

## ماگماتیسم سیلورین در منطقه ابیانه-سه (کاشان-ایران مرکزی)

فریماه آیتی<sup>\*</sup>، محمود خلیلی<sup>۲</sup>، موسی نقره ئیان<sup>۳</sup>، محمد علی مکیزاده<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی دانشگاه پیام نور شهر کرد

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان

<sup>\*</sup>مسئول مکاتبات-آدرس الکترونیکی: F\_ayati@geol.ui.ac.ir

(دریافت: ۸۸/۵/۵؛ پذیرش: ۸۸/۱۲/۸)

### چکیده

برونزدهای آتشفشنای پالئوزوئیک در منطقه ابیانه - سه با ترکیب بازالتی به صورت جریانی از گدازه با ساخت توده ای، بالشی و گاهی بادامکی و رنگ سیاه مایل به سبز و به صورت بین لایه ای در ماسه سنگ ها و رسوبات کربناتی رخمنون دارند. این افق های ولکانیکی در طی چند فاز پیاپی فوران نموده اند. بین دو فوران متواالی و در وقفه زمان اندکی، رسوبگذاری ماسه سنگها، آهکهای ماسه ای و رسوبات کربناته به وقوع پیوسته است. کانی های بازالتها مورد مطالعه عمده ای شامل پلاژیوکلاز کلسیک، الیوین و کلینوپیروکسن (اوژیت) می باشد. براساس مطالعات ژئوشیمیایی نمونه های مورد بررسی ماهیت تولیدی تا آکالان نشان می دهند و براساس نمودارهای تعیین کننده سری ماگماتی، این ولکانیک ها، ویژگی های سری تحولی را از خود به نمایش می گذارند. چنین رهیافتی همراه با سایر ویژگی های شیمیایی و سنگ شناسی این نمونه ها، وابستگی آنها را به یک رژیم زمین ساختی کششی آشکار می سازد. غنای این بازالتها از نظر تیتانیوم، وسعت و ضخامت قابل توجه ولکانیکها و میان لایه بودن آنها با رسوبات آهکی و ماسه سنگی، نشانگر ارتباط این سنگ ها به یک رژیم زمین ساختی کششی از نوع ریفت درون قاره ای و وجود حرکات ضربانی کششی - فشارشی در زمان پالئوزوئیک در ایران می باشد. مقدار کم عنصر نادر خاکی سنگین در این بازالتها با منشاء گارنت لرزولیتی سازگار است. تشابه الگوهای آنومالی های در دیاگرام های عنکبوتی بیانگر وجود یک خاستگاه مشترک برای ولکانیک های مورد مطالعه می باشد.

واژه های کلیدی: ماگماتیسم سیلورین، سری تحولی، ریفت درون قاره

### دھیم.

**روش کار:** مطالعات زمین شناسی اولیه در محدوده مورد مطالعه شامل مطالعات میکروسکوپی، آنالیز XRF (دانشگاه اصفهان و آزمایشگاه Amdel استرالیا)، آنالیز ICP-MS (آزمایشگاه Amdel استرالیا) و آنالیزهای مایکروپریوب (دانشگاه اکلاهماستی آمریکا) بر روی نمونه های مورد بررسی در منطقه بوده است.

### زمین شناسی منطقه ابیانه :

منطقه ابیانه - سه در ۱۴۰ کیلومتری شمال اصفهان و در جنوب کاشان و در محدوده طول های جغرافیایی "۱۵°، ۱۹°، ۳۰° و ۵۱°، ۵۰° و ۳۳°، ۳۸°، ۰°" شمالي قرار دارد عرضهای جغرافیایی "۱۰°، ۰°، ۳۳°، ۳۸° و ۰°" شمالي قرار دارد (شکل ۱). بخش اعظم سنگهای آتشفشنای این منطقه متعلق به سنگ های پیروكلاستیکی ائوسن بوده و ترکیب عمومی آنها توف ، توف آندزیتی ، داسیت ، ریوداسیت ، توف برشی و لاپیلی است. سنگ های آتشفشنای پلیوسن از توف و گدازه های داسیتی که رسوبات الیگومیوسن را می پوشاند، شروع شده و به گدازه های آندزیتی که مربوط به آخرین فعالیت آتشفشنای ناحیه است ختم می گردد.

### مقدمه

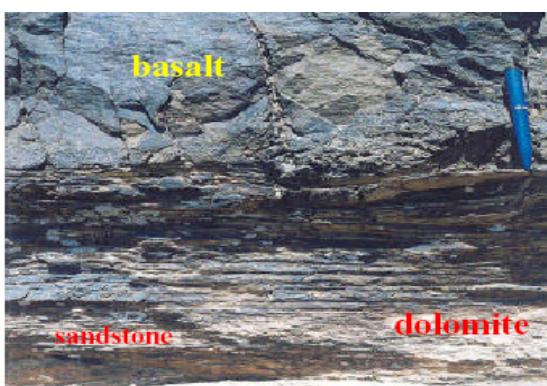
هر چند مدت زمان پالئوزوئیک نسبت به دوران مزو佐ئیک و ترشیر بسیار طولانی تر بوده ولی ماگماتیسم نفوذی این زمان در گستره ای ایران ناچیز می باشد. بر این اساس حجم داده های ماگماتیسم پالئوزوئیک در صفحه ایران چندان قابل توجه نیست. فقدان نسبی سنگهای نفوذی پالئوزوئیک شاید ناشی از عدم تاثیر فازهای کوهزاوی و در مقابل تشدید فعالیت های ریفتی درون قاره ای در ایران بوده باشد. وسعت و حجم کم سنگ های آذرین پالئوزوئیک سبب شده تا تحقیقات پترولوزی چندانی پیرامون آنها صورت نگیرد. در چهارگوش های نقشه برداری شده، همیشه بخش کوچکی به پالئوزوئیک تعلق داشته و به ندرت، جزء ناچیزی از این بخش کوچک را سنگ های آذرین دگرسان شده این دوران تشکیل داده است. از آنجایی که اطلاعات چندانی پیرامون ماگماتیسم پالئوزوئیک زیرین به لحاظ گستره کم آن در پهنه ایران مرکزی وجود ندارد، لذا بر آن شدید تر و لکانیک های این دوره را به ویژه از دیدگاه تکتونوماگماتیسم در منطقه ابیانه - سه مورد بررسی های پترولوزیکی و ژئوشیمیایی قرار

افانتیک، ساخت توده ای ، بالشی و رنگ سیاه مایل به سبز و به حالت بین لایه ای با ماسه سنگ ها و رسوبات کربناته مشاهده می شوند. وجود ساخت بالشی و بادامکی به فوران زیردریایی (شکل ۳) و شکستگی های ستونی (Columnar Jointing) در ولکانیکها احتمالاً به رخداد ولکانیسم در محیط خشکی در مقاطعی از زمان سیلورین اشاره دارد.



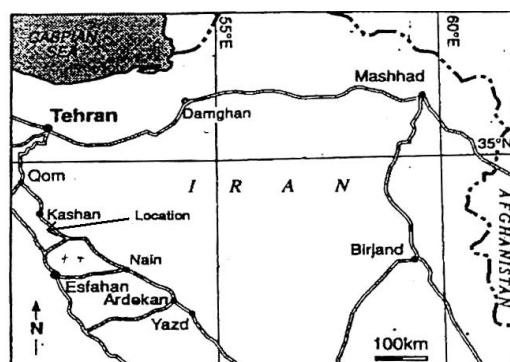
شکل ۳: نمای ساخت بالشی در ولکانیک های منطقه مورد مطالعه.

افق های ولکانیکی در تنابع با رسوبات قرار دارند و محققین منشا آنها را به ریفت های درون قاره ای در پالثوزوئیک نسبت می دهند (معین وزیری، ۱۳۷۵). این افق ها در طی چند فاز پیاپی و با وقفه زمانی - اندکی فوران نموده است و رسوبگذاری ماسه سنگها و رسوبات آهکی - کربناته در وقفه زمانی بین دو فوران متوالی روی داده است. رسوبات کربناته و ماسه سنگی در اثر حرکات گوناگون تکتونیکی و تحت تاثیر فشار افق های ولکانیکی جوانتر بر روی هم لغزیده اند و می توان آثار وزن ولکانیک ها را بر روی آنها به خوبی مشاهده نمود (شکل ۴). افق های ولکانیکی مذکور همگی هم شبیب می باشند (شکل ۵) و ترادف آنها با رسوبات حاکی از وجود حرکات پالسی کششی - فشارشی است که با فاز کوهزایی کالدونین در ایران قابل تطبیق می باشد. در زمان



شکل ۴: مرز رسوبات ماسه سنگی - دولومیتی با ولکانیک ها و ایجاد خمیدگی مختصری در رسوبات در اثر وزن ولکانیکها.

(زاده، ۱۳۵۱). به طور کلی بیشتر روانه های آتشفسانی پالثوزوئیک بر اثر فرسایش و رسوب مجدد به سنگ های ساده تبدیل شده و اگر اثراتی از گدازه ها باقی مانده یا توسط رسوبات جوانتر پوشیده شده و یا شدیداً تحت تاثیر دگرسانی قرار گرفته اند. سنگهای بازالتی در سازند کهر قدیمی ترین فعالیت آتشفسانی منطقه را نشان می دهد. دومین فعالیت ولکانیکی در دوران اول نیز با سنگهای بازالتی، مشخص می گردد . سنگ های اخیر که مورد بحث این مقاله می باشند با سن حدود ۴۵۸ میلیون سال (زاده، ۱۳۵۱) به حالت لایه ای در شروع سازند نیور(سیلورین) و یا به صورت افق های ولکانیکی درین رسوبات و دولومیت های سلطانیه (اینفراتامبرین) و نیز سازند میلا جای گرفته اند (شکل ۲).



شکل ۱: نقشه دستیابی به منطقه مورد مطالعه.



شکل ۲: برون ریزی ولکانیسم سیلورین بر روی کربناتهای سازند میلا (کنکات نامنظم).

این سنگ ها که از وسعت کمی برخوردارست و در بین رسوبات پالثوزوئیک پراکنده اند، در این پژوهش بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. این آذرین های قلیابی را می توان در انتهای دره تاره و سریستان در جنوب ایانه و در شمال سمرغ سه به وفور مشاهده نمود. در منطقه مورد مطالعه همچنین ولکانیک ها که غالباً به شدت دگرسان شده اند (اسپیلتی زاسیون) به صورت جریانی از گدازه ای دانه ریز بافت

تخربیب کانی‌های تیتان دار تحت تاثیر محلولهای هیدروترمال تشکیل شده است. عمدۀ کانی تشکیل دهنده این بازالت‌ها پلاژیوکلاز است که بلورهای شکل دار تا نیمه شکل آن به صورت فنوکریست و نیز به صورت میکرولیت دیده می‌شود. پلاژیوکلازهای کلسیک کم و بیش به سوسوریت دگرسان شده اند و کانی‌های ثانوی کلسیت، کلریت، اپیدوت و کانی‌های رسی در آنها به وجود آمده اند. تعدادی از پلاژیوکلازها دارای حاشیه تحلیل رفته و گرد شده می‌باشند. گرد شدگی و تحلیل رفن حاشیه پلاژیوکلاز نشان دهنده عدم تعادل این کانی با مذاب در فشارهای پایین است. احتمالاً این فنوکریست‌ها جزء اولین کانی‌هایی بوده اند که قبل از بیرون ریزی و دراعمق نسبتاً زیاد تشکیل شده اند و پس از رسیدن به ترازهای سطحی و کاهش فشار؛ دچار ذوب در حاشیه خود شده اند (شکل ۷).



شکل ۷: پژوئیدومورف کلسیتی شده پلاژیوکلاز با حاشیه تحلیل رفته و خلیج خورده.

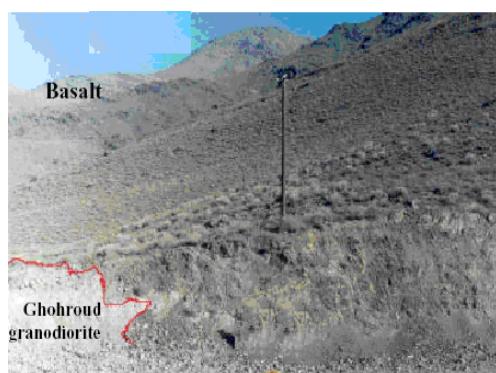
نتایج حاصل از آنالیز مایکروپریوب پلاژیوکلازها (جدول ۱) نشان می‌دهد که گاهی ترکیب پلاژیوکلازها در هسته و حاشیه کاملاً سدیک می‌باشد. رخداد دگرسانی در ولکانیت‌های مورد مطالعه خاصه رخداد پدیده اسپیلیتی زاسیون می‌تواند باعث رخداد این پدیده و همچنین ایجاد فلدسپات نفوفرم شود. حضور فلدسپات‌های سدیک نفوفرم و همچنین حضور کانی‌های آبدار همچون کلریت و اپیدوت حاکی از رخداد این دگرسانی می‌باشد. تغییر و تحولاتی همچون تبدیل الیوین به کلریت، تبدیل پلاژیوکلاز کلسیک به آلبیت (آلبیتی شدن)، تبدیل پیروکسن اوژیت به اکتینولیت و تبدیل اکسیدهای آهن تیتانیوم به تیتانیت و لوکوکسن را می‌توان به عنوان شاخص فرایند اسپیلیتی شدن ذکر کرد. سریسیتی شدن پلاژیوکلازهای اسیدی نیز در مقاطعه به چشم می‌خورد.

در این حالت عناصر آلکالن مثل سدیم و پتاسیم از سیلیکات‌ها خارج شده و آلومینوسیلیکات‌ها به ویژه پلاژیوکلاز ازین می‌روند. در تعدادی از نمونه‌ها دگرسانی به حدی است که پارازیز اولیه کانی‌ها ازین رفتۀ است و حضور گسترش کانی‌های ثانویه نظیر کلریت در نمونه‌ها پیامد دگرسانی این سنگ‌ها است. فنوکریست‌های الیوین، شکل دار تا نیمه

پلیوسن، منطقه سه و نواحی مجاور آن ناظر یک فعالیت شدید آتشفشانی همراه با تزریق مagma اسیدی (توده گرانودیوریتی قهروند) بوده‌اند. در دره اصلی قهروند مجاور روستای جوینان توده نفوذی گرانیت‌وئیدی قهروند به داخل ولکانیک‌های مورد مطالعه نفوذ کرده و موجب دگرگونی مجاورتی سنگهای همبر شده است (شکل ۶).



شکل ۵: افق‌های ولکانیکی مرتبط با هم که در قاعده رسوبات سازند نیور(سیلورین) به چشم می‌خورد (الف) و نمایش افق دوم ولکانیکی (ب) که بعد از یک تراծه رسوبی تخریبی-کربناته و با ضخامت کمتر در بالای رخمنون اصلی قرار گرفته است.



شکل ۶: کنتاکت گرانودیوریت قهروند با ولکانیک‌ها.

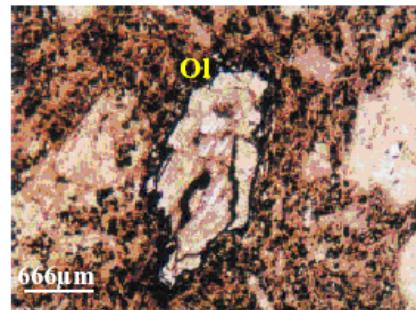
### پتروگرافی ولکانیک‌ها:

بررسی‌های میکروسکوپی نشان می‌دهند که سنگ‌های مورد مطالعه اکثرآ از نوع بازالت و بازالت اندرزیتی بوده و درمجموع دارای بافت پورفیری، اینترسرتال، میکرولیتیک و بادامکی می‌باشند. نمونه‌های مورد مطالعه حاوی فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، الیوین همراه با آثاری از کلینوپیروکسن هستند. این بلورها در خمیره‌ای مشکل از سوزن‌های پلاژیوکلاز و کانی‌های ثانویه کربناته، کلریت و اکسید آهن قرار گرفته اند. کانی‌های اپاک مانند مگنتیت، هماتیت و ایلمنیت و همچنین کانی‌های کلسیت، کوارتز، زئولیت و کلریت به عنوان کانی‌های ثانوی و به صورت پرکننده حفرات و شکستگی‌ها مشاهده می‌گردد. آپاتیت نیز به صورت بلورهای کشیده و سوزنی شکل و توسط بی‌رفرنزنس بسیار ضعیف قابل تشخیص می‌باشد. تیتانیت به صورت لوکوکسن در نتیجه

شكل و بدون حاشیه واکنشی می باشد و می توان ایدنگسیتی شدن را در انها مشاهده نمود(شکل ۸).

جدول ۱: نتایج آنالیز مایکروپروب درشت بلورهای پلازیوکلاز از هسته به طرف حاشیه.

<i>Plagioclase :core to rim</i>	<i>S-Ta-pl-1</i>	<i>S-Ta-pl-2</i>	<i>S-Ta-pl-3</i>
<i>SiO<sub>2</sub></i>	67.51	67.45	67.04
<i>TiO<sub>2</sub></i>	0.01	0.02	0.06
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	19.43	19.41	19.12
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	0.25	0.14	0.21
<i>MgO</i>	0.02	0	0.03
<i>CaO</i>	0.19	0.26	0.73
<i>BaO</i>	0.02	0	0
<i>Na<sub>2</sub>O</i>	11.64	11.51	11.41
<i>K<sub>2</sub>O</i>	0.18	0.06	0.19
<i>Total</i>	99.25	99.85	98.8
<i>Si</i>	2.97	2.98	2.97
<i>Ti</i>	0	0.001	0.002
<i>Al</i>	1.011	1.012	1
<i>Fe<sup>3+</sup></i>	0.008	0.005	0.007
<i>Mg</i>	0.001	0	0.002
<i>Ca</i>	0.009	0.012	0.035
<i>Ba</i>	0	0	0
<i>Na</i>	0.995	0.987	0.982
<i>K</i>	0.01	0.004	0.011
<i>Sum</i>	5.014	5.003	5.015
<i>Ab%</i>	98.11	98.43	95.59
<i>An%</i>	0.87	1.22	3.38
<i>Or%</i>	0.98	0.35	1.03
<i>Cel%</i>	0.04	0	0.01



شکل ۸: الیوین ایدنگسیتی و کلریتی شده

حضور فنوکریست های شکل دار الیوین بدون حاشیه واکنشی از ویژگی های بازالت های آلکالن است. ایدنگزیت محصول معمول و فراگیر آلتراسیون ماقمای دما بالا می باشد (Shelly 1993) بنابراین الیوین هایی که از نظر آهن (فایالیت) غنی شدگی بیشتری نشان می دهند، اغلب به ایدنگزیت تبدیل می شوند. شدت ایدنگسیتی شدن گاهی به حدی است که دراکترموارد فقط قالب کانی اولیه باقی مانده است. فنوکریست های پیروکسن به صورت منشورهای کوتاه، شکل دار تا نیمه شکل به رنگ سبز روشن مایل به زرد مشاهده می شود. در تعدادی از فنوکریست های کلینوپیروکسن تا حدی اورالیتیزاسیون مشاهده می شود و آمفیبول سبز به همراه کلریت و اپیدوت محصول

### مینرال شیمی کلینوپیروکسن:

بسیاری از بازالت های هوازده و متامورف شده حاوی کریستال های کلینوپیروکسن تازه و هوائزده می باشند که در زمینه آلتره شده سنگ قرار گرفته اند. ترکیب پیروکسن در سنگهایی که متامورفیسم درجه پایین را تحمل کرده اند چندان تغییر نمی کند و بدین جهت از شیمی

### این نوع دگرسانی می باشد پتروگرافی مجموعه دگرگونی و رسوبی:

با نفوذ توده نفوذی گرانیتیوئیدی قهروند به داخل ولکانیک های مورد مطالعه در منطقه ابیانه، دگرگونی مجاورتی با کن tactی غیر واضح در سنگهای همیر رخ داده است. این همیری باعث به وجود آمدن مجموعه ای از کانی های دگرگونی شده است. این متاولکانیک ها با رنگ های سیاه تا خاکستری همراه با لکه هایی از کردیریت در شمال روستای جوینان رخمنون دارند. بافت های مشاهده شده شامل گرانوبلاستیک، پورفیروبلاستیک و گزنوبلاستیک هستند و مجموعه کانی هایی همچون کلینوپیروکسن، کوارتز، کردیریت، بیوتیت و مسکویت، آمفیبول و تورمالین در آنها قابل رویت می باشند. ترکیب شیمیایی و کانی شناسی رسوبات آواری، به ویژه ماسه سنگ ها به منشا و موقعیت تکتونیکی آنها بستگی دارد. براساس نوع دانه های آواری و همچنین عناصر اصلی و فرعی آنها می توان رسوبات آواری قدیمی را به محیط های تکتونیکی خاصی نسبت داد برای مثال ماسه سنگ های کراتونیکی به دلیل حمل و نقل مکرر در آبهای کم عمق و پرانرژی از کوارتز و چرت غنی هستند. همچنین حاوی کانی های آواری مانند زیرکن، گارنت، تورمالین و روتیل می باشند که مشخصه یک محیط آرام و ثابت تکتونیکی است. ماسه سنگ های حواشی و اگرای قاره ای تاحدودی کوارتز و چرت کمتری داشته و حدود ۳۰ تا ۲۰ درصد ذرات لیتیک دگرگونی و یا رسوبی دارند. ماسه سنگ های حاشیه های قاره ای همگرا حاوی قطعات ولکانیکی همراه با فلدسپات (پلازیوکلازا با ترکیب  $AN > 30\%$ ) می باشند و نهایتاً ماسه سنگ های نواحی ریفتی درون قاره ای از فلدسپات (عدمتأ - K - فلدسپات) نسبتاً غنی می باشند زیرا در این محیط ها گرانیت هایی که برانتریوهای کششی به وجود می آیند رخمنون دارند (Blatt 1982). میزان کوارتز در تعدادی از مقاطع مورد مطالعه به بیش از ۹۰ درصد می رسد (عدمتأ کوارتز آرناتیت) و سیمان بین ذرات شامل اکسید آهن و کربنات می باشد. در این مقاطع همچنین فلدسپات های پتاسیک سریسیتی شده به چشم می خورد که مشخصه ماسه سنگ های مربوط به نواحی ریفتی درون قاره ای می باشد (شکل ۹). کانی شناسی رسوبات آواری مورد مطالعه ، حضور افق های ولکانیکی و همچنین همراهی و میان لایه بودن این ولکانیت ها با رسوبات مذکور همگی نشان از محیط ریفتی و وجود حرکات ضربانی کششی فشارشی می باشد

برای به دست آوردن فرمول شیمیایی پیروکسن آنالیز شده، محاسبات باید بر اساس شش اتم اکسیژن و تفکیک  $\text{Fe}^{2+}$  و  $\text{Fe}^{3+}$  به این ترتیب انجام گیرد:

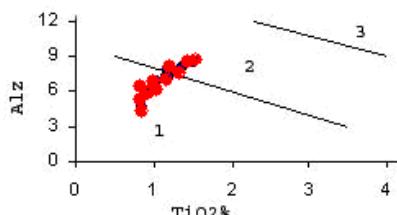
-۱ مقدار T به ۲ رسانده می شود، ابتدا  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  و  $\text{Al}^{3+}$  بالاخره  $\text{Fe}^{3+}$  جایگزین می گردد.

-۲ مجموع  $M_1$  را به ۱ رسانده، کل  $\text{Al}^{3+}$  و  $\text{Fe}^{3+}$  اضافه آمده از  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{V}^{3+}$ ,  $\text{Zr}^{4+}$  مرحله قبل را به آن اضافه کرده. سپس  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sc}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  و بالاخره  $\text{Mn}^{2+}$  را اضافه می کنیم.

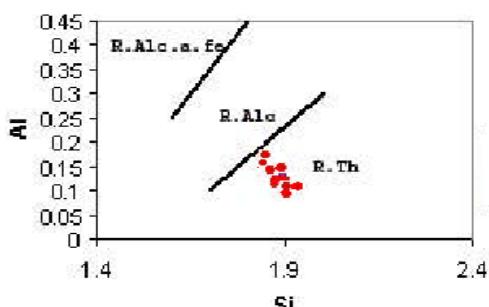
-۳ به موقعیت  $M_2$  کل  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  اضافه آمده از محل  $M_1$  را افروزه، سپس مقادیر  $\text{Li}^{1+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$  را اضافه کرده تا مقدار آن به ۱ برسد.

با این روش فرمول کلی پیروکسن آنالیز شده به این صورت است:  
 $(\text{Ca}_{0.84}, \text{Na}_{0.018}, \text{Fe}^{2+}_{0.11}, \text{Mn}_{0.04}) (\text{Al}_{0.018}, \text{Fe}^{3+}_{0.08}, \text{Mg}_{0.9}, \text{Ti}_{0.03}) (\text{Si}_{1.87}, \text{Al}_{0.13}, \text{O}_6)$

جهت شناسایی سرنشیت ماغمای مولد، ترکیب شیمیایی پیروکسن ها در نمودارهای  $\text{Al}_z\text{TiO}_2$  و  $\text{Al}_z\text{SiO}_2$  (Le Bas 1962) ترسیم گردیدند. در دیاگرام  $\text{Al}_z\text{TiO}_2$  نمونه های مورد مطالعه در محدوده ساب آلکالان(شکل ۱۱) و در نمودار  $\text{Al}/\text{Si}$  این نمونه ها در محدوده تولئیتی ترسیم می گردند(شکل ۱۲).



شکل ۱۱: تغییرات  $\text{Al}/\text{TiO}_2$  برای کلینوپیروکسن های منطقه مورد مطالعه ۱: Subalkaline (Tholeiitic or  $\text{Al}_z=100\text{Al}^{IV.z}$ ,  $z=2$ ). (Le Bas 1962) .Calcalcaline), 2: Alkaline, 3: Per alkaline



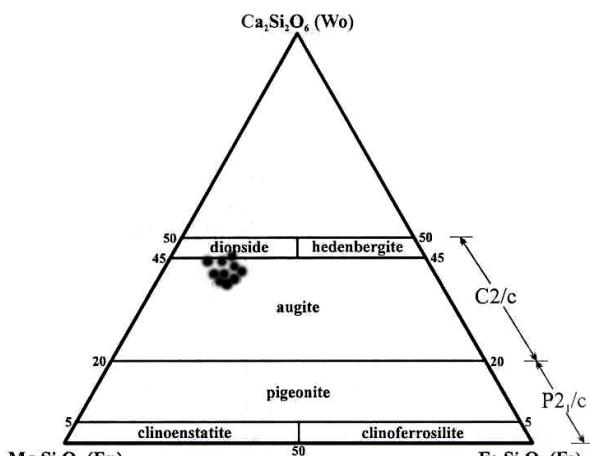
شکل ۱۲: تغییرات  $\text{Al}/\text{Si}$  برای کلینوپیروکسن های مورد مطالعه. feldspathoid ( $\text{Alc.Fe}$ ), Th: Tholeiite, A: Alkaline (LeBas 1962)

ترکیب کلینوپیروکسن ها، بر اساس شیمی گذاره میربان آنها تغییر می کند. این امر خاصه در مورد فتوکریستهای کلینوپیروکسن، صادق بوده و ترکیب آنها تفاوت های شیمیایی انواع مختلف ماغمای بازالتی را

پیروکسن می توان جهت شناسایی محیط پالئوتکتونیکی ماغمای خروجی و تشخیص نوع ماغمای مادر بهره برد (Nisbet 1977). بر این اساس و به منظور تعیین فرمول دقیق ساختمانی و ترکیب شیمیایی این کانی، نمونه هایی از آن مورد آنالیز مایکروپروب قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ آمده است. ترکیب پیروکسن مورد مطالعه اوزیت می باشد که به شرح زیر محاسبه و در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۲: نتایج آنالیز مایکروپروب چند درشت بلور کلینوپیروکسن درولکانیک های منطقه ابیانه - سه.

elements	Px-1	px-2	px-3	px-4	px-5	px-6	px-7
$\text{SiO}_2$	49.46	49.61	49.33	49.74	52.53	49.58	48.06
$\text{TiO}_2$	1.35	1.17	1.19	1.05	0.66	1.33	1.48
$\text{Al}_2\text{O}_3$	3.88	3.63	3.56	3.3	1.83	4.13	4.36
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2.95	2.95	3.96	3.14	0	1.53	3.55
$\text{FeO}$	4.11	3.73	2.9	3.01	5.82	7.85	8.25
$\text{MnO}$	0.11	0.14	0.12	0.1	0.14	0.13	0.16
$\text{MgO}$	15.54	15.65	15.76	16.26	16.93	14.21	13.91
$\text{CaO}$	21.33	21.31	21.57	21.14	20.46	21.18	21.4
$\text{Na}_2\text{O}$	0.24	0.27	0.28	0.27	0.21	0.3	0.3
$\text{K}_2\text{O}$	0	0	0	0	0	0.01	0
$Tot$	98.97	98.49	98.68	98	98.58	98.73	98.28
$\text{Si}$	1.84	1.85	1.83	1.863	1.95	1.861	1.821
$\text{Ti}$	0.038	0.033	0.033	0.03	0.019	0.038	0.042
$\text{Al}^{IV}$	0.156	0.145	0.157	0.137	0.05	0.139	0.179
$\text{Al}^{II}$	0.015	0.015	0	0.009	0.03	0.043	0.016
$\text{Fe}^{3+}$	0.083	0.083	0.111	0.088	0	0.043	0.16
$\text{Fe}^{2+}$	0.128	0.117	0.091	0.094	0.181	0.203	0.16
$\text{Mn}$	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004
$\text{Mg}$	0.864	0.874	0.877	0.908	0.937	0.795	0.785
$\text{Ca}$	0.852	0.854	0.863	0.858	0.814	0.855	0.869
$\text{Na}$	0.017	0.019	0.021	0.02	0.015	0.022	0.022
$Tot$	4	4	4	4	3.99	4	4



شکل ۱۰: دیاگرام مثلثی  $\text{CaSi}_2\text{O}_6\text{-MgSi}_2\text{O}_6\text{-Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$  (Morimoto 1988)

فرمول عمومی پیروکسن ها  $\text{M}_2\text{M}_1\text{T}_2\text{O}_6$  می باشد.  $\text{M}_2$  مربوط به کاتیونهایی در کورдинاسیون کج شده اکتاہدرال،  $\text{M}_1$  مربوط به کاتیونهایی در کورдинاسیون منظم اکتاہدرال و  $\text{T}$  مربوط به کاتیونهایی در کورдинاسیون تترادهدرال می باشند.

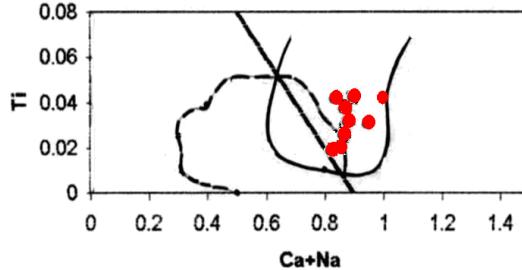
جدول ۳: نتایج آنالیز شیمیایی XRF تعدادی از نمونه‌های مورد مطالعه (بر حسب درصد وزنی).

WT%	S-Ta-B	S-Ta-17	S-Ta-8	S-Ta-13	S-Ta-10	S-Ta-14	S-Ta-16
<i>SiO<sub>2</sub></i>	42.06	52.91	47.75	49.9	53.02	51.2	50.39
<i>TiO<sub>2</sub></i>	2.297	2.479	2.727	3.504	2.538	2.763	2.458
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	14.99	17.64	17.66	17.1	17.37	15.82	16.27
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	15.13	10.98	15.03	15.25	11.19	12.23	12.05
<i>MnO</i>	0.056	0.158	0.097	0.153	0.079	0.121	0.202
<i>MgO</i>	6.69	5.81	6.38	5.74	4.6	4.27	5.38
<i>CaO</i>	11.08	3.77	4.41	3.43	3.22	4.4	5.47
<i>Na<sub>2</sub>O</i>	1.499	2.549	1.147	3.308	2.48	3.71	2.74
<i>K<sub>2</sub>O</i>	1.48	1.3	3.71	1.22	2.64	0.94	0.9
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	0.718	0.252	0.28	0.295	0.347	0.342	0.362
<i>LOI</i>	4	2.01	0.75	0.1	2.5	4.02	3.7
<i>Tot</i>	100	99.858	99.941	100	99.984	99.816	99.922
<i>Cr</i>	50	67	80	61	44	23	19
<i>Ni</i>	14	19	51	39	41	29	28
<i>Co</i>	18	45	42	41	37	32	36
<i>V</i>	58	197	282	246	291	332	230
<i>Cu</i>	10	16	12	16	2	2	1
<i>Pb</i>	11	13	19	14	8	6	4
<i>Zn</i>	127	283	234	261	203	214	275
<i>S</i>	379	456	164	357	19	15	15
<i>Rb</i>	38	27	57	26	41	20	17
<i>Ba</i>	127	193	421	200	306	181	131
<i>Sr</i>	157	186	109	186	105	178	148
<i>Ga</i>	12	11	23	14	-	-	-
<i>Nb</i>	33	38	18	20	25	25	37
<i>Hf</i>	8	9	14	20	-	-	-
<i>Zr</i>	509	315	255	245	197	194	252
<i>Y</i>	87	56	34	28	19	16	21
<i>U</i>	5	9	2	7	1	1	2
<i>La</i>	28	39	29	36	-	-	-
<i>Ce</i>	34	26	28	19	45	16	34

### ادامه جدول ۳

WT%	S-TA-18	S-TA-25	TA-F	F8	FI2	G9	GII
<i>SiO<sub>2</sub></i>	59.49	55.27	52.37	52.9	61.19	53.67	53.77
<i>TiO<sub>2</sub></i>	2.805	3.063	2.681	2.753	2.553	3.229	2.223
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	16.81	14.89	17.11	17.01	13.8	15.14	15.01
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	11.62	11.89	13.68	12.72	8.82	10.66	13.76
<i>MnO</i>	0.04	0.123	0.08	0.021	0.01	0.263	0.223
<i>MgO</i>	1.43	1.79	4.03	3.21	1.64	6.32	6.43
<i>CaO</i>	1.89	5.72	4.08	1.33	1.38	2.36	2.82
<i>Na<sub>2</sub>O</i>	3.08	2.85	3.53	3.4	4.59	2.95	2.81
<i>K<sub>2</sub>O</i>	2.32	1.41	1.86	1.04	0.19	0.17	0.48
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	0.45	1.25	0.351	0.626	0.597	0.786	0.272
<i>LOI</i>	0.05	1.74	0.20	4.90	5.03	4.30	2.20
<i>Tot</i>	99.98	100.00	99.97	99.91	99.80	99.85	100.00
<i>Cr</i>	3	1	28	1	4	17	68
<i>Ni</i>	1	2	29	35	1	18	37
<i>Co</i>	12	19	33	50	26	27	40
<i>V</i>	292	265	328	278	226	310	283
<i>Cu</i>	1	1	2	1	3	4	3
<i>Pb</i>	8	8	11	2	8	6	8
<i>Zn</i>	75	110	132	36	29	205	230
<i>W</i>	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<i>S</i>	12	11	16	14	10	10	13
<i>Rb</i>	39	27	29	21	10	9	13
<i>Ba</i>	298	254	226	159	169	189	361
<i>Sr</i>	98	145	113	280	304	107	153
<i>Ga</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nb</i>	34	35	28	43	41	59	28
<i>Hf</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zr</i>	236	272	194	303	340	417	214
<i>Y</i>	17	23	16	19	18	25	16
<i>U</i>	5	1	3	5	4	5	2
<i>La</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ce</i>	74	164	76	28	17	23	55

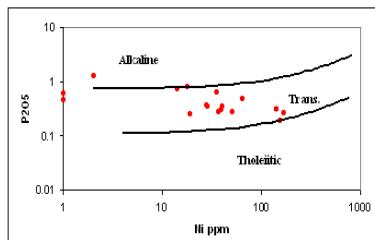
به صورتی خیلی دقیق تر از ترکیب زمینه منعکس می کند. این ویژگی به عنوان مشخصه ای برای بازالت‌های جایگاههای مختلف تکتونیکی به کار رفته و در مورد بازالت‌های دگرسان شده که هسته فنوکریستهای کلینو پیروکسن آنها از نظر شیمیایی ممکن است مصنون از تغییر بماند، کاربرد بهتری دارد. در دیاگرام Ti در مقابله Ca+Na (تریرو) مطالعه به طرف میدان الکالن متمایل شده اند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: دیاگرام Ca+Na/Ti و پلات پیروکسن‌های مورد مطالعه در آن (تریرو همکاران، ۱۹۸۲، Alc: بازالت‌های آلکالن جزایر اقیانوسی و قاره ای (Th: توئلیت‌ها و بازالت‌های کالک آلکالن)

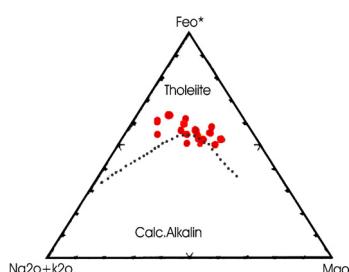
### ژئوشیمی:

مطالعه‌ی ولکانیکها به لحاظ ترکیب شیمیایی محدود آنها که غالباً به عنوان ماقمای اولیه منجمد شده یا ماقمای اولیه کمی تغییریافته که تحت فرایندهای نسبتاً ساده ای درگوشه‌های فوقانی به وجود آمده اند، از اهمیت زیادی برخوردار است. بر این اساس مطالعه‌ی این بازالت‌ها می‌تواند دریچه‌ای به منظور پی بردن به ترکیب شیمیایی و اوضاع فیزیکی حاکم برگوشه‌ای بگشاید. جهت نام گذاری و بررسی سنگ‌های گسترده‌ی مورد مطالعه چندین نمونه مورد آنالیز شیمیایی (ICP-XRF و MS) قرار گرفت که میانگین نتایج آنها در جدول ۳ آورده شده است. بر پایه داده‌های حاصل، میزان *TiO<sub>2</sub>* و *P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>* در نمونه‌های مورد مطالعه بالا می باشد که بیشتر با سری ماقمایی آلکالن مطابقت دارد. اکثر این نمونه‌ها در نمودار *SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O* (Cox et al. 1979) در قلمرو بازالت و بازالت آندزیتی ترسیم می‌گردند. دو نمونه هم به دلیل افزایش *SiO<sub>2</sub>* تحت تاثیر فرایندهای آلتراسیون به سمت آندزیت گرایش پیدا کرده‌اند (شکل ۱۴). همانطور که ملاحظه می‌گردد، نمونه‌های مورد بررسی در محدوده آلکالی بازالت و ساب آلکالی بازالت واقع شده اند. این سنگها بر اساس نمودار *Y/Nb* (Floyd & Winchester, 1977) به دلیل بالا بودن *MiZa* ن در محدوده بازالت آلکالن قرار می‌گیرند (شکل ۱۵) و در نمودار *TiO<sub>2</sub>-Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>* در محدوده درمحدوده توئلیتی با گرایش به سمت آلکالن قرار می‌گیرند (شکل ۱۶).



شکل ۱۸: نمودار  $\text{Ni}/\text{P}_2\text{O}_5$  و موقعیت نمونه های مورد بررسی در آن (Floyd & Winchester 1975).

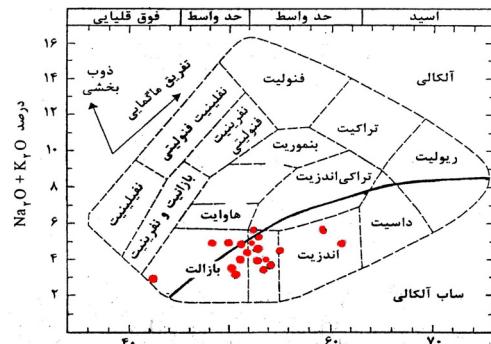
با استفاده از دیاگرام سه گوش AFM می توان انواع سری های ماگمایی را با استفاده از مقدار آهن موجود در آنها از یکدیگر تفکیک نمود. در مراحل اولیه و اصلی تفریق بازالت های تولئیتی، روند غنی شدگی از آهن دیده می شود ولی در مagmaهای کالکوآلکالن چنین روندی وجود ندارد. نمونه های پلات شده در شکل نشان می دهد که بازالت ها روند غنی شدگی از آهن نشان داده و تمایل تولئیتی از خود به نمایش می گذارند (شکل ۱۹). بر اساس نمودارهای هارکر (نشان داده نشده) می توان به تجزیه و تحلیل ویژگی های ژئوشیمیایی، ارتباط و روند تکاملی و لکانیک های مورد مطالعه پرداخت. اکثر نمونه های مورد مطالعه دارای ترکیب یکنواخت و بازالتی می باشند. با توجه به میزان پایین کروم، نیکل و اکسید منیزیوم در این نمونه ها از طرفی می توان گفت که این نمونه ها کم و بیش دچار تفرقی شده اند و از طرفی این احتمال وجود دارد که میزان این عناصر در منبع اولیه پایین بوده باشد.



شکل ۱۹: دیاگرام  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{FeO}-\text{MgO}$  AFM (A=  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  , F=  $\text{FeO}$  , M=  $\text{MgO}$ ) و موقعیت قرارگیری سنگهای آذرین منطقه ایانه - سه (Irvin & Baragar, 1971).

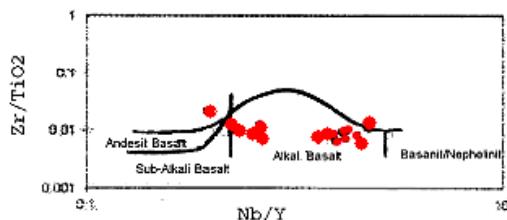
#### بررسی مسائل تکتونوماگمایی و خاستگاه بازالت ها:

همانگونه که ملاحظه گردید، سنگ های بازالتی گستره‌ی مورد بررسی در قلمرو ساب آلکالن (تولئیتی) با گرایش به سمت آلکالن قرار می گیرد. اکثر این سنگها از تیتان غنی هستند (با میانگین ۲,۶۷ درصد وزنی تیتان). بازالت های غنی از تیتان ( $\text{TiO}_2 > 2\%$ ) به سری آلکالن ریفت های قاره ای نسبت داده می شود. همچنین به دلیل فراوانی نسبی اکسیدهای آهن در نمونه ها واژه فربازالت را هم می توان برای این سنگها به کار برد. حضور فربازالت های سری تحولی و نیز غنی بودن

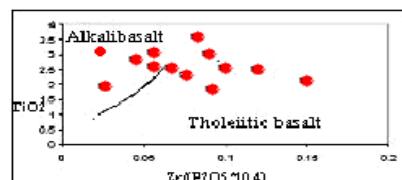


شکل ۱۴: نمودار نام گذاری سنگ های آتشفسانی و تفکیک سری سنگ های ساب آلکالن از سری آلکالن (Cox et al. 1979).

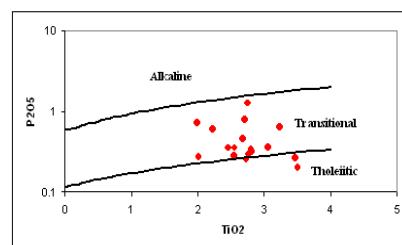
$\text{Zr}/\text{P}_2\text{O}_5$  (Winchester & Floyd 1976) دریافتند که مقدار نسبت  $\text{Zr}/\text{P}_2\text{O}_5$  می تواند به واسطه تحرک P در اثر دگرگسانی پیشرونده، تغییر یابد. این بدان معناست که این نمودار برای سنگهای شدیداً دگرگسان شده باید با احتیاط به کار رود. بر اساس نمودار  $\text{TiO}_2$  به  $\text{P}_2\text{O}_5$  (شکل ۱۷) و  $\text{P}_2\text{O}_5$  (شکل ۱۸) نمونه ها دارای طبیعت تحولی می باشند.



شکل ۱۵: دیاگرام  $\text{Zr}/\text{TiO}_2-\text{Nb}/\text{Y}$  (Floyd & Winchester 1977). اکثر نمونه های مورد مطالعه در میدان آلکالی بازالت واقع شده اند.

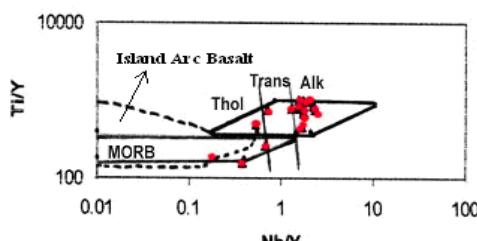


شکل ۱۶: نمودار متمازیز کننده بازالت ها بر اساس  $\text{TiO}_2-\text{Zr}/\text{P}_2\text{O}_5 \times 10^4$  (Floyd & Winchester, 1975). نمونه های مورد بررسی در میدان تولئیتی با گرایش به سمت آلکالی بازالت واقع شده اند.



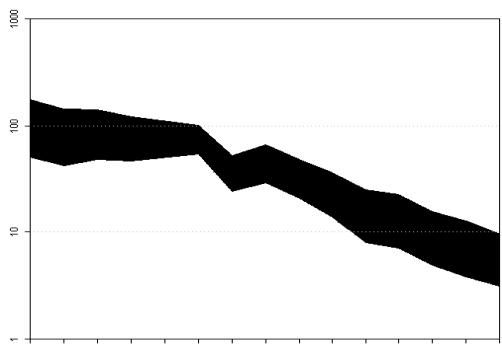
شکل ۱۷: نمودار  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$  و موقعیت قرارگیری نمونه های مورد نظر در آن (Floyd & Winchester 1975).

آلکالن فراهم می‌سازد. نمونه‌های مورد مطالعه عمدها در محدوده‌ی آلکالن قرار می‌گیرند (شکل ۲۲).

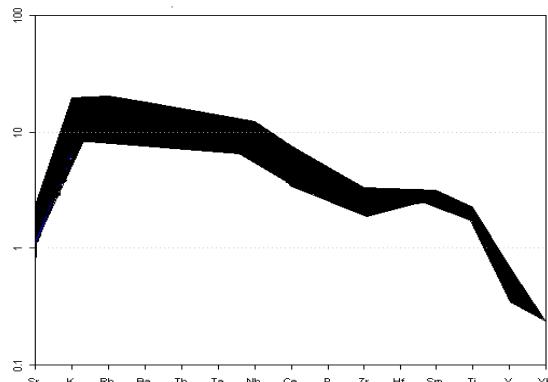


شکل ۲۲: نمودار متمایزکننده بازالت‌ها براساس  $\text{Ti}/\text{Y}$ - $\text{Nb}/\text{Y}$  که محدوده بازالت‌های درون صفحه‌ای، MORB و بازالت‌های قوس آتشفشاری (خطوط منقطع) را نشان می‌دهد (Pearce 1982).

بازالت‌های ریفت‌های قاره‌ای معمولاً دارای ترکیب آلکالی است و از نفلین بازالت‌های شدیداً تحت اشباع تا بازالت‌های تحولی اندکی آلکالن تغییر می‌کند. این تغییرات اتفاقی نبوده و به نظر می‌رسد که نتیجه تحول سیستم ریفت از نظر زمانی و مکانی باشد. گسترش تفریق در آلکالی بازالت‌ها که از اعماق بیشتری به سمت بالا صعود می‌کنند، نسبت به توئیت‌ها بیشتر است. بازالت‌های تحولی (انتقالی) در عمق متوسط بین الکالی بازالت‌ها و تولثیت‌ها تشکیل می‌شوند.



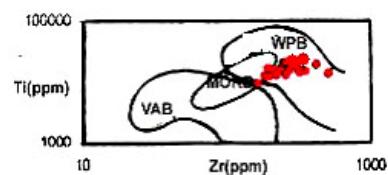
شکل ۲۳: دیاگرام عنکبوتی عناصر کمیاب و لکانیک‌های منطقه بر حسب کندریت (مقادیر نرمالیز شده از McDonough & Sun 1995).



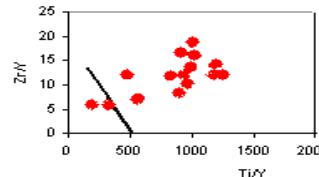
شکل ۲۴: دیاگرام عنکبوتی عناصر کمیاب و لکانیک‌های منطقه بر حسب مورب نرمالیز شده (مقادیر نرمالیز شده از Hoffman 1988).

نمونه‌ها از  $\text{TiO}_2$  و وقوع فازهای خشکی‌زائی همراه با ولکانیسم بازیک در پالئوزوئیک میانی و نیز تشکیل گربان‌های متعدد در ایران (Ganser 1955, Assereto 1963, Stockline 1968, Stockline 1977 آنست که در این زمان، در پلاکفرم ایران ریفت‌های قاره‌ای در حال تشکیل بوده است. بدین ترتیب سنگهای آتشفشاری بازیک تا متوسط در ناحیه رباط قره بیل، خاور سمنان، ازبک کوه و انارک (نبوی ۱۳۵۵) و همچنین جنوب کاشان (سده) تشکیل شده است. در مجموع ماهیت بازالتی این سنگها مشخص می‌شود و نیز بدون تردید این سنگها ماهیت آلکالن تا ساب آلکالن با گرایش بیشتری به سمت الکالن و در حقیقت خصوصیات سری تحولی را از خود نشان می‌دهند.

به منظور تعیین محیط تکتونوماگمایی این سنگها، نمودارهای  $\text{Ti}/\text{Y}$ - $\text{Zr}/\text{Y}$ - $\text{Ti}/\text{Y}$  (Pearce & Gale 1977)  $\text{Zr}/\text{Y}$ - $\text{Nb}/\text{Y}$  (Pearce 1982) مورد بهره قرار گرفت (شکل‌های ۲۰ تا ۲۲). بر اساس این نمودارها، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده‌ی بازالت‌های درون صفحه‌ای واقع می‌شوند. در نمودارهای  $\text{Ti}-\text{Zr}$  و  $\text{Zr}/\text{Y}$ - $\text{Ti}/\text{Y}$  که از غنای  $\text{Ti}$  و  $\text{Zr}$  به منظور تفکیک بازالت‌های درون صفحه‌ای از بازالت‌های سایر محیط‌های تکتونیکی استفاده می‌شود، نمونه‌های مورد تحقیق در میدان WPB واقع می‌شوند (شکل‌های ۲۱ و ۲۰).



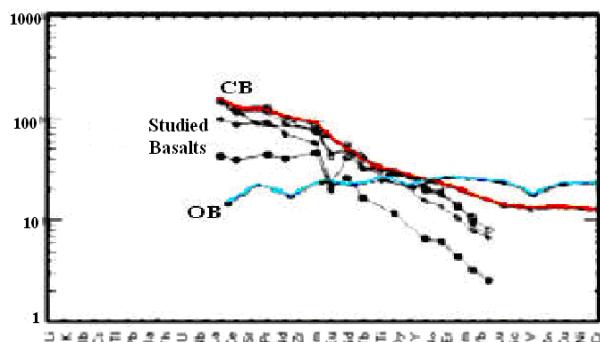
شکل ۲۰: نمودار تعیین موقعیت تکتونیکی بازالت‌ها براساس فراوانی  $\text{Ti}$  و  $\text{Zr}$  (Pearce 1982).



شکل ۲۱: نمودار متمایزکننده بازالت‌ها براساس  $\text{Zr}/\text{Y}$ - $\text{Ti}/\text{Y}$  که محدوده‌های بازالت‌های درون صفحه‌ای و بازالت‌های حاشیه صفحه‌ای (یعنی سایر انواع بازالت‌ها) را از هم جدا می‌کند (Pearce & Gale 1977).

میزان بالای  $\text{Zr}/\text{Y}$  و نیز نسبت بالای  $\text{Y}$  (Pearce & Gale 1977) بیانگر یک محیط درون صفحه‌ای برای ولکانیک‌های مورد بررسی می‌باشد (Murphy 1987). بازالت‌های درون صفحه‌ای دارای  $\text{Y}/\text{Zr}$  بالاتری از سایر انواع بازالت‌ها هستند و این تفاوت‌ها احتمالاً منعکس کننده یک منشأ گوشته‌ای غنی شده نسبت به منشأ MORB و بازالت‌های قوس آتشفشاری است. تفاوت نسبت  $\text{Nb}/\text{Y}$  امکان تقسیم بندي بازالت‌های داخل صفحه‌ای را به انواع تولثیتی، حدواست و

الگوهای REE در همه نمونه‌ها نشانه وجود یک خاستگاه مشترک برای همه ولکانیک‌ها مورد مطالعه می‌باشد. در شکل ۲۶ الگوی عنکبوتی نمونه بازالت‌های مناطق مورد بررسی با الگوی نمودارهای عنکبوتی بازالت‌های قاره‌ای و اقیانوسی مقایسه شده که همخوانی بیشتر الگوی نمودار بازالت‌های گستره ایران مرکزی با الگوی نمودار بازالت‌های قاره‌ای قابل توجه است و می‌تواند به منشاء قاره‌ای ولکانیک‌ها مورد مطالعه اشاره داشته باشد.



شکل ۲۶: مقایسه بین روند عناصر کمیاب در نمونه‌ها مورد مطالعه با بازالت‌های قاره‌ای واقیانوسی. C.F: continental basalt و O.B: oceanic basalt.

#### نتیجه گیری:

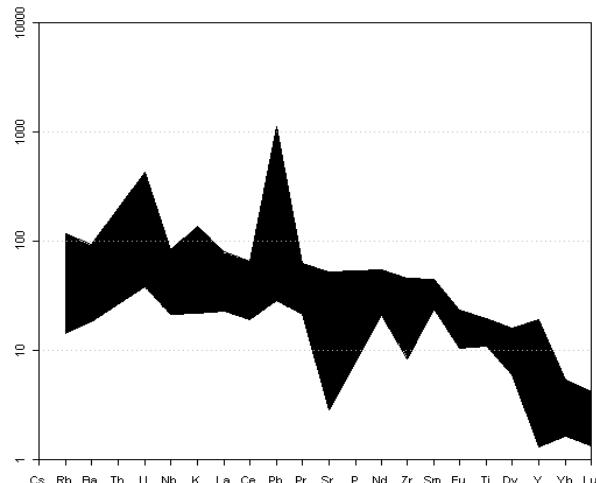
سنگ‌های آتشفسناني پالئوزوئيک زيرين در منطقه ابيانه که در گستره ايران مرکزی واقع شده مورد بررسی پترولوي و ژئوشيمی قرار گرفت که نتایج حاصل به شرح زير است:

۱- مطالعات پتروگرافی - پترولوي نشان می‌دهد که سنگ‌های مورد تحقيق کاملاً یکنواخت و غالباً از نوع بازالت می‌باشند.

۲- اگرچه تجزيه و اسپيليتی شدن سنگ‌ها (متاسوماتیسم رخ داده توسيط آب دریا) موقعیت تکتونیکی، نام گذاري و طبیعت ماگما می‌مولد را دچار ابهام نموده با این حال مطالعات میکروسکوپی دقیق نشان می‌دهد که بازالت‌های مورد بررسی اکثراً بافت پورفیری و میکروولیتیک پورفیری دارند. فنوکربیست‌های این بازالت‌ها از نوع پلازیوکلاز، الیوین و گاهی پیروکسن است و اجزای عمدی زمینه این سنگ‌ها را سوزن‌های پلازیوکلاز و کانی‌های اپاک تشکیل می‌دهد.

۳- ترکيب شیمیابی نمونه‌های مورد مطالعه حاکی از غنی بودن اکثر نمونه‌ها از تیتان می‌باشد (با میانگین ۲,۶۷ درصد وزنی) در همین رابطه بازالت‌های غنی از تیتان ( $TiO_2 > 2\%$ ) را به سری آلکالن ریفت‌های قاره‌ای نسبت می‌دهند. به طور کلی غنای این بازالت‌ها از نظر تیتان، گسترش و ضخامت قابل توجه این سنگ‌ها و تناوب افق‌های ولکانیکی با ماسه سنگ‌ها رسوبات کربناته، نشانه ارتباط آنها به یک رژیم زمین ساختی کششی از نوع ریفت درون قاره‌ای می‌باشد.

۴- فراوانی نسبی اکسیدهای آهن در نمونه‌ها و بررسی سنگ‌شناسی



شکل ۲۵: دیاگرام عنکبوتی عناصر کمیاب ولکانیک‌های منطقه نرمالیز شده بر حسب (Medonough & Sun 1995). (مقادیر نرمالیز از Primary mantle).

همانگونه که ملاحظه می‌شود الگوی REE‌ها در این سنگ‌ها شکل یکنواخت داشته و لذا شبیه به الگوی REE متعلق به بازالت‌های آلکالن مربوط به شکاف‌های قاره‌ای می‌باشد مقادیر REE بهنجار شده بر حسب کندrit، مورب و گوشته اولیه حاکی از غنی شدگی LREE نسبت به HREE می‌باشد. کاهش دراین بازالت‌ها با منشاء گارنت لرزولیتی (گارنت بر جا مانده و سایر اجزاء ذوب شده) سازگار است. از آنجایی که یکی از شرایط لازم برای تشکیل گارنت عمق مناسب است، لذا ماگمای اولیه سنگ‌هایی که میزان عناصر کمیاب سبک آنها در مقایسه با عناصر کمیاب سنگ‌نی غنی شدگی نشان می‌دهد، از اعمق منشأ می‌گیرد که متحمل درجه نسبتاً کم ذوب بخشی شده و کانی گارنت به صورت فاز باقی مانده در سنگ اولیه به جا مانده است. واکنش مذاب با پوسته قاره‌ای می‌تواند از دیگر دلایل غنی شدگی عناصر فوق العاده ناسازگار (یا HREE<LREE) باشد (Wilson, 1989). در این نمودارها آنومالی نسبتاً منفی Eu مشاهده می‌شود. آنومالی‌های Eu اغلب توسيط فلدسپات‌ها (به ویژه در ماگمای فلسیک) کنترل می‌شود. آنومالی منفی Eu می‌تواند ناشی از دگرسانی و آلبیتی شدن پلازیوکلازها باشد زیرا Eu تمایل زیادی به جانشینی کلسیم پلازیوکلازها دارد. در ولکانیک‌های منطقه مذکور غنی شدگی LREE، نسبت بالای La/Sm (3-5) و نسبت متوسط La/Yb (6-11) با ماهیت تحولی این سنگ‌ها سازگار است. با توجه به این نکته که هرمحصول ماگمایی مشتق شده از یک منشا گوشته ای تهی شده، بدون هیچ آلودگی پوسته ای باید یک الگوی عناصر ناسازگار مسطح از خود نشان دهد (کریم زاده ثمرین، ۱۳۸۱)، غنی شدگی در عناصر ناسازگار و عناصر همچون Ba, K و Rb در نمونه‌های مورد مطالعه احتمالاً درنتیجه آلودگی مذاب با پوسته قاره‌ای است که این ماگما درگذر صعود به سطوح بالای پوسته چهار این حادثه شده است. تشابه

LREE و K و Rb می‌تواند تا حدودی نتیجه‌ی آلوگی مذاب با پوسته قاره‌ای باشد که ماقما در گذر صعود به سطح بالای پوسته دچار این حادثه شده است.

۷- با توجه به نمودارهای عنکبوتی و شباهت روندها و آنومالی‌ها، ولکانیکها همگی دارای یک خاستگاه و منشا هستند.

۸- بر پایه مطالعات میکروسکوپی و ژئوشیمی عناصر اصلی و کمیاب، ماقماتیسم منطقه، طبیعت ساب آلکالن متتمایل به آلکالن (تحولی) از خود نشان می‌دهد. چنین رهیافتی همراه با سایر ویژگی‌های شیمیایی و سنگ شناسی، وابستگی آنها را به یک رژیم زمین ساختی کششی آشکار می‌سازد.

حاکی از وجود یک فاز کانه زایی آهن در مراحل نهایی انجماد ماقما است. در نتیجه برای این نمونه‌ها می‌توان واژه فربازالت را به کار برد.

۵- نمونه‌های مورد مطالعه بر اساس الگوهای عناصر کمیاب غیر منحرک، با درنظر گرفتن شکل‌های عناصر کمیاب، غنی شدگی نمونه‌ها از آهن و همچنین با توجه به ترکیب شیمیایی کلینوپیروسن‌ها، خاصیت تولئیتی از خودنشان می‌دهند. در مجموع کاربرد نمودارهای تعیین سری ماقماتیک نشان می‌دهد که این سنگها ماهیت ساب آلکالن تا آلکالن و در حقیقت ویژگی‌های سری تحولی را از خود نشان می‌دهند.

۶- کاهش HREE در قیاس با LREE‌ها در این سنگها با منشاء گارنت لرزولیتی سازگار است و از طرفی غنی شدگی در عناصری همچون

#### منابع:

- آیتی ف., خلیلی م., نقره ئیان م. سینایی ۱. ۱۳۸۳: پترولوزی و ژئوشیمی سنگ‌های آتشفشنای پالئوزوئیک زیرین (سیلورین) در دره ابیانه (کاشان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان. ۱۸۰ صفحه.
- کریم زاده ثمرین ع. ۱۳۸۱: کاربرد داده‌های ژئوشیمیایی. انتشارات دانشگاه تبریز. ۵۵۷ صفحه.
- Zahedi M. ۱۳۵۱: بررسی زمین‌شناسی ناحیه سه، جنوب کاشان. گزارش شماره ۲۷ سازمان زمین‌شناسی کشور. ۱۹۷ صفحه.
- Zahedi M. ۱۳۵۱: نقشه زمین‌شناسی چهارگوش سه، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰. چاپ سازمان زمین‌شناسی کشور.
- معین وزیری ح. ۱۳۷۵: دیباچه‌ای بر ماقماتیسم در ایران. انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران. ۴۴۰ صفحه.
- نبوی م.ح. ۱۳۵۵: دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور. ۱۰۹ صفحه.

Assereto, R., (1963) The Paleozoic formations in central Elbourzz(Iran). Preliminary note; Riv. Ital. Paleont. Stratigr.. **69**: 4, 505 - 543.

Blatt, H.,(1982) Sedimentary petrology, Freeman and Company, San Francisco, 564.

Cox, K. G., J. D. Bell, and Pankhurst,(1979), The interpretation of igneous rocks;London, Allen & Unwin, 450.

Floyd, P. A. and J. A.Winchester, (1975) Magma – type and tectonic setting discrimination using immobile elements. Earth Planet. Sci. Lett., **27**: 211-218.

Gansser, A.,(1955) New aspects of the Geology in central Iran (with discussion): World Petrol. Congr., 4th, Rome, Sc., **1**: 278- 300.

Irvin, T.N. and W.K.A. Baragar, (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth Sci., **8**: 523-548.

Kushiro, J.,(1960) Si-Al relation in clinopyroxene from igneous rocks. Amer. Jour. Sci.. **258**: 548-554.

McDonough, W. F. and Sun, S.,(1995) The composition of the Earth. Chem. Geol.. **120**: 223-254.

Morimoto, N., (1988) Nomenclature of pyroxene, Mineral mag. **52**: 535-550.

Nisbet, E. G. and Pearce, J. A.,(1977) Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings. Contrib. Mineral. Petrol.. **63**: 149-160.

Pearce, J. A. and G. H. Gale, (1977) Identification of ore- deposition environment from trace element geochemistry of associated igneous host rocks. Geol. Soc. Spec. Publ.. **7**: 14-24.

Pearce, J. A. and M. J. Norry,(1979) Petrogenetic implication of Ti, Zr,Y and Nb variation in volcanic rocks. Contrib. Mineral. Petrol.. **69**: 33-47.

Pearce, J. A., (1982) Trace element characteristics of lava from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R. S.(ed.), Andesites, Wiley, Chichester. 525-548.

Shelley, D.,(1993) Igneous and metamorphic rocks under the microscope. Chapman and Hall, 630.

Stocklin, J.,(1968) Structural history and tectonics of Iran: A review; Am. Assoc. Petrol. Geol. B. **52.7**: 1229-1258.

Stocklin, J.,(1977) Structural correlation of the Alpine ranges between Iran and Central Asia, Mem. Ser. Soc. Geol. France. **8**: 333- 353.

Tsuchiyama, A.,(1985) Dissolution Kinetics of plagioclase in the melt of the system diopside- albite – anorthite, and origin of

- dusty plagioclase in andesite, *Contrib. Mineral. Petrol.* **89**: 1-16.
- Washington, H. S., (1992), Decan Traps and other plateau basalts. *Geol. Soc. Am., Bull.* **33**: 765-804.
- Winchester J.A. Floyd P.A. 1977: Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chem. Geol.* **20**: 325-343.