



#### چکیده

تراورتن های شمال شرق ورتون، در شمال شرق شهر اصفهان واقع شده است. این منطقه بخشی از زون ارومیه - دختر (شمال غرب- جنوب شرق) می باشد. از نظر رجحت شناسی تراورتن های منطقه مورد مطالعه از نوع شکاف- پشته و مربوط به زمان کواترنر است. شواهد پتروگرافی و ژئوشیمیایی نشانگر عمدتاً ترموژن بودن این ذخایر می باشد. ویژگی های بافتی در این رسوبات تاییدی بر حضور فعال و فعالیت های زیستی و میکروبی همزمان با رسوبگذاری تراورتن می باشد. حضور لامیناسیون در تراورتن ناشی از رشد متناوب فصل/روزانه می باشد. اکثر این نهشته ها بر روی یا در فاصله یک تا دو کیلومتری از گسل های فعال منطقه دیده می شود. با توجه به روند این گسل ها عامل شکل گیری نهشته ها، کشش های موضعی ایجاد شده در پهنه همپوشانی این گسل ها است. شواهد زمین شناسی نشان می دهد که این سنگ ها در یک محیط ژئوگرا دیان به واسطه فعالیت های تکتونو ماگمایی ایجاد شده اند. چرخش آب های جوی در اعماق و ظهور دوباره آن در سطح از طریق شکستگی ها و گسل های موجود، بصورت چشمه های آب گرم باعث تشکیل تراورتن در محل چشمه ها و در امتداد گسلها و شکستگی های بزرگ شده است.

واژه های کلیدی: تراورتن، معدن سفید، ورتون، زون ارومیه دختر.

### Economic Geology and Geochemistry of Travertine Resources in Vartoun Area (N-S Esfahan)

#### Abstract:

N-S Vartoun travertines are located, north-east of Esfahan city. The region belongs to Uromia-Dokhtar belt zone. Morphologic evidences imply that the travertines are Fissure- Ridge type and are related to the Quaternary age. Petrology and geochemistry evidences indicate that most of these resources are thermogenic. Fabric and texture characteristic of these sediments emphasize the active presence of micro organisms and biological activities with travertine sedimentation simultaneously. The presence of lamination in travertine is due to alternative seasonally/daily growth. Most of these sediments are seen on/in the 1 to 2 kilometers of the active fault zones. With regard to the process of these faults, the generating agent of travertine is the local tension in fault regions. The geological evidences shows that these rocks occurred in a high gradient environment and due to the tectomagmatic activities circulation of magmatic and meteorite waters in depth and represented on surface by the faults and fractures in the form of hot springs causing the formations of travertine in springs and large faults trends.

**Key words:** Travertine, white Maïne, Vartoun, Uromia-Dokhtar belt.

#### مقدمه

مجموعه تراورتن های استان اصفهان بخشی از کمربند آتشفشانی زون ارومیه- دختر در ایران مرکزی است که به طور عمده بر روی نوازی به طول حدود 500 کیلومتر و عرض 80-100 کیلومتر با روند شمال غرب- جنوب شرق از گوشه شمال غربی استان تا جنوب غربی باتلاق گاو خونی کشیده شده است (رئیزی 1386). بیشتر ذخایر اقتصادی استان در حاشیه غربی زون ایران مرکزی در زون ارومیه- دختر قرار دارد (قربانی 1382). ناحیه ورتون در شمال شرقی اصفهان واقع است و ذخایر تراورتن در بخش شرقی و شمال شرقی آن متمرکز است (نقشه 2). در این مقاله برای اولین بار پتروگرافی رسوبات تراورتن در منطقه ورتون بررسی می شود.

1) عهده دار مکاتبات، پست الکترونیکی: nasr@khuis.ac.ir



### موقعیت جغرافیایی منطقه

کوتاه ترین راه دسترسی به منطقه جاده اص فهان- سگزی - ورتون است که پس از رسیدن به سگزی وظی مسیر 23 کیلومتری به روستای ورتون خواهیم رسید که بیشترین تمرکز تراورتن در محدوده مورد مطالعه در شرق و شمال شرقی روستای ورتون متمرکز می باشد (نقشه 1).

### زمین شناسی عمومی

از نظر زمین شناسی این ناحیه در بین پا دگانه های جوان پست واقع شده است (نقشه 2). تراورتن های مورد مطالعه در این ناحیه متعلق به کواترنر می باشد و در اکثر اوقات بطور م ستقیم بر روی آهک های الیگومیوسن (سازند قم) قرار دارند و فرآیند تراورتن زایی در اطراف چشمه آب گرم ورتون هم اکنون قابل مشاهده است (آب گرم ورتون) این رسوبات را می توان هم ارز بخش های جوان تر رسوبات آبرفتی کواترنردانست (رادفر، 2002).

### روش مطالعه

تعداد 150 نمونه دستی طی بازدیدهای صحرایی از مجموعه تراورتن و سنگ بستر آن در شمال ورتون برداشت گردید. از این تعداد 100 مقطع نازک تهیه شد. نمونه ها با کمک میکروسکوپ پلاریزان نور انکساری مطالعه شدند (Pl.1/A-H). از بین نمونه های مطالعه شده 12 نمونه جهت تجزیه شیمیایی (XRF) انتخاب گردید (جدول 1). تعداد 20 مقطع نازک جهت تشخیص کلسیت و آراگونیت با روش جدید، رنگ آمیزی گردید. برای تحلیلهای آماری نتایج به دست آمده و ترسیم نمودارها از نرم افزارهای Igpst و SPSS استفاده شد.

### بحث

#### مطالعات پتروگرافی

مجموعه های تراورتن در صحرا غالباً در ارتفاعات و به صورت مسطح و اکثراً با ضخامت زیاد و به رنگهای سفید شیری تا کاملاً سفید و کرم رنگ، الوان، قرمز و لیمویی دیده می شود. سییمان این سنگها از میکریت، میکرواسپارو اشکال مختلف بلورهای کلسیت تشکیل شده است. آنچه در مقاطع نازک میکروسکوپی دیده می شود مخیره<sup>2</sup> و سیمان است و آلومنی به شکل واقعی وجود ندارد. میکریت در مقاطع تیره و به شکل نواحی اپاک با نوارهای مبهم و گاهاً به صورت کلوخه ای، ریس مان مانند یا لایه های متناوب با دیگر بافتها دیده می شود (Pl.1/A-B). کلوخه ها احتمالاً در اصل حاصل فعالیتهای میکروبی<sup>3</sup> هستند. لامیناسیون میکریتی اغلب شاهی برای تراورتن های جلبکی است، زیرا فیلامنت های جلبکی حین رشد در آبگیر های با آب راکد در اطراف چشمه ها، رسوبات آهکی را به دام می اندازند. میکریت اطراف و مابین کلی های باکتری خصوصاً سیانوباکتری نهشته می شود (پنتی کاست 1994). اسپاریت در مقاطع به صورت موزائیکی و بلورهای در هم قفل شده و در حاشیه حفرات (کلسیت دندان سگی) قابل مشاهده است (Pl.2/C-E). بلورها در مناطقی که به مدت طولانی در زون فراتیک قرار داشته و شرایط لازم از

<sup>2</sup> Matrix

<sup>3</sup> Microbial



همه حرکت محدود آب و رشد آهسته حکمفرماست اندازه بزرگی پیدا می کنند(پنتی کاست 2005) بلورهای فیبری و ستونی کلسیت با استرنسیوم بالا بالامیناسیون های درشت تا ریز به چشم می خورد (Pl.2/F). در سرعت رسوبگذاری بالا و معمولاً در دمای بالاتر کلسیت به صورت بلورهای دندریتیک (درخت مانند) ظاهر می شود (Pl.2/G) که این ساختمان اغلب با تراورتن های ترموژن همراه است(پنتی کاست 1995).

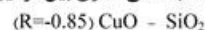
ساختمان های بوته ای شکل<sup>4</sup> شامل ستونهای میکریتی است که با باکتری فراوان تجمع یافته و ظاهراً شی ه کلسیت دندریتی است ولی پیچیدگیهای بیشتری نشان می دهد (Pl.2/H). تخلخل از نوع حفره ای<sup>5</sup>، تخلخل روزنه ای<sup>6</sup> و تخلخل ناشی از شکستگی دیده می شود (Pl.3/A-C).

حفرات بعضاً به همراه رشد کلسیت دروزی<sup>7</sup> مشاهده می شود. تخلخل روزنه ای، تخلخلی با فضاهای خالی کم و بیش طویل شده است که معمولاً جهت دار بوده و گاهی به یکدیگر متصل و به طور منظم قرار می گیرند. در بعضی مقاطع دانه های آواری غالباً از جنس کوارتز به چشم می خورد. لایمیناسیون درمقیاس میلی متری درتراورتن ها معمول است که اغلب از رشد متناوب فصلی/روزانه بوجود می آید(مارک و همکار 2006) (Pl.3/D-F).

### یافته های ژئوشیمی

نتایج تجزیه شیمیایی دوازده نمونه برداشتی از منطقه در جدول یک آورده شده است. مقادیر آماری شامل متوسط، حداکثر، حداقل و انحراف استاندارد برای نمونه های مورد تجزیه آورده شده است (جدول 2). بین اکسیدهای عناصر اصلی و فرعی مطالعات آماری دو متغیره انجام گردید.

### همبستگی آماری بین ترکیبات ژئوشیمیایی معادن



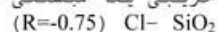
همبستگی معکوس بین این دو نشانگر نقش فرآیندهای غیر تخریبی در بالا رفتن میزان اکسید مس می باشد. معمولاً ترکیبات مس بصورت محلول در آب چشمه های تراورتن ساز حضور دارد و پس از خروج آب بدلیل تغییرات شرایط فیزیکی و شیمیایی ته نشین می گردد. معمولاً  $\text{SiO}_2$  در چنین محیط هایی بیشتر در ارتباط با ذرات تخریبی در حد سیلت می باشد و عدم حضور آنها نشانگر شدت ته نشینی تراورتن در نتیجه رسوب ترکیبات مس در محیط است.



رابطه نسبتاً معکوس بین  $\text{SiO}_2$  و  $\text{SrO}$  در واقع نشانگر ارتباط غیر مستقیم با میزان  $\text{CaO}$  و  $\text{SiO}_2$  می باشد.  $\text{Sr}$  بعنوان یک عنصر با منشأ خشکی زاد معمولاً جانشین  $\text{CaO}$  در ساختار کلسیت می گردد. با افزایش  $\text{Sr}$  و کاهش  $\text{Si}$  می توان نتیجه گرفت نقش شرایط ژئوشیمیایی بسیار پررنگ تر شده است.



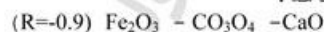
$\text{TiO}_2$  بعنوان یک ترکیب تخریبی از نظر آماری باید در ارتباط مواد تخریبی باشد و توسط این ترکیبات میزان آن کنترل شود. نماد ترکیبات تخریبی یک همبستگی نسبتاً مستقیم را نشان می دهد.



<sup>4</sup> Shrub  
<sup>5</sup> Vuggy porosity  
<sup>6</sup> Fenestral porosity  
<sup>7</sup> calcite Droussy



بین  $SiO_2$  و  $Cl$  رابطه معکوس ولی نسبتاً خوب وجود دارد.  $Cl$  معمولاً بصورت محلول در آبهای چشمه های تراورتن ساز حضور دارد و یکی از عوامل کنترل کننده  $PH$  محیط می باشد. رابطه معکوس بین این دو نقش محیط ته نشین شیمیایی در مقابل عوامل فیزیکی در تشکیل رسوبات را نشان می دهد.



بعنوان نماد ترکیب اصلی سازنده کلسیت با آراگونیت در تراورتن معمولاً با اکسید های دگرزاد همچون  $CO_3O_4$  و  $Fe_2O_3$  یک رابطه نسبتاً قوی معکوس را نشان می دهد. این موضوع کاملاً طبیعی است زیرا این ترکیب معمولاً توسط سایر عوامل غیر شیمیایی در زمان ته نشین شدن تراورتن کنترل می گردد (شکل 1). اکسید آهن همچنین منگنز معمولاً بصورت جذب یونی توسط رس ها وارد محیط رسوبی می گردد. اکسیدی مثل  $CO_3O_4$  دقیقاً یک همبستگی بسیار شدید و مستقیم را با  $Al_2O_3$  نشان می دهد ( $R=0.99$ ) که این دلیلی بر ارتباط با ترکیبات رسی همچون ایلیت، مونت موریلونیت یا هر ترکیب رسی دیگر است.

اکسید منگنز معمولاً توسط ترکیبات کلونیدی اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن کنترل می گردد. البته ترکیبات کلونیدی خود نیز توسط ترکیبات دگرزاد کنترل می شود. طی فرآیند های رسوب گذاری شیمیایی که منجر به تشکیل تراورتن می گردد مقدار زیادی مواد فرار وارد ساختار کانی های تشکیل دهنده تراورتن می شود. این باعث می گردد که یک همبستگی مستقیم و نسبتاً شدید بین  $CaO$  و  $L.o.I$  ایجاد شود. ( $R=0.85$ ) (شکل 2).

### نتیجه گیری

بر اساس بررسی های انجام یافته رخنمون های تراورتن شمال روستای ورتون دارای ویژگی های ذیل می باشند:

1- از نظر شکل تراورتن های منطقه مورد مطالعه از نوع شکاف پشته<sup>8</sup> و مربوط به زمان کواترنر است (هر چند مطالعات سن یابی بر روی این رسوبات انجام نشده است). تراورتن های تیپ شکاف پشته از یک شکاف مرکزی که تراورتن های نواری<sup>9</sup> در آن رسوب کرده اند و تراورتن های شیب دار<sup>10</sup> مجاور آن تشکیل شده اند (فلک 1984). شکل گری این مجموعه بدین صورت است که آبهای اشباع از کربنات کلسیم از شکاف مرکزی بالا آمده و موجب رسوب تراورتن در دیواره شکاف و نیز طرفین آن می شود و در نتیجه یک پشته خطی ایجاد می شود که در بعضی موارد کمی اغنادار هستند در جایی که نرخ جریان آب بالا آمده از شکاف مرکزی زیاد بوده پشته ایجاد شده ارتفاع کم و عرض زیاد دارد و در محلی که نرخ جریان آب کم بوده رسوبگذاری تراورتن در اطراف شکاف مرکزی بیشتر و در نتیجه ارتفاع پشته زیاد و عرض آن کم است (آلتونل و همکار 1996).

2- شواهد پتروگرافی و ژئوشیمیایی نشانگر عمدتاً ترموزن بودن این ذخایر می باشد. اکثر این نهشته ها در فاصله یک تا دو کیلومتری گسل های فعال منطقه دیده می شود و نقش به سزایی در چهره ی نامواری های ناحیه دارد. با توجه به روند این گسل ها عامل شکل گیری نهشته ها، کشش های موضعی ایجاد شده در پهنه همپوشانی این گسل ها است. شواهد

<sup>8</sup> Fissure-Ridge  
<sup>9</sup> bonded travertine  
<sup>10</sup> bedded travertine



زمین شناسی نشان می دهد که این سنگ ها در یک محیط ژئوگرا دیان به واسطه فعالیت های ماگمایی و تکتونیکی منطقه و چشمه های آب گرم ناشی از آن، هم چنین چرخش آب های جوی در اعماق و ظهور دوباره آن در سطح از طریق شکستگی ها و گسل های موجود، شکل گرفته اند (نقشه 3).

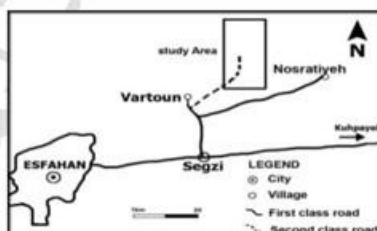
3-ویژگی های بافتی در این رسوبات تاییدی بر حضور فعال و فعالیت های زیستی و میکروبی همزمان با رسوبگذاری تراورتن می باشد.

4-حضور لامیناسیون در تراورتن ناشی از رشد متناوب فصل / روزانه می باشد.

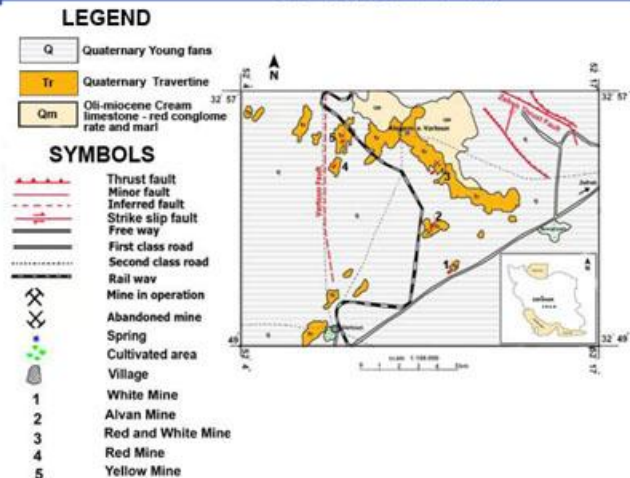
### فهرست منابع

- رادفر ج. 2002. نقشه چهارگوش 100000: منطقه کوهپایه، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور .
- رئیس م. م. 1386. مطالعات موردی مجموعه های تراورتن جنوب روستای میلا جرد در شمال غرب اردستان (اصفهان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.
- قربانی م. 1382. میانی آتشفشان شناسی با نگرشی بر آتشفشان های ایران، انتشارات آری زمین، 362 ص .

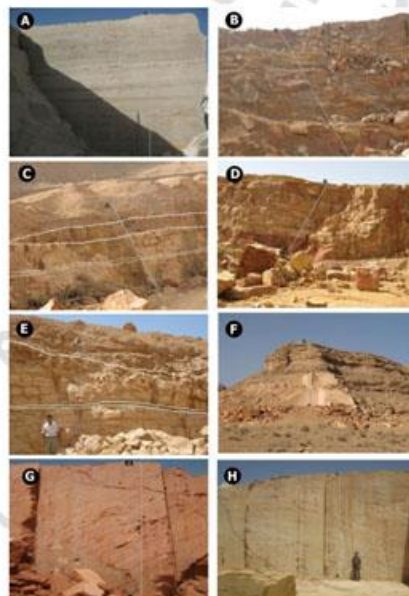
- Altunel, E., Hancock, P.L., 1996. Structural attributes of travertine- Filled extensional Fissures in the Pamukkale Plateau, Western Turkey. *International Geology Review* 38, 763-777.
- Folk, R. L. 1984. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Co., Tx., 182 pp.
- Marks, J., Parnell, R., Carter, C., Dinger, E. and Haden, G. 2006. Interaction between geomorphology and ecosystem processes in travertine streams: Implications for decommissioning a dam on Fossil Creek, Arizona. *Geomorphology*, 77, 299-307. June 16/2006. From <http://www.sciencedirect.com>
- Pentecost, A. and Viles, H.A. 1994. A review and assessment of travertine classification, *Geogr. Phys. Quaternarie*, 48, 305-314.
- Pentecost, A. 1995. Geochemistry of Carbon dioxide in six travertine depositing waters of Italy, *J. Hydrol.*, 167, 263-278.
- Pentecost, A. 2005. *Travertine*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Netherland, 445p.



نقشه 1) موقعیت جغرافیایی و راه های ارتباطی منطقه ی مورد مطالعه (اقتباس از رادفر 2002 با تغییرات)



نقشه 2) نقشه ی زمین شناسی منطقه ی مورد مطالعه (اقتباس از رادفر 2002 با تغییرات)



A: Plate 1  
B: برش معدن سفید ورتون  
C: برش 1 معدن الوان  
D: برش 2 معدن الوان  
E: برش 3 معدن الوان  
F: برش 4 معدن الوان  
G: برش معدن قرمز  
H: برش معدن لیمویی

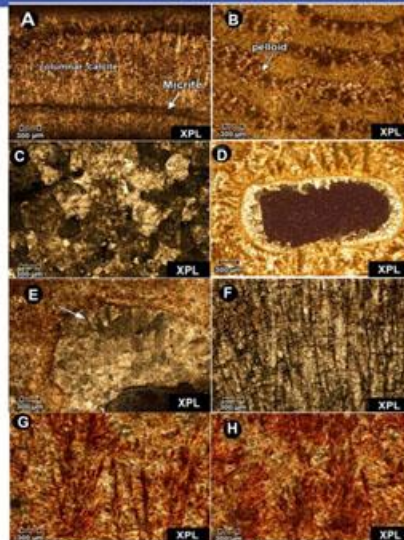


Plate2 : A: لایه های میکرین در تناوب با بافت های دیگر (معدن الوان ورتون) B: بافت بلوچ ی (لخته خوری) C: بلورهای در هم قفل شده و موزائیکی اسپار (معدن الوان ورتون) D: کلسیت دندان سگی در حاشیه داخلی حفرات (معدن الوان) E: بلورهای شعاعی کلسیت تشکیل شده در حفرات (معدن الوان ورتون) F: بلورهای فیبری کلسیت با خاموشی چارویی (معدن الوان ورتون) G: بلورهای دندری کلسیت (معدن قرمز ورتون) H: اشکال بونه ای (شراب) ناشی از فعالیت باکتری ها (معدن قرمز ورتون)

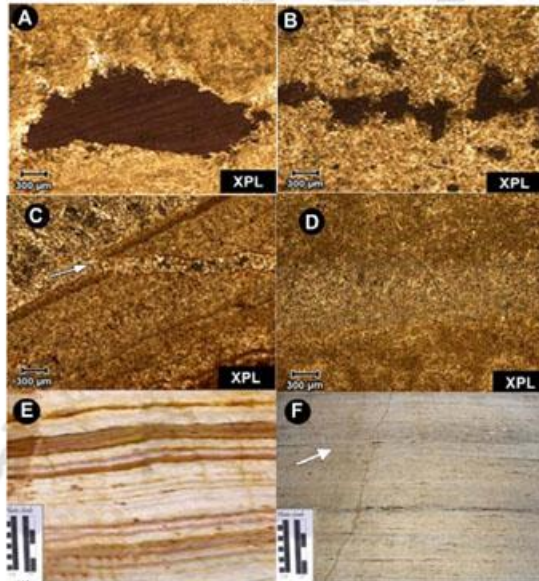


Plate3 : A: تخلخل حفره ای (معدن متمایل به قرمز) B: تخلخل روزنه ای (معدن سفید ورتون) C: تخلخل ناشی از شکستگی (معدن الوان ورتون) D: لامیناسیون فصلی ایجاد شده به واسطه ی تغییر رنگ و اندازه ی دانه (معدن الوان ورتون) E: لامیناسیون فصلی تراورتن در نمونه ی



# اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد طبس

## اسفند ۱۳۸۸

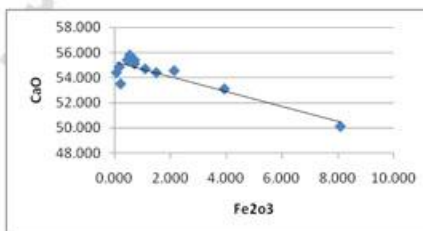
دستی، علت لامیناسیون وجود ماده ی ارگانیکی در فصول گرم سال و علت تغییر ضخامت میزبان متفاوت جرم ماده ی ارگانیکی است (معدن الوان ورتون) F: لامیناسیون فصلی صفحه ای شکل (معدن سفید ورتون)

جدول (2-3) نتایج تجزیه شیمیایی سنگ های منطقه ورتون

معدن	م1	م2	م3	م4	م5	م6	م7	م8	م9	م10	م11	م12
SiO <sub>2</sub>	1.76	1.3			1.53	1.219						
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.09	1.04			1.01	0.940						
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.19	1.1	1.40	1.49	1.19	1.04	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
CaO	27.60	27.7	28.51	27.31	27.20	27.11	27.11	27.11	27.11	27.11	27.11	27.11
Na <sub>2</sub> O	1.11	1.1	1.19	1.19	1.1	1.01	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
MgO	1.04	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
K <sub>2</sub> O	1.19	1.0	1.19	1.19	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
TiO <sub>2</sub>	1.09	1.09			1.01	1.0						
MnO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>												
CuO												
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>												
SrO												
ZrO <sub>2</sub>												
MoO <sub>3</sub>												
PbO												
SO <sub>2</sub>												
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>												
NiO												
ZnO												
Rb <sub>2</sub> O												
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>												
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>												
BaO												
Cl												
LOI	42.46	43.91	43.91	43.91	43.91	43.91	43.91	43.91	43.91	43.91	43.91	43.91

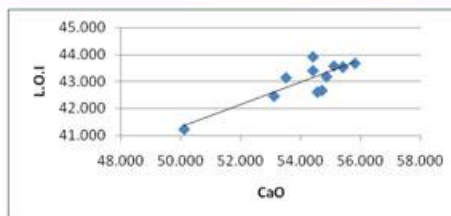
جدول (2) مقادیر آماری شامل متوسط، حداکثر، حداقل و انحراف استاندارد اکسید های عناصر اصلی و فرعی نمونه های آنالیز شده

Elements	Min (PPm)	Max (PPm)	Mean (PPm)	St. Deviation	Number of Cases
SiO <sub>2</sub>	0.1	0.25	0.15	0.07	4
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.14	0.1	0.06	4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	11.87	3.02	5.9	4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.07	3.94	1.45	1.28	7
MnO	0.01	0.08	0.05	0.04	6
MgO	0.18	0.62	0.37	0.16	7
CaO	53.1	55.1	54.44	0.64	7
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.11	0.06	0.04	7
K <sub>2</sub> O	0	0.07	0.03	0.03	7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.02	0.01	0.01	7
Cl	0.02	0.02	0.02	0	3
LOI	42.46	43.91	43.11	0.55	7

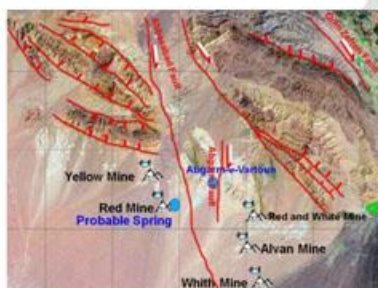


شکل (1) نمودار های ژئوشیمیایی دو متغیره برای اکسیدهای کلسیم و آهن





شکل 2) نمودار های ژئوشیمیایی دو متغیره برای اکسیدهای کلسیم و مواد فرار



نقشه 3) محل کسب ها و چشمه احتمالی ورنون