

## بررسی شرایط تشکیل کانسار کائولن پیرکوه جلیسه گیلان و تعیین خصوصیات کاربردی آن در جهت مصرف در صنایع پرسیلان

فرزاد اسدی<sup>۱</sup>، مجید ابراری<sup>۲\*</sup>

۱- گروه مهندسی معدن دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان  
\*عهدہ دار مکاتبات - [magid\\_abrari@yahoo.com](mailto:magid_abrari@yahoo.com)

### چکیده

کائولن به عنوان یک رس سال‌هاست که شناخته شده و مورد استفاده قرار گرفته است. محدوده مورد مطالعه در شمال ایران و در فاصله ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر دیلمان قرار دارد. نتایج مطالعات پتروگرافی نشان می‌دهد که سنگ مادر این کانسار در واقع یک کریستال ویتریک توف با ترکیب ریولیتی می‌باشد که به صورت دگرشیب برروی لایه‌ای از جنس کنگلومرا قرار گرفته است. این توف از نوع پیروکلاستیک ریزشی بوده و بر اساس نتایج حاصله از مطالعات انجام پذیرفته ثابت گردیده است که ریزش خاکستر در داخل آب صورت گرفته است. ساختمان استراتی باندی افق‌های معدنی نشان می‌دهد که ژنز این کانسار به صورت سینژنتیک می‌باشد. با انجام آزمایشاتی در جهت تعیین خصوصیات فیزیکی از قبیل: جذب آب، دمای پخت و پارامترهای انقباض و انبساط در حین پخت و خشک شدن، اندازه‌گیری درخشندگی پس از پخت و در نهایت تعیین فرمولاسیون خاک جهت استفاده در ساخت بدنه کاشی دیوار، مشخص گردید که این کانسار دارای کیفیت مناسب در جهت کاربرد در صنایع پرسیلان و خصوصاً کاشی‌سازی می‌باشد. این کانسار با دارا بودن ذخیره‌ای بالغ بر ۸ میلیون تن کائولن، می‌تواند دورنمای بسیار مناسبی در آینده داشته باشد.

**واژگان کلیدی:** کائولن، ریولیت، سینژنتیک، پرسیلان.

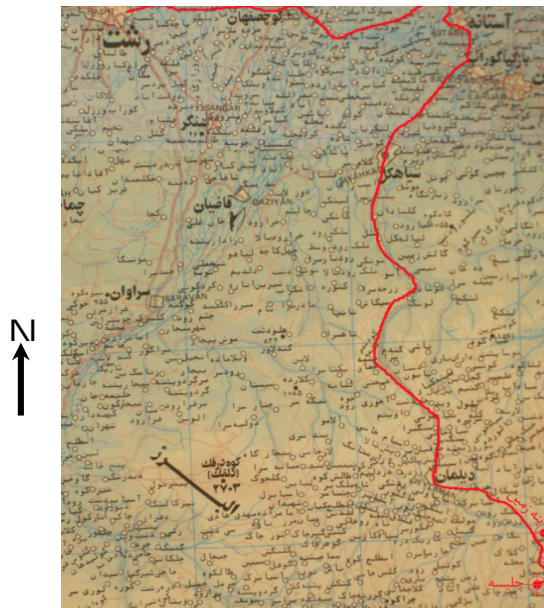
### ۱- مقدمه

کائولن به عنوان یک خاک صنعتی سال‌هاست که شناخته شده و مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به رشد روزافزون تولید محصولات ساخته شده از این کانی در سطح جهان، کائولن دارای اهمیت خاصی در بین مواد معدنی با ارزش می‌باشد. نیاز به این ماده معدنی و توسعه صنایع مصرفی آن خصوصاً در استان گیلان و همچنین عدم شناسایی ذخایری از این گروه در داخل استان و تأمین بخش عمده‌ای از خاک مصرفی صنایع پرسیلان استان گیلان از معادن سایر استان‌ها، باعث افزایش قیمت محصولات کائولنیتی گردیده و در نتیجه چالشی بزرگ برای این صنعت در استان بوجود آورده است. در این راستا اکتشاف ذخایر کائولن که دارای خصوصیات کاربردی در صنایع پرسیلان می‌باشد از اهمیت و جایگاه خاصی برخوردار است.

### ۲- موقعیت جغرافیایی

محدوده مورد مطالعه در شمال ایران و در عرض جغرافیایی  $36^{\circ} 47'$  و طول جغرافیایی  $50^{\circ} 12'$  در فاصله ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر دیلمان قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع منطقه از سطح دریای آزاد در حدود ۱۷۰۰ متر

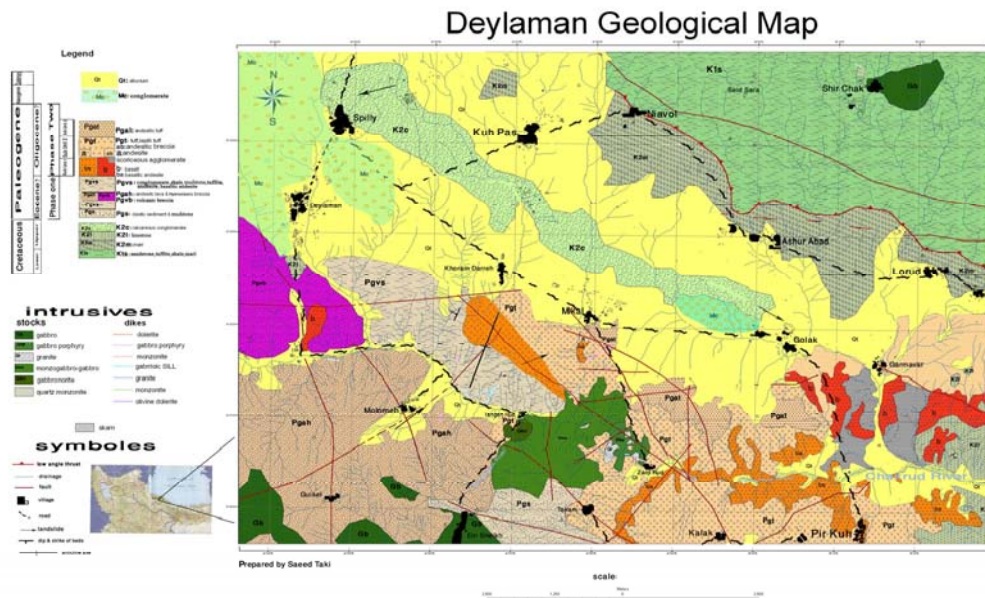
می باشد این ناحیه که بخشی از رشته کوه های البرز را شامل می شود از لحاظ ویژگی های زمین شناسی در البرز مرکزی و حدوداً در نزدیکی مرز بین زون های ساختمانی البرز مرکزی و غربی قرار دارد.



شکل ۱: راه های دسترسی منطقه مورد مطالعه (مقیاس ۱:۳۰۰۰۰)

### ۳- زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

مطالعات انجام شده توسط آنلز و همکاران (۱۹۷۵) نشان می دهد که این سنگ ها پالئوژن بوده و از سه فاز آتشفشانی مجزا تشکیل شده است ( شکل ۲).



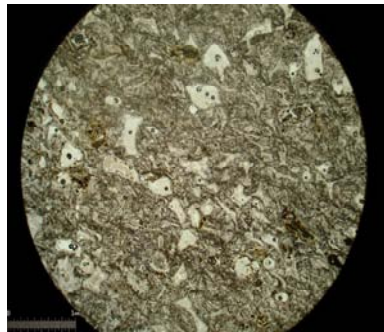
شکل ۲: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (تاک، ۱۳۸۷)

فاز (۱) مرحله فوران زیرآبی بوده و سن احتمالی آن ائوسن می باشد، و عمدتاً شامل رسوبات تخریبی نظیر گل سنگ، کنگلومرا، شیل، سنگ های ولکانی کلاستیک و اپی کلاستیک (توف و توفیت) می باشند، که به صورت

بین لایه‌ای با گدازه‌های آندزیتی و آندزیت بازالتی همراه‌اند. فازهای (۲) و (۳) به صورت فعالیت آتشفشانی هوایی بوده و سن شان احتمالاً الیگوسن می‌باشد. فاز (۲) غالباً از توف، لاپیلی توف و گدازه‌های بازالتی و آندزیت بازالتی تشکیل شده است و سنگ‌های فاز (۳) نیز در این محدوده مطالعاتی وجود ندارند (آنلز، ۱۳۵۴).

#### ۴- پتروگرافی

مطالعه پتروگرافی سنگ مادر کانسار کائولن جلیسه پیرکوه در زیر میکروسکوپ نشان می‌دهد که این سنگ یک کریستال ویتریک توف با ترکیب ریولیتی و دارای شاردهای شیشه‌ای هلالی و داسی شکل است (شکل ۳). ضخامت این لایه در حدود ۲۰ متر است.

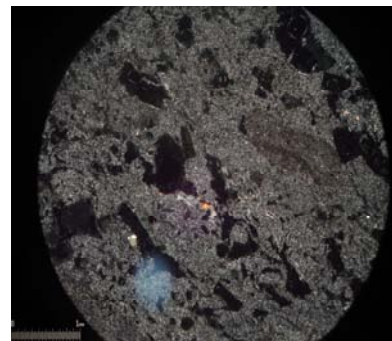


تصویر در نور (PPL)

شکل ۳: ویتریک توف با بافت ایگنمریتی که حاوی شاردهای شیشه‌ای می‌باشد (ابراهی، ۱۳۷۸)



ب (در نور PPL)

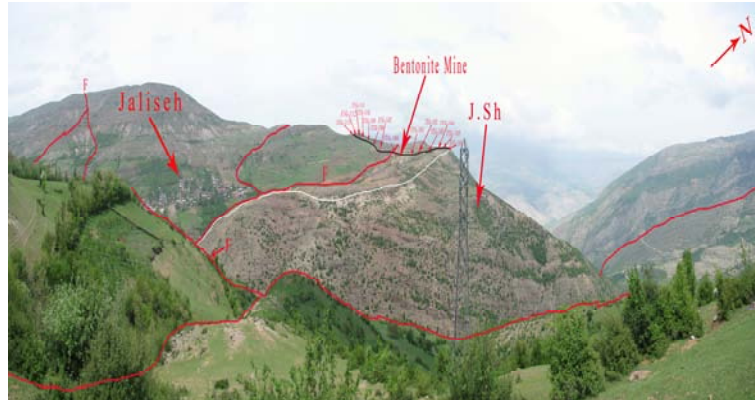


الف (در نور XPL)

شکل ۴: لیتیک توف برشی شده که در زمینه آن فنوکریست‌های فلدسپات، کوارتز و بیوتیت به فراودیده می‌شود

این لایه به صورت دگرشیب بر روی لایه‌ای از جنس کنگلومرا که داری ضخامت در حدود ۴۰ متر می‌باشد قرار گرفته است. رنگ کانسنگ در سطح به صورت نخودی روشن بوده و در قسمت‌های پایین به سفید تغییر می‌کند و دارای تراکم و استحکام بیشتری نسبت به قسمت‌های فوقانی می‌گردد.

با توجه به اینکه شاردها حالتی هلالی و داسی شکل دارند، از طرفی درصد مواد دوباره انتقال یافته (Reworked Material) در آن‌ها بسیار کم است (شکل ۴)، این توف از نوع پیروکلاستیک ریزشی (Air Fall Tuff) می‌باشد (درویش زاده، ۱۳۸۳). بر اساس نتایج حاصله از مطالعات انجام پذیرفته ثابت گردیده است که ریزش خاکستر در داخل آب صورت گرفته است. ساختمان استراتی باندی افق‌های معدنی نشان می‌دهد که منشاء سنژنتیک و آلتراسیون اولیه می‌تواند عامل اصلی در تشکیل این باندهای رسی باشد (شکل‌های ۵، ۶ و ۷).



شکل ۵: مسیر پیمایش کانسار مورد مطالعه، دید به سمت شمال



شکل ۷: سنگ مادر کائولن کانسار جلیسه - پیرکوه



شکل ۶: نمای از حالت لایه لایه بودن کانسار مورد مطالعه، دید به سمت شمال غربی

## ۵- بررسی ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی کانسار مورد مطالعه

در منطقه جلیسه-پیرکوه لاقل دو افق متفاوت کانی‌زایی وجود دارد: بخش قاعده‌ای که عموماً از نوع بنتونیت بوده و بخش فوقانی که اساساً از نوع کائولینیت است.

### ۱-۵- بنتونیت جلیسه-پیرکوه

ترکیب کانی شناسی یک نمونه معرف از این کانسار به روش (XRD) نشان داد، کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده آن به ترتیب فراوانی عبارتند از: مونتموریلونیت، کلسیت، کوارتز، کائولینیت و دولومیتی باشند.

به منظور بررسی ترکیب شیمیایی خاک مورد نظر نیز نمونه شاخص از ماده معدنی مورد آنالیز شیمیایی (XRF) قرار گرفت که نتایج در جدول (۱) آورده شده است (اسدی، ۱۳۸۱).

بر اساس ترکیب کانی‌شناسی و شیمیایی کانسار جلیسه-پیرکوه می‌توان نتیجه گرفت که کانسار مورد بحث از نوع بنتونیت‌های کلسیک است.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی یک نمونه معرف از بنتونیت جلیسه - پیرکوه

اکسید	درصد وزنی
SiO <sub>2</sub>	۶۸/۰۶
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۳/۵۳
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۰/۹۹
ZrO <sub>2</sub>	۰/۰۵
MgO	۰/۸۳
CaO	۲/۵۰
Na <sub>2</sub> O	۰/۱۰
K <sub>2</sub> O	۰/۱۷
L.O.I	۱۲/۰۷

## ۲-۵- کائولینیت جلیسه - پیرکوه

ترکیب کانی‌شناسی یک نمونه معرف از این کانسار به روش پراش اشعه X نشان داد، کانی‌های اصلی تشکیل دهنده آن عبارتند از: کوارتز، کائولینیت.

به منظور بررسی ترکیب شیمیایی کائولن مورد نظر نیز نمونه شاخص از ماده معدنی مورد آنالیز شیمیایی (XRF) قرار گرفت که نتایج در جدول (۲) آورده شده است (سن شناس، ۱۳۸۸).

جدول ۲: ترکیب یک نمونه از کانسنگ کائولن جلیسه - پیرکوه

نمونه %	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	TiO <sub>2</sub>	Mno	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
K.J.S	۷۲/۹۳	۱۹/۲۶	۰/۶۰	۰/۲۵	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۳۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۳۸
	S O <sub>3</sub>	L.O.I	Cl (ppm)	Ba (ppm)	Sr (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
	۰/۰۰۳	۵/۹۴	۲۵	۵۵۴	۴۹	۵۲	۲۱	۱۴	۱۸	۱۱

با توجه به نتایج آزمایشات شیمیایی و پایین بودن درصد اکسید آهن و مواد قلیایی و نبود مواد مضره همچون سولفور می‌توان قابلیت کاربرد آن را در صنعت پرسلان مورد بررسی قرار داد (Goldich, 1938).

## ۶- بررسی شرایط تشکیل و تعیین ذخیره کانسار کائولن پیرکوه - جلیسه

در هنگام فوران‌های هوایی فاز ۲ در زمان الیگوسن، هورست و گرابن‌های در منطقه وجود داشته و در گرابن‌ها نیز دریاچه‌های کوچک و بزرگی به صورت محلی موجود بود. در اثر ریزش خاکسترهای آتشفشانی به این محیط، با توجه به شرایط Ph و Eh محیط، ذرات بسیار ریز خاکستر تا مدت‌ها در این حوضه معلق مانده و سپس با آهستگی و به آرامی ته‌نشین گردیده‌اند. وجود قطعات دانه درشت نهشته‌های ریزشی در قاعده و حضور لایه‌های ظریف و بسیار دانه‌ریز در افق‌های بالاتر موید این نظریه است. در طی این مدت در نتیجه آلتراسیون این ذرات به کانی‌های رسی تغییر شکل یافته‌اند. نکته حائز اهمیت در این منطقه این است که در مرز کنتاکت کنگلومرای زیرین یعنی در پایین‌ترین عمق حوضه رسوبی مورد اشاره (شکل ۵)، بر اساس مطالعات انجام شده، کانی‌های مونت موریلونیت نسبت به کانی‌های کائولینیت زیادتر است. با کاهش عمق حوضه رسوبی در اثر انباشت رسوبات، این نسبت تغییر نموده و بطور تدریجی کانی‌های کائولینیت بیشتر شده و کم‌کم دیگر اثری از کانی مونت موریلونیت مشاهده نمی‌گردد. شاید بتوان این مسئله را این‌گونه بیان نمود که هر چه مدت زمان ته‌نشست ذرات خاکستر طولانی‌تر بود این ذرات در اثر

آب‌گیری و آلتراسیون به مونت موریلونیت تبدیل می‌شدند ولی با پر شدن تدریجی حوضه رسوبی و کاهش زمان ته‌نشست، آب‌گیری و شدت آلتراسیون آن‌ها کمتر شده و حتی با تغییر Ph و Eh محیط، کانی‌های کائولینیتی به طور عمده تشکیل یافتند و نکته جالب این است که با ادامه این شرایط و پر شدن حوضه رسوبی از شدت و عملکرد آلتراسیون هم کاسته می‌شود و تا جایی که در اثر پر شدن حوضه، رسوب ذرات خاکستر در هوا انجام پذیرفته و لایه‌های توف بر جای مانده است. این شرایط بر خلاف نظریه آنلز و دیگر همکارانی است که در این ناحیه مطالعه نموده‌اند چرا که آنان معتقد هستند که در اثر فعالیت‌های آتشفشانی در دریای الیگوسن و شرایط خاص ژئوشیمیایی و فیزیکی آب دریا در مقاطع مشخص از زمان تشکیل، باعث شده تا فلدسپات‌های پراکنده شده در آب دریا (بر اثر ولکانیسم زیر دریایی) تحت تأثیر شرایط مناسب شیمیایی و فیزیکی آلتزه یا نیمه آلتزه شده و در یک افق به صورت استراتی باند رسوب نمایند (آنلز، ۱۳۵۴). همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، وجود شاردهای شیشه‌ای فراوان، نشانگر فوران در خشکی بوده و همچنین عدم گسترش زیاد و پراکنده بودن کانسارهای کائولینیتی موجود در منطقه، نشانگر عدم صحت فرضیه فوق حداقل در این محدوده مطالعاتی می‌باشد.

اگر بنتونیت‌زایی در شرایط دریایی شکل می‌پذیرفت، می‌بایست به علت وفور یون سدیم در محیط بنتونیت‌های سدیم‌دار تشکیل می‌گردید، همانند اکثر بنتونیت‌های زون ایران مرکزی، ولیکن بنتونیت‌های تشکیل یافته در این معدن از نوع کلسیک بوده و مقدار اکسید سدیم در نتایج آزمایشات شیمیایی در حد کمتر از درصد ۱/۰۰ می‌باشد. درصد بسیار پایین سولفور در حد کمتر از ۱ pmm و مقدار Cl کمتر از ۲۵ pmm در ترکیب شیمیایی این کانسنگ و همچنین وجود لایه‌بندی ظریف و قابل مشاهده در این کانسار و سایر شواهد ذکر گردیده، می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که ژنز کانسار کائولن جلیسه-پیرکوه به صورت رسوبی در جازا می‌باشد بر اساس عملیات اکتشافی انجام پذیرفته و با استفاده از روش مقاطع موازی میزان ذخیره. قابل برداشت کائولن حدوداً برابر با ۸ میلیون تن و ذخیره بنتونیت قابل استخراج برابر با ۴۵۰۰۰۰ تن محاسبه گردیده است.

#### ۷- بررسی کاربردی کائولن جلیسه - پیرکوه در صنایع پرسیان

یکی از مصارف عمده کائولن در صنایع پرسیان می‌باشد. بنابراین قابلیت مصرف این ماده معدنی در این صنعت مورد بررسی قرار گرفت. در هر صنعتی، خصوصیات و مشخصات ویژه‌ای برای ماده اولیه مصرفی در نظر می‌گیرند که این محدودیت‌ها و خواص تضمین‌کننده خواص و پارامترهای محصول آن صنعت می‌باشد. بررسی میزان جذب آب، دمای پخت و خشک کردن و پارامترهای انقباض و یا انبساط در حین پخت و خشک شدن، اندازه‌گیری درخشندگی پس از پخت که آن را رنگ‌پخت نیز می‌نامند از جمله بررسی‌هایی هستند که در شمار اندازه‌گیری خواص پخت به حساب می‌آیند (اسدی، ۱۳۸۱). مقدار مواد قلبیایی تأثیر قابل توجهی بر روی خصوصیات شیشه‌ای شدن دارند زیرا آن‌ها قادرند تخلخل بدنه سرامیکی را تغییر دهند از این رو کائولین‌هایی که در صنعت سرامیک استفاده می‌شوند باید دارای کمتر ۱/۵ درصد پتاس و حداقل تیتانیوم و سیلیس آزاد باشند (Fredrickson, 1951). تمامی آزمایشات فوق بر روی کائولن معدن بعمل آمد. که در جداول ۳ و ۴ به اختصار نشان داده شده است:

جدول ۳: نتایج تک پخت کائولن جلیسه - پیرکوه

نام خاک	سنگ معدن جلیسه	مقدار آب	۵۵۰cc
تاریخ نمونه‌برداری	۸۸/۳/۲۲	مقدار روانساز	۳gr
تاریخ پخت	۸۸/۳/۲۵	دانسیته gr/cm <sup>3</sup>	۱/۶۳
درصد رطوبت	۵/۵	ویسکوزیته	۲۳
درصد انبساط	۰/۱۷	مانده روی مش ۱۰۰۰	--
مقاومت خام	۵/۹۲	دمای پخت	۱۱۰۵

ادامه جدول ۳

۵۲	سیکل پخت	۱۷/۲۱	درصد جذب آب
۲:۸۰۰-۱:۱۰۰	فشار پرس	--	مقاومت بعد از پخت
		۴/۶۸	درصد پرت حرارتی
		۰/۴۱	انقباض پخت
		سفید	رنگ بعد از پخت

جدول ۴: فرمولاسیون پخت خاک بدنه مصرفی در کارخانه کاشی خزر

مواد معدنی مورد استفاده در فرمولاسیون		درصد مواد مصرفی در فرمول بدنه	کد بدنه	تست ۱
کائولن - پیرکوه جلیسه		۰/۲۰	کد بدنه	۱
Sp400- خاک نسوز آباده شیراز		۰/۱۶	تاریخ پخت	۸۸/۲/۱۰
کائولن، چسکین - قزوین		۰/۲۲	% رطوبت	۵/۲
خاک صنعتی، چوبر - شفت		۰/۱۰	% انبساط	۰/۴
دولومیت - همدان		۰/۱۲	مقاومت خام kg/cm <sup>2</sup>	۶/۸
کائولن، زنوز - مرند		۰/۱۵	% جذب آب	۱۴/۷
BT بیسکوئیت شکسته		۰/۵	مقاومت بعد از پخت kg/cm <sup>2</sup>	۱۹۵
			مقاومت بعد از پخت kg/cm <sup>2</sup>	۸/۵
			انقباض پخت mm	۱/۳
			رنگ بعد از پخت	شکلاتی روشن

## ۸- نتایج و پیشنهادات

بر اساس مطالعات پتروگرافی و آزمایشات فیزیکی شیمیایی بر روی سنگ مادر کانسار کائولن جلیسه پیرکوه مشخص گردیده است که این سنگ یک کریستال ویتریک توف با ترکیب ریولیتی و دارای شارد های شیشه ای هلالی و داسی شکل است. ضخامت این لایه در حدود ۲۰ متر است. که به صورت دگر شیب بر روی لایه ای از جنس کنگلومرا به ضخامت ۴۰ متر قرار گرفته است.

با توجه فرم و شکل شارد های شیشه ای موجود در کانسنگ و همچنین نبود مواد دوباره انتقال یافته در آن، این توف از نوع پیروکلاستیک ریزشی می باشد و بر اساس نتایج حاصله از مطالعات انجام پذیرفته ثابت گردیده است. ریزش خاکستر در داخل آب صورت گرفته است. ساختمان استراتی باندی افق های معدنی نشان می دهد که منشاء سنژنتیک و آلتراسیون اولیه می تواند عامل اصلی در تشکیل این باندهای رسی باشد.

نتایج حاصله نشان دهنده کیفیت مناسب این ماده معدنی در جهت مصرف در صنایع کاشی به عنوان خاک بدنه کاشی دیوار بوده و در صورت فرآوری و کانه آرایی می توان آن را در صنایع چینی سازی و سرامیک و یا حتی در تهیه لعاب نیز مورد استفاده قرار داد.

## ۹- منابع

۱. ابراری، م، ۱۳۷۸، "اکتشاف مقدماتی کانسار بنتونیت جنوب غرب شهرستان لاهیجان منطقه (دیلمان)"، رساله کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
۲. اسدی، ف، ۱۳۸۱، "گزارش اکتشاف سازمان صنایع معادن استان گیلان"، در مورد معدن بنتونیت جلیسه پیرکوه.
۳. آنلز، ه، ۱۳۵۴، "گزارش نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین شناسی چهارگوش رشت - قزوین"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۴. تاکی، س.، ۱۳۸۷، "پترولوژی سنگهای آذرین منطقه دیلمان واقع در البرز مرکزی"، رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
۵. درویش زاده، ع.، ۱۳۸۳، "آتشفانها و رُخساره‌های آتشفشانی"، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۴۳.
۶. سن‌شناس، م.، ۱۳۸۸، "گزارشات داخلی آزمایشگاه"، کارخانه کاشی خزر.
7. Fredrickson, A.F., 1951, "mechanism of weathering" : Geol. soc. amer. bull.62, pp.221-232.
8. Goldich, S.S., 1938, "a study in rock weathering" : jour .Geol. vol. 46. pp17-58.