



## ژئوشیمی و سنگ‌نگاری سیل‌های مافیک در سری ریزو (شمال بافق - ایران مرکزی)

سیده مریم نیک‌تبار<sup>۱</sup>، نعمت‌الله رشیدنژاد عمران<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناسی ارشد پترولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- دانشیار پترولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

\*عهده‌دار مکاتبات: Rashid@modares.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۳/۱۶، پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۵/۲

### چکیده

سیل‌های نفوذی مورد مطالعه در داخل سازند ریزو، دارای رنگ تیره و دامنه ترکیبی الیوین گابرو- تروکتولیت، الیوین گابرو تا گابرو- دیوریت هستند. سازند ریزو شامل یک ترادف رسوبی-آتشفشانی است که در محیط ریفتی نهشته شده است و جزء کوچکی از خرده قاره ایران مرکزی، در شمال بافق محسوب می‌شود. طی بررسی‌های پتروگرافی و سنگ‌شناسی سیل‌های مورد مطالعه دارای ترکیب مافیک هستند و عمدتاً حاوی کانی‌های الیوین، پیروکسن، آمفیبول (آمفیبول قهوه‌ای)، پلاژیوکلاز کلسیک و اپک برای سنگ‌های الیوین گابرو- تروکتولیت و کانی‌های پلاژیوکلاز متوسط تا سدیک، پیروکسن، آمفیبول و اپک برای سنگ‌های گابرو- دیوریت می‌باشند. با توجه به شواهد پتروگرافی و داده‌های ژئوشیمیایی، سیل‌های نفوذی درون سری ریزو دارای ماهیت آلکان هستند. در نمودارهای عنکبوتی، عناصر LREE دارای آنومالی مثبت بوده و الگوی REE آنها نسبتاً شبیه به الگوی ماگماتیسیم آلکان ریفت درون قاره‌ای آفریقا است. سیل‌های مورد مطالعه از یک فاز لرزولیتی غنی شده تحت شرایط ۱۲ تا ۱۴ درصد ذوب‌بخشی نشأت گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: سیل‌های مافیک، سری ریزو، ماهیت آلکان، ریفت، ایران مرکزی

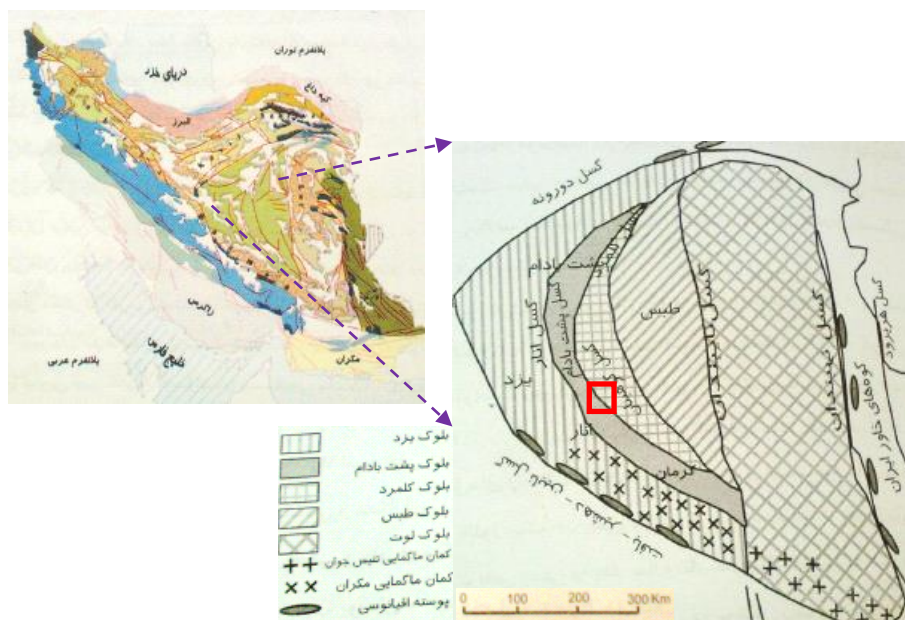
### ۱- مقدمه

شده در مورد چهارچوب منطقه پشت بادام به دو گروه مدل قدیمی و جدید تفکیک شده‌اند (Ramezani, 1977; Ramezani & Tucker, 2003). در مدل قدیمی (Houshmandzadeh, 1969; Stocklin, 1968, Haghypour & Pelissier, 1977; Nadimi, 2007) ساختار زمین‌شناسی منطقه بر فرازمین (هورست) و فروزمین (گرابن) هائی استوار گردیده که در آنها پی‌سنگ دگرگونی درجه بالای پرکامبرین به نام مجموعه چاودونی، در فرازمین‌ها رخمون یافته و فروزمین‌ها از رسوبات سبتر فانروزوئیک انباشته شده‌اند. در مدل جدید (Ramezani & Tucker, 2003; Kargaran et al., 2006; Kargaranbafghi et al., 2010, 2011; Verdel et al., 2007) فتاحی و همکاران، (۱۳۹۱) پیامد فروانش صفحه عربستان به زیر خرده قاره ایران مرکزی، با حاکمیت یک رژیم کششی و نازک‌شدگی پوسته، بالا آمدن سست کره را در پی داشته است.

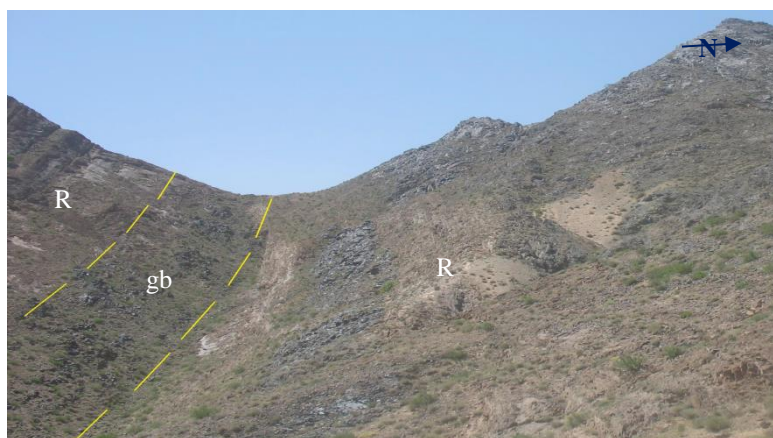
هدف این مقاله، معرفی، ارائه و بحث درباره داده‌های پتروگرافی، ژئوشیمی سیل‌های مافیک موردنظر بر اساس تحقیقات جدیدی که تاکنون بر روی این گونه سنگ‌ها انجام گرفته است می‌باشد. در پژوهش حاضر، توده‌های نفوذی تیره رنگ الیوین گابرو تا گابرودیوریتی بصورت سیل، درون سری‌های ریزو (تناوبی از رسوبات کربناته و سنگ‌های آذرآواری و ولکانیکی) مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

به منظور مطالعه ژئوشیمی و تعیین پتروژنز این سنگ‌ها، از تجزیه شیمیایی ICP-MS (کمپانی ALSchemex-کانادا)، برای عناصر کمیاب و نادر خاکی و تجزیه شیمیایی به روش XRF (دانشگاه تربیت مدرس) برای عناصر اصلی استفاده شده است (جدول ۱).

منطقه مورد مطالعه، در فاصله ۵۰ کیلومتری شمال بافق (ایران مرکزی) با مختصات جغرافیائی ۱۵'-۵۵° تا ۴۵'-۵۵° طول شرقی و ۴۵'-۳۱° تا ۱۵'-۳۲° عرض شمالی واقع شده است. از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ساختمانی، جزء پهنه زمین‌ساختی پشت بادام- کلمرد، در باختر خرده قاره ایران مرکزی محسوب می‌شود (شکل ۱). ایران مرکزی، بطور عمده دارای شکستگی‌های عمیق پوسته‌ای می‌باشد که در نتیجه کوهزائی کاتانگائی و فرآیندهای ولکانیسم، از جمله محصولات سری‌های ریزو، در ارتباط با این شکستگی‌ها شکل گرفته‌اند. سنگ‌های آتشفشانی مزبور ترکیب شیمیائی قلیائی دارند که می‌تواند حاکی از کافت‌های درون قاره‌ای در پوسته کراتونی ایران زمین باشد (آقانباتی، ۱۳۸۳). یکسری نفوذی‌های تیره رنگ گابروئی بصورت سیل، درون سری ریزو (تناوبی از رسوبات کربناته و سنگ‌های ولکانیکی، توف و گدازه (باباخانی و مجیدی، ۱۳۷۹))، در شمال و جنوب ده زیرگان مشاهده شده‌اند (شکل ۲). قابل ذکر است که تاکنون گزارش واضحی از این نفوذی‌ها، درون سری ریزو ارائه نشده است و البته در نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ اسفوردی (سپهلی و مهدوی، ۱۳۷۰)، به وجود نفوذی‌های گابروئی بدون تعیین محل قرارگیری، در حد سیل و استوک اشاره شده است. سازندهایی با ماهیت ریفتی در زمان پرکامبرین- اینفراکامبرین، در ایران مرکزی توسط محققین مختلفی گزارش شده است (از جمله درویش‌زاده، ۱۳۷۰؛ سامانی، ۱۳۷۱، Houshmandzadeh, 1969, Haghypour & Pelissier, 1977, Nadimi, 2007). بطور کلی بیشتر نظریه‌های مختلف مطرح



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه واقع در خرده قاره ایران مرکزی (با کادر قرمز مشخص شده است)، (آقانیاتی، ۱۳۸۳)

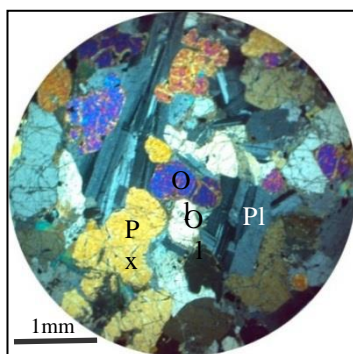


شکل ۲- سیل گابروئی (gb) درون سازند ریزو (R)، در شمال ده زیرگان

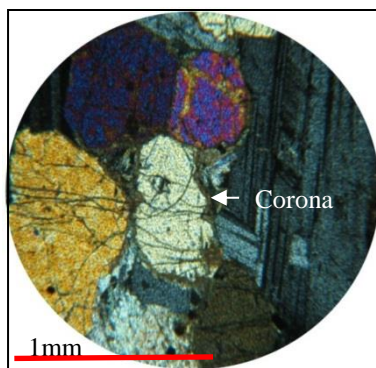
جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیائی، شامل ترکیبات عناصر اصلی (Wt%)، ترکیبات عناصر کمیاب و نادر خاکی (PPm) از سیل های نفوذی، الیون گابرو تا گابرو با code8، گابرو- دیوریت با code 4

		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	code
		0.43	1.72	0.17	1.42	1.56	5.65	20.98	11.93	9.24	42.92	8
		0.4	2.34	0.18	1.5	3.01	10.62	9.31	11.13	11.2	46.05	8
		0.5	2.68	0.18	1.03	3.46	11.21	9.6	11.36	11.9	45.07	8
		0.18	0.94	0.2	0.62	1.78	6.8	16.29	19.91	9.18	42.57	8
		0.573	2.206	0.177	2.71	2.01	8.27	10.21	12.58	10.35	48.47	8
		0.67	2.74	0.14	2.9	3.33	6.24	6.68	13.09	11.85	50.15	4
		0.859	2.357	0.147	1.64	4.61	4.22	3.98	12.79	14.19	51.91	4
Hf	Gd	Ga	Eu	Er	Dy	Cu	Cs	Cr	Co	Ce	Ba	code
4.1	4.35	13.1	1.39	1.68	3.02	72	1.3	900	135	62.1	533	8
5.6	8.53	17.9	2.7	2.99	5.68	99	0.91	390	82	114	818	8
6.7	7.35	20.2	2.47	2.87	5.64	26	0.51	590	42.3	92.9	518	8

2.6	2.68	12.6	0.87	1.04	2.42	180	0.23	1100	124.5	28	149	8
7	7.15	18.1	2.06	2.71	6.48	21	0.62	333	58	115	508	8
10.5	10.15	26.2	3.18	2.32	6.48	39	1.09	210	46.6	127.5	582	4
14	10.11	33				37	0.97	30	25	173	513	4
Ta	Sr	Sn	Sm	Rb	Pr	Ni	Nd	Nb	Lu	La	Ho	code
4.6	552	1	4.66	34.6	6.82	683	25.5	63.3	0.18	32.6	0.59	8
5.3	651	1	9.48	31.6	13.15	200	52.2	81.4	0.31	59	1.06	8
5.2	888	2	7.37	26.6	10.7	133	37.3	86.1	0.34	46.8	1.01	8
0.8	258	1	2.75	13.4	3.38	972	12.4	12.8	0.13	12.9	0.39	8
4.8	421	1	8.23	25.3	11	241	39	64	0.28	48	1.01	8
4.1	671	2	11.4	63.3	15.8	144	57.4	63	0.2	58.5	0.94	4
	372		11	67	20	49	42			60		4
		Zr	Zn	Yb	Y	W	V	U	Tm	Th	Tb	code
		170	126	1.3	15.5	2	178	0.89	0.2	4.02	0.61	8
		196	139	2.22	27.7	2	363	0.8	0.35	3.93	1.2	8
		261	123	2.23	26.7	6	241	1.23	0.36	5.92	1.03	8
		103	145	0.86	10.4	4	115	0.39	0.13	1.57	0.4	8
		234	127	1.92	26	5	280	0.91	0.2	3.98	0.7	8
		440	199	1.46	24.8	5	137	1.47	0.23	6.2	1.3	4
		346	130		34	2						4



شکل ۳- الیوین گابرو- تروکتولیت حاوی الیوین (ol)، پلاژیوکلاز (pl) و پیروکسن (px)، (xpl)



شکل ۴- بافت ظریف کرونا در حاشیه الیوین در سنگ اولیوین گابرو- تروکتولیت منطقه، (xpl)

## ۲- پتروگرافی

طبق بررسی‌های مقاطع میکروسکوپی، سیل‌های مافیک دامنه ترکیبی از الیوین گابرو- تروکتولیت، الیوین گابرو تا گابرو- دیوریت دارند. بافت‌های متنوع مانند افیتیک، پوئی کلیتیک، اینترگرانولار و گرانولار در سیل‌ها دیده می‌شوند. گاهی این سنگ‌ها تحت تأثیر نفوذ سیالات نهائی گازدار، در معرض تبدلات یونی قرار گرفته و گاه در درزه‌ها و فضاهای مناسب، کانی‌های دانه درشت و پگماتوئیدی متبلور شده‌اند.

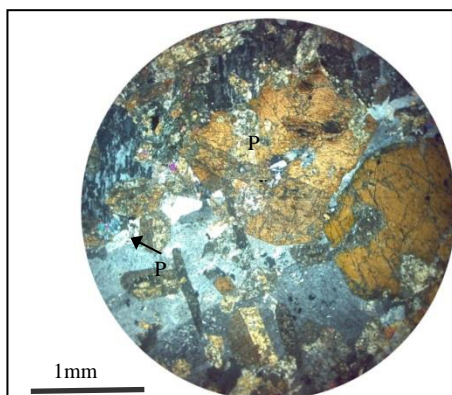
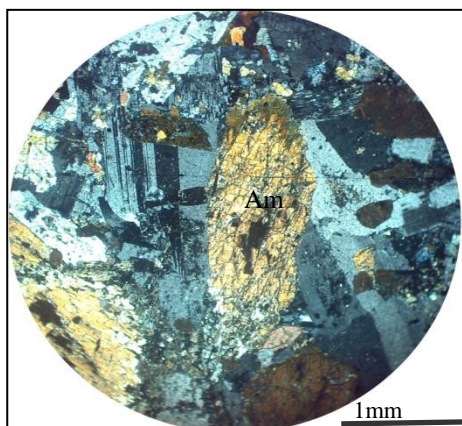
### ۲-۱- اولیوین گابرو- تروکتولیت

پلاژیوکلاز: کلسیک، الیوین و کلینوپیروکسن از جمله کانی‌های اصلی این سنگ‌ها بشمار می‌روند (شکل ۳). بلورهای الیوین شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار، دارای درزه‌های فراوان با رنگ داخلی سری سوم و احتمالاً از نوع کریزولیت می‌باشند. بندرت دارای حاشیه واکنشی ضعیف (کلیفتی) و بافت کرونا (حاشیه قهوه‌ای رنگ ایجاد شده، احتمالاً از جنس هورنبلند و پیروکسن) هستند (شکل ۴). چنین بافتی غالباً حاصل واکنش ناتمام کانی درونی با مذاب یا سیالات است که منجر به تشکیل کانی بیرونی (هاله) می‌گردد (Mackenzie, 1987). وجود الیوین زیاد، ترکیب سنگ را به تروکتولیت نزدیک می‌کند.

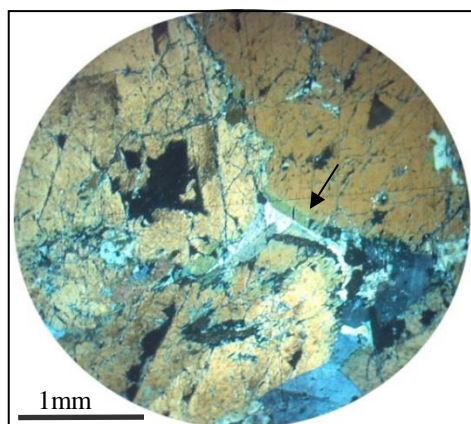


## ۲-۲- الیوین گابرو

بعضی از این سنگ‌ها در اثر متامورفیسم برگشتی در حد شیست سبز (بطور ضعیف)، متحمل اپیدوت‌زائی و آلبیتی شدن پلاژیوکلاز، اورالیتی شدن پیروکسن و تبدیل آمفیبول قهوه‌ای به طور حاشیه‌ای به آمفیبول سبز، شده است (شکل ۷).



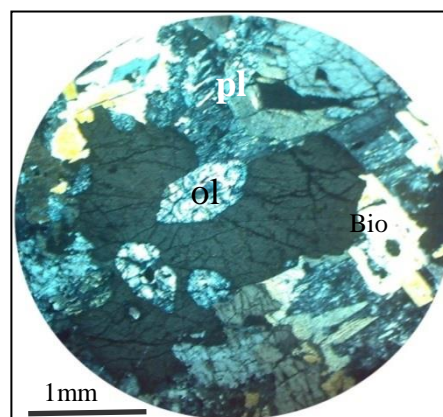
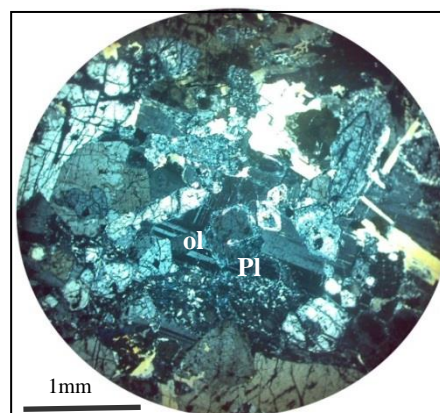
شکل ۶- آمفیبول‌های قهوه‌ای و پیروکسن همراه با پلاژیوکلاز در گابرو- دیوریت، (xpl)



شکل ۷- وجود متامورفیسم برگشتی ضعیف، تبدیل آمفیبول قهوه‌ای به آمفیبول سبز در حاشیه کانی، (xpl)

این سنگ‌ها حاوی کانی‌های پیروکسن (تبدیل شده به آمفیبول قهوه‌ای)، اولیوین و پلاژیوکلاز کلسیک (لابرادوریت و بایتونیت) هستند. بلورهای الیوین از طریق درز و شکاف به سرپانتین، کلریت و اکسید آهن تبدیل شده‌اند. آمفیبول‌های حاصل از تبدیل کلینوپیروکسن اولیه به عنوان بلورهای میزبان (Oikocryst)، و گهگاه پلاژیوکلازها، بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار الیوین را به عنوان بلورهای مهمان (Chadacrysts)، به صورت پوئیکلیتیک در بر گرفته‌اند (شکل ۵).

کانی‌های اپک و از جمله اکسیدهای Ti-Fe و تیتانیت، به عنوان کانی‌های فرعی کم و بیش حضور دارند. بیوتیت و آمفیبول مجدداً، بطور بخشی یا کامل، به کلریت تبدیل شده‌اند و هیدروکسید آهن و کلسیت نیز از کانی‌های ثانویه هستند.

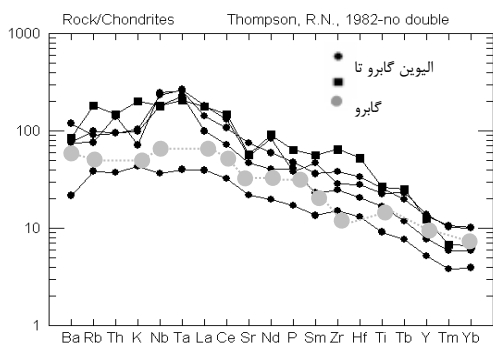
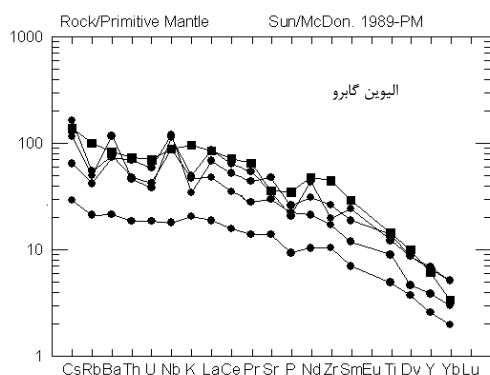


شکل ۵- الیوین گابرو حاوی بلورهای اولیوین (ol) سرپانتینیزه شده در پیروکسن (px) و پلاژیوکلاز (pl) با بافت پوئیکلیتیک، (xpl)

## ۲-۳- گابرو- دیوریت

در این سنگ‌ها، کانی‌های اصلی پلاژیوکلاز با ترکیب آندزین و الیگوکلاز و به مقدار کم آلکالی فلدسپار (ارتوز) و کانی‌های مافیک از نوع بیوتیت، آمفیبول و گاه پیروکسن‌های دگرسان شده، حضور دارند (شکل ۶).

با استفاده از نمودارهای عنکبوتی; Sun and Mc Donough, 1989; (Thompson, 1982)، غنی‌شدگی از عناصر ناسازگار در سنگ گابرو دیوریتی نسبت به گابروها و بخصوص الیون گابرو- تروکتولیت، کاملاً مشخص است و در نتیجه، نقش فرایند تبلوربخشی و خویشاوندی گابرو- دیوریت و گابروها، در سری آلکان را نشان می‌دهد. بطور کلی، در این نمودارها عناصر LREE دارای غنی‌شدگی بوده و الگوی REE ماگمای آلکان نسبتاً شبیه به الگوی ماگماتیسیم آلکان ریفت درون قاره‌ای آفریقا (Baker et al., 1977) است، که از چپ به راست کاهش عناصر ناسازگار مشاهده می‌شود و از یک فاز لرزولیتی تحت ذوببخشی غنی شده می‌باشند (Wilson, 1989). به عبارتی، در سنگ‌های آلکان مورد مطالعه، از نظر الگوی عمومی توزیع عناصر، شباهت‌هایی دیده می‌شود. بعلاوه، اکثر آنها دارای آنومالی مثبت و شاخص از عناصر Ta و Nb هستند، که این خصوصیت مربوط به ماگماتیسیم آلکان و محیط درون قاره‌ای می‌باشد و به سنگ‌های گوشته غنی (McDonough and Frey, 1989) شباهت دارد. به نظر Cox & Hawkesworth, (1985) فراوانی Nb و Ta می‌تواند به علت پوستانه‌ای بر روی مذاب باشد. الگوی REE در سنگ اولیون گابرو (نزدیک به تروکتولیت) که پائین‌ترین و تهی‌ترین الگو است می‌تواند از تمرکز کانی‌های مافیک (از جمله اولیون) ناشی شده باشد. بنابراین، ارزش D برای REE در آن، کمتر از ۰/۱ می‌باشد (Wilson, 1989) (شکل ۱۰).

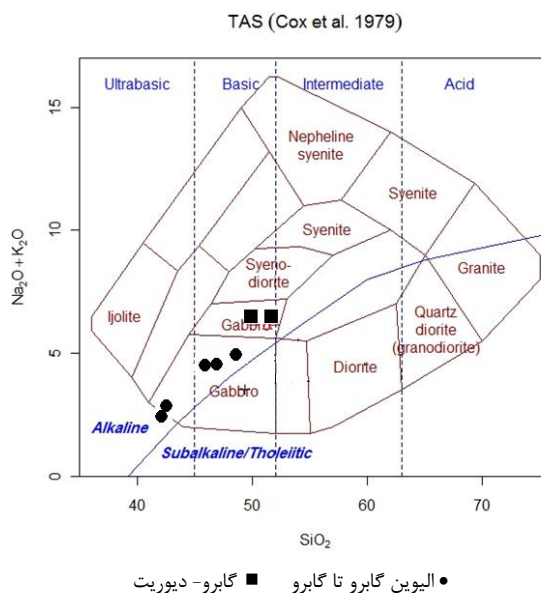


شکل ۱۰- اسپایدرگرام مربوط به ماگماتیسیم آلکان منطقه و مقایسه با آلکانی بازالت ریفت آفریقا (Sun and Mc Donough, 1989 و Thompson, 1982)

بررسی‌های پتروگرافی در کانی‌شناسی و بافت‌شناسی سیل‌های مافیک (الیون گابرو تا دیوریت گابرو)، الیون‌های نسبتاً پایدار و همچنین آمفیبول‌های درشت قهوه‌ای احتمالاً از نوع کرسوتیت، می‌توانند شواهدی دال بر ماهیت قلیائی بودن (معین وزیری، ۱۳۷۷) سیل‌های موردنظر باشند.

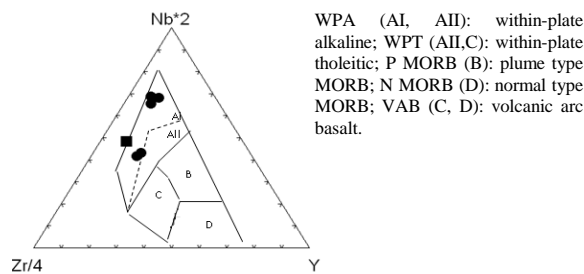
### ۳- ژئوشیمی

Cox et al., (1979) از نمودار TAS (مجموعه عناصر آلکان در برابر سیلیس) برای ارائه یک طبقه‌بندی مقدماتی سنگ‌های نفوذی آذرین استفاده کرده است. نمونه‌های مورد بررسی (سیل‌های نفوذی در سری ریزو) در این نمودار در محدوده‌های گابرو- گابرو دیوریت از اولترابازیک تا بازیک قرار گرفتند (شکل ۸). در همین نمودار سری‌های ماگمایی آلکان و ساب‌آلکان از هم جدا می‌شوند. سنگ‌های موردنظر از نوع آلکان محسوب می‌شوند.



شکل ۸- طبقه‌بندی ژئوشیمیایی و اسامی سنگ‌های نفوذی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نمودار TAS (Cox et al., 1979)

برای تعیین موقعیت تکتونیکی طبق نمودار متمایز کننده انواع بازالت‌ها بر اساس Zr-Nb-Y (Meschede, 1986)، سیل‌های گابروئی در محدوده درون صفحه‌ای قرار می‌گیرند (شکل ۹).



شکل ۹- تعیین محیط تکتونیکی بازالت‌ها (Meschede, 1986)

شواهد پتروگرافی مانند وجود کانی آمفیبول قهوه‌ای (احتمالاً کرسوتیت) و الیون‌های نسبتاً سالم، همراه با شواهد ژئوشیمیایی، ماهیت آلکان این نفوذی‌ها را نشان می‌دهند. با توجه به شواهد صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی سیل‌های نفوذی درون ریزو؛ متعلق به سری آلکان؛ جوان‌تر از سری ریزو ولی با همان ماهیت دارای محیط ریفت درون قاره‌ای با منشا عمدتاً گوشته‌ای و نرخ پائین درجه ذوب‌بخشی هستند. احتمالاً سیل‌های موردنظر از ذوب گوشته غنی شده با ترکیب گارنت لرزولیت تولید شده‌اند.

## مراجع

آقاباتی، س. ع. ۱۳۸۳، "زمین‌شناسی ایران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۲ صفحه.

درویش‌زاده، ع. ۱۳۷۰، "زمین‌شناسی ایران" انتشارات نشر دانش‌آموز، ۹۰ صفحه.

سامانی، ب. ۱۳۷۱، "معرفی سازند ساغند با رخساره ریفتی و جایگاه چینه‌نگاری آن در پرکامبرین پسین ایران مرکزی" فصلنامه علوم زمین، شماره ۶، صفحات ۳۲-۴۵.

سهیلی، م.، مهدوی، م. ا. ۱۳۷۰، "شرح نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ اسفوردی" سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

فتاحی، ا.، رشیدنزاد عمران، ن.، مسعودی، ف. ۱۳۹۱، "سنگ‌نگاری، ژئوشیمی، منشا و جایگاه زمین‌ساختی مجموعه نفوذی خوشمی-درانجیر" جنوب باختر ساغند (ایران مرکزی)، مجله علوم زمین، شماره ۸۶، صفحه ۲۴۵ تا ۲۶۰.

مجیدی، ج.، باباخانی، ا. ر. ۱۳۷۹، "شرح نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ آریز" سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

معین‌وزیری، ح. ۱۳۷۷، "پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین" انتشارات دانشگاه تربیت معلم، ۵۴۴ صفحه.

هوشمندزاده، ع. ۱۳۶۷، "مقدمه‌ای بر زمین‌شناسی ناحیه بیابانک-بافق" سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش داخلی، ۵۳ صفحه.

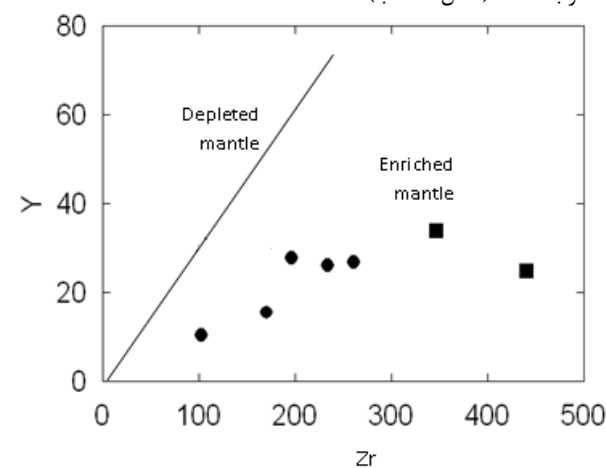
**Baker, B. H., Goles, G. G., Leeman, W. P. and Lindstrom, M. M., 1977, "Geochemistry and petrogenesis of abasalt-benmoreite-trachyte suite from the southern part of the Gregory Rift", *Kenya. Contrib. Mineral. Petrol.* 64, P.303-32.**

**Cox, K. and C, Hawkesworth, 1985, "Geochemical stratigraphy of the Deccan Traps at Mahabaleshwar, Western Ghats, India, with implication for open system magmatic processes", *Journal of Petrology.* 26 (2): P.355-377.**

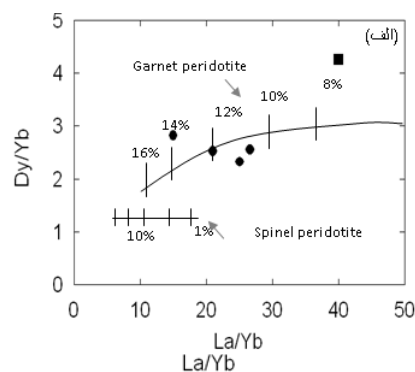
**Cox, K. G., et al., 1979, "The inter pretation of the igneous rocks", *George Allen & unwin, London, P. 450.***

**Haghipour, A. and pelissier, G., 1977, "Geology of the saghand sector", in Haghipour, A., Valeh, N., Pelissier, G., and Davoudzadeh, M., editors, *Explanatory text of the Ardecan Quadrrangle Map; Geological survey of Iran, H8, P. 10-68***

در نمودار تفکیک منشأ غنی شده از تهی شده، با استفاده از نسبت  $Y/Zr$  (Sun & Mc Donough, 1989)، نمونه‌های مافیک آلکان در محدوده مذاب‌های بخشی حاصل از گوشته غنی شده قرار می‌گیرند (شکل ۱۱). همچنین در نمودار  $La/Yb$  و  $Dy/Yb$  (Thirwall et al., 1994). جهت تعیین درجه ذوب‌بخشی منشأ ماگمای تشکیل‌دهنده، نمونه‌های کمتر تفریق یافته گابروئی، ذوب ۱۲ تا ۱۴ درصد ذوب‌بخشی گوشته را نشان می‌دهند (شکل ۱۲-الف). در نمودار  $La/Yb$  (Peters et al., 2008)، بدون در نظر گرفتن مقدار درجه ذوب‌بخشی، می‌توان ذوب گوشته گارنت لرزولیت را نقش اساسی در تولید نمونه‌های مافیک آلکان، محسوب داشت (شکل ۱۲-ب).



شکل ۱۱- نمودار تفکیک منشأ گوشته غنی و تهی شده (Sun & Mac Donough, 1989)



شکل ۱۲- الف- تعیین درجه ذوب‌بخشی سنگ‌های منشأ (Thirwall et al., 1994). ب- تعیین نوع سنگ منشأ مداخله کننده در تولید ماگما (Peters et al., 2008)

## نتیجه‌گیری

سیل‌های مافیک، با ترکیب الیون گابرو- تروکتولیت، گابرو و گابرو- دیوریت، درون سری ریزو (تناوب کربنات و ولکانیک) جایگیر شدند. ترکیب کانی‌شناسی آنها، عمدتاً شامل: پلاژیوکلاز، الیون، پیروکسن، آمفیبول (آمفیبول قهوه‌ای) و بیوتیت می‌باشد.

- Houshmandzadeh, A., 1969**, "Metamorphism etgranitisation du massif chapedony (Iran central)": *These Doc, Univ. Grenoble*, P.242.
- Kargaran, F., Neubauer, F., Gesner, J., Houshmandzadeh, A., 2006**, "The eocenchedony metamorphic core complex in central Iran: preliminary structural results", *Geophysical Research Abstracts*, 8, 05008, 2006.
- Kargaranfahghi, F., Neubauer, F. and Gesner, J., 2010**, "Mesozoic and Eocene ductile deformation of western Central Iran": *from Cimmerian collisional orogeny to Eocene extension and exhumation*. *Geophysical Research Abstracts*, 12, EGU-2010-6268, 2010.
- Kargaranfahghi, F., Neubauer, F., Gesner, J., 2011**, "Cenozoic kinematic evolution of southwestern Central Iran: Strain partitioning and accommodation of Arabia-Eurasia convergence", *Tectonophysics*, 502, P.221-243.
- McDonough, W.F. and Frey, F. A., 1989**, "Rare earth element in upper mantle rocks. In: Lipin, B. R. And Mckay", G. A. (eds), *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements. Reviews in Mineralogy. Mineralogical society of America. Volume 21*, P.99-145.
- Meschede, M., 1986**, "A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram", *Chem. Geol.*, 56, P.207-218.
- Mackenzie, D. p., 1987**, "Some remarks on the development of sedimentary basins", *Earth Plants. Sci. Lett.* 40, P.25-32.
- Nadimi, A. R., 2007**, "Evolution of the central Iranian basement", *Gondwana Research*, 12, P.324-333.
- Peters, T.J., Menzies, M., Thirwall, M., Kyle, Ph. R., 2008**, "Zuni-Bandera volcanism, Rio Grande, USA- Melt formation in garnet- and spinel-facies mantle straddling the asthenosphere-lithosphere boundary", *Lithos journal*.20: P.295-315.
- Ramezani, J. and Tucker, R., 2003**, "The Saghand region, central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana tectonics", *American journal of science*, 303: P.622-665 .
- Ramezani, J., 1997**, "Regional geology, geochronology and geochemistry of the igneous and metamorphic rock suites of the Saghand area, central Iran", *Ph.D these, Washington Univ.* P.387.
- Stocklin, J., 1968b**, "Structural history and tectonics of Iran": *A review. American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 52, P.1229-1258.
- Sun, S., McDonough, W. F., 1989**, "Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implication for Mantle composition and processes", In: *Saunders A. D., and Norry M. J., (eds), Magmatism in ocean basins. Geo.Soc. London. Sepec. Pub. 42, P. 313-345.*
- Thirwall, M.F, Upton, B. G. J., Jenkines, C., 1994**, "Interaction between continental lithosphere and the Iceland plume-Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of Tertiary basalts", *NE Greenland. Journal of petrology* 35, P.839-879.
- Thompson R. N., 1982**, "British Tertiary volcanic province", *Scott. J. Geol.*, 18: P.49-107.
- Verdel, C., Wernicke, B. P., Ramezani, J., Hassanzadeh, J., Renne, P. R., Spell, T.I., 2007**, "Geology and thermochronology of Tertiary Cordilleran-Style metamorphic core complexes in the Saghand region of Central Iran", *Geological Society of America Bulletin*, 119, P.961-977.
- Wilson, M., 1989**, "Igneous petrology", *Chapman & Hall, London, P.446.*