

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه پترولولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی

عنوان

کانی‌شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار بوکسیت تاش،

شمال غرب شاهرود

حسن بسطامی

استاد راهنما

دکتر فرج الله فردوست

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

خرداد ۱۳۹۴

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## قدردانی و تشکر

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و دورد بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز.

سپاس و قدردانی خود را نثار می کنم به محضر اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر فرج الله فردوست، جناب آقای دکتر فردین موسیوند، جناب آقای دکتر افشین قشلاقی و سرکار خانم دکتر فرقانی که همواره از مساعدت ها و راهنمایی های علمی و سودمندشان بهره جسته ام. همچنین از جناب آقای دکتر علیپور و دکتر جعفرزاده که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند سپاسگزاری را دارم. از تمامی اساتید و پرسنل دانشکده علوم زمین که در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد، بنده را از الطاف بی دریغشان محروم نساختند، کمال سپاس و قدردانی را دارم.

از خانواده عزیزم نهایت سپاس و امتنان را دارم که در تمامی مراحل زندگی مایه دلگرمی و قوت قلب من بودند.

همچنین این رساله را تقدیم میکنم به همه شهدای انقلاب اسلامی ایران مخصوصا شهدای شهرستان شاهرود و شهدای روستای میغان.

## مقالات مستخرج از این پایان نامه

- ۱- "زمین شناسی، کانی شناسی و نگاهی بر نحوه تشکیل بوکسیت تاش شمال غرب شاهرود"، هفدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. دانشگاه شهید بهشتی، آبان ماه ۱۳۹۲.
- ۲- "ارتباط بوکسیت زایی و محیط تشکیل ذغالسنگ در منطقه تاش، شمال غرب شاهرود"، دومین کنگره ملی ذغالسنگ ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود و معادن ذغالسنگ کرمان. شهریور ماه ۱۳۹۳.
- ۳- "پتانسیل بوکسیت زایی قاعده لیا س در ایران"، ششمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی دانشگاه زاهدان، شهریور ماه ۱۳۹۳.



## چکیده

نهشته بوکسیت تاش در ۴۰ کیلومتری شمال غرب شاهرود در فاصله مختصاتی بین طول‌های ۴۱'-۵۴° تا ۴۸'-۵۴° شرقی و عرض‌های ۳۶°-۳۷' تا ۳۶°-۳۷' شمالی در استان سمنان قرار دارد و از دیدگاه زمین‌شناسی ایران در زون ساختاری البرز شرقی واقع شده است. مهمترین سازندهای محدوده معدنی در محدوده سنی کربنیفر زیرین تا ژوراسیک میانی شامل: مبارک، درود، روته، الیکا و شمشک می‌باشند. بوکسیت‌زایی بعد از فاز کوهزایی سیمیرین پیشین بر اثر فرسایش و هوازدگی بازالت‌های قاعده شمشک، همزمان با نهشته شدن مولاس‌های سازند شمشک، به سن تریاس فوقانی ایجاد شده است. تکتونیک و ساختار منطقه متأثر از گسلش و چین‌خوردگی‌هایی است که عموماً دارای روند شمال شرقی - جنوب غربی و شرقی - غربی می‌باشد. بر اساس مطالعات صحرایی مرز پایینی بوکسیت به صورت ناپیوستگی فرسایشی روی کارست‌های الیکا و مرز بالایی آن به صورت ناپیوستگی همشیب تا کمی زاویه‌دار توسط سازند شمشک پوشیده شده است. بررسی مقاطع نازک نشان می‌دهد که کانسنگ مورد مطالعه حاوی بافت‌های اوئیدی، پیزولیت آلون، پلیتومورفیک، کلوفرمی و انحلال فشارشی می‌باشد که نشان از خاستگاه نیمه درجا‌زا دارد. همچنین با بررسی مقاطع صیقلی کانی‌های پیریت، کالکوپیریت، گوتیت و هماتیت شناسایی شد. بررسی کانی‌شناسی انجام شده به روش پراش پرتو ایکس منجر به شناسایی کانی‌های دیاسپور، بوهمیت، کائولینیت، هماتیت، شاموزیت، آاناتاز و کوارتز گردید. براساس شواهد بافتی و کانی‌شناسی این نهشته به چهار واحد مجزا شامل لایه کائولینیتی زیرین، بوکسیت شیلی، بوکسیت سخت و واحد کائولینیتی بالایی قابل تقسیم است. آنالیز نمونه‌های کانسنگ با روش فلورسانس پرتو ایکس و محاسبه ضریب تجمع عناصر کمیاب و شاخص-های ژئوشیمیایی به همراه شواهد زمین‌شناسی مشخص کننده سنگ منشأ با خصوصیات مافیک تا حد وسط می‌باشد. تغییرات ثانویه در این کانسار ناشی از فرایندهای اپی‌ژنتیک مانند آهن‌شویی و سیلیسی شدن مجدد می‌باشد. با توجه به مدل پیدایشی پیشنهادی، تحت شرایط اقلیمی مناسب حاکم بر ناحیه در اوایل تریاس پسین ملایرهای موجود در منطقه دچار هوازدگی و فرسایش شده و خاک‌های بوکسیتی ایجاد شده‌ی ناشی از آنها در مسافت‌های کوتاه حمل و در حفرات کارستی سازند الیکا جایگیری نموده، و طی مرور زمان افق بوکسیتی مورد مطالعه تشکیل شده است.

**واژه‌های کلیدی:** بازالت، هوازدگی و فرسایش، تریاس پسین، بوکسیت تاش، شمال غرب شاهرود

## فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان

### فصل اول : کلیات تحقیق

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| ۱-۱- مقدمه.....                                      | ۲  |
| ۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه..... | ۲  |
| ۱-۳- آب و هوا و بوم‌شناسی منطقه.....                 | ۳  |
| ۱-۴- پوشش گیاهی و جاذبه‌های ژئوتوریستی منطقه.....    | ۴  |
| ۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه.....                         | ۵  |
| ۱-۶- تاریخچه مطالعات پیشین.....                      | ۷  |
| ۱-۷- سابقه تحقیق در منطقه مورد مطالعه.....           | ۱۰ |
| ۱-۸- تعریف مسئله، اهداف و روش‌های مطالعه.....        | ۱۲ |
| ۱-۸-۱- طرح مسئله.....                                | ۱۲ |
| ۱-۸-۲- اهداف تحقیق.....                              | ۱۲ |
| ۱-۸-۳- روش انجام تحقیق.....                          | ۱۳ |
| ۱-۸-۴- جمع‌آوری اطلاعات.....                         | ۱۳ |
| ۱-۸-۵- مطالعات صحرایی.....                           | ۱۴ |
| ۱-۸-۶- مطالعات آزمایشگاهی.....                       | ۱۴ |
| ۱-۸-۷- تجزیه داده‌ها و نگارش پایان‌نامه.....         | ۱۵ |
| ۱-۹- بوکسیت.....                                     | ۱۵ |
| ۱-۹-۱- آلومینیوم.....                                | ۱۵ |
| ۱-۹-۲- بوکسیت، تعریف، شرایط تشکیل و کاربردها.....    | ۱۶ |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ۱-۹-۲-۱- تعریف.....                                                                | ۱۶ |
| ۱-۹-۲-۲- شرایط تشکیل بوکسیت.....                                                   | ۱۶ |
| ۱-۹-۲-۳- کاربرد بوکسیت.....                                                        | ۱۸ |
| ۱-۹-۳- طبقه‌بندی بوکسیت‌ها.....                                                    | ۱۸ |
| ۱-۹-۳-۱- تاریخچه طبقه‌بندی بوکسیت.....                                             | ۱۹ |
| ۱-۹-۳-۲- طبقه‌بندی بر اساس لیتولوژی سنگ بستر.....                                  | ۲۰ |
| ۱-۱۰- کلیاتی در مورد بافت و ساخت در بوکسیت‌ها.....                                 | ۲۵ |
| ۱-۱۱- پراکندگی زمانی و مکانی بوکسیت‌های ایران.....                                 | ۲۶ |
| ۱-۱۲- ذخائر جهانی بوکسیت و مهمترین کشورهای تولید کننده و وارد کننده آلومینیوم..... | ۲۷ |

## فصل دوم: زمین‌شناسی منطقه

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| ۱-۲- مقدمه.....                                             | ۳۰ |
| ۲-۲- جایگاه زمین‌شناسی ایران از دیدگاه زمین ساخت جهانی..... | ۳۰ |
| ۲-۳- موقعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.....               | ۳۱ |
| ۲-۴- زمین‌شناسی منطقه.....                                  | ۳۳ |
| ۲-۴-۱- چینه‌شناسی در محدوده ناحیه‌ای.....                   | ۳۳ |
| ۲-۶- چینه‌شناسی در محدوده کانسار.....                       | ۳۹ |
| ۲-۶-۱- سازند روته.....                                      | ۳۹ |
| ۲-۶-۲- سازند الیکا.....                                     | ۴۲ |
| ۲-۶-۳- سازند شمشک.....                                      | ۴۳ |
| ۲-۷- فازهای کوهزایی در منطقه.....                           | ۴۵ |
| ۲-۷-۱- فاز کوهزایی کالدونین.....                            | ۴۵ |

|    |                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------|
| ۴۵ | ۲- ۷- ۲- فاز کوهزایی سیمرین.....                                 |
| ۴۶ | ۲- ۷- ۳- سیمرین پیشین.....                                       |
| ۴۷ | ۲- ۸- زمین‌شناسی ساختمانی.....                                   |
| ۴۷ | ۲- ۸- ۱- زمین‌شناسی ساختمانی البرز شرقی.....                     |
| ۴۹ | ۲- ۸- ۲- زمین‌شناسی ساختمانی در محدوده مورد مطالعه.....          |
| ۴۹ | ۲- ۸- ۲- ۱- گسل ابر.....                                         |
| ۵۱ | ۲- ۸- ۲- ۲- گسل شاهکوه.....                                      |
| ۵۱ | ۲- ۸- ۲- ۳- گسل سیاه مرزکوه.....                                 |
| ۵۱ | ۲- ۸- ۲- ۴- گسل‌های محدود به کانسار.....                         |
| ۵۳ | ۲- ۸- ۳- چین‌خوردگی.....                                         |
| ۵۳ | ۲- ۸- ۳- ۱- تاقدیس تاش.....                                      |
| ۵۴ | ۲- ۸- ۴- ارتباط تکتونیک با بوکسیت‌زایی.....                      |
| ۵۷ | ۲- ۹- زمین‌شناسی اقتصادی منطقه.....                              |
| ۵۹ | ۲- ۱۰- جغرافیای دیرینه ایران و منطقه در زمان تریاس.....          |
| ۶۱ | ۲- ۱۰- ۱- نتیجه‌گیری از جغرافیای دیرینه ایران در زمان تریاس..... |

## فصل سوم: کانی‌شناسی، ساخت و بافت

|    |                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------|
| ۶۶ | ۳- ۱- مقدمه.....                                                 |
| ۶۶ | ۳- ۲- مطالعات میدانی (عملیات صحرایی).....                        |
| ۶۷ | ۳- ۲- ۱- مشخصات سنگ میزبان ماده معدنی.....                       |
| ۶۹ | ۳- ۲- ۲- نحوه رخنمون ماده معدنی.....                             |
| ۷۰ | ۳- ۲- ۳- بررسی مشخصات ژئومتری ماده معدنی (هندسه ماده معدنی)..... |

|    |                                                            |
|----|------------------------------------------------------------|
| ۷۲ | ۳-۲-۴- مشخصات افق بوکسیتی (لایه‌های تشکیل دهنده).....      |
| ۷۸ | ۳-۳- ویژگیهای سنگ پوش ماده معدنی.....                      |
| ۷۹ | ۳-۴- ارتباط بوکسیت‌زایی با ذغالسنگ.....                    |
| ۸۱ | ۳-۵- نقش کارست و غارهای آهکی در فرایند بوکسیت‌زایی.....    |
| ۸۳ | ۳-۶- کانی‌شناسی به روش پراش اشعه ایکس XRD.....             |
| ۸۷ | ۳-۶-۱- بررسی کانی‌های تشکیل دهنده ماده معدنی.....          |
| ۸۸ | ۳-۷- مطالعات میکروسکوپی.....                               |
| ۸۸ | ۳-۷-۱- مطالعه پتروگرافی سنگ میزبان.....                    |
| ۹۰ | ۳-۷-۲- مطالعات پتروگرافی ماده معدنی.....                   |
| ۹۰ | ۳-۷-۳- واحدهای بافت ساز زمینه (ماتریکس).....               |
| ۹۱ | ۳-۷-۴- واحدهای بافت ساز متمایز.....                        |
| ۹۶ | ۳-۸- سیستم‌های ژنتیکی کانی‌های تشکیل دهنده ماده معدنی..... |

## فصل چهارم: مطالعات ژئوشیمیایی و الگوی تشکیل کانسار

|     |                                                                        |
|-----|------------------------------------------------------------------------|
| ۱۰۰ | ۴-۱- مقدمه.....                                                        |
| ۱۰۱ | ۴-۲- رفتار عنصر آلومینیوم در محیط ژئوشیمی.....                         |
| ۱۰۴ | ۴-۳- طبقه‌بندی انواع واحدهای کانسنگی در نیمرخ مورد مطالعه.....         |
| ۱۰۸ | ۴-۶- تعیین خاستگاه سنگ منشأ بوکسیت با استفاده از داده‌های ژئوشیمی..... |
| ۱۱۲ | ۴-۷- مدل پیدایشی پیشنهادی کانسار بوکسیت تاش.....                       |

## فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- ۵-۱- نتیجه‌گیری..... ۱۱۷
- ۵-۲- پیشنهادات..... ۱۱۹

## فصل ششم: منابع

- ۶-۱- منابع فارسی..... ۱۲۱
- ۶-۲- منابع لاتین..... ۱۲۸

## فهرست جداول

| عنوان                                                                                         | صفحه |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| جدول ۱-۱- مشخصات انواع بوکسیت های کارستی.....                                                 | ۲۴   |
| جدول ۳-۱- نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس از بخش های مختلف افق بوکسیتی.....                       | ۸۴   |
| جدول ۴-۱- نتایج تجزیه ی شیمیایی نمونه های مختلف بوکسیت تاش به روش X.R.F.....                  | ۱۰۳  |
| جدول ۴-۲- نتایج آنالیز X.R.F عناصر فرعی و کمیاب در افق بوکسیتی مورد مطالعه.....               | ۱۰۳  |
| جدول ۴-۳- میزان میانگین عناصر کمیاب فرضی در لیتوسفر (میسون و مر، ۱۹۸۲).....                   | ۱۱۰  |
| جدول ۴-۳- مقایسه برخی کانسارهای بوکسیت قاعده لیا س ایران به همراه مهمترین ویژگی های آنها..... | ۱۱۵  |

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

### فصل اول

- شکل ۱-۱ - تصویر موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه مورد مطالعه (اطلس کامل راه‌های ایران)..... ۳
- شکل ۱-۲ - نمایی از پوشش گیاهی شامل گون، درمنه و درخت اورس در محدوده کانسار ..... ۴
- شکل ۱-۳ - وضعیت زمین ریخت‌شناسی منطقه بر روی نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰ گرگان..... ۶
- شکل ۱-۴ - تصویر موقعیت کانسار و راه دسترسی به آن در عکس ماهواره ای..... ۶
- شکل ۱-۵ - نمودار فراوانی بوکسیت‌های ایران در زمان‌های مختلف زمین‌شناسی (سهیلی نیا ۱۳۸۳)..... ۲۷
- شکل ۱-۶ - تصویر مهمترین کشورهای تولید کننده بوکسیت..... ۲۸

### فصل دوم

- شکل ۲-۱ - تصویر منطقه مورد مطالعه در نقشه زمین‌شناسی ساختاری ایران (نبوی، ۱۳۵۵ و اشتوکلین، ۱۹۶۸) و موقعیت کانسار بوکسیت تاش در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ علی آباد (زمانی، ۱۳۸۳)..... ۳۲
- شکل ۲-۲ - نقشه زمین‌شناسی خلاصه شده سازندهای منطقه برگرفته از ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ علی آباد ..... ۳۸
- شکل ۲-۳ - نمایی از سازندهای موجود در محدوده کانسار بوکسیت بر روی تصویر ماهواره‌ای..... ۴۰
- شکل ۲-۴ - نمایی از افق لاتریتی پرموتریاس، سازند روته و الیکا..... ۴۱
- شکل ۲-۵ - مدل رسوبی سازند الیکا در برش تاش (ستوهیان، ۱۳۸۷)..... ۴۲
- شکل ۲-۶ - موقعیت و گستردگی سازند شمشک نسبت به کانسار مورد مطالعه در منطقه تاش..... ۴۳
- شکل ۲-۷ - ستون چینه‌شناسی محدوده افق بوکسیتی تاش..... ۴۴
- شکل ۲-۸ - نقشه گسل‌های اصلی در البرز شرقی، تصویر از SRTM (جاوید فخر و همکاران، ۲۰۱۱)..... ۴۸
- شکل ۲-۹ - الف - تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ از گسل ابر (کادر سفید رنگ) ؛ ب - بخشی از نقشه زمین‌شناسی علی‌آباد (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۸۵)..... ۵۰

- شکل ۲- ۱۰- الف- تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ از گسل شاهکوه (کادر قرمز رنگ) با امتداد شرقی - غربی و گسل سیاه‌مرزکوه (کادر سیاه رنگ) با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی. .... ۵۲
- شکل ۲- ۱۱- تصویر لایه‌های تقریباً عمود افق بوکسیتی در کانسار تاش دید به سمت شرق کانسار. .... ۵۶
- شکل ۲- ۱۲- تصویر موقعیت ایران در اوایل پرمین (اسکوتس، ۱۹۹۷). .... ۶۳
- شکل ۲- ۱۳- تصویر موقعیت ایران در تریاس پیشین (اسکوتس، ۱۹۹۷). .... ۶۳
- شکل ۲- ۱۴- تصویر موقعیت ایران در تریاس پسین ..... ۶۴
- شکل ۲- ۱۵- تصویر موقعیت ایران در اوایل ژوراسیک (اسکوتس، ۱۹۹۷). .... ۶۴

## فصل سوم

- شکل ۳- ۱- تصویر بخش سوم سازند الیکا شامل دولومیت‌های خاکستری ضخیم‌لایه تا توده‌ای، که ماده معدنی بوکسیت و سازند شمشک در بالای آن واقع شده است. .... ۶۷
- شکل ۳- ۲- تصویر برش زیر ماده معدنی در بالای سازند الیکا. .... ۶۸
- شکل ۳- ۳- نحوه رخنمون کانسار مورد مطالعه در منطقه. .... ۶۹
- شکل ۳- ۴- تصویر A بخشی از کانسار که نحوه حضور بوکسیت را در سازند الیکا، و تصویر B بوکسیت سخت یا دیاسپور می‌باشد. .... ۷۰
- شکل ۳- ۵- تصویر انواع بوکسیت با رنگ‌های مختلف. .... ۷۱
- شکل ۳- ۶- نمایی از لایه کائولینیتی زیرین و بوکسیت شیلی. .... ۷۳
- شکل ۳- ۷- تصویر واحد ۳، بوکسیت سخت شامل رخساره احیایی سبز رنگ و رخساره اکسیدان قرمز رنگ ..... ۷۵
- شکل ۳- ۸- نمایی از بوکسیت سخت رخساره احیایی، PY معرف پیریت و MA معرف مارکاسیت. .... ۷۵
- شکل ۳- ۹- تصویر صحرایی از واحد چهارم افق بوکسیتی ..... ۷۶
- شکل ۳- ۱۰- تشکیل کنکرسیون در واحد کائولینیت بالایی. .... ۷۷
- شکل ۳- ۱۱- بافت نودولار در واحد کائولینیت بالایی. .... ۷۵
- شکل ۳- ۱۲- تصویر صحرایی از مرز فرسایشی نامنظم بین افق بوکسیتی و سازند شمشک. .... ۷۸



- شکل ۳-۱۳ - تصویر آنالیز پراش اشعه ایکس بر روی یک نمونه از شیل‌های شمشک..... ۷۹
- شکل ۳-۱۴ - تصویر نمونه دستی یک تورب نارس که کانی‌های رسی را در بر گرفته است..... ۸۰
- شکل ۳-۱۵ - تصویر غار آهکی در سنگ بستر به همراه تزئینات سوزنی کلسیت و آراگونیت..... ۸۲
- شکل ۳-۱۶ - نمایی از ورود محلول‌های حاوی بوکسیت و هماتیت در داخل بستر کربناته سازند الیکا..... ۸۳
- شکل ۳-۱۷ - تصویر طیف XRD مربوط به یک نمونه از لایه رسی پایینی..... ۸۵
- شکل ۳-۱۸ - تصویر طیف XRD مربوط به یک نمونه از لایه بوکسیت سخت قرمز رنگ..... ۸۵
- شکل ۳-۱۹ - تصویر طیف XRD مربوط به یک نمونه از لایه بوکسیت سخت سبز رنگ..... ۷۶
- شکل ۳-۲۰ - تصویر طیف XRD مربوط به یک نمونه از لایه رسی بالایی..... ۸۶
- شکل ۳-۲۱ - تصویری از مقاطع نازک سنگ میزبان ماده معدنی..... ۸۹
- شکل ۳-۲۲ - تصویر میکروسکوپی واحد بافت ساز زمینه..... ۹۱
- شکل ۳-۲۳ - تصویر میکروسکوپی یک نمونه از بوکسیت تاش در مقطع نازک. اوئیدهای ریز و پیزوئیدها به همراه بافت جریانی و کلوفرمی مشاهده می‌شوند..... ۹۳
- شکل ۳-۲۴ - تصویر میکروسکوپی یک نمونه بوکسیت تاش در مقطع نازک، پیزوئید مرکب (آلوژن)..... ۹۳
- شکل ۳-۲۵ - تصویر میکروسکوپی مقطع نازک از پیزوئیدهای دمبلی شکل و کشیده..... ۹۴
- شکل ۳-۲۶ - تصویر میکروسکوپی مقطع نازک از بافت کلوفرمی که کانی هماتیت را در بر گرفته است..... ۹۴
- شکل ۳-۲۷ - تصویر میکروسکوپی مقطع نازک از بافت انحلال فشارشی..... ۹۴
- شکل ۳-۲۸ - تصویر یک نمونه بوکسیت سخت در مقطع صیقلی..... ۹۵
- شکل ۳-۲۹ - نمایی از کائولینیزه شدن بوکسیت در مرز بین بوکسیت و سازند شمشک..... ۹۸

## فصل چهارم

- شکل ۴-۱- نمودار رابطه بین PH و Eh عناصر آلومینیوم و آهن..... ۱۰۲
- شکل ۴-۲- تصویر نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار سه تایی کانیهای آلومینیم - تیتانیوم دار، کانیهای رسی و کانی‌های آهن‌دار، نمودار پایه از (باردوسی، ۱۹۸۲)..... ۱۰۵
- شکل ۴-۳- موقعیت کانسنگ مورد مطالعه بر اساس نمودارهای سه تایی  $\text{SiO}_2$  و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ -L.O.I ..... ۱۰۵
- شکل ۴-۴- موقعیت انواع واحد های سنگی نیمرخ مورد مطالعه با ترسیم اکسیدهای  $\text{Al}+\text{Ti}$ ,  $\text{Fe}$  و  $\text{Si}$  (بالاسوبارامینوم، ۱۹۸۷)..... ۱۰۶
- شکل ۴-۵-  $a$  - نمودار آلوآ برای تعیین نوع رخساره نمونه‌های مورد مطالعه که شکل  $b$  - نمودار شلمان برای تعیین نوع هوازدگی نمونه‌های مورد مطالعه..... ۱۰۷
- شکل ۴-۶- بررسی همبستگی بین  $\text{Al}_2\text{O}_3$  با  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (A) و  $\text{SiO}_2$  (B)..... ۱۰۷
- شکل ۴-۷- نمودار تغییرات لگاریتمی غلظت  $\text{Ni}$  در برابر  $\text{Cr}$  برای انواع نهشته‌های بوکسیتی با سنگ منشأهای مختلف (سچرول، ۱۹۹۱ و ماکلان، ۱۹۹۷) کانسنگ‌های مورد مطالعه ..... ۱۰۹
- شکل ۴-۸- نمودار سه متغیره  $\text{Zr}$ ،  $\text{Ga}$  و  $\text{Cr}$  برای تعیین سنگ منشأ بوکسیتها (میسون و مر، ۱۹۸۲)..... ۱۰۹
- شکل ۴-۹- تغییرات ضریب انباشتگی (R) عناصر کمیاب در نهشته بوکسیت تاش (کلایگری، ۱۳۸۲)..... ۱۱۱
- شکل ۴-۱۰- تصویر مدل احتمالی تشکیل کانسار بوکسیت تاش..... ۱۱۴

# فصل اول

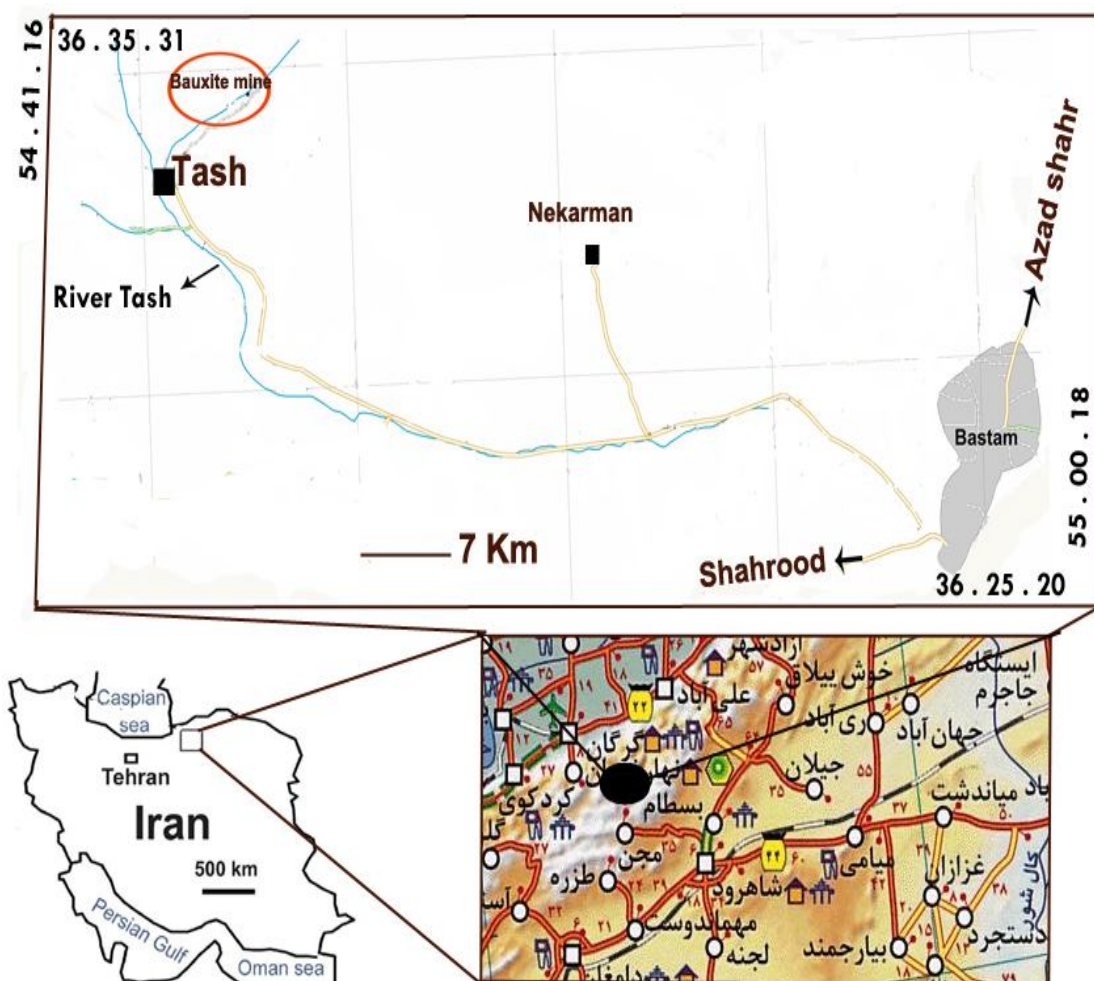
## کلیات

## ۱-۱- مقدمه

یکی از مهمترین و اساسی‌ترین پایه‌های اقتصاد هر کشوری منابع معدنی تحت‌الارضی آن است. نیاز به عناصر فلزی در جوامع بشری با توجه به رشد فزاینده جمعیت در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه (مانند ایران) بیش از پیش احساس می‌شود. روند صنعتی شدن کشور و رشد مصرف آلومینیوم در صنایع مختلف اهمیت اکتشاف و شناسایی منابع بوکسیت را به عنوان مهمترین ماده اولیه قابل استخراج آلومینیوم از اهمیت خاصی برخوردار کرده است. در توالی چینه‌شناسی البرز در مرز بین سازند کربناته الیکا و سازند تخریبی شمشک بوکسیت‌زایی صورت گرفته است. در منطقه مورد نظر افق بوکسیتی - لاتریتی رخنمون دارد که در حال بهره‌برداری می‌باشد. در این تحقیق کانسار بوکسیت تاش از جنبه زمین‌شناسی اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته و در این فصل به منظور درک بهتر از وضعیت منطقه ابتدا موقعیت جغرافیایی، بوم‌شناسی و پوشش گیاهی محل مورد مطالعه را مورد بررسی قرار می‌دهیم و در ادامه به اهداف این تحقیق و روش کار و مطالعه تاریخچه کانسار و خلاصه‌ای از شناخت، طبقه‌بندی و مکانیسم تشکیل بوکسیت‌ها اشاره می‌شود.

## ۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه

منطقه مورد مطالعه در ۴۰ کیلومتری شمال غرب شاهرود، در فاصله ۶ کیلومتری شمال شرق روستای تاش و در محدوده مختصات جغرافیایی  $41^{\circ} 54'$  تا  $48^{\circ} 54'$  طول شرقی و  $32^{\circ} 36'$  تا  $37^{\circ} 36'$  عرض شمالی واقع شده است. از شاهرود در مسیر کارخانه سیمان با طی مسافت حدود ۲۰ کیلومتر جاده آسفالت به روستای تاش و مسافت ۶ کیلومتر جاده خاکی معدن بوکسیت تاش قابل دسترسی می‌باشد. در شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه مورد مطالعه (اطلس کامل راه‌های ایران).

### ۱-۳- آب و هوا و بوم‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در میان کوه‌های سربه فلک کشیده البرز (شاهوار، شاهکوه) محصور شده و آب و هوای آن در پاییز و زمستان بسیار سرد و در بهار و تابستان معتدل می‌باشد. اکثر نزولات جوی به صورت بارشهای سنگین برف می‌باشد که همین امر موجب اختلال در فعالیت‌های معدنی در فصول سرد سال می‌گردد. مقدار متوسط بارندگی سالیانه ۳۵۰ میلی‌متر می‌باشد. کشاورزی و دامداری به دلیل برخوردار بودن از آب کافی و مراتع غنی، از رونق بسیار خوبی برخوردار است. از جمله محصولات

دامداری می‌توان به گوشت قرمز، فراورده های لبنی مانند شیر، ماست، کره و کشک اشاره نمود. همچنین از محصولات کشاورزی زراعی می‌توان به گندم، جو، سیب زمینی، لوبیا روغنی و محصولات باغی شامل زردالو، سیب درختی و گردو اشاره کرد. بر طبق اطلاعات سرشماری جمعیت خانوار روستایی کشور ۱۳۹۱، جمعیت روستای تاش بالغ بر ۳۹۰ نفر در قالب ۱۲۲ خانوار می‌باشد.

#### ۱-۴- پوشش گیاهی و جاذبه‌های ژئوتوریستی منطقه

با توجه به کوهستانی بودن منطقه و میزان بارش مناسب، پوشش گیاهی دارای پراکندگی متوسط با تراکم نسبتاً بالا می‌باشد. از پوشش گیاهی این منطقه می‌توان به گیاهانی مانند دم روباه، کاروان‌کش، گل بیغم، شور، گز، قیچ، اسپند، سرجارو، گون، درمنه، کما، فرفیون، چوبک، اسکنبیل و خارشتر اشاره نمود (شکل ۱-۲). روستای کوهستانی تاش یکی از مهمترین مناطق ژئوتوریستی منطقه می‌باشد که از امکانات اولیه رفاهی شامل آب، برق و تلفن برخوردار است و به علت واقع شدن در نقطه مرزی بین استان‌های سمنان و گلستان همه ساله پذیرای سیل مشتاقان به طبیعت‌گردی و کوهنوردی می‌باشد. مهمترین جاذبه‌های میراث زمین‌شناسی شامل چشمه‌ی هفت‌رنگ، رودخانه تاش، یخچال‌های طبیعی و مهمترین مسیر صعود به قله شاهوار (دره پیرمیشی) می‌باشد (بسطامی و فردوست، ۱۳۹۲).

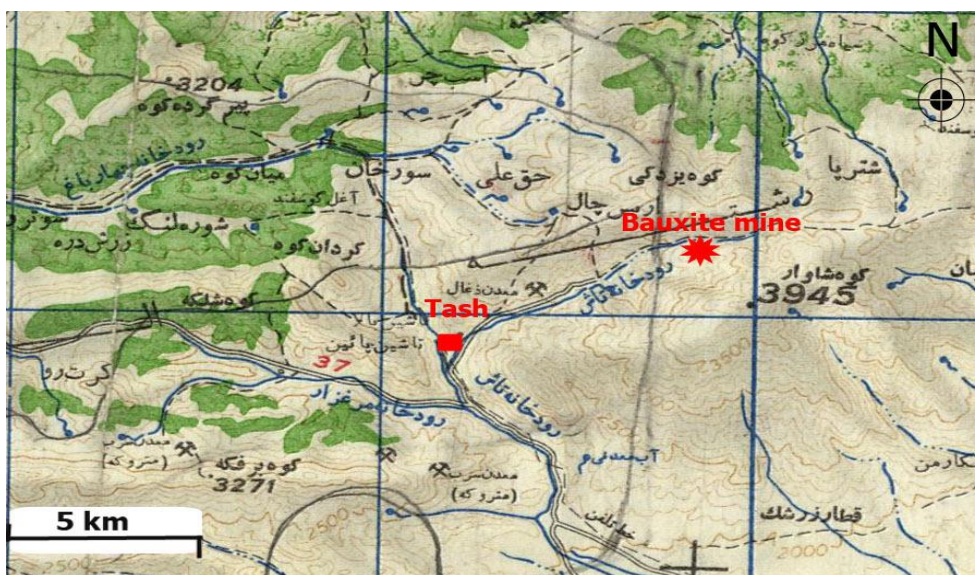


شکل ۱-۲- نمایی از پوشش گیاهی شامل گون، درمنه و درخت اورس در محدوده کانسار (دید به سمت شمال شرق)

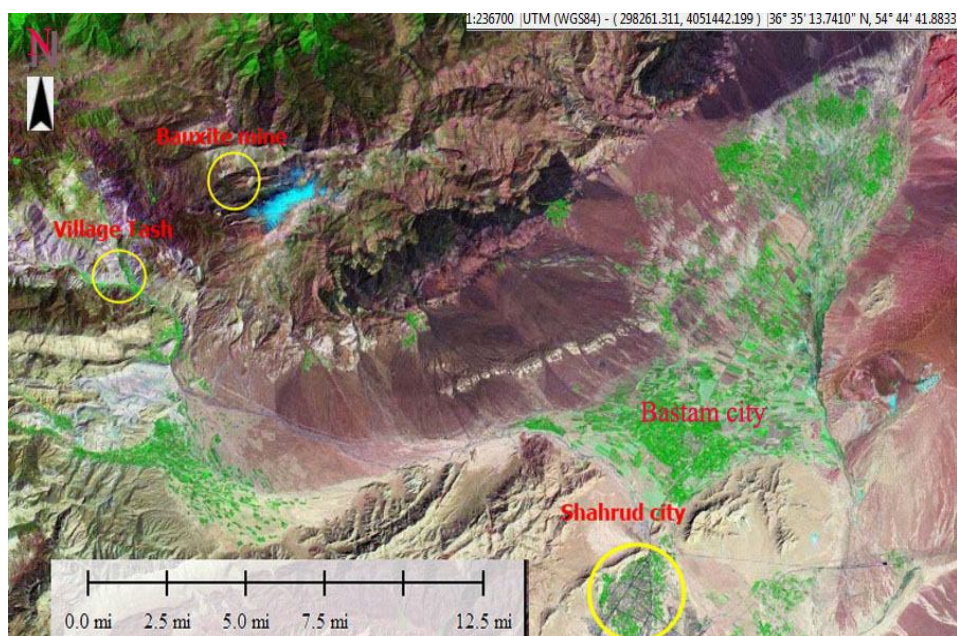
## ۱-۵ - ژئومورفولوژی منطقه

از نگاه ژئومورفولوژی منطقه در میان ارتفاعات شاهوار در جنوب، کوه یزدکی در شمال، کوه پیرمیشی در مغرب و کوه شترپا در شرق قرار گرفته است. ارتفاع روستای تاش ۲۲۲۰ متر و ارتفاع بلندترین نقطه قله شاهوار با ارتفاع ۳۹۴۵ متر می‌باشد. روند عمومی عناصر زمین‌ساختی (چین خوردگی و گسل‌ها) کوه‌های البرز اکثراً شرقی- غربی است. نقش گسل‌های رورانده در منطقه البرز شرقی به وضوح قابل مشاهده می‌باشد و همین سیستم رورانده باعث اوج گرفتن ارتفاعات نسبت به دشت و همچنین به هم‌خوردگی شدید در منطقه شده که سبب قرارگیری سازندهای مختلف با سن‌های متفاوت در کنار یکدیگر می‌باشد. جنس عمومی سنگ‌ها در منطقه تاش شیل‌ها و ماسه سنگ‌های (سازند شمشک) و آهک و دولومیت‌های (سازند الیکا) می‌باشد که به علت قرارگیری در ارتفاع زیاد دارای فرسایش فیزیکی بالا می‌باشند. دره‌های جوان عموماً V شکل و از امتداد گسل‌ها پیروی می‌کنند. رودخانه دائمی تاش و رودخانه‌های فصلی مانند سنگ سله در فصل بهار با آب شدن برف‌ها مقادیر زیادی از مواد و سنگ‌ها و خاک منطقه را جا به جا کرده و به خارج از منطقه منتقل می‌کنند. مسیر رودخانه‌ها اکثراً مناطق گسلی یا در راستای گسل‌های موجود در منطقه می‌باشد. (شکل ۱-۳)، وضعیت زمین ریخت‌شناسی منطقه را بر روی نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰ گرگان و (شکل ۱-۴)، موقعیت منطقه مورد مطالعه در تصویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد.





شکل ۱-۳- وضعیت زمین ریخت‌شناسی منطقه بر روی نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰ گرگان، در این تصویر برجستگی‌های مهم شامل کوه‌ها، همچنین سیستم آبراهه‌ها و موقعیت ماده معدنی نشان داده شده است (اقتباس از مرکز اسناد جمهوری اسلامی ایران).



شکل ۱-۴- وضعیت مورفولوژیکی منطقه بر روی تصویر ماهواره‌ای.



## ۱- ۶- تاریخچه مطالعات پیشین

کانسارهای بوکسیت ایران بیشتر از نوع کارستی بوده و از نظر مکانی در سه پهنه ساختاری -رسوبی البرز، ایران مرکزی و زاگرس توزیع شده‌اند (قربانی، ۱۳۸۶). از دوره پرمین تا اواخر دوره کرتاسه به موازات کمربند فلززایی تتیس- اوراسیا یکی از غنی‌ترین کمربندهای بوکسیتی شکل گرفته است که سرزمین ایران بخشی از این کمربند می‌باشد. مهمترین ذخائر بوکسیت کارستی ایران بر اساس زمان تشکیل عمدتاً بر سه محور بوکسیت‌های پرمو - تریاس، قاعده لیا و کرتاسه می‌باشند. تاکنون مطالعات زیادی در گوشه و کنار کشور ایران بر روی منابع بوکسیتی انجام شده است که به طور مختصر به برخی از این موارد اشاره می‌کنیم.

محور بوکسیت‌های پرموتریاس ایران به صورت گسترده در شمال غرب کشور مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله مطالعات انجام شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

- قاسمی نکو، ۱۳۷۹، که نهشته‌های نیچلان و باختر ارومیه را مورد مطالعه قرار دادند و به طور کلی نتیجه گرفتند که لاتریتی شدن این نهشته‌ها به صورت کامل انجام نگرفته است.

- خواجه محمد لو، ۱۳۸۳، به مطالعه‌ی بوکسیت‌های جنوب استان آذربایجان غربی پرداخته‌اند و ماحصل مطالعات آنها منجر به شناسایی سنگ‌های دیاباز نفوذی، درون سازند درود به عنوان سنگ منشأ شده است.

- انتظاری ، ۱۳۸۵، به بررسی بوکسیت‌های منطقه مندیل بسر مراغه پرداختند و بر اساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی سنگ مادر این بوکسیت را سنگ‌های آتشفشانی دانسته‌اند.

- کلاگری و عابدینی، ۲۰۰۷، در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی ژئوشیمی افق پرمو-تریاس خانشیته در شرق بوکان به چگونگی رفتار عناصر نادر خاکی در افق بوکسیتی بوکان پرداخته است.

یکی دیگر از ناحیه بوکسیتی پرموتریاس ایران بخش البرز شرقی است که می‌توان به مطالعات اشکوریان و همکاران، ۱۳۹۰، که به مطالعه بوکسیت خوش ییلاق پرداختند و فرامرزی و همکاران، ۱۳۹۱، که نهشته بوکسیت قشلاق را مورد مطالعه قرار دادند اشاره نمود. نامبردگان سنگ منشأ بوکسیت‌های مورد مطالعه را سنگ‌های بازالتی سازند سلطان میدان دانسته‌اند.

محور بوکسیتی قاعده لیاث مهم‌ترین بخش اقتصادی بوکسیت‌های ایران را تشکیل می‌دهد که از جمله می‌توان به کانسار بوکسیت جاجرم اشاره نمود که بزرگترین نهشته بوکسیت ایران می‌باشد و تاکنون پایان‌نامه‌ها، مقالات و مطالعات اکتشافی گوناگونی بر روی آن انجام شده که می‌توان به کارهای (خیری، ۱۳۶۶)، (بحرآبادی، ۱۳۷۷)، (جعفرزاده، ۱۳۷۹)، (ناصری، ۱۳۸۲)، (خادمی، ۱۳۸۴) اشاره کرد که در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد بوده و بیشتر به مسائل معرفی، پتروگرافی و تا حدودی ژئوشیمی و ژنز پرداخته‌اند.

- رحیم‌پوربناب و اسماعیلی، ۱۳۸۶، کارهای مفصلی در مورد پتروگرافی و ژنز بوکسیت جاجرم انجام داده و مقالاتی در مجله علوم دانشگاه تهران ارائه دادند.

- اثنی عشری، ۱۳۸۵، بخش‌های مربوط به ژئوشیمی کانسار جاجرم را در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان "بررسی ژئوشیمی کانسار جاجرم با نگرشی ویژه بر ژئوشیمی عناصر کمیاب" انجام داد و مباحث مربوط به ژئوشیمی لایه‌های مختلف بوکسیت جاجرم را روشن ساخت.

- ملائی و شریفیان عطار، ۱۳۸۵، به بررسی ویژگی زمین‌شناسی و اکتشافی کانسار جاجرم پرداختند.

- اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۷، با چاپ مقاله‌ای در مجله علوم‌زمین به بررسی علل ایجاد لایه‌بندی در کانسار جاجرم پرداختند.

- امینی و شمعیان، ۱۳۹۰، دوباره به بررسی ژنز کانسار جاجرم پرداخته و در حقیقت با مطالعه‌ی کارهای قبلی مطالب جدیدتری را بیان نمودند. از جمله دیگر مطالعات بر روی کانسارهای قاعده لیا س میتوان به منطقه بوکسیتی کیسه جین آبگرم قزوین اشاره نمود که تحقیقاتی از جمله:

- قربانی و همکاران، ۱۳۸۶، به بیان ویژگی آن پرداختند که بعدها توسط موسوی و مهدیزاده شهری، در سال ۱۳۸۸، مورد بررسی قرار گرفت. نامبردگان این کانسار را به دو گروه بوکسیت رسی و بوکسیت غنی از آهن و دیاسپور تقسیم نمودند. یکی دیگر از مطالعات بوکسیت بخش لیا س ایران منطقه تویه دروار دامغان می‌باشد که زارعی، ۱۳۹۲، در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد به بیان ویژگی های آن پرداخت و سنگ‌های دیاباز قاعده شمشک را به عنوان سنگ مادر احتمالی این نهشته معرفی نمود. همچنین در منطقه شه میرزاد نیز صابری، ۱۳۷۹، در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد به بررسی ویژگی این نهشته لاتریتی - بوکسیتی پرداختند. و سنگ منشا بازالت تا آندزیت را برای این نهشته مشخص نمودند.

بوکسیت‌های کرتاسه ایران بیشتر از زون زاگرس گزارش شده‌اند. این ناهنجاری بوکسیتی اغلب بین سازند سروک و ایلام ظهور پیدا کرده است. از جمله این مطالعات زراسوندی و همکاران، ۱۳۹۲، به بررسی ریز ریخت‌شناسی و فرایند تشکیل پیروئیدهای ذخائر بوکسیتی منطقه دهدشت پرداخته و اطلاعات خوب بافتی از بوکسیت‌ها ارائه نموده است. زراسوندی و همکاران، ۲۰۱۰، طی مقاله‌ای در مجله اکتشافات ژئوشیمیایی<sup>۱</sup>، به بیان ویژگی ژئوشیمی و تغییرات جرم در بوکسیت سرفاریاب پرداخته، اشاره نمود.

## ۷-۱- سابقه تحقیق در منطقه مورد مطالعه

کانسار بوکسیت تاش با ذخیره بسیار قابل ملاحظه بخشی از کمر بند بوکسیتی تئیس می باشد. با توجه به این که این کانسار در سالهای اخیر اکتشاف گردیده، این نوشتار اولین گزارش زمین شناسی اقتصادی این کانسار محسوب می گردد.

از جمله کارهای انجام شده در محدوده معدن بوکسیت تاش می توان به موارد زیر اشاره نمود.

۱- تهیه نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ گرگان (شهرابی، ۱۳۶۹) توسط سازمان زمین شناسی کشور که منجر به شناسایی سازندها و زمین ساخت و زمین ریخت شناسی منطقه شد و کمک زیادی به شناخت چینه شناسی و تکتونیک منطقه نموده است.

۲- تهیه نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ علی آباد (زمانی و کریمی، ۱۳۸۵)، توسط سازمان زمین شناسی کشور، این نقشه توالی لیتولوژیکی و وضعیت چینه شناسی منطقه را مورد بررسی دقیق تر قرار داده و افق های بوکسیتی پرمو تریاس در منطقه را مشخص نموده است ولی اشاره ای به بوکسیت های قاعده لیا س در منطقه نکرده است.

۳- جعفرزاده (۱۳۹۱) در گزارش پایان اکتشاف نهایی کانسار بوکسیت تاش که توسط شرکت آلومینای کشور تهیه گردید به طور مفصل به کارهای اکتشافی و تا حدودی استخراجی کانسار مربوطه پرداخته شده است. با توجه به این که این گزارشات بیشتر جنبه سازمانی دارند و مرجع نهایی آنها سازمان صنایع و معادن کشور است همه زوایای علمی در آن نگاشته نشده است، ولی اطلاعات پایه ای مناسبی در اختیار پژوهشگران قرار داده است.

۴- شرکت معدن نگار نوین، (استان سمنان ۱۳۸۷) مجری سازمان نظام مهندسی سمنان در گزارش پایان اکتشاف مقدماتی خاک صنعتی نکارمن به بررسی افق لاتریتی و بوکسیتی پرمو تریاس پرداخته

و خاک‌های سرخ منطقه را مورد بررسی قرار داده و میزان متوسط آلومینیوم در خاک‌های سرخ حدود ۷/۱۸ درصد اعلام نموده است.

۵- تهیه گزارش زمین‌شناسی نقشه ۱/۱۰۰۰ تاش و مجن (فردوست و همکاران، ۱۳۸۰). توسط سازمان صنایع و معادن استان سمنان. از این گزارش به عنوان آشنایی بیشتر با وضعیت زمین‌شناسی منطقه و دیگر پتانسیل معدنی منطقه مانند معادن سرب و روی استفاده شده است.

۶- ستوهیان، ۱۳۸۳، پایان‌نامه دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، تحت عنوان (مطالعات لیتواستراتیوگرافی، بیواستراتیوگرافی و تفسیر سازند الیکا در ناحیه البرز شرقی)، در این پایان‌نامه به تفصیل به بررسی سازند الیکا در منطقه تاش پرداخته شده است و با توجه به این که سنگ میزبان کانسار بوکسیت در سازند الیکا واقع شده است اطلاعات مناسبی در این مورد ارائه شده است. همچنین مؤلف پایان‌نامه مقاله‌ای تحت عنوان چینه نگاری سازند الیکا در برش تاش، البرز شرقی در مجله علوم دانشگاه تهران (۱۳۸۷)، به چاپ رسانید که مورد استفاده در این نوشتار قرار گرفته است.

۷- مقاله تحت عنوان مطالعه زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و بافتی کانسار بوکسیت کارستی تاش توسط (سرخرده‌ای، ۱۳۹۲) در سی و دومین گرد همایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور به چاپ رسانید، نامبرده به تشریح افق‌های بوکسیتی پرمو تریاس منطقه تاش پرداخته و کانسار بوکسیت تاش را نیز جزو محدوده پرمو - تریاس قرار داده است. همچنین وی به بررسی بافتی کانسار اشاره و نهایتاً خاستگاه برجا و نابرجا را از شواهد بافتی و زمین‌شناسی نتیجه‌گیری کرده است.

## ۸-۱- طرح مسئله، اهداف و روش‌های مطالعه

### ۸-۱-۱- طرح مسئله

با توجه به اهمیت مواد معدنی گوناگون در رشد اقتصادی و معیشتی ضرورت دارد ذخائر معدنی موجود، مورد شناسایی، مطالعه و بررسی دقیق قرار بگیرند. یکی از مراحل اولیه و مهم در اکتشافات مواد معدنی، انجام مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی است. لذا با توجه به پتانسیل بوکسیت‌زایی در منطقه البرز که محدوده کانسار بوکسیت تاش بخشی از آن است و همچنین با وجود آغاز بهره‌برداری از آن که تا اکنون مطالعه زمین‌شناسی اقتصادی بر روی آن صورت نگرفته است، موضوع این پایان‌نامه به مطالعه زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و چگونگی تشکیل این کانسار اختصاص داده و سعی شده با به کارگیری تکنیک‌های مختلف صحرایی و آزمایشگاهی به نتیجه مطلوب برسیم.

### ۸-۱-۲- اهداف تحقیق

مهمترین اهداف این تحقیق بررسی زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و چگونگی تشکیل کانسار به منظور پیدا کردن کلیدهای اکتشافی در منطقه می‌باشد که بدین منظور به سوالات زیر پاسخ داده شده است.

- توالی چین‌شده‌شناسی، تکتونیک و در نهایت زمین‌شناسی منطقه چگونه است؟
- کانی‌های اصلی و فرعی تشکیل دهنده کانسار کدامند؟
- شکل کانسار، مشخصات ساخت و بافت (ژئومتری کانسار) چیست؟
- ویژگی‌های ژئوشیمی و ژنز کانسار کدامند؟
- الگوی تشکیل کانسار چگونه بوده است؟

### ۱-۸-۳- روش انجام تحقیق

به منظور انجام علمی و کامل این پایان نامه به ترتیب مراحل زیر صورت گرفته است.

جمع‌آوری اطلاعات، برداشت‌های صحرائی، مطالعات آزمایشگاهی، تجزیه و تحلیل داده‌ها و نگارش پایان نامه

### ۱-۸-۴- جمع‌آوری اطلاعات

برای انجام دادن یک تحقیق علمی دقیق، صحیح و جامع مرحله گردآوری اطلاعات از ضروری‌ترین و اساسی‌ترین مراحل به شمار می‌آید. به همین منظور ابتدا تمامی کتب قدیم و جدید که در مورد بوکسیت نگاشته شده را از کتابخانه دانشگاه، اساتید محترم، اینترنت، کتاب فروشی‌ها جمع‌آوری کرده و سپس گزارشات معدنی در مورد بوکسیت از معادن مختلف کشور و گزارشات تازه منتشر شده بوکسیت تاش را به ترتیب از پایگاه زمین‌شناسی کشور و سازمان صنعت، تجارت و معدن استان سمنان تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور یافتن جدیدترین روش‌های کار شده بر روی کانسارهای بوکسیت، اکثر مقالات از قدیم به جدید که خود انبوهی از اطلاعات گوناگون را در خود نهفته دارد از طریق اینترنت گردآوری شده و بهترین مقالات را انتخاب و به عنوان پایه علمی این نوشتار مورد استفاده قرار گرفت. از آنجایی که اطلاعات نقشه‌ها، پایه هر تحقیق زمین‌شناسی به شمار می‌رود انواع نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، زمین‌ساخت، با مقیاس‌های مختلف از منطقه و تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی جمع‌آوری و با نرم افزارهای مختلف زمین‌شناسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

### ۱-۸-۵- مطالعات صحرایی

پس از تصویب پروپزال در آبان ۱۳۹۱، مطالعات صحرایی به منظور شناسایی اولیه محدوده کانه‌زایی و چینه‌شناسی منطقه و تعیین مسیرهای پیمایش لازم صورت گرفت. با توجه به تغییرات عمودی و جانبی نهشته بوکسیت در طول بازدیدهای مکرر صحرایی، ۲ نیم‌رخ یکی عمود بر عدسی بوکسیت که توسط جاده قطع شده و حاوی بیشترین تغییرات از نظر ویژگی ظاهری کانسنگ‌ها شامل رنگ، بافت و غیره بود انتخاب که منجر به شناسایی افق‌های مختلف بوکسیت شد. و روند دیگر موازی عدسی بوکسیت انتخاب و منجر به ثبت تغییرات جانبی کانسار شد. نتیجه شواهد صحرایی منجر به آشنایی با چینه‌شناسی منطقه، بررسی تغییرات بافت و ساخت و چگونگی ارتباط با افق بوکسیتی سنگ بستر و سنگ پوش می‌باشد.

### ۱-۸-۶- مطالعات آزمایشگاهی

بعد از پیمایش لازم و نمونه‌برداری از افق‌های مختلف بوکسیت، تعداد بیش از ۱۲۰ نمونه جمع‌آوری شد که از میان آنها ۲۰ نمونه برای مطالعه مقاطع نازک به منظور شناسایی بافت و ساخت ماده معدنی. تعداد ۱۱ نمونه برای مطالعه مقاطع صیقلی جهت شناسایی کانی‌های اپک و آهن‌دار و تعداد ۱۱ نمونه جهت شناسایی کانی‌های مجهول و ۱۶ نمونه برای آنالیز ژئوشیمیایی انتخاب شدند. تهیه مقاطع نازک و صیقلی در شرکت خصوصی و کارگاه مقطع‌زنی دانشگاه دامغان و آنالیز پراش اشعه ایکس<sup>۱</sup> و فلورسانس اشعه ایکس<sup>۲</sup> در دانشگاه دامغان و سازمان زمین‌شناسی کشور و شرکت کانساران بینالود صورت گرفت.

---

1- XRD

2- XRF



## ۱-۸-۷- تجزیه داده‌ها و نگارش پایان‌نامه

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از شواهد صحرایی و شواهد پتروگرافی و کانی‌شناسی و بررسی‌های ژئوشیمی توسط اشکال، جداول و نمودارهای مختلف تفسیر شده که در فصل‌های مختلف به آن اشاره و در نهایت منتج به نگارش این پایان‌نامه شده است.

## ۱-۹- بوکسیت

### ۱-۹-۱- آلومینیوم

آلومینیوم سومین عنصر فراوان در پوسته زمین (۷/۵٪) بعد از اکسیژن (۴۶/۴٪) و سیلیس (۲۸/۲٪) می‌باشد (میس‌تریک<sup>۱</sup> و هاتوا، ۲۰۰۲). عنصر آلومینیوم به صورت آزاد در طبیعت دیده نمی‌شود زیرا دارای خاصیت واکنش پذیری بالایی است و فقط به صورت ترکیب با دیگر مواد مانند سیلیکات و اکسیدها یافت می‌شود. مهمترین منبع استخراج آلومینیوم بوکسیت‌ها هستند که به دو صورت تری-هیدرات (گیبسیت) و منوهیدرات (بوهمیت و دیاسپور) یافت می‌شوند. بوکسیت‌ها مهمترین منابع Al, Ga و حتی REE می‌باشند (کلایگری و عابدینی، ۲۰۰۷). آلومینیوم فلزی از اهمیت استراتژیک بالایی در دنیا برخوردار است و کمتر از ۱۰۰ سال است که به صورت تجاری در جهان تولید و عرضه می‌شود. تهیه آلومینیوم برای کشورهایی که دارای منابع غنی از انرژی هستند بیشتر امکان پذیر است زیرا صنعت تولید آلومینیوم نیازمند مصرف بالای برق می‌باشد. از ویژگی‌های مهم این فلز مقاومت در مقابل زنگ‌زدگی و خوردگی، هدایت گرما و الکتریسیته و وزن پایین می‌باشد که روز به روز بر کاربرد آن در صنایع مختلف افزوده می‌شود.

---

1- Mistrik

## ۱-۹-۲- بوکسیت: تعریف، شرایط تشکیل و کاربردها

### ۱-۹-۲-۱- تعریف

بوکسیت یک ماده معدنی غنی از آلومینیوم است که در نتیجه هوازدگی سنگ‌های مختلف در آب و هوای حاره‌ای با توجه به مورفولوژی و زهکشی مناسب تشکیل می‌شود. مجموع هیدروکسید و اکسیدهای آلومینیوم، تیتانیوم و آهن موجود در آن بیش از ۵۰ درصد بوده که هیدروکسید آلومینیوم بیشترین مقدار را دارا می‌باشد (باردوسی<sup>۱</sup>، ۱۹۸۲).

### ۱-۹-۲-۲- شرایط تشکیل بوکسیت

فاکتورهای مهمی که در تشکیل و حفظ بوکسیت نقش اساسی دارند عبارتند از :

#### ۱ - وضعیت آب و هوایی

درجه حرارت بالا (۲۶ درجه سانتیگراد)، آب و هوای گرم و مرطوب استوایی، بارش زیاد (بالتر از ۱۴۰۰ میلیمتر در سال) و هوازدگی شیمیایی بسیار شدید در تبدیل سنگ‌های آلومینیوم‌دار به بوکسیت بسیار مؤثر می‌باشند.

#### ۲ - پوشش گیاهی

به دلایل زیر فراوانی پوشش گیاهی در تشکیل بوکسیت مؤثر است:

الف - تخریب مکانیکی سنگ بستر توسط ریشه‌ها.

ب - ترشح ترکیبات آلی که سرعت تخریب شیمیایی را در سنگ افزایش می‌دهد.

ج - کاهش تبخیر آب توسط پوشش گیاهی.

---

1 - Bardossy

د - جلوگیری از فرسایش بوکسیت تولید شده.

۳ - ترکیب و بافت سنگ بستر :

ترکیب شیمیایی و کانی‌شناختی سنگ و نفوذ پذیری بالا دارای اهمیت است. سنگ‌های آذرین تحت اشباع مثل (نفلین سینیت‌ها)، آهک‌های رس‌دار و بازالت‌ها برای تشکیل کانسارهای بوکسیت مناسب هستند. بافت سنگ بستر بر روی تخلخل و نفوذ پذیری آن و در نتیجه سرعت تجزیه کانی‌ها مؤثر است.

۴- آبهای زیرزمینی

آبهای زیرزمینی و سطحی متحرک برای انتقال مواد محلول از محیط بسیار اهمیت دارند.

۵ - ثبات تکتونیکی

فقدان حرکات تکتونیکی باعث می‌شود که هوازدگی شیمیایی با سرعتی بیش از سرعت فرسایش انجام گیرد و در نتیجه کانسار محفوظ باقی بماند.

۶- توپوگرافی

توپوگرافی پست تا متوسط - توپوگرافی مسطح، از انتقال بوکسیت پس از تشکیل جلوگیری می‌نماید. توپوگرافی مناسب و زه‌کشی بالا بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

۷ - پوشیده شدن کانسار

پوشیده شدن کانسار به محض تشکیل توسط رسوبات بعدی، از فرسایش آن جلوگیری می‌کند.

### ۱-۹-۳ - کاربرد بوکسیت

اگرچه مدت زیادی از شناخت بوکسیت نمی‌گذرد ولی در مدت یک قرن اخیر تولید و مصرف آن روند افزایشی قابل توجهی داشته و در بیشتر شاخه‌های صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد به طور کل می‌توان کاربردهای بوکسیت را به دو دسته زیر تقسیم نمود:

۱- مصارف متالورژیکی: در حدود ۹۰-۸۵ درصد از تولیدات جهانی بوکسیت برای تولید آلومینا به کار می‌رود که مهمترین روش تولید آن از بوکسیت، سیستم بایر می‌باشد.

۲- مصارف غیر متالورژیکی: ۱۵ درصد بوکسیت به مصارف شیمیایی (تصفیه آب، سیمان، جاده‌سازی، جوشکاری و تهیه فولاد به عنوان مواد اولیه) می‌رسد.

### ۱-۹-۳ - طبقه‌بندی بوکسیت‌ها

ذخائر بوکسیت از جنبه‌های مختلفی تقسیم‌بندی شده‌اند که از آن جمله می‌توان لیتولوژی سنگ بستر، مورفولوژی، نحوه و شکل انباشتگی، موقعیت تکتونیکی و از نظر ژنتیکی نام برد. عمده‌ترین اهداف این رده‌بندی‌ها شناسایی بیشتر و ساده‌تر ذخائر بوکسیت و دستیابی سریع و اکتشاف بهتر آنها می‌باشد. لازم به ذکر است که برخی محققین در کشورهای خود بسته به نوع ذخائر موجود رده‌بندی‌های خاصی را مورد استفاده قرار می‌دهند. در این قسمت اشاره‌ای به انواع رده‌بندی‌ها و رده‌بندی (باردوسی، ۱۹۸۲)، توضیح داده خواهد شود.

### ۱-۹-۳-۱- تاریخچه طبقه‌بندی بوکسیت

فاکس<sup>۱</sup>، ۱۹۲۳، بر اساس ژنز، بوکسیت‌ها را به دو دسته لاتریتی و ترازورا طبقه‌بندی کرد. اولین بار هارازوویتز<sup>۲</sup>، ۱۹۲۶، ذخائر بوکسیت را به دو دسته سیلیکات و کربناته تقسیم کرد. در کشور شوروی سابق تقسیم‌بندی‌های متعددی برای بوکسیت بیان شده است که دارای مشکلات خاص خود می‌باشد که از ذکر آنها صرف نظر می‌کنیم. والتون<sup>۳</sup>، ۱۹۷۲، بر اساس مورفولوژی سنگ بستر بوکسیت‌ها را به دو دسته بوکسیت‌هایی که بر روی سنگ‌های آذرین و دگرگونی قرار دارند و بوکسیت‌هایی که بر روی سنگ‌های رسوبی قرار دارند تقسیم نمود. پترسون<sup>۴</sup>، ۱۹۶۷، براساس شکل انباشتگی بوکسیت‌ها را به انواع: الف- ذخائر لایه‌ای که تقریباً مسطح هستند با ضخامت متغییر و نوع ب- ذخائر بین لایه‌ای شامل لایه‌ی غیر مداوم و عدسی موجود در داخل لایه رسی و نوع ج- نوع پاکتی که ذخیره در داخل فرو افتادگی سنگ بستر مثل آهک و دولومیت جای گرفته‌اند تقسیم‌بندی نمود. تنیاکوف<sup>۵</sup>، ۱۹۷۸، بر مبنای مطالعات ژنتیکی و ژئوتکتونیک ذخائر بوکسیت را طبقه‌بندی کرد. از نظر ژنتیکی شامل: ذخائر لاتریتی، ذخائر بوکسیت با منشأ شیمیایی، ذخائر بوکسیت با منشأ هیدروترمال، ذخائر با منشأ بیوژنیک. از نظر ژئوتکتونیک: ذخائر پلاتفرم، ذخائر ژئوسینکلینال و ذخائر دشت مغاکی می‌باشند.

---

1- fox  
2- Harrazowihltz  
3 - Valetton  
4- Patterson  
5 - Tenyakov

## ۱-۹-۳-۲- طبقه‌بندی بر اساس لیتولوژی سنگ بستر

باردوسی (۱۹۸۲)، طبقه‌بندی ساده‌ای بر اساس لیتولوژی سنگ بستر ارائه نموده و بوکسیت‌ها را به سه گروه کلی تقسیم نموده که شامل:

**ذخائر لاتریتی:** این ذخائر صرفاً روی سنگ‌های آلومینوسیلیکاته آذرین و دگرگونی، در نتیجه هوازدگی در آب و هوای گرم حاره‌ای پدید می‌آیند.

**ذخائر کارستی:** این ذخائر بر روی فرو افتادگی‌های سنگ‌های کربناته ایجاد می‌شوند.

**ذخائر نوع تیخون:** به صورت دگرشیب بر روی سنگ‌های آلومینوسیلیکاته بدون این که ارتباط ژنتیکی با سنگ‌های زیرین داشته باشد قرار دارد به صورتی که این مواد به این محل حمل شده‌اند.

به دلیل این که تقریباً اکثر ذخائر بوکسیتی ایران از نوع کارستی می‌باشند به بررسی بیشتر این نوع از بوکسیت‌ها می‌پردازیم. باردوسی ذخائر بوکسیت کارستی را به انواع: قزاقستان، آریج<sup>۱</sup>، سالنتو<sup>۲</sup>، تولسک<sup>۳</sup>، مدیترانه‌ای و تیمان<sup>۴</sup> تقسیم نمود که به بررسی هرکدام می‌پردازیم. درجدول (۱-۱)، مشخصات کاملتری از این تقسیم بندی ارائه شده است.

### ۱ - ذخائر نوع قزاقستان

این نوع ذخائر اولین بار در قزاقستان مشاهده شد و ویژگی مهم آنها وجود عدسی‌های فراوان بوکسیت داخل مواد رسی و ماسه‌ای، سیلتی و ذغالسنگ است. بیشتر این ذخائر دارای بستر آهکی با کارستی شدن متوسط می‌باشد.

---

1- Ariege

2- salento

3- Tulsk

4- Timan

## ۲- ذخائر نوع آریج

در قسمت پایین این ذخائر مواد رسی و مارن وجود دارد که به تدریج به بوکسیت تبدیل می‌شود. از نظر مورفولوژیکی این ذخائر بیشتر عدسی شکل و حجم اصلی سنگ میزبان آن را ماسه‌سنگ و رس - سنگ تشکیل می‌دهد مانند ذخائر یوگوسلاوی.

## ۳- ذخائر نوع سالنتو

این ذخائر از قطعات حمل شده بوکسیت و مواد رسی به عنوان ماتریکس تشکیل شده است که در حقیقت از فرسایش بوکسیت و مواد همراه، ضمن مخلوط شدن در مسیر حمل و نقل به وجود آمده- اند مانند بخشی از ذخائر چین و ایتالیا.

## ۴- ذخائر تولسک

این ذخائر دارای مشخصه ژئوشیمیایی همگن در تمامی قسمت‌های خود بوده، فاقد تیتان و شکل خاصی می‌باشند.

## ۵- ذخائر نوع مدیترانه‌ای

این نوع ذخائر بیش از ۷۰ درصد بوکسیت‌های کارستی را در بر می‌گیرند. این ذخائر از نظر سنگ شناسی، همگن و حاوی بوکسیت مرغوب می‌باشد و لایه‌های آهکی و آواری کمتری در آنها دیده می‌شود. بیشتر این ذخائر در بستر آهکی مربوط به محیط کم عمق و ریف یافت می‌شوند. عمل کارستی شدن می‌تواند قبل یا همزمان یا بعد از بوکسیت زایی نیز صورت بگیرد. وجود مواد رسی در سنگ بستر باعث کاهش قابلیت نفوذ آب شده در نتیجه عمل کارستی شدن خیلی ملایم می‌شود یکی از

شواهد کارستی شدن تشکیل برش زیر ماده معدنی<sup>۱</sup> است که شامل قطعات گوشه‌دار سنگ آهک یا دولومیت که با ماتریکس بوکسیت به هم چسپیده است. پوشش ذخائر بوکسیتی عدسی شکل در نتیجه فشرده شدن بوکسیت در اثر فشار مواد بالایی یا ادامه کارستی شدن هم زمان با بوکسیتی شدن سبب ایجاد حالتی نعلبکی شکل می‌شود. در نتیجه ضخامت در وسط فروافتادگی در مرکز آن چند متر بیشتر می‌شود. وجود این حالت معیار مناسبی برای پی‌جویی بوکسیت‌های مدفون می‌باشد. (شهریاری، ۱۳۶۵) چنین حالتی را در بوکسیت‌های تویه‌دروار گزارش نموده است. در مورد رخساره سنگ پوش بوکسیت‌ها می‌توان گفت این ذخائر در اکثر موارد توسط یک سکانس پیشرونده پوشیده شده‌اند، به صورتی که از محیط دریاچه‌ای آب شیرین یا مردابی شروع و به محیط شور لاگون و سپس محیط دریایی عمیق ختم می‌شوند، مانند گروه شمشک در البرز (سید امامی و همکاران، ۲۰۰۹).

بوکسیت‌های مدیترانه‌ای به صورت‌های مختلف در بستر کربناته قرار می‌گیرند مانند :

**نهشته‌های رشته‌ای:** طول ماده معدنی چندین برابر عرض آن است

**نهشته‌های حوضه‌ای:** طول و عرض یکسان است ولی در منطقه کانه زایی پراکنده هستند. بیشترین ذخائر مدیترانه‌ای از این نوع هستند.

**ذخائر لایه‌ای شکل:** این ذخائر بزرگترین ذخائر بوکسیت کارستی را تشکیل می‌دهند و طول آنها ممکن است به چند کیلومتر برسد.

**ذخائر بلانکت:** مخصوص ذخائر جوان بوده معمولاً بدون پوشش در اعماق بسیار کم قرار گرفته‌اند مانند ذخائر بوکسیت جامائیکا.

---

1- under ore breccias



**ذخائر عدسی شکل:** بیشتر ضخامت در قسمت میانی و به اطراف از ضخامت آن کاسته می‌شود مانند ذخائر بوکسیت مجارستان.

**ذخائر گرابنی:** در حقیقت در فرو افتادگی‌های ناشی از حرکات تکتونیکی و گسل‌ها پدید می‌آیند.

**ذخائر دره‌ای شکل:** ذخیره در دره‌های قدیمی مدفون شده‌اند و معمولاً نادر هستند.

**ذخائر قیفی شکل:** این ذخائر در فروافتادگی‌های مخروطی شکل قرار می‌گیرند.

**ذخائر کیسه‌ای:** در فروافتادگی‌های پراکنده جای می‌گیرند.

## ۶- ذخائر نوع تیمان

این نوع ذخیره علاوه بر بوکسیت مقدار زیادی سنگ رسی - سیلتی - ماسه‌سنگی و همچنین کنگلومرا به همراه دارند و بیشتر به صورت لایه‌ای شکل می‌باشند که بستر آهکی دچار کارستی شدن ضعیف است.

جدول ۱-۱- مشخصات انواع بوکسیت های کارستی (باردوسی، ۱۹۸۹).

| تیپ کانسار                       | مهمترین مشخصات                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱ قزاقستان<br>(Kazakhstan)       | ۱- ناپیوستگی زاویه‌ای بین بوکسیت و سنگ بستر وجود دارد. ۲- سطح سنگ بستر بطور متوسط تا شدید کارستی شده است. ۳- این کانسارها بوسیله رسوبات دوران چهارم زمین شناسی پوشیده شده و یا اساساً بدون پوشش هستند. ۴- در این کانسارها عدسیه‌های بوکسیتی در داخل مواد رسی، ماسه ای، سیلتی، رسهای آهکی، لیگنیت و ماسه رسی می‌باشد که از نظر منشأ مرتبط با این مواد هستند. ۵- در اغلب موارد سنگهای آواری بصورت بین لایه‌ای در سنگهای کربناته بستر دیده می‌شوند                                                                                                             |
| ۲ آریج<br>(Ariege)               | ۱- دارای ساختمان دو قسمتی می‌باشند. قسمت پایین از مواد رسی و بندرت از مارن و مارنهای رسی تشکیل شده که به طرف بالا بدون یک مرز مشخص از بوکسیت رسی به بوکسیت تبدیل می‌شوند. ۲- از نظر مورفولوژیکی بیشتر بصورت عدسی شکل می‌باشند. ۳- این ذخائر در نتیجه لاتریتی شدن در جازای رسها یا مارنهای رسی بوجود آمده‌اند.                                                                                                                                                                                                                                               |
| ۳ سالنتو (Salento)               | ۱- کانسارهای ثانویه کوچک و با فاصله زیاد از یکدیگر هستند. ۲- منشأ آواری داشته و واریزه های بوکسیتی در یک زمینه رسی قرار دارند.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ۴ تولسک<br>(Tulsk)               | ۱- این کانسارها دارای وضعیت ژئوشیمیایی همگن در تمام قسمت‌ها می‌باشند. ۲- مقدار $Ti$ در این کانسارها صفر یا نزدیک به صفر می‌باشد. ۳- این کانسارها فاقد شکل هندسی مشخص می‌باشند. ۴- کانسنگ‌های این کانسارها از نظر رنگ فاقد رنگ‌های قرمز، بنفش و سبز بوده و عمدتاً به رنگ‌های سفید و خاکستری دیده می‌شوند. ۵- تنها کانی آلومینای آزاد در این کانسارها گیبسیت، گوتیت تنها فاز آهن دار و کائولینیت و هالوویت تنها فازهای رسی گزارش شده می‌باشند.                                                                                                                |
| ۵ مدیترانه‌ای<br>(Mediterranean) | ۱- این کانسارها خیلی به ندرت حاوی میان لایه‌هایی از آهک‌های درجا می‌باشند. ۲- مواد آلی نیز در مقادیر کم در این کانسارها وجود دارد. ۳- سنگ بستر این کانسارها اغلب سنگهای کربناته مانند سنگ آهک، آهک دولومیتی و دولومیت می‌باشند. ۴- سنگ پوشش این کانسارها تغییرات سنگ شناختی وسیعی نسبت به سنگ بستر دارد و شامل رسهای چند رنگ، زرد، قرمز و خاکستری، تناوب رس و ماسه سنگ، سنگ آهک، ماسه سنگ، دولومیت، شیل و یا تناوبی از آنها می‌باشد. ۵- این کانسارها حاوی مقادیر قابل توجهی رس‌های بوکسیتی می‌باشند. ۶- تنوع رنگ در کانسنگ‌های این کانسارها بسیار شدید است. |
| ۶ تیمان<br>(Timan)               | ۱- سنگ بستر این ذخائر عمدتاً آهک‌های رسی کم‌عمق و سنگ پوشش آنها شامل رس‌های کربناته سیاه یا خاکستری تیره همراه با عدسی‌هایی از ذغال سنگ می‌باشد. ۲- کمپلکس بوکسیتی این نوع کانسارها علاوه بر بوکسیت و رس بوکسیتی شامل مقدار قابل توجهی رسوبات رسی آواری هستند                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## ۱۰-۱- کلیاتی در مورد بافت و ساخت در بوکسیت‌ها

بافت عبارتست از شکل، اندازه و نحوه قرارگیری اجزای سازنده کانسنگ. باردوسی (۱۹۸۹) اجزای تشکیل دهنده بافت در بوکسیت‌ها را به دو دسته کلی تقسیم نموده است که شامل :

۱- **واحدهای بافت‌ساز زمینه:** شامل سیمان که باعث چسبندگی اجزاء می‌گردد و ماتریکس که بر حسب اندازه دانه‌ها به چهار گروه تقسیم می‌شوند. الف - ماتریکس پلیتومورفیک (کمتر از ۱۰ میکرون)، ب- ماتریکس گرانولار (۵ میکرون)، ث- ماتریکس پاتیومورفیک (۱۰۰ میکرون)، ج- ماتریکس ماکروکریستالین (بیش از ۱۰۰ میکرون).

۲- **واحدهای بافت‌ساز متمایز:** شامل کانی‌ها، قطعات و ساخت‌های متمرکز (ندول و غیره ....) - کانی‌ها شامل: کانی‌های درجا‌زا که نشانی از انحلال در آنها دیده نمی‌شود و کانی‌های آواری که حاصل فرسایش و حمل و نقل به محیط هستند.

- **قطعات شامل:** خرده‌های کانسنگ بوکسیتی که در ابعاد مختلف بوده و آثار جابجایی و حمل و نقل را نشان می‌دهند.

- **ساخت‌های متمرکز شامل:** اوئیدها، پیزوئیدها، ندول‌ها و کنکرسیون‌ها که در شرایط خاصی داخل مجموعه تشکیل شده اند .

مهمترین بافت‌های مشاهده شده در بوکسیت‌ها عبارتند از:

الف - **بافت‌های درجا‌زا شامل:** میکروگرانولار، پلیتومورفیک، کلوفرمی، اوئیدی، پیزوئیدی، ندولار و پسودو برش.

ب - **بافت‌های نابرجا شامل:** میکروکلستیک، آرنایتی، دانه گرد، کنگلومرای و برشی

## ۱-۱۱ - پراکندگی زمانی و مکانی بوکسیت‌های ایران

به طور کلی پراکندگی کانسارهای ایران در ۵ افق زمانی صورت گرفته که شامل پرمین، پرموتریاس، تریاس، تریاس - ژوراسیک، کرتاسه می‌باشد که افق پرموتریاس با ۳۶ درصد بیشترین پراکندگی را به خود اختصاص داده است (سهیلی‌نیا، ۱۳۸۳). بوکسیت‌زایی در ایران از نظر زمانی و مکانی با توجه به خصوصیات چین‌شناسی شامل موارد زیر می‌باشد:

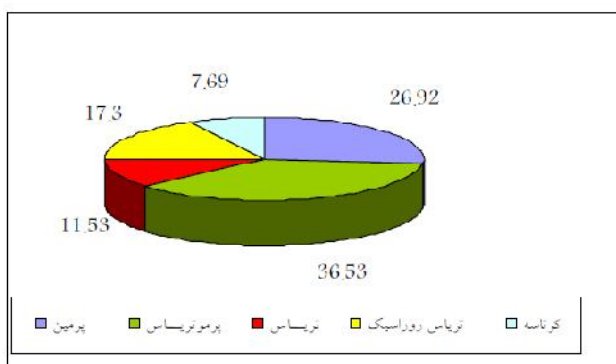
۱ - **بوکسیت پرمین:** در زمان پرمین خشکی‌های زیادی از ایران مانند زاگرس، ایران مرکزی و البرز پوشیده از دریا بود و حرکات شاقولی آن سبب پسروری و پیشروی دریا می‌شده است. در زمان پیشروی، کربنات‌ها و در زمان پسروری، رسوبات آواری کم‌عمق بر جای می‌ماند. همراه این چرخه‌های فرسایشی کانسارهای زیادی نهشته شده‌اند که از جمله می‌توان به کانسار بوکسیت افق a جاجرم، کانسار بوکسیت شمال یزد و کانسار بوکسیت منطقه چکچک کرمان اشاره نمود.

۲ - **بوکسیت پرمو - تریاس:** این نهشته‌ها در فاصله زمانی بین پرمین و تریاس بین دو سازند روته و الیکا ایجاد شده‌اند از جمله مهمترین آنها می‌توان ناحیه دوپلان چهار محال بختیاری، قشلاق و غیره .. را نام برد.

۳ - **بوکسیت تریاس:** بین تریاس میانی و بالایی ضمن رویداد مهم کوهزایی سیمین پیشین اتفاق افتاده است. مانند بوکسیت‌های منطقه غرب یزد.

۴ - **بوکسیت تریاس - ژوراسیک:** تمامی این بوکسیت‌ها بر روی سازند الیکا و زیر سازند شمشک قرار دارند که احتمالاً مربوط به نبود بازه زمانی لادنین و کارنین در تریاس بالایی می‌باشد. از جمله این کانسارها می‌توان به بوکسیت جاجرم افق B، بوکسیت گانوه، بوکسیت شه‌میرزاد و بوکسیت تاش اشاره نمود.

۵ - **بوکسیت کرتاسه:** این بوکسیت‌ها بین سازند سروک و ایلام از گروه بنگستان واقع شده‌اند و تنها در پهنه ساختاری زاگرس گزارش شده‌اند، مانند بوکسیت سرفاریاب (شکل ۱-۵).

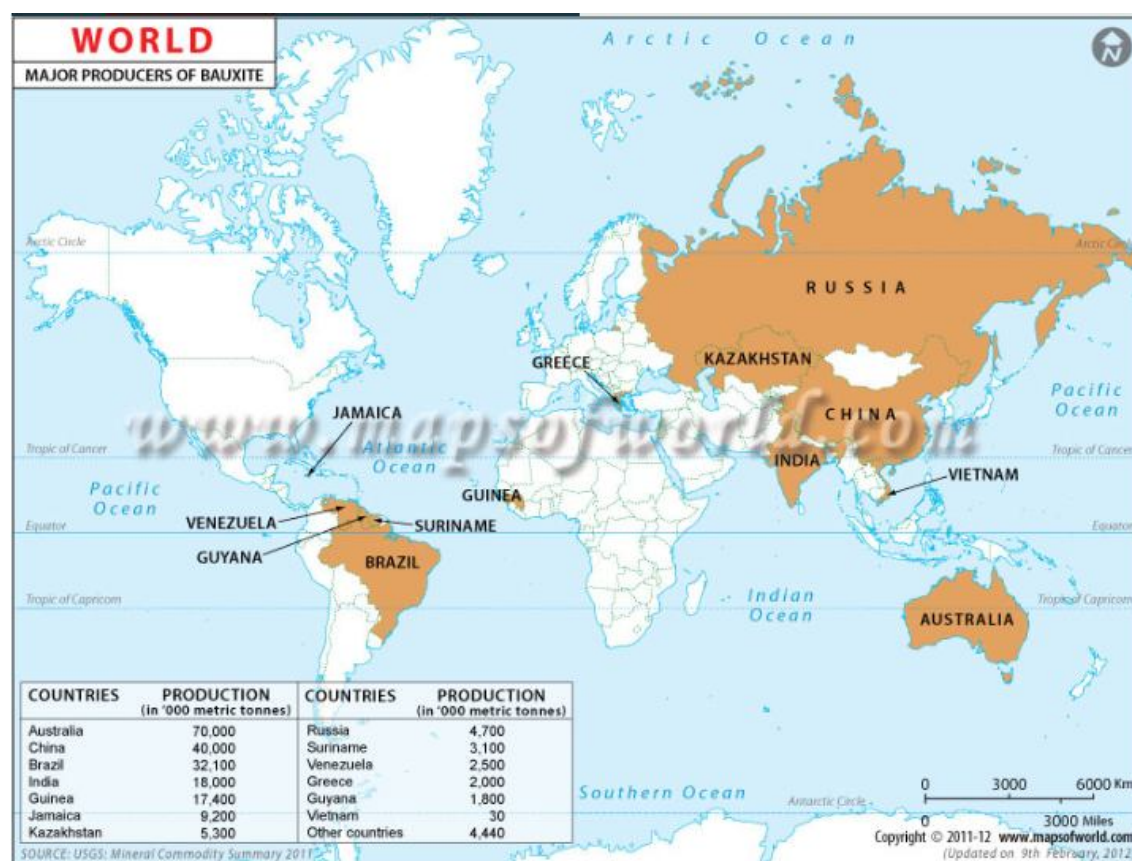


شکل ۱-۵ - نمودار فراوانی بوکسیت‌های ایران در زمان‌های مختلف زمین‌شناسی (سهیلی نیا، ۱۳۸۳)

#### ۱۲-۱- ذخائر جهانی بوکسیت و مهمترین کشورهای تولید کننده و وارد کننده آلومینیوم.

کانیهای آلومینیوم‌دار به گونه‌ای وسیع در سراسر جهان پراکنده است که ۸ درصد کل مواد تشکیل دهنده پوسته زمین را دربر می‌گیرد. ۹۶ درصد آلومینیوم جهان از ذخائر بوکسیتی آن تأمین می‌شود. منابع بوکسیت که ماده اولیه تولید آلومینیوم می‌باشد در همه مناطق جهان وجود ندارند. فقط ۷ منطقه غنی از بوکسیت در جهان وجود دارد که شامل: آفریقای غربی و مرکزی (عموماً گینه)، آمریکای جنوبی (برزیل، ونزوئلا و سورینام)، کارائیب (جامائیکا)، اقیانوسیه و آسیای جنوبی (استرالیا و هند)، چین، منطقه مدیترانه (یونان و ترکیه) و روسیه است. سه چهارم ذخائر بوکسیت جهان به کشورهای در حال توسعه و اصولاً کشورهایی که در مناطق حاره‌ای قرار گرفته‌اند تعلق دارد، عمده کشورهایی که منابع معدنی بوکسیت را در اختیار دارند مهم‌ترین تولیدکنندگان پودر آلومینا در دنیا نیز محسوب می‌شوند. ۹۰ درصد استخراج بوکسیت از طریق روباز انجام می‌شود، هم‌اکنون بوکسیت در ۲۶ کشور تولید می‌شود و از مجموع ذخایر جهانی بوکسیت، ۳۳ درصد در آمریکای جنوبی، ۲۷ درصد در آفریقا، ۱۷ درصد در آسیا، ۱۳ درصد در اقیانوسیه و ۱۰ درصد باقیمانده در سایر مناطق جهان پراکنده‌اند (شکل ۱ - ۶). در بین کشورهای صادرکننده بوکسیت، استرالیا در رتبه اول قرار

دارد و در بین کشورهای وارد کننده بوکسیت، کشورهای ایرلند و اوکراین به ترتیب در رتبه اول و دوم قرار دارند و کشورهای اسپانیا، ایتالیا و آلمان در مکان‌های بعدی جای گرفته‌اند. هم‌اکنون چین بزرگ‌ترین تولیدکننده آلومینیوم جهان است. ذخایر جهانی آلومینیوم به سه شکل عمده ذخائر بورس فلز، ذخایر کشورها و ذخایر استراتژیک دسته‌بندی می‌شوند. ذخائر بورس فلز در حال حاضر، توسط بورس فلز لندن، بورس فلز شانگهای چین و بورس فلز توکیو ژاپن کنترل می‌شود. ذخائر کشورها در دست بازرگانان مصرف کنندگان و تولید کنندگان است.



شکل ۱-۶- مهمترین کشورهای تولید کننده بوکسیت به نقل از ( زالازار و مکنات، ۲۰۱۲)

# فصل دوم

زمین‌شناسی منطقه

## ۲-۱- مقدمه

در شناخت کامل یک رخداد کانه‌زایی بررسی زمین‌شناسی عمومی و ناحیه‌ای و تاریخ تحولات ساختاری و سرگذشت چین‌های منطقه مورد مطالعه امری اجتناب ناپذیر است. به همین منظور فصل دوم این نوشتار به این امر اختصاص یافته است. در این فصل ابتدا به صورت مختصر در مورد جایگاه زمین‌شناسی ایران و پهنه‌بندی‌های مختلف آن با تمرکز بر زون البرز بحث می‌کنیم و در ادامه به بررسی چین‌شناسی و ارتباط سازندهای موجود با رخداد کانه‌زایی، شناسایی فازهای کوهزایی مؤثر در منطقه و سیر تکاملی تحولات ساختاری حاکم بر منطقه، آشنایی با وضعیت زمین‌شناسی اقتصادی منطقه و در نهایت به بررسی وضعیت جغرافیایی دیرینه منطقه می‌پردازیم.

## ۲-۲- جایگاه زمین‌شناسی ایران از دیدگاه زمین ساخت جهانی

ایران از دیدگاه زمین‌ساخت جهانی، بخشی از کمربند کوه‌زایی آلپ-همیالیا به شمار می‌آید. این کمربند از شرق اقیانوس اطلس تا غرب اقیانوس آرام گسترش دارد. زمین‌شناسان اروپایی و آسیایی پیدایش این کمربند را در پیوند با دریای بزرگی به نام تتیس می‌دانند که دارای روند شرقی- غربی بوده و بین دو قاره بزرگ گندوانا و اوراسیا وجود داشته است. در نتیجه به هم رسیدن این دو قاره و بسته شدن تتیس، رشته کوه آلپ-همیالیا تشکیل شده است (آقانباتی، ۱۳۸۳). در طی مطالعات زمین‌شناسی ایران بر اساس فرایندهای ساختاری، فعالیت ماگماتیسم و دگرگونی، شکل حوضه رسوبی و روند حاکم بر حوضه‌های رسوبی، نوع پوسته قاره‌ای یا اقیانوسی زون‌بندی‌های مختلفی توسط اشتوکلین (۱۹۶۸)، نبوی (۱۳۵۵) افتخار نژاد (۱۳۵۹)، بربریان و کینگ (۱۹۸۱) ارائه شده است. به نظر آقانباتی (۱۳۸۳) با توجه به عوامل یاد شده و الگوی ساختاری و همچنین تلفیق و جمع‌بندی دیدگاه‌های گوناگون، ایران را به سه پهنه اصلی زیر تقسیم نمود<sup>۱</sup> - پهنه ایران شمالی (ورقه توران)

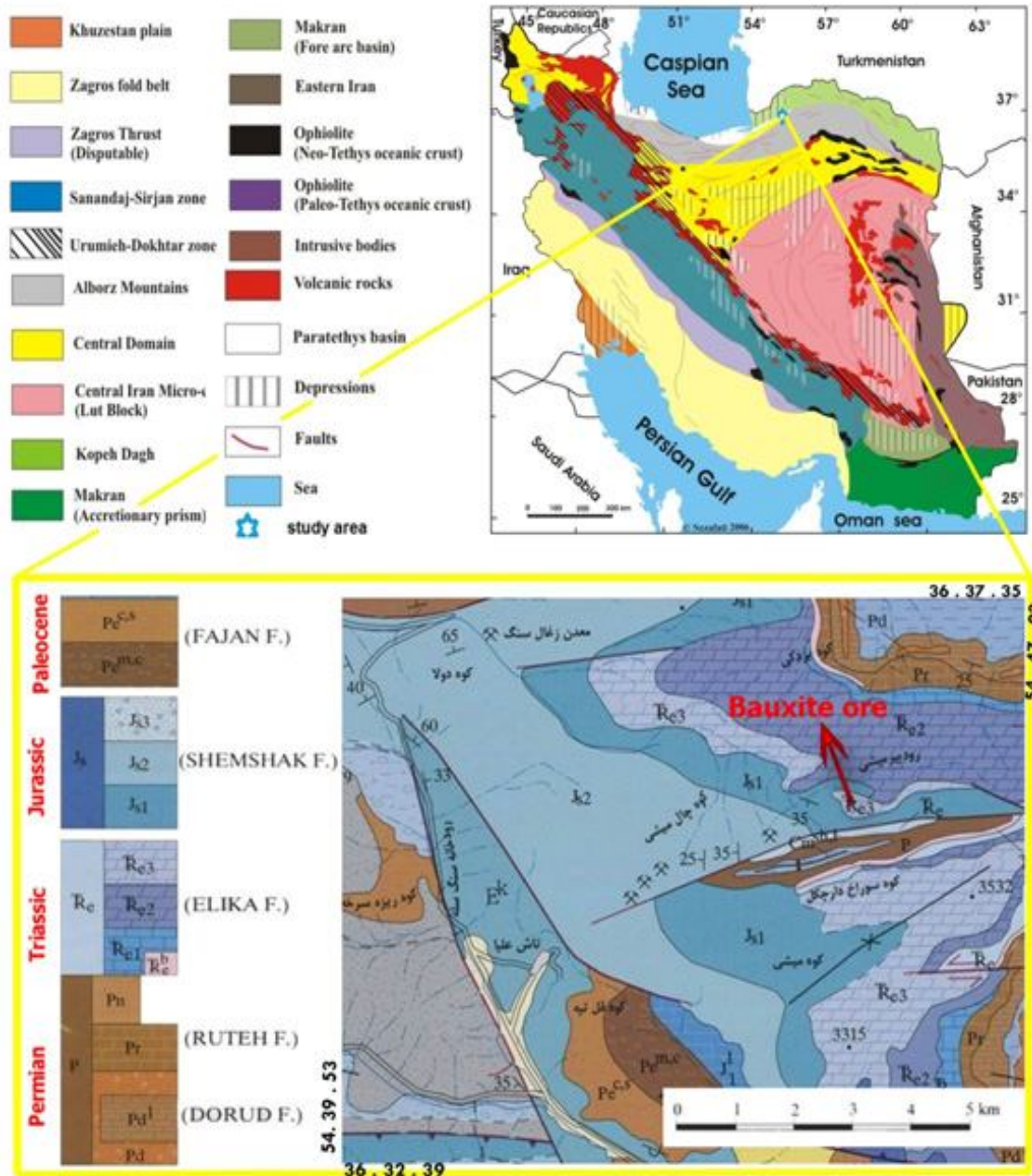


شامل زیر پهنه حوضه کششی خزر جنوبی و پهنه فشارشی کپه داغ ۲- پهنه ایران میانی (ورقه ایران) شامل زیر پهنه‌های سنندج - سیرجان، البرز - آذربایجان، زون تبریز - ساوه، زون سبزوار، خرد قاره ایران مرکزی، کوه‌های شرق ایران ۳- ایران جنوبی ( ورقه زاگرس ) شامل زاگرس رورانده، زاگرس چین خورده، فروافتادگی دزفول و دشت آبادان.

رشته کوه البرز با طولی معادل ۲۰۰۰ کیلومتر بخشی از قسمت شمالی رشته کوه آلپ - هیمالیا به شمار می‌رود (علوی، ۱۹۹۶). مجموعه البرز با ساختاری کشیده و راستای کلی شرقی - غربی به سه بخش شرقی، مرکزی و غربی تقسیم می‌شود. در البرز غربی روند عناصر ساختاری (گسل‌ها و چین‌خوردگی‌ها) شمال غربی - جنوب شرقی و در البرز شرقی این روند به صورت جنوب غربی - شمال شرقی تغییر می‌کند این دو روند در البرز مرکزی با یکدیگر تلاقی می‌کنند و روند شرقی - غربی به خود می‌گیرند. رخساره سنگی البرز، اغلب از نوع سکویی است و سنگ‌های پرکامبرین پسین تا کواترنر را می‌توان در این رشته‌کوه مشاهده نمود. البته وقفه‌های رسوبی و ناپیوستگی‌های هم شیب و زاویه‌دار زیادی در برهه‌هایی از پالئوزوئیک و مزوزوئیک در این زون دیده می‌شود (نبوی، ۱۳۵۵). همچنین گسل خوردگی و چین خوردگی باعث برهم خوردگی سازندهای موجود در این پهنه شده است.

## ۲-۳- موقعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ایران میانی و در پهنه البرز - آذربایجان، قسمت حاشیه جنوبی البرز شرقی، بخش مرکزی چهارگوش ۱/۲۵۰۰۰۰ گرگان، ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ علی‌آباد و در دامنه کوه شاهوار قرار گرفته است (شکل ۲-۱).



شکل ۱-۲ - موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه زمین شناسی ساختاری ایران (نبوی، ۱۳۵۵ و اشتوکلین، ۱۹۶۸)

و موقعیت کانسار بوکسیت تاش در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ علی آباد (زمانی و کریمی، ۱۳۸۳)

## ۲-۴- زمین‌شناسی منطقه

البرز شرقی از دیرباز مورد توجه زمین‌شناسان با گرایش‌های مختلف بوده که به مدد تلاش‌های آنها اطلاعات مهمی از سرگذشت این منطقه از ایران به دست آمده است. براساس نقشه زمین‌شناسی ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ علی‌آباد، واحدهای زمین‌شناسی رخنمون یافته در منطقه محدوده سنی بین اردوویسین پسین تا ائوسن میانی را در بر می‌گیرند که شرح مختصری از آنها در دو مقیاس ناحیه‌ای و منطقه‌ای (محدوده کانسار) ارائه می‌گردد.

## ۲-۵- چینه‌شناسی در محدوده ناحیه‌ای

بر اساس اطلاعات چینه‌شناسی سازندهای موجود در منطقه تاش از قدیم به جدید شامل: سازند ابرسج، سازند بازالتی سلطان‌میدان، پاده‌ها، خوش‌ییلاق، مبارک، درود، روته، الیکا، تیزکوه، زیارت و فجن می‌باشند که به اطلاعات کلی، جایگاه، سن و نحوه رخنمون آنها در منطقه اشاره می‌کنیم (شکل ۲-۲).

### - سازند محلی ابرسج:

قدیمی‌ترین سازند موجود در منطقه سازند محلی ابرسج می‌باشد که اولین بار توسط (شهرابی، ۱۳۶۹) در نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ گرگان معرفی شده است. سن این سازند غیر رسمی اردوویسین بالایی با لیتولوژی ماسه‌سنگ - شیل سبز تا خاکستری و شیل سیلیسی می‌باشد. مرز زیرین آن شیل‌های ( اردوویسین زیرین) و مرز بالایی آن به صورت همشیب توسط سازند بازالتی سلطان‌میدان پوشیده شده است ( کاظمی حسنوند و همکاران، ۱۳۹۱). این سازند در جنوب منطقه تاش در زیر کوه شاهوار در مسیر نکارمن - تاش دیده می‌شود.

#### - سازند بازالتی سلطانمیدان:

سازند سلطانمیدان اولین بار توسط (ژنی،<sup>۱</sup> ۱۹۷۷) معرفی شد. سنگ‌های در بر گیرنده این سازند طیفی از سنگ‌های بازالتی تا آندزیتی هستند که در پلاتفرم دریایی فوران کرده است (جعفریان، ۱۳۸۸). به لحاظ چین‌شناسی به طور همشیب بر روی سازند ابرسج و با ناپیوستگی فرسایشی توسط سازند پاده‌ها پوشیده شده است. این مجموعه بازالتی شامل انباشتگی جریان‌های متعدد گدازه‌ای بازالتی - آگلومرا - توف و شیل می‌باشد (درخشی و همکاران، ۱۳۹۱). این سازند در شرق منطقه تاش و در شمال روستای نکارمن، ابرسج و میغان رخنمون دارد.

#### - سازند پاده‌ها:

سازند پاده‌ها نخستین بار در کوه‌های درنجال شیرگشت معرفی شده و به طور وسیع در ایران مرکزی و البرز شرقی شناسایی شده است (حسینی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۳). سن این سازند دونین زیرین و شامل کوارتزیت‌های سفید و قرمز رنگ همرا سیلتستون می‌باشد. اهری پور و همکاران (۲۰۱۰)، این سازند را به سه بخش شامل: بخش اول مرز ناپیوسته با بازالت سلطانمیدان که دارای قطعات آتشفشانی است و بخش دوم ماسه سنگ‌های کوارتز آرنایتی سفید رنگ و بخش سوم سنگ‌های سیلیکاته آواری با میان لایه‌های کربناتی تقسیم نمود. این سازند در منطقه نکارمن و روستای ابرسج و میغان برونزدگی دارد که به صورت ناپیوستگی هم شیب توسط سنگ‌های آواری قرمز رنگ سازند خوش ییلاق پوشیده شده است.

#### - سازند خوش ییلاق:

این سازند اولین بار توسط بزرگ نیا (۱۹۷۳) در گردنه خوش ییلاق با سنی معادل دونین میانی تا پسین معرفی شد. سازند خوش ییلاق در منطقه مورد مطالعه از چهار عضو شامل میغان، تیل آباد، شاهوار و سرچشمه تشکیل شده است (بیرون رو، ۱۳۷۹). این سازند به صورت همشیب و تدریجی به سازند مبارک تبدیل می شود. سازند خوش ییلاق در منطقه مورد مطالعه یکی از بزرگترین و ضخیم ترین ردیف های دونین در البرز شرقی است که در ناحیه ابرسج، نکارمن، میغان و دامنه شرقی کوه شاهوار به وضوح رخنمون دارد .

#### - سازند مبارک:

اولین بار توسط اسرتو<sup>۱</sup> (۱۹۶۳) معرفی شد و مقطع اصلی آن در شمال دهکده مبارک آباد قرار دارد سن آن کربنیفر پیشین می باشد. لیتولوژی غالب آن شامل ماسه سنگ کوارتزیتی و شیل خاکستری و سنگ آهک می باشد. در منطقه تاش سازند مبارک بر روی آهک و مارن های واحد ۳ خوش ییلاق (عضو شاهوار) به صورت هم شیب قرار دارد. در محدوده مورد مطالعه در ارتفاعات شاهوار دیده می شود.

#### - سازند درود:

این سازند اولین بار توسط اسرتو (۱۹۶۳) در روستای درود معرفی و دارای لیتولوژی، ماسه سنگ قرمز - سنگ آهک فوزولین دار و به سن پرمین پیشین می باشد. این سازند به صورت ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند مبارک و به صورت همشیب زیر سازند روته قرار دارد. در جنوب محدوده کانه زایی بوکسیت به وضوح قابل مشاهده می باشد.

---

1- Assereto

#### – سازند روته:

این سازند اولین بار توسط اسرتو (۱۹۶۳) معرفی و سن آن پرمین میانی تعیین گردید. لیتولوژی غالب آن آهک بایوژنیک به رنگ خاکستری و تیره است. بررسی رخساره‌ای این سازند در البرز شرقی نشان می‌دهد این سازند در یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ هم‌شیب نهشته شده است (موسوی و نوروزی، ۱۳۸۸). این سازند در منطقه به صورت هم‌شیب بر روی ماسه سنگ‌های خاکستری درود و در زیر آهک و دولومیت‌های ضخیم لایه الیکا جای گرفته و با یک افق بوکسیتی از الیکا جدا می‌شود.

#### – سازند الیکا:

این سازند اولین بار توسط گلوس<sup>۱</sup> (۱۹۶۵) به سن تریاس پیشین تا تریاس پسین معرفی شد. این سازند از ترادف‌های آهک و دولومیت تشکیل شده است. آقانیاتی این سازند را به سه بخش شامل پاره سازند پایینی، پاره سازند میانی و پاره سازند بالایی تقسیم نمود. لیتولوژی غالب پاره سازند پایینی شامل آهک‌های نازک لایه و مارن همراه با ساخت‌های کرم مانند همراه با فسیل کلارایا که به صورت غیر رسمی، آهک‌های ورمیکوله نامیده می‌شود می‌باشد. پاره سازند میانی شامل کربنات‌های دولومیتی، آهک ضخیم لایه روشن رنگ و کوه‌ساز که به دولومیت‌های الیکا معروف می‌باشد. پاره سازند بالایی: شامل سنگ آهک سفید رنگ ریزدانه و ضخیم‌لایه که به صورت غیر رسمی بخش آهک ورسک نامیده می‌شود. این سازند در منطقه بعد از سازند شمشک بیشترین رخمون را دارا می‌باشد.

---

1- Glaus

#### - سازند شمشک:

این سازند اولین بار توسط اسرتو (۱۹۶۳) معرفی و سن آن تریاس پیشین تا ژوراسیک تعیین گردید. (آقانباتی، ۱۳۷۷) باتوجه به ویژگی‌های چینه‌شناسی، این واحد سنگ چینه‌ای را در مرتبه گروه شمشک قرار داد. در منطقه از روستای تاش تا محدوده معدن بیش از همه این سازند خود نمایی می‌کند.

#### - سازند لار:

این سازند اولین بار توسط اسرتو (۱۹۶۳) معرفی و سن آن نئوکومین تعیین شده است. لیتولوژی غالب آن آهک نازک‌لایه تا توده‌ای حاوی ندول‌ها و نوارهای نازک‌لایه از چرت می‌باشد. این سازند در محدوده کانسار مشاهده نمی‌شود ولی در غرب روستای تاش از گسترش زیادی برخوردار و معادن سرب و روی مجن نیز از آن استخراج می‌شود (محمودی نیا، ۱۳۸۹).

#### - ردیف‌های آهکی کرتاسه:

شامل طبقات آهکی ضخیم‌لایه حاوی فسیل رودیست و اوربیتولین است که به صورت هم شیب و تدریجی روی طبقات آهکی لار و به صورت ناپیوسته زیر سازند فجن قرار دارد (فردوست، ۱۳۸۰).

#### - سازند فجن:

این سازند اولین بار توسط دلنباخ<sup>۱</sup> (۱۹۶۴) در شرق تهران معرفی و از نظر سنی معادل پالئوسن است. سازند فجن در منطقه از قطعات سنگهای رسوبی آواری قرمز رنگ عمدتاً کنگلومرا و ماسه سنگ و به سمت بالا ذرات دانه درشت و ضخیم لایه تشکیل شده است. بر اساس مطالعات صحرایی در حالت کلی می‌توان گفت روستای تاش، باغات و زمین‌های کشاورزی بر روی آن واقع شده است.

---

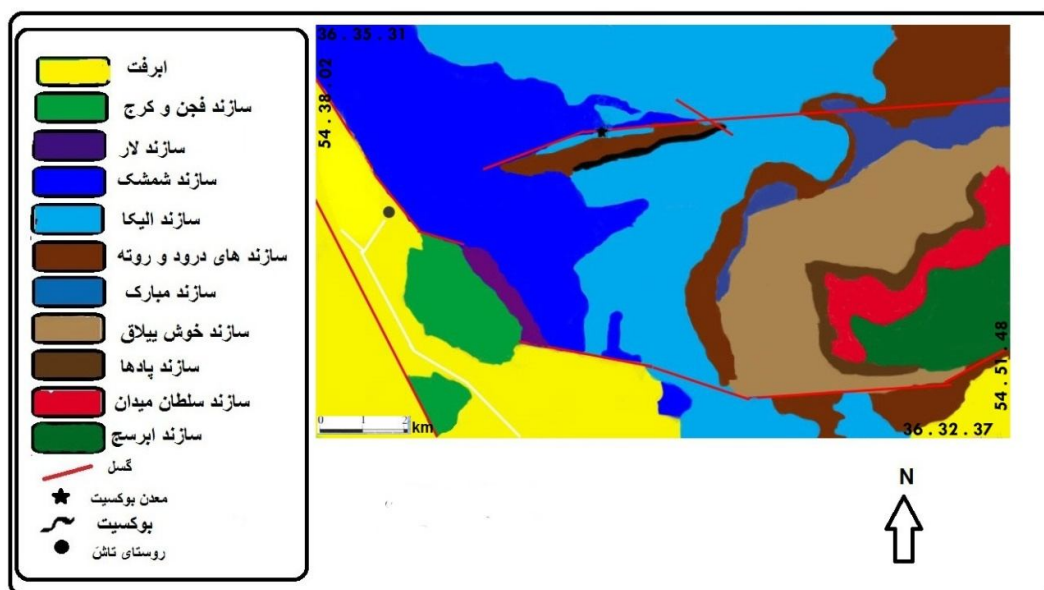
1- Dellenbach

#### - سازند زیارت:

این سازند اولین بار توسط دلنباخ ( ۱۹۶۴) در شرق تهران به سن پالئوسن - ائوسن میانی معرفی شد. این سازند در محدوده معدن بوکسیت دیده نمی شود .

#### - سازند کرج:

سازند توفی کرج اولین بار توسط ددوال<sup>۱</sup> (۱۹۶۷) معرفی و سن آن ائوسن میانی می باشد. با وجود تنوع سنگواره‌ای، تفسیر محیط رسوبی این سازند مشکل می باشد و این باور وجود دارد که سازند کرج به رغم ستبرای زیاد در یک دوره کوتاه مدت نهشته شده است. نحوه‌ی رخنمون این سازند در منطقه به صورت تپه ماهور می باشد که یکی از آنها تاش بالا را از تاش پایین جدا کرده است.



شکل ۲-۲- نقشه زمین شناسی خلاصه شده سازندهای منطقه برگرفته از ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ علی آباد ( زمانی و کریمی،

(۱۳۸۵)

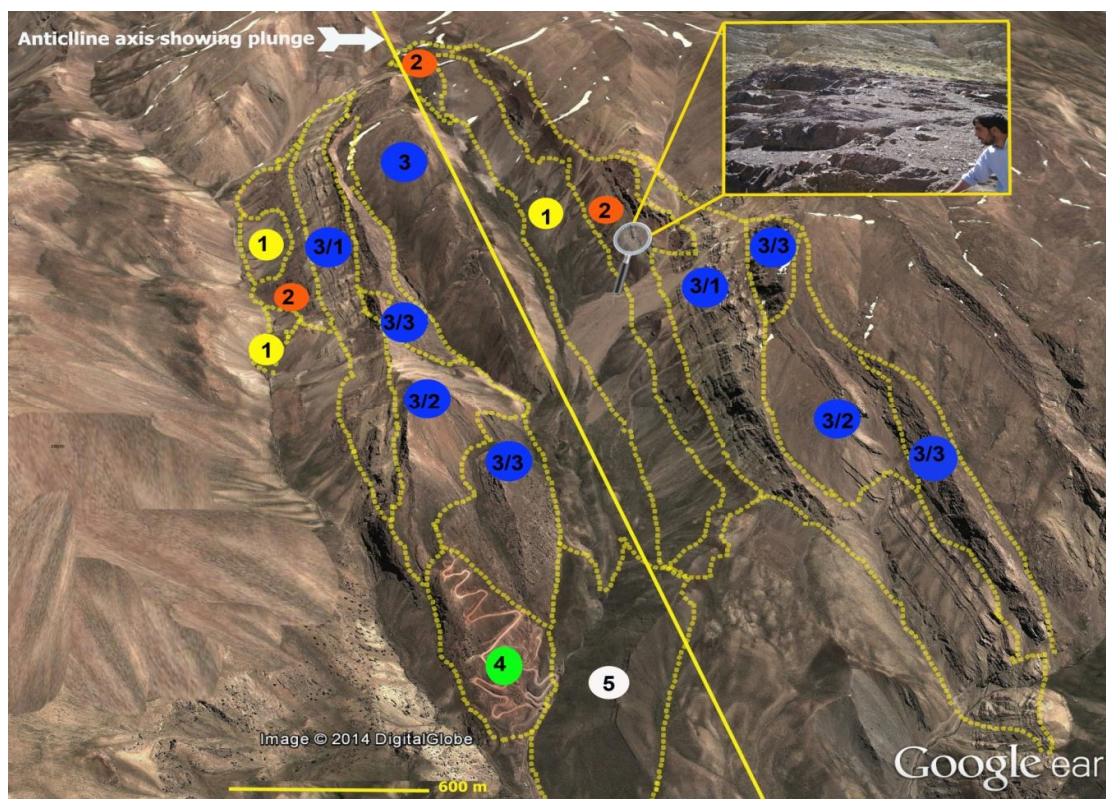


## ۲-۶- چینه‌شناسی در محدوده کانسار

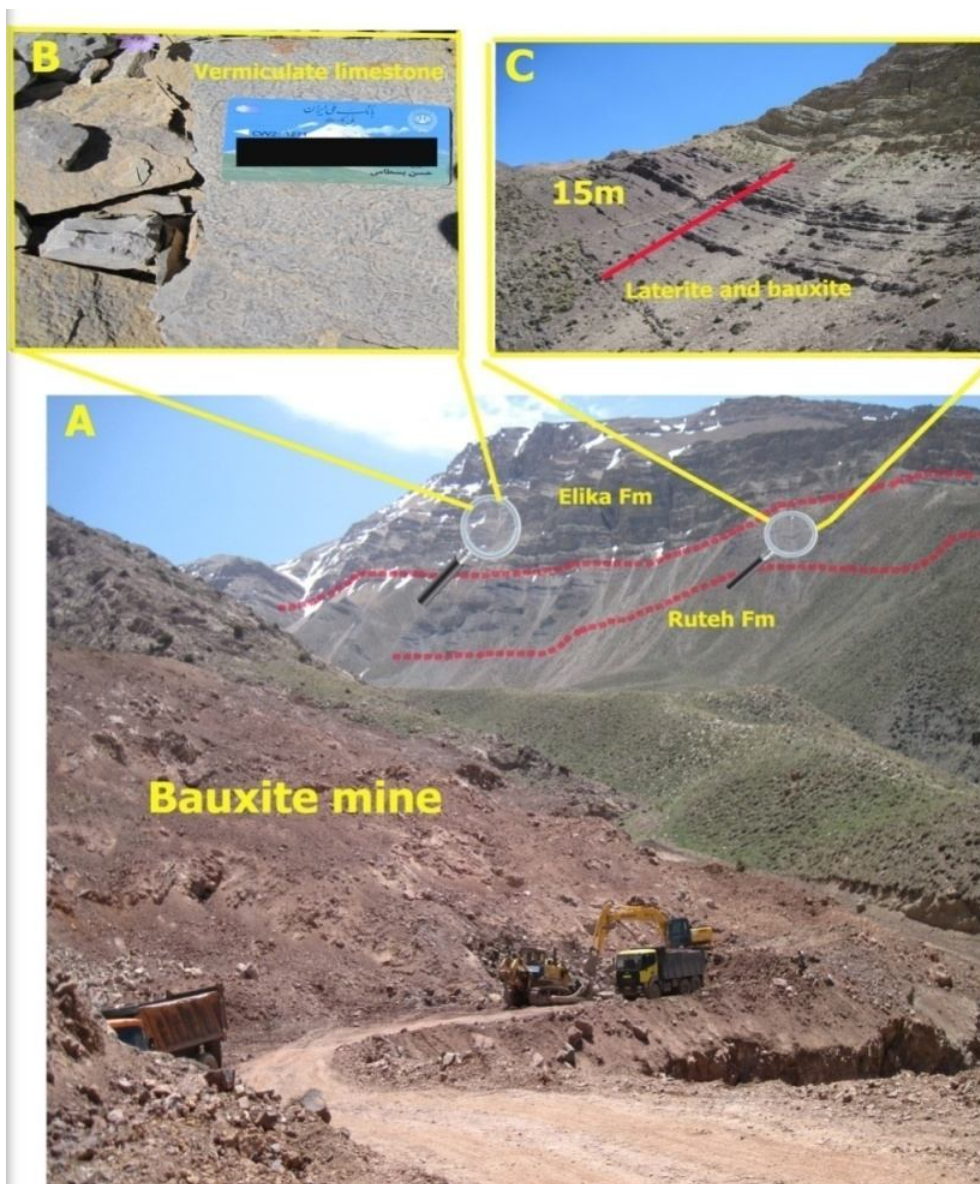
مهمترین سازندهای محدوده کانه‌زایی شامل سازندهای روته، الیکا و شمشک می‌باشند. این سازندها به همراه افق کانه‌زایی در یک تاق‌دیس پلانژدار قرار گرفته‌اند (شکل ۲-۳). بر اساس مطالعه عکس‌های هوایی، مشاهدات صحرایی و مطالعات چینه‌شناسی ملاحظه گردید که در زیر و بالای سازند الیکا افق بوکسیتی قرار دارند و بر این اساس می‌توان گفت که در منطقه تاش دو ناپیوستگی زمانی، یکی در پرمو-تریاس و دیگری در تریاس بالایی وجود داشته است. ناپیوستگی اولی به صورت لایه‌ای و ناپیوستگی دومی به صورت عدسی‌های منقطع بر روی سازند الیکا قرار گرفته است. کانسار بوکسیت تاش در قاعده شمشک قرار دارد. در این بخش به تفصیل به ویژگی‌های سازندهای محدود کانسار می‌پردازیم.

### ۲-۶-۱- سازند روته

این سازند در قسمت جنوب شرقی کانسار قرار دارد. سازند روته به همراه یک باند لاتریتی بوکسیتی از سازند الیکا جدا می‌شود. همانطور که در (شکل ۲-۴) دیده می‌شود، این سازند در قسمت یال جنوبی تاق‌دیس تاش قرار گرفته و متشکل از سنگ آهک با بین لایه‌هایی از آهک شیلی در پایین، سنگ آهک پر فسیل همراه با آهک مارنی در میانه و تناوبی از آهک‌های آنکوئیدی ضخیم‌لایه به همراه آهک‌های مارنی در بالا است. این سازند با ناپیوستگی هم‌شیب در روی سازند درود قرار دارد و در بالای این سازند پاره سازند ۱ الیکا دارای ساخت ورمیکوله، مشاهده می‌شود (شکل ۲-۴-B).



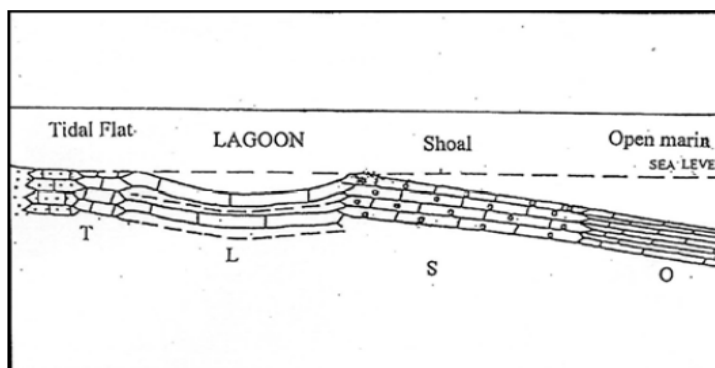
شکل ۲-۳- نمایی از سازندهای موجود در طاق‌دیس تاش بر روی تصویر ماهواره‌ای (نقشه پایه از گوگل ارث) می‌باشد که شامل: ۱- سازند روته، ۲- لاتریت - بوکسیت‌های پرموتریاس، ۳- سازند الیکا، ۱/۳- پاره سازند اول الیکا (سنگ آهک‌های ورمیکوله‌دار، ۲/۳- پاره سازند دوم الیکا (دلومیت‌های زرد رنگ)، ۳/۳- پاره سازند سوم الیکا (دلومیت‌های خاکستری رنگ توده‌ای)، ۴- کانسار بوکسیت تاش، ۵ سازند شمشک می‌باشد.



شکل ۲-۴- نمایی از افق لاتریتی پرموتریاس، سازند روته و الیکا شامل (A) موقعیت سازند روته و کانسار بوکسیت تاش. (B) آهک‌های ورمیکوله سازند الیکا. (C) باند لاتریتی بوکسیتی پرموتریاس.

## ۲-۶-۲- سازند الیکا

بر اساس نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ علی‌آباد سازند الیکا حدود ۳۵۰ تا ۵۰۰ متر ستبراً دارد که بخش‌های زیرین الیکا شامل آهک‌های ورقه‌ای حاوی کلاریا، آثار کرم و ماسه‌سنگ آهکی است که با ناپیوستگی هم شیب بر روی سنگ آهک خوب لایه‌بندی شده سازند روته جای می‌گیرد (آقانباتی، ۱۳۸۳). حجم اصلی سازند الیکا از ۲۵۰ تا ۴۰۰ متر دولومیت و سنگ‌های آهک دولومیتی متوسط تا ضخیم لایه با سطح هوازده به رنگ نارنجی، زرد و قرمز است که با ناپیوستگی کمی زاویه‌دار توسط سازند شمشک پوشیده شده است (آقانباتی، ۱۳۸۵). در برش تاش سازند الیکا از ۵ قسمت مجزا شامل افق بوکسیتی، آهک نازک‌لایه، آهک دولومیتی، آهک ضخیم‌لایه و دولومیت توده‌ای تشکیل شده است (ستوهیان، ۱۳۸۷). سنگ‌های تریاس زیرین و میانی سازند الیکا در برش تاش یکی از کامل‌ترین برش‌ها در زون البرز شرقی است. با توجه به مطالعات میکروفاسیس رخساره‌ای در یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ و چهار زیر محیط شامل دریایی باز (O)، سد (S)، لاگون (L) و پهنه جزرمدی (T) نهشته شده‌اند (ستوهیان، ۱۳۸۵). رمپ‌های کربناته در محیط‌های رسوبگذاری خاصی که از منطقه ساحلی با شیب خیلی ملایم به سمت آب‌های عمیق، ایجاد می‌شوند (رایت و بروچت، ۱۹۹۸<sup>۱</sup>).



شکل ۲-۵- مدل رسوبی سازند الیکا در برش تاش (ستوهیان، ۱۳۸۷)



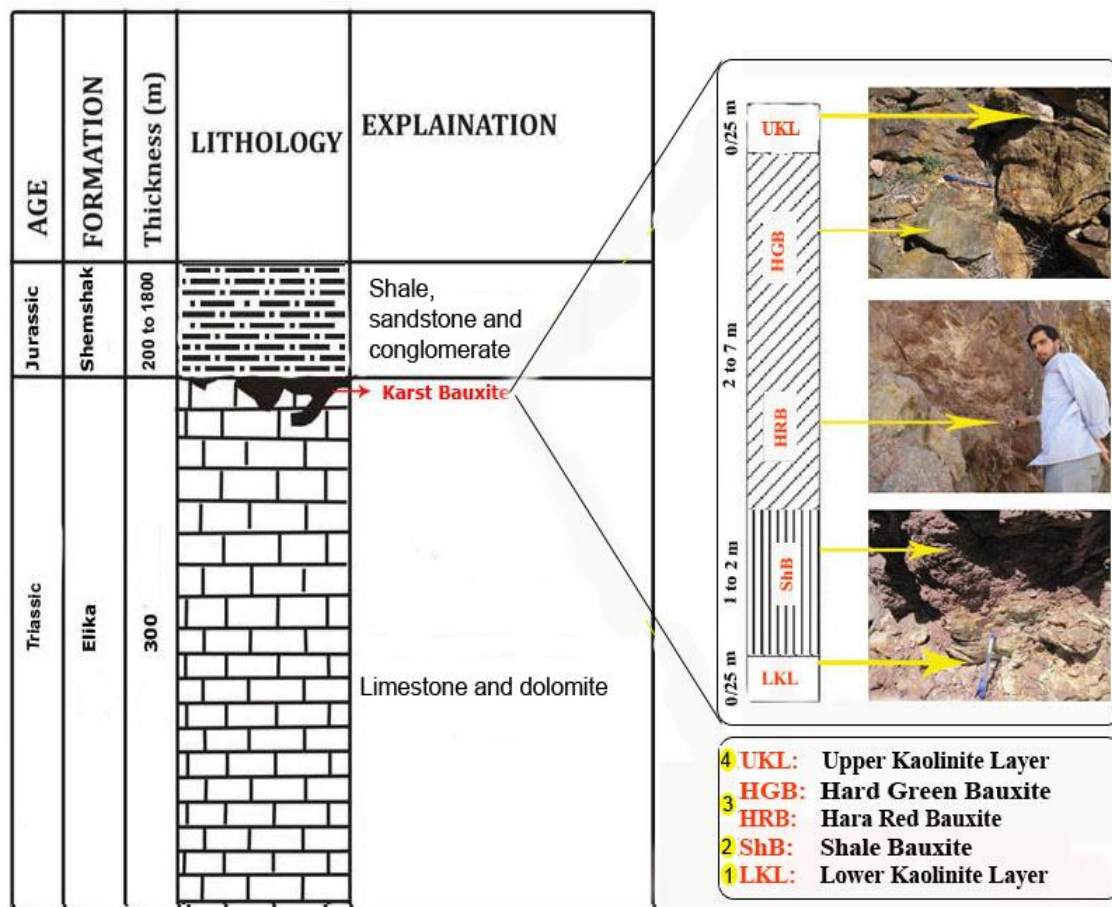
## ۲-۶-۳ - سازند شمشک

از دیدگاه کارشناسان شرکت فولاد ایران سازند شمشک در کوه‌های البرز از دو بخش طزره و گانو تشکیل شده که خود دارای بخش‌های فرعی می‌باشد (آقانباتی، ۱۳۸۳). بر طبق نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ علی‌آباد گروه شمشک به سه بخش تقسیم شده که از پایین به بالا شامل: الف- واحد ماسه‌سنگی و شیل قهوه‌ای تیره تا خاکستری رنگ، ب- واحد شیل خاکستری و تیره و سبز زیتونی با میان لایه‌های از ماسه‌سنگ و عدسی‌های زغال، ج - واحد شیل مارنی با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ، کنگلومرا، ماسه‌سنگ آهکی می‌باشند. این سازند در منطقه و محدوده کانه‌زایی دارای بیشترین ضخامت می‌باشد. تعداد چهار اندیس قدیمی معدنکاری ذغالسنگ به صورت نیمه تعطیل در مسیر جاده معدن بوکسیت مشاهده می‌شود. اهمیت این سازند در بوکسیت‌زایی به عنوان محافظ و به نوعی سنگ پوش می‌باشد (شکل ۲-۶).



شکل ۲-۶ - موقعیت و گستردگی سازند شمشک نسبت به کانسار مورد مطالعه در منطقه تاش (دید به سمت غرب)

ستون چینه‌شناسی محدوده کانسار به همراه ستون چینه‌ای نیمرخ بوکسیت مورد مطالعه در (شکل ۷-۲) رسم شده است.



شکل ۷-۲- ستون چینه‌شناسی محدوده افق بوکسیتی تاش که به چهار بخش، ۱- لایه کائولینیتی زیرین، ۲- بوکسیت شیلی، ۳- بوکسیت سخت و ۴- لایه کائولینیتی بالایی تفکیک شده است.

## ۲-۷- فازهای کوهزایی در منطقه

### ۲-۷-۱- فاز کوهزایی کالدونین

شرایط زمین‌ساختی سرزمین ایران در پالتوزوییک به نسبت آرام و بیشتر از نوع خشکی‌زا بوده است (آقانباتی، ۱۳۸۳). وجود پی‌سنگ دگرگونی و سخت شده آفریقا - عربستان، در زیر سکوی ایران و همچنین دوری از پهنه‌های کوهزایی کالدونین و هرسی‌نین، می‌تواند از عوامل مؤثر در کاهش تأثیر نیروهای زمین‌ساختی و آرامش نسبی پالتوزوییک ایران باشد. رخداد کالدونی از اواخر اردوئین آغاز شده و تا زمان سیلورین و به احتمالی، تا دونین میانی ادامه داشته است. مهمترین شاهد این فاز کوهزایی ماگماتیسم اردوئین میانی تا سیلورین است که تحت عنوان سازند سلطان‌میدان معرفی شده و اعتقاد براین است که نشانه‌ای از کافت‌زایی اقیانوس پالتوتیتس است (درخشی و همکاران، ۱۳۹۱). موقعیت جغرافیایی این سازند در ۸ کیلومتری جنوب شرق روستای تاش قرار دارد.

### ۲-۷-۲- فاز کوهزایی سیمین

در همه جای ایران گذر از پالتوزوییک به مزوزوییک با آرامش نسبی زمین‌ساختی برقرار بوده و درکل در زمان مزوزوییک، سه رخداد زمین‌ساختی مهم بر زمین‌شناسی ایران اثرگذار بوده‌اند که با چرخه‌های کوهزایی «سیمین» از آلپ آغازی، در ناحیه تیتس، هم‌ارز هستند. نخستین رویداد به سن تریاس پسین است که با فاز سیمین پیشین درخور قیاس است. رویداد دوم، به سن ژوراسیک میانی است که بنام سیمین میانی نامگذاری شده است. اثرات رویداد سوم را در مرز ژوراسیک - کرتاسه و به مفهوم دقیق‌تر در ابتدای کرتاسه پیشین (پیش از بارمین) می‌توان دید که قابل قیاس با فاز سیمین پسین است (آقانباتی، ۱۳۸۳). در منطقه تاش اثرات رویداد اول، یعنی سیمین پیشین به خوبی مشهود است که به بیان ویژگی این کوهزایی می‌پردازیم.

## ۲-۷-۳- سیمرین پیشین

در مورد چگونگی عملکرد و ماهیت رخداد سیمرین پیشین در ایران، نظریه‌ها متفاوت است. برای نمونه، (اشتوکلین، ۱۹۶۸) این حرکات را بیشتر به صورت گسلش می‌داند تا چین‌خوردگی و یا اشتامفلی<sup>۱</sup> (۱۹۷۶) رخداد سیمرین پیشین را از نوع خشکی‌زا می‌داند. در حالی که چین‌خوردگی، آتشفشانی، پلوتونیسم و دگرگونی وابسته به این رویداد، شواهدی از یک کوهزایی است که در همه جا شدت یکسان نداشته است (آقانباتی، ۱۳۸۵). حادثه‌ی تکتونیکی سیمرین پیشین و تصادم حاشیه‌ی غیر فعال البرز (در حاشیه شمالی گندوانا) با حاشیه‌ی فعال توران (در بخش جنوبی اوراسیا) در تریاس میانی - بالایی، باعث ضخیم‌شدگی پوسته، بالآمدگی‌های عمومی، تغییرات رخساره‌ای و ایجاد حوضه‌های رسوبی فورلند (محل تشکیل سازند شمشک) در البرز شده است. وقایع اخیر به همراه فرورائش همزمان نئوتتیس به زیر صفحه‌ی ایران، محیط‌های فورلند پشت کمان را در زمان تریاس بالایی در البرز ایجاد کرده‌اند. با آغاز رسوبگذاری سازند شمشک در حوضه‌ی فورلند مذکور، ظاهراً یک فاز انبساطی به همراه گسل‌های کششی و فعالیت‌های ماگماتیسم آلکالن درون قاره‌ای در قاعده‌ی سازند شمشک ایجاد شده است (جمشیدی، ۱۳۹۱). ماگمازایی تریاس ایران به طور عمده از پیامدهای سیمرین پیشین است. گدازه‌های این فاز، بیشتر از نوع بازالت قلیایی تیره‌رنگ است که به طور معمول به صورت لایه‌ای کلیدی، در زیر نهشته‌های تریاس بالا برونزد دارد. در دامنه جنوبی البرز، به ویژه در بین دماوند - سمنان، برای این بازالت‌ها نام «بازالت‌های جابون» انتخاب شده که در بیشتر نقاط در اثر پدیده دگرسانی به عدسی‌های آهن‌دار و گاهی عدسی‌های بوکسیت، لاتریت تبدیل شده است (آقا نباتی، ۱۳۸۵). نتیجه برخورد بلوک‌های رخداد سیمرین با لبه جنوبی بلوک توران بسته شدن اقیانوس تتیس کهن می‌باشد (شهیدی و همکاران، ۱۳۹۰).

---

1- Stampfli

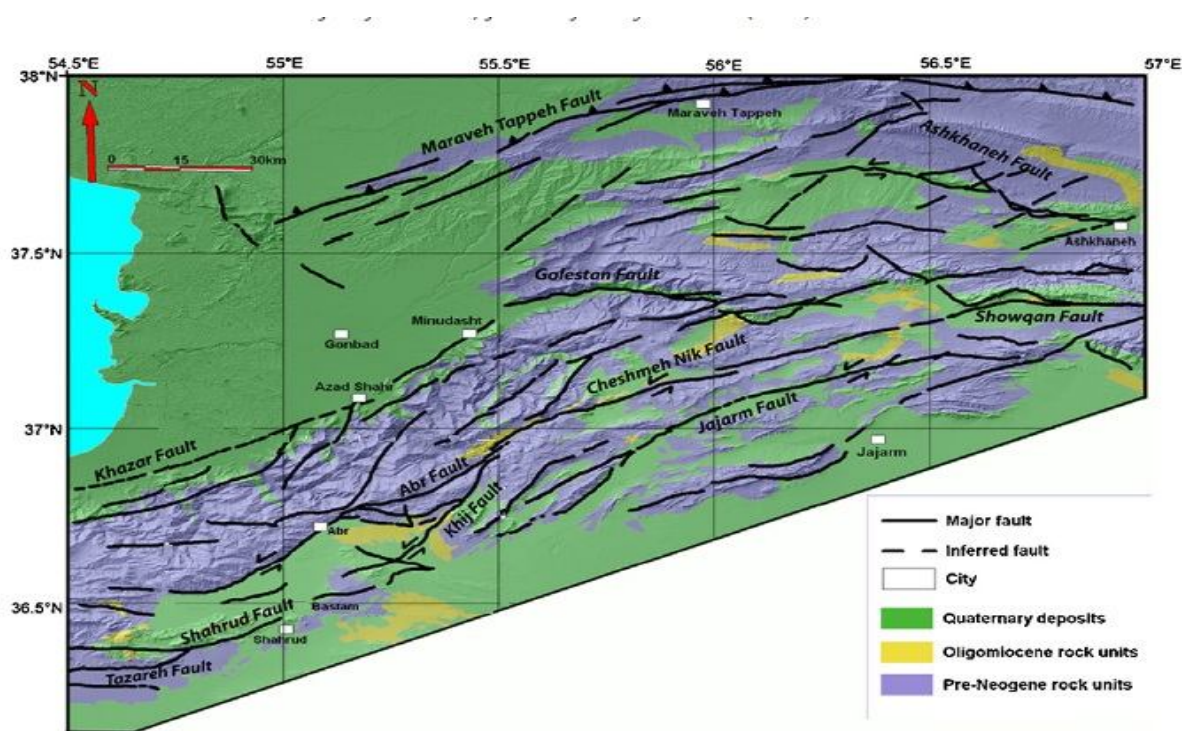


## ۲-۸- زمین‌شناسی ساختمانی

بارزترین شکل تغییرات ساختاری البرز در فاصله میان جلگه گرگان و دشت بسطام ساختاری مشابه گسلش راندگی و نوارهای چین خورده در ارتباط با گسل‌های منطقه می‌باشد. در بررسی زمین‌شناسی ساختمانی ابتدا نگاهی گذرا به زمین‌ساخت ناحیه‌ای البرز و سپس به بررسی عناصر ساختاری، محدوده مورد مطالعه می‌پردازیم.

### ۲-۸-۱- زمین‌شناسی ساختمانی البرز شرقی

زمین‌ساخت جوان و کنونی البرز در ارتباط با چندین مرحله دگرشکلی که توسط رخداد‌های تراکمی چند مرحله‌ای مشخص می‌شود (شهیدی و همکاران، ۱۳۹۰). از نظر ساختاری رشته کوه البرز یک ساختار برشی - فشارشی را تشکیل می‌دهند که در آن تمایل جابجایی در دامنه جنوبی به سمت جنوب و در دامنه شمالی به سمت شمال است. به عبارت دیگر، شیب گسل‌های معکوس دامنه جنوبی به سمت شمال و شیب گسل‌های معکوس دامنه شمالی به سمت جنوب است (الن و همکاران، ۲۰۰۳). به طور کلی تکتونیک منظومه البرز با وجود گسل‌های رورانده متمایز می‌شود. چین‌ها در این منظومه بر اثر حرکت بر روی سطح گسل به وجود آمده‌اند یعنی چین‌های مربوط به گسل هستند. همانطور که در شکل (۲-۸) مشخص می‌باشد، زمین‌ساخت ناحیه البرز شرقی بیشتر بر اثر فعالیت راندگی گسله خزر و حرکت راستالغز چپ بر سیستم گسلی شاهرود با راستای شمال‌شرقی - جنوب - غربی مشخص می‌شود (نعمتی و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۲-۸ - نقشه گسل‌های اصلی در البرز شرقی، تصویر از SRTM (جاویدفخر و همکاران، ۲۰۱۱)

رحیمی (۱۳۸۱)، طی مطالعات ساختاری رشته‌کوه البرز در شمال دامغان چنین بیان می‌کند که زمین‌ساخت در ناحیه مورد مطالعه بیشتر به صورت پوسته نازک بوده و راندگی‌ها از دو نسل سیمرین و آلپی هستند. نسل اول (سیمرین) بر اثر کوتاه شدگی در کوهزایی سیمرین رخ داده که نتیجه آن ایجاد زون‌های برشی شکل‌پذیر می‌باشد و نسل دوم (آلپی) تحت تأثیر کوهزایی آلپی که نتیجه آن ایجاد زون‌های برشی شکننده تا حدی شکل‌پذیر می‌باشد. همچنین به باور علوی (۱۹۹۶)، راندگی-های آلپی بر روی ساختار سیمرین تحمیل شده و باعث تجدید فعالیت آنها شده است.

## ۲-۸-۲- زمین‌شناسی ساختمانی در محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری البرزشرقی قرار دارد و همانطور که می‌دانیم این زون به شدت توسط گسل خوردگی و چین‌خوردگی در زمان‌های مختلف دچار به هم‌خوردگی و جابجایی و فشردگی لایه‌ها شده است. عمده گسل‌ها و چین‌خوردگی‌ها دارای روند شمال‌شرقی و جنوب غربی می‌باشند. مهمترین عناصر ساختاری منطقه شامل گسل‌های اصلی ابر، شاهکوه، سیاه‌مرزکوه و سیستم گسل‌های فرعی و چین‌خوردگی‌ها می‌باشند که بیشتر در ارتباط با گسل‌های اصلی منطقه می‌باشند. در ادامه این مبحث ابتدا به بررسی مختصری از گسل‌های اصلی منطقه، گسل‌های محدود به کانسار و چین‌خوردگی در منطقه بحث می‌کنیم.

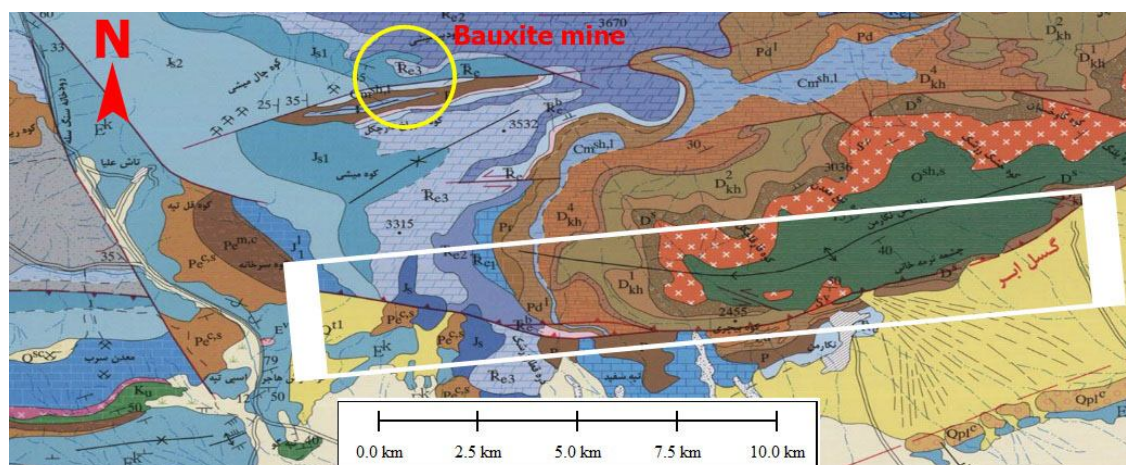
## ۲-۸-۲-۱- گسل ابر

گسل ابر (گسل شاهوار) مهمترین ساخت صفحه‌ای منطقه بوده که با توده ماگمایی نکارمن (سازند سلطان میدان) و شمال دشت بسطام منطبق است. این گسل کواترنری و خمدار با راستای کلی شمال شرقی-جنوب غربی و شیب به سمت شمال غرب از شمال و شمال شرق شهر شاهرود می‌گذرد. سازوکار این گسل فشاری و درازای آن بیش از ۶۰ کیلومتر می‌باشد. این گسل در جنوب باختر نکارمن، لایه‌های پالئوزوئیک را با شیب به سمت شمال و دیواره گسله فرسوده، بر روی دشت رانده است. (جاوید فخر و همکاران، ۲۰۱۱)، گسل ابر را جزئی از سیستم گسل شاهرود می‌دانند و معتقدند که گسل‌های جاجرم، چشمه نیک و ابر در شرق، با گسل شاهرود در ارتباط می‌باشند. همچنین به باور آنان گسل ابر باعث شده مرز توپوگرافی مشخصی بین نواحی کوهستانی و حوضه‌های کواترنری ایجاد شود (شکل ۲-۹).

الف



ب.



شکل ۲-۹-الف- تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ از گسل ابر (کادر سفید رنگ) که امتداد شرقی آن تا روستای ابر ادامه دارد و امتداد غربی آن در جنوب منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود؛ ب- بخشی از نقشه زمین‌شناسی علی‌آباد (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۸۵) که گسل ابر را با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی و شیب به سمت شمال غربی در مرز تافدیس نکارمن و شمال دشت بسطام مشخص کرده است.

## ۲-۸-۲-۲- گسل شاهکوه

گسله فشاری شاهکوه، گسله‌ای است با درازای بیش از ۱۱۵ کیلومتر، راستای شمال شرقی- جنوب- غربی و شیب به سمت شمال شرق که از شمال و شمال غرب شهر شاهرود می‌گذرد. در راستای این گسل سازندهای پالئوزوئیک (در شمال غربی) بر روی سازندهای مزوزوئیک (در جنوب شرقی) رانده شده‌اند. (شکل ۲-۱۰).

## ۲-۸-۲-۳- گسل سیاه مرزکوه

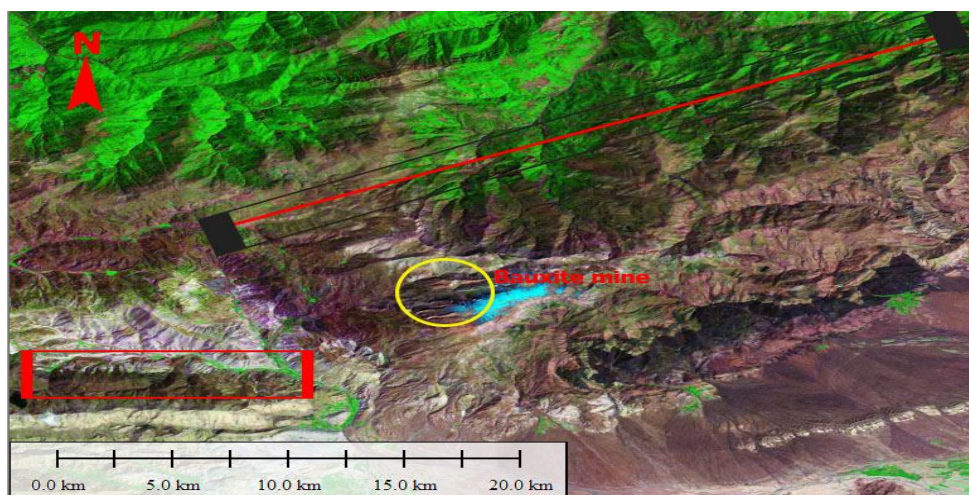
بر اساس نقشه زمین‌شناسی علی‌آباد گسل سیاه‌مرزکوه یکی از مهمترین گسل‌های منطقه می‌باشد که با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی در شمال کانسار بوکسیت تاش با فاصله تقریبی ۱۰ کیلومتری قرار دارد. (شکل ۲-۱۰)

## ۲-۸-۲-۴- گسل‌های محدود به کانسار

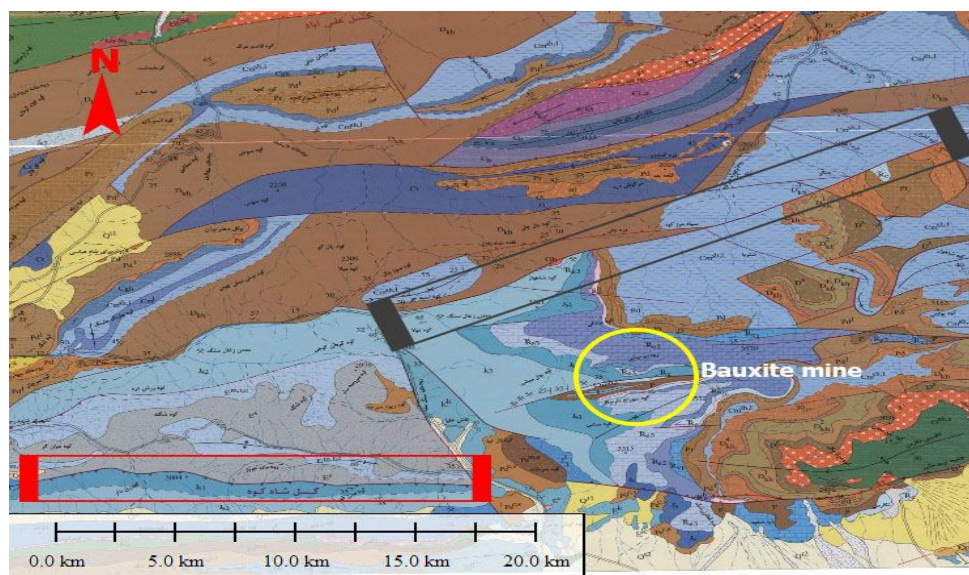
در محدوده معدن گسل‌ها به دو دسته گسل‌های معکوس در راستای شرقی- غربی با شیب عمومی ۷۰ تا ۸۵ درجه که ماده معدنی را قطع می‌کنند و دسته دوم گسل‌های امتداد لغز و مورب با راستای شمالی- جنوبی با شیب عمومی ۶۰ تا ۸۵ درجه می‌باشد (جعفرزاده، ۱۳۹۱).



الف



ب.



شکل ۲-۱۰- الف- تصویر ماهواره ای لندست ۷ از گسل شاهکوه (کادر قرمز رنگ) با امتداد شرقی - غربی و گسل سیاهمرزکوه (کادر سیاه رنگ) با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی که حدود گسل با خط ممتد قرمز رنگ کشیده شده است؛ ب- بخشی از نقشه زمین شناسی علی آباد (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۸۵) گسل شاهکوه (کادر قرمز رنگ) در جنوب غربی کانسار بوکسیت نمایان است و گسل سیاهمرزکوه در شمال کانسار مشاهده می شود.

## ۲-۸-۳- چین خوردگی

یکی از عناصر ساختاری منطقه چین خوردگی‌ها می‌باشند که در پاسخ به عملکرد تنش حاصله از حرکات صفحات و در محدوده زمانی وقوع فازهای کوهزایی به وجود آمده‌اند. از جمله فازهای کوهزایی مؤثر بر شکل‌گیری چین خوردگی‌های البرز، فاز کوهزایی سیمین و آلی می‌باشند که باعث شده لایه‌های رسوبی سازندهای پالئوزئیک و سنوزوئیک را تحت تأثیر قرار داده و دچار چین خوردگی نماید. مهمترین چین خوردگی‌های موجود در نقشه علی‌آباد شامل تاقدیس نکارمن، تاقدیس چل چلی، تاقدیس افرا تخته، ناودیس شیرین‌آباد، تاقدیس نیله‌ته و تاقدیس سفیدبند می‌باشند که دارای روند شمال شرقی - جنوب غربی هستند. (باشام و همکاران، ۱۳۹۲)، در مطالعه چین خوردگی‌های ناحیه تیل‌آباد- غزنوی چنین نتیجه گرفتند که محور تنش فشارشی در منطقه، شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد که در اثر حرکت پلیت عربی از جنوب به سمت اوراسیا باعث به وجود آمدن این فشارش در منطقه شده است. در کنار چین‌های اصلی منطقه چین‌هایی در مقیاس کوچک به فراوانی یافت می‌شوند و که تاقدیس تاش یکی از آنها می‌باشد که توضیحاتی در این مورد ذکر می‌شود.

## ۲-۸-۳-۱- تاقدیس تاش

در نقشه زمین‌شناسی علی‌آباد این ساختار تحت عنوان تاقدیس پلانژدار معرفی شده است. این تاقدیس در دامنه شمالی کوه شاهوار و در بخش شرقی روستای تاش واقع شده است. بیشینه ارتفاع در فراز آن ۱۵۰۰ متر و درازای ۵ کیلومتر است و از جمله ساختارهای اصلی منطقه با روند شمال- شرقی - جنوب غربی می‌باشد. هسته این تاقدیس، در سازند مبارک و یال‌های آن از پایین به بالا توسط سازند روته و الیکا تشکیل شده است. فرسایش باعث از بین رفتن قسمت مرکزی تاقدیس شده و شکل ناودیس گونه‌ای به آن داده است. بر اساس مطالعات صحرایی، شیب لایه‌های یال جنوبی به

سمت شمال شرق و شیب لایه‌های یال شمالی به سمت جنوب غرب می‌باشد. یال شمالی این تاقدیس توسط گسل فرعی ( امتداد لغز ) دچار دگرریختی شده است. محور تاقدیس در درهٔ جابان N75°E می‌باشد و به سمت غرب پلانژ دارد. گسل خوردگی در بخش انتهایی چین باعث جابجایی قسمتی از آن شده است. هر دو یال چین، پتانسیل بوکسیت‌زایی را دارا می‌باشند. کانسار مورد مطالعه در یال شمالی قرار دارد .

## ۲-۸-۴- ارتباط تکتونیک با بوکسیت‌زایی

در مقیاس بزرگ به طور کلی، برای تشکیل بوکسیت یک دوره‌ی آرام و طولانی مدت، همراه با حرکات خشکی‌زایی کند لازم است (باردوسی، ۱۹۸۲). تأثیر نیروهای تکتونیکی، هم در تشکیل و هم در بقاء کانسارهای بوکسیت حائز اهمیت است. نقش زمین‌ساخت هم بر ریخت‌شناسی کانسار و هم بر کیفیت و کانی‌شناسی کانسار تأثیر گذار می‌باشد به طوری که این نیروها باعث تکرار پذیری لایه‌های بوکسیت در کانسار و ایجاد شکستگی‌های متعدد در سنگ میزبان می‌شوند که سبب نفوذ آب و انجام فرایندهای هوازدگی شده و همچنین در تشکیل دیاسپور که در شرایط ساختاری متوسط تا شدید به وجود می‌آید تأثیر گذار می‌باشد. (باردوسی، ۱۹۸۲)، به طور خلاصه حرکاتی که قبل، همزمان و بعد از شکل‌گیری بوکسیت رخ می‌دهد را، شامل موارد زیر می‌داند:

**الف - حرکات تکتونیکی قبل از بوکسیت‌زایی:** این حرکات بر تمرکز و شکل کانسارها اثر می‌گذارند. در بسیاری از انواع ذخائر بوکسیتی، کانسارها در امتداد گسل‌ها قرار گرفته‌اند. بزرگترین و ضخیم‌ترین کانسارها اغلب منطبق با تقاطع دو گسل می‌باشند. زیرا سنگ کربناته در محل تقاطع خرد شده و زهکشی بهتر منجر به کارستی شدن شدیدتر می‌گردد. بنابراین فروافتادگی کارستی ایجاد شده، از



مواد بوکسیتی بعدی پر می‌شود. بسیاری از کانسارهای بوکسیتی در گرابن‌های ساختاری که قبلاً بوسیله‌ی گسل‌ها بوجود آمده‌اند، تشکیل شده‌اند.

ب- حرکات ساختاری همزمان با بوکسیت‌زایی: این حرکات، شکل‌گیری کانسار و عیار آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

ج- تأثیر حرکات ساختاری بعد از بوکسیت‌زایی: این حرکات را در جاهایی که کانسارهای بوکسیتی در زیر رسوبات پوشیده شده‌اند، بهتر می‌توان مطالعه کرد. کانسارهای پالئوزوئیک و مزوزوئیک، عمدتاً آثاری از تغییر شکل‌های ساختاری را نشان می‌دهند. شکل کانسار اولیه، لیتولوژی بوکسیت، ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی بواسطه‌ی این اثرات ساختاری تغییر می‌یابد.

همچنین وی با مطالعه بر کانسارهای مختلف پنج درجه از تغییر شکل تکتونیکی را تشخیص داده که عبارتند از:

(۱) کانسارهای دست نخورده: این کانسارها افقی هستند و هیچ آثاری از گسل‌خوردگی و چین‌خوردگی نشان نمی‌دهند.

(۲) کانسارهای با تغییر شکل ضعیف: این کانسارها شیبی حدود  $10^{\circ}$  تا  $20^{\circ}$  داشته و بوسیله‌ی چند گسل قطع شده‌اند و چین‌خوردگی در آنها مشاهده نمی‌شود.

(۳) کانسارهای با تغییر شکل متوسط: در اغلب موارد دارای شیب حداکثر  $45^{\circ}$  می‌باشند. کانسارها بوسیله‌ی گسل‌ها به چند قطعه‌ی ساختاری تقسیم شده‌اند و یا به طور ملایم چین خورده‌اند.

(۴) کانسارهای شدیداً تغییر شکل یافته: دارای شیبی بزرگتر از  $45^{\circ}$  بوده و بوسیله‌ی چندین گسل قطع شده و دچار رورانندگی شده‌اند.

(۵) کانسارهای با تغییر شکل بسیار شدید: دارای شیب تند بوده و در برخی مواقع عمود و یا همراه با رورانندگی یا چین‌خوردگی شدید با چین‌های برگشته و واژگون می‌باشند.

تنش‌های ساختاری موجب تراکم کانسار، کاهش تخلخل و شروع تبلور مجدد کانی‌های بوکسیتی از گیبسیت به بوهمیت و دیاسپور و احیاناً کروندوم می‌شود. در کانسارهای با تغییر شکل ضعیف و متوسط تغییرات کانی‌شناسی به زونهای گسلی محدود می‌شوند. در نهایت مهمترین نکته در مورد ارتباط چین خوردگی با کانسارهای بوکسیت پاسخ این سوال است که چرا اغلب کانسارهای بوکسیت در چین خوردگی‌ها خصوصاً تاقدیس‌ها قرار گرفتند. برای مثال کانسار بوکسیت جاجرم، کانسار بوکسیت بوکان، کانسار تاش کانسار ده دهشت و غیره. در پاسخ به این سوال می‌توان گفت که بعد از یک دوره خشکی‌زایی، بلافاصله رژیم ساختاری فشارشی در مناطق ایجاد می‌شود و چون لایه‌های بوکسیت نیز مانند لایه‌های رسوبی عمل می‌کنند، و دچار چین خوردگی می‌شوند، این چین خوردگی باعث ایجاد دیاسپور می‌شود که در مقابل فرسایش بسیار مقاوم تر از دیگر کانی‌های بوکسیت می‌باشد. (شکل ۳-۱۱)، لایه‌های تقریباً عمودی در افق بوکسیتی کانسار تاش را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که همراه با چین خوردگی و در برخی موارد نیز دچار یا برگشتگی لایه‌ها شده است.



شکل ۲-۱۱- لایه‌های تقریباً قائم افق بوکسیتی در کانسار تاش، که بیانگر چین خوردگی شدید در منطقه می‌باشد)  
دید به سمت شرق).

## ۲-۹- زمین‌شناسی اقتصادی منطقه

از جمله دیگر پتانسیل معدنی که به طور گسترده در منطقه یافت می‌شود می‌توان به: مس، سیلیس، ذغالسنگ، خاک صنعتی، سرب و روی، سنگ آهک و شن و ماسه اشاره نمود که در زیر به اختصار معرفی می‌شوند.

### مس

گزارشات متعددی از ناهنجاری مس در بازالت‌های سلطان میدان منتشر شده که از جمله آنها (جعفریان، ۱۳۸۶) است که به نقش کانه‌زایی تیپ مسیوسولفید در این بازالت‌ها پرداخته و نتیجه-گیری کرده در برخی نمونه‌ها عیار مس به حدود ۱ درصد می‌رسد که در آینده امکان بهره‌برداری از آنها وجود دارد.

### سیلیس

ماده معدنی سیلیس در منطقه در سازند پادها به سن دونین بالایی یافت می‌شود. ماسه‌سنگ سیلیسی کوارتزیت از جمله مهمترین بخش‌های سازند پادها می‌باشد. برخی از معادن شامل سیلیس‌های رسوبی پادها در منطقه میغان و همچنین کانسار ماسه‌سنگ سیلیسی دره ابرسج می‌باشد.

### خاک صنعتی و خاک نسوز

اندیس‌های فراوانی از خاک نسوز و خاک صنعتی در زیر و بالای سازند الیکا در جای جای منطقه رخنمون دارد که برخی از آنها شامل خاک صنعتی میغان، خاک نسوز نکارمن، و غیره.... که برخی از آنها در حال بهره‌برداری هستند.

## ذغالسنگ

با توجه به این که سازند شمشک در منطقه از گسترش قابل توجهی برخوردار می‌باشد، لایه‌های کارپذیر ذغالسنگ به صورت اندیس‌ها و معادن متروکه زیادی در منطقه وجود دارند که در گذشته از آنها ذغالسنگ استخراج می‌شده است. هم اکنون سه معدن ذغالسنگ در منطقه تاش در حال فعالیت می‌باشند.

## سرب و روی

در قسمت جنوب منطقه در شمال غرب شهر مجن، آهک دولومیتی لار به سن ژوراسیک میانی به صورت لایه‌های ضخیم لایه رخنمون دارد و باعث به وجود آمدن ناهنجاری‌های سرب و روی از نوع تیپ دره می‌سی‌سی‌پی شده است که از جمله این کانسارها می‌توان به کانسار برفکه، کانسار پیچمتو و کانسار یورت بابا اشاره نمود.

## شن و ماسه

امروزه آبرفت‌های رودخانه‌ای اصلی‌ترین منابع تأمین شن و ماسه هستند. مهمترین رودخانه منطقه رودخانه تاش یا شاهرود که از کانون‌های آبرگیر شاهکوه (مجن) و شاهوار (تاش) سرچشمه می‌گیرد. در حد فاصل شمال غرب بسطام و شمال شرق شاهرود در حوالی سرچشمه تا شهر مجن تعداد ۶ کارگاه شن و ماسه مشغول فعالیت هستند که عمده‌ترین نیاز شن و ماسه منطقه را تأمین می‌کنند.

## ۲-۱۰- جغرافیای دیرینه ایران و منطقه در زمان تریاس

براساس انگاره‌های زمین‌ساخت ورقه‌ای در زمان پالئوزئیک ورقه‌های ایران و عربستان یکپارچه و توسط دریای پالئوتتیس از ورقه توران جدا بوده است. در اواخر کربنیفر قاره گندوانا با قاره لورازیا برخورد کرده و سبب کوهزایی عظیمی در آمریکا و اروپا به نام کوهزایی هرسینین می‌شود. عملکرد این کوهزایی در ایران دارای ابهاماتی است و اکثر زمین‌شناسان اثرات آن را نوعی خشکی‌زایی می‌دانند. ایران مرکزی و البرز طی حرکت از عربستان به طرف اوراسیا، از استوا عبور کرده که نشانگر این حرکت وجود افق‌های لاتریتی بین پرموتریاس می‌باشد (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱). به نظر می‌رسد نتیجه برخورد نهایی ورقه ایران و توران به فاز کوهزایی سیمرین پیشین منسوب باشد (داوود زاده و اشمیت، ۱۹۸۲). در اوایل تریاس با باز شدن دریای تتیس جوان ورقه ایران در امتداد ناحیه کنونی و راندگی زاگرس از ورقه عربستان دور شده و در انتهای تریاس میانی با ورقه توران برخورد کرده است. بین تریاس میانی و فوقانی فاز فشارشی مهمی ایران را تحت تاثیر قرار داده که نتیجه آن بالآمدگی، چین‌خوردگی و دگرگونی بوده و در عین حال اقیانوس پالئوتتیس در شمال ایران بسته و سرزمین واحدی بین ایران و توران حاصل شده است. بعد از این واقعه، کوهزایی‌های موثر بعدی بخشی از کوهزایی آلپی محسوب می‌شوند. رسوبات مداومی که از اوایل پرمین تا زمان تریاس میانی در اکثر نقاط ته نشین می‌شود ناگهان قطع و در تمامی نقاط ایران به جز زاگرس و توران در زیر رسوبات تریاس فوقانی دگرشیبی‌هایی به وجود آمده که حاکی از عملکرد این فاز کوهزایی است. برخلاف برخی نواحی ایران که گذر پرمین به تریاس تدریجی است (جلفا، آباده) رسوبات تریاس در ایران بر روی سطح فرسایش یافته قرار دارد که سطح فرسایشی رسوبات پرمین در البرز توسط یک لایه بوکسیت لاتریتی مشخص می‌شود. علاوه بر این یک سطح فرسایشی دیگر بین رسوبات تریاس میانی و شیل و ماسه‌های سنگ‌های لیاس (ژوراسیک پیشین) در البرز مشاهده می‌شود که خود معرف پسروری دریا و مرحله فرسایشی در این مناطق می‌باشد (درویش زاده، ۱۳۶۵). در مورد زمان رویداد

سیمرین پیشین در اواخر تریاس میانی نظر واحدی وجود ندارد ولی در مورد اشکوب کارنین و نورین اتفاق نظر بیشتری است. به نظر آقانباتی (۱۳۷۷)، پیش از این رخداد بیشتر ایران سرزمین واحدی بود که به وسیله دریای هرسی نین از پهنه کپه داغ جدا بود. بعد از رویداد سیمرین پیشین با حرکت ورقه ایران به سمت شمال شرقی دریای هرسی نین بسته و ورقه ایران (خشکی گندوانا) با ورقه توران (خشکی لورازیا) به هم رسیدند و در عوض اقیانوس نئوتتیس در زاگرس شکل گرفته است. پس از رویداد سیمرین پیشین یک دوره فرسایش سراسری در اشکوب کارنین و رسوبگذاری مجدد، ابتدا (نورین) در ایران مرکزی سپس با پیشروی دریا به سمت شمال در (نورین پسین - رتین)، ابتدا بلندی‌های البرز و سپس در لیا س پلاتفرم توران رسیده است. به نظر اشتامفلی (۱۹۷۶)، پس از رویداد سیمرین پیشین در البر شرقی برجستگی‌های کم ارتفاعی شکل گرفته است، رسوبات حاصل از فرسایش آنها در دشت سیلابی مجاور انباشته شده است. در چنین دشتهایی دریاچه‌های فصلی موجود محل مناسبی برای تشکیل انباشته‌های ذغالسنگی درجا بوده است به همین دلیل گروه شمشک در البرز شرقی دارای زون‌های گیاهی متفاوتی است. پیدایش اقیانوس تتیس جوان در محدوده ایران در اشکوب کارنین صورت گرفته است. شواهد این ادعا نیز عدم وجود رسوب‌های کارنین در ناحیه ایران مرکزی و وجود آنها در زاگرس می‌باشد همچنین اختلاف در تاریخ زمین شناسی ایران و زاگرس از کارنین آغاز گردیده است. در حالی که در تریاس میانی و زیرین شرایط رسوبگذاری یکسانی حاکم بوده است. ضمناً خروج بازالت‌ها در منطقه جابان و عین ورزان در گسله‌های ژرف زون گسلی جنوب البرز می‌تواند با شکاف پوسته قاره‌ای بین بلوک‌های ایران و زاگرس همزمان باشد و به احتمال زیاد قبل از نورین بوده زیرا روی سطح فرسایش یافته سازند الیکا قرار داشته و توسط سازند شمشک پوشیده شده است. موقعیت ایران در اشکوب کارنین به این صورت بوده که ابتدا سکوی کربناته واحد یکپارچه بین ایران و زاگرس شکاف برداشته و دو بلوک ایران و زاگرس از هم جدا شده‌اند. در کافت ژرف دریای بین آنها نهشته‌های کربناته سیلیس رادیولاریت و آهک‌های پلاژیک

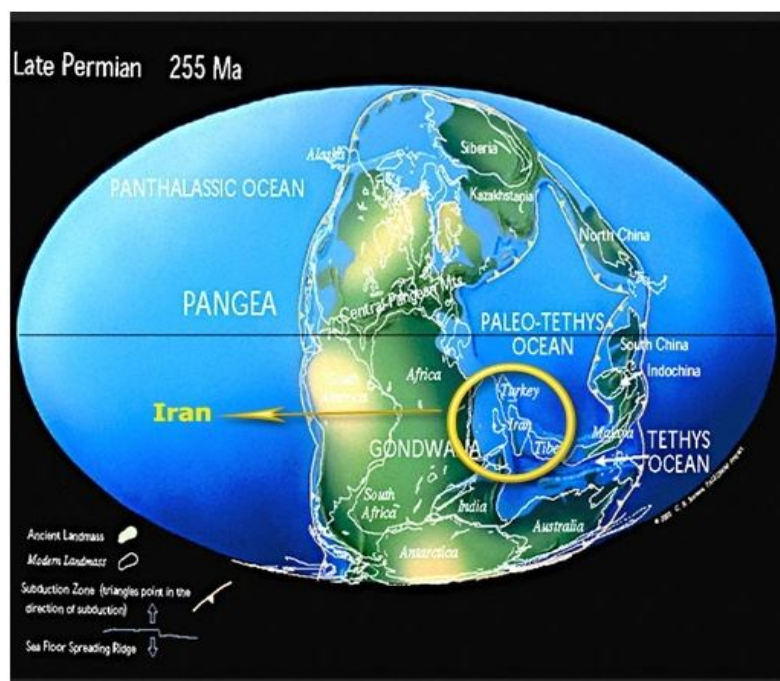
تجمع یافته‌اند. بلوک زاگرس به وسیله دریای کم عمق پوشیده و در آن رسوبگذاری کربناته ادامه می‌یابد بلوک ایران بالا آمده و از سطح دریا خارج می‌گردد و در معرض فرسایش قرار می‌گیرد که در شرایط آب و هوای گرم ناهمواری زمین فرسوده شده و لاتریت‌زایی در بلوک ایران رواج پیدا می‌کند. در اشکوب نورین زیرین و میانی بلوک ایران نهشته‌های آواری و در بلوک زاگرس سری‌های کربناته تشکیل می‌شوند. در نورین بالایی دریا از شمال ایران پسروری و به جای آن خلیج البرز و دشت آبرفتی - دلتایی پدید می‌آید. در پایان تریاس بالایی بلوک ایران به طور سریع شکل قاره‌ای گرفته و به طور کلی در اشکوب رتین در محدوده دشت آبرفتی البرز لایه‌های ضخیمی از رسوب سیلیسی - ماسه‌ای با ضخامت متفاوت به وجود آمده است (شهرابی ۱۳۸۷).

## ۲- ۱۰- ۱- نتیجه گیری از جغرافیای دیرینه ایران در زمان تریاس

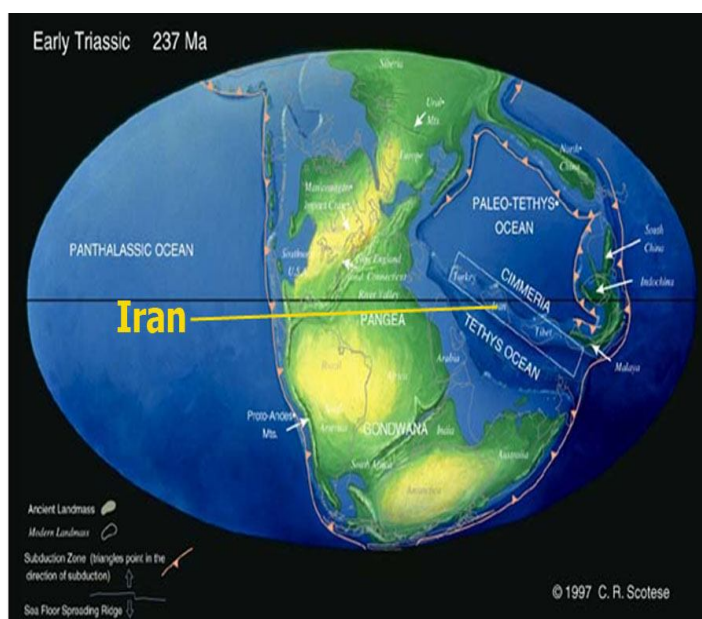
آنچه از مطالعات زمین‌شناسی بر می‌آید از ابتدای پالئوژئیک تا تریاس میانی پهنه ایران (البرز، ایران مرکزی، زاگرس و آذربایجان) سرزمین واحدی بوده که توسط دریای هرسی‌نین از کپه داغ جدا شده بود. ایران و کشورهای همجوارش حدود ۲۴۰ میلیون سال پیش (پرمین)، از عربستان جدا شد (شکل ۲- ۱۲). بر اساس دانسته‌های موجود، شرایط جغرافیایی دیرین در زمان پرمین به گونه‌ای بوده که در پایان این دوره جنبش‌های تکتونیکی باعث ایجاد ناپیوستگی مهمی بین نهشته‌های پرمین و تریاس در نقاط مختلف ایران شود. در شروع تریاس قسمت بزرگی از ایران توسط دریای کم عمق پوشیده بود (شکل ۲- ۱۳). تشکیل دولومیت سازندهای الیکا و شتری و دولومیت تبخیری سازند خانه‌کت زاگرس در تریاس میانی صورت گرفته است. در پایان تریاس میانی بر اثر فاز کوهزایی سیمرین پیشین قاره سیمرین (البرز) با حاشیه قاره لورازیا (توران) برخورد کرده و اقیانوس پالئوتتیس بسته می‌شود (شکل ۲- ۱۴). از فرسایش بالآمدگی‌های البرز در تریاس فوقانی تا لیاس رسوبات مولاس سازند شمشک در

حوضه‌های بین کوهستانی رسوب می‌کند (شکل ۲- ۱۵). همزمان با بسته شدن پالئوتتیس، فروانش نئوتتیس در زاگرس شروع و باعث ایجاد یک محیط کششی پشت کمان می‌شود. نتیجه‌ی این حرکات، فعال شدن گسل‌های عمیق و فعالیت ماگمای بازالتی قلیایی مانند بازالت‌های جابان سمنان و تویه‌دروار دامغان و جاجرم در البرز و ایران مرکزی همزمان با رسوبگذاری سازند شمشک می‌شود. البرز و ایران مرکزی در زمان تریاس فوقانی در بهترین شرایط برای بوکسیت‌زایی ناشی از هوازدگی بازالت‌ها و مواد مختلف داشته‌اند. این شرایط شامل: قرار گرفتن در نزدیک استوا و شرایط حاره‌ای، فراهم بودن مواد اولیه (بازالت‌ها)، مهیا بودن سنگ بستر مناسب (حفرات و کارست‌های کربناتی سازند الیکا و شتری)، رسوب همزمان سازند شمشک که باعث محفوظ ماندن بوکسیت‌ها از فرسایش شده است.

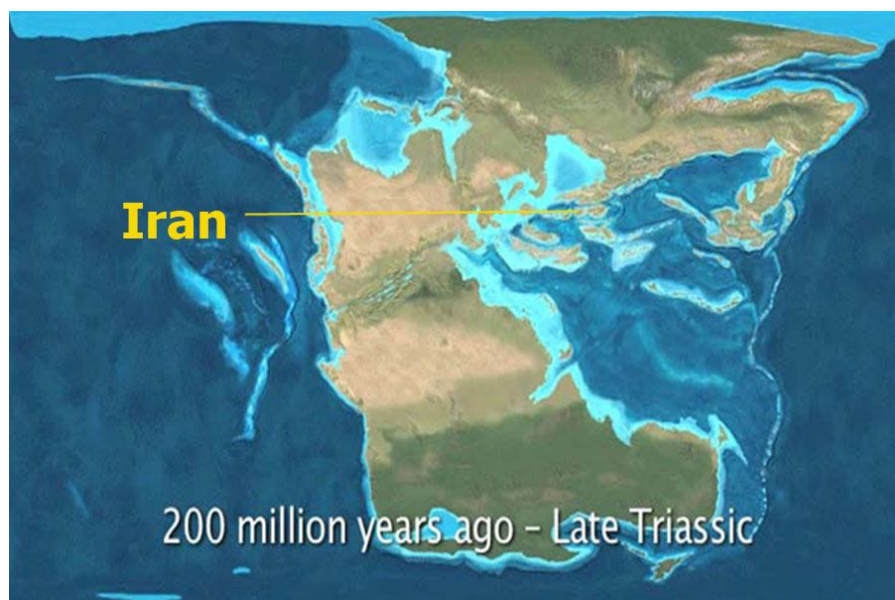




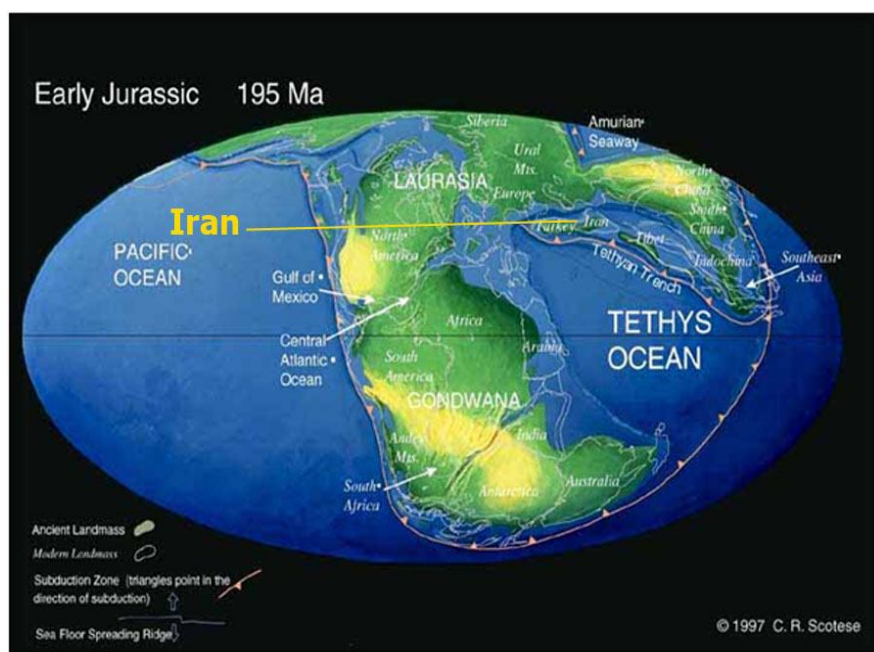
شکل ۲-۱۲- موقعیت ایران در اواخر پرمین (اسکوتس، ۱۹۹۷)



شکل ۲-۱۳ - موقعیت ایران در تریاس پیشین (اسکوتس، ۱۹۹۷)



شکل ۲-۱۴- موقعیت ایران در تریاس پسین



شکل ۲-۱۵- موقعیت ایران در اوایل ژوراسیک (اسکوتس، ۱۹۹۷)

# فصل سوم

کانی‌شناسی، ساخت و بافت

### ۳-۱- مقدمه

به منظور مطالعات کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی بعد از بررسی‌های صحرایی که منجر به شناسایی لایه-های تشکیل‌دهنده افق بوکسیتی، چگونگی ارتباط افق بوکسیتی با سنگ بستر و سنگ پوش گردید، پروفیل مناسب در مقطع طولی و عرضی کنسار انتخاب و نمونه‌برداری در امتداد آنها صورت گرفت. با توجه به این که کانی‌های بوکسیت دارای بلورهای بسیار ریز و فاقد خواص نوری قابل تشخیص زیر میکروسکوپ هستند، نمی‌توان در مطالعات میکروسکوپی کانی‌های سازنده بوکسیت را شناسایی کرد، ولی می‌توان از این مطالعات برای شناسایی بافت‌ها و خاستگاه ژنتیکی استفاده نمود. شناسایی کانی‌ها به روش پراش اشعه ایکس صورت گرفت.

### ۳-۲- مطالعات میدانی (عملیات صحرایی)

در منطقه مورد مطالعه سنگ میزبان بوکسیت، آهک و دولومیت‌های سازند الیکا است که با مورفولوژی خشن و رنگ خاکستری تیره تا کرم مشاهد می‌شود. مرز بالایی افق بوکسیتی را سازند تخریبی شمشک تشکیل می‌دهد. با توجه به تغییرات عمودی و جانبی افق بوکسیتی، در طول بازدیدهای صحرایی دو نیم‌رخ، یکی عمود بر افق بوکسیت که توسط جاده قطع شده و حاوی بیشترین تغییرات از نظر ویژگی ظاهری کانسنگ شامل رنگ، بافت و غیره... بود انتخاب، که منجر به شناسایی افق‌های مختلف بوکسیت و دیگری موازی امتداد محور عدسی بوکسیت انتخاب که منجر به ثبت تغییرات جانبی کنسار گردید.

### ۳-۲-۱- مشخصات سنگ میزبان ماده معدنی

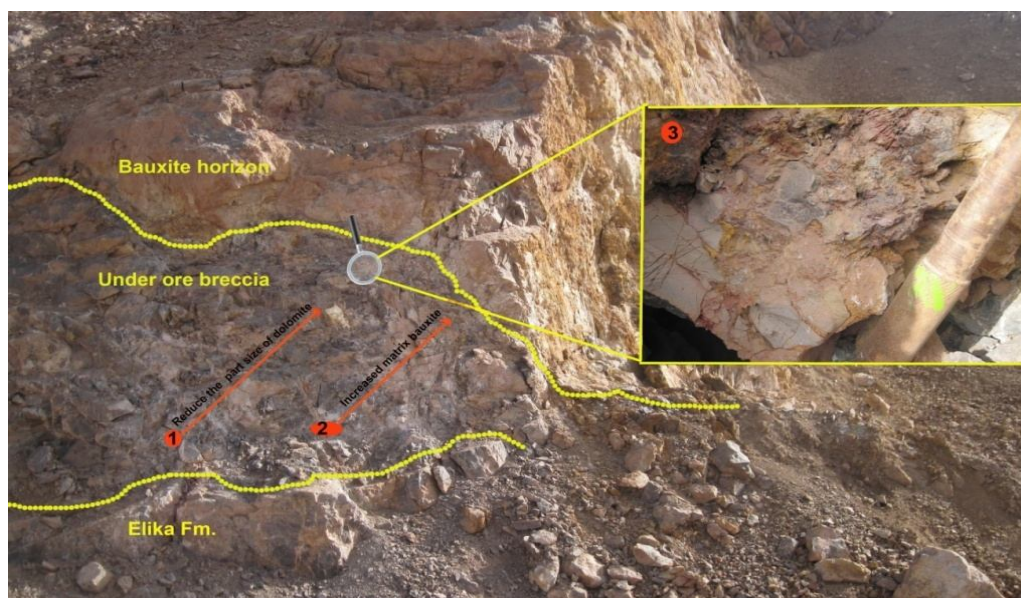
سنگ بستر توده معدنی را سنگ‌های کربناته سازند الیکا تشکیل می‌دهد. با توجه به ورقه زمین-شناسی علی‌آباد (زمانی و کریمی، ۱۳۸۵)، سازند الیکا از سه بخش الف - آهک ورمیکوله نازک لایه، ب- دولومیت ضخیم لایه زرد رنگ، ج - دولومیت ضخیم لایه تا توده‌ای خاکستری رنگ تشکیل شده است. با بررسی‌های انجام شده مشخص شد ماده معدنی در زیر و داخل حفرات بخش سوم سازند الیکا قرار گرفته است (شکل ۳-۱). عمل کارستی شدن ممکن است قبل، حین و حتی بعد از تشکیل بوکسیت نیز رخ دهد. پدیده کارستی شدن سنگ بستر منطقه مورد مطالعه به صورت متوسط و در قسمت‌هایی شدید انجام گرفته است.



شکل ۳-۱- تصویر بخش سوم سازند الیکا شامل دولومیت‌های خاکستری ضخیم‌لایه تا توده‌ای، که ماده معدنی بوکسیت و سازند شمشک در بالای آن واقع شده است.



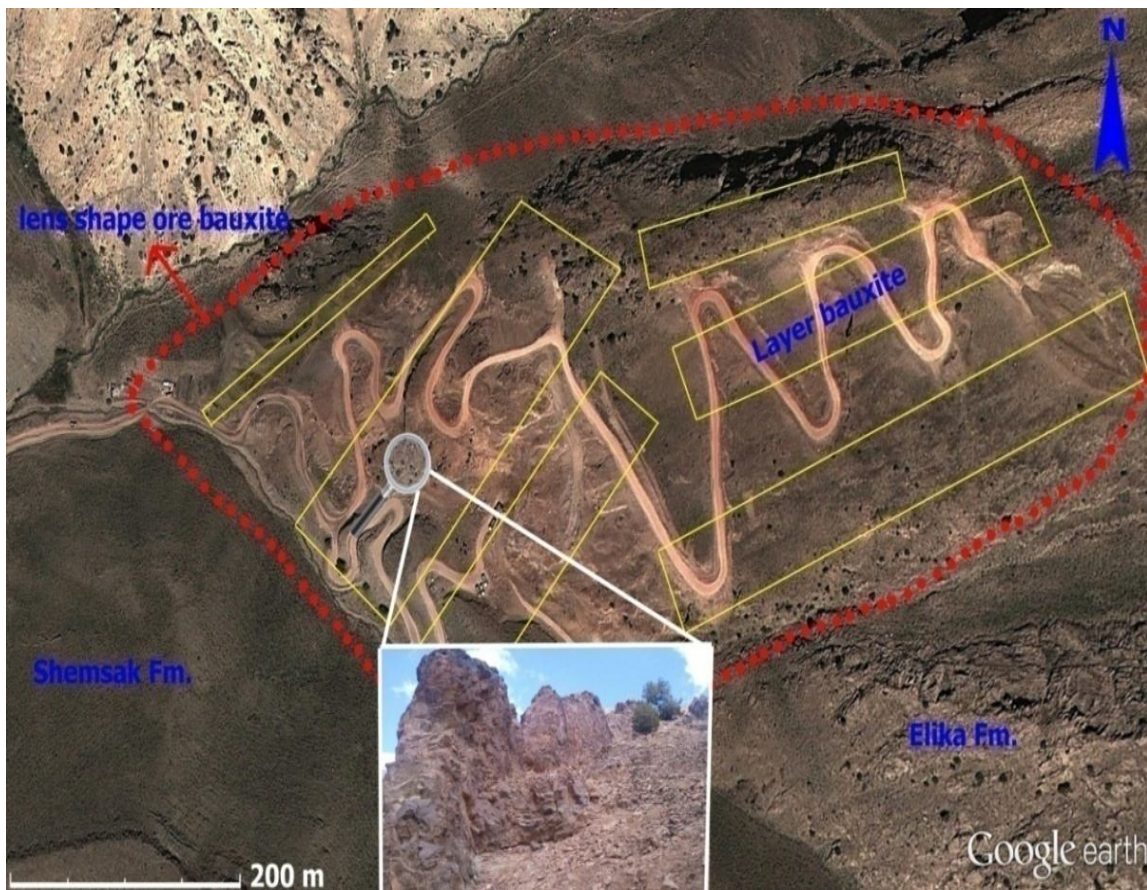
یکی از ویژگی‌های سنگ بستر بوکسیت‌های کارستی گروه مدیترانه‌ای، تشکیل برش زیر ماده معدنی می‌باشد که اولین بار توسط زمین‌شناسان روسی در ذخائر اورال گزارش شده است. این برش‌ها شامل قطعات زاویه‌دار سنگ آهک یا دولومیت است که توسط ماتریکس بوکسیتی به هم چسپیده‌اند و به سمت پایین قطعات بزرگتر و ماتریکس کم می‌شود (شهریاری، ۱۳۶۵). این برش‌ها بیشتر در بخش‌های از سنگ بستر به وجود می‌آیند که تخلخل و خلوص بیشتری داشته باشند. (بوژینسکی،<sup>۱</sup> ۱۹۷۱) ، این برش‌ها را یک پسودوبرش می‌داند که در اثر کارستی شدن سنگ بستر به وجود آمده‌اند. همانطور که در (شکل ۳-۲) مشاهده می‌شود در زیر افق بوکسیتی تاش برش مورد نظر تشکیل شده است.



شکل ۳-۲- تصویری از برش زیر ماده معدنی در بالای سازند الیکا و زیر ماده معدنی نمایش داده شده است، فلش ۱ نشان‌دهنده کاهش اندازه قطعات آهکی سنگ بستر به سمت ماده معدنی، فلش ۲ افزایش میزان ماتریکس بوکسیت به سمت ماده معدنی و تصویر شماره ۳ برش زیر ماده معدنی را از نمای نزدیک نشان می‌دهد.

### ۳-۲-۲- نحوه رخنمون ماده معدنی

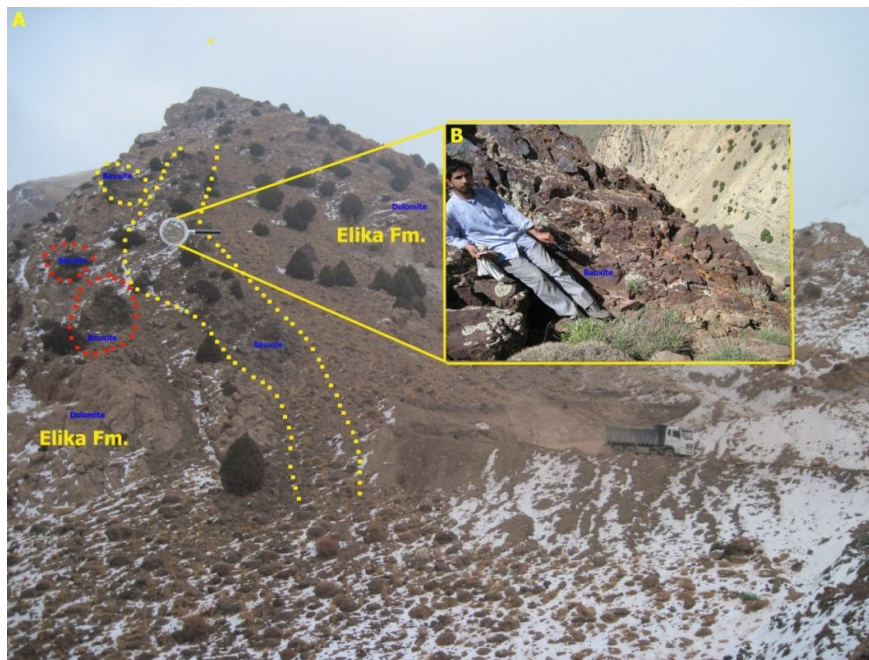
کانسار بوکسیت مورد مطالعه به صورت لایه‌ای و عدسی شکل در یال شمالی یک تاقدیس پلانژدار با امتداد تقریباً شرقی- غربی در بستر سازند کربناته الیکا جای گرفته است. مرز بالایی بوکسیت سازند شمشک می‌باشد و این نکته قابل ذکر است که سازند مذکور به طور عمده بر اثر فرسایش از بین رفته و تقریباً کانسار بدون پوشش می‌باشد. در مجموع کانسار بوکسیت تاش از چندین افق بوکسیتی تشکیل شده و شکل کلی آن عدسی مانند می‌باشد. شکل (۳-۳).



شکل ۳-۳- نحوه رخنمون کانسار مورد مطالعه در منطقه، نقطه چین قرمز رنگ محدوده کانسار و نشان دهنده حالت عدسی شکل کانسار و کادر زرد رنگ محدوده لایه‌های بوکسیتی را به نمایش گذاشته است (دید به سمت شمال).

### ۳-۲-۳- بررسی مشخصات ژئومتری ماده معدنی (هندسه ماده معدنی)

از نظر هندسه ماده معدنی، نهشته بوکسیتی با طولی حدود یک کیلومتر و چندین افق بوکسیتی با ضخامت متفاوتی از ۳ تا ۱۰ متر تشکیل شده است. ساختارهای گسلی امتدادلغز باعث قرارگیری افق-های بوکسیتی در کنار هم شده است و موجب پرعیارسازی قسمت‌های از کانسار به ویژه قسمت‌های میانی شده است (شکل ۳-۴).

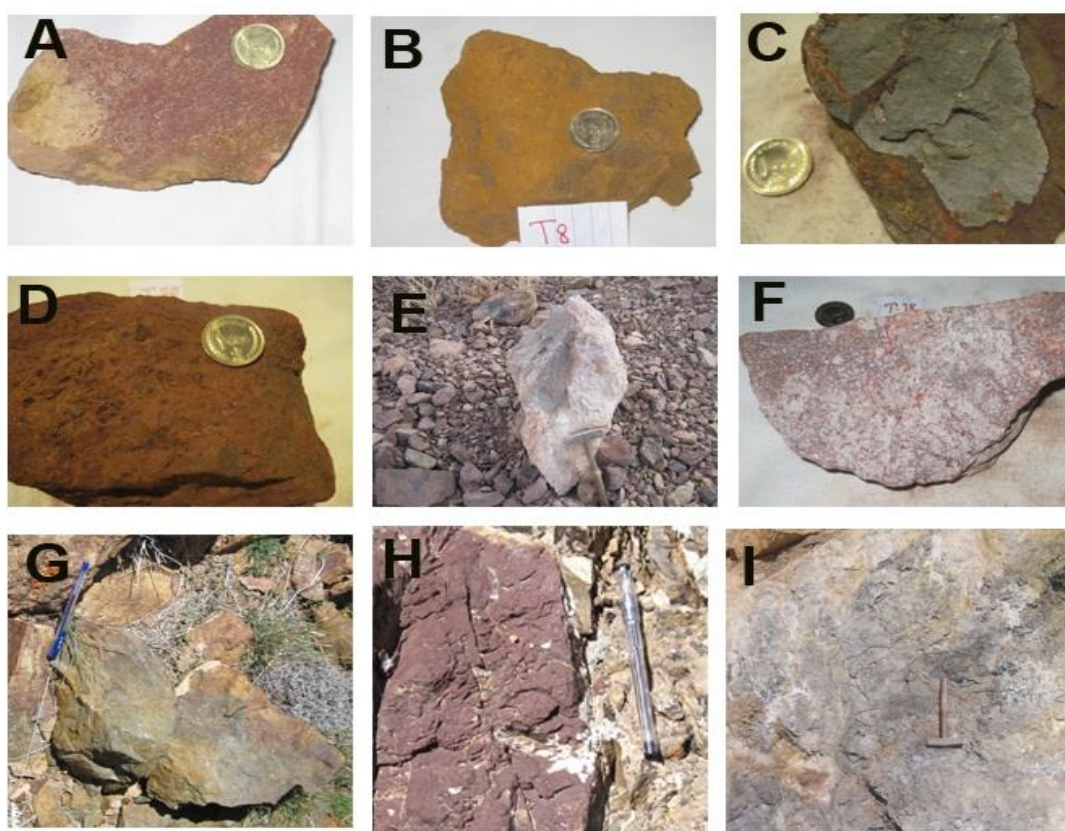


شکل ۳-۴- تصویر A بخشی از کانسار که نحوه حضور بوکسیت را در سازند الیکا، و تصویر B بوکسیت سخت یا دیاسپور می‌باشد. نقطه چین قرمز رنگ پکیج‌های بوکسیت جگری و نقطه چین زرد رنگ امتداد آنها را نشان می‌دهد.

بوکسیت در منطقه تاش به دو نوع بوکسیت شیلی و بوکسیت سخت تقسیم می‌شود که انواع شیلی دارای لمس صابونی و نرم و دارای آثار لایه‌بندی به همراه ندول‌های بسیار ریز هماتیت می‌باشند. بوکسیت سخت مهمترین کانسنگ کانسار تاش می‌باشد که قسمت اصلی آن از دیاسپور تشکیل شده است. بوکسیت تاش به رنگ‌های مختلفی دیده می‌شود که عمده‌ترین آنها جگری، قرمز، خاکستری و



سبز می‌باشند. وجود رنگ‌های متنوع در بوکسیت ناشی از حضور عناصر و کانی‌هایی به صورت ناخالص به هنگام ته نشست می‌باشد. به عنوان نمونه رنگ قرمز ناشی از وجود عنصر آهن در محیط تشکیل اکسیدان و رنگ سبز برخی نمونه‌ها حاکی از وجود کانی شاموزیت در محیط احیایی می‌باشد. همچنین رنگ‌های زرد ناشی از ناخالصی لیمونیت، رنگ خاکستری احتمالاً مربوط به مواد آلی و رنگ سفید ناشی از حضور فراوان کانی رسی (کائولینیت) می‌باشد (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵ - انواع بوکسیت با رنگ‌های مختلف، علائم اختصاری شامل: A- بوکسیت دانه اناری، B- بوکسیت زرد همراه لیمونیت، C- بوکسیت خاکستری، D- بوکسیت قهوه‌ای، E- بوکسیت سفید، F- بوکسیت صورتی، G- بوکسیت سبز، H- بوکسیت جگری، I- بوکسیت خاکستری تا سیاه.

### ۳-۲-۴- مشخصات افق بوکسیتی (لایه‌های تشکیل دهنده)

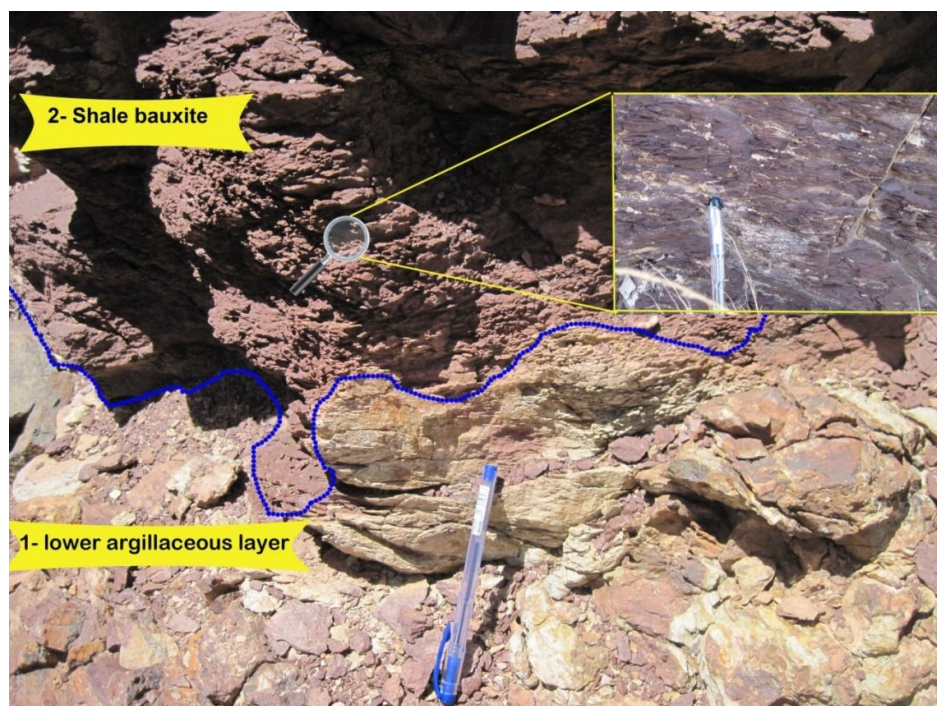
به طور کلی تغییرات کانی‌شناسی و بافتی در طول یک نیمرخ بوکسیت امری طبیعی می‌باشد ولی در کانسارهای مختلف با یکدیگر تفاوت دارند (کلاگری و همکاران، ۱۳۸۳). در بوکسیت تاش فعالیت‌های ساختاری باعث حذف و یا تکرار افق بوکسیتی شده و بهترین مورد این پدیده تکرار واحدهای بوکسیتی در روی زمین می‌باشند. عدسی‌های بوکسیت بر اساس عناصر بافتی و کانی‌شناسی دارای منطقه‌بندی داخلی هستند که از پایین به بالا شامل چهار دسته لایه رسی پایینی، واحد بوکسیت شیلی، واحد بوکسیت سخت، لایه رسی بالایی می‌باشند که مشخصات هر یک به شرح زیر می‌باشد.

#### الف - لایه کائولینیتی زیرین (رسی)

این لایه در بالای دولومیت‌های الیکا و زیر لایه بوکسیت شیلی واقع شده است. رنگ آن سفید تا خاکستری و به ضخامت ۳۰ تا ۸۵ سانتیمتر می‌باشد (شکل ۳-۶). کانی‌شناسی و ترکیب شیمیایی این لایه در قسمت‌های مختلف معدن ناهمگون است به گونه‌ای که در بعضی بخش‌ها کانی اصلی کائولینیت بوده و در دیگر بخش‌ها دیاسپور و ایلیت کانی اصلی را تشکیل می‌دهند. این عدم یکنواختی ناشی از متفاوت بودن شرایط حاکم در ته‌نشست می‌باشد. اگر شرایط زهکشی مناسب باشد این لایه غنی از بوکسیت شده و در شرایطی که زهکشی مناسب نباشد کانی‌های رسی مثل کائولینیت و ایلیت تشکیل می‌شوند. در حقیقت این لایه بخشی از لایه شیلی است که تحت تأثیر دو عامل از بوکسیت شیلی جدا شده است نخست تماس مستقیم با سنگ کربناته که شرایط محیطی متفاوت با شرایط بوکسیت شیلی دارد و عامل دیگر نحوه زهکشی و حرکت سیال در این لایه است.

## ب- واحد بوکسیت شیلی

این لایه در زیر لایه بوکسیت سخت و در بالای لایه کائولینیت زیرین قرار دارد. ضخامت این لایه بسته به محیط ته نشست تغییر می‌کند و معمولاً ضخامتی از ۰/۵ تا ۲ متر را شامل می‌شود. رنگ بوکسیت شیلی قرمز جگری، قهوه‌ای و حالت لایه‌لایه و بسیار خرد و شکننده است. کانی هماتیت به صورت ندول در آن به فراوانی دیده می‌شود (شکل ۳ - ۶). ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی این لایه عمدتاً نشانگر غنی‌شدگی عناصر متحرک مثل (Rb, K, Na, Sr, La, Mg, Pb) و تهی‌شدگی از عناصری مانند (Nb, Th, Zr, Mo, Ga, Cr) می‌باشد. این رفتار عناصر در بیشتر کانسارهای بوکسیت کارستی مشاهده می‌شود.



شکل ۳-۶- نمایی از لایه رسی زیرین و بوکسیت شیلی در کانسار بوکسیت تاش

### ج- واحد بوکسیت سخت

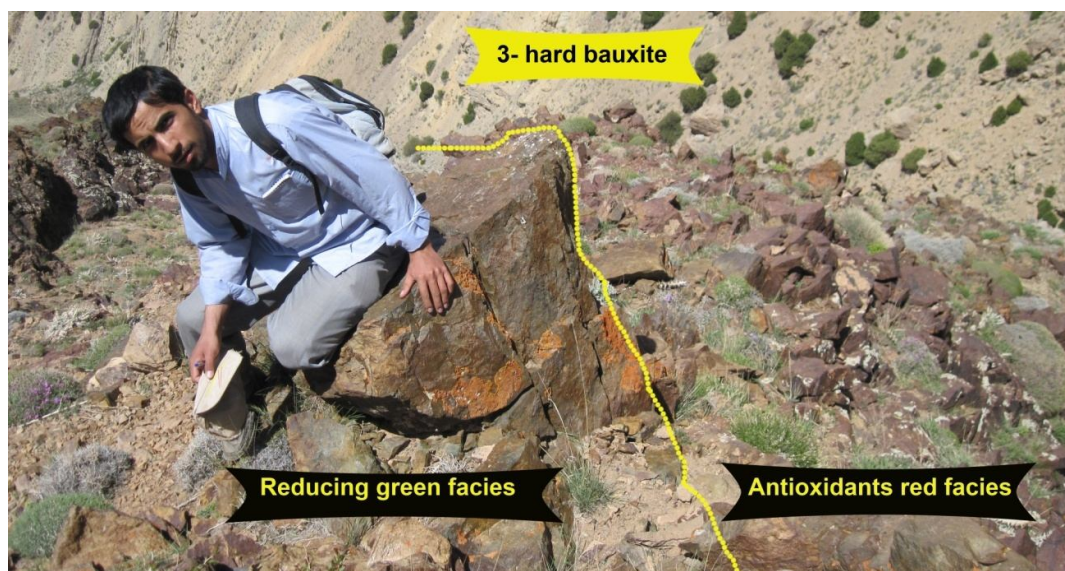
این واحد کانسنگ اصلی کانسار را تشکیل می‌دهد و به اسامی بوکسیت سخت، بوکسیت صنعتی و دیاسپور سخت نامیده می‌شود. ضخامت این لایه حدود ۳ تا ۱۰ متر می‌باشد و به رنگ‌های قرمز، سبز، خاکستری و قهوه‌ای یافت می‌شود (شکل ۳-۷). میزان درصد آلومینیوم این بخش بسیار بالا می‌باشد و تا حدود ۸۰ درصد هم می‌رسد. ویژگی‌های کانی‌شناسی و ترکیب زمین‌شیمیایی نشان‌دهنده نوسان شرایط اکسایش و احیایی طی تشکیل این واحد است. شرایط اکسایش با حضور بوکسیت قرمز رنگ مشخص می‌شود. این فرایند را می‌توان به اکسایش برون‌زای کانی‌های آهن‌دار و تشکیل اکسید و هیدروکسیدهای آهن ثانویه نسبت داد که در محیط اکسایشی حاشیه قاره‌ای تشکیل می‌شود (امینی و همکاران، ۱۳۹۰). علاوه بر کانی‌های ثانویه آهن، در شرایط اکسایشی دیاسپور، بوهمیت و آناتاز نیز تشکیل می‌شود که همراهی هماتیت و بوهمیت نشان از شرایط اکسایش و اسیدی ضیف محیط دارد (باردوسی، ۱۹۸۲). شرایط احیایی با حضور بوکسیت سبز غنی از شاموزیت مشخص می‌شود. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی کانی‌های پیریت و مارکاسیت و پیروتیت در نمونه دستی، مقطع صیقلی و آنالیز پراش پرتو ایکس مشخص شدند (شکل ۳-۸). آهن مورد نیاز برای تشکیل این کانی‌ها از اکسیدهای آهن و گوگرد مورد نیاز از احیای باکتریایی سولفات‌های محیط به دست آمده است (اوزتروک<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۲). تشکیل کانی شاموزیت در شرایط محیطی کم فشار با pH ۷ تا ۸ و Eh بیش از ۰/۲- تشکیل می‌شود (تمور<sup>۲</sup> و کانسون، ۲۰۰۶). مقدار سیلیس فعال در بوکسیت سخت نسبت به دیگر واحدهای بوکسیتی بیشتر است که همین امر موجب مشکلاتی در تهیه آلومینا ( $Al_2O_3$ ) می‌شود.

---

1- Öztrük

2- Temor





شکل ۳-۷-۳، بوکسیت سخت شامل رخساره احیایی سبز رنگ و رخساره اکسیدان قرمز رنگ در کانسار بوکسیت تاش.



شکل ۳-۸-۳، نمایی از بوکسیت سخت رخساره احیایی در کانسار بوکسیت تاش، PY معرف پیریت و MA معرف مارکاسیت می باشد.

#### د- واحد کائولینیتی بالایی

این بخش به صورت بسیار محدود در بعضی از قسمت‌های کانسار در زیر شیل‌های شمشک یافت می‌شود (شکل ۳-۹). ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی این لایه تقریباً یکنواخت و عمدتاً از کائولینیت تشکیل شده است. احتمال دارد که کانی‌های آلومینیوم‌دار این لایه ثانویه باشند یعنی کانی‌های رسی آلومینیوم‌دار مثل هالئوزیت و کائولینیت بر اثر تشابه رفتار شیمیایی آلومینیوم با سیلیس، با کانی‌های آلومینیوم‌دار واکنش داده و آنها را تشکیل می‌دهند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۷). کانی‌های جدیدتر تشکیل شده به صورت رگچه و غشاهایی در بوکسیت‌های موجود در خمیره کائولینیتی یافت می‌شوند (والتون، ۱۹۷۲). عمده این لایه بر اثر فرسایش از بین رفته است.



شکل ۳-۹ - تصویر صحرایی از واحد چهارم افق بوکسیتی در کانسار بوکسیت تاش، این لایه بیشتر از کائولن تشکیل شده و در زیر شیل‌های سازند شمشک قرار گرفته‌اند.

از مشخصات بارز این واحد حضور کنکرسیون و ندول‌های هماتیتی می‌باشد (شکل ۳-۱۰). حضور مجزای لایه‌های آهن و آلومینیوم در کنکرسیون‌ها نتیجه آهن‌شویی تفریقی می‌باشد. به وجود آمدن کنکرسیون‌ها نتیجه فرایندهای اپی‌ژنتیک می‌باشد (شهریاری، ۱۳۶۵). معمولاً ندول‌ها که کانی اصلی



آنها هماتیت است، در اثر نوسانات سطح سفره آب‌های زیرزمینی بوجود می‌آیند. اگر در مرکز ندول‌ها هسته وجود داشته باشد و دارای دوایر متحدالمرکز باشند، به آنها بافت پیزوئیدی و ماکروپیزوئیدی اطلاق می‌شود ولی اگر هسته نداشته باشند و اثری از دوایر متحدالمرکز دیده نشود، به آنها ندول آهن و به بافت مربوطه بافت نودولار گفته می‌شود. معمولاً پایین بودن انرژی حوضه رسوبی و نبود هسته‌های مناسب باعث ایجاد این بافت می‌شود (شکل ۳- ۱۱). وجود کنکرسین و ندول‌های-لاتریتی در منطقه تایید کننده این مطلب است که محلول حاوی ژل سیلیکاته با دیگر عناصر فرعی و هماتیت به صورت درجا در حفرات کارستی به وجود آمده‌اند.



شکل ۳- ۱۰ - تشکیل کنکرسین در واحد کائولینیتی بالایی، با تغییر شرایط محیطی واحد بوکسیت سخت رخساره احیایی مستقیماً به واحد رسی بالایی به صورت کنکرسین تبدیل شده است.



شکل ۳- ۱۱ - تشکیل بافت نودولار در واحد کائولینیتی بالایی، این ندول‌ها عمدتاً از هماتیت تشکیل شده است

### ۳-۳ - ویژگی‌های سنگ پوش ماده معدنی

در بسیاری از ذخائر بوکسیت پس از بر جای گذاشتن بوکسیت یک دوره کوتاه مدت یا بلند مدت در توقف رسوبگذاری قبل از تشکیل سنگ پوش حاکم بوده است ولی ذخائری نیز وجود دارند که سنگ پوش آنها بلافاصله بر روی بوکسیت رسوب کرده‌اند. در حالت اول که توقف وجود دارد مرز مشخصی بین ماده معدنی و سنگ پوش وجود دارد ولی در حالتی که توقف وجود نداشته باشد مرز مشخص بین ذخائر و سنگ پوش دیده نمی‌شود و مرز کاملاً تدریجی است (شهریاری، ۱۳۶۵). افق بوکسیتی مورد مطالعه توسط شیل‌ها و ماسه سنگ‌های سازند شمشک پوشیده شده است. مرز بین افق بوکسیتی و سازند شمشک به صورت فرسایشی نامنظم می‌باشد شکل (۳-۱۲). همچنین (برآگین<sup>۱</sup> و همکاران ۱۹۷۶) بیان می‌کنند که گروه شمشک در البرز شمالی از یک بخش آهنی - بوکسیتی آغاز می‌گردد به طوری که در منطقه اکراسر ستبرای بوکسیت پایه گروه شمشک به ۸ متر و در منطقه قشلاق به لایه‌های رسی کائولینیتی رنگارنگ که ضخامت کمتر از یک متر دارند ختم می‌شوند همچنین آنها افق بوکسیتی را جزئی از گروه شمشک می‌دانند.



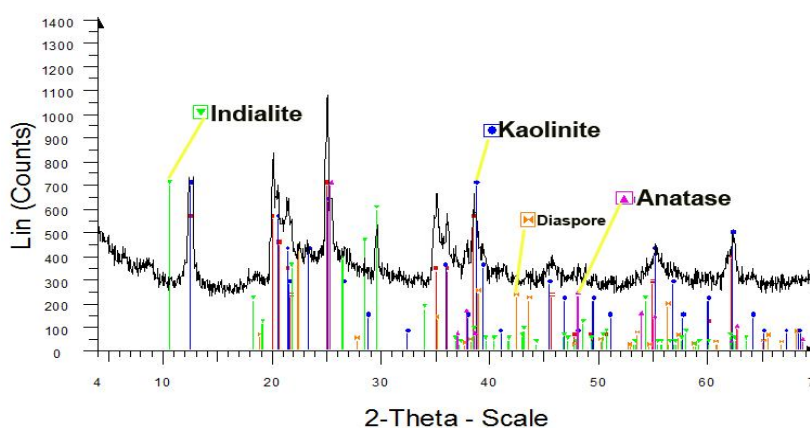
شکل ۳-۱۲- تصویر صحرایی از مرز فرسایشی نامنظم بین افق بوکسیتی و سازند شمشک، عدد ۱ لایه‌های حاوی آهک دیاسپوردار و عدد ۲ لایه‌های شیلی سازند شمشک را نشان می‌دهد که حاکی از توقف رسوبگذاری در مدت کوتاه می‌باشد.

1- Beregin



### ۳-۴- ارتباط بوکسیت زایی با ذغالسنگ

از زمانی که برای اولین بار زمین‌شناسان شرکت ذغالسنگ البرزشرقی در سال ۱۳۴۷ ضمن پی‌جویی ذغالسنگ، وجود بوکسیت را در جاجرم گزارش کرده‌اند، تاکنون نهشته‌های بوکسیت زیادی از قاعده شمشک در ایران اکتشاف گردیده است. نتایج بررسی‌های انجام شده بر روی مرز بالایی بوکسیت‌های تاش و سازند ذغال‌دار شمشک نشانگر ارتباط مستقیم آنها می‌باشد. چنانچه مطالعات آنالیز پراش اشعه ایکس نشان از وجود کانی‌های کائولینیت، دیاسپور، ایندیالیت و آاناتاز در شیل‌های بلافصل بوکسیت‌ها دارد ( شکل ۳-۱۳).



شکل ۳-۱۳ - نتیجه آنالیز پراش اشعه ایکس بر روی یک نمونه از شیل‌های شمشک که منجر به شناسایی کانی‌های کائولینیت، دیاسپور، ایندیالیت و آاناتاز گردید.

اولین بار از ناحیه جانگار چین در معدن هیدوجا به سن پنسیلوانیا کانی‌های آلومینیوم‌دار در شیل‌ها و ذغالسنگ‌ها گزارش شده است (دای<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). در این ناحیه بوکسیت به شکل کانی بوهمیت همراه با ذغالسنگ‌ها در محیط مردابی ته‌نشست نموده و علاوه بر آلومینیوم، گالیوم و عناصر نادرخاکي نیز غنی‌شدگی نشان می‌دهند. این غنی‌شدگی ممکن است بر اثر فرایندهای زیر اتفاق افتاده باشد: الف - لیچینگ خاکستر آتشفشانی توسط آب‌های زیرزمینی و غنی‌شدگی توسط مواد آلی،

1- Dai

ب- لیچینگ خاکستر آتشفشانی توسط آبهای زیرزمینی و غنی‌شدگی توسط به هم پیوستن کانی‌ها،  
ج- به هم پیوستن خاکستر آتشفشانی و کانی‌ها توسط تورب. در قسمت‌هایی از معدن تاش که سازند  
شمشک بوکسیت‌ها را پوشانده است، می‌توان ارتباط بین کانی‌های رسی و شیل و مارن‌های حاوی  
مواد آلی فراوان را مشاهده نمود (شکل ۳-۱۴). در این شکل در قسمت وسط کانی رسی قرار گرفته و  
اطراف آن را شیل با مواد آلی فراوان احاطه نموده است.



شکل ۳-۱۴- تصویر نمونه دستی یک تورب نارس که کانی‌های رسی را در بر گرفته است، لایه‌های متحد المركز نشان  
از تشکیل در یک محیط درجا دارد تا جایی که نمونه حالت کنکرسیون به خود گرفته است.

در مناطقی که ذغالسنگ همراه نهشته‌های بوکسیت وجود دارد لیچینگ طبیعی آهن بر کیفیت  
بوکسیت تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. وجود مواد آلی برای متحرک ساختن آهن و خروج آن از محیط  
ضروری است. شرایط تشکیل ذغالسنگ نیاز به یک محیط پایدار رسوبی دارد که در این محیط‌ها مواد  
آلی به وفور یافت می‌شوند. همچنین نقش میکروارگانیسم‌ها در جذب قوی آهن و دیگر عناصر فلزی و

ته‌نشست آنها و تشکیل بوکسیت بسیار مهم می‌باشد (کلتریدیس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). دمای مناسب، آب فراوان و کربن آلی برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها محیط مناسبی را فراهم می‌آورد.

### ۳-۵- نقش کارست و غارهای آهکی در فرایند بوکسیت‌زایی

محیط‌های کارستی در کانه‌زایی بوکسیت نقش دارند که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

الف - فرورفتگی‌های کارستی معمولاً زهکشی مناسب دارند و باعث نفوذ بیشتر آب باران به درون سنگ مادر و در نتیجه هوازدگی بیشتر می‌شود. ب- وجود یک محیط قلیایی ضعیف تا متوسط برای عمل بوکسیتی شدن مناسب است و این شرایط به وسیله سنگ‌های کربناته قابل حصول است. ج- وجود فرورفتگی‌های کارستی خود عاملی برای محفوظ ماندن بوکسیت از وقایع فرسایشی بعدی می‌باشد (زرأسوندی و همکاران، ۱۳۸۹). وجود حفرات و غارهای آهکی در توده معدنی که در امتداد شکستگی‌های گسلی ایجاد شده نقش دوگانه‌ای در بوکسیت‌زایی دارد، از یک طرف باعث خروج عناصر کلسیم، منیزیم و دیگر کاتیون‌های محلول شده و باعث افزایش کیفیت بوکسیت می‌شود و از طرف دیگر در صورت استمرار و افزایش زهکشی در منطقه باعث خروج آلومینیم و دیگر عناصر به خارج از منطقه می‌شود (ماکلان و هکاران، ۲۰۰۲). (ملائی و شریفیان عطار، ۱۳۸۴)، با مطالعه بر روی بوکسیت جاجرم، نسبت ستبرای بوکسیت به درصد  $Al_2O_3$  و تیتان در کارست‌ها را نشان دادند و نتیجه گرفتند که کیفیت بوکسیت و تیتان به عنوان عناصر بی تحرک با ستبرای آن نسبت مستقیم دارد و به همین نسبت از درصد اکسید سیلیس و آهن به عنوان عناصر کم تحرک کاسته می‌شود. در شکل (۳-۱۵) غار آهکی ایجاد شده در منطقه حکایت از پیشرفت کارست در سنگ میزبان نیز دارد، تا حدی که تزئینات سوزنی و گل کلمی از جنس کلسیت و آراگونیت در بدنه غار ایجاد کرده است.

---

1- Kalaitzidis

یکی از شواهد کارستی شدن نفوذ رگچه‌های بوکسیت در داخل بستر دولومیتی الیکا می‌باشد شکل (۳-۱۶).



شکل ۳-۱۵- ایجاد غار آهکی در سنگ بستر به همراه تزئینات سوزنی کلسیت و آراگونیت که مبین پیشرفت کارست می‌باشد





شکل ۳-۱۶ - نمایی از ورود محلول‌های حاوی بوکسیت و هماتیت در داخل بستر کربناته سازند الیکا علائم اختصاری شامل (A- ندول‌های هماتیت در زمینه بوکسیت رسی، B- بافت پلئیتومرفیک در بوکسیت رسی، C- رگچه‌های حاوی بوکسیت، D- هماتیت، E- بوکسیت کائولینیتی شده، F- دولومیت الیکا)

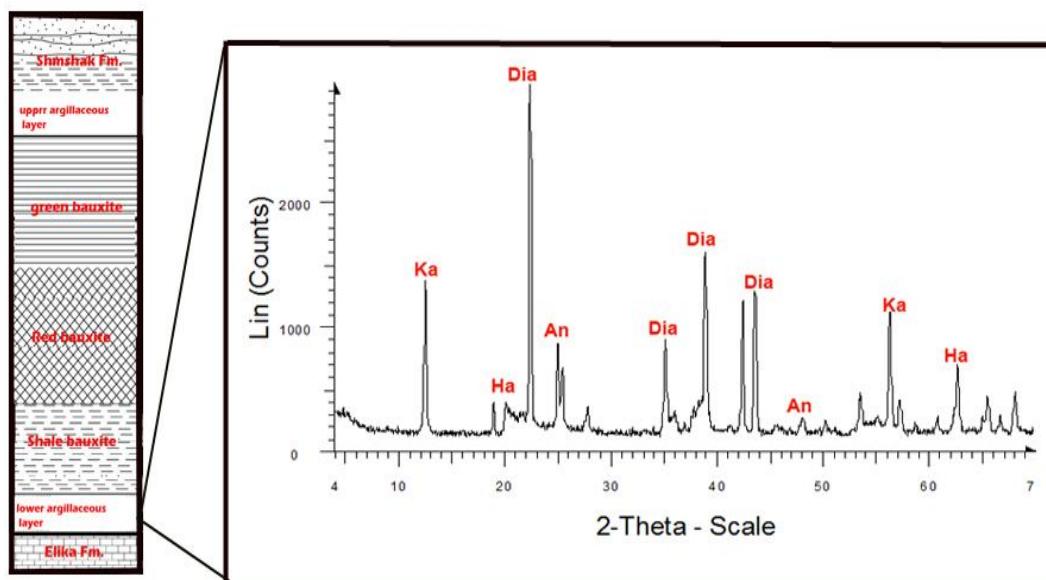
### ۳-۶ - کانی‌شناسی به روش پراش اشعه ایکس XRD

با توجه به این که کانی‌های سازنده ماده معدنی دارای بلورهای ریز می‌باشد و در این شرایط کانی‌های سازنده آن خواص نوری مشخصی ندارند نمی‌توان انتظار چندانی از مطالعات مقاطع صیقلی داشت. برای به دست آوردن اطلاعات دقیق‌تر کانی‌شناسی و پردازش و تفسیر مینرالوژیکی اجزای تشکیل دهنده بوکسیت از آنالیز XRD استفاده گردید. این روش مطالعه کانی‌شناسی، در شناسایی ذرات ریز رسی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. مبنای این روش اندازه‌گیری فواصل صفحات اتمی

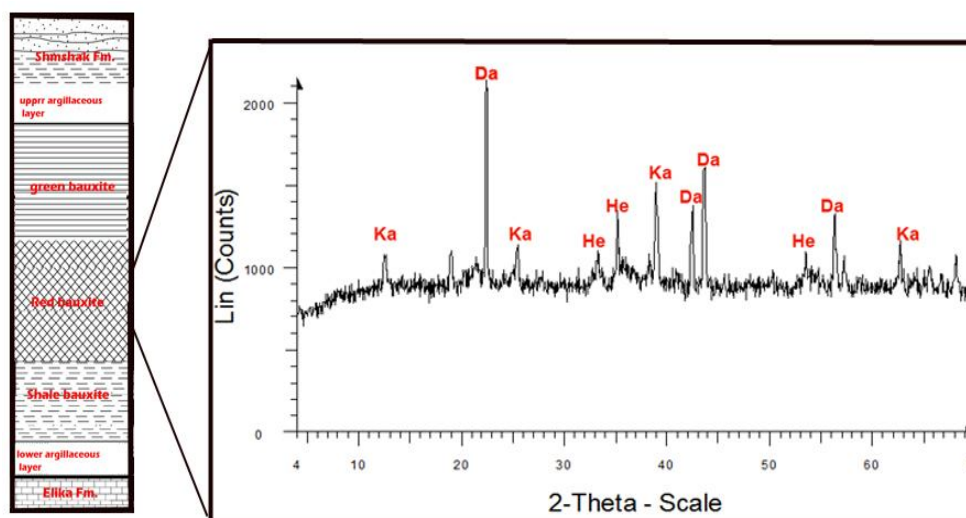
یا به عبارتی شناسایی ساختمان مواد که نتیجه آن تعیین نام کانی یا کانی‌های تشکیل دهنده نمونه می‌باشد. به همین منظور تعداد ۹ نمونه جهت شناسایی کانی‌های مجهول در دانشگاه دامغان و ۱ نمونه درسازمان زمین شناسی کشور مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کانی‌های تشکیل دهنده بوکسیت در پنج گروه شامل گروه هیدروکسیدهای آلومینیوم و آهن ( دیاسپور، بوهمیت، گوتیت )، اکسیدهای آهن و تیتان ( هماتیت، آناتاز )، فیلوسیلیکات‌ها ( کائولینیت، هالوئیزیت، ایندیالیت) کلریت‌ها ( کلینوکلر، شاموزیت) نکتوسیلیکات‌ها (کوارتز) و کربنات‌ها (کلسیت، آراگونیت، سیدریت) طبقه‌بندی می‌شوند. نتایج این آنالیز به صورت جدول (۳-۱) به نمایش گذاشته شده است. (در اشکال ۳-۱۷، ۳-۱۸، ۳-۱۹ و ۳-۲۰) طیف‌های مختلف پراش پرتو ایکس از انواع لایه‌های مختلف افق بوکسیتی را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱- نتایج آنالیز پراش پرتو ایکس از بخش‌های مختلف افق بوکسیتی

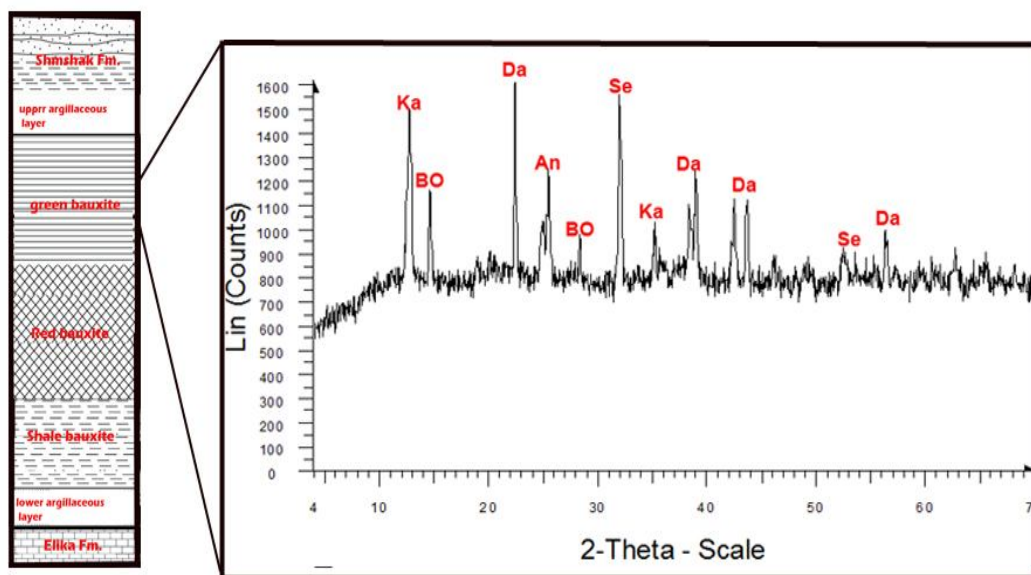
| شماره نمونه | کانی‌های اصلی              | کانی‌های فرعی     |
|-------------|----------------------------|-------------------|
| ۱           | کائولینیت، آناتاز، دیاسپور | ایندیالیت         |
| ۲           | دیاسپور، کائولینیت         | هماتیت            |
| ۳           | دیاسپور، گوتیت، کائولینیت  | کلسیت، آراگونیت   |
| ۴           | دیاسپور، آناتاز            | کلینوکلر          |
| ۵           | دیاسپور، کائولینیت،        | هالوئیزیت، آناتاز |
| ۶           | سیدریت، دیاسپور، کائولینیت | آناتاز            |
| ۷           | دیاسپور، کائولینیت، آناتاز | هماتیت            |
| ۸           | دیاسپور، بوهمیت، کائولینیت | سیدریت            |
| ۹           | گوتیت، دیکیت               | هماتیت            |
| ۱۰          | دیاسپور، هماتیت            | کائولینیت         |



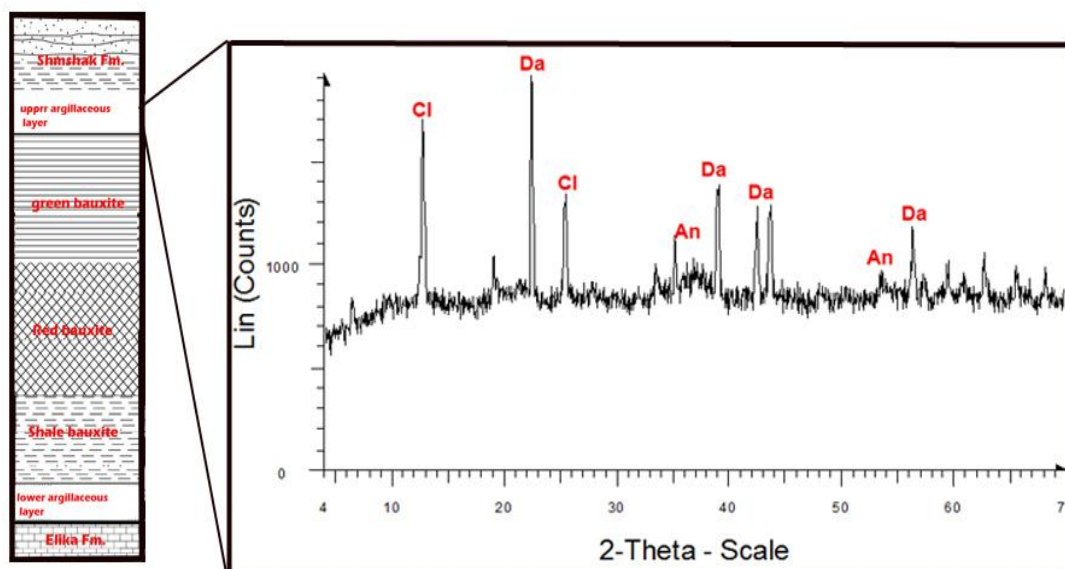
شکل ۳-۱۷ - طیف XRD مربوط به یک نمونه از لایه رسی پایینی، که کانی‌های کائولینیت، هالوئیزیت، آناتاز، دیاسپور را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۸ - طیف XRD مربوط به یک نمونه از لایه بوکسیت سخت قرمز رنگ که کانی‌های کائولینیت، دیاسپور، هماتیت را نشان می‌دهد.



شکل ۳- ۱۹ - طیف XRD مربوط به یک نمونه از لایه بوکسیت سخت سبز رنگ که کانی‌های کائولینیت، بوهمیت، آناتاز، سیدریت و دیاسپور را نشان می‌دهد.



شکل ۳- ۲۰ - طیف XRD مربوط به یک نمونه از لایه رسی بالایی که کانی‌های کلینوکلر، آناتاز، دیاسپور را نشان می‌دهد.



### ۳-۶-۱- بررسی کانی‌های تشکیل دهنده ماده معدنی

ملاحظه می‌شود که کانی‌های تشکیل دهنده کانسار بوکسیت تاش شامل: دیاسپور، کائولینیت، همتایت، شاموزیت، آاناتاز و کوارتز هستند. دیاسپور کانی اصلی آلومینیوم‌دار است که در اکثر بوکسیت‌های کارستی یافت می‌شود و گسترش آنها بیشتر در نهشته‌های با سن پالئوزئیک می‌باشد. به اعتقاد (باردوسی، ۱۹۸۲)، این کانی بیشتر در مناطقی تشکیل می‌شود که تحت تأثیر تکتونیک متوسط تا شدید قرار گرفته باشد مطالعات انجام شده توسط (تمور و همکاران، ۲۰۰۶) نشان می‌دهد که فرایند بوکسیتی شدن با تشکیل کانی گیبسیت شروع شده و با تحمل فشردگی و آزدایی به بوهمیت و سرانجام طی فرایندهای دگرگونی درجه پایین و همچنین تنش‌های زمین‌ساختی، ضمن تغییر ساختار بلوری به دیاسپور تبدیل می‌شود. بیشترین میزان دیاسپور در واحد بوکسیت سخت یافت می‌شود. با توجه به عدم حضور کروندم و دیگر شواهد دگرگونی در منطقه و حضور بوهمیت به صورت نهان بلور در نتایج کانی‌شناسی به روش XRD می‌توان گفت عوامل تکتونیکی در تبدیل ژل آمورف آلومینیوم‌دار به گیبسیت، بوهمیت و سرانجام به دیاسپور نقش اصلی را داشته است. کانی بوهمیت در شرایط اسیدی و Eh احیایی و غلظت پایین عناصر قلیایی، فاز پایدار در دماهای سطحی است (اوزلو، ۱۹۸۳) همچنین این کانی بیشتر در واحد بوکسیت سخت حضور دارد. (شهریاری، ۱۳۶۵) عقیده دارد که بوهمیت در مرحله سین ژنتیک در بخش ماتریکس بوکسیت‌ها توزیع شده است. همتایت از جمله فراوانترین کانی در بوکسیت‌های کارستی می‌باشد و بیشتر در واحد بوکسیت شیلی و واحد بوکسیت سخت قرمز مشاهده شده است. گوتیت بعد از همتایت فراوان‌ترین کانی آهن‌دار در بوکسیت‌ها می‌باشد و با کانی دیاسپور هم ساختار می‌باشند. در مواردی که آلومینیوم جانشین قسمتی از آهن در شبکه گوتیت شود به آن آلومو گوتیت می‌گویند. با توجه به بررسی‌های انجام شده (جانتو<sup>۱</sup> و گیریت، ۱۹۷۰)، بر روی گوتیت‌های موجود در بوکسیت‌ها عنوان می‌کند که هر چه

---

1- Janot

کریستال‌های گوتیت کوچکتر باشند جانشینی آلومینیوم به جای آهن راحت‌تر صورت می‌پذیرد. تشکیل کائولینیت در بوکسیت‌های کارستی بیشتر به جانشینی دیاژنتیکی کانی‌های آلومینیم‌دار با سیلیس و یا آبزدایی کانی‌های آلومینیم آبدار نسبت داده می‌شوند (کاراداژ<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). شاموزیت در اغلب بوکسیت‌های دیاسپوری دنیا یافت می‌شود و بیشتر همراه با کائولینیت دیده می‌شود و معرف شرایط احیایی تشکیل می‌باشد. این کانی هم در شرایط سین‌ژنتیک به صورت ماتریکس و هم دیاژنتیک به صورت لایه‌های تشکیل دهنده اوئید و پیزوئید یافت می‌شود. (شهریاری، ۱۳۶۵) اعتقاد دارد که شاموزیت‌های موجود در بوکسیت البرز، در سطح اکسید شده و به کائولینیت، هماتیت و گوتیت تبدیل می‌شود. چنین پدیده‌ای در کانسار تاش نیز مشاهده می‌شود.

### ۳-۷- مطالعات میکروسکوپی

به منظور تعیین کانی‌های تشکیل دهنده و روابط بافتی آنها تعداد ۲۰ نمونه مقطع نازک از سنگ میزبان و کانسنگ بوکسیت تهیه و مورد مطالعه قرار گرفتند.

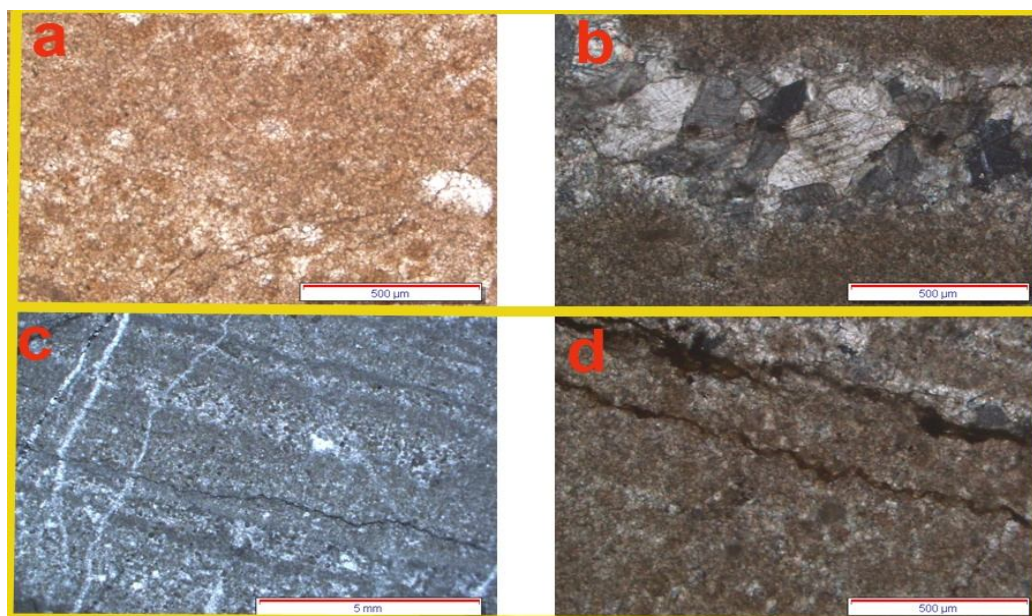
### ۳-۷-۱- مطالعه پتروگرافی سنگ میزبان

با توجه به اینکه سنگ میزبان ماده معدنی را دولومیت‌های سازند الیکا تشکیل می‌دهد به مطالعه مقاطع نازک آنها پرداختیم که منجر به شناسایی بلورهای دولومیت به صورت بافت گزنوتوپیک<sup>۲</sup> در آنها گردید (شکل ۳-۲۱-a). این بافت در نتیجه تبلور دولومیت‌هایی است که قبلاً شکل گرفته‌اند و

---

2- Kardag  
1- xenotopic

یا از جانشینی کلسیت در حرارت‌های بالا پدید آمده‌اند (زنگر<sup>۱</sup>، ۱۹۸۳). به طور کلی بافت گزنوتوپیک نشانه‌ای از شکل‌گیری دولومیت تحت شرایط اپی‌ژنتیک و یا در شرایط دفن عمیق می‌باشد (لی<sup>۲</sup> و فریدمن، ۱۹۸۷). سنگ بستر ماده معدنی دارای شکستگی‌های زیادی است که در مقاطع نازک هم قابل شناسایی می‌باشد. شکل (۳-۲۱- b)، یک نمونه از شکستگی‌هایی که توسط کانی‌های ثانویه کلسیت پُر شده را نشان می‌دهد. از دیگر بافت‌های مشاهده شده در سنگ میزبان تناوب لایه‌های روشن و تیره در مقطع نازک می‌باشد. که دلیلی بر بافت استروماتولیتی می‌باشد. این بافت غالباً در محیط بالای پهنه جزر و مدی تشکیل می‌شود (شکل ۳-۲۱- c). شکاف‌های استیلولیتی که مبین فشارهای تکتونیکی است در بعضی مقاطع مشاهده می‌شود (شکل ۳-۲۱- d).



شکل ۳-۲۱- تصویری از مقاطع نازک سنگ میزبان ماده معدنی، a- بافت گزنوتوپیک در دولومیت سنگ بستر، b- درز و شکستگی‌های ثانویه پر شده توسط کلسیت، c- بافت استروماتولیتی، d- بافت دانه ریز و یک شکاف استیلولیتی را نمایش می‌دهد.

2- Zenger

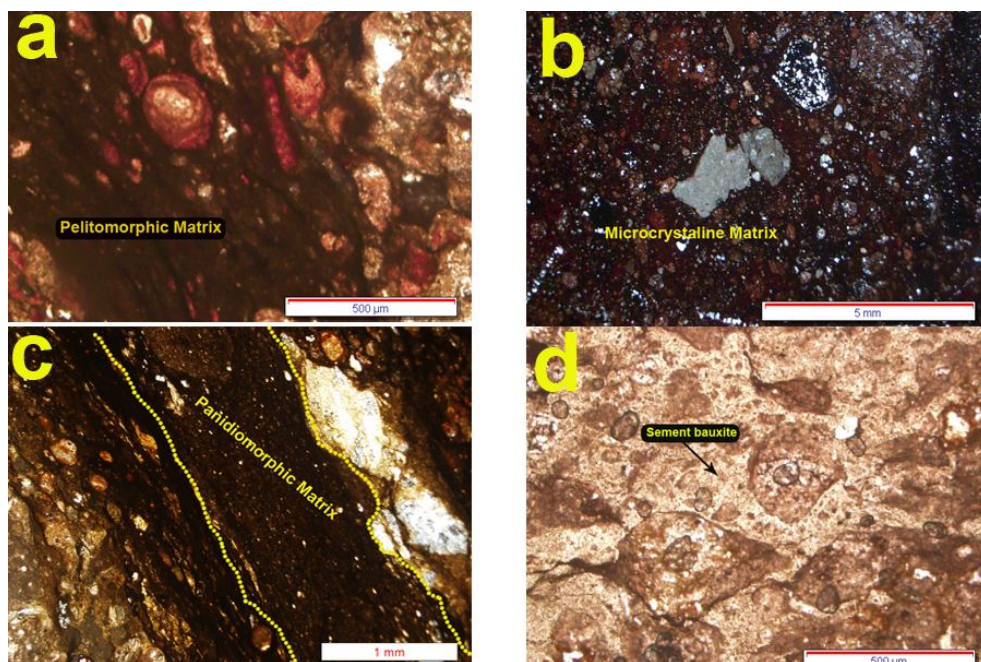
3- Lee

### ۳-۷-۲ - مطالعات پتروگرافی ماده معدنی

کانی‌های تشکیل دهنده بوکسیت‌ها بسیار دانه ریز هستند به طوری که خواص نوری مشخصی زیر میکروسکوپ نشان نمی‌دهند لذا شناسایی آنها از این طریق میسر نمی‌باشد و تنها با استفاده از پراش اشعه ایکس می‌توان آنها را مشخص نمود. با استفاده از مقاطع نازک و صیقلی تنها می‌توان ارتباط بین اجزاء تشکیل دهنده یعنی بافت آنها را مورد بررسی قرار داد. عناصر سازنده بافت در بوکسیت‌ها بر مبنای ویژگی‌های ریختی و پیدایشی به دو دسته کلی الف - واحدهای بافت‌ساز زمینه شامل سیمان و ماتریکس و ب- واحدهای بافت‌ساز متمایز شامل کانی‌ها، قطعات و ساخت‌های متمرکز تقسیم می‌شوند.

### ۳-۷-۳ - واحدهای بافت ساز زمینه (ماتریکس)

عناصر بافتی زمینه شامل تجمعات نسبتاً ریزدانه با اندازه‌های کم و بیش یکسان است که مانند سیمانی عناصر بافتی متمایز را در بر گرفته است. این اجزاء که از ذرات بسیار ریز و یکنواخت غنی از  $Al_2O_3$  و سیلیس تشکیل شده‌اند، دارای منشأ همزاد تا دیاژنتیک بوده و از شواهد برجاستا بودن بوکسیت محسوب می‌شوند (ناصری، ۱۳۹۱). با مطالعات انجام شده بر روی نمونه‌ها کانسار تاش، انواع ماتریکس پلیتومورفیک، میکروکریستالین، پانیدیومورفیک و سیمان شناسایی شدند (شکل ۳-۲۲). بافت پلیتومورفیک هنگامی ایجاد می‌شود که شرایط محیطی و تکتونیکی در طی دیاژنز بدون تغییر مانده و رسوبگذاری مجدد رخ ندهد (زراسوند و همکاران، ۱۳۹۲)، در این صورت به علت نبود خرده-های جدایشی و سایر عناصر بافت ساز، از یک کلئید آمورف یا بسیار ریز به وجود می‌آیند (عابدینی، ۱۳۸۳). وجود این بافت‌ها مبین منشأ درجاستا بوکسیت می‌باشند (باردوسی، ۱۹۸۲). ولی همراهی این بافت‌ها با قطعات حمل شده اینتراکست، ذرات آواری و اوئیدهای فرسایش یافته، حاکی از منشأ نیمه-برجای آنها می‌باشد.



شکل ۳-۲۲- تصویر میکروسکوپی واحد بافت ساز زمینه ، a بافت پلیتومورفیک، b بافت میکروکریستالین ، c بافت پانیدیومورفیک، d سیمان که دیگر واحدها را در بر گرفته است (تمامی مقاطع زیر نور PPL).

### ۳-۷-۴- واحدهای بافت ساز متمایز

این واحدها با توجه به مورفولوژی و اندازه‌شان کاملاً از ماتریکس قابل تشخیص هستند. عناصر بافتی متمایز به طور عمده شامل سه دسته عناصر بافتی هم مرکز، کانی‌ها و قطعات آواری می‌باشد. از جمله مهمترین عناصر بافتی در بوکسیت‌ها دانه‌های پوشش‌دار (اوئید و پیزوئیدها) می‌باشند. اوئیدها و پیزوئیدها دارای ساختمان مشابه هستند با این تفاوت که پیزوئیدها بزرگتر و تعداد قشرها در آنها بیشتر است (شکل ۳-۲۳). معمولاً پیزوئیدها کمتر دچار شکستگی می‌شوند (باردوسی، ۱۹۸۲). پیزوئیدها و اوئیدها یا دیاننتیکی هستند یا دارای خاستگاه خاک‌زاد غیر اشباع هستند (مونگلی و آکوفردا، ۲۰۰۷). در شرایط دیاژنز که تغییر در شرایط فیزیکی و شیمیایی ژل آلومینوسیلیکاته رخ می‌دهد، اوئید و پیزوئیدها به وجود می‌آیند. اوئیدهای ساده در زمان کوتاه شکل می‌گیرند ولی اوئید و

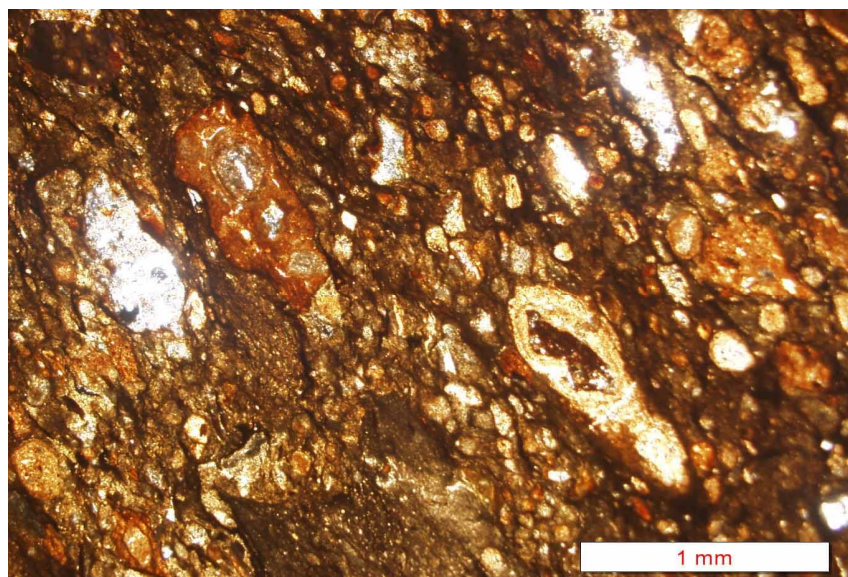
پیزوئیدهای پیچیده در زمان طولانی ایجاد و نشان دهنده‌ی فرایندهای مختلف حمل و نقل هستند. اصولاً پیزوئیدها از هسته و لایه‌های متحدالمرکزی در نتیجه تغییرات آب و هوایی طی چند مرحله به وجود می‌آیند و ژئوشیمی محیط نهشت را ثبت می‌کنند. به پیزوئیدهایی که هسته‌ی آنها از اجتماعات کروی شکل کوچک تشکیل شده‌اند پیزوئیدهای آلوزن<sup>۱</sup> گفته می‌شوند (شکل ۳- ۲۴) حضور این نوع پیزوئید نشانگر انتقال مواد بوکسیتی است (تیلور<sup>۲</sup> و آگلتون، ۲۰۰۴). پیزوئیدهای دمبلی شکل و کشیده (شکل ۳- ۲۵) نشانگر تغییر شکل در طی فعالیت‌های تکتونیکی و فشردگی می‌باشند (لیو ایکس، ۲۰۱۰). گردشگری پیزوئیدها نشان می‌دهد که قطعات قبل از نهشت در ماتریکس نرم دستخوش حمل و نقل شده‌اند. از جمله دیگر بافت‌های موجود در نمونه‌های مورد مطالعه، بافت جریان‌ی است که به علت جابجایی کلئید اولیه ناشی از هوازگی سنگ مادر در طی فرایند سوپرژن تشکیل شده‌اند (کلاگری و همکاران، ۱۳۸۳). وجود خرده‌های آواری در پیزوئید و اوئید از جمله شواهد انتقال می‌باشد. یکی دیگر از دیگر بافت‌های موجود بافت کلوفر است که بر اثر جدایش ژل آلومینوسیلیکانه از آهن به وجود می‌آید (شکل ۳- ۲۶). در شکل (۳- ۲۷) بافت انحلالی دیده می‌شود که دلیلی بر فشارهای ناشی از فرایند اپی ژنتیک و شرایط تکتونیکی منطقه می‌باشد.

---

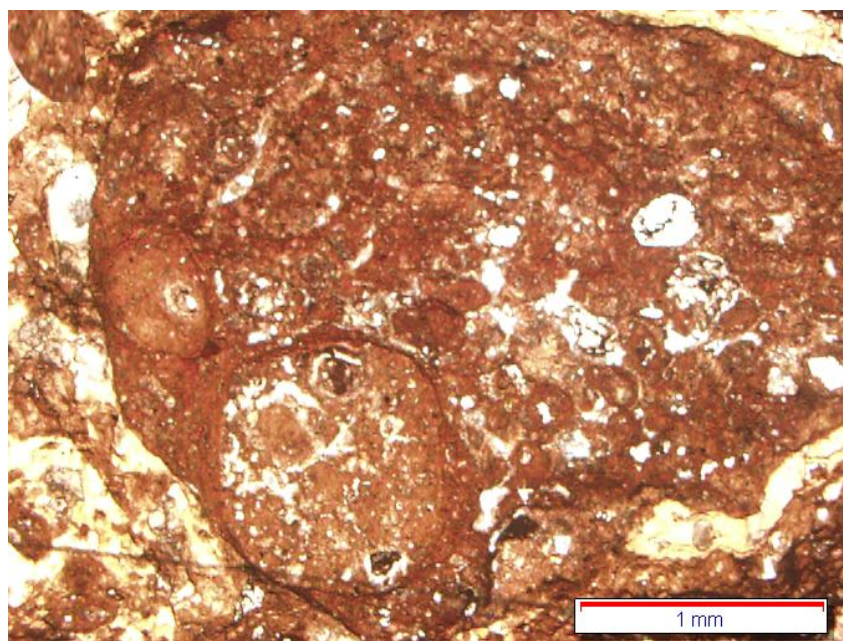
1- Alogen

2- Teylor

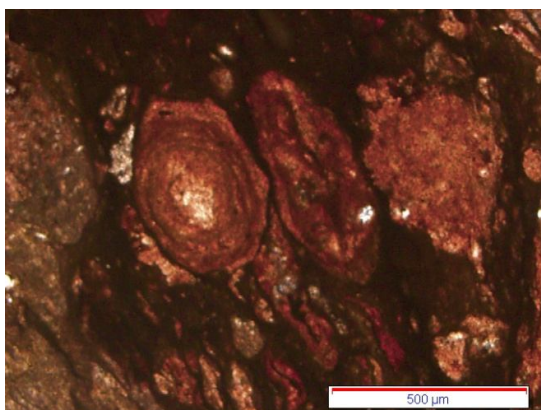




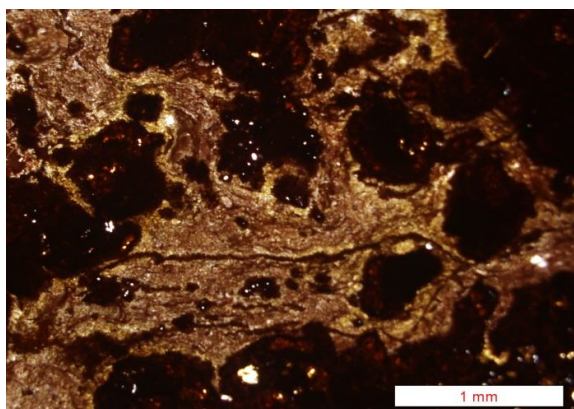
شکل ۳-۲۳- تصویر میکروسکوپی یک نمونه از بوکسیت تاش در مقطع نازک. اوئیدهای ریز و پیزوئیدها به همراه بافت جریان‌ی مشاهده می‌شوند.



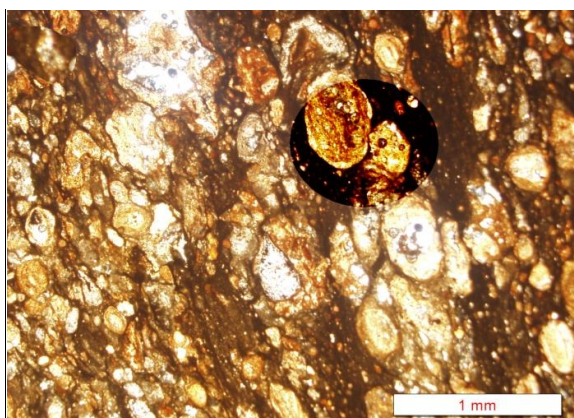
شکل ۳-۲۴- تصویر میکروسکوپی یک نمونه بوکسیت تاش در مقطع نازک، پیزوئید مرکب (آلوژن) با هسته متشکل از پیزوئیدهای کوچکتر.



شکل ۳- ۲۵- تصویر میکروسکوپی مقطع نازک از پیروئیدهای دمبلی شکل و کشیده که در اثر فشارهای تکتونیکی و فشردگی طبقات به وجود آمده‌اند.



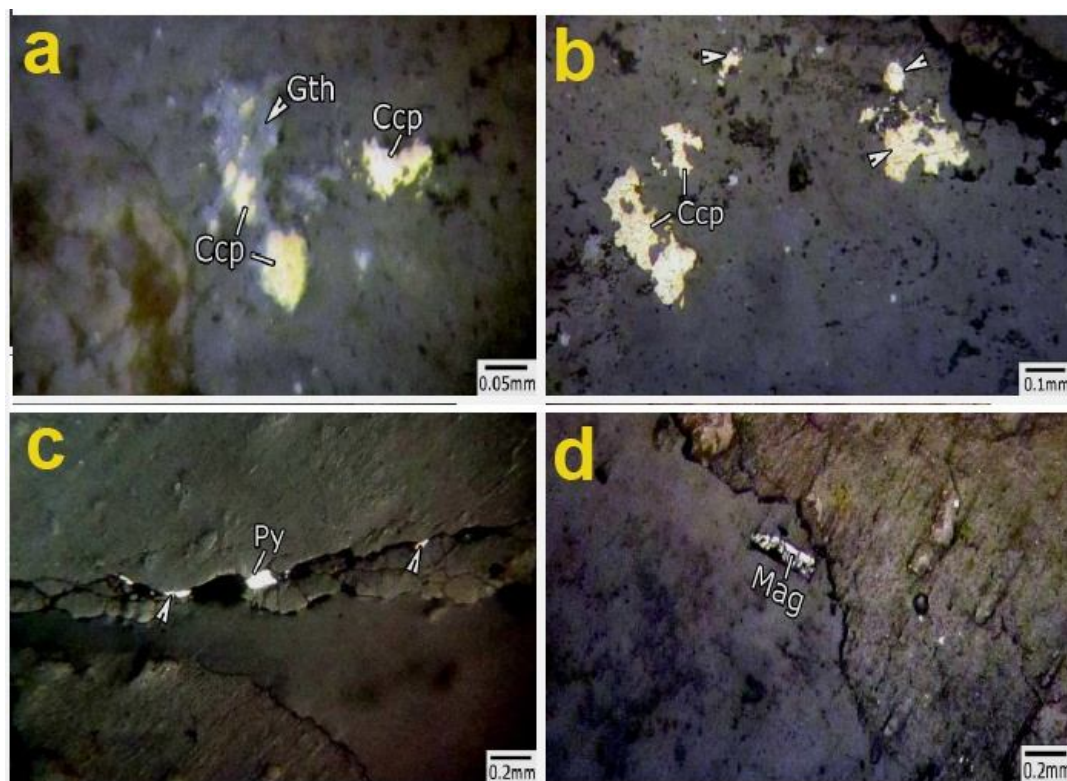
شکل ۳- ۲۶- تصویر میکروسکوپی مقطع نازک از بافت کلوفرمی که کانی هماتیت را در بر گرفته است



شکل ۳- ۲۷ - تصویر میکروسکوپی مقطع نازک از بافت انحلال فشارشی که به صورت دایره سیاه رنگ به نمایش گذاشته شده است.



از دیگر عناصر بافتی متمایز، کانی‌ها و قطعات آواری هستند. مهمترین کانی موجود در بوکسیت تاش که در مقطع نازک نیز قابل شناسایی می‌باشد، هماتیت است و باعث رنگ قرمز نمونه می‌شود. با مطالعه مقاطع صیقلی در نمونه بوکسیت سخت، کانی‌های فلزی اولیه مانند پیریت، کالکوپیریت و کانی ثانویه گوتیت شناسایی شد. بلورهای پیریت در اندازه ریز تا متوسط در فرم نیمه شکل‌دار و بلور-های منیتیت در اندازه متوسط به فرم بدون شکل در سطح مقطع دیده می‌شود. کانه‌های فلزی اولیه به صورت بلورهای نیمه شکل تا بدون شکل مثل کالکوپیریت با درجات متفاوتی توسط کانی گوتیت جانشین شده است (شکل ۳- ۲۸).



شکل ۳- ۲۸- تصویر یک نمونه بوکسیت سخت درمقطع صیقلی. a- جانشینی بلورهای کالکوپیریت توسط گوتیت، b - رخدادهای بلورهای بدون شکل کالکوپیریت، c- بلور ریز و نیمه شکل‌دار پیریت در امتداد شکستگی‌ها، d- بلور نیمه شکل‌دار گوتیت را نشان می‌دهد.

### ۳-۸- سیستم‌های ژنتیکی کانی‌های تشکیل دهنده ماده معدنی

اجزای تشکیل دهنده‌ی بوکسیت را عمدتاً ژل‌های کمپلکس حاوی آلومینیوم، آهن، تیتان، سیلیس و مواد رسی شامل کائولینیت، هالوزیت و غیره تشکیل می‌دهد که به صورت درجا تشکیل می‌شوند در طول تشکیل کانسار تحولات ژنتیکی بر روی کانی‌ها صورت می‌گیرد که این تغییرات طی فرایندهای سین‌ژنتیک، دیاژنتیک و اپی‌ژنتیک اتفاق می‌افتد که در این بخش خلاصه‌ای از این فرایندها را بیان می‌کنیم. در فرایند سین‌ژنتیک کانی‌ها از ژل کمپلکس در طول زمان به فرم کریستالی جدا می‌شوند درصد کمی از کانی‌ها به صورت رسوب از محلول‌ها جدا می‌شوند و در نهایت تشکیل کانی‌ها تحت شرایط فیزیکی شیمیایی محیط تشکیل می‌شوند. مثلاً در حضور مقدار زیاد مواد ارگانیک و کاهش PH شاموزیت به صورت سین‌ژنتیک تشکیل می‌شود (شهریاری، ۱۳۶۵). در مرحله دیاژنز یا سخت شدن فرایندهای گوناگونی صورت می‌گیرد از جمله عمل دیاسپوریزه شدن ذخائری که دارای بوهمیت هستند (باردوسی، ۱۹۸۲). برای مثال بوکسیت جاجرم در ابتدا مانند بوکسیت شاه بلاغی دارای ترکیب بوهمیتی بوده و در طی مرحله دیاژنز به یک کانسار دیاسپوری تبدیل شده است (رحیم پور بناب و اسماعیلی، ۱۳۸۶). یکی دیگر از فرایندهای مهم در این مرحله تشکیل اوئیدها و پیزوئیدها است. تشکیل این دانه‌های پوشش‌دار در مواد ژل ماندی که از آب اشباع شده است صورت می‌گیرد و نوعی جدایش است که از هسته مرکزی شروع و به خارج ادامه پیدا می‌کند و در نتیجه آن لایه‌های متعددی در اطراف هسته شکل می‌گیرند. در کانسار تاش به علت فراوان بودن کانی آهن‌دار (هماتیت) در ماتریکس، پوسته اوئید و پیزوئیدها دارای تمرکز بالایی از این کانی هستند. در مرحله اپی‌ژنتیک دو عامل تحولات تکتونیکی و نفوذ آب‌های سطحی و زیرزمینی در کانسار دخالت دارد. فرایندهای اپی-ژنتیک که بعد از خشک‌شدگی و تبلور ژل اولیه سازند بوکسیت آغاز می‌شوند تحت فشارهای حاصله از تدفین یا نیروهای تکتونیکی گسترش بیشتری می‌یابد که به صورت گسترش عوارض فشارشی و انحلالی و تبدیل کانی با ساختار باز به کانی‌های با ساختار فشرده می‌شود، مانند تغییر گوئیت به

هماتیت و یا تغییر کانی آناتاز به رتیل بر اثر فشارهای وارده ( شهریاری، ۱۳۶۵). یکی از فرایندهای اپیژنتیک بسیار مهم در این کانسار فرایند سیلیسی شدن مجدد است در طی این فرایند آب‌های زیر-زمینی نفوذی به کانسار که غنی از سیلیس بوده‌اند موجب ترکیب شدن سیلیس محلول با کانی‌های آلومینیوم شده به این ترتیب افق کائولینیت را تشکیل می‌دهند ( رحیم پور بناب و اسماعیلی، ۱۳۸۶). معمولاً تصور می‌شد کائولینیزه شدن بوکسیت یک فرایند ساده می‌باشد ولی بررسی‌های دقیق‌تر نشان می‌دهد که این عمل شیوه‌ای پیچیده در طی زمان است که در آن تغییرات ناشی از نفوذ آب سیلیسی از طریق درزه و شکاف‌ها از سمت بالای نهشته می‌باشد (دانجس<sup>۱</sup>، ۱۹۸۵). در بعضی از بخش‌های کانسار مورد مطالعه، فرایند کائولینیزه شدن به قدری افزایش یافته که بخشی از کانسار به صورت کامل تبدیل به کائولینیت شده است. به صورت عمومی کائولینیت، رس رایج در بسیاری از بوکسیت‌ها است. اگر چه کائولینیت اپیژنتیک به عنوان رگچه و به صورت شکافه پر کن در بسیاری از کانسارهای بوکسیت شناخته شده است، سیلیس به علت تشابه ویژگی‌های ژئوشیمی با آلومینیوم به آسانی جایگزین آن می‌شود و باعث تشکیل کائولینیت ثانویه و دیگر کانی‌ها می‌شود. به نظر(اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۷) فرایند کائولینیزه شدن بوکسیت جاجرم بر اثر شسته شدن سیلیس از ماسه سنگ‌های سازند شمشک و ته نشست بر روی بوکسیت‌ها و واکنش با کانی‌های آلومینیوم‌دار اولیه می‌باشد (شکل ۳ - ۳۰).



شکل ۳- ۲۹ - کائولینیزه شدن بوکسیت در مرز بین شمشک و بوکسیت که این امر ناشی از حرکت آب سیلیس‌دار از شستشوی ماسه سنگ‌های سازند شمشک به سمت پایین است.

# فصل چهارم

مطالعات زمین‌شیمیایی و الگوی تشکیل

کانسار

موضوع ژئوشیمی ارتباط بین زمین‌شناسی و شیمی است. این ارتباط را در بهترین حالت می‌توان اینگونه بیان کرد که ما از ابزارهای شیمی برای درک و حل مسائل زمین‌شناسی استفاده می‌کنیم. بخش اعظم دانش ما در مورد زمین و منظومه شمسی از تحقیقات ژئوشیمیایی حاصل شده است (وایت<sup>۱</sup>، ۱۹۷۶). هر مطالعه ژئوشیمیایی موفقیت‌آمیزی باید براساس یک درک صحیح از زمین‌شناسی منطقه باشد. معمولاً از زمین‌شناسی برای تفسیر ژئوشیمی استفاده می‌شود ندرتاً هم حالت عکس صورت می‌گیرد که در این حالت اغلب نتایج مبهم هستند. مطالعات ژئوشیمی همیشه باید در پرتو فهم روشنی از روابط زمین‌شناختی انجام گیرد (رولینسون<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳). در مطالعات زمین‌شیمیایی از داده‌های زمین‌شیمیایی کمک می‌گیریم این داده‌ها از تجزیه شیمیایی عناصر به روش‌های مختلف بر روی نمونه‌های انتخابی به دست می‌آید. به طور کلی توزیع عناصر در بوکسیت‌های کارستی به عوامل متعددی از قبیل ترکیب شیمیایی سنگ مادر، شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط تشکیل، خواص شیمیایی عناصر و فرایندهای دیاژنتیکی و اپیژنتیک دارد. با توجه به اهمیت مطالعات ژئوشیمیایی در شناخت فرایندهای تشکیل کانسار، ابتدا به صورت مختصر ژئوشیمی عنصر آلومینیوم را مورد بحث قرار می‌دهیم سپس با استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی به طبقه‌بندی افق بوکسیتی پرداخته، سپس خاستگاه سنگ منشأ کانسار را مورد بررسی قرارداد و در پایان به بیان مدل پیشنهادی کانسار مورد مطالعه پرداخته می‌شود.

---

1- white

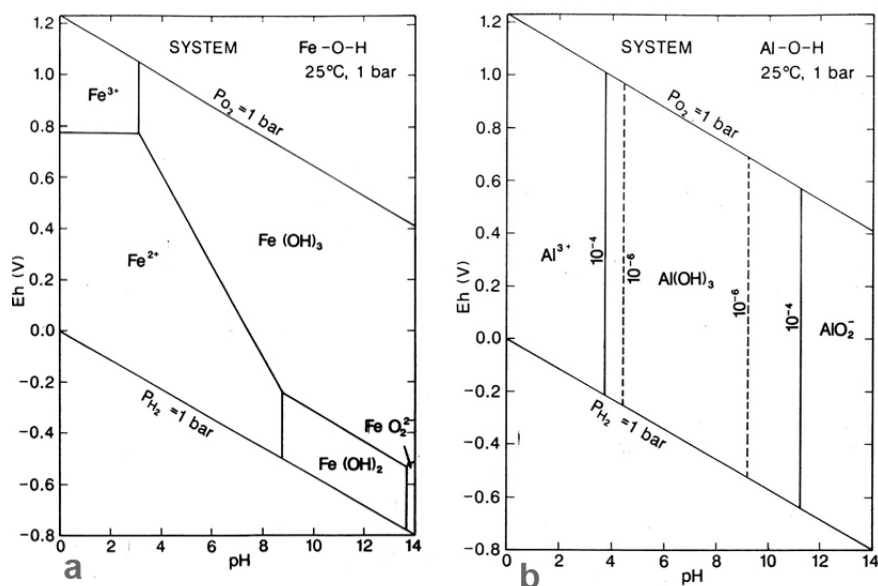
2- Rollinson

## ۴-۲- رفتار عنصر آلومینیوم در محیط زمین‌شیمیایی

آلومینیوم عنصری شیمیایی با عدد اتمی ۱۳ و نماد Al می‌باشد و از نظر شیمیایی بسیار فعال و به صورت آزاد دیده نمی‌شود. این عنصر در سطح زمین تنها به یک حالت اکسیداسیونی  $Al^{3+}$  یافت می‌شود و تمرکز آن توسط حذف سایر عناصر به صورت حمل محلول‌ها و برجا ماندن آن صورت می‌گیرد. عنصر آلومینیوم بسیار کم تحت تأثیر Eh است ولی حلالیت کانی‌های آن شدیداً به PH بستگی دارد (میسون و مور، ۱۹۸۲). تشکیل یون‌های آلومینیوم در شرایط تشکیل بوکسیت بستگی به PH محیط دارد. در PH کمتر از ۴/۵، آلومینیوم به صورت  $Al^{3+}$  و در PH بالای ۸ به صورت  $Al(OH)_4^-$  قابلیت انتقال پیدا می‌کند (ژاکوب<sup>۱</sup>، ۱۹۸۴) بنابراین یونهای  $Al^{3+}$  در PH بین ۸-۴/۵ دارای کمترین قابلیت انحلال هستند. با توجه به این که حلالیت  $Fe^{2+}$  در PH= ۵ و Eh= ۳/۰ برابر با ۵۶ ppm است در حالیکه در PH= ۷ و Eh= ۰ به مقدار ۶/۵ ppm کاهش می‌یابد (ژاکوب، ۱۹۸۴). پس در شرایط اسیدی  $Fe^{2+}$  دارای قابلیت انحلال بیشتری نسبت به شرایط خنثی و قلیایی است. بنابراین در شرایط قلیایی محدوده پایداری  $Fe^{2+}$  کاهش یافته و آهن رسوب می‌کند ولی در شرایط اسیدی این عنصر محلول شده و تا حد زیادی از بوکسیت خارج می‌شود. فرایند آهن‌شویی بخش‌های توسعه یافته کانسار تحت این شرایط روی داده است (شکل ۴-۱ بخش a). به طور کلی رفتار عنصر آلومینیوم در شرایط متفاوت PH و Eh را می‌توان در (شکل ۴-۱ بخش b) توضیح داد همانگونه که مشاهده می‌شود در اکتیویته ۱۰-۶ و PH بین ۷/۲۵ - ۴/۴ کانی گیبسیت  $Al(OH)_3$  از محلول ته نشین می‌شود (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۴). اکسید آلومینیوم، آهن و سیلیس اصلی‌ترین اجزای تشکیل دهنده بوکسیت‌ها می‌باشد. مهمترین عامل تمرکز آلومینیوم، انتقال بیشتر عناصر آهن سه ظرفیتی و سیلیس در اقلیم گرمسیری مرطوب است. جدایش سیلیس از آلومینیوم بدین صورت است که در محیط اسیدی سیلیس نامحلول می‌شود. و هر چه میزان PH قلیایی‌تر شود میزان انحلال سیلیس افزایش

1- Jakob

می‌یابد. اما آلومینیوم در PH کمتر از ۴ و بیشتر از ۹ محلول است. در فرایند لاتریتی شدن اگر تمام سیلیس از محیط خارج شود گیبسیت و کانی آلومینیوم‌دار تشکیل می‌شود و اگر مقداری سیلیس باقی بماند کائولینیت ایجاد می‌شود (فیض نیا، ۱۳۷۱). در جدایش آهن از آلومینیوم نیز انتقال آهن به صورت امکان‌پذیر است در محیط احیاء Eh پایین، آهن سه ظرفیتی یک الکترون می‌گیرد و به آهن دو ظرفیتی تبدیل می‌شود که بسیار محلول است و از محیط خارج می‌شود روش دیگر جدایش مربوط به برخی گونه‌های آلی است که می‌تواند آهن سه ظرفیتی را از محیط جمع‌آوری و آلومینیوم باقی بماند (لنکرانی و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۴-۱- نمودار رابطه بین PH و Eh عناصر آلومینیوم و آهن (ژاکوب، ۱۹۸۴).

به منظور مطالعه ژئوشیمیایی و رده‌بندی نمونه‌های مورد مطالعه تعداد ۱۱ نمونه از قسمت‌های مختلف کانسار انتخاب و برای آنالیز X.R.F به دانشگاه علوم پایه دامغان ارسال و نتایج حاصل به جدول (۴-۱) ارائه شده است. همچنین تعداد ۵ نمونه از بخش‌های مختلف افق بوکسیتی برای تعیین



عناصر فرعی و کمیاب به روش آنالیز X.R.F به شرکت کانساران بینالود فرستاده شد و نتایج آن به صورت جدول (۴-۲) مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۴ - ۱- نتایج تجزیه‌ی شیمیایی نمونه‌های مختلف بوکسیت تاش به روش X.R.F همه مقادیر بر حسب درصد وزنی می‌باشند.

|                                | A-1   | A-2   | A-3   | A-4   | A-5   | A-6   | A-7   | A-8   | A-9   | A-10  | A-11  |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| %w/w                           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| SiO <sub>2</sub>               | 40.01 | 7.26  | 5.70  | 17.77 | 7.08  | 7.93  | 7.52  | 16.86 | 11.39 | 6.02  | 10.20 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 32.15 | 46.90 | 38.35 | 58.93 | 45.55 | 42.38 | 46.69 | 42.00 | 48.74 | 11.44 | 48.34 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 05.31 | 25.02 | 41.70 | 2.38  | 29.35 | 24.17 | 26.93 | 20.43 | 22.97 | 68.89 | 23.03 |
| MnO                            | 0.02  | 0.13  | 0.18  | -     | 0.08  | 0.04  | 0.05  | 0.05  | -     | 0.11  | 0.01  |
| MgO                            | 0.57  | 0.25  | -     | -     | -     | 0.64  | -     | 0.47  | 0.67  | 0.24  | 1.00  |
| CaO                            | 2.41  | 1.12  | 0.16  | 0.06  | 0.14  | 0.45  | 0.19  | 0.66  | 0.19  | 0.15  | 0.61  |
| K <sub>2</sub> O               | 0.02  | -     | -     | 0.05  | -     | 0.35  | -     | 0.26  | -     | 0.20  | 0.07  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.06  | 0.06  | -     | 0.04  | 0.04  | -     | -     | 0.07  | -     | -     | 0.05  |
| TiO <sub>2</sub>               | 2.15  | 3.71  | 2.13  | 5.35  | 3.77  | 3.24  | 4.05  | 3.42  | 3.35  | 0.67  | 03.86 |
| CaO                            | -     | 0.04  | 0.06  | -     | 0.04  | 0.03  | 0.04  | 0.03  | 0.03  | 0.09  | 0.03  |
| SO <sub>3</sub>                | 0.06  | 0.06  | -     | 0.05  | 0.03  | -     | -     | 0.04  | -     | 0.05  | 0.04  |
| ZrO <sub>2</sub>               | 0.05  | 0.12  | 0.07  | 0.44  | 0.13  | 0.09  | 0.13  | 0.10  | 0.11  | 0.02  | 0.12  |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.05  | 0.09  | 0.08  | 0.10  | 0.10  | 0.10  | 0.08  | 0.06  | 0.13  | 0.06  | 0.11  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.03  | 0.06  | 0.04  | 0.06  | 0.05  | 0.03  | 0.05  | 0.04  | 0.05  | -     | 0.04  |
| Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0.01  | 0.02  | -     | 0.08  | 0.02  | 0.01  | 0.02  | 0.02  | 0.02  | -     | 0.02  |
| Cl                             | 0.04  | 0.12  | 0.05  | 0.04  | 0.05  | 0.06  | 0.04  | 0.05  | 0.05  | 0.04  | 0.05  |
| SrO                            | 0.04  | 0.03  | 0.02  | 0.02  | 0.02  | 0.01  | 0.01  | 0.03  | -     | -     | 0.01  |
| L.O.I                          | 14.99 | 14.99 | 11.47 | 14.58 | 13.46 | 20.39 | 13.19 | 15.35 | 11.99 | 12.00 | 12.34 |

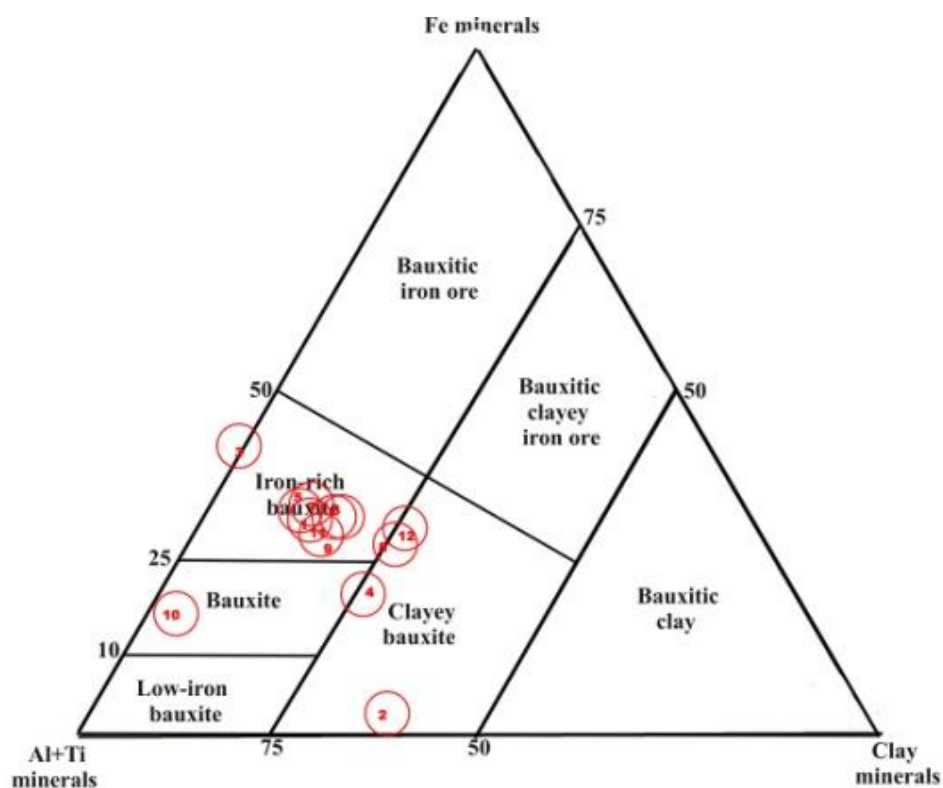
جدول ۴ - ۲ - نتایج آنالیز X.R.F عناصر فرعی و کمیاب در افق بوکسیتی مورد مطالعه مقادیر (بر حسب ppm) می‌باشند.

| Sample | Cl  | Ba  | Sr  | Cu  | Zn  | Pb  | Ni  | Cr  | V   | Ce  | La  |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|        | Ppm | ppm | ppm | ppm | Ppm | ppm | ppm | ppm | Ppm | ppm | Ppm |
| Ab1    | 136 | 685 | 122 | 55  | 96  | 20  | 442 | 11  | 15  | 349 | 164 |
| Ab2    | 104 | 574 | 99  | 46  | 13  | 89  | 59  | 294 | 234 | 98  | 35  |
| Ab3    | 83  | 512 | 26  | 11  | 67  | 3   | 145 | 304 | 311 | 124 | 41  |
| Ab4    | 72  | 532 | 125 | 15  | 53  | 26  | 326 | 287 | 259 | 426 | 112 |
| Ab5    | 179 | 602 | 73  | 19  | 35  | 4   | 73  | 355 | 267 | 131 | 61  |
| Sample | W   | Zr  | Y   | Rb  | Co  | As  | u   | Th  | Mo  | Ga  | Nb  |
|        | Ppm | ppm | ppm | ppm | Ppm | ppm | ppm | ppm | Ppm | ppm | Ppm |
| Ab1    | 4   | 53  | 65  | 12  | 11  | 5   | 21  | 22  | 7   | 9   | 5   |
| Ab2    | 9   | 315 | 53  | 20  | 9   | 129 | 11  | 24  | 11  | 29  | 15  |
| Ab3    | 5   | 199 | 7   | 14  | 18  | 84  | 9   | 19  | 5   | 21  | 21  |
| Ab4    | 2   | 382 | 57  | 23  | 14  | 16  | 14  | 24  | 14  | 31  | 15  |
| Ab5    | 5   | 468 | 29  | 14  | 17  | 2   | 6   | 18  | 3   | 44  | 17  |

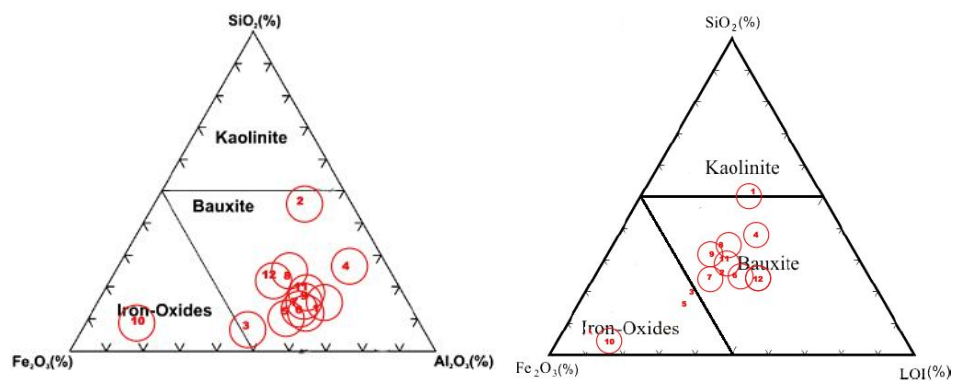
بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی، در نمونه‌های مورد مطالعه اکسیدهای ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  wt% ۴۸/۷۴ - ۱۱/۴۴)، ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  wt% ۶۸/۶۹ - ۲/۳۸)، ( $\text{SiO}_2$  wt% ۴۰/۰۱ - ۵/۷۰)، ( $\text{TiO}_2$  wt% ۵/۳۵ - ۰/۶۷) دارای بیشترین مقدار می‌باشند (جدول ۴-۱). غلظت بسیار پایین عناصر قلیایی و قلیایی خاکی در نمونه‌ها مورد مطالعه، بیانگر شستشوی این عناصر در طی فرایندهای بوکسیتی شدن است.

#### ۴-۳- طبقه‌بندی انواع واحدهای کانسنگی در نیمرخ مورد مطالعه

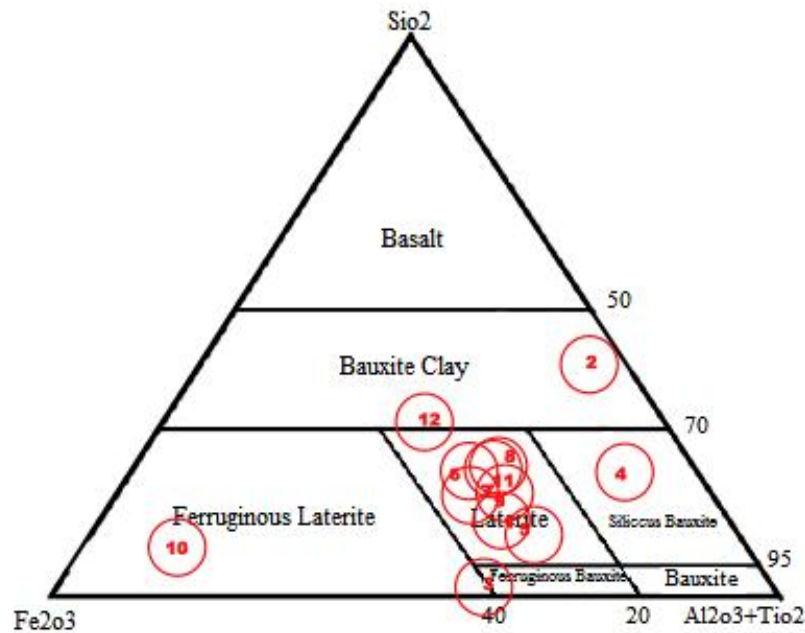
با توجه به دامنه تغییرات اکسیدهای اصلی در نیمرخ انتخابی می‌توان از نمودارهای مختلفی برای فهمیدن نوع توده بوکسیتی استفاده نمود. بررسی مقادیر نیمه کمی کانی‌های آلومینیوم و تیتان دار، کانی‌های آهن دار و کانی‌های رسی در نمونه‌های مورد بررسی روی نمودار سه تایی (باردوسی، ۱۹۸۲) و پیاده کردن نتایج آنها نشان‌دهنده رخساره بوکسیت غنی از آهن و بوکسیت رسی می‌باشد (شکل ۴-۲). با ترسیم اکسیدهای اصلی در نمودارهای سه تایی آلومینیوم، آهن و سیلیس و همچنین آهن، سیلیس و L.o.I (موتاکیاوا و همکاران، ۲۰۰۳)، می‌توان موقعیت کانسنگ مورد مطالعه را به دست آورد که بر این اساس نهشته مورد بررسی در محدوده بوکسیت قرار می‌گیرد (شکل ۴-۳). ترسیم کانسنگ‌های بوکسیتی در نمودار سه متغیره  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2$  نشان می‌دهد که این نهشته‌ها بیشتر ترکیبی در حد بوکسیت لاتریتی دارند (بالاسوبارامینیوم و همکاران، ۱۹۸۷). (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۲- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار سه تایی کانی‌های آلومینیم - تیتانیوم دار، کانی‌های رسی و کانی‌های آهن‌دار، نمودار پایه از (باردوسی، ۱۹۸۲).



شکل ۴-۳- موقعیت کانسنگ مورد مطالعه بر اساس نمودار های سه تایی  $\text{SiO}_2$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ -L.O.I و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ - نمودار پایه از (موتاکیاوا و همکاران، ۲۰۰۳)



شکل ۴-۴- موقعیت انواع واحد های سنگی نیمرخ مورد مطالعه با ترسیم اکسیدهای Si و Fe و Al+Ti کانسنگها در نمودار سه متغیره  $Al_2O_3 + TiO_2 - SiO_2 - Fe_2O_3$  قابل مشاهده می باشد نمودار پایه از (بالاسوبارامینیوم و همکاران، ۱۹۸۷).

رسم مقادیر  $Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3$  کانسنگ های مورد مطالعه بر روی نمودار سه متغیره  $SiO_2 - Fe_2O_3$

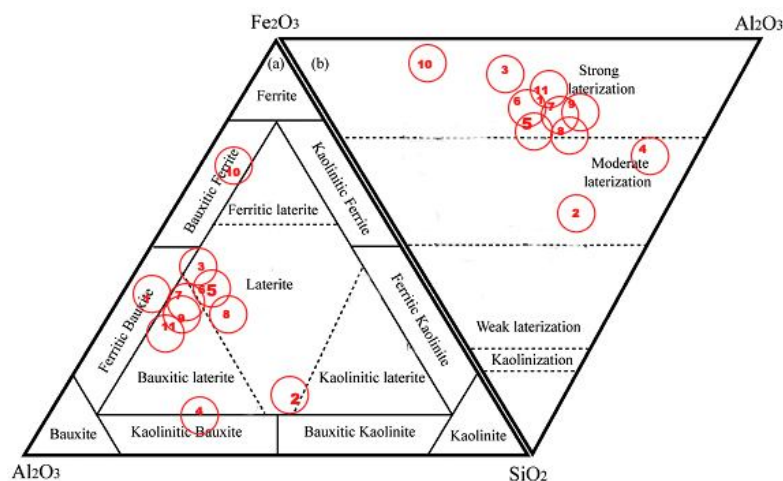
$Al_2O_3$  - (الیوا<sup>۱</sup>، ۱۹۹۴) محدوده ی بوکسیت لاتریتی و لاتریت را نشان می دهد (شکل ۴-۵- a).

رسم داده های تجزیه ای در نمودار سه متغیره آهن، آلومینیوم و سیلیس (شلمان<sup>۲</sup>، ۱۹۸۳) نشان می -

دهد که افق بوکسیتی در طی تکوین کانسنگ های مورد مطالعه متحمل فرایندهای شدید تا متوسط

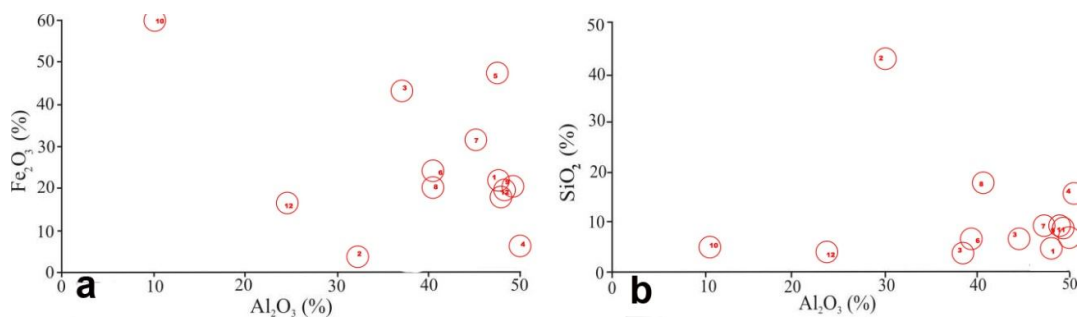
لاتریتی شده است (شکل ۴-۵- b).

1- Aleva  
1- Schellmann



شکل ۴-۵-*a* - نمودار آلو برای تعیین نوع رخساره نمونه‌های مورد مطالعه که نشان‌دهنده قرارگیری نمونه در محدوده بوکسیت لاتریتی تا لاتریت می‌باشد. شکل *b*- نمودار شلمان برای تعیین نوع هوازدگی نمونه‌های مورد مطالعه می‌باشد.

برای بررسی چگونگی تغییرات اکسیدهای آلومینیوم، آهن و سیلیس نمودارهای دوتایی این اکسیدها مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس این نمودارها همبستگی شدید منفی بین  $Al_2O_3$  و  $Fe_2O_3$  در (شکل ۴-۳-*a*) مشاهده می‌شود که نشانگر جدایش خوب بین آلومینیوم و آهن طی فرایندهای بوکسیت‌زایی دارد همچنین به مانند اغلب کانسارهای بوکسیتی همبستگی منفی شدیدی بین  $Al_2O_3$  و  $SiO_2$  وجود دارد (شکل ۴-۳-*b*)



شکل ۴-۶ - بررسی همبستگی بین  $Al_2O_3$  با  $Fe_2O_3$  (a) و  $SiO_2$  (b).

#### ۴-۶- تعیین خاستگاه سنگ منشأ بوکسیت با استفاده از داده‌های ژئوشیمی

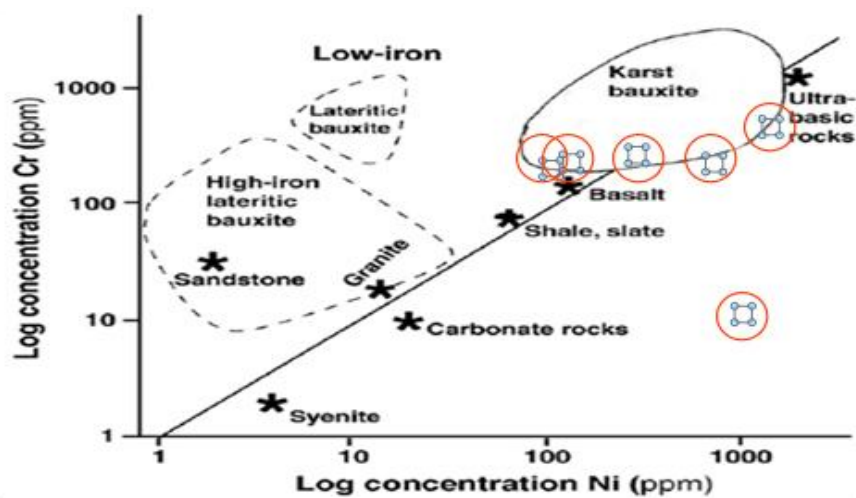
یکی از موضوعات اساسی در بررسی کانسارهای بوکسیتی تعیین خاستگاه آنها می‌باشد. زیرا در این کانسارها معمولاً سنگ منشأ رخنمون ندارد و پیچیدگی رویدادهای بوکسیتی باعث مبهم شدن تعیین سنگ منشأ می‌شود (پتراسچک<sup>۱</sup>، ۱۹۸۹). تشخیص بوکسیت‌های برجا و حمل شده در کانسارهای بوکسیت کارستی امری مشکل می‌باشد زیرا بین بوکسیت و سنگ مادر لایه بینابینی وجود ندارد و خود سطح سنگ مادر دچار هوازدگی می‌شود همچنین به علت مقدار کم آلومینیوم در سنگ میزبان نمی‌توان مشخص کرد که چه مقدار بوکسیت توسط دگرسانی سنگ میزبان تشکیل شده است. با استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی و به کارگیری نمودارهای مختلف ژئوشیمیایی و تلفیق نتایج آن با یافته‌های صحرایی، کانی‌شناسی و بافتی می‌توان درباره سنگ منشأ کانسار اظهار نظر کرد. دلیل استفاده از نسبت عناصر کمیاب به یکدیگر این است که غلظت این عناصر در اثر فرایندهای دیاژنز و دگرگونی تغییر نمی‌کند و این عناصر در بخش آواری رسوبات حمل شده و نشان دهنده منشأ آنها می‌باشد (توسیانید<sup>۲</sup> و رامیرز، ۱۹۹۰). براساس نمودار دوتایی Cr-Ni سچرول<sup>۳</sup> و سائور، (۱۹۶۳) و ماکلان و همکاران، (۱۹۹۷) که به منظور درک بهتر از سنگ منشأ ارائه گردید، می‌توان بوکسیت‌های کارستی را از بوکسیت‌های نوع لاتریتی تشخیص داد. بر این اساس نسبت لگاریتمی نیکل به کروم در بوکسیت‌های نوع کارستی بیشتر از نوع لاتریتی است (موسوی و مهدیزاده، ۱۳۸۸). نتایج به دست آمده حاکی از آن است که نمونه‌های در قلمرو بوکسیت‌های کارستی با سنگ منشأ بازیک قرار می‌گیرند (شکل ۴-۷). پیاده‌سازی داده‌های زمین‌شیمیایی بر روی نمودار سه گوش Cr و Zr، Ga (میسون و مر، ۱۹۸۲) نیز محدوده سنگ منشأ بازیک را برای این نهشته نشان می‌دهد (شکل ۴-۸).

---

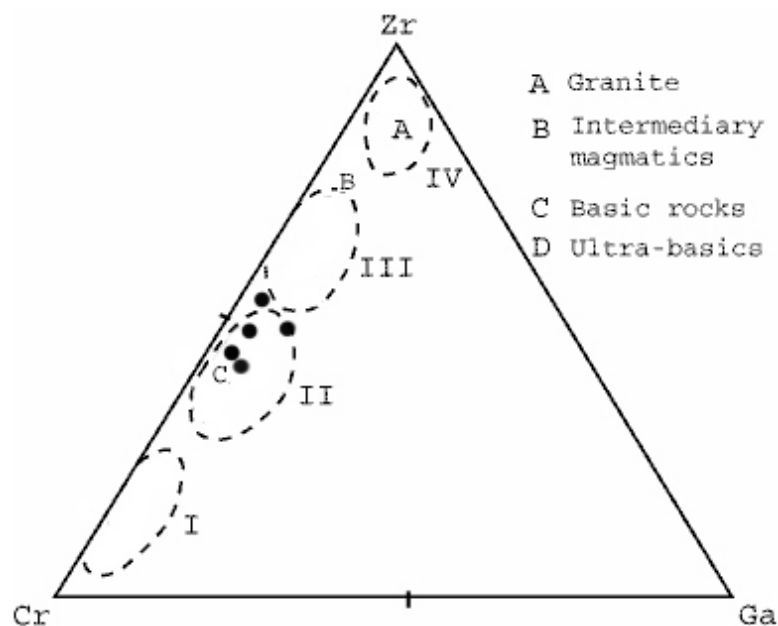
1- Petrascheck

2- Tosianid

3- Schroll



شکل ۴-۷- نمودار تغییرات لگاریتمی غلظت Ni در برابر Cr برای انواع نهشته‌های بوکسیتی با سنگ منشأهای مختلف (سچرول و سائور، ۱۹۶۳ و ماکلان و همکاران، ۱۹۹۷) کانسنگ‌های مورد مطالعه (دایره قرمز) بیشتر در محدوده بوکسیت‌های کارستی با سنگ منشأ بازالتی قرار گرفته‌اند.



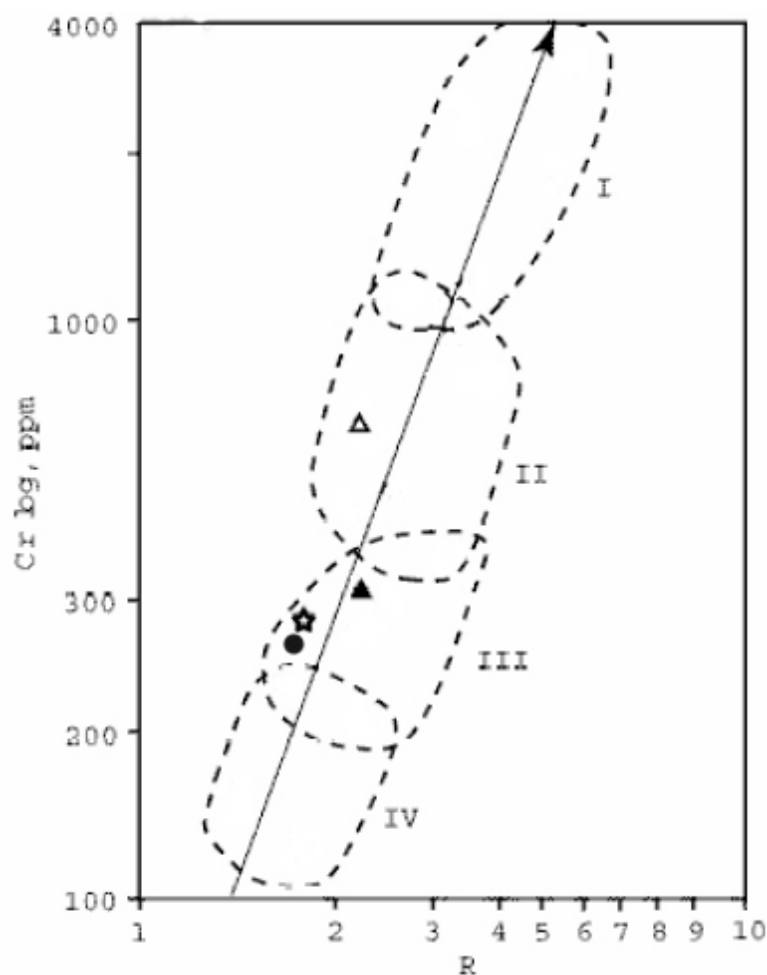
شکل ۴-۸- نمودار سه متغیره Zr، Ga و Cr برای تعیین سنگ منشأ بوکسیت‌ها (میسون و مر، ۱۹۸۲)، در این نمودار به ترتیب بیانگر مناطق با اثر سنگ‌های مادر اولترامافیک، مافیک، حد واسط و اسیدی هستند. A, B, C, D به ترتیب مربوط به مقادیر عناصر زیرکون، کروم و گالیوم در سنگ‌های ماگمایی اسیدی، حد واسط، مافیک و الترامافیک می‌باشند.

روش ژئوشیمیایی دیگری نیز برای مشخص نمودن سنگ مادر از طریق تعیین ضریب انباشت عناصر کمیاب در افق بوکسیتی توسط (شاو<sup>۱</sup>، ۱۹۶۴) ارایه گردید. با توجه به این که محتوی عناصر کمیاب از بوکسیتی به بوکسیت دیگر متفاوت می باشد و این تفاوت به اختلاف میزان عناصر کمیاب در سنگ منشأ و تاریخ زمین شناسی منطقه بستگی دارد (موسوی و مهدیزاده، ۱۳۸۸). در این روش با استفاده از فرمول زیر  $R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{K_I}$  میانگین ضریب انباشت عناصر کمیاب به دست می آید. که در آن R ضریب انباشت عناصر کمیاب، n تعداد عناصر مورد استفاده،  $K_i$  مقدار متوسط عنصر کمیاب در لیتوسفر  $K_I$  مقدار متوسط عنصر کمیاب در نمونه مورد نظر و i عنصر کمیاب معین می باشد (کلاگری و همکاران، ۱۳۸۲). از آنجا که مقادیر محاسبه شده R به تنهایی نمی تواند خصوصیات سنگ شناسی سنگ مادر بوکسیت کارستی را تعیین کند، لذا باید آنها را نسبت به مقدار کروم که از نظر ژنتیکی یک عنصر کم و بیش پایدار است عادی سازی نمود (ازلو، ۱۹۸۳). در جدول ۴-۳ خلاصه محاسبات این روش آورده شده است و بر اساس نمودار (شکل ۴-۹) نمونه های مورد مطالعه در محدوده سنگ های حد واسط قرار گرفته اند که به صورت ستاره نشان داده شده است.

جدول ۴-۳- میزان میانگین عناصر کمیاب فرضی در لیتوسفر (میسون و مر، ۱۹۸۲) و توده بوکسیتی مورد مطالعه به همراه محاسبه ضریب انباشت عناصر کمیاب (R)، نمونه های مورد مطالعه در کانسار بوکسیت تاش.

| i           | ۱                                                                                                                                                                                                                              | ۲     | ۳    | ۴    | ۵    | ۶    | ۷     | ۸     | ۹   | ۱۰   |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-----|------|
| نوع عنصر    | V                                                                                                                                                                                                                              | Cr    | Cu   | Pb   | Zn   | Ga   | Ba    | Zr    | Ni  | Nb   |
| $K_i$       | ۲۱۷.۲                                                                                                                                                                                                                          | ۲۵۰.۲ | ۲۹.۲ | ۲۸.۴ | ۵۲.۸ | ۲۲.۸ | ۵۸۱.۲ | ۲۸۳.۴ | ۲۰۹ | ۱۴.۶ |
| تعداد نمونه | ۱۰                                                                                                                                                                                                                             | ۱۰    | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰   | ۱۰    | ۱۰    | ۱۰  | ۱۰   |
| $K_I$       | ۱۳۵                                                                                                                                                                                                                            | ۱۰۰   | ۵۵   | ۱۳   | ۷۰   | ۱۵   | ۲۵    | ۱۶۵   | ۷۵  | ۲۰   |
| $\bar{R}$   | $\frac{1}{10} \sum \frac{217.2}{135} + \frac{250.2}{100} + \frac{29.2}{55} + \frac{28.4}{13} + \frac{52.8}{70} + \frac{22.8}{15} + \frac{581.2}{25} + \frac{283.4}{165} + \frac{209}{75} + \frac{14.6}{20} =$ <p>1.570 099</p> |       |      |      |      |      |       |       |     |      |





شکل ۴-۹- تغییرات ضریب انباشتگی (R) عناصر کمیاب در نهشته بوکسیت تاش (ستاره) محدوده‌های I, II, III, IV به ترتیب سنگ مادر الترامافیک، مافیک، حدواسط و اسیدی را نشان می‌دهد. دایره توپر، مثلث توپر و مثلث خالی به ترتیب مربوط به کانسار آبگرم قزوین، نهشته اکسکی ترکیه و افق بوکسیتی قبی آذربایجان غربی برای مقایسه آورده شده است (کلاگری و همکاران، ۱۳۸۲).

#### ۴-۷- مدل پیدایشی پیشنهادی کانسار بوکسیت تاش

با توجه به داده‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی مدل احتمالی پیدایشی کانسار بوکسیت تاش در سه مرحله زیر پیشنهاد می‌گردد.

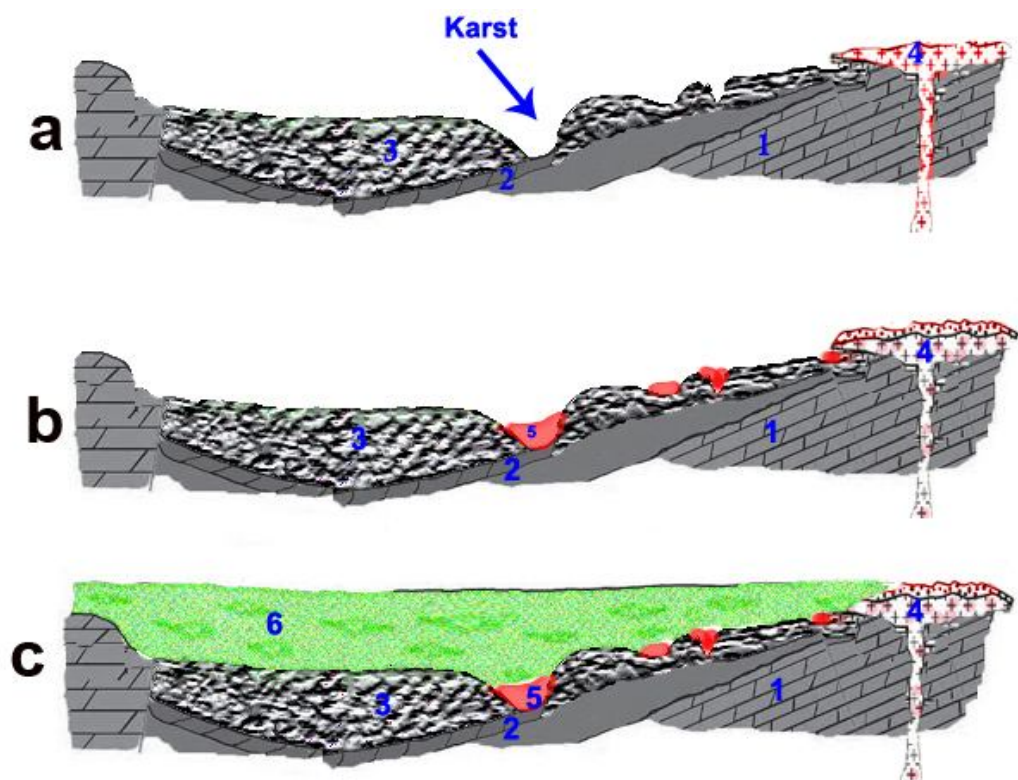
در نخستین مرحله با شروع تریاس دریای کم عمقی قسمت بزرگی از ورقه‌ی ایران را فرا می‌گیرد. سازندهای دولومیتی الیکا در البرز، شتری در ایران مرکزی و دولومیت تبخیری خانه‌کت در زاگرس در تریاس میانی تشکیل می‌شوند. در پایان تریاس میانی در اثر فاز کوهزایی سیمین پیشین قاره سیمین (البرز) با حاشیه قاره لورازیا (توران) برخورد کرده و اقیانوس پالئوتتیس بسته و شرایط قاره‌ای در منطقه حاکم می‌گردد که در نتیجه دولومیت‌های سازند الیکا دچار کارستی شدن می‌شوند. همزمان با بسته شدن پالئوتتیس فروانش ثئوتتیس در زاگرس نیز شروع باعث تشکیل یک محیط کششی پشت کمان می‌شود، که حاصل آن فعال شدن گسل‌های عمیق و فعالیت ماگمای بازالتی قلیایی در البرز و ایران مرکزی می‌باشد (شکل ۴-۱۰-ا).

در دومین مرحله با توجه به قرارگیری البرز و ایران مرکزی در نزدیک استوا و شرایط حاره‌ای، فراهم بودن مواد اولیه (بازالت‌ها)، مهیا بودن سنگ بستر مناسب (حفرات و کارست‌های کربناتی سازند الیکا و شتری) در زمان تریاس فوقانی، بهترین شرایط برای بوکسیت‌زایی ناشی از هوازدگی بازالت‌ها و مواد مختلف ایجاد می‌گردد. در این شرایط عناصر متحرک بازالت‌ها مانند عناصر قلیایی و سیلیس شسته و خاک‌های برجا مانده از عناصر نامتحرک مانند آلومینیوم، آهن و تیتانیوم غنی می‌شوند. خاک‌های غنی شده از آلومینیوم در اثر فرسایش و نوسانات محیط ساحلی به کارست‌ها انتقال پیدا می‌کند که از شواهد این انتقال وجود بافت پیژوئید و اوئیدهای خرد شده و وجود قطعات آواری در ماتریکس می‌باشد از جمله شواهد برجا بودن بوکسیت‌ها می‌توان به بافت اوئیدی و پیژوئیدی خرد نشده اشاره کرد.

در این شرایط، محیط احیایی نیز در بعضی مواقع باعث تشکیل شاموزیت و پیروتیت و مارکاسیت می-  
شود. (شکل ۴-۱۰-b).

در سومین مرحله با فرسایش بالآآمدگی‌های البرز ناشی از فاز کوهزایی در تریاس فوقانی تا لیا س  
رسوبات مولاس سازند شمشک در حوضه‌های بین کوهستانی رسوب می‌کند. رسوب همزمان این  
سازند باعث محفوظ ماندن بوکسیت‌ها از فرسایش می‌شود (شکل ۴-۱۰-c).

پیشنهاد می‌شود با توجه به شواهد زمین‌شناسی و قرارگیری اکثر بوکسیت‌های قاعده لیا س در  
نزدیکی شیل‌های سازند شمشک، مواد رسی نیز در تشکیل بوکسیت ها نقش دارند. با فرض وجود  
فعالیت ماگمای قلیایی، ابتدا بازالت‌ها به مواد رسی تبدیل می‌شوند و سپس عناصر نامتحرک مانند  
آلومینیوم و آهن برجا مانده و نهشته بوکسیت تشکیل می‌شود. در صورتی که مواد رسی به صورت  
آماده در شیل و آهک‌ها رسی در طبیعت وجود دارند و برای فرایندهای بوکسیتی راحت‌تر مورد  
استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۴- ۱۰ - مدل احتمالی تشکیل کانسار بوکسیت تاش، علائم اختصاری عبارت اند از: ۱ = پاره سازند یک سازند الیا (دولومیت و آهک) ، ۲ = پاره سازند دوم سازند الیکا (دولومیت‌های الیکا) ، ۳ = پاره سازند سوم سازند الیکا (دولومیت‌های ضخیم لایه و خاکستری رنگ) ، ۴ = ماگمای بازالتی قلیایی، ۵ = بوکسیت، ۶ = سازند شیلی و ماسه‌سنگی شمشک.

جدول ۴-۳ - مقایسه برخی کانسارهای بوکسیت قاعده لیاس ایران به همراه مهمترین ویژگی‌های آنها

|                     | جاجرم                      | کیسه جین                   | سیاه‌رودبار                     | گانو                            | شیرین اباد            | تاش                       | صدر اباد                     | شاه بلاغی                    |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|
| موقعیت<br>جغرافیایی | خراسان                     | ابگرم قزوین                | مازندران                        | سمنان                           | گلستان                | سمنان                     | یزد                          | البرز                        |
| سنگ<br>بستر         | الیکا                      | الیکا                      | الیکا                           | الیکا                           | الیکا                 | الیکا                     | شتری                         | الیکا                        |
| سنگ<br>پوشش         | شمشک                       | شمشک                       | شمشک                            | شمشک                            | شمشک                  | شمشک                      | نای بند                      | شمشک                         |
| کانی‌های<br>اصلی    | دیاسپور،<br>بوهمیت اناتز   | دیاسپور،<br>هماتیت         | دیاسپور                         | کائولینیت،<br>هماتیت            | دیاسپور،<br>هماتیت    | دیاسپور،<br>هماتیت        | دیاسپور                      | دیاسپور،<br>بوهمیت           |
| درصد<br>الومینیوم   | ۳۶/۲۱                      | ۲۲/۵۲                      | ۴۶                              | ۴۷/۶                            | ۴۷                    | ۴۶                        | ۴۵                           | ۵۰                           |
| سن کانسار           | تریاس<br>ژوراسیک           | تریاس<br>ژوراسیک           | تریاس<br>ژوراسیک                | تریاس<br>ژوراسیک                | تریاس<br>ژوراسیک      | تریاس<br>ژوراسیک          | تریاس<br>ژوراسیک             | تریاس<br>ژوراسیک             |
| فاز<br>کوهزایی      | سیمرین<br>پیشین            | سیمرین<br>پیشین            | سیمرین<br>پیشین                 | سیمرین<br>پیشین                 | سیمرین<br>پیشین       | سیمرین<br>پیشین           | سیمرین<br>پیشین              | سیمرین<br>پیشین              |
| ریخت<br>شناسی       | عسی تا<br>لایه ای          | عدسی منقطع<br>لایه ای      | لایه ای                         | لایه ای                         | عدسی،<br>لایه ای      | لایه ای<br>عدسی           | عدسی<br>پراکنده              | لایه ای                      |
| بافت‌های<br>غالب    | اوئیدی و<br>پیزویدی        | پیزویدی و<br>اوئیدی        | اوئیدی و<br>پیزویدی             | دانه ریز تا<br>اوئیدی           | اوئیدی و<br>پیزویدی   | پیزویدی<br>و اوئیدی       | اوئیدی                       | اوئیدی و<br>پیزویدی          |
| خاستگاه             | برجا و نابرجا              | برجا همراه<br>با جابجایی   | برجا و<br>نابرجا                | برجا                            | برجا و نابرجا         | برجا و<br>نابرجا          | برجا و<br>نابرجا             | برجا                         |
| سنگ منشأ            | بازالت قلیایی              | سنگ قلیایی<br>و حد وسط     | بازالت                          | مواد رسی                        | بازالت قلیایی         | بازالت /<br>مواد رسی      | کربنات رسی                   | ملاقر                        |
| تیپ<br>کانسار       | کارستی<br>مدیترانه ای      | کارستی<br>مدیترانه ای      | کارستی<br>مدیترانه ای           | کارستی<br>مدیترانه ای           | کارستی<br>مدیترانه ای | کارستی<br>مدیترانه ای     | کارستی<br>مدیترانه ای        | کارستی<br>مدیترانه ای        |
| منبع                | امینی و<br>همکاران<br>۱۳۹۰ | موسوی،<br>مهدیزاده<br>۱۳۸۸ | سازمان<br>زمین<br>شناسی<br>کشور | سازمان<br>زمین<br>شناسی<br>کشور | شمعانیان<br>۱۳۹۰      | بسطامی،<br>فردوست<br>۱۳۹۰ | سازمان<br>زمین شناسی<br>کشور | سازمان<br>زمین شناسی<br>کشور |

# فصل پنجم

نتایج و پیشنهادات

## ۵-۱- نتیجه‌گیری

مهم‌ترین نتایج بدست آمده از مطالعات صحرایی، پتروگرافی، کانی‌شناسی، و نحوه تشکیل کانسار بوکسیت تاش، به شرح زیر می‌باشند:

۱- نهشته بوکسیت تاش در زون ساختاری البرزشرقی واقع شده است و بر اساس مطالعات صحرایی مرز پایینی بوکسیت به صورت ناپیوستگی فرسایشی روی کارست‌های الیکا و مرز بالایی آن به صورت ناپیوستگی همشیب تا کمی زاویه‌دار توسط سازند شمشک پوشیده شده است. شواهد زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی و قرارگیری ماده معدنی در بستر کارستی کریناته نشان می‌دهد که نهشته بوکسیت تاش از نوع کارستی مدیترانه‌ای می‌باشد.

۲- مهم‌ترین ساخت‌های مشاهده شده در صحرا عبارتند از: لایه‌ای، توده‌ای، عدسی، کنکرسیونی و ندولی می‌باشد. بررسی‌ها مقاطع نازک نشان می‌دهند که کانسنگ مورد مطالعه حاوی بافت‌های اوئیدی، پیزوئیدی، پلیتومورفیک، کلوفرمی و انحلال فشارشی می‌باشد که نشان از خاستگاه درجا‌زا دارد. وجود بافت انحلال فشارشی دلیلی بر فشارهای ناشی از فرایند اپی‌ژنتیک و تکتونیکی منطقه دارد.

۳- بررسی کانی‌شناسی به روش پراش پرتو ایکس منجر به شناسایی کانی‌های دیاسپور، بوهمیت، کائولینیت، هماتیت، شاموزیت، آنتاز و کوارتز گردید. همچنین با بررسی مقاطع صیقلی، کانی‌های پیریت، کالکوپیریت، گوتیت و هماتیت شناسایی شدند.

۳- براساس شواهد بافتی و کانی‌شناسی بوکسیت تاش از چهار واحد مجزا تشکیل شده است که از پایین به بالا شامل: ۱- واحد کائولینیت زیرین ۲- واحد بوکسیت شیلی ۳- واحد بوکسیت سخت ۴- واحد کائولینیت بالایی می‌باشد. فعالیت‌های تکتونیکی شدید در منطقه، افق بوکسیتی را تحت تاثیر قرار داده و سبب جابجایی، حذف و یا تکرار آنها شده است.

۴- با استفاده از بررسی‌های ژئوشیمیایی به کمک آنالیز داده‌ها به روش فلورسانس پرتو ایکس نتایج زیر به دست آمد. بررسی مقادیر نیمه‌کمی نمونه‌های بوکسیت تاش بر روی نمودار سه تایی باردوسی

نشان‌دهنده رخساره بوکسیت غنی از آهن و بوکسیت رسی می‌باشد. ترسیم کانسنگ‌های بوکسیتی در نمودار سه متغیره  $Al_2O_3+TiO_2, Fe_2O_3, SiO_2$  نشان می‌دهد که این نهشته‌ها بیشتر ترکیبی در حد بوکسیت لاتریتی دارند. رسم مقادیر  $Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3$  کانسنگ‌های مورد مطالعه بر روی نمودار سه متغیره  $SiO_2 - Fe_2O_3 - Al_2O_3$  الیوا محدوده‌ی بوکسیت لاتریتی و لاتریت را نشان می‌دهد. رسم داده‌های تجزیه‌ای در نمودار سه متغیره آهن، آلومینیوم و سیلیس نشان می‌دهد که افق بوکسیتی در طی تکوین کانسنگ‌های مورد مطالعه متحمل فرایندهای شدید تا متوسط لاتریتی شده است. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که نمونه‌های در قلمرو بوکسیت‌های کارستی با سنگ منشأ بازیگ قرار می‌گیرند. محاسبه ضریب انباشت عناصر کمیاب در افق بوکسیتی نشان می‌دهد که نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده بوکسیت‌های با سنگ منشأ حدواسط - بازیگ قرار گرفته‌اند.

۵- تحت شرایط اقلیمی مناسب حاکم بر ناحیه در اوایل تریاس پسین ملایرهای موجود در منطقه دچار هوازدگی و فرسایش شده و خاک‌های بوکسیتی ایجاد شده‌ی ناشی از آنها در مسافت‌های کوتاه حمل و در حفرات و کارستی سازند الیکا جایگیری نموده، و طی مرور زمان افق بوکسیتی مورد مطالعه تشکیل شده است.



## ۵-۲- پیشنهادات

به منظور شناخت کامل تر نهشته بوکسیت تاش مطالعات تکمیلی زیر پیشنهاد میگردد:

- با توجه به گسترش بسیار زیاد سازند الیکا به عنوان میزبان ماده معدنی و سازند شمشک به عنوان سنگ پوش بوکسیت، انجام مطالعات اکتشافی دقیقتر با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در مرز بین دو سازند جهت اکتشاف کانسارهای مشابه.

- مطالعات ژئوشیمیایی به روش های ICP-Mass جهت بررسی عناصر نادر خاکی سبک و سنگین و همچنین آنالیزشیمی نقطه‌ای توسط میکروپروپ بر روی فازهای مختلف کانی‌های ماده معدنی جهت مطالعه بیشتر.

- با توجه به راندگی‌ها و چین‌خوردگی های زیاد منطقه بررسی دقیق مطالعات تکتونیکی در منطقه ضروری به نظر می رسد.

- با توجه به اهمیت مسائل زیست محیطی و موقعیت قرار گیری کانسار مورد مطالعه در دامنه‌های کوه شاهوار که اصلی ترین منبع تامین آب کشاورزی و شرب منطقه است. مطالعات زمین‌شناسی زیست محیطی در منطقه صورت بگیرد.

## فصل ششم : منابع

## ۶-۱- منابع فارسی

- آقاباتی ع. (۱۳۷۷) "چینه شناسی ژوراسیک ایران" جلد ۱، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، ص ۳۵۵.

- آقاباتی ع. (۱۳۸۳) "زمین شناسی ایران" انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، چاپ اول، ص ۵۸۶.

- آقاباتی ع. (۱۳۸۵) "زمین شناسی ایران"، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ص ۶۱۹.

- اثنی عشری ا. (۱۳۸۵)، پایان نامه کارشناسی ارشد "بررسی ژئوشیمیایی کانسار بوکسیت جاجرم با نگرش ویژه به ژئوشیمی عناصر کمیاب"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۱۶۶ صفحه.

- اسماعیلی د. اثنی عشری ا. و رحیم پور بناب ح. (۱۳۸۷) "بررسی ترکیب سنگ منشأ و دلیل لایه-بندی در کانسار بوکسیت جاجرم (شمال خاور ایران) با استفاده از داده های زمین شیمیایی" فصلنامه علوم زمین، شماره ۷۰، سال هجدهم، ص ۳۸ تا ۵۱.

- اسماعیلی د.، اثنی عشری ا.، رحیم پور بناب ح. و امینی فضل ع. (۱۳۸۴)، "بررسی عوامل ژئوشیمیایی مؤثر بر نحوه توزیع عناصر AL/SI و FE در کانسار بوکسیت جاجروم (شمال شرق ایران)"، بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، تهران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- افتخارنژاد ج. (۱۳۵۹) "تفکیک بخشهای مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی و ارتباط با حوضه های رسوبی"، نشریه /نجمن نفت، شماره ۸۲.

- امینی ل. شمعیان غ. رقیمی م. و جعفر زاده ر. (۱۳۹۰)، بررسی کانی شناسی، زمین شناسی و پیدایش کانسارهای بوکسیت کارستی جاجرم، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، ص ۴۲۶-۴۱۳.

- انتظاری ا. (۱۳۸۵)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد "بررسی زمین‌شناسی اقتصادی نهشته‌های بوکسیت - لاتریت مندیل بسر، جنوب شرق مراغه"، دانشکده علوم، دانشگاه تبریز، ۱۲۳ صفحه.
- باشام ا. رضانی اومالی ر. و طاهری ع، (۱۳۹۲)، "تحلیل میدان تنش با استفاده از چین‌خوردگی‌ها در ناحیه تیل‌آباد - غزنوی (البرز شرقی)"، سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم‌زمین، تهران.
- بحرآبادی ج. (۱۳۷۷)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد "طراحی و تحلیل پایداری شیب در معدن بوکسیت جاجرم بلوک ۷ گل‌بینی" دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ۱۱۳ صفحه.
- بسطامی ح. و فردوست ف، (۱۳۹۲) "نگاهی بر جاذبه‌های ژئوتورستی روستای تاش، شمال غرب شاهرود" مجموع مقالات سی و دومین گردهمایی علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- بسطامی ح، فردوست ف، (۱۳۹۳)، "ارتباط بوکسیت‌زایی و محیط تشکیل ذغالسنگ در منطقه تاش، شمال غرب شاهرود"، دومین کنگره ملی ذغالسنگ ایران، کرمان، دانشگاه صنعتی شاهرود و معادن ذغالسنگ کرمان.
- بیرون‌رو م، (۱۳۷۹)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد "بررسی چینه‌شناسی بخش زیرین سازند خوش ییلاق در برش میقان بر اساس مطالعه کنودونت‌ها و نگرشی بر محیط رسوبی آن" پژوهشکده علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۰۴ صفحه.
- جعفرزاده ر، (۱۳۸۱)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد "بررسی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز بوکسیت جاجرم" دانشکده علوم زمین، دانشگاه شیراز.
- جعفرزاده ر، (۱۳۹۱) "گزارش نهایی کنسار بوکسیت تاش" شرکت آلومینای کشور.

- جعفریان ع. (۱۳۸۶) "نقش بازالت‌های زیردریایی سیلورین در کانی‌سازی ماسیوسولفاید در ارتفاعات شمال شرق شاهرود" فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۳، ص ۱۵۷ تا ۱۷۰.
- جمشیدی خ، (۱۳۸۶)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد "مطالعه ماگماتیسم مافیک قاعده سازند شمشک در زون البرز شرقی"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- حسینی نژاد م، (۱۳۸۳)، رساله دکتری "بیواستراتیگرافی نهشته‌های دونین فوقانی برمبنای گونیاتیت‌ها، بازوپایان و کنودونت‌ها"، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان.
- خادمی س، (۱۳۸۴) پایان‌نامه کارشناسی ارشد "پتروگرافی و ژنز کانسار بوکسیت جاجرم"، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، ۱۴۲ صفحه.
- خواجه محمد لو ن، (۱۳۸۳)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد "کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز نهشته‌های بوکسیتی جنوب استان آذربایجان غربی و تعیین کاربردی آنها"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۴ صفحه.
- خیری ف، (۱۳۶۶)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد "بررسی تغییرات کانی‌شناسی و نحوه تشکیل آن در زون B بلوک کلبینی منطقه جاجرم"، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۱۱۲ صفحه.
- درخشی م. قاسمی ح. و طاهری ع، (۱۳۹۱)، "بررسی و مقایسه‌ی زمین‌شناسی و ژئوشیمی بازالت‌های سلطان‌میدان در سه رخنمون نکارمن، چشمه سید و خوش ییلاق"، شانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، شیراز.
- درویش‌زاده ع. (۱۳۸۳) "زمین‌شناسی ایران" انتشارات امیر کبیر، ۹۰۱ صفحه.
- رپین ی، (۱۹۸۷) "چینه‌شناسی و جغرافیایی دیرین رسوبات زغالدار ایران" گزارش شرکت ملی فولاد ایران، ص ۳۲۶.

- رحیم‌پور بناب ح. و اسماعیلی د، (۱۳۸۶) "پتروگرافی و ژنز کانسار بوکسیت جاجرم" مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۳۳، ص ۱۰۷ تا ۱۲۳.
- رحیمی ب، (۱۳۸۱)، رساله دکتری، "مطالعات ساختاری رشته کوه البرز در شمال دامغان"، دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۰۸ صفحه.
- زارعی ح. (۱۳۹۲)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، "بررسی ژئوشیمیایی وکانی‌شناسی بوکسیت - لاتریت تویه‌دروار و کاربردهای صنعتی آن"، دانشکده علوم، دانشگاه علوم پایه دامغان، ۱۰۹ صفحه.
- زراسوندی ع. پورکاسب ه. و سلام‌اللهی س، (۱۳۸۹) "نقش کارستی شدن در افزایش توان اقتصادی سازند سروک و تشکیل افق بوکسیتی منطقه دهدشت"، مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی کرمانشاه، ص ۳۸۵-۳۹۱.
- زراسوندی ع. فروغی‌نیا ا. پورکاسب ه. چرچی ع. و سلامت‌اللهی س، (۱۳۹۲) "ریز ریخت‌شناسی و فرایند تشکیل پی‌زولیت‌های ذخائر بوکسیتی منطقه دهشت" مجله زمین‌شناسی/اقتصادی، شماره ۱، ص ۱۳۷-۱۵۲.
- زمانی پدرام م. و کریمی ه، (۱۳۸۵) "نقشه زمین‌شناسی علی‌آباد به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰" سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ستوهیان ف، (۱۳۸۳)، رساله دکتری "مطالعات لیتواستراتیگرافی، بیواستراتیگرافی و تفسیر محیط رسوبی سازند الیکا در ناحیه البرز شرقی"، دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۴۹ صفحه.
- ستوهیان ف، (۱۳۸۷) "چینه‌نگاری سکانسی سازند الیکا در برش تاش، البرز شرقی" مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۳۴، صفحات ۶۹-۶۱.

- سرخورد ز. شمعانیان غ. و عمرانی ه، (۱۳۹۲) "ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و بافتی کانسار بوکسیت کارستی تاش" سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، تهران.

- سهیلی‌نیا س، (۱۳۸۳) پایان‌نامه کارشناسی ارشد، "بررسی وضعیت کانسارهای بوکسیت ایران با نگرشی ویژه بر کانسار بوکسیت جاجرم" دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال،

- شرکت معدن نگارنوین، (۱۳۷۸) "گزارش نهایی طرح اکتشاف مقدماتی خاک صنعتی نکارمن" سازمان صنایع و معادن استان سمنان.

- شهرابی م، (۱۳۶۹) "نقشه زمین‌شناسی گرگان به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰" سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- شهرابی م، (۱۳۸۷)، "تریاس در ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۲۷۹.

- شهریاری م، (۱۳۶۵) "ذخائر بوکسیت کارستی (با بستر کربناته)" جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، انتشارات میقات، ص ۲۲۵.

- شهیدی ع. باریر ا. فرانسوا برونو م. و سعیدی ع، (۱۳۹۰) "فرگشت ساختاری البرز در میان‌زیستی و نوزیستی"، فصلنامه علوم زمین، شماره ۸۱، ص ۲۰۱-۲۱۶.

- صابری ب، (۱۳۷۹)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد "مطالعه زمین‌شناسی، ژئوشیمی، زمین‌ساخت، آنالیز رخساره و ژنز کانسار لاتریت - بوکسیت شه میرزاد"، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۰۴ صفحه.

- عابدینی ع. و کلایگری ع، (۱۳۹۰) "مطالعات ژئوشیمیایی نهشته‌های بوکسیتی - کائولینیتی پرمین در شمال سقز، استان کردستان" فصلنامه علوم زمین، سال بیستم، شماره ۷۹، صفحه ۶۷ تا ۷۴.
- علوی صالحی‌راد، (۱۳۶۹) "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان" سازمان زمین‌شناسی کشور.
- فرامرزی ر. شمعیان غ. و شفیع ب، (۱۳۹۱) "کانی‌شناسی، زمین‌شیمی و خاستگاه نهشته بوکسیت قشلاق، جنوب شرق گرگان" مجله زمین‌شناسی/اقتصادی، شماره ۱، ص ۲۹-۴۵.
- فردوست ف، (۱۳۸۰) "گزارش نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ تاش و مجن"، سازمان صنایع و معادن استان سمنان.
- فیض‌نیا س، (۱۳۷۱)، "سنگ‌های رسوبی غیر آواری" انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۱۵۳، ص ۲۶۲.
- قاسمی نکو ع، (۱۳۷۹)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد "بررسی زمین‌شناسی و ژئوشیمی افق لاتریتی پرمین و نحوه تشکیل آن در منطقه باختر ارومیه (گچی - نیچلان - یسان - خوشگو)"، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۹۵ صفحه.
- قربانی قره تپه م. رفیعی ب. و مولائی ح، (۱۳۸۶) "ژئوشیمی و ژنز نهشته‌های بوکسیتی منطقه‌ی کیسه‌جین آبگرم استان قزوین" یازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- قربانی م، (۱۳۸۶) "زمین‌شناسی اقتصادی (کانسارها و نهشته‌های معدنی ایران)" چاپ اول، ص ۵۷۰.



- کاظمی حسنوند ز. قاسمی ح. و طاهری ع، (۱۳۹۱) "پتروژنز بازالت‌های موجود در سازند ابرسج (اردوویسین فوقانی)، شمال شاهرود"، سی و یکمین همایش علوم زمین، تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- کلاگری ع. عابدینی ع. و مؤذن م، (۱۳۸۲) "زمین‌شیمی و کانی‌شناسی افق بوکسیتی قپی (غرب میان‌دوآب- آذربایجان غربی)" *مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران*، شماره ۲، ص ۱۸۹-۲۰۹.

- کیا اشکوریان م. شمعیان غ. و شفیعی ب، (۱۳۹۰) "کانی‌شناسی، ژئوشیمی و خاستگاه افق بوکسیتی پرمو تریاس خوش ییلاق، جنوب شرق آزادشهر" *فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی*، شماره ۳، ص ۲۶۹-۲۷۹.

- کلاگری ع. عابدینی ع. و مؤذن م، (۱۳۸۳)، "سنگهای دیاباز منشأ عمده واحد بوکسیتی پرمو-تریاس در قپی، غرب میان‌دوآب، آذربایجان غربی"، *نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم*، تهران جلد ۴ شماره ۳۸۷ - ۴۰۰.

- لنکرانی م، قاسمی ح و همام م، (۱۳۸۹) "پترولوژی سنگ‌های رسوبی" *جلد اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود*، ص ۲۸۷.

- محمودی نیا م، (۱۳۸۹)، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد "مطالعه کانی‌شناسی و ژنز کانسار سرب و روی یورت بابا"*، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۱۴ صفحه.

- مقدسی ص، (۱۳۸۲)، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد "پترولوژی، پتروژنز و جایگاه چینه‌نگاری سنگ-های آتشفشانی ژوراسیک در زون البرز شرقی"*، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۱۴ صفحه.

- موسسه گیتاشناسی، (۱۳۹۴) "اطلس کامل راه‌های ایران"، انتشارات گیتاشناسی، ۳۱۱ صفحه
- موسوی م. و مهدیزاده شهری ح، (۱۳۸۸) "پتروگرافی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز افق بوکسیت در ناحیه کیسه جین، شمال غرب آبگرم اوج"، *مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی*، شماره ۷۳. ص ۱ - ۱۸.
- موسوی م. و نوروزی ا، (۱۳۸۸) "رخساره‌ها محیط رسوبی سازند روته در شمال شاهرود" *فصلنامه رسوب و سنگ‌رسوبی*، دانشگاه آزاد اسلامی شاهرود، شماره ۴، صفحه ۷۳-۸۵.
- مولائی ح، شریفیان عطار ر، (۱۳۸۴) "ویژگی‌های زمین‌شناسی و اکتشافی بوکسیت جاجرم (جنوب باختری خراسان شمالی- شمال باختری خراسان بزرگ)"، *فصلنامه علوم زمین*، شماره ۵۸، ص ۹۹ - ۸۶.
- ناصری م، (۱۳۹۱) "بررسی پتروگرافی و اثبات پارالوکتون بودن بوکسیت جاجرم با استفاده از شواهد بافتی" *چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران*، دانشگاه بیرجند، ص ۴۱۷.
- ناصری م، (۱۳۸۲)، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد* "بررسی ژئوشیمی کانسار بوکسیت جاجرم با نگرشی بر قابلیت‌ها و محدودیت‌ها در کاربرد صنعتی"، *دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد*، ۱۲۶ صفحه.
- نبوی م، (۱۳۵۵)، "دیباجه‌ای بر زمین‌شناسی ایران" *سازمان زمین‌شناسی کشور و اکتشافات معدنی کشور*، ص ۱۰۹.
- نعمتی م. هتسفلد د. قیطانچی م. سدیدخوی میرزائی ن. و مرادی ع، (۱۳۹۰) "بررسی لرزه‌خیزی گسله آستانه در البرز شرقی" *مجله فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳۷، شماره ۲، ص ۱-۱۶.

## ۶ - ۲ - منابع لاتین

Aharipour, R., Moussavi, M.R., Mosaddegh, H., Mistiaen, B., (2010), "Facies features and paleoenvironmental reconstruction of the Early to Middle Devonian syn-rift volcano-sedimentary succession (Padeha formation) in the Eastern-Alborz Mountain, NE Iran", *Facies* 56: 279-294.

Alavi, M. (1996) "Tectonostratigraphy synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran" *J. of. Jeodyn.* 21, 125-134.

Aleva G.j.j., (1994) "Laterite : concepts, geology, morphology and chemistry ,International Soil Reference and Information Centre(ISRIC) ", Wageningen, The Netherlands, 169 pp

Allen, M. B., Vincent, S. J., Alsop, G. I., Ismail-zadeh, A. & Flecker, R., (2003)- Late "Cenozoic deformation in the South Caspian region: effects of a rigid basement block within a collision zone". *Tectonophysics*, 366(3-4): 223-239.

Assereto, R. (1963). "The Paleozoic formations in central Elburz (Iran) " (preliminary note). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 69(4), 503-543.

Balsubramaniam, K.S., Surendra, M. and Kumar,T.V., 1987. "Genesis of certain bauxite profiles from India". *Chemical Geology*, 60, 227-235.

Bardossy, G.Y.,( 1982). " Karst *Bauxites. Bauxite deposition on carbonate rocks*" Joint edition with Elsevier scientific publishing company Amsterdam. 441p.

Berberian, M. and King, G.C.P., (1981). "Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. " *Can. Journal Earth Science* 18, 210-265.

Bozorgnia, F., (1973). "Paleozoic foraminiferal biostratigraphy of central and east Alborz Mountains, Iran. NIOC, Geological laboratories, 4:1-185

Bragin, Y., jahanbakhsh, F., golubev, S. & sadovnikov, G. (1976). " Stratigraphy of the Triassic-Jurassic coal-bearing deposits of Alborz. National Iranian Steel Corporation, Tehran, NISC V/O "Technoexport", internal report, 49 p.

Bushinsky, G.I., (1971). "*Geology of Bauxites (in Russian)*. Nedra,Moscow", 368 pp.

Calagari A. A., Abedini A., 2007., "Geochemical investigation on Permo-Triassic bauxite horizon at Kanisheeteh of Bukan, West Azarbaidjan, Iran", *Geochemical Exploration journal* 94,1-18.

Dai, S., Jiang, Y., Ward, C. R., Gu, L., Seredin, V. V., Liu, H., ... & Ren, D. (2012) "Mineralogical and geochemical compositions of the coal in the Guanbanwusu Mine, Inner Mongolia, China: Further evidence for the existence of an Al (Ga and REE) ore deposit in the Jungar Coalfield" *International Journal of Coal Geology* 98.

Dangic, A. (1985). Kaolinization of Bauxite: A Study in the Vlasenica Bauxite Area, Yugoslavia. I. Alteration of Matrix. *Clays and Clay minerals*, 33, 517-524.

Davoodi M.Gh., Heidar, M.R., Janfada, M., Khabazadeh, H., Dashtbozorg, A.R., 2002- "Characterization of Alborz, Zagros and Central Iranian Plateau Bauxites for tub Digestion Processing. Mining", *Mining, Metallurgy Millennium*. University of Vienna. Germany.

Davoudzadeh, M., & Schmidt, K., (1982) "Zur Trias des Iran" *Geologische Rundschau* 71(3), 1021-1039.

Dedual, E., (1967). "Zur geologie des mittleren und unteren Karaj Tales, Zentral Elburz (Iran)". *Mitteilung Geologisches Institut, E.T.H.U. Zuerich*, 76, 123.

Dellenbach, J. (1964) "Contribution a l'Etude geologique de la region situee a l'est de Teheran (Iran)". PP.48-53

Fox, C. S., (1923). "The bauxite and aluminous laterite occurrences of India". *Mem. Geol. Surv India*, 49: 287 pp.

Glaus, M., (1965) "Die Geologie des Gebiets noerdlich des Kandeivan-passes (Zentral Elburz), Iran, Mitt, Geol. Inst. Eidgen, Tech. Hochschule Univ. Zuerich, N.F.48, 165p.

Harrassowitz, H., (1926). "Laterit", *Fortschr, Geol. Palaeontol.*, 4: 253-566.

Jacob, L., (1984)., "proceeding of bauxite symposium", published by SME, Los Angeles, California, p. 653.

Janot, Ch, and Gibert, H. (1970)., "Les constituants du fer dans certaines bauxites naturelles studied by Mossbauer effect Bulletin", *French Society of Mineralogy and Crystallography*, 9t, 213-223.

Javidfakhr, B., Bellier, O., Shabanian, E., Siame, L., Leanni, L., Bourles, D., Ahmadian, S., (2011), "Fault kinematics and active tectonics at the southeastern boundary of the eastern Alborz (Abr and Khij fault zones)", *Geodynamic implications for NNE Iran*, *Journal of geodynamics*, doi: 10.1016.

Jenny, J. (1977)., “Géologie et stratigraphie de Elburz oriental entre Aliabad et Shahrud, Iran”, Thèse Université de Genève, 238pp (Unpublished).

Kalaitzidis, S., Siavalas, G., Skarpelis, N., Araujo, C. V., & Christanis, K. (2010)., “Late Cretaceous coal overlying karst bauxite deposits in the Parnassus- Ghiona Unit, Central Greece: coal characteristics and depositional environment”, *International Journal of Coal Geology* 81, 211-226.

Karadag, M. M., Kupeli S., Aryk F., Ayhan A., Zedaf V., Doyen A., (2009)., “Rare earth element (REE) geochemistry and genetic implications of the Mortas Bauxite deposit (Seydisehir/Konya\_ Southern Turkey) ”, *Chemie der Erde* 69,143-159.

Lee Y. I., Friedman G.M. (1987), “Deep-Burial dolomitization in the Ordovician Ellenburger Group carbonates, Western Texas and Southeastern New Mexico”. *J. Sed. Petrology*. 57: 544-557.

Liu, X., Wang, Q., Deng, J., Zhang, Q., Sun, S., & Meng, J. (2010)., “Mineralogical and geochemical investigations of the Dajia Salento-type bauxite deposits, western Guangxi, China”. *Journal of Geochemical Exploration*, 105(3), 137-152.

Maclean W.H., Bonavia F.F., Sanna G.,(1997), “ Argillite debris converted to bauxite during karst weathering: evidence from immobile element geochemistry at the Olmedo Deposit, Sardinia” , *Mineralum deposita journal*, 32 ,p. 607-616

Mason, B. and Moor C.B.,(1982), “ *Principle of geochemistry*”, 4th., wiley, Newyork,344p.

Mistrik, L. T. and J. Huttova., (2002). “ Quantitative changes in maiz membrane induced by Aluminum”, *Biol. Plant.*, 43: 85-91

Mongelli G., Acquafredda P., (2007) “*Ferruginousconcretions in a Late Cretaceous karst bauxite:composition and conditions of formation*”,*Chemical Geology* 158 (1999) 315-320.

Mutakyahwa M.K.D., Ikingura J.R., Mruma A.H., , (2003)., “Geology and geochemistry of bauxite deposits, Lushoto District, Usambara *Mountains*”, Tanzania, *Journal of African Earth Sciences*, Vol.36, pp. 357–369.

Özlü, N. (1983)., “ Trace-element content of Karst Bauxites and their parent rocks in the Mediterranean belt”. *Mineralium Deposita*, 18(3), 469-476

Öztrük H., Hein J. R., Hanilci N.,(2002)., “Genesis of the Dogankuzu and Mortaz bauxite deposits, Turides, Turkey, Separation Al, Fe and Mn implication for passive margin metallogeny”, *Economic Geology* 97, 1063-1077.

Patterson, S. H., (1967). "Bauxite reserves and potential aluminium resources of the world". U.S. Geol. Surv., Bull., 1228: 176 p

Petrasccheck W. E., 1989., "The genesis of allochthonous karst-type bauxite deposits of southern Europe", *Mineralum deposita* journal 24

Rollinson, H.R. (1993), "Using geochemical data: evaluation, presentation, And nterpretation". Longman Scientific Technical, Essex: 344 p.

Salazar, K., & McNutt, M. K. (2012). Mineral commodity summaries. *US Geological Survey, Reston, VA*.

Schellmann W., (1983)., "A new definition of laterite", *Natural Resources and Development* 18 ,7-21.

Schroll, E., & Sauer, D. (1963, October). "Ein Beitrag zur Geochemie der seltenen Elemente in Bauxiten". In *Symp. Bauxites, Oxydes, Hydroxides d Aluminium* (pp. 201-225).

Scotese, C. R. (1997). "Paleogeographic Atlas", PALEOMAP progress report 90-0497 Department of Geology. *Univ. of Texas, Arlington*, 37.

Seyed-Emami, K., Fuersich, F. T., Wilmsen, M., Majidifard, M. R., & Shekarifard, A. (2009). "Upper Triassic (Norian) Cephalopods from the Ekbasar Formation (Shemshak Group) of Northern Alborz, Iran". *Riv. Ital. Paleont. Strat*, 115, 189-198..

Shaw D.M., (1964), "Interpretation geochimique des elements en traces dans les roches cristallines", Masson ET Cie, Paris.

Smith A.G., Brice J.C., Drewry G.E. (1973)., "Phanerozoic world map. Paleontology". Springer Verlag, Berlin.

Stampfli G. (1976)., "Trias de l' Elborz Oriental: Stratigraphie, Sedimentologie, Micropaleontologie". *Rev. Ital. Paleont.* 82: 467-500.

Stocklin, J. (1968)., "Structural history and tectonics of Iran; a review", *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 52 (7), pp. 1229-1258.

Taylor, G., & Eggleton, T. (2004)., "Little balls": The origin of the Weipa bauxite. In *Regolith* (Vol. 2004, pp. 350-254).

Temur S., Kansun G., (2006)., "Geology and petrography of the Mastadagi diasporic bauxites, Alanya, Antalya, Turkey", *Journal of Asian Earth Sciences* 27 , 512-522.

Tenyakov, V. A. (1978)., “ Genetic classification of bauxite deposits of the world”. In 4th International Congress for the Study of Bauxites, Alumina and Aluminum: Bauxites (Vol. 2, p. 861). National Technical University of Athens, Department of Mineralogy-Petrology-Geology.

Tosianid T., and Ramirez A. (1990)., “ Geochemistry of major and trace elements in Los Pijiguaos Bauxite Ore, Venezuela”, 2nd International symposium, July, Aix en Provence, France.

Valeton, I., (1972)., “ Bauxites”, Developments in Soil Science, Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, 226p.

White A.H., (1976)., “*Genesis of Low Iron Bauxite, Northeastern Cape York, Queensland Australia*”, Economic geology 71 1526-1532.  
York (1982).

Wright, V. P., & Burchette, T. P. (1998)., “Carbonate ramps: an introduction”. Geological Society, London, Special Publications, 149(1), 1-5.

Zarasvandi, A., Zamanian, H., & Hejazi, E. (2010)., “ Immobile elements and mass changes geochemistry at Sar-Faryab bauxite deposit, Zagros Mountains, Iran”. *Journal of Geochemical Exploration*, 107(1), 77-85.

Zenger D.H. (1983)., “ Burial Dolomitization in the Lost Burrow Formation (Devonian) east-central California, and the significance of the kate diagenetic dolomitization”. *Geology*. 11: 52- 519.



**Shahrood University**

**Faculty of Earth Sciences**

**Department of Petrology and Economic Geology**

**MSc thesis**

**Study of Mineralogy, Geochemistry and the formation of Tash bauxite  
deposits, North West of Shahrood**

**Hassan Bastami**

**Supervisor:**

**Dr. F.Fardoost**

**June 2015**



## **Abstract**

Tash bauxite deposit is located in 40 km NW Shahrood in NE of the Alborz structural zone. the study area are affected by faults and folds with general trend of NE – SW. The Tash bauxite in the Aliabad 1/100000 geological sheet is situated between 54° 41' to 54° 48 ' eastern longitudes, and 36° 32' to 36° 37' northern latitudes. The main stratigraphic Formations in this area are including Mubarak, Dorud , Ruteh Elike and Shemshak F.. Bauxite is created by erosion and weathering of basalts. Basalt rocks resulted in Eo-Cimmerian orogenic phase in Upper Triassic. The recent rocks limited stratigraphically to base of Shemshak F. The bauxite horizon over lying karstic carbonates of Elike F. and its upper border as angular unconformity is covered by Shemshak F.. Thin sections mineralogical studies display that oolitic, pisolitic, plitomorphic, collomorphic-fluidal and dissolution textures indicating to authigenic origin. The results of X-ray diffraction studies show that the the main minerals are diaspore, boehmite, kaolinite, hematite, shamosite, anatase and quartz. Also polished sections identify pyrite, chalcopyrite, goethite and hematite as ore minerals. Textural and mineralogical observations indicate that bauxite layer are individed into four separate units: Lower kaolinite, shale bauxite, hard bauxite and upper kaolinite units. The geological and geochemical documents and calculations of accumulation coefficient of trace elements demonstrate that source rocks of bauxite have the characteristics of intermediate mafic rocks. Silica and iron releaching as secondary and epigenetic processes is also observed in area. According to the proposed genetic model, under suitable climatic conditions in the Late Triassic, basalt rocks weathering created the soil bauxite. The subsequent stage the soil bauxite carried in short – distance and finally deposited into karstic cavities of Elike Formation.

**Key words:** Basalt, Weathering and Erosion, Upper Triassic, Tash bauxite, Northwest Shahrood