادتشان را خواستارم.

### چکیده:

معدن قلعه رزی یکی از بزرگترین معادن مس ایران است که در 180 کیلومتری جنوب غرب بیرجند به مختصات 57-58 طول جغرافیایی و 48-31 عرض جغرافیایی قرار گرفته است. کانه‌زائی در این معدن از نوع رگه‌ای گرمایی بوده که در امتداد شکستگی‌های بزرگ و کوچک با روند غالب NW-SE و داخل سنگ‌های آتشفشانی پالئوژن که بطور عمده شامل آندزیتها و سنگ‌های آذر آواری که از نظر ژئوشیمیایی دارای ماهیت کالکو آلکالن - شوشونیتی و متعلق به قوسهای حاشیه قاره (نوع آند) می‌باشند صورت پذیرفته است. شکستگیهای مذکور معبر مناسبی برای حرکت سیال کانه‌زا بوده. و در اثر خردشدگی شدید سنگ‌های منطقه، بخصوص در مجاورت گسله‌های بزرگ، سنگ‌های درگیر تحت تأثیر سیال فوق‌الذکر و همچنین آبهای جاری و سیالات گرمایی بعدی، بشدت دگرسان گردیده است.

نتایج حاصله از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها که بطور سیستماتیک در امتداد مقاطع افقی (عمود بر رگه) و قائم (در اعماق مختلف رگه معدنی) انجام شده، علاوه بر تعیین عناصر موجود در سنگ معدن، حاکی از عیار نسبتاً بالای طلا و نقره در رگه‌های معدنی می‌باشد. این نتایج همچنین ارتباط نزدیک عناصر مس، آهن و روی را از یک سو و سرب، بیسموت و نقره را از سوی دیگر نشان می‌دهد. عنصر طلا الگوی پراکندگی جداگانه‌ای نشان می‌دهد که این امر می‌تواند به دلیل متفاوت بودن سیال کانه‌زای آن باشد.

مقاطع صیقلی نمونه‌های معدن قلعه زری وجود کانه‌های اکسیدی و کربناتی مس و آهن را در بخش اکسیدان، کانه‌های ثانویه مس بخصوص بورنیت، کوولیت، دیژنیت، و مس خالص را در پخش سوپرژن و کنه‌های هماتیت، پیریت، کالکو پیریت، اسفالریت، آیکنیک، ماتیلدیت و بیسموتینیت را در بخش هیپوژن نشان می‌دهد. در جدول 1-4 توالی کانه‌زائی، در این معدن ترسیم گردیده است.

یافته‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی حکایت از آن دارد که کانی‌زائی در معدن رگه‌ای و گرمایی قلعه زری احتمالاً در اثر عملکرد سیالات ناشی از یک توده ژرف اسیدی- حد واسط صورت پذیرفته است.

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
1	فصل اول - کلیات
1-1	1- مقدمه
3	1-1- موقعیت جغرافیایی
3	1-2- آب و هوایی
5	1-3- تاریخچه معدنکاری
9	1-4- مطالعات انجام شده قبلی

10	5-1- اهداف پایان نامه
11	6-1- روش انجام مطالعات
13	<b>فصل دوم- موقعیت زمین شناسی ناحیه لوت و جایگاه معدن قلعه زری در آن</b>
14	2-1- زمین شناسی منطقه لوت
14	2-1-1- پایداری بلوک لوت
17	2-1-2- تکامل زمین شناسی و متالوژنی ناحیه لوت
22	2-2- چینه شناسی محدوده معدنی قلعه زری
27	2-3- وضعیت تکنیکی منطقه قلعه زری
38	2-3-1- وضعیت درزه و گسله ها در منطقه محدوده معدنی قلعه زری
43	<b>فصل سوم- سنگ شناسی منطقه قلعه زری و محدوده معدنی آن</b>
44	مقدمه
44	الف) رده بندی مدال
44	ب) رده بندی نورماتیو
45	ج) رده بندی شیمیایی
46	3-1- نامگذاری سنگ های محدوده معدنی قلعه زری
49	3-1-1- مسئله آندزیتها و جایگاه پترولوژیکی آندزیت معدنی قلعه زری
51	3-2- پتروگرافی سنگ های منطقه مورد مطالعه
51	3-2-1- آندزیت

55	3-2-2- توفها
57	3-2-3- سنگ‌های آتشفشانی اسیدی بشدت دگرسان شده (EOal)
60	<b>فصل چهارم- عوامل کنترل کننده تشکیل و تمرکز کانه در معدن قلعه زری</b>
61	- مقدمه
61	4-1- سنگ درونگیر کانسار
62	4-2- وضعیت رگه‌های معدنی و ارتباط آن با تکتونیک
65	4-3- بافت ماده معدنی
68	4-4- دگرسانی سنگ‌های دیواره در قلعه زری
71	4-4-1- دگرسانی پروپیلیتی
76	4-4-2- دگرسانی کلریتی شدن
76	4-4-3- دگرسانی سریسیتی
78	4-4-4- دگرسانی رسی
81	4-4-5- دگرسانی سیلیسی
82	4-4-6- تورمالینیزاسیون
84	4-4-7- کربناتی شدن
85	4-5- ژئوشیمی معدن قلعه زری
85	الف) پروفیل ژئوشیمیایی افقی C-C
88	ب) پروفیل ژئوشیمیایی عمقی در رگه معدنی شماره(2)
93	<b>فصل پنجم- کانه‌شناسی و پاراژنز کانسار قلعه زری</b>

94	مقدمه
94	1-5- کانی زائی هیپوژن
102	2-5- کانه‌های زون غنی شده سوپرژن
105	3-5- کانه‌های زون اکسیداسون
107	4-5- توالی پاراژنز کانسار قلعه زری
109	5-5- شرایط فیزیکی و شیمیایی سیال کانه‌زا در معدن قلعه زری

## 114 فصل ششم- خلاصه و نتیجه‌گیری و ارائه مدل پیشنهادی تشکیل کانسار

	مقدمه
115	1-6- عوامل کانه‌ساز
116	2-6- صعود سیال ناشی از سرد شدن ماگما
117	3-6- حمل و نهشت مواد در سیال گرمایی منطقه قلعه زری
118	4-6- نحوه تشکیل کانسار قلعه زری
122	پیشنهادات اکتشافی
124	فهرست منابع مأخذ
133	چکیده لاتین

## فصل اول کلیات

### مقدمه:

مس بعنوان اولین فلزی که توسط بشر کشف و بکار گرفته شد، اینک جایگاه بس رفیعی در صنعت و اقتصاد کشورها بخود اختصاص داده است. شاید بشر اولیه که در عصر نوسنگی با بهره‌برداری از ذخایر مس وسایل شکار و زندگی ابتدایی خود را تهیه می‌کرد، هرگز تصور اهمیت استراتژیک این فلز را در زمینه‌های مختلف اقتصادی، صنعتی و سیاسی ابنائش در طی قرون بعدی، نمی‌توانست بکند. در عصر مفرغ (حدود چهار هزار سال قبل از میلاد حضرت مسیح (ع) استفاده از آلیاژ مس و قلع موجب رشد و شکوفایی سریع تمدنهای بزرگ انسانی که بیشتر در منطقه خاورمیانه فعلی قرار داشتند، گردید. بر طبق گزارشات موجود اولین معدن مسی که در ایران مورد استفاده قرار گرفته معدن مس "تالمسی" در منطقه انارک می‌باشد که سابقاً بهره‌بردارای از آن به 5000 سال قبل از میلاد مسیح میرسد. پراکندگی، وفور و قدمت کارهای شدادی انجام شده در کنسارهای مختلف مس ایران زمین، بخوبی مبین پیشتاز بودن نیاکان سخت کوش ما در بسط و توسعه تمدن بشری می‌باشد. دانشمندان بزرگ این مرز و بوم که اغلب آنها همزمان در رشته‌های مختلف علوم صاحب تألیفات و نظریات علمی بسیار متقنی بوده‌اند که حتی امروزه مورد استفاده وسیع محققین کشورهای مختلف جهان قرار دارد، بخوبی به خواص این فلز و ترکیبات مختلف آن آشنا بوده و مفاخری چون محمدابن ذکریای رازی تحقیقات زیادی در زمینه استخراج، استحصال و ترکیب و ساخت آلیاژهای مختلف از این فلز ارزشمند انجام داده که امروزه در متون علمی- تاریخی بخوبی قابل دسترسی هستند. امروزه با فراهم آمدن زمینه تحقیقات علمی و ازدیاد روزافزون دانش پژوهان رشته‌های مختلف علوم زمین و غنی بودن میهن اسلامی از ذخایر شناخته شده و ناشناخته مس، چشم‌انداز بسیار روشنی فرا راه توسعه اقتصادی و صنعتی کشور با استفاده از نقش استراتژیک این فلز در بازارهای اقتصادی و بعضاً سیاستهای جهانی، قرار دارد. با این امید. آرزوی اینکه ما و آیندگان ما بتوانیم با تهذیب و وارستگی نفس و تمسک به ارزشهای والای انسانی از یک سو و همت و تلاش روزافزون در زمینه‌های مختلف علوم از سوی دیگر، افتخارات پیشینیان مسلمانان را تکرار و مانند آنها چراغی بر فراز قلعه‌های سعادت بشری برافروزیم. انشاء... .

بر این اساس و با استعانت از ذات اقدس حق تعالی این تحقیق که در مورد یکی از با اهمیت‌ترین کنسارهای مس رگه‌ای ایران یعنی کنسار مس قلعه‌زری بیرجند انجام شده را به همه طالبان و پویندگان طرقت علم و تقوی تقدیم می‌دارد امید که مقبول افتد.

سلام بر او و بندگان شایسته‌اش

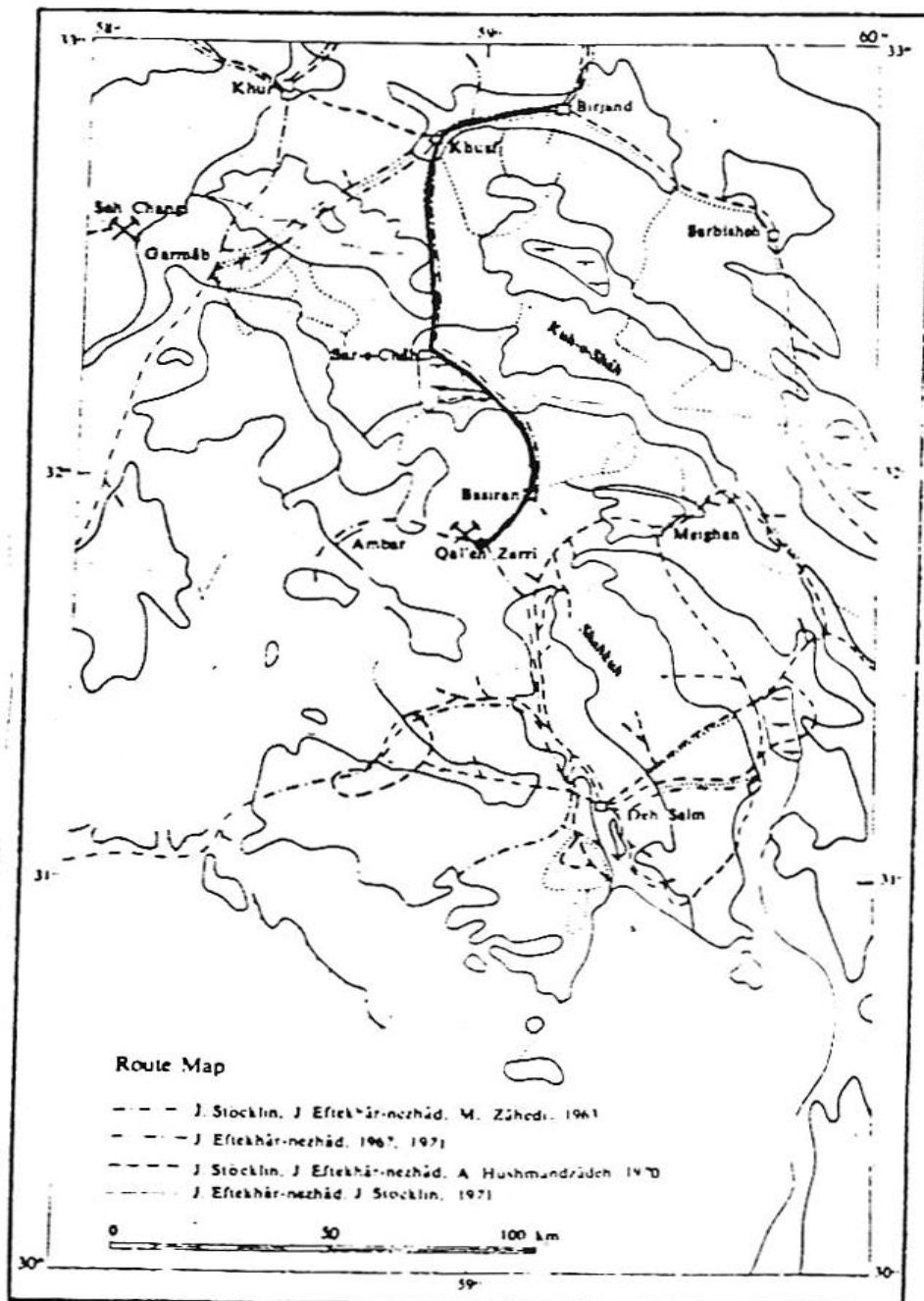


## 1-1- موقعیت جغرافیایی

معدن مس قلعه‌زری در مجاورت ده قلعه‌زری و در فاصله 180 کیلومتری جنوب‌غرب بیرجند قرار دارد. این معدن دارای مختصات  $57^{\circ}$ - $58^{\circ}$  طول جغرافیایی و  $48^{\circ}$ - $31^{\circ}$  عرض جغرافیایی بوده و درحاشیه شرقی لوت مرکزی ایران واقع شده است. بلندترین نقطه آن 1539 متر از سطح دریا ارتفاع دارد و راه اصلی ارتباطی معدن با شهرستان بیرجند جاده‌ای است که 36 کیلومتر ابتدای آن (تا شهر خوسف) آسفالت بوده و 144 کیلومتر دیگر خاکی می‌باشد و در مسیر آن روستای نسبتاً بزرگ هومند، سرچاه و بصیران قرار می‌گیرد. (شکل 1-1)

## 1-2- وضعیت آب و هوایی

منطقه قلعه‌زری در حاشیه لوت، یکی از خشک‌ترین مناطق آب و هوایی ایران بشمار می‌رود. به دلیل میزان بسیار ناچیز بارندگی سالیانه پوشش گیاهی خاصی بجز بوته‌های پراکنده خار و گز، وجود ندارد و از این رو منطقه از لحاظ کشاورزی نامناسب می‌باشد. تغییرات دمایی در فصول مختلف سال و همچنین اوقات شبانه‌روز بسیار زیاد است بطوریکه در فصل تابستان گرمای فوق‌العاده زیاد و در فصل زمستان سرمای بسیار شدید، شرایط دشواری برای فعالیت‌های انسانی و بخصوص معدنکاری فراهم می‌آورد. براساس گزارشات سازمان هواشناسی (ایستگاه بیرجند) حداکث میزان بارندگی در این منطقه 183 میلیمتر در سال می‌باشد که با توجه به این مختصر بارندگی و شوره‌زار بودن خاکهای منطقه آبهای زیرزمینی نیز بسیار شور می‌باشد بنحوی که برای شرب کارگران معدن دستگتتهای مجهز آب شیرین کن در منطقه نصب گردیده‌اند همچنین در طی مسیر آبراهه‌های بزرگ منطقه آب-انبارهای قدیمی فراوانی وجود دارند که جهت ذخیره‌سازی آب باران از آنها استفاده می‌شود. در منطقه فعالیت اقتصادی قابل توجهی دیده نمی‌شود و کارگران زحمت‌کش معدن که از روستای دور و نزدیک و حتی شهرستانهای اطراف گرد هم آمده‌اند برای تأمین نیاز خود در مواردی به فعالیتهای دامداری اشتغال می‌ورزند.



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و مسیر دسترسی به معدن قلعه زری بیرجند

(Stocklin et al. 1971)

### 1-3- تاریخچه معدنکاری

معدن قلعه زری از بزرگترین معادن رگه‌ای مس ایران زمین است که روزگاران قدیم مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. سابقه کاوشهای معدنی در این منطقه براساس اطلاعات باستان‌شناسی بدست آمده، بالغ بر 800 سال قبل

می‌باشد. کارهای شدادی بسیار پراکنده که بعضاً چندین کیلومتر طول و چند ده متر عمق دارند، گواهی بر تلاش وصف‌ناپذیر پیشینیان ما در جهت دستیابی به مواد معدنی و مهارت آنها در استخراج معادن با روشهای ابتدایی می‌باشد. آنچه مسلم است علاوه بر مس، طلا نیز بعنوان محصول اصلی معدن جایگاه ویژه‌ای داشته بنجوی که وجه تسمیه «قلعه‌زری» بر همین اساس بوده و در منابع علمی زمین‌شناسی همواره بعنوان کانسار مس – طلا از آن یاد می‌شود. (شکل 1-4 و جدول 1-1)

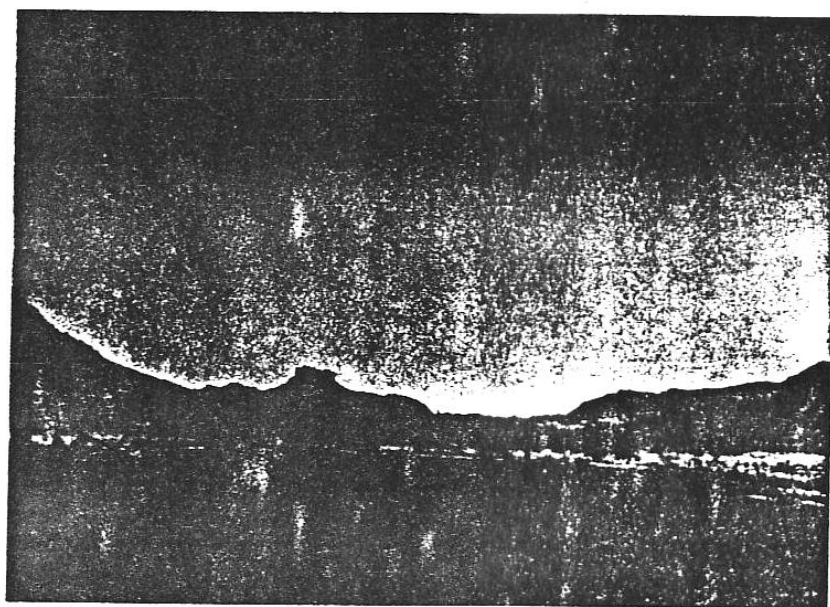
قلعه نسبتاً بزرگ و باستانی منطقه که در اطراف آن سرباره‌های ذوب مشاهده می‌شود حکایت از وجود نوعی کارگاههای استحصال مواد معدنی در مجاورت معدن دارد. (شکل 1-3)

فعالتهای جدید و منظم معدنکاری در این منطقه در سال 1349 توسط یک شرکت ایرانی – ژاپنی (شرکت لوت ایران و نیتسوژاپن) آغاز گردید و بعدها تحت عنوان شرکت میناکان ادامه یافت تا اینکه در سال 1371 سهم ژاپن خریداری و در حال حاضر با مشارکت بخش خصوصی و شرکت ملی صنایع مس ایران، فعالیت معدنی شرکت میناکان در حال انجام است.



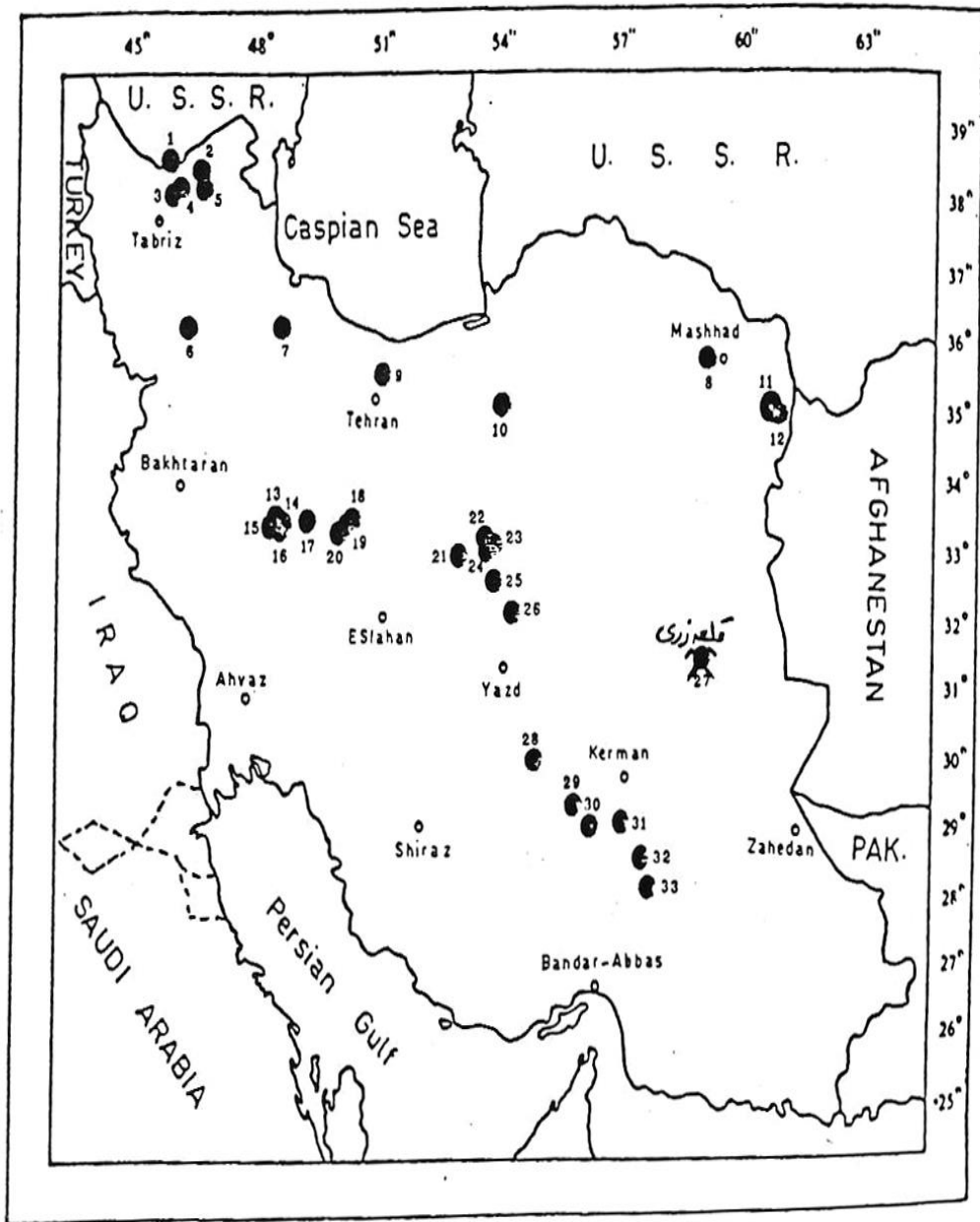
شکل ۱-۲ - نمونه‌ای از کارهای شدادی انجام شده در امتداد درگه‌های معدن قلعه‌زری (رگه ۲

چاه اصلی) نگاه به شمال غرب



شکل ۱-۳ - روستای قلعه‌زری و قلعه سنگی آن (متعلق به ۸۰۰ سال قبل)

پوشش گیاهی منطقه و همچنین پراکندگی سرباره‌های ذوب قدیمی (S) در شکل قابل مشاهده‌اند.



شکل ۱-۴ - موقعیت کانسارها و آثار معدنی طلا و مس و سرب و روی طلا دار ایران. نام

کانسار را در جدول (۱-۱) ملاحظه کنید. (نقل از مؤمن زاده و همکاران ۱۳۶۷)

عناصر	نام	شماره	عناصر	نام	شماره
Au	Muteh ( Chākhātun )	۱۸	Cu, Mo, (Pb, Au, W)	قره چیلر	۱
Au	Muteh ( Senjedeh )	۱۹	Au	خونبرود	۲
Au	Muteh ( Chāhbāgh )	۲۰	Cu, (Au, Pb)	گوبوش اولان	۳
Cu, Bi, Co, As, Au, Ag	Meskani	۲۱	Cu, (Au)	سوزگون	۴
Cu, Pb, (Au)	Talarji	۲۲	Cu, (Au)	مردسه	۵
Cu, Pb, Au	Jamoni	۲۳	As, (Sb, Au)	زدهوران	۶
Cu, Pb, Au	Khuni	۲۴	Cu, (Au)	دیزهجن	۷
Cu, Mo, W, Au, Ag	Kul-e-Kifi	۲۵	Au	طربله	۸
Au	Zarfin	۲۶	Zn, Pb, (Cu, Ag, Au)	پس قلعه	۹
Cu, (Au, Pb, Zn, Ag)	Qalehzari	۲۷	Au	کوه نر	۱۰
Cu, (Au, Ag, Mo)	Lāchāh ( Heiduk )	۲۸	W, (Au, As)	تاریک نر	۱۱
Cu, Mo, (Au, Ag, Pb)	Sarcheshmeh	۲۹	Au	اولنگ نهر (تستجام)	۱۲
Cu, (Au, Ag)	Chahar-Conbad	۳۰			
Cu, (Au, Ag)	Dozaraktar	۳۱	Au	حسین آباد	۱۳
Cu, Au	Avoros-Marghi	۳۲	Au	آستانه	۱۴
Au	Jiroft	۳۳	W, (Cu, Au)	حسین آباد	۱۵
			W, (Cu, Au)	روشت	۱۶
			Au	کوه نر	۱۷

جدول ۱-۱ - فهرست کانسارها و آثار معدنی شناخته شده طلا و مس و سرب و روی طلا دار در ایران

موقعیت جغرافیائی را در شکل ۱-۴ ملاحظه کنید. (نقل از مؤمن زاده و همکاران ۱۳۶۷)

سابقه مطالعات زمین‌شناسی و معدنی قلعه‌زری به شروع فعالیت شرکت‌های ژاپنی مربوط می‌شود. کارشناسان شرکت نیتسو ژاپن در سال 1969 مطالعات اکتشافی خود را به منظور فراهم نمودن زمینه‌های استخراج کانسار آغاز کردند که سرانجام در سال 1971 منجر به بهره‌برداری از کانسار گردید. آنچه امروزه از این مطالعات در بایگانی شرکت میناکان (بهره‌بردار معدن) موجود است بیشتر شامل نقشه‌های استخراجی، تخمین و ارزیابی ذخیره در منطقه اصلی کانسار و نقشه 1/5000 زمین‌شناسی از منطقه اصلی مورد بهره‌برداری می‌باشد که متأسفانه بعضاً به دلیل ناقص بودن مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. مطالعات مدونی که در حال حاضر در مورد این معدن وجود دارد به قرار ذیل می‌باشد:

- آقایان بازین و همبئر (1969) در گزارش شماره 13 سازمان زمین‌شناسی که تحت عنوان "کانسارهای مس ایران" منتشر شده چکیده‌ای از مشاهداتشان را در مورد وضعیت زمین‌شناسی و کنی‌شناسی معدن قلعه‌زری بیان کرده‌اند.
- آقایان دکتر صرقیانی اول در سال 1976 نتیجه مطالعات خود را تحت عنوان "بررسی کان‌زایی معدن قلعه‌زری باساز مطالعه سیالات درگیر" برای اخذ درجه درجه دکترا از دانشگاه نانی فرانسه در قالب پایان‌نامه تحصیلی ارائه کرده‌اند.
- آقایان حسن‌نژاد در سال 1373 تحقیقات زمین‌شناسی خود را در مورد معدن قلعه‌زری تحت عنوان مطالعات ژئوشیمیایی و سیالات درگیر معدن مس قلعه‌زری برای اخذ درجه کارشناسی ارشد از دانشگاه شیراز در قالب پایان‌نامه تحصیلی انجام داده است.
- توسط آقایان کریم‌پور نیز پارانژ، ژئوشیمی، سیالات درگیر و ایزوتوپ‌های مختلف در این کانسار مورد مطالعه دقیق قرار گرفته که در دست چاپ می‌باشد.
- مطالعه مدون و خاص دیگری در مورد این معدن بزرگ صورت نگرفته و مطالعات انجام شده نیز همانگونه که از عناوین آنها پیداست بیشتر براساس اطلاعات ناشی از مطالعه سیالات درگیر استوار است که در جای خود و در تفسیر ژنتیکی کانسار حائز اهمیت می‌باشند.

#### 4-1- اهداف پایان‌نامه

همانگونه که عنوان شد در کارهای انجام شده قبلی به ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، پترولوژیکی و شرایط و نحوه کانی‌زایی کانسار کمتر توجه شده است که در این پایان‌نامه با استعانت از حضرت حق، به منظور ارائه یک دیدگاه جامع که بتواند پاسخگوی نیازهای زمین‌شناسی - معدنی این بخش از پیکره اقتصادی کشور عزیزمان باشد، بطور عمده اهداف ذیل مورد توجه قرار گرفته‌اند:

- تهیه نقشه‌های 1/2000 و 1/5000 منطقه به منظور مشخص نمودن وضعیت زمین‌شناسی کانسار و محدوده آن.
- مطالعه روندهای ساختاری غالی و ارتباط آنها با کانی‌زایی.
- تعیین ارتباط سنگ درونگیر با ماده معدنی.

- مطالعه کانی‌شناسی و پاراژنز کانسار.
- بررسی دگرسانی‌ها و ارتباط آنها با کانی‌زایی.
- مطالعه ژئوشیمی و تعیین ژنز کانسار.
- ارائه مدل مناسب برای پی‌جویی و اکتشافات معدنی در منطقه.

## 5-1- روش انجام مطالعات

به منظور شناخت هرچه بیشتر کانسار و انجام مرحله جمع‌آوری اطلاعات کتابخانه‌ای به مراکز مختلف تحقیقاتی - پژوهشی کشور (سازمان زمین‌شناسی، مرکز اسناد و مدارک علمی، دانشگاه‌های مختلف و بخصوص دانشکده فنی دانشگاه اصفهان و تهران، شرکت ملی صنایع مس و ... ) و همچنین شرکت میناکان (بهره‌بردار معدن) مراجعه و اطلاعات مورد نیاز و همچنین عکسهای هوایی و نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه تهیه گردید که با برنامه‌ریزی مناسب و به جهت دور افتاده بودن کانسار عملیات صحرایی در سه مرحله صورت پذیرفت. به منظور تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، مطالعات کانی‌شناسی، ژئوشیمی و همچنین تشخیص دگرسانی‌ها حدود 65 مقطع نازک و 20 مقطع صیقلی تهیه و 15 نمونه سنگی مورد پراش اشعه X (XRD) قرار گرفت. علاوه بر این حدود 30 مورد تجزیه شیمیایی به روش جذب اتمی و فلورسانس اشعه X (XRF)، در آزمایشگاه‌های دانشگاه تربیت مدرس، سازمان زمین‌شناسی کشور و دانشگاه بیرجند نیز صورت پذیرفت. به این جهت نمونه‌برداری سیستماتیک در امتداد 5 پروفیل لیتولوژیکی، لیتوژئوشیمیایی از واحدهای مختلف سنگی که طول تقریبی هر کدام 2 تا 4 کیلومتر بوده در محدوده نقشه 1/5000 و همچنین 3 پروفیل دیگر در محدوده نقشه 1/2000 انجام شد که امتداد پروفیل‌ها بر روی نقشه‌های فوق‌الذکر پیوست پایان‌نامه نمایش داده شده است. همچنین به منظور درک نحوه توزیع و پراکندگی عناصر در داخل رگه‌های معدنی نمونه‌برداری در امتداد یک پروفیل ژئوشیمیایی قائم در محل رگه 2 چاه اصلی معدن انجام گردیدی نحوه نمونه‌برداری در این پروفیل به این صورت بود که در امتداد هر رگه در هر عمق مشخص از محل‌های مناسب نمونه‌هایی انتخاب و پس از تجربه مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفت. در مقاطع لیتوژئوشیمیایی سطحی نیز تلاش بر این بود تا ارتباط رگه‌ها با سنگ‌های اطراف، بخصوص کمر بالا و کمر پائین از نظر ژئوشیمیایی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین به جهت آشنایی با وضعیت ساختاری منطقه معدنی و نحوه عملکرد نیروهای تکتونیکی حدود 200 مورد برداشت از شکستگی‌های بزرگ و کوچک، عقیم و بارور موجود، انجام پذیرفت. در کار تحلیل و پردازش اطلاعات از نرم‌افزارهای کامپیوتری همچون Rose، Hg<sup>3</sup>، Norm استفاده شده است.

## فصل دوم

### موقعیت زمین‌شناسی ناحیه لوت

### و جایگاه معدن قلعه‌زری در آن



## 1-2- زمین‌شناسی منطقه لوت

از دیدگاه زمین‌شناسی ناحیه شرقی ایران مرکزی را می‌توان به دو بخش تقسیم نمود؛ بخش غربی که "بلوک لوت" خوانده می‌شود و بخش شرقی که شدیداً چین‌خورده بوده و تحت عنوان "رشته کوه‌های شرق ایران" از آن یاد می‌شود. (Berberian 1977)

"بلوک لوت" منطقه‌ای است کشیده با روند شمالی-جنوبی که از فرورفتگی جازموریان در جنوب تا گناباد در شمال به طول بیش از 800 کیلومتر و عرض متوسط 250-200 کیلومتر، ادامه دارد. (اشتوکلین و همکاران 1325) مرز شرقی منطقه لوت گسل نهبندان و مرز غربی آن را گسل نای‌بند تشکیل می‌دهد این منطقه ساختاری در شمال توسط گسل بزرگ کویر (درونه) و در جنوب نیز بوسیله فرورفتگی جازموریان محدود می‌شود. قدیمی‌ترین اطلاعات زمین‌شناسی موجود این منطقه کارهای پتروگرافی انجام شده توسط (Asklund 1927) بر روی نمونه‌های سنگی جمع‌آوری شده از مناطق نایبند-بصیران-نه می‌باشد. از آن تاریخ تاکنون مطالعات مفصل و متنوعی توسط شرکت نفت و پژوهشگران زمین‌شناس صورت گرفته بنحوی که امروزه اطلاعات نسبتاً جامعی در مورد این قسمت از ایران زمین موجود است.

## 1-1-2- پایداری بلوک لوت

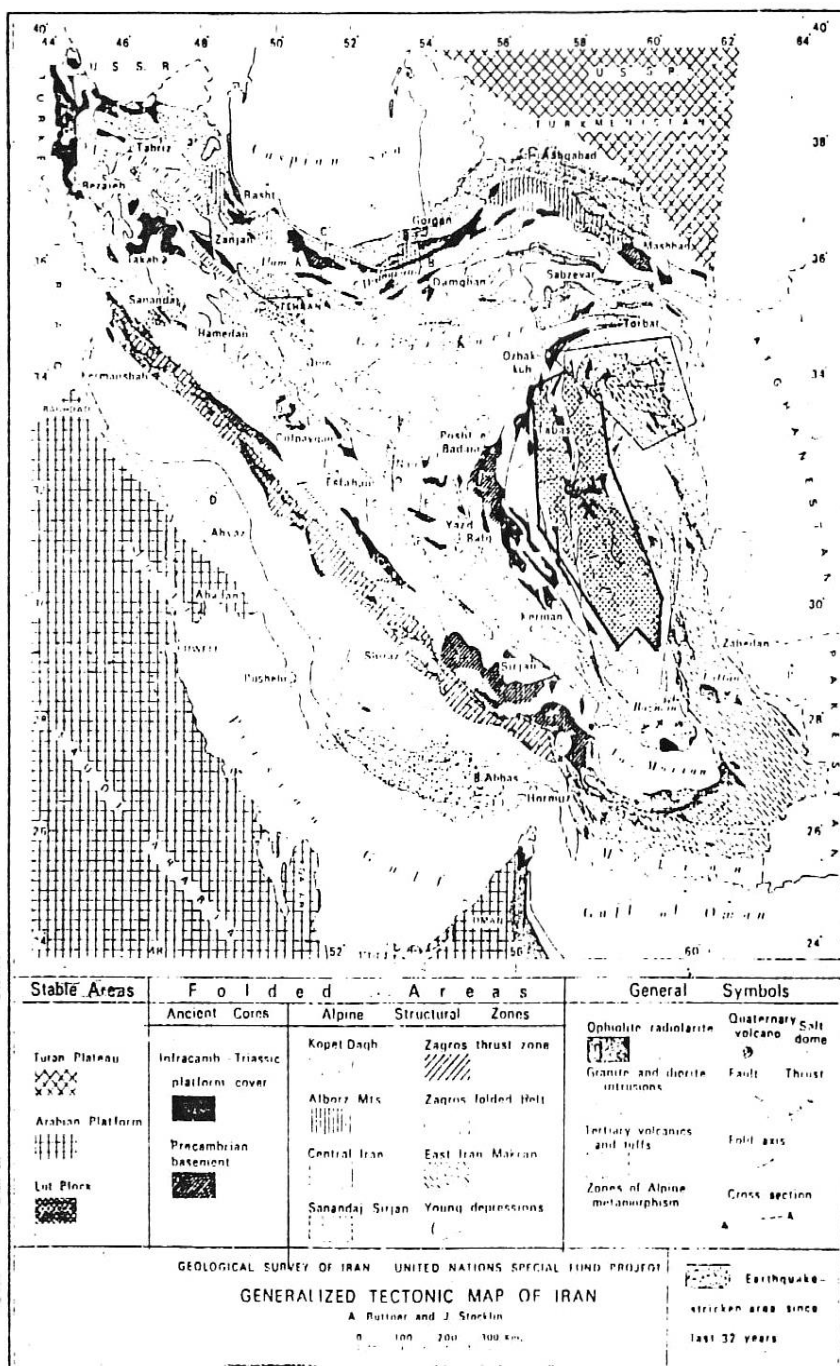
(Stocklin et al 1965) براساس مشاهداتشان در مورد رشته کوه‌های شتری در ناحیه طبس-فردوس که ساختارهای چین و گسل فراوان و پیچیده داشته و از طرفی وجود ساختارهای تکتونیکی ساده در دشت مجاور این رشته کوه‌ها، نظریه پایدار بودن بلوک لوت را عنوان می‌کنند.

براساس نظر نامبرده مقاومت این بلوک در اثر سخت‌شدگی واحدهای چین‌ای قبل از ژوراسیک به وسیله چین-خوردگی شدید در تریاس پایانی که در رشته کوه‌های شتری بوسیله ناپیوستگی موجود در قاعده ژوراسیک نشان داده می‌شود صورت پذیرفته است. از طرف دیگر (Huckriede et al 1962) چین‌خوردگی پایان پرکامبرین را دلیل احتمالی این سخت‌شدگی در نظر می‌گیرند. به اعتقاد اشتوکلین (1968) "بلوک طبس" نیز جزئی از "بلوک لوت" است که توسط گسل نایبند و کوه‌های شتری از آن جدا افتاده است.

کارهای رادیومتریکی انجام شده بوسیله (Rayer & Mohafez 1968) نشان داد که فرایندهای تکتونیکی پایان تریاس در زون لوت شدت زیادی داشته که نه تنها باعث چین‌خوردگی شدید بلکه حتی دگرگونی‌های حرارت بالا را نیز سبب گردیده است. نامبردگان این فرآیندها را تحت عنوان "کوهزایی پالئوبلوچ" -Paleo-Baluch orangene مورد توصیف قرار داده‌اند.

(Takin 1972) ایده تکتونیک صفحه‌ای را برای شرح زمین‌شناسی ایران مورد توجه قرار داده و در مورد شرق ایران می‌گوید: «یک قاره کوچک در مرکز و قسمت شرقی ایران مرکزی در طی مزوزوئیک وجود داشته که توسط حوضه‌های اقیانوسی باریک نوع دریای سرخ دربرگرفته شده بود و مجموعه‌های آمیزه رنگی-افیولیتی برجای مانده از این اقیانوسها در اطراف ایران مرکزی و شرق آن گواهی بر این امر می‌باشد».

نوروزی (1352) پیشنهاد کرد که براساس مدل تکتونیک صفحه‌ای، بلوک لوت به سمت شمال شرق در حرکت باشد اما براساس تصاویر ماهواره‌ای **ERTS- A,B** مشخص گردید که ناحیه لوت به سمت جنوب و در طول کشیدگی جنوبی گسل نایند حرکت می‌کند. (حرکت رشته کوه جبال بارز در طول گسل نایند به سمت راست کاملاً مشخص است) **Berberian (1977)**



شکل ۱-۲ - جایگاه ناحیه لوت در زمین شناسی ایران

Ruttner & Stocklin (1962)

هوشمندزاده (1353) عنوان که در حاشیه شرقی بلوک لوت یعنی جایی که دگرگونه‌های ده سلیم وجود دارند فقط احتمال حضور سنگ‌های پرکامبرین می‌رود و به این وسیله مقاوم بودن بلوک لوت را تأیید می‌کند.

بربریان و سهیلی (1353) و (Berberian 1974) براساس اطلاعات زمین‌شناسی و لرزه‌نگاری شواهدی ارائه کردند که مقاوم بودن بلوک لوت را زیر سؤال برد. (Berberian 1977) اهم این شواهد را به صورت ذیل ارائه می‌کند.

- چین‌خوردگی رسوبات پالئوزوئیک در ناحیه لوت.
- وجود سنگ‌های پالئوزوئیک از نوع سنگ‌های رشته‌کوه شتری در ناحیه لوت مبین این مدعاست که کوه‌های شتری و ناحیه لوت در طی پالئوزوئیک توسط دریای واحدی دربرگرفته شده بودند.
- وجود دو فاز دگرگونی و ماگماتیسیم در مزوزوئیک لوت دلیلی بر پویایی و فعالیت ناحیه لوت در طی مزوزوئیک می‌باشند.
- فعالیت‌های آتشفشانی در طی تریاس و کوارتتری در لوت گسترش داشته است.
- جابجایی‌های بسیار بزرگ اخیر که سراسر لوت را در برمی‌گیرد.
- بروز زمین لرزه‌های مخرب و گسله‌های فعال جدید (مانند گیو، دشت بیاض و ...)

## 2-1-2- تکامل زمین‌شناسی و متالوژنی ناحیه لوت

در مورد سرگذشت زمین‌شناسی ناحیه لوت در طی پرکامبرین به دلیل عدم وجود رخنمونهای مربوط به این دوران هیچگونه اطلاعی در دست نیست همچنین اطلاعات رادیومتری موجود بیانگر آنند که قدیمی‌ترین فاز زمین‌ساختی مؤثر این ناحیه بطور مشخص فاز کوهزایی کیمبرین پیشینمی‌باشد. (Rayer & 1971 Mohefez) در طی پالئوزوئیک و اوایل تریاس ناحیه لوت بعنوان جزئی از پلانفرم ایران مرکزی در معرض رسوبگذاری رسوبات کم‌عمق (سازندهای شیرگشت، پادها، سردر، جمال، شتری و ...) قرار داشته است که رخنمونهای این واحدهای رسوبی مشابه ایران مرکزی منطقه طبس، در نواحی مرکزی و جنوبی ناحیه لوت گسترش دارند. (Berberian 1977)

در پالئوزوئیک پسین یا تریاس پیشین صفحه ایران و عربستان که تا این زمان به همدیگر متصل بوده و حاشیه شمال شرقی ابر قاره گندوانا را بوجود می‌آورده‌اند، از همدیگر جدا می‌شوند و در بین آنها اقیانوس نئوتتیس که صفحه ایران (حاشیه شمال شرق گندوانا) را از صفحه توران (حاشیه جنوبی لوراسیا) جدا می‌کرده است، گردیده و در تریاس میانی به صفحه توران متصل می‌شود.

متعاقب این رخداد، فاز تکتونیکی کیمبرین پیشین صورت می‌پذیرد مظاهر این فاز که به صورت چین‌خوردگی و بالاآمدگی در رشته‌کوه شتری قابل مشاهده است (Stocklin 1986) در ناحیه لوت نیز با ناپیوستگی‌ها و چین‌خوردگی‌های فراوان دیده می‌شود. در اثر این فاز همچنین دگرگونی شدید در ناحیه ده‌سلم - چاه داشی ملاحظه می‌شود که بخ نام کمپلکس دگرگونی ده‌سلم شناخته می‌شود این کمپلکس دگرگونی شامل سازندهای رسوبی سردر و مرمر ناشی از دگرگونی سازند جمال (Rayer & Mohefez 1971) سن این کمپلکس دگرگونی را 206 تا 209 میلیون سال قبل (معادل تریاس میانی) ذکر می‌کنند. تا حال حاضر هیچ‌گونه شواهدی که دال بر فعالیت ماگماتیسیم در طی فاز کیمبرین پیشین در منطقه لوت باشد بدست نیامده است.

فاز کیمرین پیشین با ایجاد قطعات قاره‌ای بالا و پائین افتاده (هورست و گرابن) به فعالیت خود پایان می‌دهد. در نتیجه این عمل رسوبات پوراسیک در بعضی از نقاط لوت دیده نمی‌شود و در بعضی جاها ردیف ضخیم رسوبات ژوراسیک را می‌بینیم. (Lotif et al 1983)

فاز تکتونیکی دیگری که تأثیر بسزایی در تکوین زمین‌شناسی ناحیه لوت داشته است فاز کیمرین پسین (پوراسیک میانی) می‌باشد از ویژگی‌های مشخص این فاز اثر منطقه لوت ایجاد بالا آمدگی (Uplift)، تغییرات رخساره‌ای سریع و چین‌خوردگی شدید، می‌باشد بروز دگرگونی ناشی از فاز کیمرین پیشین از مشخصه‌های دیگر این فاز می‌باشد. فعالیت ماگماتیسم فاز کیمرین پسین بسیار حائز اهمیت بوده و اولین فاز ماگماتیسم شناخته شده در ناحیه لوت می‌باشد توده‌های گرانیتی بزمان از جمله مظاهر این ماگماتیسم می‌باشند. این فاز ماگماتیسم کانه‌دار بوده و بعنوان مثال توده گرانیتی - گرانودیوریتی سرخ کوه دارای کانه‌زایی مس از نوع پراکنده (Cu-Disseminated type) و توده گرانیتی شاهکوه دارای کانه‌زایی قلع، تنگستن، مس و توریم می‌باشد (اشوکلین و همکاران 1352). سنجش‌های رادیومتری سنی بین 162-178 میلیون سال قبل برای این توده‌های نفوذی نشان می‌دهد که منطبق بر اواسط تا اواخر ژوراسیک می‌باشد (لطفی 1372). فاز تکتونیکی بعدی فاز اتریشین است که در کرتاسه میانی رخ می‌دهد و باعث چین‌خوردگی ملایم و گسلش رسوبات کرتاسه زیرین می‌شود و آثار آن بصورت ناپیوستگی زاویه‌دار در قاعدع رسوبات مائستریشین در منطقه لوت بخوبی دیده می‌شود.

در طی کرتاسه بالایی قسمتهای شرقی، غربی و مرکزی جنوبی لوت بصورت قطعات بالا آمده (Uplift) بوده‌اند و همین باعث شده است که رسوبات کرتاسه بالایی در آنها مشاهده نشده و فقط در بخش شمالی لوت حوضه - های رسوبی کرتاسه بالایی تشکیل گردند که در آن رسوبگذاری انجام پذیرفته است. فاز تکتونیکی لارامید که در انتهای کرتاسه - اوایل پالئوسن در ایران زمین فعالیت داشته است در منطقه مرکزی لوت باعث چین‌خوردگی شدید، فعالیت آتشفشانی و همچنین بطور بخشی دگرگون کردن آمیزه‌های رنگین شده است (Berberian 1977) بر اثر این فاز همچنین رسوبات پالئوسن - ائوسن که بیشتر شامل آهکهای نومولیتیک است بصورت ناپیوستگی دگرشیب بر روی رسوبات مزوزوئیک قرار می‌گیرند و همچنین در همین زمان چرخه رسوبگذاری تازه‌ای با شکل‌گیری کنگلومرای کرمان که در نواحی خوسف و خور (لوت مرکزی) رخنمون دارد آغاز می‌گردد.

از اثرات مهم دیگر فاز لارامید بسته شدن حوضه‌های اقیانوسی بین زون لوت و سیستان است که موجب جاگیری افیولیت‌ها در امتداد این حوضه می‌گردد (افیولیت‌های بیرجند) و ناحیه فلیش را در شرق لوت بوجود می‌آورد. در همین زمان در منطقه سبزواری نیز حوضه اقیانوسی بسته شده و افیولیت‌هایی جاگیر می‌گردند که به دلیل دارا بودن کرومیت بسیار اقتصادی و قابل توجه هستند در حالیکه افیولیت‌های منطقه بیرجند به دلیل عدم عملکرد فرآیند ابداکشن (Obduction) مؤثر و نتیجتاً عدم امکان رخنمون، از این نظر فاقد اهمیت هستند. هر چند وسعت و فراوانی شکستگی‌های متعاقب فاز لارامید باعث عملکرد گرمایی وسیع در منطقه و نتیجتاً شکل‌گیری کانسارهای

بسیار با ارزش پنبه نسوز (آزیست) و منیزیت گشته است که این بخش از ایران زمین را بعنوان یک ناحیه متالوژنی منیزیت دار در آورده است. (لطفی 1372)

متعاقب فاز تکتونیکی لارامید، ماگماتیسم مرتبط با آن بسیار حائز اهمیت است. توده های نفوذی گاز و (Gazu) در منطقه طبس با کانی زایی نوع مس پورفیری که علاوه بر عیار نسبتاً بالای مولیبدن (5-120 ppm) مقادیر قابل توجهی طلا (متوسط 2/4 ppm) را نیز دارا می باشد سن این توده بروش ایزوتوپی Rb-sr حدود 75 میلیون سال (کرتاسه پایانی) تعیین شده است. توده نفوذی بجستان (گرانیتی) نیز با سن حدود 77 میلیون سال باعث دگرسانی سازند شمشک گردیده و کانه های منیتیت، کالکوپیریت و پیریت را بوجود آورده است. (Lotfi et al 1983) در اثر فاز لارامید، پراکندگی ضخامت و تغییرات رخساره ای رسوبات ائوسن در حوضه های مختلف ناحیه لوت تفاوت می یابد. رسوبات ائوسن زیرین در حوضه شرقی لوت مرکزی (چاه داشی) به طور چشمگیری برخوردارند. لوت جنوبی (حوضه ارتفاعات شمالی گودی جازموریان) در این زمان فرونشست کرده و رسوبات ائوسن تحتانی بر روی سری های سنگی قبلی گذاشته شده اند. فاز تکتونیکی پیرنن (اواخر ائوسن - اوایل الیگوسن) که با ناپیوستگی دگرشیب در قاعده رسوبات نئوژن لوت مشخص می گردد و لایه های قرمز تخریبی از دیگر ویژگی های آن است (نواحی ده سلم، دشت بیاض و لوت جنوبی) باعث یک برآمدگی بسیار (Major Lut Uplift) در لوت می شود که در نتیجه آن رسوبات الیگوسن - میوسن در این ناحیه دیده نمی - شوند و وجود یک ناپیوستگی دگرشیب بین لایه های قرمز رنگ (Red beds) فاز لارامید باعث شکستگی - های زیادی در ناحیه لوت می گردد که وجود سنگ های آتشفشانی آندزیتی - داسیتی را سبب می گردد، با رخداد تکتونیکی پیرنن این عمل (گسلش و ایجاد قطعات بالارو و فرورو) شدت یافته و سبب فعالیت آتشفشانی بسیار وسیع در این ناحیه می گردد این سنگ های آتشفشانی که عمدتاً دارای ترکیب حد واسط با ماهیت شوشونیتی و همچنین قلعه چاه (pb - zn - sb)، سه چنگی - حوض رئیس (pb - zn (cu))، چاه نقره (pb - zn) و قلعه زری (cu - pb - zn - Ag - Au) را جای داده اند. (Lotfi et al 1983) در اثر فعالیت فاز پیرن، همچنین توده های نفوذی پراکنده ای از جنس گرانیت، گرانودیوریت و دیوریت در قسمت های مختلف لوت ظاهر شده اند. (ده سلم، کودکان، خور و...) بعد از فاز پیرنن همانگونه که عنوان شده فقط لایه های قرمز رنگ تخریبی قاره ای در بخش هایی از لوت برجای گذاشته می شود. (بجز حوضه بسیار کوچکی در لوت جنوبی) رخداد تکتونیکی آتیکن (Attican) (میوسن - پلیوسن) باعث چین خوردگی این لایه های قرمز رنگ و ایجاد دگرشیبی در قاعده رسوبات کنگلومرای پلیوسن می کند و فاز تکتونیکی پلیوسن - کواترنر (Wallachian) باعث چین خوردگی این کنگلومراهای و همچنین ایجاد شکستگی در آنها گردیده، زمینه را برای فوارانهای آتشفشانی در نقاط مختلف لوت (از جمله بزمان) در طی کواترنر فراهم می آورد فاز (Wallachian) جدیدترین فاز تکتونیکی ناحیه لوت بوده و ریخت شناسی فعلی این ناحیه مربوط به عملکرد این فاز است در حال حاضر ناحیه فعال و پویای لوت توسط زمین لرزه های نسبتاً بزرگ و ویرانگری (زمین لرزه دشت بیاض، قانن، طبس، فردوس و ...) که در امتداد گسل های متعدد این منطقه فعال هستند، تحریک تکتونیکی خویش را آشکار می سازد.

## 2-2 چینه‌شناسی محدوده معدنی منطقه قلعه‌زری

همانگونه که در مبحث قبلی اشاره شد واحدهای سنگی دوره‌های مختلف زمین‌شناسی از پالئوزوئیک تا عهد حاضر بخوبی در لوت رخنمون دارند. پرواضح است فراوانی و پراکندگی این رخنمون‌ها را عوامل متعدد زمین‌شناسی و از جمله تکتونیک در کنترل خود داشته‌اند. در منطقه معدنی قلعه‌زری براساس آنچه در نقشه‌های زمین‌شناسی 1/250000 ده‌سلم و 1/10000 بصیران و همچنین نقشه‌های 1/20000 و 1/5000 پیوست این پایان‌نامه آمده، توالی چینه‌شناسی ذیل رویت می‌باشد:

در ارتفاعات شمال روستای دم‌روباہ (این روستا در 6 کیلومتری شرق معدن واقع است) که دارای روند شمال شرق - جنوب غرب هستند و همچنین ارتفاعات شرق چاه شور (4 کیلومتری جنوب معدن) می‌توان بخوبی کنگلومراهای قرمز و قهوه‌ای رنگ کرتاسه بالایی را یافت که بار ناپیوستگی بر روی رسوبات تخریبی (ماسه - سنگ، شیل، سیلتستون) ژوراسیک (معادل باسازند



شکل ۲-۲- نقشه زمین شناسی بصیران (۱) و موقعیت زمین شناسی

منطقه قلعه زری در آن (سازمان زمین شناسی کشور)



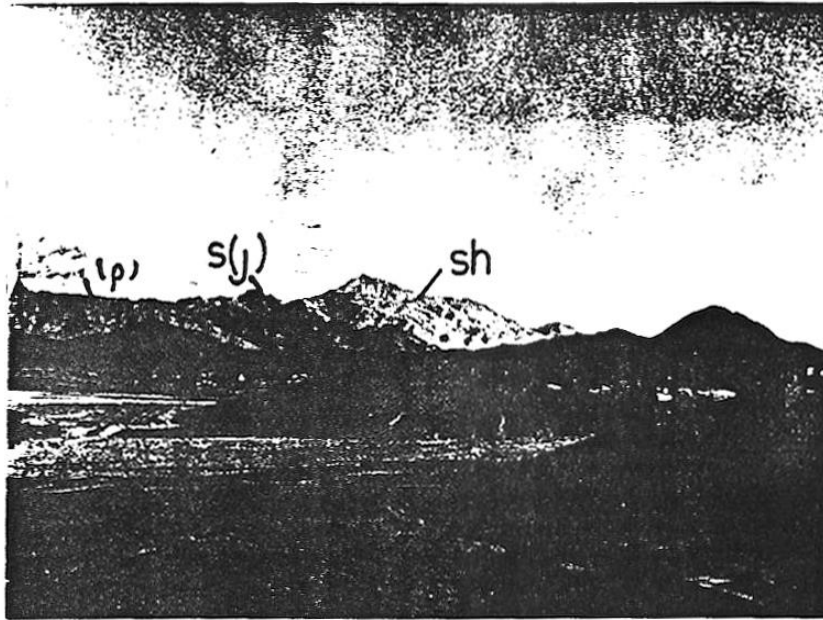
# LEGEND

## LITHOLOGY رخساره سنگی

QUATERNAR			Recent alluvium-Salt flat
			Low terraces, younger gravel fans
			High terraces, old fans
NEOG			Conglomerate, cl: Clay
			Pyroxene andesite, porphyritic andesite and basaltic andesite
PALEOGENE			P <sup>pa</sup> : Porphyritic andesite
			P <sup>mp</sup> : Megaporphyritic andesite
			E <sup>iv</sup> : Crystal lithic tuffs, andesitic composition, fine-grained, dark grey, vitric tuffs, basic tuffs, andesitic flows
			I <sup>ta</sup> : Acidic tuff, green, grey
			I <sup>ag</sup> : Dark grey agglomerate and tuffs
			L <sup>sa</sup> : Sandy limestone (detrital and biomicritic), sandstone, yellowish to brown
CRETACEOUS	UPPER		K <sup>ls</sup> : Limestone, sandy limestone, yellowish brown
			K <sup>lc</sup> : Limestone, micritic thin-bedded, black, including pebbles of older withish limestone, probably early cretaceous age
			K <sup>s</sup> : Sandstone
			K <sup>ms</sup> : Marly limestone, marl, sandstone, grey and yellowish
			K <sup>c</sup> : Conglomerate, red to brown
	LOWER		K <sup>o</sup> : Orbitolina limestone, thin bedded to massive, grey
			K <sup>sl</sup> : Sandy limestone, sandstone and marl, thin bedded
			K <sup>cs</sup> : Conglomerate and sandstone, red
			K <sup>ts</sup> : Tuffaceous and sandy limestone, tuffs, ferruginous sandy limestone and limestone
			K <sup>l</sup> : Limestone (bioparite), reefal limestone and sandy limestone
UPPER TRIASSIC- JURASSIC		J <sup>a</sup> : Andesite, altered	
		J <sup>s</sup> : Sandstone	
		J <sup>sh</sup> : Shale, sandstone, quartzitic sandstone and siltstone	
		J <sup>qs</sup> : Quartzitic sandstone and shale (contact metamorphic)	

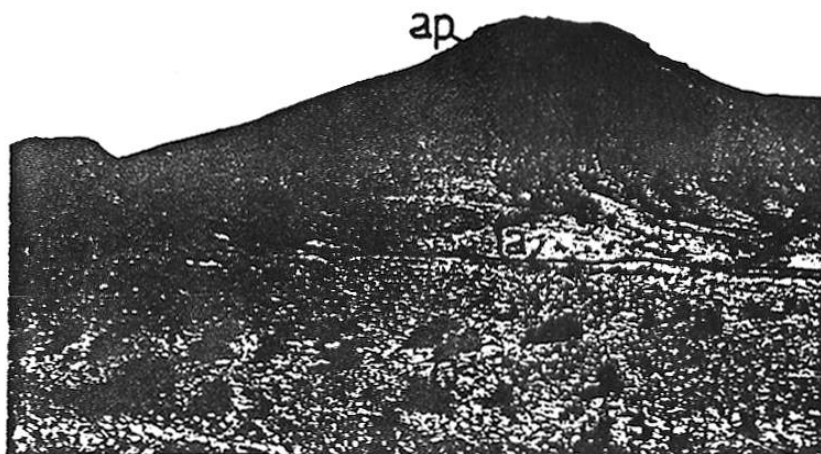
شکل ۲-۳ - راهنمای نقشه زمین شناسی بصیران (۱:۱۰۰۰۰۰)

(سازمان زمین شناسی کشور)



شکل ۲-۴ - تنوع واحدهای چینه‌ای در منطقه معدنی قلعه‌زری

توده نفوذی شاهکو (Sh)، ماسه‌سنگهای ژوراسیک (j)، آهکهای پالئوسن (P)، ولکانیکهای انوسن (E)



شکل ۲-۵ - لایه‌بندی واحدهای مختلف سنگی در منطقه معدنی قلعه‌زری

(آندزیت پورفیری = ap، توف اسیدی Ta، تناوب توف اسیدی و بازی Ta- Tb، آبرفت Q<sup>1</sup>)

نابند - شمشک) قرار گرفته‌اند. ضخامت این واحد کنگلومرای در بعضی قسمت‌ها تا 100 متر گزارش گردیده است بر روی این واحد کنگلومرای، واحد رسوبی با سنگ‌شناسی آهک و آهک ماسه‌ای کرم رنگ به ضخامت تقریبی 120 متر کرتاسه بالایی قرار دارد. بر روی این واحد آهکی، لایه کنگلومرای به ضخامت تقریبی 250-300 متر با رنگ قهوه‌ای قرار دارد که براساس مطالعات فسیل‌شناسی بر روی قطعات آهکی موجود در این کنگلومرا و وجود میکروفسیل‌هایی چون والولینا (*Valvulina*) و روتالینا (*Rotalina*)، سن پالئوسن برای آن در نظر گرفته شده است. این واحد کنگلومرای در ارتفاعات غرب چاه شور با ناپوستگی بر روی رسوبات تخریبی ژوراسیک قرار گرفته است. کنگلومرای پالئوسن در منطقه جنوب دم‌روبا و چاه شور توسط واحد ماسه‌سنگی، آهک ماسه‌ای قرمز رنگی پوشیده می‌شود. بر روی این واحد ماسه‌سنگی، یک واحد آهک توده‌ای و ضخیم لایه کرمی رنگ با ضخامت حدود 130 متر و رخساره اینترامیکریت با سن پالئوسن قرار دارد.

در بخش جنوبی بصیران و در امتداد رشته کوه‌های شمال دم‌روبا یک رخنمون کوچک ماسه‌سنگی به سن ائوسن دیده می‌شود که به طور هم شیب بر روی کنگلومرای پالئوسن قرار گرفته است.

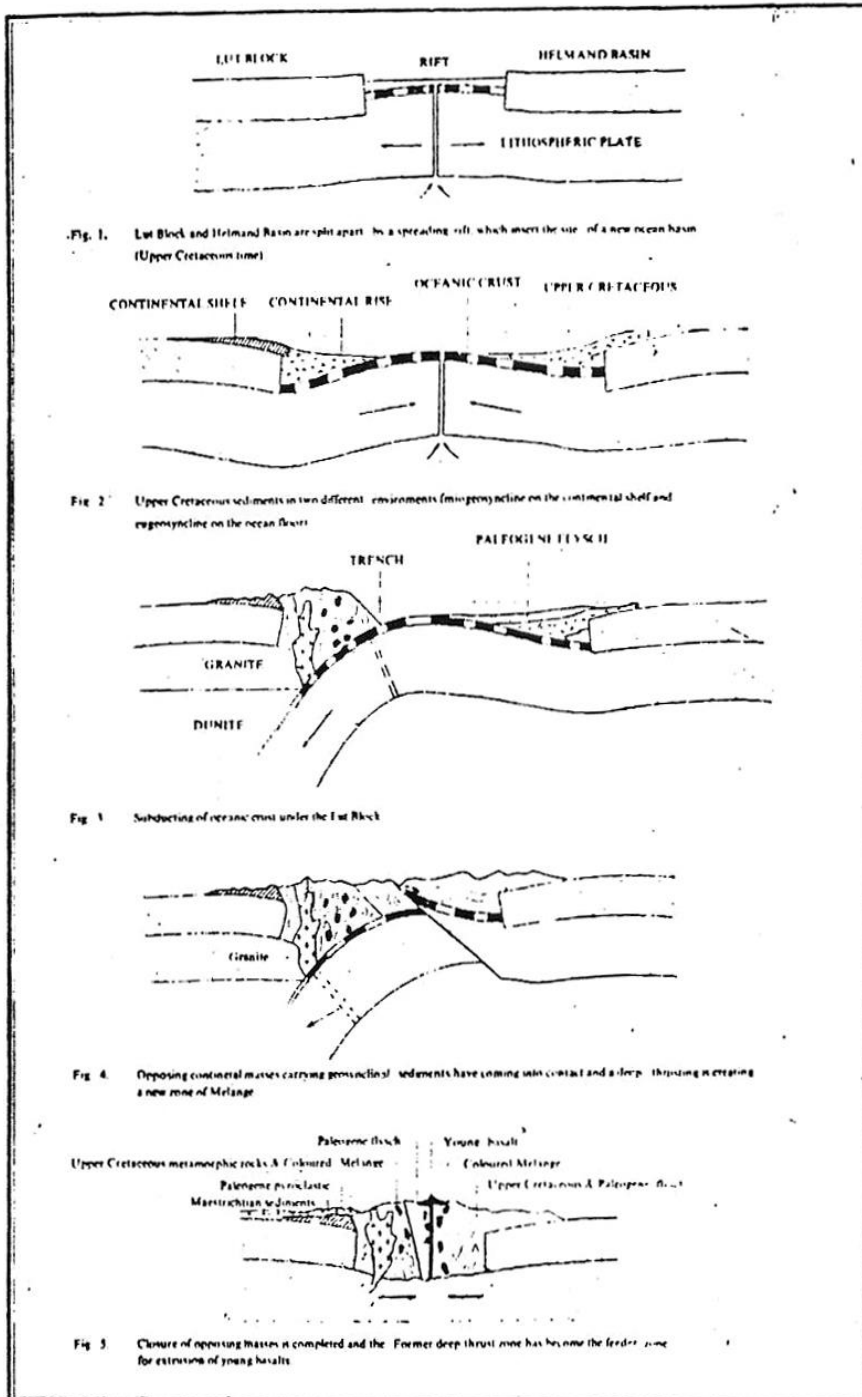
در همین منطقه یک واحد آگلومرای تیره‌رنگ ائوسن به ضخامت حدود 280 متر دیده می‌شود که با دگرشیبی بر روی مارن‌های کرتاسه بالایی قرار دارد. بر روی این واحد آگلومرای و همچنین در ضرق چاه شور بر روی واحد آهکی توده‌ای پالئوسن، واحد بسیار گستره توف بلورین با ترکیب آندزینی و همچنین توف‌های شیشه‌ای قرار دارد که از واحدهای سنگی اصلی و غالب منطقه معدنی قلعه‌زری می‌باشد در این منطقه و در همراهی با واحدهای توفی تیره‌رنگ ذکر شده با سن ائوسن، توف‌های اسیدی سبز و خاکستری رنگ و همچنین آندزیت پورفیری و مگاپورفیری حضور دارند که همگی واحدهای فوق توسط یک واحد سنگی پیروکسن آندزیتی و آندزیت - بازالت با سن پالئوژن - نئوژن پوشیده می‌شوند.

همانگونه که در یک نگاه مختصر به نقشه‌های 1/20000 و 1/5000 پیوست مشاهده می‌شود سنگ‌شناسی غالب منطقه معدنی قلعه‌زری را توف‌های آندزینی توف‌های اسیدی، آندزیت، آندزیت پورفیری و آندزیت بازالت‌های ائوسن تشکیل می‌دهند و کانی‌زایی در این منطقه دره امتداد شکستگی‌هایی در همین واحدها صورت گرفته است. (شکل 2-4 و 2-5)

### 3-2 وضعیت تکتونیکی منطقه قلعه‌زری

همانگونه که در مباحث قبل ذکر شد منطقه قلعه‌زری بعنوان جزئی از زون‌لوت ایران حوادث زمین‌شناسی را که بر این قسمت از ایران زمین گذشته، متحمل گردیده است. از زمان ارائه الگوی تکتونیکی صفحه‌ای (*plate tectonic*) در تفسیر زمین‌شناسی ایران، نظریات مختلفی در مورد تکوین تکتونیکی زون‌لوت ارائه گردید که بطور اجمال در بخش (2-1-2) به آنها اشاره گردیده است. در این میان سه نظرگاه کلی وجود دارد که سایر نظریات با مختصری تفاوت در جزئیات، در همین مجموعه قرار می‌گیرند.

افتخارنژاد (1352) اعتقاد دارد که در اثر عمل شکستگی (Rifting) که در کرتاسه بالایی (تورونین) آغاز می‌شود -  
گردد بلوک لوت و هلمند که تا این زمان قاره واحدی بوده‌اند از همدیگر جدا می‌گردند و اقیانوسی جدید مابین  
این دو بلوک تشکیل می‌گردد که در آن رسوبگذاری در قسمت‌های ژئوسنکلینالی انجام شده و باعث خمش  
پوسته و همچنین خمیدگی قشر قاره‌ای بلوک لوت می‌گردد این عمل در کرتاسه پایانی و پالتوسن باعث پیشروی  
دریا بر روی بلوک لوت گردیده نتیجتاً قشر عظیمی از رسوبات در حوضه پئوسنکلینالی مجاور قشر قاره‌ای بلوک  
لوت گذاشته می‌شود که باعث تقعر قشر اقیانوسی و نهایتاً شکستگی آن خواهد شد و در ادامه در حاشیه بلوک  
لوت قشر اقیانوسی بزرگ قشر قاره‌ای بلوک لوت رانده می‌شود (Subduction) حوضه اقیانوسی شروع به بسته  
شدن



شکل ۶-۲ - مدل تکتونیکی برای توجیه حوضه رسوبی فلیش در شرق ایران

افتخارنژاد (۱۳۵۲)

می‌نماید. وی همچنین آثار متعددی از دگرگونی‌ها و پلوتونیک‌های (دگرگونی‌های خوسف، چهار فرسخ، شمال بیرجند و گرانیتهای جنوب زالو و غرب سرخ‌کوه) مرتبط با این فرورانش را بر می‌شمارد. نامبرده همچنین وقوع گسله‌های فلسی با روندی تقریباً موازی با حاشیه بلوک لوت و هلمند و همچنین جاگیری افیولیتها دخیل می‌داند. (شکل 2-6)

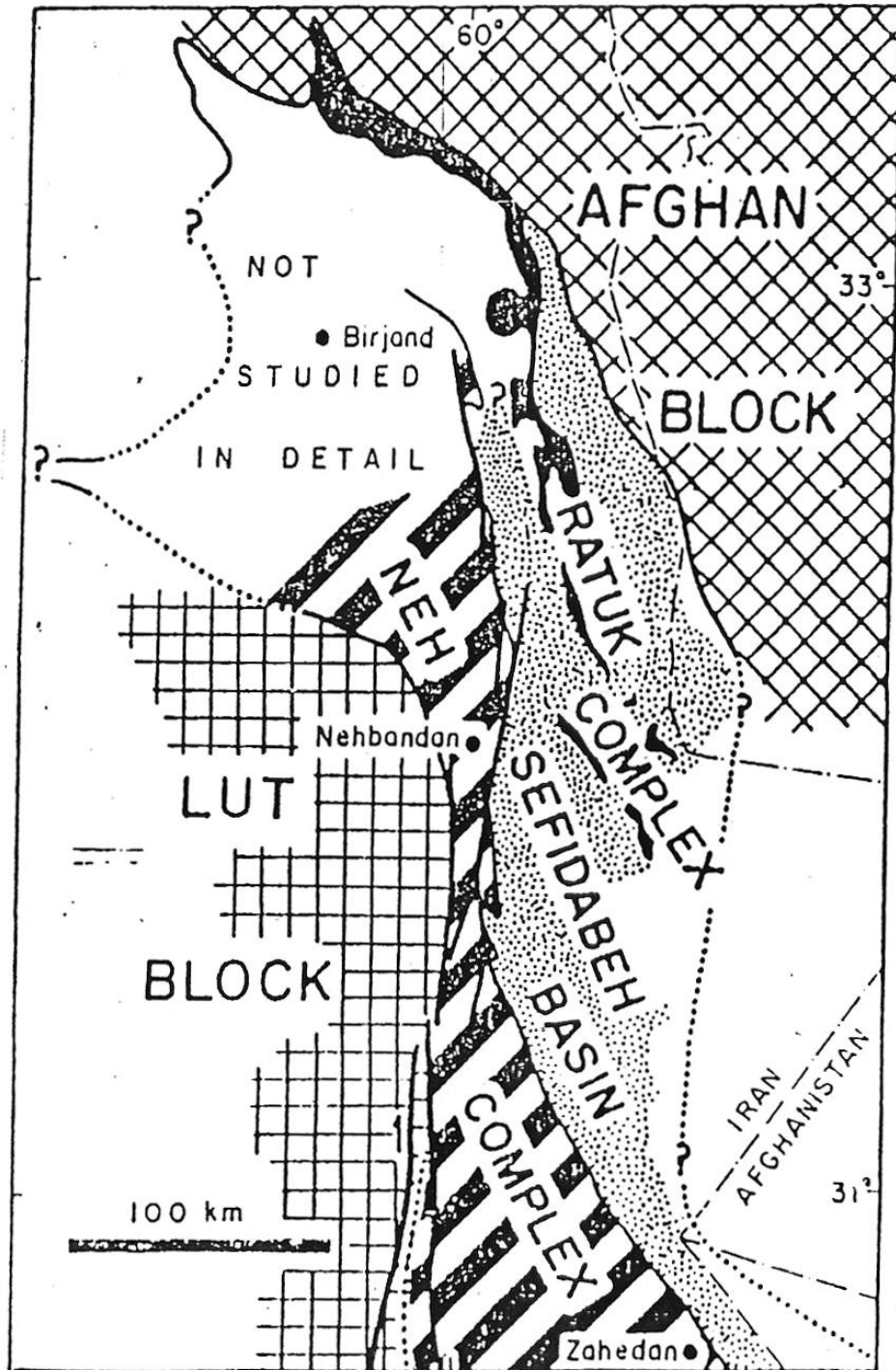
با توجه به دیدگاه ارائه شده و همچنین اصول پذیرفته شده تکتونیک صفحه‌ای بایستی ولکامیک‌های فراوان لوت مرکزی و از جمله منطقه قلعه‌زری را حاصل ذوب پوسته اقیانوسی فرو رانده شده دانست.

(Camp & Griffis 1982) و همچنین (Tirrul et al 1983) براساس مطالعات پتروکتونیک که در منطقه خرد شده سیستان (جایی که مطابق شکل 2-7 حد فاصل بین بلوک لوت و بلوک افغان می‌باشد) انجام داده‌اند درست برعکس نظریه افتخارنژاد (1352) مدل تکتونیک زیر را پیشنهاد می‌کنند:

در سنومانین با ایجاد یک ریفتینگ بلوکهای لوت و افغان از همدیگر جدا می‌شوند با گسترش ریفت، پوسته اقیانوسی که شاخه‌ای از نئوتتیس است در شرق ایران تشکیل می‌گردد این پوسته اقیانوسی تا کمپانین به گسترش خود ادامه می‌دهد و در این زمان در اثر اعمال رژیم زمین‌ساختی فشارشی پوسته اقیانوسی مذکور به زیر بلوک افغان فرورانش می‌کند. (شکل 8-2) در اثر ادامه عمل فرورانش در مائستریشین پوسته اقیانوسی فرورو شکسته شده و در اثر ادامه فرورانش در اواسط ائوسن با برخورد بلوک لوت با حوضه پیش کمانی (کمپلکس نه) حوضه کاملاً بسته می‌شود و چون هنوز رژیم فشارشی ادامه داشته است چین خوردگی‌های شدید و گسله‌های امتداد لغز در طی الگوسن و میوسن به وفور رخ داده‌اند و این گسله‌های راست لغز امتدادی در طی میوسن تا کواترنردر طول همان گسله‌های قدیمی (مانند گسل نهبندان) فعالیت داشته‌اند. (شکل 2-9)

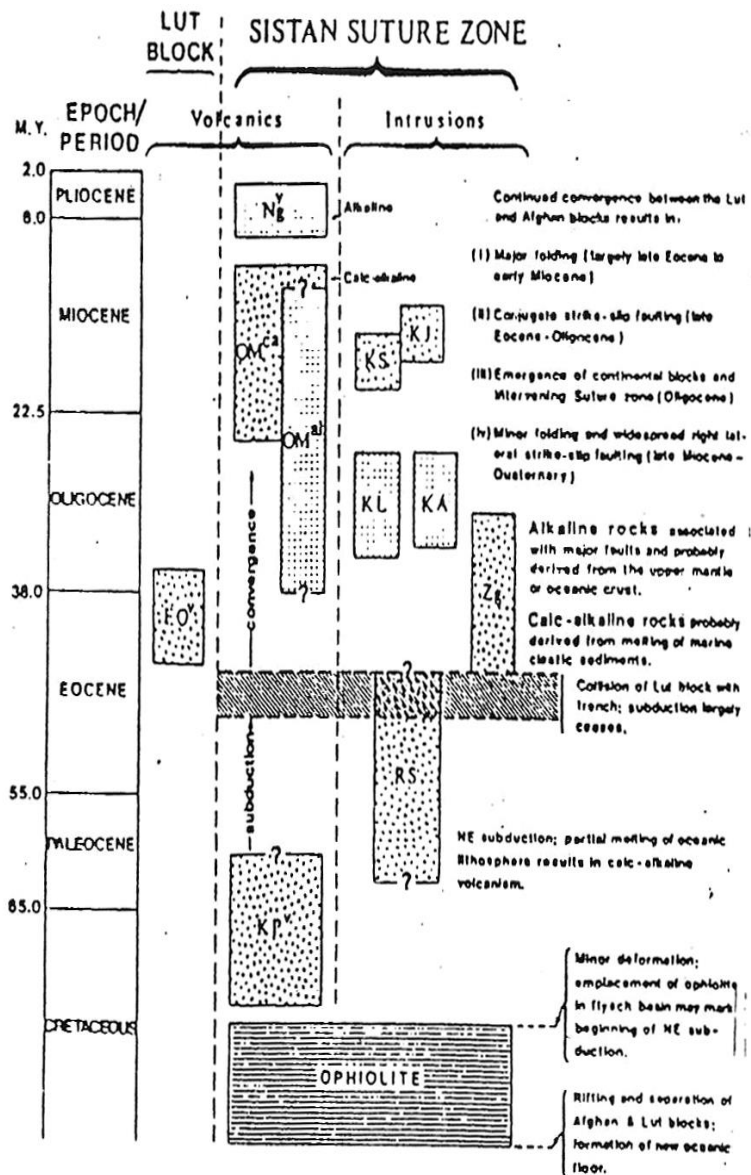
(Camp & Griffis 1982) ولکانیکهای حاشیه شرقی لوت را نتیجه دورشدگی گسله‌های امتداد لغز و راست لغز با روند شمالی از گسله‌های امتداد لغز با روند شمالی شرقی که می‌تواند باعث ایجاد شکافهای مایل در پوسته و نتیجتاً کشش و خروج ماگما گردد، می‌دانند (مشابه گسله سن اندریاس در کالیفرنیا آمریکا)

خطیب (1368) وجود یک رژیم کششی در اواسط مزوزوئیک را دلیل وقوع کافت (Rift) در شرق ایران و جدا شدن بلوک لوت و هلمند از همدیگر می‌داند. در نتیجه این جدایش پوسته اقیانوسی بین دو لوک تشکیل می‌گردد که باریکه‌های از آن به داخل بلوک لوت نیز کشیده می‌شود، در مدت زمانی کوتاه و قبل از آنکه این اقیانوس بخوبی گسترش بیابد بر اثر اعمال رژیم فشارشی (متأثر از فشرده شدن ورقه عربی بر ورقه ایران مرکزی در غرب کشور) شروع به بسته شدن می‌کند به دلیل نرخ متفاوت حرکت دو صفحه افغان و لوت و همچنین اثر شدید و ناگهانی رژیم فشاری - برشی ذکر شده پوسته اقیانوسی بدون اینکه متحمل فرورانش شود به صورت سفره‌های رورانده (Nappe) بر روی پوسته قاره‌ای قرار می‌گیرد و از محل درزه و شکستگی‌های موجود که نسبتاً عمیق بوده و تا استونوسفر هم می‌رسند و لکانیسم شدیدی بوقوع پیوسته است. وی معتقد است که این رژیم فشاری - برشی در کرتاسه بالایی باعث بسته شدن کامل حوضه اقیانوسی می‌گردد و در سراسر ترشیاری فعالیت آتشفشانی از خلال شکستگی‌های این مجموعه‌های رورتنده صورت پذیرفته که بازالت‌های مود و سریشه با سن نئوژن از مظاهر آن هستند.



شکل ۷-۲ - ناحیه خرد شده سیستان و ارتباط تکتونیکی آن با بلوکهای لوت و افغان

نقل از (TIRRUL et al 1983)



through Tertiary magmatic events and their time relation to periods of deformation in the Sistan suture zone the Lut block in the map area. Volcanics are marked by their appropriate age designations whereas the intrusions are marked by their appropriate age designations. Volcanics: NG, Kuh-e Narg; Ca, Kuh-e Assagie; KS, Kuh-e Seyasteragi; KJ, Kuh-e Janja; RS, Rud-e Shur; Zg, Zahedan; KP, Kuh-e Lar; KA, Kuh-e Assagie.

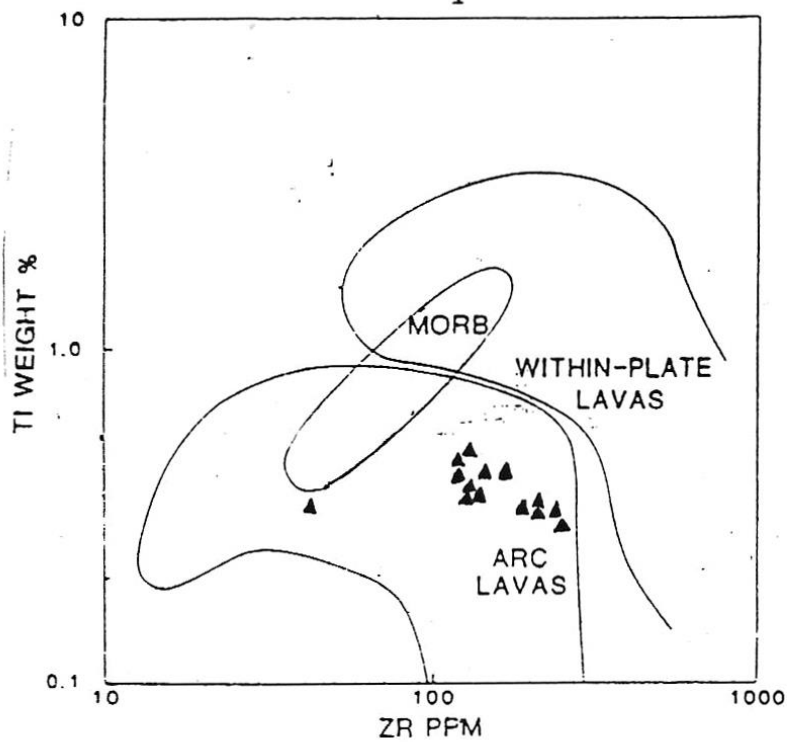
شکل ۲-۹ - وقایع پتروکتونیکی ناشی از برخورد بلوک لوت و افغان

نقل از (CAMP & GRIFFIS 1982)



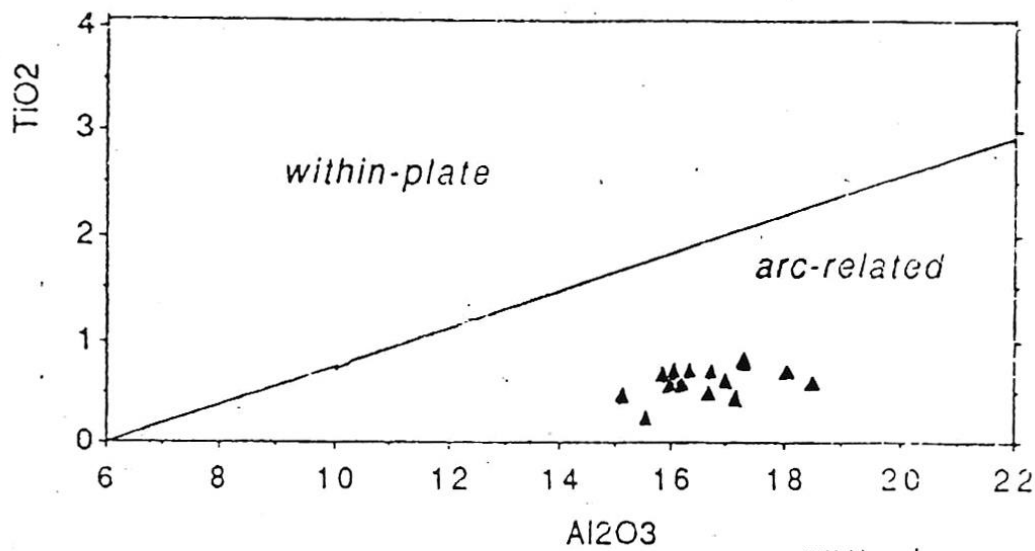
ما بدون هرگونه قضاوت در مورد مدل‌های تکتونیکی ارائه شده فوق‌الذکر، به منظور اطلاع از این مطلب که واحدهای سنگی منطقه معدنی قلعه‌زری دارای چه جایگاه تکتونیکی هستند با استفاده از دیاگرام‌های مربوطه اقدام به کار نموده تا در تعبیر و تفسیرهای ژنتیکی کانسار از آن بهره جوئیم.

بر این اساس نمونه‌های سالم و دگرسان نشده از واحدهای مختلف سنگی منطقه در محدوده نقشه  $\frac{1}{200000}$  انتخاب و نظر به ثبات ژئوشیمیایی بیشتر و حساسیت عناصر قلیل (tranc element) در تعیین موقعیت‌های پترو تکتونیکی ماگما و سنگ‌های حاصل از آن، با استفاده از دیاگرام‌ها و اشکال (2-10، 2-11، 2-12، 2-13 و جدول 2-1) موقعیت تکتونیکی ولکانیک‌های قلعه‌زری از نوع قوس‌های حاشیه قاره (مشابه آند) تعیین گردید.



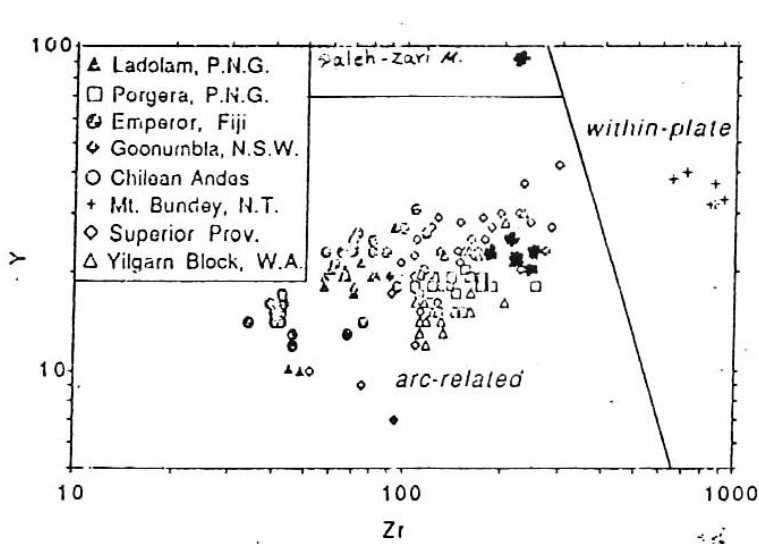
شکل ۲-۱۰ - موقعیت تکتونیکی سنگهای آتشفشانی منطقه قلعهزری

با استفاده از دیاگرام Ti- Zr Pearce 1980

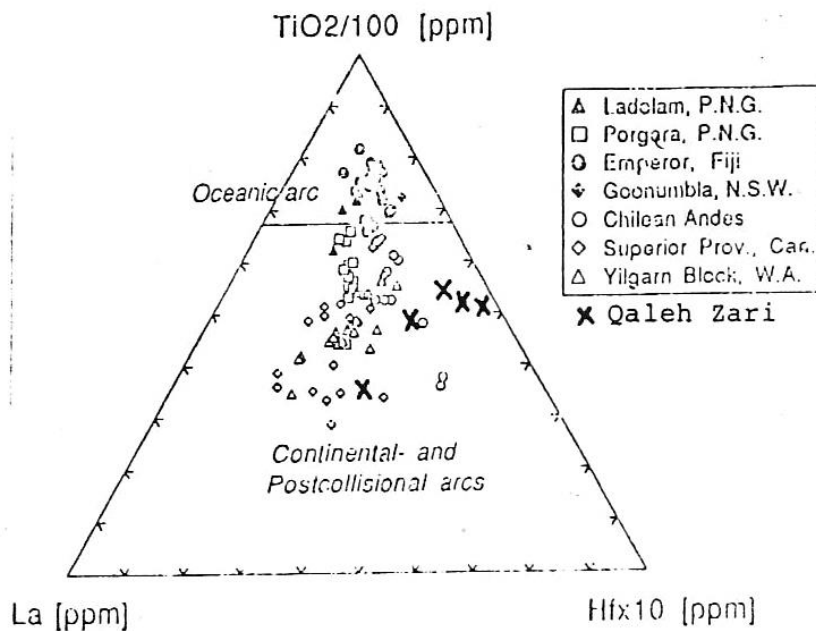


شکل ۲-۱۱ - موقعیت تکتونیکی سنگهای آتشفشانی قلعهزری با استفاده از

دیاگرام  $TiO_2 - Al_2O_3$  Muler et al 1992



شکل ۲-۱۲ - مقایسه سنگهای منطقه قلعه‌زری با مجموعه سنگهای شوشونیتی و غنی از پتاسیم دارای کانه‌زایی Cu و Au با استفاده از دیاگرام Y- Zr (Müler et al 1992)



شکل ۲-۱۳ - دیاگرام مثلثی  $TiO_2/100 - La - Hf \times 10$  (Müler et al)

و موقعیت نمونه‌های سنگی قلعه‌زری در آن (1992)

جدول: ۱-۲- مقایسه پارامترهای پترولوژیکی سنگهای آتشفشانی کالکوالکالن نوع جزایر

قوسی و حاشیه قاره‌ها با سنگهای منطقه قلعه‌زری

پارامترها	ولکانیکهای نوع جزایر قوسی	ولکانیکهای نوع آند	ولکانیکهای قلعه‌زری
SiO <sub>2</sub> %	۵۰-۶۶	۵۶-۷۰	۵۶-۶۴
FeO*/MgO%	<۲	>۲	۱/۴-۲/۸
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O%	<۰/۸	۰/۶-۱/۱	۰/۶-۱/۲۶
Rb(PPM)	۳۰-۴۵	۶۶-۱۰۸	۵۲-۲۱۷
Sr(PPM)	۳۸۰-۴۶۰	۵۷۰-۸۶۰	۳۰۲-۳۵۹
Ba(PPM)	۲۷۰-۵۲۰	۶۰۰-۸۱۵	۴۱۱-۷۷۰
Zr(PPM)	۱۰۰-۱۱۲	۱۸۴-۲۲۶	۱۶۷-۲۳۷
K/Rb(PPM)	۳۰۰-۶۰۰	۲۰۰-۲۸۰	۲۰۲-۳۴۳

اطلاعات از M. Tarkian et al 1983 , O. spies et al 1983

\* مقدار آهن کل

1-3-2- وضعیت درزه و گسله‌ها در منطقه محدوده معدنی قلعه‌زری

همانگونه که عنوان شد ایران مرکزی تحت تأثیر فشار ناشی از برخورد صفحه عربی با آن به سمت شمال شرق (N2OE) متحمل تنش گردیده است. این تنش که از مائستریشین تا حال حاضر به طور مداوم ادامه داشته (Takin (1972) تأثیرات عمده‌ای در تکوین زمین‌شناسی ایران در طی سنوزوئیک داشته است. گسله‌های امتدادی و راست گرد نهبندان و نای‌بند که مرزهای شرقی و غربی ناحیه بلوک لوت را تشکیل می‌دهند بر اثر اعمال این تنش فعال گردیده و ناحیه لوت را بصورت یک پهنه برشی بزرگ درآورده‌اند شکل (2-14) که جهت ماکزیمم تنش وارده بر آن دارای امتداد N45-55E می‌باشد (حیدری 1373) همانگونه که در شکل (2-14) مشاهده می‌گردد در اثر این سیستم برشی کشش‌های عمدتاً با روند شمال غرب- جنوب شرق بوقوع پیوسته که محل خروج ماگمای میانه با ماهیت کالکوآلکالین در طول ائوسن و بخصوص فاصله زمانی بین ائوسن- الگوسن بوده است. در منطقه قلعه‌زری امتداد زون برشی اصلی در محدوده N50-60W قرار می‌گیرد و همانگونه که در دیاگرامهای گل سرخی مشاهده می‌شود با امتداد رگه‌های اصلی معدنی مطابقت نشان می‌دهد. (اشکال 16 و 2-15) در محدوده معدنی قلعه‌زری درزه‌های فراوان (درزه‌های معمولی و درزه‌های هم‌نوع یا زوجی Congugate) باعث خردشدگی شدید سنگ‌ها گردیده‌اند و همین امر سبب شده تا سیالات گرمایی بتوانند باعث دگرسانی گسترده در این منطقه بشوند.

گسله‌های منطقه معدنی را بطور کلی میتوان در سه دسته قرار داد:

**الف)** گسله‌هایی با روند شمال‌غرب- جنوب شرق

**ب)** گسله‌هایی با امتداد شمال شرق- جنوب غرب

**ج)** گسله‌هایی با امتداد شمالی- جنوبی

بر اساس مشاهدات سحرایی و عکس‌های هوایی، گسله‌های دسته (الف) که عمدتاً رگه‌های معدنی نیز در همین امتداد قرار دارند، از همه قدیمی‌تر و گسله‌های دسته (ج) از همه جوانتر بوده و باعث انقطاع در امتداد رگه‌ها و جابجایی آنها بصورت راستگرد گردیده‌اند. نکته قابل توجه اینکه گسله‌های دسته (ج) و (ب)، شکستگی‌های ثانویه زون اصلی برشی با امتداد شمال غرب- جنوب شرق می‌باشند و از لحاظ سنی تفاوت چندانی با آن ندارند (خطیب، گفته شفاهی). در منطقه معدنی قلعه‌زری گسله‌های ثانوی باعث خرد شدن رگه‌ها گردیده و در امتداد اغلب آنها سیلیسی شدن بخوبی قابل رؤیت است. به نظر میرسد با توجه به ماهیت شکننده سنگ‌های آتشفشانی (آندزیتی) منطقه و اعمال تنش، شکستگی‌های اولیه در سنگ‌ها بوجود آمده باشند، در ادامه تنش و در اثر تأثیر متقابل زونهای برشی بر همدیگر فضاهاى خالی فراهم آمده‌اند و در مرحله بعدی نفوذ سیالات کانه‌دار باعث کانه‌زایی گردیده که وجود بافتهای پرکننده فضای خالی (open space filling) خود مبین این امر است.

همچنین حرکات تکتونیکی ثانویه باعث برشی شدن سنگ‌های درونگر گردیده که سیمان آنرا مواد معدنی (بخصوص هماتیت) تشکیل می‌دهد. (شکل 5-4)

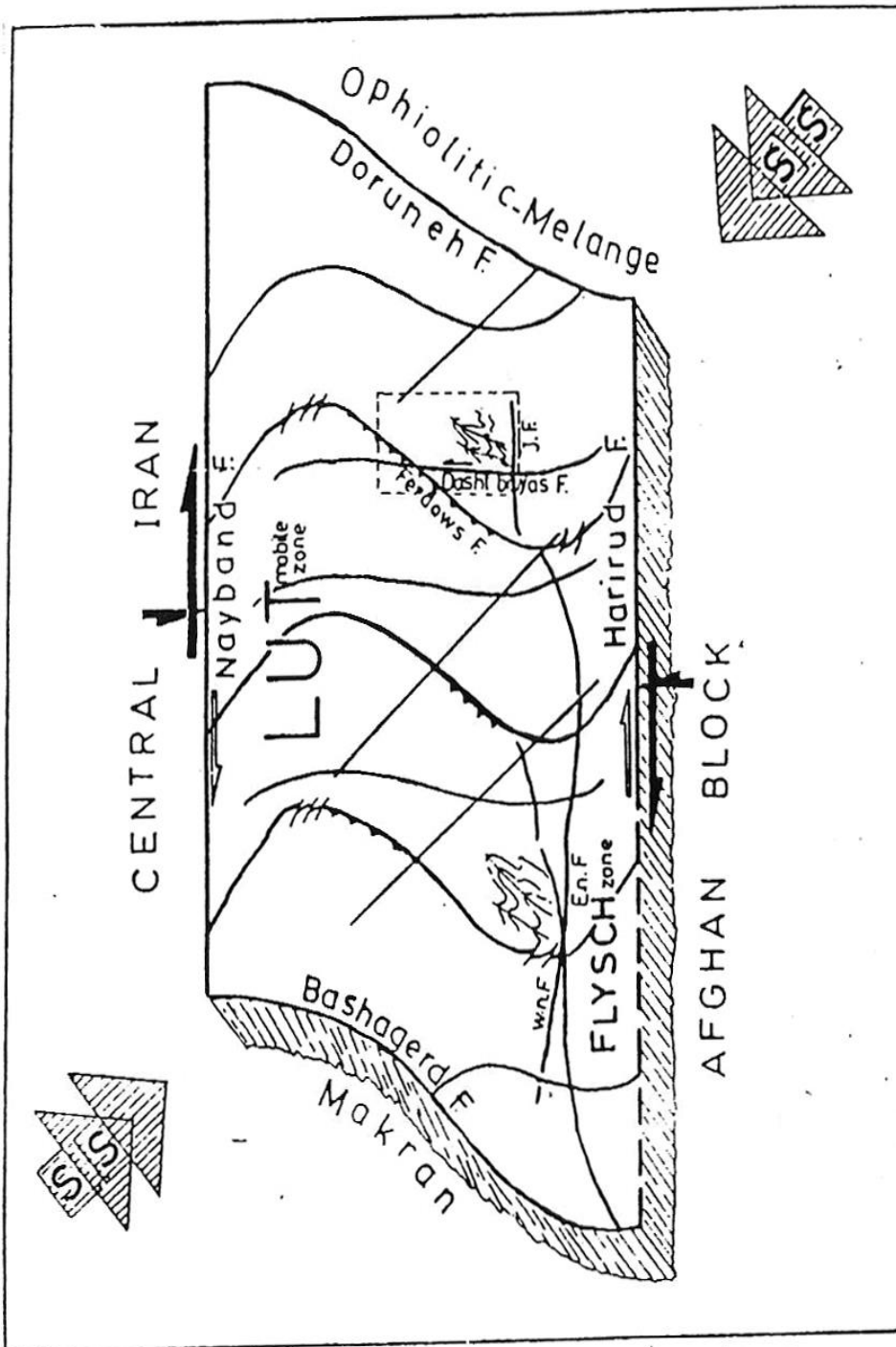
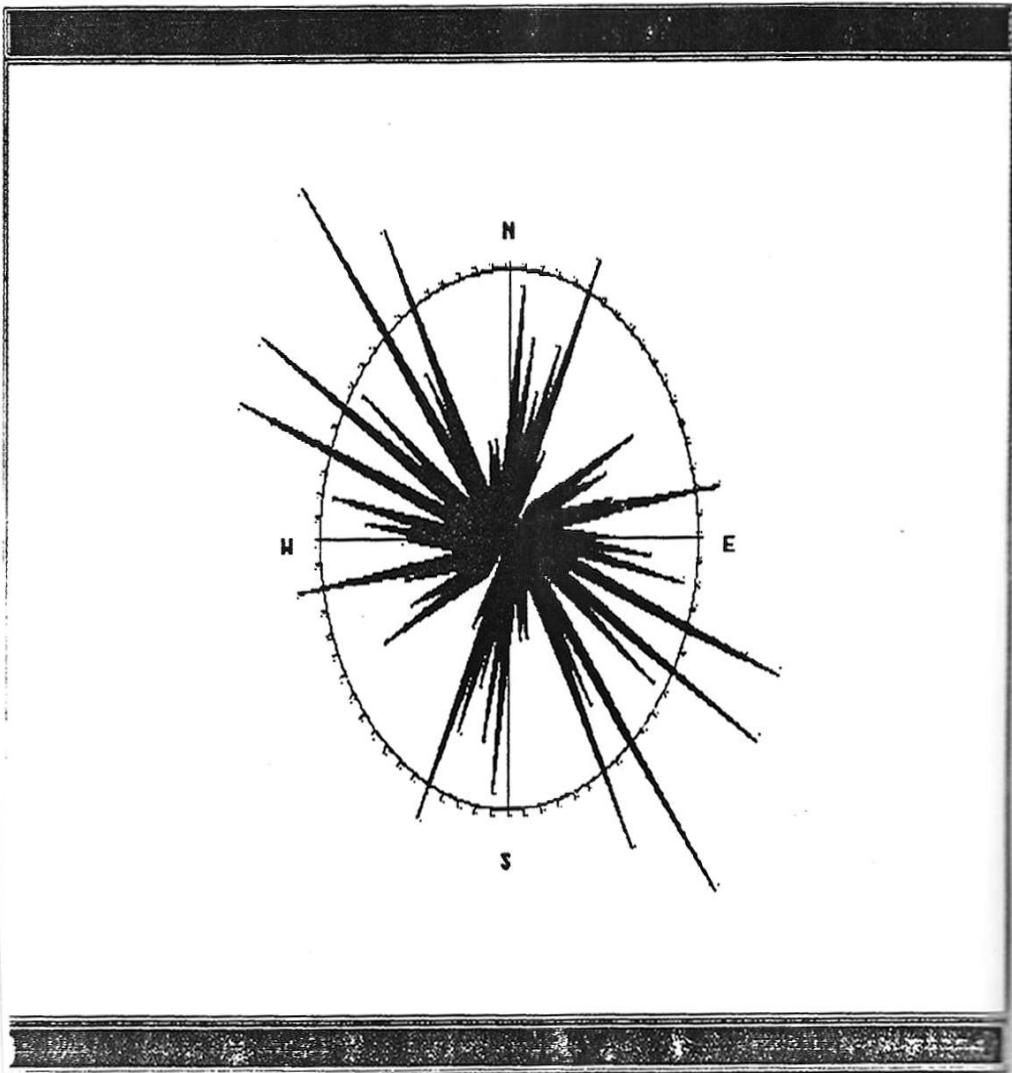


Fig.12 Shear Zone Tectonics Model and appeared main structural trend in east IRAN

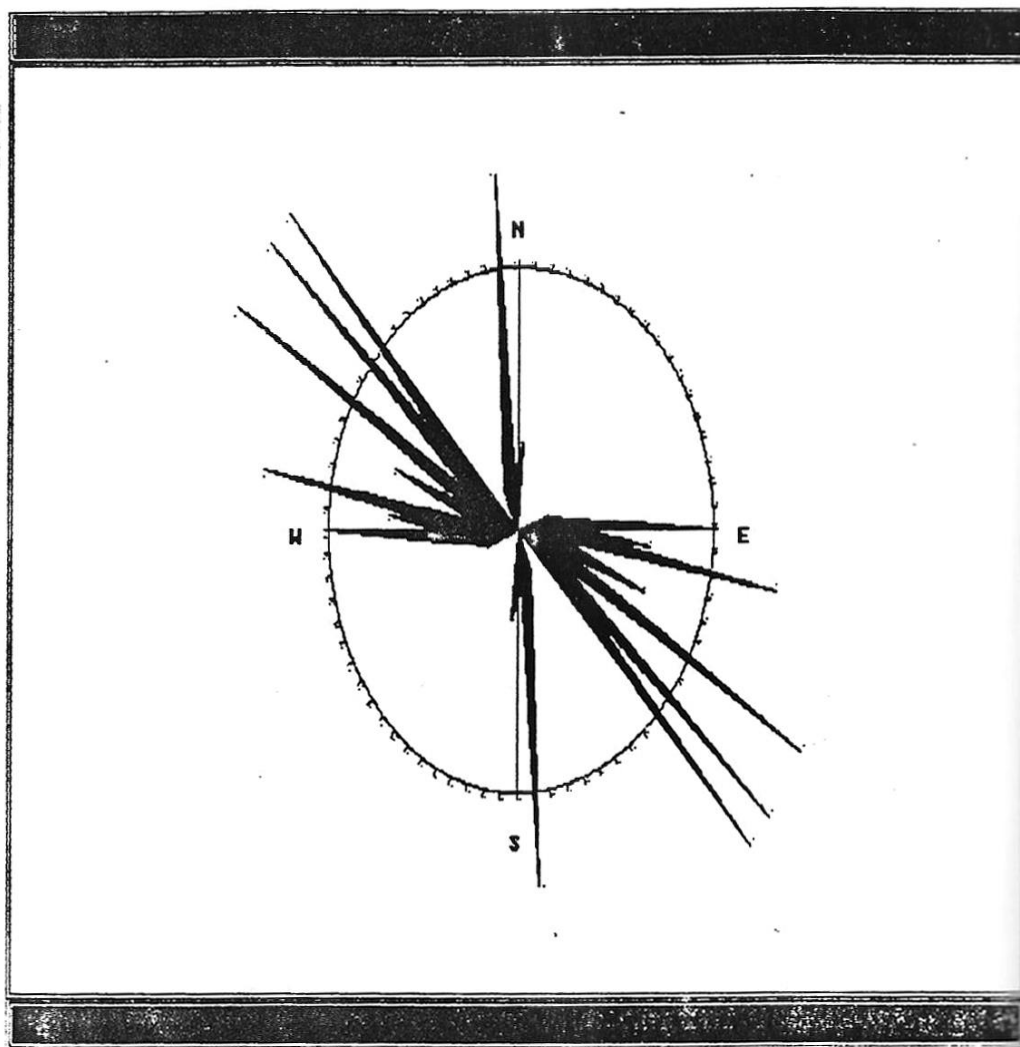
شکل ۱۴-۲ - مدل تکتونیکی برشی و ساختارهای مختلف ناشی از آن در ناحیه لوت

(حیدری ۱۳۷۳)



شکل ۲-۱۵ - دیاگرام گل سرخی شکستگی های منطقه معدنی قلعه زری

شکستگی های منطقه قلعه زری بطور کلی در سه روند جای می گیرند. روند اصلی و کانه دار دارای امتداد شمال غرب - جنوب شرقی است. روند شمالی جنوبی و روند شمال شرقی - جنوب غرب از فراوانی کمتری برخوردار بوده و شکستگی های اصلی (روند شمال غرب - جنوب شرق) را قطع کرده اند و بعضاً باعث بهم ریختگی شدید رگه ها و در نتیجه مشکلات فراوانی را در مراحل استخراج بوجود آورده اند.



شکل ۲-۱۶ - دیاگرام گل سرخی شکستگی های کانه دار و رگه های معدنی در قلعه زری

همانگونه که مشاهده می شود روند اصلی رگه های معدنی شمال غرب - جنوب شرق می باشد و در بعضی

مناطق شکستگی های شمالی جنوبی نیز دارای کانه هستند لازم به ذکر است که روند اخیر عمدتاً با پرشدگی

توسط سیل و برشی شدن شدید همراه می باشد.



## فصل سوم سنگ‌شناسی منطقه قلعه‌زری و محدوده معدنی آن

### مقدمه:

امروزه در نتیجه تلاش دانشمندان گذشته و حال علوم زمین امکان طبقه‌بندی سنگ‌های مختلف فراهم آمده است در مورد سنگ‌های آذرین معیارهای سه‌گانه ذیل برای رده‌بندی و تعیین نام سنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**الف) رده‌بندی مدال:** در این روش که بر مبنای شمارش کانیهای تشکیل‌دهنده سنگ استوار است مقاطع نازک تهیه شده با دقت در زیر میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفته و کانی‌های تشکیل‌دهنده آن برحسب درصد محاسبه می‌گردد. از معروفترین دیاگرامهای مورد استفاده در این رده‌بندی می‌توان از دیاگرامهای Streckisen (1978) و همچنین Jung & Brousse (1959) نام برد. در دیاگرام مثلثی اشتريکایزن که کاربرد فراگیرتری دارد رئوس دو مثلث مشترک القاعده بوسیله کوارتز (Q)، فلدسپاتهای آلکالن (A)، پلاژیوکلاز (P) و فلدسپاتئیدها (F) مشخص گردیده است برای انتقال نتایج حاصل از شمارش هر نمونه باید جمع کانیهای روشن سنگ را با رعایت نسبت بین آنها به 100 رسانید. (  $Q+A+P+100$  یا  $F+A+P=100$  ) آنگاه اطلاعات حاصله را بروی دیاگرامهای مربوطه منتقل می‌کنیم و نام دقیق سنگ را تعیین می‌کنیم.

**ب) رده‌بندی نورماتیو:** این روش براساس ترکیب کانی‌شناسی مجازی سنگ استوار است که خود در نتیجه انجام محاسبات نورم بر روی نتایج آنالیز شیمیایی سنگ تعیین می‌شود.

رده‌بندی نورماتیو (1976) Streckisen & le Maitre , O' Connor (1965) از معروفترین مبناهای مورد استفاده در این روش می‌باشند برای مثال در یاگرام (1976) Streckisen & le Maitre نتایج حاصله از نورم به همان محدوده‌های دیاگرام مدال QAFP انتقال می‌یابند با این تفاوت که مقدار An

(آنورتیت) بروی محور افقی از رابطه  $An = \frac{100 \times An}{An + or}$  و در محور عمودی مقدار کوارتز از

$$Q = \frac{100 \times Q}{Q + Ab + An + or}$$

رابطه محاسبه و نام سنگ تعیین می‌شود.

ج) رده‌بندی شیمیایی: از دقیق‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های شناسایی و رده‌بندی سنگ‌های آذرین است که به سهولت و با استفاده مستقیم از نتایج آنالیز شیمیایی که در آزمایشگاه‌های تجزیه مواد به صورت اکسیدهای اصلی، عناصر فرعی و همچنین REE ارائه می‌گردند، قابل استفاده می‌باشد. این رده‌بندی به خصوص در مورد سنگ‌های آتشفشانی که گستردگی فراوان دارند بسیار متنوع و کارا ظاهر می‌گردد. در این روش از معیارهای

مختلف شیمیایی استفاده می‌شود که در بین آنها مقدار سیلیس و درجه جمع آلکالین‌ها از اهمیت خاصی برخوردار هستند.

سیلیس بعنوان اکسید اصلی سنگ‌های آذرین خواص فیزیکی و ساختمانی مواد آتشفشانی را در کنترل خود دارد و در تعیین درجه اشیاعی سنگ بسیار موثر واقع می‌شود از طرفی مقادیر  $Na_2O$  و  $K_2O$  به همراه سیلیس علاوه بر تعیین نام سنگ قابلیت تعیین و تفکیک سنگ‌های ساب‌آلکالین، آلکالین و هیپرالکالین را نیز به ما می‌دهند. از جمله دیاگرام‌های معروف مورد استفاده در این روش، دیاگرام‌هایی که براساس مقدار سیلیس و مجموع آلکالی - ها استوار است، دیاگرام (1986) le Bas et al.، (1980) Middlemost و Taylor et al. (1981) و بالاخره (1989) Le Maitre et al. می‌باشد همچنین طبقه‌بندی‌های (1981) Pearce & Sane (1973) و (1975) Floyd & Winchester برای استفاده در مورد سنگ‌هایی که دگرگونی درجه پائین یا متاسوماتیسم را متحمل شده‌اند با تکیه بر عناصر غیرمتحرک<sup>1</sup> مانند Ti, Zr, Y, Nb و P به کار می‌روند.

### 1-3- نامگذاری سنگ‌های محدوده معدنی قلعه‌زری

برای نامگذاری سنگ‌های منطقه مورد مطالعه تعداد 70 مقطه نازک از نمونه‌های سنگی مقاطع 8 گانه لیتولوژیکی

نقشه‌های  $\frac{1}{20000}$  و  $\frac{1}{5000}$  پیوست تهیه گردید و پس از بررسی‌های دقیق میکروسکوپی و تعیین همانندها،

تعدادی از نمونه‌ها جهت آنالیز شیمیایی در نظر گرفته شد که براساس نتایج آنالیز محاسبات مورد نیاز به دو روش

طبقه‌بندی نورماتیو (براساس محاسبات نورم CIPW) و با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری NORM، از دیاگرام -

های مورد استفاده در طبقه‌بندی شیمیایی سنگ‌ها، شامل مدل‌های پیشنهادی (Le Taylor et al. (1981),

(1989) Maitre et al. و دیاگرام AFM برای نامگذاری استفاده گردیده است.

همانگونه که در شکل 3-1 دیده می‌شود سنگ‌های منطقه مورد مطالعه بطور کلی در چهار محدوده آندزیت -

تراکی آندزیت - آندزی بازالت و داسیت قرار می‌گیرند و با توجه به فراوانی نمونه‌های آندزیتی غالب بودن

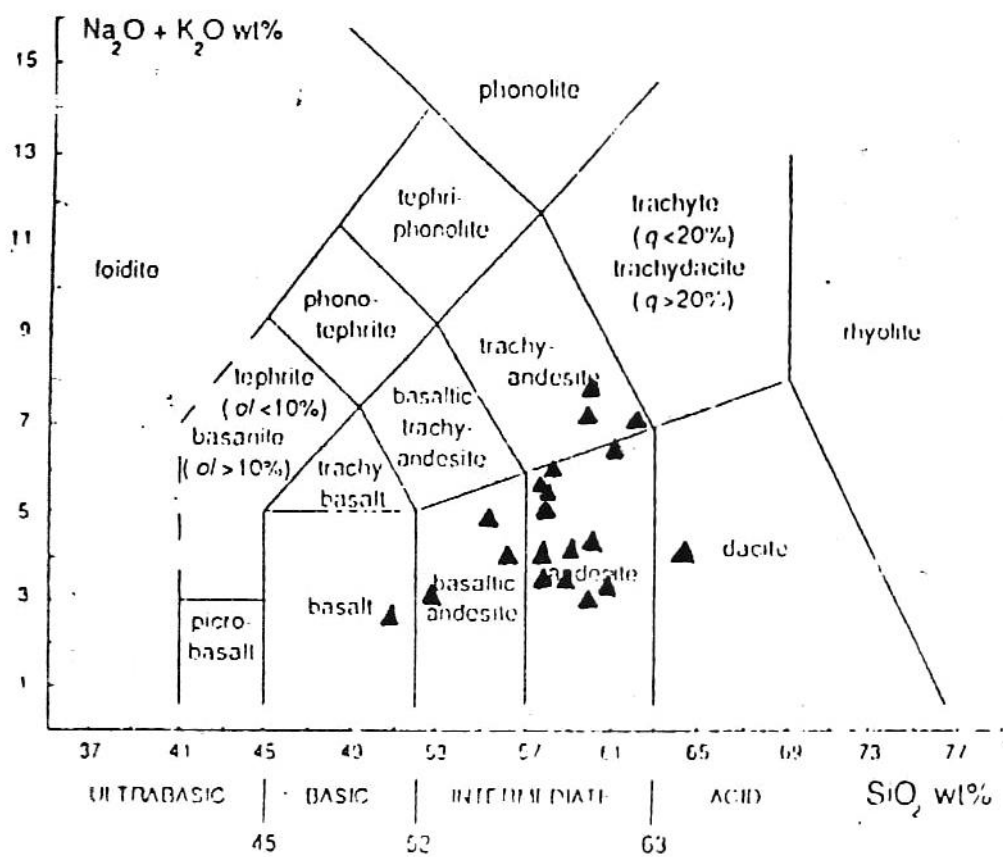
فورانهای آندزیتی در منطقه کامل مشخص می‌گردد.

آندزیت‌های منطقه قلعه‌زری دارای میزان پتاسیم بالا هستند بنحوی که بعضی از نمونه‌های آن در محدوده‌های

سنگی خانواده شوشونیت قرار می‌گیرند. امروزه محققان دلایل زیادی را برای بالا بودن میزان پتاسیم در

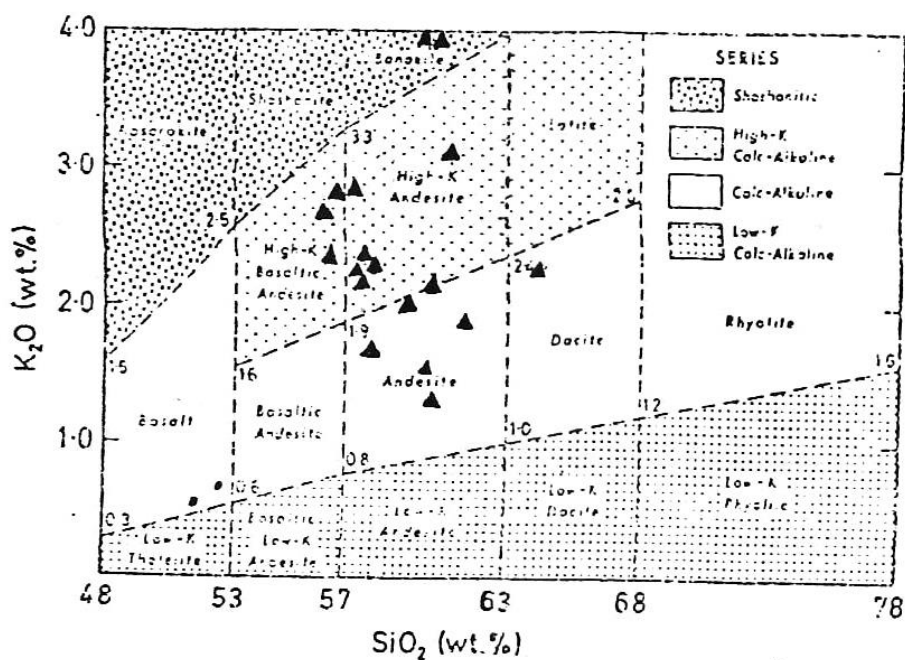
<sup>1</sup> Immobile element

شوشونیت‌ها عنوان می‌کنند که از مهمترین آن، ذوب بخشی گوشته پریدوتیتی واجد فلوگوپیت (غنی از K) (Peccerillo & Taylor (1984) و همچنین وقوع متاسوماتیسم‌های محلی گوشته‌ای که باعث می‌گردد گوشته مزبور از پتاسیم و سایر عناصر ناسازگار غنی گردد سپس طی عمل فرورانش به دلیل کاهش فشارهای جانبی و افزایش عناصر ناسازگار ماگمایی، گوشته بالایی مذکور دچار ذوب می‌گردد و ماگمای بوجود آمده ضمن صعود در اثر تفریق و جدایش ارتوپیروکسن، پلاژیوکوکلاز، کلینوپیروکسن، الیوین و اسپینل، از عناصر فرار مخصوصاً  $K_2O$  غنی گردد. (Hanidman(1986)

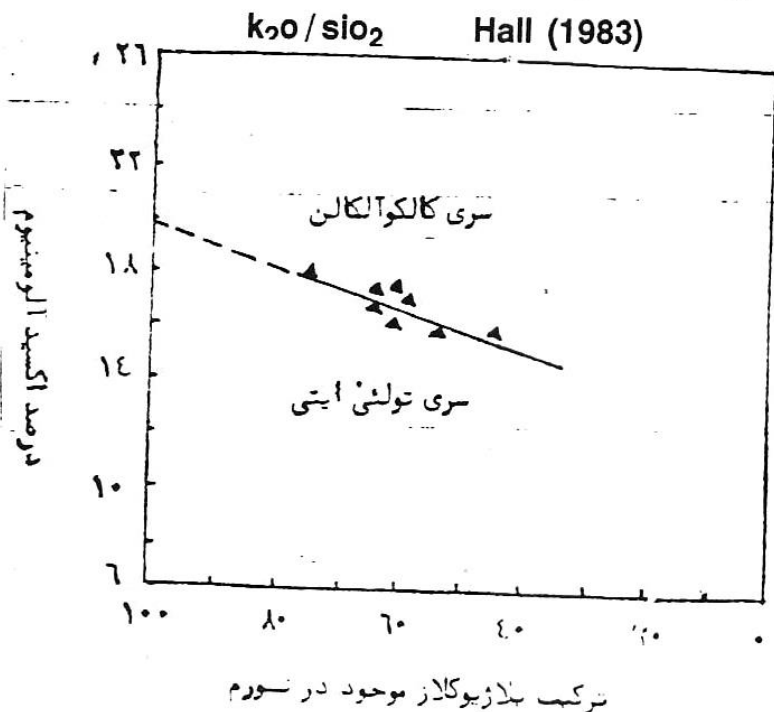


شکل ۱-۳- طبقه‌بندی شیمیایی سنگهای خروجی بر حسب  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$

و موقعیت سنگهای منطقه قلعه‌زری در آن (Le Maitre et al. 1989)



شکل ۳-۲ - نمایش سنگهای آتشفشانی منطقه قلعه‌زری در دیاگرام



شکل ۳-۳ - نمایش موقعیت سنگهای آتشفشانی قلعه‌زری در

دیاگرام  $Al_2O_3/An$  نقل از (Irvine & Baragar, 1971)

همچنین بعضی از مؤلفین آرایش ماگمای اولیه را با پوسته قاره‌ای و نتیجتاً ورود  $K_2O$  به آن را علاوه به عمل تفریق از دلایل اصلی تشکیل ماگماهای شوشونیتی می‌دانند (عطاریور 1373) اما همانگونه که در دیاگرام‌ها نیز مشاهده می‌شود اغلب سنگ‌های منطقه مورد مطالعه را آندزیت با نسبت بالای پتاسیم (High K Andesite) تشکیل می‌دهند.

### (3-1-1) مسئله آندزیت‌ها و جایگاه پترولوژیکی آندزیت‌های قلعه‌زری

نام آندزیت برای اولین بار در سال 1835 در برلن توسط الکساندر فون هومبولت<sup>2</sup> برای توصیف سنگ‌های آتشفشانی کوه‌های آند در بولیوی و شیلی بکار برده شد وی سنگ‌های خاکستری رنگ و پورفیری دارای فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و فاقد کوارتز یا ساینیدین یا فلدسپاتوئید را آندزیت نامید این تعریف اولیه امروزه در اثر مطالعات و تحقیقات دقیق و مفصل دستخوش تغییرات فراوانی گردیده است.

برای مثال میدل موس (1987) آندزیت را سنگی با درصد سیلیس بین بازالت و داسیت (55-63) و  $Al_2O_3$  نسبتاً بالا ( $\bar{X} = 17$  درصد) و همچنین الکالی ( $K_2O Na_2O$ ) در حد متوسط ( $\bar{X} = 5$  درصد) تعریف می‌کند. Gill (1981) سنگ‌هایی را که دارای هیپرستن مجازی بوده و میزان سیلیس آنها بین 53 تا 63 درصد است و شرط زیر را نیز دارا می‌باشند به عنوان آندزیت معرفی می‌نماید:

$$TiO_2 < 1/75, K_2O < (0/145 \times SiO_2 - 5/135)$$

آندزیت همراه بازالت، داسیت و ریولیت از مجموعه اصلی سنگ‌های آتشفشانی جزایر قوسی و حاشیه قاره‌ای به شمار می‌روند. مؤلفین مختلف، امروزه بطور کلی آندزیت‌ها را در دو گروه آندزیت‌های کوهزایی (آنها که مرتبط با نواحی فراوانش هستند) و غیر کوهزایی (آنها که در محیط‌های تکتونیکی غیر کوهزایی، مانند ایسلندیت‌ها، بوجود می‌آیند) مورد مطالعه قرار می‌دهند. از دیدگاه پتروژنتیکی با توجه به واقعیات موجود در مورد آندزیت‌ها دو نظریه ماگمای آندزیتی اولیه و ثانویه وجود دارد براساس نظریه، ماگمای آندزیتی می‌گردد (Hall 1987) مطالعات جدید وجود ماگمای آندزیتی اولیه را نیز اثبات می‌نماید (میدل موس 1987) به این ترتیب که در مرز برخورد صفحات و در اثر فرورانده شدن صفحه اقیانوسی و ذوب آن در اعماق ماگمای آندزیتی حاصل می‌آید. پوسته اقیانوسی فرو رانده شده که دارای ماهیت بازالتی (تولیتی) بوده و حداقل در بخشی از قسمت‌هایش دگرگونی و آبگیری نموده، از گوشه اطرافش در ضمن فرورانش سردتر خواهد بود و از طرفی در این قسمت از گوشه عناصر و سازندهای زودگداز تخلیه شده و به سمت گودال میان اقیانوسی انتشار یافته‌اند همچنین حضور رسوبات اقیانوسی باعث خواهد گردید که در اثر ذوب بخشی در اعماق زیاد و درجات حرارت بالا ماگمای آندزیتی بوجود آید که نقش لایه‌های رسوبی غنی از عنصر K در تعیین میزان  $K_2O$  سیال بسیار مؤثر می‌باشد. (Hall 1987) همچنین Gill (1981) ذوب بخشی و یا کامل پوسته قاره‌ای، آلودگی

<sup>2</sup> Alexander von Humboldt

بازالت بوسیله پوسته قاره‌ای، ذوب بخشی پریدوتیت آبدار، ذوب بخشی پوسته فرورو اقیانوسی و تفریق بازالت در اثر تفکیک بلوری را از عوامل ایجاد ماگمای آندزیتی می‌داند.

براساس مطالب فوق‌الذکر و نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی سنگ‌های قلعه‌زری (اشکال 1-3 و 1-2) حداقل می‌توان آندزیت‌های قلعه‌زری را جزو آندزیت‌های کوهزایی با پتاسیم بالا قرار داد و در مورد ژنز آنها لازم است که مطالعات پترولوژیکی مفصلی با تکیه بر عناصر نادر خاکی انجام داد.

### 2-3 پتروگرافی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه

براساس مقاطع نازک تهیه شده از نمونه‌های مختلف سنگی در منطقه مورد مطالعه و نقشه‌های زمین‌شناسی  $\frac{1}{20000}$  و  $\frac{1}{5000}$  تهیه شده توسط اینجانب که به پیوست پایان‌نامه می‌باشد واحدهای سنگی ذیل قابل تفکیک و تشخیص می‌باشند. لازم به ذکر است که با توجه به غلبه فعالیت آتشفشانی ائوسن در منطقه معدنی و مورد مطالعه و همچنین گستردگی و حجم زیاد این مواد، تنوع سنگ‌شناسی چندانی وجود ندارد. البته در بعضی موارد تفکیکی واحدها به دلیل تغییرات جانبی رخساره مواد آتشفشانی بسیار مشکل می‌نماید که در جای خود مورد بحث قرار خواهند گرفت.

#### 1-2-3 آندزیت

آندزیت سنگ‌شناسی غالب منطقه مورد مطالعه می‌باشد که بیشتر به صورت آندزیت پورفیری و در بعضی جاها مگاپورفیری رخنمون دارد که ذیلاً نمونه‌ای از آنها توصیف می‌گردد:

#### نمونه CC-2

بلورهای درشت پلاژیوکلاز با کاکل پلی سنتتیک بسیار مشخص، کانی اصلی درشت بلور سنگ می‌باشد نتایج آنالیز شیمیایی An این پلاژیوکلازها را 58٪ نشان می‌دهد در بعضی بلورهای پلاژیوکلاز و ناسیون به خوبی دیده می‌شود. بلورهای شش وجهی آمفیبول قهوه‌ای بعد از پلاژیوکلازها، دومین فتو کریست سنگ را تشکیل می‌دهند. حضور بلورهای سانیدین با ماکل کارلسباد تأییدی بر میزان پتاسیم بالای سنگ است. پیروکسین در متن سنگ بصورت پراکنده دیده می‌شود (و از طرفی براساس گفته Kuno (1950) ارتوپروکسن نیز در خمیره سنگ‌های کالکوآلکالن حضور دارد) مقداری سیلیس بصورت بی‌شکل در سنگ حضور دارد همچنین مقادیر کمی بوتیت دیده می‌شود بافت سنگ پروفیری است که فتو کرستهای پلاژیوکلاز در آن غالب هستند همچنین در خمیره سنگ بطور محلی بافت تراکیتی (میکرولیت‌های جهت‌دار پلاژیوکلاز) دیده می‌شود.

از نظر دگرسانی این سنگ بخوبی دگرسانی پیروپیلیتیک را نشان می‌دهد و کانی‌های شاخص این دگرسانی یعنی اپیدوت، کلریت و کانی‌های رسی در آن رؤیت می‌شوند. بلورهای پلاژیوکولاز شکسته شده و در اثر عملکرد

محلول‌ها به طور بخشی به کانیهای کلسیت، اپیدوت و کلریت تجزیه شده‌اند، مفیبولها نیز به شدت مورد هجوم سیالات قرار گرفته و در بعضی موارد بکلی از بین رفته‌اند و در قالب آنها کانی‌های اپیک بصورت پزودومورف جاگیر شده‌اند. کانی‌های اپیک فراوانترین کانی فرعی سنگ بشمار می‌روند.

نتیجه آنالیز نمونه CC-2 (به درصد وزنی)

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>
0/62		16/12	2/12	4	0	4/36	5/78	2/35	2/1	16	0

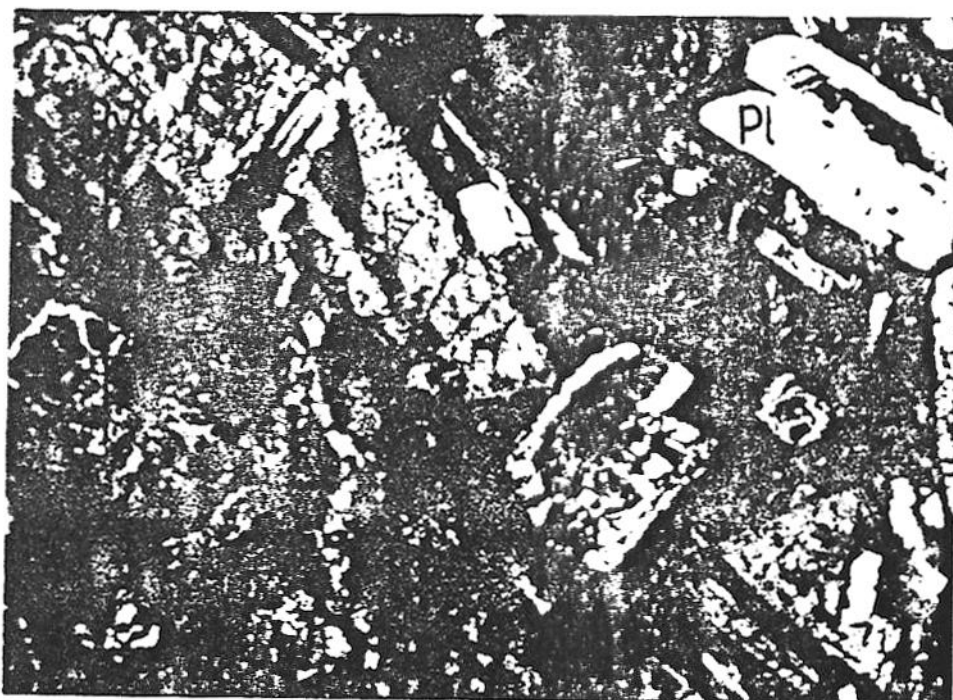
60/29

درصد وزنی کانیهای نورماتیو براساس روش CIPW.

Q18/15 ، or12/41 ، ab19/98 ، an 27/24 ، di0/32 ، hy15/27 ، mt 3/70 ، il1/18 ، ap 0/37

نام سنگ: آندزیت (پلاژیکلز سنگ An=/.58)





شکل ۳ - ۵ آندزیت با بافت پورفیری (بزرگنمایی  $\times 6/3$ )

در بعضی مناطق میزان بلورهای پیروکسن موجود در آندزیت زیادتر از حد معمول است که بعضاً این بلورها بصورت فتوکریست در متن سنگ نیز دیده می‌شوند. مثلاً نمونه‌های Aa-25, Ee-18 که هر دو بافت پروفیریتیک بوده و از نظر کانی‌شناسی، درشت بلورهای آمفیبول، پلاژیوکلاز و بعضاً پیروکسن (بشدت آلتیره شده) در متنی از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز قرار دارند با توجه به نتایج آنالیز ژئوشیمیایی و همچنین مطالعه کانی-شناسی می‌توان این نمونه‌ها را آندزیت پیروکسن‌دار و یا حتی آندزیت بازالت نامید.

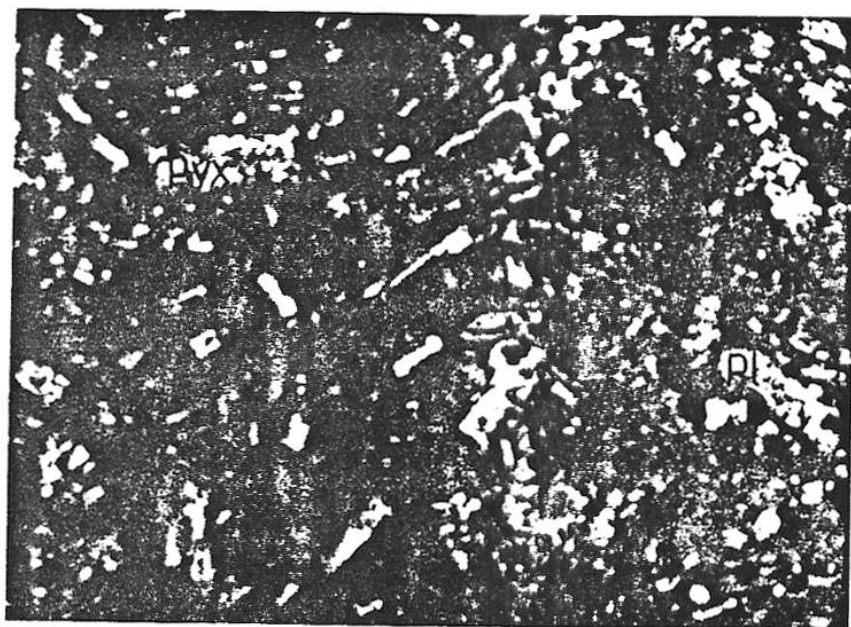
نتیجه آنالیز نمونه AA-25 (به درصد وزنی)

Sio <sub>2</sub>	Tio <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MmO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>
0/89	17/17	2/39	6/17	0	4/23	6/73	1/79	2/92	0/54	0	
56/61											

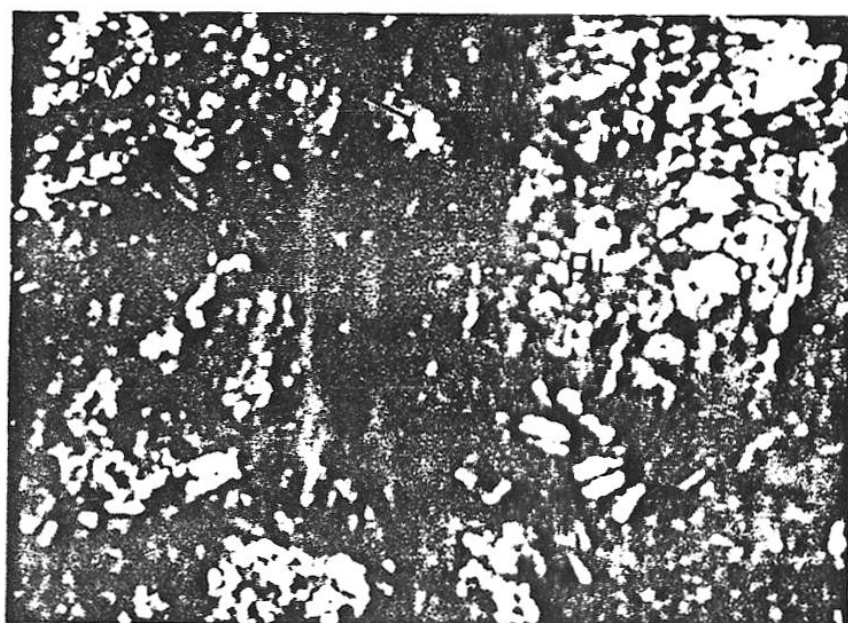
درصد وزنی کانیهای نورماتیو براساس روش CIPW

. Q12/23 .or17/26 .ab 15/15 .an29/86 . C0/12 . hy 18/22 . mt 3/27 . il 1/69 . ap1/25

نام سنگ: پیروکسن آندزیت (پلاژیوکلاز سنگ  $An = 66$ )



شکل ۳ - ۶ بلورهای پیروکسن در آندزیت پورفیری (بزرگنمایی  $\times 6/3$ )

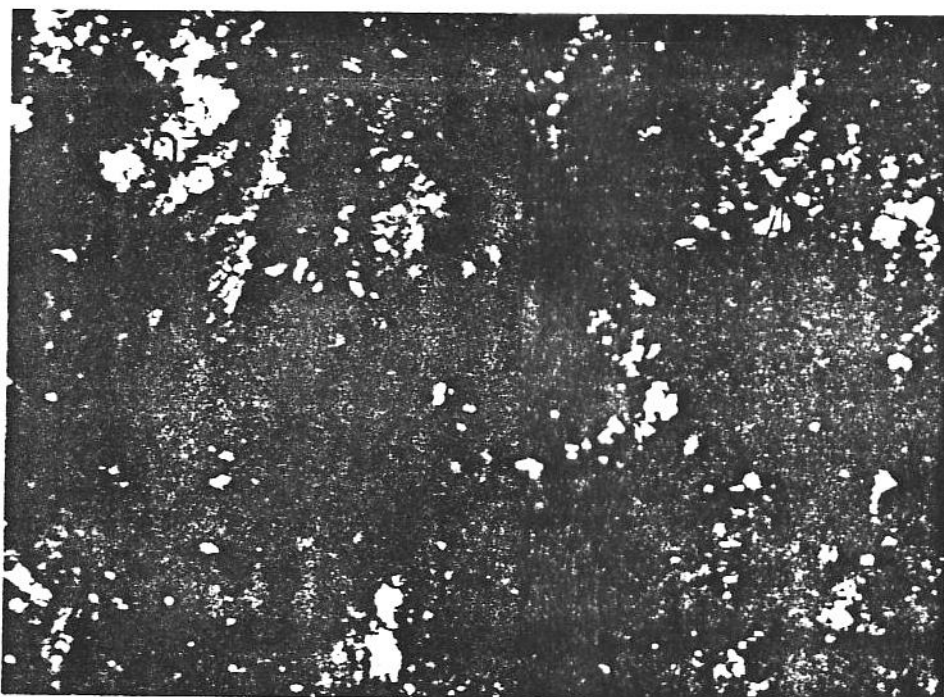


شکل ۳ - ۷ آندزیت پیروکسن دار منطقه قلعه زری (بزرگنمایی  $\times 6/3$ )

فراوانترین مواد آذر آواری در منطقه لوت مرکزی و بخصوص ناحیه قلعه زری تئفها هستند. توف به مواد آذر آواری سخت شده و دارای ابعاد خاکستر (کمتر از 2 میلیمتر) می گویند که براساس محیط نهشت، نحوه حمل و نوع ذرات تشکیل دهنده به گروههای مختلفی تقسیم می شوند Fisher 1984 واحدهای سنگی توفی موجود در منطقه قلعه زری براساس ترکیب شیمیایی و نوع ذرات تشکیل دهنده بشرح ذیل مورد توصیف قرار گرفته اند لازم به ذکر است همانگونه که در نقشه های زمین شناسی پیوست مشاهده می شود این توفها دارای لایه بندی با شیب متوسط بوده و در بعضی مناطق بصورت بین لایه ای با آندزیت ها دیده می شوند. (شکل 3-4 و نقشه  $\frac{1}{5000}$  و  $\frac{1}{20000}$  پیوست)

### توف آندزیتی

در این توف خمیره شیشه ای حجم عمده سنگ را تشکیل می دهد در بعضی نمونه ها قطعات شکسته شده بلورهای پلاژیوکلاز، آمفیبول و همچنین پیروکسن به میزان کم در داخل متن شیشه ای دیده می شوند (نمونه Dd-5) و در بعضی دیگر قطعات سنگی زاویه دار و بلورهای شکسته شده ویژگی های مشخص یک کرسیتال لیتیک توف را به نمایش می گذارند (نمونه Cc-6) این قطعات سنگی عموماً ترکیبی آندزیتی دارند.



شکل ۳ - ۸ توف شیشه‌ای بلورین با کریستالهای پلاژیوکلاز، کوارتز و آمفیبول

(بزرگنمایی  $16 \times$ )

### توف اسیدی

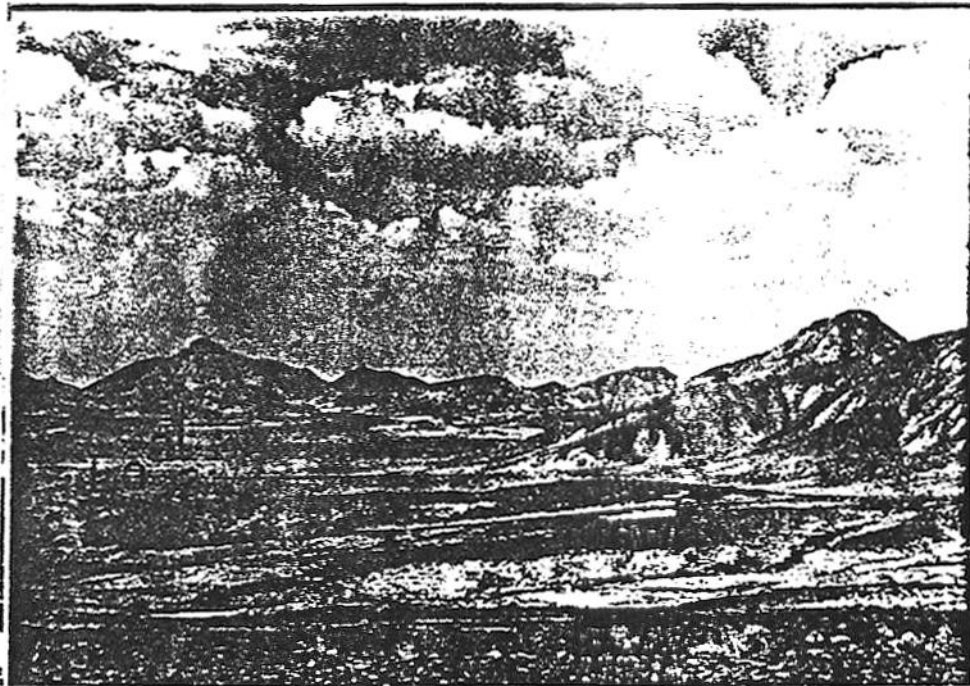
این توف‌ها عمدتاً دارای خمیره شیشه‌ای بیرنگ هستند که در بعضی موارد حالت (Devitrification) دیده می‌شود. بعضاً بلورهای پلاژیوکلاز، آلتره شده‌اند و محصولات دگرسانی آنها بخصوص کربنات و کلریت در سنگ دیده می‌شود. فلدسپاتهای پتاسیم اولیه نیز یا بصورت میکروولیت در متن سنگ و یا در اثر دگرسانی آنها سرسیت و کانی‌های رسی در سنگ تشکیل گردیده است. در بعضی نمونه‌ها بیوتیت موجود در سنگ اولیه را که به مسکویت و کانی اپک تبدیل شده می‌توان دید. کوارتز چه بصورت اولیه و چه بصورت یک کانی حاصل از دگرسانی به وفور در سنگ دیده می‌شود این سنگ دارای زمینه ناهمگن و بافت ویترو-کریستالو کلاسیک مشخص می‌باشد که با توجه به ترکیب شیمیایی متشکله‌های آن، می‌توان نام توف داسیتی (توف اسیدی) را به آن داد. در بعضی نمونه‌ها میزان کربنات به حدی زیاد است که به نظر می‌رسد سنگ اولیه از آن غنی بوده و در اینگونه موارد نام توف کربناته، برای آن منطقی تر بنظر می‌رسد.



شکل ۳-۹ ویترو-کریستالوکلاسیک توف با ترکیب داسیت (بزرگنمایی  $\times 16$ )

### 3-2-3- ولکانیکهای اسید بشدت دگرسان شده ( $EO^{al}$ )

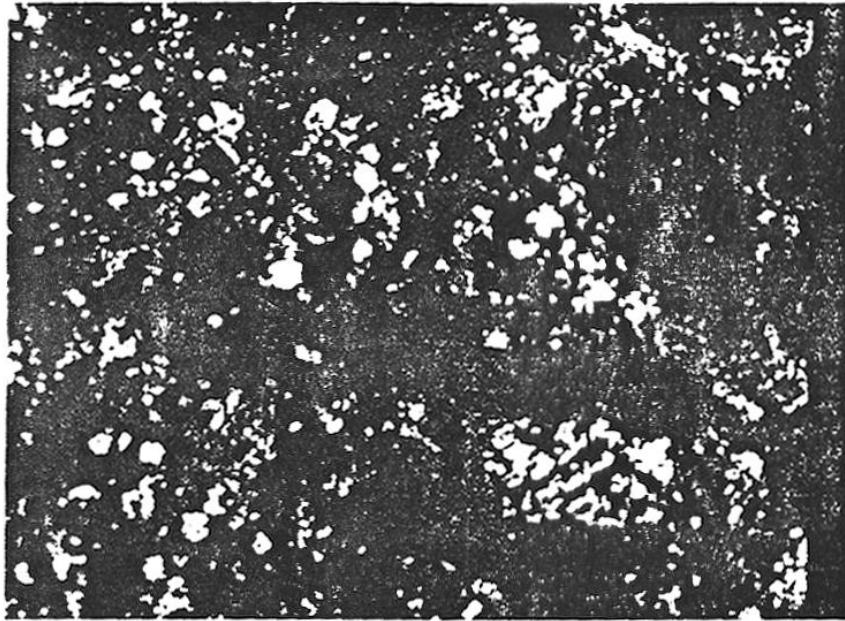
وسعت زیادی از منطقه قلعه زری را سنگ‌های آتشفشانی اسید (ترکیب شیمیایی در حد داسیت) و توف‌های اسیدی که شدت مورد دگرسانی قرار گرفته‌اند پوشانیده است از آنجا که دگرسانی باعث از بین رفتن کانی‌ها و همچنین بافت اولیه سنگ گردیده است تشخیص دقیق سنگ اولیه مشکل است اما بر اثر وجود کانی‌های ناشی از دگرسانی و در بعضی موارد بافت‌های اولیه‌ای که کمتر دچار تغییر گردیده‌اند، می‌توان به ماهیت اسید سنگ اولیه (چه داسیت و ریوداسیت پرفیری نمونه Kk-11 و چه داسیتی Ee11.1) پی برد. بحث‌های لازم در مورد نوع و نحوه دگرسانی این واحدهای سنگی در فصل بعد انجام خواهد شد. ولی به لحاظ گسترش آن در منطقه، لاجرم به عنوان یک واحد لیتولوژیکی مجزا در نقشه‌های زمین‌شناسی پیوست نمایش داده شده‌اند.



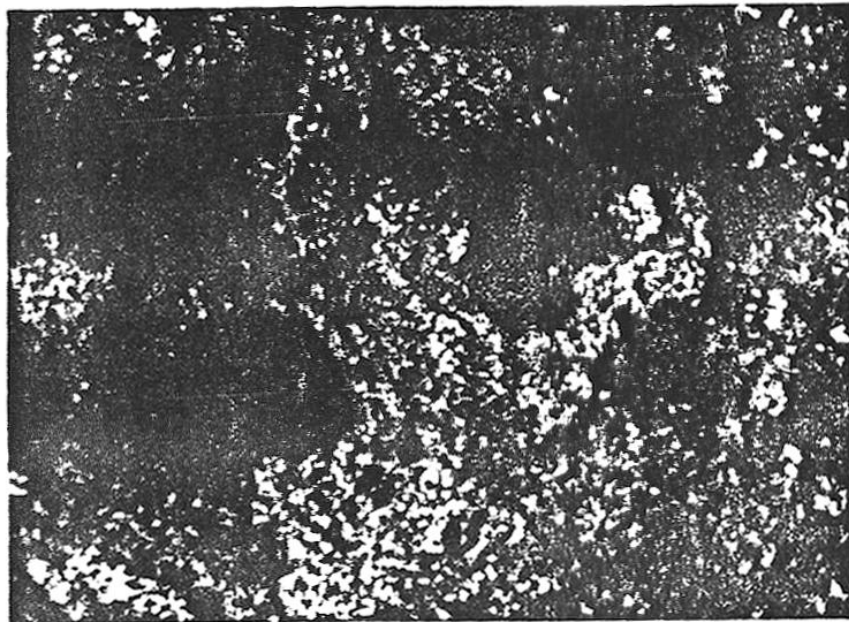
شکل ۳- ۱۰ سنگهای آتشفشانی اسیدی به شدت دگرسان شده

### توف بازالتی

کلیه توف‌هایی که در آنها کانی‌های مافیک نظیر پیروکسن و و پلاژیوکلازهای کلسیک نسبت به اجزاء فلسیک فراوانی دارند و از نظر ترکیب شیمیایی از آندزیت‌ها، باریک‌تر هستند در این پایان‌نامه تحت عنوان توف بازالتی در نقشه‌ها مشخص گردیده‌اند این نام عمدتاً شامل توف‌هایی با ترکیب بازالتی تا آندزیتی-بازالتی است که به جهت تفاوت فاحش در خصوصیات فیزیکی بویژه رنگ تیره آنها (در مقایسه با توف‌های آندزیتی) در روی زمین مشخص می‌گردند.



شکل ۳-۱۱ سنگ داسیت-ریوداسیت دگرسان شده (بزرگنمایی  $\times 6/3$ )



شکل ۳-۱۲ توف اسیدی بشدت دگرسان شده (بزرگنمایی  $\times 6/3$ )



## فصل چهارم

### عوامل کنترل کننده تشکیل

#### و تمرکز کانه در معدن قلعه زری

#### مقدمه:

برای شناسایی نحوه و نوع فرآیندهای مؤثر در کانی‌سازی، لازم است تمامی پدیده‌هایی که به طریقی به آن مرتبط هستند مورد بررسی قرار گیرند. نوع سنگ درونگیر کنسار، ارتباط سنگ درونگیر با کانی‌زایی، عوامل فیزیکی‌شیمیایی کنترل کننده تشکیل ماده معدنی، تأثیرات متقابل سیالات کانه‌ساز و سنگ درونگیر بر یکدیگر و نقش این تأثیرات متقابل در شکل‌دهی پاراژنز کنسار و همچنین نحوه پراکندگی و توزیع ژئوشیمیایی عناصر اصلی کنساری و مسایلی از این قبیل از جمله موارد با اهمیتی هستند که در مطالعه هر کنسار بایستی مورد توجه خاص قرار گیرند. بر همین اساس و با توجه به مشاهدات صحرائی و نتایج کارهای آزمایشگاهی، این فاکتورها به شرح ذیل در منطقه قلعه‌زری مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

#### 1-4- سنگ درونگیر کنسار

کنسار قلعه‌زری یکی از بزرگترین معادن رگه‌ای مس ایران به شمار می‌رود. سنگ درونگیر این رگه‌های معدنی را ولکانیک‌های ائوسن تشکیل می‌دهد (نقشه‌های  $\frac{1}{20000}$  و  $\frac{1}{5000}$  پیوست) همانگونه که در نقشه‌های پیوست پایان‌نامه مشاهده می‌شود هیچگونه وابستگی خاصی بین نوع سنگ درونگیر و رگه‌های معدنی وجود ندارند و ماده معدنی به تبعیت از شکستگی‌های موجود در واحدهای مختلف سنگی ظاهر گردیده است. گاه سنگ درونگیر رگه‌ها، آندزیت پورفیری، واحدهای توفی و گاه سنگ‌های آتشفشانی دگرسان شده می‌باشد (شکل 4-1 و 4-1 و شکل 2-5) که همگی دارای سن ائوسن بوده و از دیدگاه پتروکتونیکی ظاهراً جزو ولکانیک‌های قوسهای حاشیه قاره‌ای (از نوع آند) می‌باشند. (فصل دوم صفحه 34)

سنگ درونگیر کنسار در بعضی نواحی از منطقه معدن دارای لایه‌بندی است که شیب این لایه‌ها در مناطق مختلف از 15 درجه تا 75 درجه اندازه‌گیری شده است. (جهات شیب با توجه به پیچیدگی‌های تکتونیکی متفاوت است که بر روی نقشه‌ها نمایش داده شده است) (شکل 4-3).

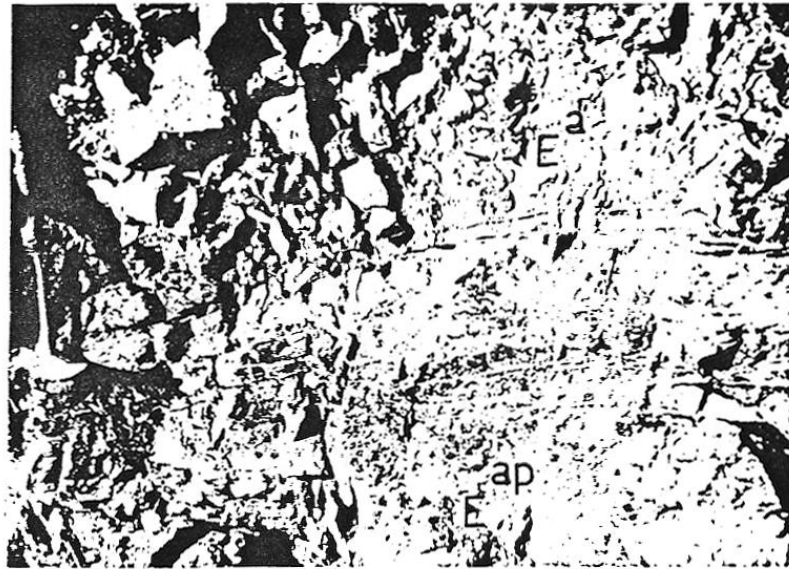
محیط تشکیل این واحدهای سنگی با توجه به مشاهداتی چون رنگ سبز و تیره توف‌ها که نشانه محیط احيایی است و همچنین وجود بعضی توف‌های قرمز رنگ که قطعات توفی سبزرنگ نیز در آنها حضور دارد را می‌توان یک محیط کم عمق دریایی که ضمن رسوبگذاری توف‌ها در آن بعضی مناطق به سمت رخساره قاره‌ای تغییر ماهیت نشان می‌دهد، دانست. و فور کلسیت و دولومیت و همچنین حضور ژیپس در یه نمونه از نمونه‌های 15 گانه‌ای که توسط XRD مورد آنالیز قرار گرفته‌اند تأیید دیگری بر این مطلب است. در سنگ درونگیر کانسار براساس نتایج آنالیز شیمیایی و همچنین مطالعه مقاطع نازک، آثاری از کانی‌زایی به صورت پراکنده<sup>3</sup> دیده نمی‌شود.

## 2-4- وضعیت رگه‌های معدنی و ارتباط آن با تکتونیک

رگه‌های معدنی در منطقه قلعه‌زری همانگونه که در فصل دوم عنوان شد در امتداد شکستگی‌هایی با روند شمال غرب – جنوب شرق قرار دارند. شیب این رگه‌ها بین  $75^{\circ}$  تا  $85^{\circ}$  و به سمت

---

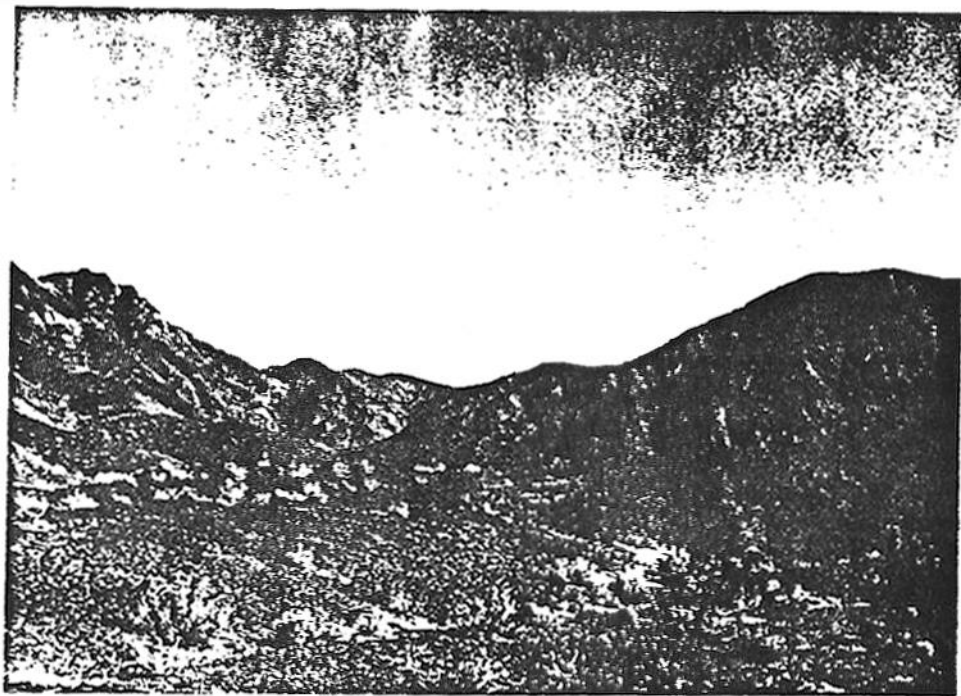
<sup>3</sup> Dissiminate



شکل ۴-۱ رگچه‌های کانه‌دار در شکستگی‌های سنگ درونگیر آندزیتی



شکل ۴-۲ استخراج قدیمی (شَدادی) بر روی رگه‌های معدنی قلعه‌زری در داخل واحدهای توفی



شکل ۴-۳ لایه بندی با شیب زیاد (SE ۷۵) در واحدهای سنگی منطقه قلعه زری

شمال شرق می باشند و ضخامت آنها به طور متوسط بین ۰/۵ تا ۷ متر متغیر نمی باشد از نظر پراکندگی و گسترش، همانگونه که در نقشه های  $\frac{1}{5000}$  و  $\frac{1}{20000}$  پیوست مشاهده می شود در بخش های مختلف منطقه بویژه جنوب شرق نقشه های فوق الذکر تمرکز دارند و طول رگه ها گاه به چندین کیلومتر می رسد. به دلیل عملکرد فعال تکتونیک، اغلب رگه ها توسط فازهای تکتونیک تأخیری (به فصل دوم مبحث تکتونیک مراجعه شود) جابجا شده اند که این شکستگی های ثانویه خود مجاری مناسبی برای نفوذ آب ها فرو رو و توسعه منطقه اکسیداسیون کانسار گردیده و در بعضی مناطق کانسنگ را به شدت برشی کرده اند.

عمق رگه ها به درستی مشخص نیست ولی در حال حاضر عملیات استخراجی در اعماق مختلف و از جمله عمیق ترین آنها (۲۰۵- متری) در حال انجام است براساس شواهد موجود هرچه از سطح به عمق رگه ها پیش می رویم ضخامت رگه ها تقلیل می یابد که این واقعیت را می توان با کمی فشار لیتواستاتیک در اعماق کم و افزایش تدریجی آن به سمت پائین که خود باعث تفاوت در میزان بازشدگی و نتیجتاً ضخامت ماده معدنی خواهد شد، توضیح داد.

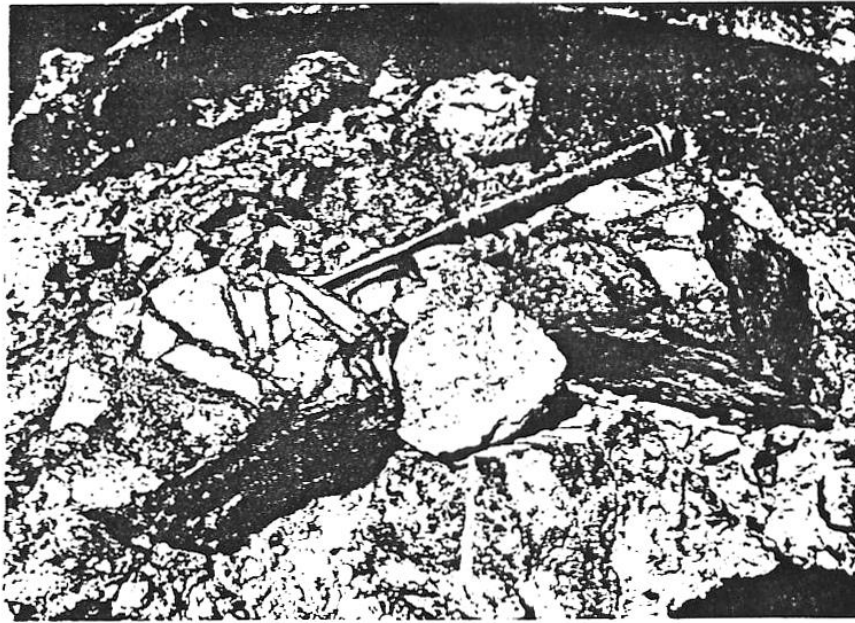
### 3-4- بافت ماده معدنی

قدر مسلم اینکه عامل تکتونیک نقش اصلی را در کنترل و تمرکز ماده معدنی بعهدہ داشته و در فضاهای خالی که توسط نیروهای تکتونیکی حاصل آمده‌اند کانی‌سازی صورت گرفته است. دلیل این مدعا بافت‌های مشخصی است که از ویژگی‌ها و فرم‌های اصلی بافت اولیه پرکننده فضای خالی (open space filling) بشمار می‌روند. (اشکال 4-4 و 5-4 و 6-4)

مؤلفین مختلف (Crig & Vaughan 1981- Ramdohr 1980- Bastin 1991) بافت‌های سه‌گانه پوسته‌ای (Symmetrically Crutified Vein)، برشی (Breccia) و غلافی (Comb) را از مشخصات پر شدن فضای خالی توسط سیال کانه‌دار می‌دانند.

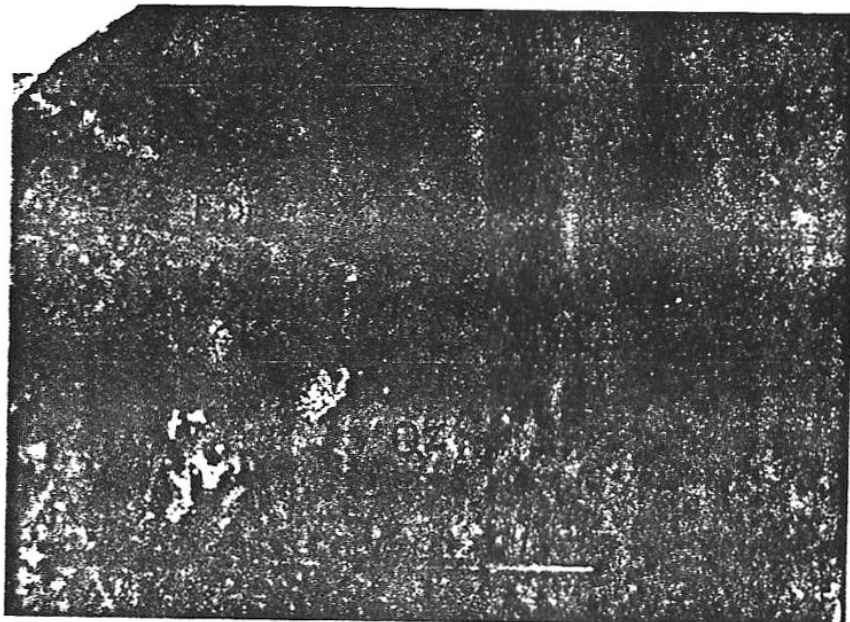


شکل ۴-۴ بافت پوسته‌ای (Crustified) در رگه‌های معدنی قلعه‌زری



شکل ۴-۵ بافت برشی (Breccia) قطعات سنگ درونگیر توسط سیمانی از ماده

معدنی (هماتیت + مالاکیت) دربرگرفته شده‌اند.



شکل ۴-۶ بافت شانه‌ای (Comb) در مقیاس ماکروسکوپی



شکل ۴-۷ رگه سیلیسی کانه دار

این قبیل رگه های سیلیسی که در منطقه قلعه زری فراوانند، به نظر می رسد با توجه به میزان بالای محتوی آهن سنگهای آتشفشانی درونگیر، طی جریان دوطرفه ای که در اثر دگرسانی بین سنگ درونگیر و سیال برای تبادل یونیتهای مختلف برقرار می شود، بون آهن در داخل رگه تمرکز یافته و همزمان با سرد شدن سیال و به دلیل بالا بودن شرایط اکسیداسیون محلول، کانی هماتیت بصورت رگه و رگچه و پراکنده در داخل رگه دیده می شود.

#### 4-4- دگرسانی سنگ‌های دیواره در قلعه‌زری

مؤلفین اصطلاح دگرسانی را با عبارت متفاوتی تعریف کرده‌اند که وجه اشتراک همه آنها تأکید بر «تغییرات شیمیایی، کانی‌شناسی و بافتی در طی زمانی است که سنگ درونگیر تحت تأثیر آب‌های ماگمایی یا گرمایی قرار می‌گیرد». در اثر فرآیند دگرسانی رنگ، بافت و ساختمان سنگ اولیه ممکن است دچار تغییر شود و مجموعه کانی‌های پدید آمده که عمدتاً پراکندگی آنها الگوی منطقه‌ای دارد و تحت شرایط فشار، درجه حرارت و ترکیب شیمیایی سیال گرمایی پایدار هستند. (شکل 4-14).

دگرسانی سنگ درونگیر توسط دو عامل مهم کنترل می‌شود:

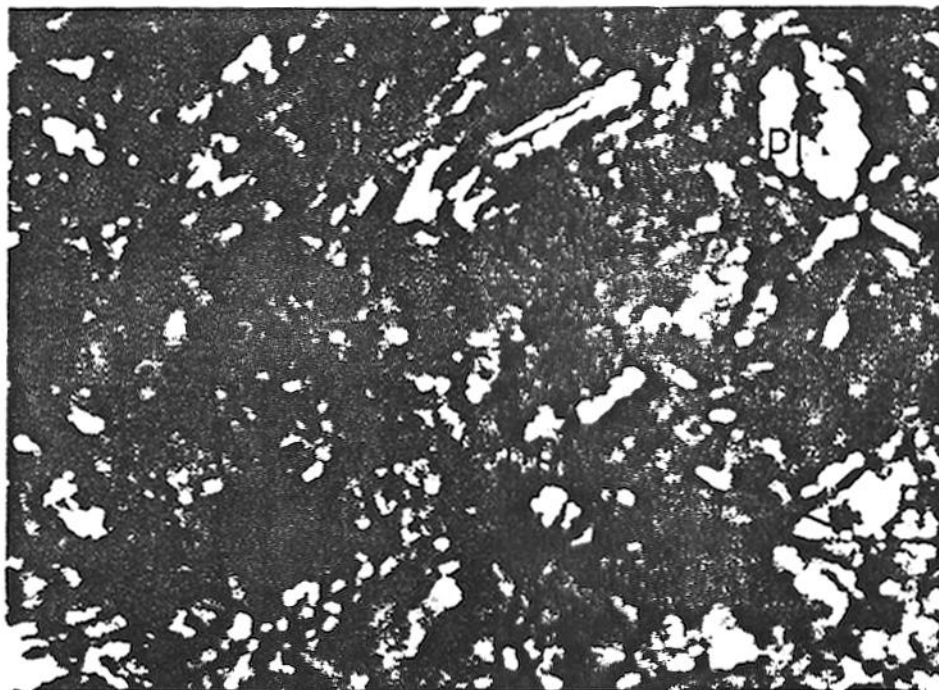
**الف) ویژگی‌های سنگ درونگیر** (ترکیب شیمیایی، اندازه دانه‌ها، تخلخل، نفوذپذیری و وضعیت ساختمانی از لحاظ فراوانی و نوع درزه و گسله‌های موجود در آن)

**ب) ویژگی‌های سیال گرمایی** (ترکیب شیمیایی سیال، درجه حرارت و فشار، شرایط Eh, PH محلول)

از بین عوامل فوق شاید نفوذپذیری سنگ درونگیر (اولیه یا ثانویه) و نحوه تبادلات حرارتی بین سیال و سنگ درونگیر در منطقه قلعه‌زری به سه حالت دگرسان گردیده است:

**1- دگرسانی انتخابی:** دقیق‌ترین و ظریف‌ترین نوع دگرسانی است که در اثر تهاجم محلول‌ها به کانی یا کانی‌های خاص در سنگ، بوجود می‌آید تبدیل هورنبلند در حجم وسیعی از سنگ به بیوتیت ثانویه که این کانی نیز در مراحل انتهایی و سرد شدن سنگ درونگیر به کلریت تبدیل می‌شود از مثالهای بارز این نوع دگرسانی است. وجود درزهای میکروسکوپی که به خوبی توسعه یافته باشند شرط اساسی گسترش این دگرسانی در سنگ درونگیر است.

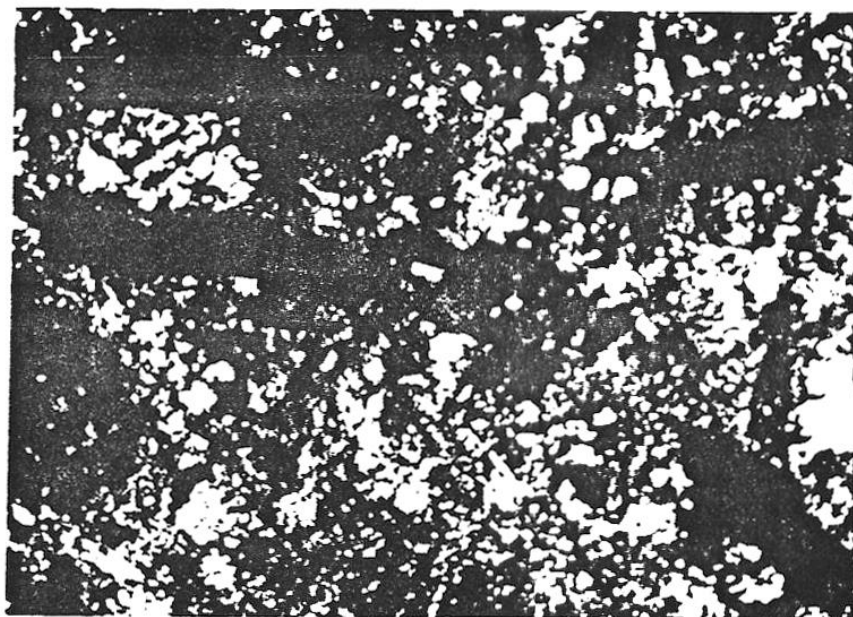




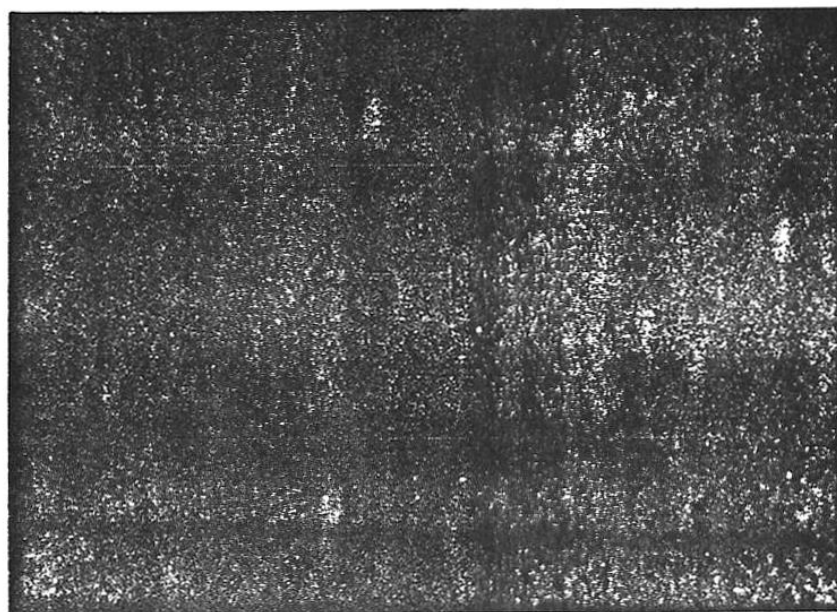
(شکل ۴-۸) دگرسانی انتخابی در آندزیت‌های قلعه‌زری (بزرگنمایی  $\times 2/5$ )

**2- دگرسانی فراگیر:** در این دگرسانی به دلیل شدت عملکرد فاکتورهای مؤثر در آن، سنگی بوجود می‌آید که از لحاظ ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی و بافتی با سنگ اولیه بسیار متفاوت است. تبدیل سنگ‌های سیلیکاته به توده‌های اکسید آهن، سیلیس و کانی‌های رسی در اثر عملکرد فعالیت‌های س. پرژن بر روی سنگ‌هایی که دارای کانی‌زایی هیپوژن سولفیدی بوده‌اند مثال خوبی برای اینگونه دگرسانی است. وسعت و گستردگی این نوع، تابع درزه‌ها و شکستگی‌های موجود در سنگ درونگیر می‌باشد و ممکن است به صدها کیلومتر مربع نیز برسد.

**3- محصولات دگرسانی پرکننده رگه و رگچه‌ای:** این دگرسانی در داخل فضای شکستگی‌های موجود در سنگ درونگیر ایجاد می‌شود و شکستگی‌هایی که در طی تکامل سیستم گرمایی شکل گرفته‌اند تحت تأثیر سیال که به طرق مختلف وارد آنها شده دچار دگرسانی می‌شوند که مثال بارز آن وجود رگه‌های کوارتز - پیریت در سنگ‌های سیلیکاته است این نوع دگرسانی بخصوص در مجاورت توده‌های نوفوذی (مثل توده‌های مس پورفیری) به وفور یافت می‌شود.



شکل ۴-۹ دگرسانی فراگیر در سنگهای منطقه قلعهزری



شکل ۴-۱۰ محصولات دگرسانی (اپیدوت) که بصورت رگ و رگچه در فضاها

حاصل شکستگی سنگها دیده می شوند (مقیاس ماکروسکوپی)

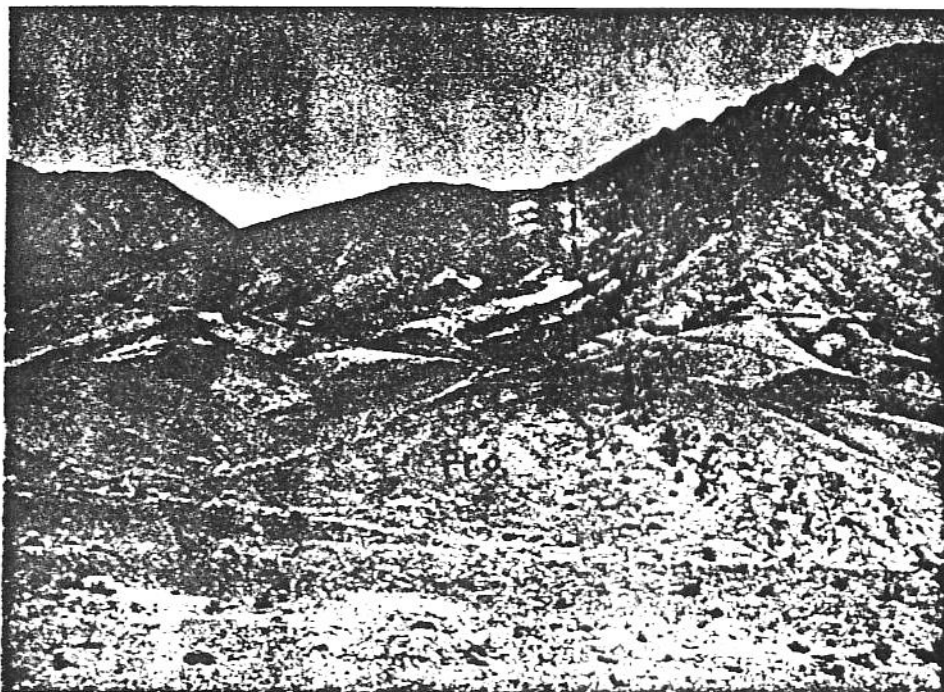
به دلیل نقش حساس دگرسانی در اکتشاف مواد معدنی و از جایی که شناخت زون‌های دگرسانی کمک زیادی به شناخت شیمی سیال گرمایی خواهد نمود و از این رهگذر شرایطی که در آن کانی‌زایی صورت گرفته (با قبول این مطلب که در بسیاری از کانسارهای گرمایی نهشت مواد معدنی همراه با دگرسانی صورت می‌گیرد، زیرا تا زمانیکه سیال گرمایی و سنگ درونگیر در موازنه شیمیایی باشند مواد معدنی نمی‌توانند از آن جدا شوند (1979) Barnes تقریباً مشخص خواهد گردید. با توجه به این مطلب دگرسانی‌های منطقه معدنی قلعه‌رزی مورد مطالعه قرار گرفت و بر اساس مطالعات در مقیاس‌های روی زمین، نمونه دستی، مقاطع نازک و XRD صورت پذیرفته که منجر به شناسایی گونه‌های دگرسانی ذیل گردیده است لازم به یادآوری است به دلیل محیط تکنیکی فعال، که باعث می‌شده فازهای احتمالی گرمایی بعدی بتوانند از مجاری درزه و گسله عبور کنند و سنگ‌ها را تحت تأثیر قرار دهند و همچنین عملکرد دگرسانی سوپرژن بعدی، منطقه‌بندی دگرسانی در بعضی مناطق بهم خورده است (به نقشه  $\frac{1}{5000}$  پیوست مراجعه شود) ولی همانگونه که در شکل 4-12 مشاهده می‌شود در بعضی مناطق این زوناسیون قابل رؤیت است.

#### 1-4-4-1 دگرسانی پروپیلیتی

این دگرسانی که وجه مشخصه آن ظهور کانی‌های کلریت، اپیدوت و کربنات (در صورتی که فنوکرسیت‌های سنگ اولیه پلاژیوکلاز باشد) و یا کلریت، اپیدوت، مونت‌موریلونیت (در صورتی که فنوکرسیت‌های اولیه هورنبلند یا بیوتیت باشد) می‌باشد به وفور در منطقه قلعه‌رزی گسترش دارد (نقشه دگرسانی پیوست). دگرسانی پروپیلیتی که از دیدگاه تئوری و مطالعات تجربی در درجات حرارت و فشار کم و در اطراف توده معدنی بوجود می‌آید همچنین می‌تواند کانی‌های فلدسپات پتاسیم و آلپیت را نیز در مجموعه کانی‌شناسی به خود به نمایش گذارد. سرسیت، پیریت و منیتیت و همچنین زئولیت نیز بصورت فرعی ممکن است در این دگرسانی بوجود آیند همانگونه که از شکل (4-14) استنباط می‌شود تحت شرایط درجات حرارت کم و PH بالا دگرسانی پروپیلیتی بوجود می‌آید.

دگرسانی پروپیلیتی در همه انواع کانسارها (پورفیری، رگه‌ای، اپی‌ترمال و ...) در خارجی‌ترین قسمت قرار می‌گیرد از نکات اکتشافی در خور توجه در مورد این دگرسانی اینکه هرچه به قسمت خارجی این منطقه دگرسان شده برویم میزان اپیدوت کم می‌گردد و همچنین نسبت  $\frac{Fe}{Fe+Mg}$  موجود در کلریت کاهش می‌یابد البته موارد استثنایی توسط (Barnes 1979) در منطقه Big Bug واقع در آریزونا آمریکا گزارش شده که در آن نسبت  $\frac{Fe}{Fe+Mg}$  به سمت بخش خارجی منطقه پروپیلیتی افزایش یافته است به هر صورت همراهی اپیدوت

بیشتر در بخش مجاور رگه و همراهی کلسیت و یا مونت موریلونیت در بخش دور از آن راهنمای خوبی برای عملیات اکتشافی به شمار می‌رود.



شکل ۴-۱۲ منطقه بندی دگرسانی در معدن قلعه زری (نگاه به شمال غرب)  
( دگرسانی پروپلیتی : Pro دگرسانی آرزلیک : Agi رگه اصلی معدنی : V )

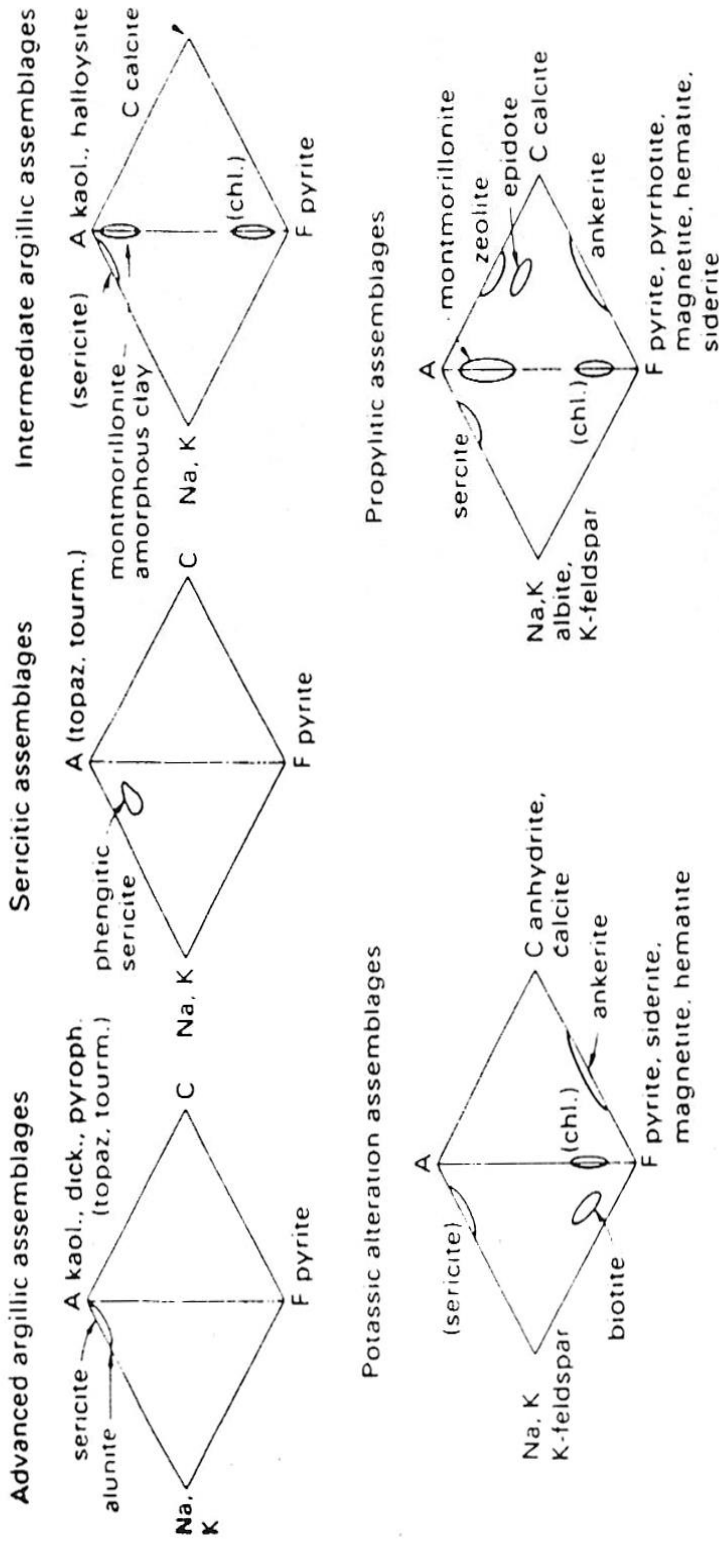
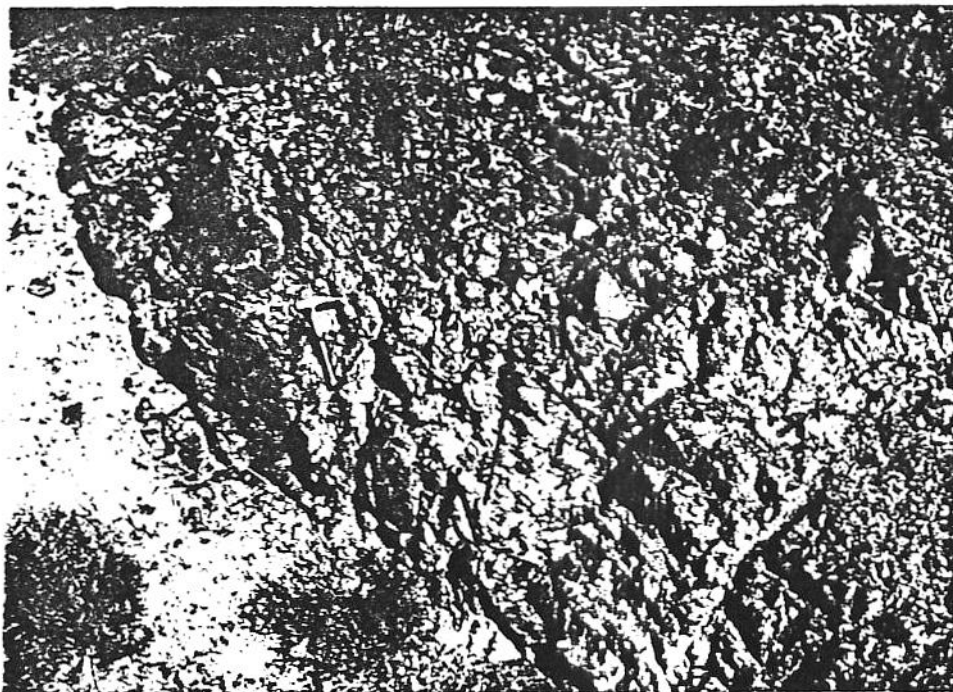


Fig. 3.7 Common wall rock alteration assemblages in aluminosilicate rocks plotted on ACF and AKF diagrams. A represents  $Al_2O_3$  and other components that behave chemically in the same way. C is  $CaO$  plus similar components. K is  $K_2O - Na_2O$  and F is  $FeO + MnO$ . Minerals in parentheses may be present as unstable relics. Quartz will usually be present in all these assemblages. kaol - kaolinite, dick. - dickite, pyroph - pyrophyllite, tourm - tourmaline, chl - chlorite. (Alter Meyer & Hemley 1967.)

شکل ۴-۱۱ مجموعه‌های مختلف دگرسانی در سنگهای آلومینوسیلیکاته که مبنای طبقه‌بندی دگرسانی‌ها در منطقه قلع‌زری قرار گرفته‌اند.  
 (Evans 1992)

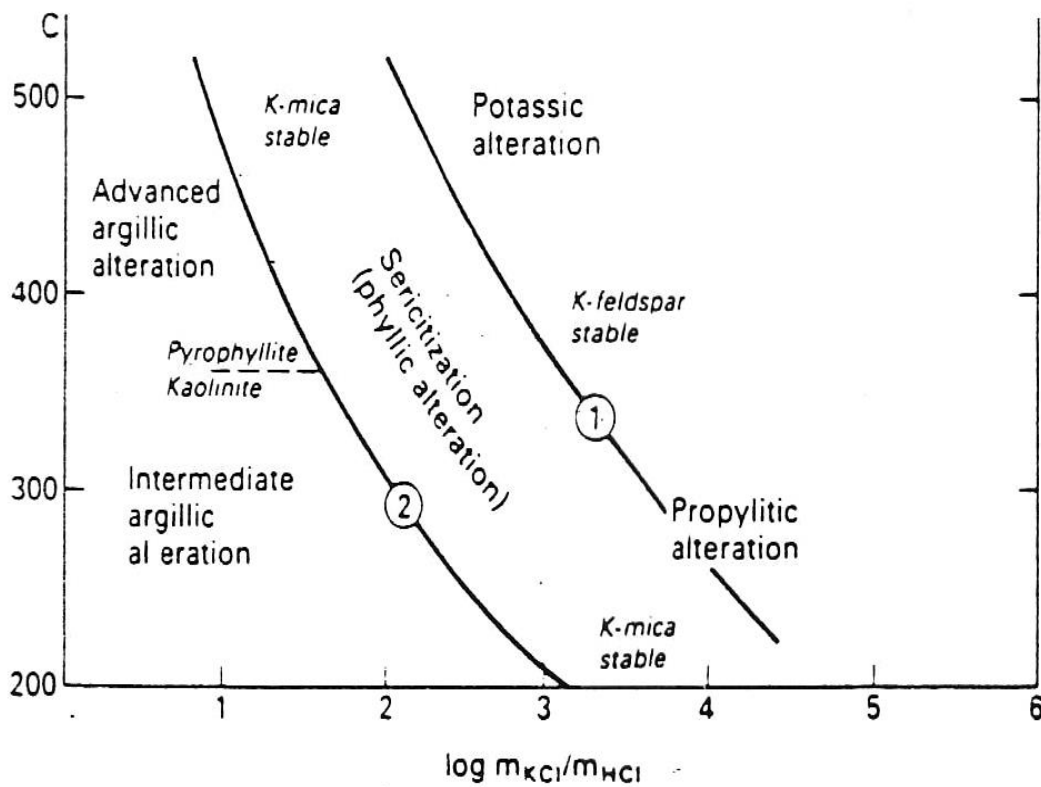


شکل ۴-۱۳ دگرسانی پروپیلیتی در مجاورت رگه معدنی در معدن قلعه زری

(دگرسانی پروپیلیتی: Pro. رگچه‌های کوارتز در داخل

سنگهای دگرسان شده: Q، رگه معدنی: V)

بروز شکستگی‌های فراوان بصورت درزه‌های کوچک و بزرگ همزمان با نفوذ سیال در داخل شکستگی، معبر مناسبی برای حرکت و تبادل یونی بوجود می‌آورد. به تمرکز سیلیس حاصل از دگرسانی کانی‌های سیلیکاته در شکستگی‌های مجاور رگه توجه شود.



شکل ۴-۱۴ محدوده پایداری و تشکیل مجموعه‌های دگرسانی مختلف.

در این سیستم فشار برابر با 0/1034 gpa و کواتر نیز حضور دارد. (Evans)

با استفاده از این دیاگرام می‌توان شرایط شیمیایی - حرارتی سیالات کانه‌داری که باعث دگرسانی در منطقه قلعه - زری گردیده‌اند را بطور تقریبی تعیین کرد که البته در مباحث ژئیتیکی کانسار بسیار مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

#### 4-4-2- کلریتی شدن

هر چند کانی کلریت جزو مجموعه پروپلیتی است اما در بعضی کانسارها مانند قلعه‌زری به دلیل فراوانی می‌تواند به تنهایی یا به همراه کواتر و نورمالین بصورت مجموعه دگرسانی مستقلی دیده شود. اسمیرنوف (1976) ضمن برشمردن مجموعه‌های پاراژنزی دگرسانی کلریتی، نوع کلریت همراه با کانسارهای مس و طلا را کلریت‌های

منیزیم - فروژینوس که در آنها عموماً رپیدولیت<sup>۴</sup> نیز یافت می شود ذکر می کند. در مورد منشاء کلریت منطقه قلعه زری می توان گفت که مقداری از آن در اثر تخریب شیمیایی کانی های مافیک سنگ های درونگیر بوجود آمده اند، اما در بعضی مقاطع نازک بخوبی می توان کلریت اولیه را که کوارتز و هماتیت ته نشست کرده، دید (شکل 4-15) بنابراین سیال گرمایی غنی از آهن و منیزیم بوده و طبق نظر (spycher & Read 1989) در درجات حرارت بالاتر از 200 درجه سانتیگراد و در اثر ازدیاد PH ترکیبات سیلیکاته آهن و منیزیم و کلسیم دار می توانند نهشت کنند. نامبرده همچنین حضور هماتیت را در این شرایط به دلیل جانشینی آن به جای پیریت در زمان جوشش (boiling) و کاهش سازنده های سولفیدی سیال می داند که در جای خود مرود بحث قرار خواهد گرفت.

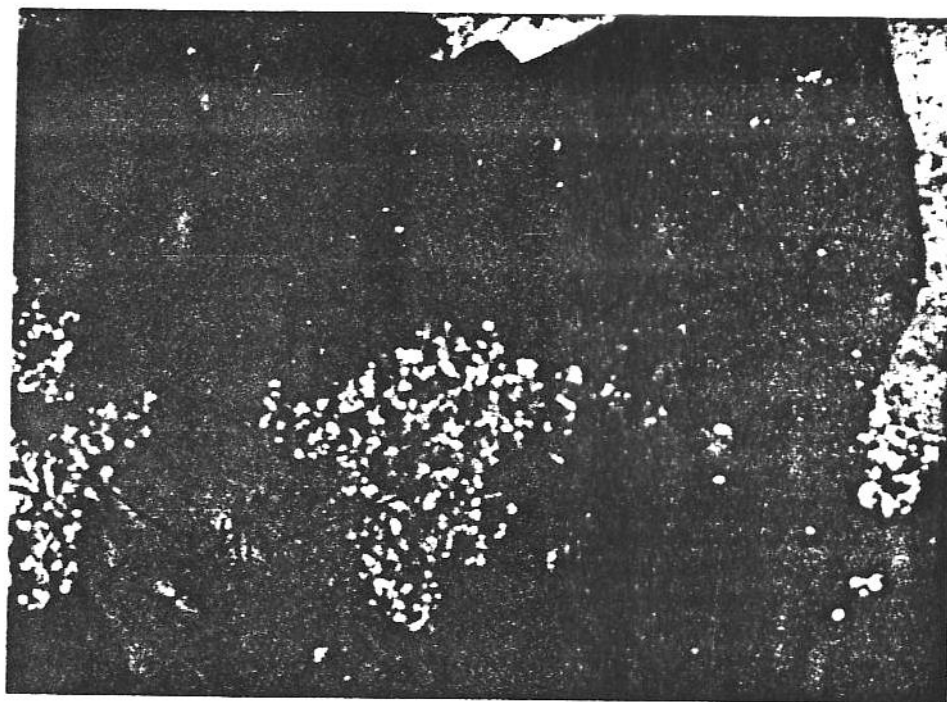
### 3-4-4- دگرسانی سریستی

در اثر هجوم سیالات اسیدی به سنگ های حدواسط و غنی از آلومینیوم، این سنگ ها هیدرولیز می شوند و کاتیون های  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^{2+}$  و آنیون  $SiO_4^{4-}$  آنها توسط محلول گرمایی شسته می شود.

---

<sup>4</sup>  $(Mg, Fe^{+2})_9 Al_6 Si_5 O_{20}(OH)_{16}$

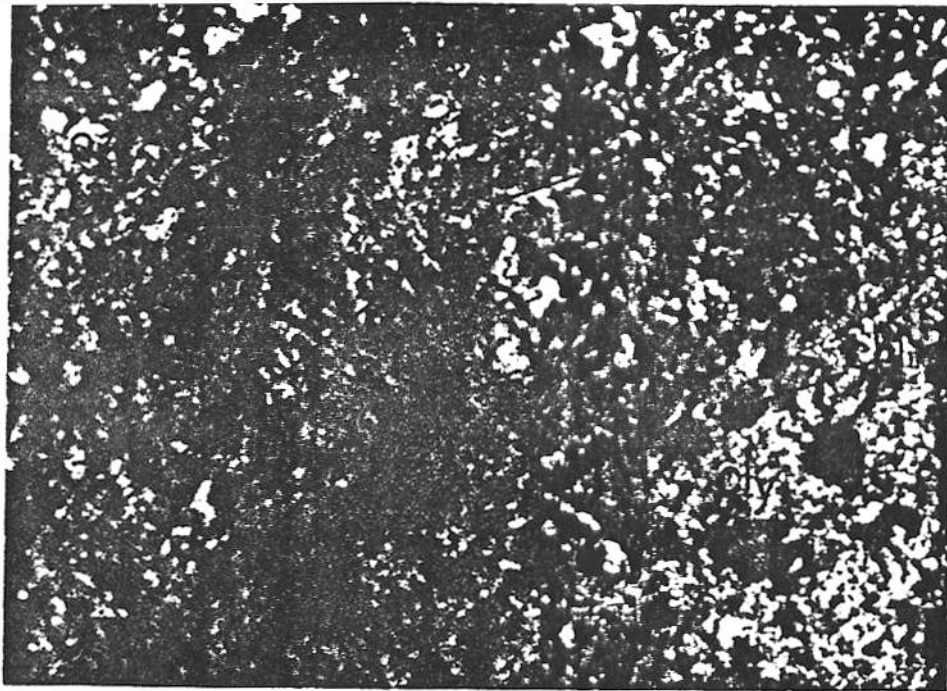




شکل ۴-۱۵ - همراهی کلریت - کوارتز و هماتیت در داخل یک رگچه در

سنگ درونگیر (بزرگنمایی  $\times 6/3$ )

کانی‌های سریسیت، کوارتز و پیریت، همچنین بصورت فرعی کانی‌های کلریت (چنانچه یون Mg به وفور حضور داشته باشد)، مقدار روتیل و لوکوکسن ( $\text{TiO}_2, n\text{H}_2\text{O}$ ) که ناشی از تیتانیوم موجود در شبکه بیوتیت اولیه و اسفن هستند تشکیل می‌شود. وجود کانی‌های گروه تورمالین (دراویت و ...) در این زون دگرسانی پروپلیتی (اپیدوتی و کلریتی) فراوانترین دگرسانی منطقه می‌باشد و همانگونه که در نقشه پیوست مشاهده می‌شود این دگرسانی در مجاورت بعضی رگه‌ها گسترش دارد و در بخش جنوب غربی نقشه مذکور در مجاورت دگرسانی‌های پروپلیتی و رسی قرار گرفته است.



شکل ۴-۱۶ - دگرسانی سریستی در قلعه‌زری (بزرگنمایی  $\times 6/3$ )

#### 4-4-4- دگرسانی رسی

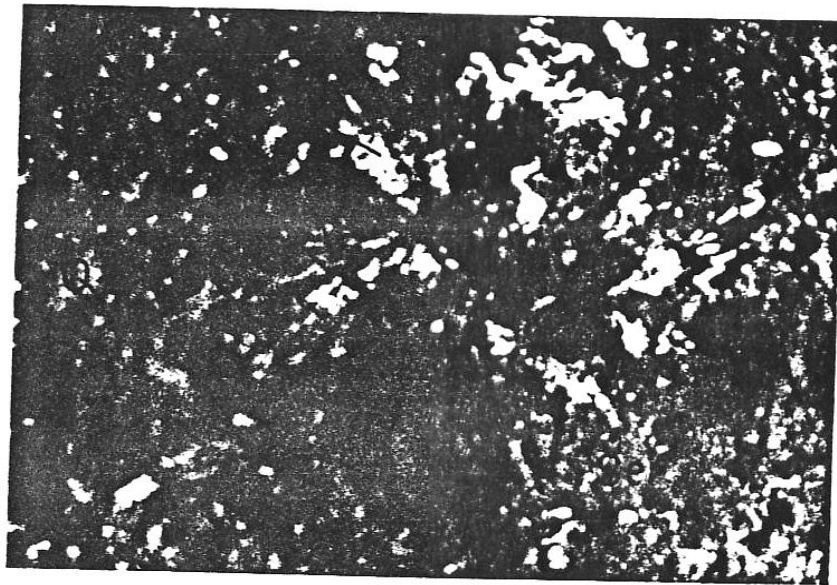
تحت تأثیر سیالات اسید و هیدرولیز کانی‌های اولیه سنگ‌های آتشفشانی موجود در منطقه کانی‌های جدید که مبین دگرسانی رسی هستند بوجود می‌آید این کانی‌ها بطور عمده شامل کائولینیت، مونت موریلونیت، آلفان، دیکیت، سریست، پیریت، تورمالین، آلونین، کلریت و کلسیت می‌باشند. همانگونه که در شکل 4-14 مشاهده می‌شود براساس درجه حرارت این دگرسانی خود به دور گروه دگرسانی رسی پیشرفته و دگرسانی رسی حدواسط تقسیم می‌شود که در منطقه قلعه‌زری هر دو آنها قابل رؤیت هستند.

#### الف) دگرسانی رسی پیشرفته :

این دگرسانی معمولاً در درجات حرارت بالاتر از 300 درجه سانتیگراد و در مجاورت بلافصل زون سریستی ایجاد می‌شود به نظر (Birmhall & Ghorso 1983) تشکیل و تولید این دگرسانی نقش بسیار مهمی در ایجاد نفوذپذیری لازم برای چرخش حجم عمده‌ای از سیال گرمایی و نتیجتاً توسعه رگه‌های معدنی بعهدده خواهد داشت زیرا طی شستشوی شدید عناصر آلكالن صورت می‌گیرد و فضاهای خالی در سنگ ایجاد می‌گردد کائولینیت ناشی از هیدرولیز مسکویت (که خود دگرسانی سریستی حاصل می‌آید) در درجات حرارت بالاتر از

300 درجه سانتیگراد به پیرونیلیت تبدیل می‌گردد از کانی‌های گروه تورمالین کانی در اویت  $(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH}_4)(\text{NaMg}_3 \text{Al}_6 (\text{Bo}_3)_3$  حضور چشمگیر دارد و همچنین در اثر اکسیداسیون خودبخودی  $\text{SO}_2$  در مجاورت آب‌های زیرزمینی غنی از  $\text{HCl}$  و به شدت اسیدی (2 تا  $\text{PH}=1.2$ ) که منجر به تشکیل  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (اسید سولفوریک) خواهد گردید (Ozawa et al 1973) کانی‌هایی مانند آلونیت  $(\text{KAl}_3 (\text{SO}_4)_2 (\text{OH}_6))$  نیز بوجود می‌آیند. در منطقه قلعه‌زری کانی آلونیت و ژاروسیت  $(\text{kFe}(\text{SO}_4)_2(\text{oH})_6)$  در نمونه‌های متعددی که توسط سازمان زمین‌شناسی مورد XRD قرار گرفت، یافت گردید. بنابه نظر کریم‌پور (1365) در بالای زون آلونیتی که معمولاً در رأس زون‌رسی شده قرار می‌گیرد چنانچه یون آهن به وفور وجود داشته باشد زون ژاروسیتی تشکیل خواهد شد. اسمیرنوف (1976) حضور کانی‌های آلونیت، ژاروسیت و هالوئیزیت را در سنگ‌هایی که مورد دگرسانی رسی شده قرار گرفته‌اند از مشخصه‌های دگرسانی سوپرژن ایجاد شده در منطقه اکسیداسیون کانی‌های سولفیدی می‌داند.

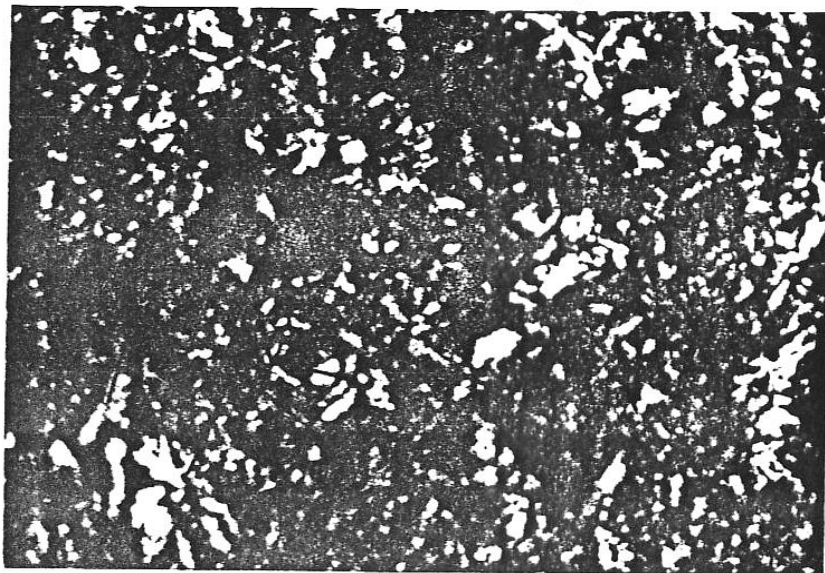
با توجه به مشاهدات صحرائی به مظر می‌رسد بخش قابل توجهی از مجموعه کانی‌هایی که بطور کلاسیک در محدوده دگرسانی رسی شده پیشرفته قرار می‌گیرند، طی فرایند دگرسانی سوپرژن شکل گرفته‌اند.



شکل ۴-۱۷ دگرسانی رسی شده پیشرفته در منطقه قلعه زری (بزرگ‌نمایی  $\times 6/3$ )

#### ب) دگرسانی رسی شده

این دگرسانی که با حضور کائولینیت و دیگر کانی‌های رسی، کوارتز و سریسیت مشخص می‌گردد در مناطق مختلفی از منطقه قلعه زری دیده می‌شود همراهی کانی سریسیت و نسبت‌های متغیر آن تداخل وسیع این دگرسانی با دگرسانی نوع سریسیتی را گوشزد می‌سازد.



شکل ۴-۱۸ دگرسانی رسی شده در منطقه قلعه زری (بزرگ‌نمایی  $\times 6/3$ )

#### 4-4-5- دگرسانی سیلیسی (سیلیفیکاسیون)

این نوع دگرسانی نیز در منطقه قلعه‌زری به وفور دیده می‌شود و بخصوص در مجاورت رگه‌ها از گستردگی خوبی برخوردار است به مظر می‌رسد فرآیندهای زیر در شکل‌گیری آن نقش اساسی داشته باشند:

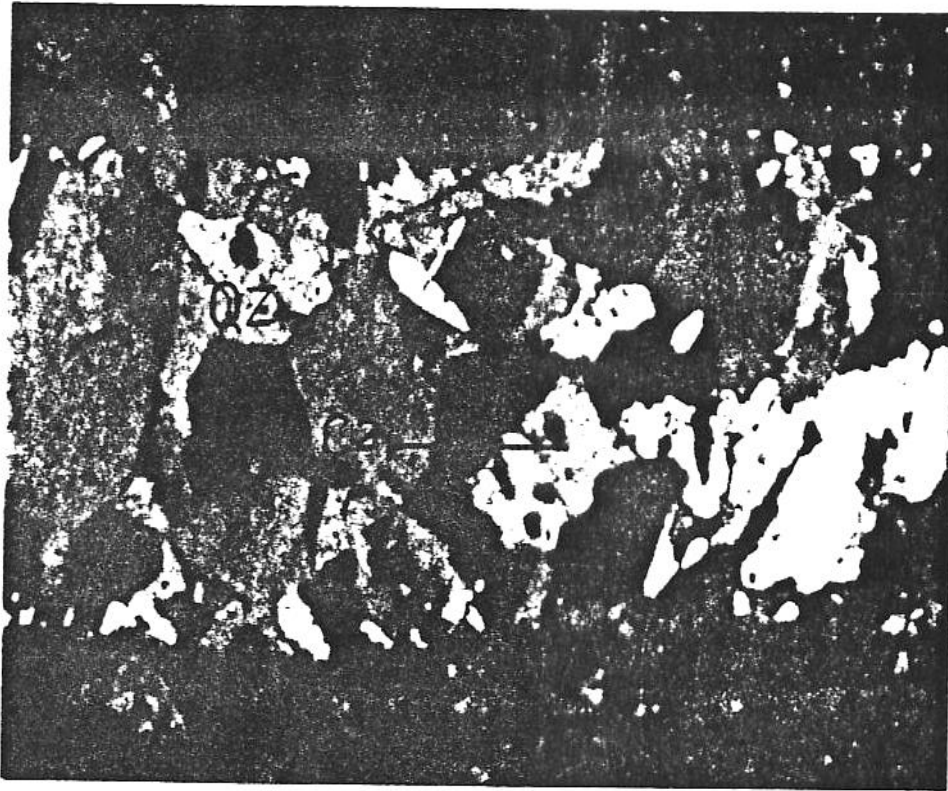
1- سیلیس در اثر devitrification سنگ‌های آتشفشانی شیشه‌ای بخصوص توف‌های شیشه‌ای که به فراوانی در منطقه حضور دارند، در سیال بصورت اشباع درآمده باشد و در سنگ‌های اطراف بصورت رگه و رگچه و پرکننده شکستگی‌ها ظاهر گردد.<sup>5</sup>

2- سیال گرمایی اولیه از سیلیس غنی است و طبیعتاً در اثر سرد شدن در درجات حرارت کمتر از 300 درجه سانتیگراد می‌تواند آن را رسوب دهد این عمل با توجه به ظاهر ریز بلور کوارتزها که بعضاً بصورت سیمان، ماده معدنی برشی شده را دربر گرفته‌اند تأیید می‌شود.

3- کوارتز در اثر شستشوی اسید (acid leaching) سنگ‌های درونگیر (در طی دگرسانی‌های سریسیتی و رسی) به صورت محلول درآید و سپس در شرایط مناسب فیزیکوشیمیایی نهشت کند. حفرات پر شده سیلیسی (Vuggy silica) که به وفور در امتداد رگه‌های معدنی قلعه‌زری دیده می‌شوند و مشابه آن در کانسار El Indio شیلی توسط White et al (1990) گزارش گردیده می‌توانند تحت چنین شرایطی حاصل آمده باشند.

---

مراجعه شود. Fisher (1983) برای درک بهتر شیمی این روش به <sup>5</sup>



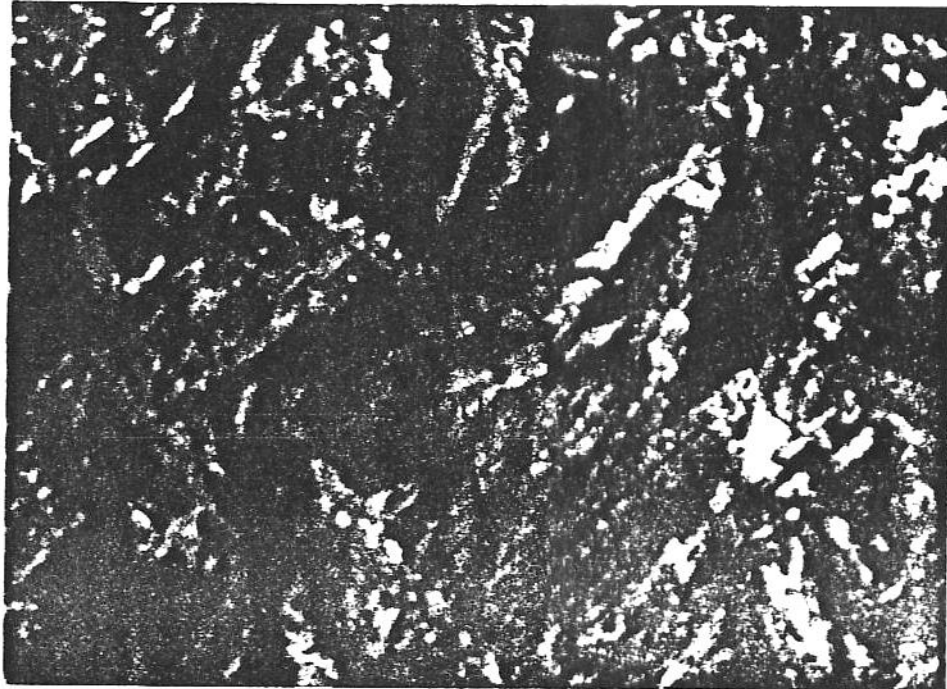
شکل ۴-۱۹ دگرسانی سیلیسی که بصورت رگچه در سنگ درونگیر قابل رؤیت است. به

حضور کانی کلسیت در بین بلورهای کوارتز توجه شود. (بزرگنمایی  $\times 2/5$ )

#### 6-4-4- تورمالینیزاسیون

از دیگر دگرسانی‌هایی که در منطقه معدنی قلعه‌زری دیده می‌شود، تورمالینیزاسیون است این نوع دگرسانی در درجات حرارت بالا و توسط سیال گرمایی اسیدی ایجاد می‌شود که از عنصر B (بر) غنی هستند کانی دراویت  $(\text{NaMg}_3 \text{Al}_6 (\text{Bo}_3)_3 (\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH}_4))$  که نوع منیزیم‌دار تورمالین است به‌وفور در سنگ‌ها حضور دارد و شرایط ژئوشیمیایی تشکیل آن (محیط بشدت اسیدی که باعث شستشوی قلیایی‌ها من جمله  $\text{Mg}^{2+}$  از کانی‌های اولیه سنگ می‌گردد) به همراه فراوانی کانی کلریت در زون‌های مختلف دگرسانی این مطلب را که سیال گرمایی

اولیه از عناصری چون آهن و منیزیم غنی بوده<sup>۶</sup> و از طرفی وفور عنصری مانند بر (B) دلالت آشکار بر تغذیه سیستم گرمایی از یک توده عمیق با نیمه حدواسط تا اسید است که در اعماق منطقه قلعه‌زری وجود دارد و بحث بیشتر در مورد آن در فصل‌های بعدی انجام خواهد پذیرفت.



شکل ۴-۲۰ تورمالین‌زاسیون سنگ درونگیر در قلعه‌زری (بزرگنمایی  $\times 6/3$ )

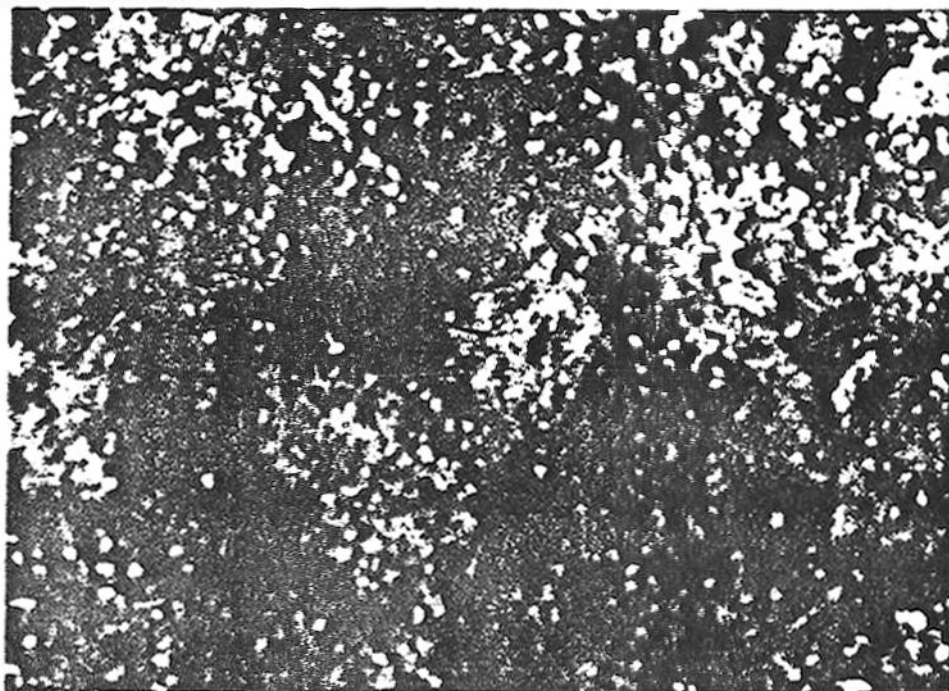
#### 4-4-7- کربناتی شدن

در سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری منطقه قلعه‌زری کربناتی شدن به صورت رگه و رگچه‌های پرشده توسط کلسیت به وفور دیده می‌شود به نظر می‌رسد که کربناتی شدن سنگ‌های سیلیکاته به دو صورت انجام پذیرد:

<sup>6</sup> یا اینکه بپذیریم آهن و منیزیم از سنگ دیواره در طی دگرسانی و جریان دوطرفه‌ای که برای انتقال مواد در این مرحله برقرار می‌شود (حمل  $\text{CO}_2$ , S,  $\text{H}^+$  و ... به سمت سنگ درونگیر و حمل Mg, Na, Ca و ... از سنگ درونگیر توسط همان سیال به سمت رگه) وارد فضای رگه شده و کانی‌های آهن و منیزیم‌دار ظاهراً اولیه، عناصرشان را از سنگ‌های اطراف گرفته‌اند و در این شرایط طبیعتاً  $\text{FeO}_2$  نیز بالا خواهد بود و می‌توانند بر ترکیب کانی‌شناسی هم اثر بگذارد.

1- متاسوماتیسم (Inter alia anion) که در نتیجه آن آنیون  $\text{CO}_3^{2-}$  توسط سیال‌های گرمایی (و همچنین یون‌های  $\text{Ca}^{2+}$ ) وارد شده و باعث تشکیل کلسیت می‌گردند.

2- تشکیل کانی دولومیت یا آنکریت که اغلب در اثر تخریب شبکه کانی‌های قبلی کاتیون‌های  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  در دگرسانی پروپلیتی آزاد شده و بسته به نسبت  $\frac{\text{Fe}^{2+}}{\text{Mg}^{2+}}$  آنکریت یا دولومیت تشکیل می‌گردد. مطالعات XRD بر روی نمونه‌های منطقه قلعه‌زری بیانگر پائین بودن این نسبت به دلیل حضور کانی دولومیت در مجموعه پاراژنزی کانی‌های حاصل از دگرسانی می‌باشد.



شکل ۴-۲۱ کربناته شدن توفهای منطقه قلعه‌زری (بزرگنمایی  $\times 2/5$ )

#### 5-4 ژئوشیمی معدن قلعه‌زری

برای درک صحیح توزیع ژئوشیمیایی عناصر در محدوده معدن قلعه‌زری و همچنین شناخت عوامل و نحوه تشکیل کانسار، بررسی‌های ژئوشیمیایی امری لازم به نظر می‌رسد. به همین منظور نمونه‌هایی جهت تجزیه شیمیایی در قالب دو پروفیل مشخص ژئوشیمیایی (نقشه  $\frac{1}{5000}$  پیوست) در اختیار آزمایشگاه گذاشته شد. (نمونه‌های پروفیل C-C توسط دستگاه جذب اتمی سازمان زمین‌شناسی کشور و نمونه‌های پروفیل قائم و سایر



نمونه‌ها در آزمایشگاه‌های شیمی دانشگاه بیرجند توسط دستگاه جذب اتمی و روش‌های شیمی مرطوب (Wet chemistry) مورد تجزیه قرار گرفته‌اند.

## الف - پروفیل ژئوشیمیایی C-C

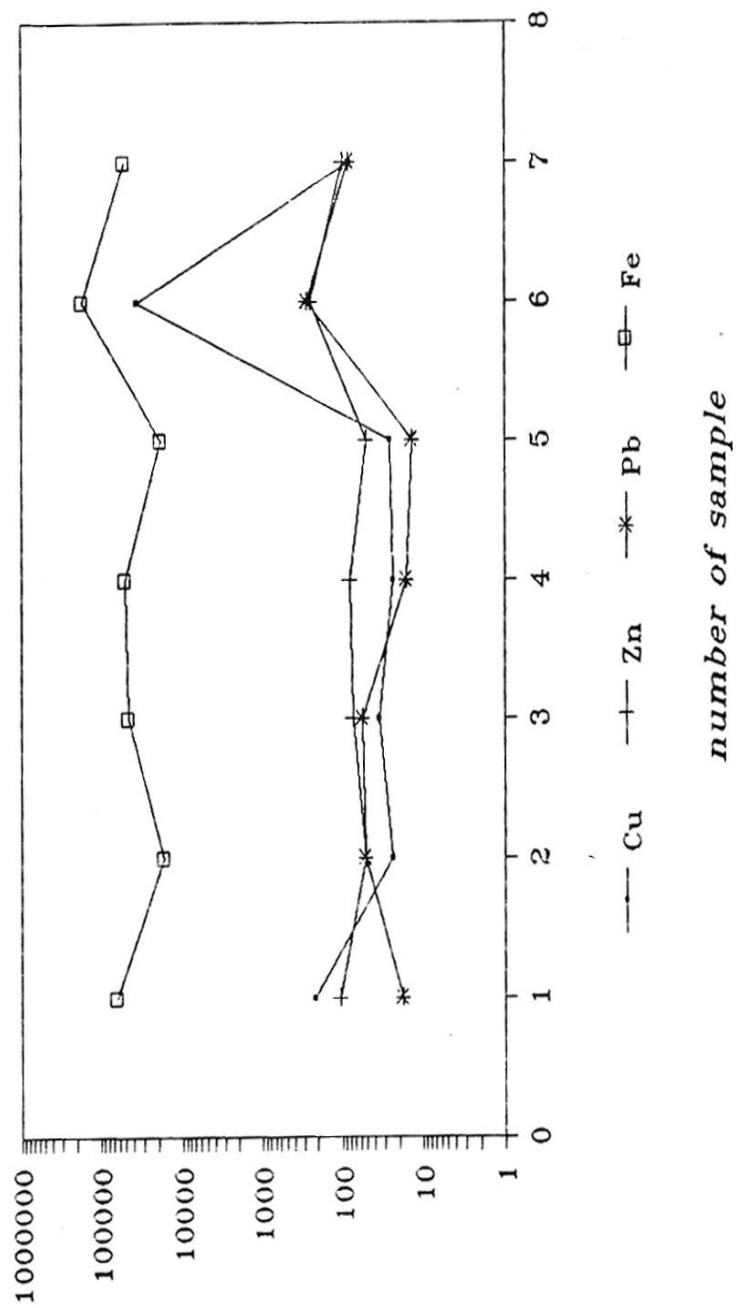
جهت بررسی فراوانی و توزیع عناصر اصلی کانسار معدن قلعه‌زری (Zn, Pb, Cu, Fe) در واحدهای سنگی مختلف موجود در منطقه پس از بررسی‌های زمین‌شناسی مقطع C-C با ویژگی‌های زیر انتخاب گردید:

1- اغلب واحدهای سنگی شناخته شده در منطقه به صورت اولیه (غیرتکتونیزه) در قالب تناوبی از رخساره-های آتشفشانی، در امتداد مقطع حضور دارند.

2- میزان دگرسانی در واحدهای نزدیک رگه کم و در واحدهای دورتر از آن بعضاً اثری از دگرسانی دیده نمی‌شود بنابراین عملاً بحث در مورد غنی‌شدگی یا تخلیه ثانویه این واحدهای سنگی از عناصر مذکور منتفی خواهد بود.

3- مقطع در جهت عمود بر رگه بوده بنابراین تغییر مقادیر عناصر در این امتداد کنترل می‌گردد همانگونه که در شکل 4-24 مشاهده می‌شود علیرغم تغییرات بسیار جزئی، فراوانی عناصر Zn, Pb, Cu, Fe در سنگ‌های مختلف در امتداد این مقطع در حد عیار عادی آنهاست.

Fig. 22-4: concentration of elements in C-C profile  
ppm



جدول ۴-۱- فراوانی عناصر Cu-Pb-Fc- Zn در امتداد مقطع C-c

شماره نمونه	PPM Cu	% Cu	PPM Zn	PPM Pb	% Fe	نام واحد سنگی
C-C-۱	۲۱۵	-	۱۰۵	۱۸	۶/۳۵	آندزیت پورفیری
۲	۲۴	-	۵۲	۵۲	۱/۷۱	آندزیت
۳	۳۵	-	۷۴	۵۸	۴/۶۰	تناوب توف اسیدوبازی
۴	۲۴	-	۸۳	۱۶	۱۱/۵	توف اسیدی (۵ متری رگه)
۵	۲۶	-	۵۷	۱۴	۱/۸۸	توف اسیدی (۵ متری رگه)
۶	-	۳/۶۴%	۲۵۶	۲۸۲	۱۶/۷۶	رگه معدنی
۷	۸۵	-	۱۰۴	۸۸	۵/۱۶	توف اسیدی

جدول ۴-۲- ضرایب همبستگی نمونه های مقطع لیتوزئوشیمیائی C-C

	Cu	Zn	Pb
Fe	+۰/۸۸	+۰/۹۸	+۰/۸۲
Cu		+۰/۹۱	+۰/۹۲
Zn			+۰/۸۶

در این مقطع بجز عنصر سرب که الگوی فراوانی آن مختصر تفاوتی با سایر عناصر دارد، سه عنصر دیگر (Cu,Zn,Fe) ضریب همبستگی (Correlation Coefficient) بسیار خوبی دارند. با توجه به مشخصات لیتولوژیکی سنگ‌های درونگیر رگه، در امتداد مقطع C-C و نحوه فراوانی ژئوشیمیایی عناصر چهارگانه ذکر شده، بنظر نمی‌رسد که سنگ درونگیر آتشفشانی کانسار مس قلعه‌زری نقش اصلی در تأمین عناصر فلزی و کانی‌ساز معدن بعهدده داشته باشد بلکه قسمت عمده این عناصر بصورت اجزاء سیال گرمایی احتمالاً منشاء گرفته از توده نفوذی عمیق در محل درزه و شکستگی‌های سنگ‌های آتشفشانی منطقه جاگرفته و کانی‌سازی کرده‌اند که مظاهر این توده نفوذی در نقشه زمین‌شناسی  $\frac{1}{100000}$  بصیران در فاصله 10-15 کیلومتری شمال معدن و 20 کیلومتری شرق آن و با سن الیگوسن رخنمون دارد.

### ب - پروفیل ژئوشیمیایی عمقی (قائم) در رگه معدنی شماره (2)

به منظور اطلاع از میزان و نحوه پراکندگی عناصر اصلی کانساری و بررسی چگونگی تغییرات آنها نسبت به عمق، در افق‌های مختلف معدنی رگه 2 چاه اصلی مهدن قلعه‌زری نمونه‌برداری صورت پذیرفت. پس از تجزیه نمونه‌های هر افق، داده‌های مورد نظر بوسیله نرم‌افزار کامپیوتری HG مورد پردازش قرار گرفت.

همانطور که در شکل 4-23 مشاهده می‌شود عناصر Fe و Cu همخوانی بسیار زیادی با همدیگر دارند و عناصر (Pb-Ag) نیز با همدیگر همخوانی نشان می‌دهند. عنصر Au طرح مستقلی که بیشتر به پراکندگی آهن و مس شبیه است ارائه می‌کند. در توضیح این مطلب می‌توان با توجه به مطالعات

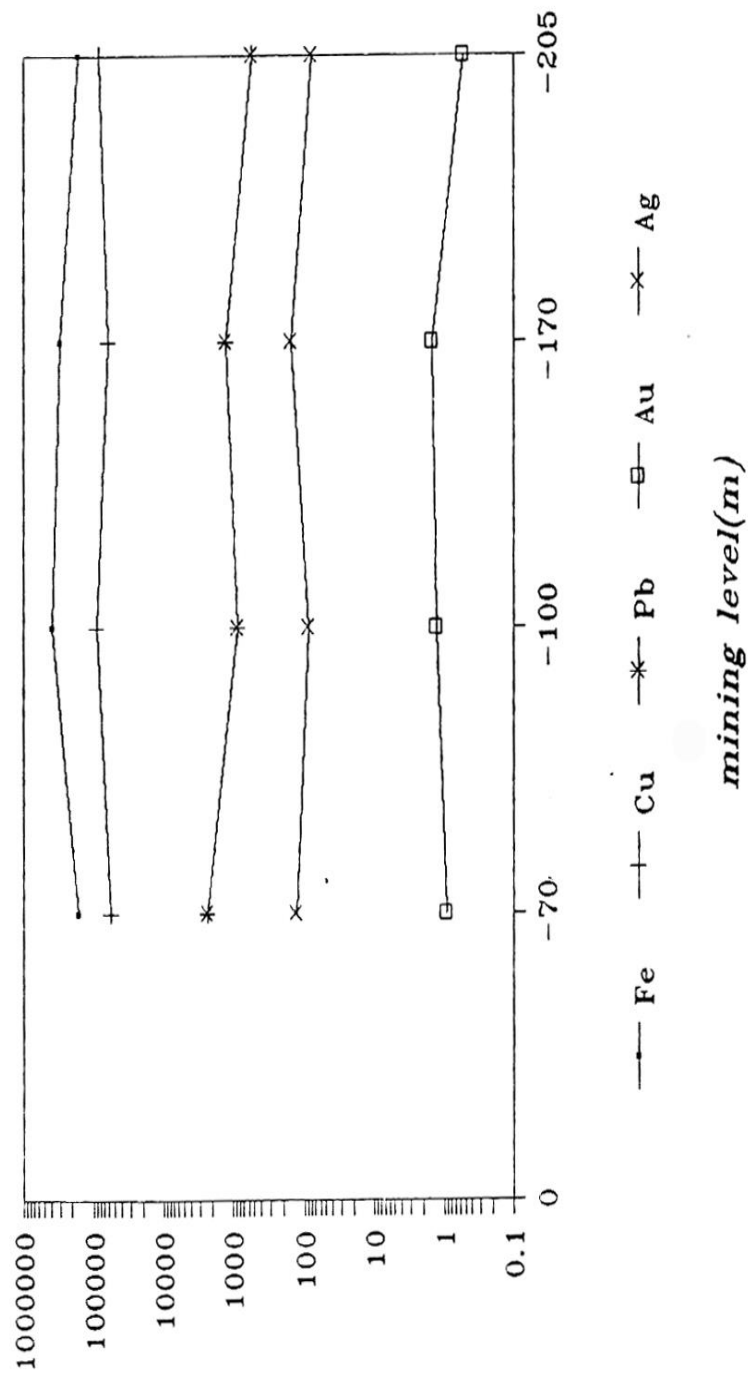
جدول ۴-۳- توزیع ژئوشیمیایی عناصر از سطح به عمق در رگه ۲ چاه اصلی

معدن قلعه زری

عمق	میانگین <i>Fe%</i>	میانگین <i>Cu%</i>	میانگین <i>Pb (ppm)</i>	میانگین <i>Au (ppm)</i>	میانگین <i>(ppm)Ag</i>
۷۰ متری	۱۶/۴	۵/۷	۲۳۰۰	۰/۹۲	۱۳۱
۱۰۰ متری	۳۸	۸/۸	۸۰۰	۱/۲۹	۹۱
۱۷۰ متری	۳۰	۶/۱	۱۲۰۰	۱/۵۰	۱۵۶
۲۰۵ متری	۱۶	۸/۲	۵۵۰	۰/۵۵	۸۳/۵

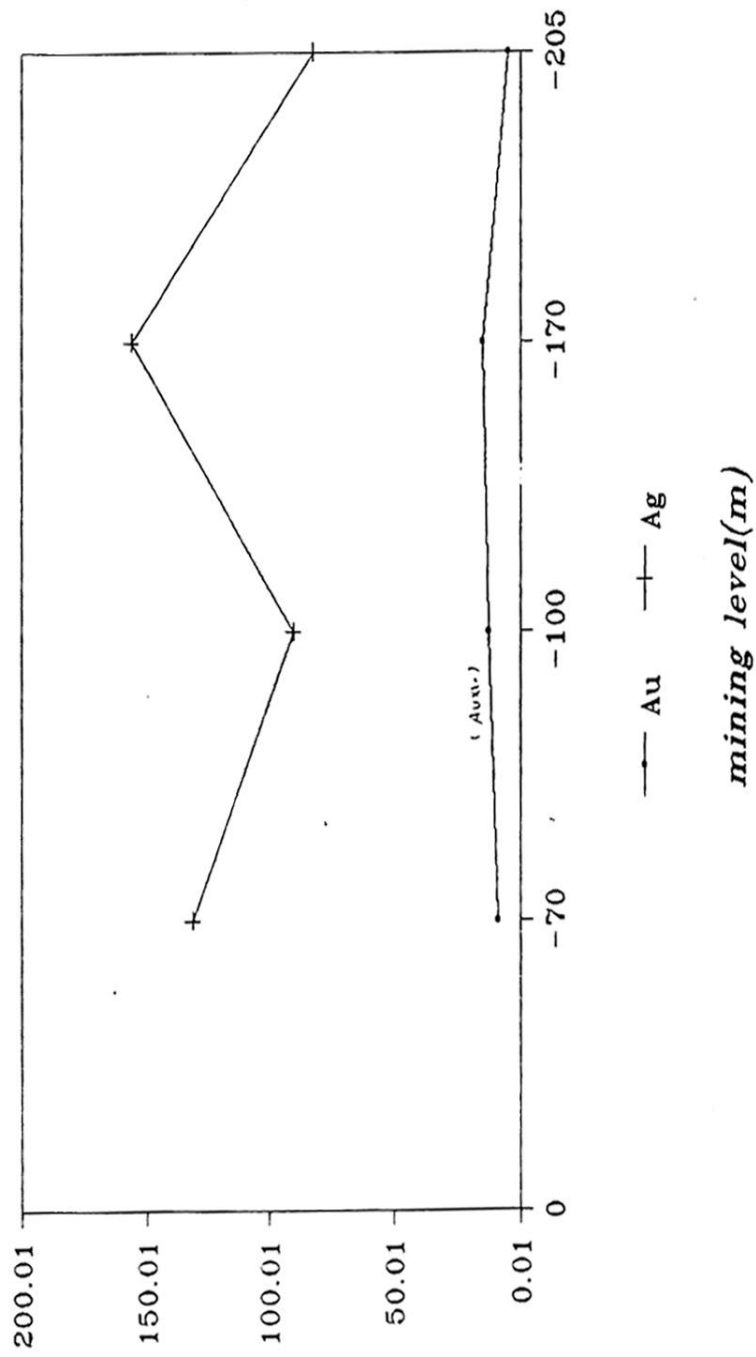
Fig-4-23 - vertical profile in vein(2)

ppm



شکل ۴۳-۲ پروفیل عمودی در رگه های مختلف کانسارهای فلزی

Fig-4.24-vertical profile in vein(2)  
ppm



شکل ۴۲-۲. مقایسه نمودار توزیع عناصر Au و Ag در اقلها ی معدنی قلعه زری

میکروسکوپی مقاطع صیقلی و نتایج حاصل از مطالعه همین مقاطع با الکترومیکروپروپ (فصل 5) الگوی پراکندگی عناصر (pb-Ag) را با توجه به همراهی آنها با کانی‌های خانواده بیسموت، مرتبط با نحوه رفتار پراکندگی این کانی‌ها دانست که این نیز خود به عنوان تابعی از شیمی سیال می‌باشد. فرض دیگری که می‌توان مورد توجه قرار داد اینست که محلول دیگری در کانی‌زایی عناصر (pb-Ag) دخالت داشته باشد.

عنصر طلا همانگونه که مشاهده می‌شود (شکل 4-23) طرح پراکندگی مستقل دارد و نظر به اینکه هیچگونه شباهتی با عناصر (Fe-Cu) و همچنین (pb-Ag) نشان نمی‌دهد بایستی زایش آنرا در مرحله دیگری از تکامل کانسار در نظر گرفت. در مورد عنصر (Zn) به دلیل همراهی مشخص اسفالریت با کانی کالکوپیریت به صورت ادخال (فصل 5 شکل 5-12) می‌توان پراکندگی آنرا مشابه Cu و Fe و همراه آنها در نظر گرفت.

## فصل پنجم

### کانه‌شناسی و پاراژنز کانسار قلعه‌زری

#### مقدمه :

همانگونه که عنوان شد کانسار قلعه‌زری یکی از معادن رگه‌ای است که این رگه‌ها در منطقه وسیعی و با تبعیت از فضاهای خالی موجود در سنگ‌های منطقه و در امتداد اصلی شمال غرب- جنوب شرق گسترش دارند. عملکرد نیروهای تکتونیکی و بروز درزه و گسل‌های فراوان بعد از تشکیل کانسار باعث شده که در اثر فراهم آمدن مجاری نفوذ، آب‌های جوی تأثیر بسیار چشمگیری بر کانه‌های موجود در رگه‌ها گذاشته و باعث شده زوناسیون عمودی بصورت تشکیل زونهای اکسیداسیون، سوپرژن و هیپوژن بخوبی ظاهر گردد. در این فصل سعی می‌شود تا ضمن توصیف کانه‌های مختلف زونهای فوق‌الذکر و تعیین ارتباط آنها با همدیگر شرایط شیمی سیال کانه‌دار نیز براساس کارهای تجربی انجام شده مشخص گردد.

#### 1-5- کانی‌زایی هیپوژن



کانه‌زایی در معدن قلعه‌زری و در بخش هیپوژن آن از تنوع بافتی و کانی‌شناسی خاصی برخوردار می‌باشد. بافتهای شاخص پرکننده فضای خالی (Open Space filling) که از ویژگی‌های کانه‌زایی اولیه می‌باشد یا انواع مختلف خود در این بخش کانسار قابل رویت است. (اشکال 4-4 و 3-4 و 2-4)

سیال گرمایی ضمن صعود از اعماق شکستگی و در اثر فرآیندهای مختلفی که بعداً مورد بحث قرار خواهند گرفت عناصر کانساری مختلف محلول در خود را بر جای می‌گذارد. شکل 5-1 همراهی هماتیت و پیریت را نشان می‌دهد بلورهای اتومورف هماتیت توسط پیریت در بر گرفته شده و کانی کالکوپیریت بی‌شکل بین تیغه‌های هماتیت را پر کرده است این واقعیت در شکل 5-2 نیز مورد تأیید قرار گرفته است همچنین شکل 4-4 که در مقیاس نمونه دستی یک رگچه کانه‌دار را در زون هیپوژن نشان می‌دهد ضمن نمایش بافت مشخصه (Comb)، ترتیب تبلور کانی‌ها را در رگه‌های معدنی قلعه‌زری نیز نشان می‌دهد. این بافت در مقیاس بزرگتر نیز در داخل افقهای مختلف معدن کاری قابل رویت می‌باشد. در بعضی از مناطق زون هیپوژن کانه‌های اتومورف و مکعبی پیریت که بعضاً کانی‌های هماتیت و کالکوپیریت را در بر گرفته‌اند (شکل 5-3) دیده می‌شود. کانی کالکوپیریت علاوه بر همراهی زمانی و ژنتیکی با کانه‌های دیگری چون پیریت، دارای ادخالهایی از کانه اسفالریت است که بیانگر قرابت ژنتیکی ایندو می‌باشد. (شکل 5-6) کانه‌های اسفالریت و کالکوپیریت علاوه بر مرحله اول با توجه به شواهد بافتی که در اشکال (5-5) و (6-5) قابل رویت هستند در فاز تأخیری نیز در داخل شکستگی‌های کالکوپیریت حضور دارند که از آنها به عنوان اسفالریت و کالکوپیریت‌های نسل دوم یاد کرده‌ایم.

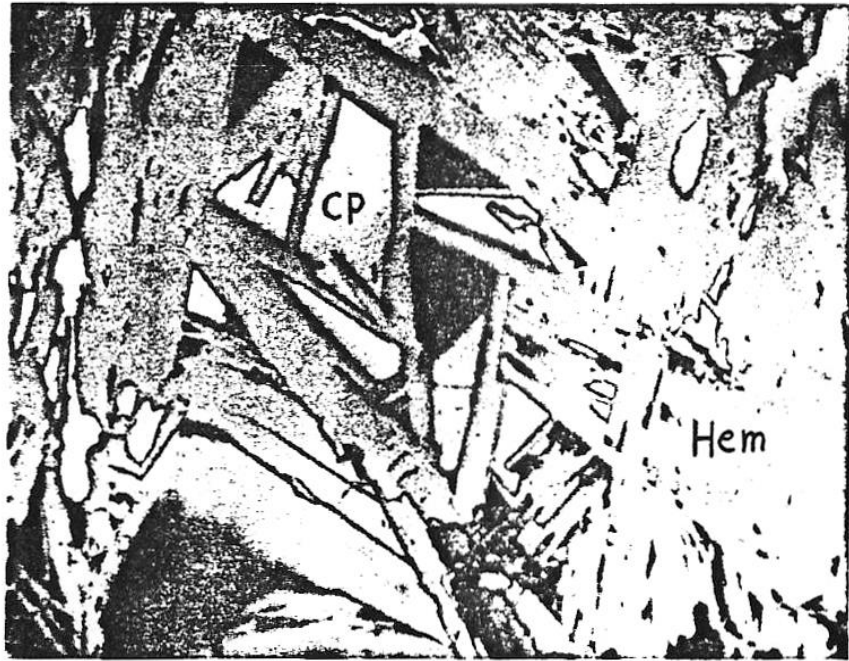
از کانه‌های دیگری که در زون هیپوژن کانسار قلعه‌زری دیده می‌شوند کانه‌های خانواده بیسموت را می‌توان بر شمرده مطالعات مقاطع صیقلی که به وسیله میکروسکوپ و با توجه پارامترهای کانی‌شناسی ذکر شده توسط مؤلفین مختلف، در مور این کانی‌ها صورت پذیرفت توفیقی در تعیین نام و ترکیب شیمیایی آنها فراهم نیاورد لذا برای شناخت دقیق این کانی‌ها، مقاطع مورد نظر در سازمان زمین‌شناسی بوسیله دستگاه الکترومیکروپروپ آنالیز گردیدند. این کانی‌ها در زیر میکروسکوپ اغلب همراه و در حاشیه کانی کالکوپیریت و بدون نمایش هرگونه بافت جانیشینی، دیده می‌شود.

مطالعات میکروسکوپ کانی‌های خانواده بیسموت را به ترتیب فراوانی، کانه آیکینیت ( $\text{CupbBis}_3$ )، بیسموتینیت ( $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ) و ماتیلدیت ( $\text{AgBis}_2$ ) نشان داد. اشکال (5-8 و 5-9 و 5-10) همانگونه که در اشکال مذکور مشاهده می‌شود بیسموتینیت به صورت محلول جامد در آیکینیت دیده می‌شود و کانه ماتیلدیت نیز بصورت آنککلوژیونهایی در داخل آیتینیک قابل رویت است.

مطلب جالب توجه اینکه در مقاطع صیقلی تهیه شده، کانی‌های مستقل سرب و نقره دیده نشد و بنظر می‌رسد این عناصر فقط در شبکه‌های کانی‌شناسی عناصر خانواده بیسموت (آیکینیت و ماتیلدیت) تمرکز یافته باشند. (شکل 9-5 و 10-5)



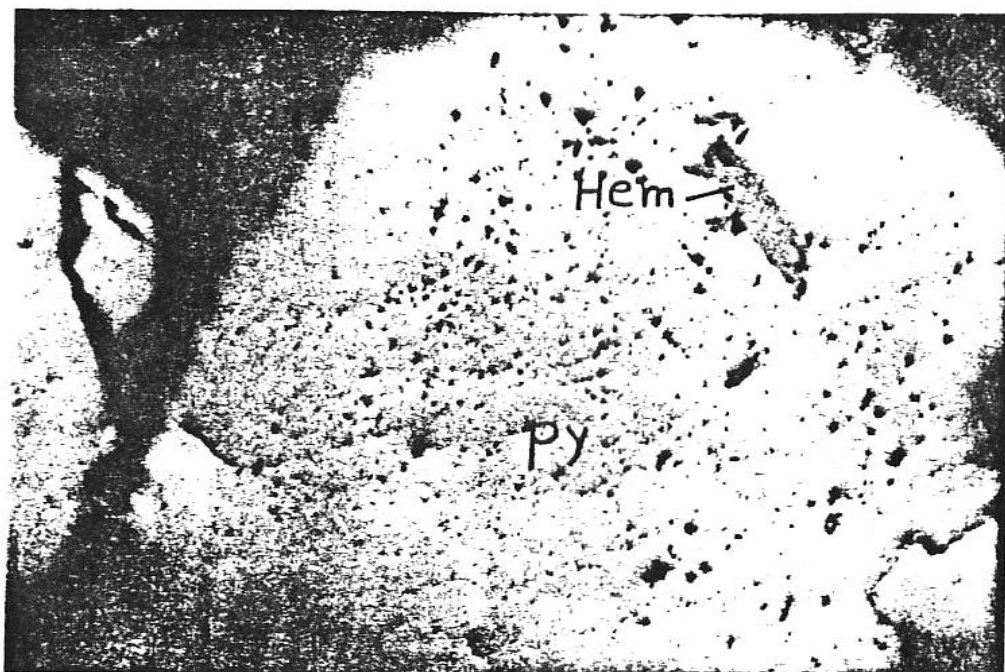
شکل ۵-۱ - ادخالهای هماتیت (Hem) در پیریت (Py) و همراهمی پیریت (Py)، کالکوپیریت (CP) و هماتیت (Hem) (بزرگنمایی ۱۰×)



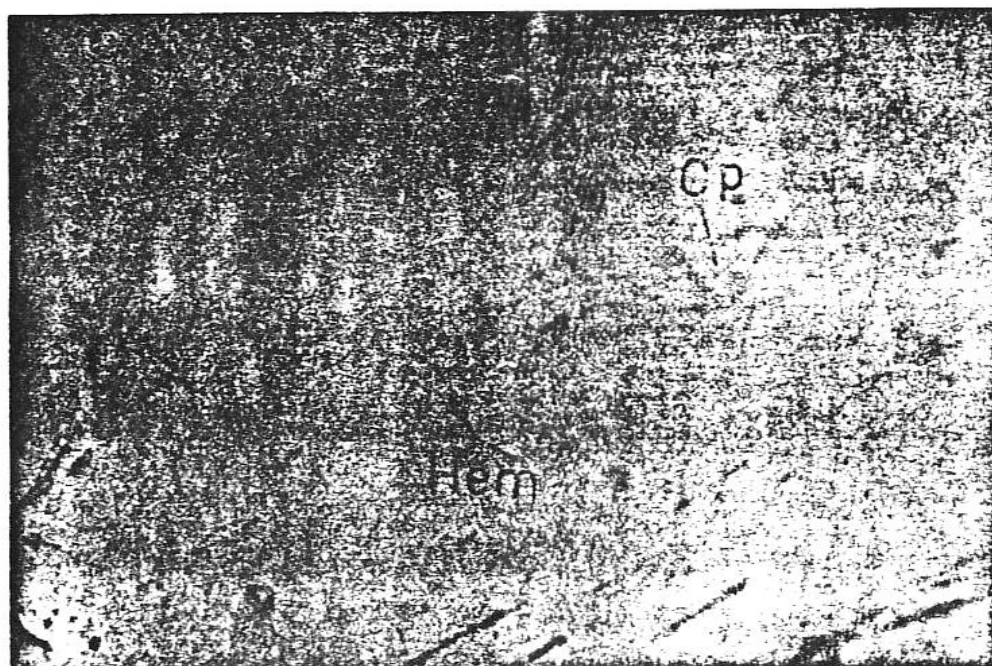
شکل ۵-۲ - بافت شبکه‌ای که در آن فضای خالی بین بلورهای هماتیت توسط کالکوپیریت پر شده است. (بزرگنمایی  $10\times$ )



شکل ۵-۳ - کانه کالکوپیریت (Cp) در پیریت (Py)



شکل ۵-۳-۱- کانه هماتیت (Hem) در داخل پیریت (Py)



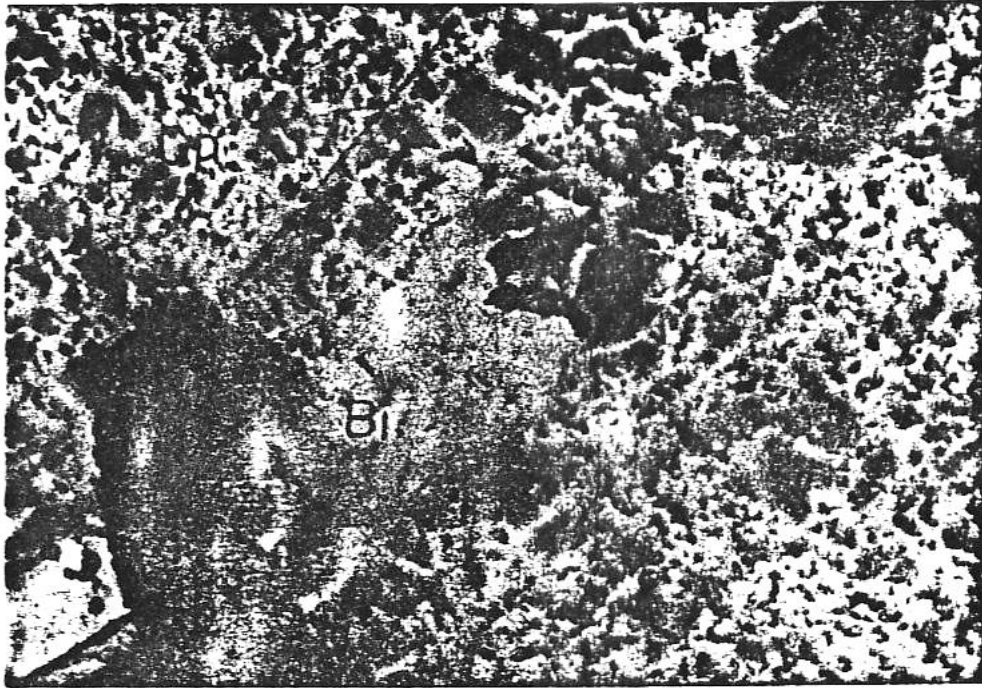
شکل ۵-۴- کالکوپیریت (Cp) در داخل تیغه‌های هماتیت (Hem)



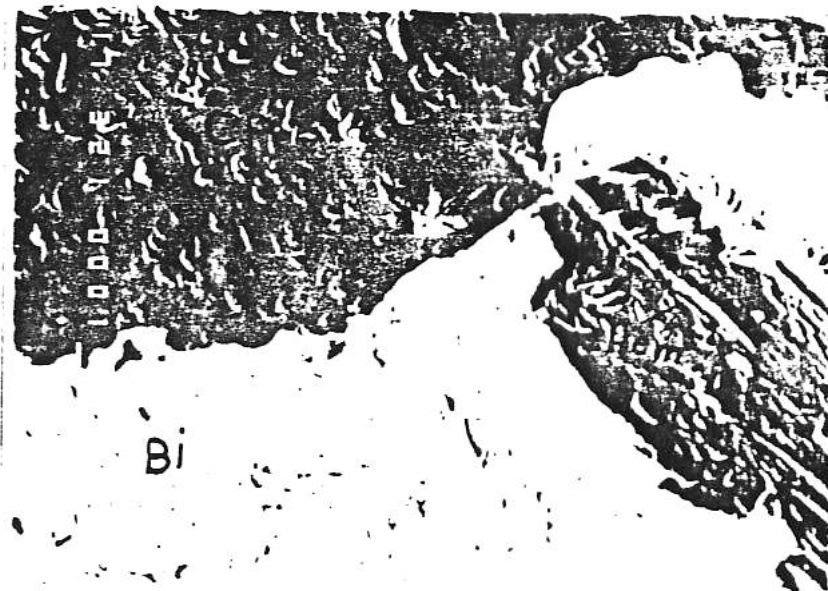
شکل ۵-۵ - کالکوپیریت نسل دوم (CP) که شکستگی‌های پیریت (Py) را پر کرده است. (بزرگنمایی  $10\times$ )



شکل ۵-۶ - ادخال اسفالریت (Sph) و همچنین فضای خالی پر شده توسط آن در کانال کالکوپیریت (Py) (بزرگنمایی  $10\times$ )



شکل ۵-۷ - مجاورت کانه‌های خانواده بیسموت (Bi) با کالکوپیریت (Cp)  
(بزرگنمایی  $20 \times$ )



شکل ۵-۸ - تصویر SEI از کانه‌های کالکوپیریت (Cp)، هماتیت (Hem)  
و خانواده بیسموت (Bi) (بزرگنمایی  $186 \times$ )

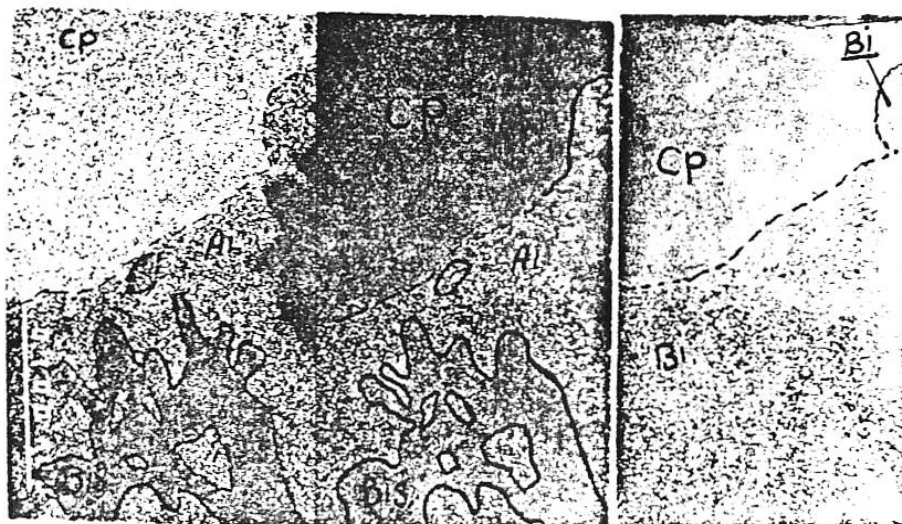


شکل ۵-۹ - تصویر BSEI از همان بخش به محلول جامد

آیکینیت ( $\text{CuPbBiS}_3$ ) و بیسموتینیت ( $\text{Bi}_3\text{S}_3$ ) و

ماتیلدیت ( $\text{AgBiS}_2$ ) توجه شود. (کالکوپیریت Cp، ماتیلدیت Mat، بیسموتینیت Bis

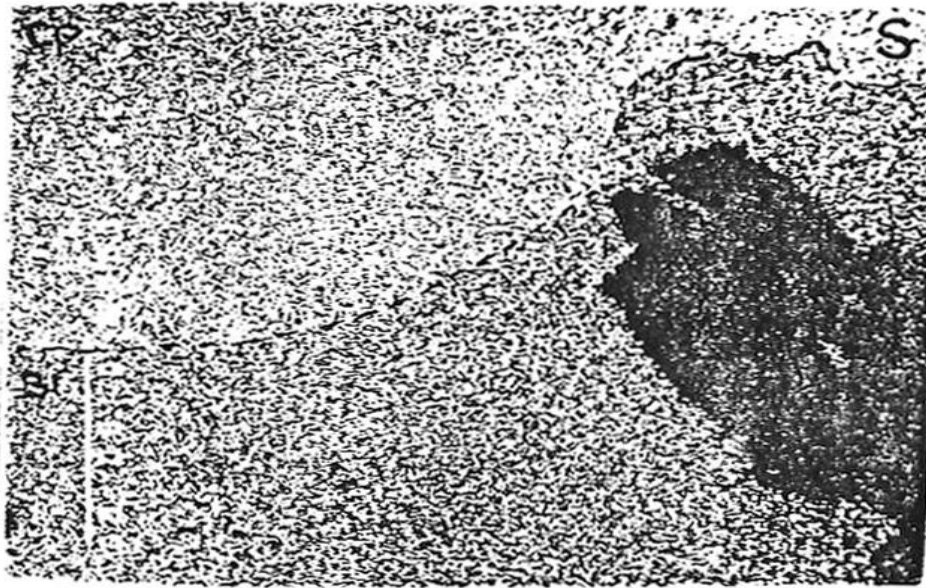
، آیکینیت Ai) (بزرگنمایی  $\times 16$ )



شکل ۵-۱۰ - تصویر سه گانه پراکندگی عناصر (به ترتیب از چپ به راست مس، سرب و

بیسیموت) در قسمتهای مختلف شکل (۵-۱۰) (کالکوپیریت Cp، ماتیلدیت Mat

، بیسموتینیت Bis، آیکینیت Ai) (بزرگنمایی  $\times 360$ )



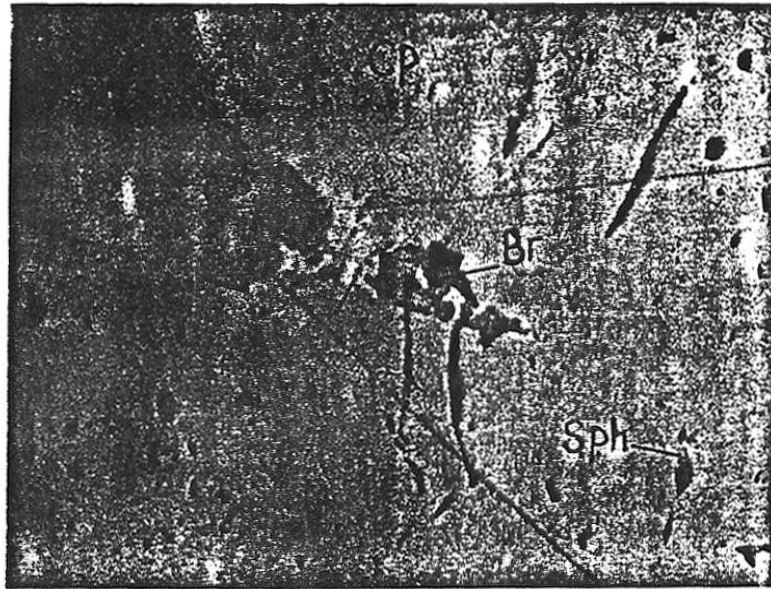
شکل ۵-۱۱ - پراکندگی عنصر گوگرد در کانه‌های شکل (۵-۸)

(بزرگنمایی  $\times 360$ )

## 2-5- کانه‌های زون غنی شده سوپرژن

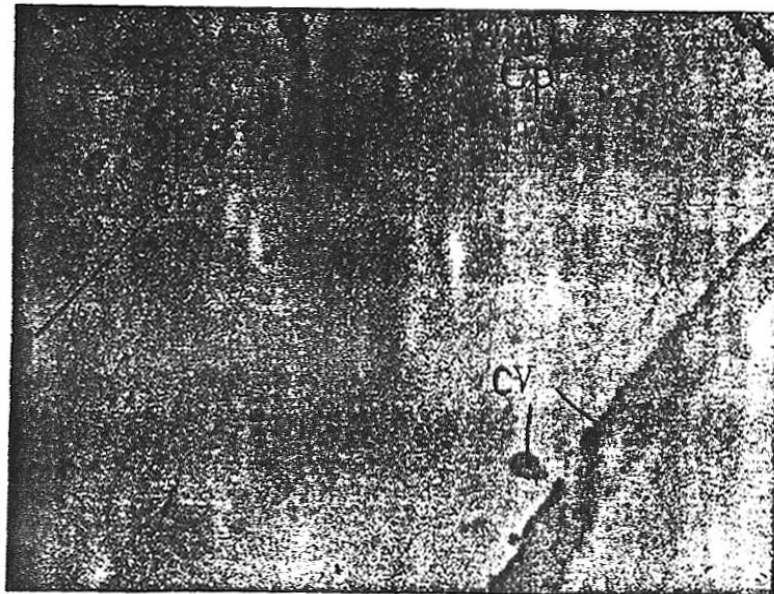
زون غنی شده سوپرژن به سمت عمق متعاقب زون اکسیداسیون واقع می‌شود و از اختصاصات آن بوجود آمدن کانی‌های صانویه و غنی از مس است که اغلب در شکستگی‌های کالکوپیریت که کانه اصلی مس در معدن قلعه-زری است دیده می‌شوند از کانی‌های اصلی این زون می‌توان از برونیت، کالکوزین، کوولین و دیژنیت نام برد. (اشکال 5-12 و 5-13) در شکل (5-12) فضای خالی کالکوپیریت که توسط برونیت پر شده و در شکل (5-13) نیز کانه کوولین که داخل شکستگی کالکوپیرت را پر کرده به خوبی دیده می‌شود. مس خالص از جمله پاراژن‌هایی است که در زون غنی شده سوپرژن تشکیل شده و در کعدن قلعه‌زری دیده می‌شود. (شکل 5-14) در این منطقه به دلیل نوسانات سطح آب زیرزمینی و فروافتادگی آن و حاکم شدن شرایط اکسیدان، کانی کوپریت در اثر اکسیداسیون مس خالص بوجود آمده است. (شکل 5-14)





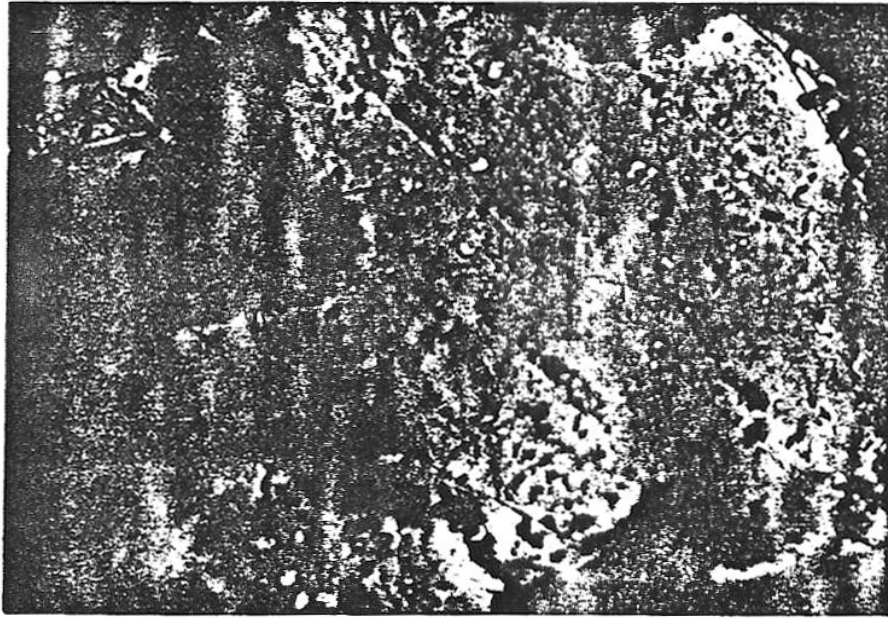
شکل ۵-۱۲- کانه‌های بورنیت (Br) و اسفالریت (Sph) در داخل کالکوپیریت (Cp)  
(بزرگنمایی ۱۰×)

بافت خلیجی (Caries texture) که از بافت‌های خاص جانشینی است در این شکل بخوبی دیده میشود.



شکل ۵-۱۳ - ادخالهای بورنیت (Br) و کانه کولین (Cv) در حاشیه شکستگی کانه  
کالکوپیریت (بزرگنمایی ۱۰×)

وجود بورنیت به صورت ادخالهای اویته در کالکوپیریت نشان از منشاء اویته آن نیز دارد. عبارتی دیگر علاوه بر بورنیتی که در اثر غنی شدگی بطور ثانویه در کانسار و در فضاهای شکسته شده کالکوپیریت بوجود آمده. باید اذعان داشت که این کانه بصورت هپوزن نیز همراه با کالکوپیریت تشکیل گردیده است. (به فصل ششم مراجعه شود)



شکل ۵-۱۴ - مس خالص (Cu) همراه هماتیت (Hem) و کوپریت (Cup)

در ابتدای بخش سوپرژن کانسار قلعه‌زری (بزرگنمایی  $\times 10$ )

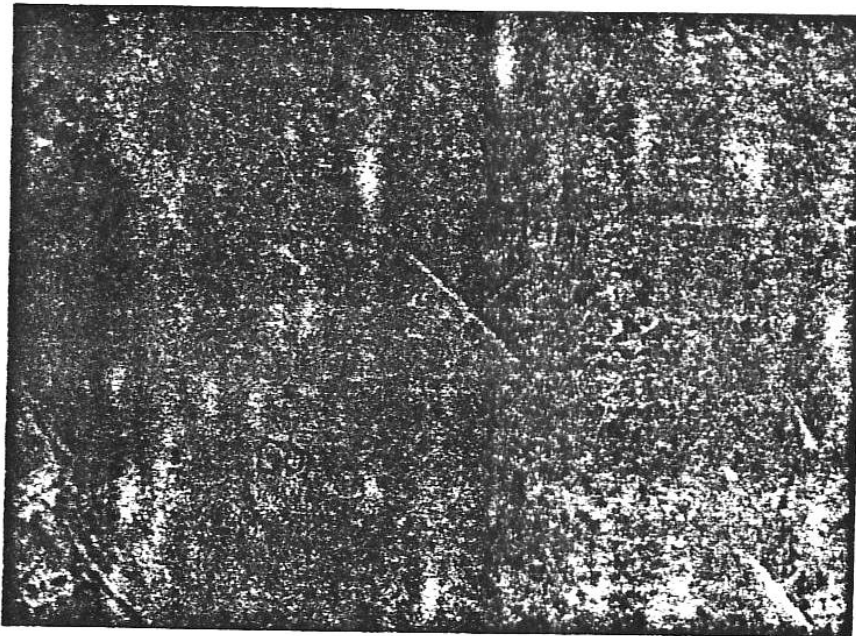


شکل ۵-۱۵ - مس خالص بصورت دندریتی که فضاهای خالی کانسنگ را در زون

سوپرژن کانسار قلعه‌زری پر کرده است.

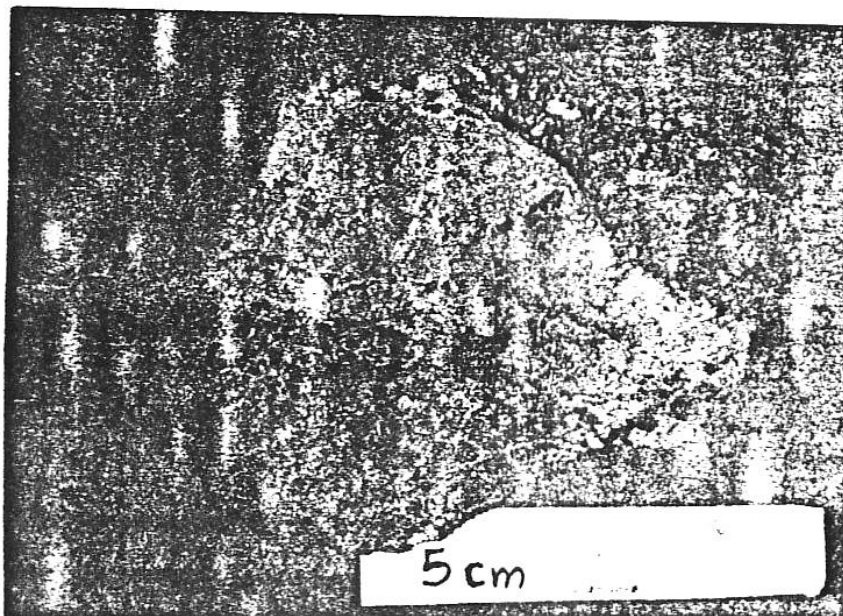
به دلیل فعال بودن زون لوت و همچنین منطقه قلعه‌زری از نظر فعالیت‌های زمین ساخت و ماهیت شکننده (Brittle) سنگ‌های آتشفشانی، شکستگی‌های زیادی در مقیاس‌های مختلف در سنگ درونگیر و رگه‌های معدنی کانسار قلعه‌زری پدید آمده است. نفوذ سیالات جوی اکسیدان از طریق این مجاری باعث واکنش و در نتیجه انحلال کانی‌های سولفیدی تا عمقی معادل سطح زیرن آب‌های زیرزمینی گردیده و در عوض کانی‌هایی که تحت شرایط محیط اسیدی و اکسیدان پایدارند را بوجود آورده است. این زون در نواحی مختلف قلعه‌زری گسترش عمقی متفاوت دارد بطوریکه در محل چاه اصلی معدن آثار کانی‌های آن تا عمق 70 متری و در منطقه چاه چهار معدن تا عمق 60 متری دیده می‌شود که این مسئله بستگی تام به نوع و نحوه گسترش سیستم‌های شکستگی دارد.

کانه‌های اصلی این زون عبارتند از: اکسیدهای آهن آبدار (لیمونیت و گوتیت)، اکسید مس (کوپریت)، کربنات‌های مس (آزوریت و مالاکیت)، کربنات آهن (سیدریت) شکل 5-16 همراهی کانه اولیه هماتیت را به صورت تیغه‌هایی در متنی از کانی گوتیت که حاصل اکسیدشدگی کانی‌های سولفور است نشان می‌دهد. در منطقه قلعه‌زری به دلیل تکنونیک فعال برشی شدن در قسمت‌های مختلف و از جمله بخش اکسیدان کانسار قابل مشاهده است. کانی‌های حاصل آمده در اثر اکسیداسیون رگه‌های معدنی به صورت قطعات زاویه‌دار در خمیره‌ای از جنس سیلیس قرار گرفته‌اند این سیلیس می‌تواند در اثر رسوب از آب‌های جوی نفوذ کرده در خلل و فرج زون برشی، و یا در اثر نفوذ سیالات سیلیس از قسمت‌های عمقی زمین به صورت سیال گرمابی حاصل آمده باشد. (شکل 5-17)



شکل ۵-۱۶ - تیغه‌های هماتیت اولیه به همراه کانی گوتیت درزون اکسیدان معدن

قلعه‌زری (بزرگنمایی  $\times 10$ )



شکل ۵-۱۷ - قطعات اکسیدهای آهن آبدار (گوتیت + لیمونیت) و همچنین کانی






















مالاکیت در خمیره سیلیسی بصورت برش در منطقه اکسیدان معدن قلعه‌زری

#### 4-5- توالی پاراژنز کانسار قلعه‌زری

بر اساس مشاهدات مقاطع صیقلی توسط میکروسکوپ انعکاسی و الکترومیکروپروپ ذکر شده در همین فصل و همچنین بعنوان مکمل این اطلاعات، شواهد صحرایی که در افق‌های مختلف معدنی قلعه‌زری مورد مذاقه قرار گرفت، جدول (105) برای نمایش توالی پاراژنتیکی کانسار ترسیم گردید. همانگونه که در جدول مشاهده می‌شود اولین کانی که بوجود آمده هماتیت می‌باشد بعد از آن کوارتز و بعد پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و آیکینیت و بیسموتنیت و ماتیلدیت و استینیت تشکیل گردیده‌اند.

کانی پیریت در طی تکوین سیال گرمابی کانه‌ساز به دلیل تغییرات شرایط شیمی سیال که بعداً مورد بحث قرار خواهد گرفت جای خود را به هماتیت داده و بجز در مراحل اولیه، در ادامه روند کانه‌زایی از نظر حجمی مقدار آن کاهش می‌یابد.

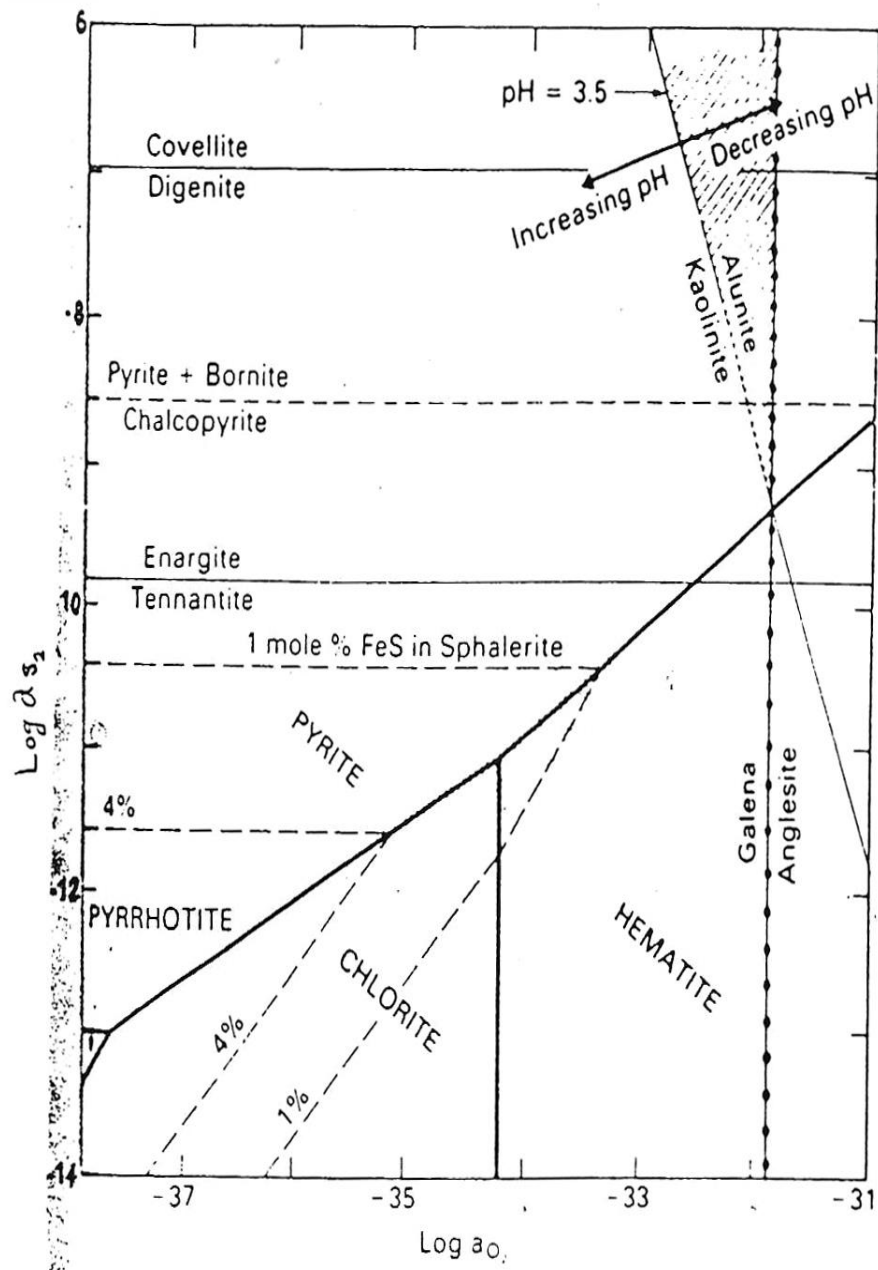
جدول ۵-۱- توالی پاراژنتیکی کانسار قلعه زری بیرجند

مراحل کانه زایی	اولیه	ثانویه
نام کانی		
هماتیت		
کوارتز		
پیریت		
کالکوپیریت		
اسفالریت		
آیکینیت		
ماتیلدیت		
بیسمو تینیت		
بورنیت		
کالکوزین		
کولین		
دیژنیت		
مس خالص		
کوپریت		
گوتیت		
لیمونیت		
سیدریت		
مالاکیت		
آزوریت		

## 5-5- شرایط فیزیکوشیمیایی سیال کانه‌زا در معدن قلعه‌زری

پی بردن به شرایط فیزیکوشیمیایی سیال گرمایی که باعث کانه‌زایی می‌شود و فهم چگونگی تشکیل کانه‌های مختلف از سیال مذکور از مباحث مهم و اساسی مطالعه کانسارها بشمار می‌رود. براساس نتایج حاصل از مطالعه مقاطع صیقلی بویژه ارتباط زمانی کانه‌ها و تقدم و تأخر آنها نسبت به همدیگر از یک سو، و از طرف دیگر مطالعات انجام شده در مورد سیالات درگیر کانسار توسط صدقیانی اول (1357) و حسن‌نژاد (1372)، درجه حرارت سیال کانه‌ساز در معدن قلعه‌زری، بین 130-390 درجه سانتیگراد تخمین زده شده است (که حکایت از پیچیدگی فازهای کانی‌زا دارد) و با توجه به اینکه بیشترین درجات حرارت اندازه‌گیری شده در محدوده 30 ± 250 قرار دارند، با استفاده از کارهای تجربی که توسط مؤلفین مختلف در مورد شرایط شیمی سیال پذیرفته، ویژگی‌های شیمیایی و شرایط نهشت کانه‌ها در قلعه‌زری مشخص گردیده است. (اشکال 5-18، 5-19، 5-21)

همانگونه که در این دیاگرامها مشاهده می‌شود در مراحل اولیه نهشت کانسار فوگاسیته ( $S_2$ ) و ( $O_2$ ) به حدی که تعادل بین فاز سولفید آهن (پیریت) و اکسید آن (هماتیت) برقرار است با گذشت زمان و در ادامه سرد شدن سیال گرمایی (همزمان با این عمل فرایندهایی چون آمیختگی سیالات جوی با سیال گرمایی، جوشش و اسید شدگی نیز رخ می‌دهد)، فوگاسیته اکسیژن افزایش می‌یابد به نحوی که فاز سولفیدی آهن تقریباً ناپایدار می‌گردد و در عوض حجم عظیمی از هماتیت تشکیل می‌گردد در این شرایط مهمترین فاز سولفیدی پایدار کلکوپیریت است که این شواهد دلایلی آشکار بر کاهش فوگاسیته سولفور و تغییر ماهیت ابتدایی سیال کانه‌ساز می‌باشد. (شکل 5-20)

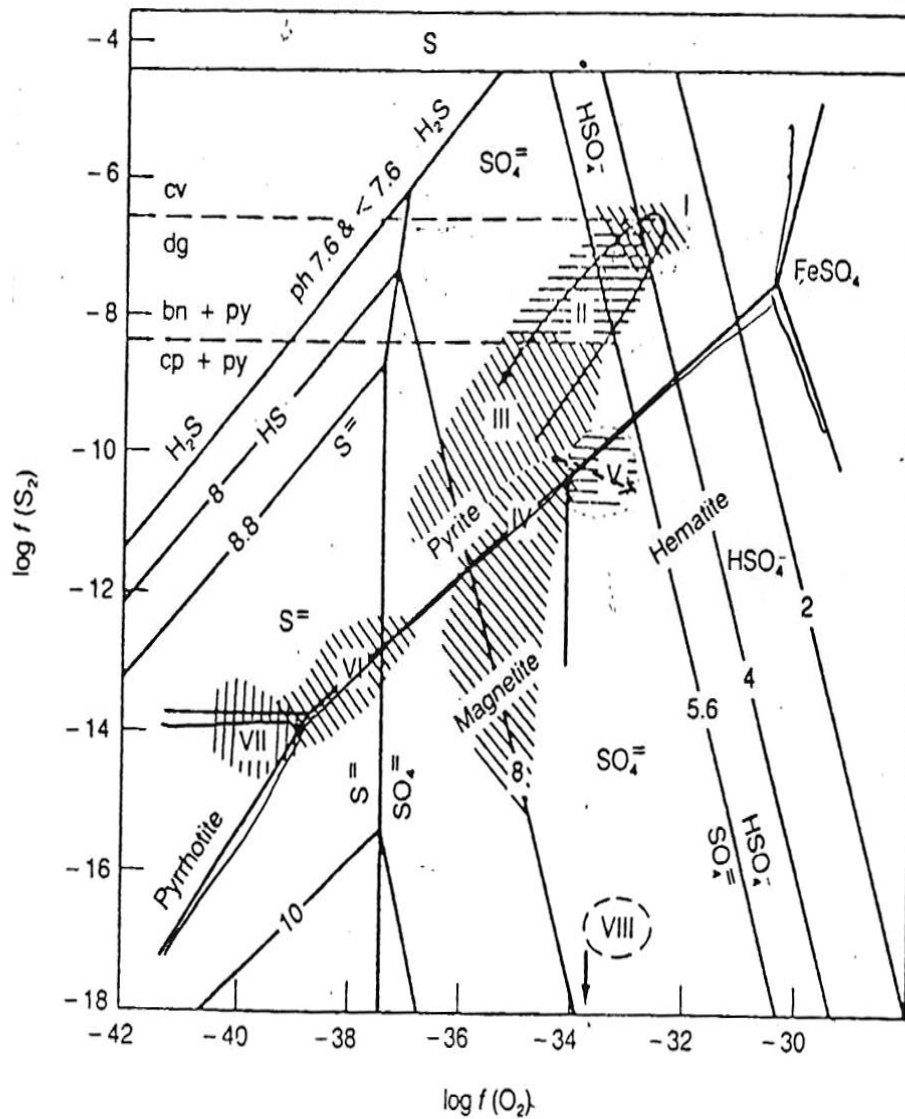


شکل ۵-۱۸- دیاگرام  $\text{Log } a_{\text{O}_2}$  در مقابل  $\text{Log } a_{\text{S}_2}$  در درجه حرارت ۲۵۰ درجه سانتیگراد نقل از:

Evans 1992

در این دیاگرام با توجه به اینکه منیتیت در کانسارهایی با پاراژنز مشابه قلعه‌زری کمتر دیده می‌شود و در عوض کلریت‌های غنی از آهن فراوانند به جای محدوده منیتیت، کلریت نمایش داده شده است کوارتز در تمام محدوده‌های دیاگرام پایدار است. (به شکل ۵-۲۰ و توجه شود)





شکل ۵-۱۹ - دیاگرام فوگاسیته اکسیژن - سولفور در درجه حرارت ۲۵۰ درجه برای کانساربیوت مونتانا

(Guilbert 1986)

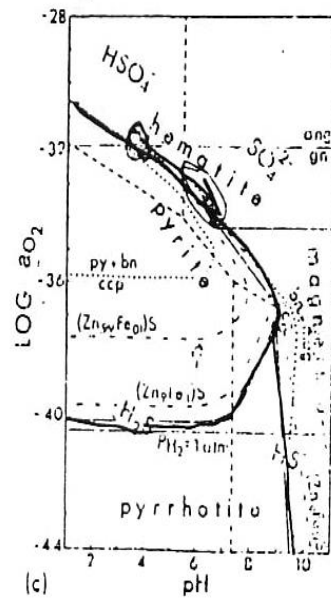
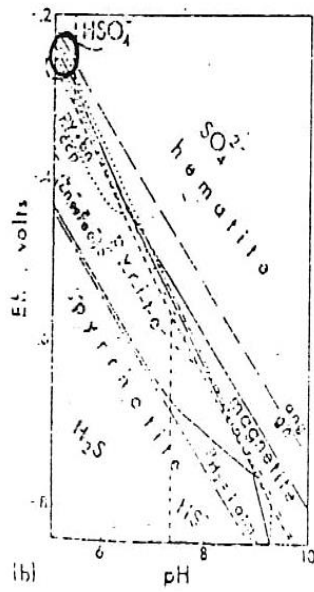
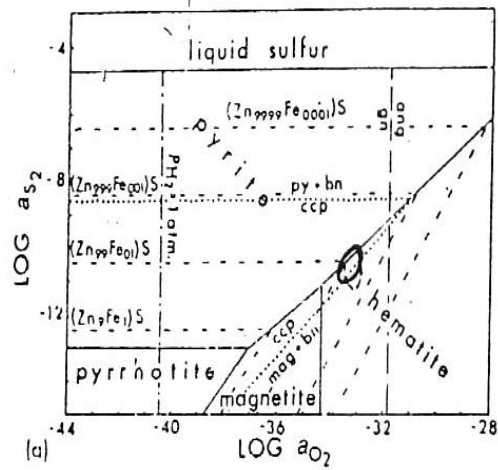
مجموعه‌های پاراژنی عبارتند از: کالکوپیریت، بورنیت، پیریت: II کالکوپیریت - هماتیت: V مس خالص - کالکوزین (هماتیت) VIII. با توجه به پاراژنز کانسار و قلعه‌زری شرایط شیمی سیال و تحولات آن را می‌توان بطور تقریبی معین کرد. (پیکان منقطع)



شکل ۵-۲۰ - همراهی کلریت - کوارتز و هماتیت در داخل یک رگچه

(بزرگنمایی  $\times 6/3$ )





شکل ۵-۲۱ - نمایش شرایط شیمیایی سیال کانه‌دار و محدوده‌های پایداری کانه‌های مختلف در درجه

حرارت ۲۵۰ درجه سانتیگراد و فشار ۴۰ بار آب (Barnes 1979)

محدوده پیشنهادی برای قلعه‌زری در اشکال نشان داده شده است.

## فصل ششم

### خلاصه و نتیجه گیری و ارائه مدل پیشنهادی تشکیل کانسار

#### مقدمه

#### 1-6- عوامل کانه ساز:

کانسار مس قلعه زری دارای ژئومتری رگه ای و منشاء گرمایی است. سیال گرمایی که نقش اساسی در تشکیل اینگونه کانسارها دارد، ویژگی ها و مشخصاتی دارد که شناخت آنها شرط اولیه بحث در مورد هر کانسارایی ژنتیک و گرمایی است.

محلول داغ آبکی که درجات حرارت بین 50 تا 650 درجه سلسیوس دارد و دارای خصوصیات فیزیکوشیمیایی بسیار پیچیده ای است سیال گرمایی نامیده می شود این سیال می تواند از پنج محلول زیر منشاء گرفته باشد. (Evans 1992)

الف- آبهای سطحی (آبهای جاری، آبهای زیرزمینی)

ب- آب دریا

ج- آبهای فسیل موجود در تشکیلاتهای سنگی آبدار

د- آبهای دگرگونی

و- آبهای ماگمایی

امروزه برای شناخت منشاء دقیق سیال گرمایی از روشهای ایزوتوپی بخصوص نسبتهای ایزوتوپی H/D و  $O^{16}/O^{18}$  استفاده می کنند. هرچند که اختلاط آبهای مختلف و واکنش سنگ درونگیر با سیال باعث بهم خوردن نسبت ها و نتیجتاً ایجاد اشکال در تشخیص خواهند شد. Barnes 1979 معتقد است که تقریباً غیر ممکن است که کانسارهای گرمایی فقط از یک نوع سیال حاصل آمده باشد. سیال گرمایی در اثر مکانیسمهای زیر جریان یافته از منطقه منشاء دور می شود (Barnes 1979):

- اختلاف سطح هیدرواستاتیکی بین منشاء و محل خروج سیال
- در اثر اعمال فشار وزنی طبقات فوقانی
- فشار اسمزی که در بعضی لیتولوژی ها بطور بخشی می تواند افزایش یابد و باعث حرکت سیال گردد (مثلاً در شیلها)
- حرکت سیال در اثر تفاوت در وزن مخصوص
- حرکت سیال خیلی شور و متراکم به سمت پائین (مانند شورابه های مناطق سبخا)

## 2-6- صعود سیال ناشی از سرد شدن ماگما

**Guilbert & Park(1985)** انتشار (1) را از جمله عوامل اصلی و مهم در انتقال سیال از اعماق زیاد می-داند و معتقدند هر چه حرارت بیشتر و محیط گرمتر باشد انتشار راحت تر صورت می پذیرد. برای تفهیم بیشتر پدیده انتشار باید گفت که حرکت آب در داخل خلل و فرج سنگ انتشار نیست بلکه جابجایی مثلاً یونهای مس در داخل آب یک نوع انتشار بشمار می رود مثال دیگر جاگیری یون  $H^+$  در طی فرآیند دگرسانی به جای یونهای دیگر موجود در کانی های سنگ میزبان است. سیال گرمایی دارای مقدار قابل توجهی سدیم، پتاسیم، کلسیم، کبر و عناصری مانند  $Mg, Co, Zn, Sr, Sn, Co_3, Co_2, Br$  که تا مقادیر بالاتر از 1000PPM حضور دارند، می باشد همچنین عناصر ناسازگاری مانند  $U^{4+}, Mo^{6+}, Ta^{5+}$  (دارای بار کاتیونی زیاد) و  $Cs^+, Rb^+$  (کاتیون با شعاع بزرگ) و  $Li^+, Be^{2+}, P^{5+}$  (دارای بار کاتیونی کم) که با فاز سیلکاته ناسازگارند، در این سیال حضور دارند. (Manning 1984)

علاوه بر آب که فاز اصلی سیال است و ماگمای فلسیک بطور متوسط تا 3٪ آب دارند فازهای فرار سیال شامل  $So_2, H_2O, HF, HCl, H_2S, Co_2$  می باشد که در این میان نقش  $H_2S$  ،  $HCl$  بسیار اهمیت است و در جلالیش مواد سیال نقش قابل توجهی بعهدہ دارند. (Evans 1992)

## 3-6- حمل و نهشت مواد در سیال گرمایی منطقه قلعه زری

اکثر مواد معدنی بصورت سولفیدی هستند که بشدت در آب غیر محلولند. یونهای فلزی بصورت کمپلکسهای یونی حمل می شوند کمپلکسهای سولفوری (بی سولفیدی  $(HS^-)$ ، کلریدی، هیدروکسیدی، فلوریدی، کربناتی و آلی از جمله اشکال مهم حمل کننده این یونها بشمار می روند. در این میان نقش کمپلکسهای کلریدی در انتقال فلزاتی مانند سرب، مس، جیوه و روی و کمپلکسهای بی سولفیدی  $(HS^-)$  در انتقال فلزاتی مانند طلا بخصوص در درجات حرارت کمتر از 300 درجه سانتی گراد بسیار مهم است (Henley et al 1984) البته نام بردگان برای انتقال طلا در درجات حرارت بالاتر کمپلکسهای کلریدی را مناسب می دانند.

کمپلکسهای فوق الذکر طی فرآیندهای مانند:

- تغییر درجه حرارت، که بطور مستقیم بر قابلیت انحلال (تحت تأثیر پدیده Boiling)

- واکنش شیمیایی بین سیال و سنگ درونگیر شامل:

الف- ورود مواد از سیال به سنگ درونگیر مانند جدا شدن  $H^+$  در طی عمل هیدرولیزینگ درونگیر که باعث کاهش مقاومت کمپلکسهای کلریدی می گردد.

ب- ورود موادی از سنگ درونگیر به سیال مانند اضافه شدن  $H_2S$  به سیال در مجاورت شیلهای سیاه که باعث رسوب کانی های سولفیدی سیال می گردد.

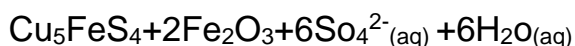
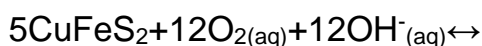
- تغییرات شیمیایی ناشی از اختلاط سیال‌های دیگر با محلول گرمایی که می‌تواند باعث رقیق‌شدگی (dilution) و سرد شدن محلول گرمایی و نتیجتاً رسوب کانی‌های مختلف از کمپلکسها شود این امر با توجه به وجود درزه و گسله‌های فراوان در منطقه قلعه‌زری که تحت تأثیر سیستم برشی حاصل آمده‌اند می‌تواند یکی از فرایندهای مهم در ترسیب مواد معدنی در قلعه‌زری باشد، همچنین فرایندهای جوشش و واکنش متقابل سیال و سنگ درونگیر که بحث آن در فصل چهارم (مبحث دگرسانی) صورت پذیرفت نقش بسزایی در نهشت مواد معدنی داشته‌اند.

#### 4-6- نحوه تشکیل کانسار قلعه‌زری

با توجه به نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمی (فصل چهارم) و مطالعات کانی‌شناسی (فصل پنجم) و همچنین ژئومتری رگه‌ای کانسار مس قلعه‌زری و دگرسانی‌های همراه آن می‌توان این کانسار را حاصل فعالیت سیال گرمایی دانست که در داخل شکستگی‌های منطقه وارد شده و ضمن برقراری تبادل حرارتی و شیمیایی با سنگ‌های درونگیر باعث ایجاد دگرسانی گردیده، در مجاری موجود و فضا‌های خالی ناشی از فعالیت تکنونیک برشی منطقه (فصل سوم) عمل کانه‌سازی را انجام داده است. سیال مذکور در طی صعود خود مطابق مکانیسمی که در قسمت (3-6) گفته شد به دلیل ناپایداری کمپلکسهای مختلف حمل‌کننده یونهای فلزی و تغییرات زیاد شیمیایی که در آن بوجود آمده این عناصر را در فازهای اکسیدی و سولفیدی بر جای گذاشته است.

همانگونه که در قسمت (3-6) آمده است ترکیب شیمیایی سیال در طی مراحل مختلف صعود تغییر کرده است به این معنا که در ابتدا با توجه به پاراژنز کنسار (قابل مشاهده در اشکال) فازهای سولفیدی و اکسیدی آهن (پیریت و هماتیت) با همدیگر در تعادل بوده و همراه هم دیده می‌شوند ولی در اثر افزایش فوگاسته اکسیژن فاز اکسیدی آهن حضور بیشتری نشان می‌دهد و از این پس هماتیت و کالکوپریت از نظر حجمی در کانسار غلبه می‌یابد (شکل 2-5)

شاید بتوان حضور بورنیت اولیه را در کانی کالکوپریت (بصورت ادخال شکل 5-12) مربوط به همین تغییر شرایط دانست که به نظر فورنیر (1985) به صورت واکنش زیر به وقوع می‌پیوندد.



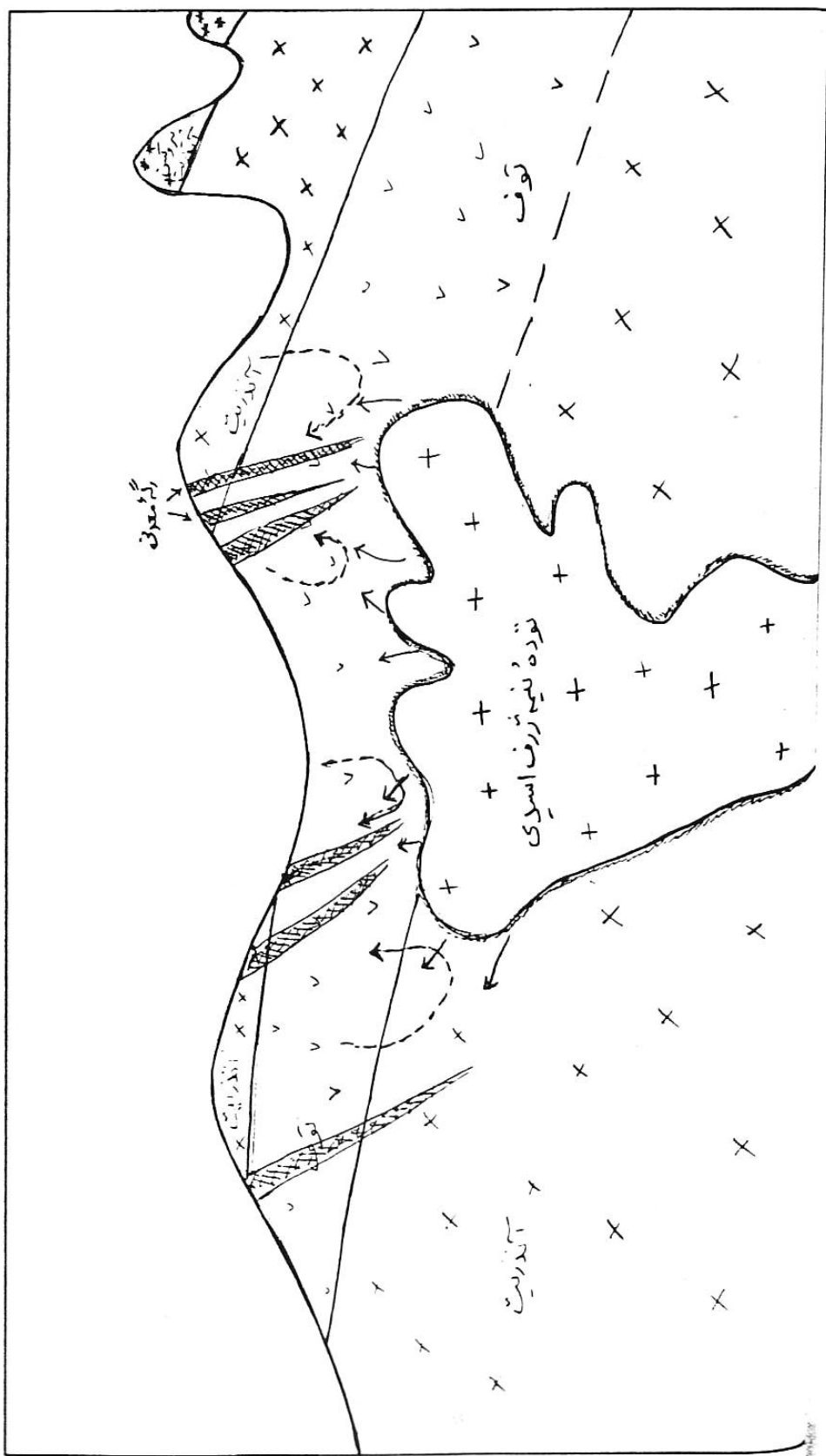
در اثر واکنش فوق مقدار یونهای ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) در محیط افزایش می‌یابد که این خود می‌تواند باعث افزایش اسیدیته سیال و نتیجتاً گسترش و بروز دگرسانی‌های اسیدی (مانند دگرسانی رسی) گردد که حضور کانیهای آلونیت و ژاروسیت در منطقه قلعه‌زری در زون آلزاسیون رسی خود مبین این امر می‌باشد.

از طرفی در مورد عنصر Au با توجه به تجزیه‌های انجام شده در مناطق مختلف رگه‌های معدنی توسط شرکت نیستو ژاپن و وفور شکستگی‌های با روند تقریباً شمالی جنوبی در منطقه قلعه‌زری که بعضاً توسط رگه‌های ضخیم سیلیس پر شده‌اند، به نظر می‌رسد با توجه به الگوی پراکندگی طلا (که در طول رگه در مناطق بخصوصی با عیار بالا حضور دارد) و از طرفی عدم انطباق ژئوشیمیایی آن با سایر عناصر کانه‌ای (شکل 4-23)، است. (فصل 4 مبحث 4-5)

همچنین Nesbitt et al 1989 معتقد است در طی مراحل که در اثر boilings خروج  $\text{CO}_2$  موجب افزایش PH محیط می‌گردد همراه با کاهش درجه حرارت فازهای مختلف کانی‌شناسی رسوب می‌کنند، در همین حال هرچه PH افزایش یابد انحلال طلا به دلیل افزایش  $\text{HS}^-$  نسبت به  $\text{H}_2\text{S}$ ، زیادتر می‌شود بنابراین در مرحله اول مواد سولفیدی تشکیل شده و بعد از اتمام سولفور محلول از طلا اشباع شده و در درزه و شکافهای مرحله پایانی (late-stage) طلا رسوب می‌کند. در مورد منشأ فلزات و سولفور با توجه به پروفیل ژئوشیمیایی عمود بر رگه در منطقه‌ای دور از معدن که تقریباً دگرسانی کمتری را متحمل شده بود (شکل 4-22) بنظر می‌رسد سنگ درونگیر نقش چندانی در تأمین عناصر کانساری نداشته باشد مگر اینکه در پی سنگ وضعیت متفاوت باشد، که اثبات این امر مستلزم انجام کارهای ایزوتوپی دقیق می‌باشد. قدر مسلم اینکه با توجه به میزان بالای آهن سنگ‌های منطقه قلعه‌زری و حالت‌های اکسیدان آن شاید بتوان آن را یک از بافرهای مهمی که باعث تغییر شرایط سیال و نتیجتاً تشدید شرایط کانه‌زایی موجود (هماتیت - کالکوپریت) گردیده است، دانست. از طرفی وفور دگرسانی براته (تورمالین‌زایی) و حضور دگرسانی‌های حرارت بالا در منطقه قلعه‌زری این مطلب را که در قسمت‌های زیرین کانسار قلعه‌زری توده نفوذی با ترکیب تقریباً اسید (گرانیت - گرانودیوریت) حضور داشته و سیالات ناشی از آن (که از نظر ماهیت با سیال اصلی و کانه‌ساز تفاوت داشته) باعث ایجاد دگرسانی‌های متفاوت و کانه‌زایی گردیده‌اند. این مطلب هنگامی بهتر درک خواهد شد که به نقشه  $\frac{1}{100000}$  بمیزان (سازمان زمین‌شناسی) و یا نقشه  $\frac{1}{250000}$  ده‌سلم (سازمان زمین‌شناسی) توجه شود که در مناطق مجاور قلعه‌زری آثار و رخنمون‌های توده‌های نفوذی گرانیتی - گرانودیوریتی با سن اواخر پالئوسن دیده می‌شود که احتمالاً یک از همین توده‌ها در اعماق منطقه قلعه‌زری باعث رخداد‌های کانه‌زایی گردیده است. برای درک بهتر این موضوع مدل ذیل پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۶-۱ - مدل ژنتیکی پیشنهادی برای کانسار مس قلعه‌زری بیرجند



## پیشنهادات اکتشافی:

با توجه به نتایج حاصله از مطالعات انجام شده در قالب این پایان‌نامه و بررسی زمین‌شناسی دیگری که در مورد کانسارهای رگه‌ای و با اهمیت فلزات پایه در منطقه لوت شمالی صورت پذیرفته، در ارتباط با کانه‌زایی عمدتاً در واحدهای سنگی آتشفشانی اوایل ترشیاری (سه چنگی - خور - قلعه‌زری و ...) و بعضاً علاوه بر این واحدهای سنگی در چینه‌های مجاور آنها که به دوره‌های زمین‌شناسی دیگری نیز تعلق دارند (شوراب - قلعه چاه) انجام شده است.

- ماگمای تشکیل دهنده این سنگ‌های آتشفشانی - ساب ولکانیک، با توجه به مطالعات ژئوشیمیایی، دارای منشاء مشابهی بوده که در ضمن صعود دچار تفریق شده است.
- واحدهای آتشفشانی اسید (داسیت - ریوداسیت) واجد کانه‌زایی سرب و روی - (شوراب و سه چنگی) و واحدهای آتشفشای حد واسط تابازیک (آندزیت - بازالت) حاوی کانه‌زایی مس قلعه‌زری می‌باشد.
- تکتونیک مهمترین عامل کنترل‌کننده تمرکز مواد معدنی بوده و کانی‌زایی عموماً در شکستگی با روند NW-SE شکل گرفته است.

- از نظر زمانی ارتباط بسیار روشن و مشخص بین این کانسارهای و فاز تکتونیک اواخر ائوسن - الگوسن (پیرنه‌ای) وجود دارد بگونه‌ای که شکستگی‌های باز ناشی از سیستم برشی - فشارشی این فاز مکان مناسب برای تمرکز مواد معدنی و به احتمال فراوان فعالیت ماگماتیسم متعاقب آن عامل اصلی تمرکز و زایش مواد معدنی بوده است.

- دگرسانی‌های متنوعی د رامتداد شکستگی‌های کانه‌دار، در سنگ درونگیر دیده می‌شود که بویژه در منطقه قلعه‌زری دگرسانی‌های گرمایی نوع پروپلیتی گسترش زیادی دارند بطوریکه وابستگی آنها با کانی‌سازی مس امری حتمی بنظر می‌رسد.

- در منطقه قلعه‌زری بنظر میرسد شکستگی‌های تأخیری فاز پیرنه‌ای با روند NE-SW کنترل‌کننده تمرکز کانه‌زایی طلا بوده‌اند.

لذا با توجه به موارد فوق‌الذکر پیشنهاد می‌گردد کارهای اکتشافی در واحدهای سنگی آتشفشانی پالوژن و بخصوص سنگ‌های حد واسط - بازیک (برای اکتشاف مس) که تکتونیزه شده و انواع دگرسانی و بخصوص دگرسانی‌های نوع پروپلیتی و رسی را نشان می‌دهند، تمرکز یابد و در این راستا مناطقی که توده - های عمیق ونیه عمیق الگوسن در مجاورت واحدهای ائوسن رخنمون دارند، بخصوص مورد مذاقه بیشتری قرار گیرند.

در مورد پی‌جویی و اکتشاف طلا نیز لازم است ابتدائاً تحلیل دقیقی از سازو کارهای تکتونیکی منطقه و ارتباط آنها با همدیگر بعمل آید و آنگاه با توجه به مدل ارائه شده در این پایان‌نامه به برنامه‌ریزی اکتشافی آن اقدام نمود.

### منابع فارسی:

- استوکلین و همکاران، بررسی مقدماتی زمین‌شناسی در لوت مرکزی، شرق ایران، ترجمه مهندس علی انتظام مهندس جمشید افتخارنژاد 1352
- برایان میسون و کارلتون ب. مُر، اصول ژئوشیمی، ترجمه دکتر فرید مُر و مهندس علی اصغر شرفی، انتشارات دانشگاه شیراز 1371
- حسنی پاک، علی اصغر، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، 1362
- حیدری، حسین، تحلیلی بر مکانیسم ساختاری شرق ایران با نظر به پدیده‌های ساختمانی منطقه گناباد، مجموعه مقالات دومین سمپوزیم زمین‌شناسی شرق ایران، 1373
- دلبیو.اس. فایف، ژئوشیمی، ترجمه دکتر مهرداد اسفندیاری، انتشارات جهاد دانشگاهی، 1368.
- درویش‌زاده، علی، پترولوژی تجربی و کاربردهای آن، انتشارات دانشگاه تهران، 1366.
- عطارپو، حبیبه، سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و پترولوژی ماگماتیسیم شوشونیتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه کرمان، 1373
- کریم‌پور، محمد حسن، زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات جاوید مشهد، 1368.
- معین وزیری، حسین، پترولوژی سنگ‌های آتشفانی، انتشارات جهاد دانشگاهی، 1364.
- و.ای. اسمیرنوف، زمین‌شناسی ذخایر معدنی، ترجمه کرامت‌ا... علی‌پور، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، 1367
- ولی‌زاده، محمدولی، پترولوژی تجربی و تکتونیک کلی، دو جلد (ترجمه) انتشارات دانشگاه تهران، 1371

- Arnold. G.O.& Sillitoe. H ; 1989 ; Mount morgan Gold – Copper Deposits, Queensland, Australia : Evidence for an Intrusion – Related Replacement origin ; econ. Geol Vol. 84. pp. 1805- 1816.
- Barners, H.L, 1979, "Geeochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. " Wile & Sons
- Batema.A.M , 1987, "Econimic Mineral Deposit" johnwiley and sons.
- Bate, R.L, and Jackson, J.A, 1980 "Glossary of Geology" Second Edition; American Geological Institue.
- Bazin. D and Hubner.H . 1969, Copper Deposits in Iran, Geology Survey of Iran, Rep . No . 13.
- Berberian, M and King, G. C, 1987, "Towards a Paleogeogography and Tectonic Evolution of Iran " Ganadian Jour. Earth Sci. V. 18 PP: 270-265
- Berberian. M & Mohqjer, 1977, Reflection on the Rigidity of the Lut Block and Recent Crustal Deformation in E.Iran; Tectonophysics, Vol.25, PP 281-307.
- Berberian. M, 1977, Contribution to the Seimo Tectonics of Iran(Part III), Geoloy Survey of Iran, Report No. 40
- Best, M. G, 1986 "Igneous and metamorphic petrology"
- Brett; 1984; Exprimental Data From the System Cu-Fe-S and its Bearing on Exssolution Texture in Ores; Economic Geology Vol.59 PP 1241- 1209.
- Bril. H & Beaufort. D. 1989; Hydrothermal Alteration and Fluid Circulation Related to W, Au, and Sb Vein Mineralization, Haut Allier, Massif Central, France Econ. Geol Vol. 84PP.2237- 2257.
- Brummond, 1985; Chemical Evaluation and mineral Deposition in Boiling Hydrothermal Systems; Economic Geol. Vol.80 pp 126 – 147.
- Camp .V.E and Griffis. RJ. 1982, character, Genesis and Tectonic Setting of Igneous Rock in the Sistan Suture Zone, Easten Iran, Lithos, Vol. 15 PP 227- 239.
- Cox. K.G. & Bell; 1989 ; the Interprelation of Iqneous Rocks; Sixth Impression C Unwin Hyman Ltd.
- Craig, J. R and Vaughan, D. J, 1987. "Ore Microscopy and Ore Petrography": Joan Wiley and Sons, Inc
- Edwards & Atkinson, 1986, "Ore Deposit Geology"
- Elliott. Meadows, S. R. and Appleyard. E;1997; the Alteration Geochemistry and petrology of the Lar Cu- zn Deposits, Lynn Lake Area, Manitoba, Canada; Ecan. Geol Vol 86-PP.486- 505.
- Engelhardt et al. 1973; Stable Mineral Assemblages of Igneous Rocks.

- Epsom & Bastin. 1997, Interpretation of Ore Textures.
- Evans, Antony. M., 1994, "ore Geology and Industrial Minerals An Introduction", Oxford, Blackwell Scientific publications
- Fisher, R.V & Schmincke H.V , 1984, " Pyroclastic Rocks" Springer Verlag Publ.
- Friedrich. G.H. et al. 1988; Geology and Metallogeny of Copper Deposits; Springer – Verlag Publ.
- Guilbert, Jhon.M & Park, Charles, 1986 "The Geology of Ore;Deposit" New York , W.H.Freeman and company
- Hall. A. 1987; Igneous petrology; Longman Group Uk Limited.
- Helgeson, H.C, 1987, "chemical Transport in Metasomatic Processes" Nataossi Series.
- Irvine, T.N & Beragar, 1977; "A Guide to the chemical Classification of the common Volcanic Rock". An. J. Eart. Sci. 8-523-548.
- Jermy. P. Richard & Edward. C. Spooner, 1989; Evidence for Cu- (Ag) Mineralization Mixing in Keweenaw fissure Veins, Mamainese Point, Economic Geology Vol. 84.PP 360-385.
- Kesler.S.E, 1994; Mineral Resources Economic and the Environment ; Macmillan College Publishing Company Inc.
- Klein, C.Hurlbut, J.R, 1985 , Manual of Mineralogy, Twentieth Edition; Jhon Wiley and Sons
- Laznica. P, 1985 "Empirical Metallogeny " two Vol. Elsevier Science Pulisheress.
- Le Bas et al. 1986, "A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on Total Alkali – Silica Diagram. Jour Petrol. Vol. 27 PP ; 745- 750
- Lensch & Schmidt, Plate Tectonic, Orogeny and Mineralixaton in Iranian fold Belts, J. Geol. Palaont. Vol. 168 PP 558- 568.
- Mason, B Moore, CB, 1982, "Principles of Geochemistry" Jhon Wiley and Sons, Inc.
- Maynard. J.B, 1983, "Geochemistry of Sedimentary Ore Deposits", Springer- Verllay.
- Muller, D and Groves D.I, 1993, "Direct andIndirect Association Between Potassic Igneous, Shoshonites and Gold- Copper Deposits, Ore Geol. Rew. V. & PP: 383- 404.
- Nash. T.J, 1975; Gechemical Studies in the parkcity Destrict: II . Suflude Mineralogy and Miner- Element chemistry, Mayflower Mine; Eco, Geol. Vol. 70PP 1038- 1042.
- Nesbitt.B.E et al , 1989, Genetic Implications of Stable Isotope Characteristics of Mesothermal Au Deposits and Related Sb and Hg Deposits in the Canadian cordillera, Economic Geology Vol. 84 PP- 1489- 1506.

- Paulg. Sprj & Brianl. Gedlinke; 1987 "Tables for the Determination of common Opaque Minerals".
- Pearce et al. 1984 ; Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rock.
- Philips. G and Powell.R.1993 , Link Between Gold Provinces, Economic Geology Vol. 88 pp – 1084- 1098.
- Ramdoher, P, 1980, "The Ore Minerals and Their Integrowths" Secound Edition, Perganon Press, 2 Vol.
- Richard. J and Spooner. T.C , 1989 "Evidence for Cu- (AG) Mineralization by Magmatic – Meteoric Fluid Mixing in Keweenaw Fissure Veins, Mamainse Point Ontario" , Economic Geology Vol. 84 PP: 360-385.
- Roberts, RG & Sheahan, Pa.1988; "Ore Deposit Models" Geological Association of Canada.
- Roberts. R.G and Sheahan. P.A. 1989; Ore Deposits Models; Geology Association of Canada Publications.
- Robertson. J.M. 1975; Copper Sulfide Deposits Near Mount Bohermia; Econ. Geol Vol. 70 PP 1218- 1223.
- Sawkins, F.J 1990. "Metals Deposits in Relation to Plate Tectonic", Springer- Verlay.
- Siegel, F.R, 1979, "Review of Research on Modern Problems in Geochemistry" United Nations Educational Puble.
- Sillitoe, R. 1997, Gold Metallogeny of Chile, 1997, Economic Geology Vol. 86 PP -1787-1205.
- Sillitoe. R.H. 1972, A Plate Tectonic Model for thePorphyry Copper Deposits, Economic Geology Vol. 67 PP 184-197.
- Smirnov, V.I. et al 1983, "Studies of Mineral Deposits", Mir Publishers, Moscow.
- Spycher. N. and Reed. M.H, 1980, Evolution of a Broadlans-Type Epithermal Ore Fluid Along Alternatative P. T paths: Implication for the Transport and Deposition of Base, Precious and Volatitle metals, Economic Geology Vol. 85 PP: 328-359.
- Stanton, R.L, 1972, "Ore Petrology" McGrow- Hill Book Compans Publi.
- Tarkian. M, Lotfi.M, and Baumann. N, 1983, Tectonic, Magmatism and the Formation of Mineral Deposits in the Central Lut, East Iran, Geology Survey of Iran. Rrp. No. PP – 357-383.
- Thmson R.N and Fowler M. B, 1986; Subduction Related Shoshonitic and Ultrapotassic Magmatism: A Study of Siluro-Ordovician Syenites From Scottish Calendonides, Contrib. Mineral. Petrol. Vol. 94 PP 507-522.
- Tirrul. R et al. 1983, The Sistan Suture Zone of Eastern Iran, Geological Society of American /bulletin Vol. 94 PP – 134- 150.

- Vaughan and Craig, 1978; Mineral Chemistry of Metal Sulfides; Cambridge University press.
- White. N and Hedenquist. W , 1990 , Epithermal Environment and Styles of Mineralization: Variation and their Causes, and Guide Line for Exploration, Journal of Geochemical Exploration Vol. 36 PP: 445-474.
- Wilson, M. 1989, "Igneous Petrogenesis" , Chapman & Hall Publ.

The paragenesis assemblages of Qaleh – Zari Mine shows the existence of Oxide and carbonate copper and iron ores in the oxidation zone , Secondary ores particularly Bornite, covellite , Diginite in supergen zone and hematite, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, bismuthinite, Aikint, malachite in the hypogen mineralization zone. The succession of mineralization shown in table 1-4.

The geochemical and mineralogical data indicate that mineralization in Qaleh – zari has probably occurred due to the effects of fluids originated from deep acid – intermediate intrusion rocks.

### **Abstract**

Qaleh – zari is one of the greatest copper mine which is located in 180 Km southwest of Birjand and limited by altitude 31° - 48' and longitude 58°-57'. The mineralization in this mine is hydrothermal vein type which has been occurred alongside the NW-SE minor and major fissure and lies in the paleogen volcanic rocks and mostly consisted of calc-Alkaline –Shoshonitic andesite and pyroclastic rocks, belong to continental arcs (Ande type). The fissure system is considered a suitable passage for the passing the hydrothermal fluids. The alteration was complex in detail and characterized by multiple hydrothermal events and space / or time variation of physico – chemical conditions.

Geochemical analysis results of the samples shows that there is a considerable amount of Au and Ag in this deposit. These data also indicate close correlation among copper, iron and zinc on one hand and the Bi and Ag on the other hand. Au shows a different distribution pattern and this is the result of difference in the fluids origin.

**Geology, Mineralogy, Geochemistry and Genesis of  
Qale – Zari (Cu-Fe- Zn- pb- Au- Ag) Mine**

**A Thesis Presented for the  
Master of science degree  
in Economic Geology**

**School of Sciences  
Tarbiat Modarres University**

**Mohammad Dimevar**

**Oct. 1995**