

1
6494

وزارت معادن و فلزات

اداره کل معادن و فلزات استان یزد

طرح اکتشاف نیمه تفصیلی آندالوزیت میشدوان بافق

گزارش نهائی

اکتشاف نیمه تفصیلی آندالوزیت

میشدوان بافق در استان یزد

مجری طرح:

رجب صدوق


کتابخانه سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور
تاریخ: ۱۰۷/۱۵
شماره ثبت:

مشاور:

کتابخانه سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور

مهندسان مشاور معدنکاو

بهار ۱۳۷۹

<p>مجری پروژه: رجب صدوق</p>	<p>وزارت معادن و فلزات اداره کل معادن و فلزات استان یزد طرح اکتشاف نیمه تفصیلی آندالوزیت میشدوان بافق</p>
<p>گزارش نهائی اکتشاف نیمه تفصیلی آندالوزیت میشدوان بافق</p>	
<p>شماره گزارش: CH-Y-I-10</p>	<p>مرحله: گزارش نهائی</p>
<p>کنترل: منصور صمیمی نمین</p>	<p>تهیه کنندگان به ترتیب حروف الفبا:</p>
<p>مدیر پروژه: مهربان اردشیریان شریف آبادی</p>	<p>۱- مهربان اردشیریان</p>
<p>تایپ: خانمها اسکندری و البرزی</p>	<p>۲- مهدی زمردیان</p>
<p></p>	<p>۳- مریم سالاری</p>
<p></p>	<p>۴- کیامرث شیرخانی</p>
<p></p>	<p>۵- محمدجعفر صادقی پناه</p>
<p></p>	<p>۶- عبدالرضا صائبی مقدم</p>
<p></p>	<p>۷- منصور صمیمی نمین</p>
<p></p>	<p>۸- امیرعباس میرشکرای</p>
<p></p>	<p>۹- محمد باقر هراتی</p>
<p>تاریخ: خرداد ماه ۱۳۷۹</p>	<p>  مهندسان مشاور Madankav Consulting Engineers Co. </p>

تشکر و قدردانی

با حمد و سپاس بیکران به درگاه خداوند متعال که سرمنشاء علم و دانش است و با کنکاش این جهان هستی است که هرچه بیشتر به وحدانیت او پی می بریم.

در اینجا لازم می دانیم از افرادی که در تهیه این گزارش، ما را یاری دادند، تشکر و قدردانی به عمل آوریم، به خصوص از جناب آقای مهندس صدوق مجری محترم طرح که همکاری و راهنماییهای لازم را مبذول داشته اند. همچنین از کارشناسان اداره کل معادن و فلزات استان یزد، آقایان مهندس رزاقیان، مهندس برزگر، مهندس طیبی و مهندس حیدر زاده که همکاریهای صمیمانه ای با این مشاور داشته اند، قدردانی می گردد.

در پایان از زحمات کلیه افراد و سازمانهایی که ما را در تهیه این گزارش یاری دادند، تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

به منظور شناخت توان بالقوه و استعداد ماده معدنی گروه سیلیمانیت در منطقه میشدوان بافق در استان یزد طرح اکتشاف نیمه تفصیلی آندالوزیت بافق با به کارگیری اکتشافات زمین شناسی جهت اجرا به مهندسان مشاور معدنکاو واگذار شد.

منطقه مورد مطالعه در ۳۵ کیلومتری شمال بافق در مسیر جاده خاکی معدن چغارت به زیرگان و در منطقه میشدوان واقع شده است. این منطقه در تابستان دارای آب و هوای گرم و خشک و در فصل زمستان دارای آب و هوای سرد و خشک می باشد.

در گزارشات ارائه شده توسط شرکت تهیه و تولید مواد اولیه فولاد ایران (اکتشافات واحد جنوب) در بررسی های اولیه و مقدماتی از ذخایر آندالوزیت میشدوان، وجود کانیهای گروه سیلیمانیت گزارش گردیده است. مشاور معدنکاو با شناخت کامل این ماده معدنی، شروع به جمع آوری استاندارد ها، مشخصات کامل کانیهای گروه سیلیمانیت، نوع و انواع ذخایر این ماده در جهان و موارد مصرف آن در صنایع مختلف نموده و سپس در چندین نوبت برداشتهای زمین شناسی و صحرایی در منطقه انجام داده است. این منطقه در یک در یک ناحیه شدیداً "دگرگونی واقع شده است. اکثر رخنمونهای سنگی منطقه شامل آهکهای منامورف، مارل، میکاشیست، گارنت شیست، گارنت میکا شیست و همچنین گروه سیلیمانیت شیست و گنیس می باشد.

این مشاور جهت اثبات وجود ماده معدنی گروه سیلیمانیت در این منطقه و همچنین نوع و موارد کاربرد آن در صنعت شروع به عملیات اکتشافات نیمه تفصیلی به صورت سیستماتیک نموده است. در جهت نیل به این هدف، طی چهار مرحله عملیات صحرایی و برداشت های زمین شناسی، ۳ ترانشه و به متر از کل ۱۱۱ متر حفاری

گردید. کلیه حفاریها انجام گرفته در منطقه مورد برداشت قرار گرفتند. پس از این حفاریها، نمونه هایی به صورت سیستماتیک از رخنمونهای سطحی، ترانشه ها و چاهکها برداشت گردید که در مجموع حدود ۱۰۷ نمونه برای آزمایشات مختلف برداشت گردید. جهت شناسایی نوع ماده معدنی (کانی شناسی)، از میان نمونه های برداشت شده در حدود ۱۹ نمونه جهت تهیه و مطالعات تیغه نازک و تعداد ۳۷ نمونه برای آزمایش X.R.D، به آزمایشگاه ارسال گردید که در همگی وجود ماده معدنی گروه سیلیمانیت در منطقه به اثبات رسید.

با توجه به بررسیهای انجام گرفته و نتایج حاصل از مطالعات تیغه نازک، آزمایشات X.R.D و آنالیز شیمیایی نمونه ها و همچنین با توجه به برداشتهای زمین شناسی و پیمایشهای انجام شده در منطقه میشدوان بافق و نتایج حاصل از گسترش ماده معدنی به صورت طولی (نتایج حاصله از حفر ترانشه) و به صورت عمقی (نتایج حاصله از حفر چاهکها)، کل ذخیره آندالوزیت ناحیه یک به چهار بلوک ذخیره تقسیم گردید. بزرگترین ذخیره در بلوک III و کمترین آن در بلوک IV واقع شده است.

با توجه به نتایج مطالعات اندازه گیری بلورهای آندالوزیت و بررسیهای انجام گرفته بر روی مقدار آنها، درشت ترین بلورهای آندالوزیت مربوط به بلوک ذخیره I و IV و ریزترین آنها مربوط به بلوک ذخیره III می باشد. همچنین بیشترین مقدار کانی سازی در بلوک ذخیره III و کمترین کانی سازی در بلوک ذخیره II انجام گرفته است.

بر اساس نتایج حاصل از آزمایشات X.R.D از کل نمونه های ناحیه یک، نوع کانی در بلوک ذخیره I بیشتر کیانیت و کیاستولیت، در بلوک ذخیره II بیشتر از نوع آندالوزیت و کیانیت، در بلوک ذخیره III بیشتر از نوع کردیریت، کیانیت و آندالوزیت و

در بلوک ذخیره IV بیشتر از نوع کیانیت و کیاستولیت است.

با توجه به برداشت کل ترانشه های حفر شده و ترسیم ستون و مقطع زمین شناسی و همچنین کیفیت و مقدار کانی سازی در لایه های مختلف هر یک از بلوک ذخیره های منطقه خود به قسمت های کوچکتری از نظر درصد کانی سازی تقسیم شده اند. پس از آن با کروله کردن این مقاطع قسمت های مختلف و مقدار متوسط کانی سازی در هر قسمت مشخص شد. پس از آن بر اساس سطح رخنمون لایه های کانه دار و شیب لایه بندی و با در نظر گرفتن عمق قابل دسترسی ۳۰ متر، ذخیره ممکن هر بلوک تخمین زده شد. با توجه به این مطالب مقدار ذخیره کانیهای گروه سیلیمانیت در حدود ۱/۶ میلیون تن تخمین زده شده است.

با توجه به مطالعات آماری انجام گرفته، دامنه تغییرات Al_2O_3 در نمونه های برداشت شده ۹۱/۰۵ تا ۲۲/۴ درصد و مقدار میانگین آن ۱۸/۵ درصد است. بیشترین مقدار Al_2O_3 مربوط به نمونه سنگی است که به روش لیبری از ذخیره شماره III برداشت شده است. همبستگی بین Al_2O_3 و اکسیدهای دیگر بررسی شده است، این مطالعات نشان می دهد که رابطه بین Al_2O_3 با SiO_2 ، Na_2O و CaO معکوس است که با افزایش Al_2O_3 مقدار اکسیدهای مزاحم سدیم و کلسیم کاهش می یابد ولی مقدار Fe_2O_3 ، TiO_2 و K_2O به دلیل همبستگی مستقیم بین این اکسیدها و Al_2O_3 ، افزایش می یابد. این اکسیدها در کاربرد صنعتی ماده معدنی ایجاد مشکل می کند که در مراحل بعدی باید مطالعات لازم جهت رفع این مشکل انجام گیرد.

گزارش طرح اکتشاف نیمه تفصیلی آندالوزیت میشدوان بافق بر اساس شرح

خدمات پیوست شماره یک منضم برقرار داد، در ده بخش تنظیم گردیده است.

فهرست مطالب

فصل اول : کلیات

- ۲-۱ ۱-۱- مقدمه
- ۵-۱ ۲-۱- اهداف ، امکانات
- ۶-۱ ۳-۱- روش کار و نحوه پیجوتیهای زمین شناسی
- ۷-۱ ۴-۱- شرایط جغرافیایی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه
- ۷-۱ ۱-۴-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه
- ۱۱-۱ ۲-۴-۱- راههای دسترسی به منطقه
- ۱۲-۱ ۳-۴-۱- آب و هوای منطقه
- ۱۴-۱ ۴-۴-۱- توپوگرافی و مورفولوژی منطقه
- ۱۶-۱ ۵-۴-۱- جمعیت و ویژگیهای انسانی
- ۱۸-۱ ۶-۴-۱- کشاورزی بافق و پوشش گیاهی منطقه
- ۱۸-۱ ۷-۴-۱- وضعیت آبراهه های منطقه
- ۱۸-۱ ۵-۱- تاریخچه فعالیت اکتشافی ناحیه مورد مطالعه

فصل دوم : زمین شناسی عمومی

- ۲-۲ ۱-۲- مقدمه
- ۴-۲ ۲-۲- زون ایران مرکزی
- ۶-۲ ۳-۲- فعالیت ماگماتیسم
- ۷-۲ ۴-۲- فعالیت دگرگونی
- ۸-۲ ۵-۲- جغرافیای دیرینه و فازهای کوهزایی

۸-۲	۱-۵-۲- پر کامبرین پسین - کامبرین
۹-۲	۲-۵-۲- پالنوزونیک
۱۰-۲	۳-۵-۲- مزوزونیک
۱۱-۲	۴-۵-۲- سنوزونیک
۱۲-۲	۶-۲- متالوزنی استان یزد

فصل سوم : ماده معدنی گروه سیلیمانیت

۲-۳	۱-۳- کلیات
۴-۳	۲-۳- ویژگیهای زمین شناسی
۷-۳	۳-۳- آندالوزیت
۷-۳	۱-۳-۳- خواص فیزیکی آندالوزیت
۸-۳	۲-۳-۳- خواص شیمیایی آندالوزیت
۸-۳	۳-۳-۳- زمین شناسی و شرایط تشکیل آندالوزیت
۱۰-۳	۴-۳- سیلیمانیت
۱۰-۳	۱-۴-۳- خواص فیزیکی سیلیمانیت
۱۱-۳	۲-۴-۳- خواص شیمیایی سیلیمانیت
۱۲-۳	۳-۴-۳- زمین شناسی و محیط تشکیل سیلیمانیت
۱۳-۳	۵-۳- کیانیت یا دیستن
۱۳-۳	۱-۵-۳- خواص فیزیکی
۱۴-۳	۲-۵-۳- زمین شناسی و محیط تشکیل کیانیت
۱۴-۳	۶-۳- مولیت
۱۵-۳	۷-۳- شرایط پایداری کانیهی گروه سیلیمانیت
۲۱-۳	۸-۳- طبقه بندی کانسارهای خانواده کیانیت

۲۱-۳	۳-۸-۱- کیانیت
۲۱-۳	۱- کانسارهای کوارتزیت کیانیت دار
۲۲-۳	۲- شیسیت ها و گنیس های کیانیت دار
۲۳-۳	۳- کانسارهای توده ای کیانیت
۲۴-۳	۳-۸-۲- سیلیمانیت
۲۴-۳	۱- شیستهای سیلیمانی
۲۴-۳	۲- کانسار توده ای سیلیمانی
۲۵-۳	۳-۸-۳- آندالوزیت
۲۵-۳	۱- مقدمه
۲۶-۳	۲- آندالوزیت باقیمانده
۲۷-۳	۳-۹- اکتشاف و ارزیابی کانسارهای گروه کیانیت
۲۸-۳	۳-۱۰- ذخایر کانیهای گروه سیلیمانیت در جهان
۳۱-۳	۳-۱۱- ذخایر کانیهای گروه سیلیمانیت در ایران
۳۱-۳	۳-۱۱-۱- مقدمه
۳۲-۳	۳-۱۱-۲- سیلیمانیت و آندالوزیت ناحیه ده سلم
۳۳-۳	۳-۱۱-۳- زون کیانیت استان همدان
۳۴-۳	۳-۱۱-۴- ذخیره آندالوزیت در کیابان مکان
۳۶-۳	۳-۱۲- دیر گدازه ها و کاربردهای تجارتي
۳۶-۳	۳-۱۲-۱- کلیات نسوز
۴۷-۳	۳-۱۲-۲- آزمایشات فیزیکی مهم بر روی مواد نسوز
۴۹-۳	۳-۱۲-۳- کاربرد
۵۲-۳	۳-۱۲-۴- تولید
۵۳-۳	۳-۱۲-۵- مصرف

فصل چهارم : زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

۲-۴	۱-۴- کلیات
۲-۴	۱-۱-۴- مقدمه
۵-۴	۱-۲-۴- انجام عملیات صحرایی در منطقه
۷-۴	۲-۴- نقشه زمین شناسی منطقه
۷-۴	۱-۲-۴- مقدمه
۸-۴	۲-۲-۴- واحدهای مورد شناسایی در منطقه
۲۸-۴	۳-۴- زمین شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه
۲۸-۴	۱-۳-۴- مقدمه
۲۸-۴	۲-۳-۴- وضعیت ساختمانی منطقه اکتشافی
۳۳-۴	۴-۴- دگرگونی منطقه مورد مطالعه
۳۵-۴	۵-۴- ماگماتیسم منطقه
۳۷-۴	۶-۴- آلتراسیون
۳۹-۴	۷-۴- پتروژنز
۴۱-۴	۸-۴- پتانسیل معدنی
۴۲-۴	۸-۴-۱- ذخیره بلوک I
۴۶-۴	۸-۴-۲- ذخیره بلوک II
۴۹-۴	۸-۴-۳- ذخیره بلوک III
۵۲-۴	۸-۴-۲- ذخیره بلوک IV

فصل پنجم : حفریات و نمونه برداری

۲-۵	۱-۵- مقدمه
۲-۵	۲-۵- نمونه برداری مرحله اول

۴-۷	۱-۲-۷- تغییرات عیار Al_2O_3
۴-۷	۲-۲-۷- تغییرات عیار SiO_2
۴-۷	۳-۲-۷- تغییرات مقدار Fe_2O_3
۵-۷	۴-۲-۷- تغییرات مقدار TiO_2
۵-۷	۳-۷- هیستوگرامهای عیار و منحنیهای فراوانی تجمعی
۶-۷	۴-۷- بررسی همبستگی بین عناصر

فصل هشتم: مطالعات کانه آرایی

۲-۸	۱-۸- مقدمه
۳-۸	۲-۸- بررسیهای اولیه
۲-۸	۱-۲-۸- مطالعات شناسایی نمونه
۵-۸	۲-۲-۸- مرحله سنگ شکنی
۵-۸	۳-۲-۸- تجزیه سرنندی
۶-۸	۴-۲-۸- تعیین درجه آزادی
۷-۸	۳-۸- آزمایشهای آرایش کانسنگ آندالوزیت
۷-۸	۱-۳-۸- نتیجه گیری از بررسیهای اولیه و انتخاب روش
۸-۸	۲-۳-۸- جدایش نقلی
۸-۸	۱- جدایش توسط جیگ
۸-۸	۲- جدایش توسط میز لرزان

فصل نهم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۲-۹	۱-۹- نتیجه گیری
۶-۹	۲-۹- پیشنهادات

فهرست جداول

فصل اول

جدول شماره (۱-۱) - تقسیمات کشوری شهرستان بافق به تفکیک بخش و دهستان ۱۱-۱

فصل سوم

- جدول شماره (۱-۳) - خواص نوری آلومینوسیلیکاتها ۴-۳
- جدول شماره (۲-۳) - ذخایر کشف شده و منابع معدنی کانیهای گروه کینایت ۲۹-۳
- جدول شماره (۳-۳) - خصوصیات تشکیل مولیت از کانیهای گروه کینایت ۴۱-۳
- جدول شماره (۴-۳) - مقایسه انرژی و درجه حرارت تکلیس کانیهای نسوز ۴۴-۳
- جدول شماره (۵-۳) - کاربردهای عمده کانیهای کینایت به عنوان نسوز ۵۰-۳
- جدول شماره (۶-۳) - تولید کانیهای گروه کینایت در جهان غرب در سالهای ۱۹۷۳، ۱۹۸۰، ۱۹۸۸ ۵۳-۳

فصل چهارم

جدول شماره (۱-۴) - مقدار ذخیره کانیهای گروه سیلیمانیت منطقه به تفکیک عیار ۵۵-۳

فصل پنجم

جدول شماره (۱-۵) - مشخصات ترانسه های حفر شده توسط شرکت تهیه و تولید

۵-۵

مواد اولیه فولاد ایران - اکتشافات واحد جنوب

فصل ششم

- ۵-۶ جدول شماره (۱-۶) - نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های سری اول آندالوزیت بافق
- ۷-۶ جدول شماره (۲-۶) - نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های سری دوم آندالوزیت بافق
- ۷-۶ جدول شماره (۳-۶) - نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های سری سوم آندالوزیت بافق
- ۹-۶ جدول شماره (۴-۶) - نتایج مطالعات X.R.D نمونه های سری اول آندالوزیت بافق
- ۱۰-۶ جدول شماره (۵-۶) - نتایج مطالعات X.R.D نمونه های سری دوم آندالوزیت بافق
- ۱۰-۶ جدول شماره (۶-۶) - نتایج مطالعات X.R.D نمونه های سری سوم آندالوزیت بافق
- ۱۱-۶ جدول شماره (۷-۶) - نتایج آنالیز نمونه های تکراری
- ۱۱-۶ جدول شماره (۸-۶) - تغییر کد نمونه های تکراری ارسالی
- ۳۸-۶ جدول شماره (۹-۶) - لیست نمونه های آنالیز شده

فصل هفتم

- ۳-۷ جدول شماره (۱-۷) - داده های حاصل از آنالیز شیمیایی نمونه های ارسالی آزمایشگاه
- ۶-۷ جدول شماره (۲-۷) - پارامترهای آماری متغیرهای مورد مطالعه
- ۱۶-۷ جدول شماره (۳-۷) - ماتریس همبستگی بین اکسیدهای آنالیز شده منطقه

فصل هشتم

- ۳-۸ جدول شماره (۱-۸) - مشخصات کنسانتره های کیانیت تولید شده

فهرست عکسها

فصل اول

- عکس شماره (۱-۱) - منطقه مورد مطالعه آندالوزیت میشدوان بافق ۱۰-۱
- عکس شماره (۲-۱) - نمای عمومی منطقه مورد مطالعه ۱۰-۱

فصل چهارم

- عکس شماره (۱-۴) - لایه های کوارتزیتی در کمر بالای لایه های کانه دار در گسترش غربی
ذخیره بلوک III ۱۲-۴
- عکس شماره (۲-۴) - پرچهای کوارتزیتی در غرب ذخیره بلوک II ۱۲-۴
- عکس شماره (۳-۴) - رخنمونهای سبز رنگ آمفیبولیت شیست در منطقه میشدوان بافق ۱۵-۴
- عکس شماره (۴-۴) - رخنمونهای آمفیبولیت شیست در جنوب ذخیره بلوک I ۱۵-۴
- عکس شماره (۵-۴) - شیستهای نرم کانه دار در جنوب غربی S10 ۱۸-۴
- عکس شماره (۶-۴) - شیست سخت بدون کانه در ذخیره بلوک I ۱۹-۴
- عکس شماره (۷-۴) - شیست سخت کانه دار در ذخیره بلوک III ۲۰-۴
- عکس شماره (۸-۴) - گارنت - سیلیمانیت شیست در ذخیره بلوک I ۲۲-۴
- عکس شماره (۹-۴) - گارنت - آندالوزیت میکاشیست در شمال غرب ذخیره بلوک III ۲۲-۴
- عکس شماره (۱۰-۴) - آهکهای متامورف در غرب ذخیره بلوک II ۲۴-۴
- عکس شماره (۱۱-۴) - تناوب بین دولومیت و آهکهای متامورف خرد شده در شمال
غرب ذخیره بلوک IV ۲۴-۴
- عکس شماره (۱۲-۴) - نمای عمومی ذخیره بلوک I دید به سمت شمال غرب ۴۵-۴

- عکس شماره (۴-۱۳) - اندازه بلورهای گروه سیلیمانیت در ذخیره بلوک I ۴۵-۴
- عکس شماره (۴-۱۴) - نمای عمومی ذخیره بلوک II دید از جنوب شرقی به شمال غربی ۴۸-۴
- عکس شماره (۴-۱۵) - اندازه بلورها و پراکندگی کانه های گروه سیلیمانیت در ذخیره بلوک II ۴۸-۴
- عکس شماره (۴-۱۶) - نمای عمومی ذخیره بلوک III دید از سمت شرق به غرب ۵۱-۴
- عکس شماره (۴-۱۷) - اندازه بلورها و پراکندگی آنها در ذخیره بلوک III ۵۱-۴
- عکس شماره (۴-۱۸) - نمای عمومی ذخیره بلوک IV دید از سمت جنوب به شمال ۵۴-۴
- عکس شماره (۴-۱۹) - اندازه بلورها و پراکندگی آنها در ذخیره بلوک IV ۵۴-۴

فصل پنجم

- عکس شماره (۵-۱) - نمایی از ترانشه شماره Tr-1-n ۸-۵
- عکس شماره (۵-۲) - نمایی از ترانشه شماره Tr-2-n ۸-۵
- عکس شماره (۵-۳) - نمایی از ترانشه شماره Tr-3-n ۹-۵
- عکس شماره (۵-۴) - نمایی از عملیات حفاری چاهک T.P.1 ۱۱-۵
- عکس شماره (۵-۵) - نمایی از عملیات حفاری چاهک T.P.3 ۱۳-۵

فصل ششم

- عکس شماره (۶-۱) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-2 ۱۴-۶
- عکس شماره (۶-۲) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-3 ۱۴-۶
- عکس شماره (۶-۳) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-9 در نیکولهای عمود برهم ۱۶-۶
- عکس شماره (۶-۴) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-9 در حالت نیکولهای موازی ۱۶-۶
- عکس شماره (۶-۵) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-13 ۱۷-۶
- عکس شماره (۶-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-14 ۱۹-۶

- ۱۹-۶ عکس شماره (۷-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-15
- ۲۰-۶ عکس شماره (۸-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-16
- عکس شماره (۹-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-16 در حالت نیکولهای عمود بر هم از کانی کیانیت را نشان می دهد.
- ۲۰-۶ عکس شماره (۱۰-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-18 در حالت نیکولهای عمود بر هم
- ۲۲-۶ عکس شماره (۱۱-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-18 در حالت نیکولهای موازی
- ۲۲-۶ عکس شماره (۱۲-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-19
- ۲۳-۶ عکس شماره (۱۳-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-20
- ۲۵-۶ عکس شماره (۱۴-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-33
- ۲۶-۶ عکس شماره (۱۵-۶) - مقطع میکروسکوپی Y-A-34 در حالت نیکولهای عمود بر هم
- ۲۶-۶ عکس شماره (۱۶-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه Y-A-34 در حالت نیکولهای موازی
- ۲۸-۶ عکس شماره (۱۷-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-41
- ۲۸-۶ عکس شماره (۱۸-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه Y-A-41 در حالت نیکولهای موازی
- ۳۰-۶ عکس شماره (۱۹-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه Y-A-73 در حالت نیکولهای عمود بر هم
- ۳۰-۶ عکس شماره (۲۰-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه Y-A-73 در حالت نیکولهای موازی
- ۳۱-۶ عکس شماره (۲۱-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-74
- ۳۴-۶ عکس شماره (۲۲-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-80
- ۳۴-۶ عکس شماره (۲۳-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-83
- ۳۷-۶ عکس شماره (۲۴-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-95
- ۳۷-۶ عکس شماره (۲۵-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-101

فهرست اشکال

فصل اول

- ۸-۱ شکل شماره (۱-۱) - منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی ایران
- ۹-۱ شکل شماره (۲-۱) - موقعیت شهرستان بافق در استان یزد
- ۱۳-۱ شکل شماره (۳-۱) - نقشه راههای دسترسی به محدوده مورد مطالعه
- ۱۷-۱ شکل شماره (۴-۱) - نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه

فصل دوم

- ۳-۲ شکل شماره (۱-۲) - واحدهای ساختمانی - رسوبی ایران

فصل سوم

- ۱۶-۳ شکل شماره (۱-۳) - مراتب پایداری پلی مورفهای Al_2SiO_5
- ۱۷-۳ شکل شماره (۲-۳) - مختصات فشار - دما در تشکیل پلی مورفهای Al_2SiO_5
- ۱۸-۳ شکل شماره (۳-۳) - روند تبدیل پلی مورفهای Al_2SiO_5
- ۱۹-۳ شکل شماره (۴-۳) - فاز دیاگرام روند تبدیل پلی مورفهای Al_2SiO_5
- ۳۹-۳ شکل شماره (۵-۳) - منحنیها و روند بیدایش مولیت و کریستوبالیت از کانیهای آلومینوسیلیکانه
- ۴۳-۳ شکل شماره (۶-۳) - نمودارهای نشان دهنده رابطه زمان با درصد لومیتی شدن

فصل چهارم

- ۴۷-۴ شکل شماره (۱-۴) - نقشه ذخیره بلوک II
- ۵۳-۴ شکل شماره (۲-۴) - نقشه ذخیره بلوک IV

فصل هفتم

- ۷-۷ شکل شماره (۱-۷) - منحنی فراوانی تجمعی Al_2O_3
- ۸-۷ شکل شماره (۲-۷) - منحنی فراوانی تجمعی SiO_2
- ۹-۷ شکل شماره (۳-۷) - منحنی فراوانی تجمعی Fe_2O_3
- ۱۰-۷ شکل شماره (۴-۷) - منحنی فراوانی تجمعی TiO_2
- ۱۱-۷ شکل شماره (۵-۷) - منحنی فراوانی تجمعی K_2O
- ۱۲-۷ شکل شماره (۶-۷) - منحنی فراوانی تجمعی Na_2O
- ۱۳-۷ شکل شماره (۷-۷) - منحنی فراوانی تجمعی CaO
- ۱۴-۷ شکل شماره (۸-۷) - منحنی فراوانی تجمعی MgO
- ۱۸-۷ شکل شماره (۹-۷) - منحنی همبستگی بین SiO_2 و Al_2O_3
- ۱۹-۷ شکل شماره (۱۰-۷) - منحنی همبستگی بین Fe_2O_3 و Al_2O_3
- ۲۰-۷ شکل شماره (۱۱-۷) - منحنی همبستگی بین TiO_2 و Al_2O_3
- ۲۱-۷ شکل شماره (۱۲-۷) - منحنی همبستگی بین K_2O و Al_2O_3
- ۲۲-۷ شکل شماره (۱۳-۷) - منحنی همبستگی بین Na_2O و Al_2O_3
- ۲۳-۷ شکل شماره (۱۴-۷) - منحنی همبستگی بین CaO و Al_2O_3
- ۲۴-۷ شکل شماره (۱۵-۷) - منحنی همبستگی بین MgO و Al_2O_3

فصل هشتم

- ۱۲-۸ شکل شماره (۱-۸) - فلوشیت واحد کانه آرایبی کانسار نیرمونگ
- ۱۲-۸ شکل شماره (۲-۸) - فلوشیت واحد کانه آرایبی معدن هانشان چین

فصل اول

کلیات

آوری مدارک مربوطه از ادارات و موسسات تابعه وزارت معادن و فلزات و سایر موسسات دولتی و دیگر منابع معتبر نمود.

گزارش طرح اکتشاف نیمه تفصیلی اندالوزیت میشدوان بافق بر اساس شرح خدمات پیوست شماره یک منضم بر قرارداد، در ۱۰ بخش تنظیم گردیده است.

در فصل اول کلیات مربوط به منطقه از جمله اهداف و امکانات، روش کار و نحوه اکتشافات نیمه تفصیلی، شرایط جغرافیایی و اقلیمی استان یزد و منطقه میشدوان بافق و همچنین خلاصه ای از کارهای انجام شده قبلی در منطقه آورده شده است.

فصل دوم که تحت عنوان زمین شناسی عمومی منطقه به نگارش در آمده است، شامل زمین شناسی و زون بندی منطقه مورد مطالعه، چینه شناسی، تکوین ساختاری ناحیه در مقیاس بزرگ از نظر فعالیت دگرگونی و ماگماتیسم و در نهایت متالوژنی منطقه یزد می باشد.

در فصل سوم کانی شناسی و خواص فیزیکی و شیمیایی گروه سیلیمانیت آورده شده و سپس طبقه بندی ذخائر بر اساس کانیهای تشکیل دهنده صورت گرفته است.

انواع ذخایر این گروه از مواد معدنی مورد بحث قرار گرفته و سپس مطالبی در مورد پیجوسی و اکتشاف ذخایر آن، اکتشافات ژئوشیمی، حفاری، روشهای استخراج، کانی آرای و ارزیابی انواع کانسار نوشته شده است. آزمایشات مورد نیاز بر روی این گروه از مواد معدنی مورد بحث قرار گرفته و در نهایت کشورهای اصلی و فرعی تولید کننده این ماده در جهان مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل چهارم تحت عنوان زمین شناسی منطقه مورد مطالعه، عملیات انجام گرفته در منطقه در طی دو مرحله نوشته شده و فعالیتهای انجام گرفته در این دو مرحله به تفصیل آورده شده است. سپس گزارش تهیه نقشه زمین شناسی، مراحل اجرا و

امکانات آن و پس از آن کلیه واحدهای مورد شناسایی در نقشه به مقیاس ۱: ۵۰۰۰ که در منطقه وجود داشت، آورده شد. بعد از آن دگرگونی منطقه، سنگهای مادر لیتولوژی منطقه، نوع ماگماتیسم و تکنونیک، ژنز ماده معدنی مورد شناسایی قرار گرفت و در نهایت یک ارزیابی مقدماتی بر روی ذخیره گروه مواد معدنی میشدوان بافق انجام پذیرفت. فصل پنجم که تحت عنوان حفریات و نمونه برداری نوشته شده است، شامل مراحل نمونه برداری، طراحی شبکه حفاری و عملیات حفاری می باشد. موقعیت و مشخصات ترانسه های حفاری شده و تغییرات عیار در طول این ترانسه مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس نمونه برداری سیستماتیک از طول ترانسه ها آورده شده است.

فصل ششم تحت عنوان مطالعات آزمایشگاهی است که در آن، انواع آزمایشهای انجام گرفته بر روی نمونه های منطقه، آماده سازی، نوع و روش آزمایش آمده است و سپس هر یک از آزمایشات شیمیایی X.R.D که بر روی نمونه ها انجام شده، مورد تحلیل قرار گرفته است. پس از آزمایشات شیمیایی، آنالیز کنترلی مورد بحث قرار گرفته و در نهایت کلیه مطالعات سنگ شناسی انجام گرفته بر روی نمونه های منطقه به رشته تحریر در آمده است.

در فصل هفتم تحت عنوان مطالعات آماری، تغییرات اکسیدهای اصلی در نمونه های برداشت شده از ترانسه ها و کل منطقه مورد بحث قرار گرفته است. هیستوگرامهای مربوطه ترسیم و در نهایت همبستگی بین این اکسیدها در کل منطقه بررسی شده و نقشه های هم عیار در بهترین جای منطقه پلات گرفته شده است.

در فصل هشتم که تحت عنوان کاربردهای صنعتی کانیهای گروه سیلیمانیت می باشد، موارد مصرف این گروه از مواد در صنایع مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته و

مشخصات و استانداردهای این گونه مواد در جداولی آورده شده است و در نهایت بازار جهانی این ماده مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل نهم تحت عنوان کانه آرایسی، مراحل کانه آرایسی اندالوزیت و سپس پیشنهاداتی جهت انجام آزمایشی کانه آرایسی برای نمونه های اندالوزیت میشدوان بافق آورده شده است.

در نهایت در فصل دهم نتیجه گیری از کل فعالیتها صورت گرفته و پیشنهاداتی برای ادامه کار در مناطق مستعد ارائه گردیده است.

۱-۲- اهداف، امکانات

هدف از این مطالعات، انجام بررسیهای زمین شناسی و اکتشافات نیمه تفصیلی در مقیاس ۱: ۵۰۰۰ در محدوده ای به وسعت ۴ کیلومتر مربع در منطقه میشدوان بافق در استان یزد به منظور نیل به اهداف زیر است:

الف - شناخت سازندها و کلیه واحدهای زمین شناسی موجود در منطقه و چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر

ب - گردآوری و ارائه اطلاعات مربوط به کانیهای گروه سیلیمانیت، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، کاربرد و بازار مصرف آنها در ایران و جهان

پ - شناسایی کانیهای گروه سیلیمانیت در منطقه و تفکیک آنها از همدیگر

ت - بررسی تحولات زمین شناسی، زمین شناسی ساختمانی و تعیین موقعیت ماده معدنی مورد مطالعه در ستون چینه شناسی سنگهای فراگیر

ث - بررسی چگونگی تشکیل و ژنز مواد معدنی گروه سیلیمانیت

ج - شناخت کلیه فرآیندهای موثر در تشکیل و غنی سازی مواد معدنی

ج - تهیه نقشه و پروفیل‌های زمین شناسی در مقیاس ۱:۵۰۰۰، بررسی گسترش افقی و عمودی ماده معدنی، تعیین زون‌ها و بلوک‌های پرعیار و کم عیار، بررسی شرایط زمین شناسی معدنی ذخیره و ارزیابی شرایط لایه و طبقات در برگیرنده جهت عملیات استخراجی

ح - بررسی و تحلیل ژنتیکی ذخیره و مطالعات پتروژنتیک ماده معدنی
خ - بررسی و تلفیق کلیه داده‌های اطلاعاتی، نتایج آزمایشگاهی و تعبیر و تفسیر آن و ارائه پیشنهادات و برنامه برای چگونگی انجام اکتشافات بعدی

۱-۳- روش کار و نحوه پیجوتیپ‌های زمین شناسی

عموماً "روش کار اکتشافات سیستماتیک زمین شناسی شامل برداشتهای سطحی مانند زمین ریخت شناسی، زمین ساخت، چینه شناسی، فعالیت ماگمایی و نیز فعالیت آتشفشانی، دگرگونی، بررسی عکسهای هوایی منطقه، حفر و برداشت ترانشه و چاهک، نمونه برداری برای مطالعات سنگ شناسی، کانی شناسی و تجزیه و تحلیل شیمیایی، پیمایشهای به صورت سینوسی (رفت و برگشتی) جهت برداشت کلیه عوارض طبیعی و مصنوعی و در نهایت تهیه نقشه‌های زمین شناسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ می‌باشد.

در این بررسیها و مطالعات سعی شده است با دستیابی به درون ترانشه‌ها و چاهکها، امکان کاوشهای معدنی بیشتر فراهم آید.

با توجه به اطلاعات حاصله از منطقه و عملیات ذکر شده، می‌توان به ارتباط مواد معدنی موجود در واحدهای زمین شناسی منطقه، وضعیت چینه شناسی، ماگماتیسم و دگرگونی دست یافت. تجزیه و تحلیل و تلفیق داده‌ها در بخش نهائی صورت می‌گیرد.

۱-۴- شرایط جغرافیایی و اقلیمی منطقه مورد مطالعه

۱-۴-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه آندالوزیت میشدوان بافق در استان یزد و در شمال شهرستان بافق در ۲۵ کیلومتری معدن سنگ آهن چغارت، در محلی به نام میشدوان واقع شده است. شهرستان بافق با وسعت ۱۵۲۹۸ کیلومتر مربع در غرب استان یزد واقع گردیده است که از لحاظ وسعت دومین شهرستان استان محسوب می گردد. در شکل شماره (۱-۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی ایران و در شکل شماره (۲-۱) موقعیت شهرستان بافق در استان یزد به تفکیک شهرستان آورده شده است. شهرستان بافق دارای ۲ بخش و ۶ دهستان به شرح زیر می باشد.

۱- بخش مرکزی با شهر بافق و دهستانهای مبارکه، سبزدشت و کوشک

۲- بخش بهاباد با شهر بهاباد و دهستانهای آسفیج، بنستان و جلگه

منطقه اکتشافی آندالوزیت میشدوان با مختصات $45^{\circ} 26' 55''$ تا $29^{\circ} 27' 55''$ طول شرقی و $31^{\circ} 49' 2''$ تا $31^{\circ} 49' 33''$ عرض شمالی در جنوب شرق برکه ۵۰۰۰۰ : ۱ حسن آباد در بخش مرکزی و دهستان مبارکه با وسعتی در حدود ۳/۵ کیلومتر مربع قرار دارد.

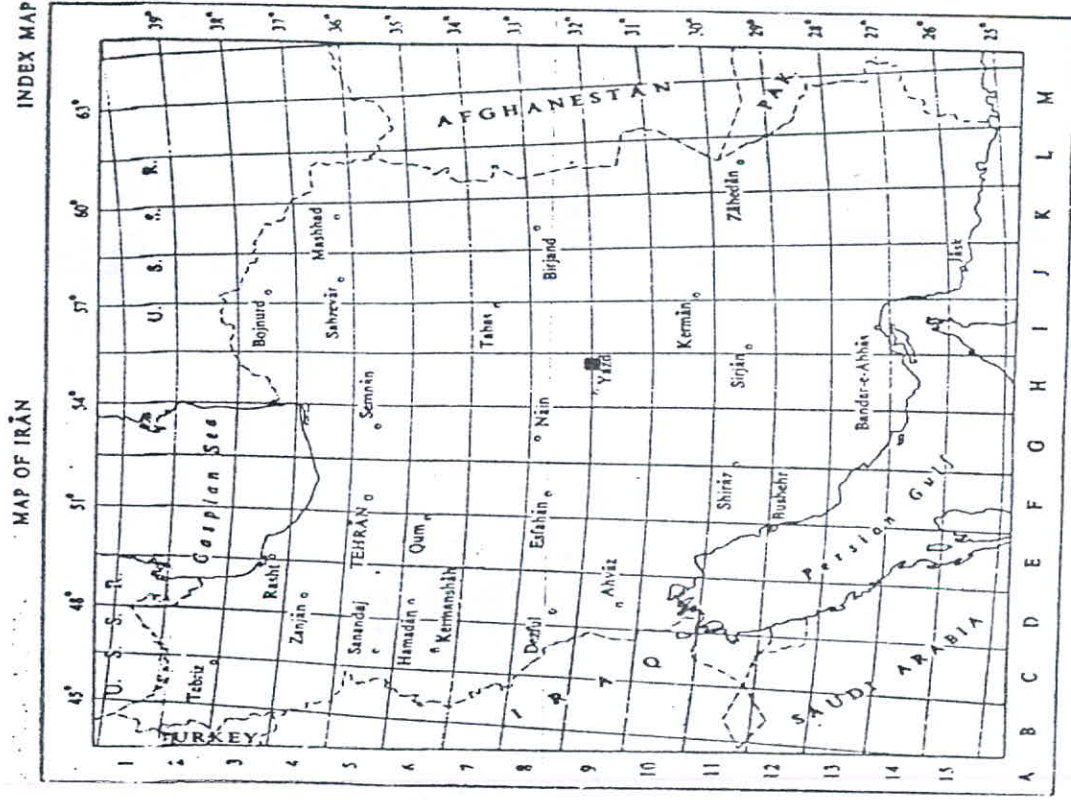
عکسهای شماره (۱-۱) و (۲-۱) نمای عمومی منطقه مورد مطالعه را

نشان می دهند.

اطلاعات مربوط به آخرین تقسیمات کشوری شهرستان بافق به تفکیک بخش و

دهستان در سال ۱۳۷۷ در جدول شماره (۱-۱) آمده است.

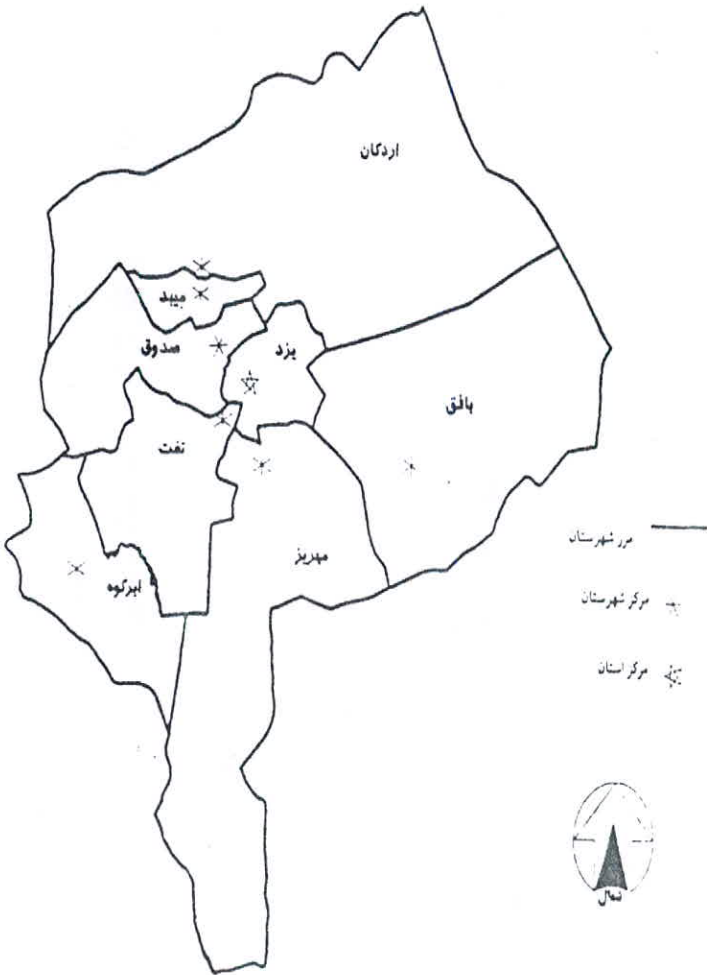
منطقه مورد مطالعه در حاشیه شرقی چهارگوش ۲۵۰،۰۰۰: ۱: یزد و جنوب شرقی برکه ۵۰،۰۰۰: ۱: توپوگرافی حسن آباد، در بخش مرکزی بافق و دهستان مبارکه به مختصات جغرافیائی "۴۵' ۲۶' ۵۵° الی "۳۰' ۲۷' ۵۵° طول شرقی و "۳' ۴۹' ۳۱° الی "۳۳' ۴۹' ۳۱° عرض شمالی قرار دارد.



شکل شماره (۱-۱) - منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیائی ایران

منطقه با علامت ■ نشان داده شده است.

نقشه استان یزد



شکل شماره (۱-۲) - موقعیت شهرستان بافق در استان یزد

(آمارنامه استان یزد - ۱۳۷۶، بدون مقیاس)



عکس شماره (۱-۱) - منطقه مورد مطالعه آندالوزیت میشدوان بافق

(نگاه از راه آهن در حال احداث به سمت غرب)



عکس شماره (۲-۱) - نمای عمومی منطقه مورد مطالعه

(نگاه از ذخیره A به سمت غرب)

جدول شماره (۱-۱) - تقسیمات کشوری شهرستان بافق به تفکیک بخش و دهستان

نام بخش	دهستان	مساحت (Km ²)	تعداد آبادی	نام مرکز
بهباد	اسفیج	۲۲۴۷	۶۳	اسفیج
	بنستان	۴۷۱	۷۹	بنستان
	جلگه	۳۱۳۰	۶۲	احمدآباد
	جمع	۵۸۲۱	۲۰۴	بهباد
مرکزی	مبارکه	۶۶۶۴	۱۷۰	مبارکه
	سبزدشت	۷۱۹	۹۲	بساب
	کوشک	۲۰۹۴	۱۲۵	کوشک
	جمع	۹۴۷۷	۳۸۷	باقق

ماخذ: آمارنامه استان یزد ۱۳۷۶

حد شرقی و شمال شرقی محدوده به ارتفاعات باجگون ختم می شود. در قسمت غربی منطقه ارتفاعاتی به موازات ارتفاعات شرقی و کوههای سدگور، کوه لاغر، تبرکوه و کوه چشم موسی قرار دارد.

در بین رشته کوههای شرق و غرب منطقه، تپه ماهورها قرار دارند و بین این تپه ها را دشت فرسایش یافته ای فراگرفته و در نهایت به کویر در انجیر یا کویر کر در منتهی الیه غربی منطقه ختم می گردد.

۱-۴-۲- راههای دسترسی به منطقه

راه دسترسی به منطقه از یزد از طریق جاده آسفالتی یزد به بافق، چغارت صورت می گیرد. شهرستان یزد تا بافق در حدود ۱۱۵ کیلومتر فاصله دارد و دسترسی به کانسار مورد نظر از طریق جاده بافق - چغارت - زیرگان توسط جاده ای به طول ۳۰

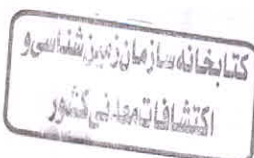
کیلومتر میسر می باشد. ۱۰ کیلومتر ابتدای جاده بافق - معدن چغارت آسفالتی و از آن جا به مرکز محدوده به طول ۲۴ کیلومتر جاده خاکی درجه دو می باشد.

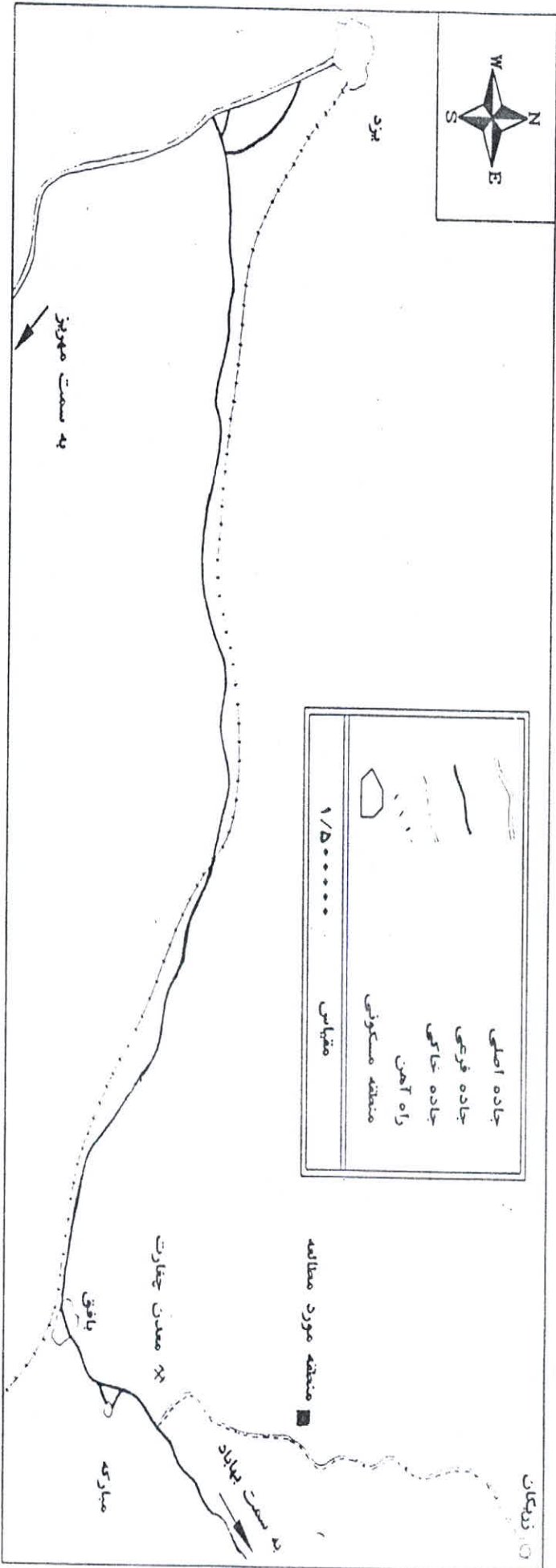
راه آهن سراسری در حال احداث بافق - مشهد از فاصله ۳ تا ۴ کیلومتری محدوده می گذرد که با راه اندازی این خط راه آهن ارتباط با کانسار آسان و هزینه های حمل ماده معدنی کاهش می یابد. در شکل شماره (۱-۳) نقشه راههای دسترسی به منطقه نشان داده شده است.

۱-۴-۳- آب و هوای منطقه

استان یزد در قسمت مرکزی فلات ایران واقع شده است که در برگیرنده نامناسب ترین عوامل طبیعی غالب بر فلات مرکزی ایران است. باد در این استان به دلیل وجود شنهای روان و تپه های شنی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. جهت غالب این بادهای در شش ماه اول سال (بهار و تابستان) از سمت شمال غرب، در چهار ماه آبان تا بهمن در جهت جنوب شرق و در دو ماه اسفند و مهر از سمت غرب می وزد. وزش باد در استان به علت عریان بودن دشتهای و کوهستانها بسیار شدید می باشد. سرعت باد به صورت طوفانهای سهمگین شنی می تواند تا ۹۰ کیلومتر در ساعت برسد. این سرعت در یزد تا ۱۲۰ کیلومتر در ساعت ثبت شده است.

مقدار متوسط بارندگی سالانه در قسمتهای مختلف استان متغیر و با ارتفاع افزایش می یابد، ولی میزان تغییرات یکسان نمی باشد. بخش اعظم بارندگی استان در زمستان و مقادیر کمتر در فصول بهار و پائیز رخ می دهد. بارندگی در فصل تابستان در مناطق پست صفر و در مناطق مرتفع نیز بسیار ناچیز است.





شکل شماره (۳-۱) - نقشه راههای دسترسی به محدوده مورد مطالعه

نوسانات درجه حرارت در زمستان و تابستان و حتی در شب و روز بسیار زیاد است. درجه حرارت ماکزیمم و مینیمم بین ۴۵ درجه سانتیگراد بالای صفر و ۲۰ درجه سانتیگراد زیر صفر در نوسان است.

آب و هوای منطقه مورد مطالعه نیز تا حدودی از قاعده بالا پیروی می کند. طبق آمار پنج ساله، میزان متوسط بارندگی سالانه شهرستان بافق ۵۰ میلیمتر و حداکثر مطلق درجه حرارت بافق ۴۷ درجه سانتیگراد و حداقل مطلق آن ۶- درجه سانتیگراد می باشد. حداکثر متوسط رطوبت نسبی بافق ۴۲ درصد و حداقل ۱۶ درصد است. با توجه به مشخصاتی که در بالا ذکر شد، آب و هوای محدوده مورد مطالعه کویری و بیابانی می باشد.

منطقه مورد مطالعه اکتشافی در منطقه میشدوان به علت نزدیکی به کویر درانجیر دارای آب و هوای گرم همراه با بادهای خشک و سوزان و زمستانهای خشک و سرد می باشد. آمار هواشناسی معدن چغارت بافق که در ۲۵ کیلومتری منطقه مورد اکتشاف قرار دارد، نشان می دهد که درجه حرارت در زمستان به حداقل ۹/۶- درجه سانتیگراد و در تابستان به بیش از ۴۵ درجه سانتیگراد می رسد.

۴-۴-۱- توپوگرافی و مورفولوژی منطقه

استان یزد از نظر پستی و بلندی دارای تنوع فراوانی می باشد. ارتفاع نقاط مختلف آن از حدود ۸۵۰ متر از سطح دریای آزاد در اطراف کویر ریگ زرین تا ۴۰۵۵ متر در شیرکوه تغییر می کند. تراکم ارتفاعات در سه رشته مجزا که عمدتاً "رشته کوههای مرکزی ایران را دنبال می کند، دیده می شود. روند آنها شمال غربی - جنوب شرقی است. علاوه بر آن، کوههای جنوبی و شمالی جدا مانده نیز در سطح استان به طور پراکنده وجود دارند. بلندترین ارتفاعات در جنوب غربی یزد واقع می باشد که از

نظر اقلیمی نیز بز منطقه تاثیر می گذارد. وجود این ارتفاعات، استان را از نظر ژئومورفولوژیکی تنوع بخشیده است. علیرغم کویری بودن استان یزد، مناطق بیلاقی در ارتفاعات استان نیز قابل ملاحظه اند.

مهمترین نقاط ارتفاعی اطراف استان به ترتیب از منتهی الیه غربی و در جهت حرکت عقربه های ساعت کوه سلطان پیر ۲۲۷۱ متر و کوه بیخی سیاه کوه ۲۰۵۰ متر، در شمال کوه بیاضیه ۲۳۳۰ متر، به طرف شرق کوههای چاه مگو و دمترینگ ۱۹۸۳ متر، در شرق کوههای قلعه و گلرنگ ۲۰۸۴ متر و در جنوب نقاط ارتفاعی ۱۶۹۴ متر و ۲۳۵۴ متر و در غرب کوه عیش ۱۶۲۱ متر و کوه سیاه ۱۷۲۵ را تشکیل می دهند. در شهرستان بافق کوه بن لخت با ارتفاع ۳۰۰۲ متر از سطح دریا بلندترین نقطه منطقه می باشد.

منطقه مورد مطالعه از سطح دریا چندان ارتفاعی ندارد و تقریباً زمینهای پست و هموار محسوب می شود. ارتفاع متوسط منطقه ۱۱۵۰ متر می باشد. ارتفاعات مهم منطقه کوه ساغندی در جنوب با ارتفاع ۱۵۵۰ متر، کوه دم خری با ارتفاع ۱۵۰۰ متر و کوه چادر نغون با ارتفاع ۱۴۹۰ متر در شمال شرق و کوه میل بزی با ارتفاع ۱۲۸۵ متر در شمال غرب منطقه می باشند. به طور کلی ارتفاعات اطراف منطقه به صورت منفرد و با ارتفاع کم از سطح دریا قرار گرفته اند. در شکل شماره (۱-۴) توپوگرافی منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

از نظر مورفولوژی جنس اکثر بلندیهای منطقه از آهکها و دولومیت‌های سخت و مقاوم هستند و پستیهای موجود در منطقه را سنگها و لایه های با سختی پایین و سست از جمله شیست، آمفیبولیت و ... تشکیل داده اند. اکثر زمینهای منطقه و اطراف آن به دلیل فرسایش و هوازدگیهای خاص منطقه سست می باشند به طوریکه با حرکت بر روی

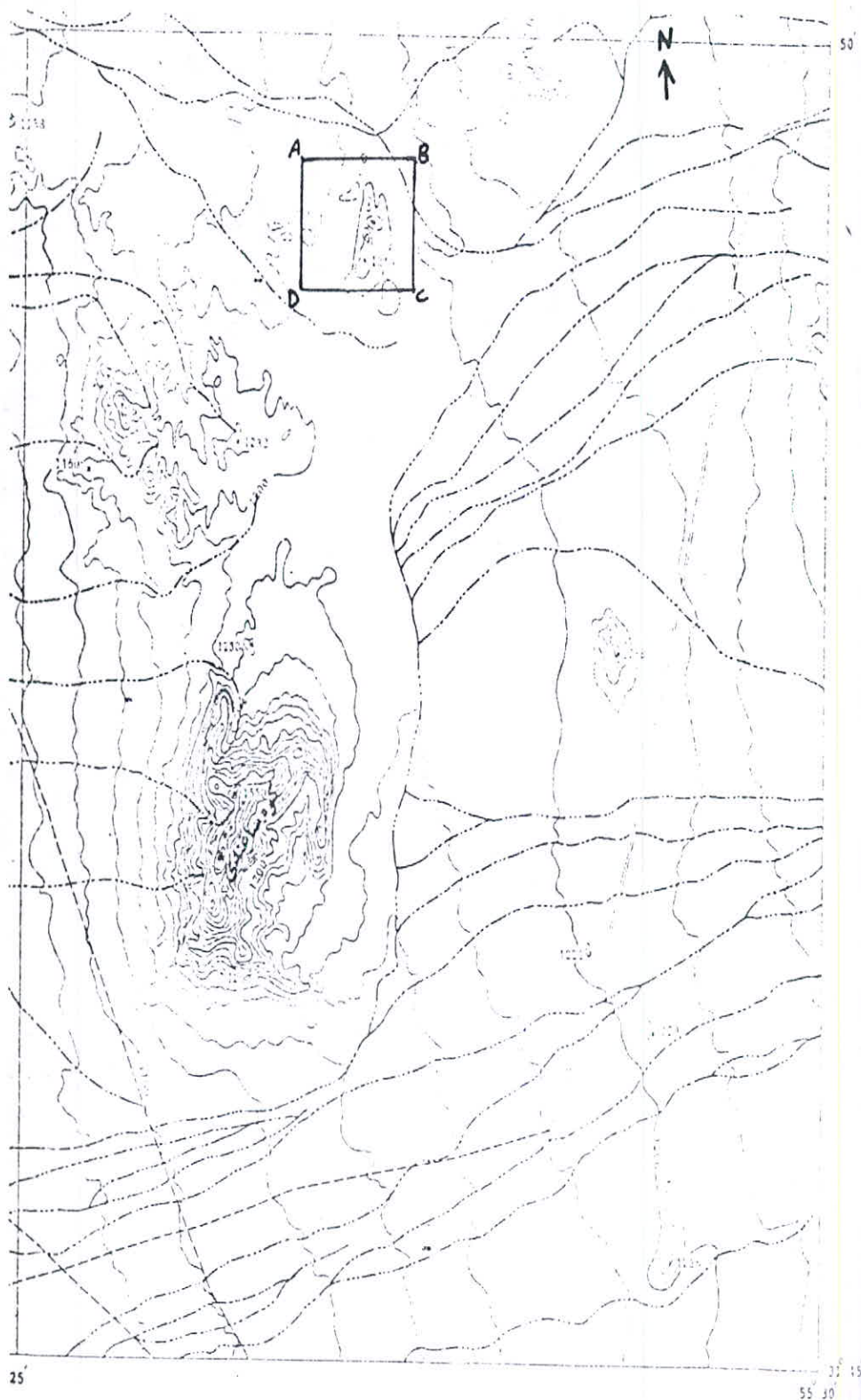
زمینهای منطقه پاهای مقدار کمی در زمین فرو می رود. روند ارتفاعات موجود در منطقه شمال غربی - جنوب شرقی هستند که در شرق و غرب منطقه قرار گرفته اند. میان این ارتفاعات را دشتهای فرسایشی تشکیل می دهند که چاله بافق نامیده می شود. کویر درانجیر با وسعتی بالغ بر ۱۰۰۰ کیلومتر مربع در وسط این چاله قرار گرفته است.

شیب ظاهری ارتفاعاتی که این منطقه را محصور کرده است همگی به طرف دره و جهت ابریز آنها که از این ارتفاعات منشا می گیرند، به سمت کویر درانجیر است. در حاشیه ارتفاعات این منطقه و در بین آنها تپه های ماسه ای تشکیل گردیده که عموماً هلالی شکل می باشند و گسترش طولی آنها عمود بر جهت وزش باد می باشند.

۱-۴-۵- جمعیت و ویژگیهای انسانی

طبق آمارگیری سال ۱۳۷۵ جمعیت استان یزد ۷۵۰۷۶۹ نفر می باشد. بر طبق برآوردهای انجام گرفته، جمعیت بافق در سال ۱۳۷۸، بالغ بر ۴۰۵۷۶ نفر می باشد. این شهرستان در ۳۰ کیلومتری جنوب منطقه مورد مطالعه واقع شده است. شغل عمده مردم بافق کشاورزی است. محصولات عمده آنها خرما، روناس، انار، ارزین، پسته و انگور می باشد. پس از کشاورزی اکثر مردم و مخصوصاً جوانان به کار در معادن مختلف در سطح استان مشغول می باشند.

وجود این معادن در اطراف بافق باعث رونق اقتصادی این محل گردیده است و اخیراً نیز با سرمایه گذارهای خصوصی کارخانجاتی از قبیل صنایع کاشی در این منطقه در دست احداث می باشد. آهن شهر، شهرک مدرنی است که به منظور رفاه کارکنان معادن سنگ آهن در سه کیلومتری شهرستان بافق تاسیس گردیده است.



شکل شماره (۱-۴) - نقشه توپوگرافی ۵۰,۰۰۰ : ۱ منطقه مورد مطالعه

(محدوده با چهار ضلعی ABCD نشان داده شده است)

تقریباً " ۳۰۰ خانوار در این شهرک ساکن می باشند. شهرکها ۱۳۸۰ نفر جمعیت دارد. کلیه امکانات رفاهی و فرهنگی در این شهرک برای آسایش ساکنان وجود دارد.

۱-۴-۶- کشاورزی بافق و پوشش گیاهی منطقه

به دلیل کمبود نزولات جوی و نامنظم بودن وضعیت بارش و همچنین نامناسب بودن اوضاع جوی به تبع آن پوشش گیاهی نیز در این مناطق کم و محدود به بوته های درمنه، قیچ و تاق می شود که توانسته اند با شرایط اقلیمی خشک و کویری سازگاری پیدا کنند و بدون باران مدت های طولانی دوام بیاورند.

۱-۴-۷- وضعیت آبراهه های منطقه

در منطقه مورد مطالعه و اطراف آن رودخانه دائمی وجود ندارد و اکثر رودخانه ها غیردائمی و فصلی می باشند. آبهای سطحی منطقه پس از جاری شدن که از مناطق کوهستانی مخصوصاً از کوه های شمال شرق و شرق منطقه منشا می گیرند با جریانات دیگری تداخل یافته و وارد کویر درانجیر می گردند.

در مناطق کوهستانی مرتفع، شکل آبراهه ها به صورت دندریتی و شاخه درختی است و در مناطق پست و هموار آبراهه ها دارای سرشاخه های تقریباً موازی هستند که جهت غالب آنها از شرق به غرب می باشد و اکثر آنها به کویر درانجیر می ریزند.

۱-۵- تاریخچه فعالیت اکتشافی ناحیه مورد مطالعه

اولین بار توسط کارشناسان اداره کل معادن و فلزات استان یزد، اندیس هایی از مواد معدنی دیرگداز (گروه سیلیمانیت) در فاصله ۱۵۰ کیلومتری استان یزد در منطقه ای به نام میشدوان بافق و در شمال غرب ۱۰ کیلومتری سنگ آهن چغارت گزارش گردیده است. سپس کارشناسان مربوطه در طی ماموریتی محل مورد مطالعه را شناسایی و اندیس

مورد نظر را مورد تایید قرار دادند. در سال ۱۳۷۷ طرحی از طرف اداره کل معادن و فلزات استان یزد به نام اکتشاف مقدماتی ذخایر آندالوزیت میشدوان (باقی) مطرح و این طرح توسط شرکت تهیه و تولید مواد اولیه فولاد ایران (اکتشاف واحد جنوب) مورد اجرا قرار گرفت.

در قالب این طرح محدوده ای به وسعت حدود ۹۵ کیلومترمربع مورد بررسی قرار گرفت. عملیات اکتشافی که در این طرح انجام گرفت، به قرار زیر می باشد. تهیه نقشه زمین شناسی و توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۰,۰۰۰ (بزرگ شده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰)، حفر ترانشه به وسیله بیل مکانیکی و همچنین برداشت و آنالیز نمونه های شیمیایی و مطالعات کانی شناسی و مقاطع نازک که در نهایت کل منطقه بررسی گردید و دو منطقه با اندیس و پتانسیل کانیهای گروه سیلیمانیت گزارش شده است. منطقه یک شامل ۳ ذخیره و منطقه دو شامل یک ذخیره که در نهایت ۴ ذخیره مورد بحث و ارزیابی قرار گرفت و اکتشافات مقدماتی بر روی این ذخیره ها انجام گرفته ولی مقدار ذخیره برای هر منطقه به طور دقیق بررسی نشده است، همچنین در محدوده هر بلوک ذخیره و نوع کانی گروه سیلیمانیت برای هر منطقه به طور مجزا مشخص نگردیده است.

فصل دوم

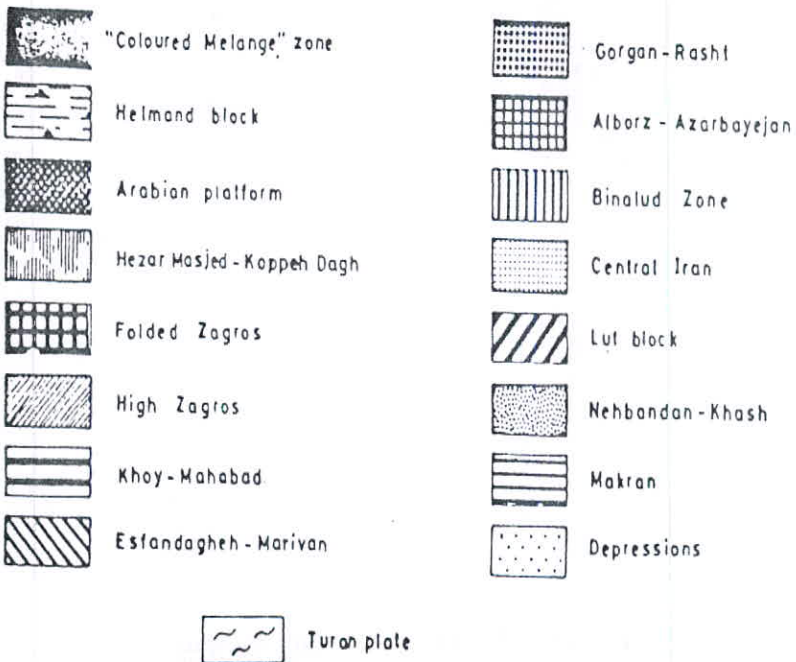
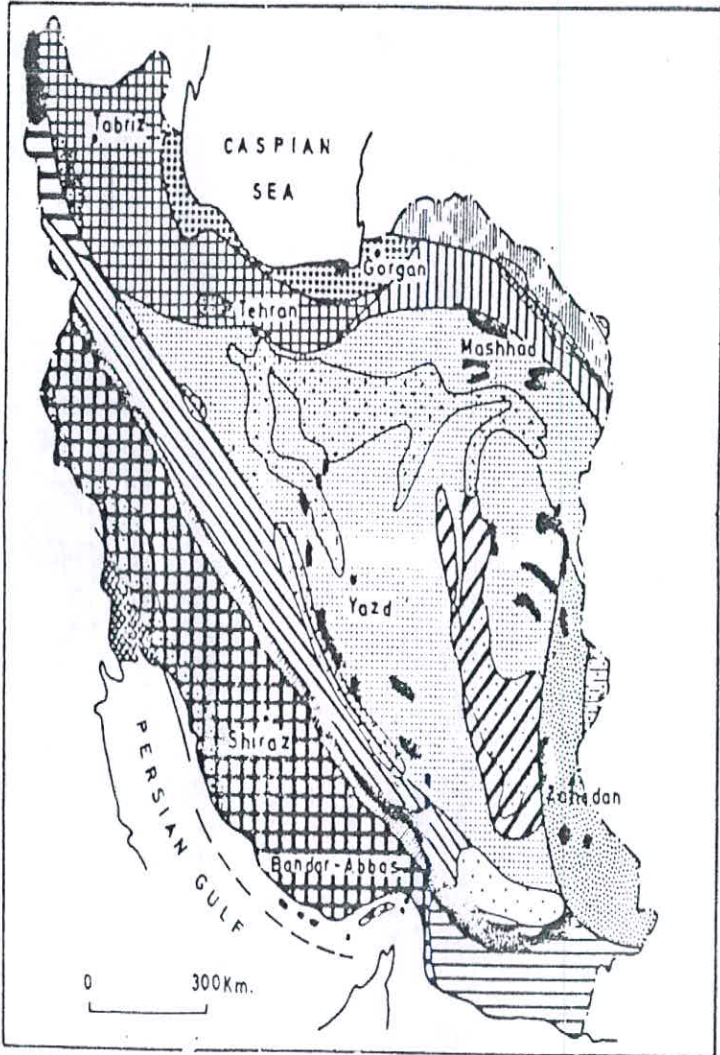
زمین شناسی عمومی

۲-۱- مقدمه

آنچه که از وضع ساختمانی - رسوبی ایران مشاهده می شود، معرف این واقعیت می باشد که بخشهای مختلف کشور ما در طول زمان، ویژگیهای زمین شناسی متفاوتی نسبت به هم داشته اند و از هم متمایز شده اند. به این ترتیب برای شناخت و آگاهی از حوادث گذشته که بر روی بخشهای مختلف این سرزمین اتفاق افتاده، آنها را در گروههای مختلف قرار داده و به مناطق یا زونهای تقسیم بندی کرده اند. خصوصیات زمین شناسی ایران در رابطه با وضع عواملی همچون ساختمان تکتونیکی آن و همچنین وضع حوضه رسوبی، شدت و نوع فازهای تکتونیکی و فعالیتهای ماگماتیسم، همگی باعث قطعه قطعه شدن پی سنگ پرکامبرین ایران، حرکت قطعات نسبت به هم و در نتیجه ایجاد محیطهای رسوبی جدید و مناطقی با ساختمان و سرگذشت زمین شناسی متفاوت شده اند.

برای اولین بار در سال ۱۹۶۸ اشتوکلین زمین شناسی ایران را به چند منطقه یا زون ساختمانی که دارای وضع تکتونیکی، تاریخچه ساختمانی و رسوبی متفاوت می باشند، تقسیم نموده است. در تقسیم بندی زمین شناسی ایران که توسط م. ح نبوی (۱۳۵۵) (شکل شماره ۲-۱) صورت گرفته است، اطلاعات جامعتر و جدیدتری ارائه شده است.

از آنجائیکه منطقه مورد مطالعه در استان یزد (آندالوزیت بافق) در زون ایران مرکزی از تقسیمات نبوی واقع شده است، به شرح این زون می پردازیم.



شکل شماره (۱-۲) - واحدهای ساختمانی - رسوبی ایران، م - ح، نبوی (۱۳۵۵)

۲-۲- زون ایران مرکزی

ایران مرکزی یکی از واحدهای اصلی و عمده ای است که به شکل مثلث در مرکز ایران قرار گرفته و جزء بزرگترین و پیچیده ترین واحدهای زمین شناسی ایران به شمار می رود. در این واحد قدیمی ترین سنگهای دگرگون شده (پرکامبرین) تا آتشفشان فعال و نیمه فعال امروزی وجود دارد. در واقع این منطقه را می توان محل قدیمی ترین قاره در ایران محسوب داشت که حوادث زمین شناسی فراوانی را متحمل شده است.

این زون از شرق به کویر لوت، از شمال به سلسله جبال البرز و از جنوب به زون سنندج - سیرجان محدود می گردد. ایران مرکزی از زون سنندج - سیرجان به وسیله فرورفتگیهای متعددی که در آن وجود دارد، جدا می گردد.

بنا به نوشته نبوی (۱۳۵۵) مرز واحدها با یکدیگر در بیشتر جاها گسلی است و در جاهای دیگر فرو رفتهایی وجود دارد که خط مرز واحدها از آن عبور می کند.

ضخامت بیرون زدگیهای سنگهای پرکامبرین در ایران مرکزی زیاد و خود از فرسایش سنگهای آذرین قدیمی تر به وجود می آیند. این مجموعه بر اثر حرکات کوهزایی کاتانگاهی، شدیداً دگرگون شده و پلاتفرم ایران مرکزی را تشکیل داده است که از پرکامبرین پسین تا تریاس، رسوبات قاره ای یا دریایی کم عمق روی آن را می پوشانند و به پوشش پلاتفرم موسوم است ولی حرکات خشکی زایی که اغلب موجب جابجایی قائم زمین در طول گسلها شده، باعث دگرشیبیهای فرسایشی و تغییرات رخساره ای شده اند به طوریکه گاهی رسوبات تبخیری نیز در اینفراکامبرین و در برخی از دوره های دوران اول تشکیل گردیده اند.

در دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک ، ایران مرکزی از نظر تکنیکی منطقه پرتحرکی بوده ، چنانچه علاوه بر چندین دگرشیبی کاملاً مشخص ، فعالیت ماگمایی به صورت سنگهای آتشفشانی و توده های گرانیتی نفوذی نیز در آن دیده می شود.

در دوره کواترنری علاوه بر گسلهای فعال جوان ، فعالیت سنگهای خروجی با ترکیب بازالتی خاص این دوره نیز در چند محل مشاهده گردیده است.

بخش غربی ایران مرکزی عموماً از سنگهای آتشفشانی و پیروکلاستیک های وابسته به آن تشکیل یافته است که در امتداد نوار طویلی از نهبندان تا بزمان و با پهنای تقریبی ۱۵۰ کیلومتر به موازات زون دگرگون شده سنندج - سیرجان قرار دارد و به نام زون آتشفشانی نهبندان - بزمان نامیده می شود. در داخل این زون آتشفشانی توده های متعددی بیرون زده اند که سن و ترکیب این توده های نفوذی متفاوت می باشد و اکثراً به تریاس تعلق دارند. این توده های نفوذی در اطراف منطقه مورد مطالعه میشدوان بسیار زیاد دیده می شود. علاوه بر این توده های نفوذی آمیزه های افیولیتی کرتاسه فوقانی نیز در کنار شکستگیهای اصلی این زون خودنمایی می کنند.

به طور مختصر از مطالعات زمین شناسی چند سال اخیر نتیجه می شود که :

اولاً : ساختمان چینه شناسی دامنه جنوبی سلسله جبال البرز شباهت زیادی به ایران مرکزی دارد.

ثانیاً : رسوبات دوران پالئوزوئیک تا سنوزوئیک ایران مرکزی و شمال ایران بیشتر از رسوبات پایایی و کم عمق تشکیل شده است.

از نظر چینه شناسی واحدهای سنگی پرکامبرین در ایران مرکزی که مستقیماً زیر رسوبات فسیل دار کامبرین قرار دارند ، در اکثر نقاط ایران مرکزی مخصوصاً در کوههای یزد به خوبی شناخته شده است.

سنگهای آهکی شیلی و ماسه سنگی، لیتولوژی اصلی کامبرین را تشکیل می دهند که ضخامت آن در بعضی جاهای ایران مرکزی به ۲۰۰۰ متر می رسد. به عقیده نبوی سنگهای دگرگونی پرکامبرین بیشتر در قسمت شرقی ایران مرکزی گسترش داشته و شامل گرانیات آناتکسی، میگماتیت، گنیس، آمفیبولیت، شیستهای مختلف و مرمر می باشد.

سنگهای غیردگرگونی مربوط به پرکامبرین که جوانتر می باشند حاصل رسوبات کم عمق دریایی و شامل شیل، سیلستون، دولومیت و توفهای اسیدی می باشند. کلیه این سنگها متاثر از کوهزایی آسینتیک (کاتانگایی) بوده اند.

مهمترین و شدیدترین فعالیت آتشفشانی در دوره انوسن به وقوع پیوسته که خصوصاً "کمر بند آتشفشانی ایران با روند شمال غرب - جنوب شرق بهترین معرف این پدیده است. این سنگهای آتشفشانی اغلب زیردریایی و از نوع آندزیتی - داسیتی و توفهای اسیدی می باشند.

۲-۳- فعالیت ماگماتیسم

از نظر فعالیتهای ماگمایی به طور خلاصه می توان گفت که فازهای مختلفی از پرکامبرین به بعد در ایران مرکزی شناخته شده است که عبارتند از:

- الف - در پرکامبرین دو فاز ماگمایی اسیدی شامل توفهای اسیدی، ربولیت و توفهای اسیدی (نتیجه چین خوردگی آسینتیک) قابل تشخیص می باشند.
- ب - از توده های نفوذی پرکامبرین می توان گرانیتهای بافق، اردکان و ... را نام برد. ضمناً ربولیت های پرکامبرین پایانی نیز گسترش زیادی دارند.

پ - در سیلورین فعالیت آتشفشانی به طور محلی مشاهده شده است و سنگ‌هایی نظیر بازالت، آندزیت و تراکیت حاصل شده است.

ت - در اواخر ژوراسیک توده های نفوذی از جمله گرانیت و دیوریت در شیرکوه یزد، شمال اردکان و ... مشاهده شده است.

ث - در کرتاسه به طور محلی فعالیت آتشفشانی وجود دارد.

ج - در کرتاسه پایانی همزمان با تشکیل آمیزه رنگین، فعالیت ماگمایی در ریفت‌ها شدید بوده که موجب تشکیل گابرو و بازالت گردیده است.

چ - در ائوسن شدیدترین و مهمترین آتشفشانی به وقوع پیوسته که خصوصاً "منجر به تشکیل گدازه و توف آندزیتی و داسیتی گردیده است.

ح - در الیگوسن سنگ‌های گرانیت، دیوریت در سنگ‌های قدیمی تر نفوذ نموده اند.

خ - در نئوزن فعالیت‌های آتشفشانی با سنگ‌های تراکیتی و داسیتی مشخص است.

د - دوره کواترنری با آتشفشان بزمان و تفتان مشخص می باشد.

۲-۴- فعالیت دگرگونی

فعالیت دگرگونی در ایران مرکزی را می توان به شرح زیر خلاصه نمود:

الف - پرکامبرین (فاز آسینتیک) با دگرگونی شدید رخساره آمفیبولیت همراه است که در نواحی پشت بادام، انارک، جندق، ترود و ازبک کوه به چشم می خورد.

ب - تریاس پایانی (فاز سیمیرین آغازی) دگرگونی ناحیه ترود را به این فاز کوهزانی نسبت می دهند.

پ - ژوراسیک پایانی (سیمیرین پایانی) این فاز دگرگونی در ایران بسیار کم گسترش داشته و منحصرآ در شرق ایران احتمالاً با نفوذ گرانیت همراه بوده است.

ت - کرتاسه پایانی (فاز لارامید) به طور پراکنده از برخی از نواحی ایران مرکزی گزارش شده است.

ث - دگرگونی شدید نئو سیمبرین که باعث دگرشکلی و دگرگونی شدید همراه با نفوذ توده های گرانیتی در مرکز و شرق ایران شده است. از نظر افتخار نژاد این بخش از ایران (البرز شرقی و کوههای بینالود و آلاداغ) مربوط به ایران مرکزی می باشد.

۲-۵- جغرافیای دیرینه و فازهای کوهزایی

۲-۵-۱- پرکامبرین پسین - کامبرین

اکثر سنگهای پی سنگ پرکامبرین در ایران چین خورده، دگرگون شده و گرانیتی شده هستند که به وسیله کوهزایی بایکالین بالا آمده اند (درویش زاده - ۱۳۷۰). این سنگهای دگرگونی بیشتر از نوع میکاشیست و گنیس می باشند که اکثر آنها از کوهزایی کارلین ناشی شده اند.

در تقسیمات سنگهای پرکامبرین ایران مرکزی (منطقه ساغند و پشت بادام) که به وسیله حقی پور (۱۹۸۰) انتشار یافته، قدیمی ترین فاز کوهزایی جاپدونین نامیده می شود که سنگهای رسوبی و آذرین موجود در منطقه را دگرگون کرده و انواع آمفیبولیت، گنیس میکاشیست، متاکرواک و میگماشیست را به وجود آورده اند.

کوهزایی بایکالین یا کاتانگایی در کامبرین پسین اتفاق افتاده و اثرات آن را می توان در سنگهای پشت بادام، ترود و... ملاحظه کرد. بر اثر این کوهزایی سنگهای پیش از اینفرکامبرین ایران دچار گسل خوردگی، چین خوردگی و دگرگونی شده و همزمان با آن فعالیت ماگمایی نیز آغاز گردیده است.

درجه دگرگونی سنگهای مناطق فوق الذکر متفاوت و بین رخساره های آمفیبولیت و شیست سبز در نوسان است. بنا به نوشته بربریان حرکات کامبرین پسین در ایران مرکزی دگرگونی درجه شدید و درجه ضعیف برجای گذاشته و در مناطق همچون بافق دگرشیبی زاویه داری به وجود آورده است.

۲-۵-۲- پالئوزوئیک

از کامبرین میانی در ایران مرکزی پس از تشکیل رسوبات تخریبی کامبرین زیرین نهشته های تخریبی و سپس آهکی با پیشروی دریا تا پایان پالئوزوئیک برجای گذاشته شده است. حرکات کالدونین در ایران از نوع خشکی زایی بوده و در این فاز کوهزایی، اکثر مناطق ایران از جمله ایران مرکزی از آب خارج بوده و تا اوایل دونین زیرین رسوبگذاری صورت نگرفته است. در ایران مرکزی در سیلورین پسین و دونین پیشین رسوبات ماسه سنگی قرمز و ژپیس برجای گذاشته شده است.

حرکات هرسینین از نوع خشکی زایی بوده و در نتیجه آن رسوبات پرمین زیرین به طور ناپیوسته بر روی رسوبات متفاوت پالئوزوئیکی حتی روی کامبرین ته نشین شده اند. این فاز با دگرگونی درجه پائین و به وجود آمدن دگرشیبی در بین رسوبات همراه بوده و تشکیل رسوبات آهکی دریایی و فلیشر، گسترش فعالیت آتشفشانی را به همراه دارد (اشتوکلین ۱۹۶۸ و بربریان ۱۹۸۰).

در ایران مرکزی سری پرمو - تریاس بدون آثار دگرگونی روی سنگهای دگرگونی قرار دارند که سن بیوتیتهای موجود در این سری دگرگونی را در حدود ۳۰۰ میلیون سال می دانند.

۲-۵-۳- مزوزوئیک

از آغاز تریاس زیرین دریای کم عمق در قسمت عمده ای از ایران از جمله در ایران مرکزی گسترش داشته است. در این دوره در قسمت مرکزی ایران جزیره نعلی شکل ساغند وجود داشت که مرداب لوت آن را از شمال و مغرب احاطه می کرد. این وضعیت کم و بیش تا تریاس میانی برقرار بود.

در تریاس میانی تقریباً در سرتاسر ایران رسوبات دولومیتی ته نشین می شده، حتی در مرداب لوت نیز شرایط تشکیل رسوبات دولومیتی برقرار بود. کوهزانی سیمیرین پیشین در ناحیه ساغند سنگهای پالئوزوئیک و تریاس را تحت تاثیر دگرگونی رخساره شیبست سبز درجه ضعیف قرار داده است. بنا به نوشته حقی پور و دیگران، بربریان و کینگ (۱۹۸۱) طی همین فاز بیوتیتهای جدیدی در داخل گرانیت سفید و گرانودیوریت پرکامبرین فوقانی به وجود آمدند.

در اواخر ژوراسیک فاز کوهزایی سیمیرین پسین به صورت دگرشیبی زاویه دار در قاعده کرتاسه مشخص می شد (بربریان ۱۹۷۳). این فاز منجر به ایجاد دگرگونی و چین خوردگی در تشکیلات رسوبات دریایی کم عمق ژوراسیک گردید و همراه با آن فعالیت نفوذی اسیدی و بازیک شامل مواد آتشفشانی کالک آلکان و نفوذیهای گرانودیوریتی وجود داشته که شدت آن نسبت به فاز تکتونیکی سیمیرین پیشین ضعیفتر بوده است.

پس از فرسایش و توقف رسوبگذاری حاصل از فاز استرین (درویش زاده ۱۳۷۰) نهشته های کربناته، تخریبی و آتشفشانی - رسوبی کرتاسه بر روی سنگهای زیرین تشکیل شدند. فعالیت نفوذی و رگرشکلی بعدی که در زمان کرتاسه پسین

صورت گرفت ، فاز فشاری لارامید بود که فعالیت نفوذی شدیدتری را به همراه داشته و در اکثر نقاط ایران از جمله بخشهای مختلف ایران مرکزی باعث ایجاد دگرشکلیهای جدید در سنگهای دگرگونی شده است.

فورانهای آتشفشانی در کرتاسه زیرین در ایران مرکزی گزارش شده است. در اواخر کرتاسه فورانهای بازالتی زیردریایی - آندزیتی در ایران مرکزی (آندزیت - داسیت - ریولیت) از رونق خاصی برخوردار بوده است.

۲-۵-۴- سنوزوئیک

در اواخر کرتاسه - پالئوسن مناطقی از ایران از جمله ایران مرکزی چین خوردگی شدیدی پیدا کرده و لایه های ترسیر به حالت دگرشیب بر روی لایه های قدیمی تر قرار گرفته اند. با پسروی دریا رسوبات کنگلومرایی و ماسه سنگی پالئوسن در ایران مرکزی ته نشین شده و در ائوسن بخش مهمی از ایران را دریای عمیقی فرا گرفته و همزمان با آن فعالیت آتشفشانی آغاز گشته است ، این آتشفشانها بیشتر ترکیب آندزیت داسیت و توفها بوده اند.

در ائوسن پایانی الیگوسن آغازی فاز کوهزایی مهمی حادث شد (فاز پیرینه) و شکل فعلی کوههای ایران ترمیم گردید. بسیاری از توده های نفوذی ایران در همین فاز به وجود آمده و اکثر کانسارهای فلزی به فعالیت ماگمایی همین دوره وابسته اند . به این ترتیب در مرکز ایران فرورفتگیهای فعلی و حوضچه های نمک به وجود آمده بر فراز این حوضچه ها به ویژه کویر بزرگ در مرکز ایران ، فرونشست قابل ملاحظه ای داشت و هزاران متر از رسوبات قاره ای در آن برجای گذاشته شد (اشتوکلین ۱۹۶۸).

حرکات اواخر کرتاسه - اوایل سنوزوئیک موجب پیدایش دگرشیبی رسوبات اوایل ترسیری و سنگهای کرتاسه شده است. در اثر این دگرشیبی در نواحی جنوب نائین و شرق یزد، رسوبات کرتاسه بالایی به تدریج به رسوبات مردابی - کولابی پالنوسن می رسند.

۲-۶- متالوژنی استان یزد (منطقه بافق)

استان یزد به واسطه داشتن تنوع زمین شناسی، تعداد حوادث زمین ساختی، رخدادهای تکتونو - ماگمایی و واقع بودن در پهنه های زمین ساختی مختلف دارای مشخصاتی گشته که در قالب تحلیل واحدی از متالوژنی می گنجد و هر یک از قسمتهای آن دارای متالوژنی و کانه زائی خاص خود می باشد. از آنجائیکه منطقه مورد مطالعه ما در ناحیه بافق واقع است به اختصار به کانسارهای این ناحیه می پردازیم. اکثر واحدهای زمین شناسی منطقه مربوط به دوره پرکامبرین می باشد، در این دوره کانسارهای مهمی تشکیل شده که تا حدودی توانسته نیاز کشور به بعضی از مواد معدنی را مرتفع سازد. این کانسارها عبارتند از:

الف - کانسارهای آهن

معادن سنگ آهن چادرملو، چغارت و سه چانفون از مهمترین کانسارهای آهن ایران و پرکامبرین شرق ایران مرکزی می باشند.

در معدن سنگ آهن چغارت، سنگ آهن توده آذرین زیر دریائی، تپه مانند و از نوع کراتوفیر تزریق شده است. برخی آن را نتیجه کنتاکت پنوماتولیتی و برخی آن را مربوط به فورانههای زیردریایی از نوع کراتوفیر کانی زا در نظر می گیرند. حقی پور (۱۹۷۴)، آن را به دگرگونی و متاسوماتیسم استاتیک مربوط می داند.

بر اساس داده های ژئوفیزیکی اکثر معادن سنگ آهن بافق ، در محل شکستگیهایی که در دهانه آتشفشانهای قدیمی ایجاد شده ، به وجود آمده است ، به نحوی که بر اثر فورانهای آتشفشانی قدیمی در پرکامبرین دهانه و مخروطهای آتشفشانی متعددی ایجاد شده و سپس در نتیجه شکستگیهای حلقوی از نوع کالداری ریزشی ، بخشی از مخروط فرونشست کرده و به این ترتیب گدازه های اسید ریولیتی از خلال شکستگیها به بالا روان شده ، سپس در فاز هیدروترمال بعدی ، شکستگیهای مزبور به وسیله کانه های آهن پر گردیده است. وجود درشت بلورهای آپاتیت ، چه به صورت منفرد و چه به صورت رگچه های کوچک ، در معدن چنارت و اسفوردی کم و بیش این مسئله را تایید می کند. در هنگام فاز کششی بعد از کوهزایی کاتانگهای ، سراسر منطقه ساغند ، تحت تاثیر مناسوماتیسم شدیدی قرار داشته است که وجود آپاتیت ها ، آپاتیت ها ، اپیدوتیت های رگه ای این مسئله را تایید می کند. در همین شکستگیها اورانیوم و تورنیوم از عیار جالب توجهی برخوردارند.

به طور کلی در منطقه بافق تا ساغند ، بیرون زدگیهای بسیار زیادی از کانسارهای آهن در طول شکستگیها به ویژه با امتداد شرقی - غربی می توان یافت. از جمله مناطق بریده ، کوه مایون ، کوه تاشک ، شمال غرب زیرگان ، کوه دو زردآلو ، جنوب خشومی ، جنوب پشت بادام ، چادرملو ، میشدوان ، اسفوردی و چنارت را می توان نام برد .

ب - کانسار مس

کانسارهای مس در پرکامبرین و اینفراکامبرین مناطق بافق یزد یافت می شود.

پ - کانسارهای سرب و روی

در منطقه ساغند و پشت بادام ، کانسارهای سرب و روی متعددی در سازندهای اینفراکامبرین دیده می شود که از نظر ژنز ، برخی آن را به حوادث پرکامبرین پایانی - اینفراکامبرین آغازی یعنی به کوهزایی کاتانگان مربوط می دانند.

در مناطق کوشک ، زریگان و کوه دو زرد آلو کانسارهای سرب و روی حائز اهمیت بوده و منطقه معدنی در قاعده سری ریزو ذکر شده است .

ت - فسفات

معادن فسفات آذین مانند معدن فسفات اسفوردی واقع در ۳۰ کیلومتری شمال شرق چغارت که در داخل ریولیت های همین منطقه تزریق شده است ، وجود دارند که آن را نشانه متاسوماتیسم شدید منطقه دانسته یا احتمالاً" به کرناتیت ارتباط داده ایم.

فصل سوم

ماده معدنی گروه سیلیمانیت

۳-۱- کلیات

مهمترین کانیه‌های گروه سیلیمانیت را آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت (دیستن) تشکیل می‌دهند. علاوه بر این، کانیه‌های مولیت، دموورتیریت و توپاز نیز در این گروه جای می‌گیرند. این کانیه‌ها از کانیه‌های ویژه رخساره‌های دگرگونی هستند که دارای فرمول و ترکیب شیمیایی یکسان Al_2SiO_5 هستند ولی از نظر ساختمان بلورین گوناگون می‌باشند. این نکته سبب تفاوت اعداد کوردینانس یونهای آلومینیوم در سه کانی می‌شود. در هر سه کانی یکی از دو یون آلومینیوم به شش اتم اکسیژن متصل می‌شود ولی یون دیگر در سیلیمانیت به چهار اتم اکسیژن، در آندالوزیت به پنج اتم اکسیژن و در کیانیت به شش اتم اکسیژن وصل می‌گردد. بنابراین اعداد کوردینانس آلومینیوم در سیلیمانیت ۶ و ۴، در آندالوزیت ۶ و ۵ و در کیانیت ۶ و ۶ است. در نتیجه با وجود مشابهت ترکیب شیمیایی، خواص فیزیکی - مکانیکی متفاوتی در سه کانی مشاهده می‌شود. در ارتباط با نحوه پیدایش این سه کانی شبهاتی وجود دارد که این موضوع سبب گردیده که شمار زیادی از پژوهشگران، چهارچوب ترمودینامیکی پیدایش این کانیه‌ها را مطالعه نمایند. از این رو است که پلی مورفهای گروه سیلیمانیت از معدود کانیهایی هستند که بیشترین پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند.

اگر بخواهیم واقعیت این شبهات را دریابیم، بی‌مناسبت نیست اشاره شود که نتایج به دست آمده از پژوهش‌های تجربی بر Al_2SiO_5 به نسبت تعداد کارهای آزمایشگاهی انجام گرفته، گوناگون است و شاید پلی مورفهای این ترکیب، یکی از معدود سیستم‌هایی است که به فراوانی در مورد کانیه‌های دربردارنده آن تحقیق شده است. به طور کلی در ترکیب این سه کانی به طور نظری، ۱/۶۳ درصد آلومین (Al_2O_3)

و ۳۶/۹ درصد سیلیس (SiO_2) وجود دارد، ولی همواره باید این موضوع را در نظر گرفت که مقادیر قابل توجهی از عناصر به عنوان ناخالصی این کانیها را همراهی می کنند. اهمیت وجودی این ناخالصیها زمانی در خور توجه خواهد بود که یا به صورت عناصر جانشینی وارد شبکه بلورین کانی گردند یا آنکه به صورت کانیهایی در درون (انکلوزیون) شبکه ساختمانی جای گیرند. اکسیدهای کروم، آهن، تیتانیوم، کلسیم، منیزیم، منگنز و کربن از شاخص ترین ناخالصیهای این کانیها هستند.

این کانیها عموماً به سنگهای دگرگونی با درجه حرارت و فشار متفاوت اختصاص دارند که در طبیعت فراوان یافت می شوند و در صنایع نسوز و دیرگدازها از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشند.

در میان کانیهای گروه سیلیمانیت، مولیت ($3\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$) بالاترین دمای تجزیه را دارد. دمای تجزیه کانیهای این گروه، توسط کونوپیکسی (Konopicky) اعلام شده است و عبارتند از حدود ۱۵۵۰ درجه سانتیگراد مربوط به سیلیمانیت و ۱۳۵۰ درجه سانتیگراد مربوط به آندالوزیت و کیانیت. هر سه کانی مذکور دارای انبساط گرمایی یکسانی می باشند که این انبساط همراه با کاهش وزن مخصوص می باشد. کیانیت دارای تغییرات وزن مخصوص زیادی از ۳/۵۹ تا ۳/۰۶ می باشد که این امر بیانگر علت استفاده آن در خنثی سازی انقباض آلومینو سیلیکاتهای دیگر (کائولن) می باشد. در جدول شماره (۱-۳) خواص نوری آلومینوسیلیکاتها نشان داده شده است.

با توجه به اهمیت و کاربرد این کانیها در صنعت در این قسمت به خصوصیات هر

یک از این کانیها به طور جداگانه پرداخته می شود.

جدول شماره (۱-۳) - خواص نوری آلومینوسیلیکاتها

کیانیت	سیلیمانیت	آندالوزیت	مولیت	
Al_2O_3, SiO_2	$Al_2O_3, 2SiO_2$	Al_2O_3, SiO_2	$3Al_2O_3, 2SiO_2$	فرمول
1.712 - 1.728	1.659 - 1.680	1.632 - 1.643	1.642 - 1.654	ضریب شکست
82°	20°	84°	45° - 50°	زاویه محوری (2V)
منفی	مثبت	منفی	مثبت	علامت نوری
بی رنگ تا بی کم رنگ	بی رنگ	معمولا بی رنگ	بی رنگ	رنگ
ورقه های عریض و کشیده اغلب خمیده	بلورهای منشوری شکل باریک و اغلب دانه ریز	کریستالهای شکل دار یا مجموعه های ستونی دانه درشت	منشوری طویل تا مربعی صلیبی شکل	شکل
متوسط قرمز درجه اول	متوسط تا بی درجه دوم	زرد درجه اول از زرد متوسط	زرد درجه اول از زرد متوسط	بیرفراژانس
در صفحه 100 حدود ۳۰ درجه با کریستال بزرگ	موازی	درشت مقاطع موازی	موازی	خاموشی

مشاهدات A.F. Rogers و P.F. Kerr (۱۹۳۳)، Mc Graw - Hill

۳-۲- ویژگیهای زمین شناسی

اسلیتها، فیلیتها و میکا شیبسترها از رسها پدید آمده اند و در گروه بزرگی از سنگهای دگرگونی با عنوان "متاپلیتها" جای گرفته اند (Winkler, 1976). از اینروست که بیان می شود آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت اجزاء معمول متاپلیتها هستند که در طیف گسترده ای از درجات دگرگونی پدید می آیند. در این راستا است که شمار زیادی از پژوهشگران گونه های مختلف Al_2SiO_5 را به عنوان شاخصهای بیان کننده میزان فشار می دانند.

در چهارچوب این گروه از رخساره های دگرگونی، برحسب شرایط دگرگونی عمل کننده بر سنگهای نخستین علاوه بر کوارتز دیگر کانیهای دگرگونی همچون پیروفیلیت، کلریت، استارولیت، کردیریت، گارنت ها، آندالوزیت، سیلیمانیت، کیانیت، مسکویت، بیوتیت و... پدیدار می شوند.

در این راستا نوع دگرگونی و شدت آن در پیدایش گونه های مختلف کانیه های دگرگونی جایگاه ویژه ای دارند.

از آن جهت که سازند شمشک با رخساره های پلیتی و گونه های مختلف ماسه سنگی به عنوان رخساره های نخستین در پیدایش ذخایر آندالوزیتی، سیلیمانیتی در بسیاری از مکانهای ایران همچون همدان، ده سلم، نهبندان و ... نقش اساسی دارند، از این رو آگاهی از واقعیت روند تکوین درجات دگرگونی تا مرحله پیدایش کانیه های یاد شده، به گونه ای نه چندان گسترده مورد توجه قرار می گیرد.

به طور کلی پلیتها در بردارنده کانیه های رسی (ایلیت، مونتوریلونیت و کائولینیت)، کلریت، مسکویت آواری، کمی کلسیت و مقدار درخور توجهی کوارتز و فلدسپات هستند. میزان این کانیه ها متغیر و همین موضوع نقش اساسی در پیدایش گونه های مختلف کانیه های دگرگونی دارد.

اولین رخداد تکتونیکی عمل کننده بر این رخساره های سنگی، پدیده دیاژنز است. در این راستا ممکن است کانیه های رسی بر حسب شرایط فیزیکی شیمیایی حاکم بر محیط به مقدار درخور توجهی تغییر رخساره دهند. به عنوان مثال مونت موریلونیت و کانیه های رسی چند لایه ای نامنظم ایلیت - اسمکتیت، گلوکونیت - اسمکتیت، میکا - ورمیکولیت، کائولینیت - اسمکتیت و ... در حین دیاژنز تجزیه می شوند. از این رو در آغاز فرآیند دگرگونی این کانیه ها وجود ندارند. در چنین شرایطی است که ایلیت، فنزیت، کلریت و کوارتز پیکره اصلی چنین رخساره های سنّی را پدید می آورند.

وینکلر (۱۹۷۶) این نظریه را که پیرو فیلیت نخستین کانی دگرگونی است که در آغاز دگرگونی درجه پائین و در رخساره شیبسته های سبز پدید می آید، مردود می داند. شماری از پژوهشگران بیان می کنند که این کانی در درجات بسیار پائین دگرگونی

پدید می آید، بنابراین چنانچه پیروفیلیت را به عنوان نخستین کانی آلومینو سیلیکاتی با رخساره دگرگونی ناحیه ای در این مجموعه به شمار آوریم، می تواند در مراحل بعدی دگرگونی که عمدتاً از گونه دگرگونی همبری است، در راستای پیدایش آندالوزیت پیش رود.



پیروفیلیت آندالوزیت

این فرآیند در فشار یک کیلوبار در دمای $15 + 400$ درجه سانتیگراد و در فشار $1/8$ کیلوبار در دمای $15 + 410$ درجه سانتیگراد رخ می دهد. این فرآیند آغاز پدیدار شدن کانیهای گروه سیلیمانیت است که با ادامه فرآیندهای دگرگونی اعم از ناحیه ای یا همبری (که معمولاً با نفوذ توده های بزرگ از سنگهای نفوذی همراه می شود) روند تکوین در پیدایش دیگر کانیهای این گروه همچون سیلیمانیت و کیانیت پیش می رود.

علاوه بر فرآیندهای انجام پذیرنده در دگرگونی ناحیه ای، نفوذ توده های ماگمایی فلسیک در روند تشکیل کانیهای جدید و تبدیل کانیهای گروه سیلیمانیت جایگاه ویژه ای دارد. با همبر شدن توده های نفوذی به صورت دایکها یا سیلپهای کوچک، سنگهای مجاور آنها به یک مرز پختگی می رسند، ولی چنانچه توده هایی از سنگهای پلوتونی به صورت پیکره های بزرگی به درون سنگهای دگرگونی تزریق یابند، به نسبت دمای حاصل از ماگما در کرانه های این توده نفوذی چندین منطقه دگرگونی مجاورتی پدید خواهد آمد، از اینروست که چنانچه این توده بزرگ آذرین در درون رخساره های شیلی نفوذ نماید، ردیفی از مناطق با رخساره کانیهای زیر پدید می آید:

۱- میکای سفید - کلریت - کوارتز

۲- میکای سفید - بیوتیت - کلریت - کوارتز + آندالوزیت

۳- کردیریت + استارولیت - مسکویت - بیوتیت - کوارتز + آندالوزیت

۴- کردیریت - فلدسپات پتاسیم - کوارتز - بیوتیت + آندالوزیت یا سیلیمانیت

معمولا همراه مجموعه اول و دوم آلبیت و در مجموعه سوم و چهارم آنورتیت

محتوی پلاژیوکلاز پدید می آید.

اگر سنگهای دربرگیرنده قبلا در حد درجه پائین دگرگونی یافته باشند، ردیف

اول چندان معمول نیست ولی ردیفهای دوم و سوم انجام شدنی است. ردیفهای اول

و دوم معمولا به صورت اسلیت‌های لکه دار یا شیستهای کلریت و میکادار (به صورت

لکه‌هایی) ظاهر می شوند.

۳-۳- آندالوزیت

کانی آندالوزیت برای اولین مرتبه در جنوب اسپانیا در محلی به نام آندلس پیدا

شده است. از این رو نام این کانی را آندالوزیت نامیده اند. این کانی به عنوان

شاخص ترین کانیهای حرارتی این گروه به شمار می آید و در روند پیدایش آن تقریبا

فشار نقش چندانی ندارد. از اینروست که به عنوان یک کانی دگرگونی همبری شناخته

شده است.

۳-۳-۱- خواص فیزیکی آندالوزیت

این کانی در سیستم اورتورومبیک متبلور می شود. بلورهای آن منشوری و سطح

مقطع عمود بر محور C آن تقریبا مربعی است. آندالوزیت معمولا صورتی رنگ است و در

مواردی به رنگهای سفید، قرمز و به ندرت زرد دیده می شود. نمونه های تجزیه شده

به رنگهای سیاه و قهوه ای تیره و نمونه های دارای ادخال به رنگهای خاکستری، زرد،

بنفش و سبز مشاهده می شوند. این کانی نور را از خود عبور می دهد و دارای جلای شیشه ای یا مرواریدی است.

سختی اندالوزیت بین $7/5 - 6/7$ با وزن مخصوص $3/16 - 3/13$ گرم بر سانتیمتر مکعب است. در دمای 1300 تا 1600 درجه سانتیگراد تخریب و به مولیت و سیلیس تبدیل می شود. مولیت قادر است دمای 1825 درجه سانتیگراد را تحمل کند.

۳-۳-۲- خواص شیمیایی اندالوزیت

ترکیب شیمیایی اندالوزیت SiO_2 ، Al_2O_3 یا $SiAl_2O_5$ است. در حالت ایده آل اندالوزیت باید دارای $62/9$ درصد Al_2O_3 و $37/1$ درصد SiO_2 باشد، ولی معمولاً به علت وجود ناخالصیهایی، مقادیر مذکور کاهش می یابد. چنانچه اندالوزیت حاوی انکلوزبونه‌های مواد آلی (زغال سنگ) به صورت ادخالهای منظمی به شکل صلیب باشد، به آن کیاستولیت (شیاستونید) گفته می شود. با افزایش این ادخالها مقدار Al_2O_3 کاهش می یابد. در اندالوزیت جانشینی آهن سه ظرفیتی به جای آلومینیوم نسبتاً کم و از این رو میزان Fe_2O_3 موجود در اکثر اندالوزیتها کمتر از دو درصد است و این در حالی است که ممکن است در گونه ای از اندالوزیت (منگان اندالوزیت) تمرکز منگنز زیاد و تا حدود 7 درصد Mn_2O_3 داشته باشد.

۳-۳-۳- زمین شناسی و شرایط تشکیل اندالوزیت

اندالوزیت معمولاً در دگرگونی مجاورتی از شیل‌های آلومینیوم دار در اثر توده های نفوذی گرانیتی و گابرویی به وجود می آید. وجود اندالوزیت معرف رخساره دگرگونی مجاورتی و وجود کانیهای کیانیت و سیلیمانیت بیشتر نمایانگر دگرگونی ناحیه ای است. بدین ترتیب عامل اصلی در تشکیل اندالوزیت دما است.

با توجه به شرایط پایداری، این کانی یک تشکیل دهنده عمومی سنگهای دگرگونی محسوب می شود. آندالوزیت خصوصاً در سنگهای دگرگونی رسی پلیتی موجود در هاله اطراف سنگهای آذرین درونی دیده شده و در بیشتر موارد با کربنیت همراه است. در درجات دگرگونی ضعیف به صورت دانه های نامنظمی در متن سنگ به طور پراکنده مشاهده می شود که با ازدیاد تدریجی شدت دگرگونی، بلورها حالت منشوری به خود گرفته و به صورت کباستولیت در می آیند و نهایتاً در درجات دگرگونی قویتر آندالوزیت بدون اذخالیهای کربن تشکیل می شود. در سنگهای دگرگونی ناحیه ای نیز آندالوزیت در مناطقی که فشار و حرارت پائینی تحمل نموده اند، دیده می شود. در این مناطق تشکیل آن از منشا کانولینیت است که در آغاز مراحل دگرگونی کانی پیروفیلیت در اثر سیلیسی شدن کانولینیت، به وجود آمده و در اثر تاثیر توأم فرآیندهای حرارت و فشار شبکه ساختمانی آن شکسته و منجر به تشکیل آندالوزیت می شود.

در مواردی در اثر آغشته شدن مواد گرانیتی به مواد رسی و پلیتی، آندالوزیت شکل می گیرد این کانی در سنگهای آتشفشانی بسیار کمیاب بوده و در تشکیلات رسوبی به عنوان کانی تخریبی در بعضی از ماسه سنگها و رسوبات مربوط به آن فراوان دیده می شود.

محصول عمده دگرسانی آندالوزیت کانی سربست است و تجزیه آن در امتداد رخهای آن صورت می گیرد. در شرایط حرارت و فشار بالا آندالوزیت ناپایدار بوده و به پلی مورفهای سیلیمانیت و کیانیت تبدیل می شود.

آندالوزیت را می توان به روش مصنوعی از کانولینیت و یا از ترکیب آلومین و

سیلیس در شرایط دمای ۶۵۰-۴۵۰ درجه سانتیگراد و فشار بخار آب ۳۰-۱۰ هزار پوند بر اینچ مربع (PSI) تهیه نمود.

تقریباً تمامی ذخایر آندالوزیتی شناخته شده در ایران (ذخایر ده سلم، غرب نهبندان، چهار فرسخ و همدان) از گونه کیاستولیت می باشند و در مقاطع عرضی آنها اشکال گوناگون صلیبی دیده می شود.

۳-۴- سیلیمانیت

این کانی اولین بار در سال ۱۸۲۴ توسط یکی از استادان شیمی دانشگاه یال به نام بنیام سیلیمان کشف گردید و به افتخار وی این کانی، سیلیمانیت نامیده شد. از آنجائیکه سیلیمانیت بیشتر دارای تجمع رشته ای یا فیبری است به آن فیبرولیت نیز می گویند.

۳-۴-۱- خواص فیزیکی سیلیمانیت

کانی سیلیمانیت معمولاً به دو صورت با بلورهای منشوری طویل و باریک و رشته های کدر که از ذرات ریز متبلور تشکیل شده است، مشاهده می شود. این کانی معمولاً بی رنگ و یا سفید رنگ می باشد. گرچه به رنگهای زرد، قهوه ای، سبز مایل به خاکستری و سبز مایل به آبی نیز دیده می شود. جلای آن صدفی و وزن مخصوص آن ۳/۲۵ گرم بر سانتیمتر مکعب است که مقدار کمی از آندالوزیت بیشتر می باشد.

سختی سیلیمانیت ۶/۵ و نقطه ذوب آن به ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد می رسد. سیلیمانیت در حرارت ۱۴۵۰ سانتیگراد درجه ناپایدار بوده و به مولیت و مایع تبدیل می گردد و با افزایش حرارت تا ۱۶ درصد افزایش حجم می یابد.

سیلیمانیت را به طریق مصنوعی از اکسیدهای ترکیب کننده آن در حرارت و فشار زیاد می توان تهیه نمود. به عنوان مثال سیلیمانیت از کائولن در مجاورت فلونورها در شرایط فشار ده هزار اتمسفر و حرارت ۹۰۰ درجه سانتیگراد تهیه شده است.

۳-۴-۲- خواص شیمیایی سیلیمانیت

فرمول شیمیایی سیلیمانیت مانند آندالوزیت Al_2SiO_5 یا $Al(SiAlO_3)$ است که برخلاف آندالوزیت در سیستم تریکلینیک متبلور می شود. در حالت ایده آل در ساختمان و ترکیب آن ۶۳/۱ درصد آلومین و ۳۶/۹ درصد سیلیس وجود دارد ولی باید مد نظر داشت که همواره ممکن است ناخالصیهای گوناگونی در ترکیب این کانی وارد شده که اکثراً جانشین Al می شوند. این امر باعث می شود که درصد Al_2O_3 کاهش یابد و در نتیجه درجه دیرگدازی آن کاهش یابد. برخلاف دو کانی دیگر این گروه، مقادیر عناصر ناخالص وارد ساختمان سیلیمانیت می شوند و ترکیب شیمیایی آن تقریباً ثابت و به فرمول Al_2SiO_5 نزدیک است. آهن سه ظرفیتی معمولی ترین عنصر جانشینی است که به جای Al می نشیند. در سیلیمانیت رشته ای (فیبرولیت) ممکن است مقداری آب وجود داشته باشد که آب مزبور به وسیله رشته های ظریف آن جذب شده است.

سیلیمانیت در اسیدها غیرمحلول است و چنانچه با کربناتهای قلیایی حرارت داده شود، تجزیه می شود. گرچه سیلیمانیت کمتر تجزیه می شود ولی مواد حاصل از تجزیه شامل مسکویت، سربسیت، پیروفیلیت، کائولینیت و مونت موریلونیت می باشد. در مورد آندالوزیت محصول دگرسانی و تجزیه تنها سربسیت می باشد.

۳-۴-۳- زمین شناسی و محیط تشکیل سیلیمانیت

سیلیمانیت هم در درجات بالای دگرگونی مجاورتی سنگهای رسی (پلیتی) از قبیل گنیس های مجاورتی سیلیمانیت - کردیریت دار و هم در درجات بالای دگرگونی ناحیه ای سنگهای رسی از قبیل میکاشیستهای سیلیمانیت دار به وجود می آید.

در ارتباط با پیدایش سیلیمانیت ، علاوه بر دما ، عامل فشار نیز به عنوان یکی از عناصر فیزیکی مطرح می گردد. از اینروست که سیلیمانیت را به عنوان گونه حرارتی - فشاری می دانند . البته این موضوع را نباید نادیده گرفت که در پیدایش سیلیمانیت نیز دما نقش اول را دارد.

سیلیمانیت از تغییر شکل کیانیت نیز تشکیل می شود ، هرچند که این تغییر شکل معمولاً به کندی صورت می گیرد. در مناطقی که هم دگرگونی ناحیه ای و هم دگرگونی مجاورتی در اثر نفوذ توده های آذرین صورت گرفته باشد ، سیلیمانیت و آندالوزیت ممکن است به صورت متداخل در یکدیگر دیده شوند. در این صورت محور C بلورشناسی دو کانی بر هم منطبق می شوند.

به طور خلاصه سیلیمانیت در گنیس ها ، شیستهای دگرگونی ، اسلیت ، هورنفلس و سایر سنگهای دگرگونی یافت می شود و کانیهای همراه آن معمولاً آندالوزیت ، کیانیت ، دمورتیریت و کردیریت هستند.

۳-۵- کیانیت یا دیستن

نام این کانی از دو سختی بودن آن برگرفته شده است و دیستن به همین معنی است. کیانیت نیز از واژه یونانی کیانوس به معنی رنگ آبی تیره است که به دلیل آبی بودن رنگ کانی است.

کیانیت با فرمول شیمیایی $Al_2(SiO_4)O$ در سیستم ارتورومبیک متبلور می شود. کیانیت به عنوان یک کانی فشاری در نظر گرفته می شود، زیرا در پیدایش و تشکیل آن فشار از اهمیت بالاتری نسبت به دما برخوردار است

۳-۵-۱- خواص فیزیکی

دیستن به صورت بلورهای طویل و نازک و یا تیغه ای و به صورت بین لایه ای میان شیبستها و گنیسها وجود دارد و گاهی اوقات به صورت گلهای شعاعی جای گرفته در کوارتز است. رنگ این کانی همانگونه که گفته شد آبی روشن گاهی اوقات سفید و در بعضی موارد وسط بلور آبی و حاشیه های آن بی رنگ می باشد و همچنین به رنگهای سبز، خاکستری و به ندرت سیاه رنگ دیده می شود.

رنگ خاکه آن سفید و جلای آن در سطح کلیواژ تا اندازه ای مرواریدی، شفاف تا نیمه شفاف است. سختی آن در سطوح مختلف متفاوت و بین ۴/۵ تا ۷ متغیر است و در جهات مختلف دارای دو سختی متفاوت است. سختی آن در یک جهت زیر ۵ و در جهت دیگر بالای ۵ در مقیاس موهس است. وزن مخصوص آن نیز به ۳/۷ - ۳/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب می رسد که این وزن مخصوص بیشتر از دو کانی دیگر این گروه است.

۳-۵-۲- زمین شناسی و محیط تشکیل کیانیت

کیانیت در سنگهای دگرگونی ناحیه ای که منشا پلیتی و به ندرت پسامیتی دارند، به وجود می آید و همچنین در اثر افزایش تدریجی شدت دگرگونی، بعد از استروئید و قبل از سیلیمانیت تشکیل می شود. کیانیت در بعضی از گرانیت ها نیز یافت می شود که احتمالاً "منشا آن مربوط به میگماتیتیزاسیون است. به علاوه در بعضی از اکلوزیتها و آمفیبولیتها نیز دیده شده است. کیانیت در صورت آلتراسیون به مسکویت، پیروفیلیت و در صورت تغییر درجه حرارت و فشار به سیلیمانیت و آندالوزیت تبدیل می شود.

این کانی در شرایط فشار بالا و حرارت متوسط تشکیل می شود. به علاوه وجود آن را در بعضی از رسوبات سنباده ای که از دگرگونی بوکسیت به وجود آمده است، ذکر نموده اند.

۳-۶- مولیت

ساسمن (Sosman) مولیت را سیلیکاتی عالی برای مصرف سرامیک بیان می کند. وی در سال ۱۹۵۵ در جزیره Mull در غرب اسکاتلند، مولیت را مورد شناسایی کامل قرار داد. مولیت برای اولین بار در سال ۱۹۲۴ توسط گریگ (Greig) و بون (Bowen) که بر روی آلومینوسیلیکاتها کار می کردند، شناخته شد. فرمول شیمیایی مولیت $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ می باشد که تا آن زمان ناشناخته بود. دو سال پیش از آن تومس (H.H.Thomes) در میان سنگهای انفجاری جزیره Mull سیلیکاتی یافت که فکر می کرد سیلیمانیت باشد اما بون و گریگ ثابت کردند که کانی مذکور منطبق بر ترکیب ۳ به ۲ می باشد، پس آنها آنرا مولیت نامیدند. بعد از آن افراد زیادی در مورد

نسبتهای فرمول مولیت مطالعه کردند و در نهایت همگی مشخصاتی را به عنوان کانی مولیت پذیرفته اند که این مشخصات در جدول شماره (۳-۱) آمده است.

مولیت در طبیعت به عنوان کانی قابل استخراج ظاهر نمی شود. اما در اثر حرارت دادن ترکیبی از آلومینیوم و رس که در آن نسبت Al_2O_3/SiO_2 معادل ۳ به ۲ می باشد، در دماهای بالا، مولیت حاصل می شود. هوکز (Hawkes) تکنیکی به نام طرح انگلیسی برای ساخت مولیت اختراع کرد که شبیه سیستم بایر در تهیه بوکسیت و آلومینا می باشد که بر اساس ترکیب و دانه بندی در اثر سوختن در یک کوره تونلی رسوبی به وجود می آید که مولیت به روش الکتریکی می باشد.

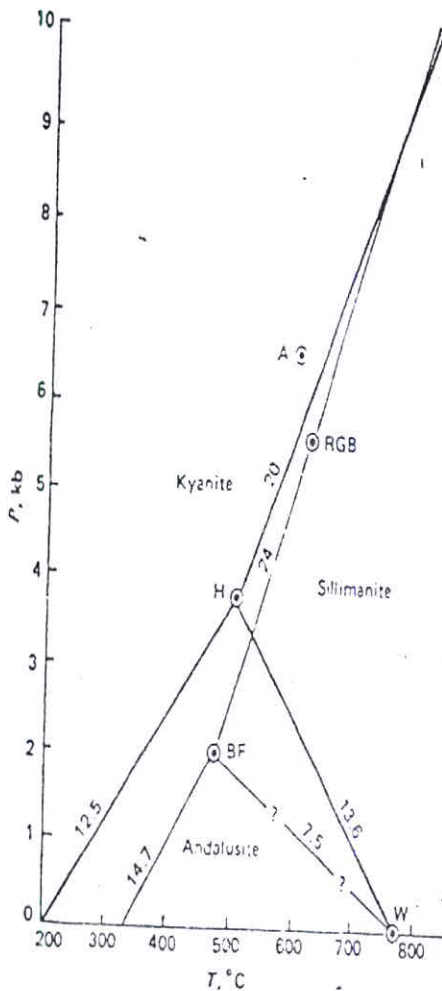
۳-۷- شرایط پایداری کانیهای گروه سیلیمانیت

همانگونه که در قسمتهای قبلی نیز اشاره شد کانیهای گروه سیلیمانیت از نظر ترکیب شیمیایی یکسان ولی از نظر شبکه بلورین، خواص فیزیکی و ... متفاوت هستند. به عبارت دیگر سه کانی این گروه پلی مورف می باشند. هر کدام از این کانیها در شرایط خاص ترمودینامیکی خود پایدار بوده و خارج از این شرایط ناپایدار و به کانیهای دیگر تبدیل می شوند.

در این قسمت سعی بر این است که به این شرایط پایداری اشاره شود. تاکنون مطالعات زیادی بر روی کانیهای این گروه توسط پژوهشگران مختلف صورت گرفته است و هر کدام شرایط ترمودینامیکی و دیاگرام فازهای خاصی ارائه کرده اند که بیان کننده شرایط پایداری این کانیها بوده است.

در این میان مختصات برخورد سه منحنی پیدایش کانیهای آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت از شاخص ترین موضوعاتی است که مورد پژوهش قرار گرفته است

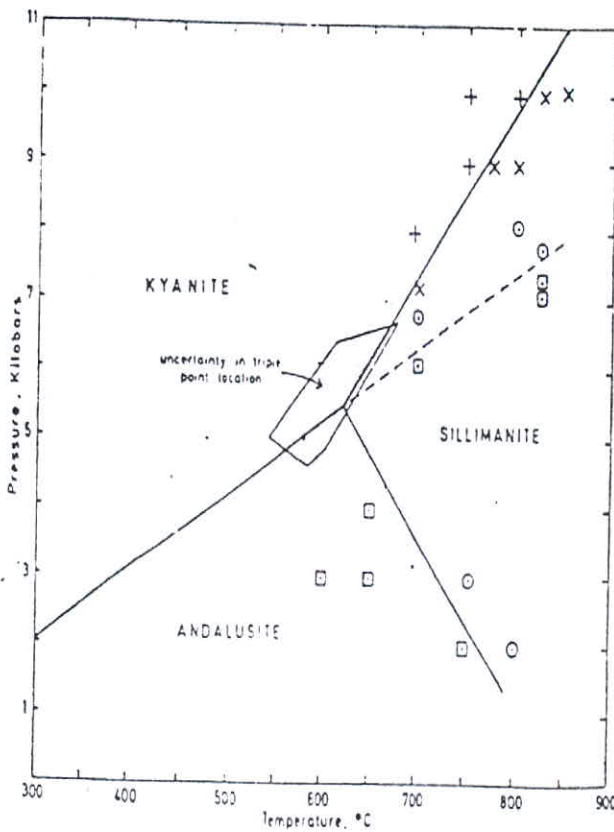
(شکل شماره (۱-۳)). جایگاه مکانی این نقطه در میان محورهای دما و فشار متفاوت و از این رو پیدایش هر کانی در فشار و دمای گوناگون انجام می پذیرد. شماری این نقطه را دمای ۵۰ ± ۳۰۰ درجه سانتیگراد و فشار $۸ \pm ۰/۵$ کیلوبار می پندارند.



شکل (۱-۳) - قرابت پایداری پلی مورفهای Al_2SiO_5 که به گونه تجربی محاسبه شده است.

براون و فیف (BF)، هولداوی (H)، ریچاردسون، بل و گیلبرت (RGB) و اکتاوس (A)

همانگونه که ذکر شد چنانچه عامل فشار را در ارتباط با پیدایش آندالوزیت حذف کنیم شکل شماره (۳-۱) بر خورد محل این سه منحنی را بین ۵۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد نمایش می دهد. ولی از آن جهت که همواره و در هر شرایط زمین شناسی کم و بیش فشاری هر چند ناچیز بر محیط اثر می نماید، از اینرو طیف تغییرات و مختصات این نقطه در بین محورهای فشار و دما محدوده ای پدید می آورد که این محدوده در شکل شماره (۳-۲) نشان داده شده است.

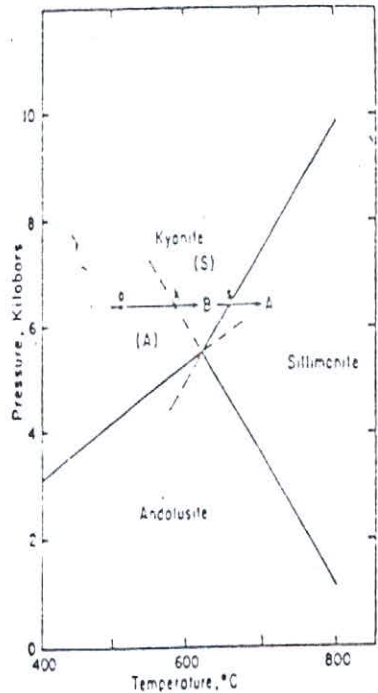
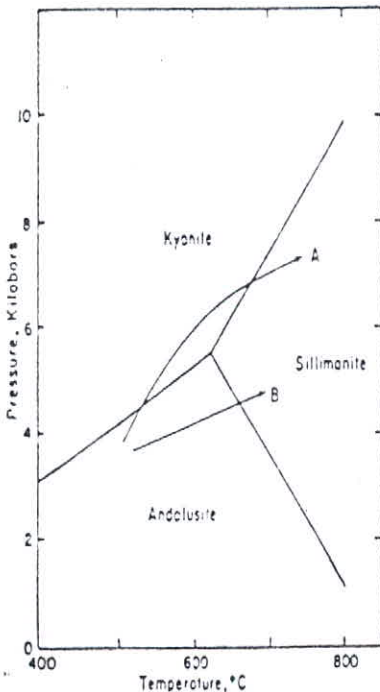


شکل (۳-۲) - مختصات فشار - دما در تشکیل پلی مورفهای Al_2SiO_5 و محدوده

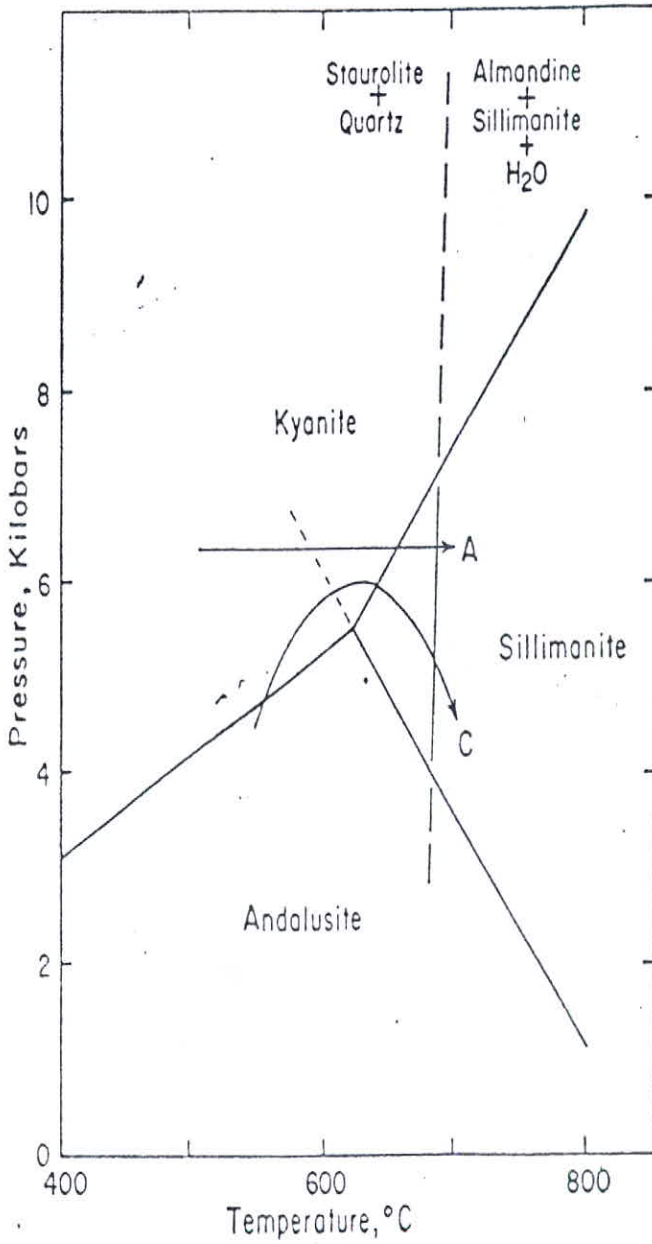
تغییر نقطه تشکیل

همانگونه که این منحنی و دیگر فاز دیاگرامهای تجربی نشان می دهند، این دما ممکن است از ۶۰۰ تا ۶۵۰ درجه سانتیگراد افزایش یابد که در این صورت میزان فشار از ۱/۵ تا ۲/۵ کیلوبار تغییر می کند.

روند تبدیل این سه کانی در شرایط گوناگون در خور توجه می باشد این موضوع در شکلهای (۳-۳) و (۴-۳) نشان داده شده است، هر چند که کیانیت به آندالوزیت برگشت نخواهد کرد (وینکلر ۱۹۷۶). بر همین مبنا ویل (Weill-1966) روند تبدیل آندالوزیت به سیلیمانیت را در فشار ۰/۰۰۱ کیلوبار در دمای ۷۷۵ ± ۲۰ درجه سانتیگراد و به وسیله هولدوی (Holdway -1971) در فشار ۱/۸ کیلوبار در دمای ۶۱۷ ± ۲۷ درجه سانتیگراد و در فشار ۳/۶ کیلوبار در دمای ۵۰۹ ± ۱۸ درجه سانتیگراد به دست آورده اند. شکلهای (۳-۳) و (۴-۳) روند تبدیل این کانیها را نشان می دهد (Hollister, 1969).



شکل (۳-۳) - روند تبدیل پلی مورفهای Al_2SiO_5



شکل (۳-۴) - فاز دیاگرام روند تبدیل پلی مورفهای Al_2SiO_5

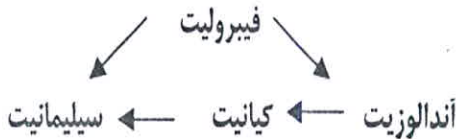
۱- آندالوزیت ← کیانیت ← سیلیمانیت

۲- آندالوزیت ← سیلیمانیت

۳- کیانیت ← سیلیمانیت

یعنی به جز برگشت ناپذیر بودن کیانیت به آندالوزیت، دیگر کانیها می توانند در حالت نیمه پایدار تا ناپایدار قرار گرفته و به هم تبدیل گردند.

رزن فلد (Rosen Feld (1969)) ضمن پژوهشهای ترمودینامیکی تصویری ارائه می دهد و گمان می برد که سیلیمانیت از کیاستولیت پدید آمده است. البته همین مساله و دیگر موارد تبدیلی نیز به وسیله هلیستر (Hollister) با تصاویری گویا نشان داده شده است.



پیدایش کانیهای کیانیت و سیلیمانیت، تنها با انجام فرآیندهای برگشتی و تبدیلی پایان نمی یابد بلکه در بسیاری موارد شکسته شدن کانیها و انجام فرآیندهای شیمیایی و مینرالوژیکی خاص، کانیهای جدیدی را پدید می آورند. به عنوان مثال همانگونه که در شکل (۳-۴) ملاحظه می شود پدیدار شدن دو کانی آلماندین و سیلیمانیت به بهای ناپدید شدن استارولیت و کوارتز خواهد بود.

در پژوهشهای بیشماری که در مورد این سه کانی انجام پذیرفته، چهارچوبهای ترمودینامیکی و مینرالوژیکی گوناگونی ارائه شده است که ذکر تمامی این فرآیندها در این نوشتار امکان پذیر نیست.

۳-۸- طبقه بندی کانسارهای خانواده کیانیت

همانگونه که دیده شد، کانیه‌های خانواده کیانیت معمولاً در سنگهای دگرگونی و مشتقات دگرسان شده آن یافت می‌شود. کانسارهای مربوط به این خانواده نیز برحسب سنگهای میزبان طبقه بندی می‌شوند.

۳-۸-۱- کیانیت

کانسارهای کیانیت به سه دسته کوارتزیت‌های کیانیت دار، شیست‌ها و گنیسهای کیانیت دار و کانسارهای توده ای کیانیت تقسیم می‌شوند.

کیانیت تولید شده در ایالت متحده امریکا از کوارتزیت‌های کیانیت دار به دست می‌آید. کوارتزیت‌های کیانیت دار سنگهایی حاوی ۱۵ تا ۴۰ درصد کیانیت هستند و معمولاً حدود ۵ درصد کانیه‌های دیگر مانند پیریت، روتیل و میکا دارند. شاخص این سنگ وجود مقدار کمی یون سدیم و پتاسیم و عدم حضور یونهای کلسیم و منیزیم می‌باشد. آلومینای موجود در کوارتزیت‌های کیانیت دار ۱۰ درصد تا ۲۵ درصد و به طور متوسط ۱۸ درصد است که مشابه ترکیب سنگهای با شیستوزیته حاوی لایه‌های کیانیت دار می‌باشد.

۱- کانسارهای کوارتزیت کیانیت دار

کانسارهای کوارتزیت کیانیت دار امریکا در ناحیه پیدومونت رشته کوه‌های آپالاش قرار دارد. این ناحیه توسط یک سری سنگهای آتشفشانی اسیدی دگرگون شده و همچنین سنگهای رسوبی احاطه شده است. سن این سنگها نامشخص است ولی بعضی از محققین سن آنها را کامبرین پیشین پیشنهاد کرده اند.

حداقل ۱۳ کانسار مجزای کوارتزیت کیانیت دار در این منطقه وجود دارد. زونی که از جنوب شرقی کالیفرنیا تا جنوب غربی آرژانتا کشیده شده است، یک زون متاولکانیک است که از لحاظ ترکیب و سنگ شناسی مشابه کمر بند اسلیتی کارولینا می باشد و در هر دو آنها کانسارهای کوارتزیت کیانیت دار یافت شده است. به هر حال، کیانیت که به صورت بلورهای درشت و قابل بازیابی وجود دارد، در این کانسارها به طور متوسط حدود ۲۵ تا ۳۵ درصد کانسنگ را تشکیل می دهد ولی از آنجا که کانسنگ حاوی مقدار زیادی انکلوزیون کوارتز است، در حال حاضر از این کانسار مقدار قابل ملاحظه ای کیانیت تولید نمی شود.

کوارتزیت های کیانیت دار در بسیاری از نقاط دنیا شناخته شده اند و معمولاً شرایط زمین شناسی مشابهی با کانسارهای ذکر شده در ایالت متحده آمریکا دارند. بعضی از این کانسارها در کشورهای سورینام، نروژ، کنیا و اتریش استخراج می شوند.

۲- شیبستها و گنیسهای کیانیت دار

کیانیت از کانیهای عمومی گنیس ها و شیبست های با درجه دگرگونی بالا در بسیاری از نواحی دگرگون شده در دنیا است. مقدار کیانیت در این کانسارها از یک درصد تا بیش از ۲۵ درصد همراه با گانگهای بیوتیت، فلدسپات، مسکویت، گرونا و گاهی هورنبلند و دیگر کانیهای عمومی تشکیل دهنده سنگ، تغییر می کند. سنگهایی از این نوع که مقدار کمی کیانیت دارند، به فراوانی و با گسترش زیاد در تمام جهان یافت می شوند. در حال حاضر هیچ شیبست کیانیت داری به منظور تولید کیانیت مورد استخراج قرار نمی گیرد و برای اینکه این سنگهای کیانیت دار اقتصادی باشد، باید این نواحی به طور عمیق هوازده باشند به طوری که دانه های کیانیت طوری آزاد شوند که بتوانند در سطح تجمع یابند.

به عبارت دیگر ، لازمه اقتصادی بودن این است که مقدار کیانیت زیاد و به آسانی قابل دستیابی باشد . این مسائل باعث شده است که علیرغم کشف کانساری با ۲۵ میلیون تن آلومینیوم سیلیکات با عیار ۲۵ درصد به علت مشکلات فرآوری ، از آن صرف نظر شود.

۳- کانسارهای توده ای کیانیت

کیانیت به طور محلی به صورت نودول و قطعات سنگی کوچک و بزرگ در سنگهای رسوبی سرشار از آلومینا که شدیداً دگرگون شده اند یافت می شود. این سنگها ، منبع اصلی تامین کیانیت هندوستان ، یکی از تولید کنندگان اصلی در دنیا ، در طول ۴۰ سال گذشته است. احتمالاً وجود این نودولها ، ناشی از جداسازی پنوماتولیتیکی محلی سیلیس و آلومینا در طی مراحل پسین دگرگونی ناحیه ای است.

این نوع کانسارها مشخصاً حاوی کراندوم و مقدار کمی روتیل است. کیانیت در این کانسارها معمولاً به صورت دانه های درهم قفل شده وجود دارد. کریستالهای کیانیت تولیدی هندوستان معمولاً متفاوت با بلورهای درشت کیانیت تولید شده در پلاسره های جورجیا است ، به طوری که کیانیت تولید شده در هندوستان به طور اساسی دارای حجم ثابتی در مقابل تغییرات حرارتی است و بعد از تکلیس به یک توده چگال سفید تبدیل می شود که برای سازندگان اروپایی نسوز ارزش زیادی دارد ، در حالیکه کیانیت جورجیا در طی تکلیس فیزیکی ، چگالی خود را از دست می دهد.

بزرگترین تولیدکنندگان کیانیت جهان ایالت متحده امریکا با ۹۰،۰۰۰ تن و

هندوستان با حدود ۳۵،۰۰۰ تن می باشند.

۳-۸-۲-سیلیمانیت

کانسارهای سیلیمانیتی به دو دسته شیبسته‌های سیلیمانیتی و کانسارهای توده ای

سیلیمانیتی تقسیم می شود.

۱- شیبسته‌های سیلیمانیتی

سیلیمانیت از کانیه‌های تشکیل دهنده بسیار عمومی در سنگهای با درجات متفاوت دگرگونی است. از آنجا که در سری سنگهای دگرگونی شرایط حرارتی تغییر می کند، کانیه‌های آلومینو سیلیکاته معمولاً" برای تعیین پارامترهای شدت دگرگونی به کار می روند. سیلیمانیت به ندرت پتانسیل تشکیل بلور قابل استخراج را دارا است و معمولاً" به صورت فیبرولیت به طور کاملاً" در گیر با کانیه‌های میکا، کوارتز و کانیه‌های دیگر وجود دارد و در این حالت فرآوری این کانی غیر ممکن است. در بعضی از سیلیمانیت شیبسته‌ها، سیلیمانیت به صورت نودولهایی که قابلیت استخراج را دارند، یافت می شود. به هر حال، تاکنون کانسارهایی از این نوع بسیار محدود بوده و بازاری برای کنسانتره کانسنگ آنها لااقل در امریکا وجود ندارد.

۲- کانسارهای توده ای سیلیمانیتی

این کانسارها مهمترین منابع تولید سیلیمانیت در دنیا هستند. سالیان زیادی است که کانسارهای توده ای سیلیمانیتی در ایالت آسام هندوستان استخراج می شود. تولید در سالهای اخیر به علت افزایش هزینه های تولید و جایگزینی مواد دیگر در ساخت آجرهای نسوز بسیار پائین آمده است. کانسارهای آسام هندوستان بر اثر جداسازی سیلیمانیت و کراندوم تشکیل شده است. سنگجوری دستی قابل ملاحظه ای برای بازیابی کلوخه های سیلیمانیتی صورت می گیرد، تا مورد استفاده صنایع نسوز به ویژه صنایع شیشه انگلستان قرار گیرند.

در مجاورت آدلاید جنوب استرالیا ، متاسوماتیسم مرحله پسین باعث تشکیل مخلوطی از کائولن همراه با نودولها و کلوخهای سیلیمانیت شده است. سیلیمانیت به عنوان محصول جانبی فرایندهای ساخت نسوز رسی بازیابی می شود.

کانسارهای دیگری از کلوخه های باقیمانده توده های سیلیمانیتی در این ناحیه استخراج می شود. البته بازار داخلی استرالیا برای این کنساتره ها محدود بوده و بنابراین تولید در مقیاسهای کوچکی صورت می گیرد.

بزرگترین کانسار توده ای سیلیمانیت - کراندوم در افریقای جنوبی ، در منطقه بل یافت می شود. کانسنگ این کانسار به طور متوسط ۵۳ درصد سیلیمانیت و ۴۱ درصد کربندوم را دارا است . منطقه به صورت چین خوردگیهایی است که سیلیمانیت خالص در هسته چین خوردگیها یافت می شود. تولید این کانسار در سال ۱۹۶۳ حدود ۵۶ هزار تن بوده که تا ۱۵۰ هزار تن در سال ۱۹۸۰ کاهش یافته است. بزرگترین تولید کننده سیلیمانیت در دنیا افریقای جنوبی است و بعد از آن هندوستان قرار دارد.

۳-۸-۳- آندالوزیت

۱- مقدمه

آندالوزیت یک تشکیل دهنده عمومی سنگهای دگرگونی است. البته فراوانی آن در این سنگها به اندازه سیلیمانیت و یا کیانیت نمی باشد. این کانی در اسلیتتهای میکا دار و شیست ها و گنیس های حاصل از دگرگونی مجاورتی توده های خروجی یافت می شود. معمولاً آندالوزیت مواد خارجی را در خود جمع می کند. در حالت خاص آن در کباستولیت ، انکلوزیون کربن به صورت یک صلیب در محور قرار دارد.

در برتانی فرانسه ، در حال حاضر یک آندالوزیت شیبست که به طور عمقی هوازده شده است ، استخراج می گردد. در این کانسار بلورهای آندالوزیت در ابعاد چوب کبریت به همراه بیوتیت ، هورنبلند ، مسکویت و فلدسپات یافت می شود و حدود ۲۰ درصد سنگ را تشکیل می دهد. این سنگها در این ناحیه به طور کاملاً واضح در معرض دید هستند و مطالعات زمین شناسی در مورد ژنز آنها صورت نگرفته است.

همچنین در نوا اسکاشیا کانسار بزرگی از آندالوزیت شیبستی وجود دارد که آندالوزیت آن حدود ۱۵ درصد سنگ را تشکیل می دهد و دیگر تشکیل دهنده های سنگ فلدسپات ، گرونا و مسکویت است. از آنجا که در بلورهای آندالوزیت حدود ۱۰ درصد منیتیت و مسکویت وجود دارد ، فرآوری کانسنگ آندالوزیت امکان پذیر نیست.

در کانسارهای کوه گوت در آیداهو آندالوزیت به همراه کیاتیت و سیلیمانیت وجود دارد. هیچ کوششی برای جدایش آندالوزیت از دیگر کانیهای آلومینوسیلیکاته نشده است. در آندالوزیت این کانسار مقدار زیادی ناخالصیهای مضر وجود دارد. با وجود وسعت زیاد کانسار در حال حاضر به علت مشکلات فرآوری ، استخراج آن غیر اقتصادی به نظر می رسد.

۲- آندالوزیت باقیمانده

کانسارهای ماسه ابرفتی آندالوزیت در افریقای جنوبی به فراوانی یافت می شوند و به همین علت افریقای جنوبی بزرگترین تولید کننده آندالوزیت در دنیا به شمار می رود، گزارشها حاکی از امکان تامین آندالوزیت مورد نیاز جهان تا ۵۰۰ سال توسط این کشور می باشد.

این آندالوزیت عمدتاً در ایالت ترانسوال افریقای جنوبی قرار دارد. آندالوزیت اولیه در سنگهای دگرگونی مجاورتی در ارتباط با کمپلکس آذرین بوشولد به وجود آمده

است. آندالوزیت هوازده از سنگ مادر آزاد شده و متعاقب آن به وسیله عمل باد و آب به طور طبیعی پرعیار شده است که این تغلیظ هنوز نیز ادامه دارد.

این ماسه آندالوزیتی حاوی ۵۰ درصد آندالوزیت قابل بازیابی است. تولید این آندالوزیتها به بیش از ۴۵ هزار تن در سال بالغ می شود. از سال ۱۹۶۴ یک واحد جدایش با واسطه سنگین، باعث تولید کنسانتره های عیار بالای آندالوزیت شده است.

۳-۹- اکتشاف و ارزیابی کانسارهای گروه کیانیت

با توجه به ویژگیهای کانی شناسی و زمین شناسی کانیهای این خانواده، سنگهای دگرگونی با رخساره های درجه متوسط و بالا به ویژه سنگهای پلیتی، محلهای مناسبی برای پیجویی این کانیها به شمار می رود. شیبستها و گنیسها نیز از واحدهای سنگی هستند که مورد توجه بررسیهای پیجویی قرار دارند. حاشیه سنگهای گرانیتی و پگماتیتی که در سنگهای رسوبی نفوذ کرده اند و همچنین پلاسره های ابرفتی، محیطهای مناسبی برای تشکیل آندالوزیت به شمار می رود.

تهیه نقشه های زمین شناسی کوچک مقیاس به منظور جدا کردن مناطق کانی دار از واحدهای تهی از کانه و همچنین جدا کردن نواحی پر عیار از کم عیار لازم می باشد. نمونه گیری سطحی، ترانشه زنی و حفر چاهکها و نمونه گیری از آنها، انجام آزمایشهای مختلف کانی شناسی، شیمیایی و فیزیکی بر روی نمونه ها و انجام بررسیهای کانه آرای مقدماتی از عملیاتی هستند که در مراحل مختلف اکتشاف صورت می گیرد. روشهای ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی در اکتشاف چنین ذخایری کاربرد ندارد.

بعد از اکتشافات مقدماتی، باید ارزیابیهای صورت گیرد. در هر پروژه اکتشافی

باید ارزیابی مقدماتی به منظور مقایسه هزینه های تولید کنسانتره کیانیت انجام گیرد.

در ایالت متحده امریکا هزینه تولید برای یک تن کنسانتره کیانیت حدود ۳۰ تا ۴۰ دلار است.

مسئله بعدی ارزیابی احتمال تولید محصول قابل فروش است. مشتریان کیانیت در مورد خصوصیات مواد مورد استفاده در محصولات نسوز بسیار حساس هستند. این حساسیت در درجه اول در مورد درجه آزادی بلورهای کیانیت می باشد. در غرب ایالات متحده امریکا چند کانسار خوب کوارتزیت کیانیت دار وجود دارد که بدون خرد شدن کانسنگ تا حدود کوچکتر از ۲۰۰ مش قابل بازیابی نیست و این در مقایسه با محصول کانسنگ ۳۵ تا ۲۸ مش کانسارهای دیگر بسیار ریز می باشد.

۳-۱۰- ذخایر کانیهای گروه سیلیمانیت در جهان

همانطور که گفته شد کانیهای گروه سیلیمانیت در سنگهای دگرگونی یافت می شوند. بزرگترین ذخایر کشف شده کانیهای گروه سیلیمانیت در افریقای جنوبی، امریکا و هندوستان وجود دارد. ذخایر کشف شده گروه سیلیمانیت در حدود ۲۵۰ میلیون تن و منابع آن حدود ۱۶۵ میلیون تن است. ذخایر جهانی کیانیت نزدیک ۵۹ میلیون تن است که نزدیک ۷۰ درصد آن در افریقای جنوبی و امریکا قرار دارد. ذخایر آندالوزیت حداقل ۱۰۵ میلیون تن است که نزدیک ۵۰ میلیون تن آن متعلق به افریقای جنوبی است. مجموع ذخایر کشف شده سیلیمانیت حدود ۸۶ میلیون تن است.

تجزیه و تحلیل آمار منتشره در زمینه ذخایر کشف شده و منابع معدنی و توزیع

جغرافیایی در کشورها و مناطق مختلف در جدول شماره (۳-۲) آورده شده است.

جدول شماره (۲-۳) - ذخایر کشف شده و منابع معدنی کانیهای گروه کینایت

(برحسب هزار تن)

جمع کل ذخایر و معادن	منابع معدنی	ذخایر کشف شده			نام کشور	
		جمع	سیلیمانیت	آندالوزیت		کینایت
قاره آفریقا						
۱۱۴	۱۱۴	-	-	-	-	کامرون
۲۱۸۰	۱۶۸۰	۵۰۰	-	-	۵۰۰	کتیا
۲۵۰۰	۲۵۰۰	-	-	-	-	لیبریا
۳۰۰	۳۰۰	-	-	-	-	مالاوی
۱۲۰	۱۲۰	-	-	-	-	نامیبیا
۱۳۲	۱۳۲	-	-	-	-	سومالی
۱۲۴۱۰۰	۶۱۰۰۰	۶۳۱۰۰	۶۰۰	۵۰۵۰۰	۱۲۰۰۰	آفریقای جنوبی
۵۲۰۰	۵۲۰۰	-	-	-	-	زیمبابوه
۱۳۴۶۴۶	۷۱۰۴۶	۶۳۶۰۰	۶۰۰	۵۰۵۰۰	۱۲۵۰۰	مجموع
قاره آمریکای جنوبی						
۵۰۳۴	۱۵۰۶	۳۵۲۸	-	-	۳۵۲۸	برزیل
قاره آمریکای شمالی						
۴۵۰۰۰	۴۵۰۰۰	-	-	-	-	کانادا
۳۰۰۰۰	-	۳۰۰۰۰	-	-	۲۰۰۰۰	امریکا
۷۵۰۰۰	۴۵۰۰۰	۳۰۰۰۰	-	-	۲۰۰۰۰	مجموع

ادامه جدول شماره (۳-۲)

جمع کل ذخایر و معادن	منابع معدنی	ذخایر کشف شده				نام کشور
		جمع	سیلیمانیت	آندالوزیت	کیانیت	
قاره آسیا و اقیانوسیه						
۳۰۸۰	۳۰۰۰	۸۰	۲۰	-	۶۰	استرالیا
۸۷۰۰۰	-	۸۷۰۰۰	۳۷۰۰۰	۵۰۰۰۰	-	چین
۷۲۰۵۰	۲۸۸۲۷	۴۳۲۲۳	۴۰۷۷۲	-	۲۴۵۱	هند
۳۰	۳۰	-	-	-	-	سريلانکا
۱۶۲۱۶۰	۳۱۸۵۷	۱۳۰۳۰۳	۷۷۷۹۲	۵۰۰۰۰	۲۵۱۱	مجموع
اروپای غربی						
۴۰۰۰	۴۰۰۰	-	-	-	-	اطریش
۳۰۰	۳۰۰	-	-	-	-	فنلاند
۵۰۰۰	-	۵۰۰۰	-	۵۰۰۰	-	فرانسه
۱۰۰	-	۱۰۰	-	-	۱۰۰	اسپانیا
۱۴۵۰۰	۱۰۰۰	۴۵۰۰	-	-	۴۵۰۰	سوئد
۲۵۰	-	۲۵۰	-	-	۲۵۰	ترکیه
۲۴۱۵۰	۱۴۳۰۰	۹۸۵۰	-	۵۰۰۰	۴۸۵۰	مجموع
شوروی و اروپای شرقی						
۸۰۰	-	۸۰۰	-	-	۸۰۰	بلغارستان
۱۱۵۰۰	-	۱۱۵۰۰	۸۰۰۰	-	۲۵۰۰	شوروی
۱۲۳۰۰	-	۱۲۳۰۰	۸۰۰۰	-	۴۳۰۰	مجموع
۴۱۳۲۹۰	۱۶۳۷۰۹	۲۴۹۵۸۱	۸۶۳۹۲	۱۰۵۵۰۰	۵۷۶۸۹	مجموع آمار جهانی

شمار زیادی از ذخایر سیلیمانیتی - آندالوزیتی هم از نظر مسائل پترولوژیکی و

هم در پیوند با تامین مواد اولیه دیرگذازها مطالعه شده اند. هورنفلسهای

آندالوزیت - سیلیمانیت دار ایرلند، اسلیتها و شیستهای آندالوزیت -

سیلیمانیت دار بوئولد آفریقای جنوبی، شیستهای سیلیمانیت - کیانیت دار اسکاتلند،

دگرگونیهایی در بردارنده آندالوزیت - سیلیمانیت و کیانیت دار آپالاج شمالی و شیبتهای سیلیمانیت دار ناحیه ورموت شمالی در آمریکا، شیبتهای سیلیمانیت - آندالوزیت دار سانتاروزا در نوادا، فیلیتهای آندالوزیت دار دگرگونیهایی حاشیه غربی سانتاریتا، سنگهای دگرگونی کوارتز کیانیت دار ناحیه بهاندرا و گنایسها و شیبتهای سیلیمانیت دار آسام در هندوستان، اسلیتهای آندالوزیت دار ازبکستان (کانسار اکتاش) و ترکستان نمونه هایی از ذخایر اینگونه کانیها در جهان می باشند.

۳-۱۱- ذخایر کانیهای گروه سیلیمانیت در ایران

۳-۱۱-۱- مقدمه

کانیهای گروه سیلیمانیت به عنوان مواد اولیه دیرگدازها در اوائل دهه شصت مورد توجه قرار گرفتند و از اینرو نخستین گام مطالعات و اکتشاف این ذخایر، به دنبال کارهای زمین شناسی گذشته که توسط اشتوکلین و همکاران ۱۳۵۲، سهندی و همکار ۱۳۶۲ انجام شده بود، به مرحله اجرا درآمد (عابدیان و همکار ۱۳۶۴).

در این راستا ذخایر آندالوزیتی - سیلیمانیتی ناحیه همدان مطالعه و زمینه را برای بررسی و اکتشاف دیگر ذخایر موجود در این ناحیه همچون ذخایر چهار فرسخ و سرتل (جنوب غرب نهبندان) فراهم آورد. گفتنی است که پتانسیلهای دیگری از این کانیها در دیگر نواحی (ایران مرکزی، سیستان و بلوچستان، غرب سیرجان و ...) شناخته شده اند (عابدیان و همکاران ۱۳۷۳-۱۳۷۰) ولی آنچه در این مقطع زمانی از نظر میزان ذخیره مورد توجه بسیار قرار گرفته ذخایر اینگونه کانیها در نواحی نهبندان، ده سلم و همدان می باشد.

وقوع رخدادهای تکتونیک در بلوک لوت، موجب به بار آمدن فرآیندهای دگرگونی و ماگماتیسم در واحدهای زمین ساختی موجود گردیده که در این چهارچوب رخساره های پلیتی سازند شمشک چهره ای در خور توجه از خود نشان داده اند. تزریق توده بزرگ گرانیتی شاه کوه این فرآیند را تکوین و در پایان ذخایر در خور توجهی از کانیه های سیلیمانیت - آندالوزیت را فراهم آورده اند. آندالوزیت از گونه کیاستولیت و عمدتاً در رخساره های پلیتی پدیدار شده است. بلورها درشت و گاهی تا حدود ۱۰ سانتیمتر طول و ۲ سانتیمتر قطر دارند.

کوارتز، فلدسپار، مسکویت، آندالوزیت و سیلیمانیت از عمده کانیه های پدیدآورنده سنگهای دربردارنده ماده معدنی به شمار می آیند. تمرکز این کانیه ها در سنگهای در برگیرنده متفاوت و از نقطه ای به نقطه دیگر تغییر می کند، به گونه ای که میزان انباشتگی این کانیه ها از چند درصد تا حدود ۵۰ درصد در جاهای مختلف نوسان می کند. از اینرو است که مقدار درصد آلومین این سنگها از کمتر از ۲۰ درصد تا بیش از ۳۰ درصد تغییر می کند.

در بعضی از اندیسه های مذکور عملیات اکتشاف مقدماتی به وسیله کارشناسان سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است که به طور خلاصه در زیر به آنها اشاره می شود، ولی کلاً اندیسه ها در مراحل پیجویی می باشند.

۳-۱۱-۲- سیلیمانیت و آندالوزیت ناحیه ده سلم

آبادی ده سلم در جنوبی ترین قسمت استان خراسان و در حدود ۹۴ کیلومتری جنوب غربی بخش نهبندان قرار گرفته است و از طریق جاده نهبندان - ده سلم قابل دسترسی است. در این ناحیه قدیمی ترین واحد سنگی گسترش زیادی دارد و بنابر گزارش کارشناسان سازمان زمین شناسی دارای سنی معادل تریاس تا ژوراسیک

است. این سنگهای دگرگونی شامل سنگهایی جوانتر با درجه دگرگونی پائین (سنگهای آهکی مرمری شده، اسلیت، فیلیت و اسلیت‌های کربندار) و سنگهای قدیمی تر با درجه دگرگونی متوسط (مرمر، انواع شیست و آمفیبولیت) است. توده نفوذی گرانیت شاه کوه، در این رخساره دگرگونی جوانتر تزریق شده و در اطراف خود هاله ای از دگرگونی ضعیف همبری را موجب گردیده است. علاوه بر توده گرانیتی فوق، سیلها و دایکهای پگماتیسی منشعب از توده اصلی درون سنگهای دگرگونی در نقاط دورتر نفوذ کرده و کانی حرارتی آندالوزیت را به وجود آورده است. زونهای آندالوزیت و سیلیمانیت دار در سمت شرق سنگهای با دگرگونی قدیمی تر قرار دارند که در بسیاری از شیستهای این ناحیه با عیار بالا به چشم می‌خورند به طوری که گاهی بیش از ۳۰ درصد حجم سنگ را تشکیل می‌دهند. زون دگرگونی شیستهای سیلیمانیت - آندالوزیت دار ناحیه ده سلم به صورت یک نوار به طول حدود ۲۵ کیلومتر با روندی مشابه ساختمان کلی زمین شناسی ناحیه کشیده شده است و در مجاورت سنگهای سبز رنگ که ظاهراً شباهت به سنگهای نفوذی بازیک دگرگون شده دارند، قرار می‌گیرند.

۳-۱۱-۳- زون کیانیت استان همدان

وجود کانیهای گروه کیانیت استان همدان در ناحیه شمال روستای کمری تا جنوب ده نو و اسداله خان در مسیر جاده همدان - ملایر گزارش شده است. محدوده مورد نظر به طول ۲ کیلومتر و عرض حدود ۵۰۰ متر گسترش دارد و از نظر مورفولوژی برجستگی مشخصی را ایجاد نموده است که ارتفاعی بلندتر از ۳۰ متر نسبت به اراضی اطراف دارد. راه ارتباطی آن از طریق جاده زمان آباد - کمری و یک جاده کوهستانی می‌باشد.

کانیهای آلومینو سیلیکاته این ناحیه به طول ۳ تا ۱۰ سانتیمتر و قطر ۱ تا ۳ سانتیمتر درون شیبستها وجود دارد که این شیبستها بر اثر نفوذ توده گرانیتی الوند همدان و در اثر دگرگونی مجاورتی به وجود آمده است. کانیهای گروه کیانیت بر اثر تخریب و فرسایش سنگهای دربرگیرنده، در سطح ناحیه و همچنین در رسوبات رودخانه ای و در نهشته های آبراهه های منطقه و پلاسرهای ناحیه نیز مشاهده می شود.

۳-۱۱-۴- ذخیره آندالوزیت در گیابان

این ذخیره آندالوزیتی در جنوب شرقی ایران و تقریباً در مرکز استان سیستان و بلوچستان در دامنه جنوبی رشته کوه بزمان، در ۴۰ و ۳۷ عرض شمالی و ۵۰ و ۵۹ طول شرقی واقع شده است. ذخیره شامل شیبست های آندالوزیت - کوردیریت داری است که در اثر نفوذ توده گرانیتی بزمان در شیل ها و ما سه سنگهای سازند سردر با زمان کربنیفر حاصل شده اند و دگرگونی با حرارت بالای (مجاورتی) این سنگها باعث تشکیل آندالوزیت همراه با کوردیریت در آنها شده است. آندالوزیت به صورت منشورهای باریک و کشیده به طول ۵ میلی متر تا ۱/۵ سانتی متر و بدون جهت خاصی (البته جهت بلورها در جهت لایه بندی اولیه سنگ است) در سنگ پراکنده است. زمینه سنگ میکاشیبستی با بلورهای فراوان بیوتیت و کلریت است که با شیب ۴۰ تا ۶۰ درجه به طرف شمال شرق و در امتداد N60W گسترش دارد. شیبستوزیته سنگ درست در جهت لایه بندی اولیه است و تغییر شکل ناشی از یک دگرگونی ناحیه ای را نشان نمی دهد. آپوفیزهای میکروگرانیتی و آپلیتی فراوانی به صورت لکه هایی سنگ را قطع نموده و باعث آتراسیون آن تا شعاع ۱ تا ۳ متری شده است. سنگ در زیر میکروسکوپ بافت پرفیر بلاستیک نشان می دهد و ترکیب کانی شناسی آن به صورت آندالوزیت (۲۰ تا ۴۰

درصد سنگ)، کزدیریت، بیوتیت، کوارتز، فلدسپات پتاسیم دار، کلریت و سیلیمانیت است.

آندالوزیت شیستهای گیابان دارای گسترش به طول حدود ۲۰۰۰ متر و عرض ۷۰۰ متر (۱/۴ کیلومتر مربع) با مقدار ۲۰ تا ۴۰ درصد آندالوزیت می باشند که با احتساب ۴۰ متر عمق قابل استخراج به طریقه روباز ذخیره ای معادل ۱۵۱،۲۰۰،۰۰۰ تن سنگ را دارا می باشند. این ذخیره آندالوزیتی موضوع بررسی این پروژه می باشد که در بخشهای بعدی مطالعات آن به تفصیل بیشتر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۳-۱۲- دیر گدازها و کاربردهای تجارتی

۳-۱۲-۱- کلیات نسوز

فرآیندهای مراحل فرآوری و ساخت فرآورده ها در بسیاری از صنایع پیشرفته امروزی در دماهای بسیار بالا انجام می گیرد. با توجه به این که محفظه های فلزی یا در مواردی غیرفلزی به تنهایی توان پایداری در دمای زیاد را ندارند، به کارگیری آسترهای مقاوم در برابر دماهای بالا و تنشهای پدید آمده در محیط مساله ای اجتناب ناپذیر است. نسوز یا دیرگداز به موادی گفته می شود که پیش از رسیدن به دمای ۱۵۲۰ درجه سلسیوس به حالت خمیری در نیایند و یا تغییر فاز ندهند و به زبان صنعتی شکل خود را از دست ندهند. این تنها ویژگی یک دیرگداز نیست، بلکه پایداری ترکیب و روی ندادن واکنش شیمیایی بین نسوزها و یا مواد درگیر با آنها خود یکی از ویژگیهای یک نسوز است.

مواد دیرگداز زیر مجموعه ای از مواد سرامیکی به شمار می آیند. مواد سرامیکی به ترکیب سیلیکاتی سخت و شکننده ای می گویند که در برابر دماهای بالا و محیطهای سخت، پایداری از فلزات و مواد پلاستیکی باشند. فرآورده های نسوز ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی لازم برای استفاده در دماهای بالا را دارا می باشند.

به عبارت دیگر یک نسوز علاوه بر تحمل دمای بالا باید در برابر عوامل دیگری همانند فشار، سایش، شوکهای حرارتی، مواد شیمیایی و بار مکانیکی که احتمالاً در شرایط کار در دمای بالا با آنها روبرو می شود، پایدار باشد و تغییر کیفیت و یا سرشت ندهد. بیشتر نسوزهای تجارتی ترکیبی از اکسیدها و عناصر زیر می باشند:

و SiO_2 که از این میان Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , FeO , Fe_3O_4 , CrO_3 , SiC , C و Al_2O_3 درصد بالاتری را در مواد دیرگداز دارا می باشند. به طور کلی ویژگیهای مواد نسوز عبارت است از :

- ۱- فراوانی در طبیعت
- ۲- نقطه گداز و خمیری بالا
- ۳- استحکام کافی
- ۴- انبساط حرارتی کم (ثبات حجمی)
- ۵- پائین بودن میزان تخلخل و روزنه تا حد ممکن
- ۶- عایق بودن در برابر جریانهای گرمایی و الکتریسیته
- ۷- پایداری در برابر واکنشهای شیمیایی مواد گداخته ، سرباره گداخته فلزی و غبار کوره
- ۸- انبساط و ضریب انبساط ثابت هنگام گرم کردن دوباره و نداشتن انبساط و انقباض ناگهانی
- ۹- پایداری شکل در برابر فشار و تغییرات ناگهانی دما
- ۱۰- پایداری در برابر ضربه
- ۱۱- نفوذ ناپذیری در برابر گازها
- ۱۲- پایداری در برابر عوامل خوردنده

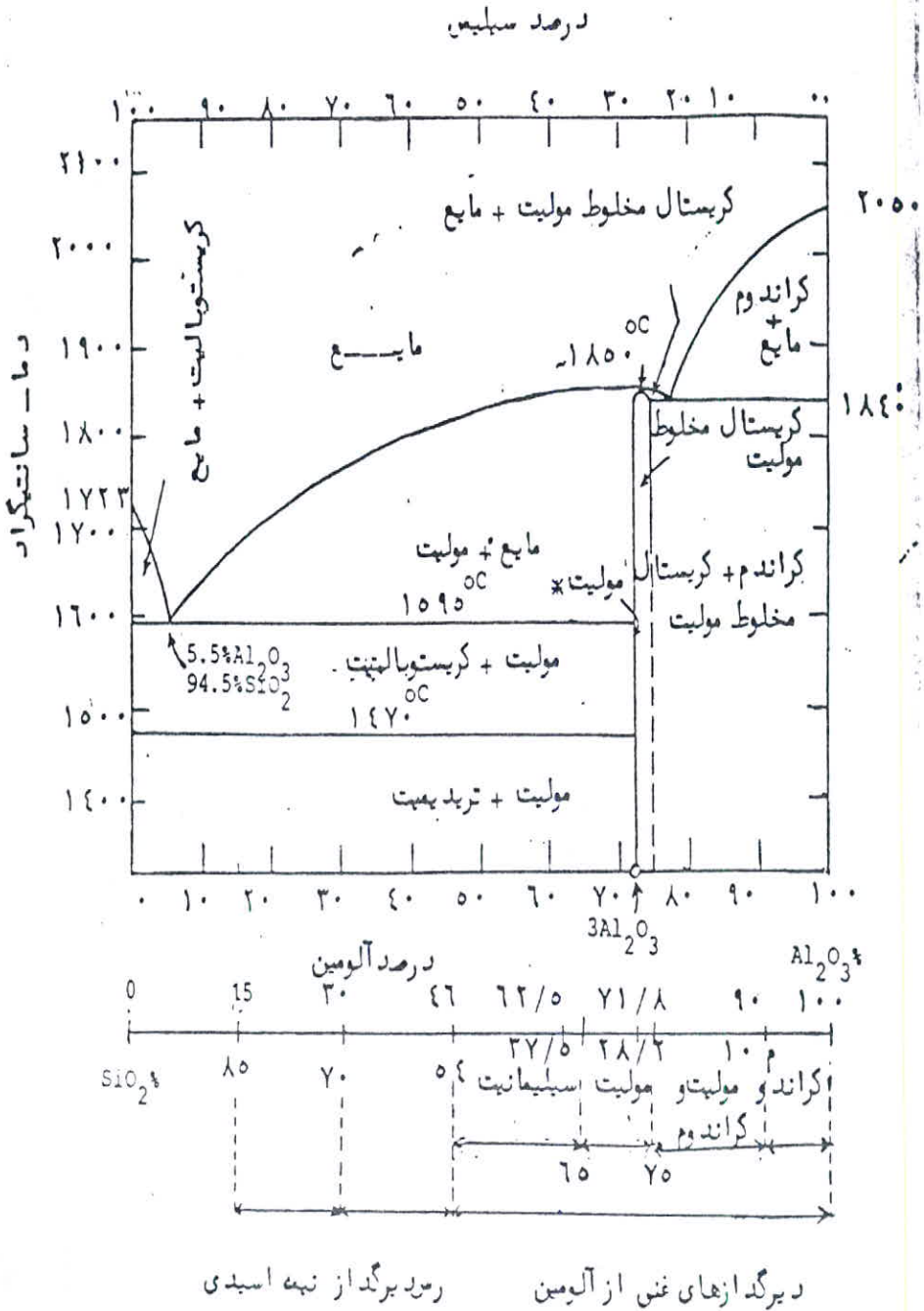
وجود این ویژگیها در نسوزها نسبی است و حتما نباید همه آنها با هم و با یک شدت فراهم آیند. به عنوان نمونه قابلیت هدایت گرمایی بالا ، در آجرهای نسوز کوره های کک سازی مورد نیاز است ولی در کوره های الکتریکی ، نسوز با درجه عایقی بالا کاربرد دارد.

به طور کلی آجرهای نسوز در یک چارچوب کلی به سه دسته اسیدی، قلیایی و خنثی دسته بندی می شوند که مجموع ترکیبات آلومینو سیلیکاتی (بیروفیلیت، کانولینیت و کانیهیای گروه سیلیمانیت) جزء گروه اسیدی به شمار می آیند. نقش اینگونه دیرگذاها در بسیاری از صنایع از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد، شماری از صنایع محافظه ها و کوره های فرآوری خود را با آستری از این آجرها پوشش می دهند.

در پایان فرآوری این گونه مواد (گروه سیلیمانیت)، عمدتاً دو کانی مولیت و کریستوبالیت تشکیل می شود. بنابراین تمام اهداف در تولید فرآورده های دیرگذا از گونه آلومینو سیلیکاتی با پیدایش دو کانی یاد شده به پایان می رسد.

مولیت ($3Al_2O_3, SiO_2$) با $71/8$ درصد آلومین و $28/2$ درصد سیلیس از درجه گدازندگی نسبتاً مطلوبی (تا 1850 درجه سانتیگراد) برخوردار است. شکل (۳-۵) منحنیها و روند پیدایش مولیت و کریستوبالیت را از کانیهیای آلومینوسیلیکاته نشان می دهد.

همانطور که گفته شد در کاربرد نسوزها، ملاک مهم و اصلی جهت ارزیابی مواد آلومین دار، درصد نسبی تشکیل مولیت در خلال پخت آنها است. در اثر فرآیندهای حرارتی ساختمان بلوری کانیهیای خانواده کیانیت شکسته می شود و پس از واکنشهای شیمیایی مخلوطی با 88 درصد مولیت به همراه 12 درصد سیلیس آزاد تشکیل می شود. بنابراین فرآیند مولیتی شدن یکی از مراحل اصلی در روند تحولات حرارتی این کانیهیاست.

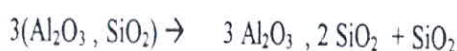


شکل (۳-۵) منحنیها و روند پیدایش مولیت و کریستوبالیت از

کانیهای آلومینوسیلیکاته

همانطور که گفته شده مولیت به ندرت در طبیعت یافت می شود و معمولاً از ترکیب کانیهای مختلف به دست می آید. جهت تشکیل مولیت با خواص دیرگدازی مطلوب، کانیهای مورد استفاده باید محتوی درصدی آلومینا نزدیک به آلومینای موجود در ترکیب تنوری مولیت، یعنی ۷۱/۸ درصد باشند. این عامل، دلیل مهمی برای انتخاب کانیهای گروه کیانیت به عنوان مواد سرشار از آلومینا به عنوان ماده اولیه تولید مولیت است. آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت دارای آلومینای بالاتر از ۶۰ درصد هستند و در مقایسه با نسوزهای دیگر مانند کائولن تکلیس شده (با ۴۵/۹ درصد آلومینا)، مواد مناسبتری برای تولید مولیت می باشند. بوکسیت با آلومینای متوسط ۷۰ درصد کانی مطلوبی برای تولید مولیت است ولی کمبود سیلیس بوکسیت باعث تشکیل آلومینا به همراه مولیت است. تولید تجاری آجرهای تمام مولیتی فقط با دقت در انتخاب مواد خام امکان پذیر است و از این نظر کانیهای کیانیت دار دارای بهترین ویژگیهای اقتصادی، بالاترین درصد آلومینا و خواص دیرگدازی می باشند.

به این ترتیب از حرارت دادن کانیهای گروه کیانیت و همینطور دو کانی دومورتیریت و توپاز، مولیت تولید می شود. دومورتیریت حاوی بر و توپاز حاوی فلئوسور است که هر دو این یونها در طی مرحله تبدیل کانی به مولیت تبخیر می شوند. بنابراین به طور عمده از کانیهای سه گانه کیانیتی به عنوان ماده خام تولید مولیت استفاده می شود. فرآیند تبدیل این کانیها به مولیت به شکل زیر می باشد:



کوارتز مولیت کانیهای کیانیتی

میزان درجه حرارت لازم برای تشکیل مولیت در هر یک از سه شکل پلی مورف Al_2O_3 , SiO_2 متفاوت بوده و با تشکیل مولیت حجم هر یک تغییرات متفاوتی می کند. جدول (۳-۳) خصوصیات تشکیل مولیت را نشان می دهد.

جدول (۳-۳) - خصوصیات تشکیل مولیت از کانیهای گروه کیانیت

تغییر حجم در تبدیل (درصد)	درجه حرارت مولیتی شدن	کانی
+ ۵	۱۳۸۰	آندالوزیت
+ ۷	۱۵۵۰	سیلیمانیت
+ ۱۸	۱۳۵۰	کیانیت

به غیر از انرژی حرارتی مورد نیاز برای تشکیل مولیت، ترکیب شیمیایی کانیهای مورد استفاده نیز بسیار مهم است. برای بهبود خواص دیرگدازی مولیت ناخالصیهایی آهن، تیتانیوم و عناصر قلیایی باید به حداقل کاهش یابند و به این منظور درصد Fe_2O_3 باید حتماً کمتر از یک درصد باشد و حداکثر مقدار TiO_2 به کمتر از دو درصد محدود شود و عناصر قلیایی نیز بسیار کم باشند.

تحقیقات نشان داده است که عمل مولیتی شدن از سطح دانه ها شروع شده و به داخل نفوذ می کند. بنابراین زمان عملیات پارامتر مهمی برای رسیدن به محصول مولیت کامل است. رابطه زمان - درصد مولیتی شدن کانیهای گروه کیانیت در نمودارهای شکل (۳-۶) نشان داده شده است.

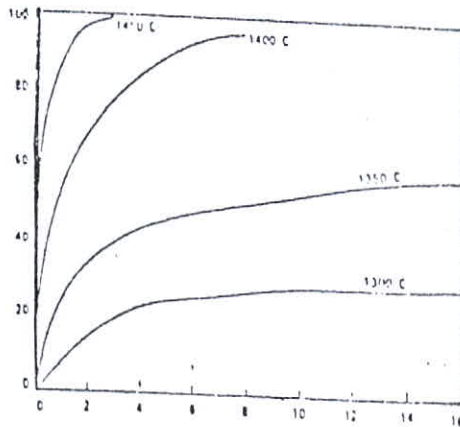
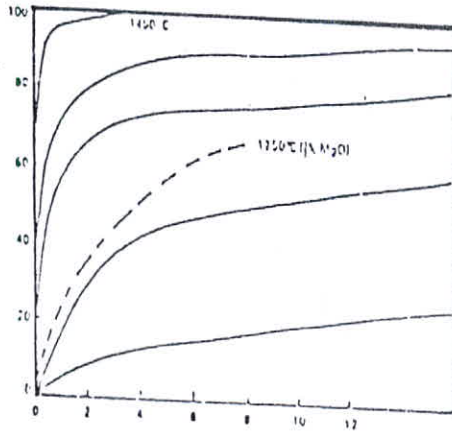
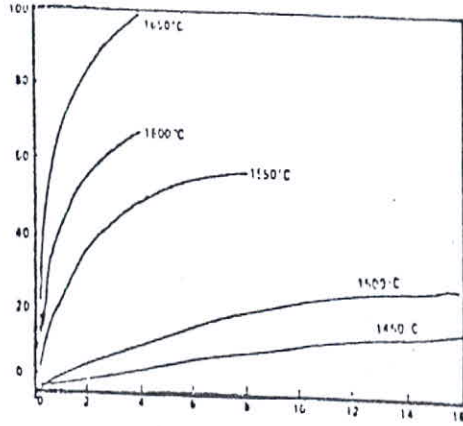
برای تعیین زمانی که کانیها مولیتی می شوند، لازم است درجه حرارت انتقال و همچنین پدیده های فیزیکی تاثیرگذار مختلف را مشخص کرد. کیانیت در میان کانیهای این گروه آسانتر و در درجه حرارت ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۰ سانتیگراد به مولیت تبدیل می شود

که این دما در مقایسه با دو کانی دیگر پائین است، بنابراین از نظر کاهش هزینه سوخت دارد. کیانیت به علت خصوصیات انبساط ذاتی، به طور معمول قبل از تکلیس استفاده می شود، زیرا کیانیت در اثر حرارت تا ۱۸ درصد منبسط می شود که این مقدار انبساط وابسته به ابعاد دانه ها و درجه حرارت می باشد. انبساط فوق قابل کنترل است و نه تنها مسئله ساز نیست، بلکه مزایایی را در جهت خنثی نمودن انقباضات پخت سایر مواد خام همانند رسها دارد. به هر حال در صورتیکه افزایش حجم مورد نظر نباشد، کیانیت قبل از استفاده باید کلسینه شود زیرا فرآیند مولیتی شدن هرگونه تغییری در ابعاد دانه ها را محدود می کند.

آندالوزیت در درجه حرارت ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ سانتیگراد به مولیت تبدیل می شود اما به دلیل اینکه انبساط حجمی بسیار پائینی دارد، بدون تکلیس قبلی می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

سیلیمانیت در درجه حرارتهای بالاتر از ۱۵۵۰ درجه سانتیگراد به مولیت تبدیل می شود و تغییر حجم آن نیز ناچیز است.

جدول (۳-۴) حرارت و انرژی مورد نیاز جهت تکلیس انواع مواد خام مورد استفاده در نسوزها را نشان می دهد.



شکل (۳-۶) - نمودارهای نشان دهنده رابطه زمان با درصد مولیتی شدن

جدول (۳-۴) - مقایسه انرژی و درجه حرارت تکلیس کانیهای نسوز

کاتیپها	درجه حرارت تکلیس (c)	انرژی مورد نیاز جهت تکلیس 10^6 Kcal به ازای هر تن
منیزیت	۹۰۰-۲۰۰۰	۱۳-۱/۵
مولیت	-	۴/۸
بوکسیت ۹۰-۸۵ درصد	۱۷۰۰-۱۸۰۰	۳/۳
بوکسیت ۷۰ درصد	۱۷۰۰	۲/۳
کانولن بوکسیتی	۱۶۵۰-۱۷۰۰	۲
کانولن	۱۵۰۰-۱۶۵۰	۱/۷۶
دیاسپور	-	۱/۲۶
کیانیت	۱۳۵۰-۱۴۸۰	۱
مواد خام شاموتی	۱۳۵۰	۱
سیلیمانیت	ناچیز	ناچیز
آندالوزیت	ناچیز	ناچیز

چنانچه در جدول نیز مشخص است از مزایای استفاده از کانیهای گروه کیانیت در مقایسه با دیگر کانیها، نیاز به انرژی کم جهت تکلیس قبل از کاربرد در نسوزها است. همانطور که قبلاً نیز تاکید شد وجود درصد نسبی مولیت خصوصیات نسوز و در نتیجه ارزش نسوز را تعیین می کند. این فاز مقاومت بیشتری در برابر تغییرات افت خزشی، اثرات سرباره و سایر خواص مطلوب شامل قابلیت هدایت حرارتی زیاد، ضریب انبساطی کم، تخلخل کم، بالا بودن مقاومت در برابر خوردگی محیطهای احیاء و روانسازی توسط قلیابهای فرار را داراست.

مقاومت خزشی در کاربردهای نسوز از مهمترین مزایا است. این مقاومت عبارت از توان آجر در تحمل حرارت‌های بالا و تحت بار و در مدت طولانی است. این خصوصیت در اثر وجود ناخالصیهای روانساز که باعث نرم شدن سریع آجر می شوند، کاهش می یابد. آجرهای آندالوزیتی و سیلیمانیتی نسبت به آجرهای شاموتی با کیفیت، شامل مقدار کمتری از اکسیدهای روانساز هستند و به این دلیل استحکام بیشتری دارند. این آجرها پس از ۲۵ ساعت تحت فشار ۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و درجه حرارت ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد افت خزشی کمتر از ۰/۲ درصد را دارند، در حالیکه این مقدار برای آجر شاموتی با کیفیت خوب که دارای ۴۲ درصد Al_2O_3 است به حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد می رسد.

پایداری حجمی یعنی انقباض و انبساط مواد در هنگام افزایش درجه حرارت در انتخاب آجر نسوز مهم است. آجرهای شاموتی در پخت مجدد تحت شرایط آزمایشگاه یک انقباض معمولی تا ۱۰ درصد را نشان می دهند، در صورتی که آجرهای آندالوزیتی انبساط مداوم و آرامی دارند که این افزایش حجم به علت تبدیل آندالوزیت به مولیت است. مقدار آندالوزیتی که پس از ساختن آجر به مولیت تبدیل نشده است، در حین مصرف تبدیل به مولیت شده و خصوصیت انبساطی آرامی را به آجر می دهد که این انبساط بیش از اثرات انقباضی است که معمولاً در آجرهای شاموتی وجود دارد. همانطور که قبلاً گفته شده، کیانیت خام ممکن است جهت از بین بردن کاهش حجم نسوزهایی با پایه شاموتی مورد استفاده قرار گیرد.

در کانیهای کیانیتی، ساختمان فاز مولیت دارای مقاومت خوبی در برابر شوک حرارتی است که در نتیجه تغییرات سریع درجه حرارت روی آنها اثری ندارد. این مقاومت خوب، مربوط به ضریب انبساط پائین و قابلیت حرارتی بالایی مولیت است.

غلظت و تراکم تواما" تخلخل را به حداقل کاهش می دهند و این عمل باعث محدودیت نفوذ سرباره ها ، گازها و گرد و غبارهای زیان آور می شود. به علت کم بودن میزان روانسازها در این کانیها ، مقاومت در برابر فاز شیشه ای که توسط سرباره و بخارها ایجاد می شود ، افزایش می یابد. به هر حال دانه های کیانیت تکلیس شده معمولاً "متخلخل هستند ، اما با دانه بندی صحیح و خردایش مناسب می توان به تخلخلی در حدود ۱۷ تا ۱۸ درصد و وزن مخصوص ظاهری ۲/۶ دست یافت.

سختی ذاتی کانیهای کیانیت در جاهایی که خورندگی و سایندگی مسئله ساز است ، یک عامل برتری نسبت به دیگر کانیها است و از این حقیقت ناشی می شود که دانه هایی که خاصیت نسوزندگی دارند بافت اصلی خود را حفظ کرده و انبساط بیش از حد ، نظم بلوری و دانه بندی در داخل بلور را بر هم نمی زند.

اکسیدهای سدیم و پتاسیم دارای خاصیت دیرگداز (کمک ذوب) بوده و به سبب پائین آوردن نقطه ذوب مواد اولیه ، اثر روانسازی بسیار شدیدی بر روی مخلوطهای آلومین و سیلیس دارد. وجود این عناصر قلیایی در مخلوط ممکن است نقطه ذوب مخلوط را تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد برساند.

صنعت شیشه مثال خوبی از کاربرد مولیت است. در این صنعت نسوزهای سیلیمانیتی و مولیتی به طور گسترده به عنوان مواد نسوز در دیواره های کوره ها ، دیواره های دستگاههای پیش گرمکن و قسمتهای لانه زنبوری کوره مورد استفاده قرار می گیرند. نسوزهای سیلیمانیتی در سالهای اخیر به عنوان نسوز پشتیبان ، جایگزین محصولات شاموتی شده اند و این به دلیل درجه حرارتهای بالا در صنعت شیشه و خورندگی شیمیایی زیاد شیشه است. در کوره های مخصوص ذوب به علت سایش بالای شیشه از مولیت استفاده می شود ، البته باید توجه داشت که قیمت بالای مولیت باعث

کاربرد محدود آن شده است. با توجه به مقاومت خزشی بالای مولیت، کاربرد آن به ویژه در درجه حرارت‌های بالاتر از ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد در تاج کوره و دیواره های کوره دارای مزایایی است، ولی استفاده از سیلیماتیت محدود به مناطقی با دمای کمتر است. مولیت کاربرد زیادی در روزنه گلوگاهها و در ساختمان دیواره محفظه های دستگاههای پیش گرمکن دارد.

آجرهای دیرگداز سیلیماتی به سبب داشتن ویژگیهای خاص مانند تخلخل کم، وزن مخصوص زیاد، مقاومت فشاری بالا، تغییرات طولی کم و درجه گدازندگی بالا نسبت به آجرهای دیرگداز رسی برتری دارند. صنایع متالورژی، سرامیک، سیمان، تولید آهک، شیشه، کک سازی، نیروگاهها و صنایع اتمی و ... در شمار صنایعی هستند که از آجرها و موارد ویژه این گونه دیرگدازها استفاده می کنند.

۳-۱۲-۲- آزمایشات فیزیکی مهم بر روی مواد نسوز

روشهای چندی برای آزمایش مواد نسوز و مشخص کردن ارقام ویژه آنها وجود دارد. در این قسمت تنها، روشهای آزمایشی که معمولاً در حال حاضر به کار می روند، شرح داده خواهند شد. این روشها به خواص فیزیکی و شیمیایی نسوزها مربوط است.

- نسوزندگی (Refractoriness)

نسوزندگی یعنی قابلیت تحمل درجات حرارت بالا و واضح است که این یکی از مهمترین نیازهایی است که در کاربرد مواد نسوز مد نظر است. روش آزمایش این خاصیت یکی از قدیمی ترین روشهای مورد استفاده در تکنولوژی نسوز است.

- نسوزندگی تحت بار (Refractoriness under Load)

آزمایش نسوزندگی تحت بار، مطالعه میزان تغییر شکل آجرهای نسوز پخته

شده تحت فشار ثابت و افزایش درجه حرارت است. تغییر شکل در اثر اعمال بار منطبق با محدوده درجه حرارت ذوب شدن مواد خالص نیست و تحت تاثیر مقدار و نحوه توزیع روانسازهای دارای نقطه ذوب پائین می باشد.

- خزشی مقاومت (Creep Strength)

هنگامی که اجزای نسوز از همه طرف یکنواخت گرم می شوند و در مدت زمان طولانی تحت فشار قرار می گیرند، می توان رفتار آنها را از نظر حرکت در اثر فشار به وسیله آزمایش طولانی مدت مقاومت خزشی مشخص نمود.

- انبساط حرارتی (Thermal Expansion)

کلیه مواد در اثر گرما متحمل تغییرات حجمی می شوند. تحت چنین شرایطی، اغلب اجزای نسوز از خود رفتار انبساط خطی نشان می دهند. به وسیله تغییر در ترکیب آجر یا تغییر در نحوه پختن آن می توان تا حد معینی شکل منحنی انبساط حرارتی را تغییر داد. انبساط حرارتی دارای اهمیت کاربردی است، زیرا که در زمان آجرچینی می بایست برای این انبساط، فضایی منظور گردد.

- مقاومت در برابر شوک حرارتی (Thermal Shock Resistance)

مقاومت در برابر شوک حرارتی مشخص کننده یکی از مهمترین خواص مواد نسوز تحت شرایط کاری کوره، یعنی رفتار آجر در موقع مواجه شدن با تغییرات ناگهانی درجه حرارت در ضمن کار کردن کوره، می باشد. این چنین تغییرات درجه حرارتی قادرند به مقدار قابل توجهی به مقاومت بافت ساختمانی آجر صدمه وارد نمایند و منجر به شکنندگی یا سرشکن شدن آن شوند.

۳-۱۲-۳- کاربرد

کانیهای گروه کیانیت به علت درصد بالای آلومینا به طور معمول در صنایع نسوز مصرف می شوند. این کانیها در درجه حرارتهای بالا تشکیل فاز پر اهمیت مولیت $(3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)$ را می دهند. این کانی یک استحکام حرارتی زیاد را همراه مقاومت در برابر عوامل فیزیکی و شیمیایی ایجاد می کند. این ویژگی در دماهای بالا و در وضعیت خوردگی شیمیایی مطلوب است. این گروه از کانیها به عنوان ماده اولیه ساخت آجر در صنایع فولاد و شیشه و همچنین در کوره های پخت سیمان و کوره های عملیات حرارتی به طور روز افزون مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به ویژگیهای عمده این کانیها، استفاده از آنها در صنایع سرامیک و پتروشیمی نیز مسلم می باشد. جدول شماره (۳-۵) کاربردهای عمده این کانیها را به عنوان نسوز نشان می دهد. حدود ۹۵ درصد از تولید کانیهای گروه کیانیت در صنایع نسوز استفاده می شود.

کاربرد اصلی کیانیت در تهیه ملاتهای نسوز، ملات و مخروطهای کوبیدنی است و این به علت دانه بندی ریز کنسانتره کیانیت است که امکان استفاده از کیانیت را در آجر نسوز محدود کرده است. برای استفاده در آجر نسوز، مقدار کیانیت ۱۰ تا ۴۰ درصد مخلوط را تشکیل می دهد و بقیه مخلوط شامل رسهای نسوز و مواد دانه درشت تر است. کیانیت خام برای کاهش انقباض رسی سیمانها در مخلوط مصرف می شود.

ویژگیهای کانیهای گروه کیانیت برای تولید محصولات مانند کاشی دیواری و ظروف بهداشتی که ممکن است در آنها انقباض و ترک خوردگی ایجاد شود بسیار مهم است. در تولید نسوزهای کیانیتی با کیفیت بالا از بال کلی جهت سیمان آن استفاده می شود. در ساخت بعضی از آجرهای مولیتی از کیانیت به عنوان مولفه دانه ریز استفاده

جدول (۳-۵) - کاربردهای عمده کانیهای کینیت به عنوان نسوز

موارد استفاده در صنایع فولاد
<p>- کوره های احتراقی با حرارت بالا</p> <p>آجرهای نسوز و منظم شکل برای پوشش داخلی کوره</p> <p>پوشش محفظه احتراق</p> <p>پوشش تونلهای احتراقی</p> <p>- کوره بلند</p> <p>پوشش داخلی کوره</p> <p>پوشش لوله های انتقال مذاب</p> <p>پوشش جداره پاتیلهای ثابت</p> <p>پوشش جداره پاتیلهای گردان</p> <p>پوشش مجاری عبور آهن مذاب و سرباره</p> <p>- چمچمه</p> <p>چمچمه های بزرگ مسیر انتقال سرباره</p> <p>چمچمه های مقاوم در مقابل حرارت و ضربی</p> <p>چمچمه های واحد فولاد سازی</p> <p>چمچمه های مسیرهای قالب ریزی مداوم</p> <p>- سایر موارد</p> <p>محفظه های جمع آوری مذاب</p> <p>لوله های انتقال گاز آرگن</p>
کاربرد نسوزهای کینیتی در سایر صنایع
<p>پوشش داخلی کوره ها</p> <p>پوشش محفظه های احتراق داخلی</p> <p>پوشش بیرونی کوره های سیمان</p> <p>پوشش کوره های تشویه مس</p> <p>پوشش بخشهایی از کوره های شیشه سازی</p> <p>صنایع تولید وسایل سرامیکی</p>

می شود، اما به ندرت مقدار استفاده به ۱۰ درصد وزنی می رسد. از کیانیت در صنایع
سرامیک نیز استفاده می شود، در این حالت در کاتالیزورها، پوسته های ریخته گری،
کوره ها، وسایل کمکی کوره ها، محصولات ریخته گری دقیق، عایقهای الکتریکی،
آجرهای آکوستیک، فیبرها و روکشها مورد استفاده قرار می گیرد. این کاربردهای کیانیت
روز به روز معمولتر می شود و دلیل آن در درجه اول خلوص زیاد آن و سپس روشهای
نسبتاً آسان حرارت دادن، حمل و نقل و فرآوری آن است. با این حال هنوز بیشترین
کاربرد کیانیت در صنایع نسوز مربوط به فولاد است.

سیلیمانیت در تهیه محصولات به شکل آجر (دانه درشت) و ملات و مخلوطهای
کوبیدنی (دانه ریز) به کار می رود.

آجرهای آندالوزیتی دارای مقاومت خزشی بالایی درمقایسه با آجرهای خاک نسوز
هستند. مقاومت آنها در حرارتهای بالا، بسیار زیاد است و در برابر افزایش دما حجم
نسبتاً ثابتی دارند و نسبت به شوکهای حرارتی مقاوم هستند. ضمناً به دلیل اینکه
خاصیت کمک ذوبی آنها کم است، در برابر تغییر فاز مقاومتر بوده و به علت تخلخل کم
در مقابل نفوذ سرباره و گازها و غبار مقاومند. از آجرهای آندالوزیتی در کوره بلند،
پاتیلهای توردو و پاتیلهای فولاد استفاده می شود، ولی باید در مورد ناخالصیهای آهن
آندالوزیت توجه زیادی داشت. همانطور که گفته شد در بعضی آندالوزیت ها ناخالصیها به
خصوص آهن در یک نقطه جمع می شوند و در کاربردهای ویژه نسوز مشکلاتی را ایجاد
می کنند. به غیر از کاربرد آندالوزیت به عنوان نسوز، کاربردهای دیگر آن بیشتر شامل
ظروف بهداشتی چینی، چینیهای سفید، کاربرد در دماهای بالا مانند مغزه ها، عایقها و
لوله های پیزومتر می باشد. آندالوزیت دانه ریز در ملاتها و مخلوطهای آماده مصرف که
در تماس با حرارت بالا هستند، به کار می رود.

آجرهای آندالوزیتی در آجرهای نسوز دارای پایه آلومین ، صنعت سرامیک ، پیش گرمکنهای کوره بلند ، پاتیل‌های فولادی ، صنعت سیمان و در کوره های ذوب آلومینیوم از نوع آندهای کربنی ، کوره های زباله سوز شهری یا صنعتی ، کوره های عملیات حرارتی و در تشویه و ذوب فلزات می باشد. در این موارد با توجه به مقاومت این مواد در برابر خوردگیهای شیمیایی و سائیدگیهای فیزیکی ، استفاده از این نوع مواد در مقایسه با سایر مواد نسوز با کیفیت پائین تر ، افزایش یافته است.

۳-۱۲-۴- تولید

کانیهای گروه کیانیت بیشتر در آفریقای جنوبی ، آمریکا ، هندوستان ، فرانسه ، ایتالیا ، برزیل ، چین ، سوئد ، اسپانیا و زیمبابوه تولید می شود که در این میان آفریقای جنوبی مقام اول را در تولید این کانیها دارا می باشد . در سال ۱۹۸۸ مجموع تولید جهان غرب ۴۵۶ هزار تن بوده که دو سوم آن مربوط به تولید آندالوزیت و نزدیک به ۳۰ درصد مربوط به تولید کیانیت و فقط ۳ درصد مربوط به سیلیمانیت است. تمامی تولید آندالوزیت تقریباً " در انحصار آفریقای جنوبی و فرانسه است. هندوستان تقریباً " ۹۴ درصد تولید سیلیمانیت در دنیا را در دست دارد. ۹۰ درصد تولید کیانیت به کشورهای هندوستان و آمریکا مربوط می شود. تغییرات تولید کانیهای کیانیت در طی سالهای ۱۹۷۳ ، ۱۹۸۰ ، ۱۹۸۸ در جدول شماره (۳-۶) نشان داده شده است.

اطلاعات دقیقی در مورد میزان تولید کانیهای گروه کیانیت در کشورهای شوروی سابق و اروپای شرقی منتشر نشده است ، ولی حدس زده می شود که تولید سالانه کشورهای مشترک المنافع (شوروی سابق) حدود ۹۰،۰۰۰ تا ۱۰۰،۰۰۰ تن باشد. همچنین برآورد تقریبی تولید کشور چین حدود ۲۵۰۰ تن در سال است.

افزایش تولید کانیهای گروه کیانیت در سال ۱۹۸۸ نتیجه قطعی رشد تولید آندالوزیت در افریقای جنوبی بوده است. تولید جهانی از ۲۵۰ هزار تن در سال ۱۹۷۴-۱۹۷۳ به ۴۷۰ هزار تن در سال ۱۹۸۰ افزایش یافته است. در این دوره تولید فرانسه از ۱۰۰۰۰ تن به بیش از ۴۶۰۰۰ تن و تولید افریقای جنوبی از ۶۰ هزار تن به ۲۰۰ هزار تن رسیده است.

جدول شماره (۳-۶) - تولید کانیهای گروه کیانیت در جهان غرب در سالهای

۱۹۷۳، ۱۹۸۰، ۱۹۸۸

تن			درصد			نام کانی
۱۹۸۸	۱۹۸۰	۱۹۷۳	۱۹۸۸	۱۹۸۰	۱۹۷۳	
۱۳۹۷۹۶	۲۰۱۹۹۴	۱۶۳۸۱۶	۳۰/۱	۴۲/۹	۶۳/۹	کیانیت
۳۱۰۰۵۶	۲۳۸۶۰۱	۶۹۵۷۹	۶۶/۷	۵۰/۸	۲۷/۱	آندالوزیت
۱۴۷۸۶	۲۹۸۴۲	۲۳۱۳۹	۳/۳	۶/۳	۹	سیلیمانیت
۴۶۴۶۳۸	۴۷۰۴۳۷	۲۵۶۵۳۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع

۳-۱۲-۵- مصرف

با پیشرفت تکنولوژی و به دلیل استفاده از نسوزهای با مقاومت بیشتر از نوع کانیهای گروه کیانیت، مصرف نسوزهای مختلف دیگر در صنایع فولاد، شیشه و سیمان کاهش یافته است.

مجموع مصرف کانیهای گروه کیانیت و مولیت مصنوعی در سال ۱۹۸۸، ۶۳۰ هزار تن است. مصرف در صنایع آهن و فولاد ۴۵۰ هزار تن (۷۱ درصد مصرف)، صنعت ذوب آلومینیوم حدود ۷۶ هزار تن (۱۲ درصد مصرف)، صنعت شیشه ۴۶ هزار تن (۷/۵ درصد) و دیگر صنایع حدود ۸ درصد مصرف بوده است. برآوردهای تقریبی

نشان می دهد که مصرف کانیهای گروه کیانیت و مولیت مصنوعی از ۶۳۰ هزار تن در سال ۱۹۸۸ به ۷۷۰ هزار تن در سال ۲۰۰۰ برسد که نرخ متوسط رشد ۱/۶ درصد در سال را دارا می باشد.

فصل چهارم

زمین شناسی منطقه

مورد مطالعه

۴-۱- کلیات

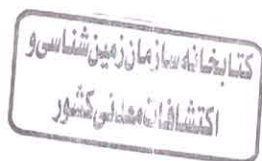
۴-۱-۱- مقدمه

در راستای اجرای خدمات فنی در قرارداد شماره ۲۷۳۴/م مورخ ۷۸/۵/۲۷ بین اداره کل معادن و فلزات استان یزد و مهندسین مشاور معدنکاو، کار برداشت زمین شناسی و نمونه برداری سیستماتیک توسط اکیپهای زمین شناسی و اکتشاف مهندسین مشاور معدنکاو در دو مرحله صورت گرفت.

در مرحله اول اکیبی متشکل از ۲ نفر کارشناس ارشد مهندسین مشاور معدنکاو و یک نفر تکنسین برای تهیه نقشه زمین شناسی محدوده ای، به وسعت ۳ کیلومتر مربع از منطقه میشدوان بافق به این منطقه عزیزت نمودند. محل استقرار آنها آهن شهر بافق (شرکت ملی فولاد - شرکت سنگ آهن مرکزی چغارت) در ۲۷ کیلومتری جنوب محدوده مورد نظر بود. طی دو مرحله عملیات صحرایی عملیات اکتشافی زیر صورت گرفت:

الف - عملیات زمین شناسی و تهیه نقشه با استفاده از عکسهای هوایی ۱:۵۰۰۰ و بررسی چندین پروفیل در امتدادهای مختلف بر روی ماده معدنی که در جمع به طول حدود یک کیلومتر می باشند. در اجرای این عملیات طی برداشتهای زمین شناسی معدنی که در امتداد پروفیلهای فوق صورت گرفت، منطقه ای به وسعت بیش از ۳ کیلومتر مربع زیر پوشش قرار گرفته است تا وضعیت کلی منطقه مشخص و نواحی مجاور نیز بررسی شود و مناسبترین اهداف اکتشافی انتخاب شود.

ب - در حین تهیه نقشه، اندازه گیری شیب و امتداد لایه ها، شیب و امتداد گسلها و جابجایی آنها صورت گرفت. که طی این مدت نزدیک به حدود ۱۰۰ مورد شیب و امتداد



لایه و ۱۰ مورد شیب و امتداد گسل اندازه گرفته شد که نتایج حاصل روی نقشه زمین شناسی پیاده شده اند.

پ- طی این مدت، نمونه گیری سیستماتیک از بخش آندالوزیت دار در چندین پروفیل با جهت عمود بر جهت شیستوزیته و لایه بندی همراه با برداشت دقیق زمین شناسی صورت گرفت. پروفیل شماره I در شمال ذخیره بلوک I و مجاور ایستگاه S₂، پروفیل شماره II در جنوب ایستگاه S₁₀ و شمال ذخیره بلوک I، پروفیل شماره III در غرب ایستگاه S₁₈ در محدوده ذخیره بلوک III برداشت گردیدند. نمونه برداری از این پروفیلها به روش Chip Sampling انجام و نمونه ها جهت آزمایشات شیمیایی و همچنین تهیه و مطالعه تیغه نازک و آزمایش X.R.D به آزمایشگاه فرستاده شدند.

ت- نمونه برداری از واحدهای مختلف سنگی برای مطالعات سنگ شناسی و پترولوژیکی (مطالعه تیغه های نازک سنگهای دگرگونی در زیر میکروسکوپ پلاریزان) و همچنین جهت آزمایشهای مینرالوگرافی پرتو مجهول (X.R.D) انجام شد.

ث- با توجه به نتایج مقدماتی حاصل از این مرحله و تجزیه و تحلیل آنها محدوده های ذخیره بلوکهای I، II، III و IV با توجه به مطالعات اکتشافی انتخاب و برای انجام نقشه برداری، ایستگاهها علامت گذاری شدند. این مناطق مناسب ترین مناطق آندالوزیت دار می باشند که در انتهای کار بهترین منطقه پتانسیل معدنی انتخاب می گردد.

در مرحله دوم، عملیات اکتشافی دقیق تری بر روی ذخیره بلوکهای I، II، III و IV که طی برداشتهای مرحله اول تا حدودی مشخص گردیدند، صورت گرفت و اکیپهای اکتشافی عملیات زیر را در منطقه مذکور انجام دادند :

الف - تهیه نقشه زمین شناسی معدنی از محدوده حدود ۳ کیلومتر مربع بر اساس عکسهای هوایی بزرگ شده از عکسهای هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و کنترل آن به وسیله دوربین نقشه برداری. لازم به توضیح است که برداشتهای زمین شناسی به صورت سینوسی (رفت و برگشتی) و در فواصل ۵۰ متری صورت گرفت. برداشتها توسط متر و کمپاس صورت گرفت و بر روی نقشه های پایه منتقل گردید. در این مرحله دو نقطه در ذخیره بلوک I جهت کنترل روند لایه های شیستی حاوی ماده معدنی یکی در شمال و دیگری در جنوب ذخیره I برای حفر ترانشه انتخاب گردید. همچنین یک نقطه در منطقه III در مجاورت ایستگاه S₁₇ و عمود بر لایه های کانسنگ جهت حفر ترانشه انتخاب گردید و شروع به حفاری شد. طی این برداشتها ۱۰۷ نمونه از واحدهای مختلف سنگی جهت مطالعات آزمایشگاهی به آزمایشگاه ارسال گردید.

ب - حفر ۱۱۱ متر ترانشه در امتداد ۳ پروفیل در بخشهای آندالوزیت دار و نمونه گیری سیستماتیک از آنها به طریق Chip Sampling

ج - بعد از کلیه برداشتها و حفر ترانشه، جهت کنترل عمق ماده معدنی تعداد ۶ نقطه برای حفر چاهک در ذخیره بلوکهای I و II و III انتخاب و شروع به حفاری گردید. چاهک شماره I در جنوب ایستگاه S₁₀ در ذخیره بلوک I، چاهک شماره II در مجاورت ایستگاه S₈ در ذخیره بلوک II و چهار چاهک دیگر در ذخیره بلوک III واقع می باشند به طوری که چاهک شماره Br.III در مجاورت ایستگاه S₁₈ و در مرکز ذخیره III، چاهک شماره IV در شمال ذخیره بلوک III و در بین دو ایستگاه S₁₈ و S₁₇ جهت کنترل افتادگی منطقه در اثر گسل و همچنین چاهک شماره V و VI در ادامه روند ذخیره بلوک III در سمت غرب ذخیره IV حفاری گردید.

تعداد ۷ نمونه به صورت سیستماتیک از چاهکها جهت آنالیز شیمیایی، تهیه و مطالعه تیغه نازک و همچنین آزمایش X.R.D. برداشت و به آزمایشگاه ارسال گردید.

پایه و ابزار اساسی کار جهت مطالعات اکتشاف مقدماتی در منطقه میشدوان بافق شامل گزارشات و نقشه های تهیه شده قبلی و همچنین عکسهای هوایی ۱:۲۰,۰۰۰ و ۱:۵,۰۰۰ بزرگ شده و همچنین نقشه های توپوگرافی بوده است.

با استفاده از عکسهای هوایی منطقه و بازدیدهای صحرایی مکرر و با در نظر گرفتن شرح خدمات و اهداف مربوطه، ابتدا نقشه زمین شناسی مقدماتی تهیه گردید و پس از چندین بار کنترل صحرایی و اعمال تصحیحات لازم و همچنین مطالعات مقاطع سنگ شناسی، بر روی نقشه های اولیه و انتقال آنها بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵,۰۰۰ نقشه زمین شناسی منطقه تکمیل گردید.

۴-۱-۲- انجام عملیات صحرایی در منطقه

جهت تفکیک واحدهای لیتولوژی و همچنین کنترل کتناکتهای زمین شناسی به خصوص بین واحدهای شیستی و آهکهای کمربالای لایه های کانه دار بر اساس همان روشهای گفته شده در صفحات گذشته، پیمایشهای زمین شناسی و عملیات صحرایی در چندین مرحله انجام گردید.

از کلیه واحدهای مورد شناسایی در منطقه نمونه برداری شد و گسترش و امتداد لایه های شیستی کانه دار مورد تعقیب قرار گرفت. جهت شناخت دقیق عملکرد گسلهای موجود در منطقه و همچنین لیتولوژی واحدهای منطقه و مهمتر از آن موقعیت لایه های شیستی در منطقه، در محلتهای مناسب از نظر ساختار زمین شناسی، مقاطع

زمین شناسی و همچنین پروفیل ترانشه ها تهیه شده است که این مقاطع به همراه نقشه زمین شناسی پیوست می باشد.

در این مطالعات سعی شده است تمامی وسعت منطقه مورد مطالعه، توسط پروفیل‌های مناسب با مقیاس بزرگتر تحت پوشش قرار گیرد. هنگام انجام کلیه پیمایش‌های زمین شناسی منطقه هر کجا که اختلاف لیتولوژی و همچنین موارد مشکوک به کانیهای گروه سیلیمانیت دیده شد، نمونه برداشت گردید و مورد مطالعه قرار گرفت. در کل تعداد زیادی نمونه از منطقه برداشت گردید که به دلیل تشابه رخساره های سنگی و محدودیت در تعداد نمونه های ارسالی به آزمایشگاه، از این میان فقط ۳۱ نمونه جهت آنالیز شیمیایی و ۱۹ نمونه جهت مطالعات تیغه نازک و همچنین تعداد ۳۷ نمونه جهت مطالعات X.R.D به آزمایشگاه فرستاده شد.

در حین انجام عملیات فوق اکیپ کارشناسی اقدام به برداشت کلیه عوارض ساختمانی از جمله گسل، ناپیوستگی، چین و روراندها کردند و شیب و امتداد آنها اندازه گیری و مختصات آنها در محدوده مورد مطالعه بر روی نقشه زمین شناسی آورده شده است. به این ترتیب کلیه کتاکت‌های زمین شناسی و تغییرات لیتولوژی، پروفیل‌های زمین شناسی، عوارض تکتونیکی و ساختمانی، نشانه ها و آثار مواد معدنی و موقعیت لایه های شیستی کانه دار در کل محدوده به مساحت حدود ۳/۵ کیلومتر مربع برداشت و نمونه گیری لازم انجام شد.

۴-۲- نقشه زمین شناسی منطقه

۴-۲-۱- مقدمه

محدوده مورد مطالعه در منطقه میشدوان بافق بخشی از زون ایران مرکزی می باشد که مشخصات و ویژگیهای آن همانند دیگر مناطق ایران مرکزی است. این بخش و محدوده اطراف آن از سنگهای قدیمی پرکامبرین و سنگهای دگرگون شده تشکیل شده است به طوریکه رخنمونهای جوانتر فقط محدود به رسوبات جوان کواترنر و رسوبات آبرفتی عهد حاضر می باشند. کنتاکت بیشتر واحدها عادی و برخی کنتاکتها به صورت گسل می باشد. روند ساختمانی عمومی منطقه بیشتر شمال شرقی - جنوب غربی می باشد و از تکتونیک شدیدی برخوردار است.

توپوگرافی منطقه آرام و فقط رخنمون آهکهای متامورف منطقه از توپوگرافی مرتفع تری برخوردار می باشند. اغلب لایه های شیستی کانه دار منطقه در بین توده های آهکی و دولومیتی و در بین آبراهه ها واقع شده اند. اختلاف در مقاومت فیزیکی لیتولوژیهای همجوار از جمله لایه های شیستی و لایه های آهک متامورف موجب شده است که لایه های شیستی به صورت ریفتنهای ملایمتر و تپه ماهوری در بین واحدهای آهک متامورف و دولومیت های مقاوم قرار گیرند.

همانطوریکه در نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه دیده می شود، اکثر زمین های منطقه پرکامبرین می باشند و از زمینهای جدید جز کواترنر، رسوبات جوانتر دیده نمی شوند. در یک نگاه سطحی، بیشترین پوشش بر روی نقشه زمین شناسی مربوط به لایه ها و کمپلکس بنه شور و حاوی آمفیبولیت شیتها و گنیسهها می باشد و لایه های کانه دار در درجات پائین تر قرار دارند.

۴-۲-۲- واحدهای مورد شناسایی در منطقه

بر اساس بررسیهای انجام گرفته بر روی نقشه های قدیمی ، عکسهای هوایی و همچنین بازدیدهای صحرایی و پیمایشهای انجام شده ، مطالعات سنگ شناسی و با توجه به مقیاس نقشه زمین شناسی ، چند واحد سنگی در منطقه مورد شناسایی قرار گرفته و تفکیک گردید. جهت مطالعات سنگ شناسی و کانی شناسی سعی شده است که نمونه ها معرف واحدهای سنگی مختلف باشند. در زیر به شرح واحدهای سنگی مورد مطالعه در منطقه میشدوان می پردازیم.

۱- کمپلکس بنه شورو

همانطوریکه قبلاً ذکر گردید محدوده مورد مطالعه در چهار گوش یزد و در قسمت شمال شرق نقشه ۲۵۰،۰۰۰: ۱ قرار گرفته است. اکثر زمینهای محدوده مورد مطالعه مربوط به قدیمی ترین تشکیلات ایران یعنی اینفراکامبرین تا پری کامبرین می باشند. به طور کلی می توان گفت که تمامی سنگهای رخنمون دار در محدوده مورد مطالعه مربوط به کمپلکس متامورف بنه شورو می باشد که از شمال شرق بافق به صورت بیرون زدگی های کم ارتفاع رخنمون پیدا کرده و در جهت شمال تا شمال غرب در محدوده مورد مطالعه ادامه می یابد. نام این مجموعه ، از کوههایی واقع در اطراف ساغند اقتباس شده است. ضخامت این سری به ۲۰۰۰ متر می رسد. لیتولوژی این کمپلکس متامورف شامل شیست ، آمفیبولیت ، گنیس ، کوارتزیت و مارل می باشد که کم و بیش به طور متناوب قرار گرفته اند.

از مشخصات عمده این مجموعه که آن را از سایر مجموعه های دگرگونی جدا می کند ، وجود آمفیبولیت زیاد در این کمپلکس است (حقی پور - ۱۹۸۱). در خارج از

این محدوده این کمپلکس در مناطق و ارتفاعات (اطراف ساغند) بنه شورو، پشت سرخ، کوههای پلو و زمان آباد (رباط پشت بادام) رخنمون دارد، ولی مقطع کامل آن در منطقه بنه شورو می باشد.

گنیسهای این مجموعه که به نام گنیس زمان آباد نامیده می شود، در بخش زیرین این مجموعه و به طور پراکنده در برخی افقها وجود دارد. این کمپلکس گنیسها برخلاف گنیسهای دیگر مناطق، دارای فلدسپاتهای صورتی رنگ می باشند. در قسمت فوقانی این کمپلکس نیز دولومیت - مرمر به حالت تقریبا" افقی قرار دارند که به صورت دگرشیب بر روی شیستهای این منطقه رسوب نموده اند و تشکیلات تاشک نیز که مشتمل بر شیل، فیلیت، اسلیت، شیست و متاکریواگ و غیره می باشد، در خارج از منطقه این کمپلکس را می پوشانند.

سریهای دگرگونی مزبور به وسیله دایکهای میکرودیوریت و میکرو گابرو و همچنین به وسیله گرانیتهای صورتی رنگ کوارتز فلدسپات دار با سن کامبرین قطع شده اند. این مجموعه به وسیله سازند تاشک پوشیده می شود و در حد بین این دو، مرمر دولومیتی چین خورده ای (متعلق به مجموعه بند شورو) قرار دارد. به این ترتیب لایه مزبور را باید حد فوقانی مجموعه بنه شورو دانست.

با توجه به توضیحات قبلی کمپلکس بنه شورو دارای واحدهای مختلف می باشد

که در زیر به اختصار شرح داده شده اند:

الف - واحد کوارتزیت (q)

این واحد سخت بیشتر در طبقات بالای ماده معدنی کانسنگ و در بعضی قسمتها

در بین واحدهای دیگر به صورت پرچهای جداگانه ای و همچنین به صورت لایه هایی با

ضخامت کم دیده می شوند.

این واحد بیشتر به رنگ سفید و شیری دیده می شود. در عکس شماره (۱-۴) واحد کوارتزیت به صورت لایه هایی به ضخامت ۰/۵ الی ۱/۵ متر به صورت میان لایه هایی در بین لایه های شیستی و همچنین در بین لایه های آهک متمورف کمر بالای لایه های کانه دار و در عکس شماره (۲-۴) واحد کوارتزیت به صورت پچهای پراکنده ای دیده می شود.

بیشترین رخنمونهای واحد کوارتزیتی به صورت پچ، در غرب ذخیره بلوک II و شمال ذخیره بلوک III و بیشترین رخنمون واحد کوارتزیتی به صورت لایه های هم شیب با واحد آهکهای متمورف کمر بالا بیشتر در غرب ذخیره I و در گسترش غربی ذخیره III دیده می شود.

این واحد از نظر دانه بندی، متوسط تا درشت دانه، نیمه آرکوزی بوده و لایه بندی آن نازک لایه و در بیشتر رخنمونها به صورت پچ و بسیار خرد شده دیده می شود. این واحد یک ماسه سنگ ناخالص دگرگون شده است که حاوی اجزای سازنده زیر می باشد:

۱- کوارتز با بافت موزائیکی و با مقداری بیش از ۸۵ درصد

۲- فلدسپاتهای نوع آلکانی و پلاژیوکلاز که اغلب به کانیهای رسی و سربیسیت تبدیل شده اند.

۳- کربناتها از نوع کلسیت و سیدریت

آزیموت این لایه ها در غرب ذخیره بلوک III، ۹۵ و با شیبی در حدود ۴۰ درجه به سمت شمال است ولی در ذخیره بلوک I و در غرب این بلوک آزیموت این لایه ها تقریباً "شمالی - جنوبی" می باشد. هر چه از سمت جنوب به سمت شمال پیش می رویم، خردشدگی آنها و لایه های کوارتزیتی بیشتر می شود. به نظر می رسد

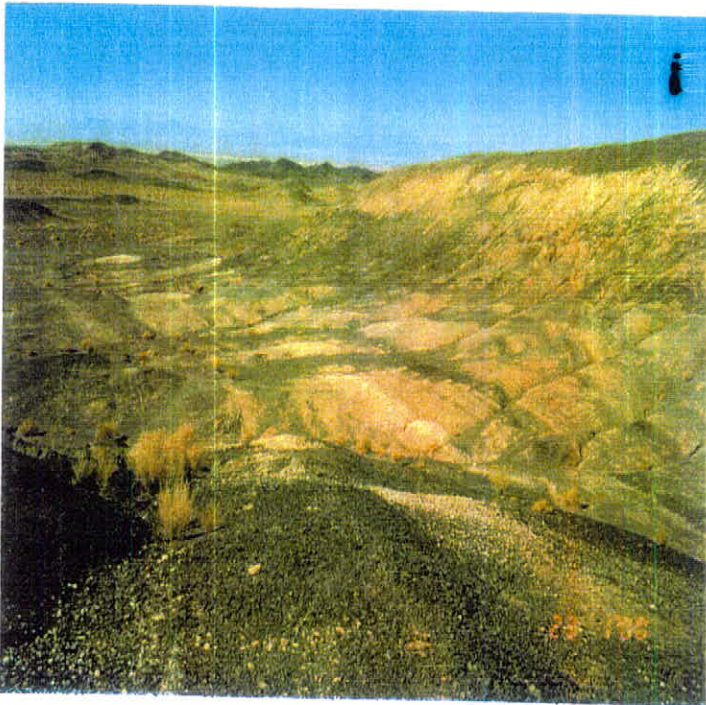
لایه های کوارتزیتی تحت عوامل تکتونیکی در قسمتهای غرب ذخیره بلوک II و شمال ذخیره بلوک III در اثر عملکرد گسلهای این منطقه چرخشی به سمت شمال پیدا کرده اند و خردشدگی آن شدید می باشد.

ب - واحد گنیس (gn)

یکی دیگر از واحدهای لیتولوژی که در منطقه مورد مطالعه به صورت محدود دیده می شود ، واحد گنیس می باشد که با علامت gn نشان داده شده است.

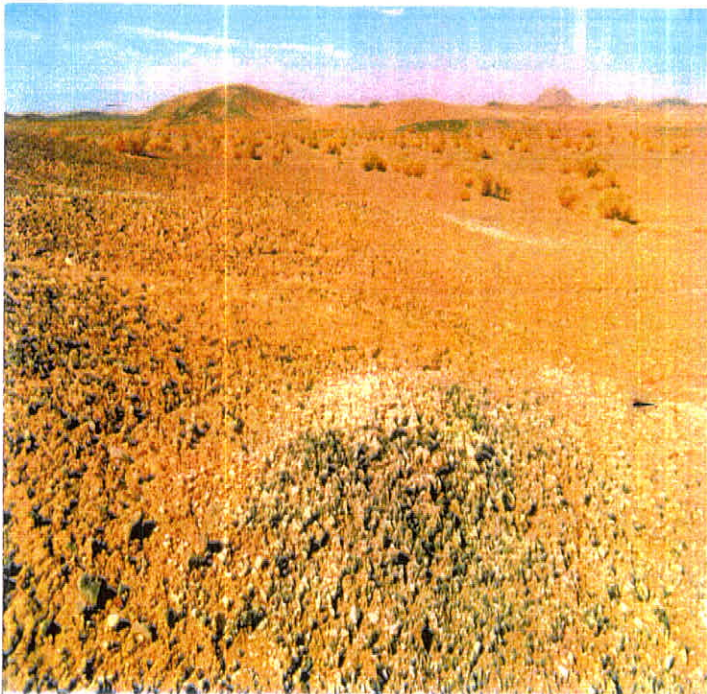
گنیس یکی از گروههای مهم سنگهای دگرگونی است که در کمپلکسهای دگرگونی اطراف نواحی با دگرگونی بالا به فراوانی یافت می شود ، ولی در محدوده تهیه نقشه زمین شناسی ، این واحد به صورت رخنمونهای محدود در قسمت غرب ذخیره بلوک IV دیده می شود. توجیه تشکیل واحد گنیس شاید مربوط به نفوذ توده های ماگمایی که فاصله های زیادی از محدوده مورد مطالعه دارند و مربوط به یک دگرگونی درجه بالا می باشند ، است ولی تاثیرات آن در منطقه خیلی کم می باشد. احتمالاً گنیسهای این منطقه دنباله همان گنیسهای زمان آباد می باشند. فابریک گنیس در این واحد بسیار مشخص است ، این موضوع در ذخیره بلوک IV که از یک ساخت نواری مشخص که در آن توده های مجاور از نظر ترکیب با هم متفاوتند ، دیده می شود.

نمونه هایی از این واحد در زیر میکروسکوپ مورد مطالعه قرار گرفته اند که در آنها کانیها تقریباً "هم بعد می باشند . ترکیب کانیهای سازنده آنها عمدتاً "کوارتز ، فلدسپات، گرونا ، پیروکسن و هورنبلند می باشد ، در بعضی از آنها بیوتیت نیز دیده می شود.



عکس شماره (۴-۱) - لایه های گوارتزیتی در کمربالای لایه های کانه دار در گسترش

غربی ذخیره بلوک III



عکس شماره (۴-۲) - پججهای گوارتزیتی در غرب ذخیره بلوک II

از مهمترین کانیه‌های فرومنیزین در این واحد می‌توان هورنبلند را نام برد. در این واحد کانیه‌های شاخص منشا رسوبی دیده نمی‌شود بلکه گنیس منطقه از نوع ارتو می‌باشد. از جمله کانیه‌های قلیایی نظیر کیانیت، سیلیمانیت، گرونا، کردیوریت و استروولیت در این نوع گنیس دیده می‌شود.

پ - واحد آمفیبولیت شیست

در منطقه مورد مطالعه و در گسترش رخنه‌ی آن یک سری از سنگ‌های خرد شده سبز رنگ گسترش دارند که جنس آنها آمفیبولیت و از نوع شیست می‌باشد، گسترش آنها زیاد و در اثر عوامل نکتونیک بسیار خرد شده‌اند. این واحد بدون تورق در منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود و شکاف و درزه در آن زیاد است و همین عامل باعث خرد شدگی شدید آن شده است. این واحد به طور عمومی به نام کمپلکس بنه شور و به صورت ped نشان داده شده است.

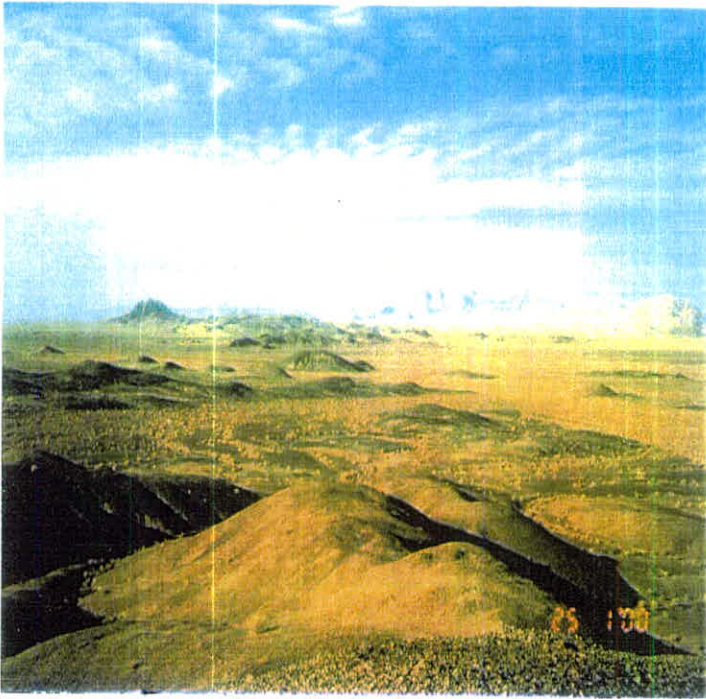
واحد آمفیبولیت شیست (بنه شور) در بیشتر جاها در منطقه مورد مطالعه با واحد گنیس مجاورت دارد و این دو واحد با میان لایه‌های اندکی از ماربل و گنیسهای ولکانو - آواری می‌باشند که در رخساره ایدوت - آمفیبولیت با فشار متوسط دگرگون شده‌اند.

آمفیبولیت شیست‌ها که بیشترین کانیه‌های اصلی آنها هورنبلند و پلازیوکلاز (به مقادیر تقریباً مساوی) است و دارای فولیاسیون نسبتاً ضعیفی می‌باشند، از دگرگونی سنگ‌های آذرین مافیک، توفهای بازالتی، توفهای کربنات دار و یا ممکن است در نتیجه متاسوماتوز مرم و پیروکسن گرانیولیتها ایجاد شده باشند.

این آمفیبولیت را می‌توان به نوعی گنیس دانست. گنیسی که در محدوده مورد

کاری ما به آن اشاره شد، در واقع نوعی از آمفیبولیت شیست می‌باشد.

شکل و طرز قرار گرفتن آمفیبولها خیلی متغیر است. بعضی از آمفیبولیتها از بلورهای هم اندازه ای تشکیل شده اند که توجه خاصی ندارد ولی فابریک شکل سنگ آن را به خوبی از گنیسها متمایز می سازد. این نوارها معمولا به تناوب پر هورنبلند و کم هورنبلند است و ترکیب کانی نوارهای مجاور جز از نظر مقدار نسبی کانیهای مختلف یکسان می باشد و از هورنبلند، پلاژیوکلاز و کوارتز تشکیل شده است. در عکس شماره (۳-۴) رخنمونهای سبز رنگ آمفیبولیت شیست در منطقه مورد مطالعه و در عکس شماره (۴-۴) آمفیبولیت شیست در ذخیره بلوک ۱ و در قسمت جنوب آن دیده می شود.



عکس شماره (۳-۴) - رخنمونهای سبز رنگ آمفیبولیت شیپست در منطقه میشدوان بافق



عکس شماره (۴-۴) - رخنمونهای آمفیبولیت شیپست در جنوب ذخیره بلوک I

ت - واحد شیست (sch)

شیستها عمده ترین سنگهای کمپلکس بنه شورو را تشکیل می دهند. این سنگها به چند گروه تقسیم می گردند و با رنگهای متفاوتی در منطقه مورد مطالعه دیده می شوند. این واحد در محدوده کانی سازی آندالوزیت دار با رنگهای شیست تیره و شیست خاکستری، میکاشیست آندالوزیت دار به رنگ خاکستری تا خاکستری روشن و در بعضی از جاها به رنگ نقره ای، گارنت آندالوزیت شیست به رنگ صورتی و خاکستری، شیست سخت به رنگ سیاه تیره تا خاکستری و شیست نرم کانی دار به رنگ سیاه، کاردیوریت شیست و میکاشیست به رنگ خاکستری تیره دیده می شوند.

به طور کلی واحد شیست تقریباً در هر نوع شرایط و شدت دگرگونی تشکیل می گردد و معمولاً با افزایش دگرگونی نسبت کانیهای میکا در آن به علت تبدیل شدن به کانیهای دیگر کم می شود و در نتیجه شیستوزینه سنگها نیز به تدریج کمتر می گردد. واحد شیست منطقه مورد مطالعه از دگرگونی ناحیه ای به وجود آمده است، ولی کانه های موجود در این واحد در فاز دگرگونی و احتمالاً دگرگونی مجاورتی در اثر نفوذ توده های گرانیته و گراندیوریتی تحت فشار و حرارت بالا تشکیل شده اند و کانیهای آندالوزیت، سیلیمانیت و کیانیت در این شیستها تشکیل گردیده اند. بخشهایی از آندالوزیتهای این محل که کیاستولیتی شده و دارای ماکل صلیبی می باشند، در بعضی از قسمت‌های این محدوده از تجمع زیادی برخوردار می باشند.

علاوه بر شیستهای ذکر شده در بالا شیستهای سبز تیره بسیار خرد شده و بدون تورق نیز در کمپلکس بنه شورو وجود دارد که در قالب واحد آمفیبولیت توضیح داده شده

است.

در مجموع شیبتهایی از نوع سخت و به رنگ تیره در داخل محدوده کانه دار وجود دارد که این نوع از شیبتهای بدون تورق بوده و به نظر می رسد که شکافها و درزه های خود را از دست داده و به حالت سخت و متراکم در آمده باشند.

شیبتهای این منطقه دارای فولیاسیون واضح و مشخصی است که در نتیجه موازی قرار گرفتن کانیهای صفحه ای ، ورقه ای و یا منشوری شکل به وجود آمده اند. از جمله کانیهای ورقه ای منطقه مورد مطالعه می توان میکاها ، کلریت و تالک را نام برد. مهمترین کانیهای فرعی شیبتهای منطقه عبارتند از گرونا ، سیلیمانیت ، کیانیت ، آندالوزیت استئارولیت و کیاستولیت.

به طور کلی شیبتهای این منطقه و یا به طور صحیحتر سنگهای مادر شیبتهای منطقه تحت دو فاز دگرگونی قرار گرفته اند. فاز اول دگرگونی فشار و حرارت بالا و فاز دوم دگرگونی حرارت بالا و به احتمال قوی دگرگونی مجاورتی بوده است. علاوه بر واحد گارنت سیلیمانیت شیبست ذکر شده در بالا انواع دیگر شیبست در این منطقه با نامهای میکاشیبست ، گرونا شیبست ، کیانیت شیبست ، سیلیمانیت شیبست و آندالوزیت شیبست و در بعضی نقاط استئارولیت شیبست (csch) را می توان به طور جداگانه ای ولی در گسترش رخنمون کم مورد شناسایی قرار داد. بلورهای سیلیمانیت و آندالوزیت در این شیبستها عمدتاً ابعادی حدود ۲ تا ۵ سانتیمتر دارند که گاهی طول آنها به ۱۰ سانتیمتر نیز می رسد. مقدار آلومینوسیلیکاتهای این شیبستها از ۵ تا ۲۰ درصد متغیر می باشند.

واحد شیبست در بالا به صورت کلی مورد بررسی قرار گرفته است ولی در مراحل بعد سعی شده است که انواع شیبست ها مورد شناسایی قرار گیرند. لذا در جهت نیل به این هدف تعداد ۳ زیر واحد ، در واحد شیبست مورد شناسایی ، بررسی و پیمایش قرار گرفت که عبارتند از :

- شیست نرم گانه دار :

این شیست بسیار متورق و نرم ، دارای جلا و کمی لمس صابونی و به رنگ خاکستری تا خاکستری تیره دیده می شود. شیستهای متورق حاوی کانیهای آندالوزیت ، سیلیمانیت و کیانیت می باشند که عمدتاً کیاستولیتی شده اند. این بلورها غالباً در راستای شیستوزیته قرار گرفته اند و ابعاد متغیر و حداکثر به ۵ تا ۱۰ سانتیمتر طول و حدود یک سانتیمتر قطر می رسد. این گروه از لایه های شیستی ، مورفولوژی برجسته ای نشان نمی دهند و بیشتر در نواحی پست دیده می شوند که قشری از رسوبات نرم پوشیده شده اند. در عکس شماره (۴-۵) شیستهای نرم و گانه دار از نوع سیلیمانیت (کیاستولیتی) را در جنوب غربی ایستگاه S1 در ذخیره ۱ دیده می شود.



عکس شماره (۴-۵) - شیستهای نرم گانه دار در جنوب غربی S10

- شبیست سخت :

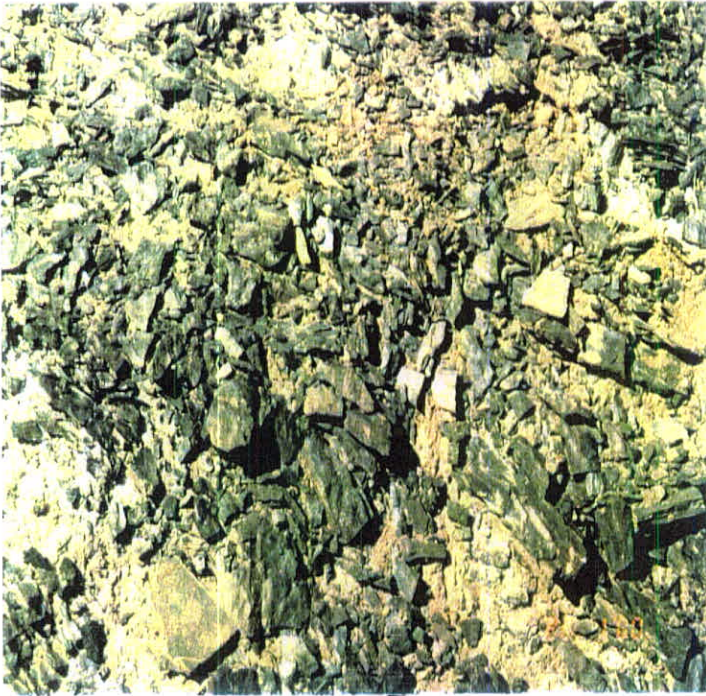
شبیستهای سخت عمدتاً تیره رنگ بوده و با مورفولوژی خشن تری نسبت به شبیستهای نرم دیده می شوند. این شبیستها بدون تورق و معمولاً حالت شککننده و خرد شده دارند. در سنگهای سخت بلورها از رشد کمتری برخوردار بوده به طوریکه ابعاد آنها به بیش از ۲ تا ۳ سانتیمتر طول و حدود ۵/۰ سانتی متر قطر نمی رسد. درصد کانی سازی در این واحد بسیار کم و اکثر جاها فاقد کانی سازی می باشد.

در عکس شماره (۴-۶) شبیست سخت در ذخیره بلوک I بدون کانه و در عکس

شماره (۴-۷) شبیستهای سخت در ذخیره بلوک III و دارای کانه دیده می شود.



عکس شماره (۴-۶) - شبیست سخت بدون کانه در ذخیره بلوک I



عکس شماره (۴-۷) - شیبست سخت کانه دار در ذخیره بلوک III

- گارنت - سیلیمانیت شیبست (GAsch)

این زیر واحد نیز در داخل واحد شیبست به صورت باندهای گسترده ای وجود دارد. رنگ این زیر واحد اغلب صورتی رنگ و حاوی مواد کانه دار از جمله بلورهای منشوری شکل آندالوزیت و کیانیت می باشد. بلورهای گارنت نیز در سطح وسیعی در این لایه وجود دارند. این شیبستها نیز تا حدودی سخت بوده و اندازه دانه های گارنت در این شیبستها از یک الی دو میلیمتر تجاوز نمی کند. پراکندگی دانه های گارنت در این واحد نیز خیلی زیاد می باشد.

بهتر است نام کلی به شیبستهایی را که حاوی کانیهای سیلیمانیت، آندالوزیت و کیانیت می باشند گارنت، سیلیمانیت شیبست بگذاریم. با توجه به مطالعات انجام پذیرفته بر روی تیغه های نازک می توان گفت در اکثر این تیغه ها نوارهای پرمپکا (مسکویت + بیوتیت) و نوارهای پر گوارتز و فلدسپات دیده می شوند. در این زیر واحد

کانیهای دیگر از جمله کانیهای تیتانیوم (اسفن) نیز دیده می شود. گارنت در بیشتر این مقاطع به شکل پورفیر و بلاستهای هم اندازه و توزیع متجانس کانی به فراوانی دیده می شود. در بعضی از مقاطع نوعی از کانیهای دگرگونی سیلیمانیتی که به شکل مجموعه های الیافی مویی (فیبرولیت) می باشند، دیده می شود که این مجموعه ها اکثر با گارنت همراه می باشند.

در بعضی از نمونه ها قطعات پلئوکروئیک که احتمالا استروولیت می باشند، وجود دارند که نتایج مطالعات XRD نیز این موضوع را به اثبات می رساند. در همه آنها گارنت به عنوان کانی شاخص دگرگونی بوده و به صورت بلورهای شکل دار و به طور پراکنده با ابعاد مشابه وجود دارد. در بعضی از نمونه ها اشکال پسودومورف از آندالوزیت وجود دارد که تغییر و تبدیل در مراحل دگرگونی از مجموعه های سیلیمانیتی را نشان می دهد. در بعضی از آنها آثار دگرگونی قهقرایی با وجود کانی کلریت دیده می شود.

در عکس شماره (۸-۴) گارنت سیلیمانیت شیبست در ذخیره بلوک ۱ و در عکس (۹-۴) گارنت آندالوزیت میکاشیبست در شمال غرب ذخیره بلوک III دیده می شود.

ث - واحد آهک های متامورف و دگرگون شده :

آهکها و دولومیت‌های دگرگون شده نیز از جمله زیر واحدهای کمپلکس بنه سورو را تشکیل می دهند که در اصطلاح کلی به آنها ماربل می گویند. این واحد به صورت دگرشیبی بر روی شیبستهای کانه دار قرار گرفته است (عکس شماره ۴-۹). این واحد معادل با سری ریزو و نهشته های اینفراکامبرین می باشد که در اکثر جاها ادخالهای آذرینی و دارای ترکیب گرانتیت تا دیوریت در بین آنها نفوذ کرده اند. این واحد کمربالایی ماده معدنی (شیبستهای کانه دار) در منطقه مورد مطالعه را تشکیل می دهد. ابعاد آنها زیاد و در حدود ۴۰۰ متر ضخامت دارند. بر اساس آزمایشات زمان سنجی سن این



عکس شماره (۴-۸) - گارنت - سیپیلیمانیت فسیست در ذخیره بلوک I



عکس شماره (۴-۹) - گارنت - آندالوزیت میکائلیست در شمال غرب ذخیره بلوک III

واحد را به اینفراکامبرین تا کامبرین نسبت می دهند. سنگهای مذکور خاکستری تا قرمز کم رنگ و آجری رنگ و در بعضی جاها به صورت توده ای می باشند که در واقع متعلق به بخشهای بالایی سری ریزو و معادل با آهک زیرگان با زمان کامبرین زیرین می باشند. در عکس شماره (۴-۹) دگرشیبی بین آهکهای مامورف کمربالا و شیستهای کانه دار در ذخیره بلوک I دیده می شود.

در عکس شماره (۴-۱۰) آهکهای مامورف در غرب ذخیره بلوک II و در عکس شماره (۴-۱۱) تناوب بین دولومیت‌های خرد شده و آهکهای خرد شده و به صورت باندهای با رنگ خاکستری نارنجی در شمال غرب ذخیره بلوک IV دیده می شود.

۲- تشکیلات بین پالئوزوئیک تا کواترنری

این تشکیلات در محدوده مورد نظر وجود ندارد ولی در اطراف منطقه، تشکیلات پالئوزوئیک به صورت بیرون زدگیهای کوچک، کم ارتفاع و پراکنده در طرف شمال و شرق منطقه دیده می شود که عمدتاً از ماسه سنگ و کوارتزیت و بعضاً از آهک و دولومیت‌های فرسایش یافته تشکیل شده اند و به پالئوزوئیک تحتانی تعلق دارند.

نهشته های مزوزوئیک که ارتفاعات شرقی و غربی این منطقه را تشکیل در قسمت شرقی محدوده (خارج از چهارگوش نقشه زمین شناسی) در دره عمیقی که بین قطروم و شیطور ایجاد گردیده شاهد بیرون زدگیهایی از تشکیلات داده اند، عمدتاً عبارت خواهند بود از ماسه سنگ، سیلت استون، سیلپهای ژوراسیک و آهکهای ضخیم لایه، شیل، مارن، ماسه سنگ و کنگلومرای متعلق به کرتاسه در میان رسوبات مزوزوئیک. در این منطقه نهشته های ژوراسیک به علت مقاومت کم در مقابل عوامل هوازدگی و فرسایش، رخنمون زیادی از خود نشان نمی دهند.

شمشک که متعلق به بخش بالائی زوراسیک زیرین می باشند، هستیم. عمده این تشکیلات را رسوبات ابرفتی می پوشاند و تنها بخشی از آنها به صورت بیرون زدگیهای کوچک رخنمون پیدا کرده اند که لیتولوژی آنها مشتمل خواهد بود بر انواع ماسه سنگ، شیل و سیلت استون که اغلب به صورت تناوبی منظم دیده می شوند.

ماسه سنگها شامل ماسه سنگهای شیلی، آهکی و سیلتی می باشد که به رنگهای سبز زیتونی تا قهوه ای و زرد در آمده اند و دارای سیمانی لیمونیتی، هماتی و آهکی می باشند. این سنگها از لایه های نازک تا متوسطی به ضخامت ۱۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر شکل گرفته اند و در بین آنها آثار مارن مختلف از جمله ریپل مارک وجود دارد که نشانگر محیط تشکیل کم عمق می باشد.

شیلها نیز به رنگ خاکستری مایل به سبز و قهوه ای تیره در آمده اند که بعضاً در بین آنها آثار گیاهی مشاهده می شود. این سنگها عمدتاً خرد شده و در بعضی از رخنمونها دارای فرسایش پوست پیازی می باشند. تشکیلات مزبور در ارتفاعات شمال شرق و شرق منطقه (تبرکوه) توسعه زیادی یافته اند که در بین آنها آهکهای تیپ بادامو به طور پراکنده مشاهده می شود. (بر اساس مطالعات انجام شده توسط شرکت ملی فولاد و سازمان زمین شناسی)

نهبشته های کرتاسه پائینی که قسمت اعظم ارتفاعات غرب تا جنوب غربی منطقه را فرا می گیرد با کنگلومرای پایه و ماسه سنگهای قرمز تشکیلات سنگستان شروع می شود.

بنا به نوشته حقی پور (۱۹۷۴) گرانیت زیرگان، گرانیتی ساب ولکانیک به رنگ خیلی روشن است و توده وسیعی را در کوه پشت سرخ و کوههای غرب دهکده زیرگان (ایران مرکزی) تشکیل می دهد. در کوه پشت سرخ، مایون و تاشک گرانیت مزبور،

دیوریت‌های پرکامبرین را قطع می‌کند و در کوه زیرگان علاوه بر دیوریت پرکامبرین در داخل ولکانیکها و دلوامیت‌های اینفراکامبرین نیز نفوذ کرده است.

در کوه ساغند و نواحی شمال آن، سنگ‌هایی نظیر گرانیت زیرگان یافت می‌شود که تا اندازه ای جهت دار و دگرگون شده (بر اثر فاز تریاس میانی) است و کما بیش با متاولکانیک‌های پرکامبرین در هم آمیخته است.

در شمال چغارت و در نزدیکی کوشک این گرانیت، توده های کم و بیش مهمی را تشکیل می‌دهد که ویژگی‌های آتشفشانی آنها بیشتر بوده و با ولکانیک‌های اینفراکامبرین همراه است. در شمال کوه زیرگان، دلوامیت‌های اینفراکامبرین جدیدترین سنگ‌هایی هستند که مورد نفوذ و تهاجم این گرانیت قرار گرفته اند.

مقطع کامل ماسه سنگ‌های مزبور که از فرسایش گرانیتهای شیرکوه به وجود آمده اند در اطراف علی آباد تفت دیده می‌شود که در پای ارتفاعات این منطقه نیز رخنمون دارد و در قسمت غربی به وسیله شیل، مارن و لنزهای آهکی و ماسه سنگی که معادل با سازند بیابانک می‌باشند، پوشیده می‌شود و در قسمت شرقی بر روی ماسه سنگ‌های مزبور آهک‌های اربیتولین دار نازک لایه تا توده ای سازند تفت جای می‌گیرد. آهک‌های مزبور که در این منطقه ارتفاعات شرقی بافق را تشکیل می‌دهند، از روستای قطروم تا عاریض در جهت شمال غرب گسترش یافته اند. سنگ‌های آهکی این قسمت دارای رنگی خاکستری تا سفید روشن می‌باشد که عمدتاً تحت تاثیر عوامل تکنونیک کریستالیزه شده و بعضاً وجود اکسید آهن آنها را به رنگی صورتی و زیبا در آورده که به عنوان سنگ تزئینی و نما شهرت ویژه ای پیدا نموده اند (مرمریت بیشه در بهاباد). در آهک‌های این قسمت به جز مناطق مرمریتیزه شده، فسیلهای فراوانی که احتمالاً از نوع رودیست‌ها می‌باشند دیده می‌شود.

در اکثر نقاط در زیر آهک های مزبور ، مارنهای سبز رنگ مربوط به کرتاسه تحتانی قرار دارد . به علت غیر قابل نفوذ بودن آنها در حد فاصل آهک و مارن چشمه های کوچکی از آب شیرین ظاهر گشته که آب آنها از شکافهای آهکی سرچشمه می گیرد.

نهشته های ترسیری که مشتمل بر رسوبات پالئوژن - نئوژن می باشند ، در قسمت غربی منطقه توسعه بیشتری یافته اند. این تشکیلات به صورت بیرون زدگیهای کم ارتفاعی روی طبقات مزوزوئیک (کرتاسه و ژوراسیک) قرار گرفته اند که اکثرا از جنس کنگلومرا همراه با لایه هائی از ژپس و نمک می باشند.

۳- رسوبات کواترنری

رسوبات کواترنری که شامل تپه های شنی ، پادگانه ها و دشتهای ابرفتی قدیم و جدید ، نمکزار و غیره می باشند ، مناطق گود حد فاصل ارتفاعات شرقی و غربی را پر می کنند. این رسوبات که جدیدترین رسوبات منطقه محسوب می شوند روی تشکیلات قدیمی قرار گرفته اند و از جنس قلوه سنگ ، ریگ ، ماسه و رس بوده هر قدر که از مرکز به طرفین دره نزدیک شویم بر میزان ذرات قلوه و ریگ افزوده می شود و رسوبات دانه درشت تر می گردند. در قسمتهای مرکزی نیز از جنس ماسه و رس همراه با گچ و نمک فراوان تشکیل گردیده و بعضا در بین آنها ذرات درشتی در حد قلوه و ریگ مشاهده می شود که مربوط به جریانات سیلابی است. ابرفتهای مربوط به اوائل دوران چهارم که دانه ریزتر و متراکم تر می باشند ، از نظر میزان ذخیره آب از اهمیت کمتری برخوردار می باشند ولی ابرفتهای جدید که دارای دانه بندی درشت تری بوده و مقدار قلوه و ریگ آن بیشتر می باشد از تخلخل بیشتری برخوردار بوده و آبدهی قابل ملاحظه ای را دارا می باشند.

۴-۳- زمین شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه

۴-۳-۱- مقدمه

همانطوریکه قبلاً اشاره شد بیشتر بیرون زدگیهای منطقه از سنگهای پرکامبرین بوده که خود از فرسایش سنگهای آذرین قدیمی تر به وجود آمده اند. کل مجموعه در یک مقیاس بزرگ بر اثر حرکات کوهزایی کاتانگاهی، شدیداً دگرگون شده و به شکل امروزی در آمده است. از پرکامبرین پسین تا تریاس، رسوبات قاره ای روی این مجموعه را پوشاند ولی حرکات خشکی زایی جابجایی هایی را در طول گسلها ایجاد کرده و باعث دگرشیبیهای فرسایشی شده است. در دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک منطقه از نظر تکتونیکی بسیار پرتحرک بوده است.

از نظر وضعیت تکتونیکی در منطقه مورد مطالعه در مقیاس بزرگتر، مهمترین گسلی که در این منطقه تاثیر زیادی گذارده، گسل پشت بادام است. این گسل در رابطه با چین خوردگی کاتانگاهی حاصل شده است. این گسل راست گرد و روندی شمال غرب - جنوب شرق دارد که در سمت غرب خود با گسلهای دیگری از جمله گسل چاپدونی موازی می باشد. انتهای جنوب این گسل از شمال غرب منطقه مورد نظر شروع شده و با روند شمال غرب - جنوب شرق امتداد دارد که در ناحیه ساغند با گردش به سمت راست روند شمال شرق - جنوب غرب پیدا کرده و در زیر رسوبات کویر بزرگ در شمال پشت بادام ناپدید می گردد.

۴-۳-۲- وضعیت ساختمانی منطقه اکتشافی

وضعیت تکتونیکی این محدوده از سیستم گسلی پشت بادام و چاپدونی که امتداد جنوبی آنها از این قسمت می گذرد، تبعیت می نماید. گسلهای بزرگ مزبور که

امتداد لغز بوده و دارای روندی شمال غرب - جنوب شرق می باشند ، دارای جابجائیهای راستگرد بوده و در این محدوده که در بین گسلهای مزبور قرار می گیرد متاثر از گسلهای مذکور یک سری گسلهای درجه ۲ و ۳ با رزند شمال شرق - جنوب غرب با جابجائیهای چپ گرد و راستگرد حادث گردیده است.

زمین شناسی ساختمانی محدوده مورد مطالعه به طور دقیق مورد بررسی قرار گرفت تمامی گسلهای منطقه شناسایی و بر اساس قرار گرفتن این گسلها در محدوده بلوک ذخیره ها نام گذاری گردیدند . همچنین یک ناودیس به طور آشکار و یک ناودیس به صورت احتمالی شناسایی گردیدند که در زیر به شرح آنها می پردازیم.

۱- گسلها

همانطوریکه قبلاً گفته شد ساختمان تکتونیکی محدوده مورد مطالعه تحت تاثیر گسلها بزرگی همچون گسل پشت بادام و گسل چایدونی می باشد. لذا گسلهای شناسایی شده در محدوده اکثر تحت تاثیر همان گسلهای بزرگ شکل گرفته اند که به شرح مهمترین آنها می پردازیم.

الف - گسل بزرگ میانی (Middle Main Fault)

بزرگترین گسل محدوده مورد مطالعه به طول تقریبی ۱۵۰۰ متر می باشد امتداد آن شمال غربی - جنوب شرقی و از نوع راست گرد بوده ، با توجه به امتداد و نوع گسل احتمالاً ادامه گسل پشت بادام می باشد. این گسل بلوک ذخیره های I و II را نسبت به بلوک III کمی به سمت جنوب رانده است.

با فرض بزرگ ناودیس محدوده مورد مطالعه ، گسل بزرگ میانی مذکور این ناودیس را قطع کرده است . امتداد این گسل نسبت به محور ناودیس بزرگ کمی به سمت شرق چرخش دارد . به این صورت گسل بزرگ میانی منطقه از نظر سنی جدید تر

از ناودیس بزرگ منطقه و همچنین قدیمی تر از گسل های بزرگ محدوده مورد مطالعه می باشد. مقدار جابجایی این گسل حدود ۴۰۰ متر می باشد.

ب - گسل بزرگ شمالی (North Main Fault)

به علت محدود بودن محدوده مورد مطالعه در سمت شمال ، از تاثیرات این گسل اطلاعاتی کمی در دست است ولی با توجه به نقشه تکتونیکی محدوده این گسل از نوع امتداد لغز و راست گرد می باشد. مقدار جابجایی آن در حدود ۱۰۰ الی ۲۰۰ متر می باشد. امتداد این گسل شرقی - غربی و عمود بر گسل بزرگ میانی محدوده می باشد. این گسل از وسط مسیل شمال محدوده نقشه زمین شناسی می گذرد.

پ - گسل بلوک I (B.I Fault)

این گسل با امتداد شمالی - جنوبی از وسط محدوده بلوک ذخیره I می گذرد. این گسل احتمالاً از نوع راست گرد و به تبعیت از گسل بزرگ میانی محدوده شکل گرفته است ولی با توجه به قرار گرفتن این گسل در وسط ذخیره بلوک I و تکرار لایه های شیستی کانه دار و بدون کانه ، احتمالاً نرمال بودن این گسل دور از ذهن نمی باشد. این گسل در جنوب توسط گسل جنوبی بلوک I قطع گردیده است. ولی با توجه به برداشت های زمین شناسی در ترانشه های قدیمی و ترانشه های حفر شده جدید احتمال نرمال بودن این گسل با شیبی به سمت غرب و جنوب غربی قوت بیشتری می یابد.

ت - گسل جنوب بلوک ذخیره I (South B.I Fault)

این گسل از نوع راست گرد و امتداد آن شرقی - غربی و تقریباً عمود بر گسل بلوک ذخیره I است.

مقدار جابجائی به سمت غرب و کمتر از ۲۰ متر می باشد به طوریکه شیستهای کانه دار بلوک ذخیره I را در میان آهکهای جنوب ایستگاه S14 رانده است. آلتراسیون شدید در اطراف ایستگاه S14 این مطلب را تایید می نماید.

ث- گسل بلوک ذخیره II (B.II Fault)

این گسل از نوع چپ گرد و چرخشی می باشد. امتداد آن در سمت شمال، شمالی - جنوبی و هر چه به سمت جنوب پیش می رویم به سمت غرب چرخش نشان می دهد. مقدار جابجائی آن ۴۰۰ الی ۵۰۰ متر بوده و ادامه بلوک ذخیره I توسط این گسل و با کمی چرخش بلوک ذخیره II شکل گرفته است. نوع بلورهای درشت کانی های گروه سیلیمانیت در این دو بلوک، پیوسته بودن اولیه بلوک ذخیره های I و II را تایید می سازد.

ج- گسل بلوک ذخیره III (B.III Fault)

این گسل از نوع نرمال و شیب لغز با شیب حدود ۴۵ درجه به سمت شمال می باشد. امتداد این گسل شرقی و غربی بوده و از تاثیرات عمده این گسل تکرار ماده معدنی و انداختن لایه های حاوی کانی گروه سیلیمانیت در سمت شمال بلوک II می باشد که در سه جا همان لایه های گارنت - آندالوزیت - میکاشیست ها تکرار شده است ولی هر چه از سمت جنوب به شمال می رویم از مقدار کانی و درصد آن کاسته می گردد. شاید به تفاوت این گسل با دو گسل دیگر که با کمی تغییر امتداد در سمت شمال بلوک ذخیره III قرار دارند این است که این گسلها اکثر امتداد لغز و از نوع چپ گرد می باشد و یال ناودیس بزرگ محدوده مورد مطالعه را تکه تکه کرده و به صورت پلکانی به سمت غرب رانده اند.

علاوه بر گسل‌های ذکر شده در بالا گسل‌ها کوچک زیادی در محدوده مورد مطالعه شناسایی شده اند که نوع عملکرد آنها بر روی نقشه تکتونیک منعکس شده است.

۲- ناودیس

الف- ناودیس بزرگ محدوده مورد مطالعه (Main Syncline Axis)

محور این ناودیس گسل خورده و در امتداد شمال غربی - جنوب شرقی کشیده شده است اگر محدوده مورد مطالعه را از نظر ساختمان زمین شناسی به مسا قبل آن بر گردیم (Inverse Tectonic) ناودیس که یال سمت راست آن را بلوک‌های I و II یال سمت چپ آن را بلوک III و لایه های شیستی شمالی آن تشکیل می دهد باز سازی می گردد.

در صورت بررسی روند ساختمانی این ناودیس مشاهده کنیم در ابتدای امر کلیه لایه های و سازند منطقه به صورت لایه های بدون تکتونیک و یا تحت تاثیر دگرگونی های ناحیه ای و نفوذ توده های ماگمایی به صورت چین خورده در آمده اند که فشار ناشی از این چین خوردگی و تشکیل ناودیس در جهت شمال شرقی - جنوب غربی و عمود بر محور کنونی ناودیس بزرگ بوده است . این ناودیس در مراحل بعدی توسط گسل بزرگ میانی منطقه قطع شد و یال شرقی آن به سمت پائین حرکت کرده و در مراحل بعدی به همراه یال غربی - یال شرقی نیز توسط گسل‌ها تکه تکه شده و در نهایت بلوک ذخیره I و II شکل گرفته است . یال غربی نیز در ابتدا به صورت یک پارچه بوده ولی بعداً در اثر ادامه فعالیت گسل بزرگ میانی سمت شرقی یال غربی ناودیس بزرگ به سمت شمال چرخیده و ناودیس بلوک III شکل گرفته است.

ب- ناودیس بلوک ذخیره III (B.II Syncline Axis)

محور این ناودیس شمال غربی - جنوب شرقی می باشد که و یال غربی ناودیس بزرگ محدوده خود به صورت ناودیس بلوک III و به صورت یالهای شمال شرقی و جنوب شرقی بلوک ذخیره III را ساخته است . کلیه گسلها و ناودیسها در نقشه تکتونیک محدوده نشان داده شده است . نقش تکتونیک در پیوست گزارش آورده شده است.

۴-۴- دگرگونی منطقه مورد مطالعه

اکثر سنگهایی که در منطقه مورد مطالعه ما گسترش دارند سنگهای دگرگونی پیرکامبرین بوده که عمدتاً دارای منشا آواری آتشفشانی ، آتشفشانی و آواری پلیتی می باشند که در زمان پیرکامبرین تحت تاثیر فازهای دگرگونی قرار گرفته است و متاثر از جنبشهای کوهزایی آسینتیک چین خورده اند. همانطوریکه در بالا اشاره شد اکثر سنگهای موجود در منطقه پلیتی و آواری بوده که تحت تأثیر یک دگرگونی از نوع ناحیه ای در مقیاس بزرگ قرار گرفته اند و بر اثر آن شیستهای منطقه تشکیل گردیده اند. حرارت حاصل از این دگرگونی آنچنان زیاد نبوده که بتواند کانیهای دگرگونی حرارت و فشار بالا را به وجود آورد. در نتیجه در این مرحله از دگرگونی شیستها تشکیل گردیده و در درون آنها آندالوزیتها شکل گرفته اند. حرارت این فاز دگرگونی پائین تا متوسط و فشار آن متوسط تا بالا بوده است.

در اطراف منطقه مورد مطالعه ، گرانیتهای زیرین که از نوع گرانیتهای نیمه عمیق می باشد نفوذ کرده است. این نوع گرانیتهای را می توان در بین سنگهای مزبور به فراوانی دید. در مرحله دوم پس از فاز دگرگونی ناحیه ای ، توده های نفوذی از تیپ اسیدی تا متوسط منطقه را تحت تاثیر قرار داده و باعث دگرگونی از نوع همبری شده اند. در

واقع باعث دگرگونی استاتیک ناحیه ای با ویژگیهای متاسوماتیسم گردید ، و موجب آلیت زائی ، اسکاپولیت زائی و به دنبال آن شکل گرفتن معادن زیادی در اطراف منطقه شده است. حرارت این توده ها باعث تبدیل کانیهای آندالوزیت که متعلق به درجه حرارتهای پائین تا متوسط هستند ، به سیلیمانیت و کانیهای درجه حرارت بالا و فشار متوسط تبدیل شده است . احتمالاً پدیده مذکور یعنی دگرگونی در فاز دوم به قبل از نهشته های کامبرین برمی گردد.

مطالعات میکروسکوپی تیغه های نازک ، اطلاعات بالا را تأیید می کند ولی ممکن است دگرگونیهای ضعیفتری بعد از مراحل دگرگونی ناحیه ای و همبری در دوره پرکامبرین و قبل از آن نیز وجود داشته باشد. اطلاعات به دست آمده از نتایج مطالعات میکروسکوپی احتمال دگرگونی ناشی از نفوذ توده های آذرین با ترکیب دیوریت - گرانیت در اواخر ژوراسیک را رد نمی کند.

به طور خلاصه بحث در فازهای دگرگونی و تعیین رخساره ها و تیپ دگرگونی

(Phases, Facies and type of Metamorphism) منطقه به شرح ذیل می باشد .

با توجه به مطالعاتی که بر روی تیغه های نازک انجام گرفت و دقت در وضعیت

کانیها و رشد مراحل آن فازهای زیر پیشنهاد می شود :

۱- فاز اول دگرگونی با تشکیل میکاشیست ها دارای شیبستوزینه مشخصی بوده است.

در این مرحله بیوتیت و مسکویت به صورت لپیدوبلاست های جهت دار رشد کرده

است . این دگرگونی فشار و حرارتی (Dynamothermal Meta) است .

رخساره های دگرگونی در این فاز مربوط به شیبست سبز (Green schist Facies) بوده

است.

۲ - فاز دوم دگرگونی حرارتی (Thermic Matamorphisms)

با تشکیل لکه های حرارتی از کانیه های درشت (فئوبلاست) تا قطر بیش از ۱۰ سانتیمتر (آندالوزیت) همراه است. علاوه بر آندالوزیت، گرونا و مسکویت های درشت تا قطر ۲ میلیمتر نیز وجود دارند (برخلاف مسکویت های فاز یک به طول ۰/۲ - ۰/۱ میلی متر و جهت دار). آندالوزیت ها، گاهی بیوتیت های فاز یک را به صورت انکلوزیون در داخل خود حفظ کرده است.

رخساره این دگرگونی معادل رخساره آمفیبولیت (Amphibolite Facies) می باشد. در این فاز نوسانات حرارتی مشخص است به طوریکه با بالا رفتن حرارت سوزنرها و منشورهای سیلیمانیت در داخل آندالوزیت در حال رشد می باشد.

ظهور دیستن در بعضی نمونه ها مربوط به افزایش فشار (Stress) از نوع هیدروستاتیک و یا دو جانبه است. دیستن، آندالوزیت و سیلیمانیت پلی مورف (Polymorphpe) می باشد.

۳- فاز سوم دگرگونی پسرونده (Retrograde Meta.) و کاتاکلاستیک (Cataclastic Meta.) در این فاز بر اثر دگرگونی پسرونده گرونا به کلریت و آندالوزیت به سریسیت تبدیل شده است.

۴-۵- ماگماتیسزم منطقه

همانطوریکه قبلاً بیان گردید، در داخل کمپلکس بنه شور و گرانیت های صورتی رنگ کوارتز فلدسپات دار و همچنین دایک های میکرودیوریت و میکروگابرو با سن کامبرین نفوذ کرده اند و گسترش این توده ها در خارج از محدوده در سمت شمال در نزدیکی روستای زیرگان زیاد می باشد. این توده نفوذی که ۵۶۰ میلیون سال سن دارد

معادل با گرانیت دوران در کوههای سلطانیه می باشد. نفوذ گرانیتهای مزبور در این منطقه موجب دگرگونی مجاورتی با حرارت کم و در نتیجه باعث کانی سازی آندالوزیت در سنگهای پلیتی این منطقه گردیده است که بعضاً "ذخیره نسبتاً" زیادی را با کیفیتی مناسب موجب گردیده است، به دلیل وجود توده های نفوذی در جنوب منطقه مورد مطالعه و نزدیکی آن به منطقه و تاثیر آن در کانی سازی منطقه به طور اجمال به این گرانیت می پردازیم.

در محدوده مورد مطالعه (حدود ۳ کیلومتر مربع) توده های نفوذی از نوع آذرین دیده نمی شود ولی در مجاورت منطقه برونزدهایی از سنگهای اسیدی و آذرین وجود دارد که نفوذ و راهیابی آنها به سطح به چند مرحله مربوط می شود. از جمله این توده های نفوذی می توان سنگهای آذرین اسیدی منطقه میشدوان، شرق چغارت، کوشک و گرانیت زیرگان را نام برد.

بنابه نوشته حقی پور (۱۹۷۴)، این توده های نفوذی از نوع گرانیتهای ساب ولکانیک به رنگ روشن است که بیشترین توده های آن در کوه پشت سرخ، کوه مایون و در کوههای غرب دهکده زیرگان و همچنین در جنوب و غرب کوشک دیده می شود. مقدار این برونزدها در منطقه میشدوان و جنوب منطقه مورد مطالعه کمتر می باشد.

هرچه از سمت شمال یعنی از کوههای پشت سرخ و مایون به سمت جنوب یعنی میشدوان و کوشک پیش می رویم، جنس سنگها از دیوریتی، تونالیتی و همچنین گابرویی به آندزیتی تبدیل شده اند. در جنوب منطقه مورد مطالعه توده نفوذی گرانیتهای نفوذ کرده که بیشتر آنها دارای ماهیت گرانیتهای ساب ولکانیک (از نوع گرانیت زیرگان) می باشند.

در کوه پشت سرخ ، مایون و کوشک توده گرانیتی ، دیوریت‌های پرکامبرین را قطع می کند و در کوه زیرگان توده گرانیتی علاوه بر دیوریت پرکامبرین ، در داخل ولکانیک ها و دولومیت‌های اینفراکامبرین نیز نفوذ کرده است. این طور به نظر می رسد که این گرانیتها هم سن گرانیت زیرگان مرز بین اینفراکامبرین و کامبرین می باشند.

۴-۶- آلتراسیون

با توجه به اینکه ماده معدنی مورد بررسی در منطقه میشدوان بافق آلومینه‌های سیلیکاته (آندالوزیت ، سیلیمانیت ، کیانیت و کیاستولیت) می باشد ، اکتشافات نیمه تفصیلی در این مرحله از قرارداد ، بر روی این منطقه انجام می شود و با توجه به اینکه این کانیه‌ها از گروه کانیهایی هستند که در محیط دگرگون تشکیل می شوند ، به تفصیل به آن می پردازیم :

در خلال دگرگونی یک محیط رسوبی یا آذرین شرایطی به وجود می آید که بسیاری از کانیهای موجود در این سنگها در شرایط تازه دما و فشار پایدار نیستند و به مجموعه جدیدی تبدیل خواهند شد که با شرایط جدید در حال تعادل یا دست کم مقابل به تعادل باشند. همانطوریکه در منطقه مورد مطالعه دیده می شود سنگهای تک کانی رسوبی مانند سنگ آهک یا ماسه سنگ خالص ، کانیهای پایداری ایجاد کرده است ولی تبلور دوباره باعث تشکیل یک ساخت جدید در این سنگها شده است. سنگ آهک به مرمر و ماسه سنگ به کوارتزیت دگرگونه شده است. این پدیده تقریباً در اکثر قسمت های منطقه مشاهده می شود .

محصول عمده دگرسانی آندالوزیت کانی سربیسیت است. در شرایط حرارت و فشار بالا آندالوزیت ناپایدار بوده و به پلی مورفهای سیلیمانیت و کیانیت تبدیل می شود.

سیلیمانیت پلی مورف حرارت بالای Al_2SiO_5 می باشد. سیلیمانیت از تغییر شکل کیانیت نیز تولید می شود، هرچند که این تغییر شکل معمولاً به کندی صورت می گیرد. به همین دلیل در منطقه مورد مطالعه بلورهای کیانیت نیز دیده می شود که نشانه ناپایداری آن در مقابل تغییر شکل است. در مناطقی که هم دگرگونی ناحیه ای و هم دگرگونی مجاورتی در اثر نفوذ توده های آذرین صورت گرفته باشد (همانند منطقه مورد مطالعه میشدوان بافق)، سیلیمانیت و آندالوزیت به صورت متداخل در یکدیگر دیده می شوند. در این صورت محور (C) بلورشناسی دوکانی بر هم منطبق می باشد. کانیهای حاصله از دگرسانی آندالوزیت در منطقه مورد مطالعه سریسیت بوده و سیلیمانیت در نتیجه آلتراسیون به مسکویت، سریسیت، پیروفیلیت، کائولینیت و مونتموریلونیت تبدیل می گردد.

با توجه به نتایج آزمایشات نمونه های مختلف از منطقه، مشاهده می شود که عمده کانیهای محصول دگرسانی شامل کانیهای سریسیت، مسکویت، کائولینیت و کلریت بوده و همچنین از کانیهای پلی مورف گروه سیلیمانیت اکثراً کیانیت و در بعضی قسمتها آندالوزیت وجود دارد.

وجود آندالوزیت و کیانیت در کنار یکدیگر در سنگهای موجود در منطقه چندان عجیب نمی باشد زیرا که تبدیل آندالوزیت به کیانیت و یا بالعکس در نواحی دیگر چنان رواج دارد که می توان آن را یک حالت عمومی برای این دو کانی پلی مورف دانست. و می توان این گونه تعبیر نمود که سریسیت مشاهده شده حاصل از دگرسانی تقریباً پیشرفته آندالوزیت و کانیهای دیگر از جمله مسکویت، کائولینیت و محصول دگرسانی کیانیت می باشند. و همچنین به دلیل تغییر عوامل ترمودینامیکی (دما و فشار)

آندالوزیت به کیانیت تبدیل شده است. این تبدیل تقریباً در تمام منطقه مشاهده می شود. و نمی توان محدوده و مرزی بین این دو کانی قائل شد.

آندالوزیت را می توان به روش مصنوعی از کائولینیت و یا از ترکیب آلومین و سیلیس در شرایط دمای ۶۵۰-۴۵۰ درجه سانتیگراد و فشار بخار آب ۳۰-۱۰ هزار پوند بر اینچ مربع (PSI) تهیه نمود.

کیانیت در سنگهای دگرگونی ناحیه ای که منشا پلیتی و به ندرت پسامیتی دارند، به وجود می آید و همچنین در اثر افزایش تدریجی شدت دگرگونی، بعد از استروئید و قبل از سیلیمانیت تشکیل می شود. کیانیت در بعضی از گرانیتهای نیز یافت می شود که احتمالاً منشا آن مربوط به میگماتیزاسیون است. به علاوه در بعضی از اکلوزیتهای آمفیبولیتهای نیز دیده شده است. کیانیت در صورت آلتراسیون به مسکویت، پیروفیلیت و در صورت تغییر درجه حرارت و فشار به سیلیمانیت و آندالوزیت تبدیل می شود.

۴-۷- پتروژنز

منظور از پتروژنز متبلور شدن کانیهای گوناگون در زمانهای مختلف تحت تاثیر فشار و حرارت و به دنبال آن تحولات زمین شناسی می باشد.

با بررسی های انجام گرفته در مورد پتروژنز و تشکیل کانی ها در محیط دگرگونی و از جمله تشکیل کانی های گروه سیلیمانیت، می توان مراحل کریستالیزاسیون کانیها در محدوده مورد مطالعه را به شرح زیر توصیف نمود.

- مسکویت : در چهار مرحله کریستالیزه می گردد :

مرحله اول - همراه با کلریت در زمان شکل گیری شیبستوزینه اولیه.

مرحله دوم - در ضمن تشکیل کریستال کردیریت و ناپایداری بیوتیت

مرحله سوم - هنگامی که سیلیکاتهای آلومینیوم کریستالیزه می شوند.

مرحله چهارم - در اثر آزاد شدن گازها

- کلریت : در دو مرحله کریستالیزه می شود :

مرحله اول - همراه با مسکویت در حین تشکیل شیسستوزیته

مرحله دوم - در زمان به وجود آمدن شیسستوزیته ثانوی و ناپایدار شدن کانیهای فرومنیزیم.

- کوارتز : در تمام مراحل ، کریستالیزاسیون آن صورت می گیرد.

- بیوتیت در دو مرحله کریستالیزه می شود :

مرحله اول - در زمان تشکیل شیسستوزیته و پس از مسکویت و کلریت متبلور می شود.

مرحله دوم - پس از ناپایداری کریستال کوردیریت و سیلیکات آلومینا می باشد که این

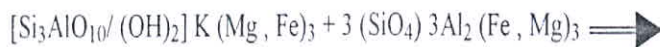
مرحله تکامل گارنت را ناپایدار می نماید.

- گارنت : در مرحله میکاشیست تشکیل می شود و به وسیله بیوتیت ناپایدار گردیده و

کوردیریت تشکیل می شود.

ترنر (F.J. Turner (1968) این فرایندها را با روابط زیر بیان نموده است :

رابطه (۱) :



biotite

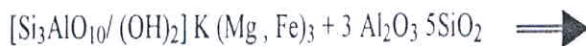
almandine



cordierite

muscovite

رابطه (۲) :



biotite



cordierite

muscovite

۴-۸- پتانسیل معدنی

همانطوریکه در بررسیهای محدوده ۳ کیلومتر مربع شرح داده شد، محدوده ذخیره بلوکهای I تا IV در ارتباط با مواد معدنی گروه آندالوزیت - سیلیمانیت مورد بررسی قرار گرفت که این مواد به عنوان ماده اولیه صنایع نسوز مورد استفاده قرار می گیرند.

این گروه از مواد معدنی در محدوده مذکور دارای پتانسیل بالایی می باشند که در بررسیهای اولیه و مطالعات مقدماتی بر اساس نقشه ۱: ۲۰,۰۰۰ گسترش ماده معدنی و تمرکز این گروه مشخص شد. همچنین در بررسیهای نیمه تفصیلی بر اساس نقشه های ۱: ۵۰۰۰ تهیه شده ذخایر تقریبی آنها محاسبه شده و گسترش نسبتاً دقیقتری از این گروه از مواد معدنی بررسی و محاسبه و بر این اساس ذخیره نزدیک به واقعیت آنها یعنی پایین ترین تا بالاترین سطح توپوگرافی رخنمونهای سنگی محاسبه شده که به صورت جداگانه برای هر بلوک ذخیره آمده است.

این کانیها که به عنوان ماده اولیه نسوز مورد نظر می باشند، حدود ۵۰ درصد سطح محدوده مورد مطالعه را در بر می گیرند. برای محاسبه دقیق تر گسترش سطحی این سنگها ابتدا آنها را به ۴ بلوک I و II و III و IV تقسیم نموده و سپس با توجه به درصد کانی سازی که از برداشت مقاطع زمین شناسی و مقاطع ترانشه ها حاصل شده است این بلوکها به قسمت های کوچکتر بر حسب درصد کانی سازی تقسیم شده اند و پس از سطح هر قسمت محاسبه گردیده و با توجه به شیب لایه بندی ضخامت هر لایه محاسبه گردیده و در پایان پس از به دست آوردن حجم توده کانی دار و درصد کانی سازی حجم به دست آمده در عدد ۲/۷ (وزن مخصوص تقریبی آندالوزیت شستهها)

ضرب شده و ذخیره هر بلوک برحسب تن به دست می آید که شرح عملیات در ادامه آمده است.

۴-۸-۱- ذخیره بلوک ۱

این بلوک در شرق نقشه تهیه شده و منطقه مورد مطالعه، در امتداد شمالی جنوبی گسترده شده است. گسترش طولی این ذخیره در حدود ۸۰۰-۷۵۰ متر و عرض این ذخیره از ۸۵ تا ۲۰۰ متر متغیر است که به طور متوسط ۱۱۰ متر است. البته باید یادآور شد که این گسترش سطحی مربوط به لایه های شیست است و در تمام این شیست ها کانی سازی صورت نگرفته است. همچنین مقدار کانی سازی در این لایه ها متفاوت است. بر اساس تغییرات مقدار کانی سازی این بلوک به سه قسمت فاقد کانی سازی، زیر ۵ درصد و بزرگتر از ۵ درصد تقسیم شده است. امتداد طولی (شمالی - جنوبی) که گسترش آن ذکر شد، تقریباً برای تمام شیست ها ثابت است ولی عرض ذخیره (شیست های کانی سازی شده) در حدود ۲۰ متر کمتر از عدد ذکر شده برای عرض ذخیره و در حدود ۹۰ متر است، بنابراین وسعت این ذخیره در حدود ۶۵ هزار متر مربع است. محاسبه سطح هر قسمت با کامپیوتر صورت گرفته است که در تخمین ذخیره در نظر گرفته شده است.

جنس شیست های این ذخیره عمدتاً "گارنت شیست و گارنت میکاشیست است که درصدهای متفاوتی از کانی سازی در آنها صورت گرفته است. کانی سازی اغلب در گارنت شیست ها رخ داده است. با توجه به نتایج XRD عمده کانی سازی از نوع کیانیت می باشد.

اندازه گیری قطر بلورهای کانی در این منطقه طبق شبکه مربعی با فواصل شبکه ای ۵۰ متر انجام شده است نتیجه نتایج به دست آمده از این برداشتها نشان می دهد که قطر بلورهای موجود در این منطقه از ۰/۵ تا ۱/۳ سانتیمتر متغیر است. هرچه از جنوب به سمت شمال و به ایستگاه S10 نزدیک می شویم ابعاد قطر بلورها افزایش می یابد. درصد کانی سازی نیز از صفر تا ۲۵ درصد است. درصدهای بالای کانی سازی (در حدود ۱۰ درصد و بالاتر) در شیستهای مرکزی رخ داده است. مقدار متوسط کانی سازی در شیست های کانی دار زیر ۵ درصد در حدود ۲/۵ درصد و بالای ۵ درصد در حدود ۱۳ درصد است. به نظر می رسد که ضخامت لایه کانی دار در زیر ایستگاه S10 مقدار واقعی باشد و در دیگر نقاط ضخامت ظاهری لایه دیده می شود که به علت عملکرد گسلها است. ضخامت ماده معدنی در زیر S10، ۲۶ متر محاسبه شده است.

جهت شیب عمومی لایه بندی در این ذخیره به سمت غرب و اندازه شیب از ۲۰ تا ۵۰ درجه متغیر است. شیب توپوگرافی در این محدوده بسیار ملایم و کم است. با توجه به محاسبات انجام گرفته، ضخامت کل شیستهای کانه دار ۶۰ متر است. این شیست ها به دلیل سست بودن در ارتفاعات پائین تر قرار گرفته اند. در پیوست نقشه ذخیره بلوک I نشان داده شده است. همچنین در عکس شماره (۴-۱۲) نمای عمومی این ذخیره و در عکس شماره (۴-۱۳) اندازه بلورهای این منطقه نشان داده شده است. با توجه به شواهد و اندازه گیریهای مختلف مقدار ذخیره ممکن موجود در این بلوک با توجه به عیارهای متوسط هر قسمت، عمق کانی سازی و عمق قابل دسترسی ۳۰ متر، گسترش سطحی ۳۲/۵ و ۳۰/۵ هزار متر مربع، شیب لایه بندی ۴۰ درجه و وزن مخصوص ۲/۷ تن بر متر مکعب، حدوداً برابر است با ۲۵۰.۰۰۰ تن که محاسبات مربوط به این ارزیابی به قرار زیر است:

$$V_{<5\%} = 32437 \times \sin(40) \times 30 = 625503 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{>5\%} = 30490 \times \sin(40) \times 30 = 587958 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_1 = V_{<5\%} \times 0.25 = 156328 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_2 = V_{>5\%} \times 0.13 = 76434 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$M = (V_1 + V_2) \times 2.7 = 248594 \text{ (ton)}$$



عکس شماره (۴-۱۲) - نمای عمومی ذخیره بلوک I دید به سمت شمال غرب



عکس شماره (۴-۱۳) - اندازه بلورهای گروه سبیلیمانیت در ذخیره بلوک I

۴-۸-۲- ذخیره بلوک II

این بلوک در ۱۰۰ متری شمال غربی ذخیره بلوک I و شبیه به یک کمان قرار گرفته است. عرض محدوده این بلوک در سطح، حدود ۱۷۰ متر، طول ۵۰۰ متر و گسترش آن در حدود ۸۵ هزار مترمربع است. از لحاظ وسعت، این بلوک در بین بلوکهای منطقه در مرتبه سوم قرار گرفته است. شیبست های کانی سازی شده در این بلوک در زیر آهکهای متامورف قرار گرفته اند. عمده کانی سازی در این قسمت کیانیت است ولی در یک نمونه برداشت شده از این منطقه آندالوزیت گزارش شده است.

گسترش این شیبست های کانه دار در سطح در حدود ۵۲ هزار متر مربع است. شیب توپوگرافی در حدود ۲۰ درجه و شیب لایه بندی تقریباً ۳۰ درجه است.

درصد کانی سازی در این شیبست ها پائین است و به طور متوسط در قسمت های زیر ۵ درصد در حدود ۳ درصد و در قسمت های بالای ۵ درصد در حدود ۱۱ درصد کانی سازی صورت گرفته است. رخنمون این لایه ها در یالهای شرقی و غربی گسترده شده است. شکل (۴-۱) موقعیت ذخیره II بلوک II را نشان می دهد. همچنین در عکس (۴-۱۴) نمایی از بلوک II و در عکس شماره (۴-۱۵) اندازه بلورها و پراکندگی آنها در ذخیره بلوک II نشان می دهد. با توجه به محاسبات و اندازه گیریهای صحرائی مقدار ذخیره این بلوک ۷۳ هزار تن است که در زیر محاسبات آن آورده شده است.

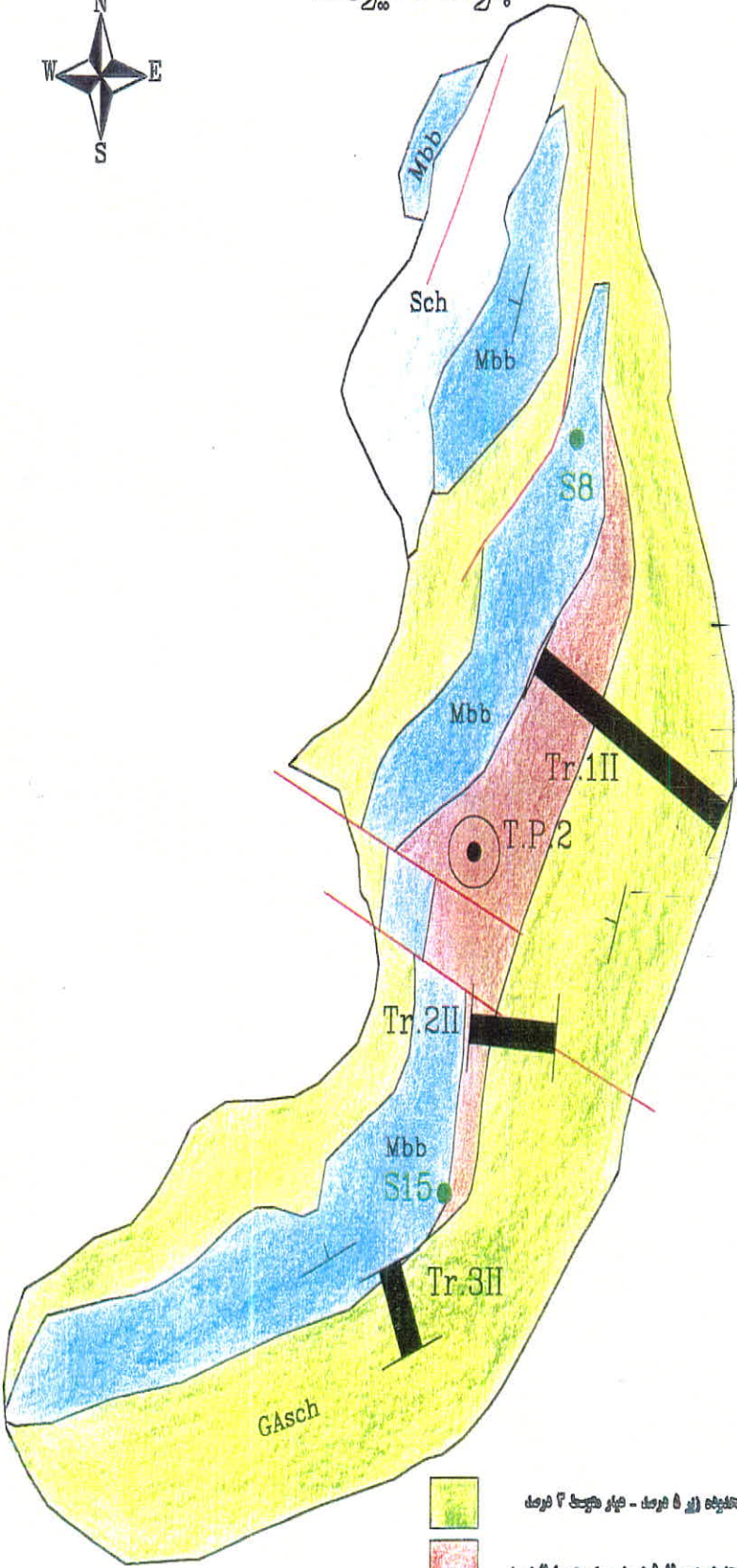
$$V_{<5\%} = 34118 \times \sin(50) \times 30 = 784077 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{>5\%} = 1322 \times \sin(50) \times 30 = 30381 \text{ (m}^3\text{)}$$

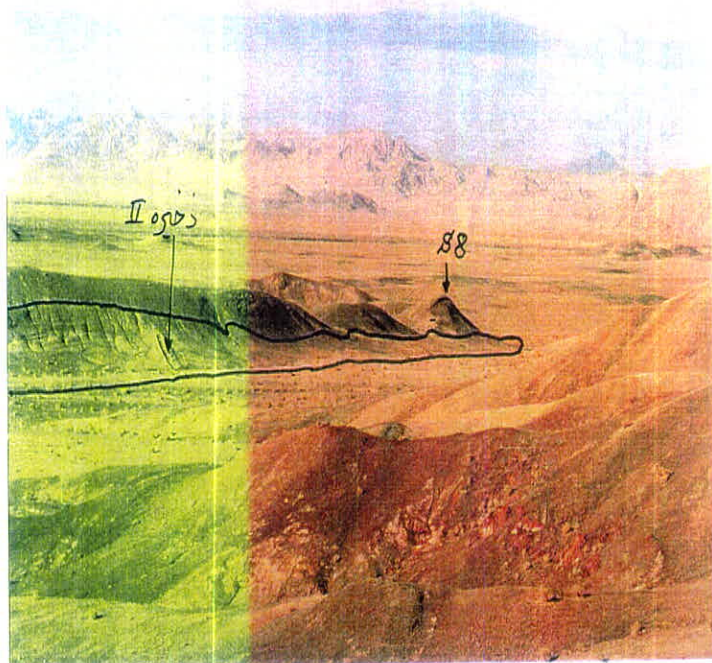
$$V1 = V_{<5\%} \times 0.03 = 22522 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V1 = V_{>5\%} \times 0.11 = 3342 \text{ (m}^3\text{)} \quad M = (V1+V2) \times 2/7 = 72522 \text{ (ton)}$$

پاروک ذخیره II



شماره ۱۷۱۵ - شکل شماره (۱-۴) - نقشه ذخیره پاروک II



عکس شماره (۴-۱۴) - نمای عمومی ذخیره بلوک II دید از جنوب شرقی به شمال غربی



عکس شماره (۴-۱۵) - اندازه بلورها و پراکندگی کانه های گروه سیلیمانیت در

ذخیره بلوک II

۴-۸-۳- ذخیره بلوک III

این بلوک مهمترین بلوک کانه دار در منطقه است که با مساحتی در حدود ۲۰۰ هزار متر مربع، از مرکز نقشه و محدوده شروع شده و به سمت غرب ادامه دارد. این بلوک به صورت یک ناودیس بزرگ است که محور آن در امتداد شمال غربی - جنوب شرقی قرار گرفته است. با توجه به اندازه گیری ابعاد بلور در این بلوک معلوم شده است که قطر بلورها در این محدوده نسبت به دیگر بلوکها بسیار کوچک می باشد. بزرگترین قطری که در این بلوک اندازه گیری شده است ۰/۷ سانتیمتر و متوسط آن ۰/۳۵ سانتیمتر است. به نظر می رسد که درصد کربن در این منطقه افزایش یافته است. همچنین درصد کانی سازی در آن بیش از دیگر بلوکها است و به طور متوسط در حدود ۱۷ درصد است. رشد بلورها در این بلوک زیاد نبوده و اغلب در امتدادهای منقطع دیده می شوند. همانند بلوک II تنها یک نمونه از این بلوک آندالوزیت نشان داده شده است و عمده کانی سازی از نوع کیانیت می باشد.

این بلوک به صورت یک تپه ای است که اغلب آن را شیبست های کانه دار و عموماً از جنس گارنت شیبست به رنگ خاکستری تیره تشکیل داده است. و شیب توپوگرافی در حدود ۴۰ درجه به سمت شرق است به نظر می رسد که تا حدودی این بلوک با بلوک II مشابهتی از لحاظ نوع ماده معدنی و ابعاد بلور دارد بچ های سیلیسی در اطراف این بلوک تقریباً به مقدار زیادی وجود دارند. با توجه به برداشت تراننشه های قدیمی و جدید و پیمایش های انجام گرفته، از نظر مقدار کانی سازی منطقه به سه بخش $5\% <$ ، $10-5\%$ درصد و $10\% >$ تفکیک شده است در پیوست نقشه این بلوک ذخیره آورده شده است.

امتداد شیبست ها در قسمتهای جنوبی این بلوک تقریباً " شرقی - غربی و شیب به سمت شمال می باشد و در قسمتهای شرقی شیب عمومی به سمت غرب است با توجه به محاسبات انجام گرفته سطح محدوده % ۵ <، در حدود ۵۷ هزار متر مربع، سطح محدوده ۱۰-۵ درصد در حدود ۶۸ هزار متر مربع و سطح محدوده % ۱۰ > در حدود ۷۰ هزار متر مربع است. به طور کلی در کل این بلوکها هوازدگی زیاد و سبب فرسایش و خردشدگی سنگهای موجود در منطقه شده است و این بلوک نیز از این قاعده مستثنی نیست ولی نسبت به دیگر بلوکهای منطقه سخت تر و مستحکم تر است. شیب لایه ها تقریباً " ۵۰ درجه و به سمت شمال غرب است در همه جای منطقه مورد مطالعه حداکثر تا عمق ۱ متری می توان بلورهای کانه را به صورت آزاد شده از متن سنگ مشاهده کرد. همچنین عکس (۴-۱۶) نمای عمومی این ذخیره را نشان می دهد و در عکس شماره (۴-۱۷) اندازه بلورها و پراکندگی آنها در ذخیره بلوک III نشان داده شده است.

نتیجه محاسبات انجام شده به قرار زیر است:

$$V_{<5\%} = 57512 \times \sin(85) \times 30 = 1718794 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{5-10\%} = 68022 \times \sin(85) \times 30 = 2032894 \text{ (m}^3\text{)}$$

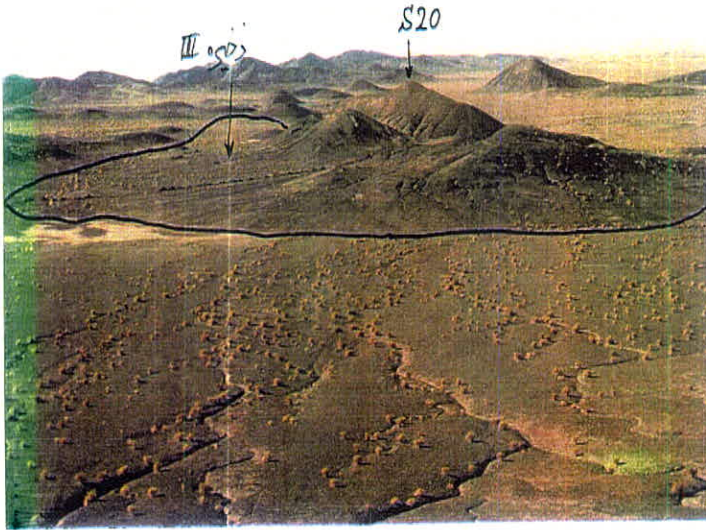
$$V_{>10\%} = 69737 \times \sin(85) \times 30 = 2084149 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_1 = V_{<5\%} \times 0.2 = 343758 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_2 = V_{5-10\%} \times 0.7 = 1422026 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_3 = V_{>10\%} \times 0.14 = 291781 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$M = (V_1 + V_2 + V_3) \times 2/7 = 1264840 \text{ (ton)}$$



عکس (۴-۱۶) - نمای عمومی ذخیره بلوک III دید از سمت شرق به غرب



عکس (۴-۱۷) - اندازه بلورها و پراکندگی آنها در ذخیره بلوک III

۴-۸-۴- ذخیره بلوک IV

این بلوک ، کوچکترین بلوک موجود در منطقه است که در انتهای شمال غرب محدوده و نقشه قرار گرفته است. وسعت آن حدود ۵۰۰۰ مترمربع است که در پائین یک تپه قرار گرفته است. بلورهای این بلوک بسیار درشت می باشند و اندازه آنها کمی بزرگتر از ابعاد بلورهای بلوک I است. جنس لایه های کانی سازی شده ، گارنت شیست است. به نظر می رسد که عیار در این منطقه بیش از ۱۰ درصد است. شیب عمومی لایه بندی به سمت شمال - شمال غرب و در حدود ۵۲ است و ضخامت متوسط این شیست ها در حدود ۲۵ متر است. در عکس شماره (۴-۱۸) نمایی دور ذخیره بلوک IV و در عکس شماره (۴-۱۹) اندازه بلورها و پراکندگی آنها در ذخیره بلوک IV دیده می شود. و مقدار متوسط کانی سازی در حدود ۱۲ درصد است .

در شکل (۴-۲) نقشه این بلوک آورده شده و محاسبات آن با توجه به در نظر

گرفتن عمق دسترسی ۳۰ متر به قرار زیر است :

$$V_{> 10\%} = 4837/36 \times \sin (80) \times 30 = 142916 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_t = 142916 \times 0/12 = 17150 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$M = 17150 \times 2/7 = 46305 \text{ (ton)}$$



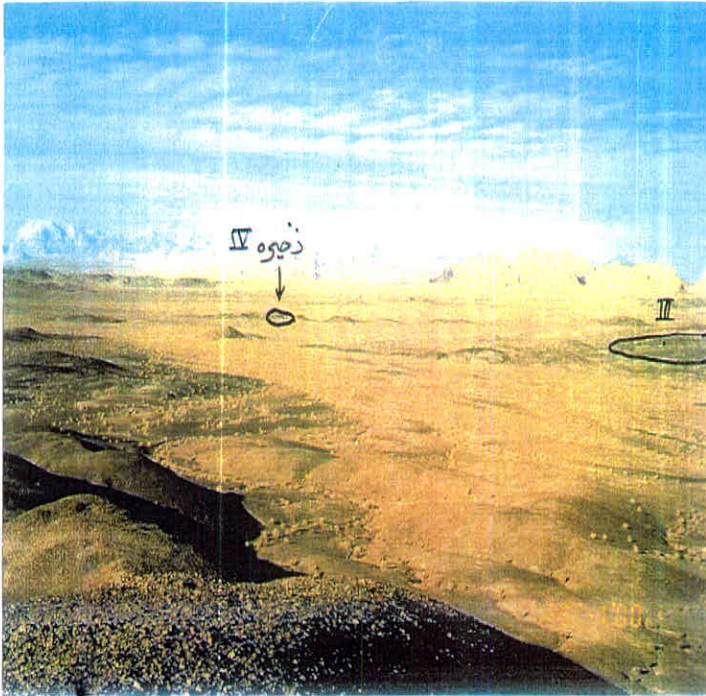
بلوک ذخیره IV



مخلوطه ۱۰ - چهار متوسط ۷ درصد

مقیاسی ۱/۲۵۰۰

شکل (۴-۲) - نقشه ذخیره بلوک IV



عکس شماره (۴-۱۸) - نمای عمومی ذخیره بلوک IV دید از سمت جنوب به شمال



عکس شماره (۴-۱۹) - اندازه بلورها و پراکندگی آنها در ذخیره بلوک IV

فصل پنجم

حفریات و نمونه برداری

۵-۱- مقدمه

برای دستیابی به بعضی از مشخصات یک کانسار، لازم است که از قسمتهای مختلف آن نمونه برداری صورت گیرد. بدین جهت طی مراحل مختلف عملیات، نمونه برداری صحرائی جهت شناسایی منطقه، تهیه نقشه زمین شناسی و همچنین تشخیص آثار فرآیندهایی نظیر کانی سازی، آلتراسیون و گسلش برداشت گردید. در این حالتها سعی شد که نمونه های برداشت شده تا حد ممکن معرف توده کانسار باشند. برای کسب اطلاعات لازم از درجه تغییرپذیری هر کمیتی در یک کانسار، باید حتی الامکان از نقاط مختلف آن نمونه برداری کرد. چگالی شبکه نمونه برداری، بنا بر قانون کلی نمونه برداری، باید در امتدادهایی که حداکثر تغییرپذیری را نشان می دهند، ماکزیمم باشد. لذا در جهت نیل به این هدف، لازم است در جاهای مناسب حفاری صورت گیرد. با توجه به مطالب فوق، در منطقه مورد مطالعه آندالوزیت میشدوان دو مرحله نمونه برداری انجام پذیرفت. مرحله اول، نمونه برداری از ذخیره شماره یک جهت شناسایی ماده معدنی و در مرحله دوم، نمونه برداری به صورت سیستماتیک و بر اساس طرح و شبکه منظم از کل منطقه که بعد از انجام عملیات حفاری (ترانشه) انجام پذیرفته است تا محدوده هر نوع از واحدهای سنگی و همچنین کیفیت ماده معدنی در طول حفاریها مشخص گردد.

۵-۲- نمونه برداری مرحله اول

در مرحله نخست از ذخیره شماره یک منطقه مورد مطالعه (آندالوزیت میشدوان) عملیات برداشت زمین شناسی اولیه صورت پذیرفت. با توجه به شناختی که نسبت به ماده معدنی گروه سیلیمانیت موجود بود و همچنین با در نظر گرفتن نتایج کارهای انجام

شده قبلی، نمونه برداری مقدماتی از کل ذخیره شماره یک صورت گرفت. اهداف اصلی این نمونه برداری، شناسایی ماده معدنی گروه سیلیمانیت بر اساس آزمایش XRD و همچنین مشخص شدن درصد عناصر مختلف موجود در نمونه های برداشت شده بود. در این مرحله تعداد محدودی نمونه برای انجام آزمایشات XRD، شیمیایی و همچنین جهت تهیه و مطالعه تیغه نازک انتخاب شد، تا این نتایج بتواند در مراحل بعدی عملیات صحرائی (پیمایشهای زمین شناسی) مورد استفاده قرار گیرد. روش نمونه برداری در این مرحله به صورت لب پری (Chip Sampling) بوده است. بدین ترتیب که در مناطقی که ماده معدنی تغییرپذیری محسوس نشان می داد، نمونه برداری لب پری صورت گرفت. و از هر نقطه از واحد نمونه برداری قطعاتی از ماده معدنی به وزن حدود ۲ کیلوگرم برداشت می شد. برای آنکه نمونه کلی برداشت شده با این روش تا حد بیشتری معرف واحد نمونه برداری باشد و عوامل فرسایش فیزیکی در روی آن تاثیر نکرده باشد، سعی شده است این نمونه ها از اعماق ۲۰ الی ۳۰ سانتیمتری سطح زمین و همچنین از قسمتهای کاملاً تازه سنگ برداشت گردد.

در این مرحله تعداد ۴۷ نمونه برداشت گردید که از میان آنها تعداد ۶ نمونه برای آزمایشات XRD، تعداد ۱۳ نمونه برای تجزیه شیمیایی (اکسیدهای اصلی) به روش شیمی تر و همچنین تعداد ۱۳ نمونه جهت تهیه و مطالعه تیغه نازک به آزمایشگاه ارسال گردید که نتایج این آزمایشات در بخش مربوطه آمده است. محل تمام نمونه ها در روی نقشه نمونه برداری منعکس شده است.

۵-۳- طراحی شبکه حفاری

با توجه به مطالعات انجام شده و برداشت‌های زمین شناسی و همچنین تغییرپذیری ماده معدنی، به نظر می‌رسد که واحد نمونه برداری باید با یک مدل عرضی در امتداد عمود بر امتداد اصلی لایه های حاوی ماده معدنی، سازگاری داشته باشد. بر همین اساس در طراحی شبکه حفاری سعی شده است از این مدل پیروی گردد.

جهت انجام عملیات حفاری بر روی شیست‌های حاوی کانیه‌های گروه سیلیمانیت، با توجه به کارهای انجام شده قبلی و در تکمیل شبکه حفاری ترانشه های قبلی و با در نظر گرفتن تغییرپذیری ماده معدنی، در جهت عمود بر امتداد لایه ها تعداد ۳ رشته ترانشه از میان ترانشه های پیش بینی شده انتخاب و حفاری گردید. مشخصات ترانشه های حفر شده توسط شرکت تهیه و تولید مواد اولیه فولاد ایران - اکتشافات واحد جنوب در جدول شماره (۵-۱) آورده شده است.

علاوه بر ترانشه های ذکر شده در جدول بالا در نقاطی که رخنمون ماده معدنی تا اندازه ای در سطح زمین دیده می‌شد و احتیاجی به حفاری نبود، پروفیل‌های زمین شناسی برداشت گردید. سعی شده است تمامی این پروفیل‌ها در امتداد همان ترانشه های ذکر شده در جدول شماره (۵-۱) یعنی عمود بر امتداد ماده معدنی انجام پذیرد.

بر همین اساس تعداد دو پروفیل با شماره های I, II طراحی گردید که محل آن در روی نقشه زمین شناسی نشان داده شده است.

پروفیل شماره I در منطقه ذخیره شماره یک و پروفیل شماره II در منطقه ذخیره شماره III زده شده است. این دو نقشه در پیوست آورده شده است.

جدول شماره (۱-۵) - مشخصات ترانشه های حفر شده توسط شرکت تهیه و

تولید مواد اولیه فولاد ایران - اکتشافات واحد جنوب

محل ترانشه	شماره ترانشه	طول (متر)	آزیموت
ذخیره شماره یک	T-1	۴۰	-
	T-2	۶۰	۸۰
	T-3	۹۴	۸۹
	T-4	۷۱	-
ذخیره شماره دو	T-1	۶۰+۴۰	۳۰۰
	T-2	۴۶	۲۷۵
	T-3	۳۰	۱۶۰
ذخیره شماره سه	T-1	۹۴	۲۴۵
	T-2	۴۰	۳۵
	T-3	۹۴	۲۵
	T-4	۳۱	۱۵
	T-5	۳۰	۴۵

۴-۵- عملیات حفاری

جهت دسترسی به نمونه های بزرگتر و معرف از انواع ذخایر گروه سیلیمانیت برای انجام تست تکنولوژی ، رسیدن به سنگهای بکر (Fresh) و تا حد امکان فاقد آثار هوازدگی سطحی ، حفر ترانشه ضروری به نظر می رسيد. با توجه به خصوصیات و شواهد زمین شناسی و نتایج آزمایشگاهی ، سه نقطه از منطقه جهت حفر ترانشه بررسی شد و سپس برای روشن شدن وضعیت کانیهای گروه سیلیمانیت ، میزان ضخامت ،

گسترش امتدادی و تعیین ذخیره ماده معدنی، ترانشه‌ها براساس جدول مشخصات حفاری گردیدند.

پارامترهایی از قبیل نوع سنگ و ترکیب شیمیایی آن، بافت و ساخت سنگ، نوع و شدت آلتراسیون و مورفولوژی منطقه از جمله معیارهایی هستند که در کنار نتایج آزمایشگاهی در انتخاب محل ترانشه‌های مذکور مد نظر قرار گرفته‌اند.

۵-۴-۱- موقعیت و مشخصات ترانشه‌ها

موقعیت ترانشه‌های مورد بحث با کدهای Tr-1-n الی Tr-3-n و علامت خاص در نقشه زمین شناسی مشخص گردیده است. این ترانشه‌ها دارای عرض بین ۶۰ الی ۷۰ سانتیمتر و عمق ۵۰ الی ۷۰ سانتیمتر می‌باشند. از هر یک از ترانشه‌های حفر شده پروفیلی در مقیاس ۱:۱۰۰ آماده شده است که به همراه ستون چینه شناسی مربوط به ترانشه در پیوست C آمده است.

الف- ترانشه اول (Tr-1-n)

این ترانشه در فاصله بین ذخیره شماره I و II و در نزدیکی ذخیره II حفر شده است. نزدیکترین ایستگاه به این ترانشه ایستگاه S9، در شمال کوه کله قندی در بالای تپه است. طول این ترانشه ۲۱ متر است که از محل کنتاکت شیستهای کانه دار با آهکهای تمامورف کمربانین شروع شده است و تا کف ابراهه گسلی در این ذخیره ادامه پیدا کرده است.

این ترانشه لایه بندی شیست‌های مختلف را با درصدهای متغیر کانی سازی را، قطع کرده است. دامنه تغییرات درصد کانی سازی در این شیست‌ها از حدود ۵ تا ۱۵ درصد و شیب لایه بندی آنها به سمت جنوب غربی است. از این ترانشه جهت انجام

آزمایشات مختلف، تعداد چهار نمونه به روش لب پیری، برداشت گردیده است. در عکس شماره (۱-۵) نمایی از این ترانشه آمده است.

ب - ترانشه دوم (Tr-2-n)

این ترانشه در ذخیره شماره یک منطقه مورد مطالعه حفر شده است. محل دقیق این ترانشه در حد فاصل بین ترانشه های قدیمی II و III در ذخیره شماره یک در زیر S14 و هم راستا با آنها حفر شده است.

انتهای این ترانشه در کنتاکت کمر بالا با لایه های شیبست های کانی سازی شده و ابتدای آن در پائین ترین نقطه ارتفاعی در لایه های شیبستی قرار گرفته است. شیبستهایی که توسط این ترانشه قطع شده اند به ترتیب از ابتدای ترانشه عبارتند از: آندالوزیت - میکا - شیبست، میکا - گارنت - شیبست آندالوزیت دار و میکاشیبست های سست. به طور کلی کانی سازی در این منطقه با درصد پائین است ولی ابعاد بلورها درشت می باشد. طول این ترانشه ۳۸ متر است که از لایه های مختلف آن سه نمونه جهت انجام آزمایشات مختلف برداشت شده است. عکس شماره (۲-۵) نمایی از این ترانشه را نشان می دهد.

پ - ترانشه سوم (Tr-3-n)

این ترانشه در ذخیره شماره III منطقه مورد مطالعه در قسمت انتهایی شمال ذخیره حفر شده است. طول این ترانشه ۵۲ متر و آزیموت آن ۲۴۰ است. انتهای این ترانشه در کنتاکت آهکهای متامورف کمر بالا با شیبست های کانه دار قرار گرفته است. این ترانشه به طور کامل یک لایه شیبست کانی سازی شده را قطع کرده است. شیب لایه بندی تقریباً قائم و کمی متمایل به غرب است. درصد کانی سازی در این شیبستها بیش از ۱۰ درصد است و جنس آن میکا - گارنت شیبست است. از این ترانشه

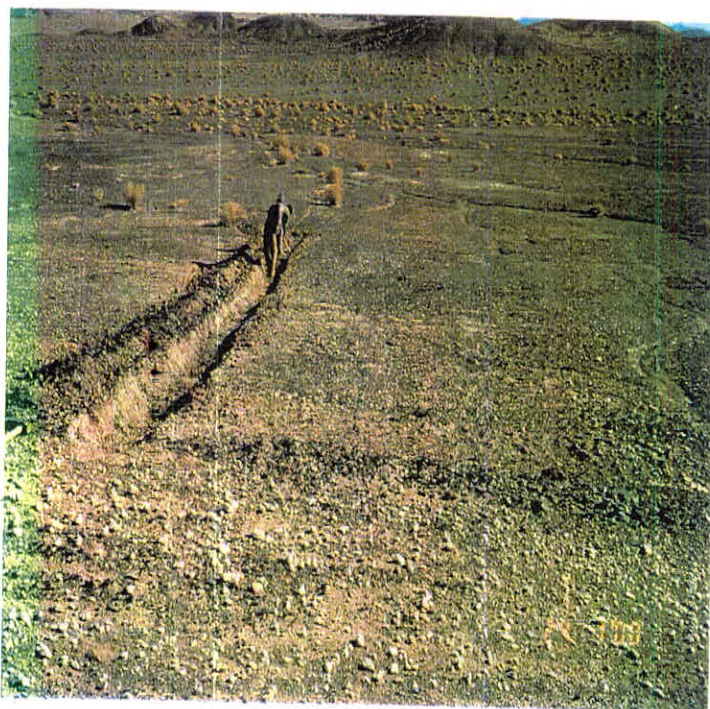


عکس شماره (۵-۱) - نمایی از ترانشه شماره Tr-1-n



عکس شماره (۵-۲) - نمایی از ترانشه شماره Tr-2-n

یک نمونه به روش لب پری برداشت شده است. محل دقیق این ترانشه در نقشه مربوطه آورده شده است و در عکس شماره (۳-۵) نمایی از این ترانشه نشان داده شده است.



عکس شماره (۳-۵) - نمایی از ترانشه شماره Tr-3-II

۵-۴-۲- موقعیت و مشخصات چاهکها

در مواردی که کانسار در سطح زمین رخنمون نداشته و ضخامت مواد پوشاننده (روباره) آن چندان زیاد نبوده، چاهکهایی حفر شده است. هدف از حفر این چاهکها شناخت هر چه بیشتر واحدهای مختلف کانه دار در زیر سطح و دسترسی به نمونه های تازه (Fresh) و بررسی تغییرات درصد کانی سازی در عمق بوده است.

به این منظور تعداد شش حلقه چاهک در قسمتهای مختلف منطقه مورد مطالعه حفر شده است. این چاهکها توسط وسایل دستی از جمله کلنگ، قلم، پتک و بیل دسته کوتاه حفر شده اند و خاکهای مربوط به عمقهای مختلف (هر ۵/۰ متر) به ترتیب در دور چاهک ریخته شده است. به دلیلی سختی زیاد و استحکام لایه ها، پیشرفت حفاری با وسایل دستی بسیار دشوار است و برای ادامه کار و دسترسی به اعماق بیشتر احتیاج به کمپرسور و ... است. چاهکها تا جایی که امکان حفاری با وسایل دستی بوده، حفر شده اند. با وجود این مشکلات تعداد شش چاهک با عمقهای مختلف در قسمتهای از منطقه حفر شده است. موقعیت و مشخصات این چاهکها در زیر آمده است.

الف - چاهک شماره یک (T.P.1)

این چاهک در ذخیره شماره یک منطقه مورد مطالعه در بین سه ایستگاه S10، S11 و S12 حفر شده است. این چاهک در کنتاكت آهک و شیست کانه دار و در شیست های کانه دار حفر شده است. سنگهای این لایه ها بسیار سخت می باشند و امکان حفاری بیشتر با وسایل دستی وجود ندارد.

عمق این چاهک ۳/۹ متر است و جنس سنگهای این بخش از چاهک سیلیمانیت شیست قرمز رنگ است و بلورهای درشت در آن مشخص می باشند. از این چاهک تعداد دو نمونه از مترژهای عمقی مشخص برداشت شده است. عکس شماره (۴-۵) نمایی از اجرای عملیات حفاری چاهک شماره ۱ را نشان می دهد ستون چینه شناسی چاهک شماره ۱ به ترتیب از لایه های سطحی شامل ۰/۱۵ متر رسوبات آبرفتی، ۰/۱۵ متر رسوبات گچی و ۳/۶ متر گارنت- آندالوزیت - میکاشیست می باشد لایه اخیر با توجه به آنالیز ده اکسیدی به سه بخش تقسیم شده است. بعد از رسوبات گچی ۰/۷ متر گارنت آندالوزیت - میکاشیست دارای ۰/۵ کانی، ۲ متر گارنت آندالوزیت

میکانشیست دارای ۱۰-۵ درصد کانی و بعد از آن تا عمق ۳/۹ متری لایه گارنت-

آندالوزیت میکانشیست دارای بیش از ۱۰ درصد کانه دیده می شود.

از این چاهک دو نمونه به شماره Y-A-107 از متراژ حفاری ۱ الی ۳ متر جهت

آنالیز ده اکسیدی و نمونه شماره Y-A-108 از متراژ ۳ الی ۳/۹ متری جهت آزمایش

XRD برداشت گردید که نتایج آن در بخش آزمایشات شیمیایی آمده است. لاگ این

چاهک ها در پیوست آمده است.

ب - چاهک شماره دو (T.P.2)

این چاهک در محدوده ذخیره شماره دو منطقه و در بین ترازشده های یک و دو

و در جنوب ایستگاه S8 حفر شده است. این چاهک در شبست های کانه دار خاکستری



رنگ بسیار سخت حفر گردیده است. امکان پیشروی در این چاهک بیش از ۱/۲ متر وجود ندارد و جهت ادامه حفاری حتماً احتیاج به دستگاه کمپرسور دارد. ستون چینه شناسی در این چاهک به ترتیب ۰/۱۵ متر رسوبات آبرفتی، ۰/۲ متر رسوبات گچی و بعد از آن تا عمق ۱/۲ متری گارنت-آندالوزیت-میکاشیست گرفته شد.

با توجه به کارهای انجام شده قبلی و برداشت زمین شناسی انجام شده لایه اخیر دارای ۵-۰ درصد کانی بوده و چندان مساعد ادامه کار نمی باشد لذا از این چاهک نمونه ای برای آزمایشگاه فرستاده نگردید.

پ - چاهک شماره سه (T.P.3)

این چاهک در ذخیره شماره سه منطقه مورد مطالعه در بین ترانشه های ۱ و ۲ حفاری گردیده است. بیشترین عمق را در بین چاهکهای حفر شده، T.P.3 دارد. این چاهک تماماً در واحد سیلیمانیت شیبست قرار گرفته است که به دلیل وجود آهن زیاد به رنگ قرمز دیده می شود. عمق این چاهک ۶/۲ متر است و تعداد ۳ نمونه از عمقهای مشخص برداشت شده است و جهت آنالیز به آزمایشگاه تجزیه شیمیایی فرستاده شده است. در عکس شماره (۵-۵) نمایی از اجرای عملیات حفاری چاهک شماره III نشان داده شده است.

با توجه به اینکه محل حفاری چاهک شماره III واقع در ارتفاع بلوک III می باشد رسوبات سطحی در این چاهک دیده نمی شود. مشاهدات حاصل از حفاری و نتایج آنالیز ده اکسیدی ستون چینه شناسی چاهک شماره III به صورت زیر نشان می دهد از متر از ۱ متر سنگ گارنت آندالوزیت میکاشیست دارای ۱۰-۵ درصد کانی (نمونه شماره Y-A-92)، از متر از ۱ الی ۲ متری گارنت - آندالوزیت - میکاشیست بیش از ۱۰ درصد کانی (نمونه شماره Y-A-103)، از متر از ۲ الی ۳ متری گارنت - آندالوزیت

میکانشیست دارای ۱۰-۵ درصد کانی (نمونه شماره Y-A-104) و از متراز ۳ متری به بعد (۵/۷ متر) سنگ گارنت-آندالوزیت-میکانشیست دارای بیش از ۱۰ درصد کانی (نمونه شماره Y-A-105) نشان می دهد. لاگ این چاهک نیز در پیوست آمده است.



عکس شماره (۵-۵) - نمایی از عملیات حفاری T.P.3

ت - چاهک شماره چهار (T.P.4)

این چاهک در ذخیره شماره سه منطقه مورد مطالعه ، در ۷۰ متری شمال غرب چاهک T.P.3 و در بین ترانشه های Tr-1 ذخیره سوم و ترانشه Tr-3-n در پائین دامنه تپه S18 حفر شده است. عمق این چاهک ۱/۲ متر است که عمدتاً متشکل از شبیستهای خاکستری رنگ با درصد پائین کانی سازی می باشد. تورق در این شبیستها ، تقریباً بیش از لایه های دیگر است و همانگونه که گفته شد رنگ آن

خاکستری تیره است که پولکهای کانیهی گروه میکا در آن برق می زند. این چاهک برای کنترل چرخش لایه های کانی دار در مرکز هسته ناودیس حفر شد.

ث - چاهک شماره پنج (T.P.5)

این چاهک در غرب ذخیره شماره سه و در فاصله ۲۰ متری از ترانشه ۵ ذخیره شماره ۳ در حد فاصل S19 و S20 قرار گرفته است. محل دقیق این چاهک بر روی نقشه آورده شده است.

این چاهک در کتاکت بین ماسه سنگهای مامورف کمر بالا با شیستهای کانه دار و در این شیست ها حفر شده است. این شیست ها بیشتر از نوع میکا - گارنت شیست کانه دار هستند که درصد کانی سازی آنها بیش از ۵ درصد و کمتر از ۱۰ درصد است. عمق این چاهک ۱/۲ متر است از این چاهک یک نمونه جهت انجام آزمایشات شیمیایی برداشت شده است. با توجه به نتایج حاصل از حفاری و آنالیز ده اکسیدی، توالی لیتولوژی در این چاهک شامل ۰/۱۵ متر رسوبات آبرفتی و تا عمق ۱/۲ متری گارنت - آندالوزیت - میکاشیست دارای ۱۰-۵ درصد کانی می باشد. نتیجه نمونه شماره Y-A-107 از این چاهک در بخش آزمایشات آمده است.

ج - چاهک شماره شش (T.P.6)

این چاهک در ۲۰ متری شمال چاهک شماره ۵ قرار گرفته است. به دلیل اینکه این چاهک در لایه ای حفر شده که به ماده معدنی برخورد نکرده است، عملیات حفاری متوقف شده است و فقط تا عمق ۰/۳ متری حفر شده است.

فصل ششم

آزمایشات شیمیایی

۶-۱- مقدمه

به منظور شناخت دقیق ماده معدنی، بر روی نمونه های برداشت شده از منطقه بررسیهای آزمایشگاهی جهت مطالعه نوع سنگ، جنس، کیفیت، دگرسانی و ژنز آن انجام گرفته است. این آزمایشات شامل موارد زیر می باشد:

- آزمایشهای تجزیه شیمیایی عناصر اصلی (ده اکسید اصلی)

Chemical Analysis Results of Major Elements

- آزمایش تعیین کانیها به روش اشعه مجهول Mineral Identification by XRD
- بررسیهای سنگ شناسی میکروسکوپی نمونه ها Thin Section Study

۶-۲- آماده سازی نمونه ها

بعد از نمونه برداری از منطقه مورد مطالعه، نمونه های برداشت شده جهت تجزیه شیمیایی و XRD طی مراحل "آماده سازی" شدند. این مراحل به ترتیب شامل توزین، خردایش، تقسیم، آسیاب کردن، تقسیم مجدد، پودر کردن و سرانجام بسته بندی و ارسال جهت آنالیز بوده است. شرح مراحل "آماده سازی" نمونه های آندالوزیت به ترتیب زیر است:

جهت مشخص شدن تغییر کمی و محاسبه فضایی (Sample Space)، هر یک از نمونه ها در مراحل مختلف توزین شده اند. پس از توزین، عمل خردایش به وسیله سنگ شکن فکی صورت گرفته است. در این مرحله هر نمونه که حداکثر ابعاد ذرات آن ۵ سانتیمتر بوده است، تا زیر یک میلیمتر (۱۰۰۰۱۱=۱۶ مش) خرد شده است. حدود یک کیلوگرم از نمونه خرد شده تا زیر یک میلیمتر، با دستگاه تقسیم کن شانه ای جدا شده است.

نمونه های حدود یک کیلوگرمی ، در یک آسیای گلوله ای (به روش خشک) آسیاب شده اند . آنالیز سرندی نمونه های خرد شده در این فاز ، نشان می دهد که ابعاد بیش از ۹۰ درصد نمونه زیر ۲/۰ میلیمتر می باشد.

جهت تقسیم نمونه ها به اجزایی با جرم کوچکتر ، از دستگاه تقسیم کننده شانه ای با دهانه نیم اینچ استفاده شده است. عمل تقسیم کردن آنقدر به طور متوالی ادامه یافته است تا به ریز نمونه هایی با جرم حدود ۱۰۰ الی ۱۲۰ گرمی دستیابی شود. عمل خردایش ، پودر کردن و تقسیم نمونه ها به اجزایی با جرم کوچکتر ، طوری انجام پذیرفته که فاقد خطا باشد . بدین منظور سعی شده تا با افزایش فضای نمونه از طریق خرد کردن در هنگام تقسیم ، سطح ۵۰۰،۰۰۰ حفظ شود . بنابراین هیچ نمونه ای مورد تقسیم قرار نگرفته مگر آنکه با خردایش قبلا" مقدار فضای نمونه به ۱۰^۵ رسیده باشد. نمونه های حاصله برای آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه پژوهشگران شیمی ارسال و بدین منظور تا ۵۷ میکرون پودر شده اند و سپس آزمایشات لازم روی آنها انجام شده است.

۳-۶- تجزیه شیمیایی نمونه ها

در این مرحله حدود ۱۰۰ گرم از هر یک از نمونه های پودر شده (روش تقسیم بدون خطای نمونه ها و رسیدن از وزن حدود ۲ کیلوگرم برای هر نمونه به وزن حدود ۱۰۰ گرم تجزیه شیمیایی شده اند. با توجه به ماهیت پروژه و اهمیت متغیرهای احتمالی، اندازه گیری درصد کلی اکسیدهای $Al_2O_3, SiO_2, TiO_2, Fe_2O_3, CaO, K_2O, Na_2O, MgO$ و L.O.I صورت پذیرفته است . در آزمایشگاه کل اکسیدهای فوق به روش شیمیایی تر مورد آزمایش قرار گرفته اند به طوریکه اکسیدهای $Al_2O_3, SiO_2, TiO_2, MgO$ به روش

اسپکتروفتومتری، اکسیدهای Fe_2O_3, CaO, MgO به روش جذب اتمی و اکسیدهای K_2O, Na_2O به روش فلیم فتومتری و میزان L.O.I به روش گراویمتری اندازه گیری شده اند. نتایج تجزیه شیمیایی نمونه ها در جداول مربوطه آورده شده است.

۶-۳-۱- آزمایشهای تجزیه شیمیایی عناصر اصلی

جهت شناخت و مطالعه دقیق نمونه های برداشت شده از منطقه بافق و همچنین کیفیت ماده معدنی و موارد استفاده آن در صنایع مختلف آنالیز شیمیایی عناصر اصلی (ده اکسیدی) بر روی نمونه ها انجام پذیرفته است. در این آزمایش عناصر اصلی در قالب اکسیدهای $SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, K_2O, MgO, Na_2O, MnO, CaO$ و میزان L.O.I اندازه گیری شده اند و تجزیه و تحلیل بر روی آنها انجام پذیرفته است. کل نمونه هایی که تجزیه شیمیایی بر روی آنها انجام شده است، در دو مرحله به آزمایشگاه ارسال شده اند که در زیر توضیح داده می شوند.

۱- آزمایش نمونه های شیمیایی مرحله اول

تعداد ۱۳ نمونه در عملیات صحرایی اولیه، از کل منطقه ذخیره شماره یک، جهت شناخت سریع ماده معدنی و کمک در تشخیص دیگر نمونه ها و همچنین تسریع کارهای صحرایی در عملیات بعدی برداشت گردیده و آنالیز شیمیایی ده اکسیدی بر روی این نمونه ها انجام پذیرفته که نتایج آن به شرح جدول شماره (۶-۱) می باشد.

جدول شماره (۱-۶) - نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های سری اول آندالوزیت بافق

جزء آنالیز شده کد نمونه	Lab.No.	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	MnO (%)	K ₂ O (%)	L.O.I (%)
Y-A-1	2054	2.9	.5	1.14	.018	31.4	1.49	.12	.05	.07	22.1
Y-A-5	2055	77.2	11.7	3.11	.43	1.52	.49	2.17	.03	1.22	1.9
Y-A-9	2056	66	19.9	4.66	.79	1.58	.65	1.46	.07	1.99	2.5
Y-A-12	2057	68.1	16	4.40	.71	1.8	.74	1.67	.02	1.79	4.45
Y-A-16	2058	65	19.5	2.83	.98	1.91	.33	.80	.04	3.45	5.17
Y-A-17	2059	68.6	12.8	3.19	.55	3.94	.90	2.44	.04	1.28	6.28
Y-A-18	2060	67.7	16.5	5.09	.79	1.3	.45	.90	.07	1.67	5.2
Y-A-26	2061	66.3	17.9	5.46	.78	1.7	.82	1.80	.07	1.67	3.17
Y-A-27	2062	67.2	18.2	4.37	.59	2.51	.57	1.89	.03	1.16	3
Y-A-28	2063	77.1	9.05	2.88	.30	2.56	.73	1.85	.04	1.18	4.24
Y-A-30	2064	67.6	19	3.98	.87	1.17	.16	.37	.01	2.28	4.11
Y-A-31	2065	64.5	18.1	7.07	.77	1.88	.25	.60	.11	2.62	3.76
Y-A-35	2066	55.5	27.9	1.56	.73	1.33	.25	1.50	.007	5.45	5.42

با توجه به نتایج به دست آمده از آنالیز شیمیایی ده اکسید اصلی که این اکسیدها سازنده های اصلی سنگهای آندالوزیت دار می باشند، چنین نتیجه می شود که درصد اکسیدهای SiO₂, TiO₂, MnO در نمونه های مذکور در حد قابل قبول می باشد ولی درصد اکسید Al₂O₃ کم و درصد اکسیدهای Fe₂O₃, K₂O, Na₂O و CaO که از اکسیدهای مزاحم صنایع مصرف کننده آندالوزیت محسوب می شوند، بالا می باشند.

درصدهای مختلف SiO₂ و Al₂O₃ مصارف گوناگون این ماده را در صنعت مشخص می سازد. در بین نمونه های ذکر شده در بالا نمونه Y-A-9 از درصدهای SiO₂ و Al₂O₃ مناسب تری برخوردار می باشد، در صورتی که اکسیدهای مزاحم مصارف این کانیها را در صنعت دچار مشکل می سازد.

این نمونه ها جهت مشخص شدن سریع ماده معدنی و توجیه کارها برداشت شده است. محل این نمونه ها بر روی نقشه نمونه برداری آمده است.

۲- آزمایش نمونه های شیمیایی مرحله دوم

در ادامه مطالعات شیمیایی نمونه های آندالوزیت بافق، مرحله بعدی آن به صورت سیستماتیک انجام گرفت. لذا جهت نتیجه گیری از روند تغییرات عیار عناصر تشکیل دهنده مواد معدنی موجود در منطقه سعی شده است، نمونه های ارسالی به آزمایشگاه به صورتی انتخاب شوند که کل منطقه را پوشش دهند و معرف کل جامعه باشند. در جهت نیل به این هدف تعداد ۱۲ نمونه از رخنمونهای سطحی و همچنین ترائشه و چاهکهای حفر شده انتخاب و برای آزمایشگاه پژوهشگران شیمی در تهران ارسال گردید که نتایج آن به شرح جدول شماره (۶-۲) می باشد.

۳- آزمایش نمونه های شیمیایی مرحله سوم

در ادامه مطالعات شیمیایی نمونه های آندالوزیت بافق نمونه برداری به صورت سیستماتیک از چاهک های اکتشافی انجام شد و نمونه های نماینده از متراژهای مناسب جهت بررسی آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه ارسال گردیدند. برای این هدف تعداد ۵ نمونه از چاهک برداشت گردید که نتایج آن به شرح جدول (۶-۳) می باشد. نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های آندالوزیت بافق در پیوست B آمده است.

۶-۴- آزمایش تعیین کانیها به روش اشعه مجهول (XRD)

جهت شناخت دقیق نمونه ها سعی گردیده است در کنار نمونه هایی که برای آزمایش ده اکسیدی فرستاده می شود، نمونه هایی جهت بررسی طیف XRD مورد آزمایش قرار گیرد، لذا در جهت نیل به این هدف، بر روی نمونه ها انجام علاوه بر

جدول شماره (۶-۲) - نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های سری دوم آندالوزیت بافق

جزء آنالیز شده کد نمونه	Lab.NO	SiO2 (%)	AL2O3 (%)	Fe2O3 (%)	TiO2 (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na2O (%)	K2O (%)	MnO (%)	L.O.I (%)
Y-A-50	2505	61.2	22.4	6.52	0.92	2.0	0.76	0.23	2.31	0.13	2.91
Y-A-62	2506	63.9	20.4	3.59	0.70	1.61	0.44	0.42	1.92	0.08	6.13
Y-A-67	2507	63.3	20.0	6.50	0.86	1.16	0.75	0.30	2.49	0.13	3.93
Y-A-71	2508	39.2	55.0	1.41	0.08	0.94	0.12	0.31	1.19	0.01	1.40
Y-A-73	2509	64.0	22.3	6.64	1.03	0.42	0.91	0.39	2.17	0.10	1.66
Y-A-77	2510	63.6	19.0	6.35	0.80	1.66	0.98	1.03	2.17	0.10	4.11
Y-A-80	2511	67.1	17.8	5.92	0.95	1.6	0.82	0.20	2.18	0.09	2.62
Y-A-82	2512	66.2	18.8	5.48	0.74	2.59	0.32	1.15	2.04	0.09	2.30
Y-A-89	2513	65.1	15.7	5.62	0.65	2.72	1.23	1.42	1.88	0.04	4.89
Y-A-92	2514	61.0	19.8	7.78	0.77	3.10	0.94	0.73	2.32	0.08	2.92
Y-A-93	2515	62.0	18.9	6.38	0.96	2.97	0.86	0.94	2.38	0.10	3.77
Y-A-102	2516	39.0	54.3	1.34	0.12	0.36	0.13	0.38	1.74	0.02	1.94

جدول شماره (۶-۳) - نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های سری سوم آندالوزیت بافق

جزء آنالیز شده کد نمونه	شماره چاهک	Lab NO	SiO2 (%)	AL2O3 (%)	Fe2O3 (%)	TiO2 (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na2O (%)	K2O (%)	MnO (%)	L.O.I (%)
Y-A-103	T.P.III-1	198	58.6	22.0	7.67	0.77	1.64	0.82	0.64	2.92	0.33	4.46
Y-A-104	T.P.III-2	199	65.5	18.9	5.73	0.76	0.96	0.57	1.11	2.58	0.25	3.48
Y-A-105	T.P.III-3	200	64.0	19.0	6.78	0.82	0.98	0.70	1.25	2.33	0.28	3.82
Y-A-106	T.P.V-1	201	64.7	19.0	6.19	0.88	1.03	0.91	0.98	2.68	0.19	2.90
Y-A-107	T.P.I-1	202	60.6	21.0	5.29	0.79	0.52	0.49	0.90	2.92	0.19	6.09

آنالیز شیمیایی، آزمایش اشعه مجهول (XRD) نیز انجام گرفت تا به موازات تعیین اکسیدهای اصلی و مقادیر آنها نوع کانی نیز مشخص گردد.

۱-۴-۶- آزمایشات XRD سری اول

نتایج تعداد ۲۰ نمونه از واحدهای سنگی و بلورهای آندالوزیت در منطقه که برای آزمایش XRD فرستاده شدند در جدول شماره (۴-۶) و طیف های مربوطه در پیوست A آمده است.

۲-۴-۶- آزمایشات X.R.D مرحله دوم

در ادامه مطالعات، جهت شناسایی ماده معدنی (آندالوزیت) و نوع آن، تعداد ۱۱ نمونه به آزمایشگاه کرج (شرکت آلومینیوم ایران) ارسال گردید. در این مرحله سعی شده است که به طور سیستماتیک و بر اساس منطق تبدیل شدگی ماده معدنی، هر جا که تغییری در ماده معدنی از نظر رنگ، سختی و خواص ظاهری پیش آمده، جهت شناخت دقیق نوع ماده و جایگاه آن در ستون چینه شناسی مطالعات X.R.D انجام گیرد. نتایج مطالعات نمونه های سری دوم در جدول شماره (۵-۶) آمده است. طیفهای مربوطه در پیوست A آورده شده است.

۳-۴-۶- آزمایش X.R.D مرحله سوم

جهت کنترل نوع کانی در چاهکهای اکتشافی و مقایسه آن نوع کانیهای گروه سیلیمانیت در نمونه برداری سطحی و ترانشه یک نمونه به شماره Y-A-108 از چاه شماره ۱ برداشت گردید که جهت مطالعات X.R.D ارسال گردید نتیجه این آزمایش به شرح زیر می باشد.

Y-A-108 → Kyanite, Staurolite
Musccvite, Quart2

جدول شماره (۶-۴) - نتایج مطالعات XRD نمونه های سری اول آندالوزیت بافق

Sample No.	X.R.D Result
Y-A-1	Gypsum(Major) +Chlorite (Minor)
Y-A-5	Quartz + Feldspar + Muscovite + Chlorite + Kaolinite(Minor)
Y-A-7	Muscovite(Major)+Kyanite+ Chlorite(Minor) + Amphibole(Minor)
Y-A-9	Muscovite+Quartz+Feldspar+Chlorite+Kaolinite+ Kyanite(Minor)
Y-A-11	Calcite + Muscovite + Paragonite+ Quartz + Kyanite (Minor) + Chlorite (Minor)
Y-A-12	Muscovite + Quartz + Feldspar + Chlorite + Gypsum(Minor)
Y-A-16	Muscovite +Quartz + Kyanite(Minor) + Kaolinite(Minor)
Y-A-17	Quartz + Feldspar + Muscovite + Gypsum+ Kaolinite(Minor)
Y-A-18	Quartz + Muscovite + Kaolinite+ Feldspar (Minor)
Y-A-24	Muscovite (Major) + Kyanite+ Quartz (Minor) + Kaolinite (Minor) Amphibole(Minor)
Y-A-25	Muscovite + Paragonite + Kyanite + Quartz + Chlorite (Minor) + Amphibole (Minor)
Y-A-26	Muscovite + Quartz + Feldspar + Paragonite + Chlorite + Kyanite (Minor)
Y-A-27	Quartz+ Muscovite + Feldspar+ Paragonite + Chlorite
Y-A-28	Quartz+ Muscovite + Feldspar+Gypsum (Minor)+Chlorite (Minor)
Y-A-29	Muscovite + Paragonite + Kyanite +Quartz + Chlorite (Minor)
Y-A-30	Muscovite +Quartz + Kaolinite + Kyanite(Minor)
Y-A-31	Muscovite (Major) + Quartz + Kaolinite (Minor)
Y-A-35	Muscovite (Major)+Quartz + Gypsum(Minor) + Chlorite(Minor)
Y-A-42	Halite+Anhydrite+Quartz(Minor)
Y-A-46	Muscovite + Paragonite + Kyanite +Quartz + Kaolinite (Minor)+ Amphibole (Minor)

و در نهایت با توجه به محدودیت تعداد نمونه جهت انجام آزمایشات مخلف از میان

نمونه های شیمیایی آخر بلوک های II و III برداشت گردیده بودند ولی آزمایشات XRD

نشده اند ، تعدادی که از نظر شیمیایی در حد مطلوب بوده اند انتخاب و آزمایش XRD

بر روی این نمونه ها انجام پذیرفت که نتایج آن در جدول شماره ۶-۶ منعکس شده

است.

جدول شماره (۵-۶) - نتایج مطالعات X.R.D نمونه های سری دوم آندالوزیت بافق

Sample No	X.R.D Results
Y-A-54	Muscovite , Kyanite , Quartz , Andalusite (Minor) Kaolinite (Minor) , Amphibole (Minor)
Y-A-57	Muscovite , Kyanite , Kaolinite (Minor)
Y-A-62	Muscovite , Quartz , Kaolinite , Kyanite (Minor)
Y-A-67	Muscovite , Quartz , Kyanite (Minor)
Y-A-69	Muscovite , Kyanite , Andalusite (Minor) , Kaolinite (Minor), Amphibole (Minor)
Y-A-71	Muscovite , Kyanite , Kaolinite (Minor) , Amphibole (Minor)
Y-A-75	Feldspar , Quartz , Muscovite , Kaolinite (Minor) , Amphibole (Minor)
Y-A-76	Muscovite , Kyanite
Y-A-78	Muscovite , Quartz , Feldspar (Minor) , Kaolinite (Minor)
Y-A-96	Muscovite , Kyanite , Kaolinite (Minor)
Y-A-102	Muscovite , Kyanite , Kaolinite (Minor) , Amphibole (Minor)

جدول شماره (۶-۶) - نتایج مطالعات X.R.D نمونه های سری سوم آندالوزیت بافق

Sample No	X.R.D Results
Y-A-73	Quartz-Albite-Sericite
Y-A-77	Quartz-Albite-Sericite-Chlorite
Y-A-82	Quartz-Albite-Sericite-Chlorite
Y-A-92	Quartz-Chlorite -Albite-Sericite
Y-A-93	Quartz-Chlorite- Albite-Sericite

۵-۶- آنالیزهای کنترلی

جهت کنترل خطای آزمایشگاه و اطمینان از قابل قبول بودن خطا (در حد خطای

مجاز) ، تعدادی از نمونه ها به صورت تکراری (Duplicate) به همان آزمایشگاه

فرستاده شده اند... با مقایسه نتایج در مجموع می توان خطای نتایج آزمایشگاهی را در حد قابل قبول برای این مرحله از عملیات اکتشافی دانست. بدیهی است با تعداد بیشتری از نمونه های تکراری در مراحل اکتشاف تفصیلی ، با دقت و قاطعیت بیشتری می توان با استفاده از روشهای تحلیلی در رابطه با مجاز بودن خطای آزمایشگاه اظهار نظر نمود. در جدول شماره (۶-۷) نتایج آنالیز تکراری و در جدول شماره (۶-۸) تغییر کد نمونه های ارسالی به آزمایشگاه در مرحله انجام آنالیز کنترلی آورده شده است .

جدول شماره (۶-۷) - نتایج آنالیز نمونه های تکراری

جزء آنالیز شده کد نمونه	شماره چاهی	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	MnO %	K ₂ O %	L.O.I %
Y-A-109	203	64,7	19,4	2,81	0,98	1,90	0,33	0,8	3,44	0,04	5,18
Y-A-110	204	66,2	18	5,43	0,77	1,65	0,82	1,81	1,66	0,07	3,19
Y-A-111	205	67,2	18,1	4,31	0,58	2,5	0,57	1,88	1,17	0,03	3,2
Y-A-112	206	61,1	22,1	6,54	0,92	1,98	0,75	0,24	2,33	0,13	3,01
Y-A-113	207	63,7	20,5	3,6	0,7	1,6	0,45	0,43	1,93	0,07	6,15
Y-A-114	208	63,8	22,2	6,3	1,03	0,43	0,93	0,4	2,19	0,2	1,68
Y-A-115	209	63,4	18,6	6,36	0,81	1,67	0,98	1,04	2,18	0,1	4,15
Y-A-116	210	61,3	20,1	6,87	0,79	2,93	0,92	0,72	2,31	0,08	2,9
Y-A-117	211	63,8	18,7	6,24	0,87	1,03	0,88	1,01	2,69	0,18	2,94

جدول شماره (۶-۸) - تغییر کد نمونه های تکراری ارسالی

شماره قدیمی	شماره جدید	شماره قدیمی	شماره جدید
Y-A-114	Y-A-73	Y-A-103	Y-A-16
Y-A-115	Y-A-77	Y-A-110	Y-A-26
Y-A-116	Y-A-92	Y-A-111	Y-A-27
Y-A-117	Y-A-106	Y-A-112	Y-A-50
		Y-A-113	Y-A-62

۶-۶- مطالعات سنگ شناسی به روش مقاطع تیغه نازک (Thin Section)

از ۱۹ نمونه که برای مطالعات سنگ شناسی از توده سنگ و لایه های محدوده مورد مطالعه (آندالوزیت بافق) برداشت شده است، توسط سازمان زمین شناسی مقطع نازک تهیه گردید. از این مقاطع در شرایط نورپلاریزه (L.P) و اغلب با بزرگنمایی $10\times$ و $33\times$ عکس گرفته شده است. در این بخش خلاصه گزارش مطالعات انجام شده بر روی مقاطع نازک به همراه عکسهای مربوطه ارائه می گردد:

- نمونه شماره Y-A-2

نام سنگ : آهک ناخالص تا اندازه ای دگرگون شده

این نمونه یک سنگ آهک ناخالص است که تحت تاثیر عوامل دگرگونی به احتمال زیاد از نوع دگرگونی همبری قرار گرفته است. بر اثر این دگرگونی در بلورهای کلسیت تبلور مجدد انجام گرفته و یک کانی نانویه در سنگ به وجود آمده است. اندازه این کانی نانویه گاهی از سانتیمتر تجاوز می کند و به طور ثانوی به کوارتز تبدیل شده است. کلسیت نیز در داخل این کانی نفوذ کرده است. بنابراین اجزاء عمده تشکیل دهنده این سنگ عبارتند از : کلسیت (۷۰ تا ۸۰ درصد)، کوارتز (۵ تا ۱۰ درصد) و کانی نانویه (۱۵ تا ۲۰ درصد).

همچنین مقداری هماتیت در سنگ مشاهده می شود که ۱ تا ۲ درصد حجم

سنگ را تشکیل داده است. عکس (۶-۱) بخشی از این مقطع را نشان می دهد.

- نمونه شماره Y-A-3

نام سنگ : آهک ناخالص مرمری شده

این نمونه سنگ آهکی است که بر اثر پدیده دگرگونی در کانیهای آن تبلور مجدد انجام شده است. بافت سنگ موزائیکی است و عمدتاً از بلورهای درهم رشد کرده کلسیت به قطر $0/5$ تا 1 میلیمتر تشکیل شده است. بلورهای درشت تر کلسیت هم به طور پراکنده در سنگ دیده می شود.

این سنگ ، حاوی مقداری ناخالصی از نوع کوارتز و کانیهای کدر است. کوارتز به صورت بلورهای نیمه شکل دار عموماً در اندازه ابعاد کلسیت به طور پراکنده و کانیهای کدر که عمدتاً هماتیت می باشد ، به صورت ادخالهایی در سنگ مشاهده می شود. ناخالصی کوارتز حداکثر 1 تا $1/5$ درصد و هماتیت و دیگر کانیهای کدر 2 درصد حجم سنگ را تشکیل داده اند. عکس شماره (۶-۲) بخشی از مقطع این نمونه را نشان می دهد.

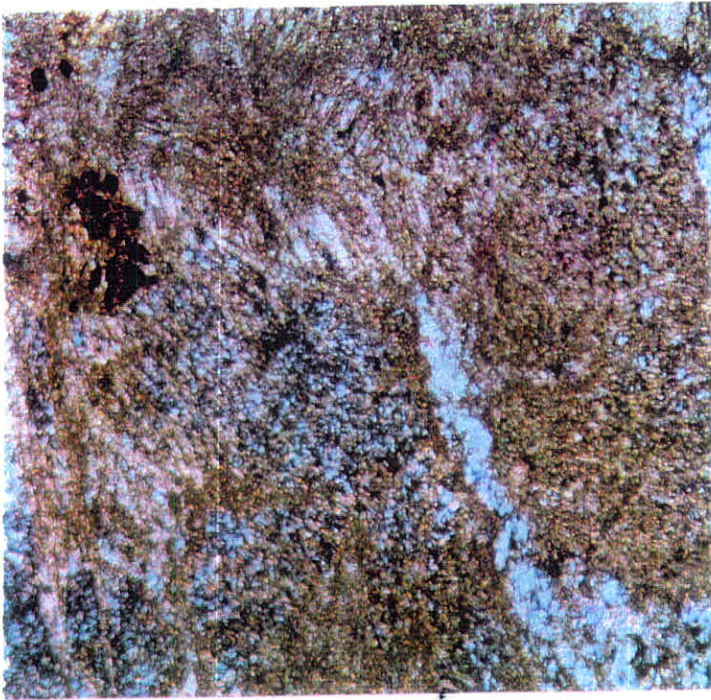
- نمونه شماره Y-A-9

نام سنگ : کیانیت - استرویتید - گارنت - میکاشیست

بافت : جهت یافته متورق

اجزاء سازنده این نمونه میکا (مسکویت و بیوتیت) ، کیانیت ، استرویتید ، گارنت ، کانیهای کدر و کوارتز می باشند.

قسمت عمده این سنگ را کوارتز تشکیل داده است که به همراه میکا که حدود 20 درصد سنگ را تشکیل داده است بافت جهت یافته ای را به وجود آورده است. گارنت نیز به صورت بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار به صورت پراکنده و با قطر تا یک میلیمتر در سنگ موجود است و مقدار آن حداکثر به 4 درصد حجم سنگ می رسد.



عکس (۱-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-2



عکس شماره (۲-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-3

این کانی گاهی به کلریت و اکسید آهن تبدیل شده است. کیانیت و استروئید به مقدار جزئی در مقطع نازک دیده می شود. گاهی در بعضی بلورهای استروئید تبدیل شدگی به کیانیت مشاهده می شود. این تبدیل شدگی بر اثر ازدیاد حرارت می باشد.

کانیهای کدر به صورت بلورهای بسیار ریز در سنگ موجودند و مقدار آنها حداکثر به ۴ درصد حجم سنگ می رسد. بخشی از مقطع میکروسکوپی این نمونه در حالت نیکولهای عمود بر هم در عکس شماره (۳-۶) و حالت نیکولهای موازی در عکس شماره (۴-۶) آورده شده است.

- نمونه شماره Y-A-13

نام سنگ : آهک ناخالص متامورف (مرمری شده)

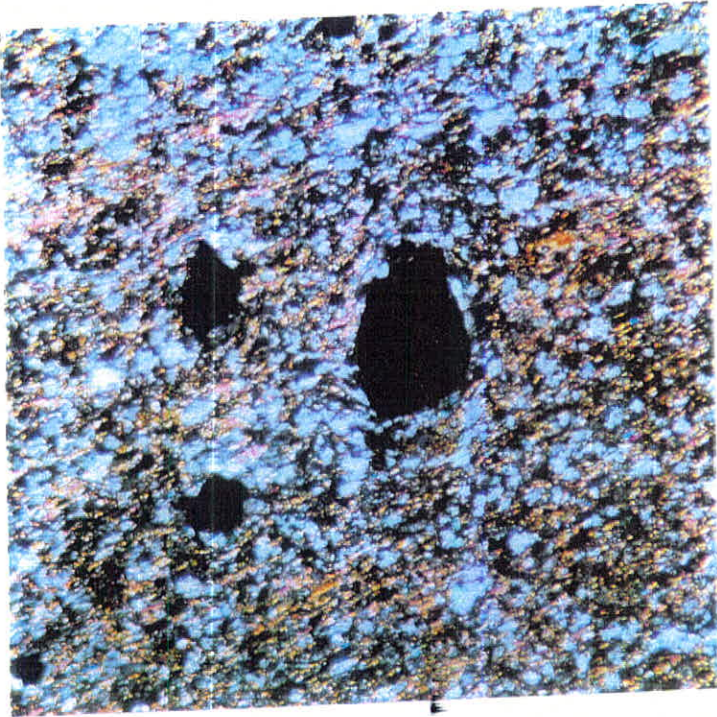
بافت سنگ : موزائیکی

این نمونه ، سنگ آهکی است که تحت تاثیر عوامل دگرگونی قرار گرفته و در کانیهای آن تبلور مجدد اتفاق افتاده است. بافت این سنگ موزائیکی است و اجزاء اصلی آن را بلورهای خوب رشد یافته (مچور) کلسیت تشکیل می دهند. اجزاء دیگر (فرعی) این سنگ که جزو ناخالصی به حساب می آیند عبارتند از : کوارتز ، مسکویت و کانیهای کدر که مقدار آنها در حدود ۱۰ درصد است .

بلورهای بی شکل و مجتمع کوارتز عموماً "همراه با مسکویت و بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار به طور منفرد و پراکنده در سنگ دیده می شود.

درزه و شکافهای موجود در این سنگ توسط کانیهای کدر که اغلب آنها اکسید آهن است پر شده اند. عکس شماره (۵-۶) تصویر بخشی از این مقطع را نشان

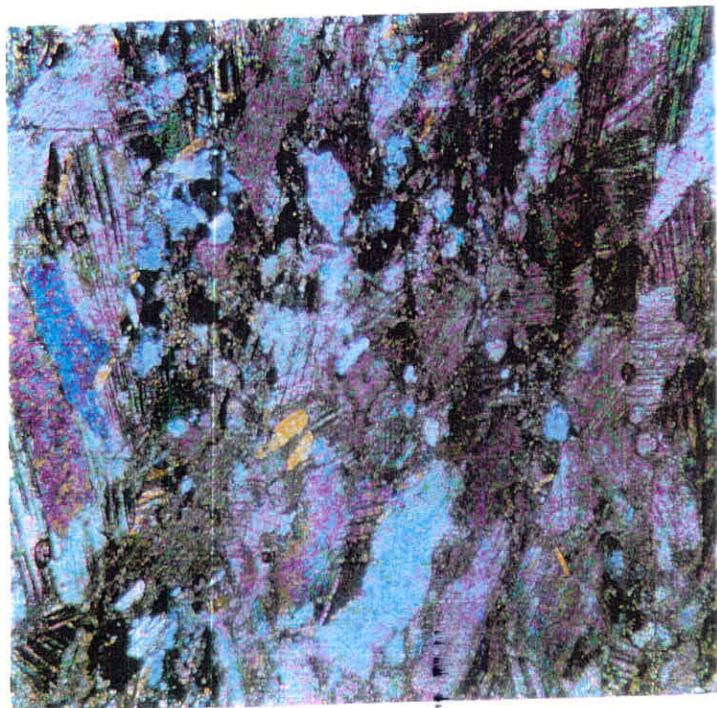
می دهد.



عکس شماره (۳-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-9 در نیکولهای عمود بر هم



عکس شماره (۴-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-9 در حالت نیکولهای موازی



عکس شماره (۶-۵) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-13

- نمونه شماره Y-A-14

نام سنگ : آهک ناخالص متامورف

این نمونه ، سنگ آهک ناخالصی است که تحت تاثیر عوامل دگرگونی واقع شده است و در اجزاء کربناتی آن تبلور مجدد حاصل شده است. اجزاء متشکله این سنگ عبارتند از کلسیت ، بلورهای گرد شده کوارتز (۱ تا ۲ درصد) ، کانیهای مافیک کاملاً دگرسان شده به کلریت ، هماتیت (۱ تا ۲ درصد) و بلورهای پراکنده و طویل مسکویت. این سنگ دارای درز و شکاف است که توسط هماتیت پر شده است ، عکس شماره (۶-۶) نشان دهنده بخشی از این مقطع می باشد.

- نمونه شماره Y-A-15

نام سنگ : کوارتز میکا شیست

این سنگ حاوی بلورهای جهت یافته بیوتیت ، کوارتز و مقداری کانی کدر بیشتر از نوع همانیت می باشد که ساخت آن متورق و بافت آن جهت یافته است. اندازه بلورهای بیوتیت در این سنگ تا سه میلیمتر می رسد و مقدار آن تقریبا " ۴۰ درصد حجم سنگ می باشد. بخشی از این مقطع در عکس شماره (۶-۷) نشان داده شده است.

- نمونه شماره Y-A-16

نام سنگ : کیاستولیت - کیانیت - گارنت - میکا شیست

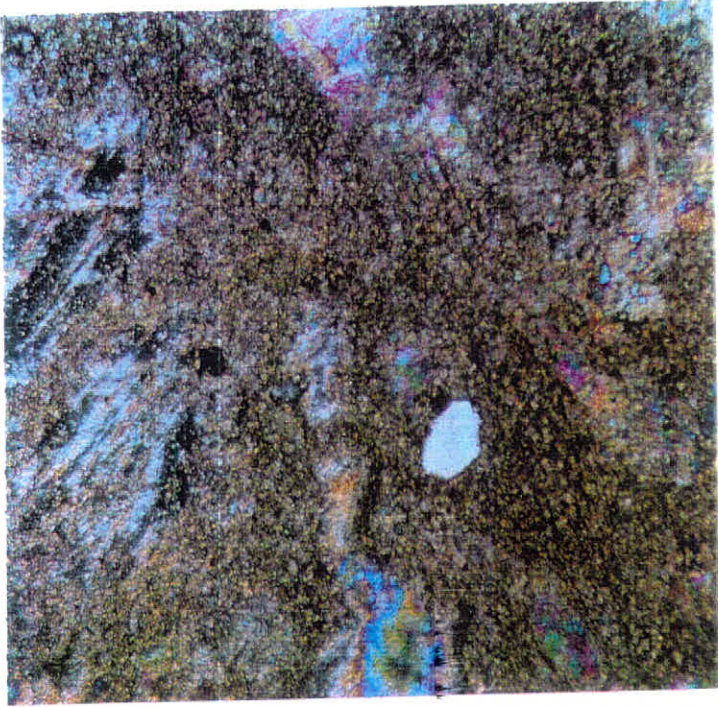
توصیف این نمونه مانند نمونه شماره Y-A-18 است که در جای خود توضیح داده می شود با این تفاوت که بلورهای گارنت گاهی تا اندازه ای و گاهی نیز به طور کامل به سریسیت و اکسید آهن تبدیل شده است. عکس شماره (۶-۸) بخشی از مقطع این نمونه را در حالت نیکولهای عمود بر هم از کیاستولیت و در عکس شماره (۶-۹) در حالت نیکولهای عمود بر هم از کانی کیانیت را نشان می دهد.

- نمونه شماره Y-A-18

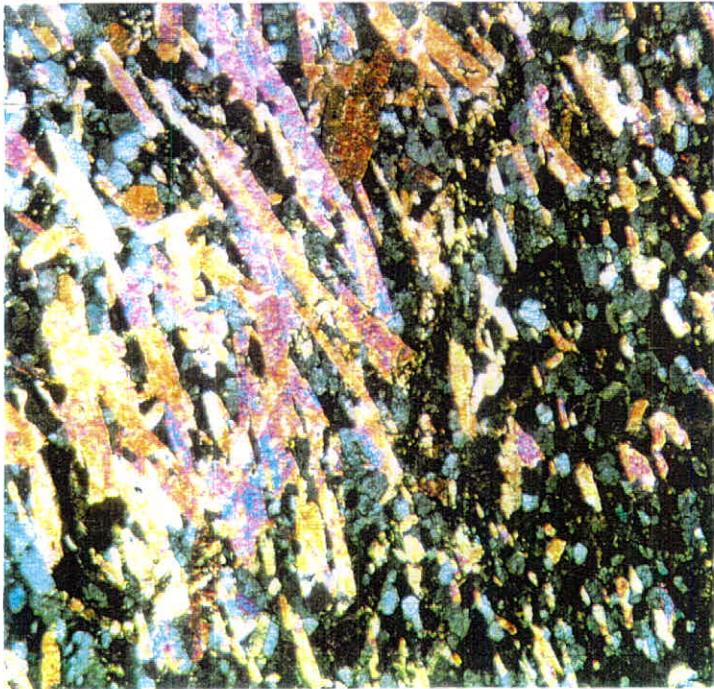
نام سنگ : کیاستولیت - کیانیت - گارنت میکا شیست

ساخت و بافت : متورق و جهت یافته

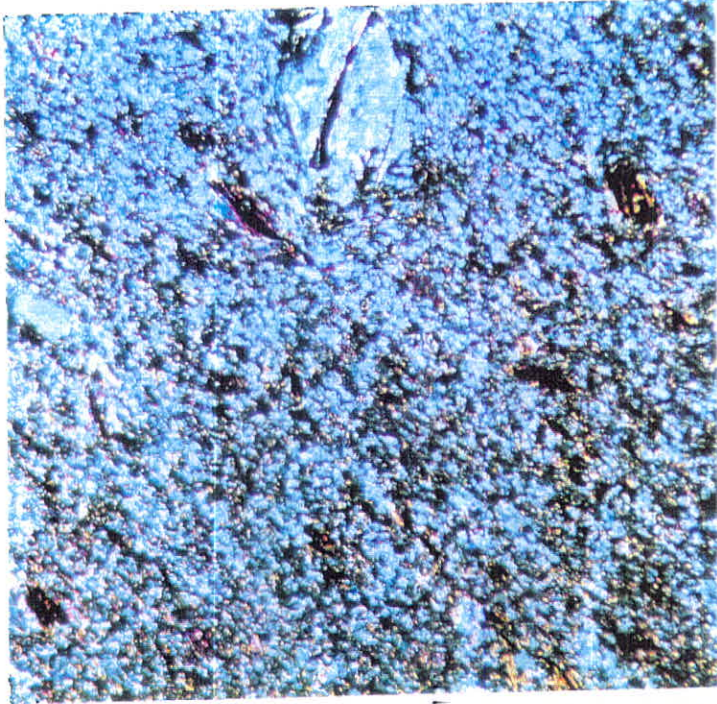
این نمونه دارای فنوبلاستهای کیاستولیت (آندالوزیت صلیبی) با قطر حداکثر ۱ سانتیمتر و همچنین فنوبلاستهای گارنت به قطر حداکثر تا یک میلیمتر می باشد. این فنوبلاستهای فوق الذکر همگی در یک زمینه متشکل از بلورهای جهت یافته مسکویت ، بیوتیت ، کوارتز و کانیههای کدر از نوع همانیت جایگزین شده اند.



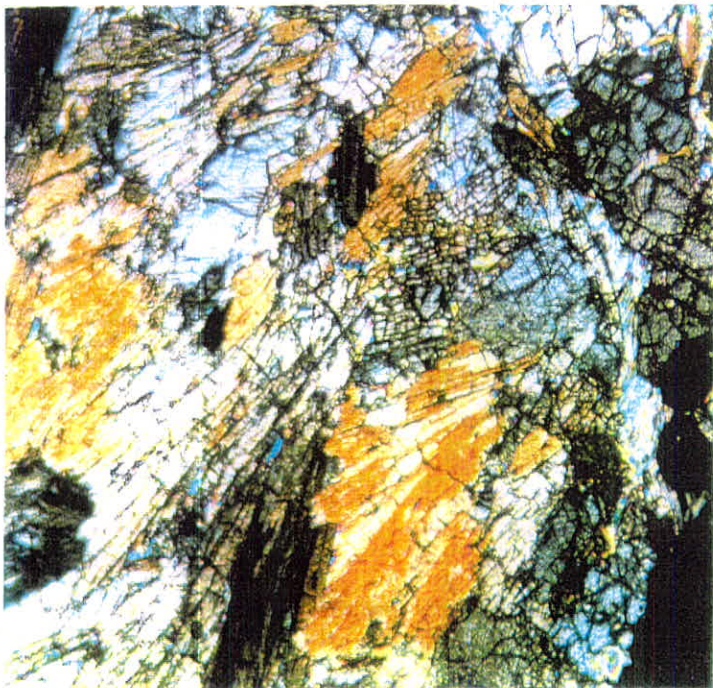
عکس شماره (۶-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-14



عکس شماره (۷-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-15



عکس شماره (۸-۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-16



عکس شماره (۹-۶) مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-16 در حالت نیکولهای

عمودبر هم از کانی کینایت را نشان می دهد.

بلورهای گارنت شکل دار تا نیمه شکل دار هستند و مقدار آنها در سنگ در حدود ۴ درصد است. بلورهای کیاستولیت در مقطع نازک دیده نشده ولی در نمونه دستی به طور پراکنده به مقدار جزئی در حدود یک درصد مشاهده می شود. بلورهای کیانیت نیز مانند کیاستولیت به طور پراکنده ولی از نظر حجمی قدری زیادتر از کیاستولیت در سنگ موجود است.

کانیهای کدر به دو صورت یکی همراه با بلورهای کوارتز و میکا و با جهت یافتگی خاص و دیگری به صورت پرکننده درزه و شکاف سنگ مشاهده شده اند. مقدار این کانیها در حدود ۱۰ درصد می باشد.

به طوری که از مطالعه این نمونه نتیجه می شود ، عوامل ترمودینامیکی به صورتی عمل کرده اند که در این سنگ کیاستولیت در کنار کیانیت تشکیل شده است. این چنین مواردی معمولاً در طبیعت به ندرت اتفاق می افتد. عکس شماره (۶-۱۰) بخشی از مقطع میکروسکوپی این نمونه در حالت نیکولهای عمود بر هم و در عکس شماره (۶-۱۱) نیکولهای موازی را نشان می دهد.

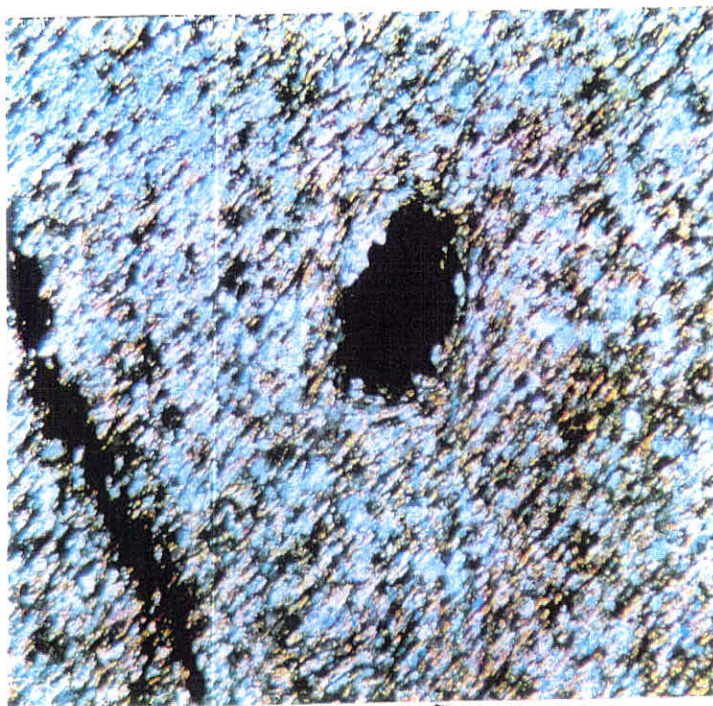
- نمونه شماره Y-A-19

نام سنگ : آهک متامورف (مرمری شده)

بافت سنگ : موزائیکی

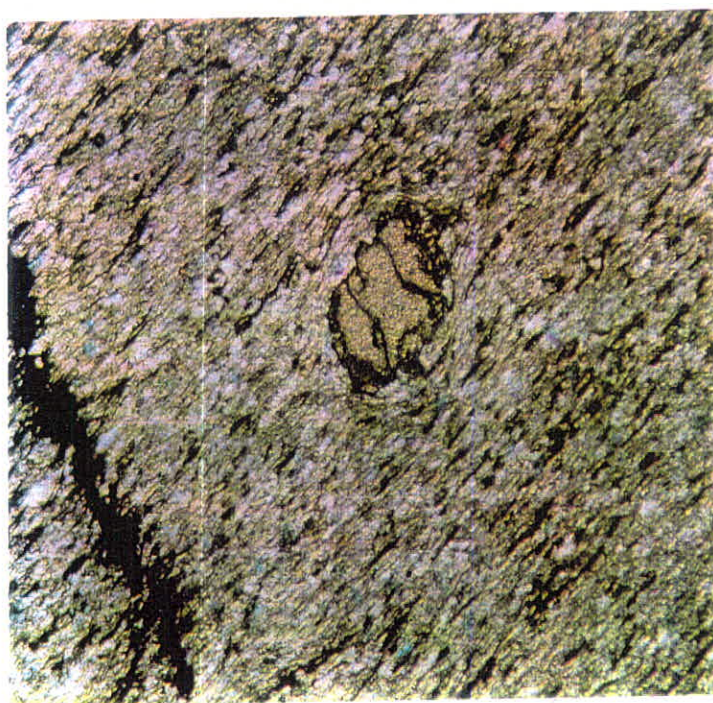
این سنگ از بلورهای خوب رشد یافته (مچور) کلسیت ، مقدار جزئی دانه های کوارتز (کمتر از یک درصد) و کانیهای کدر تشکیل شده است.

کانی کدر در این سنگ از نوع هماتیت می باشد. هماتیت های این سنگ درزه و شکاف موجود سنگ را پر کرده اند که مقدار آنها در حدود ۲ تا ۴ درصد می باشد. عکس شماره (۶-۱۲) مقطع میکروسکوپی این نمونه را نشان می دهد.



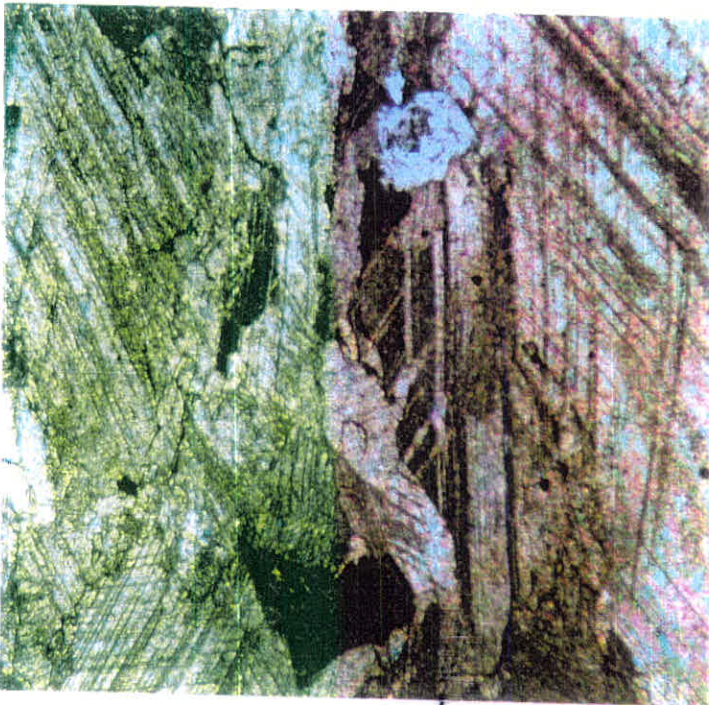
عکس شماره (۶-۱۰) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-18 در حالت نیکولهای

عمود بر هم



عکس شماره (۶-۱۱) - مقطع میکروسکوپی نمونه های شماره Y-A-18 در حالت

نیکولهای موازی



عکس شماره (۶-۱۲) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-19

- نمونه شماره Y-A-20

نام سنگ : کربنات برشی

این نمونه سنگ آهنی است که تحت تاثیر عوامل تکتونیکی قرار گرفته و شکستگی در اجزاء آن حاصل شده است، از طرف دیگر همزمان با پدیده تکتونیکی محلولهای گرمابی حاوی آهن بر روی سنگ اثر گذاشته و آن را به اکسید آهن آغشته نموده اند. احتمال دارد که بر اثر پدیده متاسوماتیسم مقداری سیدریت در این سنگ تشکیل شده باشد. به علاوه بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار هماتیت نیز در این نمونه مشاهده شده است، در نمونه دستی این سنگ بسیار سخت و به رنگ قهوه ای که ناشی از وجود اکسیدهای آهن است دیده می شود. عکس شماره (۶-۱۳) مقطع میکروسکوپی

این نمونه را نشان می دهد.

- نمونه شماره Y-A-33

نام سنگ : کیانیت - گارنت - میکاشیست

این نمونه از نظر بافت و ترکیب کانی شناسی مانند نمونه Y-A-18 متورق و جهت یافته است و بلورهای کیانیت، گارنت به صورت فنوبلاست در متن نمونه مشاهده می شود. در این سنگ کیاستولیت وجود ندارد، فنوبلاستهای کیانیت به سریسیت تبدیل شده اند و کانیهای کدر به مقدار خیلی کم در این نمونه دیده شده است.

برخلاف دیگر مقاطع نازک که اکسیدهای آهن (عموماً "هماتیت") یکی از اجزاء فرعی تشکیل دهنده آنها بوده است، در این مقطع هیچگونه ناخالصی از این نوع مشاهده نشده است. عکس شماره (۶-۱۴) مقطع میکروسکوپی این نمونه را نشان می دهد.

- نمونه شماره Y-A-34

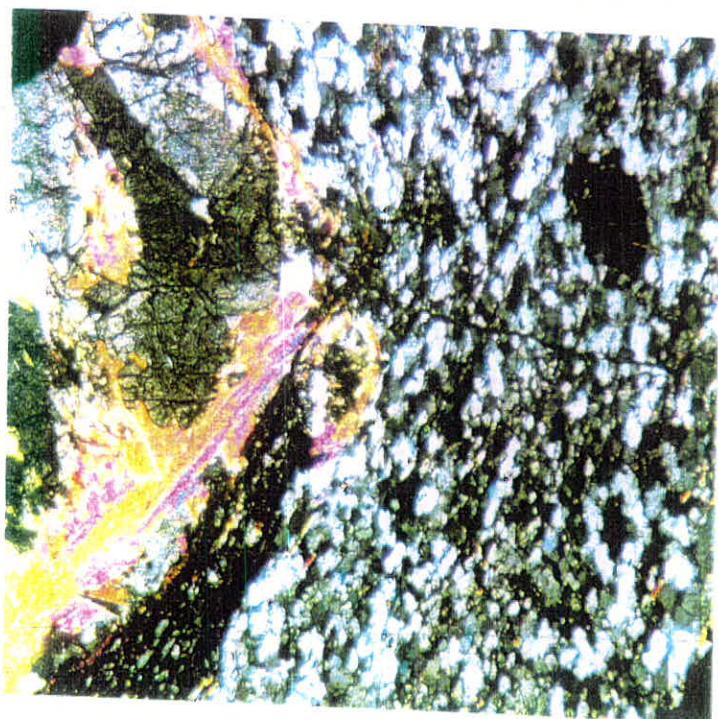
نام سنگ : کیانیت - گارنت - میکاشیست

بافت این نمونه جهت یافته و ساخت آن متورق است که از کانیهای میکا (مسکویت - بیوتیت)، گارنت، کوارتز و مقداری کیانیت و کانیهای کدر تشکیل شده است. میکا و کوارتز جهت یافتگی خاصی را در سنگ ایجاد نموده اند. مقدار میکا در این سنگ در حدود ۱۰ درصد، گارنت و کیانیت در حدود ۵ درصد و کانیهای کدر کمتر از یک درصد است. بقیه حجم سنگ را کوارتز اشغال کرده است.

ابعاد بلورهای گارنت عمدتاً "کمتر از یک میلی متر به صورت شکل دار تا بی شکل موجود است. بلورهای کیانیت به صورت بلورهای نیمه شکل دار تا بی شکل به طور مجتمع و همچنین منفرد در سنگ دیده می شود. این کانی به احتمال زیاد حاصل تبدیل سدگی استروئید است که در نتیجه افزایش حرارت به وجود آمده است. عکس



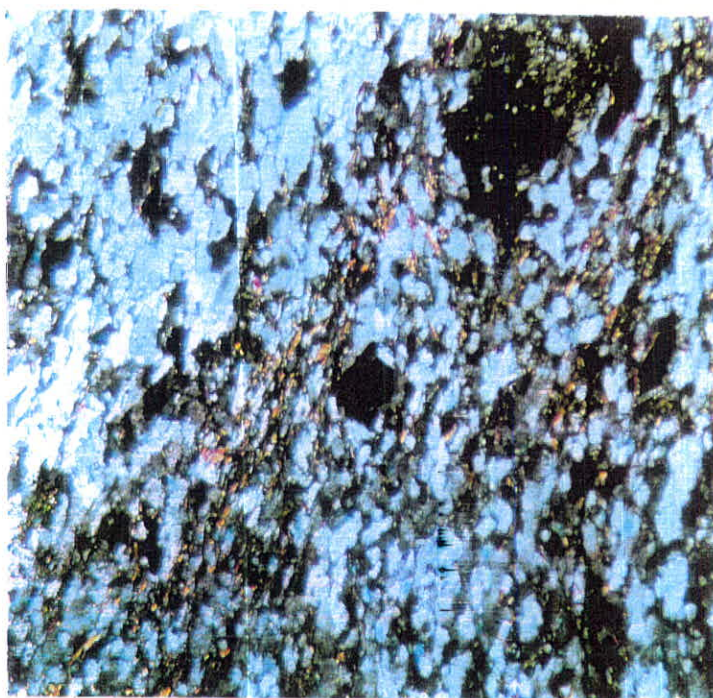
عکس شماره (۶-۱۳) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-20



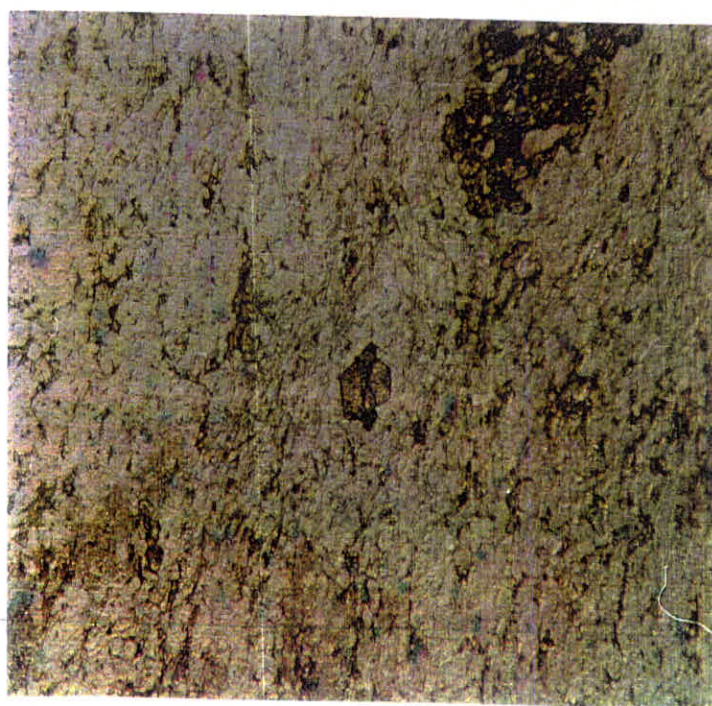
عکس شماره (۶-۱۴) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-33

شماره (۶-۱۵) بخشی از این مقطع را در حالت نیکولهای عمود بر هم و در عکس شماره

(۶-۱۶) در حالت موازی نشان می‌دهد.



عکس شماره (۶-۱۵) - مقطع میکروسکوپی نمونه Y-A-34 در حالت نیکولهای عمود بر هم



عکس شماره (۶-۱۶) - مقطع میکروسکوپی نمونه Y-A-34 در حالت نیکولهای موازی

- نمونه شماره Y-A-41

نام سنگ : گارنت - میکا شیست

ساخت سنگ متورق و بافت آن جهت یافته است. اجزاء تشکیل دهنده سنگ عبارتند از بلورهای ریز مسکویت (سریسیت) حدود یک درصد، بیوتیت تقریباً ۴ درصد، گارنت حدود ۲ درصد، کانیهای کدر (عمدتاً هماتیت) ۳ درصد و کوارتز که بقیه سنگ را تشکیل داده است.

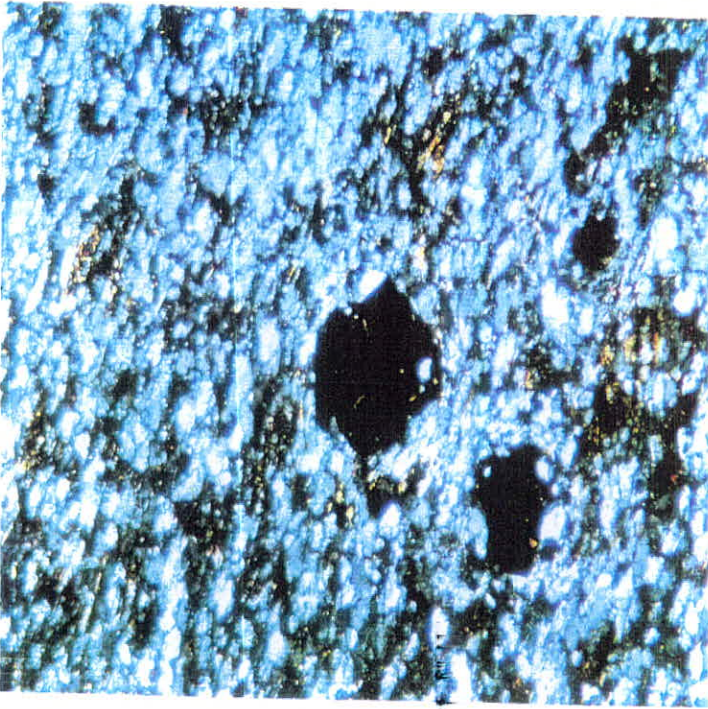
مسکویت، بیوتیت و کوارتز جهت یافتگی خاصی را نشان می دهند و گارنت به صورت میکروفنوبلاستهای پراکنده در داخل آنها جایگزین شده است. شکستگی در این سنگ مشاهده می شود که توسط هماتیت به صورت نانوی پر شده است. عکس شماره (۶-۱۷) بخشی از مقطع این نمونه در حالت نیکولهای عمود بر هم و در عکس شماره (۶-۱۸) در حالت نیکولهای موازی نشان می دهد.

- نمونه شماره Y-A-73

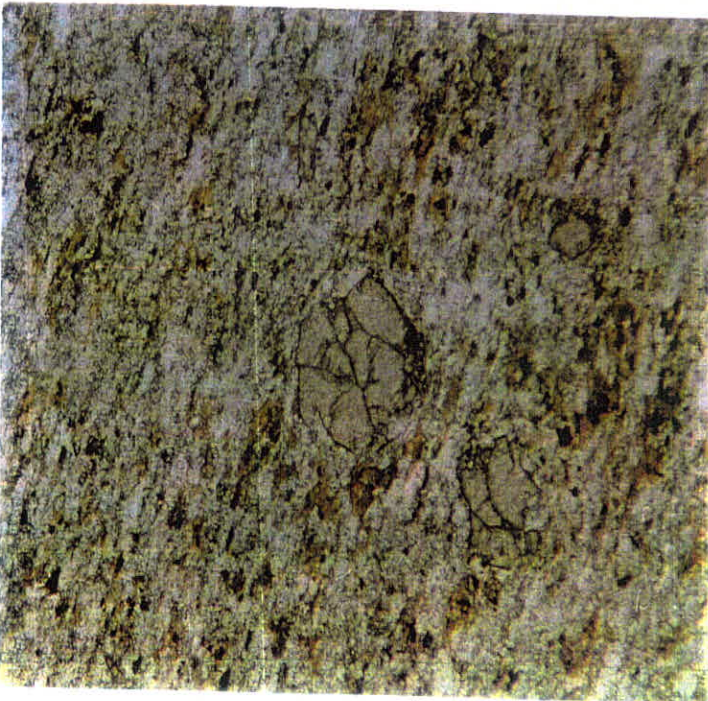
نام سنگ : گارنت - سیلیمانیت - میکا شیست

بافت : لیبیدوبلاستیک، پرفیروبللاستیک

کانیهایی که در این مقطع مشاهده شده است به ترتیب فراوانی عبارتند از : کوارتز، میکا (مسکویت، بیوتیت)، سیلیمانیت، آندالوزیت، استارولیت و گارنت. کوارتز فراوانترین کانی سنگ است که به صورت ریزدانه در سنگ پراکنده است و حدود ۳۰ درصد حجم سنگ را تشکیل داده است. میکاها به صورت بیوتیت و مسکویت به صورت لیبیدوبلاستیک دیده می شوند و حدود ۳۰ درصد حجم سنگ را تشکیل می دهند. سیلیمانیت و استارولیت با هم دیده می شوند ولی درصد سیلیمانیت بیشتر از استارولیت است. سیلیمانیت ها به صورت ستونی و دسته جارویی و استارولیت به صورت



عکس شماره (۶-۱۷) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-41



عکس شماره (۶-۱۸) - مقطع میکروسکوپی نمونه Y-A-41 در حالت نیکولهای موازی

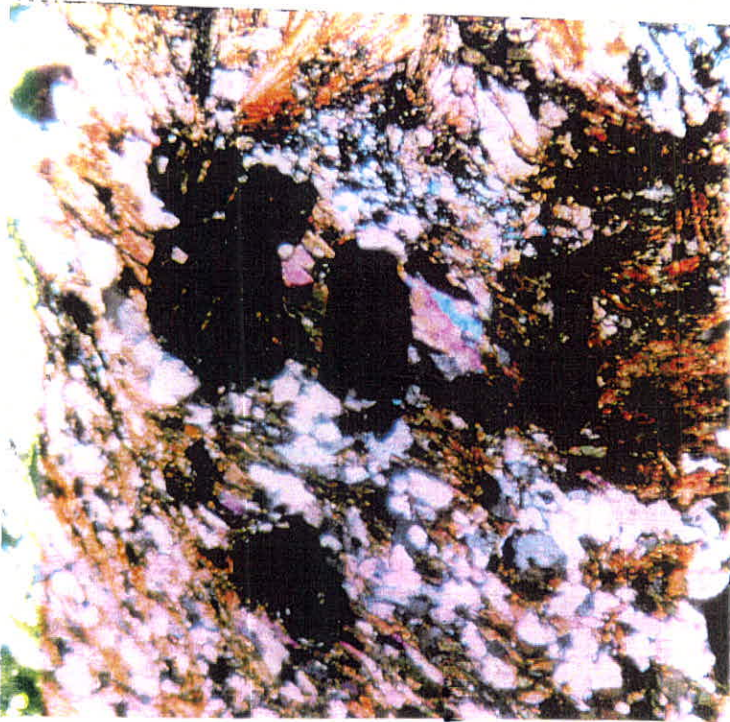
الواری مشاهده می شود. در استارولیت ها ادخالهایی از کوارتز دیده می شود. سیلیمانیت حدود ۲۰ درصد و استارولیت حدود ۵ تا ۷ درصد مقطع را تشکیل داده است. کانیهای سنگ تقریباً سالم می باشند و دگرسانی چندانی ندارند. گارنت نیز یکی دیگر از اجزاء این سنگ است که حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد آن را تشکیل داده است. کانی مهم دیگری که در این مقطع مشاهده شده است، آندالوزیت است که تقریباً تمام بلورهای آن با سیلیمانیت دیده می شوند. این نکته نشان می دهد که سیلیمانیت از آندالوزیت به وجود آمده است. این سنگ در رخساره حرارت بالا و فشارهای متوسط تا بالا تشکیل گردیده است. این سنگ ابتدا در پی یک عمل دگرگونی ناحیه ای دچار دگرگونی شده است و سپس درجه حرارت دگرگونی بالا رفته (به علت نفوذ یک توده ماگمایی) چون اغلب کانیهای گروه آندالوزیت در سنگ دیده می شوند که با سیلیمانیت جانشین شده اند. در عکس شماره (۶-۱۹) قسمتی از این مقطع در حالت نیکولهای عمود بر هم و در عکس شماره (۶-۲۰) در حالت نیکولهای موازی نشان داده شده است.

- نمونه شماره Y-A-74

نام سنگ : ترمولیت میکا شیبست

بافت سنگ : گرانوبلاستیک ، لیبیدوبلاستیک

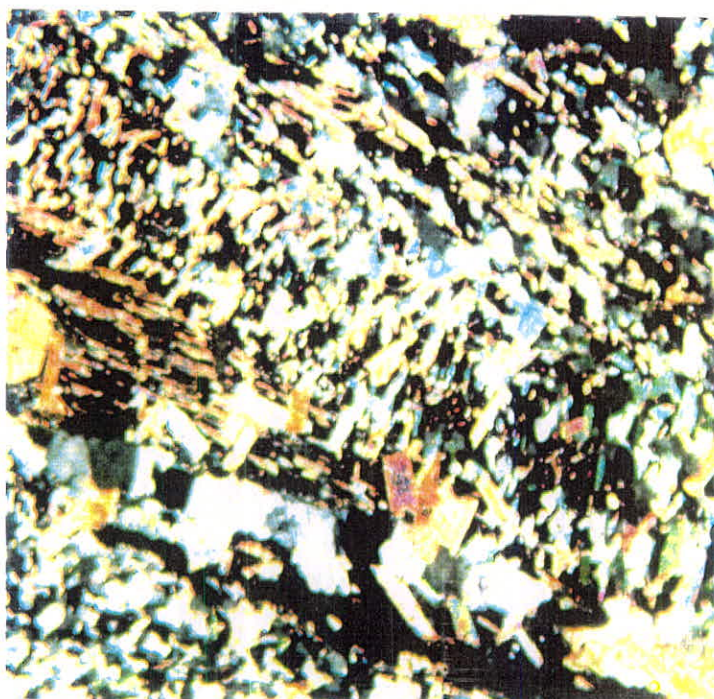
کانیهای عمده تشکیل دهنده این سنگ کوارتز ، میکا (بیوتیت و مسکویت) و ترمولیت می باشند. ترمولیت که احتمالاً ناشی از منامورفیسیم همبری می باشد بعداً تشکیل شده است به طوریکه ترمولیت ها ، بیوتیت ها را قطع کرده اند. این سنگ از خود یک بافت هورنفلسی نیز نشان می دهد. علاوه بر اینها کانیهای آرژیلیتی هم به طور موضعی در سنگ دیده می شوند. عکس شماره (۶-۲۱) بخشی از این تیغه را نشان



عکس شماره (۶-۱۹) - مقطع میکروسکوپی نمونه Y-A-73 در حالت نیکولهای عمود بر هم



عکس شماره (۶-۲۰) - مقطع میکروسکوپی Y-A-73 در حالت نیکولهای موازی



عکس شماره (۶-۲۱) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-74

- نمونه شماره Y-A-80

نام سنگ : گارنت - آندالوزیت - سیلیمانیت شیست

بافت : پرفیروبلاستیک ، لپیدوبلاستیک

کانیهای عمده تشکیل دهنده این سنگ به ترتیب فراوانی عبارتند از کوارتز ،

بیوتیت ، مسکویت ، سیلیمانیت ، گارنت و آندالوزیت.

بلورهای کوارتز عموماً "ریزدانه هستند و به طور پراکنده درشت می شوند. در

جایی که کوارتز درشت می شود میکاها نیز درشت می شوند. میکاها نیز مانند کوارتز

ریزدانه ولی دارای کشیدگی می باشند در جایی که کوارتز درشت می شود میکاها نیز

درشت می شوند. بافت سنگ از نظر این دو کانی ناهمگن است. این ناهمگنی

می تواند ناشی از یک عمل متاسوماتیسم در اثر محلولهای گرمابی واپسین و یا همزمان با متامورفیسم رخ داده باشد.

سیلیمانیت به صورت فنوکریست های درشت در سنگ دیده می شود ولی دارای پراکندگی یکسان در سنگ می باشد. در حقیقت در این سنگ آندالوزیت فراوان وجود داشته و به سیلیمانیت تبدیل شده است.

گارنت نیز به صورت دانه های متوسط به صورت تقریباً همگن در سنگ پخش شده است و مقدار آن بین ۵ تا ۱۰ درصد سنگ است. تقریباً کل کانیهای سنگ سالم می باشند و دگرسانی نشان نمی دهند.

وجود کانیهای جهت یافته و همچنین وجود کانی گارنت دلیل بر اعمال فشار متوسط تا بالا در هنگام عمل متامورفیسم است. از سوی دیگر سیلیمانیت حاکی از درجه حرارت بالا در هنگام متامورفیسم است.

به طور کلی می توان گفت این سنگ در درجه حرارت بالا و فشار متوسط دگرگون شده است. روند متامورفیسم به این شکل بوده است که ابتدا در اثر دگرگونی ناحیه ای آندالوزیت تشکیل شده است، سپس در نتیجه بالا رفتن حرارت که ناشی از نفوذ یک توده ماگمایی در منطقه بوده است، کانیهای آندالوزیت به سیلیمانیت تبدیل شده اند. در عکس شماره (۶-۲۲) بخشی از این مقطع نشان داده شده است.

- نمونه شماره Y-A-83

نام سنگ : فیلیت

بافت : لپیدوبلاستیک، گرانوبلاستیک

کانیهای عمده تشکیل دهنده این سنگ عبارتند از کوارتز، فلدسپات آلکالن و بیوتیت. به احتمال زیاد سنگ اولیه این نمونه یک سیلت استون بوده است که در اثر دگرگونی به فیلیت تبدیل شده است.

کانی کوارتز که از فراوانترین اجزاء این سنگ است حدود ۷۰ درصد آن را تشکیل می دهد. کانی کوارتز و فلدسپات به صورت مضرس و در کنار هم قرار گرفته اند. در این تیغه کانیهای زردرنگی مشاهده می شود که احتمالاً "آندالوزیت هستند. به نظر می رسد سنگ مادر این نمونه یک آرکوز غنی از کوارتز بوده است که تحت تاثیر متامورفیسم ناحیه ای قرار گرفته و در یک رخساره فشار بالا متامورف شده است. در این سنگ شکستگیهایی دیده می شود که توسط هیدروکسیدهای آهن و کلسیت ثانویه، بعد از دگرگونی، پر شده است چون هیچگونه تغییری در آنها دیده نمی شود.

کانیهای ثانویه کلریتی نیز در سنگ دیده می شود که مقدارشان خیلی کم است. در کنار شکستگیها مقدار بیوتیت افزایش می یابد. این شکستگیها اغلب تکنونیک بوده و توسط کانیهای ثانویه پر شده اند. با این مشاهدات اغلب میکاهای سنگ، حاصل عمل متاسوماتیسم می باشند.

در عکس شماره (۶-۲۳) بخش مقطع میکروسکوپی این نمونه نشان داده شده است.

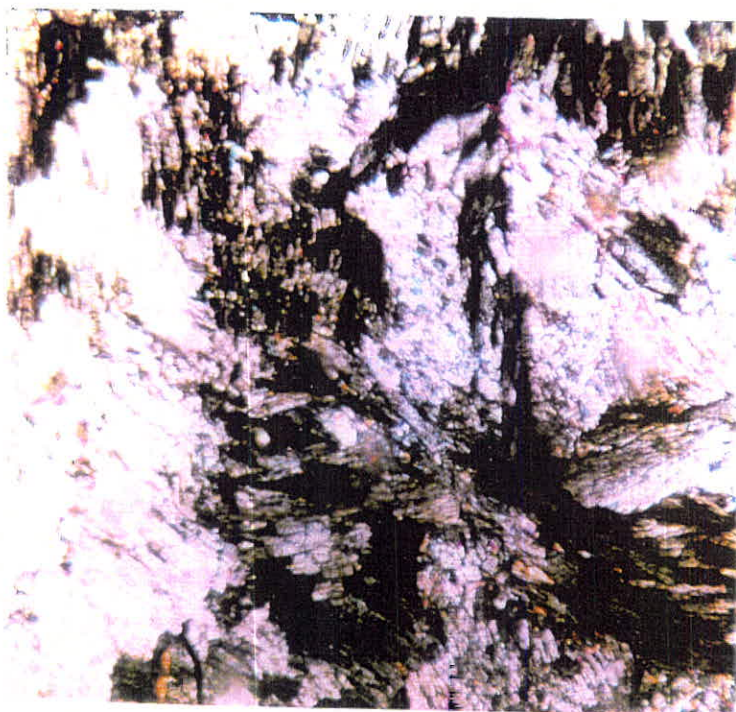
- نمونه شماره Y-A-95

نام سنگ: متاریولیت

بافت: پرفیریک با خمیره میکروگرانولار

خمیره این سنگ بیشتر از کانیهای کوارتز، فلدسپاتهای آلکالن، پلاژیوکلاز،

بیوتیت و مسکویت به مقدار کم تشکیل شده است. فنوکریست های آن پلاژیوکلازها،



عکس شماره (۶-۲۲) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-80



عکس شماره (۶-۲۳) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-83

آلکالی فلدسپات ، کوارتز و مسکویت می باشند ، در این سنگ شکستگیهای دیده می شود که با اکسید آهن و کلسیت پر شده اند و در کنار این شکستگیها ، کانیهای میکا فراوان می باشند. بنابراین می توان گفت که در سنگ دگرگونی رخ داده است. کوارتزهای خمیره به صورت مضرسی و در هم فرو رفته اند که نشان از یک رشد دوباره و تحمل فشار است.

بعضی از فنوکریستالهای فلدسپات دارای دانه های میکا به صورت پویی کلینیک می باشند.

این سنگ در ابتدا یک سنگ آتشفشانی از نوع ریولیت بوده است که تحت تاثیر متامورفیسم و متاسوماتیسم قرار گرفته است. بنابر این مشاهدات نام این سنگ متاریولیت است که در عکس شماره (۶-۲۴) بخشی از این تیغه نشان داده شده است.

- نمونه شماره Y-A-101

نام سنگ : گارنت - میکاشیست

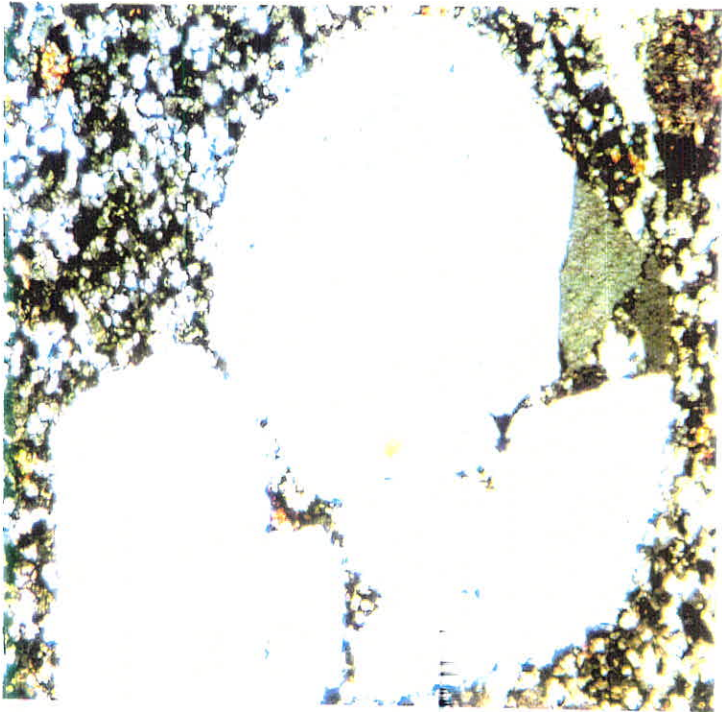
بافت : گرانوبلاستیک ، لیبیدوبلاستیک

کانیهای عمده این سنگ عبارتند از : کوارتز (۶۰ درصد) ، بیوتیت (۳۰-۲۵

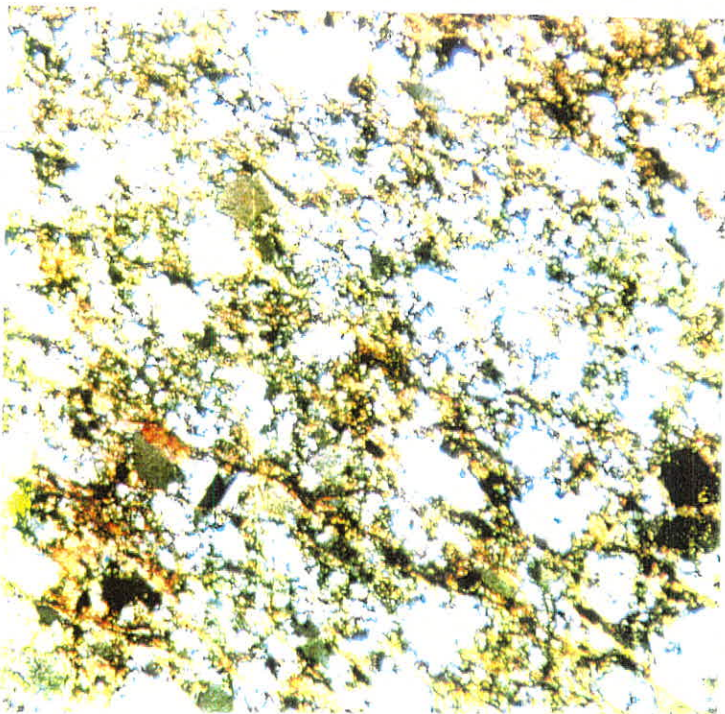
درصد) و گارنت (۷-۵ درصد).

از آنجایی که کانی غالب این سنگ کوارتز است ، به احتمال زیاد بیوتیت های سنگ در نتیجه عمل متاسوماتیسم پدید آمده اند . شواهد کانی شناسی نشان از آن دارد که سنگ اولیه یک سنگ رسوبی پرکوارتز بوده است. این سنگ تحت تاثیر متامورفیسم قرار داشته است.

زیرکن نیز یک کانی فرعی در این سنگ محسوب می شود که به صورت چند دانه کوچک و بی شکل در سنگ مشاهده می شود. علاوه بر این کانیها، فلدسپاتهای آلکالن و پلاژیوکلاز نیز دیده شده است که حدود ۵ درصد از حجم سنگ را تشکیل داده است. سنگ اولیه این نمونه یک سنگ رسوبی بوده (گریواک) که در رخساره گرین شپست (شیست سبز) متمورف شده است. در عکس شماره (۶-۲۵) قسمتی از مقطع شماره را در نور پلاریزان نشان می دهد.



عکس شماره (۶-۲۴) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-95



عکس شماره (۶-۲۵) - مقطع میکروسکوپی نمونه شماره Y-A-101

با توجه به شرح خدمات مندرج در پیوست قرارداد تعداد نمونه های مورد لزوم برای آزمایشات مختلف جمعا ۹۴ عدد و به صورت ۳۴ عدد جهت آنالیز شیمیایی ده اکسیدی، تعداد ۳۰ عدد جهت مطالعات XRD و تعداد ۳۰ عدد جهت مطالعات تیغه نازک بوده است.

این مشاور سپس از آماده تعداد ۱۹ نمونه جهت مطالعات تیغه نازک، ادامه تهیه مطالعه را به دلیل تشابه زیاد لیتولوژی منطقه ضروری ندانسته و هزینه بقیه تعداد نمونه های مورد نیاز جهت تیغه نازک را صرف آزمایشات XRD و شیمیایی نموده است. به دلیل تعداد کم نمونه های در نظر گرفته برای این قسمت از طرح این مشاور سعی کرده است حداکثر نمونه ها چه برای آزمایش XRD و یا آنالیز شیمیایی ده اکسیدی آزمایش گردد به همین خاطر نمونه های آزمایش شده جهت XRD و شیمیایی در بعضی از موارد تشابه ای در این قسمت از پروژه بر اساس جدول شماره (۹-۶) می باشد.

جدول شماره (۹-۶) - لیست نمونه های آنالیز شده

نمونه های کنترلی		آنالیز ده اکسیدی	تیغه نازک	آزمایش XRD
شرح خدمات	۱۰٪	۳۴	۳۰	۳۰
نمونه های آنالیز شده	شیمیایی	۳۱	۱۹	۳۶
	XRD			
	۹	۲		

بر اساس جدول شماره (۹-۶) جمع کل نمونه های آنالیز گردیده ۹۶ عدد می باشد.

فصل هفتم

مطالعات آماری

۱-۷- مقدمه

به منظور بحث و بررسی تغییرات اکسیدهای مورد مطالعه در این گزارش، تحلیل آماری آنها سودمند خواهد بود. بدین منظور، سعی شده تا در حد امکان متغیرهای MgO ، TiO_2 ، Na_2O ، CaO ، K_2O ، Fe_2O_3 ، SiO_2 ، Al_2O_3 مورد مطالعه آماری قرار گیرند. پارامترهای آماری میانگین (X)، انحراف معیار (S) و ضریب تغییرات (CV) برای هر یک از متغیرها در جامعه نمونه به دست آمده، با استفاده از نرم افزار GeoEas در مرکز خدمات کامپیوتری مهندسی مشاور معدنکاو محاسبه گردید و نتایج به دست آمده در جداول مربوطه آورده شده است.

۲-۷- تحلیل آماری نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی

قبل از اینکه به تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از آنالیزهای شیمیایی نمونه ها پرداخته شود، لازم است که این نتایج به صورت جدولی، آورده شود. در جدول شماره (۱-۷) نتایج آنالیز شیمیایی تمام نمونه ها نشان داده شده است.

در این قسمت تغییرات عیار اکسیدهای Fe_2O_3 ، SiO_2 ، Al_2O_3 در نمونه های مختلف شرح داده می شود و پارامترهای آماری آنها مورد بحث و بررسی قرار می گیرد و پس از آن این نتایج کلی به صورت جدولی ذکر خواهد شد. نمودارهای مربوطه نیز در پایان آورده شده است.

از تعداد ۲۵ نمونه که مورد آزمایش قرار گرفته است. تعدادی از آنها در مطالعات

آماری حذف شدند. این نمونه ها عبارتند از Y-A-1، Y-A-35، Y-A-71، Y-A-102.

جدول (۷-۱) - داده های حاصل از آنالیز شیمیایی نمونه های ارسالی آزمایشگاه

Field No.	Lab. No.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	MnO %	L.O.I. %
Y-A-1	2054	2.90	0.50	1.14	0.02	31.40	1.49	0.12	0.07	0.05	22.10
Y-A-5	2055	77.20	11.70	3.11	0.43	1.52	0.49	2.17	1.22	0.03	1.90
Y-A-9	2056	66.00	19.90	4.66	0.79	1.58	0.65	1.46	1.99	0.07	2.50
Y-A-12	2057	68.10	16.00	4.40	0.71	1.80	0.74	1.67	1.79	0.02	4.45
Y-A-16	2058	65.00	19.50	2.83	0.98	1.91	0.33	0.80	3.45	0.04	5.17
Y-A-17	2059	68.60	12.80	3.19	0.55	3.94	0.90	2.44	1.28	0.04	6.28
Y-A-18	2060	67.70	16.50	5.09	0.79	1.30	0.45	0.90	1.67	0.07	5.20
Y-A-26	2061	66.30	17.90	5.46	0.78	1.70	0.82	1.80	1.67	0.07	3.17
Y-A-27	2062	67.20	18.20	4.37	0.59	2.51	0.57	1.89	1.16	0.03	3.00
Y-A-28	2063	77.10	9.05	2.88	0.30	2.56	0.73	1.85	1.18	0.04	4.24
Y-A-30	2064	67.60	19.00	3.98	0.87	1.17	0.16	0.37	2.28	0.01	4.11
Y-A-31	2065	64.50	18.10	7.07	0.77	1.88	0.25	0.60	2.62	0.11	3.76
Y-A-35	2066	55.50	27.90	1.56	0.73	1.33	0.25	1.50	5.45	0.01	5.42
Y-A-50	2505	61.20	22.40	6.52	0.92	2.00	0.76	0.23	2.31	0.13	2.91
Y-A-62	2506	63.90	20.40	3.59	0.70	1.61	0.44	0.42	1.92	0.08	6.13
Y-A-67	2507	63.30	20.00	6.50	0.86	1.16	0.75	0.30	2.49	0.13	3.93
Y-A-71	2508	39.20	55.00	1.41	0.08	0.94	0.12	0.31	1.19	0.01	1.40
Y-A-73	2509	64.00	22.30	6.64	1.03	0.42	0.91	0.39	2.17	0.10	1.66
Y-A-77	2510	63.60	19.00	6.35	0.80	1.66	0.98	1.03	2.17	0.10	4.11
Y-A-80	2511	67.10	17.80	5.92	0.95	1.60	0.82	0.20	2.18	0.09	2.62
Y-A-82	2512	66.20	18.80	5.48	0.74	2.59	0.32	1.15	2.04	0.09	2.30
Y-A-89	2513	65.10	15.70	5.62	0.65	2.72	1.23	1.42	1.88	0.04	4.89
Y-A-92	2514	61.00	19.80	7.78	0.77	3.10	0.94	0.73	2.32	0.08	2.92
Y-A-93	2515	62.00	18.90	6.38	0.96	2.97	0.86	0.94	2.38	0.10	3.77
Y-A-102	2516	39.40	54.30	1.34	0.12	0.36	0.13	0.38	1.74	0.02	1.94

نمونه Y-A-1 به دلیل اینکه شیبست گانه دار نبوده است، نمونه های Y-A-71 و

Y-A-102 به علت بلور بودن (بلور گانه) و نمونه Y-A-35 به دلیل اینکه اختلافات آن با

نتایج دیگر نمونه ها معنی دار نبوده است، حذف گردیده اند.

با در نظر گرفتن این مطالب تعداد ۳۱ نمونه باقیمانده در محاسبات وارد شده اند و نتایج حاصله بر اساس این تعداد نمونه بوده است.

۷-۲-۱- تغییرات عیار Al_2O_3

دامنه تغییرات عیار Al_2O_3 از ۹/۰۵ درصد تا ۲۲/۴ درصد و مقدار میانگین آن ۱۷/۸ درصد می باشد. ضریب تغییرات عیار Al_2O_3 در منطقه ۱۸/۵ درصد است که مقداری متوسط است.

واریانس تغییرات نیز تقریبا " ۱۱ است که این مقدار نیز متوسط است. برای ارزیابی دقیق تر تغییرات Al_2O_3 در این کانسار به تعداد نمونه بیشتری نیاز است.

۷-۲-۲- تغییرات عیار SiO_2

دامنه تغییرات SiO_2 از ۶۱ تا ۷۷ درصد است و ضریب تغییرات آن نیز ۶/۳ درصد است که این مقدار ناچیز است. به علاوه واریانس تغییرات نیز ۱۷ است که این مقدار نیز متوسط می باشد. SiO_2 توزیعی لاگ نرمال با چولگی مثبت نشان داده است، به دلیل کمبود نمونه، نتایج به دست آمده از لحاظ اکتشافی چندان مطلوب نیست. برای انجام مطالعات دقیقتر احتیاج به تعداد نمونه بیشتری است.

۷-۲-۳- تغییرات مقدار Fe_2O_3

دامنه تغییرات Fe_2O_3 از ۲/۸ تا ۷/۸ درصد است و مقدار میانگین آن ۵/۱۳ درصد می باشد. همانگونه که مشاهده می شود ضریب تغییرات این اکسید در نمونه های آنالیز شده تقریبا " بالا است و مقداری کمتر از ۲۹ درصد را نشان می دهد. به علاوه توزیع Fe_2O_3 این داده ها تقریبا " نرمال است و چولگی آن منفی و بسیار کوچک است.

۷-۳-۳- تغییرات مقدار TiO_2

دامنه تغییرات TiO_2 از ۰/۳ تا ۱/۰۳ درصد، با میانگین ۰/۷۶ درصد است. واریانس تغییرات TiO_2 بسیار کم است و ضریب تغییرات آن در حدود ۲۴ درصد است که تقریباً "مقداری بالا می باشد. توزیع فراوانی آن لاگ نرمال و چولگی آن منفی و مقدارش ۰/۸+ است.

به دلیل کمبود داده، نتایج به دست آمده از لحاظ مطالعات آماری اعتبار چندانی ندارند، ولی به هر حال روند تغییرات را نشان می دهند. به همین دلیل در اینجا تغییرات دیگر اکسیدها ذکر نشده است و تنها نمودارها و نتایج آنها آورده شده است.

جدول شماره (۷-۲) پارامترهای آماری مربوط به متغیرهای مختلف مورد مطالعه

را نشان می دهد.

جدول شماره (۷-۲) - پارامترهای آماری متغیرهای مورد مطالعه

متغیر پارامتر آماری	K_2O (%)	Na_2O (%)	MgO (%)	CaO (%)	TiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)
دامنه تغییرات	1.16-3.45	0.2-2.44	0.16-1.23	0.42-3.94	0.3-1.03	2.8-7.78	61-77.2	9.5-22.4
X	2.00	1.08	0.671	1.986	0.759	5.134	66.32	17.8
S	0.549	0.686	0.275	0.797	0.182	1.487	4.216	3.3
CV	27.33	63.34	41.00	40.16	23.95	28.97	6.357	18.54

۷-۳- هیستوگرامهای عیار و منحنیهای فراوانی تجمعی

چنانکه قبلاً ذکر شد، تعداد ۲۵ نمونه به صورت پراکنده از کل منطقه جهت

انجام آزمایشات شیمیایی ده اکسیدی انتخاب شدند و از این تعداد بر روی ۲۱ عدد از

داده ها مطالعات آماری صورت گرفت. این مطالعات کلاسیک به صورت هیستوگرام و منحنیهای فراوانی تجمی ارائه شده است.

هیستوگرامهای عیار مربوط به هر متغیر در پیوست C گنجانده شده است. همانگونه که در جدول (۷-۲) ملاحظه می شود، ضریب تغییرات اکسیدهای آلومینیوم، تیتانیوم و سیلیسیوم متوسط تا پائین است. این ضریب تغییرات تا حدودی دلالت بر همگنی منطقه نمونه برداری دارد، ولی ضریب تغییرات اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی به جز اکسید پتاسیم (K_2O) بالا است و منطقه از لحاظ تغییر این اکسیدها ناهمگن به نظر می رسد. باید این نکته را خاطر نشان کرد که علیرغم اینکه این نتایج بر اساس ۲۱ نمونه به دست آمده اند، اما تا حدودی قابل اعتماد می باشند.

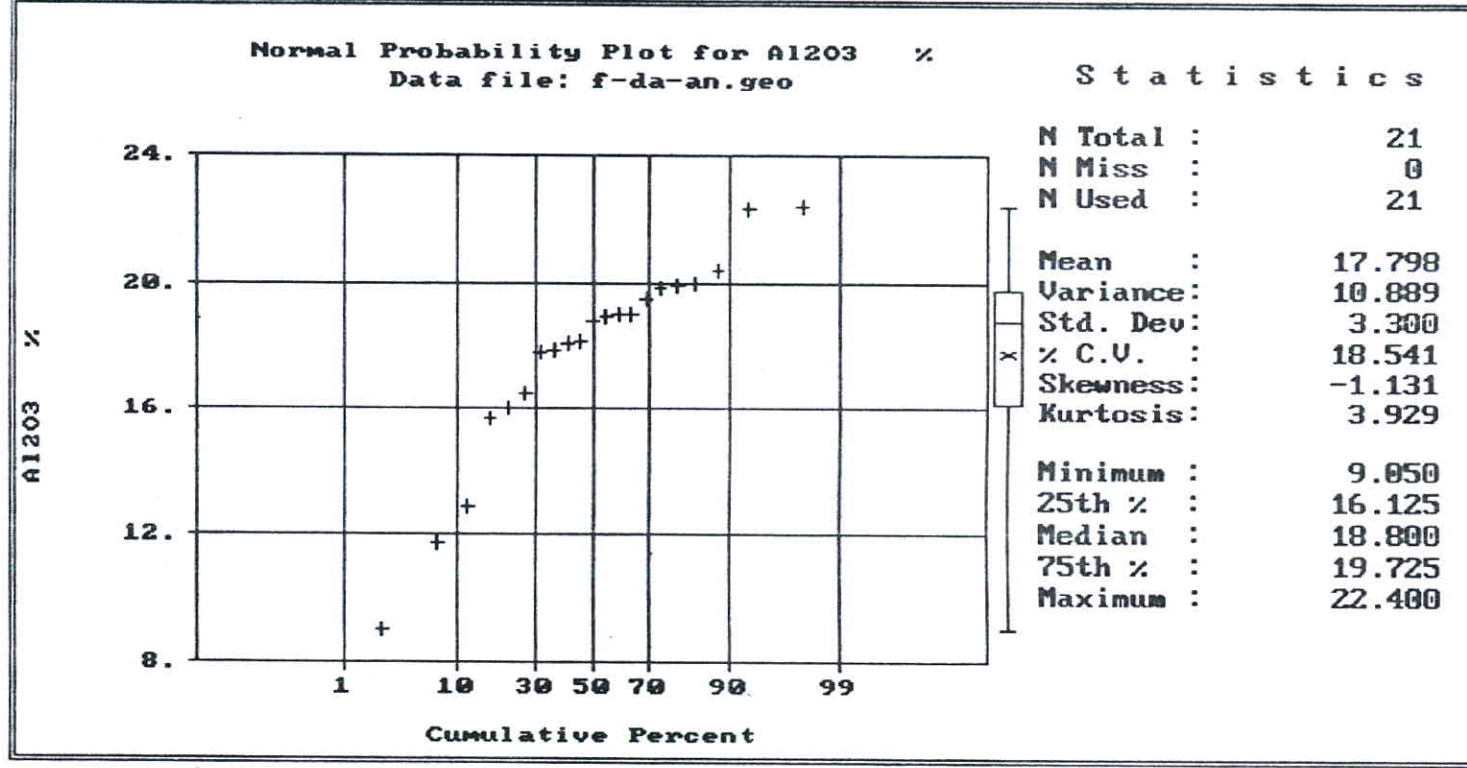
منحنیهای فراوانی تجمعی این اکسیدها نیز در شکلهای شماره (۷-۱) الی (۷-۸) آورده شده است.

همانگونه که از منحنی فراوانی تجمعی Al_2O_3 مشاهده می شود، ۶۸/۷ درصد از مقادیر عیار نمونه ها پائین تر از ۱۸/۲ درصد هستند و در مورد SiO_2 و Fe_2O_3 این مقدار به ترتیب ۶۶ و ۵/۴ درصد است.

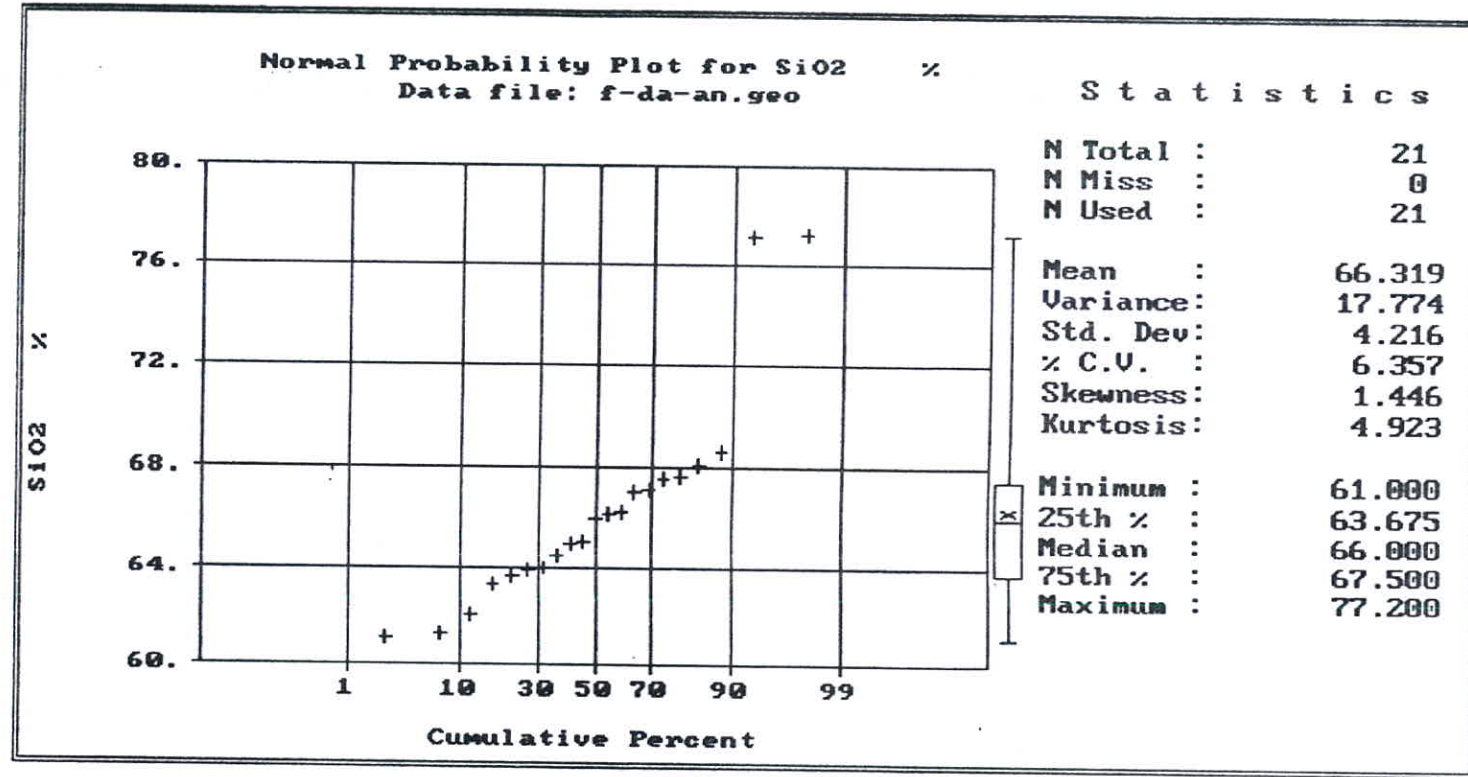
در بین اکسیدهایی که مورد آنالیز قرار گرفته اند کمترین انحراف معیار مربوط به MgO و TiO_2 است و بیشترین مقدار انحراف را SiO_2 و Al_2O_3 دارند.

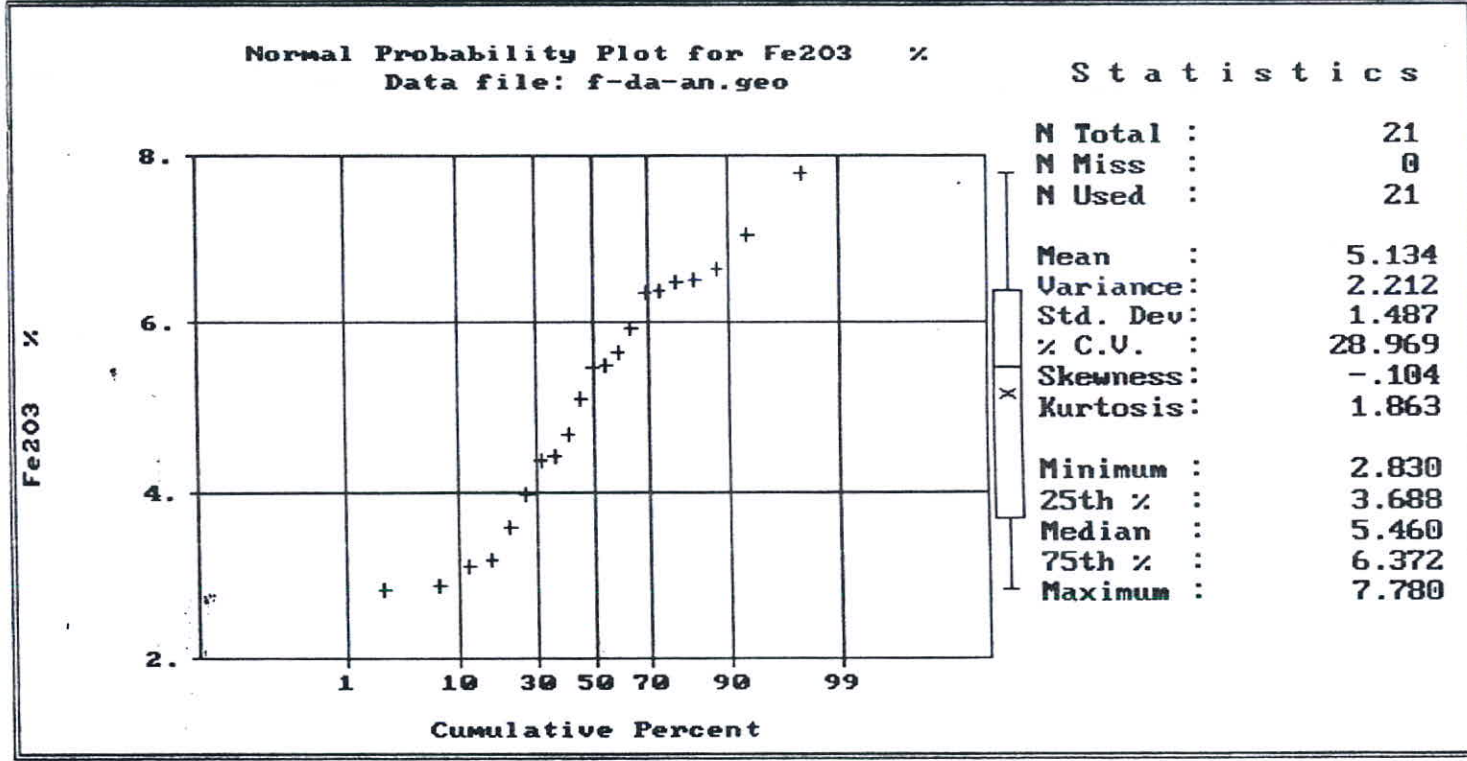
۷-۴- بررسی همبستگی بین عناصر

با توجه به داده های موجود و نتایج به دست آمده، دیاگرامهای همبستگی بین اکسیدهای اصلی تهیه شده است. دیاگرامهای همبستگی Al_2O_3 با دیگر اکسیدها به صورت نمودارهایی در اشکال (۷-۹) تا (۷-۱۵) آورده شده است. در این نمودارها

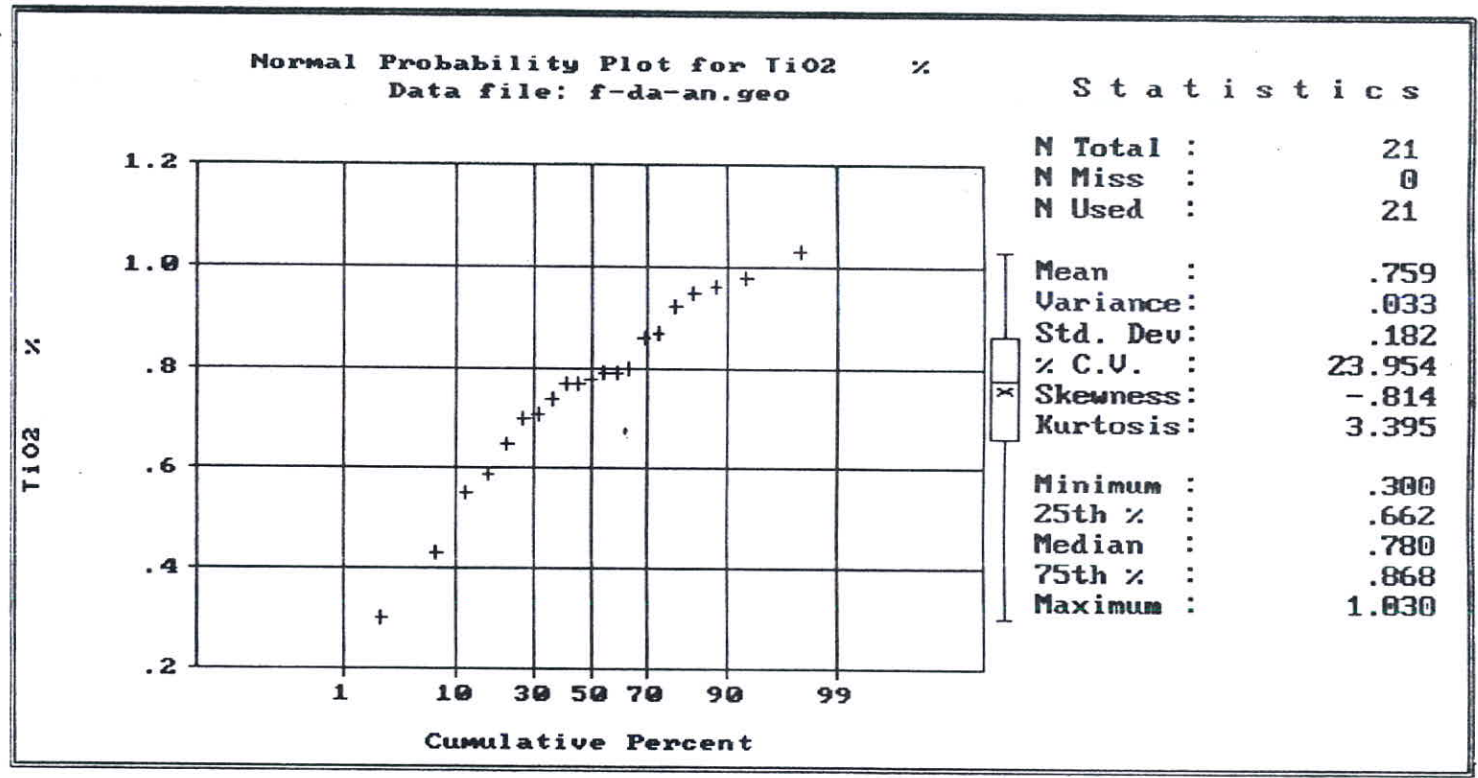


شکل (۷-۱) - منحنی فراوانی تجزیمی Al₂O₃

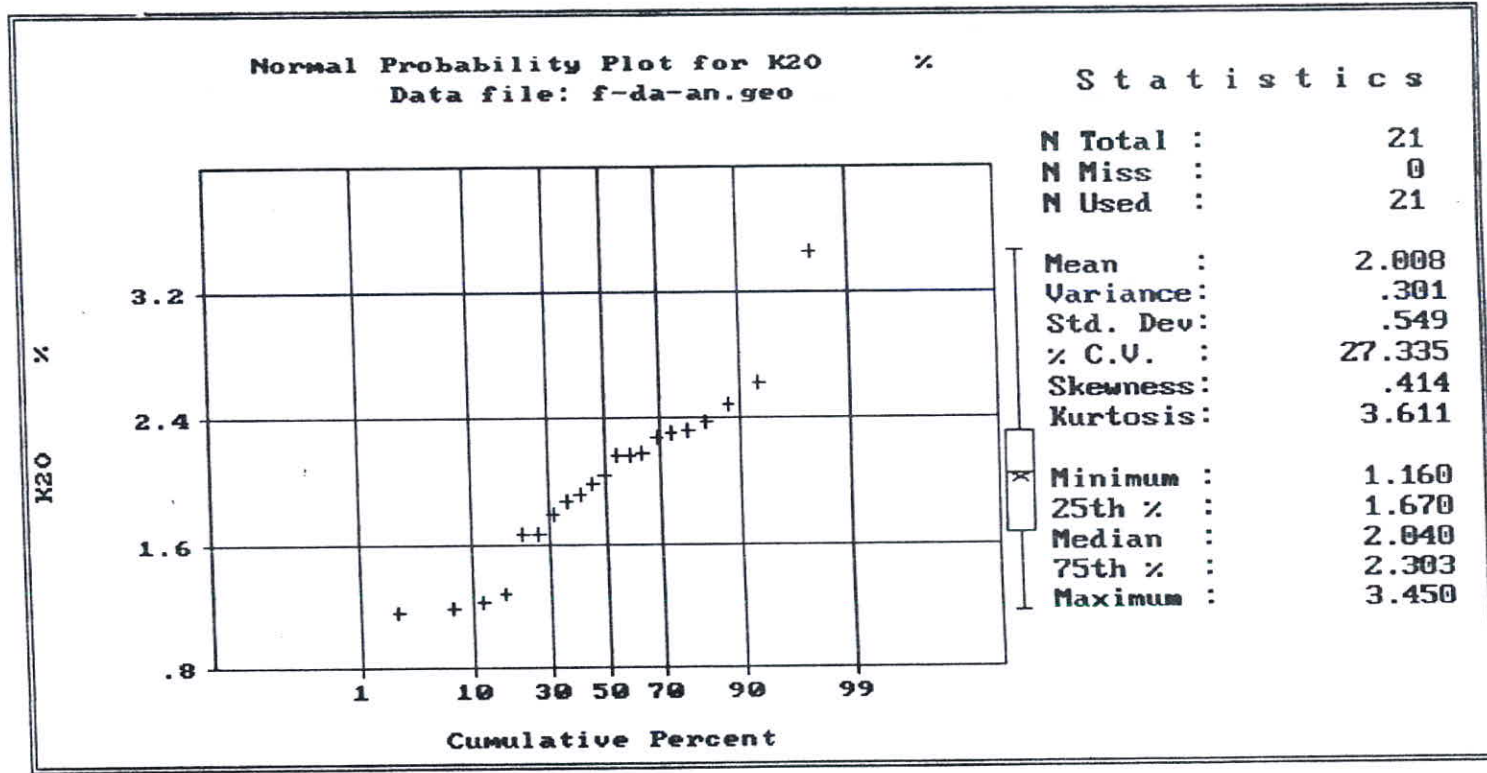




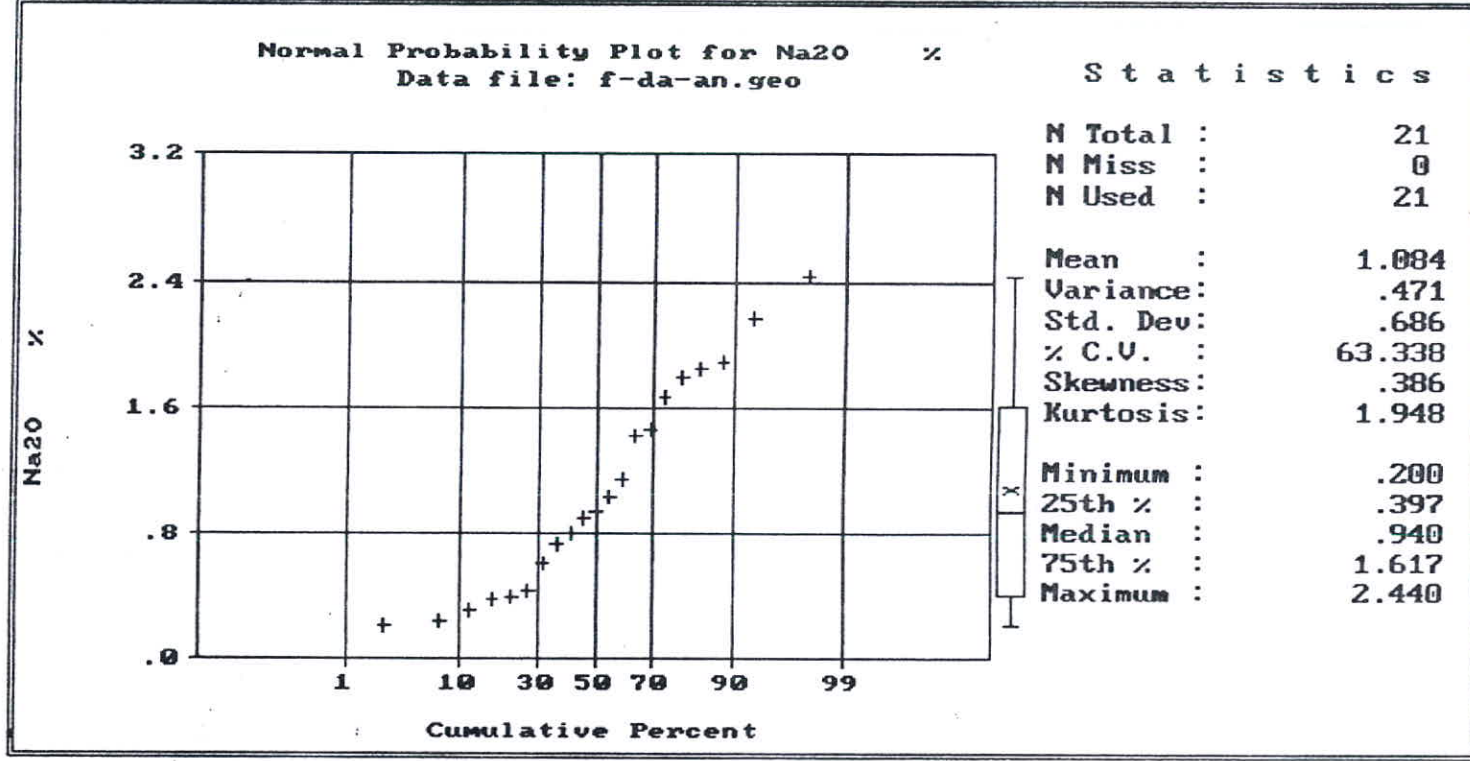
شکل (۳-۷) - منحنی فراوانی تجربی Fe₂O₃

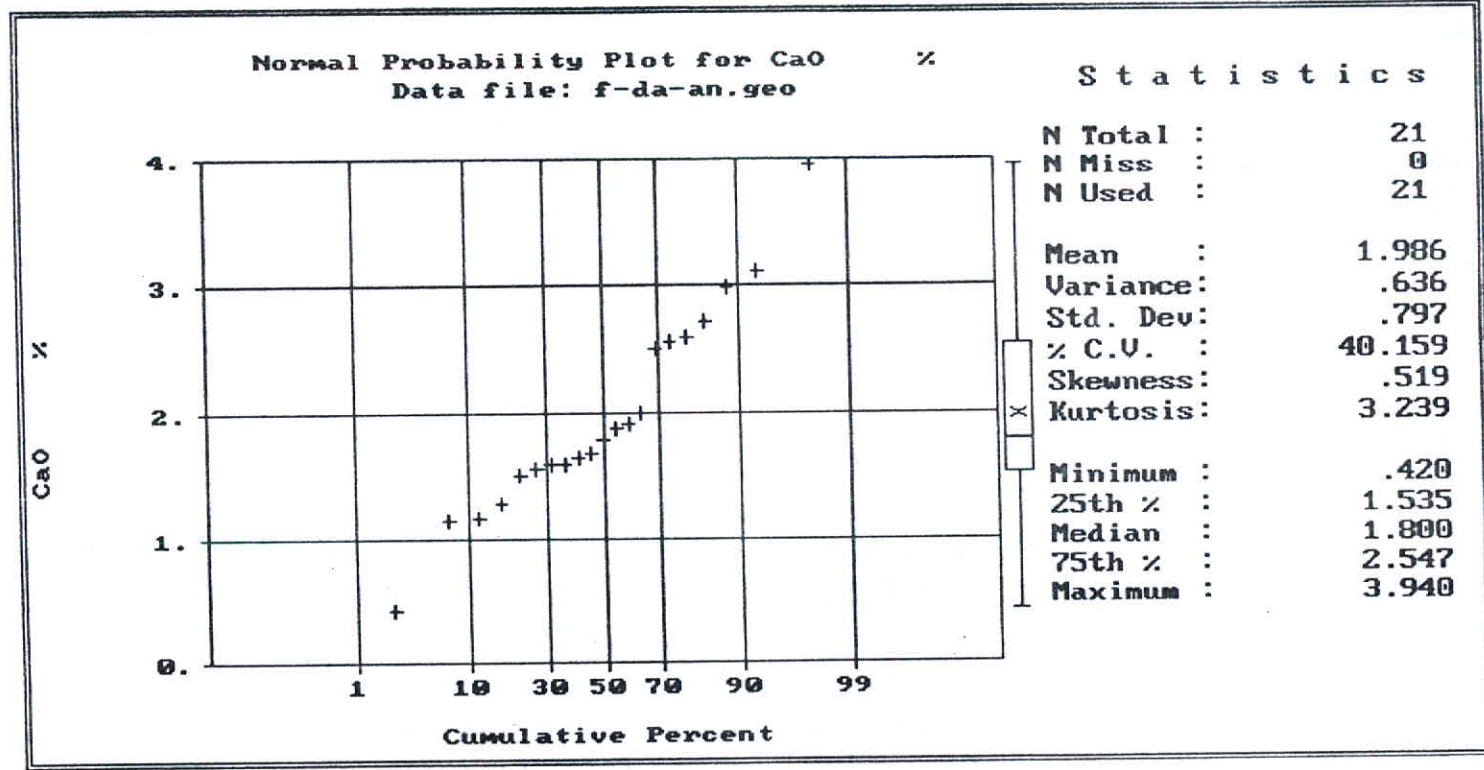


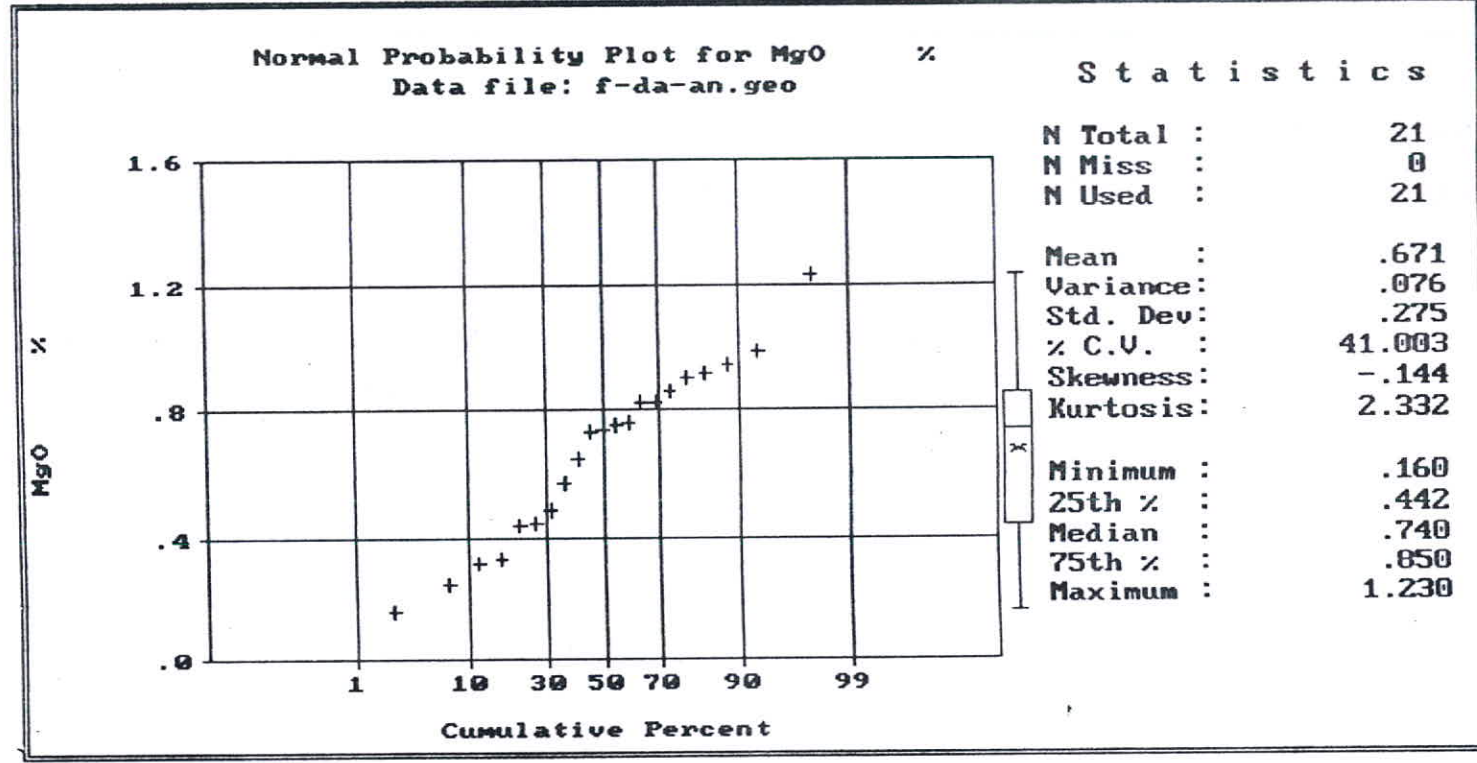
شکل (۴-۷) - منحنی فراوانی مجموعی TiO₂



شکل (۵-۷) - منحنی فراوانی تجزیه K₂₀







همبستگی بین Al_2O_3 با SiO_2 ، Fe_2O_3 ، TiO_2 ، Na_2O ، K_2O ، CaO و MgO مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج حاصله عبارتند از:

- همبستگی بین Al_2O_3 و SiO_2 خوب و منفی است. هرچه مقدار عیار Al_2O_3 افزایش می یابد عیار SiO_2 کاهش می یابد. رابطه این همبستگی به صورت فرمول زیر ارائه می شود.

$$(SiO_2 \%) = -1.11 (Al_2O_3 \%) + 77.1$$

- همبستگی بین Al_2O_3 و Fe_2O_3 مثبت و متوسط است و با افزایش عیار Al_2O_3 ، عیار Fe_2O_3 نیز افزایش می یابد. این همبستگی از طریق رابطه زیر محاسبه می شود.

$$(Fe_2O_3 \%) = 0.261 (Al_2O_3 \%) + 2.6$$

- همبستگی بین Al_2O_3 و TiO_2 بالا و مثبت بوده و با افزایش عیار Al_2O_3 ، عیار TiO_2 نیز افزایش می یابد. این رابطه به صورت فرمول زیر ارائه می گردد.

$$(TiO_2 \%) = 0.047 (Al_2O_3 \%) + 0.31$$

- همبستگی بین Al_2O_3 و K_2O به گونه ای است که با افزایش Al_2O_3 مقدار K_2O نیز افزایش خواهد یافت و بالعکس. ضریب همبستگی این دو اکسید خوب و مقدار آن مثبت است. رابطه این دو از طریق فرمول زیر برقرار است.

$$(K_2O \%) = 0.11 (Al_2O_3 \%) + 0.96$$

- همبستگی بین Al_2O_3 و Na_2O بالا و منفی است. هر چه مقدار Al_2O_3 افزایش می یابد مقدار Na_2O کاهش می یابد و بالعکس. رابطه این دو اکسید بر اساس فرمول زیر ارائه می شود. شیب این تغییرات تقریباً تند است.

$$(Na_2O \%) = -0.15 (Al_2O_3 \%) + 2.67$$

- همبستگی بین Al_2O_3 با CaO و MgO ضعیف است و می توان گفت آنها رابطه ای با هم ندارند ، به عبارتی دیگر تغییرات آنها نسبت به هم اتفاقی و تصادفی است.

ماتریس همبستگی بین اکسیدهای مختلف در جدول شماره (۷-۳) آورده شده است.

جدول (۷-۳) - ماتریس همبستگی بین اکسیدهای آنالیز شده منطقه

	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	K_2O	Na_2O	CaO	MgO
Al_2O_3	1							
SiO_2	-0.869	1						
Fe_2O_3	0.578	-0.705	1					
TiO_2	0.847	-0.766	0.541	1				
K_2O	0.650	-0.648	0.378	0.782	1			
Na_2O	-0.735	0.628	-0.537	-0.757	-0.721	1		
CaO	-0.386	0.008	-0.094	-0.413	-0.239	0.493	1	
MgO	-0.062	-0.208	0.364	-0.014	-0.197	0.176	0.291	1

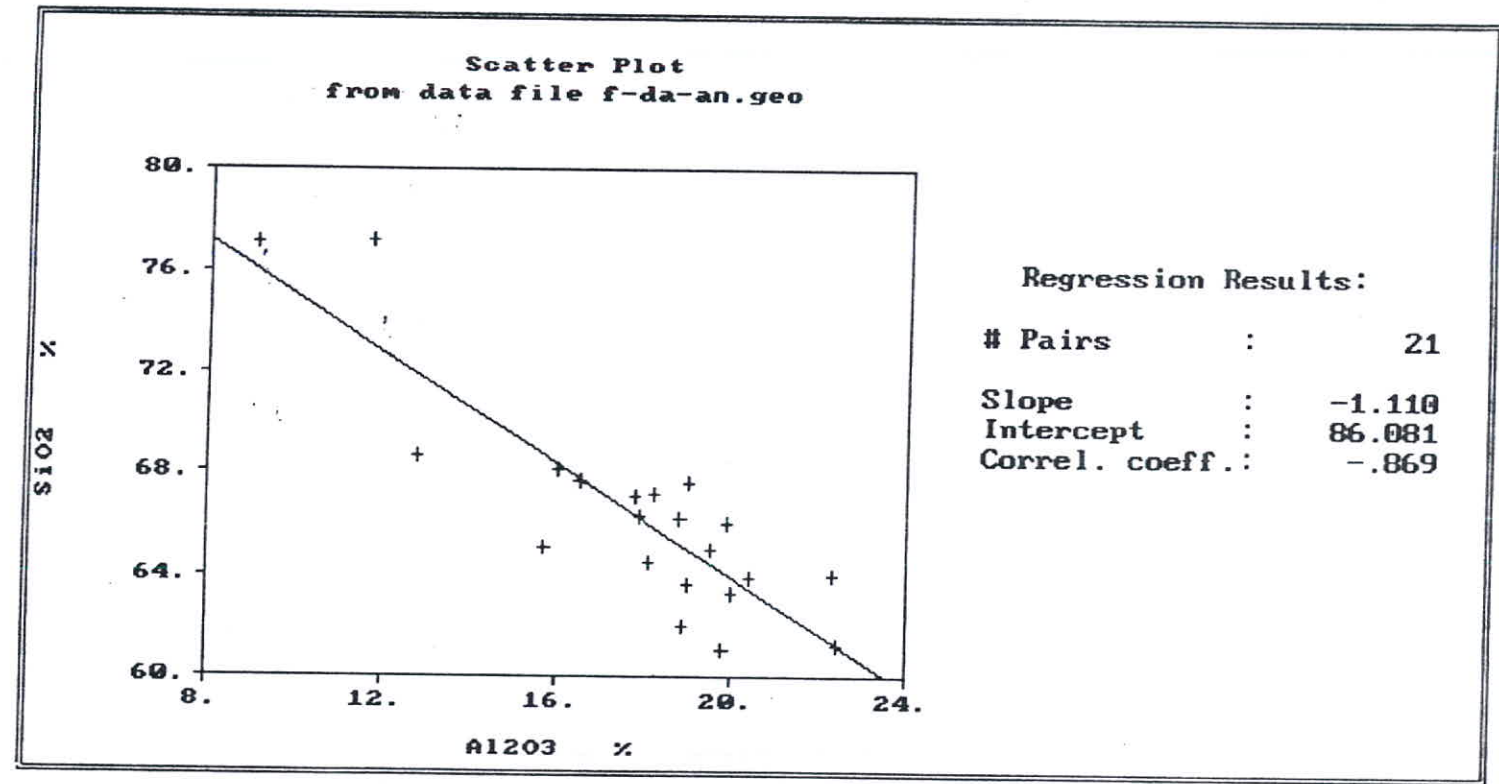
همانگونه که مشاهده می شود بیشترین همبستگی بین Al_2O_3 با SiO_2 و TiO_2

است. ارتباط بین Al_2O_3 و SiO_2 معکوس و با TiO_2 مستقیم است. کمترین همبستگی را

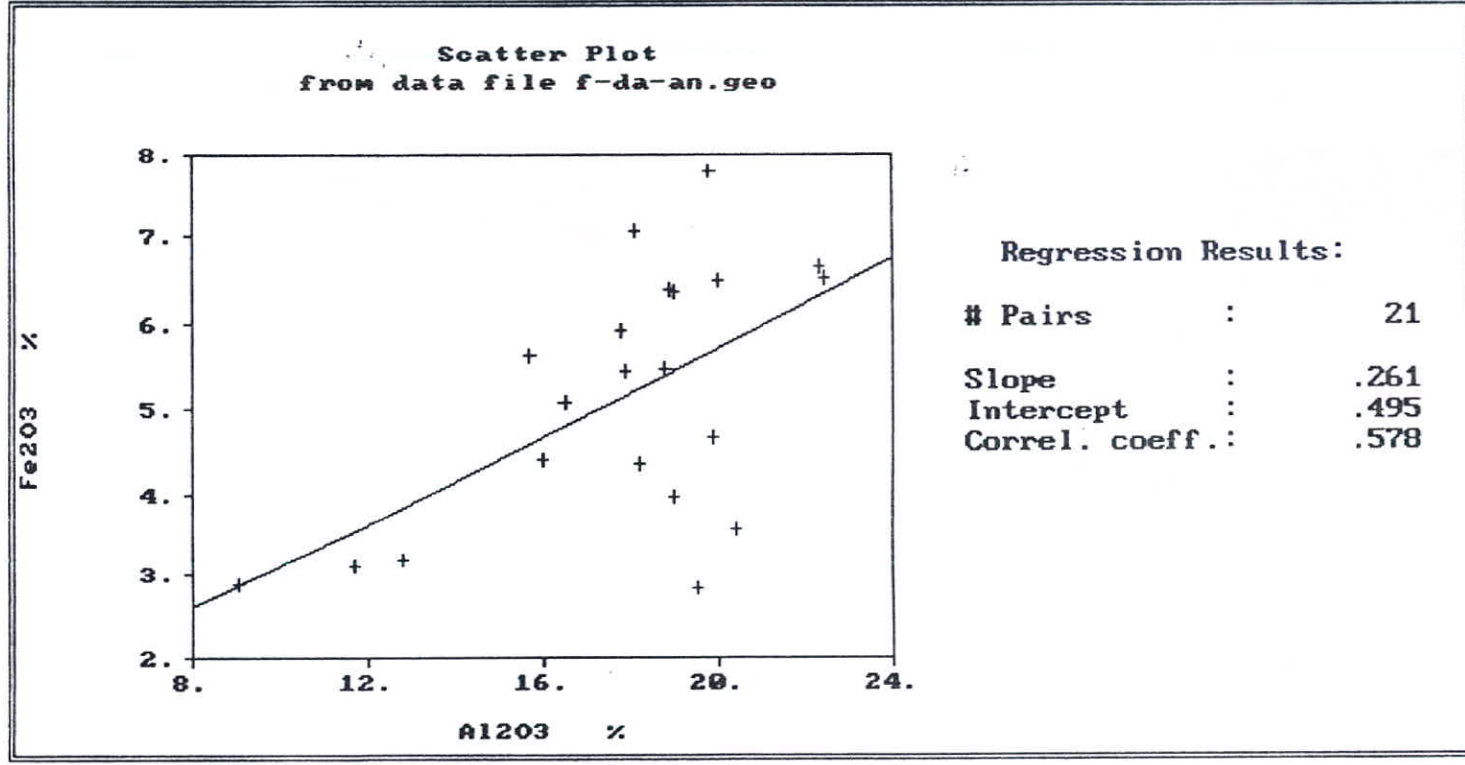
MgO با دیگر اکسیدها نشان می دهد و می توان گفت که رابطه ای بسیار ضعیف بین آن

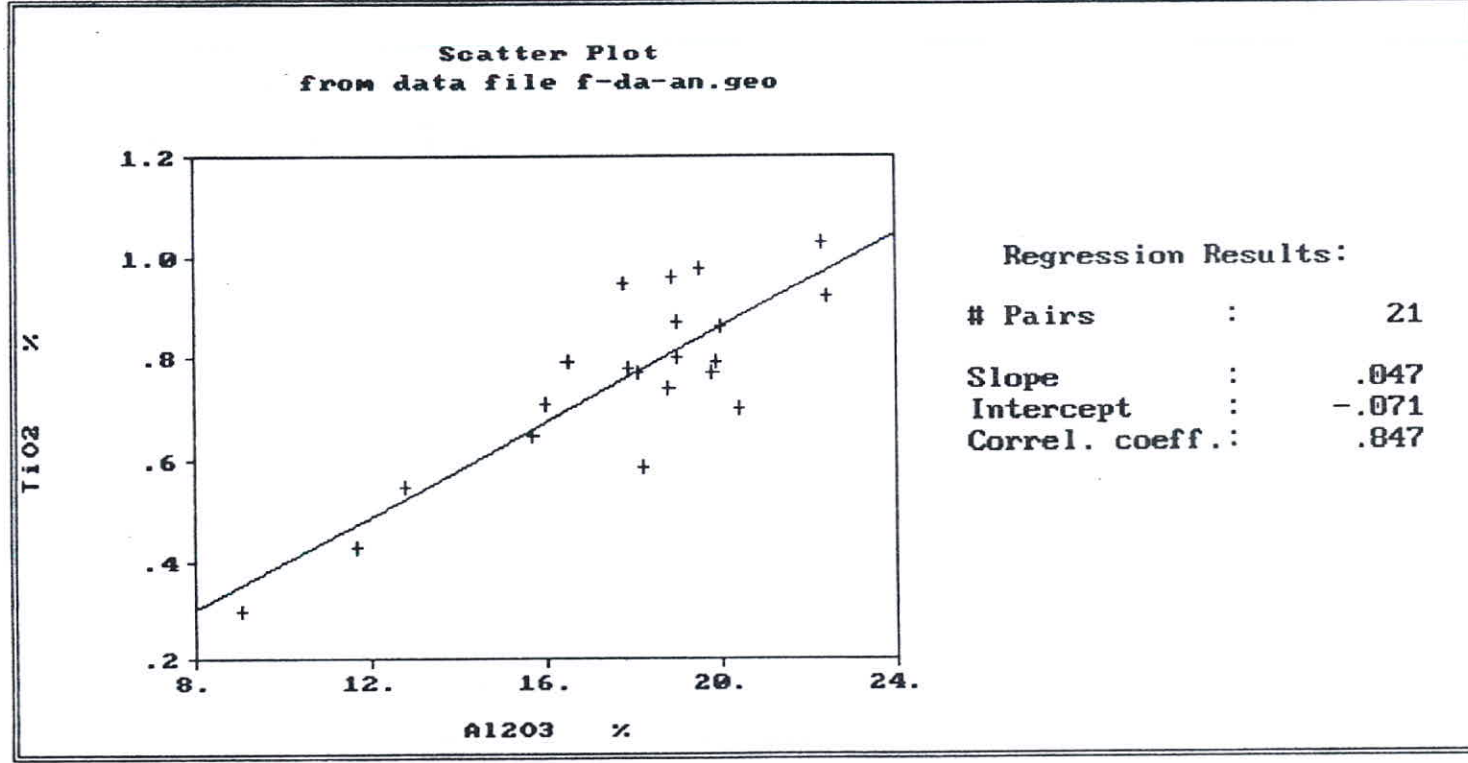
با دیگر اکسیدها برقرار است. همبستگی CaO نیز با دیگر اکسیدها ضعیف و ارتباط K_2O

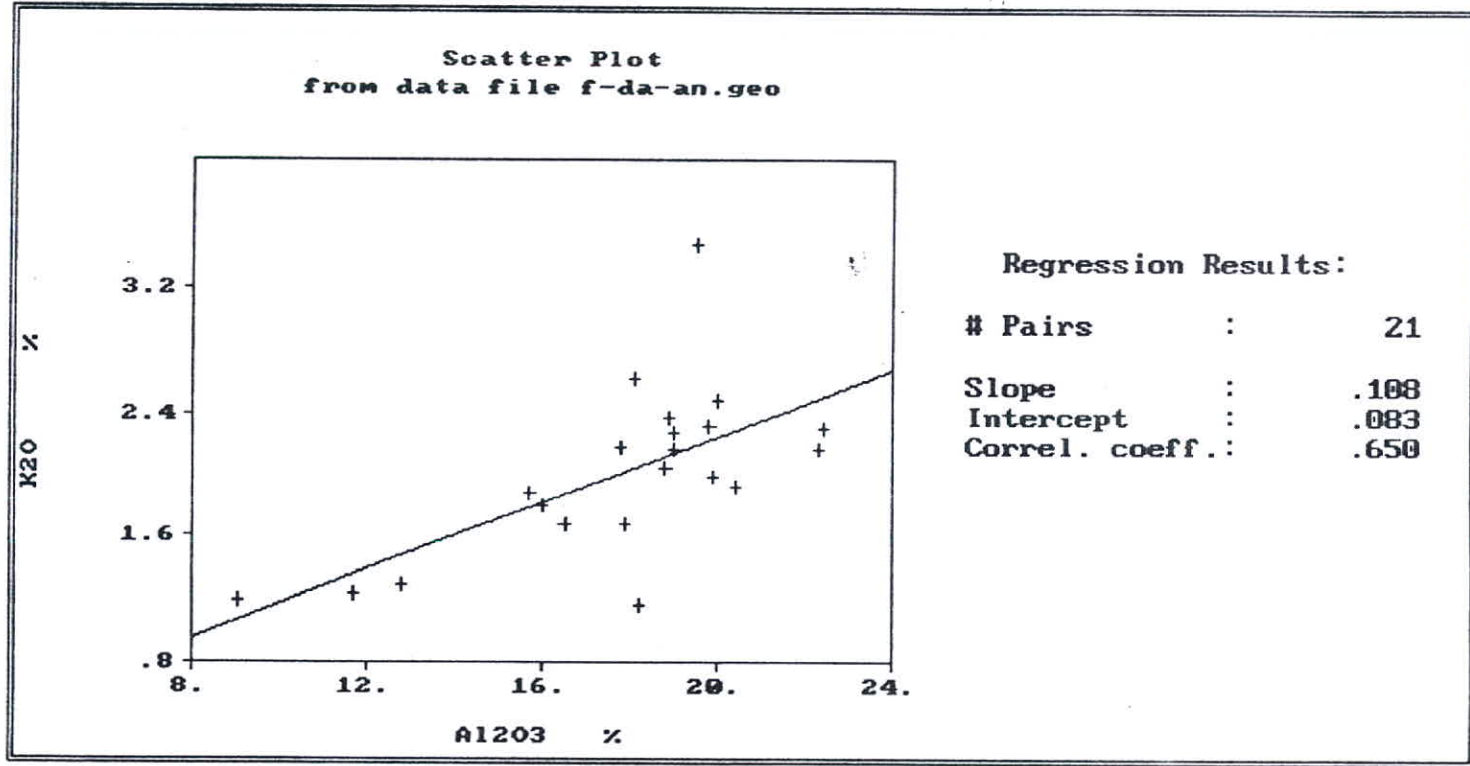
و TiO_2 بالا است و همبستگی آنها مستقیم است.



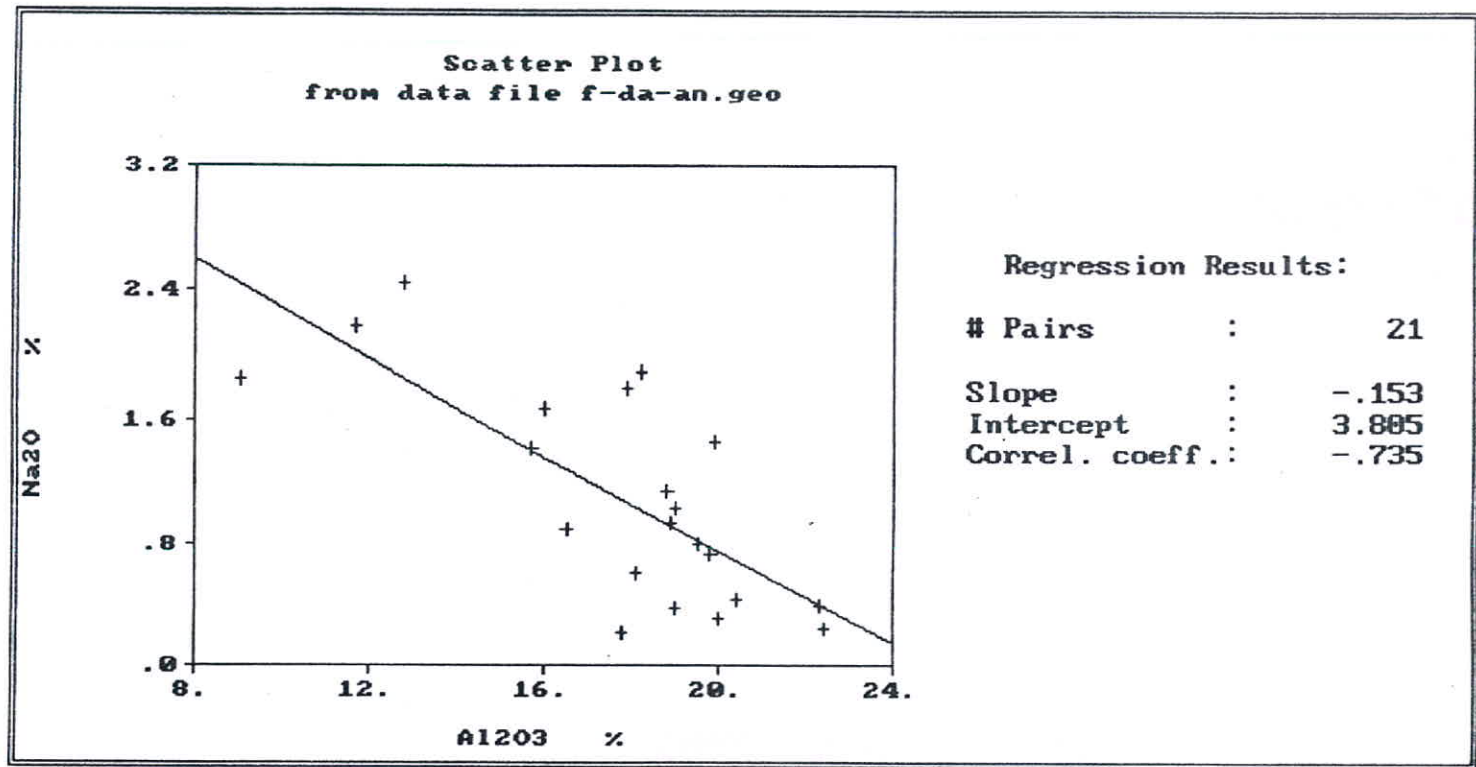
شکل (۹-۷) - منحنی همبستگی بین Al_2O_3 و SiO_2

شکل (۱۰-۷) - منحنی همبستگی بین Al_2O_3 و Fe_2O_3

شکل (۱۱-۷) - منحنی همبستگی بین Al_2O_3 و TiO_2

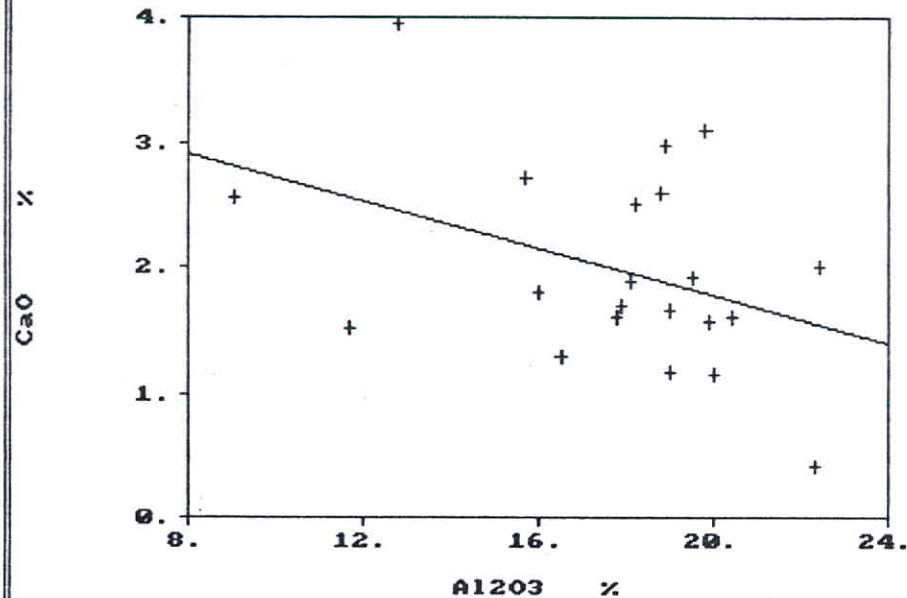


شکل (۱۲-۷) - منحنی همبستگی بین Al_2O_3 و K_2O



شکل (۱۳-۷) - منحنی همبستگی بین Al_2O_3 و Na_2O

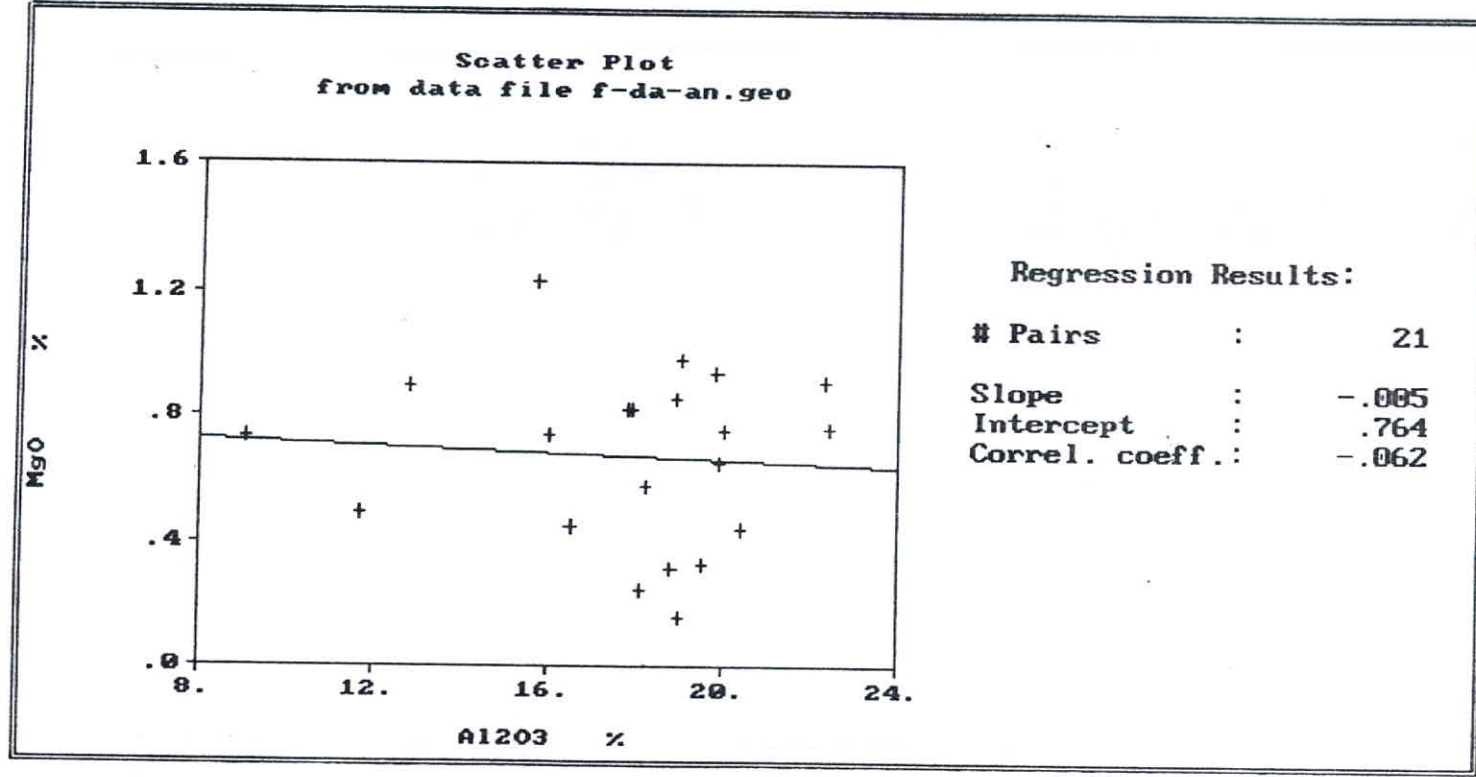
Scatter Plot
from data file f-da-an.geo



Regression Results:

# Pairs	:	21
Slope	:	-.093
Intercept	:	3.647
Correl. coeff.:	:	-.386

شکل (۷-۱۴) - منحنی همبستگی بین Al_2O_3 و CaO



شکل (۱۵-۷) - منحنی همبستگی بین Al_2O_3 و MgO

فصل هشتم

مطالعات كانه آرايی

۸-۱- مقدمه

مهمترین عامل برای استفاده از کانیهای گروه کیانیت در صنعت نسوز، خلوص بالای ماده خام یعنی بیش از ۹۰ درصد می باشد. کانسارهای مختلف کانیهای گروه کیانیت در دنیا از نظر عیار به غنی (با بیشتر از ۴۰ درصد کانیهای گروه کیانیت)، متوسط (با ۳۰ تا ۴۰ درصد کانیهای گروه کیانیت)، فقیر (با ۲۰ تا ۳۰ درصد این کانیها) و بسیار فقیر (با کمتر از ۲۰ درصد کانیهای کیانیت) تقسیم می شود. بنابراین جهت بالا بردن عیار برای استفاده در صنعت، لازم است واحدهای کانه آرایسی برای آرایش کانسنگ ایجاد شود. به جز عیار، خواص مهم دیگری مانند ترکیب شیمیایی، دانه بندی، درجه نسوزندگی و ضریب انبساط برای استفاده از این کانیها باید مورد توجه قرار گیرد. عیار Ti, Fe, Si و دیگر قلیایی ها باید محدود باشد. جدول (۸-۱) استاندارد بین المللی لازم جهت محصول مورد نیاز صنعت و اطلاعات فنی چند نمونه معادن مختلف کیانیت را نشان می دهد. در این جدول نوع A نشان دهنده استاندارد مورد نیاز شرکت آهن و فولاد بوشان، نوع B استاندارد بین المللی F, E, C, D تولید چند معدن مختلف را نشان می دهد. ابعاد دانه ها باید ۳۵ و ۴۸ و ۱۰۰ و ۲۰۰ مش باشد.

در این رابطه عیار Fe_2O_3 باید کمتر از ۱/۵ درصد، عیار Al_2O_3 نیز برای کاربرد در تولید آجرهای سیلیمانیتی حداقل ۴۵ درصد، عیار TiO_2 کمتر از ۱/۵ درصد، عیار ترکیبهای قلیایی شامل CaO, Na_2O و K_2O نیز باید کمتر از یک درصد باشد.

به منظور تعیین قابلیت کاربرد کانسنگ آندالوزیت دار کانسار میشدوان بافق در صنایع نسوز، در اولین مرحله باید نمونه برداری سیستماتیک به منظور تهیه نمونه نمایانگر صورت گیرد که در این رابطه چندین روش وجود دارد، ولی در مورد آندالوزیت

جدول (۱-۸) - مشخصات کنسانتره های کیانیت تولید شده

درجه نسوزندگی C	درصد عیار							نوع	
	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃		SiO ₂
> ۱۸۲۵					< ۲/۰	< ۱/۵	> ۶۰/۰		A
	< ۱/۰	< ۱/۰	< ۱/۰	< ۱/۰	< ۱/۵	< ۱/۵	۵۵-۶۰	< ۴۲	B
> ۱۸۲۵	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۱/۳۸	۰/۸۰	۵۸/۴۱	۳۷	C
> ۱۷۹۰	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۰۵۹	۰/۰۵	۱/۴	۰/۵	۵۸	۴۱	D
> ۱۷۹۰	۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۲۰	۱/۴۴	۵۸/۷۲	۳۶/۷۲	E
> ۱۷۹۰	۰/۱۱		۰/۱۰	۰/۲۹	۰/۰۸	۰/۶۵	۵۷/۸۱	۴۰/۴۲	F

اینطور به نظر می رسد که باید نمونه ای از شبکه نمونه برداری برداشت و بر روی آنها مطالعات کامل کانی شناسی انجام پذیرد.

بعد از اخذ نمونه ها از شبکه نمونه برداری، چگونگی مخلوط کردن آنها بررسی می گردد. آزمایشهای کانه آرای بر روی این کانسنگ عمدتاً با هدف تعیین کارایی و بر اساس بعضی از روشهای شناخته شده صورت می پذیرد.

۲-۸- بررسیهای اولیه

۱-۲-۸- مطالعات شناسایی نمونه

بعد از اینکه نمونه نماینده بر اساس یک روش مناسب انتخاب شد.

باید مطالعات میکروسکوپی، مطالعات اشعه ایکس و همچنین تجزیه شیمیایی به طور کامل انجام پذیرد.

- مطالعات میکروسکوپی

تهیه تیغه نازک و مقطع صیقلی از نمونه نماینده، مطالعه کانیهای اصلی و کانیهای فرعی و تا حدودی درصد این کانیها و مقایسه آنها بعد از مراحل سنگ شکنی صورت می گیرد. در مطالعات مقطع صیقلی بررسی کانیهای فلزی و درصد آنها مطالعه می شود.

- مطالعات اشعه ایکس

در ادامه مطالعات اشعه ایکس صورت می پذیرد و بعد از تشخیص کانیها به این روش، نتایج آن با نتایج حاصل از مطالعات میکروسکوپی مقایسه می شود. اگر اختلاف بین مطالعات میکروسکوپی و اشعه ایکس کم بود نشانگر درصد بالای کانیهای اصلی و فرعی در نمونه است و اختلاف زیاد، ناشی از کم بودن مقدار بعضی از کانیها در نمونه است.

- تجزیه شیمیایی

نمونه نمایانگر باید به منظور تجزیه شیمیایی کامل به آزمایشگاه ارسال گردد تا موارد زیر مشخص گردد.

- ۱- کانی اصلی که از لحاظ اقتصادی مهم می باشد، کدام است و کاربرد آن چیست.
- ۲- عیار این کانی چقدر است و برای استفاده در صنایع مختلف عیار آن باید به چه مقادیری برسد.
- ۳- عیار اکسید آهن (Fe_2O_3) بررسی شود و مشخص شود که بالا بودن آن مربوط به وجود چه کانیهایی است.
- ۴- عیار عناصر قلیایی و TiO_2 بررسی شود.

عیار بالای عناصر قلیایی مربوط به وجود (فلدسپات ، پلاژیوکلاز و انواع میکا و مشتقات آن است)

۵- روشهای جدایش پیش بینی می گردد.

- در این مرحله باید مواظب بود که مقدار آلومینا که در کانولینیت است با عیار آندالوزیت اشتباه نشود.

۸-۲-۲- مرحله سنگ شکنی

بعد از تهیه نمونه نمایانگر که آزمایشات میکروسکوپی نیز بر روی آن انجام شده است ، این نمونه ابتدا در یک سنگ شکن فکی و سپس در یک سنگ شکن استوانه ای تا ۶ مش خرد می شوند. سپس با استفاده از تقسیم کننده ، این نمونه ها به نمونه های یک کیلویی تقسیم می شوند و تمام آزمایشات دیگر بر روی همین نمونه یک کیلویی انجام می پذیرد.

۸-۲-۳- تجزیه سرنندی

به منظور بررسی چگونگی دانه بندی و نیز تغییرات عیار آندالوزیت در بخشهای مختلف دانه بندی ، نمونه نمایانگری با وزن یک کیلوگرم مورد تجزیه سرنندی قرار می گیرد. از هر بخش دانه بندی نمونه ای تهیه می شود و بر روی آن ابتدا تجزیه شیمیایی و بعد مطالعات میکروسکوپی انجام می شود. سپس منحنی تغییرات عیار Al_2O_3 ، Fe_2O_3 بخشهای مختلف دانه بندی و همچنین منحنی توزیع آنها در دانه بندیهای مختلف رسم می شود و با مطالعه این منحنیها و جداول تجزیه سرنندی می توان به سوالات زیر پاسخ داد.

نتایجی که باید از منحنی های تجمعی و جداول تجزیه سرنندی به دست آیند.

- با کاهش ابعاد دانه ها عیار Al_2O_3 چگونه تغییر می کند؟
- کم شدن عیار Al_2O_3 همراه با کاهش ابعاد نشانگر بالاتر بودن سختی آندالوزیت نسبت به کانیهای همراه در کانسنگ است.
- عیار Fe_2O_3 با کاهش ابعاد دانه بندی چگونه تغییر می کند؟ آیا این تغییر عیار یکنواخت است یا نوسان دارد .
- آیا نوسان عیار Fe_2O_3 ناشی از سختی نسبی کانیهای حاوی آهن مانند منیتیت است؟
- رابطه تغییرات Al_2O_3 و Fe_2O_3 نسبت به هم مستقیم است یا معکوس؟
- مستقیم بودن این رابطه ناشی از عیار نیست بلکه بستگی به وزن هر بخش از دانه بندی دارد.
- بالاترین عیار Fe_2O_3 مربوط به کدام محدوده از دانه بندی است؟ آیا این عیار تفاوت قابل توجهی با عیار سایر بخشها دارد؟
- عیار TiO_2 در هر یک از بخشهای دانه بندی چگونه تغییر می کند؟ عیار استاندارد TiO_2 آن چقدر می باشد .

۸-۲-۴- تعیین درجه آزادی

برای دستیابی به درجه آزادی مناسب آندالوزیت از بخشهای مختلف تجزیه سرنندی ، تیغه نازک و گاهی مقطع صیقلی تهیه شده و توسط میکروسکوپ مطالعه می شود. با توجه به این مطالعات مشخص می گردد که درجه آزادی آندالوزیت از کانیهای عمده همراه مانند کوارتز و میکا در دانه بندیهای ۵۰-۷۰ + مش

و ۷۰-۱۰۰ + مش چند درصد می باشد. قطعات ادخالی در چند دانه بندی به حداقل درگیری خود با آندالوزیت می رسد.

۹-۳- آزمایشهای آرایش کانسنگ آندالوزیت

۸-۳-۱- نتیجه گیری از بررسیهای اولیه و انتخاب روش

بر طبق بررسیهای انجام شده، کانیهای مهم در کانسنگ، کانیهای گروه آندالوزیت هستند که با کانیهای میکا، کوارتز، پلاژیوکلازها، فلدسپات، ایلمنیت و منیتیت دیده می شوند. بنابر مطالعات اولیه نکات زیر نتیجه می گردد:

- با توجه به وزن مخصوص بالای آندالوزیت نسبت به کانیهای میکا، کوارتز، فلدسپات و پلاژیوکلاز، می توان از روشهای جدایش ثقلی برای جدا کردن این کانیها از آندالوزیت استفاده نمود. با توجه به وجود تفاوت اندک بین وزن مخصوص کانیهای گروه آندالوزیت با ایلمنیت و منیتیت جدا سازی این کانیها با این روش میسر نیست.

در بین روشهای ثقلی، با توجه به درجه آزادی آندالوزیت از میکا و کوارتز و مطابقت آن با محدوده عملکرد مناسب دستگاه جدا کننده، می توان از میز لرزان استفاده نمود.

از آنجا که کاربرد جیگ در دانه بندیهای درشت تر می باشد، احتمالاً استفاده از آن نتیجه مطلوبی نخواهد داشت.

- برای جدایش ایلمنیت و منیتیت از کانسنگ و کاهش عیار Fe_2O_3 ، استفاده از روشهای جدایش مغناطیسی مناسب خواهد بود.

باید توجه داشت که به علت درجه آزادی بالای آندالوزیت از ایلمنیت و منیتیت (در ۲۰۰ مش)، هرچه قابلیت کاربرد دستگاه در دانه بندیهای ریزتر باشد، آزمایشها موفقتر خواهند بود.

- با توجه به درجه آزادی آندالوزیت از بقیه کانیها، در مورد این کانسنگ فلوتاسیون نیز باید مد نظر قرار گیرد. البته باید توجه داشت که آندالوزیت در دانه بندیهای درشت دارای بازار فروش خوبی است و بنابراین باید حتی الامکان از کاربرد این روش پرهیز نمود.

۸-۳-۲- جدایش ثقلی

۱- جدایش توسط جیگ

همانگونه که قبلاً ذکر شد یکی از دستگاههای جدایش ثقلی، جیگ است. در آزمایشها با جیگ، هدف بررسی عملکرد جیگ در دانه بندیهای مختلف می باشد. بنابراین نمونه بعد از مراحل سنگ شکنی، تجزیه دانه بندی شده و بر روی بخشهای مختلف آن آزمایشهایی صورت می گیرد.

قابل توجه است که کاربرد جیگ نیز مانند کاربرد روشهای ثقلی بیشتر در دانه بندیهای درشت می باشد و بنابراین آزمایش با این دستگاه فقط در دو دانه بندی ۶-۱۰+ مش و ۱۰-۳۵+ مش انجام می شود.

۲- جدایش توسط میز لرزان

محدوده عملکرد میز لرزان نسبت به جیگ گسترده تر می باشد، به همین دلیل انتظار جدایش بهتری توسط میز لرزان وجود دارد.

حال به تشریح بعضی از واحدهای کانه آرایه موجود در دنیا می پردازیم . در این واحدها ، کنسانتره معمولاً از عملیات آرایش مغناطیسی ، فلوتاسیون و ثقلی به دست می آید . عملیات خردایش و نرمة گیری نیز به ویژه در هنگام استفاده از عملیات ، بسیار مهم است .

واحدهای کانه آرایه در کانسار کیانیت نیه مونگ چین به طور عمده شامل عملیات فلوتاسیون است . کانسنگ این کانسار علاوه بر کیانیت ، کانیهای مسکویت ، کائولن و پیروفیلیت را به عنوان کانگ به همراه دارد . فلوشیت این واحد در شکل شماره (۸-۱) نشان داده شده است . سیکل بسته خردایش ابتدای خط فلوشیت را تشکیل می دهد .

قبل از فلوتاسیون توسط هیدروسیکلون نرمة گیری انجام می شود . کنسانتره نهایی بعد از ۴ مرحله شستشو ، با عیار ۵۹ درصد آلومینا و بازیابی ۷۰ درصد به دست می آید . محصولهای میانی که از باطله مراحل شستشو به دست می آیند ، دوباره به مدار عملیات باز می گردند . کلکتور عملیات ، پترولیوم سولفانات طبیعی است . تجربه نشان داده است که عیار Al_2O_3 کنسانتره کیانیت می تواند تا ۲۰ درصد نیز افزایش یابد که در این صورت بازیابی ۵ تا ۶ درصد کاهش می یابد .

در کانسار معدن هانشان چین نیز که کانی اصلی کیانیت است ، عملیات اصلی را فلوتاسیون تشکیل می دهد . کانسنگ این کانسار شامل کیانیت ، توپاز ، کابول $(CaAl_3(PO_3)SO_4(OH))$ ، پیروفیلیت ، مسکویت ، کائولن ، لیمونیت ، هیدروگوتیت ، منیتیت ، سیدریت ، هماتیت و روتیل می باشد . فلوشیت عملیات کانه آرایه این کانسار در شکل شماره (۸-۲) نشان داده شده است .

عملیات بعد از خردایش در مدار بسته ، طی یک مرحله پیش فلوتاسیون به منظور حذف کانیهای کائولن ، پیروفیلیت ، مسکویت در یک محیط خنثی و با استفاده از روغن کاج صورت می گیرد. مرحله بعدی را فلوتاسیون کابول در یک محیط خنثی تشکیل می دهد. در این حالت کلکتور ، پارافین صابونی ، مازوت و بازدارنده کیانیت ، سیلیکات سدیم می باشد. به منظور حذف کانیهای تیتانیوم و آهن دار به دلیل مشابهت خواص شیمی فیزیک سطحی ، یک مرحله فلوتاسیون در محیط خنثی از نظر PH با کلکتور اسید نیدروکسیل اکسیم (Hydroxyl Oxim Acid) در نظر گرفته شده است. در فلوتاسیون کیانیت از سباتات سدیم (Sodium Sebacate) به دلیل ارزانی و فراوانی به عنوان کلکتور استفاده می شود. کنسانتره کیانیت بعد از سه مرحله شستشو به عیار ۵۵/۲۶ درصد و ۸۳/۰۵ درصد آلومینا می رسد.

در امریکا واحد کانه آرایه مربوط به کوارتزیت‌های کیانیت دار به طور عمده شامل فلوتاسیون و جدا کننده مغناطیسی است. بعد از یک سیکل خردایش که توسط آسیاب میله ای و کلاسیفایر پارویی انجام می شود ، کانسنگ تا زیر ۲۸ مش خرد می شود. پالپ حاصله به دقت نرمه گیری می شود و بعد از نرمه گیری ، توسط روغن کاج و کربنات و کلکتور آمین در سلولهای فلوتاسیون به منظور حذف پیریت و میکا فلوته می شود. باطله حاصل از عملیات فلوتاسیون پیریت ، دوباره نرمه گیری شده و سپس توسط اسید سولفوریک و سولفانات پترولیوم آماده سازی می شود تا در سلولهای اولیه و دو مرحله سلول شستشو کنسانتره کیانیت به دست آید. بعد از خشک کردن محصول کنسانتره ، جداکننده های مغناطیسی با شدت زیاد ، باعث کاهش اکسید آهن به زیر یک درصد می شود.

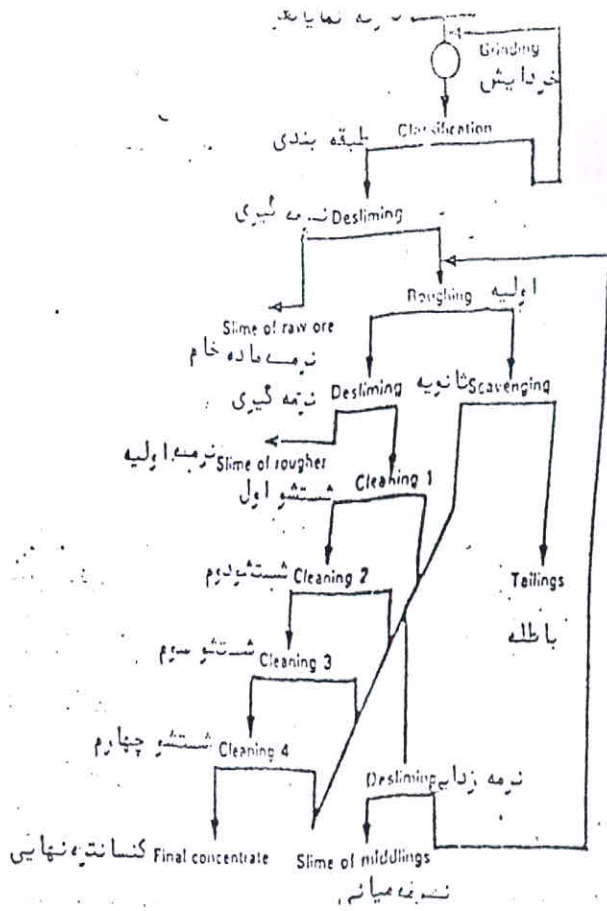
کانی آندالوزیت نیز توسط عملیات فلوتاسیون به وسیله صابونهای مختلف فلوته می شود. به منظور جداسازی کراندوم از کوارتز و آندالوزیت، در یک محیط اسیدی از سدیم پیروفسفات و سیلیکو فلورید سدیم به عنوان بازدارنده و صابون نفتانیک به عنوان کلکتور استفاده می شود. سپس آندالوزیت توسط لورال آمین (Lourylamine) هیدروکلریت از کوارتز جدا می شود.

در فرانسه کانسنگ آندالوزیت در میکا شیبست، توسط عملیاتی شایلی جدا کننده مغناطیسی با شدت زیاد و جدا کننده واسطه سنگین آرایش می شود. در مرحله خردایش یک آسیای خودشکن (Autogeneous Mill) و یک ائروسیکلون باعث خرد شدن تمام کانسنگ تا زیر ۸ مش می شود. سپس از جدا کننده مغناطیسی با شدت زیاد برای حذف قسمت مغناطیسی استفاده می شود. بخش غیرمغناطیسی توسط جدایش واسطه سنگین پرعیار می شود. واسطه سنگین مورد استفاده فروسیکلون با وزن مخصوص ۲/۳ می باشد. محصول نهایی با ابعاد کوچکتر از ۸ مش و بزرگتر از ۳۵ مش، دارای ۵۹/۲ درصد آلومینا و یک درصد آهن است.

در مورد کانسارهای کینایت موجود در هندوستان می توان گفت واحد کانه آرایسی وجود ندارد و پرعیار سازی توسط سنگجوری صورت می گیرد. در آفریقای جنوبی که آندالوزیت از کانسارهای ثانویه به دست می آید، عملیات خردایش بسیار مهم است زیرا خود باعث افزایش عیار و دستیابی به محصولی با ۴۰-۵۰ درصد آندالوزیت می شود. محصول بعد از خردایش توسط واسطه سنگین و سپس جداکننده مغناطیسی جداسازی می شود. کنسانتره عملیات در دو مرحله، با ۵۸ درصد آلومینا و ۵۳ درصد آلومینا به دست می آید. مقدار اکسید آهن در مورد محصول اول کمتر از یک درصد و در مورد محصول دوم حدود ۱/۸ درصد است.

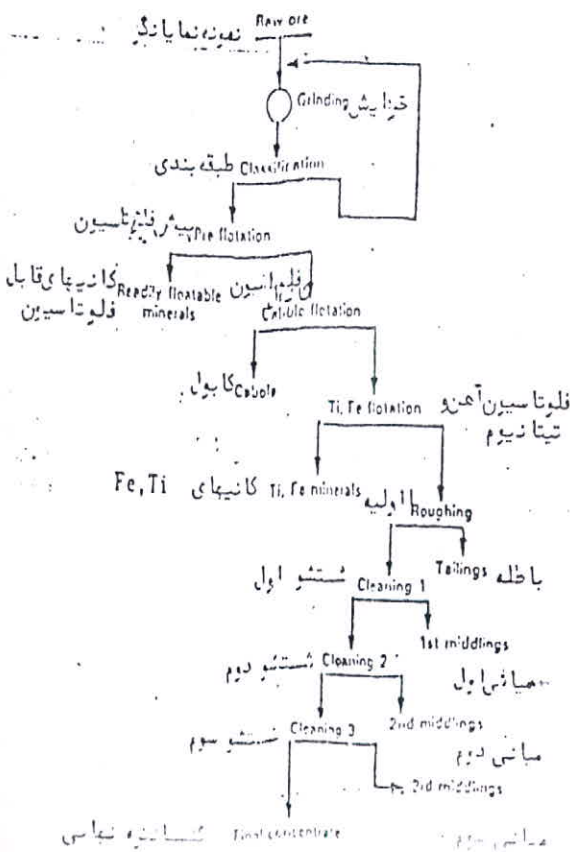
شکل (۸-۱) - فلوشیت واحد

کانه آرای کانسار نیه مونگ



شکل (۸-۲) - فلوشیت واحد

کانه آرای معدن هانشان چین



فصل نهم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۹-۱- نتیجه گیری

با توجه به شرح خدمات موجود در قرارداد، این مشاور پس از بازدید از منطقه مورد درخواست اداره و بررسیهای انجام گرفته، به این نتیجه رسید که این منطقه از نظر ماده معدنی گروه سیلیمانیت دارای پتانسیل مناسبی می باشد. نتایج حاصل به شرح ذیل می باشد:

- لیتولوژی و زمین شناسی
- از نظر لیتولوژی اکثر رخنمونهای منطقه متعلق به پرکامبرین بوده و شامل انواع شیستها، آهکهای متامورف، گنیس و دولومیت می باشد.
- رسوبات کواترنر عمدتاً "مربوط به تراسهای قدیمی و جدید می باشد که تقریباً" بیش از نیمی از منطقه را پوشش داده است و رسوبات عهد حاضر نیز در شمال و جنوب محدوده نقشه زمین شناسی قرار گرفته اند.
- کانیهای گروه سیلیمانیت به عنوان کانیهای دگرگونی درجات متوسط تا بالا در بعضی شیستها تشکیل شده اند.
- با توجه به لیتولوژی های حاکم در منطقه از جمله شیستها، به نظر می رسد که سنگ مادر، سنگهای پلیتی بوده که در یک دگرگونی ناحیه ای در شرایط دما و فشار متوسط تا بالا شکل گرفته است.
- کانیهای گروه سیلیمانیت در منطقه مورد مطالعه، به صورت بلورهای با رنگهای صورتی- خاکستری و تیره و همچنین گوشتی رنگ و با اشکال مربعی و دایره ای و دارای هسته مرکزی لوزی و صلیبی مشخص می باشد.

- همانطور که قبلاً ذکر گردید، اکثر رخنمونهای سنگی منطقه شامل آهکهای متامورف، میکاشیست، گارنت شیست و گارنت میکا شیست و همچنین گروه سیلیمانیت شیست و گنیس می باشد. طبق بررسیهای انجام گرفته می توان تشکیل این رخنمونهای شیستی منطقه را به یک مرحله از دگرگونی با تشکیل میکا شیست های مشخص نسبت داد. در این مرحله بیوتیت و مسکویت به صورت لیبیدوبلاستهای جهت دار رشد کرده اند. این دگرگونی فشاری و حرارتی (Dynamothermal Meta.) است. رخساره دگرگونی در این فاز مربوط به شیست سبز می باشد.

- فاز دوم، دگرگونی حرارتی (Thermic Metamorphism) می باشد که با تشکیل لکه های حرارتی از کانیه های درشت (فئوبلاست) همراه است. علاوه بر کانیه های گروه آندالوزیت، گرونا و مسکویت های درشت نیز دیده می شود. رخساره این دگرگونی معادل رخساره آمفیبولیت است. در این فاز نوسانات حرارتی مشخص است و پس از بررسیهای کامل انجام شده در منطقه و با توجه به نقشه های زمین شناسی کوچک مقیاس، وجود توده های نفوذی گرانی - دیوریتی در اطراف منطقه مشخص گشته است که مراحل دیگری از دگرگونی در منطقه میشدوان را به اثبات می رساند. از مظاهر این دگرگونی می توان به رشد درهم و غیرمنظم بلورهای درشت کانیه های گروه سیلیمانیت اشاره کرد.

- ظهور کیانیت در اکثر نمونه ها مربوط به افزایش فشار هیدرواستاتیک و یا دو جانبه است.

- فاز سوم، دگرگونی پسرونده (Retrograde Meta.) و کاتاکلاستیک (Cata Clastic) است که در این فاز، گرونا به کلریت و آندالوزیت به سریسیت تجزیه شده است.

- تکنونیک منطقه مورد مطالعه بسیار شدید، مورفولوژی سیست های حاوی کانیه های گروه سیلیمانیت ملایم و شیب آنها به سمت شمال تا شمال غربی می باشد.

- با توجه به حفريات انجام گرفته از جمله حفر ۱۲ رشته ترانشه قدیمی و ۳ رشته ترانشه جدید و همچنین ۶ حلقه چاهک امتداد لایه بندی سیستها در طول این ترانشه ها به صورت شمال شرقی - جنوب غربی و گسترش ماده معدنی به سمت شمال غربی می باشد.

- بلوک بندی و ارزیابی ذخیره

- با توجه به بررسیهای انجام گرفته و نتایج حاصل از مطالعات تیغه نازک، آزمایشات X.R.D و آنالیز شیمیایی نمونه ها و همچنین با توجه به برداشت های زمین شناسی و پیمایشهای انجام شده در منطقه و نتایج حاصل از حفر ترانشه و چاهک برداشت ترانشه های قدیمی، کل ذخیره ناحیه یک آندالوزیت به چهار بلوک تقسیم می گردد. بیشترین ذخیره در بلوک III و کمترین آن در بلوک IV واقع شده است.

- کیفیت ماده معدنی در بلوک شماره II چندان مناسب نمی باشد. برای هر یک از این بلوکها ارزیابی ذخیره به روش مقاطع صورت گرفته است که شرح آن در متن گزارش آمده است. با توجه به نتایج شمارش بلورهای آندالوزیت و بررسیهای انجام گرفته بر روی اندازه آنها، درشت ترین بلورهای آندالوزیت مربوط به ذخیره بلوک I و ریزترین آنها مربوط به ذخیره بلوک III می باشد.

- بر اساس نتایج حاصل از آزمایشات X.R.D نمونه های منطقه، نوع کانی گروه سیلیمانیت در ذخیره بلوک I بیشتر کیانیت، در ذخیره بلوک III بیشتر آندالوزیت و کیانیت، در ذخیره بلوک III بیشتر کردیریت، کیانیت و آندالوزیت و در ذخیره بلوک IV نیز بیشتر کیانیت و کیاستولیت است.

- با توجه به برداشتهای مختلف انجام شده بلوکهای منطقه خود بر حسب مقدار کانی سازی به چند قسمت تقسیم شده اند و مقدار ذخیره نیز بر اساس این تقسیمات صورت گرفته است. به طور نسبی بیشترین مقدار ذخیره در بلوک ذخیره III و کمترین آن در بلوک ذخیره IV است. و مجموعاً مقدار ذخیره ممکن تا عمق قابل دسترسی ۳۰ متر، در حدود ۱/۶ میلیون تن تخمین زده شده است.

- با توجه به مطالعات آماری انجام گرفته، دامنه تغییرات Al_2O_3 در نمونه های برداشت شده ۹/۰۵ تا ۲۲/۴ درصد و مقدار میانگین آن ۱۸/۵ درصد است. بیشترین مقدار Al_2O_3 مربوط به نمونه سنگی است که به روش لپری از ذخیره شماره III برداشت شده است. همبستگی بین Al_2O_3 و اکسیدهای دیگر بررسی شده است، این مطالعات نشان می دهد که رابطه بین Al_2O_3 با SiO_2 ، Na_2O و CaO معکوس است و با افزایش Al_2O_3 مقدار اکسیدهای مزاحم سدیم و کلسیم کاهش می یابد ولی مقدار Fe_2O_3 ، TiO_2 و K_2O به دلیل همبستگی مستقیم بین این اکسیدها و Al_2O_3 ، افزایش می یابد. این اکسیدها در کاربرد صنعتی ماده معدنی ایجاد مشکل می کند که در مراحل بعدی باید مطالعات برای کاهش آنها انجام گیرد.

- مطالعات X.R.D در تمام موارد وجود کانیهای گروه سیلیمانیت را به اثبات رسانده است. نتایج X.R.D در پیوست A آمده است.

- مطالعات تیغه نازک به جز کانیهای گروه سیلیمانیت، وجود کانیهای مربوط به سنگهایی مانند انواع شیست ها (میکاشیست، کلریت شیست، آمفیبول شیست، گارنت شیست و...)، آهکهای متامرف و گنیس را به اثبات رسانده است.

- نتایج برداشتهای زمین شناسی و حفاریها و همچنین نتایج کل آزمایشات نوع ماده معدنی منطقه را از نوع کیانیت، سیلیمانیت و آندالوزیت معرفی می نماید.

۹-۲- پیشنهادات

با توجه به نتایج مثبت طرح اکتشاف نیمه تفصیلی آندالوزیت میشدوان بافق، جهت ادامه عملیات اکتشافی پیشنهادات زیر ارائه می گردد.

طرح اکتشاف تفصیلی آندالوزیت بافق

در این مرحله از عملیات در مساحت حدود یک کیلومتر مربع در محدوده نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ از بلوکهای ۱ و ۲ آندالوزیت بافق، خدمات زیر پیشنهاد می گردد:

۱- انتخاب محدوده یک کیلومتر مربعی جهت ادامه مطالعات اکتشافی در مقیاس تفصیلی به اتفاق کارفرما و مشخص کردن محدوده بر روی نقشه های پایه

۲- تهیه نقشه توپوگرافی به مقیاس ۱:۱۰۰۰ در وسعت یک کیلومتر مربع با خطوط تراز یک متری

۳- تهیه نقشه زمین شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰ برای محدوده یک کیلومتر مربع با مشخصات زیر:

- کلیه لایه ها و رگه های کانه دار در صورت امکان تا ضخامت یک متر برداشت و روی نقشه مشخص گردد.

- زونهای آلتره و عدسیه های مربوطه با حد یک متر بر روی نقشه آورده شود.

- پیمایشها در فاصله ۲۰ متر و به صورت سینوسی انجام گیرد.

- نمونه برداری سیستماتیک دقیق برای شناخت ترکیب شیمیایی نهایی ماده معدنی

در ستون چینه شناسی منطقه با فواصل یک متر

- تهیه مقاطع ساختاری و ردیابی رگه های معدنی در عمق

- برداشت دقیق پهنه های کانه دار ، رگه ها و زونهای آتیره به وسیله تنودولیت

۴- تکمیل حفریات زمین شناسی (ترانشه و چاهک)

- بررسی و توجیه تعداد و چگونگی حفریات ترانشه ، چاهک و ...

- بررسی جهت حفر گمانه و طراحی شبکه حفاری گمانه ها

- حفر حداقل سه گمانه به طول هر کدام ۵۰ متر در بلوک ذخیره III به فواصل ۱۵۰

متر و به صورت مثلثی

- حفر حداقل ۲ گمانه به طول هر کدام ۴۰ متر در بلوک ذخیره II و I به فواصل ۱۰۰

متری

- نمونه برداری از محل انجام حفاریهای گمانه ، بسته بندی و شماره گذاری (لاگینگ)

۵- شناسایی و مشخص کردن زونهای دگرسان شده ، تفکیک هر یک از آنها و ارتباط

آنها با پدیده های کانی سازی ، ساختارها و تکتونیک ناحیه

۶- بررسی و شناخت کلیه گسلهای منطقه و تاثیر آنها در لایه های کانه دار

۷- ارائه مدل کانی سازی و گسترش ماده معدنی در جهات مختلف در منطقه

۸- انجام مطالعات کانه آرایبی در مقیاس نیمه صنعتی با توجه به نیاز کارخانه

- بررسی مطالعات کانه آرایبی در اشل آزمایشگاهی و احتمالاً " Bench Scale و اظهار نظر

در زمینه نمونه معرف کانسار

- برنامه ریزی در جهت تست های فرآوری با توجه به نیاز کارخانه

- برداشت نمونه نماینده ، نظارت بر آماده سازی و انجام آزمایشات جهت تست

صنعتی

۹- تعیین ذخیره

- تعیین محدوده ذخایر با ارزش ، بررسی عیار حدی ، بررسی رگه یا لایه های قابل

بهره برداری

- برآورد ذخایر احتمالی و در پاره ای موارد قطعی و محاسبات آنها

- ارزیابی ذخایر زمین شناسی کانسار با توجه به تکنولوژی معدنکاری مناسب

- برآورد ذخایر قابل دسترسی و ذخایر قابل بازیابی

۱۰- ارائه پیشنهادات جهت ایجاد جبهه کارهای استخراجی

۱۱- روبرداری و آتشیاری و همچنین محاسبه باطله برداری (در صورت نیاز و هماهنگی

با کارفرما)

۱۲- نتیجه گیری و تهیه گزارش نهایی اکتشاف تفصیلی

منابع و مآخذ

- ۱- نمونه برداری معدنی - (۱۳۷۱) - حسنی پاک ، علی اصغر- انتشارات دانشگاه تهران
- ۲- دگرگونی و پترولوژی سنگهای دگرگونی - (۱۳۶۷) - ولی زاده ، محمد ولی- انتشارات دانشگاه تهران
- ۳- راهنمای جامع لیکا - (۱۳۷۷) - محمدی تهرانی ، فریبرز- شرکت لیکا
- ۴- پترونز سنگهای دگرگونه- (۱۳۷۱) - هلموت گ . ف . وینکلر ، مترجم هوشمند زاده ، عبدالرحیم- دانشگاه شیراز
- ۵- نقشه زمین شناسی ۱: ۲۵۰،۰۰۰ چهارگوش یزد- (۱۹۷۳) - سازمان زمین شناسی کشور
- ۶- مجموعه گزارشات پیجویی ذخایر مامورف ایران - (۱۳۷۳-۱۳۷۰) - عابدیان و همکاران- سازمان زمین شناسی کشور
- ۷- زمین شناسی اقتصادی و ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی دیرگدازها - (۱۳۶۷) - عابدیان ، ناصر- سازمان زمین شناسی کشور
- ۸- دیباچه ای بر زمین شناسی ایران - (۱۳۵۱) - نبوی ، م. ح
- ۹- زمین شناسی ایران - (۱۳۷۰) - درویش زاده ، ع- نشر دانش امروز
- ۱۰- آمار نامه استان یزد- (۱۳۷۵) - سازمان برنامه و بودجه
- ۱۱- اطلس راههای ایران - (۱۳۷۳) - سازمان جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی

۱۲- عکس هوایی ۲۰۰۰: ۱ و ۵۰۰۰: ۱ منطقه - (۱۳۴۵) - سازمان نقشه برداری

کشور

۱۳- نقشه توپوگرافی حسن آباد مقیاس ۵۰،۰۰۰: ۱ - (۱۳۵۰) - سازمان جغرافیائی

کشور

۱۴- اکتشاف مقدماتی ذخایر آندالوزیت میشدوان بافق - (مرداد ۱۳۷۸) - شرکت تهیه و

تولید مواد اولیه فولاد ایران ، اکتشافات واحد جنوب

۱۵- گزارش پیجویی مواد معدنی در سطح استان یزد (رباط پشت بادام - آبدوغی) -

(۱۳۶۷) - اداره کل معادن و فلزات استان یزد ، شرکت کارپردازان یزد

۱۶- بررسی قرون سیلیمانیت - آندالوزیت ناحیه ده سلم - (۱۳۶۴) - عابدیان ، ناصر و

همکار - سازمان زمین شناسی کشور ، انتشارات داخلی

۱۷- بررسی ذخایر معدنی آندالوزیت کشور - (۱۳۷۰) - شرکت تهیه و تولید نسوز کشور،

وزارت معادن و فلزات

۱۸- گزارش طرح اکتشاف تفصیلی آندالوزیت و گارنت سیستان و بلوچستان - (۱۳۷۳) -

شرکت مشاور چکان

۱۹- گزارش تکمیل اکتشافات آندالوزیت همدان ، محدوده های زمان آباد و

ده نواسدا... خان - (۱۳۷۳) - وزارت معادن و فلزات ، دفتر تحقیقات صنعتی و

معدنی ، مهندسان مشاور ایران کانش

۲۰- طرح اکتشاف نیمه تفصیلی آندالوزیت - گارنت منطقه درگیابان - (۱۳۶۹) - اداره کل

معادن و فلزات استان سیستان و بلوچستان ، مهندسین مشاور کاوشگران

- 22- Barth, T. F. W., 1962, Theoretical Petrology, Second edition, John Wiley & Sons. INC.
- 23- Chesters, J. H. 1973, Refractories, Production And Properties The Iron and Steel Institute, London.
- 24- Turner, F. J., 1981, Metamorphic petrology, Second edition.
- 25- Hollister, L. S. 1969, Metastable paragenetic sequence of Andalusite, Kyanite and Sillimanite, Amer. Jour. of Sci. Vol. 267, P. 352-370
- 26- Richardson, S. W. et al., 1969, Experimental determination of Kyanite - Andalusite and Andalusite-Sillimanite Equilibria etc. Amer. Jour. of Sci, Vol. 279, P. 259-272.
- 27- Rosenfeld, J. I., 1969, Stress Effects Aaround Quartz Inclusion In Almandine And The Piezothermomerty of Coexisting Aluminium Silicates, Amer. Jour, of Sci, Vol. 279, P 317-351
- 28- Winkler, H.G.F. 1979, Petrogenesis Of Metamorphic Rocks, springer - verlag.

پیوست A

نتایج آزمایشات XRD

آندالوزیت بافق



وزارت معادن و فلزات

شرکت آلومینیوم ایران (سهامی عام)

آزمایشگاه کرج

شماره: ۷۸/۱۰/۲۵۴

تاریخ: ۷۸/۱۰/۲۹

پوست:

Client: Madankav Co.

Number Of Sample : 20 Request No:78/1086 Date Of Request:78/0/28

No.	Sample No.	Results
1	Y-A-1	Gypsum(Major),Chlorite(Minor)
2	Y-A-5	Quartz,Feldspar,Muscovite,Kaolinite(Minor)
3	Y-A-7	Muscovite(Major),Kyanite,Chlorite(Minor), Amphibole(Minor)
4	Y-A-9	Muscovite,Quartz,Feldspar,Kaolinite, Kyanite(Minor)
5	Y-A-11	Calcite,Muscovite,Paragonite,Quartz, Kyanite(Minor),Chlorite(Minor)
6	Y-A-12	Muscovite,Quartz,Feldspar,Chlorite, Gypsum(Minor)
7	Y-A-16	Muscovite,Quartz,Kyanite(Minor),Kaolinite (Minor),Kaolinite(Minor)
8	Y-A-17	Quartz,Feldspar,Muscovite,Gypsum,Kaolinite (Minor)
9	Y-A-18	Quartz,Muscovite,Kaolinite,Feldspar(Minor)
10	Y-A-24	Muscovite(Major),Kyanite,Quartz(Minor), Kaolinite(Minor),Amphibole(Minor)

Approved By: Z. Fakhrafar

(Handwritten signature)

مهندسان مشاور معدنکاو
شماره : ۷۸/۱۰/۳
تاریخ : ۷۸/۱۰/۲۹
ادراج : مدیریت

دفتر مرکزی: تهران - خیابان میرداماد، خیابان نلسن ماندلا، نبش خیابان چایم، شماره ۴، کدپستی ۱۹۱۵۹، تلفن ۰۲۱-۲۲۵۸۷۲۱ (۲۱)، تهران، ۰۲۱-۲۳۲۱۹۸۱ (۲۱)

آزمایشگاه: کرج - شهر صنعتی، خیابان خلیج آباد، خیابان لاله نوک، شماره ۱۱، مدد پل پستی ۳۱۲۶۶ - ۱۶۶، تلفن ۰۲۶۲۳۲۱-۲۲۹۳۲۱، تهران، ۰۲۶۲۳۲۱-۲۳۸۸۸۷ (۲۶)



شماره: ۷۸۱۱۲۰۲

وزارت معادن و فلزات

تاریخ: ۷۸/۱۱/۲۰

شرکت آلومینیوم ایران (سهامی عام)

پوست:

آزمایشگاه کرج

Client: Madankav Co.

Number Of Sample :11 Request No:78/1260 Date Of Request:78/11/11

No.	Sample No.	Results
1	Y-A-54	Muscovite, Kyanite, Quartz, Andalusite (Minor), Kaolinite (Minor), Amphibole (Minor)
2	Y-A-57	Muscovite, Kyanite, Kaolinite (Minor)
3	Y-A-62	Muscovite, Quartz, Kaolinite, Kyanite (Minor)
4	Y-A-67	Muscovite, Quartz, Kyanite (Minor)
5	Y-A-69	Muscovite, Kyanite, Andalusite (Minor), Kaolinite (Minor), Amphibole (Minor)
6	Y-A-71	Muscovite, Kyanite, Kaolinite (Minor), Amphibole (Minor)
7	Y-A-75	Felspar, Quartz, Muscovite, Kaolinite (Minor), Andalusite (Minor)
8	Y-A-76	Muscovite, Kyanite
9	Y-A-78	Muscovite, Quartz, Feldspar (Minor), Kaolinite (Minor)
10	Y-A-96	Muscovite, Kyanite, Kaolinite (Minor)
11	Y-A-102	Muscovite, Kyanite, Kaolinite (Minor), Amphibole (Minor)

Approved By: Z. Fakhrafar

Z. Fakhrafar

۷۸/۱۱/۲۰
۷۸/۱۱/۲۰
کرج

دفتر مرکزی: تهران - خیابان میرداماد، خیابان نقت ضلعی، نبش خیابان پیام، شماره ۴، کدپستی ۱۹۱۸۹، تلفن ۶-۲۲۸۷۳۱ (۲۱)، دپو، ۲۳۱۹۸۶ (۲۱)

آزمایشگاه: کرج - خیرمنش، خیابان خدیج آباد، خیابان لرد لورده، شماره ۱۱، صندوق پستی ۳۱۷۴۶-۱۷۶، تلفن ۲۳۱۳۳۱-۲۴۲۰۰۰، دپو، ۲۳۸۸۸۷ (۲۴)



وزارت معادن و فلزات

شرکت آلومینیوم ایران (سهامی عام)

آزمایشگاه کرج

شماره: ۷۸-۲۵۴

تاریخ: ۷۸/۹/۲۹

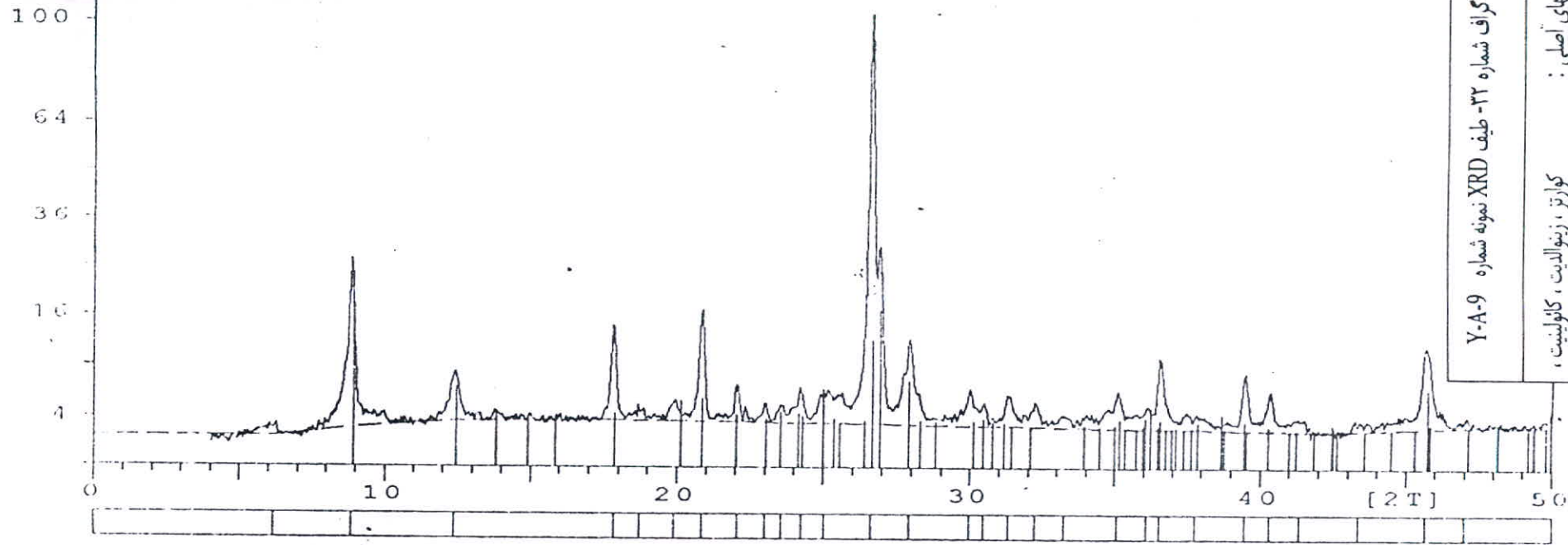
پیوست:

Client: Madankav Co.

Number Of Sample : 20 Request No:78/1086 Date Of Request:78/0/28

No.	Sample No.	Results
11	Y-A-25	Muscovite, Paragonite, Kyanite, Quartz, Chlorite(Minor), Amphibole(Minor)
12	Y-A-26	Muscovite, Quartz, Feldspar, Paragonite, Chlorite, Kyanite(Minor)
13	Y-A-27	Quartz, Muscovite, Feldspar, Paragonite, Chlorite
14	Y-A-28	Quartz, Muscovite, Feldspar, Gypsum(Minor), Chlorite(Minor)
15	Y-A-29	Muscovite, Paragonite, Kyanite, Quartz, Chlorite(Minor)
16	Y-A-30	Muscovite, Quartz, Kaolinite, Kyanite(Minor)
17	Y-A-31	Muscovite(Major), Quartz, Kaolinite(Minor)
18	Y-A-35	Muscovite(Major), Quartz, Gypsum(Minor), Chlorite(Minor)
19	Y-A-42	Halite, Anhydrite, Quartz(Minor)
20	Y-A-46	Muscovite, Paragonite, Kyanite, Quartz, Kaolinite(Minor), Amphibole(Minor)

Approved By: Z. Fakhrafar



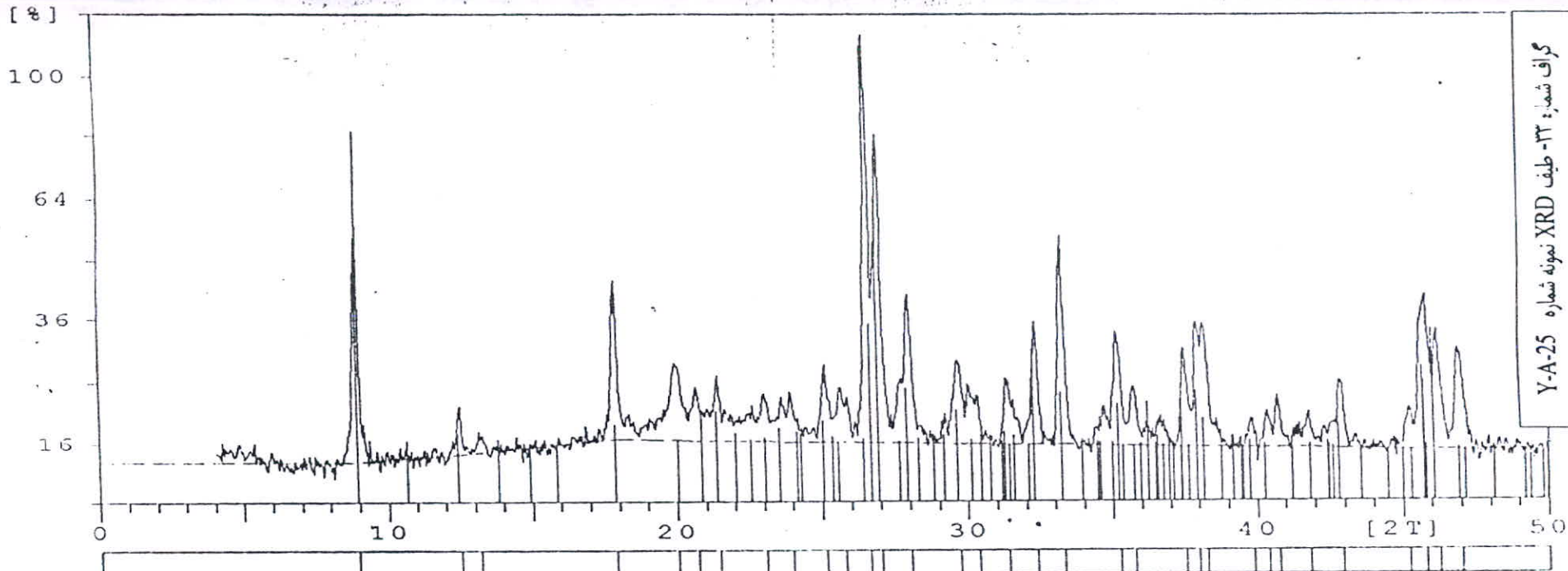
گراف شماره ۳۲- طیف XRD نمونه شماره Y-A-9

کاندیت های اصلی : کوارتز ، زینوالدیت ، کانولینیت ،

آلبیت

3-1161	Quartz, syn	SiO ₂
3-1488	Kaolinite-1M	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
3-1399	Zinnwaldite-1M	K(AlFeLi)(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH)F
3-0466	Albite, ordered	NaAlSi ₃ O ₈

کانی های این نمونه بتدریب فراوانی شامل کوارتز ، زینوالدیت (میکا) ، کانولینیت و آلبیت می باشد.



گراف شماره: ۳۳- طیف XRD نمونه شماره Y-A-25

کانیهای اصلی: استارولیت

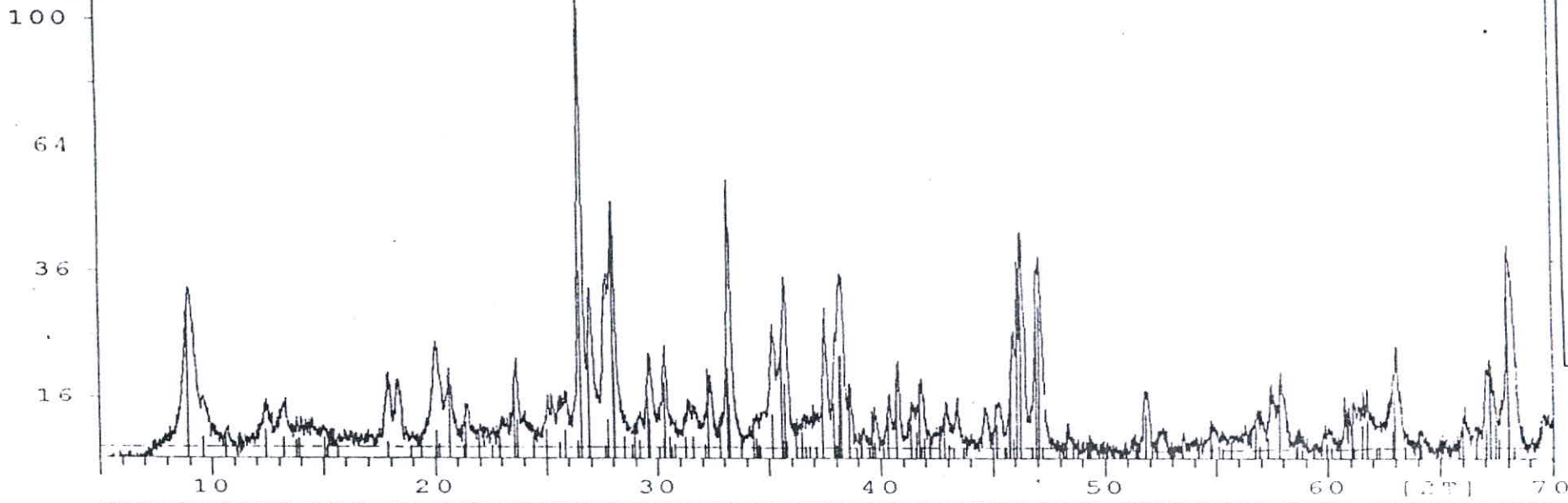
اساد کانیها: کوارتز، آلbite

1484	Staurolite	$Fe_2Al_9Si_4O_{22}(OH)_2$
1399	Zinnwaldite-1M	$K(AlFeLi)(Si_3Al)O_{10}(OH)F$
1161	Quartz, syn	SiO_2
0466	Albite, ordered	$NaAlSi_3O_8$

کانی اصلی این نمونه استارولیت بوده و مقادیر اندکی از کانی های زینوالدیت (میکا)، کوارتز و آلbite بصورت فرعی مشاهده می شود.

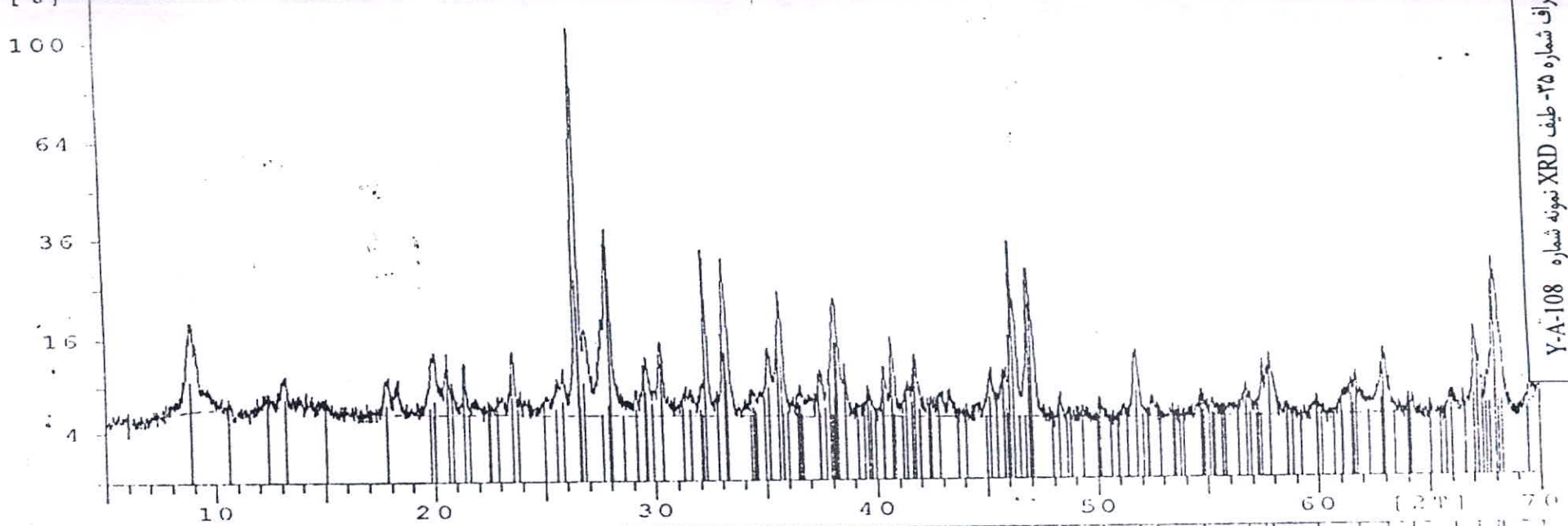
گراف شماره ۳۴ - طیف XRD نمونه شماره Y-A-2۴

جهای اصلی : استارولیت ، کیانیت ، میکا



0046	Kyanite	Al_2SiO_5
1484	Staurolite	$Fe_2Al_9Si_4O_{22}(OH)_2$
0393	Albite, disordered	$Na(Si_3Al)O_8$
1399	Zinnwaldite-1M	$K(AlFeLi)(Si_3Al)O_{10}(OH)F$
0003	Pyrophyllite-2M1	$Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$

کانی های اصلی در این نمونه استارولیت (Staurolite) و کیانیت (Kyanite) بوده و میکا (Mica) در مرحله بعدی قرار دارد. کانی آلپیت در این نمونه فرعی بوده و پیروفیلیت بمقدار بسیار جزئی مشاهده می گردد.



Y-A-108

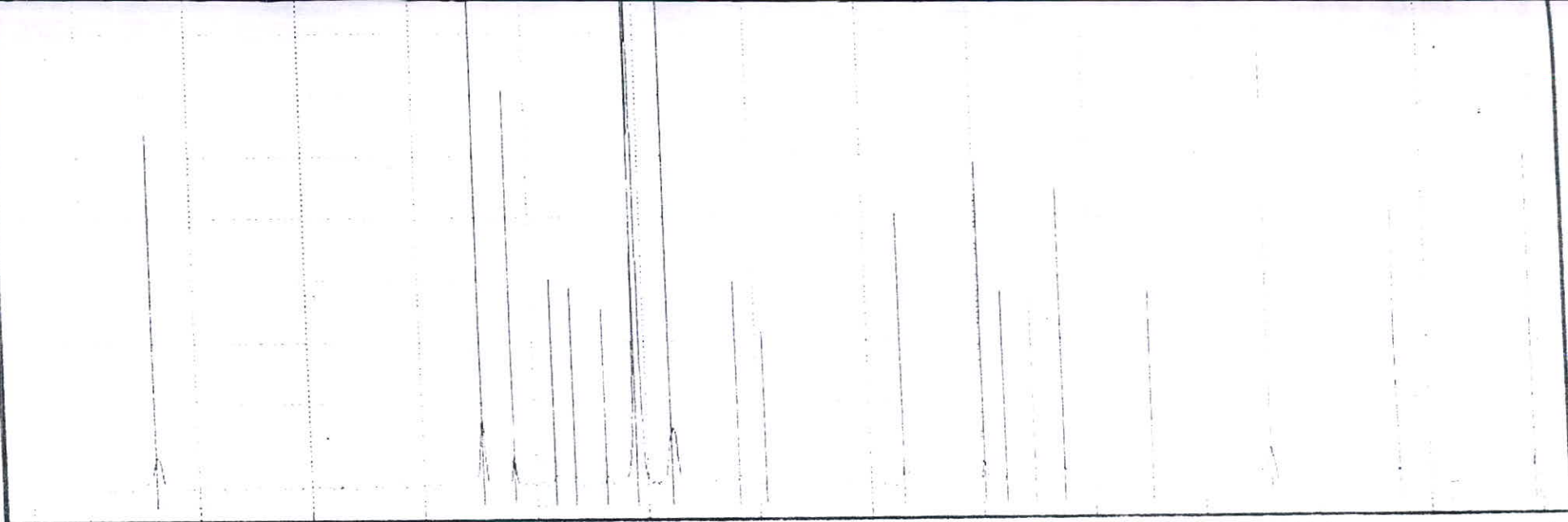
0046	Kyanite	Al_2SiO_5
1484	Staurolite	$Fe_2Al_9Si_4O_{22}(OH)_2$
0263	Muscovite-2M1	$KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH, F)_2$
1161	Quartz, syn	SiO_2

۱۳۷۸/۱۲/۲۲

کانی اصلی در این نمونه کینایت (Kyanite) بوده و کانی های فرعی بتدریب فراوانی موسکوویت (Muscovite)، استارولیت (Staurolite) و کوارتز (Quartz) می باشند.

0.1
CPS Lin

0. XRD SIEMENS Y-A-73 RAW



4.00

10.23

18.53

26.84

35.14

43.44

51.75

60.05

Sample
Y-A-73

d-value Angstrom	Angle 2 Teta	Rel. int %
10.052	8.790	7
4.257	20.850	15
4.038	21.995	7
3.870	22.980	1
3.767	23.600	3
3.700	24.035	2
3.652	24.350	2
3.493	25.480	2
3.344	26.635	100
3.190	27.950	12

Date
25/6/2000

kV = 40
mA = 30
Ka = Cu
Fil = Ni

d-value Angstrom	Angle 2 Teta	Rel. int %
3.038	29.380	2
2.995	29.810	2
2.935	30.435	2
2.627	34.100	2
2.457	36.540	5
2.281	39.465	5
2.237	40.290	2
2.128	42.440	4
1.979	45.825	2
1.818	50.135	8

d-value Angstrom	Angle 2 Teta	Rel. int %
1.672	54.875	3

Phase
Quartz (33-1161)
SiO2

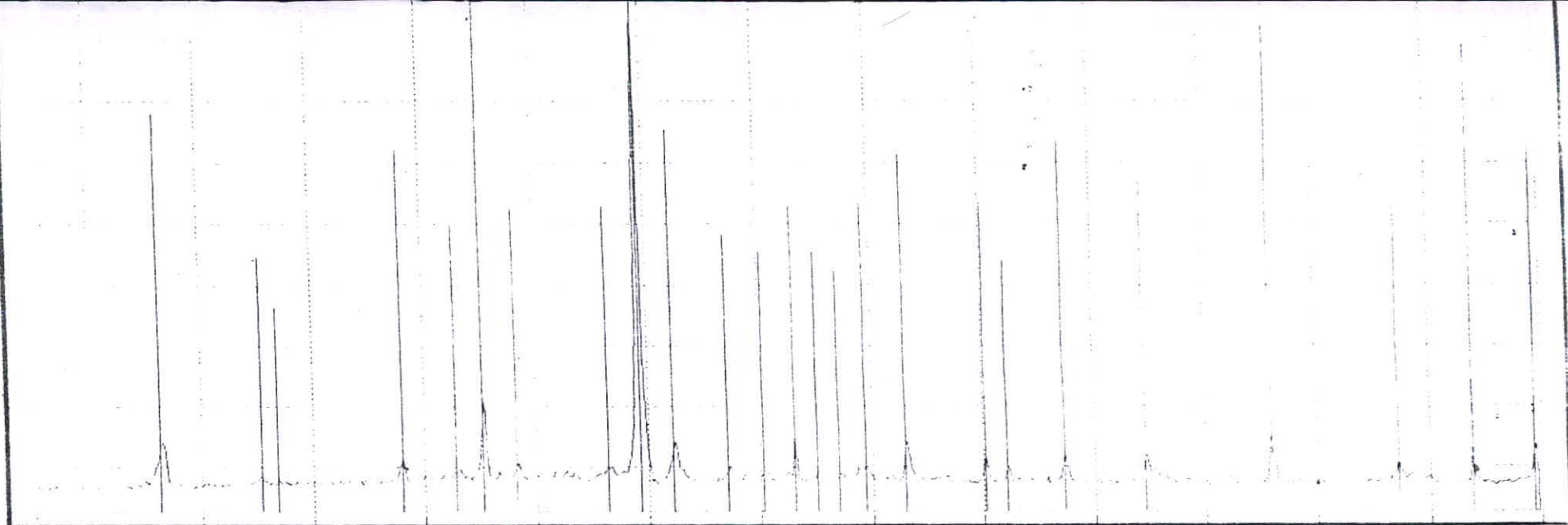
Albite (09-0463)
NaAlSi3O8

Sericite (07-0025)
KAl2Si3AlO10(OH)2

CPS Lin

C XRD SIEMENS Y-A-77 RAW

0.0



100

10.23

18.53

26.84

35.14

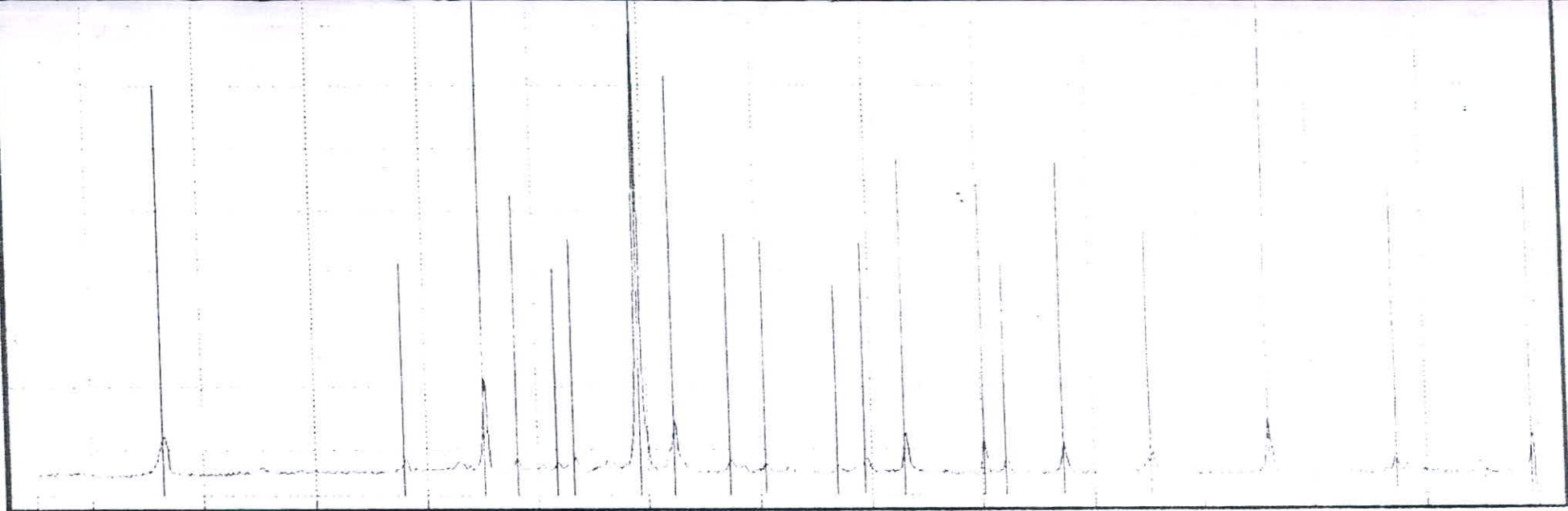
43.41

51.75

60.0

Sample	d-value	Angle	Rel. int.	d-value	Angle	Rel. int.	d-value	Angle	Rel. int.	Phase
Y A-77	Angstrom	2 Theta	%	Angstrom	2 Theta	%	Angstrom	2 Theta	%	
	9.956	8.875	9	3.344	26.635	100	2.457	36.545	9	Quartz (33-1151)
	7.073	12.505	2	3.193	27.920	9	2.280	39.485	5	SiO2
Date	4.983	17.785	5	2.982	29.940	3	2.235	40.310	3	Albite (09-0466)
25/6/2000	4.448	19.945	3	2.857	31.285	3	2.127	42.455	6	NaAlSi3O8
	4.257	20.850	17	2.762	32.385	6	1.993	45.475	6	
	4.019	22.100	4	2.695	33.220	3	1.973	45.835	3	Sericite (07-0025)
kV = 40	3.871	22.955	2	2.627	34.100	2	1.818	50.130	9	KAl2Si3AlO10(OH)2
mA = 30	3.726	23.860	2	2.583	34.700	3	1.673	54.845	5	
Ka = Cu	3.670	24.230	2	2.558	35.045	3	1.600	57.570	7	Chlorite (29-0701)
Fil = Ni	3.481	25.570	4	2.495	35.970	2				(Mg,Fe)6(Si,Al)4O10(OH)8

C:\XRD\SIEMENS\Y-A-82.RAW



4.00 10.23 18.53 26.84 35.14 43.44 51.75 60.05

Sample:
Y-A-82

Date:
2/16/2000

kV = 40
mA = 30
Ka = Cu
Fil. = Ni

d-value Angstrom	Angle 2 Theta	Rel. int %
9.917	8.910	8
4.968	17.840	3
4.470	19.845	2
4.255	20.860	19
4.028	22.050	3
3.866	22.985	2
3.773	23.560	2
3.671	24.275	3
3.489	25.510	3
3.343	26.640	100

d value Angstrom	Angle 2 Theta	Rel. int %
3.189	27.955	11
2.979	29.970	3
2.931	30.475	2
2.852	31.335	2
2.783	32.140	1
2.631	34.045	1
2.557	35.070	3
2.456	36.550	8
2.280	39.490	6
2.236	40.310	3

d value Angstrom	Angle 2 Theta	Rel. int %
2.184	41.300	1
2.127	42.465	7
1.990	45.555	3
1.979	45.805	4
1.818	50.135	11
1.751	52.190	1
1.672	54.855	4
1.659	55.320	2

Phase
Quartz (33-1161)
SiO₂

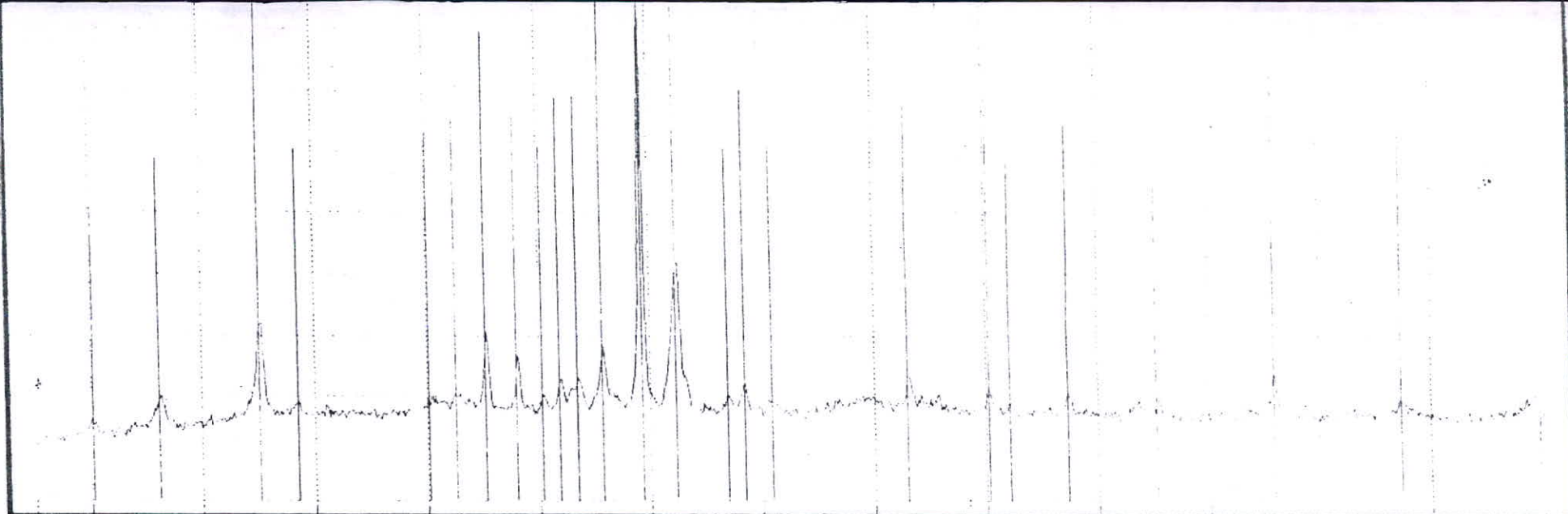
Albite (09-0436)
NaAlSi₃O₈

Sericite (07-00-5)
KAl₂Si₃AlO₁₀(OH)₂

Chlorite (29-0701)
(Mg,Fe)5(Si,Al)4O₁₀(OH)₂

Lin

C XRD SIEMENS Y-A-92 KAlV



4.00

10.23

18.53

26.84

35.14

43.44

51.75

60.05

Sample:
Y-A-92

Date:
05/6/2000

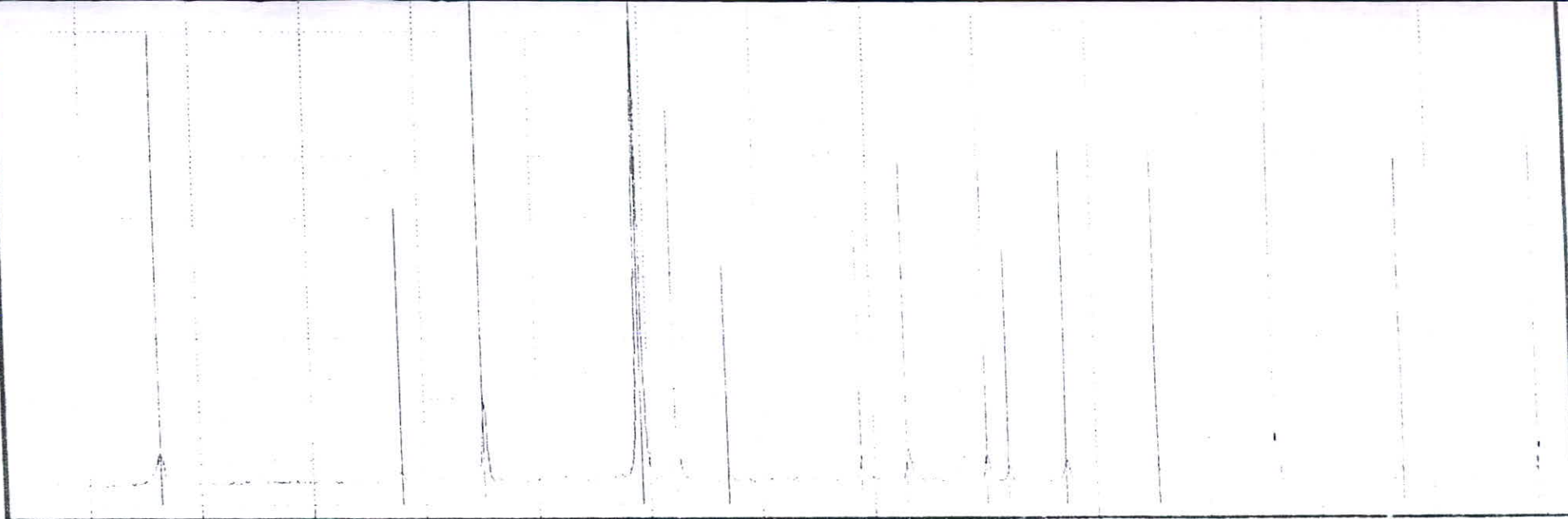
kV = 40
mA = 30
Ka = Cu
Fil = Ni

d-value Angstrom	Angle 2 Theta	Rel. int %
14.267	6.190	5
10.052	8.790	8
7.075	12.500	23
6.389	13.850	3
5.909	14.980	2
4.726	18.760	3
4.496	19.730	4
4.251	20.800	20
4.033	22.020	14
3.870	22.960	5

d-value Angstrom	Angle 2 Theta	Rel. int %
3.764	23.615	8
3.656	24.325	8
3.531	25.200	16
3.343	26.645	100
3.187	27.975	37
2.990	29.855	5
2.932	30.460	8
2.854	31.315	3
2.564	34.960	2
2.456	36.550	8

d-value Angstrom	Angle 2 Theta	Rel. int %
2.389	37.615	4
2.280	39.495	5
2.237	40.290	2
2.126	42.490	5
2.013	44.985	3
1.973	45.835	4
1.817	50.165	11
1.773	51.335	1
1.671	54.910	4

Phase
Quartz (33-1161) SiO2
Chlorite (29-0701) (Mg,Fe)6(Si,Al)4O10(OH)8
Albite (01-0466) NaAlSi3O8
Sericite (01-09-11) KAl3Si3AlO10(OH)2



Sample	d-value Angstrom	Angle 2 Theta	Rel. int %	d-value Angstrom	Angle 2 Theta	Rel. int %	d-value Angstrom	Angle 2 Theta	Rel. int %	Phase
Y-A-93	10.012	8.825	6	2.943	30.350	1	2.235	40.315	4	Quartz (03-116-1)
	4.991	17.755	2	2.866	31.185	1	2.183	41.325	1	SiO2
Date	4.451	19.930	2	2.696	33.205	1	2.126	42.485	5	Chlorite (09-07-01)
25/6/2000	4.257	20.850	16	2.627	34.105	2	1.994	45.450	2	(Mg,Fe)3(O,Al)4(OH)3
	4.031	22.030	1	2.576	34.795	5	1.979	45.820	4	
	3.743	23.750	1	2.555	35.100	2	1.931	47.010	1	Albite (09-0466)
kV = 40	3.534	25.180	2	2.512	35.720	1	1.818	50.150	11	NaAlSi3O8
mA = 30	3.343	26.640	100	2.456	36.555	7	1.672	54.870	3	
Ka = Cu	3.186	27.980	5	2.351	38.245	1	1.659	55.320	2	Sericite (07-0025)
Filter = Ni	2.985	29.910	1	2.280	39.495	6	1.599	57.605	1	KAl2Si3AlO10(OH)2

پیوست B

نتایج آنالیز شیمیایی

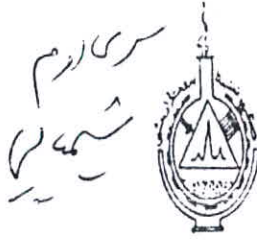
نمونه های آندالوزیت میشدوان



و از این ضوابط کارخانجات و کارگاههای تولیدی - تصفیه آب و فاضلاب - بجز آزمایشات - کنترل کیفیت و زمان بندی - مسائل تحقیقی و

Lab.No.	%SiO2	%Al2O3	%Fe2O3	%TiO2	%CaO	%MgO	%Na2O	%K2O	%MnO	%L
2054	2,9	0,5	1,14	0,018	31,4	1,49	0,12	0,07	0,05	22,
2055	77,2	11,7	3,11	0,43	1,52	0,49	2,17	1,22	0,03	1,9
2056	66,0	19,9	4,66	0,79	1,58	0,65	1,46	1,99	0,07	2,5
2057	68,1	16,0	4,40	0,71	1,8	0,74	1,67	1,79	0,02	4,4
2058	65,0	19,5	2,83	0,98	1,91	0,33	0,80	3,45	0,04	5,1
2059	68,6	12,8	3,19	0,55	3,94	0,90	2,44	1,28	0,04	6,2
2060	67,7	16,5	5,09	0,79	1,3	0,45	0,90	1,67	0,07	5,2
2061	66,3	17,9	5,46	0,78	1,7	0,82	1,80	1,67	0,07	3,1
2062	67,2	18,2	4,37	0,59	2,51	0,57	1,89	1,16	0,03	3,0
2063	77,1	9,05	2,88	0,30	2,56	0,73	1,85	1,18	0,04	4,2
2064	67,6	19,0	3,98	0,87	1,17	0,16	0,37	2,28	0,01	4,1
2065	64,5	18,1	7,07	0,77	1,88	0,25	0,60	2,62	0,11	3,7
166	55,5	27,9	1,56	0,73	1,33	0,25	1,50	5,45	0,007	5,4

واحد تحقیقات شیمیایی نوشهرگان شیمیایی
 شرکت سهامی خاص



سرکارم
شیمی

تاریخ: ۱۳۴۴/۱۰/۱۰

شماره: ۸۷-۷۱۵

بجوست

بازایی ضایعات کارخانه‌ها و کارگاه‌های تولیدی - تصفیه آن و فاضلات تجزیه شیمیایی - کنترل کیفیت و الزامات استاندارد ملی - مسائل تحقیقی و دست

pl	Lab. No.	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	TiO2 %	CaO %	MgO %	Na2O %	K2O %	MnO %	L.O.I %
-50	2505	61,2	22,4	6,52	0,92	2,0	0,76	0,23	2,31	0,13	2,91
-62	2506	63,9	20,4	3,59	0,70	1,61	0,44	0,42	1,92	0,08	6,13
-67	2507	63,3	20,0	6,50	0,86	1,16	0,75	0,30	2,49	0,13	3,93
-71	2508	39,2	55,0	1,41	0,08	0,94	0,12	0,31	1,19	0,01	1,40
-73	2509	64,0	22,3	6,64	1,03	0,42	0,91	0,39	2,17	0,10	1,66
-77	2510	63,6	19,0	6,35	0,80	1,66	0,98	1,03	2,17	0,10	4,11
-80	2511	67,1	17,8	5,92	0,95	1,6	0,82	0,20	2,18	0,09	2,62
-82	2512	66,2	18,8	5,48	0,74	2,59	0,32	1,15	2,04	0,09	2,3
-89	2513	65,1	15,7	5,62	0,65	2,72	1,23	1,42	1,88	0,04	4,89
-92	2514	61,0	19,8	7,78	0,77	3,10	0,94	0,73	2,32	0,08	2,92
-93	2515	62,0	18,9	6,38	0,96	2,97	0,86	0,94	2,38	0,10	3,77
-102	2516	39,4	54,3	1,34	0,12	0,36	0,13	0,38	1,74	0,02	1,94

واحد تحقیقات صنعتی پژوهشگران شیمی

شرکت ملی صنایع

رکورد آزمایش

[Handwritten signature]



این جداول کارخانجات و کارگاههای تولیدی - صنعتی آن را نشان می دهد. نتایج آزمایشات کنترل کیفیت در این جداول درج شده است.

Sampl No.	Lab. No.	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	TiO2 %	CaO %	MgO %	Na2O %	MnO %	K2O %
Y-A-109	203	64,7	19,4	2,81	0,98	1,90	0,33	0,8	3,44	0,04
Y-A-110	204	66,2	18	5,43	0,77	1,65	0,82	1,81	1,66	0,07
Y-A-111	205	67,2	18,1	4,31	0,58	2,5	0,57	1,88	1,17	0,03
Y-A-112	206	61,1	22,1	6,54	0,92	1,98	0,75	0,24	2,33	0,13
Y-A-113	207	63,7	20,5	3,6	0,7	1,6	0,45	0,43	1,93	0,07
Y-A-114	208	63,8	22,2	6,3	1,03	0,43	0,93	0,4	2,19	0,2
Y-A-115	209	63,4	18,6	6,36	0,81	1,67	0,98	1,04	2,18	0,1
Y-A-116	210	61,3	20,1	6,87	0,79	2,93	0,92	0,72	2,31	0,08
Y-A-117	211	63,8	18,7	6,24	0,87	1,03	0,88	1,01	2,69	0,18

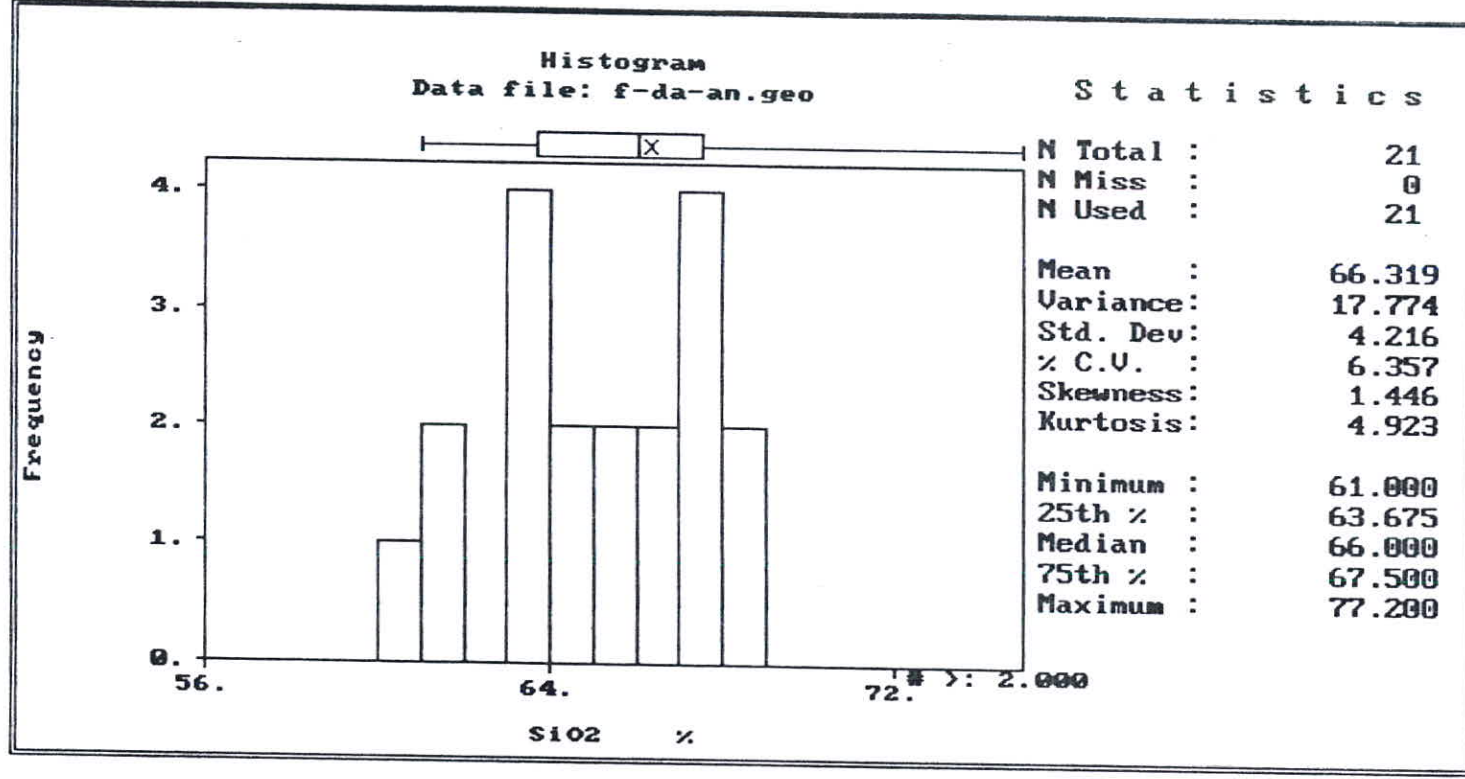
لاجره تحقیقات و توسعه: دانشکده مهندسی
شرکت پیمان خاص

دکتر محمد ابراهیم زینت
مورد

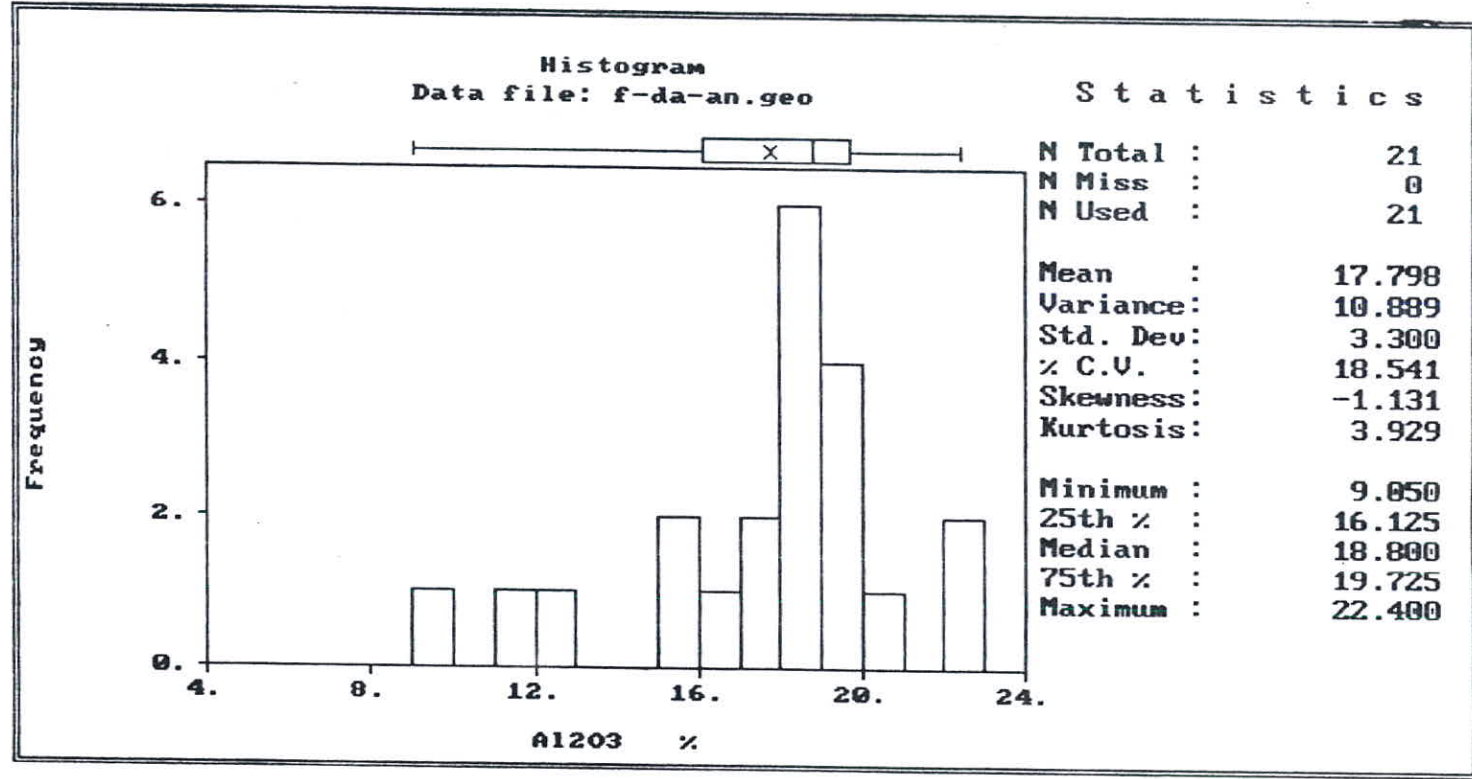
پیوست C

هیستوگرام متغیرهای

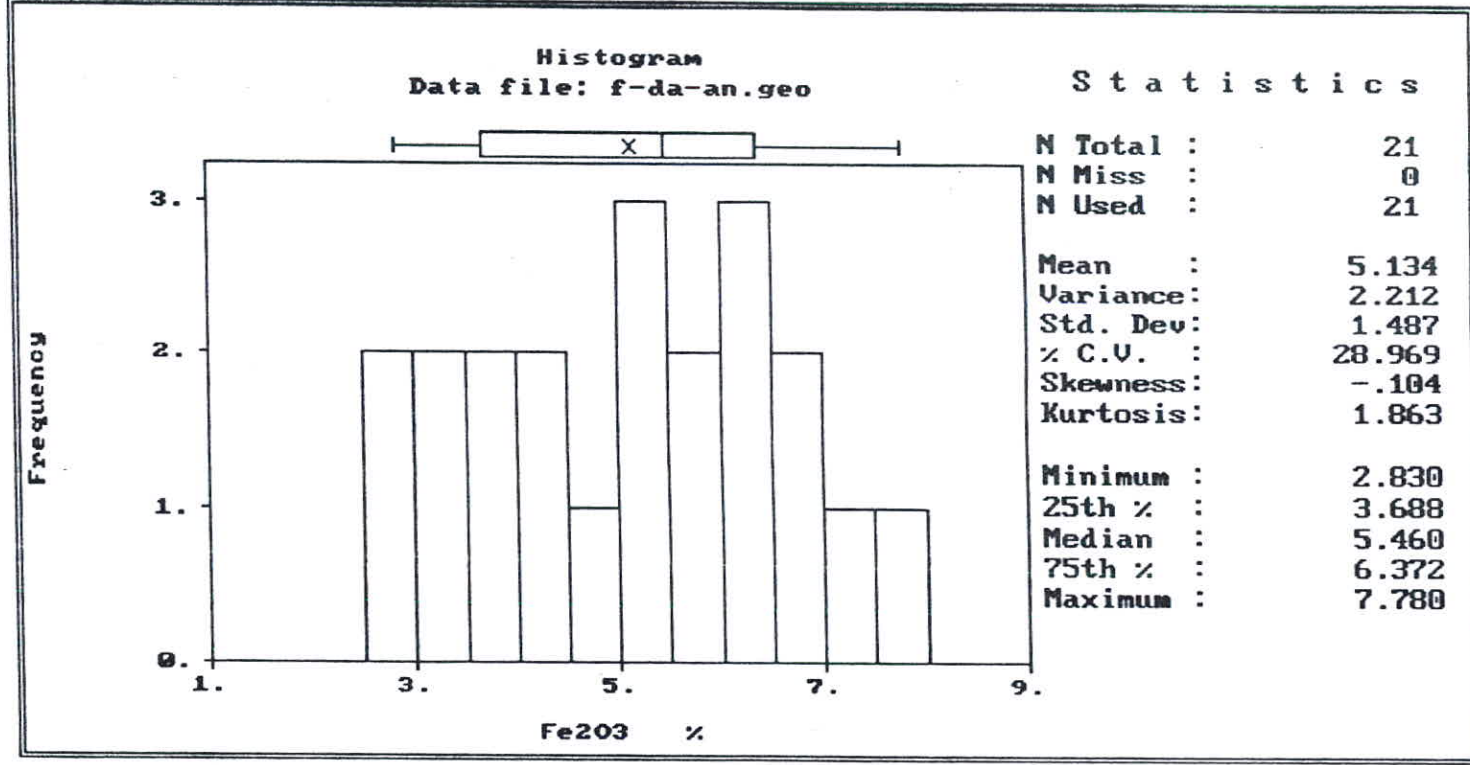
نمونه های آندالوزیت بافق



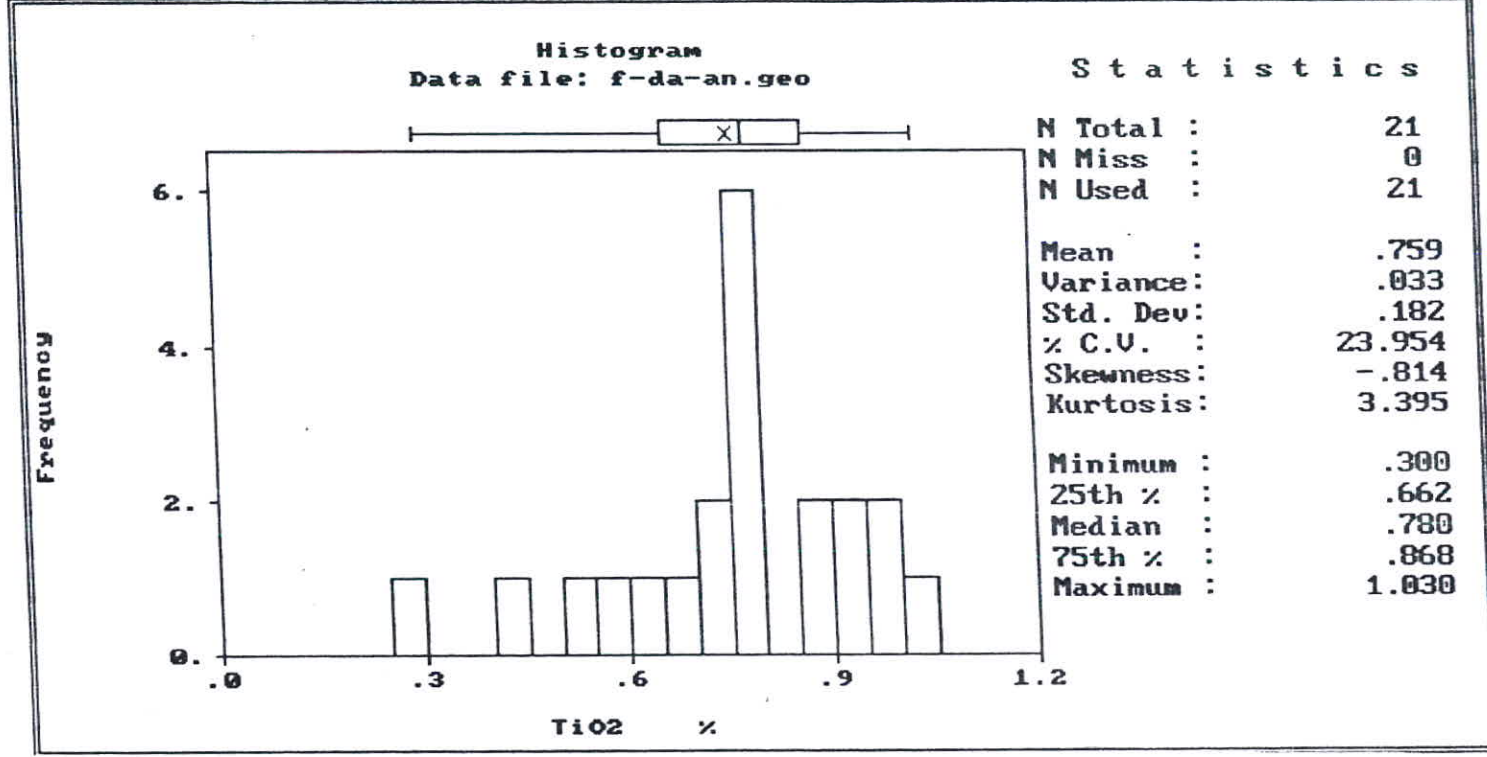
شکل شماره (۱- C) - هیستوگرام عیار - فراوانی S10:



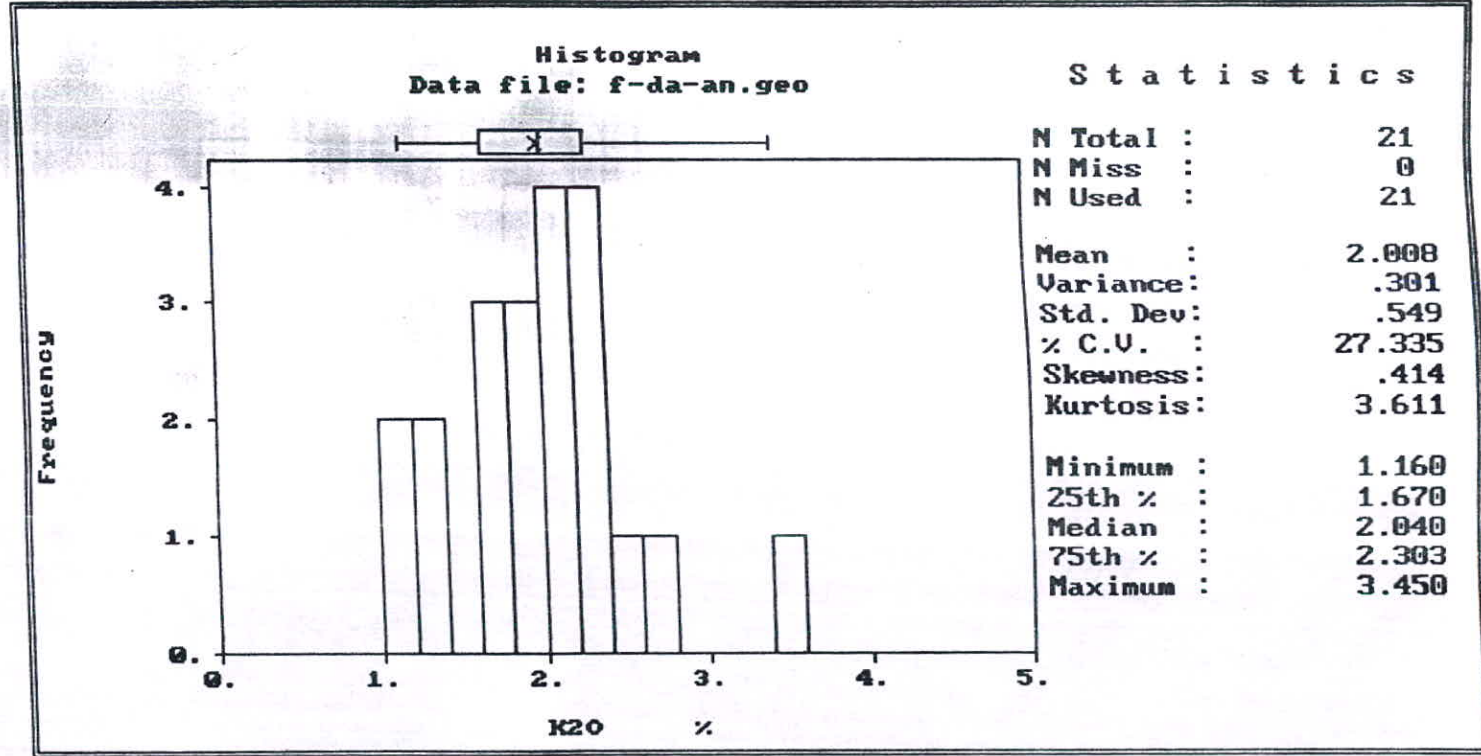
شکل شماره (۳-C) - هیستوگرام عیار - فراوانی A1203



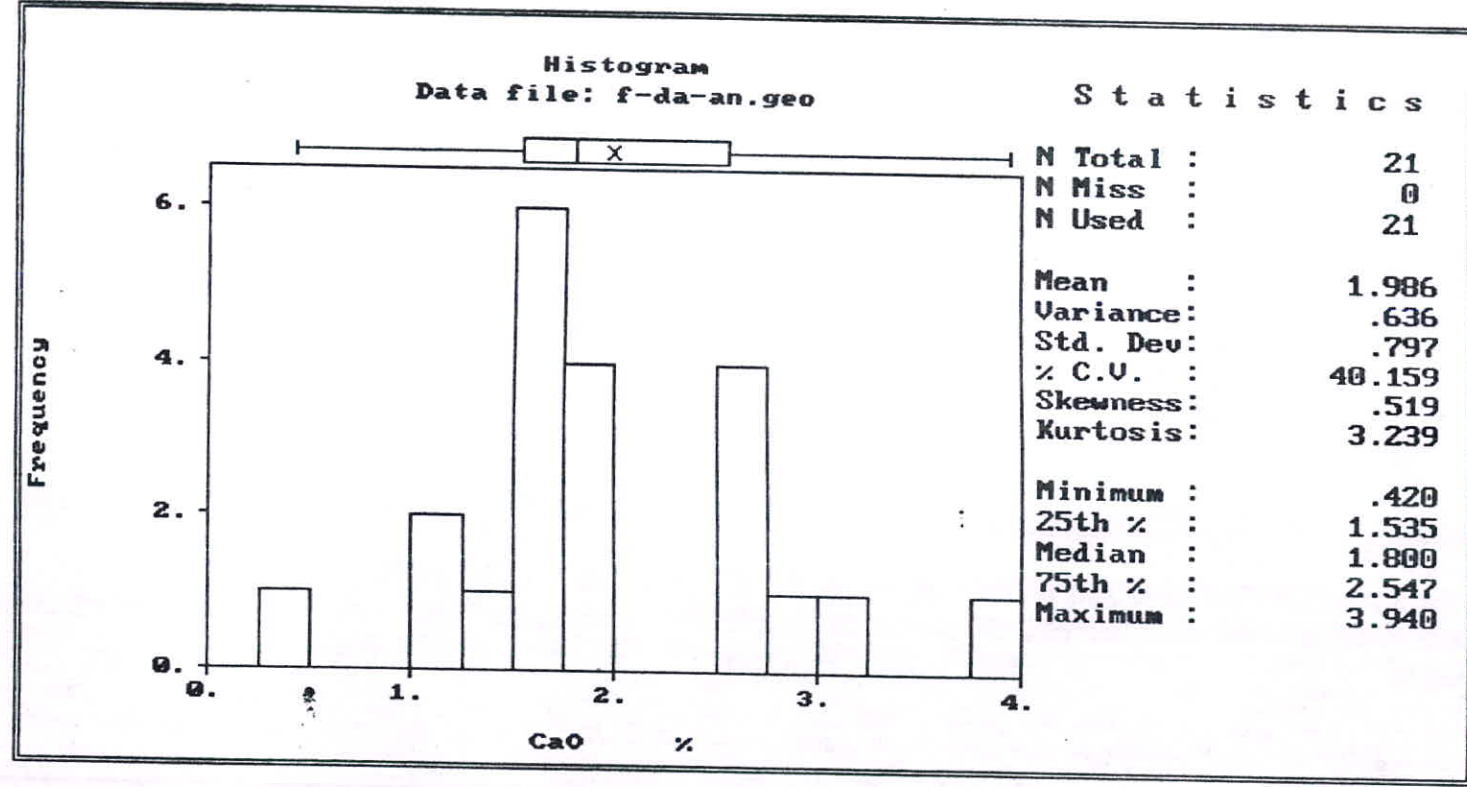
شکل شماره (۳- C) - هیستوگرام نیار - فراوانی Fe_2O_3



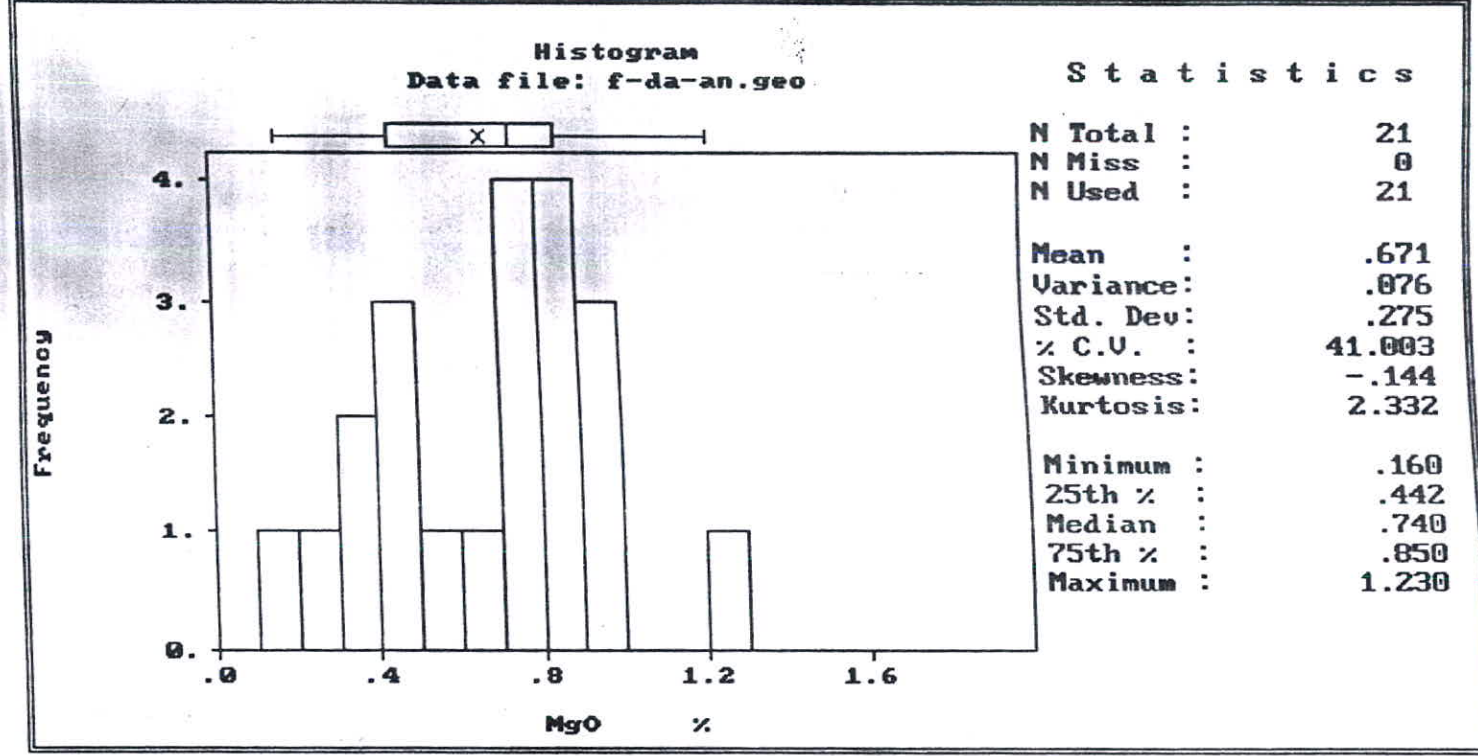
شکل شماره (۴- C) - هیستوگرام عیار - فراوانی TiO₂



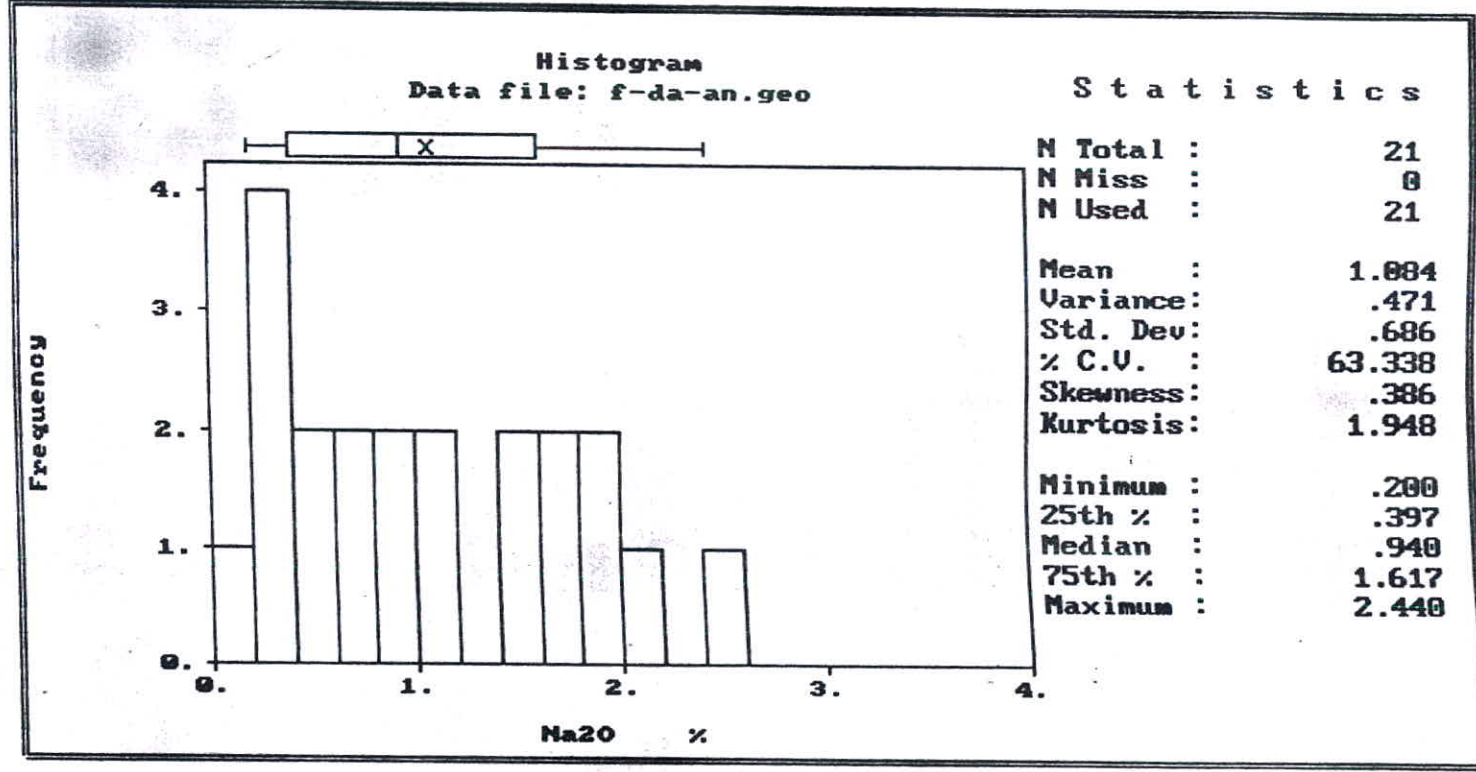
شکل شماره (۵-۶) - هیستوگرام عیار - فراوانی K₂₀



شکل شماره (C-6) - هیستوگرام عیار - فراوانی CaO



شکل شماره (V-C) - هیستوگرام عیار - فراوانی MgO

شکل شماره (۸-C) - هیستوگرام عیار - فراوانی Na_2O