

## بررسی ترکیب شیمیایی، کانی شناسی و خصوصیات فیزیکومکانیکی خاک صنعتی زندانه تالش (غرب گیلان)

مژگان صلواتی\*<sup>۱</sup>، اکبر قربانی<sup>۲</sup>، علیرضا گنجی<sup>۳</sup>

۱ و ۳- عضو هیئت علمی گروه زمین شناسی دانشکده علوم دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

(\*عهده دار مکاتبات-[Salavati2007@gmail.com](mailto:Salavati2007@gmail.com))

### چکیده

در منطقه شرق تالش بر اثر هوازدگی سنگ‌های ولکانیکی متعلق به دوره ائوسن رخنمون هایی از خاک‌های صنعتی تشکیل شده است. بر اساس مطالعه کانی شناسی به روش XRD، خاک صنعتی مورد مطالعه، در فاز اصلی شامل کوارتز، آلbite و ارتوکلاز و در فاز فرعی حاوی ایلیت و مونت موریلونیت می باشد و بر این اساس عمدتاً از نوع فلدسپات می باشند. بررسی ژئوشیمی و تست‌های صنعتی فلدسپات زندانه نشان می‌دهد که این کانی دارای رنگ پخت شکلاتی، انقباض پخت کم (۰/۱۸٪)، جذب آب بالا (۰/۱۷۳٪)، مقاومت خشک پایین (۱۳kg/Cm<sup>2</sup>) بوده و دارای پرت حرارتی (۰/۲۵٪) می‌باشد. مقایسه نمونه مورد مطالعه با نمونه‌های استاندارد سرامیک نشان می‌دهد که نمونه مورد مطالعه برای استفاده در صنایع کاشی و سرامیک مناسب نمی‌باشد و برای استفاده در سایر صنایع نیز نیاز به فرآوری خواهد داشت.

**واژگان کلیدی:** فلدسپات، خاک صنعتی، تالش، گیلان، آلbite، ارتوز، سرامیک.

### ۱- مقدمه

فلدسپات‌ها ماده اولیه مهمی برای صنایع سرامیک، کاشی، چینی، شیشه، تهیه لعاب سرامیک و همچنین پودرهای پرکننده (Filter) و غیره می‌باشند (قربانی، ۱۳۸۶) به همین لحاظ از اهمیت ویژه‌ای در صنعت برخوردار هستند.

کانسارهای فلدسپات به طور طبیعی در سراسر جهان پراکنده شده‌اند و اغلب همراه با سنگ‌های آذرین و رسوبی دیده می‌شوند. مهمترین آن‌ها کانسارهای همراه با سنگ‌های آذرین مانند پگماتیت‌ها، آپلیت‌ها و نفلین سینیت‌ها می‌باشند. علاوه بر آن می‌توان به سنگ‌های رسوبی نظیر ماسه سنگ‌های فلدسپاتی و کوارتزیت‌های فلدسپاتی اشاره نمود.

در غرب استان گیلان و در ارتفاعات تالش، در منطقه زندانه رخنمون‌هایی از خاک‌های سفید رنگ حاوی کانی فلدسپات دیده می‌شود طی این تحقیق سعی گردیده کانسار فلدسپات زندانه از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد.

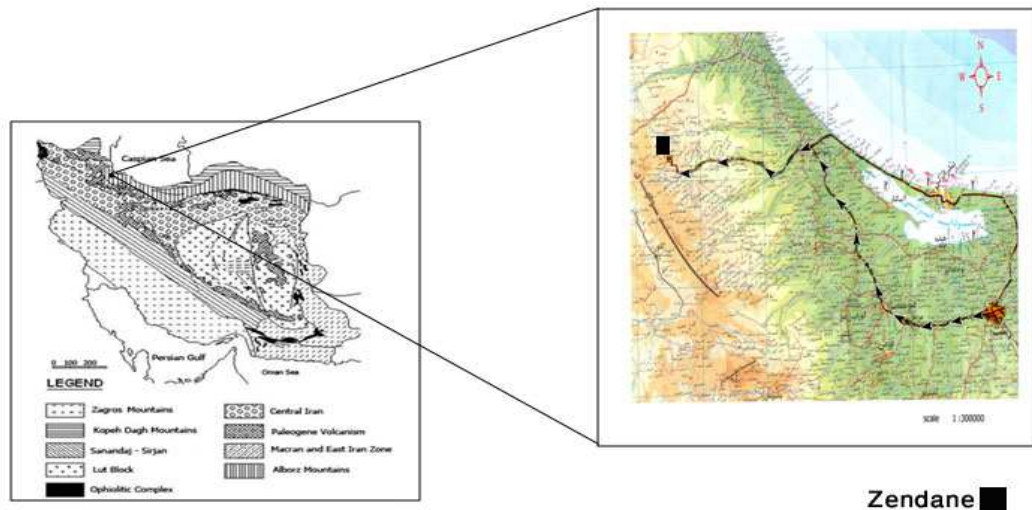
### ۲- روش کار

به منظور بررسی و مطالعه کانی فلدسپات پس از نمونه‌برداری صحرائی از رخنمون‌های موجود، مطالعه کانی شناسی به روش XRD صورت گرفته و بر اساس نتایج حاصله خاک‌های حاوی فلدسپات در منطقه شناسایی گردید.

سپس بر اساس داده‌های حاصل از شیمی‌تر و تست‌های صنعتی صورت گرفته، به بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فلدسپات زندانه پرداخته و کاربرد آن را در صنعت سرامیک و کاشی مورد بررسی قرار گرفت.

### ۳- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه زندانه با موقعیت جغرافیایی  $49^{\circ} 15'$  تا  $48^{\circ} 30'$  طول‌های خاوری و  $37^{\circ} 30'$  تا  $38^{\circ} 00'$  عرض‌های شمالی در استان گیلان و در خاور شهرستان تالش قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه بخشی از پهنه رسوبی-ساختاری البرز است که شامل بلندی‌های شمال ایران می‌باشد (آقانباتی، ۱۳۸۳) و به شکل تاقدیسی مرکب در یک راستای خاوری-باختری از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد (نبوی، ۱۳۵۵) و بر اساس تقسیم‌بندی اشتوکلین (۱۹۶۸) جزو زون ساختاری البرز باختری می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ خلخال-رضوان شهر (اسدیان، ۱۳۷۸)، و ۱:۲۵۰۰۰۰ انزلی (کلارک و همکاران، ۱۹۷۵) می‌باشد. دسترسی به منطقه مورد مطالعه از دو مسیر جاده آسفalte رشت- انزلی-پونل-زندانه و رشت-صومعه‌سرا-پونل-زندانه امکان پذیر می‌باشد (شکل ۱).

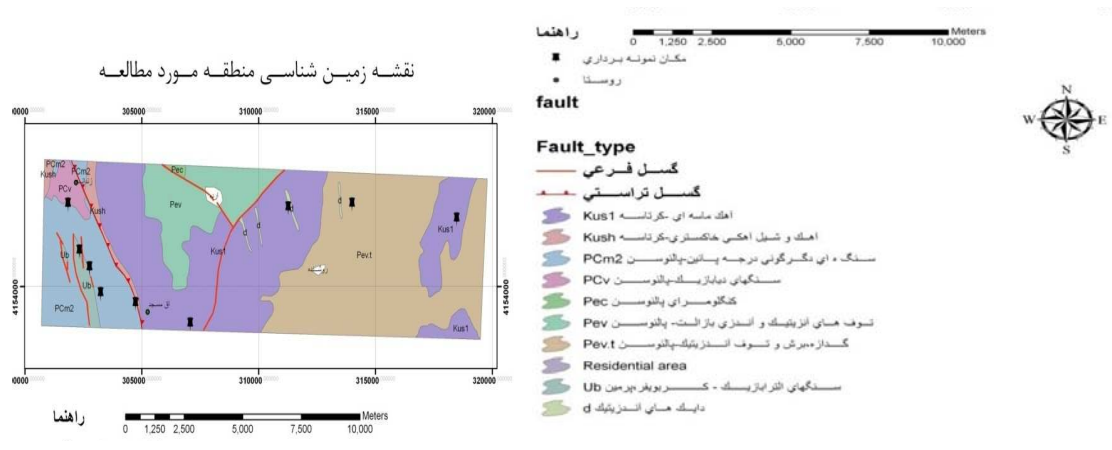


شکل ۱: تقسیم بندی ساختمانی ایران از نظر اشتوکلین (۱۹۶۸) همراه با موقعیت منطقه مورد مطالعه

کهن‌ترین سنگ‌های این منطقه که به طور پراکنده در نقاط مختلف به ویژه در قسمت‌های خاوری، جنوبی و مرکزی آن برونزد دارد شامل یک مجموعه دگرگونی مسکویت بیوتیت شیست در پایین و فیلیت و سرسیت به همراه میان لایه‌های آهکی کریستالیزه و گدازه‌های بازیک در بالا می‌باشد (درویش زاده، ۱۳۷۰). عدسی‌های بزرگ و کوچک از سنگ‌های اولترابازیک بیشتر سرپانتینیت در درون مجموعه دگرگونی یافت می‌شود. دیگر سنگ‌های دوران پالئوزوئیک در منطقه به آهک‌های تیره رنگ پرمین تعلق دارد که در برخی نقاط به وسیله سنگ‌هایی از نوع بازیک به مقدار ناچیز قطع شده‌اند (اسدیان، ۱۳۸۷).

سنگ‌های دوران مزوزوئیک در منطقه بیشتر سنگ‌های رسوبی از نوع شیل‌های آهکی، آهک مارنی و ماسه‌ای، آهک و توف‌های آندزیتی در بخش‌های زیرین می‌باشد. این مجموعه به صورت تاقدیس و ناودیس‌های کوچک و بسته دیده می‌شوند که توسط سنگ‌های آتشفشانی و رسوبی پالئوژن به صورت ناهمساز پوشیده می‌شوند. پالئوژن را یک سری سنگ‌های ولکانیکی - رسوبی شامل توف، ماسه سنگ توفی، آهک نومولیت‌دار، شیل‌های تیره رنگ، گدازه و برش

تشکیل می‌دهد که با یک پی کنگلومرایی به طور ناهمساز سنگ‌های رسوبی کرتاسه را می‌پوشاند و به دو بخش پالئوسن و ائوسن قابل تفکیک است (اسدیان، ۱۳۸۷).  
بر اساس مطالعات و روابط صحرائی این خاک‌های فلدسپات مورد بررسی به صورت توده خاک‌های سفید رنگی همراه با توف‌ها و سنگهای ولکانیکی-رسوبی پالئوژن دیده می‌شوند (شکل ۳).



شکل ۲: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه



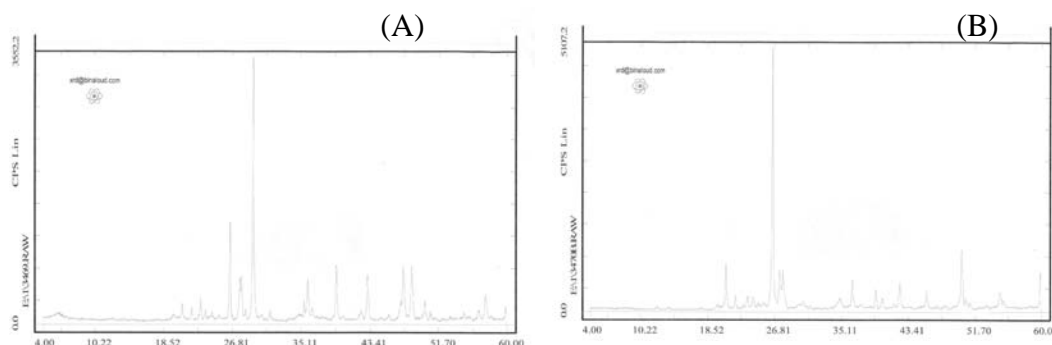
شکل ۳: رخنمون خاک صنعتی در منطقه مورد مطالعه

#### ۴- کانی شناسی و بررسی شیمیایی فلدسپات زندانه

به منظور مطالعه کانی شناسی ۳ نمونه از خاکهای مختلف منطقه بر اساس مطالعات صحرائی انتخاب و توسط شرکت کانساران بینالود مورد آنالیز XRD قرار گرفتند.

در هر سه نمونه بی‌نظمی نسبتاً کم بوده و آلبیت با فرمول  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  با  $d:09-0466^\circ\text{A}$  به همراه کوارتز با فرمول  $\text{SiO}_2$  با  $d:33-1161^\circ\text{A}$  به عنوان فاز اصلی دیده می‌شود. در یک نمونه اورتوکلاز با فرمول  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  با  $d:31-966^\circ\text{A}$  و (شکل ۴A) و در نمونه دیگر کلسیت با فرمول  $\text{CaCO}_3$  با  $d:05-0586^\circ\text{A}$  (شکل ۴B) هم در فاز اصلی قابل مشاهده می‌باشند. همچنین در فاز فرعی شامل کائولینیت با فرمول  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  با  $d:29-$

۱۴۸۸°A، ایلیت با فرمول  $(\text{KH}_3\text{O})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$  و مونتموریلونیت با فرمول  $\text{CaO}_2(\text{Al},\text{Mg})_2$   $\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  با  $d:13-0135^\circ\text{A}$  دیده می‌شود و نمونه‌ها فاقد عناصر کمیاب می‌باشند.



شکل ۴: دیفراکتوگرام نمونه‌های مورد مطالعه

جدول ۱: نتایج حاصل از آنالیز شیمی تر و مقایسه نمونه مورد مطالعه با نمونه استاندارد فلدسپات سرامیک

شماره نمونه	درصد عنصر	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	L.O.I
فلدسپات زندانه		۷۰/۰۱	۱۴/۰۴	۴/۱۰	۱/۱۷	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۰۳	۳/۱۷	۲/۶۴	۳/۳۴
نمونه استاندارد		۶۷-۷۱	۱۸-۲۰	۰/۵-۱	۰-۱	۰/۱-۱/۵	-	-	۶-۷	۱-۱/۵	۰/۵-۱

جهت تعیین عناصر اصلی با توجه به نتایج XRD یک نمونه از خاک‌های مورد مطالعه، که معرف کانسار و خصوصیات ماده معدنی باشد به سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور برای انجام آنالیز شیمی تر ارسال گردید و طی آن درصد وزنی اکسیدهای SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub>, L.O.I, اندازه گیری گردید نتایج حاصله در جدول ۱ ارایه شده است.

نتایج آنالیز شیمی تر برای فلدسپات زندانه نشان می‌دهد که به طور میانگین دارای ۷۰ درصد SiO<sub>2</sub>، ۱۴ درصد Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، ۴/۱ درصد Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>، ۳/۱۷ درصد Na<sub>2</sub>O، ۲/۶۴ درصد K<sub>2</sub>O، ۱/۱۷ درصد CaO، ۳/۳۴ درصد L.O.I و بقیه اکسیدها کمتر از یک درصد می‌باشد. بر پایه این اطلاعات ترکیب شیمیایی فلدسپات مورد مطالعه با نمونه استاندارد فلدسپات مصرفی در سرامیک مقایسه گردید (جدول ۱). این مقایسه نشان می‌دهد که در فلدسپات زندانه میزان درصد SiO<sub>2</sub> و MgO در محدوده نمونه استاندارد بوده در صورتی که درصد اکسید سدیم و آلومینیوم کمتر از نمونه استاندارد می‌باشد. از پارامتر مهم دیگری که در ترکیب شیمیایی فلدسپات مصرفی در صنعت سرامیک حائز اهمیت است، میزان مواد فرار (L.O.I) کمتر از یک درصد می‌باشد. این مقایسه نشان می‌دهد که میزان L.O.I برای فلدسپات زندانه بالای ۳ درصد بوده که این میزان برای فلدسپات مصرفی در صنعت سرامیک بالا می‌باشد.

با توجه به بالا بودن مقادیر اکسیدهای Na<sub>2</sub>O و K<sub>2</sub>O در نمونه مورد مطالعه و مقایسه آن با سایر نمونه‌های فلدسپات ایران (شیخی کاریزکی، ۱۳۷۳) چنین به نظر می‌رسد که نمونه فلدسپات زندانه از نوع فلدسپات سدیک - پتاسیک می‌باشد. این امر با کانی شناسی خاک‌های مورد بررسی و حضور کانی‌های ارتوز و آلبیت در نمونه‌ها همخوانی دارد.

### ۵- بررسی خصوصیات فیزیکی مکانیکی فلدسپات زندانه

جهت بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی و کاربرد فلدسپات مورد مطالعه مقدار ۱ کیلوگرم از نمونه به آزمایشگاه شرکت رس کاوش جلگه سفیدرود ارسال گردید. این نمونه حدود ۲۴ ساعت در داخل آون (خشک کن) در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد قرار داده تا خشک شود، سپس نمونه مورد مطالعه در داخل کوره رولر حدود ۴۲ دقیقه در دمای ماکزیمم  $1100^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد در یک قطعه آزمایشگاهی  $5 \times 10$  سانتی متری با پرس آزمایشگاهی با فشار ماکزیمم ۳۰۰ بار مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. در زیر به بررسی هر یک از این خواص پرداخته شده است.

جدول ۲: نتایج تست سرامیکی فلدسپات زندانه

نام خاک	فلدسپات
درصد رطوبت	۰/۴۵٪
درصد انبساط بعد از پرس	۰/۱۲٪
استحکام خمشی خام	$1\text{Kg/Cm}^2$
استحکام خمشی پخت	$79\text{Kg/cm}^2$
انقباض خشک	۰/۱۵٪
انقباض بعد پخت	۰/۱۸٪
جذب آب	۰/۱۷۳٪
دانسیته دوغابی	$1/65\text{g/cm}^3$
ویسکوزیته	۱۸S
رنگ بعد از پخت	شکلای
فشار پرس	۳۰۰Bar
دمای پخت	$1110^{\circ}\text{C}$ به مدت ۴۲ دقیقه در کوره
ضریب انبساط حرارتی	بالا- با درصد پرت حرارتی ۰/۲۵٪
استحکام خمشی خشک	$13\text{Kg/cm}^2$
مقدار روانساز	۰/۱۳٪

رنگ پخت: نتایج حاصل از تست‌های فیزیکی نشان می‌دهند که رنگ پخت نمونه‌های فلدسپات زندانه برای صنعت سرامیک مناسب نمی‌باشد. رنگ پخت یکی از مهمترین عوامل در صنعت سرامیک می‌باشد. مهمترین عاملی که بر روی رنگ پخت سرامیک اثر می‌گذارد ترکیب شیمیایی ماده معدنی و ناخالصی‌های آن است. در بین این عناصر و ترکیبات، میزان اکسیدهای آهن، تیتان، منگنز و وجود یا عدم وجود مواد آلی بر روی رنگ پخت نمونه‌ها تاثیر بیشتری دارد. با توجه به نتایج، رنگ پخت فلدسپات زندانه شکلای می‌باشد که این امر به دلیل بالا بودن میزان اکسید آهن ( $\text{Fe}_2\text{O}_3=4/10$ ) در فلدسپات زندانه می‌باشد.

انقباض پخت: انقباض پخت در اکثر کانی‌های صنعتی در طول حرارت بستگی به ترکیب شیمیایی و مقدار آب موجود در آن دارد و با افزایش میزان درجه حرارت، میزان انقباض پخت افزایش می‌یابد. به طور کلی مواد قلیایی باعث انقباض و افزایش خزش می‌شود. در نتیجه میزان کوارتز و فلدسپات انقباض پخت را کاهش می‌دهد و در مقابل میزان مواد فرار (L.O.I) و اسمکتیت‌ها باعث افزایش انقباض پخت می‌شوند. بالا بودن انقباض پخت باعث تخلخل در بدنه سرامیک و تغییر شکل آن می‌شود.

میزان انقباض پخت فلدسپات زندانه در حدود ۱/۸٪ می‌باشد که از میزان استاندارد آن در صنعت کاشی و دیوار پائین‌تر می‌باشد (جدول ۳). کاهش در میزان انقباض پخت احتمالا به دلیل سیلیس فراوان در ترکیب فلدسپات می‌باشد.

مقاومت خشک: برای انجام این آزمایش نمونه‌ها در اندازه کمتر از ۸۰ میکرون پودر شده و سپس به صورت قالبی با ضخامت ۵ میلی‌متر در آمده و این قالب‌ها را در دستگاه مخصوص اندازه گیری گذاشته و از بالا به به نمونه فشار وارد شده و تحت فشاری که نمونه می‌شکند مقاومت خشک آن به دست می‌آید. به طور کلی نمونه فلدسپات زندانه دارای مقاومت خشک  $13 \text{ Kg/Cm}^2$  می‌باشد که به میزان استاندارد کاشی کف و دیواره نزدیک می‌باشد (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه نمونه فلدسپات با استاندارد نمونه کاشی کف و دیوار

نام خاک	Km3	کاشی کف	کاشی دیوار
استحکام خام	۱ kg/cm2	۱۰-۲۰	۱۰-۲۰
استحکام خشک	۱۳ kg/cm2	۲۰-۴۰	۱۵-۴۰
انقباض پخت	۱/۸٪	۴-۶	۴-۶
استحکام پخت	۷۹ kg/cm2	۲۰۰-۳۰۰	۲۰۰-۳۰۰

پرت حرارتی: برای اندازه گیری پرت حرارتی، نمونه‌ها در اندازه کمتر از ۸۰ میکرون پودر شده و به صورت قالبی با ضخامت کمتر از ۵ میلی‌متر در آمده و سپس در خشک کن خشک شده و نمونه‌ها را وزن کرده و سپس در کوره حرارتی معادل ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده، پس از خروج از کوزه نمونه دوباره وزن شده و مقدار کاهش وزن تقسیم بر وزن اولیه شده و پرت حرارتی در ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد بدست می‌آید.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که میزان پرت حرارتی فلدسپات زندانه در حدود ۲/۵ درصد می‌باشد. میزان استاندارد پرت حرارتی برای صنعت سرامیک باید زیر یک درصد می‌باشد.

جذب آب: به طور کلی درصد جذب آب با افزایش میزان سیلیس افزایش می‌یابد و در مقابل قلیایی‌ها باعث کاهش میزان جذب آب می‌شوند. در نمونه‌های فلدسپات زندانه به طور میانگین میزان جذب آب بالا بوده و در حدود ۱۷٪ می‌باشد. افزایش در میزان جذب آب به دلیل حضور سیلیس فراوان در ترکیب فلدسپات منطقه می‌باشد. برای کاربرد فلدسپات در صنعت کاشی کف و دیواره میزان جذب آب در حدود ۱۲٪ و برای کاشی کف در حدود ۶ درصد می‌باشد. لذا میزان جذب آب فلدسپات زندانه در محدوده کاشی دیواره قرار می‌گیرد اما برای کاشی کف مناسب نمی‌باشد.

همچنین سایر موارد مربوط به تست صنعتی فلدسپات زندانه برای کاربرد در کاشی و سرامیک در جداول ۳و۲ نشان‌ارایه شده است. در مجموع با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، نتایج استحکام خام، استحکام پخت، انقباض پخت و استحکام خشک برای فلدسپات زندانه با میزان استاندارد فاصله داشته و این امر مانع استفاده از این کانسار در سرامیک و کاشی کف و دیواره می‌گردد.

## ۶- نتیجه گیری

- ۱- منطقه مورد مطالعه بخش از زون البرز باختری می‌باشد که بخشی از چهارگوش نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خلخال - رضوانشهر می‌باشد.
- ۲- توالی سنگ‌ها در این منطقه با برونزدی از یک مجموعه دگرگون یافته در بخش زیرین آغاز گشته و سپس با سنگ‌های رسوبی مربوط به بخش بالایی کرتاسه ادامه یافته و سرانجام با سنگ‌های ولکانیکی و ولکانیکی - رسوبی پالئوژن پایان می‌یابد.

- ۳- از هوازدگی سنگ‌های ولکانیکی - رسوبی (توف آندزیتی) در منطقه مورد مطالعه، خاک صنعتی ایجاد شده است.
- ۴- مطالعات کانی شناسی بر مبنای آنالیز XRD نشان داد که تعداد سه نمونه از خاک‌های منطقه دارای کانی آلپیت، ارتوز، کوارتزدر فاز اصلی و کائولینیت و ایلیت در فاز فرعی می‌باشند.
- ۵- با توجه به نتایج آنالیز شیمی تر این سه نمونه مشخص شد که درصد  $\text{SiO}_2$  در فلدسپات منطقه  $70/01$  درصد وزنی، میزان  $\text{Al}_2\text{O}_3$  تا  $14$  درصد، میزان  $\text{Na}_2\text{O}$  بین  $3$  تا  $4$  درصد و میزان  $\text{K}_2\text{O}$  بین  $2$  تا  $3$  درصد متغیر است و بر این اساس نوع فلدسپات منطقه از نوع سدیک-پتاسیک است.
- ۶- نتایج حاصل از تستهای فیزیکی نشان می‌دهند که بالا بودن مقدار اکسید آهن (۴ درصد وزنی) در فلدسپات زندانه بر روی رنگ پخت این کانی تاثیر گذار بوده و رنگ آن را به شکلاتی تغییر می‌دهد.
- ۷- بالا بودن میزان کوارتز و کاهش قلیایی‌ها در نمونه فلدسپات منطقه سبب شده است تا مقاومت خشک و جذب آب در نمونه‌ها افزایش و میزان انقباض پخت کاهش می‌یابد.
- ۸- برای کاربرد فلدسپات در صنعت کاشی کف و دیواره میزان جذب آب در حدود  $12\%$  و برای کاشی کف در حدود  $6$  درصد می‌باشد. لذا میزان جذب آب فلدسپات زندانه در محدوده کاشی دیواره قرار می‌گیرد اما برای کاشی کف مناسب نمی‌باشد.
- ۹- وجود اکسیدهای آهن و احتمالا مواد آلی در نمونه‌های فلدسپات زندانه سبب شده تا میزان پرت حرارتی فلدسپات زندانه در حدود  $2/5$  درصد باشد این در حالیست که میزان استاندارد پرت حرارتی برای صنعت سرامیک باید زیر یک درصد می‌باشد.
- ۱۰- در مجموع با توجه به بررسی های صورت گرفته، (نتایج استحکام خام، استحکام پخت، انقباض پخت و استحکام خشک) فلدسپات زندانه با میزان استاندارد فاصله داشته و این امر مانع از امکان استفاده این کانی در صنعت سرامیک و کاشی کف و دیواره می‌گردد و استفاده از این کانی در سایر صنایع نیز نیازمند فرآوری آن خواهد بود.

## منابع

۱. اسدیان، ع.، ۱۳۸۷. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ خلخال، سازمان زمین شناسی کشور.
۲. آقاناتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۳. درویش زاده، ع.، ۱۳۷۰. زمین شناسی ایران، انتشارات نشر امروز.
۴. شیخی کاریزکی، ح.، ۱۳۷۳. فلدسپات، فلدسپاتوئید، سازمان زمین شناسی کشور.
۵. قربانی، م.، ۱۳۸۶. زمین شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی ایران، نشر آریز زمین.
۶. نبوی، م. ح.، ۱۳۵۵. دیباچه‌ای بر زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی کشور.
7. Clark, G.C.; Davies, R.; Hamzeshpour, B.; Jones, C.R.; Ghoraishizade, M.; Hamidi, B. and Navai, N., 1975. Bandar-e-Pahlavi. Geol. Quadrangle map of Iran 1:250000., Geol. Survey of Iran.
8. Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran: a review. Amer. Assoc. Petroleum Geol. Bull., 52: 1229-1258.