

مطالعات کانی‌شناسی نورماتیو و ژئوشیمی عناصر کمیاب خاکی افق بازماندی پرمین در شمال خاور ملکان، استان آذربایجان شرقی

علی عابدینی^{۱*} و علی اصغر کلاگری^۲

^۱ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
^۲ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۴/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۹/۰۳

چکیده

یک افق بازماندی پرمین در ۳۰ کیلومتری شمال خاور ملکان واقع شده که به شکل لایه‌چینه‌سان درون سنگ‌های کربناتی روته گسترش یافته است. از نظر کانی‌شناسی، این افق شامل کانی‌های بوهمیت، دیاسپور، همتایت، کائولینیت، روتیل، آنتاز، مونت‌موریلونیت، مسکوویت، کلسیت و کلریت است. محاسبات مقادیر نورماتیو کانی‌ها در نیمرخ انتخابی نشان می‌دهد که این افق شامل پنج رخساره سنگی است که از پایین به بالا عبارتند از: فریت کائولینیتی، کائولن فریتی، بوکسیت فریتی، کائولن و کائولن بوکسیتی. بر اساس یافته‌های به دست آمده به نظر می‌رسد که پراکندگی REEs در نیمرخ مورد مطالعه در کنترل عواملی همچون تغییر در Eh محیط ناشی از تخریب مواد آلی، افزایش pH محلول‌های هوازده کننده توسط سنگ‌های بستر کربناتی، فرایندهای رویش و تثبیت و نوسانات سطح آب‌های زیرزمینی بوده باشد. شواهد ژئوشیمیایی بیشتر دلالت بر این دارند که در نیمرخ مورد مطالعه، تمرکز LREEs توسط مسکوویت، اکسیدهای منگنز و فسفات‌های ثانویه (مونازیت، گورسکسیت و رابدوفان) و HREEs توسط روتیل، آنتاز و زیرکن صورت گرفته است.

کلیدواژه‌ها: ملکان، ژئوشیمی REE، رخساره سنگی، افق بازماندی.

*نویسنده مسئول: علی عابدینی

E-mail: a.abedini@urmia.ac.ir

۱- مقدمه

وقفه رسوبگذاری در مقطع زمانی پرمین در ۳۰ کیلومتری شمال خاور ملکان واقع در استان آذربایجان شرقی (شکل ۱-ا)، به دلیل حضور افقی از مواد بازماندی در درون سنگ‌های کربناتی روته قابل تشخیص است (علوی نائینی و همکاران، ۱۳۶۴). در سال‌های اخیر، افق یادشده از دیدگاه‌های مختلف زمین‌شناسی مورد توجه پژوهشگران مختلف بوده است. این افق از دید زمین‌شناسی اقتصادی توسط انتظاری (۱۳۸۵) بررسی و ذخیره‌ای بالغ بر ۱ میلیون تن برای آن برآورد شده است. مطالعات ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که این افق پروتولیت بازالتی دارد و بخش‌های فقیر از آهن آن قابلیت کاربرد در صنایع نسوز و سیمان را دارند (عابدینی، ۱۳۸۷). تاکنون مطالعات جامعی در مورد کانی‌شناسی نورماتیو و عوامل کنترل‌کننده پراکندگی LREEs و HREEs بر روی این افق انجام نشده است. این پژوهش، اطلاعات به نسبت کاملی از نحوه تعیین و نامگذاری انواع رخساره‌های سنگی و عوامل ژئوشیمیایی مؤثر در توزیع REEs را در این افق، با مطالعه یک نیمرخ انتخابی ارائه می‌دهد.

۲- روش مطالعه

این مطالعه در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده است. در بخش صحرایی، پیمایش‌هایی برای بررسی تغییرات ریخت‌شناختی افق بازماندی، نحوه ارتباط آن با سنگ‌های درونگیر و ویژگی‌های سنگ‌شناختی انواع تیپ‌های سنگی صورت گرفته است. با توجه به تنوع سنگ‌شناسی، حدود ۴۰ نمونه کانسنگی برداشت شده‌اند. نمونه‌برداری سامان‌مند از افق بازماندی در امتداد یک نیمرخ عمود بر افق و بیشتر بر اساس تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی کانسنگ‌ها انجام شده است. در بخش آزمایشگاهی برای تعیین فازهای کانیایی، بر روی ۷ نمونه کانسنگی از نیمرخ انتخابی تجزیه‌های پراش پرتو ایکس (XRD) در سازمان زمین‌شناسی کشور صورت گرفته است. همچنین آزمایش‌های شیمیایی برای اندازه‌گیری عناصر مورد نظر در ۷ نمونه کانسنگی یادشده در آزمایشگاه ALS Chemex کشور کانادا با استفاده از طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-MS) (جدول ۱) انجام شده است.

۳- بحث و بررسی

۳-۱. مطالعات صحرایی

آشکارترین واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه به ترتیب از قدیم به جدید شامل سازندهای کربناتی روته (پرمین میانی تا بالایی) همراه با یک افق بازماندی، ماسه‌سنگی، شیلی و عدسی‌های زغال‌سنگی شمشک (ژوراسیک زیرین)، ماری و آهک ماری دلچای (ژوراسیک میانی)، آهکی ژوراسیک- کرتاسه، آندزیتی کرج (ائوسن) و توف و گل‌سنگ‌های پلیوسن هستند (علوی نائینی و همکاران، ۱۳۶۴) (شکل ۱-ب). افق بازماندی یادشده، به شکل چینه‌سان و به صورت دو لایه مجزا، با دو روند NE-SW و NW-SE، با سبترایی متغیر از ۱۴ تا ۲۵ متر و با شیب کلی حدود ۱۰ درجه به سوی باختر درون واحدهای کربناتی روته گسترش و تکامل یافته است (شکل ۱-ا و ۲-ب). سازند روته که به عنوان سنگ میزبان این افق عمل کرده است، از نظر سنگ‌شناسی شامل سنگ‌های آهکی، دولومیتی و آهک دولومیتی دارای رگه‌ها و رگچه‌های کلسیتی به همراه باندها و گرهک‌های چرتی است. دو لایه بازماندی یادشده توسط گسل‌های امتدادی جابه‌جا شده و تغییر امتداد یافته‌اند. در نیمرخ انتخابی بر روی یکی از لایه‌ها، براساس رنگ، ۴ واحد مجزا قابل تشخیص است (شکل ۱-د) که به ترتیب از پایین به بالا شامل واحدهای (۱) سرخ قهوه‌ای (BR)، (۲) سبز تیره (DGR)، (۳) خاکستری روشن (LG) و (۴) سفید (W) (شکل ۲-ب) هستند. وجود مرزهای کاملاً تند این افق با سنگ میزبان، وجود بقایایی از سنگ‌های آذرین به نسبت دگرسان‌شده در میان افق و سنگ‌های بستر، حضور مقادیر قابل توجهی از مواد آلی به شکل زغال‌سنگ در واحد سفید، لیمونیت‌زایی (شکل ۲-ج)، لایه‌بندی، چگالی و سختی پایین به همراه اگرگات خاکی در کانسنگ‌های سرخ قهوه‌ای، حضور اسفرویدهایی با ترکیب نامشخص در کانسنگ‌های واحد سبز تیره و لمس زبر به همراه بافت‌های گرهک‌دار در واحد خاکستری روشن از مهم‌ترین و برجسته‌ترین سیمای زمین‌شناسی کانسنگ‌های نیمرخ مورد مطالعه هستند.

۳-۲. کانی‌شناسی

تجزیه‌های XRD نشان می‌دهند که نیمرخ مورد مطالعه به‌طور چیره شامل ترکیبی از

میزان Al_2O_3 به‌طور میانگین در حدود ۲۰٪ ترکیب شیمیایی آن در نظر گرفته شده است. ۶- با توجه به فرمول شیمیایی مشابه روتیل با آتاناز و بوهمیت با دیاسپور، در محاسبات نورماتیو امکان جدایش آنها از هم وجود نداشت و بنابراین مقادیر نورماتیو ارائه شده برای این جفت‌های کانیایی، با هم در نظر گرفته شده‌اند.

با در نظر گرفتن موارد یادشده و نیز مقادیر نظری اکسیدها و LOI تشکیل دهنده کانی‌ها (Dana, 2001) (جدول ۲)، مقادیر نورم کانی‌های روتیل، آتاناز، پیرولوسیت، آپاتیت، آنورتیت، اپیدوت، اورتوکلاز، مسکوویت، پروکسن، کلریت، آلپیت، مونت‌موریلونیت، کائولینیت، هماتیت، گوتیت، بوهمیت، دیاسپور و سیلیس بی‌شکل محاسبه شدند (شکل ۴). مقادیر نورماتیو کانی‌ها در نمودار سه‌متغیره کانی‌های هماتیت، کائولینیت، و بوهمیت + دیاسپور نشان می‌دهد که نیمرخ بازماندی مورد مطالعه در شمال‌خاور ملکان شامل ۵ رخساره سنگی است که به ترتیب از پایین به بالا شامل فریت کائولینیتی، کائولن فریتی، بوکسیت فریتی، کائولن و کائولن بوکسیتی هستند (شکل ۵).

۳-۴. ژئوشیمی

– **شدت فرایند لاتریتی‌زایی:** رسم یافته‌های تجزیه‌ای در نمودار سه‌متغیره $SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3$ (Schellmann, 1983) (شکل ۶) نشان می‌دهد که سنگ‌های اولیه در طی تبدیل به افق بازماندی دچار فرایندهای لاتریتی‌شدن متوسط تا شدید شده‌اند. آنچه که از نحوه توزیع عناصر اصلی در نمودار یادشده دریافت می‌شود این است که طی ایجاد کانسنگ‌های با Fe پایین (واحد‌های کائولن و کائولن بوکسیتی) که متحمل لاتریتی‌شدن متوسط شده‌اند، تفریق خوب و مناسبی میان Al و Si صورت نگرفته و نیز طی ایجاد کانسنگ‌های با Si پایین (واحد‌های کائولن فریتی و بوکسیت فریتی) که دچار لاتریتی‌شدن شدید شده‌اند، تفریق خوبی میان Al و Fe صورت نگرفته است. این بدان معنی است که در کانسنگ‌های یادشده به هر حال یکی از عناصر Fe یا Si در مقادیر بالا را همراهی می‌کنند.

– **شیمی و الگوهای توزیع REEها در طی فرایندهای هوازدهی:** میانگین ترتیب فراوانی REEs در نیمرخ مورد مطالعه $Ce>La>Nd>Pr>Gd>Sm>Dy>Er>Yb$ است (جدول ۱). دامنه تغییرات برای $LREEs_{La-Gd}$ شدید (۴۱۷-۱۳۷ ppm) و برای $HREEs_{Tb-Lu}$ ضعیف (۲۵-۱۴ ppm) است. الگوهای توزیع REEs بهنجار شده نسبت به ترکیب کندریت (Boynton, 1984) برای نمونه‌های مختلف در نیمرخ‌های مورد مطالعه (شکل ۷) نشان از غنی‌شدگی $LREEs_{La-Gd}$ و $HREEs_{Tb-Lu}$ نسبت به کندریت دارد با این تفاوت که میزان غنی‌شدگی $LREEs_{La-Gd}$ نسبت به $HREEs_{Tb-Lu}$ شدیدتر است. این نوع الگوهای غنی‌شدگی، به‌طور معمول در نیمرخ‌هایی دیده می‌شود که تحت تأثیر فرایندهای هوازدهی پیشرفته قرار گرفته‌اند (Haug & Gong, 2001; Beyala et al., 2009) و انحلال $HREEs$ اهمیت زیادی برای ایجاد الگوها دارند (Braun et al., 1998). این در حالی است که در مقایسه نحوه پراکندگی $HREEs_{Tb-Lu}$ در کانسنگ‌ها نسبت به سنگ مادر بازالتی (شکل ۷) چنین الگویی برای $HREEs_{Tb-Lu}$ دیده نمی‌شود. بی‌تردید، عامل مهم‌تری نسبت به فرایندهای انحلال و آب‌شویی وجود داشته است که باعث غنی‌شدگی $HREEs_{Tb-Lu}$ در این نیمرخ شده است.

– **تفسیر بی‌هنجاری‌های Eu و Ce:** در این پژوهش، برای تعیین بی‌هنجاری‌های Eu و Ce در نمونه‌های نیمرخ مورد بررسی به ترتیب از روابط زیر استفاده شده است:

$$Eu \text{ Anomaly} = [(Eu_N) / \sqrt{Sm_N \times Gd_N}] \quad (\text{Taylor \& McLennan, 1985})$$

$$Ce \text{ Anomaly} = (2Ce_N) / (La_N + Pr_N) \quad (\text{Ma et al., 2007})$$

در روابط بالا، N نشان‌دهنده بهنجارشدن عناصر نسبت به ترکیب کندریت (Boynton, 1984) است. نتایج این محاسبات نشان می‌دهند که بازه تغییرات بی‌هنجاری در نیمرخ هوازده برای Ce از ۰/۷ تا ۶/۴۵ و برای Eu از ۰/۷۹ تا ۰/۹۵ است. بررسی روند تغییرات بی‌هنجاری‌های Ce در نیمرخ هوازده نشان

کانی‌های بوهمیت، کائولینیت و هماتیت است و در مقادیر کمتر کانی‌های روتیل، آتاناز، مونت‌موریلونیت، دیاسپور، مسکوویت، کلسیت و کلریت آنها را همراهی می‌کنند. از میان کانی‌های یادشده، آتاناز در همه نمونه‌ها حضور دارد. این در حالی است که کانی‌های مونت‌موریلونیت، کلسیت، دیاسپور، کلریت و مسکوویت به ترتیب فقط در واحدهای سفید، سرخ قهوه‌ای، خاکستری روشن، سبز تیره و خاکستری روشن شناسایی شده‌اند (شکل ۳).

۳-۳. انواع رخساره‌های سنگی

در این مطالعه با توجه به ریزبلور بودن و نداشتن ویژگی‌های نوری ثابت بیشتر کانی‌ها، برآورد مقادیر مُدال کانی‌ها توسط مطالعات سنگ‌نگاری ممکن نبود و بنابراین به‌ناچار از روش کانی‌شناسی نورماتیو برای تعیین مقادیر کمی کانی‌ها و تعیین انواع رخساره سنگی استفاده شده است. تاکنون روش‌های مختلفی برای محاسبات کانی‌شناسی نورماتیو در سنگ‌های به‌شدت هوازده پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به روش‌های ارائه شده توسط (Beissner, 1989), (Bardossy & Aleva, 1990), (Nyobe, 1991), (Butt & Zeegers, 1992) و (Voicu et al., 1997) اشاره کرد. از میان روش‌های یادشده، روش ارائه شده توسط Voicu et al. (1997) کارایی بسیار خوبی برای محاسبه مقادیر نورماتیو کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ‌های به‌شدت هوازده، با میزان شاخص شیمیایی دگرسانی (Chemical Index of Alteration) (CIA = $[Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] \times 100$) (Nesbitt & Young, 1982;) و شاخص کانی‌شناختی دگرسانی (Fedo et al., 1995) بالای ۸۰٪ و شاخص کانی‌شناختی دگرسانی (Mineralogical Index of Alteration) (MIA = $2 \times [CIA - 50]$) (Voicu et al., 1997; Voicu & Bardoux, 2002) بالای ۶۰٪ دارد. محاسبه مقادیر CIA و MIA برای نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقادیر این شاخص‌ها در نیمرخ مورد مطالعه به ترتیب از ۸۷/۶۵ تا ۹۹/۴۰٪ و ۷۵/۲۹ تا ۹۸/۸۰٪ متغیر است (جدول ۱). بنابراین، در این مطالعه از روش ارائه شده توسط Voicu et al. (1997) برای محاسبات نورماتیو استفاده شده است.

مهم‌ترین نکاتی که در محاسبه مقادیر نورماتیو کانی‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند عبارتند از:

- ۱- کانی‌های استفاده شده در محاسبات نورم ترکیب دلخواه بدون هر گونه جایگزینی از نظر استیکیومتری دارند (بجز آلومینیوم-گوتیت).
- ۲- در این محاسبات فازهای بی‌شکل Al، Si، Mn و Fe دار موجود در این مواد که توسط تجزیه‌های پراش پرتو X (XRD) شناسایی نشده‌اند به صورت اکی‌والانت‌های بلورین‌شان محاسبه شدند.
- ۳- میزان شاخص شیمیایی دگرسانی (CIA) در هر نمونه برای همه کانی‌ها یکسان در نظر گرفته شده است.
- ۴- برای جدایش مقادیر Fe_2O_3 و FeO از $Fe_2O_{3(Total)}$ ابتدا با استفاده از روش ارائه شده توسط (Irvine & Baragar, 1971) مقادیر FeO^* و $Fe_2O_3^*$ با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

$$FeO^* = (0.863 \times Fe_2O_{3(T)}) - 0.0065$$

$$Fe_2O_3^* = (0.152 \times Fe_2O_{3(T)}) - 0.0073$$

و سپس با استفاده از روابط زیر مقادیر FeO و Fe_2O_3 در کانسنگ‌های انتخابی محاسبه شدند:

$$FeO = FeO^* \times (100 - MIA) / 100$$

$$Fe_2O_3 = (FeO^* - FeO) + Fe_2O_3^*$$

- ۵- با توجه به اینکه یافته‌های منتشر شده برای جان‌شینی آلومینیوم در کانی‌گوتیت در نیمرخ‌های هوازده مختلف متغیر است (Bardossy & Aleva, 1990; Oliveira & Campos, 1991)، برای محاسبه نورماتیو کانی‌گوتیت در این مطالعه،

شده است، اما Ce در افق بازماندی ملکان فقط با Mn همبستگی خوبی نشان می‌دهد ($r=0.77$) که حاکی از نقش اکسیدهای منگنز در تمرکز این عنصر است. همچنین این همبستگی نشان می‌دهد که تغییر در پتانسیل ردوکس یک عامل کلیدی در پراکندگی Mn همچون Ce در این نیمرخ بوده است (Ma et al., 2007). زیرکن که از نظر شیمیایی پایدارترین کانی طی فرایندهای هوازدگی به‌شمار می‌آید (Oh & Richter, 2005)، می‌تواند به‌عنوان حامل و کنترل‌کننده پراکندگی HREEs در سامانه‌های هوازده شده باشد (Lopez et al., 2005). با توجه به همبستگی مثبت به‌نسبت بالای Zr، Er، Yb و Lu (>0.64) می‌توان آن را به‌عنوان کنترل‌کننده بخشی از پراکندگی HREEs در این نیمرخ معرفی کرد. همچنین همبستگی مثبت Ti با Er، Tm، Yb و Lu (0.61 تا 0.75) نشان می‌دهد که کانی‌های روتیل و آاناتاز تا حدودی پراکندگی HREEs را در این نیمرخ در کنترل خود داشته‌اند. ضرایب همبستگی مثبت میان P با برخی از LREEs مانند La، Sm، Eu و Gd (>0.45) می‌تواند نشانگر کنترل پراکندگی بخشی از LREEs توسط کانی‌های فسفاتی همچون موناژیت و رابدوفان $[CeLa(PO_4)_2 \cdot H_2O]$ در نیمرخ مورد مطالعه باشد (Roy & Smykatz-Kloss, 2007). همبستگی مثبت به‌نسبت متوسط Ba با P_2O_5 (0.49) و LREEs (بجز Ce) (>0.82) می‌تواند دلالت بر حضور احتمالی کانی‌های فسفات آلومینیوم‌داری مانند گورسکسیت (Gorceixite) $[BaAl_3(LREE,PO_4)_2(OH)_5 \cdot H_2O]$ (Costa & Araujo, 1996) در نیمرخ مورد مطالعه داشته باشد.

۴- نتیجه‌گیری

افق بازماندی پرمین، واقع در ۳۰ کیلومتری شمال خاور ملکان به‌شکل چینه‌سان درون سنگ‌های کربناتی روتی گسترش و تکامل یافته است. عملکرد فرایندهای هوازدگی طی ایجاد افق بازماندی با گسترش کانی‌های بوهمیت، همتیت، کائولینیت، روتیل، آاناتاز، دیاسپور، مونت‌موریلونیت، مسکوویت، کلسیت و کلریت همراه شده است. مطالعات کانی‌شناسی نورماتیو نشان می‌دهد که تغییر شرایط فیزیکی شیمیایی طی ایجاد افق مورد مطالعه به‌ترتیب از پایین به بالا موجب تشکیل و گسترش رخساره‌های سنگی فریت کائولینیتی، کائولن فریتی، بوکسیت فریتی، کائولن و کائولن بوکسیتی شده است. تلفیق نتایج حاصل از مطالعات صحرایی، الگوی پراکندگی REEs و بررسی تغییرات بی‌هنجاری‌های Eu و Ce نشان می‌دهند که تغییرات pH، حضور مواد آلی و نوسانات سطح سفره آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده پراکندگی REEs در نیمرخ مورد مطالعه بوده‌اند. یافته‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که مسکوویت، روتیل، آاناتاز، زیرکن، موناژیت، رابدوفان، گورسکسیت و اکسیدهای منگنز میزبان‌های احتمالی REEs در این افق بازماندی هستند.

سپاسگزاری

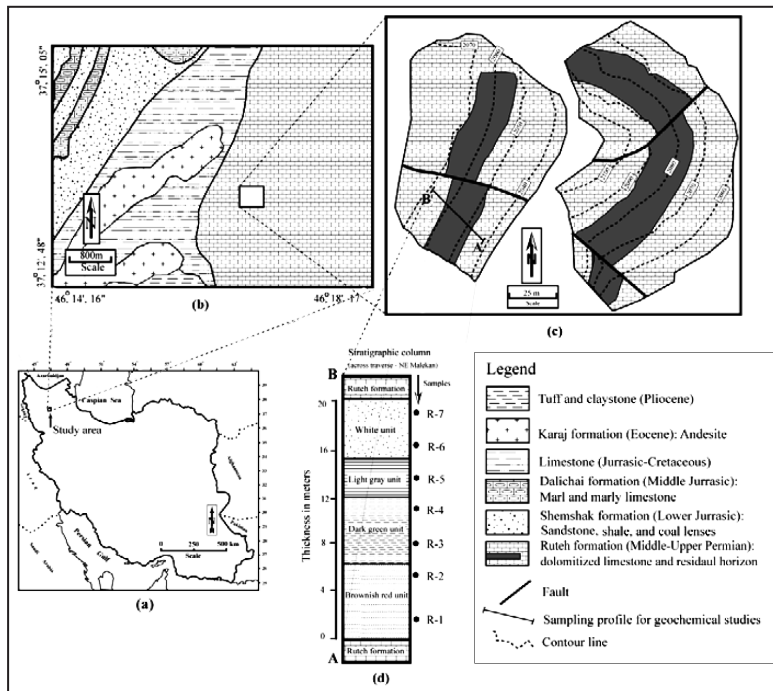
نگارندگان از نظرات و پیشنهادات ارزنده و سازنده داوران محترم مجله سپاسگزاری می‌کنند.

می‌دهد که در مقایسه با سنگ مادر، مقادیر کمیته و بیشینه بی‌هنجاری به‌ترتیب در بخش‌های بالایی و زیرین نیمرخ رخ داده است (شکل ۸-۸). به‌نظر می‌رسد که حضور مقادیر قابل توجهی از مواد آلی در بخش‌های بالایی، شرایط احیایی محلی را فراهم کرده و موجب تحرک Ce و بی‌هنجاری منفی آن شده است. بی‌هنجاری مثبت Ce واحد کائولن فریتی می‌تواند به‌دلیل روبش و تمرکز این عنصر توسط اکسیدهای آهن (Bao & Zhao, 2008) و یا به‌دلیل تشکیل کانی Cerianite (Ma et al., 2007) صورت گرفته باشد. این سازوکارها به‌احتمال، در ارتباط با تغییر Eh محیط و یا به‌دلیل نوسانات سطح سفره آب‌های زیرزمینی است (Meyer et al., 2002). سازوکار دیگری که می‌تواند باعث ایجاد این بی‌هنجاری‌های مثبت شود به‌احتمال، افزایش pH آب‌های زهکشی شده توسط سنگ‌های بستر کربناتی بوده است (Barun et al., 1990).

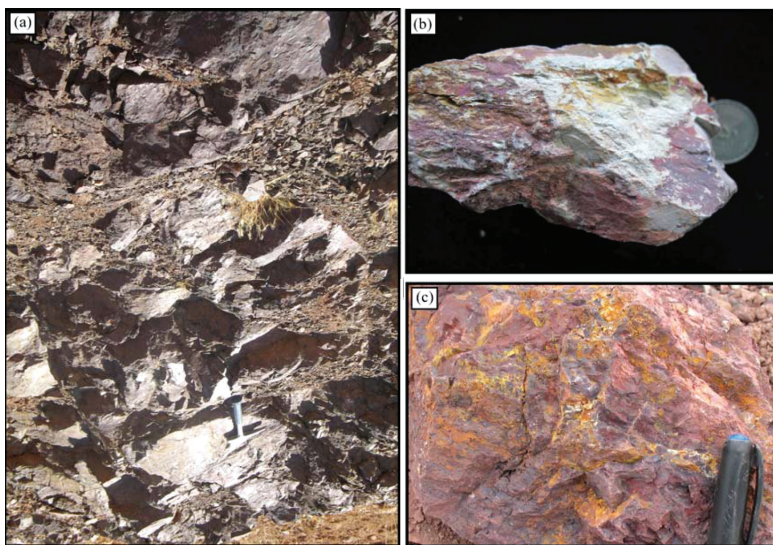
روند تغییرات بی‌هنجاری‌های Eu در نیمرخ مورد مطالعه نسبت به سنگ مادر بازالتی به‌صورت کاهش است (شکل ۸-۸). این روند کاهش، نشان از تخریب کانی‌های پلاژیوکلاژ سنگ‌های مادر طی فرایندهای هوازدگی (White et al., 2001) و ورود ترجیحی این عنصر به محلول‌های هوازده کننده دارد. **کانی‌های میزبان REEها در نیمرخ مورد مطالعه:** چندین دسته کانی به‌عنوان میزبان‌های اصلی REEها در محصولات هوازده توسط پژوهشگران مختلف پیشنهاد شده‌اند که از آن جمله می‌توان به کانی‌های رسی (Karadag et al., 2009)، کانی‌های ثانویه فسفات‌دار (Braun et al., 1993)، اکسیدها و هیدروکسیدهای منگنز (Walter et al., 1995) و اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن (Mameli et al., 2007) اشاره کرد.

تجزیه‌های پراش پرتو X (XRD) تنها فازهای کانیاپی را در نیمرخ مورد مطالعه شناسایی کرده‌اند که فراوانی بالای ۴٪ داشته‌اند. بنابراین، افزون بر فازهای کانیاپی شناسایی شده، کانی‌های دیگری نیز می‌توانند میزبان REEs در این نیمرخ هوازده باشند که توسط تجزیه‌های پراش پرتو X شناسایی نشده‌اند. بنابراین، در این پژوهش برای مشخص کردن کانی‌های میزبان احتمالی REEs در افق بازماندی ملکان ضرایب همبستگی رتبه‌ای (Spearman's rank correlation) (Rollinson, 1993) بین REEs با عناصر Al، Si، Fe، P، Mn، Ti، K، Na، Mg، Zr، Y، Sr و Ba محاسبه شده است (جدول ۳).

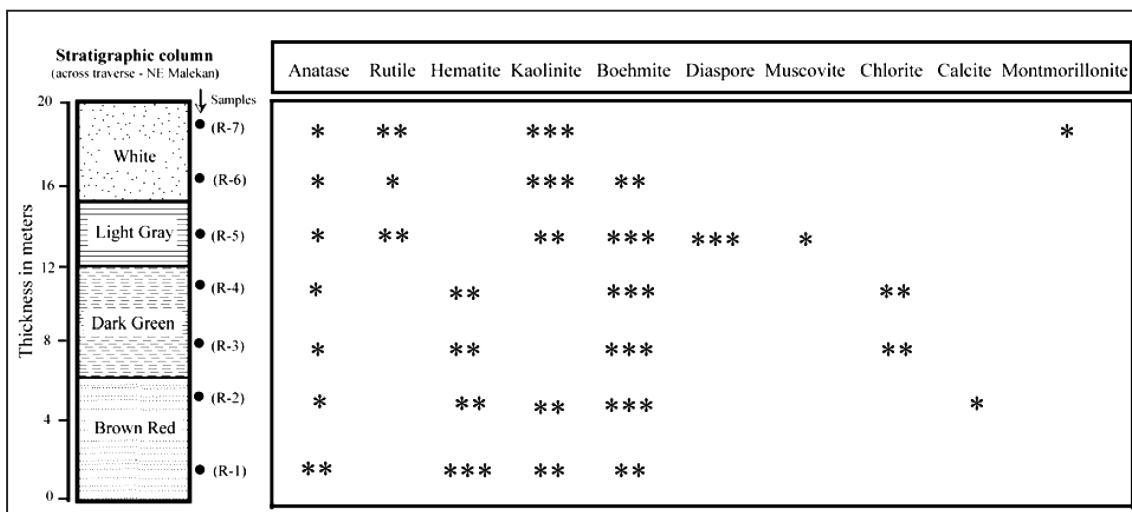
به‌رغم وجود همبستگی‌های مثبت به‌نسبت بالای Si با Nd، Pr، Sm، Eu و Gd (>0.57)، همبستگی‌های منفی Al با بیشتر REEs (-0.89 تا -0.11) نشان می‌دهند که کانی‌های رسی نمی‌توانند میزبان مهمی برای REEs در این نیمرخ باشند. همبستگی‌های مثبت به‌نسبت بالای K با همه LREEs (بجز Ce) (>0.54) حکایت از میزبانی مسکوویت برای LREEs در این نیمرخ دارد. همبستگی مثبت ضعیف Fe با برخی از HREEs مانند Dy و Ho (0.45 تا 0.59) نشان‌دهنده نقش کم‌رنگ کانی‌های Fe در تمرکز HREEs در این افق بازماندی است. اگر چه ارتباط نزدیک و تنگاتنگی میان Ce با Fe و Mn توسط (Bau, 1999) و (De Carlo et al., 1998) و (Ohta & Kawabe, 2001) در سامانه‌های هوازده گزارش



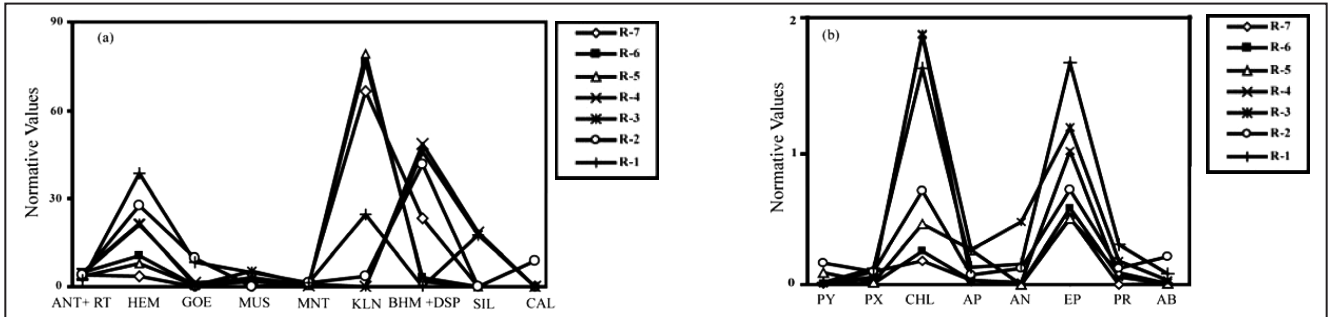
شکل ۱- (a) موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه جغرافیایی ایران، (b) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از علوی نائینی و همکاران، ۱۳۶۴ با اندکی تغییرات)، (c) نحوه پراکندگی افق بازماندی در سنگ‌های کربناتی روتِه در منطقه مورد مطالعه (انتظاری، ۱۳۸۵) و (d) ستون چینه‌شناسی نیم‌رخ مورد مطالعه که در آن محل نمونه‌های برداشت شده برای انجام تجزیه‌های ژئوشیمیایی با دوایر توپر نشان داده شده است.



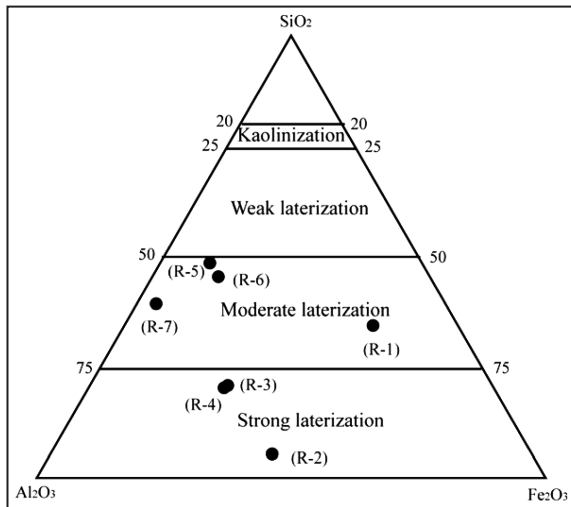
شکل ۲- (a) تصویر صحرایی از افق بازماندی مورد مطالعه. دید به سوی شمال باختر، (b) نمونه دستی از کانسنگ‌های مربوط به واحد سفید و (c) لیمونیت‌زایی در سطح کانسنگ‌های سرخ قهوه‌ای.



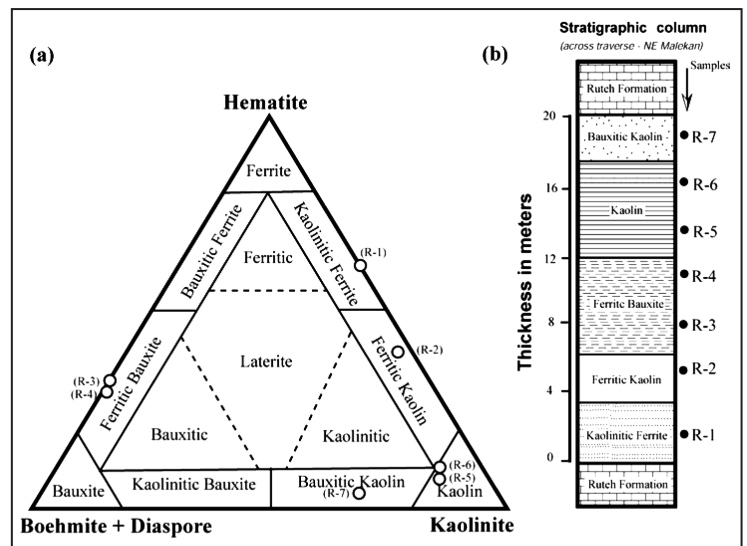
شکل ۳- نتایج تجزیه‌های کانی‌شناسی نیمه کمی نمونه‌های نیم‌رخ مورد مطالعه؛ *، ** و *** به ترتیب فراوانی‌های کمتر از ۵٪ و ۵-۲۵٪ و >۲۵٪ را نشان می‌دهند.



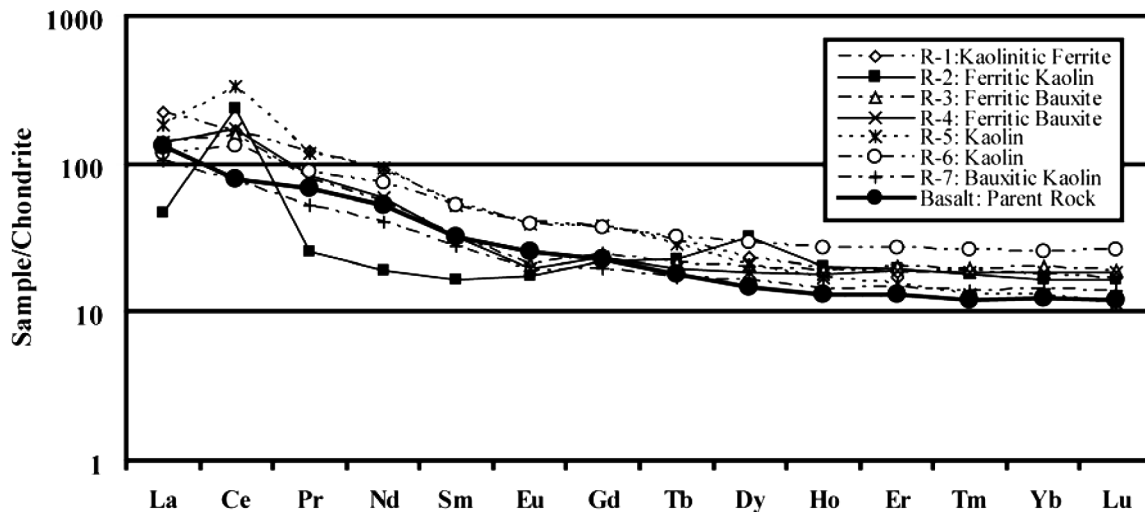
شکل ۴- a و b) تصویر نمادین از مقادیر نورماتیو کانی‌ها در نمونه‌های نیمرخ مورد مطالعه. علائم اختصاری به کار رفته عبارتند از: ANT=آنتاز، RT=روتیل، HEM=هماتیت، GOE=گویت، MUS=مسکوویت، MNT=مونت موریلونیت، KLN=کائولینیت، BHM=بوهمیت، DSP=دیاسپور، SIL=سیلیس بی‌شکل، CAL=کلسیت، PY=پیرولسیت، PX=پیروکسن، CHL=کلریت، AP=آپاتیت، AN=آنورتیت، EP=ایدوت، OR=اورتوکلار و AB=آلیت.



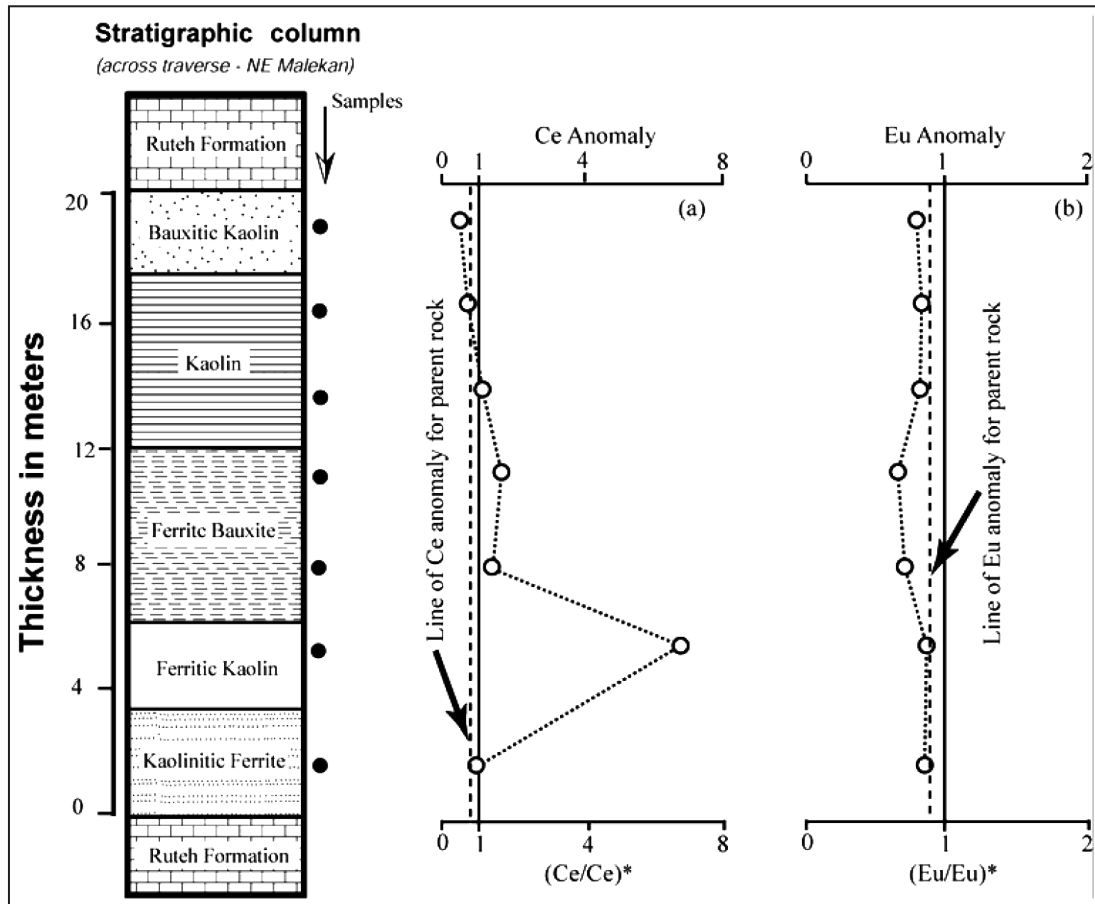
شکل ۵- میزان لاتریت‌زایی در نمونه‌های نیمرخ مورد مطالعه با استفاده از نمودار سه‌متغیره $SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3$ (Schellmann, 1983).



شکل ۶- a) موقعیت کانسنگ‌های نیمرخ مورد بررسی در نمودار سه‌متغیره هماتیت- کائولینیت- بوهمیت + دیاسپور (Aleva, 1981) و b) ستون چینه‌ای رخساره‌های سنگی تعیین شده به وسیله مقادیر نورماتیو کانی‌ها در نیمرخ مورد مطالعه.



شکل ۷- الگوی تغییرات REE‌های به‌نجار شده نسبت به ترکیب کندریت (Boynnton, 1984) در نمونه‌های مورد مطالعه؛ موقعیت الگوی تغییرات REE‌ها در سنگ مادر بازالتی از عابدینی (۱۳۸۷) برگرفته شده است.



شکل ۸- تغییرات (a) بی‌هنجاری های Ce و (b) Eu در عرض نیمرخ مورد مطالعه نسبت به سنگ مادر. موقعیت خط بی‌هنجاری های Ce و Eu از عابدینی (۱۳۸۷) برگرفته شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه‌های شیمیایی ICP-MS عناصر اصلی، فرعی، جزئی و خاکی کمیاب در نمونه‌های نیمرخ مورد مطالعه.

	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7
SiO ₂ (Wt%)	۳۰	۳/۸۷	۱۶/۵	۱۵/۸۵	۳۸/۷	۳۷/۱	۳۱/۸
Al ₂ O ₃	۱۴/۴	۳۹/۱	۴۲/۱	۴۲/۶	۳۳/۱	۳۳/۹	۴۶/۵
Fe ₂ O ₃	۴۳/۳	۳۳/۸	۲۱/۵	۲۱/۵	۸/۰۸	۱۰/۷	۳/۳
CaO	۰/۴۴	۵/۲	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۲
MgO	۰/۷۸	۰/۳۹	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۰۸
Na ₂ O	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۱۵
K ₂ O	۰/۵۹	۰/۱۲	۰/۶۳	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۲۲	۰/۰۱
TiO ₂	۲/۱۴	۳/۷۵	۴/۷۱	۴/۳۴	۳/۳۴	۴/۸۶	۳/۹۵
MnO	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۱
P ₂ O ₅	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۰۲
LOI	۸/۰	۱۳/۴۵	۱۱/۴۵	۱۲/۸۵	۱۴/۶۰	۱۲/۹۵	۱۴/۰۰
Total	۹۹/۹۱	۱۰۰/۰۴	۹۸/۳۵	۹۸/۷۰	۹۸/۸۱	۱۰۰/۱۴	۹۹/۹۴
Ba (ppm)	۲۸۵	۵۷/۳	۷۳/۴	۶۲/۴	۲۳۶	۹۳/۹	۲۷/۳
Co	۱۰/۳	۳/۹	۱۰/۳	۱۰/۷	۱۰۶/۵	۱۶/۵	۱۸/۹
Cr	۷۰	۱۳۰	۷۶۰	۸۲۰	۹۰	۳۳۰	۳۸۰
Hf	۸/۳	۱۱/۸	۱۶/۳	۱۵/۹	۱۱/۳	۱۵	۱۱/۷
Nb	۲۸/۴	۳۸/۲	۱۰۸	۱۰۲	۸۸/۶	۹۲/۱	۶۶/۷
Ni	۱۱	۵	۱۴۷	۱۵۴	۱۰۶	۲۵۸	۲۳۶
Sr	۱۴۲/۵	۳۶۰	۱۵۸/۵	۱۶۶/۵	۶۴۵	۳۶۷	۲۹۴

	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7
V	۱۸۲	۴۱۱	۱۱۳۰	۱۰۴۰	۳۱۰	۳۶۶	۴۵۲
Y	۳۲/۱	۴۲/۳	۳۱/۱	۲۹/۷	۲۵/۳	۴۷/۴	۲۹
Zr	۳۰۲	۴۹۳	۶۲۵	۶۰۹	۴۳۶	۵۴۵	۴۲۰
La (ppm)	۶۹	۱۴/۴	۴۳/۱	۴۳/۹	۵۶/۱	۳۶/۳	۳۲/۴
Ce	۱۳۶/۵	۱۸۸	۱۲۸/۵	۱۴۰/۵	۲۶۷	۱۰۷	۶۲/۴
Pr	۱۴/۷۵	۳/۱۳	۹/۶۷	۱۰/۰۵	۱۴/۵	۱۰/۸۵	۶/۴۴
Nd	۵۴/۹	۱۱/۶	۳۳/۷	۳۵/۳	۵۶/۴	۴۵	۲۴/۳
Sm	۱۰/۴۵	۳/۲۶	۶/۴۳	۶/۳۱	۱۰/۳	۱۰/۱	۵/۴۸
Eu	۳/۰۱	۱/۲۹	۱/۵۴	۱/۴۳	۲/۸۹	۲/۸۸	۱/۴۱
Gd	۹/۸۸	۵/۷	۶/۳۲	۶/۰۳	۱۰	۹/۵۴	۵/۱۱
Tb	۱/۴۴	۱/۰۷	۱/۰۱	۰/۹۳	۱/۳۴	۱/۵۲	۰/۸۱
Dy	۷/۵	۷	۶/۴۷	۵/۸۹	۶/۷۴	۹/۵۵	۵/۲۴
Ho	۱/۴۲	۱/۴۷	۱/۳۷	۱/۳۱	۱/۲۲	۱/۹۱	۱/۰۴
Er	۳/۹۱	۴/۱۲	۴/۲۴	۴/۰۳	۳/۲۷	۵/۶۵	۳/۰۹
Tm	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۶۰	۰/۴۲	۰/۸۵	۰/۴۵
Yb	۳/۷۱	۳/۴۵	۴/۲۱	۳/۸۷	۲/۷۰	۵/۳۳	۲/۹۶
Lu	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۳۶	۰/۸۵	۰/۴۵
CIA (%)	۹۲/۳۷	۸۷/۶۵	۹۷/۵۴	۹۸/۴۸	۹۸/۳۹	۹۸/۹۲	۹۹/۴۰
MIA (%)	۸۴/۷۴	۷۵/۲۹	۹۵/۰۸	۹۶/۹۶	۹۶/۷۸	۹۷/۸۴	۹۸/۸۰

جدول ۲- مقادیر نظری اکسیدها و LOI کانی‌های تشکیل دهنده افق بازماندی مورد مطالعه.

Minerals	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	MnO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
Anatase	۰/۰۰	۱۰۰/۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Hematite	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۰۰/۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Al-Goethite	۲۰/۴۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۹/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۱/۱۰
Pyrolusite	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۷۳/۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Pyroxene	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵۱/۷۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۸/۲۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Chlorite	۱۶/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۸/۴۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۴/۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۳۵
Apatite	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۹/۴۳	۶۰/۵۷	۰/۰۰	۰/۰۰
Orthoclase	۱۸/۳۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۴/۷۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۶/۹۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Muscovite	۳۸/۴۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۵/۲۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۱/۸۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۴/۵۲
Albite	۱۹/۴۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۸/۷۶	۰/۰۰	۱۱/۸۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Montmorillonite	۲۰/۹۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۲/۶۱	۰/۰۰	۱۲/۷۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳/۷۰
Anorthite	۳۶/۶۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۳/۲۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۰/۱۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Epidote	۳۳/۶۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۹/۷۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲۴/۶۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۹۸
Kaolinite	۳۹/۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۴۶/۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۴/۰۰
Calcite	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵۶/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Rutile	۰/۰۰	۱۰۰/۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Diaspore	۸۵/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۵/۰۰
Amorphous silica	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۷۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳۰/۰۰

جدول ۳- ضرایب همبستگی رتبه‌ای میان برخی از عناصر انتخابی با REEها در نیمرخ مورد مطالعه.

	Si	Al	Fe	P	Mn	Ti	K	Na	Mg	Zr	Y	Sr	Ba
La	۰/۳۲	-۰/۵۷	۰/۲۳	۰/۴۵	۰/۰۴	-۰/۴۳	۰/۷۵	-۰/۴۳	۰/۴۳	-۰/۲۱	-۰/۳۲	-۰/۳۲	۰/۸۲
Ce	-۰/۱۸	-۰/۴۳	۰/۳۲	۰/۴۹	۰/۷۷	-۰/۵۴	۰/۲۵	-۰/۲۱	۰/۳۹	۰/۰۱	-۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۲۹
Pr	۰/۵۷	-۰/۷۵	۰/۱۳	۰/۲۸	۰/۰۴	-۰/۳۲	۰/۵۷	-۰/۴۳	۰/۱۱	-۰/۳۲	-۰/۰۷	-۰/۰۷	۰/۹۳
Nd	۰/۶۸	-۰/۷۱	-۰/۰۵	۰/۳۴	۰/۰۸	-۰/۲۹	۰/۵۴	-۰/۶۱	۰/۰۴	-۰/۲۵	-۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۸۹
Sm	۰/۶۱	-۰/۷۹	۰/۱۳	۰/۴۵	۰/۰۴	-۰/۲۹	۰/۶۸	-۰/۳۶	۰/۰۷	-۰/۲۹	-۰/۰۴	-۰/۱۱	۰/۹۶
Eu	۰/۶۱	-۰/۷۹	۰/۱۳	۰/۴۵	۰/۰۴	-۰/۲۹	۰/۶۸	-۰/۳۶	۰/۰۷	-۰/۲۹	-۰/۰۴	-۰/۱۱	۰/۹۶
Gd	۰/۵۷	-۰/۸۶	۰/۱۳	۰/۵۸	۰/۲۶	-۰/۲۹	۰/۶۸	-۰/۴۶	۰/۱۱	-۰/۱۴	-۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۹۶
Tb	۰/۳۹	-۰/۸۹	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۳۳	-۰/۱۱	۰/۲۹	-۰/۰۴	-۰/۱۴	-۰/۱۸	۰/۵۷	۰/۲۵	۰/۷۹
Dy	۰/۱۸	-۰/۸۲	۰/۴۵	۰/۱۳	۰/۳۷	-۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۱۸	-۰/۱۱	-۰/۱۴	۰/۷۵	۰/۱۸	۰/۶۴
Ho	-۰/۲۵	-۰/۴۶	۰/۵۹	-۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۰۷	۰/۳۶	۰/۱۱	۰/۲۱	۰/۹۶	۰/۰۱	۰/۲۹
Er	-۰/۲۹	-۰/۱۱	۰/۳۶	-۰/۰۴	-۰/۲۰	۰/۶۸	۰/۲۱	۰/۰۴	۰/۲۹	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۰۱	۰/۱۱
Tm	-۰/۱۴	-۰/۱۴	۰/۴۰	-۰/۱۳	-۰/۴۹	۰/۶۱	۰/۳۶	۰/۱۱	۰/۲۹	۰/۴۶	۰/۷۵	-۰/۳۹	۰/۲۹
Yb	-۰/۲۱	۰/۰۴	۰/۳۱	-۰/۲۴	-۰/۵۹	۰/۷۵	۰/۲۹	-۰/۰۴	۰/۳۶	۰/۶۴	۰/۶۸	-۰/۳۲	۰/۱۴
Lu	-۰/۲۱	۰/۰۴	۰/۳۱	-۰/۳۴	-۰/۵۹	۰/۷۵	۰/۲۹	-۰/۰۴	۰/۳۶	۰/۶۴	۰/۶۸	-۰/۳۲	۰/۱۴

کتابخانه

انتظاری، ا.، ۱۳۸۵- بررسی زمین‌شناسی اقتصادی نهشته‌های بوکسیت-لاتریت منطقه مندیل بسر، جنوب شرق مراغه. رساله کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، ۱۲۳ص.
 عابدینی، ع.، ۱۳۸۷- بررسی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژئز نهشته‌های بوکسیتی-لاتریتی پرمین تا تریاس در شمال غرب ایران. رساله دکتری گروه زمین‌شناسی دانشگاه تبریز، ۱۸۴ص.
 علوی نائینی، م.، شهرابی، م. و سعیدی، ع.، ۱۳۶۴- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش ارومیه. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- Aleva, G. C., 1981- Bauxitic and other duricrusts on the Guiana Shield, South America. In: Krishnaswany YS (ed) Lateritization processes. Proc 1st Int Sem Laterite Processes, Trivandrum. 1979, Rotterdam, pp. 261-268.
- Bardossy, G. Y. & Aleva, G. Y. Y., 1990- Lateritic Bauxites. Akademia, Kiado Budapest, 646p.
- Bao, Z. & Zhao, Z., 2008- Geochemistry of mineralization with exchangeable REY in the weathering crusts of granitic rocks in South China. Ore Geology Review 33, 519-535
- Bau, M., 1999- Scavenging of dissolved yttrium and rare earths by precipitating iron oxyhydroxide: experimental evidence for Ce oxidation, Y-Ho fractionation, and lanthanide tetrad effect. Geochimica et Cosmochimica Acta 63, 67-77.
- Beissner, H., 1989- Geologic, mineralogy und Geochimie der bauxite auf prakambischen basementgestein im Grebiet von Astolfo Dutra, sw-lich Cataguases, Minas Gerais, Brasilien. Ph.D. Thesis. University of Humburg, Germany, 228p.
- Beyala, V. K. K., Onana, V. L., Priso, E. N. E., Parisot, J. & Ekodeck, G. E., 2009- Behaviour of REE and mass balance calculations in a lateritic profile over chlorite schists in South Cameroon. Chemie der Erde - Geochemistry 69, 61-73.

- Boynton, W. V., 1984- Geochemistry of REEs: meteorite studies. In: Henderson P. (ed.), Rare earth element geochemistry. Elsevier, pp. 63-147.
- Braun, J. J., Viers, J., Dupre, M., Ndam, J. & Muller, J. J., 1998- Solid liquid REE fractionation in the lateritic system of Goyoum, East Cameroon: The implication for the present dynamics of the soil covers of the humid tropical regions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 62, 273-299.
- Braun, J. J., Pagel, M., Herbillon, A. & Rosin, C., 1993- Mobilization and redistribution of REEs and Th in a syenitic lateritic profile- a mass balance study. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 57, 4419-4434.
- Braun, J. J., Pagel, M., Muller, J. P., Bilong, P., Michard, A. & Guillet, B., 1990- Ce anomalies in lateritic profiles. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 54, 781-795.
- Butt, C. R. M. & Zeegers, H., 1992- Regolith exploration geochemistry in tropical and subtropical terrains. *Handbook of Exploration Geochemistry*, 4., Elsevier, Amsterdam, 607p.
- Costa, M. L. & Araujo, E. S., 1996- Application of multi-element geochemistry in Au-phosphate- bearing lateritic crusts for identification of their parent rocks. *Journal of Geochemical Exploration* 57, 257-272.
- Dana, J. D., 2001- Manual of mineralogy. John Wiley and Sons Inc., 583p.
- De Carlo, E. H., Wen, X. Y. & Irving, M., 1998- The influence of redox reactions on the uptake of dissolved Ce by suspended Fe and Mn oxide particles. *Aquatic Geochemistry* 3, 357-389.
- Fedo, C. M., Nesbitt, P. & Young, G. M., 1995- Unraveling the effect of K metasomatism in sedimentary rocks and paleosols with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology* 23, 363-381.
- Haug, C. M. & Gong, Z. T., 2001- Geochemical implication of rare earth elements in process of soil development. *Journal of Rare Earths* 19, 57-62.
- Irvine, T. N. & Baragar, W. R. A., 1971- A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Science* 8, 523-548.
- Karadag, M., Kupeli, S., Arik, F., Ayhan, A., Zedef, V. & Doyen, A., 2009- Rare earth element (REE) geochemistry and genetic implications of the Mortas bauxite deposit (Seydisehir/Konya-southern Turkey. *Chemie der Erde- Geochemistry* 69, 143-159.
- Lopez, J. M. G., Bauluz, B., Fernandez-Nieto, C. & Oliete, A. Y., 2005- Factors controlling the trace element distribution in fine-grained rocks: the Albian kaolinite-rich deposits of the Oliete Basin (NE Spain). *Chemical Geology* 214, 1-19.
- Ma, J., Wei, G., Xu, Y., Long, W. & Sun, W., 2007- Mobilization and re-distribution of major and trace elements during extreme weathering of basalt in Hainan Island, South China. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71, 3223-3237.
- Mameli, P., Mongelli, G., Oggiano, G. & Dinelli, E., 2007- Geological, geochemical and mineralogical features of some bauxite deposits from Nurra (western Sardinia, Italy): Insights on conditions of formation and parental affinity. *International Journal of Earth Sciences* 96, 887-902.
- Meyer, F. M., Happel, U., Hausberg, J. & Wiechowski, A., 2002- The geometry and anatomy of the Pijigaos bauxite deposit, Venezuela. *Ore Geology Review* 20, 27-54.
- Nesbitt, H. W. & Young, G. M., 1982- Early proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature* 279, 715-717.
- Nyobe, J. B., 1991- Application of normative calculations in quantitative comparative mineralogical studies of bauxite. *Ore Geology Review* 6, 45-50.
- Oh, N. H. & Richter, D. D., 2005- Elemental translocation and loss from three highly weathered soil - bedrock profiles in the southeastern United States. *Geoderma* 126, 5-25.
- Ohta, A. & Kawabe, I., 2001- REE(III) adsorption. onto Mn dioxide (α -MnO₂) and Fe oxyhydroxide: Ce(III) oxidation by α -MnO₂. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65, 695-703.
- Oliveira, S. M. B. & Campos, E. G., 1991- Gold-bearing iron duricrust in central Brazil. *Journal of Geochemical Exploration* 41, 309-323.
- Rollinson, H., 1993- Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific and Technical, 352p.
- Roy, P. D. & Smykatz-Kloss, W., 2007- REE geochemistry of the recent playa sediments from the Thar Desert, India: an implication to playa sediment provenance. *Chemie der Erde- Geochemistry* 67, 55-68.
- Schellmann, W., 1983- A new definition of laterite. *Natural Resources and Development* 18, 7-21.
- Taylor, S. R. & McLennan, S. M., 1985- The continental crust: Its composition and evolution. Blackwell. Oxford, 312p.
- Voicu, G. & Bardoux, M., 2002- Geochemical behavior under tropical weathering of the Barama-Mazaruni greenstone belt at Omai gold mine, Guinea shield. *Applied Geochemistry* 17, 321-336.
- Voicu, G., Bardoux, M. & Voicu, D., 1997- Mineralogical norm calculations applied to tropical weathering profiles. *Mineralogical Magazine* 61, 185-196.
- Walter, A. V., Nahon, D., Flicoteaux, R., Girard, J. P. & Melfi, A., 1995- Behaviour of major and trace elements and fractionation of REE under tropical weathering of typical weathering of typical apatite-rich carbonatite from Brazil. *Planetary Science Letters* 303, 591-601.
- White, A. F., Bullen, T. D., Schultz, M. S., Blum, A. E., Huntington, T. G. & Peters, N. E., 2001- Differential rates of feldspar weathering in granitic regoliths. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65, 847- 869.