



## کاربرد شیمی کانی پلازیوکلاز در بررسی روند تبلور ماقمای توده‌های نفوذی راونج (شمال شرق دلیجان)

محبوبه جمشیدی بدر<sup>۱</sup>، مهناز خادمی پارسا<sup>۲</sup>، فریبرز مسعودی<sup>۲</sup>

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۱۹۳۹۵-۴۶۹۷ تهران، ایران

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۹۷/۱/۲۰، نسخه نهایی: ۹۷/۷/۲)

**چکیده:** توده‌های نفوذی راونج با ترکیب تونالیت، کوارتزدیوریت و میکروکوارتزدیوریت در غرب روستای راونج، شمال شرق دلیجان و در پهنه اورمیه- دختر بروزند دارند. پلازیوکلازها در سه اندازه متفاوت درشت، متوسط و ریزبلور در ترکیب‌های مختلف توده نفوذی راونج دیده می‌شوند. بیشتر بلورهای درشت دارای منطقه‌بندی هستند و ماکلهای چندریخت و پیراشیب در بلورهای متوسط بلور و ریزبلور دیده می‌شوند. نبود میانبارها در مرکز پلازیوکلازها و تغییرات آنورتیت (An) با روند خطی نسبت به  $O_2$  نشان‌دهنده‌ی این است که پلازیوکلازها فاز اصلی ماقمایی هستند. شیمی پلازیوکلازها با ماکل چندریخت در گستره‌ی  $An_{3.0/96}$  تا  $An_{58/75}$  است و روند تغییرات آهن کل با An در این پلازیوکلازها یکسان هستند که حالت تبلور عادی همراه با تعادل دمایی را مشخص می‌کنند. شیمی پلازیوکلازهای زونه با منطقه‌بندی نوسانی از لبه تا لبه بلور بررسی شده که به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار An در توده‌های میکروکوارتزدیوریتی  $An_{26/58}$ -  $An_{40/94}$  و تونالیتی  $An_{41/92}$ -  $An_{54/12}$  است. روند تغییرات An و عناصر Fe, Mg و Ti در بلورهای دارای منطقه‌بندی پلازیوکلازها از لبه به لبه بلور روند نوسانی نشان می‌دهند که وجود این تغییرات در پلازیوکلازهای توده‌های راونج یک روند تبلور جدایش ماقمایی همراه با بارگزاری متواالی ماقمایی مافیک‌تر در حالت تعادل دمایی را مشخص می‌کند. تغییرات برآمده از بارگزاری ماقمایی مافیک‌تر در مرکز توده‌های نفوذی راونج نسبت به لبه آن بیشتر است.

**واژه‌های کلیدی:** شیمی پلازیوکلاز، بارگزاری ماقمایی، توده‌های نفوذی راونج، پهنه اورمیه- دختر

Ti تابع تغییرات ترکیب شیمیایی ماقما هستند، اما تغییرات این عناصر در ساختار پلازیوکلاز نسبت به مقدار آنورتیت (An) کمتر وابسته به تغییرات فشار، مقدار آب و دمای ماقما است [۱۰، ۱۹، ۲۱-۲۴].

توده نفوذی راونج با ترکیب اسیدی تا حدواسط در منطقه‌ی دلیجان، در بخش میانی کمربند ماقمایی ارومیه- دختر بروزند دارد. کانی‌های اصلی این توده شامل کانی‌های پلازیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت، کوارتز، فلدسپارپاتاسیم و کانی‌های فرعی اسفن، آپاتیت، زیرکن و کانی‌های کدر است. کانی پلازیوکلاز در توده نفوذی راونج از کانی‌های اصلی است

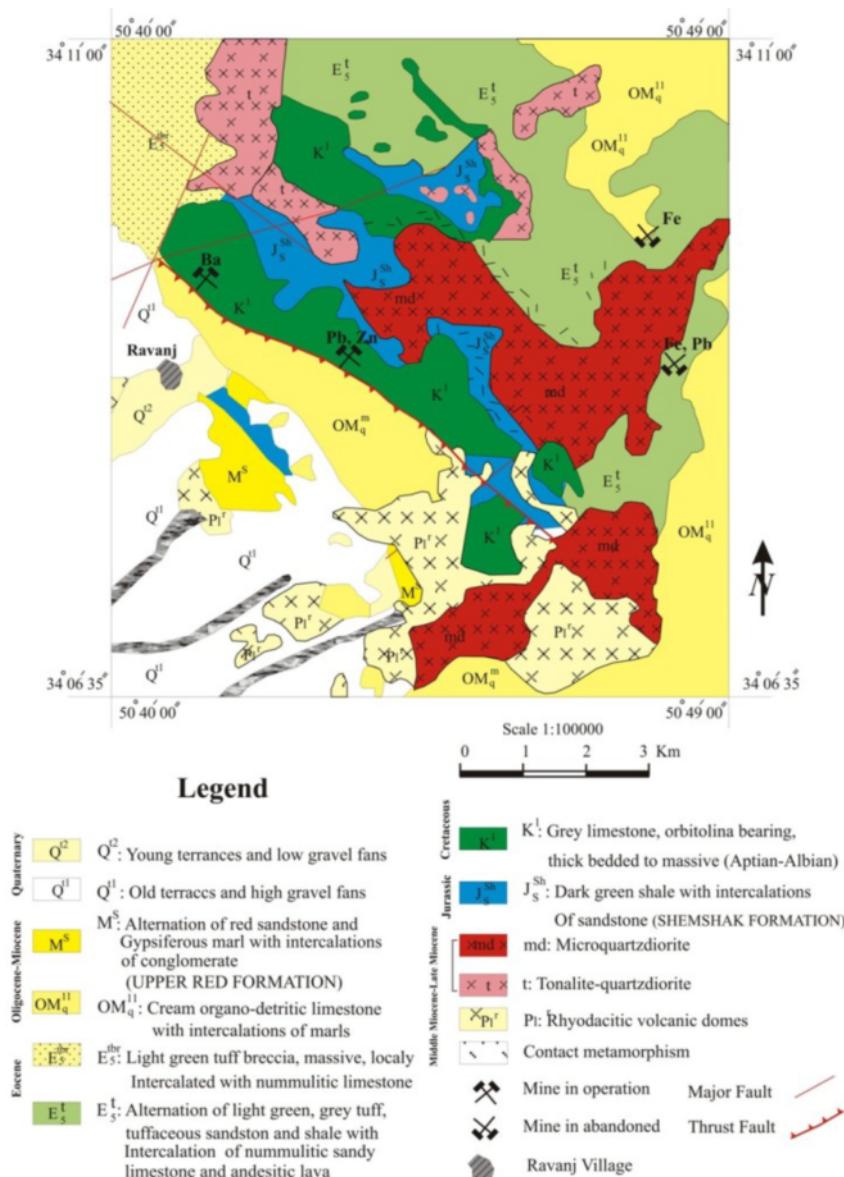
**مقدمه**  
کانی پلازیوکلاز یکی از کانی‌های اصلی در روند تبلور ماقماهای اسیدی تا حدواسط است. بررسی شیمی کانی پلازیوکلاز می‌تواند نتایج ارزشمندی از روند تبلور ماقمایی را مشخص نماید [۸-۱]. همچنین منطقه‌بندی در کانی پلازیوکلاز نیز در راستای تعیین روند تبلور ماقمایی توسط پژوهشگران مختلف بررسی شده است (برای مثال، [۲۰-۸]) افرون بر تغییرات درصد فراوانی آنورتیت (An) در پلازیوکلازها، بررسی تغییرات عناصر Fe, Mg, Ti در منطقه‌بندی پلازیوکلازها نیز می‌تواند در تعیین شرایط تبلور ماقما موثر باشد، زیرا عناصر Fe, Mg\*

بین طول‌های جغرافیایی  $49^{\circ} 50'$  تا  $50^{\circ} 40'$  شرقی و عرض‌های جغرافیایی  $34^{\circ} 06' 35''$  تا  $34^{\circ} 11' 00''$  شمالی واقع است. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی در شکل ۱ نشان داده شده است. سنگ‌های رسوی مزووزوئیک و سنوزوئیک و سنگ‌های آذرآواری و آتشفسانی سنوزوئیک در مجاورت توده نفوذی راونج بروند دارند که با توده‌های نفوذی، نیمه عمیق و صفحات دایکی جوان‌تر قطع شده‌اند. توده‌های نفوذی راونج به سن میوسن میانی تا پسین [۲۵] در بخش‌های مختلف منطقه به درون واحدهای آتشفسانی و آذرآواری ایوسن نفوذ کرده و سبب دگرگونی مجاورتی سنگ‌های میزبان و تشکیل سنگ‌های دگرگونی هورنفلسی و اسکارن شده است (شکل ۱) [۲۵].

که روند منطقه‌بندی و مراکل‌های متفاوت چندريخت و پيراشيب را نشان می‌دهد. هدف از اين پژوهش، بررسی ترکیب شیمیایی و روند تغیيرات عناصر شیمیایی در بلورهای پلازبیوكلاز به منظور شناخت روند تبلور ماجمایی در توده نفوذی راونج است. توده نفوذی راونج يكی از توده‌های ماجمایی ارومیه-دختر است که بررسی شرایط تبلور در آن می‌تواند برای توصیف شرایط تبلور بقیه توده‌های نفوذی پهنه اورمیه-دختر کاربردی باشد.

#### زمین‌شناسی عمومی منطقه

توده نفوذی راونج در نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰ کهک معروفی شده است [۲۵]. بروند این توده در ۱۵ کیلومتری شمال‌شرق شهرستان دلیجان و در استان مرکزی و در گستره



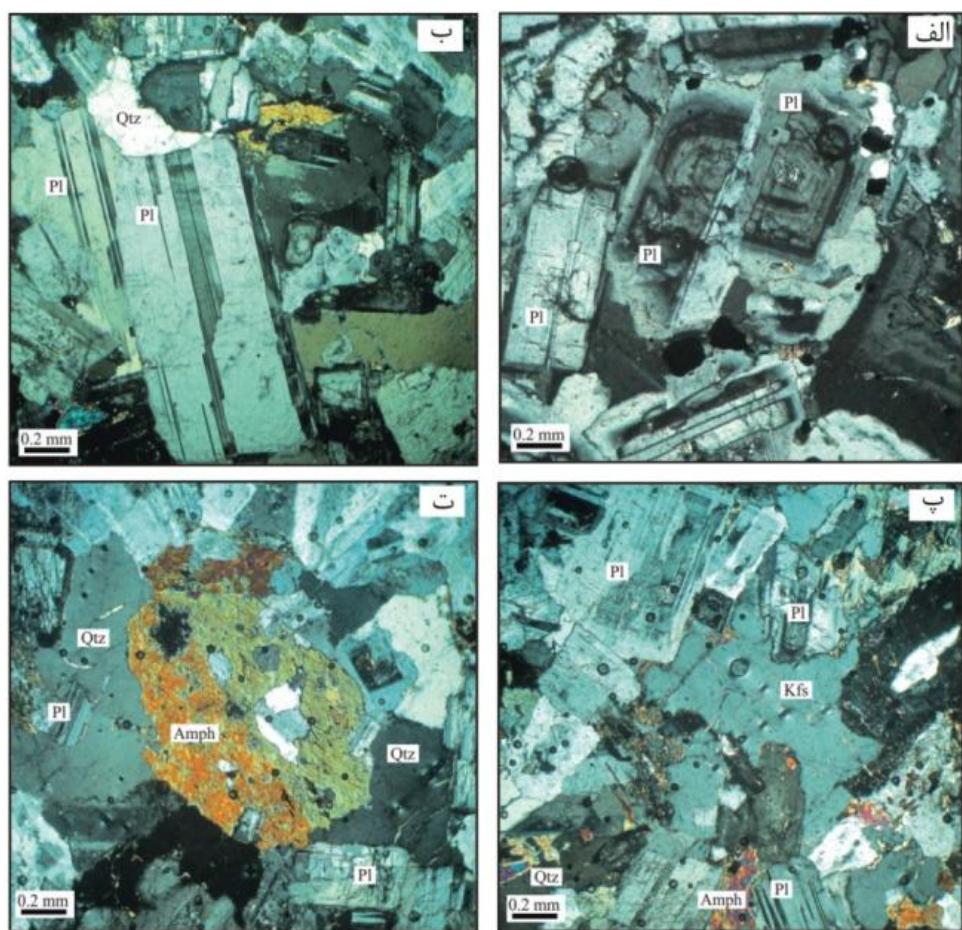
شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی و جایگاه جغرافیایی منطقه مورد برگرفته از نقشه ۱/۱۰۰۰۰ کهک [۲۵].

بیوتیت و هورنبلند است و کانی‌های فرعی شامل فلدسپات قلیایی، کانی کدر، اسفن و کانی‌های ثانویه سرسیت و کلریت هستند (شکل ۳). پلازیوکلاز کانی غالب در سنگ‌های تونالیتی و میکروکوارتزدیوریتی است که به شکل درشت بلور تا ریزبلور (۵ تا کمتر از  $2^{\circ}$  میلی‌متر) دیده می‌شود. آنها بیشتر به صورت شکل دار تا نیمه شکل دار هستند. بلورهای درشت (۵ تا ۲ میلی‌متر) اغلب حالت منطقه‌بندی نشان می‌دهند (شکل‌های ۲ و ۳) و متوسط بلورها (۲ تا  $2^{\circ}$  میلی‌متر) و ریز بلورها (کمتر از  $0.2$  میلی‌متر) ماکل چندریخت دارند. در بعضی از نمونه‌ها، حدود ۹۰ تا ۸۰ درصد مجموع کانی‌های اصلی را پلازیوکلازها تشکیل می‌دهد، بنابراین بررسی روند ترکیب شیمیایی کانی پلازیوکلاز در بلورهای مختلف این توده‌ها می‌تواند شرایط تبلور این توده‌ها را مشخص نماید.

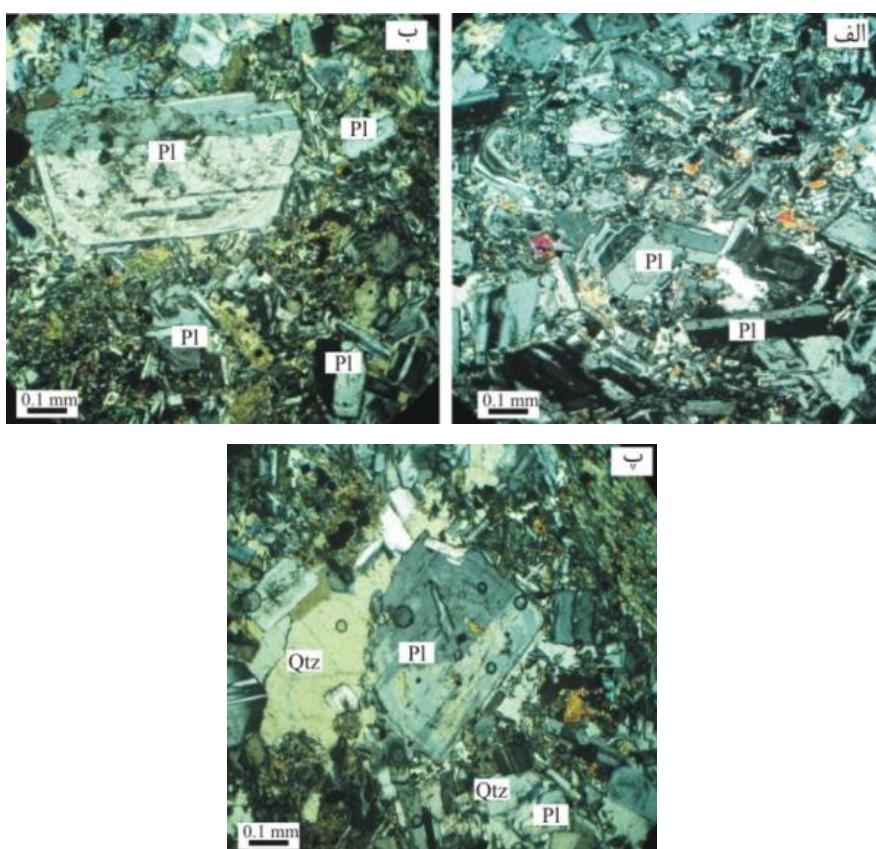
### سنگنگاری توده‌های نفوذی راونج

توده‌های نفوذی راونج از نظر سنگنگاری شامل سنگ‌های تونالیت، کوارتزدیوریت و میکروکوارتزدیوریت هستند که در غرب روستای راونج برونزد دارند. گستردگی برونزد سنگ‌های تونالیتی و کوارتزدیوریتی به صورت توده‌های نفوذی به شکل استوک‌هایی با اندازه‌ی متوسط هستند. بافت غالب آن‌ها از نوع دانه‌ای متوسط‌بلور است. کانی‌های اصلی این توده پلازیوکلاز، کوارتز و هورنبلند، و کانی‌های فرعی آن‌ها اسفن، آپاتیت، زیرکن و کانی‌های کدر، و کانی‌های ثانویه کلریت و سرسیت هستند (شکل ۲).

برونزد سنگ‌های میکروکوارتزدیوریتی به شکل استوک، آذرین لایه و آذرین تیغه است. بافت غالب این نوع سنگ‌ها ریزدانه‌ای و یا پورفیری است (شکل ۳). کانی‌های اصلی سنگ‌های میکروکوارتزدیوریتی شامل پلازیوکلاز، کوارتز،



شکل ۲ تصاویر میکروسکوپی توده نفوذی تونالیت و کوارتزدیوریت راونج. (الف) بافت دانه‌ای، کانی‌های درشت‌بلور با منطقه‌بندی پلازیوکلاز، (ب) بلورهای متوسط‌بلور پلازیوکلاز با ماکل‌های چندریخت، (پ) کانی‌های فلدسپار‌قلیایی، پلازیوکلاز و کوارتز و (ت) کانی‌های هورنبلند، کوارتز، پلازیوکلاز (نور قطبیده متقاطع، XPL).



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی توده میکروکوارتزدیوریتی راونج: (الف) بلورهای پلازیوکلاز با حالت منطقه‌بندی و ماکل‌های چندریخت و پیراشیب، ب و (پ) بافت شبه پورفیری بلورهای درشت پلازیوکلاز با حالت منطقه‌بندی و ماکل پیراشیب (نور XPL).

تونالیتی و کوارتزدیوریتی است. همچنین دو پلازیوکلاز با منطقه‌بندی نوسانی درون سنگ‌های تونالیتی و میکروکوارتزدیوریتی انتخاب شده و بر هر یک ۳۰ نقطه برای بررسی منطقه‌بندی نوسانی تجزیه نقطه‌ای شدند. نتایج تجزیه نقطه‌ای در جدول‌های ۱ تا ۳ آورده شده است.

شیمی کانی پلازیوکلازها با ماکل چندریخت ترکیب پلازیوکلازهای دارای ماکل چندریخت در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار عضو انتهایی آنورتیت در پلازیوکلازهایی با ماکل چندریخت در گستره  $An_{30.96}$  تا  $An_{58.75}$  قرار می‌گیرد، به طوری که ترکیب این کانی در تونالیت‌ها بین  $An_{31.41}$  تا  $An_{55.35}$  و در کوارتز دیوریتها بین  $An_{31.81}$  تا  $An_{58.75}$  هستند. برای هر یک از سنگ‌های یاد شده، بیشترین مقدار مربوط به مرکز و کمترین مقدار مربوط به لبه بلورهای پلازیوکلاز است. در شکل ۴ ترکیب پلازیوکلازهای تجزیه شده بر نمودار دیر و همکاران [۲۶] نشان داده شده است.

### روش بررسی

پس از بررسی‌های سنگنگاری سنگ‌های با دگرسانی کمتر مقاطع نازک-صیقلی در آزمایشگاه تهیه مقطع دانشکده علوم دانشگاه تربیت معلم، تهیه شد. پلازیوکلاز یکی از کانی‌های اصلی سنگ‌های منطقه راونج است. تجزیه نقطه‌ای از کانی‌های پلازیوکلاز سنگ‌های کوارتزدیوریت (نمونه PM1۷۶)، تونالیت (نمونه PM1۸۲) و میکروکوارتزدیوریت (نمونه PM1۰۳) توده نفوذی راونج در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران، با استفاده از دستگاه ریزپردازشگر الکترونی (EPMA) مدل ۱۰۰SX ساخت شرکت کامکای کشور فرانسه با ولتاژ شتاب دهنده ۲۰kV و شدت جریان ۰.۵nA انجام شد.

بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی، پلازیوکلازهای درشت-بلور دارای منطقه‌بندی نوسانی هستند، در حالی که پلازیوکلازهای ریز تا متوسط بلور اغلب با ماکل چندریخت دیده می‌شوند. ۹۰ تجزیه نقطه‌ای از بخش‌های مختلف پلازیوکلازها انجام شد. ۳۰ تجزیه نقطه‌ای مربوط به پلازیوکلازهای متوسط‌بلور با ماکل چندریخت در سنگ‌های

**جدول ۱** نتایج تجزیه نقطه‌ای کانی‌های پلازیوکلاز با ماکل چندریخت در نمونه‌های تونالیتی و کوارتزدیوریتی توده نفوذی راونج. حرف آخر نام نمونه‌ها سانگ تجزیه: مرکز بلو، (c) و لبه بلو، (r) است.

**جدول ۲** نتایج تجزیه نقطه‌ای پلازیوکلار با منطقه‌بندی نوسانی در نمونه میکروکوارتزدیوریتی توده نفوذی راونج.

جدول ۳ نتایج تجزیه نقطه‌ای پلازیوکلаз با منطقه‌بندی نوسانی در نمونه تونالیتی توده نفوذی راونج.

شماره نقطه	تونالیت																																
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰			
Na <sub>2</sub> O	۶۶۸	۸,۰۵	۶,۷۸	۵,۸۱	۵,۵۷	۵,۲۲	۵,۸۲	۶,۱۴	۵,۴۲	۶,۵۲	۵,۸۶	۵,۹۳	۵,۷۲	۵,۹۲	۶,۱۷	۵,۵۶	۶,۱۰	۶,۳۰	۶,۲۷	۶,۳۳	۵,۱۵	۵,۳۲	۶,۰۸	۴,۹۰	۴,۸۰	۶,۴۷	۵,۰۵	۵,۸۹	۵,۵۷				
MgO	-۰,۲	-۰,۲	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۴	-۰,۲	-۰,۰	-۰,۳	-۰,۰	-۰,۵	-۰,۰	-۰,۳	-۰,۰	-۰,۲	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰	-۰,۰				
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۲۵,۱۵	۲۴,۰۵	۲۵,۹۵	۲۶,۱۵	۲۶,۷۶	۲۷,۹۱	۲۸,۰۲	۲۸,۴۵	۲۸,۱	۲۷,۴۴	۲۷,۸۶	۲۷,۸۷	۲۸,۰۳	۲۷,۶۹	۲۷,۵۰	۲۶,۹۷	۲۷,۸۷	۲۷,۲۵	۲۷,۱۴	۲۷,۵۷	۲۷,۶۳	۲۸,۴۹	۲۷,۴۴	۲۷,۵۹	۲۸,۹۷	۲۷,۳۷	۲۶,۹۹	۳۹,۳۹	۲۷,۶۶	۲۸,۲۳			
SiO <sub>2</sub>	۶۰,۰۴	۶۱,۳۷	۵۸,۰۸	۵۹,۱۱	۵۸,۱۱	۵۶,۰۵	۵۵,۹۳	۵۵,۲۸	۵۴,۶۹	۵۵,۷۴	۵۵,۵۷	۵۵,۸۲	۵۵,۷۱	۵۴,۸۹	۵۶,۳۳	۵۷,۸۵	۵۵,۰۵	۵۶,۱۴	۵۷,۱۵	۵۶,۷	۵۶,۲۱	۵۴,۴۷	۵۵,۸۵	۵۴,۴۷	۵۴,۸۷	۵۵,۸۵	۵۴,۱۶	۵۶,۲۲	۵۶,۲۸				
K <sub>2</sub> O	۰,۱۸	۰,۲۰	۰,۲۴	۰,۲۰	۰,۲۴	۰,۲۰	۰,۲۴	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰	۰,۲۰			
CaO	۸,۵۶	۷,۱۳	۹,۸	۸,۸۴	۹,۳۷	۱۱,۹۷	۱۰,۰۵	۱۰,۰	۱۱,۴۶	۹,۷۵	۱۰,۰۵	۱۰,۰۳	۱۰,۰۰	۱۰,۰۰	۹,۹۳	۱۰,۰۲	۱۰,۰۰	۹,۳۰	۹,۶۲	۹,۷۰	۱۱,۴۵	۱۱,۴۸	۹,۹۹	۱۲,۰۶	۱۱,۴۳	۱۰,۹۱	۱۱,۳۵	۱۰,۲۶	۱۰,۴۴				
TiO <sub>2</sub>	-۰,۱	-۰,۰۲	-۰,۰۲	-۰,۰۱	-۰,۰۱	-۰,۰۳	-۰,۰۳	-۰,۰۳	-۰,۰۴	-۰,۰۲	-۰,۰۲	-۰,۰۳	-۰,۰۱	-۰,۰۱	-۰,۰۲	-۰,۰۵	-۰,۰۴	-۰,۰۴	-۰,۰۲	-۰,۰۰	-۰,۰۲	-۰,۰۵	-۰,۰۱	-۰,۰۰	-۰,۰۶	-۰,۰۰	-۰,۰۱	-۰,۰۴	-۰,۰۱				
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰					
MnO	-۰,۰۰	-۰,۰۱	-۰,۰۲	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰						
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-۰,۱۴	-۰,۰۲	-۰,۲۴	-۰,۲۳	-۰,۲۷	-۰,۲۸	-۰,۲۷	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳	-۰,۲۳					
مجموع	۱۰,۰۶	۱,۰۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۱	۱,۰۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰				
Si	۲,۶۶۱	۲,۷۱	۲,۰۹۸	۲,۶۴۳	۲,۵۸۹	۲,۴۹۲	۲,۴۵۲	۲,۴۷۶	۲,۴۸۶	۲,۵۱۲	۲,۴۹۸	۲,۵۰	۲,۴۵	۲,۴۵	۲,۴۷	۲,۵۰	۲,۴۷	۲,۵۰	۲,۴۷	۲,۵۰	۲,۴۷	۲,۴۷	۲,۴۷	۲,۴۷	۲,۴۷	۲,۴۷	۲,۴۷	۲,۴۷	۲,۴۷				
Ti	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰					
Al	۱,۲۱۴	۱,۲۵۱	۱,۳۶۸	۱,۳۶۲	۱,۳۶۲	۱,۴۰۵	۱,۴۲۳	۱,۴۷۶	۱,۴۵	۱,۴۹۵	۱,۴۵۱	۱,۴۷۶	۱,۴۷۶	۱,۴۸۳	۱,۴۸۹	۱,۴۵	۱,۴۱	۱,۴۱	۱,۴۸۲	۱,۴۴۶	۱,۴۷۷	۱,۴۵۱	۱,۴۵۷	۱,۵۱۵	۱,۴۷۷	۱,۴۵	۱,۴۶۹	۱,۴۳	۱,۵۴۵	۱,۴۴	۱,۴۸۲		
Cr	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰				
Fe <sup>۳+</sup>	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰				
Mn	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰				
Mg	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰	-۰,۰۰				
Ca	-۰,۰۶	-۰,۳۷	-۰,۴۲۵	-۰,۴۰	-۰,۴۴۷	-۰,۵۷	-۰,۵	-۰,۴۹	-۰,۵۵	-۰,۴۷۱	-۰,۵۰	-۰,۵۱	-۰,۴۹۹	-۰,۴۹۳	-۰,۴۹۲	-۰,۴۹۲	-۰,۴۹۲	-۰,۴۸۷	-۰,۴۸۵	-۰,۴۸۵	-۰,۴۸۵	-۰,۴۸۵	-۰,۴۸۵	-۰,۴۸۵	-۰,۴۸۵	-۰,۴۸۵	-۰,۴۸۵	-۰,۴۸۵					
Na	-۰,۵۷۴	-۰,۶۱۹	-۰,۵۸۸	-۰,۴۹۸	-۰,۴۸۱	-۰,۴۵	-۰,۴۰	-۰,۴۳۳	-۰,۴۷۴	-۰,۵۰۷	-۰,۵۱	-۰,۵۱۴	-۰,۴۹۹	-۰,۴۷۹	-۰,۵۱۳	-۰,۵۳۱	-۰,۴۸۶	-۰,۵۳۳	-۰,۵۴۵	-۰,۵۴۳	-۰,۴۹	-۰,۴۷۲	-۰,۴۷۱	-۰,۴۷۰	-۰,۴۷۰	-۰,۴۷۰	-۰,۴۷۰	-۰,۴۷۰					
K	-۰,۱	-۰,۱۷	-۰,۱۵	-۰,۱۹	-۰,۱۷	-۰,۱۹	-۰,۱۹	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷	-۰,۱۷				
Total	۴,۹۷۷	۵,۰۱۴	۴,۹۳۱	۴,۹۵۲	۵,۰۰۵	۵,۰۱۵	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۵,۰۲	۴,۹۹۴			
Ab %	۴۷,۹۴۶	۴۵,۶۸۵	۴۵,۴۲	۴۰,۰۹	۴۴,۲۱	۴۹,۱۶	۵۱,۳	۴۰,۰۲	۴۵,۶۶	۴۹,۳۱	۴۹,۴۲	۴۹,۲۲	۴۸,۰۷	۴۸,۰۷	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲	۴۹,۴۲				
An %	۴۱,۰	۴۲,۳۲	۴۱,۹۷	۴۷,۳۱	۴۷,۲۱	۴۵,۶۷	۴۹,۱	۴۶,۴۲	۴۷,۹۹	۴۴,۳۴	۴۴,۹۲	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷	۴۹,۰۷					
Or %	۱,۰۲	۱,۶۲	۱,۴۳	۲,۰۹	۱,۸۰	۱,۸۶	۱,۸۲	۱,۷۱	۱,۶۵	۲,۰۰	۱,۷۷	۱,۰۴	۱,۴۷	۱,۰۹	۲,۷۷	۱,۳۴	۲,۷۶	۱,۲۴	۲,۰۱	۱,۵۱	۲,۰۲	۱,۶۴	۱,۶۶	۱,۸۴	۱,۴۶	۱,۶۱	۱,۲۲	۱,۷۹	۱,۴۹				
distance	-	۲۷	۵۴	۸۱	۱,۰۸	۱,۳۵	۱۶۲	۱۸۹	۲۱۶	۲۴۴	۲۷۰	۲۹۷	۲۲۴	۲۷۱	۲۷۱	۲۰۵	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳

شکل ۴ (الف) ترکیب پلازیوکلازهای توده کوارتزدیوریت راونج و (ب) ترکیب پلازیوکلازهای توده تونالیت راونج که ترکیب پلازیوکلازها در گستره‌ی آندزین تا اواسط لابرادوریت قرار می‌گیرند.

ترکیب آن  $An_{47/65}$  است. مقدار  $K_2O$  از  $0/18$  تا  $1/62$  درصد وزنی تغییر می‌کند و مقدار متوسط درصد وزنی  $SiO_2$  و  $Al_2O_3$  به ترتیب  $56/48$  و  $27/03$  است (جدول ۳). ترکیب شیمیایی پلازیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه میکروکوارتزدیوریتی از لبه به لبه بلور بررسی گردید که دیده شد که دارای منطقه‌بندی نوسانی است (شکل‌های ۶ و ۷ و ۸ الف)، ترکیب شیمیایی نقاط تجزیه شده از مرکز بلور و فواصل بین مرکز و لبه بلور در گستره اواسط آندزین تا اواسط لابرادوریت قرار می‌گیرند و ترکیب شیمیایی نقاط تجزیه شده از لبه بلور در اواخر الیگوکلاز تا اواسط آندزین هستند و فقط یک نقطه از لبه بلور در گستره اولیل لابرادوریت قرار می‌گیرد (شکل ۶ و شکل ۸ الف).

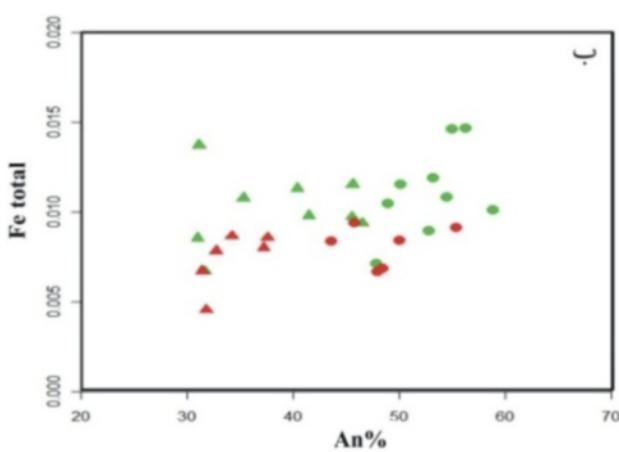
برعکس، مقدار عضو انتهایی آنورتیت در پلازیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه تونالیتی از  $An_{54/86}$  تا  $An_{41/92}$  تغییر می‌کند و بیشتر محدود به  $An_{40/44}$  تا  $An_{50/12}$  بوده و میانگین ترکیب آن  $An_{48/17}$  است. مقدار  $K_2O$  از  $0/18$  تا  $0/46$  درصد وزنی متغیر است. مقدار متوسط درصد وزنی  $SiO_2$  و  $Al_2O_3$  به ترتیب  $56/30$  و  $27/45$  است (جدول ۳). پلازیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه تونالیتی، منطقه‌بندی نوسانی از لبه به لبه بلور، با ترکیب اواسط آندزین تا اولیل لابرادوریت را نشان می‌دهد (شکل ۷).

پرچاک و همکاران [۸] معتقدند که نبود میانبار از فازهای دیگر در بخش مرکزی بلورهای پلازیوکلاز و روند خطی آنورتیت نسبت به  $K_2O$  نشان دهنده این است که پلازیوکلاز فاز اصلی ماغماست. ویژگی‌های یاد شده در بلورهای پلازیوکلاز مورد بررسی قابل مشاهده است (شکل ۵ الف). به نظر می‌رسد که مراکز غنی از آنورتیت در مراحل اولیه جدایش ایجاد و سپس با پلازیوکلازهایی با درصد آنورتیت کمتر پوشیده شده‌اند، این فرآیند نتیجه کاهش دما در ماغماست. در حقیقت، ترکیب عناصر اصلی درشت بلورها تابع تغییرات ترکیب ماغما است، زیرا ترکیب ماغما و درشت بلورها از نظر ترمودینامیکی به هم وابسته هستند. بررسی‌های انجام شده بر پلازیوکلازهای طبیعی نشان می‌دهد که مقدار آهن در پلازیوکلازها با کاهش درصد آنورتیت آن کاهش می‌یابد [۲۸، ۲۷] که این ویژگی‌ها را می‌توان در پلازیوکلازهای منطقه نیز مشاهده کرد (شکل ۵ ب).

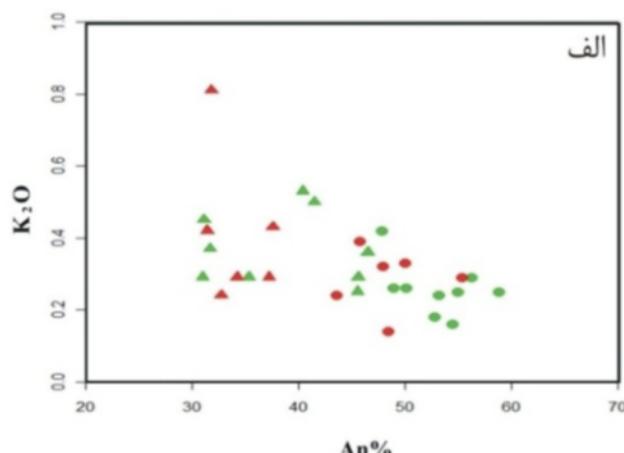
#### شیمی پلازیوکلازهای با منطقه‌بندی

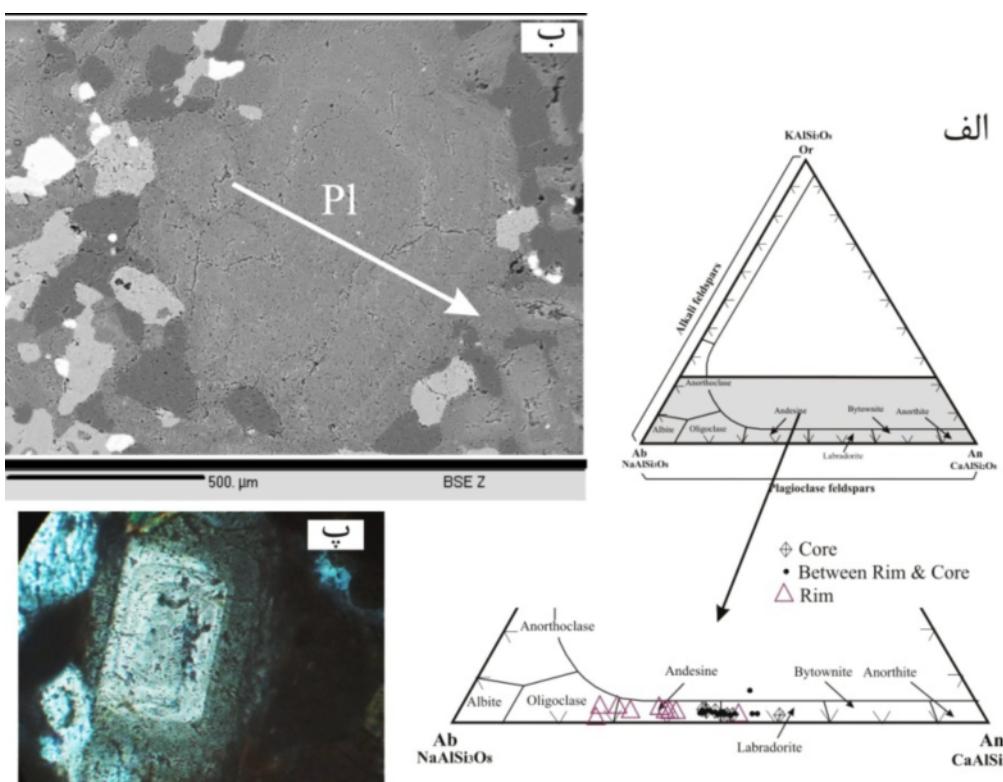
تجزیه ریزپردازی برای ۳۰ نقطه از هر یک از بلورهای پلازیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه‌های تونالیتی و میکروکوارتزدیوریتی انجام شد. نتایج به دست آمده به همراه فرمول ساختاری آن‌ها در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است.

مقدار عضو انتهایی آنورتیت در پلازیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه میکروکوارتزدیوریتی از  $An_{36/58}$  تا  $An_{6/94}$  تغییر می‌کند، اما بیشتر در گستره  $An_{52/17}$  تا  $An_{41/32}$  بوده و متوسط

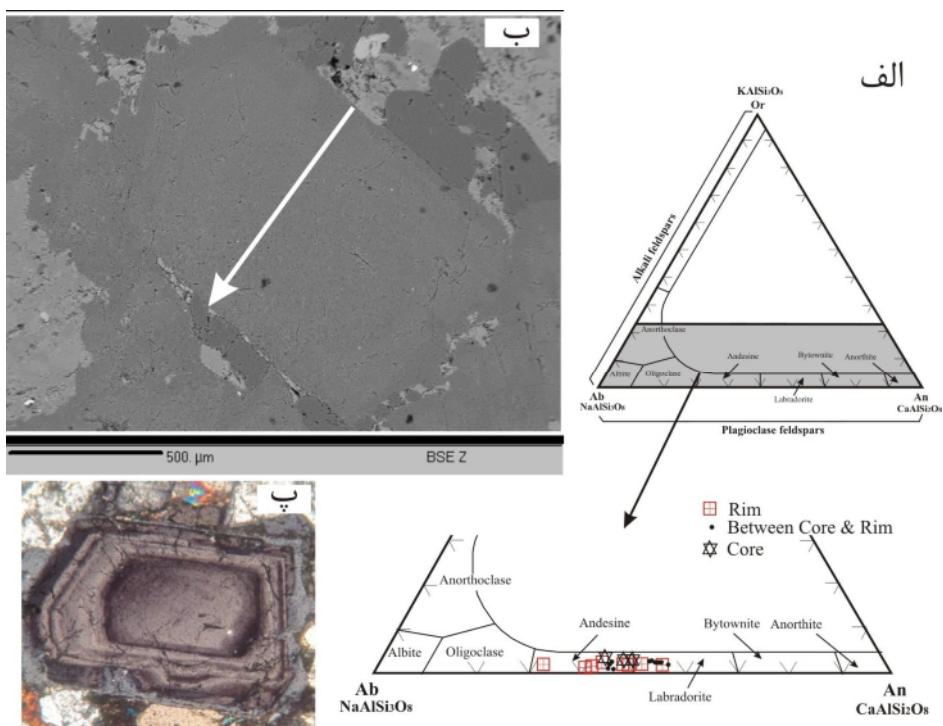


شکل ۵ الف) نمودار تغییرات  $An$  نسبت به  $K_2O$  موجود در پلازیوکلازها که روند خطی آن نشان می‌دهد که پلازیوکلاز فاز اصلی ماغماست. ب) تغییرات مقدار آهن کل در پلازیوکلاز نسبت به مقدار  $An$  که مقدار آهن با افزایش درصد آنورتیت تا حدی افزایش می‌یابد (علائم دایره مربوط به مرکز بلورها و علائم مثلثی شکل مربوط به لبه بلورهاست، رنگ قرمز نشان‌دهنده کوارتزدیوریت است).

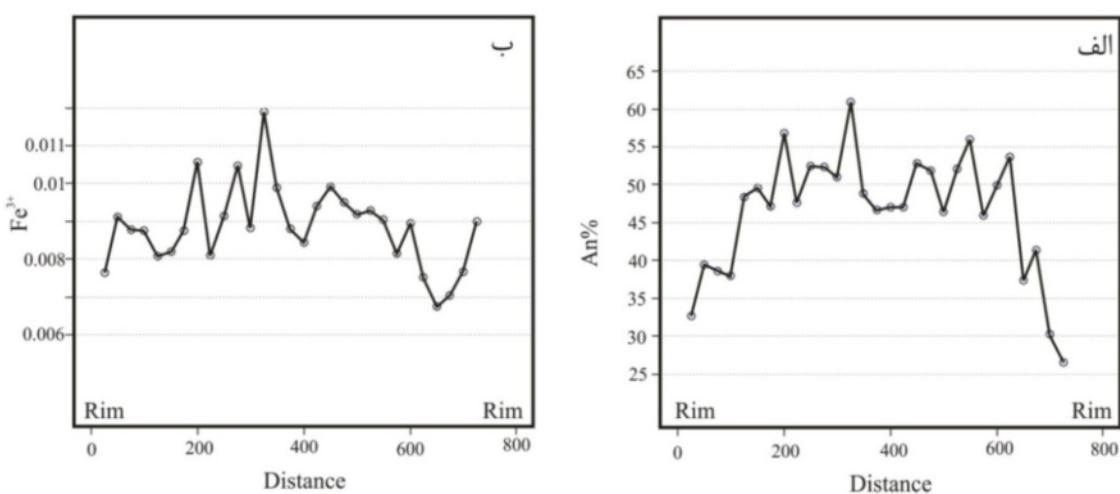




شکل ۶ الف) موقعیت نقاط تجزیه شده پلازیوکلаз با منطقه‌بندی در نمونه میکروکوارتزدیوریتی در نمودار سه‌تایی فلدسپات‌ها، ب) تصویر الکترونی پس پراکنده (BSE)؛ پیکان سفید رنگ در تصویر مسیر تجزیه نقطه‌ای جهت بررسی منطقه‌بندی را نشان می‌دهد و پ) تصویر میکروسکوپی پلازیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه میکروکوارتزدیوریتی.



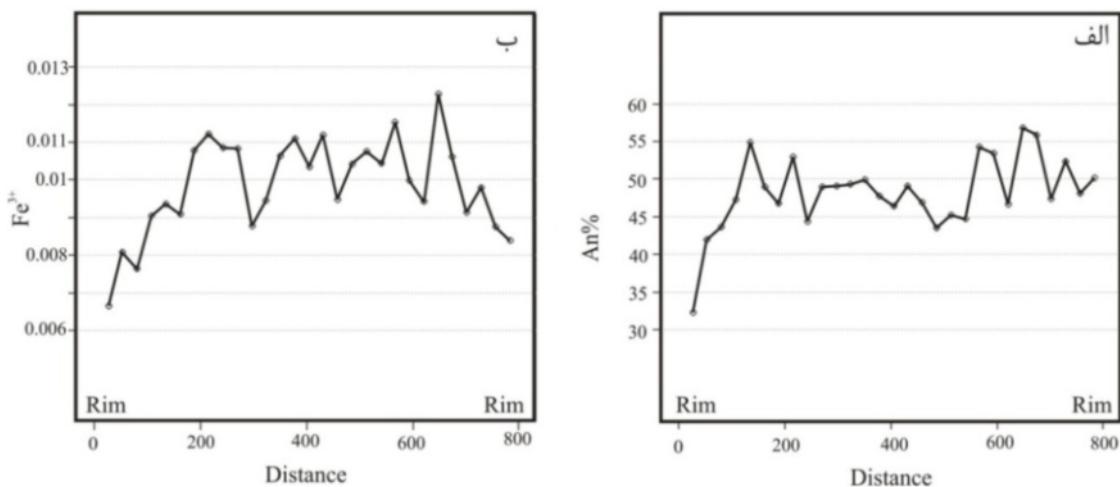
شکل ۷ الف) موقعیت نقاط تجزیه شده پلازیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه تونالیتی در نمودار سه‌تایی فلدسپات‌ها، ب) تصویر BSE، پیکان سفیدرنگ در تصویر مسیر تجزیه نقطه‌ای جهت بررسی منطقه‌بندی را نشان می‌دهد و پ) تصویر میکروسکوپی پلازیوکلاز با منطقه‌بندی در نمونه تونالیتی.



شکل ۸ الف) الگوی تغییرات مقدار آنورتیت از لبه به لبه بلور پلازیوکلاز نمونه میکروکوارتزدیوریتی و ب) الگوی تغییرات مقدار  $\text{Fe}^{3+}$  از لبه به لبه پلازیوکلاز نمونه میکروکوارتزدیوریتی.

همخوانی دارند (شکل‌های ۹ الف و ب). الگوی منطقه‌بندی نوسانی پلازیوکلاز نمونه میکروکوارتزدیوریتی در فاصله ۰ تا ۵۰ میکرومتری مرکز در طول بلور، تغییرات  $\text{An}_{46-61}$  را نشان می‌دهد، در حالی که برای نمونه تونالیتی در فاصله ۰ تا ۵۰ میکرومتری مرکز، دارای تغییرات  $\text{An}_{46-50}$  است. در نتیجه، دامنه تغییرات در نمونه میکروکوارتزدیوریتی بیشتر از نمونه تونالیتی است. همچنین طول و دامنه تغییرات در هر دو بلور پلازیوکلاز نمونه میکروکوارتزدیوریتی و تونالیتی، در لبه بلور گسترش بیشتری نسبت به مرکز بلور دارد (شکل‌های ۸ الف و ۹ الف).

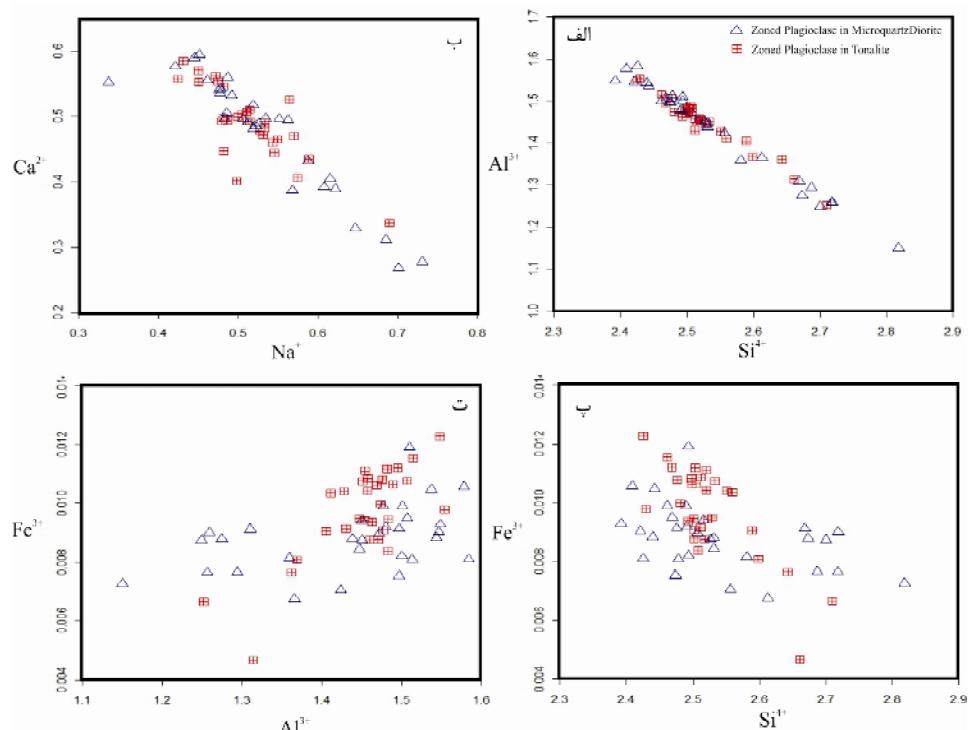
پلازیوکلاز نمونه میکروکوارتزدیوریتی از مرکزی با ترکیب  $\text{An}_{48}$  تشکیل شده و از مرکز تا لبه بلور دارای ناهنجاری‌های متعددی در فواصل ۵۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۵۰ میکرومتر از مرکز بلور است. ناهنجاری‌های نام بردۀ مطابق با غنی شدگی  $\text{Fe}^{3+}$  در این فواصل است (شکل‌های ۸ الف و ب). پلازیوکلاز نمونه تونالیتی از مرکزی باعضاً انتهایی آنورتیت در حدود ۵۰ درصدمولی تشکیل شده است و در فواصل حدود ۱۵۰ و ۲۵۰ میکرومتر از مرکز به سمت لبه بلور دو ناهنجاری مثبت در دو سمت مرکز بلور با آنورتیت حدود ۵۵ درصد مولی دیده می‌شود. این دو ناهنجاری با غنی شدگی  $\text{Fe}^{3+}$  در همین فواصل



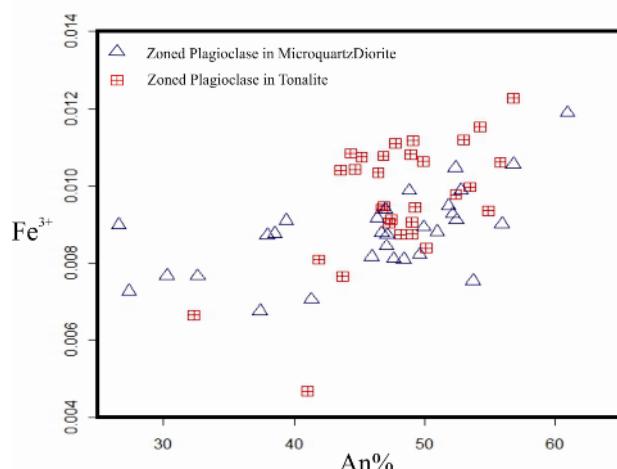
شکل ۹ الف) الگوی تغییرات مقدار آنورتیت از لبه به لبه بلور پلازیوکلاز نمونه تونالیتی و ب) الگوی تغییرات مقدار  $\text{Fe}^{3+}$  از لبه به لبه پلازیوکلاز نمونه تونالیتی.

پلازیوکلаз است. به علت اختلاف شعاع بسیار کم  $Al^{3+}$  و  $Fe^{3+}$  تصور می‌شود که ممکن است  $Fe^{3+}$  به جای  $Al^{3+}$  در پلازیوکلازها جانشین شود، اما روند مثبت  $Fe^{3+}$  نسبت به  $Al^{3+}$  (شکل ۱۰ ت) بیانگر این است که جانشینی  $Fe^{3+}$  به جای  $Al^{3+}$  بسیار کمتر از جانشینی  $Fe^{3+}$  به جای  $Si^{4+}$  است.  $Fe^{3+}$  روند مثبتی با افزایش درصد مولی آنورتیت پلازیوکلازها نشان می‌دهد (شکل ۱۱).

ترکیب پلازیوکلازهای با منطقه‌بندی مورد بررسی بر اساس فرآیندهای جانشینی  $Ca^{2+} \leftrightarrow Al^{3+} \leftrightarrow Si^{4+}$  و  $Na^{+} \leftrightarrow Fe^{3+}$  شکل گرفته است (شکل‌های ۱۰ الف، ب، پ). جانشینی  $Al^{3+}$  به جای  $Si^{4+}$  و  $Ca^{2+}$  به جای  $Na^{+}$  سبب تغییر ترکیب شیمیابی مذاب نزدیک سطح پلازیوکلاز شده و منطقه‌بندی نوسانی در بلورهای پلازیوکلاز را ایجاد کرده است. روند منفی  $Fe^{3+}$  نسبت به  $Si^{4+}$  (شکل ۱۰ پ) احتمالاً نشان‌دهنده جانشینی  $Fe^{3+}$  به جای  $Si^{4+}$  در بلورهای



شکل ۱۰ نمودارهای نشان دهنده فرآیندهای جانشینی در پلازیوکلازهای با منطقه‌بندی در سنگ‌های میکروکوارتزدیوریتی و تونالیتی توده نفوذی راونج.



شکل ۱۱ نمودار تغییرات درصد مولی عضو انتهایی آنورتیت پلازیوکلازهای با منطقه‌بندی نسبت به تغییرات آهن سه ظرفیتی.

ریختار و الگوی منطقه‌بندی پلازیوکلاز ممکن است برآمده از بارگذاری متوالی مذاب مافیک‌تر برگرفته از گوشته در مخزن ماگمایی فلسیکی باشد [۳۰]. مدل تزریق متوالی ماگمایی مافیک‌تر و جدایش توسط ساختارهای توده نفوذی منطقه‌تایید می‌شود، به طوری که نوسانات درصد مولی آنورتیت در پلازیوکلاز کوارتز دیوریتی مشخص‌تر از پلازیوکلاز تونالیتی است (شکل‌های ۸ و ۹)، این مشاهدات بیان می‌کند که بارگزاری متوالی ماگمایی تاثیر بیشتری در بخش درونی آن (سنگ‌های کوارتز دیوریتی) نسبت به بخش بیرونی توده (سنگ‌های تونالیتی) داشته است. بررسی شیمی سنگ‌کل توده‌های کوارتزدیوریتی و تونالیتی نیز تاییدی بر تاثیر تزریق‌های متوالی ماگمایی مافیک‌تر در مخزن ماگمایی توده نفوذی فلسیک است، اما تاثیر بارگزاری‌های متوالی در حدی نبوده است که بتواند ترکیب شیمیایی کل مخزن ماگمایی را تغییر دهد و فقط باعث تغییر در عناصر فرعی شیمی سنگ‌کل توده‌ها شده است [۳۱]. نمودارهای شکل ۱۰ نشان می‌دهند که جانشینی‌ها در بخش بیرونی و درونی توده یکسان است. این شواهد نشان می‌دهد که تعادل دمایی هنگام تبلور ماگما ایجاد شده است و بارگزاری‌های متوالی مخزن ماگمایی در حدی نبوده است که مانع تعادل دمایی ماگما شود [۳۰].

در سیستم‌های دوتایی شبیه به پلازیوکلاز، عناصر اصلی برای تشخیص پارامترهای متعددی که ترکیب کانی‌ها را کنترل می‌کنند کافی نیستند، به همین دلیل توجه به فراوانی عناصری که در پلازیوکلازها کمیاب هستند مانند  $Mg$  و  $Ti$ ،  $Fe$ ،  $Mg$  و  $Ti$  می‌تواند در درک شرایط تبلور پلازیوکلازها موثر باشند. تغییرات دما، فشار و مقدار آب می‌تواند بر مقدار آنورتیت پلازیوکلازها تاثیر داشته باشد، ولی تغییرات چندانی در مقدار  $Fe$ ،  $Mg$  و  $Ti$  بلور ایجاد نمی‌کند، در حالی که تغییر ترکیب شیمیایی ماگما تاثیر بسیاری بر فراوانی عناصر نامبرده دارد [۱۰].

تغییرات نوسانی مقدار  $Fe$ ،  $Mg$  و  $Ti$  از مرکز به لبه پلازیوکلازها نشانگر تغییر ترکیب شیمیایی ماگماست [۲۲، ۲۴]. تغییرات ناگهانی اکسیدهای  $Fe$ ،  $Mg$  و  $Ti$  (بر حسب درصد وزنی) از لبه به لبه (شکل‌های ۱۲ و ۱۳) با افزایش مقدار آنورتیت پلازیوکلازهای منطقه همراه است؛ این روند نشان‌دهنده تغییر فراوانی عناصر کمیاب در مذاب در تعادل با بلورها و بیانگر هجوم ماگمایی مافیک به درون اتاق ماگمایی است [۱۹].

## بحث و بررسی

مدل‌های غیرخطی مختلف جهت توضیح منطقه‌بندی در پلازیوکلازها ارائه شده است. منطقه‌بندی در پلازیوکلازها توسط درصد مولی آنورتیت کنترل می‌شود [۲۰، ۱۵، ۱۲].

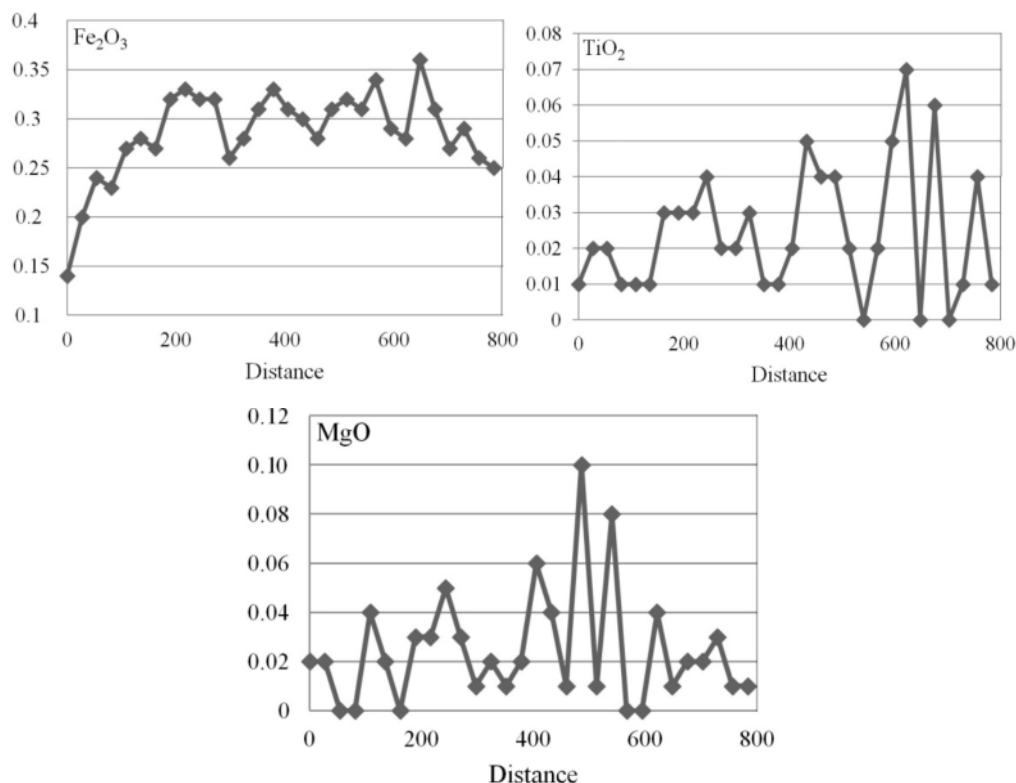
ترکیب کانی‌ها در تعادل با مذاب به عواملی چون فشار، دما، مقدار آب و ترکیب شیمیایی مذاب بستگی دارد. از این‌رو، با کمک منطقه‌بندی کانی‌ها می‌توان تا حدی شرایط تبلور بلور را بازسازی کرد [۱۰]. کاهش مقدار آنورتیت پلازیوکلاز از مرکز به لبه با جدایش بلوری همخوانی دارد [۹] و این روند به طور کلی در پلازیوکلازهای مورد بررسی دیده می‌شود؛ ولی مقدار آنورتیت پلازیوکلازها در برخی نقاط دارای تغییرات مشخصی بوده و سبب ایجاد منطقه‌بندی نوسانی شده است. برخی از پژوهشگران، منطقه‌بندی نوسانی را نشانه تغییر جزئی ترکیب شیمیایی ماگما طی رشد بلور [۲۹] و به عنوان شاهدی از بارگزاری مجدد ماگمایی [۱۸، ۲۹] و منطقه‌بندی معکوس را نشانه عدم برقراری تعادل بین بلور با ماگما در اثر فرآیندهای مانند بارگزاری مجدد ماگمایی و یا تغییر فشار بخار آب هنگام تبلور پلازیوکلازها می‌دانند [۱۸]. به هر حال، وجود مقدار آنورتیت بیشتر در برخی نواحی را می‌توان نشانگر حضور ترکیبات مافیک‌تر و یا مقدار آب بیشتر در نظر گرفت [۹].

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مقدار آنورتیت توسط ترکیب مذاب، فشار، مقدار آب و دما کنترل می‌شود [۱۴، ۱۹]. جهت بررسی هر یک از این موارد، نخست باید شرایط تعادل و یا عدم تعادل را هنگام منطقه‌بندی پلازیوکلاز بررسی کرد. الگوی نوسانی یکسان در بلورهای مختلف پلازیوکلاز در کنار وجود فراوانی یکسان عناصر اصلی و فرعی دو بلور مختلف بیانگر تشکیل پلازیوکلازهای مورد بررسی در شرایط نزدیک به تعادل است [۱۱]. در شرایط نزدیک به تعادل، تغییرات اندک دما و یا مقدار آب تغییرات قابل توجهی در ترکیب پلازیوکلاز ایجاد نمی‌کند [۱۷].

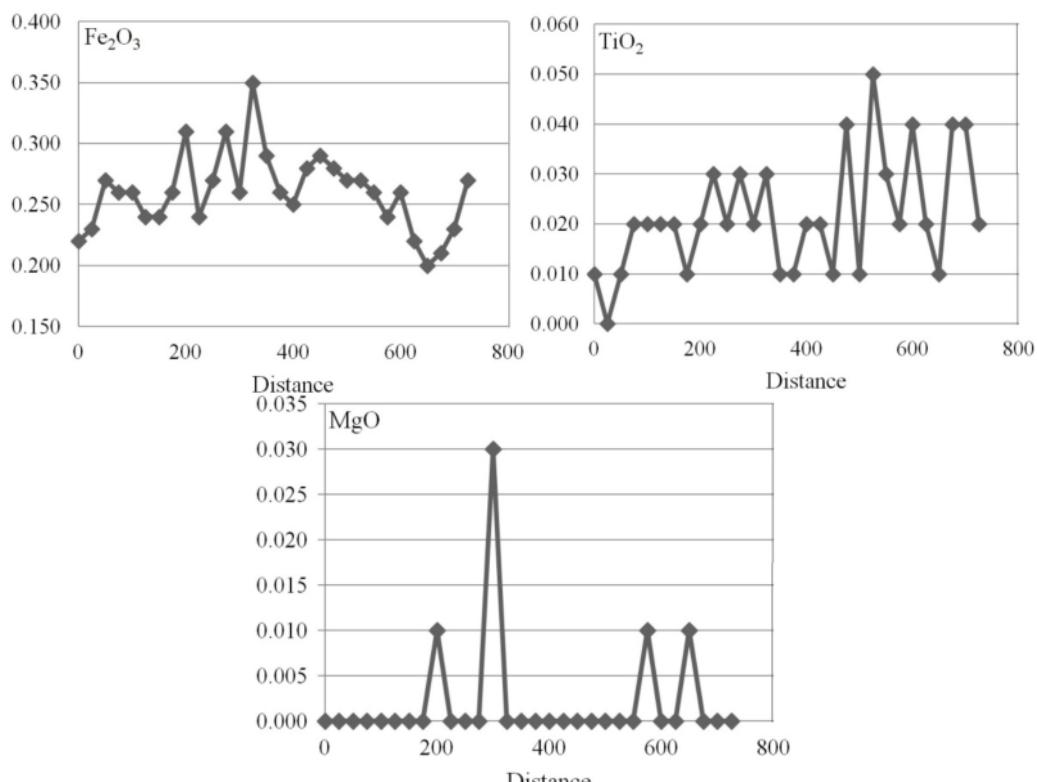
تاثیر فشار بر الگوی منطقه‌بندی در بررسی‌های تجربی به اثبات رسیده است [۱۶]. این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تغییرات ۲ تا ۴ مول درصد در مقدار آنورتیت با تغییر فشار ۲ تا ۴ کیلوبار همخوانی دارد. همچنین تغییرات فشار کمتر از ۲ کیلوبار نمی‌تواند بیش از ۵ درصد بر مقدار آنورتیت پلازیوکلاز تاثیر داشته باشد [۸]. تغییرات دمایی تاثیر بیشتری در مقایسه با تغییرات فشار بر ترکیب پلازیوکلاز دارد [۱۳]، با این حال این تغییرات دمایی نیز نمی‌تواند مقدار بالای تغییرات درصد آنورتیت در پلازیوکلازهای مورد بررسی را توجیه کند.

منفی بین این دو مقدار در اثر فرآیند جدایش ماغمایی ایجاد می‌شود [۲۳].

رونده صعودی مقدار  $\text{Fe}^{+3}$  نسبت به An (شکل ۱۱) بیانگر آمیختگی شیمیایی در ماغماست [۲۱]، در صورتی که روند



شکل ۱۲ نمودار تغییرات مقدار اکسیدهای Fe, Mg و Ti در پلازیوکلازهای نمونه تونالیتی.



شکل ۱۳ نمودار تغییرات مقدار اکسیدهای Fe, Mg و Ti در پلازیوکلازهای نمونه کوارتزدیوریتی.

*intrusive rocks, SE Iran", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 25 (2017) 393-410.*

[4] Mohammadi S.S., Bayani R., Nakhaei M., Chung S.L., Zarrinkoub M.H., "Petrigraphy, mineral chemistry, geochemistry and tectonic setting of Tertiary volcanic rocks in Shoushk area (east of Sarbisheh), Southern Khorasan", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 25 (2017) 167-186.

[5] Niktabar S.M., Moradian A., Ahmadipour H., "The study of mineralogy and geochemistry of Lalezar Granitoid (Bardsir-Kerman)", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 23 (2016) 803-818.

[6] Kahl M., Chakraborty S., Pompilio M., Costa F., "Constraints on the Nature and Evolution of the Magma Plumbing System of Mt. Etna Volcano (1991–2008) from a Combined Thermodynamic and Kinetic Modelling of the Compositional Record of Minerals", *Journal of Petrology* 56 (2015) 2025-2068.

[7] Viccaro M., Calcagno R., Garozzo I., "Continuous magma recharge at Mt. Etna during the 2011–2013 period controls the style of volcanic activity and compositions of erupted lavas", *Mineralogy and Petrology* 109 (2015) 67-83.

[8] Pietranik A., Koepke J., Puziewicz J., "Crystallization and resorption in plutonic plagioclase: Implications on the evolution of granodiorite magma (Gesiniec granodiorite, Strzelin Crystalline Massif, SW Poland)", *Lithos* 86 (2006) 260-280.

[9] Ginibre C., Kronz A., Wörner G., "Highresolution quantitative imaging of plagioclase composition using accumulated back scattered electron images: new constraints on oscillatory zoning", *Contributions to Mineralogy and Petrology* 142 (2002) 436-448.

[10] Ginibre C., Wörner G., Kronz A., "Crystal Zoning as an Archive for Magma Evolution", *Mineralogical Society of America* 3(4) (2007) 261–266.

[11] Brophy J.G., Dorais M.J., Donnelly-Nolan J., Singer B.S., "Plagioclase zonation styles in hornblende gabbro inclusions from Little Glass Mountain, Medicine Lake volcano, California: implications for fractionation mechanisms and the formation of composition gaps", *Contributions to Mineralogy and Petrology* 126 (1996) 121–136.

[12] Hattori K., Sato H., "Magma evolution recorded in plagioclase zoning in 1991 Pinatubo

### برداشت

در منطقه راونج، با بررسی سنگ نگاری و شیمی کانی پلازیوکلاز در توده‌های میکروکوارتزدیوریتی، کوارتزدیوریتی و تونالیتی می‌توان نتایج زیر را در مورد روند تبلور ماغمای منطقه بیان کرد:

۱- درصد مولی آنورتیت تبلور پلازیوکلازهای دارای منطقه‌بندی به طور کلی از مرکز به لبه روند کاهشی را نشان می‌دهد که نشان دهنده تاثیر فرآیند تبلور جدایشی است.

۲- تبلور پلازیوکلازها دارای منطقه‌بندی نوسانی بوده که احتمالاً بر اثر بارگزاری متواالی و تزریق مذاب مافیک‌تر به درون اتاق ماغمای فلسیک در حال تبلور رخ داده است که باعث ایجاد تغییرات مقدار آنورتیت در ساختار پلازیوکلازها شده است.

۳- ترکیب پلازیوکلازها دارای منطقه‌بندی توسط جانشینی‌های مهمی شکل گرفته است که نشان دهنده وجود تعادل گرمایی طی تبلور ماغما است.

۴- بارگزاری متواالی در اثر تزریق ماغمای مافیک‌تر به درون اتاق ماغمای فلسیک یک فرآیند ماغمایی متداول طی تبلور توده نفوذی بوده است که در چندین مرحله رخ داده و باعث ایجاد تغییرات در ترکیب شیمیایی پلازیوکلازها شده است.

۵- توده نفوذی راونج بخشی از فاز فعالیت ماغمای میوسن کمان ماغمایی ارومیه دختر بوده که در اثر فروزانش نفوذتیس به زیر صفحه ایران مرکزی شکل گرفته است و احتمالاً فرآیندهای تبلور جدایشی و بارگزاری متواالی ماغمایی نقش مهمی را در تکامل توده نفوذی راونج داشته است.

### مراجع

[1] Ahmadi A., Firouzkouhi Z., Moridi Farimani, A.A., Richard Lentz D.R., "Geochemical and textural characteristics of plagioclase as evidence for open-system processes: Case study from Bazman volcano (SE Iran)", *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 25 (2017) 367-380.

[2] Molaei Yeganeh T., Torkian A., Sepahi A.A., "Source and geothermobarometry of the gabbrodioritic intrusive body, (S-Qorveh-Kurdistan); with emphasis on minerals chemistry", *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 25 (2017) 153-166.

[3] Ghodsi M.R., Boomeri M., "Petrography, mineralogy and mineral chemistry of Bazman

- [22] Barbarin B., "Granitoids: main petrogenetic classifications in relation to origin and tectonic setting", *Geological Journal* 25 (1990) 227-238.
- [23] Tegner C., "Iron in plagioclase as a monitor of the differentiation of the Skaergaard intrusion" *Contributions to Mineralogy and Petrology* 128 (1997) 45-51.
- [24] Müller A., Breiter K., Seltmann R., Pécsay Z., "Quartz and feldspar zoning in the eastern Erzgebirge volcano-plutonic complex (Germany, Czech Republic): evidence of multiple magma mixing", *Lithos* 80 (2005) 201-227.
- [25] Ghalamghash J., Babakhani A.R., "Geological map of the Kahak Sheet, scale 1:100000", Iran Geological Survey and Mineral Exploration country, Tehran (1993).
- [26] Deer W.A., Howie R.A., Zussman J., "An Introduction to the Rock Forming Minerals", 17th, Longman Ltd (1991) 528 p.
- [27] Smith J.V., "Phase equilibria of plagioclase, In: Ribbe PH (ed) *Feldspar mineralogy*", 2nd edn, Mineralogical Society of America, Washington DC Reviews in Mineralogy 2 (1983) 223-239.
- [28] Smith J.V., Brown W.L., "Feldspar minerals, Crystal structures, physical, chemical and microtextural properties, Springer", Berlin Heidelberg New York (1988) 828.
- [29] Vernon R.H., Johnson S.E., Melis E.A., "Emplacement-related microstructures in the margin of a deformed pluton: the San Jose' tonalite, Baja California, Mexico", *Journal of Structural Geology* 26 (2004) 1867-1884.
- [30] Karsli O., Aydin F., Sadiklar M.B., "Magma interaction recorded in plagioclase zoning in granitoid systems, Zigana Granitoid, eastern Pontides, Turkey", *Turkish Journal of Earth Sciences* 13 (2004) 287-305.
- [31] Khademiparsa M., "Petrology of ore forming intrusive and subvolcanic bodies and their related aureoles in NE Delijan (Urmia-Dokhtar Zone)", PhD thesis in petrology, Shahid Beheshti University (2017). 413pp (in Persian).
- eruption products", American Mineralogist* 81 (1996) 982-994.
- [13] Housh T.B., Luhr J.F., "Plagioclase-melt equilibria in hydrous systems", *American Mineralogist* 76 (1991) 477-492.
- [14] Blundy J.D., Wood B.J., "Crystal-chemical controls on the partitioning of Sr and Ba between plagioclase feldspar, silicate melts, and hydrothermal solutions", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55 (1991) 193-209.
- [15] L'heureux I., Fowler A.D., "A nonlinear dynamical model of oscillatory zoning in plagioclase", *American Mineralogist* 79 (1994) 885-891.
- [16] Longhi J., Fram M.S., Vander Auwera J., Montieth J.N., "Pressure effects, kinetics, and rheology of anorthositic and related magmas", *American Mineralogist* 78 (1993) 1016-1030.
- [17] Loomis T.P., Welber P.W., "Crystallization processes in the Rocky Hill Granodiorite Pluton, California: An interpretation based on compositional zoning of plagioclase", *Contributions to Mineralogy and Petrology* 81 (1982) 230-239.
- [18] Waught T.E., Maas R., Nicholls I.A., "Fingerprinting feldspar phenocrysts using crystal isotopic composition stratigraphy: implications for crystal transfer and magma mingling in S-type granites", *Contributions to Mineralogy and Petrology* 139 (2000) 227-39.
- [19] Smith V.C., Blundy J.D., Arce J.L., "A temporal record of magma accumulation and evolution beneath Nevado de Toluca, Mexico, preserved in plagioclase phenocrysts", *Journal of Petrology* 50 (2009) 405-426.
- [20] Yoder H.S., Stewart D.B., Smith J.R., "Ternary feldspar", Carnegie Institution of Washington Year Book 56 (1957) 206-214.
- [21] Ruprecht P., Worner G., "Variable regimes in magma systems documented in plagioclase zoning patterns: El Misti stratovolcano and Andahua monogenetic cones", *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 165 (2007) 142-162.