

# سنگ‌نگاری، شیمی‌کانی‌ها و منشأ دایک‌های لامپروفیری روستای سراشک جنوب باختر راور - کرمان

آرمین بهرامپور<sup>۱</sup>، غلامرضا قدمی<sup>۲</sup>، حبیبه عطاپور<sup>۳</sup>، محمد پوستی<sup>۲</sup> و حمید احمدی پور<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

<sup>۲</sup>استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

<sup>۳</sup>استادیار، گروه مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

<sup>۴</sup>دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۰

## چکیده

در ۶۰ کیلومتری شمال خاور شهر کرمان و در مجاورت روستای سراشک راور، مجموعه‌ای از دایک‌های لامپروفیری در راستای گسل کوهبنان دیده می‌شوند که سازندهای رسوبی منطقه با سن کربنیفر تا کرتاسه را قطع کرده‌اند. این لامپروفیرها از نظر سنگ‌نگاری شامل ۲ گروه کامپوتیت و سانائیت هستند. کانی‌های الیون، کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و فلدسپار پتاسیم در هر ۲ دسته حضور دارند. داده‌های شیمی کانی نشان می‌دهد که الیون‌ها از نوع کریزولیت ( $Fo = 72.35-79.85$ )، کلینوپیروکسن‌ها از نوع اوژیت ( $Fs = 9.24-14.6$ ;  $En = 37.06-44.4$ ;  $Wo = 44.3-50.2$ ) و آمفیبول‌ها از نوع کرسوتیت ( $Na+K = 0.59$ ;  $0.95-Ca+Na = 2$ ;  $0.63$ ;  $0.76-Mg/(Mg+Fe_2) = 0.63$ ) هستند. بررسی‌های فشارسنجی و دماسنجی و نمودارهای محیط زمین‌ساختی کلینوپیروکسن‌ها موجود، نشان‌دهنده ماگمای مادر قلیایی است که در فشار ۱۱ تا ۱۵ کیلو بار و دمای ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد از آن متبلور شده‌اند. نتایج تجزیه شیمیایی سنگ کل نیز معرف ماگماهای قلیایی است که از یک گوشته لیئوسفری گارنت-اسپینل لرزولیتی متاسوماتیسم شده توسط گوشته عمیق آستوسفری منشأ گرفته و در یک محیط پس از برخورد جایگزین شده‌اند.

**کلیدواژه‌ها:** لامپروفیر، کامپوتیت، سانائیت، سراشک راور، کرمان.

\*نویسنده مسئول: غلامرضا قدمی

E-mail: ghadami@hormozgan.ac.ir

## ۱- پیش‌نوشتار

لامپروفیرها سنگ‌های آذرین استثنایی، کالک‌آلکانل، اولترابازیک و غیر اشباع از سیلیس هستند که معمولاً به صورت دایک و توده‌های نفوذی کوچک رخ می‌دهند و غنی از فنوکریست‌های کانی‌های تیره مانند آمفیبول، بیوتیت، پیروکسن، الیون در زمینه‌ای از فلدسپار هستند (Le Maitre et al., 2002). لامپروفیرهای جهان و ایران توسط افراد مختلف در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند. (Atanasova et al. (2004) دایک‌های لامپروفیری موجود در توده نفوذی ویتوشا را بررسی و آنها را از نوع کالک‌آلکانل و حاصل چندین مرحله تفریق و اختلاط ماگما در آسیانه ماگما معرفی کرد. (Srivastava and Rao (2007) دایک‌های لامپروفیری قلیایی جنگل والی کمر بند ماهاکوشال هند را بررسی و آنها را حاصل درصد پایین ذوب بخشی و متاسوماتیسم گوشته معرفی کرده‌اند. (Whitehead (2008) دایک‌های لامپروفیری ویلستون ورمونت را بررسی کرده و آنها را حاصل ذوب بخشی گوشته لیئوسفری مرتبط با فروانش دانسته است. (Abdel Karim and Kubovics (2008) لامپروفیرهای جنوب خاوری صحرای سینای مصر را به دو گروه اسپسارتیت و کامپوتیت تقسیم کردند و آنها را حاصل متاسوماتیسم گوشته دانسته‌اند که در محیط درون صفحه قاره‌ای جایگزین شده است.

(Ghorbani et al. (2002) لامپروفیرهای میلاکوه را در شمال ایران مطالعه کرده و آنها را در گروه لامپروفیر کالک‌آلکانل منشأ گرفته از گوشته غنی از مواد فرار دانسته‌اند که در محیط زمین‌ساختی آرام جایگیری کرده است. (Moayed et al. (2008) لامپروفیرهای جزیره اسلامی آذربایجان را در گروه لامپروفیرهای کالک‌آلکانل منشأ گرفته از گوشته گارنت لرزولیتی در نظر گرفته‌اند که در محیط پس از برخورد جایگزین شده‌اند. رحمانیان و همکاران (۱۳۹۱) دایک‌های لامپروفیری شمال باختر رفسنجان کرمان را لامپروفیرهای کالک‌آلکانل حاصل از گوه گوشته‌ای غنی شده، معین زاده و همکاران (۱۳۹۳) دایک‌های لامپروفیری روستای حور شمال خاور کرمان را لامپروفیرهای قلیایی حاصل از گوشته با ترکیب گارنت لرزولیتی و فصل‌نیا و کوزه کولانی (۱۳۹۱) لامپروفیرهای جنوب باختر سلماس را لامپروفیرهای

قلیایی حاصل از ذوب گوشته اسپینل لرزولیتی جایگزین شده در محیط پس از برخورد دانسته‌اند. آقازاده و بدرزاده (۱۳۹۳) لامپروفیرهای شمال باختر ایران را به دو گروه لامپروفیرهای قلیایی و کالک‌آلکانل تقسیم کرده‌اند که حاصل ذوب گوشته گارنت اسپینل لرزولیتی بوده و در محیط پس از برخورد جایگزین شده‌اند. در این تحقیق دایک‌های لامپروفیری منطقه سراشک راور در استان کرمان جهت رده‌بندی و تعیین منشأ و ژن با استفاده از مطالعات سنگ‌نگاری، ژئوشیمی کانی و سنگ کل بررسی می‌شوند.

## ۲- زمین‌شناسی منطقه

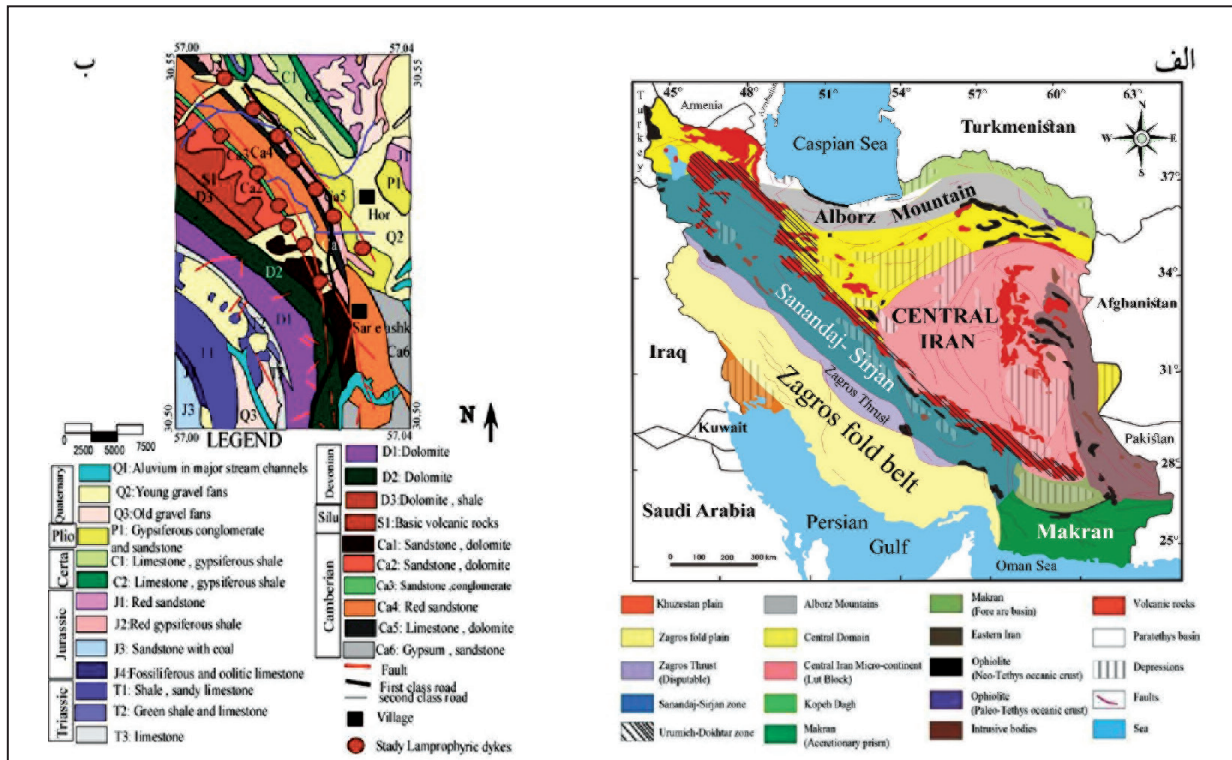
منطقه مورد مطالعه قسمتی از زون ساختاری ایران مرکزی است که در پلاتفرم پالئوزوییک-مزوزوییک استان کرمان واقع شده است (شکل ۱- الف). پلاتفرم پالئوزوییک-مزوزوییک در استان کرمان با روند عمومی شمال باختری- جنوب خاوری، با خطواره‌ای از زون گسلی بسیار بزرگ عمان-اورال قطع شده است. این خطواره، همان گسل نایبند است که کوهستان‌های خاوری این استان را در کنار فروافتادگی لوت قرار می‌دهد.

سازندهای محدوده مورد مطالعه که توسط لامپروفیرها قطع شده‌اند؛ از قدیم به جدید شامل سازند هم‌ارز سردر با سن کربنیفر شامل شیل و ماسه‌سنگ، سازند آهک دولومیتی جمال با سن پرمین، شیل‌های سیلتی تریاس پایینی (سرخ شیل)، آهک و دولومیت شتری و اسپهک تریاس میانی، شیل-سیلت-ماسه‌سنگ تریاس بالایی (نابیند)، سازند ماسه‌سنگی شمشک و آهک بادامو با سن ژوراسیک، شیل و ماسه‌سنگ هجدک با سن ژوراسیک و شیل و ماسه‌سنگ بیدو با سن اواخر ژوراسیک و اوایل کرتاسه هستند (شکل ۱- ب).

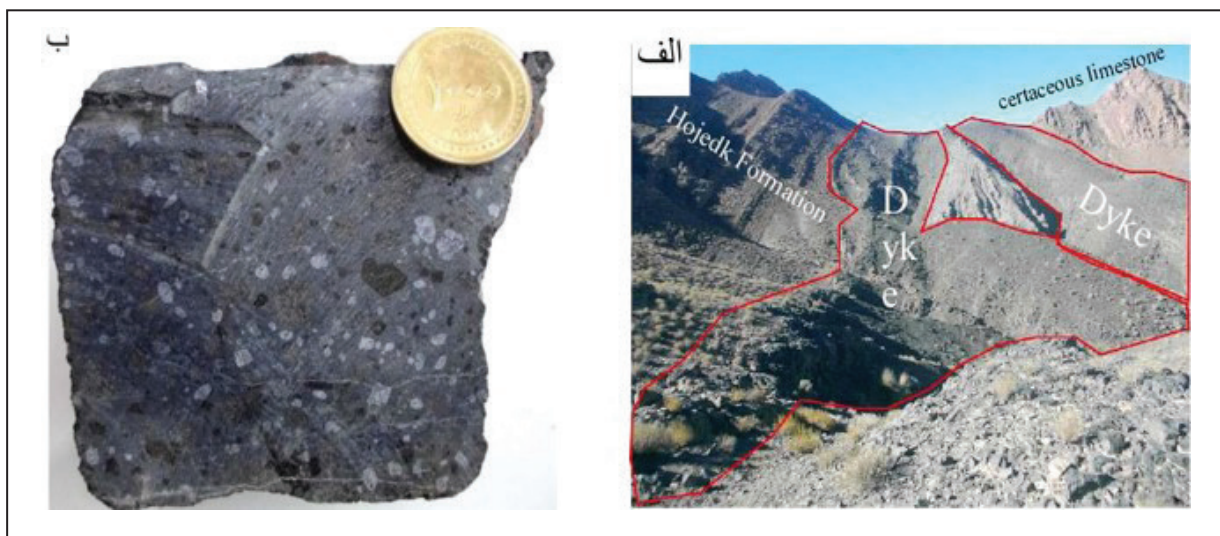
گسل اصلی منطقه سراشک راور گسل راست‌گرد کوهبنان با موقعیت جغرافیایی ۵۷° ۰۲' شرقی و ۳۰° ۵۰' شمالی است که لامپروفیرها در امتداد آن رخمون دارند و معبر نفوذ ماگمای لامپروفیری هستند؛ این گسل دارای روند شمال باختری- جنوب

فئوکریست‌های درشت‌بلور آمفیبول و پیروکسن در اندازه حداکثر ۲ سانتی‌متر در زمینه‌ای تیره رنگ هستند. در نمونه‌های مختلف اندازه بلورها متفاوت است و از نظر اندازه فئوکریست‌ها و زمینه به دو گروه پورفیری با فئوکریست‌های درشت در زمینه تیره و فئوکریست‌های متوسط‌بلور در زمینه ریزبلور و میکرولیتی قابل تقسیم هستند (شکل‌های ۲- الف و ب).

خاوری و انحای به سمت جنوب باختری است و در این منطقه شیبی تند حدود ۷۰ تا ۷۵ درجه به سمت شمال خاور- جنوب باختر دارد. دایک‌های لامپروفیری منطقه عموماً دارای روند شمال باختر- جنوب خاور هستند که با شیب حدود ۳۰ تا ۳۵ درجه در جهت جنوب باختر- شمال خاور در واحدهای رسوبی منطقه نفوذ کرده‌اند. دایک‌ها در نمونه دستی عموماً دارای ساخت پورفیری هستند که شامل



شکل ۱- الف) موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه ایران که با علامت ★ نمایش داده شده است (آقاباتی، ۱۳۸۳)؛ ب) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه برگرفته از نقشه زمین‌شناسی خرجند (با تغییرات از سهدی و حاج ملاعلی، ۱۳۷۰).



شکل ۲- الف) مجموعه دایک‌های لامپروفیری شمال روستای سراسک که واحدهای رسوبی سازند هجدک و آهک‌های کرتاسه را قطع کرده‌اند؛ ب) فئوکریست‌های کرسوتیت- تیتان اوژیت و قالب الیون‌های پر شده با منیزیت در لامپروفیر سراسک.

### ۳- روش انجام پژوهش

از تمامی آنها مقطع نازک تهیه شد. پس از مطالعه میکروسکوپی مقاطع، نمونه‌های غیر دگرسان جهت آنالیز ICP-OES، ICP-MS به شرکت زرآزما ماهان و

برای مطالعه لامپروفیرهای منطقه نمونه‌برداری به صورت نامنظم در امتداد گسل کوهبان صورت گرفت و ۱۰ دایک لامپروفیری با روند یکسان تشخیص داده و

#### ۴- سنگ نگاری

در محدوده مورد مطالعه کلیه دایک‌های لامپروفیری در راستای گسل کوهبنان با روند مشابه شمال باختر- جنوب خاور با شیب بین ۳۰ تا ۳۵ درجه در جهت شمال خاور- جنوب باختر واحدهای رسوبی منطقه را قطع کرده‌اند و هیچ ارتباط یا تداخلی نشان نمی‌دهند که بتوان به وسیله آن تقدم یا تأخر دایک‌های مختلف را مشخص کرد. از نظر سنگ‌نگاری لامپروفیرهای منطقه مورد مطالعه شامل ۲ گروه کامپوتیت و سانائیت هستند که سانائیت‌ها از نظر کانی‌شناسی به سه دسته قابل تقسیم هستند: (۱) الیون- اوژیت- تیتان اوژیت- آمفیبول- پلاژیوکلاز- پتاسیم‌فلدسپار؛ کامپوتیت؛ (۲) سانائیت‌ها شامل الف: الیون- اوژیت- تیتان اوژیت- هورنبلند قهوه‌ای- بیوتیت- پتاسیم‌فلدسپار< پلاژیوکلاز: سانائیت؛ ب: الیون- اوژیت- تیتان اوژیت- کرسوتیت بیوتیت- پتاسیم‌فلدسپار< پلاژیوکلاز: سانائیت؛ پ: الیون- اوژیت- تیتان اوژیت- بیوتیت- پتاسیم‌فلدسپار< پلاژیوکلاز: سانائیت. جدول ۱ پارائز لامپروفیرهای منطقه سراشک را نشان می‌دهد.

Lab West Minerals استرالیا ارسال شد. نمونه‌های مورد نظر برای آنالیز اکسیدهای اصلی به روش ذوب قلیایی آماده‌سازی شدند. سپس محلول نهایی با استفاده از دستگاه ICP-OES خوانشی و عیار اکسیدهای اصلی مشخص شد (ICP-OES 735 Variath Australia). عناصر REE بالنسبه دیرگداز هستند و نیاز به روش‌های استخراج قوی تری دارند. انحلال این عناصر با استفاده از روش آنالیز مولتی‌اسید و به کارگیر Microwave Digest انجام و سپس محلول نهایی با استفاده از دستگاه ICP-MS تجزیه شد (Agilent 4500 ICP-MS, Americas). نتایج حاصل با نمونه دستی و مقاطع نازک بررسی و همخوانی آنها تأیید شد. سپس ۲ مقطع نازک صیقلی از نمونه‌هایی که فنوکریست‌های غیر دگرسان الیون، آمفیبول و پیروکسن دارند در شرکت بلورین سنگ کرمان تهیه و برای آنالیز میکروپروب کانی‌های مذکور به مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران ارسال شد. آنالیز میکروپروب کانی‌ها توسط دستگاه Cameca SX100 EMPA ساخت فرانسه با شتاب ولتاژ ۱۵ kv، جریان الکترونی ۳۰ nA و قطر پرتو ۵ میکرومتر انجام گرفت.

جدول ۱- پارائز لامپروفیرهای منطقه سراشک (گروه ۱- \*-\*، گروه ۲- - - - -، گروه ۳- - -، گروه ۴- + + + + +).

کانی‌های دگرسانی (درصد حجمی)	زمینه (درصد حجمی)	بلورهای درشت (درصد حجمی)	کانی‌ها
		(۱۰) *-*-*-*-* (۱۵) + + + + + (۲۰) - - - - - (۱۵)	الیون
	(۱۰) *-*-*-*-* (۱۵) + + + + + (۱۰) - - - - - (۵)	(۱۵) *-*-*-*-* (۲۵) + + + + + (۲۰) - - - - - (۲۵)	کلینوپیکروکسن
	*-*-*-* (۵)	(۱۵) - - - - - (۱۵)	آمفیبول
	- - - - - (۵)	+ + + + + (۲۰) - - - - - (۱۵)	بیوتیت
	(۲۰) *-*-*-*-* (۱۰) + + + + + (۱۵) - - - - - (۱۰)		پلاژیوکلاز
	(۱۵) *-*-*-*-* (۲۰) + + + + + (۲۰) - - - - - (۱۵)		پتاسیم‌فلدسپار
(>۵) - - - - - (>۵) + + + + + (>۵)	(۵) *-*-*-* (۵) + + + + + (۵) - - - - - (۵)		کانی‌های اپاک
(۵) - - - - -			سپانتین
(۵) - - - - -			کلریت
(۵) - - - - - (>۵) + + + + +			منیزیت

فراوانی بیشتر پلاژیوکلاز نسبت به فلدسپارهای قلیایی در گروه کامپوتیت نام‌گذاری می‌شوند. این گروه دارای بافت پورفیری با زمینه اینتر گرانولار هستند (شکل ۳- ت).

#### ۴-۲. گروه دوم: حدفاصل روستای سراشک و روستای حور راور

این دایک‌ها دارای روند شمال باختر- جنوب خاور با ضخامت بین ۴۰ تا ۷۰ سانتی‌متر و شیب ۳۰ تا ۳۵ درجه به سمت شمال خاور- جنوب باختر هستند و از بیوتیت صفحه‌ای قهوه‌ای (۱۵٪) در اندازه ۲ تا ۳ میلی‌متر، پیروکسن‌های تیره (۱۰٪) نیمه‌شکل دار ۱ تا ۲ میلی‌متری، الیون (۱۰٪) دگرسان در اندازه ۱/۵ میلی‌متر، آمفیبول نیمه‌شکل دار (۱۰٪) در اندازه ۱ میلی‌متر در زمینه‌ای تیره رنگ با ساخت پورفیری تشکیل شده‌اند. در این دایک‌ها فنوکریست‌های الیون سپانتینی و کلریتی شده (۱۰٪) در اندازه حدود ۲ میلی‌متر، اوژیت و تیتان اوژیت (۱۵٪) نیمه‌شکل دار، هورنبلند قهوه‌ای (۱۵٪) نیمه‌شکل دار و بیوتیت بی‌شکل (۱۵٪)، دربردارنده‌هایی از پلاژیوکلاز و پتاسیم‌فلدسپار در زمینه‌ای از سوزن‌های پلاژیوکلاز (۱۰٪) و ریزبلورهای بی‌شکل ارتوز (۲۰٪)، کلینوپیکروکسن (۱۰٪) و کانی‌های اپیک (۵٪) دیده می‌شود. بافت

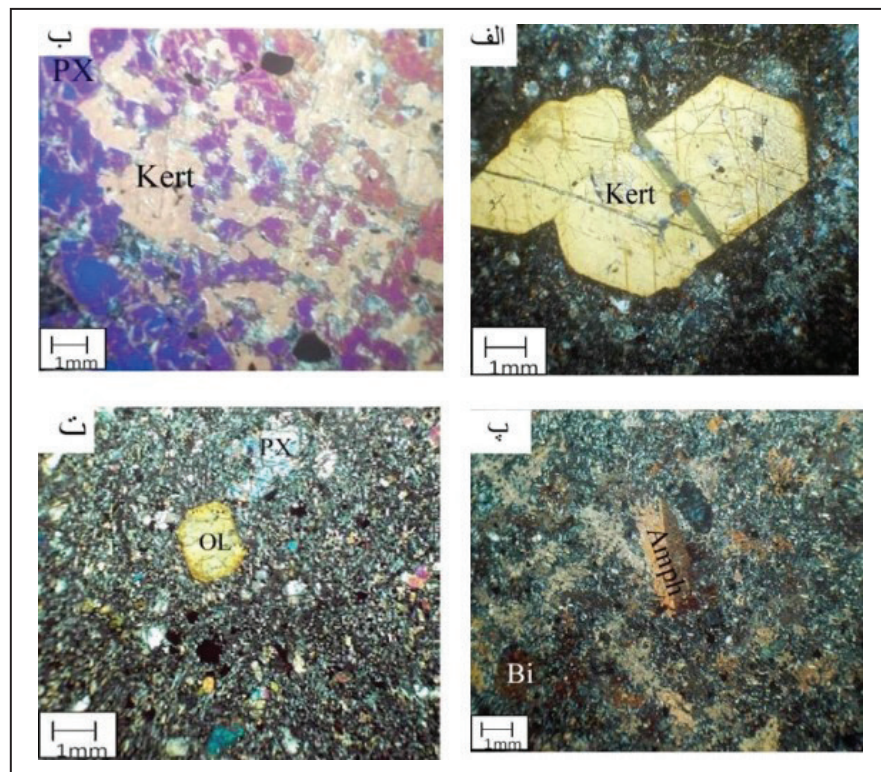
#### ۴-۱. گروه اول: منطقه سراشک تا کاروانسرای جاده کرمان- راور

دایک‌های لامپروفیری با ضخامت بین ۱ تا ۳ متر بیشترین رخنمون منطقه را تشکیل می‌دهند. روند غالب آنها شمال باختر- جنوب خاور با شیب ۳۰ درجه به سمت شمال خاور- جنوب باختر و رنگ ظاهری آنها خاکستری تا سیاه است. نمونه دستی دارای الیون (۱۰٪) نیمه‌شکل دار با بزرگی ۱ میلی‌متر و پیروکسن (۲۰٪) نیمه‌شکل دار با اندازه ۱ تا ۲ میلی‌متر در زمینه‌ای تیره رنگ با ساخت پورفیری و گلوپورفیری است. در مقیاس میکروسکوپی این سنگ‌ها شامل فنوکریست‌های اوژیت- تیتان اوژیت (۲۵٪) با قطر ۱ تا ۲ میلی‌متر هستند. با توجه به منطقه بندی و رنگ بنفش مایل به قرمز و رنگ تداخلی بالای سری ۲ و ۳ و تاریکی رنگ تداخلی متمایز هستند. الیون (۱۵٪) در اندازه ۰/۵ تا ۱ میلی‌متر به صورت نیمه‌شکل دار و با شکستگی‌های زیاد دیده می‌شود. زمینه شامل میکروولیت‌های پلاژیوکلاز (۲۰٪)، ریزبلورهای سانیدین (۱۵٪)، آمفیبول (۵٪)، کلینوپیکروکسن (۱۵٪) و کانی‌های اپیک (۵٪) است. این دایک‌ها بر طبق رده بندی (Rock (1991 و با توجه به حضور فنوکریست‌ها و

در مقیاس میکروسکوپی این سنگ‌ها دارای الیون نیمه‌شکل‌دار (۱۵٪) با حاشیه اپکی و پر شده با منیزیت، کانی اپیک با اندازه ۱ تا ۵ میلی‌متر، کرسوتیت (۲۰٪) در اندازه ۲ تا ۵ میلی‌متر، اوژیت و تیتان اوژیت (۲۵٪) در اندازه ۰/۵ تا ۷ میلی‌متر هستند. حضور کرسوتیت به صورت دربرداری در تیتان اوژیت (شکل ۳-ب) مبین تقدم تبلور کرسوتیت بر تیتان اوژیت است. زمینه دارای پتاسیم‌فلدسپار (۱۵٪)، پلاژیوکلاز (۱۰٪)، بیوتیت (۵٪)، کلینوپیروکسن (۵٪) و کانی اپیک (۵٪) با بافت پورفیری و زمینه اینترگرانولار است. با توجه به رده‌بندی (Rock, 1991) این گروه مشابه گروه دوم بوده و مقدار پتاسیم‌فلدسپار در آنها بیشتر از پلاژیوکلاز است و سانائیت نامیده می‌شود (شکل ۳-الف).

این لامپروفیرها پورفیری-پویی کیلیتیک با زمینه اینترگرانولار است که براساس (Rock, 1991) و نوع فنوکریست‌های تیره و فراوانی بیشتر پتاسیم‌فلدسپار نسبت به پلاژیوکلاز سانائیت نام‌گذاری می‌شوند (شکل ۳-پ).

**۴-۳. گروه سوم: باختر روستای حور نا کاروانسرای قدیمی جاده کرمان-راور**  
لامپروفیرهای این منطقه با ضخامت ۰/۵ تا ۱/۵ متر دارای روند مشابهی با گروه دوم و به موازات یکدیگر هستند. این لامپروفیرها در صحرا از آمفیبول‌های قهوه‌ای شکل‌دار و نیمه‌شکل‌دار (۲۵٪) در اندازه ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متر، پیروکسن تیره نیمه‌شکل‌دار (۲۵٪) در اندازه ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر و الیون‌های نیمه‌شکل‌دار دگرسان (۲۵٪) در اندازه ۰/۵ تا ۱ سانتی‌متر در زمینه‌ای از کانی‌های تیره تشکیل شده‌اند. ساخت شاخص این گروه پورفیری و گلمروپورفیری است (شکل ۲-ب).



شکل ۳-الف) فنوکریست کرسوتیت در سانائیت؛  
ب) فنوکریست تیتان‌اوژیت با دربرداری‌های کرسوتیت و کانی اپیک؛ پ) فنوکریست‌های آمفیبول و بیوتیت در سانائیت؛ ت) فنوکریست‌های الیون و اوژیت در کامپتونیت (کرسوتیت: Kert، پیروکسن: PX، آمفیبول: Amph، الیون: OL، بیوتیت: Bi).

لامپروفیرهای سانائیتی تجزیه نقطه‌ای شد که نتایج آن در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ آورده شده و به شرح زیر است:

الیون در کامپتونیت از نوع کزیزولیت (شکل ۴-الف) و درصد  $\text{SiO}_2$  آن ۳۶/۵۲ تا ۴۰/۲۳،  $\text{FeO}$  ۱۷/۹۳ تا ۲۴/۵۶،  $\text{MgO}$  ۳۷/۰۵ تا ۴۱/۲۸،  $\text{Mg}$  ۱/۴۴ تا ۱/۵۶ و  $\text{Fe}$  ۰/۴ تا ۰/۵۲ است (جدول ۲). میانگین فراوانی عناصر در الیون‌های کامپتونیت منطقه با میانگین فراوانی عناصر در الیون لامپروفیرهای آلکان (Rock, 1991) همخوانی زیادی دارد.

کلینوپیروکسن‌ها در سانائیت گروه سوم و کامپتونیت گروه اول در نمودار سه‌تایی ولاستونیت-انستاتیت-فروسلیت، اوژیت معرفی می‌شوند (Morimoto, 1988) (شکل ۴-ب).

با توجه به جدول ۳،  $\text{SiO}_2$  ۴۴/۲۹ تا ۵۰/۵۳،  $\text{FeO}$  ۵۰/۷۱ تا ۵۰/۶۴،  $\text{MgO}$  ۱۲/۰۴ تا ۱۵/۰۴،  $\text{CaO}$  ۲۰/۳۷ تا ۲۲/۶۸،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ۴/۲۷ تا ۹/۲۱ و  $\text{TiO}$  ۲/۲۰۷ تا ۳/۵۴ بر حسب درصد وزنی هستند. میانگین فراوانی عناصر در پیروکسن‌های سانائیت و کامپتونیت منطقه تطابق زیادی با میانگین پیروکسن‌های لامپروفیرهای آلکان (Rock, 1991) دارد. با توجه به نوسان مقدار اکسیدهای مختلف در کلینوپیروکسن‌ها، منطقه‌بندی مشاهده می‌شود.

در آمفیبول‌های سانائیت گروه سوم درصد وزنی  $\text{SiO}_2$  ۳۹/۶۳ تا ۴۱/۹۱،  $\text{FeO}$  ۹/۳۴ تا ۱۳/۴۵،  $\text{MgO}$  ۱۱/۵۵ تا ۱۳/۹۵،  $\text{CaO}$  ۱۰/۲ تا ۱۲/۲۳،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ۱۴/۷۸ تا ۱۴/۷۸،  $\text{TiO}_2$

#### ۴-۴. گروه چهارم: باختر روستای سراسک

این دایک‌های لامپروفیری ضخامت بین ۱ تا ۳ متر، روند غالب شمال باختر-جنوب خاور با شیب ۳۰ درجه به سمت شمال خاور-جنوب باختر و ظاهری خاکستری تا سیاه دارند. مهم‌ترین کانی‌های آنها بیوتیت بی‌شکل (۱۰٪) به اندازه ۰/۵ تا ۱ میلی‌متر، الیون نیمه‌شکل‌دار (۲۰٪) با بزرگی ۱ تا ۱/۵ میلی‌متر و پیروکسن نیمه‌شکل‌دار (۲۰٪) با اندازه ۱ تا ۲ میلی‌متر در زمینه‌ای از کانی‌های تیره تشکیل شده و بافت غالب آنها پورفیری و گلمروپورفیری است. این لامپروفیرها در مقیاس میکروسکوپی فنوکریست‌های الیون دگرش یافته به منیزیت (۲۰٪)، سرپانتین و کانی اپیک (۲۰٪)، اوژیت و تیتان‌اوژیت (۲۰٪)، بیوتیت نیمه‌شکل‌دار (۱۰٪) در زمینه‌ای از سوزن‌های پلاژیوکلاز (۱۵٪)، ریزبلورهای مستطیلی ساینیدین (۲۰٪)، کلینوپیروکسن (۱۰٪) و کانی اپیک (۵٪) دارند. بافت سنگی این گروه پورفیری با بافت زمینه ایتیک است که بر اساس رده‌بندی (Rock, 1991)، به دلیل دارا بودن پتاسیم‌فلدسپار بیشتر نسبت به پلاژیوکلاز و نوع فنوکریست‌های تیره سانائیت نام‌گذاری می‌شوند.

#### ۵- شیمی‌کانی

برای تعیین شیمی‌کانی‌ها، ۱۵ نقطه از الیون موجود در لامپروفیر کامپتونیتی (گروه اول)، ۲۳ نقطه از کلینوپیروکسن‌ها و ۱۲ نقطه از آمفیبول‌های موجود در

۵/۱۰ تا ۶/۶۸،  $K_2O$  ۱/۶۳ تا ۱/۸۵ و  $Na_2O$  ۲/۱۸ تا ۲/۸۵ است (جدول ۴).

(Rock, 1991) مطابقت دارند. آمفیبول‌های مورد مطالعه متعلق به گروه کلسیک

(شکل ۴-ب) و از نوع کرسوتیت هستند (شکل ۴-ت).

این آمفیبول‌ها از نظر میانگین عناصر با آمفیبول‌های لامپروفیرهای آلکان

جدول ۳- نتایج آنالیز الکترون میکروپروب (% کانی‌الومین در لامپروفیرهای کانی‌تیتی منطقه سراسنک (mean: میانگین لامپروفیرهای منطقه، alk: میانگین لامپروفیرهای آلکان؛ Rock, 1991).

sample	b4-1	b4-2	b4-3	b4-4	b4-5	b4-7	b4-8	b4-9	b4-10	b4-11	b4-12	b4-13	b4-14	b4-15	b4-16	mean	alk
$SiO_2$	36.93	36.52	37.86	37.38	38.48	38.93	38.03	38.44	37.65	37.57	40.23	40.05	40.44	39.20	39.51	38.481	43.76
$TiO_2$	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.03	0.08	0.03	0.03	0.028	n.d
$Al_2O_3$	0.05	0.02	0.02	n.d	0.12	0.19	0.31	1.29	0.16	2.08	0.06	0.19	n.d	0.44	0.26	0.35	n.d
$Cr_2O_3$	n.d	n.d	n.d	n.d	0.02	n.d	n.d	0.01	n.d	0.03	0.03	n.d	n.d	0.01	n.d	n.d	n.d
$Fe_2O_3$	n.d	5.43	1.65	3.70	0.29	n.d	0.06	0.19	3.76	0.12	n.d	n.d	n.d	N.d	n.d	1.01	n.d
$FeO$	23.05	18.88	22.61	17.76	20.29	24.29	24.50	19.04	17.62	21.30	20.41	20.08	17.93	20.03	20.05	20.523	14.78
$MnO$	0.28	0.32	0.34	0.22	0.34	0.32	0.30	0.30	0.36	0.40	0.45	0.25	0.22	0.40	0.24	0.316	0.25
$MgO$	38.89	39.47	38.22	40.81	40.03	38.12	37.05	41.13	41.28	38.91	39.23	40.28	41.05	40.27	40.17	39.661	39.74
$CaO$	0.23	0.22	0.22	0.28	0.23	0.22	0.30	0.24	0.23	0.29	0.30	0.23	0.24	0.30	0.23	0.251	0.36
total	99.45	100.89	100.97	100.17	99.82	102.09	100.57	100.66	101.07	100.73	100.74	101.11	99.96	100.6	100.5	100.622	98.64
Si	0.966	0.946	0.983	0.964	0.995	1.000	0.994	0.978	0.961	0.966	1.035	1.022	1.036	1.003	1.014	0.991	1.116
Ti	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.0006	n.d
Al	0.002	0.001	0.001	0.000	0.004	0.006	0.010	0.039	0.005	0.063	0.002	0.006	0.000	0.013	0.008	0.011	n.d
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0	n.d
$Fe_3$	0.067	0.106	0.032	0.072	0.006	0.000	0.001	0.004	0.072	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0198	n.d
$Fe_2$	0.437	0.409	0.491	0.383	0.439	0.522	0.536	0.405	0.376	0.458	0.439	0.428	0.384	0.429	0.430	0.438	0.323
Mn	0.006	0.007	0.007	0.005	0.007	0.007	0.007	0.006	0.008	0.009	0.010	0.005	0.005	0.009	0.005	0.007	0.006
Mg	1.516	1.524	1.479	1.569	1.543	1.459	1.444	1.561	1.571	1.492	1.505	1.532	1.567	1.537	1.536	1.522	1.546
Ca	0.006	0.006	0.006	0.008	0.006	0.006	0.008	0.007	0.006	0.008	0.008	0.006	0.007	0.008	0.006	0.0068	0.01
Te	0.31	0.34	0.37	0.24	0.37	0.35	0.33	0.33	0.38	0.44	0.50	0.27	0.24	0.44	0.26	0.345	0.29
Fo	74.58	74.27	73.37	77.05	77.10	73.19	72.35	78.72	77.26	75.76	76.69	77.68	79.85	77.52	77.67	76.204	82.05
Fa	24.80	25.09	25.95	22.34	22.21	26.16	26.89	20.62	22.05	23.39	22.38	21.72	19.57	21.63	21.75	23.103	17.12
Ca-OI	0.32	0.30	0.30	0.38	0.32	0.30	0.42	0.33	0.31	0.41	0.42	0.32	0.34	0.42	0.32	0.347	0.53

جدول ۳- نتایج آنالیز آلکاترین میکروپروب (% کانی کلینوپیروکسن در لامپروفیرهای کاپیوتیتی گروه (B4) و ستائیتی گروه (B6) منطقه سراسک (mean: میانگین لامپروفیرهای منطقه، alk: میانگین لامپروفیرهای آلکاترین، 1991: Rock).

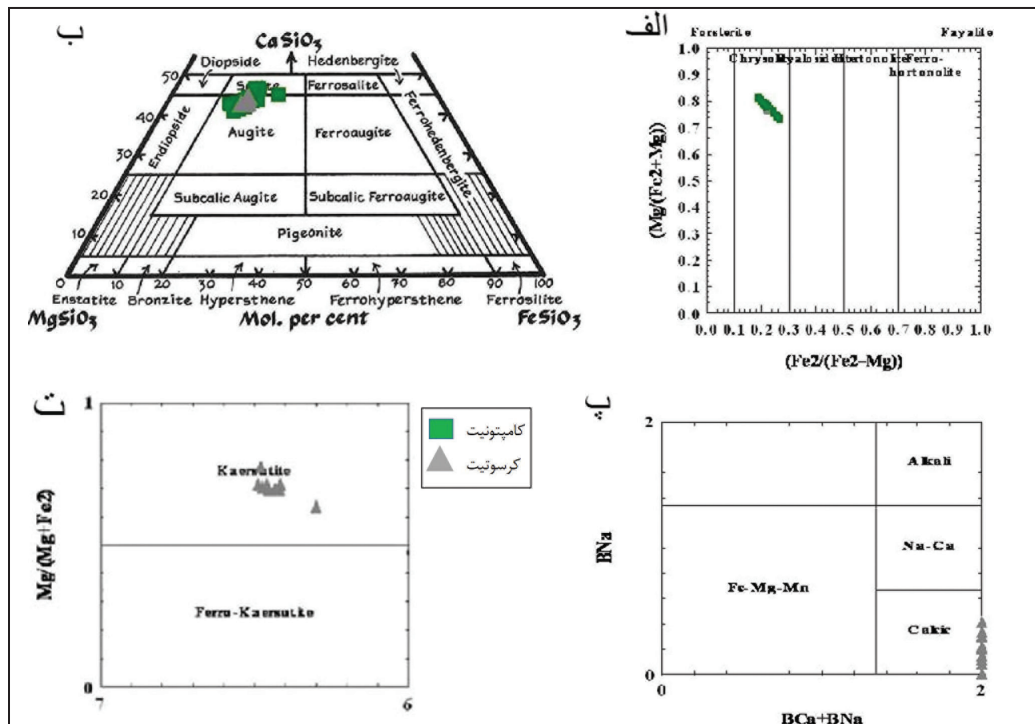
Sample	B6-1	B6-2	B6-3	B6-4	B6-7	B6-8	B6-9	B4-6	B4-7	B4-8	B4-9	B4-11	B4-12	B4-13	B4-14	B4-15	B4-16	B4-17	B4-18	B4-19	B4-20	B4-26	B4-27	mean	alk	
SiO <sub>2</sub>	46.64	46.50	45.75	46.07	46.03	46.54	45.74	44.60	45.02	45.24	49.63	49.07	44.29	44.70	45.77	50.20	50.53	46.35	46.21	45.10	45.45	45.47	50.66	46.59	47.54	
TiO <sub>2</sub>	2.41	2.66	2.43	2.68	2.58	2.44	2.43	3.54	2.54	2.64	2.07	2.33	2.75	2.37	2.33	2.13	2.60	2.31	2.44	2.28	3.21	2.72	2.12	2.522	2.71	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.67	8.96	9.59	8.16	8.51	9.07	8.95	8.81	9.17	9.21	4.27	7.41	8.68	8.92	9.09	4.99	5.26	7.16	7.25	7.68	6.45	7.58	4.29	7.745	6.77	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.16	0.08	0.12	0.08	0.12	0.11	0.14	0.18	0.04	0.03	0.28	0.24	0.47	0.47	0.03	0.30	0.03	0.04	0.01	0.17	0.01	0.29	0.22	0.14	n.d	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.89	2.18	3.64	3.38	4.03	1.01	3.87	2.61	4.94	4.68	1.30	n.d	4.28	2.61	4.12	n.d	n.d	3.98	3.50	6.31	3.69	3.99	n.d	2.83	n.d	
FeO	6.00	5.00	3.15	3.78	3.13	5.69	3.11	4.83	3.10	3.28	4.41	6.13	3.90	5.04	3.42	6.70	7.08	4.47	5.14	1.47	4.08	3.48	7.44	4.514	6.06	
MnO	0.12	0.09	0.07	0.11	0.14	0.09	0.11	0.13	0.13	0.12	0.10	0.11	0.11	0.12	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.10	0.10	0.13	0.09	0.14	0.12	0.10
MgO	13.00	12.90	13.50	12.65	13.03	12.72	12.92	12.60	12.48	12.92	15.04	13.45	13.87	12.05	12.38	13.54	13.16	12.59	12.22	13.28	12.04	12.87	14.46	13.03	13.14	
CaO	20.44	20.56	20.79	21.56	21.45	20.12	21.26	21.01	20.44	20.66	21.84	20.37	20.84	22.41	20.95	21.71	21.09	20.86	20.85	21.53	22.68	21.66	20.65	21.11	22.33	
Na <sub>2</sub> O	0.53	0.77	0.64	0.74	0.73	0.78	0.73	0.47	0.96	0.77	0.41	0.24	n.d	0.05	0.94	0.30	0.51	0.80	0.79	0.68	0.54	0.55	0.37	0.57	n.d	
total	98.86	99.70	99.68	99.22	99.74	98.56	99.27	98.77	98.83	99.55	99.35	99.35	99.19	98.74	99.16	100.00	100.40	98.71	98.56	98.60	98.28	98.70	100.35	99.19	99.12	
Si	1.745	1.726	1.694	1.723	1.710	1.744	1.705	1.681	1.690	1.686	1.841	1.829	1.663	1.691	1.710	1.865	1.872	1.748	1.748	1.698	1.730	1.714	1.872	1.743	1.790	
Ti	0.068	0.074	0.068	0.075	0.072	0.069	0.068	0.100	0.072	0.074	0.058	0.065	0.078	0.067	0.065	0.060	0.072	0.065	0.069	0.065	0.065	0.092	0.077	0.059	0.709	
Al	0.382	0.392	0.418	0.360	0.373	0.400	0.393	0.391	0.406	0.404	0.187	0.336	0.384	0.398	0.400	0.219	0.230	0.318	0.323	0.341	0.289	0.337	0.187	0.342	0.3	
Cr	0.005	0.002	0.004	0.002	0.004	0.003	0.004	0.005	0.001	0.001	0.008	0.007	0.014	0.014	0.001	0.009	0.001	0.001	0.000	0.005	0.005	0.000	0.006	0.007	n.d	
Fe <sub>2</sub>	0.025	0.061	0.101	0.095	0.113	0.028	0.109	0.074	0.140	0.131	0.036	0.000	0.121	0.074	0.116	0.000	0.000	0.113	0.100	0.179	0.106	0.113	0.000	0.079	n.d	
Fe <sub>2</sub>	0.188	0.155	0.098	0.118	0.097	0.178	0.097	0.152	0.097	0.102	0.137	0.191	0.122	0.159	0.107	0.208	0.219	0.141	0.163	0.046	0.130	0.110	0.230	0.141	0.191	
Mn	0.004	0.003	0.002	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.003	
Mg	0.725	0.714	0.745	0.705	0.722	0.710	0.718	0.708	0.698	0.718	0.832	0.747	0.776	0.680	0.690	0.750	0.727	0.708	0.689	0.745	0.683	0.723	0.797	0.726	0.74	
Ca	0.820	0.818	0.825	0.864	0.854	0.808	0.849	0.849	0.822	0.825	0.868	0.814	0.838	0.908	0.839	0.864	0.837	0.843	0.845	0.868	0.925	0.875	0.818	0.847	0.901	
Na	0.038	0.055	0.046	0.054	0.053	0.057	0.053	0.034	0.070	0.056	0.029	0.017	0.000	0.004	0.068	0.022	0.037	0.058	0.058	0.050	0.040	0.040	0.027	0.042	n.d	
XWo	46.63	46.79	46.62	48.46	47.83	46.83	47.90	47.60	46.78	46.44	46.35	46.43	45.12	49.86	47.90	47.42	46.94	46.71	47.04	47.23	50.17	48.04	44.34	47.19	49.25	
XEn	41.26	40.85	42.12	39.56	40.42	41.20	40.50	39.72	39.74	40.41	44.41	42.66	41.78	37.30	39.39	41.15	40.76	39.22	38.36	40.53	37.06	39.72	43.20	40.51	40.31	
XFs	12.11	12.36	11.25	11.98	11.75	11.97	11.61	12.68	13.49	13.14	9.24	10.91	13.10	12.83	12.71	11.42	12.30	14.07	14.60	12.24	12.78	12.24	12.47	12.33	10.44	

جدول ۴- نتایج آنالیز الکترون میکروپروب (% کانی آمفیبول در لامپروفیر سانائیتی گروه ۳ منطقه سراسشک (mean: میانگین لامپروفیرهای منطقه، alk: میانگین لامپروفیرهای آلکالین؛ (Rock, 1991

samples	b6-1	b6-2	b6-3	b6-4	b6-5	b6-6	b6-7	b6-8	b6-9	b6-10	b6-11	b6-12	mean	alk
SiO <sub>2</sub>	41.91	41.14	40.15	40.37	40.43	40.41	40.18	41.21	39.63	40.01	40.75	40.76	40.579	38.03
TiO <sub>2</sub>	5.23	5.28	6.68	5.24	5.25	5.96	5.14	5.67	5.45	5.37	5.32	5.10	5.474	5.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.35	14.78	14.39	13.58	13.39	12.03	13.27	13.48	13.61	12.23	13.14	13.40	13.387	14.63
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	n.d	n.d	n.d	n.d	0.03	0.02	0.05	0.05	0.03	0.02	0.03	0.016	n.d
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	n.d	n.d	n.d	3.70	3.59	n.d	n.d	3.49	n.d	n.d	n.d	2.77	1.13	n.d
FeO	9.34	10.03	9.41	9.75	9.78	10.15	12.01	7.25	10.47	10.19	10.11	9.17	9.805	8.145
MnO	0.11	0.07	0.08	0.15	0.15	0.10	0.13	0.07	0.11	0.10	0.12	0.14	0.11	0.32
MgO	13.37	12.70	12.64	12.22	12.35	13.32	11.55	13.24	12.92	13.95	13.49	12.30	11.727	11.965
NiO	0.02	n.d	0.01	n.d	0.02	0.01	0.03	0.05	0.03	0.03	0.02	0.03	0.021	n.d
CaO	11.59	11.59	11.93	10.97	10.88	12.60	11.83	10.20	12.10	11.89	11.85	10.54	11.497	12.12
Na <sub>2</sub> O	2.53	2.85	2.18	2.48	2.65	2.19	2.45	2.42	2.22	2.56	2.33	2.32	2.432	2.46
K <sub>2</sub> O	1.74	1.85	1.63	1.66	1.68	1.83	1.82	1.80	1.78	1.80	1.80	1.73	1.76	1.48
H <sub>2</sub> O*	2.07	2.09	2.07	2.07	2.07	2.04	2.02	2.07	2.03	2.03	2.05	2.04	2.05	2.31
Total	101.28	102.38	101.17	102.19	102.24	100.67	100.45	101.00	100.40	100.19	101.00	100.34	101.109	99.97
Si	6.057	5.910	5.826	5.857	5.866	5.946	5.955	5.957	5.844	5.916	5.949	5.977	5.922	5.787
Al iv	1.943	2.090	2.174	2.143	2.134	2.054	2.045	2.043	2.156	2.084	2.051	2.023	2.078	2.213
Al vi	0.331	0.413	0.287	0.179	0.156	0.032	0.273	0.254	0.210	0.047	0.210	0.293	0.224	0.411
Ti	0.569	0.571	0.729	0.572	0.573	0.660	0.573	0.617	0.605	0.597	0.584	0.563	0.601	0.609
Cr	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.006	0.006	0.004	0.002	0.003	0.0023	n.d
Fe <sup>3+</sup>	0.000	0.000	0.000	0.404	0.392	0.000	0.000	0.380	0.000	0.000	0.000	0.306	0.121	n.d
Fe <sup>2+</sup>	1.129	1.205	1.142	1.183	1.186	1.249	1.489	0.876	1.291	1.260	1.234	1.125	1.197	1.036
Mn	0.013	0.009	0.010	0.018	0.018	0.012	0.016	0.009	0.014	0.013	0.015	0.017	0.0136	0.041
Mg	2.881	2.720	2.734	2.643	2.671	2.922	2.552	2.853	2.840	3.075	2.936	2.689	2.793	2.713
Ni	0.002	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.004	0.006	0.004	0.004	0.002	0.004	0.0025	n.d
Ca	1.795	1.784	1.855	1.705	1.691	1.986	1.879	1.580	1.912	1.884	1.854	1.656	1.832	1.976
Na	0.709	0.794	0.613	0.698	0.746	0.625	0.704	0.678	0.635	0.734	0.660	0.660	0.688	0.726
K	0.321	0.339	0.302	0.307	0.311	0.344	0.344	0.332	0.335	0.340	0.335	0.324	0.328	0.287
OH*	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2	2

Amphibole group	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca
(Ca+Na) (B)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na (B)	0.205	0.216	0.145	0.295	0.309	0.014	0.121	0.420	0.088	0.116	0.146	0.344	
(Na+K) (A)	0.824	0.917	0.770	0.710	0.748	0.955	0.927	0.590	0.881	0.957	0.848	0.639	
Mg/(Mg+Fe <sub>2</sub> )	0.718	0.693	0.705	0.691	0.692	0.701	0.632	0.765	0.687	0.709	0.704	0.705	
Fe <sub>3</sub> /(Fe <sub>3</sub> +Alvi)	0.000	0.000	0.000	0.692	0.715	0.000	0.000	0.599	0.000	0.000	0.000	0.511	
Sum of S <sub>2</sub>	12.927	12.917	12.903	13.000	13.000	12.879	12.909	13.000	12.969	12.999	12.984	13.000	

Amphibole names	Potassian kaersutite												
P (kbars)													
Hammarstrom & Zen 86	7.5	8.7	8.5	7.8	7.6	6.6	7.7	7.6	8.0	6.8	7.5	7.7	
Hollister et al. 87	8.1	9.4	9.1	8.3	8.2	7.0	8.3	8.2	8.6	7.3	8.0	8.3	
Johnson & Rutherford 89	6.2	7.1	6.9	6.4	6.2	5.4	6.3	6.3	6.5	5.6	6.1	6.3	
Schmidt 92	7.8	8.9	8.7	8.0	7.9	6.9	8.0	7.9	8.2	7.1	7.8	8.0	



شکل ۴- نمودارهای رده‌بندی کانی‌های فنوکریست موجود در لامپروفیر سراشک؛ الف) الیون از نوع کریزولیت است (Wager and Deer, 1939) ب) پیروکسن از نوع اوژیت معرفی می‌شود (Morimoto, 1988)؛ پ) آمفیبول متعلق به گروه کلسیک تعلق دارد (Leake et al., 1997)؛ ت) آمفیبول از نوع کرسوتیت است (Leake et al., 1997).

### ۵-۱. فشارسنجی و داماسنجی کلینوپروکسن‌ها

ترکیب کانی‌های کلینوپروکسن ابزار مهمی برای سنجش فشار در سنگ‌های لامپروفیری محسوب می‌شود (Soesoo, 1997). با استفاده از مقدار  $Y_{pt}$  و  $X_{pt}$  میزان فشار تبلور کلینوپروکسن در لامپروفیرهای کامپوتیتی و لامپروفیرهای سانائیتی گروه سوم ۱۱ تا ۱۵ کیلوپا مشخص شد (شکل ۵-الف). بر مبنای نمودار  $X_{pt}$  در برابر  $Y_{pt}$  می‌توان دمای تشکیل کلینوپروکسن‌ها را تعیین کرد (Soesoo, 1997). طبق این روش، دمای تبلور برای کلینوپروکسن لامپروفیرهای کامپوتیتی ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ و برای کلینوپروکسن لامپروفیرهای سانائیتی گروه سوم ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد (شکل ۵-ب). دو پارامتر  $Y_{pt}$  و  $X_{pt}$  بر اساس روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$X_{pt} = 0.446SiO_2 + 0.187TiO_2 - 0.404Al_2O_3 + 0.346FeO - 0.052MnO + 0.309MgO + 0.431CaO - 0.466Na_2O$$

$$Y_{pt} = -0.369SiO_2 + 0.535TiO_2 - 0.317Al_2O_3 + 0.323FeO + 0.235MnO - 0.516MgO - 0.167CaO - 0.153Na_2O$$

لازم به ذکر است که دما و فشار به دست آمده، مربوط به تبلور کانی کلینوپروکسن در مخازن ماگمایی پوسته‌ای بوده و دما و فشار تشکیل ماگمای مادر به مراتب بالاتر است.

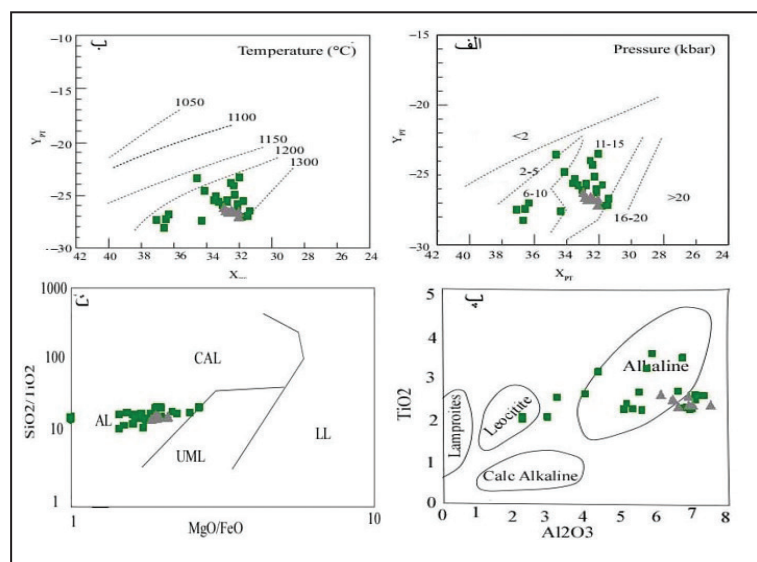
### ۵-۲. تعیین سری ماگمایی با استفاده از کلینوپروکسن و آمفیبول

ترکیب شیمیایی کلینوپروکسن‌ها در سنگ‌های لامپروفیری بیانگر سرشت ماگمای این کانی‌هاست. کلینوپروکسن مقاوم‌ترین کانی لامپروفیرها در برابر دگرسانی است. جهت تعیین ماهیت لامپروفیرهای منطقه مورد مطالعه از نمودارهای  $TiO_2$  نسبت به  $Al_2O_3$  و  $SiO_2/TiO_2$  نسبت به  $MgO/FeO$  (Rock, 1991) استفاده شد. بر اساس این دو نمودار لامپروفیرهای منطقه سراشک سرشتی قلیایی دارند (شکل‌های ۵-پ و ت).

شکل ۵- نمودارهای مربوط به شیمی کانی پیروکسن موجود در لامپروفیرهای سراشک؛ الف) در فشارسنجی (Soesoo (1997) کلینوپروکسن‌ها، فشاری بین ۵ تا ۱۵ کیلوپا را نشان می‌دهد؛ ب) در داماسنجی (Soesoo (1997) کلینوپروکسن‌ها، دمای بین ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ را نشان می‌دهد؛ پ و ت) نمودارهای (Rock (1991) لامپروفیرهای سراشک را از نوع قلیایی معرفی می‌کند (AL: لامپروفیر قلیایی، CAL: لامپروفیر کالک‌آلکان، UML: لامپروفیر اولترامافیک، LL: لامپروفیریت؛ نشانه‌ها مشابه شکل ۴).

$$X_{pt} = 0.446SiO_2 + 0.187TiO_2 - 0.404Al_2O_3 + 0.346FeO - 0.052MnO + 0.309MgO + 0.431CaO - 0.466Na_2O$$

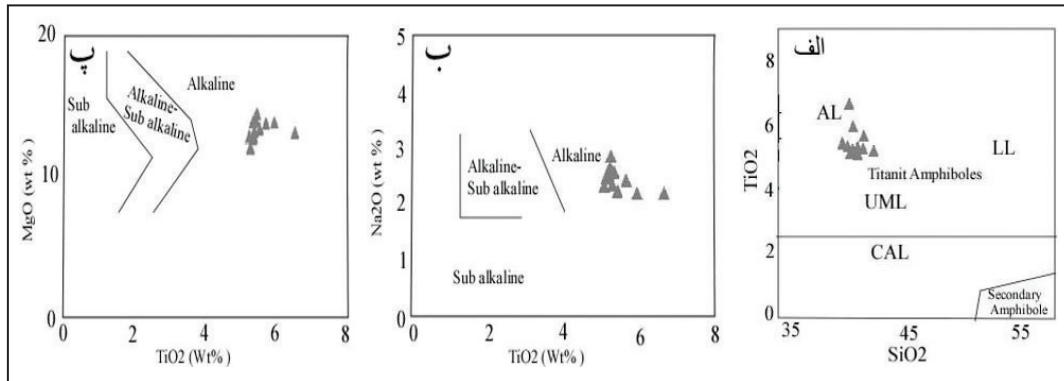
$$Y_{pt} = -0.369SiO_2 + 0.535TiO_2 - 0.317Al_2O_3 + 0.323FeO + 0.235MnO - 0.516MgO - 0.167CaO - 0.153Na_2O$$





قلیایی دارد. بر طبق گفته Molina et al. (2009) آمفیبول‌هایی که در ماگمای قلیایی متبلور می‌شوند،  $\text{Na}_2\text{O}$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{TiO}_2$  و  $\text{MgO}$  بالایی دارند. در نمودارهای  $\text{Na}_2\text{O}$  و  $\text{MgO}$  نسبت به  $\text{TiO}_2$  آمفیبول‌های کرسوتیتی موجود در لامپروفیرهای سراسک در محدوده قلیایی قرار می‌گیرند (شکل‌های ۶-ب و پ).

با توجه به فراوانی تیتانیم (میانگین  $\text{TiO}_2$ : ۵/۴۷) آمفیبول‌های منطقه از نوع آمفیبول آلکالن تیتان‌دار معرفی می‌شوند (شکل ۶-الف). حضور آمفیبول‌های کرسوتیتی غنی از تیتان و پیروکسن‌های غنی از آلومینیم و تیتان، این لامپروفیرها را با لامپروفیرهای قلیایی قابل مقایسه می‌سازد (Rock, 1991; Azambre et al., 1992). بر طبق ترکیب شیمیایی کرسوتیت‌های غنی از تیتان، سانائیت گروه سوم سراسک ماهیت

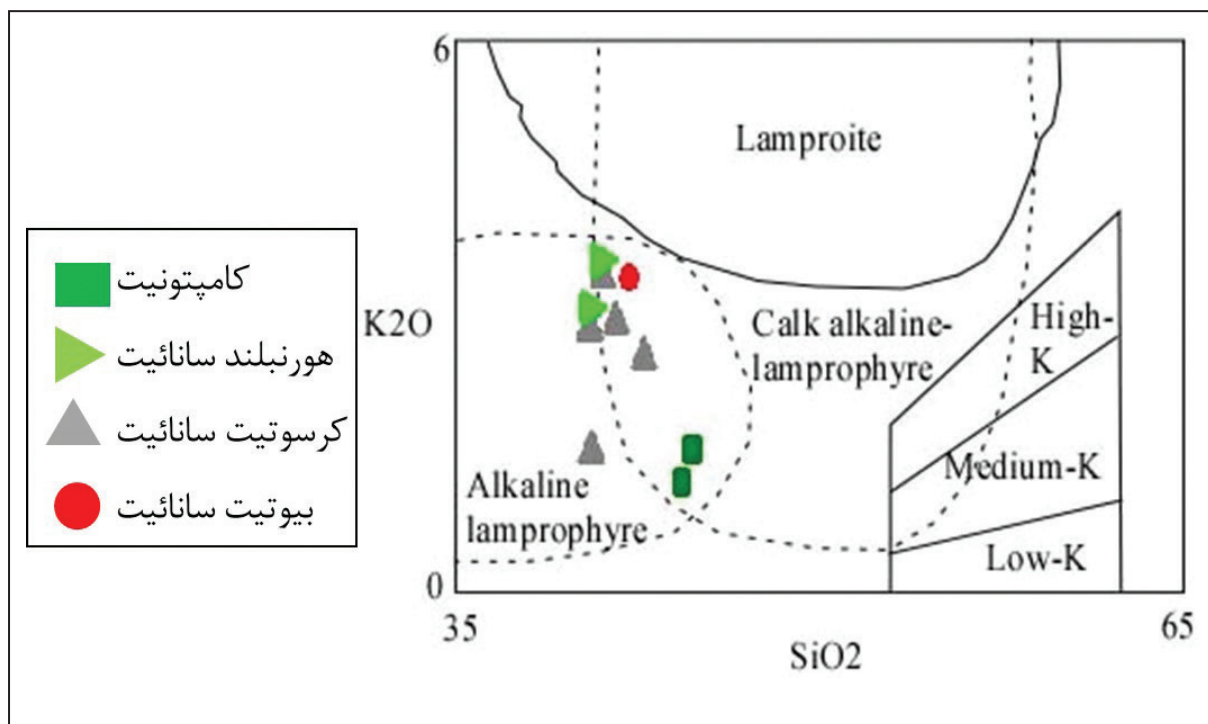


شکل ۶- نمودارهای شیمی آمفیبول‌های منطقه سراسک؛ الف) در نمودار  $\text{SiO}_2$  در برابر  $\text{TiO}_2$  (Rock, 1991) آمفیبول‌ها از نوع تیتان‌دار و لامپروفیرها از نوع قلیایی معرفی می‌شوند (AL: لامپروفیر قلیایی، CAL: لامپروفیر کالک‌آلکالن، UML: لامپروفیر اولترامافیک، LL: لامپروئیت)؛ ب و پ) در نمودارهای  $\text{TiO}_2$  در برابر  $\text{MgO}$  و  $\text{Na}_2\text{O}$  (Molina et al., 2009) ماگمای مادر آمفیبول‌های موجود در لامپروفیرهای سراسک از نوع قلیایی معرفی می‌شود (نشانه‌ها مشابه شکل ۴).

### ۶- ژئوشیمی

تا ۱۴/۸۶ و  $\text{TiO}_2$  ۲/۸۹ تا ۴/۲۴ و شبیه لامپروفیرهای آلکالن (Rock, 1991) است (جدول ۵). در نمودار  $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{SiO}_2$  (Rock, 1987) نمونه‌ها در محدوده لامپروفیرهای قلیایی قرار می‌گیرند که با نتایج حاصل از ژئوشیمی کانی‌ها و سنگ‌نگاری همخوانی دارد (شکل ۷).

لامپروفیرهای غیر دگرسان منطقه دارای الیون- کلینوپیروکسن‌اویژیت، تیتان اویژیت- آمفیبول- بیوتیت- پلاژیوکلاز- فلدسپار پتاسیم‌دار هستند که درصد وزنی  $\text{SiO}_2$  ۴۱/۱۷ تا ۴۵/۳۶،  $\text{Na}_2\text{O}$  ۰/۶۴ تا ۱/۴۴،  $\text{K}_2\text{O}$  ۲/۵۸ تا ۳/۲۱،  $\text{MgO}$  ۷/۸۴ تا ۱۰/۳۴،  $\text{FeO}$  بین ۱۱/۵۷ تا ۱۲/۵۲،  $\text{CaO}$  ۹/۳۳ تا ۱۰/۵۷،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ۱۲/۵۷



شکل ۷- نمودار  $\text{SiO}_2$  در برابر  $\text{K}_2\text{O}$  جهت رده‌بندی لامپروفیرها (Rock, 1987). نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده لامپروفیرهای قلیایی قرار می‌گیرند.

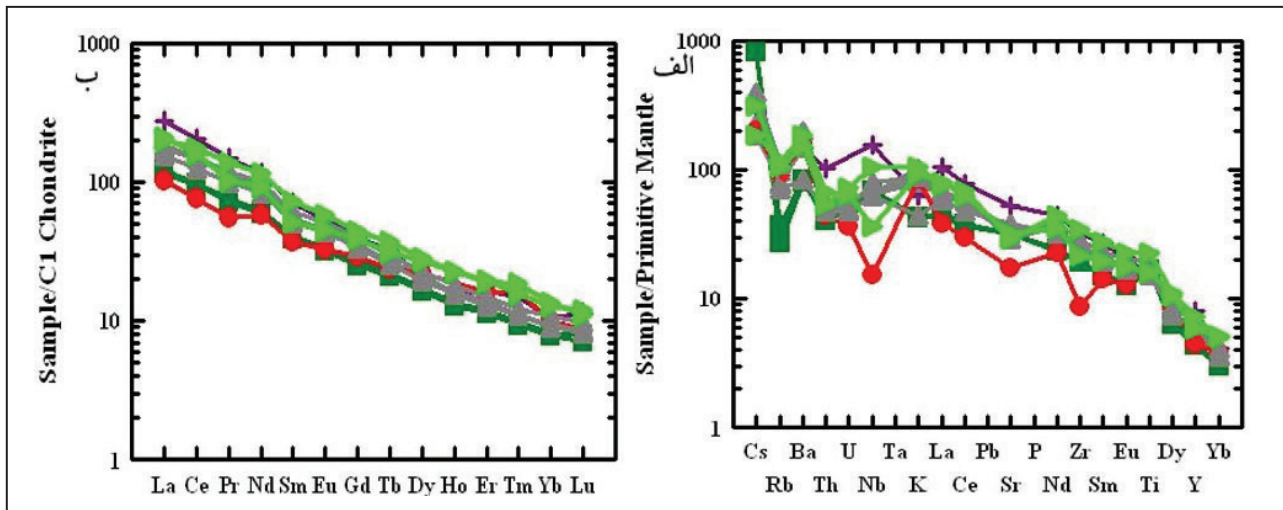
جدول ۵- نتایج آنالیز ICPOES (%) اکسیدهای اصلی و نرماتو سنگ کل لامپروفیرهای سراسک. تفکیک اکسید آهن بر اساس (Middlemost (1985 است (mean: میانگین لامپروفیرهای منطقه، alk: میانگین لامپروفیرهای آلکان؛ Rock, 1987).

Sample	BHOR6-1	BHOR6-2	BHOR6-3	BR1	BR2	BHOR3	BHOR4	HOR2	SA2	SA4	mean	alk
SiO <sub>2</sub>	41.77	43.05	41.17	40.6	40.7	45.36	44.88	42.51	41.24	40.77	42.21	41.9
TiO <sub>2</sub>	2.97	2.89	2.99	3.68	3.03	3.11	3.18	3.33	4.24	3.04	3.25	3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.57	12.87	12.65	13.5	11.85	14.86	14.65	13.85	15.2	12.03	13.40	13.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.94	4.796	5.008	5.28	5.2	4.628	4.852	3.628	5.248	3.532	4.71	5.3
FeO	7.41	7.194	7.512	7.92	7.8	6.942	7.278	5.442	7.872	5.298	7.07	6.5
MgO	9.9	10.34	11.1	10.4	9.98	7.84	8.17	9.73	8.29	13.11	9.89	7.2
CaO	10.75	9.55	9.81	10.65	12.5	9.33	9.32	7.98	5.3	8.97	9.42	10.6
MnO	0.12	0.12	0.13	0.13	0.17	0.13	0.13	0.24	0.09	0.14	0.14	0.21
Na <sub>2</sub> O	0.93	1.44	0.64	1.29	1.24	2.68	2.94	2.37	1.44	0.59	1.56	3
K <sub>2</sub> O	2.91	2.58	3.31	2.83	1.74	1.67	1.37	3.23	3.42	3	2.61	2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.42	0.41	0.43	0.33	0.33	0.27	0.28	0.27	0.99	0.55	0.43	0.74
LOI	4.95	4.41	4.69	5.08	5.42	2.92	2.69	3.22	6.12	4.79	4.43	6.3
Total	99.64	99.65	99.44	101.69	99.96	99.74	99.74	95.8	99.63	99.82	99.51	96.7
Q (S)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
or (KAS6)	18.18	16.02	20.66	15.16	10.89	10.20	8.35	20.64	21.67	19.50		
ab (NAS6)	3.47	10.84	1.16	0	2.65	22.46	22.35	8.51	13.04	5.42		
an (CAS2)	22.69	22.04	23.03	23.43	22.84	24.32	23.38	18.98	21.96	23.38		
lc (KAS4)	0	0	0	1.70	0	0	0	0	0	0		
ne (NAS2)	2.62	1.05	2.47	6.12	4.57	0.50	1.76	7.11	0	0.04		
C (A)	0	0	0	0	0	0	0	0	1.71	0		
ac (NFS4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ns (NS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Di wo (CS)	12.96	10.52	10.73	12.22	17.00	9.13	9.43	9.22	0	9.07		
Di en (MS)	9.73	7.97	8.15	9.35	12.62	6.81	7.00	7.50	0	7.47		
Di fs (FS)	1.90	1.45	1.45	1.56	2.69	1.40	1.49	0.60	0	0.47		
Hy en (MS)	0	0	0	0	0	0	0	0	12.67	0		
Hy fs (FS)	0	0	0	0	0	0	0	0	2.00	0		
Ol fo (M2S)	11.48	13.42	14.80	12.29	9.64	9.40	9.83	13.14	6.68	19.99		
Ol fa (F2S)	2.47	2.69	2.91	2.26	2.27	2.13	2.30	1.15	1.6	1.38		
mt (FF)	7.56	7.30	7.66	7.92	7.98	6.93	7.25	5.68	8.15	5.63		
he (F)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
il (FT)	5.96	5.77	6.00	7.24	6.09	6.10	6.23	6.83	8.63	6.35		
ap (CP)	0.97	0.94	0.99	0.75	0.76	0.61	0.63	0.64	2.32	1.32		

خاکی سنگین است. این روندها با میانگین لامپروفیرهای آلکان تطابق دارد. به عقیده Rollinson (1993) غنی‌شدگی عناصر نادر خاکی سبک نسبت به نادر خاکی سنگین به سه عامل بستگی دارد:

۱) حضور گارنت در محل منشأ که با حفظ HREE در ساختمان خود موجب تهی‌شدگی این عناصر در ماگمای ایجاد شده می‌شود؛ زیرا ضرایب جدایش REE در این کانی‌ها اختلافات زیادی دارند. از سوی دیگر، این تفریق‌یافتگی LREE نسبت به HREE ممکن است به علت حضور البوین، ارتوپروکسن و کلینوپروکسن نیز باشد؛ ۲) آرایش ماگما با مواد پوسته قاره‌ای و رسوبات دریایی روی پوسته اقیانوسی فرورانده شده؛ ۳) متاسوماتیسم گوه گوشته‌ای بر اثر تراوش سیالات حاصل از آزدیابی پوسته اقیانوسی فرورونده.

در نمودار عناصر کمیاب لامپروفیرهای منطقه سراسک بهنجار شده با گوشته اولیه، LILEs و تیتانیم نسبت به HFSEs غنی‌شدگی نشان می‌دهند. الگوی عناصر کمیاب در لامپروفیرهای مورد مطالعه با متوسط مقادیر Rock (1991) قابل مقایسه است (شکل ۸-الف). همچنین بی‌هنجاری منفی Rb و Nb و بی‌هنجاری مثبت Th و Sr وجود دارد که بی‌هنجاری منفی Nb و بی‌هنجاری مثبت Th می‌تواند نشانه مشارکت پوسته‌ای و ورود عناصر متحرک LILEs در فرایند ماگمایی در مناطق فرورانش باشد (Rollinson, 1993). فراوانی عناصر خاکی نادر در لامپروفیرهای منطقه (شکل ۸-ب) نسبت به کندریت با متوسط لامپروفیرهای آلکان (Rock, 1991) قابل مقایسه است. نمودار از سمت LREE به سمت HREE یک روند نزولی نشان می‌دهد که بیانگر غنی‌شدگی عناصر کمیاب خاکی سبک نسبت به عناصر کمیاب



شکل ۸- الف) نمودارهای عنکبوتی عناصر فرعی نسبت به گوشته اولیه؛ ب) نمودار عنکبوتی عناصر خاکی نادر نسبت به کندریت (Sun and McDonough, 1989). میانگین لامپروفیرهای آلکانل به نقل از (Rock (1991) با علامت + نشان داده شده است (نشانها مشابه شکل ۷).

## ۷- بحث

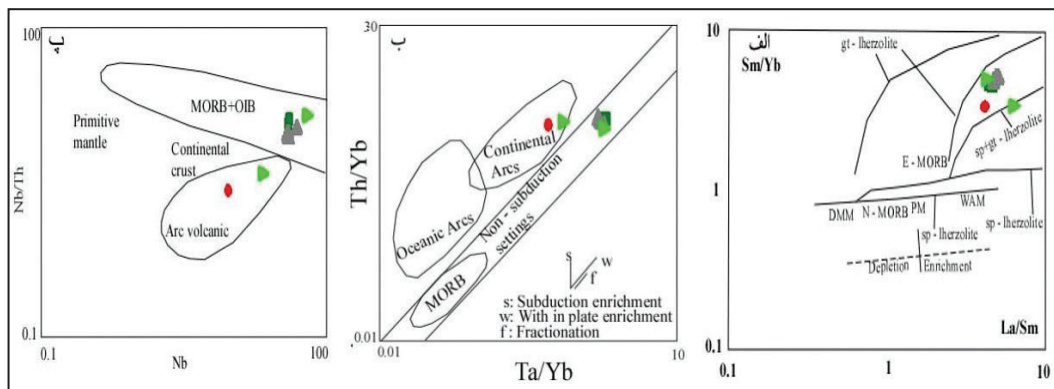
غنی‌شدگی از LILE و همچنین LREE ویژگی ماگماهای نشأت گرفته از گوشته غنی شده و پوسته قاره‌ای است (جدول ۶).

با توجه به میزان عناصر سازگار و مقادیر کم سیلیس، لامپروفیرهای مورد مطالعه نمی‌توانند از ذوب مستقیم پوسته قاره‌ای ایجاد شوند. بنابراین منشأ ماگمای لامپروفیرهای منطقه از گوشته غنی شده از عناصر ناسازگار است. با توجه به اینکه فلوگوپیت و آمفیبول منابع اصلی این عناصر در گوشته لیتوسفری هستند و آمفیبول ضریب توزیع کمتری از Rb و ضریب توزیع بالایی از Sr نسبت به فلوگوپیت دارد، بنابراین نسبت Rb/Sr ( $> 0/1$ ) نشانه حضور آمفیبول در منشأ لامپروفیرهای آلکانل منطقه است. بالا بودن LILE و LREE و منفی بودن بی‌هنجاری HFSE و HREE می‌تواند نشانه تأثیر عوامل فرورانش در غنی‌شدگی و فقیرشدگی مذاب از این عناصر باشد. بالا بودن نسبت‌های Ba/La، Ba/Ta در لامپروفیرهای منطقه نیز نشانه غنی‌شدگی گوه گوشته‌ای توسط سیالات مناطق فرورانش و ورود عناصر از رسوبات اقیانوسی فرورانده شده به ماگماست (Rollinson, 1993). نمودار La/Sm نسبت به Sm/Yb به خوبی نشان می‌دهد که ذوب‌بخشی یک منشأ اسپینل لرزولیت نمی‌تواند ماگمای لامپروفیری مورد مطالعه را ایجاد کند. نمونه‌های مورد مطالعه در این نمودار در محدوده بین گارنت لرزولیت و گارنت + اسپینل لرزولیت قرار می‌گیرند که این نشانه حضور گارنت در منشأ ماگمای مذکور است (شکل ۹- الف).

لامپروفیرهای منطقه سراشک را بر اساس مطالعات سنگ‌نگاری به ۲ گروه کامپوتیت و سانائیت تقسیم می‌شوند. داده‌های شیمی کانی، الیون‌های موجود در لامپروفیرهای کامپوتیتی گروه اول را از نوع کریزولیت، کلینوپیروکسن‌های کامپوتیت گروه اول و سانائیت گروه سوم را از نوع تیتان‌اوژیت و آمفیبول‌های سانائیت گروه ۳ را از نوع کرسونیت معرفی کرده است. داده‌های شیمی سنگ کل، لامپروفیر را در گروه قلبایی قرار می‌دهند.

پتروژنز لامپروفیرها پیچیده و متفاوت بوده و معمولاً به طریق مدل‌های زیر تفسیر شده است؛ هر چند که در بسیاری از موارد نقش چند مدل در پتروژنز آنها پیشنهاد شده است:

ذوب‌بخشی گوشته متاسوماتیزم شده در هر دو محیط مربوط به فرورانش و یا گوشته لیتوسفری زیر قاره‌ای (Zhang et al., 2003)، آرایش پوسته‌ای ماگماهای مافیک (Rock, 1991)، مذاب‌های استنوسفری مستقیم مشتق شده از پلوم‌های گوشته‌ای که در طی حوادث پیشین متاسوماتیزه شده‌اند (Kerr et al., 2010)، اختلاط ماگمای بازالتی اولتراباسیک ناشی از گوشته لیتوسفری بر اثر افزایش درجه حرارت یا نازک‌شدگی گوشته لیتوسفری زیر قاره‌ای (Thompson et al., 1989)، اختلاط مذاب‌های لامپروفیتی یا بازالتی مشتق شده از گوشته با مذاب‌های سیلیسی مشتق شده از پوسته (Xu et al., 2007).



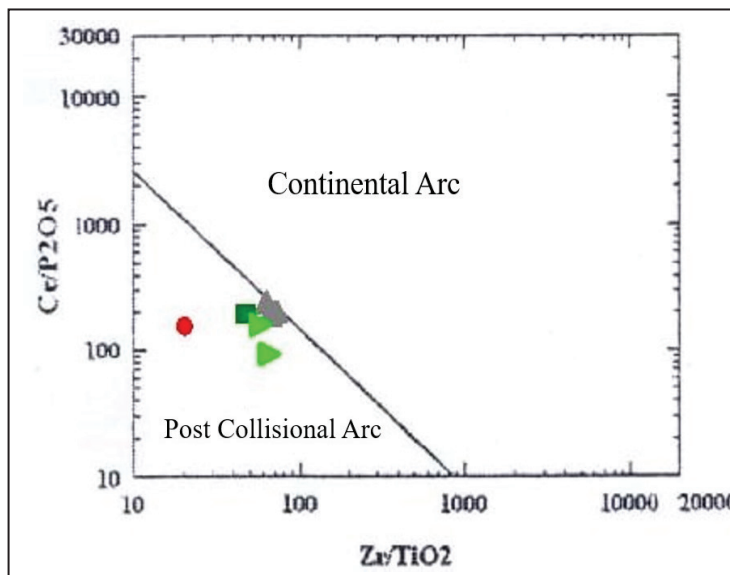
شکل ۹- الف) در نمودار Sm/Yb در برابر La/Sm (Aldanmaz et al., 2000) منشأ گارنت اسپینل لرزولیتی ماگمای مادر لامپروفیرهای سراشک است؛ ب) در نمودار Th/Yb در برابر Ta/Yb (Pearce, 2008) لامپروفیرهای سراشک درون آرایه گوشته‌ای و در محدوده غیرفرورانش قرار می‌گیرند؛ پ) در نمودار Nb/Th در برابر Nb (Addel-Fatteh and Philip (2004) از MORB - OIB نمونه‌ها در محدوده قرار می‌گیرند. ترکیب MORB و OIB از Taylor and McLennan (1985) است (نشانها مشابه شکل ۷).

جدول ۶- نتایج آنالیز ICPMS (ppm) عناصر فرعی و نادر سنگ کل لامپروفیرهای سراسک.

Sample	BHOR6-1	BHOR6-2	BHOR6-3	BR1	BR2	BHOR3	BHOR4	HOR2	SA2	SA4
Ag	0.31	0.25	0.25	1	1	0.28	0.27	0.1	0.38	0.3
Ba	927	940	1240	1050	525	526	506	972	960	1164
Ce	89.9	90.2	92.7	90.5	76.1	57.6	60.4	47	109	99
Co	57.6	52.4	57.9	63.5	68.1	48.5	47.6	48.4	37.1	49.7
Cr	154	159	155	230	320	253	242	304	9	349
Cs	1.6	1.3	2.4	2.77	2.46	5.7	5.8	1.4	2.2	1.3
Cu	42.2	33.2	42.1	46	44	46.5	40.1	44	15.8	33
Dy	5.11	5.18	5.31	5.77	4.97	4.14	4.34	5.57	7.24	6.9
Er	2.24	2.26	2.29	2.47	2.13	1.88	1.95	2.63	3.21	3.15
Eu	2.53	2.56	2.65	3	2.55	1.87	1.95	1.92	3.36	2.64
Ga	21	20.4	21.1	22.5	20.8	19.6	18.9		23.8	
Gd	7.12	7.11	7.31	8.28	7	5.16	5.45	5.95	9.05	7.97
Hf	6.04	5.79	5.97	6.9	6.7	4.8	4.84	2.84	7.76	4.29
Ho	0.9	0.9	0.9	1.03	0.89	0.72	0.77		1.27	
In	0.08	0.08	0.09			0.07	0.07	0.5	0.11	0.5
La	40.7	40.8	42.5	43.5	36.6	27.2	29.1	24	47.5	50
Li	141	117	142			18.6	15.9	82	219	201
Lu	0.21	0.21	0.21	0.25	0.22	0.18	0.2	0.22	0.3	0.28
Mo	2.3	1.7	2.5	2	3	1.4	1.5	0.2	3.4	1.1
Nb	42.1	41.4	43	52.1	40.4	44.7	44	10	68.6	23.3
Nd	42.6	42.4	43.7	46.2	38.8	27.9	29.4	27.2	54.1	43.3
Ni	145	125	146	144	187	116	115	120	14	222
Pb	6.4	6.4	7.2	17	24	2.6	3	7	53.1	16
Pr	10.7	10.8	11.1	11.35	9.53	6.84	7.23	5.2	13.2	9.76
Rb	42.5	44.5	54.2	61.8	39.7	20.4	14.9	51	58.7	64
Sm	8.23	8.27	8.5	9.31	7.79	6	6.23	5.65	11.1	7.88
Sn	2.3	2.4	2.4	3	3	1.8	1.8	1.1	2.7	1.6
Sr	660	664	555	633	725	602	602	328.6	555	605.8
Ta	2.59	2.54	2.62	3.4	2.7	2.71	2.76	0.88	4.22	1.67
Tb	0.98	0.99	1.01	1.11	0.95	0.79	0.83	0.85	1.38	1.18
Th	4.24	4.54	4.69	4.55	4.18	3.51	3.78	3.87	4.76	5.9
Tl	0.2	0.1	0.2	0.375	0.375	0.2	0.3	0.16	0.3	0.12
Tm	0.28	0.28	0.28	0.31	0.28	0.24	0.25	0.42	0.4	0.47
U	1.37	1.37	1.35	1.11	1.05	1.08	1.09	0.8	1.6	1.4
V	234	228	237	332	302	217	212	87	215	169
W	0.4	0.7	0.6	1	1	0.4	1.4	1	0.9	1
Y	17.8	20.1	19.9	27.2	24.2	16.7	19.6	17.5	28.6	22.8
Yb	1.4	1.56	1.59	1.83	1.59	1.33	2.04	1.7	2.2	2.3
Zn	93	139	150	190	414	94.4	60.8	125	644	237
Zr	185	243	236	280	270	187	173	84	338	213

پوسته‌ای است (شکل ۹-ب). در نمودار Nb/Th به Nb نمونه‌های در محدوده OIB+MORB قرار گرفته‌اند (شکل ۹-پ). نمودار  $Ce/P_2O_5$  به  $Zr/TiO_2$  نشان می‌دهد که لامپروفیرهای مورد مطالعه احتمالاً در محدوده پس از برخورد قرار می‌گیرند (شکل ۱۰).

در نمودار Ta/Yb به Th/Yb نمونه‌های لامپروفیری در محدوده سری‌های غیر فرورانش قرار می‌گیرند که این امر نشانه تأثیر گوشته و تشکیل مذاب‌های OIB است. نسبت‌های Ta/Yb و Th/Yb مستقل از فرایندهای تفریق بلورین یا ذوب بخشی هستند. بنابراین علیرغم غیر اشباع بودن سنگ‌ها از سیلیس، ماگمای لامپروفیری مورد مطالعه متأثر از آلودگی



شکل ۱۰- در نمودار تعیین محیط تکتونیکی (Muller and Groves, 1997) نمونه‌های مورد مطالعه در محیط پس از برخورد قرار گرفته‌اند (نشانه‌ها مشابه شکل ۷).

اسپینل- گارنت لرزولیتی تشکیل و تحت تأثیر عوامل فرورانش غنی شده‌اند. ماگمای اولیه در امتداد گسل کوهبنان به عنوان مجرای عبور، در سنگ‌های رسوبی میزبان نفوذ کرده و احتمالاً در یک محیط پس از برخورد جایگزین شده است.

### سپاسگزاری

از جناب مهندس شکوریان مدیر شرکت زرآزما ماهان به خاطر هماهنگی لازم برای انجام آنالیزهای سنگ کل در ایران و استرالیا، از جناب مهندس قلی‌زاده در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران برای انجام آنالیزهای میکروپروب و همچنین از داوران محترم برای مطالعه دقیق این مقاله و بیان نظرات ارزشمندشان جهت بهبود آن سپاسگزاری می‌شود.

### ۸- نتیجه‌گیری

لامپروفیرهای منطقه سراسک راور از نوع لامپروفیرهای قلیایی و شامل ۲ گروه کامپونیت و سانائیت هستند. شاخص مافیک کانی‌ها، نبود کوارتز (مودال و نورماتیو)، وجود الومین و نزدیک بودن مقادیر اکسیدهای  $SiO_2$ ،  $CaO$ ،  $Na_2O$ ،  $K_2O$  به لامپروفیرهای قلیایی، مبین سرشت قلیایی لامپروفیرهای منطقه است. شیمی کانی‌های پروکسن و آمفیبول نیز نشان‌دهنده قلیایی بودن این سنگ‌ها و حاکی از دمای تبلور ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار تبلور ۱۱ تا ۱۵ کیلو بار برای کلینوپیروکسن‌های دو گروه تجزیه شده است. شیمی سنگ کل نیز لامپروفیرهای سراسک را قلیایی معرفی می‌کند.

با توجه به نتایج حاصل از شواهد صحرایی، شیمی کانی‌ها، شواهد ژئوشیمی عناصر فرعی و کمیاب، غنی‌شدگی از LREE و LILEs و نسبت بالای La/Yb می‌توان نتیجه گرفت که لامپروفیرهای مورد مطالعه احتمالاً از یک ماگمای مادر

### کتابنگاری

- آزاد، م. و پدرزاده، ز.، ۱۳۹۳- سنگ‌شناسی و پتروژنز لامپروفیرهای آلکالن و کالک‌آلکالن شمال باختر ایران، فصلنامه علوم زمین، سال بیست و چهارم، شماره ۹۴، ص. ۸۷ تا ۱۰۲.
- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، ۷۰۸ ص.
- رحمانیان، ز.، فاتحی، ح.، احمدی‌پور، ح. و مرادیان، ع.، ۱۳۹۱- کانی‌شناسی و شیمی دایک‌های لامپروفیری شمال باختر رفسنجان، ششمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، ۶ ص.
- سهندهی، م. ر. و حاج ملاعلی، ع.، ۱۳۷۰- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ حرجند، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- فضل‌نیا، ع. و کوزه‌کولانی، ف.، ۱۳۹۱- سنگ‌نگاری، زمین‌شناسی و محیط تکتونوماگمایی لامپروفیرها و سنگ‌های مرتبط، جنوب باختر سلماس، مجله پترولوژی، سال سوم، شماره دوازدهم، ص. ۶۹ تا ۸۸.
- معین‌زاده میرحسینی، س. ح. و رئیسی، د.، ۱۳۹۳- ژئوشیمی و پتروژنز دایک‌های لامپروفیری پالئوزوئیک زیرین تا میانی روستای حور، شمال خاور کرمان، مجله پترولوژی، سال پنجم، شماره بیستم، ص. ۱۴۷ تا ۱۶۲.

### References

- Abdel-Fattah, M. and Philip, E. N., 2004- Cenozoic volcanism in the Middle East: petrogenesis of alkali basalts from northern Lebanon. Geological magazine, 141, 545- 563.
- Abdel-Karim, A. A. and Kubovics, I., 2008- Mineralogy, geochemistry, and petrogenesis of some lamprophyres from southwest Sinai, Egypt, the Arabian Journal for science and Engineering, Vol. 33 Number. IC.

- Aldanmaz, E., Pearce, J. A., Thirlwall, M. F. and Mitchell, J. G., 2000- Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 102: 67- 95.
- Atanasova, S., Vladimirova., Mavrudchiev, B., Quadt, A. V., Peytcheva, I. and Georgiev, S., 2004- Petrology and geochemistry of lamprophyric dykes in the Vitoshka Pluton. *Bulgarian Geological Society, Annual Scientific Conference, Geology* 2004.
- Azambre, B., Rossy, M. and Albarede, F., 1992- Petrology of the alkaline magmatism from the cretaceous North – pyrenean Rift Zone (france and spain) *European Journal of Mineralogy*, 4, 813- 834.
- Ghorbani, M. R., Rostami, G. and Ghaderi, M., 2002- A lamprophyric dyke from Milakuh, SW Damghan, Iran. Special supplement to *geochimica et cosmochimica acta*, abstracts of the 12th, Annual VM Goldschmidt conference, Davos, Switzerland, August, 18- 23, p.2 72.
- Kerr, A. C., Khan, M., Mahoney, J. J., Nicholson, K. N. and Hall, C. M., 2010- Late cretaceous alkaline sills of the south Tethyan suture zone, Pakistan, initial melts of the Réunion hotspot. *Lithos*, 117, 161- 171.
- Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lameyre, J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sørensen, H. and Wooley, A. R., 2002- *Igneous Rocks. A Classification and Glossary of Terms.* Cambridge University Press. Cambridge.
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., Hawthorne, F. C., Kato, A., Kisch, H. J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J. A., Maresch, W. V., Nickel, E. H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W. and Youzhi, G., 1997- Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *American Mineralogist*, 82, 1019- 1037.
- Middlemost, E. A. K., 1985- *Magmas and Magmatic Rocks.* Longman, London and New York.
- Moayyed, M., Moazzen, M., Calagari, A. A., Jahangiri, A. and Modjarrad, M., 2008- Geochemistry and petrogenesis of lamprophyric dykes and the associated rocks from Eslamy peninsula, NW Iran: implications for deep-mantle metasomatism. *chemie der Erde Geochemistry*, 68, 141- 154.
- Molina, J. F., Scarrow, J. H. and Montero, P. G., Bea, F., 2009- High-Ti Amphibole as a petrogenetic indicator of magma chemistry: Evidence for mildly alkalic– hybrid melts during evolution of variscan basic–ultrabasic magmatism of central Iberia. *Contrib Mineral Petr*, 158, 69- 98.
- Morimoto, N., 1988- Nomenclature of Pyroxenes. *Canadian Mineralogist*, 27, 143- 156.
- Muller, D. and Groves, D. I., 1997- *Potassic igneous rocks and associated gold–copper Mineralization*, Springer 241pp.
- Pearce, J. A., 2008- Geochemical finger printing of oceanic basalts with application to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, 100, 14- 48.
- Rock, N. M. S., 1987- The nature and origin of lamprophyres: an overview. In: J. G., Fitton and B. G. J., Upton (Eds), *alkaline igneous rocks.* Geological Society Special Publication, 30, 191- 226.
- Rock, N. M. S., 1991- *Lamprophyres.* Blackie and Son, Glasgow, 181pp.
- Rollinson, H. R., 1993- *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation.* Longman, Wyllye. Harlow, New York.
- Soesoo, A., 1997- A multivariate statistical analysis of clinopyroxene composition: empirical coordinates for the crystallization PT – estimations *Geol Soc Sweden. Geologiska Foreningen*, 119, 55- 60.
- Srivastava, R. K. and Rao, N. V. Ch., 2007- Petrology, Geochemistry and tectonic significance of Palaeoproterozoic alkaline lamprophyres from the Jungel Valley, MahaKoshal supracrustal belt, central India, mineralogy and petrology Vol 89: 189- 215.
- Sun, S.S. and McDonough, W. F., 1989- Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: Implications for mantle composition and processes. In A.D. Saunders and M.J. Norry (eds.), *Magmatism in the Ocean Basins.* Geological Society London Special Publication, 42, 313- 345.
- Taylor, S. R. and McLennan, S. M., 1985- *The Continental Crust: its Composition and Evolution.* Blackwell Scientific, Oxford, 312pp.
- Thompson, N., Leat, P. T., Dichina, P., Morrison, A., Hendryg, L. and Gibson, A., 1989- Strongly potassic mafic magmas from lithospheric mantle sources during continental extension and heating: evidence from Miocene minettes of northwest Colorado, U.S.A. *Earth and Planetary Science Letters*, 98, 139- 153.
- Wager, L. R. and Deer, W. A., 1939- Geological investigations in east Greenland, Part III. The petrology of the Skaergaard intrusion, kongerrdlugssuaq, east Greenland. *Meddelelserom Gronland*, 105(4): P. 335.
- Whitehead, M., 2008- The petrographic and geochemical analysis of lamprophyre dikes in Williston, Vermont, submitted in partial fulfillment of the Requirements for the degree of Bachelor of Arts Middlebury college.
- Xu, X. W., Zhang, B. L., Qin, K. Z., Mao, Q. and Cai, X. P., 2007- Origin of lamprophyres by the mixing of basic and alkaline melts in magma chamber in Beiya area, western Yunnan, China. *Lithos*, 99(33), 9-362.
- Zhang, H., Thurber, C. H., Shelly, D., Ide, S., Beroza, G. C. and Hasegawa, A., 2003- Subducting slab structure beneath northern Honshu, Japan, revealed by Double-Difference tomography. *Geology*, 32 (4): 361- 364.

## Petrography, mineral chemistry and origin of lamprophyric dykes from Sareashk Village, South West of Ravar- Kerman

A. Bahrapour<sup>1</sup>, Gh. Ghadami<sup>2\*</sup>, H. Atapour<sup>3</sup>, M. Poosti<sup>2</sup> and H. Ahmadipour<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Phd. Student, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Hormozgan, Bandarabas, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Hormozgan, Bandarabas, Iran

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Mining Engineering, University of Shahid Bahonar, Kerman, Iran

<sup>4</sup>Associate Professor, Department of Geology, University of Shahid Bahonar, Kerman, Iran

Received: 2016 December 30

Accepted: 2017 June 21

### Abstract

At 60km north-east of Kerman city, near Sarashk village (Ravar, Kerman province) and along the Kuhbanan fault, several lamprophyric dikes have been intruded into Carboniferous to Cretaceous sedimentary formations. Petrographically these lamprophyres could be classified into two groups: comptonites and sanaite. Olivine, clinopyroxene, plagioclase and potassium feldspar are the main minerals in all two groups. Mineral chemistry shows that olivines, clinopyroxenes and amphiboles are of chrysolite ( $Fo = 72.35-79.85$ ), augite ( $Wo = 44.3-50.2$ ,  $En = 37.06-44.4$ ,  $Fs = 9.24-14.6$ ), and kaersutite ( $Ca+Na = 2$ ), ( $Na+K = 0.59-0.95$ ), ( $Mg/(Mg+Fe_2) = 0.63-0.76$ ) composition, respectively. Geobarometric and geothermometric estimations along with the tectonomagmatic diagrams for clinopyroxenes show that the parental magmas were alkaline in which the clinopyroxenes crystallized at pressure of 11-15 Kbar and temperature of 1150-1300 °C. Whole rock chemical analyses of these rocks show that the parental alkaline magma was originated from a metasomatized lithospheric garnet- spinel- lherzolite mantle source and emplaced in a post-collisional environment.

**Keywords:** Lamprophyre, Comptonite, Sanaite, Sareashk, Ravar, Kerman.

For Persian Version see pages 3 to 16

\*Corresponding author: Gh. Ghadami; E-mail: [ghadami@hormozgan.ac.ir](mailto:ghadami@hormozgan.ac.ir)