

نگرشی بر پتروولوژی توده نفوذی دهکده گجد و ولکانیک های اطراف

نوشته: مهین منصورى اصفهانى*

و دکتر ایرج نوربهبشت**

PETROLOGY OF GOJED INTRUSIVE AND ASSOCIATED VOLCANICS

BY: M. Mansouri Esfahani*
and Dr. I. Norbeheshi**

Abstract

The studied area located about 100km east of Isfahan and 40km southwest of Nain. Based on the geochemical data the rocks of area which have injected in volcanic and pyroclastic rocks, are not tonalite (as reported by Geological Survey of Iran), but they are monzogranite.

As a result of contact metamorphism of these rocks with the country rocks, a low grade Albite- Epidote hornfels facies have been developed. The presence of microgranular enclaves and variable content of SiO_2 , K_2O , CaO , Sr , Rb , Zr , in different facies of the igneous rocks might be an indication of magmatic contamination.

By using different diagrams, all the rocks have calc-alkaline trend with bimodal origin. Basic and acidic rocks have produced from partial melting of mantle and crust respectively.

The granitoids of the region corresponded to Cordilleran type granitoids that have tectonically characterized as plate margin.

Based on overall geochemical and mineralogical studies, it has been concluded that, the plutonic massives have probably produced in continental margin with continental arc magmatic nature, corresponding of the Andean- type. Therefore, these intrusive rocks could be produced in relationship with subduction Neotethys oceanic crust, underneath continental crust of Iran platform.

* Geology Department, Isfahan University.

* گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان.

** Faculty of Mining, Isfahan University of Technology.

** دانشکده معدن - دانشگاه صنعتی اصفهان.

چکیده

گستره مورد بررسی در ۱۰۰ کیلومتری خاور اصفهان و ۴۰ کیلومتری جنوب باختری نائین قرار گرفته است. بر پایه داده‌های ژئوشیمیایی سنگهای منطقه، توده نفوذی که به درون ولکانیکها و پیروکلاستها نفوذ کرده، موزوگرانیت می‌باشد. بر خلاف آنچه که در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ جنوب نائین به عنوان ثونالیت گزارش شده است. این توده در همبزی این نگرگونی ضعیفی با زخساره آلپیت-اپیدوت هورنفلس را ایجاد نموده است. وجود اندکلاوهای میکروگرانولر و نیز بی نظمی میزان SiO_2 , O_2 , CaO , Sr , Rb , Zr ، انواع مختلف سنگهای ناحیه، نشانگر آرایش ماگمایی می‌باشد. با استفاده از دیاگرامهای مختلف، کلیه سنگها دارای روند کالکوالکالین بوده و خاستگاه دوگانه دارند، به گونه‌ای که سنگهای بازیگ و اسید پتربیت از پدیده گذار بضضی گوشته و پوسته حاصل شده‌اند. گرانیتوئیدهای گستره مورد بررسی با روند گرانیت‌های کریلرایبی که از دیدگاه تکتونیکی نشانگر حاشیه قاره‌ای می‌باشد همخوانی دارد. این سنگها از نظر کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی همانند گرانیت‌های نوع ۱ بوده و می‌توان آنها را گرانیت‌های کوهزایی (orogenic) در نظر گرفت. بر پایه مطالعه کلی ژئوشیمیایی و مینرالوژی گمان می‌رود که این توده پلوتونیک در حاشیه قاره با طبیعت ماگماتیک کمان قاره‌ای (Continental Arc Magmatic) با نوع آندین (Andean) مطابقت داشته باشد. بنابراین، این سنگهای نفوذی احتمالاً می‌توانند در پیوند با پدیده فروارزش صفحه اقیانوسی دریای نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای پلاتفرم ایران حاصل شده باشد.

۱- مقدمه

می‌شود. سنگهای آتش‌فشانی آندزیتی همراه با توف در بخش جنوب به‌کنده گُجد تا خاور آن گسترش دارد. گدازه داسیتی و آلکالی فلدسپات ریولیت و توفهای برشی شده بر پیرامون روستای رستم آباد و کوه حیدرآباد برونزد دارد. ولکانیکهای بازالتی با ترکیب شیمیایی مغالبل کوارتز کابرو، موزوگابرو، کوارتز موزوگابرو یا سن ائوسن در کوه سره، کوه داپار و کوه حیدرآباد باروند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری برونزد پهنآوری دارد. توف ولکانیتی با ترکیب ریولیت - داسیت و آندزیت با روند شمال باختری - جنوب خاوری در شمال و شمال خاوری منطقه دارای گسترش وسیعی می‌باشد. همچنین شماری دایک با ترکیب بیابازی توده‌های یادشده را قطع می‌کند.

سنگهای بازیگ نئوژن و پلیوسن از کوارتز کابرو و بازالت ایندزیتی شده همراه با توفهای برشی شده و توده‌های نفوذی از نوع موزوگرانیت هستند (بااستفاده از دیاگرام‌های "TAS1990", "QAPF * Streckeisen 1990"). این سنگها در باختر محدوده مورد بررسی خاور و جنوب خاوری تودشک، جوشقان و جنوب گریده ملااحمد و در سرتاسر شمال گُجد گسترش وسیعی دارند.

محدوده مورد بررسی از نظر جایگاه تکتونیکی در بین دو گسله اصلی دهمشیر- بانفت و قم- زفره قرار گرفته است. گسله‌های فراوان دیگری بلندی‌های آذرین و رسوبی آن را با روندهای شمال باختری- جنوب خاوری دچار شکستگی و جابجاشدگی نموده‌اند.

برخی از این گسله‌ها موجب جای گرفتن نهشته‌های رسوبی در کنار سنگهای آذرین شده است. شیب لایه‌های توفی در بخش شمال خاوری

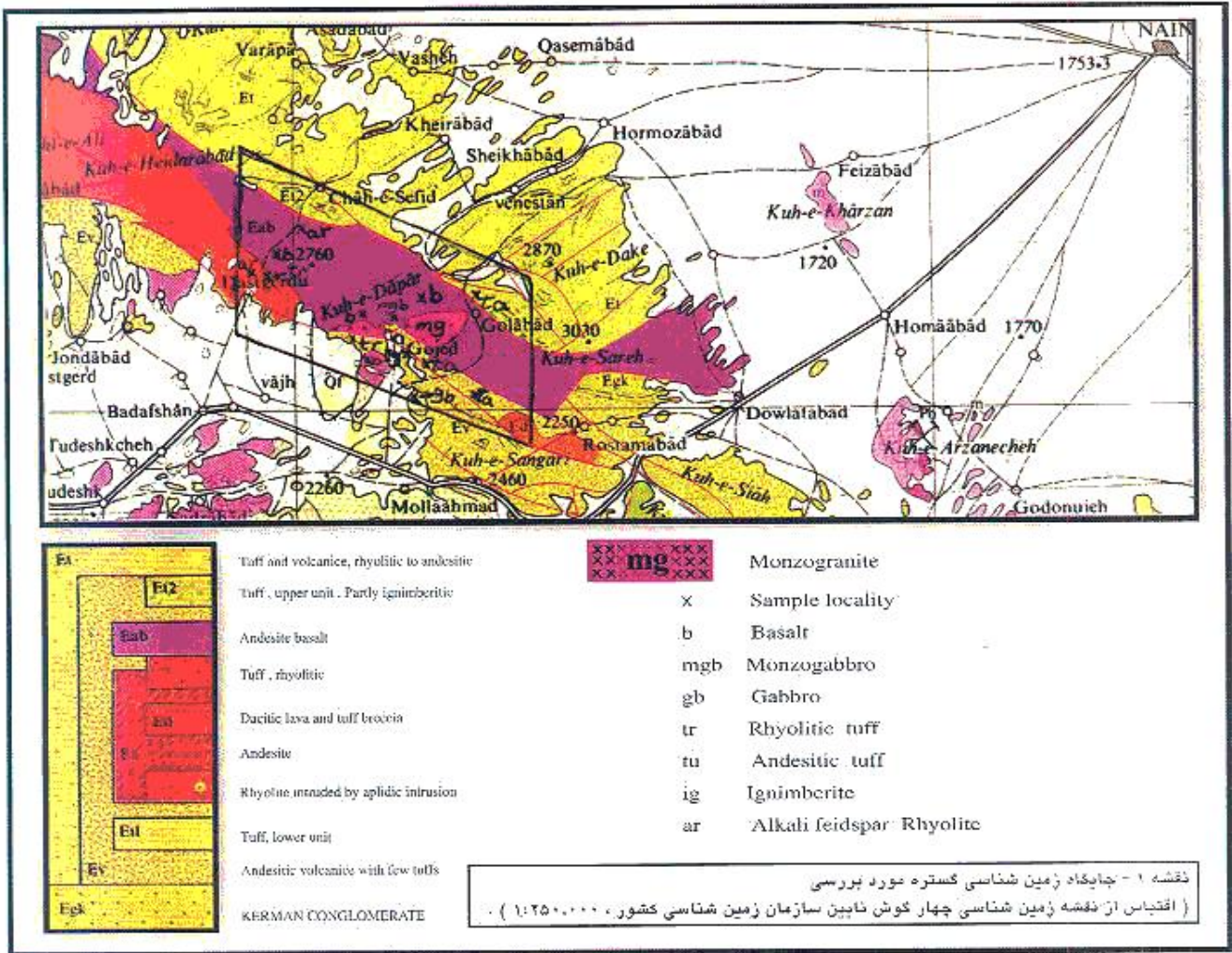
گستره نائین به دلیل وجود اقیولیت‌های شمال آن و همچنین ویژگیهای زمین‌شناسی و جایگاه آن در زون ارومیه- دختر مورد بررسی زمین‌شناسان چندی قرار گرفته است (برای نمونه نگاه کنید به Nabavi et al., 1979, Huber 1953).

به نظر می‌رسد که بررسی دقیق این گستره از دیدگاه زمین‌شناسی، تکتونیکی و پترولوژی بتواند روشنگر بسیاری از مسائل راجع به موقعیت صفحات و پیامدهای آنها در این ناحیه باشد. در این راستا با گردآوری ۱۰۵ عدد نمونه، بررسی توده نفوذی گُجد آغاز و مطالعات دقیق کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی، تغییرات شیمیایی تعدادی از آنها توسط آزمایشهای اسپکترومتری، میکروپروپ کانی‌ها و روش XRF صورت گرفته و نتایج آنها در نمودارهای مختلف و جدول‌های متعددی به کار گرفته شده است.

گستره مورد بررسی بر ۴۰ کیلومتری جنوب باختری نائین و ۱۰۰ کیلومتری خاور اصفهان در محدوده‌ای با طول جغرافیایی '۴۸° ۵۲ و '۴۹° ۵۲ و عرض جغرافیایی '۴۸° ۳۲ و '۵۰° ۳۲ جای دارد.

۲- جایگاه زمین‌شناسی

محدوده مورد بررسی در نوار آتش‌فشانی ارومیه- دختر در کناره باختری ایران مرکزی قرار دارد. در حوالی خاوری آن، برونزد نسبتاً کوچکی از جنس کنگلومرا (معادل کنگلومرای کرمان) با سن پالئوسن دیده



مونزوگرنیت، گرانودیوریت، آلکالی فلدسپات گرانیت و مونزوگرنیت می‌باشد. ترکیب اصلی توده‌های نفوذی که در بین ولکانیک‌ها و پیروکلاست‌ها نفوذ نموده است طبق شواهد ژئوشیمیایی به طور عمده مونزوگرنیت است (جدول ۱) که گاهی تا گرانودیوریت تغییر می‌یابد. کانی‌های مافیک موجود در سنگ دارای مقادیر متفاوت بوده و در بیشتر سری‌های پادشده شامل آمفیبول و بیوتیت است. در بیشتر نمونه‌هایی که وابسته به کنار توده نفوذی می‌باشد، آثار خردشدگی بادانه‌بندی ریز (بافت میکرو گرانولر) و پدیده دگرسانی به چشم می‌خورد، به گونه‌ای که به سبب نفوذ توده مونزوگرنیتی ناشی از پدیده اتوماتورفیزم و پدیده اورالیتی شدن، کانی ترمولیت و آکتینولیت حاصل شده است.

همچنین بیوتیت‌ها نیز در این قاز به کلیت از نوع رپیدولیت (Rapidolite) و فلدسپات‌ها به سریسپت تجزیه شده‌اند. گاهی کانی

توده نفوذی (شمال دهکده گل آباد) به سمت شمال خاوری و شیب لایه‌های توفی در بخش شمالی دهکده حسن آباد به سوی جنوب باختری است. با توجه به دیدارهای صحرائی کاملاً مشخص است که توده‌های نفوذی، لایه‌های توفی و ولکانیک‌های منطقه را برزیده‌اند، بنابراین سن توده‌های نفوذی چندین از سری‌های یادشده است. سن مطلق این سنگ‌ها تعیین نشده است (نقشه ۱).

۳- سنگ‌شناسی

۳-۱ سنگ‌های پلوتونیک

گروه‌های مختلف سنگ‌های پلوتونیک منطقه مورد بررسی شامل مونزوگابرو، کوارتز گابرو، آلکالی فلدسپات کوارتزسپت، کوارتز

Oxides	TW4	T2	C16	T6	T9	Nomenclature	TW4	T2	C16	T6	T9
SiO ₂	68.30	70.56	71.31	76.00	78.00	Q	28.57	29.83	31.48	45.01	48.60
TiO ₂	0.35	0.32	0.31	0.35	0.31	dt	14.89	16.02	17.43	8.45	8.43
Al ₂ O ₃	14.00	13.36	13.05	10.68	8.45	Ab	27.75	29.53	27.75	23.44	21.66
Fe ₂ O ₃	1.85	1.86	1.84	1.89	1.58	An	16.04	12.78	12.17	12.49	10.7
FeO	2.16	1.87	1.85	1.68	1.41	Di	3.69	6.79	5.66	4.51	6.32
MnO	0.07	0.06	0.06	0.08	0.07	Hy	3.86	1.62	2.15	3.77	2.13
MgO	1.47	1.37	1.30	1.54	1.78	Mt	2.68	2.69	2.67	2.71	2.68
CaO	1.40	4.55	4.09	3.80	3.80	Il	0.66	0.61	0.59	0.66	0.56
Na ₂ O	3.29	3.49	3.28	2.77	2.56	Ap	0.44	0.49	0.40	0.25	0.28
K ₂ O	2.52	2.71	2.95	1.43	1.43	%An	37	30	30	35	32
P ₂ O ₅	0.19	0.21	0.17	0.11	0.12						
Total	98.59	100.36	100.31	100.33	100.78	Total	98.59	100.36	100.3	100.32	100.78

جدول شماره (۱) ترکیب شیمیائی و کانیهای نورا تپو مونزوگرانیت جنوب غربی نائین.

۳-۲ سنگهای آتش فشانی

گروههای مختلف سنگهای کدازه‌های منطقه مورد بررسی شامل انواع بازالت، آندزیت پیروکسن‌دار، کوارتز آلکالی فلدسپات تراکیت، آلکالی فلدسپات ربولیت و انواع آنراواری شامل توف آندزیتی، توف باسیستی، توف ربولیتی، توف آلکالی فلدسپات ربولیت و توفهای اسیدی باتلور مجیدو اینگنبریت می‌باشد.

سنگ های آتش فشانی بر بخش خاوری و باختری توده نفوذی پراکنده شده‌اند. و توفها نیز به صورت گسترده‌ای سرتاسری بخش نفوذی را فراگرفته‌اند و همان‌گونه که مشخص است توده نفوذی سری سنگهای آتش‌فشان‌ی را قطع نموده است. از بین سنگهای آتش‌فشان‌ی کدازه‌ای، بیشترین حجم شامل انواع بازالت بوده و بیشترین حجم توف از گونه توفهای آندزیتی و توفهای ربولیتی است.

در همبری بخش توده نفوذی و سنگهای آتش فشانی یافت گرافیکی در سنگ های گرانیتی وجود دارد که نشانگر تزریق این توده در ژرفای کم است. هم چنین بنا به عقیده بنا به عقیده (Augudithis 1966) این پدیده می‌تواند به علت فرایند متاسوماتیک و پدیده تبلور مجدد باشد. (این یافت در بخشی از نمونه‌های مربوط به کناره توده نفوذی تشکیل گردیده است) (عکس ۴).

۴- ژئوشیمی

به منظور بررسی ژئوشیمیایی سنگهای پلوتونیک و آتشفشانی ناحیه بترتیب ۱۱ و ۱۷ نمونه به روش اسپکترومتری و ۷ نمونه به روش

زیئولیت زیراتر محلول‌های دارای Ca, SiO₂ قرار گرفته و تشکیل اپیپوت از نوع کلینوزویت‌زیت داده است (Deer 1971) (عکس ۱).

وجود یافت کاتاکلاستیک و فرم خردشدگی کانیها بعلت تأثیر پدیده تکتونیک پس از سردشدن کانیها می‌باشد. تشکیل رگه‌های آپلیت در توده های نفوذی منطقه حاصل مایع باقی مانده از تبلور توده آنرین است. ترکیب گرانیتی منطبق با نسبت (Ab/An > ۲/۵) و وابسته به آخرین مرحله تبلور می‌باشد (Von Platan, 1965).

توده نفوذی شامل قطعاتی از زیئولیت‌های با یافت دانرینز است که بر طبق پیشنهاد (Didier 1973) به این اشکال، انگلوزیون یا انکلواهای مافیک نیز گفته می‌شود.

(Vernon et al., 1988), Poli et al., (1989) معتقدند که انکلواهای میکروگرانولر غالباً بر پلوتون های گرانیتوئیدی که وابسته به جایگاه تکتونیک برخوردار است، گسترش دارند.

انکلواهای ریز دانه موجود در توده نفوذی از نظر سنگ‌شناسی دارای انواع زیراست:

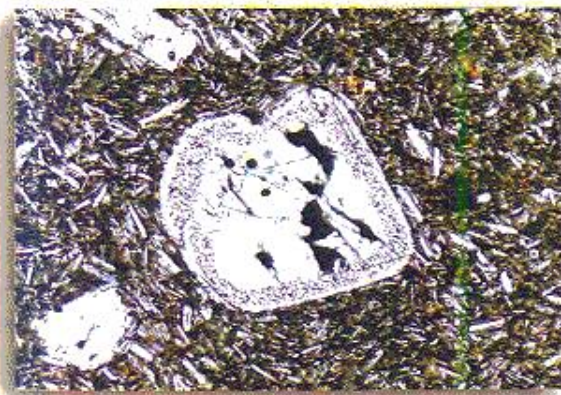
کوارتز مونزوگابرو، کوارتز مونزونیت، بیوریت تا مونزونیت و گرانوبوریت بیوتیت و آمفیبول دار. همچنین گزنوکریستال‌های اولیوین که توسط اینگزیت جانشین شده و پیروکسن و بیوتیت به صورت مجموعه‌هایی در متن کوارتز آلکالی فلدسپات سینیت وجود دارند مشخص کننده دوگانگی (Bimodal) ترکیب ماگمایی است (عکس ۲) وجود میان بارهای غباری (Dusty zorie) بر پلاژیوکلاز سنگهای میانه و بازیگ نیز نشانگر پدیده بازگداز (Resorption) بوده و گواه بر آلودگی و آلابش ماگماها است (عکس ۳).



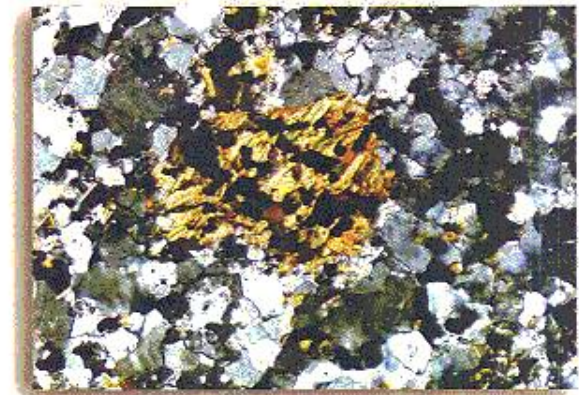
عکس ۲- تشکیل یافت میکروگرانیک گرانیت در بخشی از نمونه های مربوط به حاشیه غربی توده نفوذي کچند .



عکس ۱- تشکیل کانی اپیدوت (کلینو زونیویت) از کانی اپیدولیت ناشی از تاثیر محلول های حاوی Ca و SiO_2



عکس ۴- کانی بلاژیوکلاز یا میانبارهای غباری در سنگ بازلیک (بازالت).



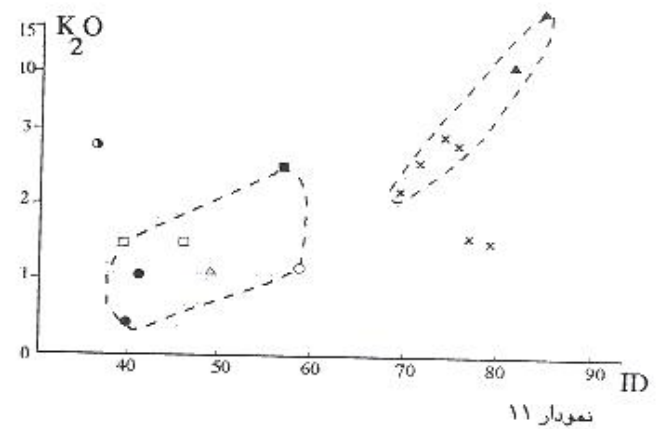
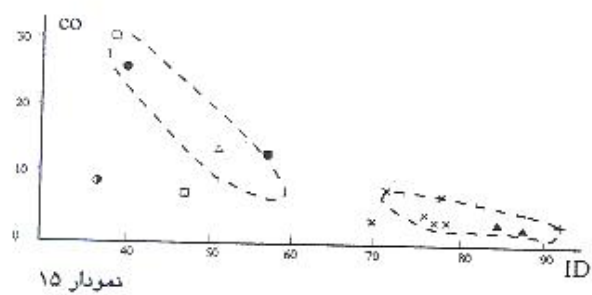
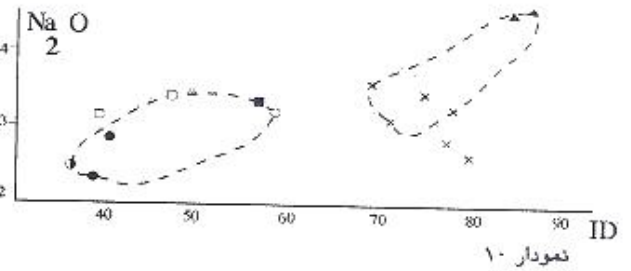
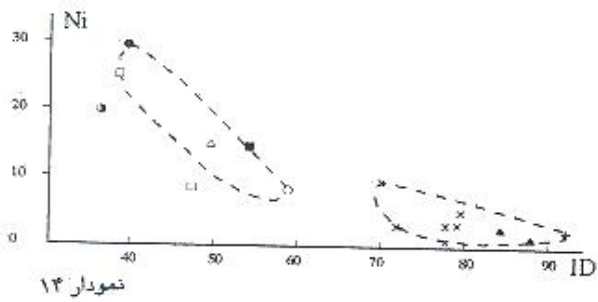
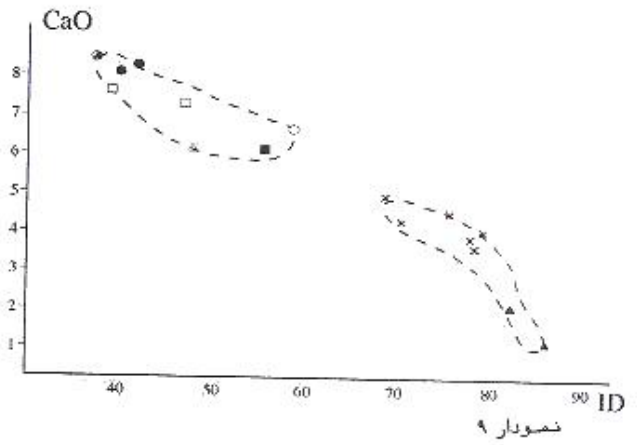
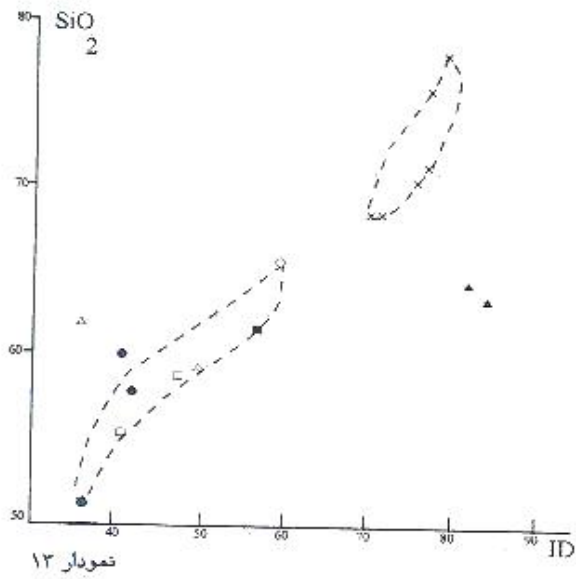
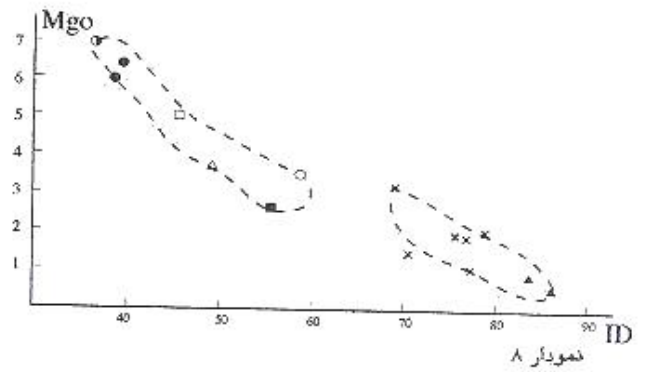
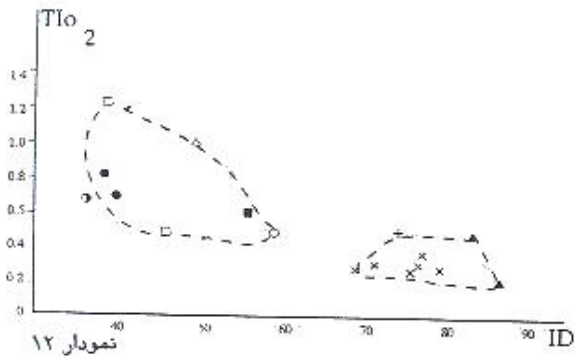
عکس ۳- تشکیل مجموعه کانی بیوتیت بصورت گز نوکریست در متن کوارتز آلکالی فلدسپات سینتیت .

برای بررسی پیوند ژنتیک عناصر اصلی و کمیاب سنگهای ناحیه مورد نظر و همچنین به منظور بررسی چگونگی روند تفریق، گوارش و آلیش ماگمایی از نمودارهای مختلف از جمله نمودار Larsen (1948) استفاده شده است (نمودارهای ۶ الی ۱۹). وجود زینوکریستهای بیروکسن و بیوتیت (خلعبری ۱۳۷۱، پایان نامه کارشناسی ارشد) در نمونه آلکالی فلدسپات کوارتز سینتیت (عکس شماره ۲) باعث افزایش در صد FeO گردیده است.

همچنین در بیشتر نمونه های منطقه، بالا بودن میزان درصد Na_2O ، بنیال پدیده البیتی شدن فلدسپاتهای آنهاست. ورود محلول های پرمایه از سیلیس و تشکیل رگچه های کوارتز در نمونه های آلکالی فلدسپات، کوارتز سینتیت و میکرومونوزوگانبرو، ایجاد ناهمبندی بر ترکیب

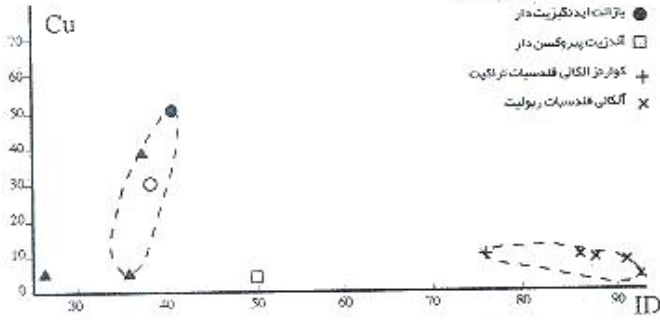
XRF مورد آزمایش واقع شد و نتایج آنها در نمودارهای مختلف مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است.

انواع مختلف سنگهای پلوتونیک و آتشفشانی ناحیه در نمودارهای ۱ و ۲ مشخص می شود و تطابق کانی شناسی با ترکیب شیمیایی به خوبی مشاهده می گردد. پراکتدیگی انواع سنگهای پلوتونیک منطقه با توجه به نمودار سیلیس آلکالن (شماره ۳) در محدوده ساب آلکالن متمرکز می باشد. با توجه به نمودار AFM (شماره ۴) سنگهای میانه (inter mediate) غنی شدگی آهن نداشته و بطرف قطب A کشیده می شوند. آنها در محدوده ۱ (کالکو آلکالن) و در زیر آن قرار گرفته اند. همچنین این نمونه ها در نمودار درصد وزنی FeO نسبت به FeO/MgO در محدوده کالکو آلکالن واقع می شوند (نمودار شماره ۵).

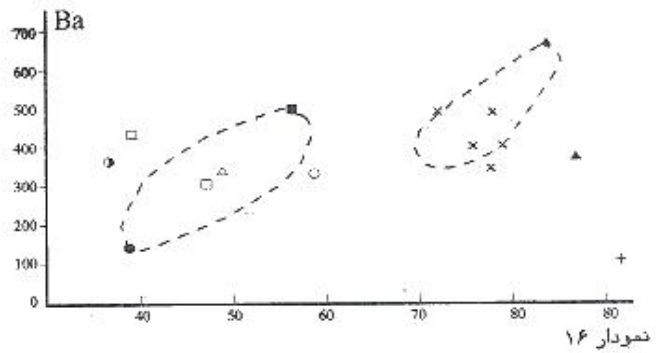


علائق مربوط به نمودارهای ۲۰ الی ۲۳

- ▲ بازالت (معدن کوارتز گابرو)
- بازالت (معدن کوارتز مونوگابرو)
- پترالت ایدئوکریت دار
- کلازیت پیروکسن دار
- + کوارتز اکالی فلیمسیک ترکیب
- x آنگن هلدسبرگ رپولیت

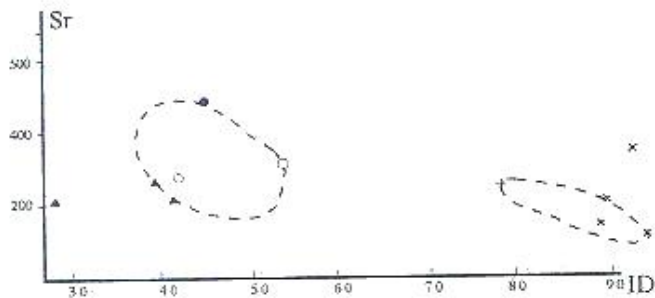


نمودار ۲۰

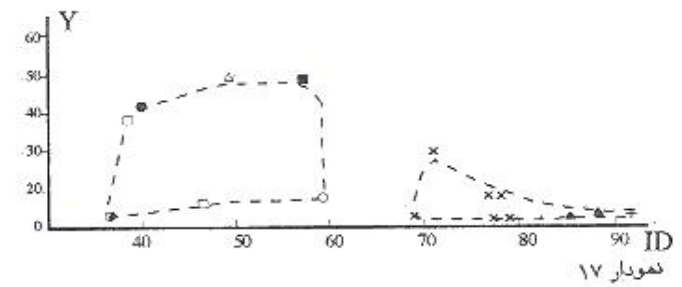


نمودار ۱۶

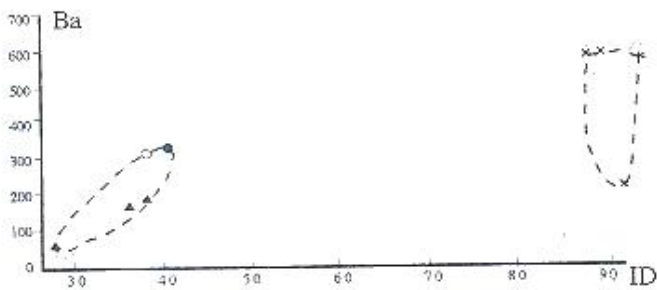
ID



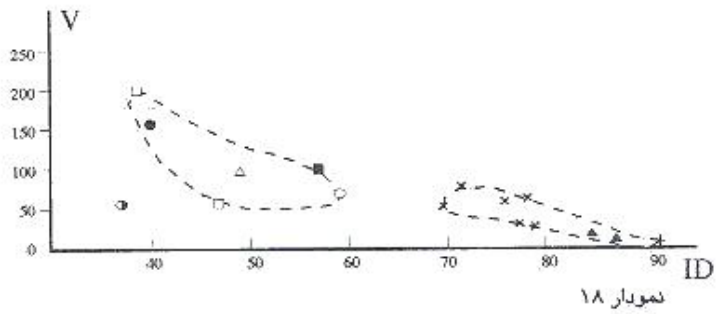
نمودار ۲۱



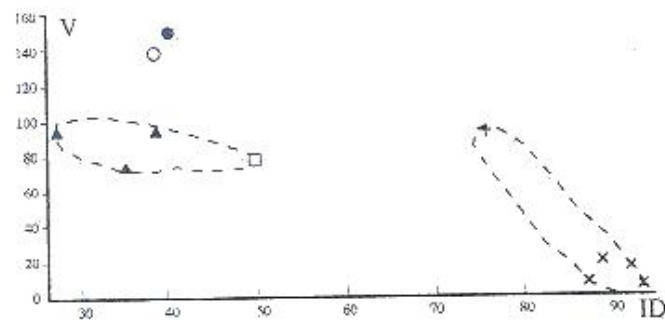
نمودار ۱۷



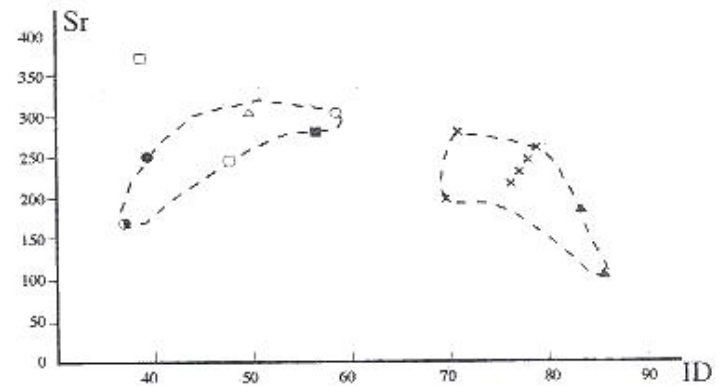
نمودار ۲۲



نمودار ۱۸



نمودار ۲۳



نمودار ۱۹

شیوه پراکنندگی نمونه های آتشفشانی در نمودارهای عناصر فرعی (V, Ba, Sr, Cu) نسبت به ضریب تقریبی (نمودارهای ۲۰ تا ۲۳) چنین بر می آید که، مانند نمونه های پلوتونیک (نمودارهای ۶ تا ۱۹)، بیشتر دارای دو روند متفاوت بوده به گونه ای که شیب روندها همانند یکدیگر نبوده و نشانه دو گانه بودن خاستگاه آنها می باشد.

باتوجه به نتایج حاصل از آنالیز میکروپروپ، نوع کانی آمفیبول در نمونه مونزوکراتیت، بین ترکیب هورنبلند معمولی و انیثیت و در نمونه زینولیت دار با ترکیب کوارتز مونزوکابرونی دارای ترکیبی بین آکتینولیت و فرو آکتینولیت است. نسبت MgO/FeO در هورنبلندهای تیبیک نپوریتها و دیگر سنگهای میانه سری کالکوالکالن تقریباً ۱ و مقدار آلومینیم کم است. با توجه به مقایسه موجود در کانی آمفیبول سنگهای ناحیه، نسبت مزبور برابر تقریباً ۱ ~ ۱۶/۱۰۵:۱۵/۳۱۴ است که بدین ترتیب ترکیب شیمیائی آمفیبولهای موجود در سنگهای منطقه مورد بررسی نیز گویای طبیعت کالکوالکالن سنگها می باشد.

جهت بررسی چگونگی عناصر در زونهای پلاژیوکلاز، نمونه زینولیتدار با ترکیب کوارتز مونزوکابرونی توسط میکروپروپ مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به مقایسه بدست آمده و تغییرات نسبت Na_2O/CaO در بخش کناره هسته منطقه بندی، نامنتظمی مشاهده می شود. درصد آنورتیت نسبت به مقایسه موجود در بخش های مختلف در نمودار ۲۴ پیاده شده است. نقاط پیاده شده در نمودار مربوط به پلاژیوکلاز با هسته منطقه بندی شده عادی است که توسط یک زون غباری (Dusty zone) احاطه شده است. زون مزبور سپس توسط حاشیه پرمایه از An در برگرفته می شود. این پدیده از دیدگاه (Cantagrel and Didier, 1984) به علت عدم تعادل شیمیائی کانی با محیط در برگرفته آن بوده و این گونه کانی ها، گزنوکریستهای هستند که از نظر مکانیکی بر فرآیند گوارش وارد محیط ماگمایی شده اند.

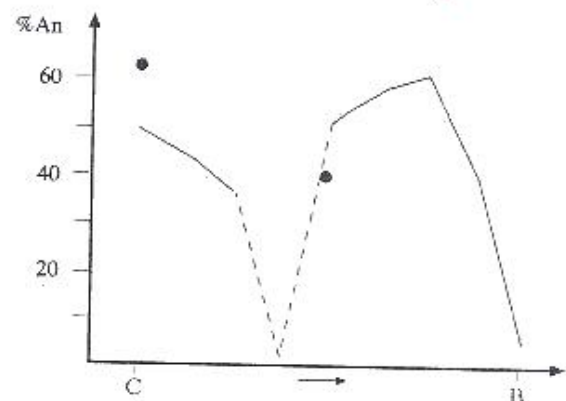
۵- دگرگونی

توده نفوذی ناحیه، برون سنگهای گدازه ای و پپروکلاستیک نفوذ نموده و در همبندی بلافصل خود، دگرگونی همبندی (Contact metamorphism) ضعیفی را ایجاد نموده است.

حاشیه دگرگون شده، دارای کانی های ترمولیت، آکتینولیت، کلریت، اپیدوت، بیوتیت و پلاژیوکلاز با ترکیب اسید و میانه می باشد. همچنین نمونه های توف، تبلور مجدد یافته و دارای بلورهای اپیدیمورف ترمولیت، آکتینولیت و پلاژیوکلاز در حد اولیه کوارتز با آندزین و ماگنتیت کربیده

Oxides	Core	Middle Zone	Rim
SiO ₂	51.305	56.249	45.955
Al ₂ O ₃	30.993	27.548	33.884
Fe ₂ O ₃ *	0.282	0.209	0.531
CaO	12.176	7.805	17.387
Na ₂ O	4.999	7.803	2.182
K ₂ O	0.134	0.232	
total	99.889	99.846	99.928
% Mol an.	63.9	40.900	85.8
نوع پلاژیوکلاس	لاپرادور	آندزین	بیوتیت

جدول ۲- آنالیز میکروپروپ کانی پلاژیوکلاز مربوط به نمونه زینولیت موجود در مونزوکراتیت

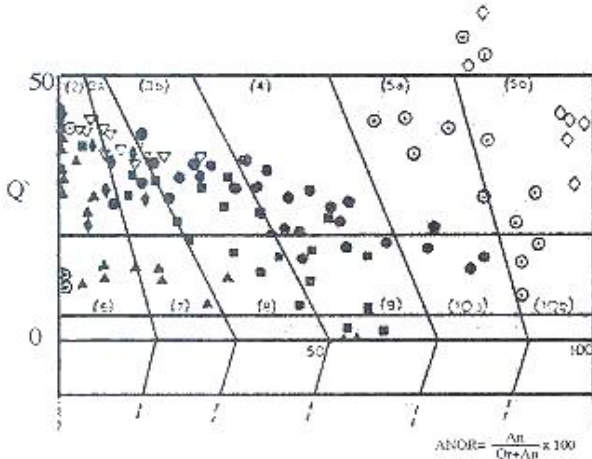


خط چین: بخش غباری C: بخش مرکز B: بخش حاشیه نمودار ۲۴- زونیتک معکوس فوکریست پلاژیوکلاز در آنکوزیون هم نشاء در Durbize nuee ardenete نشان می دهد.

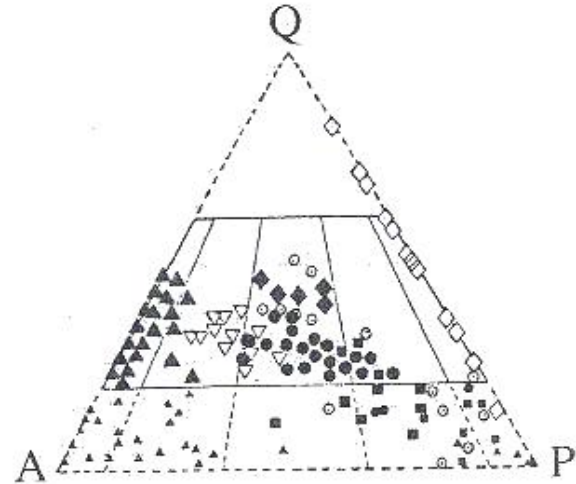
شیمیائی نموده است. هم چنین به علت پییده متاسوماتوز، در نمونه های حواشی توده های گابروسی، کانی کوارتز تشکیل شده است. تمام سنگهای آتشفشانی ناحیه، دارای روند کالکوالکالن می باشند. با استفاده از نمودارهای FeO/MgO نسبت به درصد وزنی SiO₂ به نقل از Wilson (1989)، درصد وزنی FeO نسبت به FeO/MgO و درصد وزنی Al₂O₃ نسبت به درصد آنورتیت، نورماتیوسنگهای آتشفشانی منطقه در محدوده کالکوالکالن قرار می گیرند. بیشتر نمونه های آتشفشانی ناحیه مانند سری پلوتونیک سلیک هستند، منتهی، دو نمونه با ترکیب کوارتز آلکالی فلدسپات تراکت و آلکالی فلدسپات ریولیت به دلیل آلویکی با سنگهای پوسته ای در فرآیند گوارش در محدوده پتاسیک واقع شده اند.

علائم مربوط به نمودارهای ۲۵ الی ۲۸

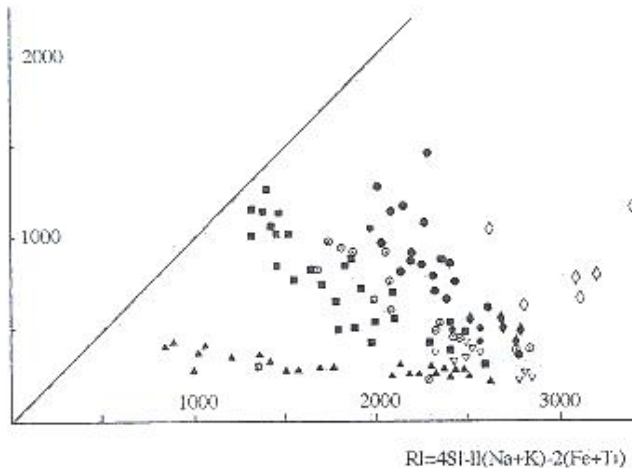
- ◇ پلاژیوگرنیت‌های قبرس و عمان
- گرانیت‌های کردیلرایی که از لحاظ تکتونیکی خاص ماگماتیسم حاشیه صفحه‌ها است.
- گرانیت‌های بعد کوهزایی کالدونیایی
- ◆ گرانیت‌های کزدییت و دومیکادار مربوط به با تولیت استراتوجی استرالیا.
- ▼ گرانیت‌های نوع A که متعلق به نوار چین تورده Lacklan در جنوب شرقی استرالیا است.
- ▲ گرانیت‌های نوع A و سنگ‌های مرتبط با ایالت غیر کوهزایی نیجریه و نیجر.
- ⊙ نمونه‌های آذرین درونی ناحیه جنوب غربی نائین.



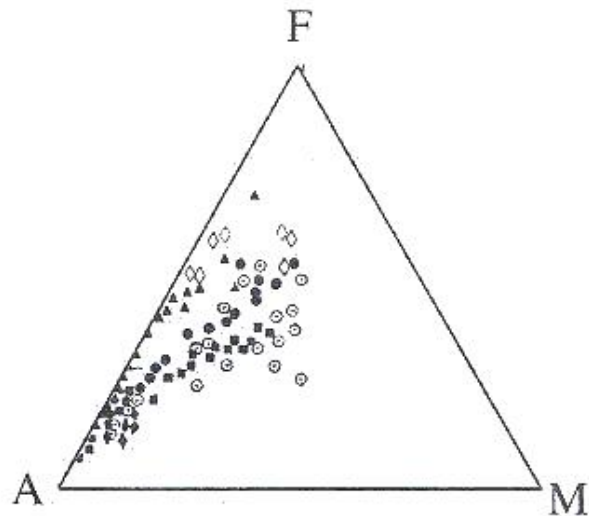
نمودار ۲۷- در نمودار Q نسبت به ANOR (Streckeisen & Le Maitre, 1979). موقعیت سری‌های متنوع گرانیتی و سنگ‌های پلوتونیک ناحیه جنوب باختری نائین نشان داده شده است.



نمودار ۲۵- در نمودار مدال QAP (Streckeisen, 1972) نحوه پراکنندگی سری‌های گرانیتی با توجه به موقعیت تکتونیکی آن‌ها و بانضمام سنگ‌های پلوتونیک ناحیه جنوب باختری نائین نشان داده شده است.



نمودار شماره ۲۸ (نمودار R₂ نسبت به R₂) (De-La Roche et al., 1980) برای سری‌های مختلف سنگ‌های گرانیتی با موقعیت‌های تکتونیکی خاص، علائمی بکار رفته دارای همان مفاهیم علامت-شکلی‌های قبل هستند. علاوه بر آنها تعدادی علامت مربعی نیز اضافه شده که مربوط به گرانیت‌های کالدونیایی منطقه بوتکال است (Pitcher & Bregier 1972). سنگ‌های پلوتونیک جنوب غربی نائین نیز نشان داده شده است.



نمودار ۲۶- نمودار مثلثی AFM برای سری‌های متنوع گرانیتی با موقعیت‌های مختلف تکتونیکی بانضمام سنگ‌های پلوتونیک ناحیه جنوب باختری نائین.

است. سنگ‌های گدازه‌ای بازیگ (بازالت) و پیروکلاستیک (باترکیت توف آندزیتی) طی جایگزینی توده نفوذی، زیر اثر گرما قرار گرفته و کانی‌های کلریت، ترمولیت، آکتینولیت و اپیدوت حاصل شده‌اند. حضور کانی‌های یاد شده در سنگ‌های بازالتی به واسطه فرآیند دگرگونی واپسگرا (Retrograde metamorphism) است. تشکیل کانی رپیدولیت (Rapidolite) و اپیدوت حاصل کنش دگرگونی گرمائی می‌باشد که بیشتر سنگ‌های منطقه مورد بررسی بویژه در نمونه‌های کناره توده نفوذی و در بخش برونی آن تشکیل شده است. پدیده دگرگونی و محلول‌های گرمابی روی سنگ‌های ناحیه مؤثر بوده است. به گونه‌ای که تشکیل آلکالی فلدسپات گرانیت در کناره توده نفوذی به علت تمرکز یون K^+ زیر تأثیر فرآیند دگرگونی و یا گرمابی بوده است. هم چنین ورود محلول‌های دارای SiO_2 موجب تشکیل رگچه‌های کوارتز بر زمینه سنگ‌های آتشفشانی و پلوتونیک و تشکیل کانی کوارتز بر سنگ‌های گابرویی شده است. تشکیل اپیدوت از کلریت نیز نتیجه ورود محلول‌های دارای SiO_2 ، $CaCO_3$ می‌باشد. مساعدترین دما برای تشکیل اپیدوت از کلریت، دماهای پایین است (عکس ۱).

رخساره دگرگونی در این ناحیه بوسیله پارازنز کانی‌های پلاژیوکلاز (An26-56) + ترمولیت آکتینولیت + کلریت + اپیدوت ± کلسیت ± کوارتز مشخص می‌شود که متعلق به رخساره برجه ضعیف آلیت، اپیدوت هورنفلس است. برپایه نمودار نورمانتیت-کوارتز-آلیت - ارتوز (Tuttle and Bowen 1958) نمونه‌های مونوزوگرانیتی ناحیه در محدوده بین ۱ تا ۲ کلو بار قرار می‌گیرند.

۶- الگوی ژئودینامیکی

سنگ‌های گرانیتی از نظر پترولوژی و ژئوشیمیایی دارای طیف گسترده‌ای می‌باشند. گوناگونی پترولوژیکی و ژئوشیمیایی این سنگ‌ها از راه ترکیب شیمیایی منطقه خاستگاه کنترل می‌شود.

مقایسه کانی‌شناسی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی سنگ‌های آذرین نفوذی ناحیه کُجد با توجه به دلایل زیر دارای ویژگی‌های نوع ۱ (سری مگنتیت) می‌باشد:

۱- توده‌های نفوذی با سنگ‌های ولکانیتی بربرگیرنده دارای مرز مشخص می‌باشد.

۲- توده‌های نفوذی اغلب از موتزو گرانیت - گرانودیوریت تشکیل شده‌اند و سنگ‌های ولکانیک از نوع بازالت و آندزیت می‌باشند.

۲- هورنبلند و بیوتیت کانی‌های اصلی مانیک در تمام رخساره‌های مونوزوگرانیتی تا گرانودیوریتی می‌باشند.

۴- کانی‌های تیره سنگ‌های نفوذی بیشتر مانیتیت است.

۵- میکای سفید (مسکویت) در هیچیک از رخساره‌های نفوذی وجود ندارد.

۶- اسفن در تمام سنگ‌های میانه و اسید وجود دارد.

۷- کانی‌های دگرگونه مانند کربیریت، گرونا و سیلیکات آلومین وجود ندارند.

۸- گزنولیت‌های آن از انواع آذرین با ترکیب میانه بوده و بیشتر دارای کانی هورنبلند می‌باشد.

۹- تغییرات درصد وزنی SiO_2 در نمونه‌های مونوزوگرانیتی (سنگ‌های گرانیتی - منطقه مورد بررسی) بین میزان ۷۸-۶۸٪ است.

۱۰- در نورم، کانی کورندوم وجود ندارد.

۱۱- میانگین نسبت برصد $CaO + Na_2O + K_2O / SiO_2$ در کلیه نمونه‌های ناحیه برابر ۷۹٪ است. بنابراین جزء سنگ‌های متآلومینه محسوب می‌شود.

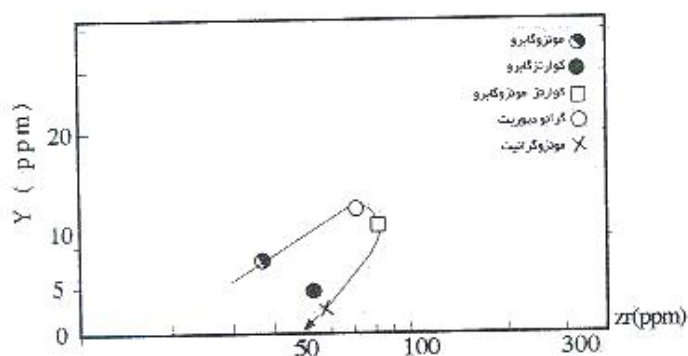
۱۲- عناصر فرعی و کمیاب در نمونه‌های با میزان ۶۵/۲۶٪ به شرح زیر می‌باشند: $Cr^* = 11 \text{ ppm}$ ، $CaO = 6/52$ ، $Zr = 70 \text{ ppm}$ ، $CO = 6$ (مقدار Cr در نمونه‌های با میزان SiO_2 برابر ۶۴/۷۰٪ است).

۱۳- نسبت Fe_2O_3 / FeO برای سنگ‌های کوارتز مونوزوگابرو، میکرومونوزوگابرو، مونوزوگرانیت بین ۱/۳۱٪ تا ۴۱٪ تغییر می‌نماید که دلیل بر بالا بودن گریزاشی (فوکاسسته) اکسیژن می‌باشند و با شاخص سری مانیتیت یا نوع ۱ ($Fe_2O_3 / FeO > 0.4$) مطابقت دارد.

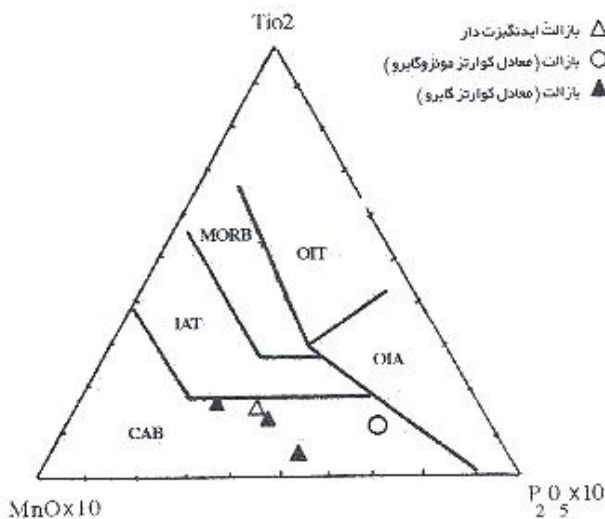
از نظر جایگاه تکتونیکی توده‌های ناحیه مورد نظر با گرانیت‌های محیط‌های تکتونیکی مقایسه و بررسی می‌گیرند. کلیه نمونه‌های بررسی شده از روند گرانیت‌های کرنیلرایی که از نظر تکتونیکی اختصاص به ماگماتیسیم کناره برکه (Plute margin) دارند، پیروی می‌نمایند (نمودارهای ۲۵ تا ۲۸).

همچنین نمونه‌های بازالتی منطقه مورد بررسی در نمودار ۲۹ در محدوده بازالت‌های کالوآلکان یعنی در پیوند با بازالت‌های جزایر کمانی قرار می‌گیرند.

برای تأیید نتایج بالا و تشخیص دقیق از موقعیت تکتونیکی ناحیه مورد بررسی از عناصر کمیاب کم تحرک (Immobil trace elements) در نمودارهای ۳۰ و ۳۱ استفاده شده است. تغییرات دو عنصر Zr و Y در سنگ‌های بازیگ تا میانه افزایش نشان می‌دهند این عناصر در یک نقطه به‌بیشترین میزان رسیده و سپس به طرف سنگ‌های اسیدی



نمودار ۳۰- بر نمودار Y نسبت به Zr، روند سنگهای پلوتونیک ناحیه مورد مطالعه نشان داده شده است.

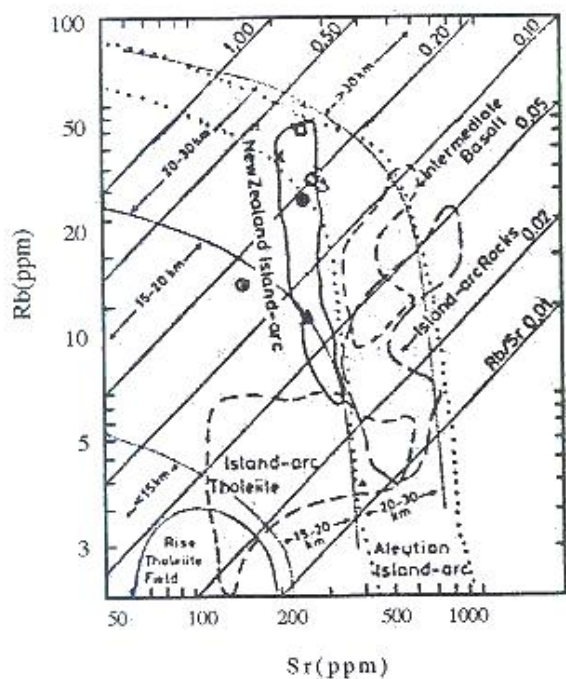


نمودار ۲۹- بر نمودار تکتونوماگمایی برای تمایز بازالت‌های مختلف (Mullen 1983)، بازالت‌های ناحیه مورد مطالعه آورده شده است.

OIA & OIT : جزایر اقیانوسی

MORB : ریفت اقیانوسی

IAT & CAB : جزایر قوسی



نمودار ۳۱- بر نمودار Ti نسبت به Zr موقعیت سنگهای پلوتونیک ناحیه مورد مطالعه نشان داده شده است.

- ▲ بازالت
- مونزوکابرو
- کوارتز مونزوکابرو
- کوارتز مونزوکابرو
- گرانو دیوریت
- × مونزوکابریت
- △ آگالی فلدسپات ریولیت

	Basalt		
	Andes	SWP	SWN
SiO ₂ %	51.05	50.07	56.52
TiO ₂ //	1.14	0.85	0.712
Al ₂ O ₃ //	18.57	16.23	16.54
Fe ₂ O ₃ //	3.42	3.23	1.81
FeO //	5.48	6.75	6.124
MnO //	0.16	0.18	0.21
MgO //	5.54	7.84	6.5
Cad //	8.87	10.82	8.5
Na ₂ O //	3.98	2.51	2.38
K ₂ O //	1.42	1.24	0.842
P ₂ O ₅ //	0.38	0.28	0.268
Rb-PPM	49.9	29.1	33.5
Ba //	345	364	182.4
Sr //	608	628	250
Zr //	162	69.7	60
La //	16.3	11.6	
Y //	31.0	19.7	13.5
Yb //	2.29	1.54	4.5
Cu //	30.0	121	17
Ni //	57.9	104	24
Co //	29.6	43.0	13.2
CR //	67.9	273	96
V //	187	300	98.2
Pb //	-	6	3.2

جدول ۴- مقایسه بازالتهای تپ آندو جنوب غربی پاسفیک (SWP) و میانگین ۵ نمونه بازالت موجود در منطقه جنوب غربی نائین (SWN)

گسترده‌ای از ترکیبات شیمیایی (۸۴-۵۱=SiO₂) و پراکنگی بیشتر عناصر اصلی (CaO, K₂O, MgO, Al₂O₃)، عناصر کمیاب (Rb, Ba, Li, Sr, Co, V, Cr, Y) و عناصر خاکهای نادر (REE) وجود دارد. همچنین نبود پیوند بین اکثر عناصر اصلی SiO₂, K₂O, Na₂O و عناصر کمیاب Ba, Li, Ni, Cr, Nb, Th, Rb و REE دیده می‌شود. در نتیجه با توجه به بررسیهای سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی و نیز پراکنگی عناصر اصلی و فرعی که در بیگرامهای بخش ژئوشیمی آورده شد، می‌توان گفت که آرایش ماگمایی در منطقه مورد بررسی جزء فرایندهای پترولوژیکی عمده محسوب می‌گردد.

در جدول ۴ مقایسه‌ای بین نمونه‌های بازالتی نوع آندو و جنوب غربی

	Al میلی مولیبرد	Cw5 میلی مولیبرد	C8(z) میلی مولیبرد	Z4 میلی مولیبرد	Zw6 میلی مولیبرد	T6 میلی مولیبرد	D3 نسبت مولیبرد
SiO ₂ (%)	51	53.93	57.5	59.08	65.06	76	84
CaO (%)	8.55	8.48	8.22	7.46	6.53	3.80	0.50
Rb (ppm)	25	18	49	89	59	65	55
Zr (ppm)	38	38	50	82	70	58	90
Y (ppm)	8	50	5	12	13	5	90
Sr (ppm)	175	280	270	250	300	230	310

جدول ۳- مقایسه میزان پراکنگی عناصر اصلی (SiO₂, CaO) و عناصر نادر (Rb, Zr, Y, Sr).

(مولیبرگرافیت) کاهش می‌یابند.

تغییرات عنصر Rb نسبت به Sr در نمودار شماره ۲۱ نشان می‌دهد که میزان Sr سنگهای ناحیه از ترکیبات بازیک به سوی سنگهای اسیدی کاهش و Rb افزایش می‌یابد. همچنین از نمودار یادشده نتیجه گرفته می‌شود که سنگهای ناحیه مورد بررسی با سنگهای جزایر کماتی Aleutian قابل مقایسه‌اند.

در باره فعالیت‌های آتش‌فشانی و پلوتونیک زون ارومیه - دختر تاکنون مدل‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. از دیدگاه معین وزیری (۱۹۸۵) فعالیت‌های ولکانیک این زون بیشتر در طول دوران‌های میانه زیستی و نوزیستی صورت گرفته و مواد آذرین به صورت گدازه‌های کالکوالکان از نوب بخشی گوشته اسیدی زیرین و ماگمای آلکان از نوب بخشی گوشته حاصل شده است. (Leake ۱۹۹۵) براساس داده‌ها و شواهد ژئوشیمیایی و پترولوژیکی نیز نشان می‌دهد که ماگماهای گرانیتی بیشتر آمیخته‌ای از گدازه‌های پوسته‌ای و گوشته‌ای هستند.

مدل‌های پیشنهادی برای خاستگاه ولکانیسم زون ارومیه - دختر شامل مدل فرورانش و مدل ریخت قاره‌ای بوده است. معین وزیری و پورحسینی (۱۹۸۱) به نظریه فرورانش معتقد می‌باشند.

با توجه به جدول ۲ ناهمبندی عناصر Sr, Y, Zr, Rb نسبت به افزایش SiO₂ مشاهده می‌شود. بنا به دیدگاه (Zorpi 1990) در آرایش ماگمایی میدان

اقیانوس آرام (SWP) بامیانگین ۵ نمونه بازالتی مربوط به منطقه مورد بررسی (SWN) به عمل آمده است. جدول یادشده و نمودارهای بخش ژئوشیمی نشاندهنده طبیعت ماگماتیک کماتی (Arc magmatic) ناحیه مورد نظر است. منتهی از نظر ثوری جزایر قوسی محصول برخورد نو پوسته اقیانوسی است بر حالیکه آلودگی ماگماهای بر حال صعود از طریق پوسته قاره ای در جزایر قوسی وجود ندارد. با توجه به شواهد هضم بر منطقه و نحوه پراکنندگی نمونه‌ها در نمودارهای (Bowdep et al. (1984 و روند گرانیتهای کریلرایی ماگماتیسیم منطقه بیشتر میل به ماگماتیسیم کنارمرگه‌ها دارد. از طرفی گرانیتهای ناحیه از نوع ۱ است و بنظر (1982) Best این تپ گرانیتهای تنها در کناره با قاره‌ها دیده می‌شوند. با استفاده از تقسیم‌بندی انواع مختلف گرانیتهای بر روی نمودار QAP یوسله (1989) Maniar and Piccoli توده نفوذی منطقه مورد بررسی جزء گرانیتهای کمان قاره‌ای (Continental Arc Granitoids) قرار می‌گیرد (نمودار ۲۲).

از مقایسه عناصر اصلی و فرعی نمونه بازالتی موجود در منطقه مورد بررسی با نمونه بازالتی موجود در آند (ونهای شمالی، مرکزی و جنوبی) (NVZ, CVZ, SVZ) دیده می‌شود که ناحیه مورد بررسی بازن باختری آند مرکزی مطابقت نشان می‌دهد (جدول ۵).

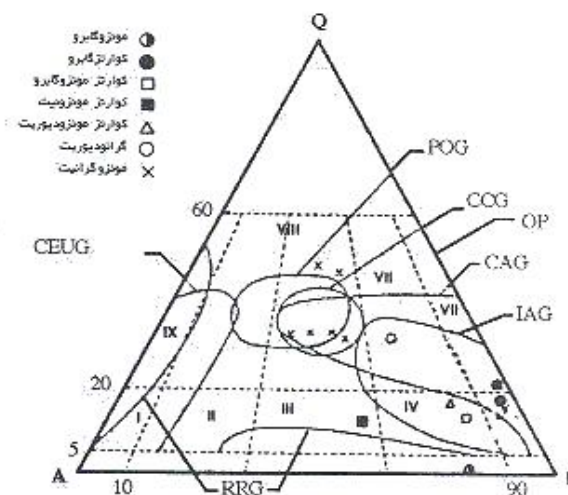
جدول ۵- عناصر اصلی و فرعی نمونه بازالتی موجود در منطقه مورد مطالعه با نمونه بازالتی موجود در نواحی آند (شمالی- مرکزی و جنوبی)

%	NVZ	CVZ, CVZ SVZ		SVZ	SWN
		WEST	EAST		
SiO ₂	55.72	54.22	52.41	54.35	53.93
TiO ₂	0.89	0.95	2.02	0.93	1.11
Al ₂ O ₃	16.89	16.02	16.25	18.16	17.40
FeO	8.72	8.46	9.27	8.50	2.65
FeO	-----	-----	-----	-----	6.20
MnO	0.10	0.13	0.14	0.14	0.16
MgO	5.12	7.66	6.03	5.60	6.23
CaO	7.51	7.88	6.93	8.46	8.48
Na ₂ O	3.86	3.14	3.95	3.35	2.69
K ₂ O	1.14	1.19	2.50	0.72	1.87
P ₂ O ₅	0.23	0.20	0.49	0.17	0.56
PPm					
Cr	-----	120	144	96	120
Ni	-----	81	82	47	27
Rb	18	32	63	18.2	18
Sr	640	501	633	557	280
Y	13	21	25	15	50
Zr	110	115	238	80	70
Ba	--	367	509	224	300
La	13.4	15.7	39.3	9.8	31
Yb	1.0	1.7	2.1	1.59	5

Hickey et al. (1986), Thorpe et al. (1984)

- IAG: گرانیتهای جزایر قوسی، CAG: گرانیتهای کمان قاره‌ای،
- CCG: گرانیتهای الحاق قاره‌ای، POG: گرانیتهای بعد از کوهزایی،
- PRG: گرانیتهای در ارتباط با ریفت، CEUG: گرانیتهای غیر کوهزایی قاره‌ای، OP: پلاژیوگرانیتهای اقیانوسی،
- I = کوارتز آلکالی سینیت، II = کوارتز سینیت، III = کوارتز مونزونیت،
- IV = کوارتز مونزودیوریت، V = کوارتز دیوریت، VI = تونالیت- ترونجمیت،
- VII = گرانودیوریت، VIII = گرانیت، IX = آلکالی گرانیت.

نمودار ۲۲- انواع مختلف گرانیتهای بر نمودار مدال QAP نشان داده شده است.



۷- نتیجه گیری:

نتایج حاصل از بررسی های سنگ شناسی، ژئوشیمیائی و ژئوبینامیکی گستره جنوب باختری نائین را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- توده پلوتونیک موجود در بخش شمال خاوری بهکده گجد و شمال باختری آن دارای گوناگونی سنگ شناسی چندانی نبوده و شامل مونزوگرانیت، گرانودیورینوتونالیت است. حجم اصلی توده ها دارای ترکیب مونزوگرانیتی است.

۲- توده های نفوذی پانزده در حاشیه بسرعت سرد شده و تشکیل بافت میکرولیتی را داده است.

۳- توده نفوذی منطقه دارای زینولیت هایی با ترکیب کوارتز گابرو، کوارتز مونزوگابرو، کوارتز مونزونیت آمفیبول بیوتیت دار و گرانودیوریت آمفیبول دار است.

۴- با توجه به بررسی سنگ شناسی و ژئوشیمیائی در روند پتروژنتیکی برای سنگ های منطقه مشاهده می شود، احتمالاً بخش اسیدی از گداز بخشی پوسته و بخش بازیک از گداز گوشته یا پوسته اقیانوسی ناشی شده اند.

۵- روند گرانیتوئیدهای منطقه با روند گرانیت های کربیلرایی یعنی گرانیتوئیدهای کناره قاره ای قابل مقایسه است.

۶- توده نفوذی مونزوگرانیتی در مجاورت سنگ های آتش فشانی منطقه ایجاد هاله دگرگونی همبری درجه ضعیف با وسعت کم از نوع

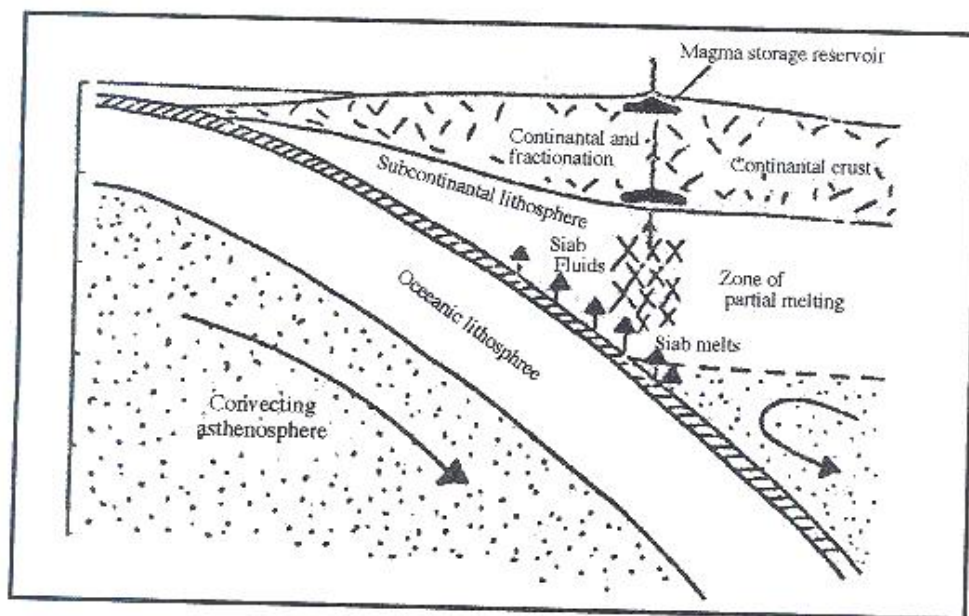
رخساره آلپیت، اپیدوت هورنفلس نموده است.

۷- با در نظر گرفتن مشاهدات میکروسکوپی، معلوم می گردد که پلاژیوکلاز فاز نخست تبلور بوده و بیوتیت پیش از آلکالی فلدسپات و کوارتز در ماگما تبلور شده است. بنابراین طبق نظریه مالو و وایلی درصد آب ماگما از ۳٪ بیشتر و از ۴٪ کمتر بوده است. به عبارت دیگر ماگمای گرانیتوئیدی نسبتاً پرمایه از آب بوده و موجب اورالیتی شدن پیروکسنهای سنگ های بازیک پیرامون توده نیز شده است. همچنین طبق نمودار Ab-Q-Or نمونه های گرانیتی بر محدوده بین ۱ تا ۵ کیلو بار بیشتر نزدیک به ۱ کیلو بار قرار گرفته اند، در واقع فشار بخار آب موجود در توده مونزوگرانیتی احتمالاً بین ۱ تا ۲ کیلو بار بوده است.

۸- کاری بودن فاز گرمایی باعث تشکیل رگ های کلسیتی، کوارتزی و همچنین کانی های سریسیت و کلسیت از فلدسپات ها، کلریت از بیوتیت و هورنبلند گردیده است.

۹- پدیده متاسوماتوز باعث تبادل یونی عناصر مانند K_2O ، CaO ، SiO_2 ، Na_2O ، ویژه در کناره توده گردیده است.

۱۰- با توجه به روند کالکوالکالی سنگ های ماگمایی منطقه و وجود آلایش ماگمایی با پوسته به نظر می رسد این توده ها در کناره قاره ای در محیط کوهزایی (orogenic) یعنی محیط های ژئوبینامیکی کمان قاره ای (Continental Arc Magmatic) از نوع آندین (Andian) تشکیل شده باشند. بنابراین توده های آنرین جنوب باختری نائین به احتمال بر پیوند با فرورانش برکه اقیانوسی نزیای نئوتیس به زیر پوسته قاره ای ایران زمین تشکیل گردیده اند (شکل ۱).



شکل شماره (۱) مقطع عرضی از عملکرد حاشیه فعال قاره و پوسته اقیانوسی بعنوان مدل ژئوبینامیک برای جنوب غربی نائین

References

- Amidi, S.M.1977; Etude geologique de la region de Natanz-Surk(Iran Central), Ph.P .These, Grenoble,Uni.Geo.Sur. Iran, Rep.No 42
- Augustithis,1973; Atlas of the textural Patterns of granites, gneisses and associated rock typs.
- Barker,F; Arth J.G.;stern T.W.1986; Evolution of the coast batholith along the Skagway Travers Alaska and British Columbia; American mineralogist vol.71.PP. 632-643
- Best M.G. 1982; Igneous and Metamorphic Petrology, W.H.Freeman and Co.PP.630.
- Bowden P.;Batchelor R.A.;Chappell, B.W.; Didier J. and Lameyre J.1984; Petrological, geochemical and Source Criteria for the classification of granitic rocks ; a discussion. Phys.Earth Planet.Inter. 35 PP.1-11
- Cantagrel J.M.;Didier J.; and Gourgoud A.1984; Magma mining; Origin of intermedate rocks and "enclaves " from Volcanism to Plutonism; Phy,Ear, Plane. Inter. 35 1984.PP.63-76
- Deer W.A.; Howie R.A. and Zussman J.1976; Rock forming minerals vol.3
- Geodynamic Project (Geotraverse)in Iran (Final report) No.51 1983; Geological survey of Iran.
- Kelemen P.B. 1989; Reaction Between Ultra mafic rocks and fractionating Basaltic Magma I. Phase relations, the origin of Calc-alkaline magma series, and the formation of discordant Dunite Jour.f petr. vol. 31,No.1 Feb.1990.
- Kiemenc P.W & Poole s.1988; The geology and geochemistry of Upper Proterozoic granitoids from the Red Sea Hills, Sudan , Jour. Geo. Soc.Lon. Vol.145 1988 PP. 635-643
- LE Bas M.J.; Streckeisen A.L.1991; The IUGS systematic of Igneous rocks, Jor.of Geol. Soc. Lon. Vol.148 PP.825.833
- Maniar P.P.; Piccoli P.M.1989; Tectonic discrimination of granitoids, Geol. Soc. Am. Bul. Vol. 101 P.635-643
- Middelmost E.A.K.1991; Towards a comprehensive classification of Igneous rocks and magmas, Earth Sci. Ren.31 PP.73-87.
- Miyashiro A.; Shido F.1975; Tholeitic and Calc-alkalin series in relation to the behavior of Titanium, Vanadium, Chromium and Nickel, Am. Jour. of Sci.Vol 275 March 1975.PP.266277.
- Moinvaziri H.1985 ; Volcanism Tertiaire et Quaternair en Iran, Ph.D these d'Etat, Orsay.
- Polj G.; & Tommasini s.1990; Modal for the Origin and significance of Microgranular Enclaves in Calc-alkaline granitoids, Jour. of Petrology vol. 32, Part. 3,1991 .PP.657-666.
- Pourhoseini F.1981 ; Petrogenesis of Iranian Pluton. A study of the Natans and Basman Intrusive Complexes, Ph.D. thesis , Cambridge Uni-Geo. Sur Iran - Rep. No.53
- Wall V.J.;Clemens J.D.; & Clarke D.B.1987; Models for granitoid Evolution and source compositions, the Jour. of Geol. Vol.95, No.6, 1987,PP.731-748.
- Wilson M.1989; Igneous Petrogenesis, Unwin PP. 466.
- Zorpi M.J.; Coulon C.; & Orisini J.B.1991; Hybridization between felsic and mafic magmas in Calc-alkaline granitoids - a case study northern Sardinia, Italy. In:A,Peccerillo(Guest-Editor), Geochemistry of granitoid rocks, Chem. Geol.92,1991 PP.42-86.