

۳-۱- کانه زایی و دگرسانی در منطقه مطالعاتی کرنگان

تمامی زونهای مینرالیزه و دگرسان در محدوده مطالعاتی کرنگان، در ارتباط با یک زون اصلی بوده که در جهت شمال باختر - جنوب خاور امتداد یافته است. به نظر میرسد این زون در نیز ارتباط با یک خطواره گسلی باشد. این زون دگرسان و مینرالیزه بین محدوده آستمال و سونگون واقع شده که از شمال باختر به آستمال و از جنوب خاور به سونگون ختم می شود. واحدهای اصلی زمین شناسی در این منطقه شامل آهکها و ولکانوسدیمترهای کرتاسه و ولکانیک های ائوسن می باشد. این واحدها در نتیجه نفوذ توده کرنگان تحت تأثیر قرار گرفته و ضمن دگرسانی، در برخی نقاط با مینرالیزاسیون اسکارنی (اسکارن مس) و همچنین دایکهای مینرالیزه پیریت دار همراه می باشند. عمده ترین دگرسانیهای مشاهده شده در منطقه به شرح زیر می باشد:

۱- **دگرسانی هیپوزن:** این نوع دگرسانی در اثر نفوذ سیالات گرمایی منتج از توده نفوذی کرنگان حاصل شده که در سنگهای ولکانیکی و خود توده نفوذی توسعه یافته است (اشکال ۱-۳). این نوع دگرسانی اکثراً از سیستم گسلی منطقه تبعیت کرده و بیشتر در جهت شمال باختر - جنوب خاور تشکیل شده است. دگرسانی هیپوزن منطقه را می توان به سه نوع تقسیم کرد:

الف- دگرسانی آرژیلیک: این نوع دگرسانی با وجود کانیهای رسی نظیر مونت موریلونیت و کائولینیت مشخص شده (نتایج آنالیز *XRD*، نمونه های *K13* و *K29*) و رخنمون آنها بیشتر در سطوح پایینی و کف آبراهه مشاهده می شود (اشکال ۲-۳). دگرسانی آرژیلیک هم در خود توده نفوذی و هم در سنگهای ولکانیکی توسعه یافته است. اما گستردگی آن در سنگهای ولکانیکی بدلیل واکنش پذیری بالای آنها نسبت به توده نفوذی بیشتر است.

ب- دگرسانی مرتبط با دایکهای مینرالیزه: در داخل توده نفوذی کرنگان و سنگهای ولکانیکی مجاور، یک سری دایکهای مینرالیزه عمدتاً با جهت شمال باختر - جنوب خاور (همراستا با زون مینرالیزه و دگرسان منطقه) نفوذ کرده اند. این دایکها ضمن تشدید دگرسانی سنگهای مجاور، خودشان نیز تحت تأثیر فرآیند دگرسانی قرار گرفته اند (اشکال ۳-۳). دایکهای مینرالیزه منطقه عمدتاً حاوی پیریت هستند، بطوریکه در بعضی از آنها میزان پیریت به بیش از ۴۰ درصد حجمی سنگ می رسد (اشکال ۴-۳). این دایکهای مینرالیزه اکثراً بصورت موازی بوده و ضخامت آنها از ۱ تا ۵ متر در تغییر است. علاوه بر پیریت، کانیهای رسی نظیر (مونت موریلونیت، کائولینیت)، کوارتز، فلدسپات و بعضاً سربیسیت نیز در این دایکها مشاهده می شود. وجود پیریت، کوارتز و بعضاً سربیسیت در این نوع دایکها، دگرسانی از نوع سربیسیتی را نشان می دهد. البته دگرسانی سربیسیتی گسترده نبوده و فقط در ارتباط با بعضی دایکهای منطقه می باشد.

ج- دگرسانی سیلیسی: این نوع دگرسانی از گسترش قابل توجهی برخوردار بوده، بطوریکه در توده نفوذی کرنگان، سنگهای ولکانیکی مجاور و زونهای اسکارنی مشاهده می شود. سیلیس بفرم رگچه ای و استوک ورک در داخل توده نفوذی و ولکانیکها با ضخامت ۱ تا ۵۰ میلی متر توسعه یافته است (شکل ۳-۵). همچنین بعد از تشکیل مرحله اول اسکارن که با گارنت از نوع گراندیت (گروسولار - آندرادیت) همراه بوده، رگچه های سیلیسی مینرالیزه حاوی کالکوپیریت، پیریت و مگنتیت تشکیل شده که اسکارن اولیه (گارنت دار) را قطع نموده اند (شکل ۳-۶). بنظر می رسد، فازهای نهایی هیدروترمال توده نفوذی کرنگان حاوی شیرابه های سیلیسی بوده که در سنگهای مجاور بفرم رگچه ای و استوک ورک تشکیل شده اند.



اشکال ۱-۳- دگرسانی در توده نفوذی و سنگهای ولکانیکی منطقه کرنگان



اشکال ۲-۳- دگرسانی آرژیلیک در سنگهای ولکانیکی منطقه کرنگان



اشکال ۳-۳- دایکهای مینرالیزه و دگرسان شده منطقه به همراه سنگهای ولکانیکی دگرسان شده



اشکال ۳-۴- دایکهای مینرالیزه و دگرسان شده منطقه حاوی پیریت و هیدروکسیدهای آهن



ادامه اشکال ۳-۴- دایکهای مینرالیزه و دگرسان شده منطقه حاوی پیریت و هیدراکسیدهای آهن



شکل ۳-۵- سیلیس بفرم رگچه ای و استوک ورک در داخل توده نفوذی و ولکانیک



شکل ۳-۶- قطع شدگی زون گارنتیت توسط رگچه های سیلیسی و مینرالیزه مرحله اسکارن پسرونده

۲- دگرسانی متاسوماتیزم: کنتاکت توده نفوذی کرنگان و سیالات گرمایی منتج از آن با واحدهای کرتاسه سبب تشکیل زونهای اسکارنی گشته است. در مرحله اول، برخورد توده نفوذی با واحدهای کرتاسه و حرارت ناشی از آن سبب تشکیل هورنفلس و مرمر گردیده است (شکل ۳-۷). در مرحله بعدی بدلیل هجوم سیالات منتج از این توده به سمت خارج و برخورد آنها با واحدهای آهکی، زون اسکارنی تشکیل شده که با گارنت از نوع گرانادیت (گروسولار - آندرادیت) و پیروکسن (اوژیت) همراه بوده است (شکل ۳-۸). این دگرسانی از نوع پیشرونده بوده که با تشکیل کانیهایی بی آب (گارنت - پیروکسن) مشخص می شود. پس از تشکیل اسکارن پیشرونده در مرحله بعدی اسکارن پسروده شکل گرفته که با وجود کانیهایی کالک سیلیکات نظیر اپیدوت و بعضا اکتینولیت همراه بوده است. همچنین در این نوع از اسکارن زایی رگچه های سیلیسی مینرالیزه، اسکارن قبلی (گارنت دار) را قطع نموده است (شکل ۳-۹). بنابراین کانه زایی منطقه در ارتباط با اسکارن پسروده می باشد.

۳- دگرسانی سوپرژن اکسیدی: این نوع دگرسانی در نتیجه تأثیر فرآیندهای جوی بر روی مناطق دگرسانی هیپوژن اولیه حاصل شده است. توسعه هیدروکسیدهای ثانویه آهن (گوتیت، لیمونیت) (شکل ۳-۱۰)، وجود آلونیت و جاروسیت ثانویه در بعضی زونهای دگرسانی اولیه و همچنین تشکیل کربناتهای ثانویه مس (مالاکیت، آزوریت) (شکل ۳-۱۱)، در زونهای اسکارنی از علائم این نوع دگرسانی در منطقه می باشد. بعضا تأثیر فرآیندهای جوی بر روی دایکهای پیریت دار آنقدر زیاد بوده که پیریت ها بطور کامل و در حجم زیادی به گوتیت و لیمونیت تبدیل شده اند (شکل ۳-۱۲).



شکل ۳-۷- تشکیل هورنفلس در واحدهای آهکی



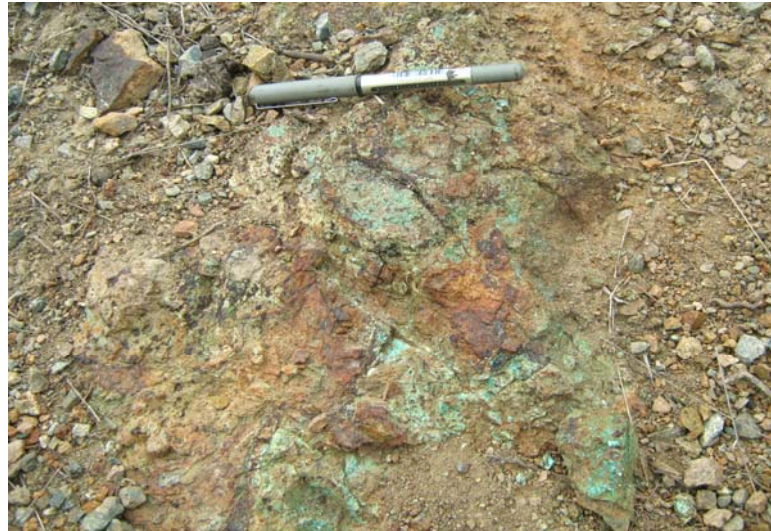
شکل ۳-۸- بلورهای گروسولار در زون گارنتیت



شکل ۳-۹- رگچه های سیلیسی مینرالیزه که زون گارنتیت را قطع نموده است



شکل ۳-۱۰- توسعه هیدروکسیدهای ثابویه آهن تحت فرآیندهای سوپرژن



شکل ۳-۱۱- مالاکیت توسعه یافته در رگه سیلیسی تحت فرآیندهای سوپرژن



شکل ۳-۱۲- گسترش گوتیت و لیمونیت تحت تأثیر فرآیندهای سوپرژن

۳-۲- اندیسه‌های مشاهده شده در این منطقه

بر اساس پیمایش های صحرائی صورت گرفته در این ناحیه چندین اندیس اسکارنی مس شناسایی گردیده که توصیف آنها به شرح زیر است:

۳-۲-۱- اندیس شماره ۱

این اندیس در جنوب خاور روستای کرنگان و در مرز جنوبی محدوده مورد مطالعه واقع شده است. در این قسمت محلولهای گرمابی و دایکهای حاصل از استوک کرنگان، باعث تشکیل یک زون اسکارنی در واحدهای آهکی گردیده اند. ابعاد زون اسکارنی مذکور 200×50 متر بوده که در دو نقطه از آن کانه زایی مس به صورت مالاکیت و کالکوپیریت رخ داده است. مالاکیت زایی در یک بخش از این اندیس قابل توجه بوده و بصورت رگه ای با عرض $0/5$ تا 1 متر و طول 5 متر رخنمون یافته و با هیدروکسیدهای ثانویه آهن (لیمونیت و گوتیت) و پیریت همراهی می شود (اشکال ۳-۱۳). به نظر میرسد در اثر عملکرد فرآیندهای سوپرژن، سولفیدهای اولیه (پیریت و کالکوپیریت) تجزیه شده که مس بصورت مالاکیت و آهن بصورت هیدروکسیدهای ثانویه در بخشهای فوقانی تثبیت شده است.

در این زون اسکارنی، آهک ها اکثرا در اثر پدیده تبلور مجدد به مرمر و بخشهای ناخالص آنها به اسکارن تبدیل شده است (شکل ۳-۱۴). از سایر کانیهای که در این زون مرمری تشکیل شده، می توان به اپیدوت، کلریت و گارنت سبز قهوه ای (گروسولار) اشاره نمود. از ویژگی دیگر این زون اسکارنی نفوذ دایکهای مینرالیزه و غیر مینرالیزه با سترای 1 تا 5 متر بوده که به نظر میرسد دایکهای مینرالیزه از توده کرنگان نشأت گرفته و عامل کانه زایی در این محل بوده است. لازم بذکر است، بخش عمده زون مزبور توسط درختان جنگلی پوشیده شده است و رخنمون آنها فقط در محل بریدگیهای جاده قابل مشاهده می باشد (شکل ۳-۱۵). چندین نمونه از این زون

اسکارنی به منظور تعیین میزان و نوع فلزات کانه زایی شده به روش *ICP* مورد آنالیز قرار گرفته و نیز چندین نمونه جهت تهیه مقاطع صیقلی و نازک به منظور مطالعه کانیها و کانه ها برداشت گردیده که مشخصات آنها به شرح زیر می باشد. مختصات جغرافیایی این زون بصورت $K4:(633058-4290086)$ می باشد.

جدول ۳-۱- مختصات و مشخصات نمونه های برداشت شده از اندیس شماره ۱

نام نمونه	مختصات	توضیحات	نوع مطالعات آزمایشگاهی
<i>K3</i>	38S 633058 4290086	نمونه از زون اسکارنی (مالاکیت، هماتیت و لیمونیت)	<i>ICP</i>
<i>K3A</i>	38S 633058 4290086	نمونه اسکارنی حاوی گارنت قهوه ای و اپیدوت	<i>XRD</i>
<i>K4</i>	38S 633058 4290086	نمونه مینرالیزه (مالاکیت، هماتیت و لیمونیت)	<i>ICP</i> و صیقلی
<i>K5</i>	38S 633052 4290057	نمونه اکسیدهای آهن (هماتیت و لیمونیت) از داخل زون اسکارنی	<i>ICP</i>
<i>K5A</i>	38S 633052 4290057	شیل حاوی پیریت و اکسید آهن	<i>ICP</i>
<i>KK1</i>	38S 633058 4290086	نمونه اسکارنی حاوی گارنت و اپیدوت	<i>ICP</i> و نازک
<i>KKD</i>	38S 633058 4290086	نمونه از دایک مینرالیزه	صیقلی و نازک
<i>KM</i>	38S 633058 4290086	نمونه حاوی مالاکیت، هماتیت و لیمونیت از زون اسکارنی <i>KK</i>	<i>ICP</i>



اشکال ۳-۱۳- کانه زایی مس بصورت مالاکیت به همراه لیمونیت در زون اسکارنی جنوب خاور کرنگان



ادامه اشکال ۳-۱۳- کانه زایی مس بصورت ملاکیت به همراه لیمونیت در زون اسکارنی

جنوب خاور کرنگان



شکل ۳-۱۴- آهکهای مرمری شده مجاور زون اسکارنی



شکل ۳-۱۵- رخنمون دایک در محل بریدگی جاده در زون اسکارنی جنوب کرنگان

مشخصات عنصری نمونه های آنالیز شده به روش ICP

نمونه K3، نمونه مینرالیزه از زون اسکارنی بوده که حاوی کانه های مس و آهن بوده و بر اساس نتایج ICP، این نمونه نسبت به عناصر طلا، مس، آهن، منگنز، نقره، آرسن و تنگستن مقادیر ناهنجار نشان داده که مقدار این ناهنجاری به شرح زیر است. گفتنی است مقادیر مربوط به میانگین پوسته ای عناصر دارای فراوانی بیش از 1000 ppm از داده های کلارک و واشینگتن و همچنین مقادیر کلارک پوسته ای عناصر فرعی و جزئی بیشتر از داده های تیلور که در کتاب اصول ژئوشیمی برایان میسون بدان اشاره شده، اخذ گردیده است.

۱- عنصر طلا دارای میانگین پوسته ای 0.004 ppm بوده که در نمونه آنالیز شده این عنصر دارای مقدار 0.412 ppm بوده و در حدود 10^3 برابر غنی شدگی نشان می دهد.

۲- عنصر مس دارای میانگین پوسته ای 55 ppm می باشد که در این نمونه مس دارای مقدار 1420 ppm بوده و در حدود 26 برابر غنی شدگی نشان می دهد. بالا بودن این عنصر در نمونه K3 با کانه زایی مس و تشکیل کانه های کالکوپیریت و مالاکیت در ارتباط می باشد.

۳- آهن دارای میانگین پوسته ای 5 درصد بوده که در نمونه مورد آنالیز این عنصر دارای مقدار $28/1$ درصد بوده و در حدود $5/6$ برابر غنی شدگی نشان می دهد. کانه های آهن موجود در این نمونه بیشتر شامل هیدروکسیدهای ثانویه (لیمونیت و گوتیت) و تا حدودی سولفیدهای آهن داری همچون پیریت و کالکوپیریت می باشد. غنی شدگی این عنصر در حد کانه زایی نبوده و بعنوان عنصر همراه مس می باشد.

۴- عنصر منگنز دارای میانگین پوسته ای 950 ppm بوده که در این نمونه دارای مقدار 4680 ppm بوده و در حدود 5 برابر غنی شدگی نشان می دهد. این عنصر از نظر ژئوشیمی از عناصر همراه آهن بوده و کانه مستقل این کانه مشاهده نگردید.

۵- عنصر نقره دارای میانگین پوسته ای $0.07 ppm$ بوده و در نمونه $K3$ دارای مقدار $4/5 ppm$ بوده و در حدود ۶۴ برابر غنی شدگی نشان می دهد.

۶- عنصر آرسن دارای میانگین پوسته ای $1/8 ppm$ بوده و در این نمونه دارای مقدار $12 ppm$ بوده و در حدود ۷ برابر غنی شدگی نشان می دهد.

۷- عنصر تنگستن دارای مقدار میانگین پوسته ای $1/5 ppm$ بوده و در این نمونه دارای مقدار $34/5 ppm$ بوده و ۲۳ برابر غنی شدگی نشان می دهد.

نام عنصر	<i>Au</i> (ppm)	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Fe</i> %	<i>Mn</i> (ppm)	<i>Ag</i> (ppm)	<i>As</i> (ppm)	<i>W</i> (ppm)
مقدار	۰/۴۱۲	۱۴۲۰	۲۸/۱	۴۶۸۰	۴/۵	۱۲	۳۴/۵

نمونه $K4$ ، نیز نمونه مینرالیزه حاوی کانه های مس و آهن از این زون اسکارنی بوده که بر اساس نتایج ICP ، این نمونه نسبت به عناصر طلا، مس، آهن، منگنز، نقره، آرسن و تنگستن مقادیر ناهنجار نشان داده که میزان این غنی شدگی به شرح زیر است:

۱- عنصر طلا در نمونه آنالیز شده دارای مقدار $0/460 ppm$ بوده که نسبت به مقدار میانگین پوسته ای ۱۱۵ برابر غنی شدگی نشان می دهد.

۲- عنصر مس در این نمونه دارای مقدار $11400 ppm$ بوده که نسبت به مقدار میانگین پوسته ای خود، ۲۰۷ برابر غنی شدگی نشان می دهد. افزایش این عنصر در ارتباط با کانه زایی مس بصورت کالکوپیریت و تشکیل کانه های ثانویه مس همچون کوولیت، کالکوسیت و مالاکیت می باشد.

۳- عنصر آهن در این نمونه دارای مقدار $12/6$ درصد بوده که نسبت به مقدار میانگین پوسته ای در حدود $2/5$ برابر غنی شدگی نشان می دهد. این میزان آهن، مربوط به آهن موجود

در داخل شبکه کانیهای گانگ و شبکه کانه های سولفیدی و نیز کانه های ثانویه آهن منتج از تجزیه سولفیدها (پیریت و کالکوپیریت) بوده و در ارتباط با کانه زایی آهن نمی باشد.

۴- عنصر منگنز در این نمونه دارای مقدار 4880 ppm بوده و نسبت به مقدار میانگین پوسته ای خود ۵ برابر غنی شدگی نشان می دهد. این عنصر بعنوان عنصر همراه آهن بوده و غنی شدگی آن در ارتباط با کانه زایی منگنز نمی باشد.

۵- عنصر نقره در نمونه مورد آنالیز دارای مقدار 14 ppm بوده که نسبت به مقدار میانگین پوسته ای خود ۲۰۰ برابر غنی شدگی نشان می دهد. غنی شدگی این عنصر می تواند در کنار کانه زایی طلا و مس اتفاق افتاده در منطقه، مورد توجه قرار گیرد.

۶- عنصر آرسن در این نمونه دارای مقدار 18 ppm بوده و نسبت به مقدار میانگین پوسته ای خود ۱۰ برابر غنی شدگی نشان می دهد.

۷- عنصر تنگستن دارای مقدار 25 ppm بوده و نسبت به مقدار میانگین پوسته ای در حدود ۱۶ برابر غنی شدگی نشان می دهد.

نام عنصر	<i>Au</i> (ppm)	<i>Cu</i> (ppm)	<i>Fe</i> (%)	<i>Mn</i> (ppm)	<i>Ag</i> (ppm)	<i>As</i> (ppm)	<i>W</i> (ppm)
مقدار	۰/۴۶۰	۱۱۴۰۰	۱۲/۶	۴۸۸۰	۱۴	۱۸	۲۵

نمونه **K5**، نمونه حاوی اکسید و هیدروکسیدهای آهن از زون اسکارنی اندیس فوق الذکر بوده که بر اساس نتایج *ICP*، این نمونه نسبت به عناصر آهن، گوگرد، آرسن و مولیبدن غنی شدگی نشان داده که میزان این ناهنجاری به شرح زیر است:

۱- عنصر آهن در این نمونه دارای مقدار ۲۸/۸ درصد بوده که نسبت به مقدار میانگین پوسته ای خود در حدود ۵ برابر غنی شدگی نشان می دهد. این مقدار آهن، آهن موجود در

شبهه کانیایی اکسیدها و هیدروکسیدهای ثانویه آهن بوده که در مرحله دگرسانی سوپرژن تشکیل شده است.

۲- عنصر گوگرد دارای مقدار میانگین پوسته ای 260 ppm می باشد که در این نمونه مقدار گوگرد 1900 ppm بوده و در حدود ۷ برابر غنی شدگی نشان می دهد. بالا بودن گوگرد می تواند دلیلی بر توسعه کانه زایی سولفیدی در این اسکارن باشد که بصورت اساسا کانه زایی پیریت و کالکوپیریت اتفاق افتاده و قسمتی از آن تحت فرآیندهای سوپرژن از محیط کانه زایی خارج گردیده است.

۳- عنصر آرسن در نمونه مورد آنالیز دارای مقدار 36 ppm بوده که نسبت به مقدار میانگین پوسته ای خود ۲۰ برابر غنی شدگی پوسته ای نشان می دهد.

۴- عنصر مولیبدن دارای مقدار $31/5 \text{ ppm}$ بوده که در این نمونه نسبت به میانگین پوسته ای خود ۲۱ برابر غنی شدگی نشان می دهد.

نام عنصر	<i>Fe</i> (%)	<i>S</i> (ppm)	<i>As</i> (ppm)	<i>Mo</i> (ppm)
مقدار	۲۸/۸	۱۹۰۰	۳۶	۳۱/۵

نمونه **K5A**، شیل حاوی پیریت و اکسیدهای آهن بوده که این نمونه نسبت به عناصر مس، منگنز و گوگرد دارای مقادیر ناهنجار بوده که میزان این غنی شدگی به شرح زیر است:

۱- عنصر مس دارای مقدار 162 ppm بوده که نسبت به مقدار میانگین پوسته ای در حدود ۳ برابر غنی شدگی نشان می دهد.

۲- عنصر منگنز در این نمونه دارای مقدار 1950 ppm بوده که نسبت به مقدار میانگین پوسته ای خود ۲ برابر غنی شدگی نشان می دهد.