



دانشکده علوم زمین
گروه پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی
پایان نامه کارشناسی ارشد

پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های آذرین نفوذی شمال معلمان

محمد حسین خواجه‌زاده

استاد راهنما

دکتر محمود صادقیان

اساتید مشاور

دکتر حبیب‌اله قاسمی

دکتر قاسم قربانی

تیرماه ۱۳۸۸



دانشکده علوم زمین
گروه پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی

عنوان
پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های آذرین نفوذی شمال معلمان

دانشجو
محمد حسین خواجه‌زاده

استاد راهنما
دکتر محمود صادقیان

اساتید مشاور
دکتر حبیب‌اله قاسمی
دکتر قاسم قربانی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تیرماه ۱۳۸۸

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : علوم زمین

گروه : زمین شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمدحسین خواجهزاده

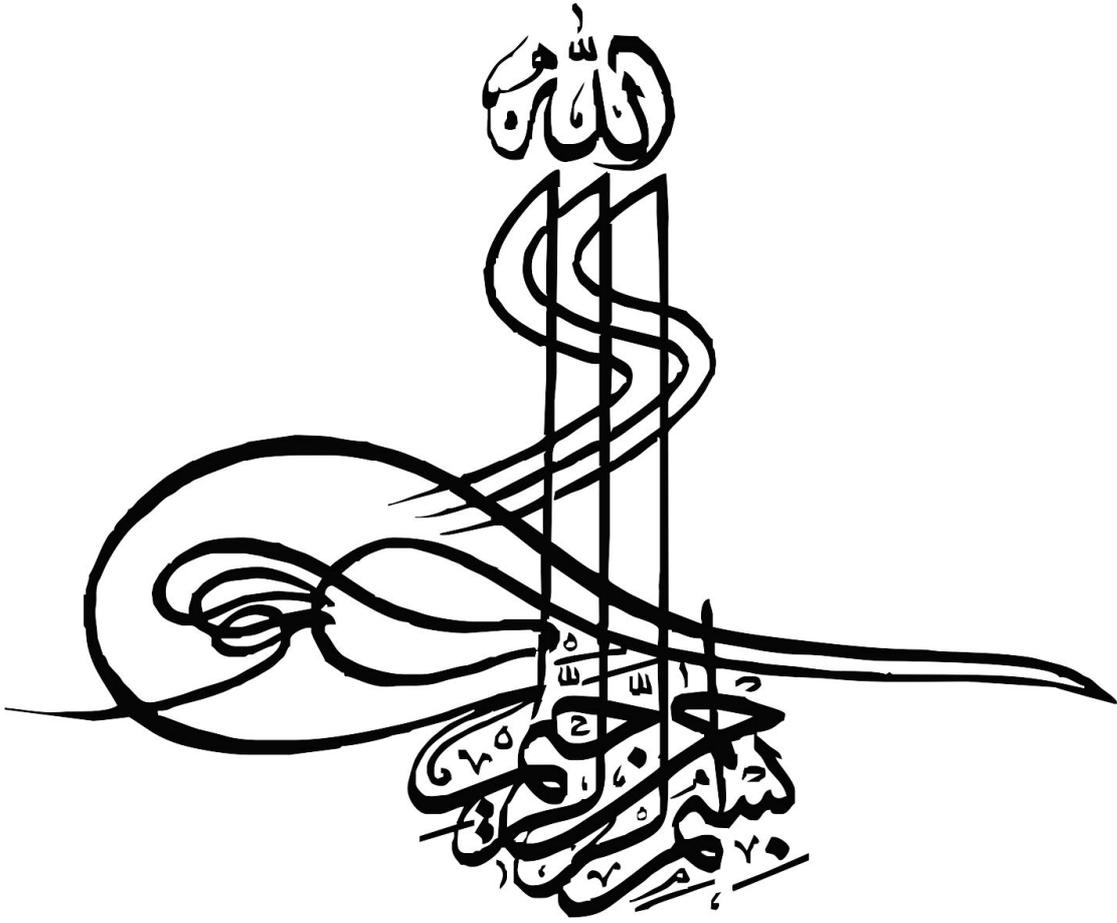
تحت عنوان:

پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های آذرین نفوذی شمال معلمان

در تاریخ ۳۱/۴/۱۳۸۸ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد رشته پترولوژی مورد ارزیابی

و با درجه بسیار خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور:	امضاء	استاد راهنما:
	نام و نام خانوادگی : دکتر حبیب آ. قاسمی نام و نام خانوادگی : دکتر قاسم قربانی		نام و نام خانوادگی : دکتر محمود صادقیان
امضاء	نهاینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور:
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : دکتر فرج اله فردوست
			نام و نام خانوادگی : دکتر سید مسعود همام



تشکر و قدردانی

با توجه به عنایات خاصه خداوند متعال و مساعدت و یاری اساتید بزرگوار و دوستان عزیز که ذکر نام همگی آنها امکان پذیر نیست، اکنون که پایان نامه خود را به پایان رسانده‌ام بر خود لازم می‌دانم تا مراتب تشکر و قدردانی خود را ابراز نمایم.

از جناب آقای دکتر محمود صادقیان استاد راهنمای گرامی که در تمامی مراحل این پایان نامه با صبر و حوصله، اینجانب را در بررسی‌های صحرایی و تهیه و نگارش این پایان نامه یاری نمودند، کمال تشکر و امتنان را دارم.

از اساتید مشاور ارجمند جناب آقای دکتر حبیب‌ا... قاسمی و جناب آقای دکتر قاسم قربانی، که با راهنمایی‌ها و ارشاداتشان اینجانب را مورد لطف قرار دادند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

مراتب تشکر و سپاس خود را از جناب آقای دکتر محسن خادمی بخاطر کمک در بخش زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه، ابراز می‌دارم. همچنین کمک‌های دوستان عزیزم آقایان علی صادقی، علی تنها، مرتضی سرتیج و خانم‌ها موسوی و عابدی و سایر دانشجویان که ذکر اسامی آنها در این مختصر نمی‌گنجد تقدیر و تشکر مینمایم.

حمایتها و دعا‌های پدر و مادر عزیزم در تمامی مراحل زندگی شامل حال من بوده، ضمن تشکر و قدردانی از آنها، سلامتی‌شان را از درگاه خداوند متعال خواستارم.

مراتب تشکر و سپاس خود را از همسر که در مراحل مختلف این پایان نامه مرا یاری نمودند ابراز می‌دارم.

چکیده

مجموعه ماگمایی شمال معلمان واقع در جنوب دامغان، در بخش شمالی زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است. این مجموعه ماگمایی طیف متنوعی از سنگهای آذرین درونی، بیرونی و نیمه عمیق را شامل می‌شود. این تحقیق بررسی تفصیلی سنگهای آذرین درونی عمیق و نیمه عمیق این مجموعه ماگمایی را که به صورت استوک یا دایک رخمون یافته‌اند، دربرمی‌گیرد. سنگهای مورد مطالعه دارای طیف ترکیبی گابرودیوریت، مونزونیت، گرانودیوریت و گرانیت می‌باشند. نفوذ این توده‌ها به درون سنگهای میزبان (آهکهای فسیل‌دار کرتاسه و سنگهای رسوبی - آتشفشانی و آهکهای نومولیت‌دار ائوسن‌میانی) با دگرگونی مجاورتی، متاسوماتیسم، دگرسانی‌گرماپی و کانسارسازی همراه بوده است. اسکارنهای گارنت و گارنت - وزوویانیت‌دار، کانه‌زایی مگنتیت، و کانسارهای متعدد سرب، روی، مس و طلا مبین این امر است. سنگهای مورد مطالعه دارای ماهیت کالکوآلکالن پتاسیم بالا و متآلومین تا پرآلومین هستند. در نمودارهای تغییرات، روند تقریباً پیوسته‌ای بین سنگهای مذکور مشاهده می‌شود که مؤید تحول آنها از طریق تبلور تفریقی است. این سنگها در زمره گرانیتوئیدهای نوع I و قوسهای آتشفشانی (VAG) و از نوع گرانیتوئیدهای قوس قاره‌ای (CAG) قرار گرفته‌اند. با مقایسه ویژگیهای ژئوشیمیایی سنگهای مورد مطالعه با معیارها و ویژگیهای ژئوشیمیایی آداکیتها، آنها از نوع آداکیتهای غنی از سیلیس بوده و در محدوده آداکیتهای مشتق شده از ورقه اقیانوسی فرورانده شده قرار می‌گیرند.

کلمات کلیدی: مجموعه ماگمایی، گرانیتوئیدها، آداکیتها، قوس آتشفشانی، معلمان

لیست مقالات مستخرج از این پایان نامه:

- پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های آذرین نفوذی شمال معلمان ، دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، اهواز، ۱۳۸۷

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
الف.....	تشکر و قدردانی.....
ب.....	چکیده.....
ت.....	لیست مقالات مستخرج از این پایان نامه.....
ث.....	فهرست مطالب.....
ح.....	فهرست جداول.....
خ.....	فهرست اشکال.....

فصل اول: کلیات

۱.....	۱-۱- موقعیت جغرافیایی.....
۱.....	۱-۲- راههای ارتباطی.....
۴.....	۱-۳- ژئومورفولوژی.....
۴.....	۱-۴- آب و هوا.....
۵.....	۱-۵- کارهای انجام شده قبلی.....
۷.....	۱-۶- روش مطالعه.....
۸.....	۱-۷- اهداف.....

فصل دوم: زمین شناسی عمومی

۹.....	۲-۱- مقدمه.....
۱۱.....	۲-۲- واحدهای سنگ چینه‌ای موجود در منطقه.....
۱۱.....	۲-۲-۱- پرمین.....
۱۱.....	۲-۲-۲- کرتاسه.....
۱۴.....	۲-۲-۳- ائوسن.....
۱۵.....	۲-۲-۴- توده‌های نفوذی عمیق و نیمه عمیق.....
۱۷.....	۲-۲-۵- مارنهای میوسن.....
۱۷.....	۲-۲-۶- گنگلومرای پلیوسن.....
۱۷.....	۲-۲-۷- رسوبات آبرفتی - آبراهه‌ای عهدحاضر.....
۱۸.....	۲-۳- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه.....

فصل سوم: مطالعات پتروگرافی و طبقه بندی سنگها

۲۲.....	۳-۱- مقدمه.....
۲۲.....	۳-۲- پتروگرافی سنگ‌های آذرین نفوذی.....
۲۳.....	۳-۲-۱- پتروگرافی سنگ‌های گابرودیوریتی.....
۳۱.....	۳-۲-۲- پتروگرافی سنگ‌های مونزونیتی.....
۳۹.....	۳-۲-۳- پتروگرافی سنگ‌های گرانودیوریتی.....
۴۰.....	۳-۲-۴- پتروگرافی سنگ‌های گرانیتی.....

۴۵	..... دگرسانیها.....	۳-۳
۴۵	..... سوریستی شدن و سوسوریتی شدن.....	۳-۳-۱
۴۶	..... کلریتی شدن.....	۳-۳-۲
۴۶	..... بررسی بافتهای مشاهده شده.....	۳-۴
۴۶	..... هم رشدی گرافیک.....	۳-۴-۱
۴۷	..... هم رشدی گرانوفیری.....	۳-۴-۲
۴۸	..... دگرگونی مجاورتی در منطقه چالو - سوسنوار.....	۳-۵
۵۲	..... خلاصه فصل.....	

فصل چهارم: ژئوشیمی

۵۴	..... مقدمه.....	۴-۱
۶۳	..... منابع بروز خطا در طی آماده سازی و تجزیه شیمیایی نمونهها.....	۴-۲
۶۳	..... تصحیح داده های حاصل از تجزیه های ژئوشیمیایی.....	۴-۳
۶۳	..... کاربرد دادههای تجزیه شیمیایی.....	۴-۴
۶۴	..... رده بندی نورماتیو.....	۴-۵
۶۴	..... رده بندی اشتريکایزن و لومتر (۱۹۷۹).....	۴-۶
۶۵	..... رده بندی شیمیایی.....	۴-۷
۶۶	..... نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹).....	۴-۷-۱
۶۶	..... نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 (میدلموست، ۱۹۸۵).....	۴-۷-۲
۶۶	..... نمودار R_1-R_2 دولاروش و همکاران (۱۹۸۰).....	۴-۷-۳
۶۸	..... بررسی تغییر و تحولات ژئوشیمیایی سنگها به کمک نمودارهای تغییرات.....	۴-۸
۶۸	..... نمودارهای درصد اکسید- درصد سیلیس (هارکر، ۱۹۰۹).....	۴-۹
۷۲	..... نمودارهای تغییرات اکسیدهای اصلی در برابر ضریب تفریق.....	۴-۱۰
۷۳	..... نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب در برابر ضریب تفریق.....	۴-۱۱
۷۴	..... نمودارهای تغییرات $V-TiO_2$ و TiO_2-SiO_2 مک لیمور (۱۹۹۹).....	۴-۱۲
۷۵	..... نمودارهای عنکبوتی.....	۴-۱۳
۷۵	..... نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به کندریت.....	۴-۱۴
۷۸	..... نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه.....	۴-۱۵
۸۰	..... تعیین سری ماگمایی.....	۴-۱۶
۸۰	..... نمودار $Na_2O+K_2O-SiO_2$ (ایروین و باراگار، ۱۹۷۱).....	۴-۱۷
۸۱	..... نمودار مثلثی $MgO - (Na_2O+K_2O) - FeO^*$ ایروین و باراگار.....	۴-۱۸
۸۱	..... نمودار K_2O-SiO_2 (پکسریلو و تیلور، ۱۹۷۶).....	۴-۱۹
۸۲	..... شاخص اشباع از آلومین (ASI) سنگهای گرانیتوئیدی.....	۴-۲۰
۸۳	..... خلاصه فصل.....	

فصل پنجم: پتروژنز

۸۵	..... مقدمه.....	۵-۱
۸۵	..... انواع تقسیم بندی گرانیتوئیدها.....	۵-۲

۳-۵	نمودار Zr+Nb+Ce+Y در مقابل FeO _t /MgO (والن و همکاران، ۱۹۸۷).....	۸۸
۴-۵	نمودار Na ₂ O در مقابل K ₂ O (چپل و وایت، ۲۰۰۱) و P ₂ O ₅ در مقابل SiO ₂ (چپل و وایت، ۱۹۹۲).....	۸۹
۵-۵	تعیین محیط تکتونیکی	۹۲
۶-۵	طبقه بندی محیطهای تکتونیکی گرانیتوئیدها با استفاده از عناصر اصلی	۹۲
۷-۵	طبقه بندی محیطهای تکتونیکی گرانیتوئیدها با استفاده از عناصر کمیاب	۹۳
۸-۵	نمودارهای Rb-(Y+Nb)، Nb-Y، Rb-(Ta+Yb) و Ta-Yb (پیپرس و همکاران، ۱۹۸۴).....	۹۴
۹-۵	مقایسه ویژگیهای ژئوشیمیایی گرانیتوئیدهای شمال معلمان با آداکیتها (کاستیلو، ۲۰۰۶).....	۹۵
۱۰-۵	تقسیم بندی آداکیتها بر اساس میزان سیلیس.....	۹۸
۱۱-۵	نمودارهای ژو و همکاران (۱۹۸۳).....	۹۹
۱۲-۵	مقایسه منشاء گرانیتوئیدهای منطقه معلمان با منشاء گرانیتوئیدهای منطقه اطراف دریای اژه (آلتر، ۲۰۰۲).....	۱۰۳
۱۳-۵	نمودار نشان دهنده منشا تشکیل آداکیتها، موین (۲۰۰۹).....	۱۰۶
	خلاصه فصل.....	۱۰۶

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

الف- نتیجه‌گیری	۱۰۸
-----------------------	-----

فهرست منابع

الف- منابع فارسی	۱۱۰
ب- منابع لاتین	۱۱۱
پیوست.....	۱۱۶

فهرست جداول

جدول ۱-۴- موقعیت جغرافیایی و مشخصات نمونه‌های سنگی انتخاب شده جهت آنالیز شیمیایی	۵۶
جدول ۲-۴- نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی، مقادیر کانیهای نورماتیو و عناصر کمیاب نمونه‌های مورد مطالعه منطقه شمال معلمان پس از حذف مواد فرار و تصحیح مقادیر نسبت Fe ₂ O ₃ /FeO	۵۷
جدول ۳-۴- نتایج تجزیه شیمیایی مقادیر کانیهای نورماتیو نمونه‌های مورد مطالعه	۶۰
جدول ۴-۴- نتایج تجزیه شیمیایی مقادیر عناصرخاکی نادر نمونه‌های مورد مطالعه	۶۱
جدول ۱-۵- معیارهای صحرایی، کانی شناسی و ژئوشیمیایی گرانیتوئیدهای نوع S و I و مقایسه آنها با گرانیتوئیدهای مورد مطالعه در منطقه شمال معلمان.....	۹۱
جدول ۲-۵- مقایسه ویژگیهای ژئوشیمیایی سنگهای مورد مطالعه با ویژگیهای ژئوشیمیایی مطرح شده توسط کاستیلو (۲۰۰۶).....	۹۷

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راههای ارتباطی آن (اقتباس از اطلس راههای کشور)..... ۲
- شکل ۱-۲- تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه..... ۳
- شکل ۱-۳- نمایی از محل اسکان معدنکاران در دهه‌های گذشته واقع در معدن سوسنوار..... ۳
- شکل ۱-۲- واحدهای ساختمانی ایران به نقل از اشتوکلین (۱۹۷۲؛ اصلاح شده توسط شهاب پور، ۱۹۹۴)..... ۱۰
- شکل ۲-۲- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ طرود..... ۱۰
- شکل ۲-۳- میکاشیست‌های موجود در جنوب غرب منطقه مورد مطالعه..... ۱۱
- شکل ۲-۴- تصویری از وجود آثار فسیل در سنگهای آهکی کرتاسه منطقه مورد مطالعه..... ۱۲
- شکل ۲-۵- تصویری از وجود آثار فسیل دوکفه‌ای در سنگهای آهکی کرتاسه منطقه مورد مطالعه..... ۱۲
- شکل ۲-۶- نمایی دور از مارنهای مدادی در منطقه شمال شرق سوسنوار..... ۱۳
- شکل ۲-۷- نمایی نزدیک از مارنهای مدادی در منطقه شمال شرق سوسنوار..... ۱۳
- شکل ۲-۸- کنتاكت دایک با شیل و مارنهای مدادی کرتاسه واقع در شمال سوسنوار..... ۱۳
- شکل ۲-۹- حضور دایکهای متعدد در واحدهای آتشفشانی - رسوبی غرب منطقه چالو..... ۱۳
- شکل ۲-۱۰- حضور وزوونایت در اسکارنهای منطقه شرق سوسنوار- چالو (نور xpl)..... ۱۳
- شکل ۲-۱۱- پرفیروبلاستهای گارنت کلسیم دار (گروسولار - آندرادیت) در اسکارنهای منطقه چالو (نور xpl)..... ۱۳
- شکل ۲-۱۲- کانه‌زایی مالاکیت و آزوریت در منطقه مورد مطالعه..... ۱۴
- شکل ۲-۱۳- کانه‌زایی باریت و مگنتیت در منطقه مورد مطالعه..... ۱۴
- شکل‌های ۲-۱۴- و ۲-۱۵- تصویری از انواع چینهای برگشته و جناغی که در شمال شرق سوسنوار دیده می‌شوند..... ۱۵
- شکل ۲-۱۶- تناوبی از لایه‌های شیل و ماسه سنگهای توفی چین خورده در شرق روستای گندی..... ۱۵
- شکل ۲-۱۷- سنگ آهک نومولیت‌دار که آخرین افق آهکی نهشته شده بر روی گدازه‌های تراکی‌اندزیتی و تراکی بازالتی است..... ۱۵
- شکل ۲-۱۸- زون دگرسانی آرژیلیتی در منطقه معدن پوسیده..... ۱۶
- شکل ۲-۱۹- ترانشه ایجاد شده جهت استخراج مس واقع در سنگهای مونزونیتی معدن مس چاه موسی..... ۱۶
- شکل ۲-۲۰- نمایی از تونل‌های حفر شده جهت استخراج کانسارهای سرب و روی در شمال سوسنوار..... ۱۶
- شکل ۲-۲۱- رسوبات عهد حاضر واقع در جنوب رشته کوههای معلمان - طرود..... ۱۸
- شکل ۲-۲۲- نقشه ساختاری و تکتونوماگمایی منطقه طرود (خادمی ۱۳۸۶)..... ۲۱
- شکل ۳-۱- تصویری از دایک گابرودیوریتی که سنگهای مونزونیتی را قطع کرده است. (معدن مس چاه موسی)..... ۲۳
- شکل‌های ۳-۲- و ۳-۳- تصویری از دایک‌های شمال سوسنوار که سنگهای اطراف خود را قطع نموده است..... ۲۴
- شکل ۳-۴- حاشیه انجماد سریع در دایک گابرودیوریتی واقع در معدن چاه موسی..... ۲۴

- شکل ۳-۵- بیوتیت بصورت زینوکریست دانه درشت در برخی از دایک‌های شمال سوسنوار یافت شده است ۲۶
- شکل ۳-۶- حضور بیوتیت غنی از منیزیم یا فلوگوپیت در برخی از دایک‌های شمال سوسنوار (PPL) ۲۶
- شکل ۳-۷- بافت گرانولار به همراه بلورهای اوژیت و پلاژیوکلاز والیوین در گابروهای منطقه چاه‌موسی (XPL) ۳۰
- شکل ۳-۸- بافت افتیک و ساب افتیک متشکل از پلاژیوکلاز و پیروکسن در دایک‌های گابرویی منطقه چاه‌موسی (XPL) ۳۰
- شکل ۳-۹- بافت پورفیری - میکروگرانولار در گابرو والیوین دار واقع در دایک‌های منطقه شرق سوسنوار (XPL) ۳۰
- شکل ۳-۱۰- بافت جریان‌ی در میکروگابرو منطقه شرق سوسنوار که بلورهای پلاژیوکلاز حالت جریان‌ی به خود گرفته- اند (XPL) ۳۰
- شکل ۳-۱۱- حضور آپاتیت بصورت ادخال در پلاژیوکلازها (XPL) ۳۰
- شکل ۳-۱۲- حضور آپاتیت‌های سوزنی شکل در سنگهای گابرو دیوریتی (XPL) ۳۰
- شکل‌های ۳-۱۳ و ۳-۱۴- اکسی هورنبلندهای موجود در سنگهای مونزونیتی واقع در منطقه چالو (XPL) ۳۲
- شکل ۳-۱۵- منطقه‌بندی زیبای هورنبلند در مونزونیت‌های منطقه چالو (XPL) ۳۲
- شکل‌های ۳-۱۶ و ۳-۱۷- نمای کلی از توده‌های نفوذی و نیمه‌نفوذی منطقه چالو ۳۶
- شکل ۳-۱۸- حالت زونینگ در پلاژیوکلازهای موجود در منطقه که نشان از عدم تعادل شیمیایی دارد (xpl) ۳۷
- شکل ۳-۱۹- خوردگی حاشیه پلاژیوکلازها که نشان دهنده برهم خوردن تعادل شیمیایی ماگما است (xpl) ۳۷
- شکل ۳-۲۰- حضور هورنبلند در مرکز و پلاژیوکلازها در اطراف که در حال تجزیه می باشند (xpl) ۳۷
- شکل ۳-۲۱- آلکالی فلدسپار پلاژیوکلازها را دربر گرفته، که نشان از یک فاز تاخیری است (xpl) ۳۷
- شکل ۳-۲۲- نمایی از بلورهای درشت تورمالین در مونزونیت‌های چالو (xpl) ۳۷
- شکل ۳-۲۳- حضور آپاتیت در پلاژیوکلازهای سنگهای مونزونیتی (xpl) ۳۷
- شکل ۳-۲۴- تصویری از کانه زایی مس که بصورت رگه‌های مالاکیت و آزوریت در امتداد گسلها و درز و شکست‌ها در معدن مس چاه موسی دیده می‌شود ۳۸
- شکل ۳-۲۵- تصویری از اکسید منگنز که با ظاهر دندردیتی در منطقه معدن مس چاه موسی دیده می‌شود ۳۸
- شکل ۳-۲۶- تصویری از کانه‌زایی مس در کنار هورنبلند در سنگهای مونزونیتی معدن مس چاه‌موسی (xpl) ۳۸
- شکل ۳-۲۷- هم‌رشدی ارتوکلاز با کوارتز در سنگهای مونزونیتی بافت گرافیکی زیبایی را به نمایش می‌گذارند (xpl) ۳۸
- شکل ۳-۲۸- دگرسانی پلاژیوکلاز به اپیدوت در سنگهای مونزونیتی منطقه چالو (xpl) ۳۸
- شکل ۳-۲۹- بافت کلی در سنگهای مونزونیتی منطقه چالو (xpl) ۳۸
- شکل ۳-۳۰- حضور بیوتیت در کنار اکسی هورنبلند در سنگهای مونزونیتی منطقه چالو (xpl) ۳۹
- شکل ۳-۳۱- بلور پلاژیوکلاز که دارای ادخال‌های اپیدوت بوده و در گوشه پائین سمت چپ آپاتیت نیز دیده میشود (xpl) ۴۰
- شکل ۳-۳۲- بافت پورفیروئیدی در گرانودیوریت‌های منطقه (xpl) ۴۰

- شکل‌های ۳-۳۳- نمایی کلی از سنگ‌های گرانیتی منطقه کوه‌زر ۴۳
- شکل ۳-۳۴- نمایی کلی از سنگ‌های گرانیتی شمال روستای گندی ۴۳
- شکل ۳-۳۵- بافت پورفیروئیدی در سنگ‌های گرانیتی منطقه کوه‌زر (xpl) ۴۳
- شکل ۳-۳۶- گرانیت غنی از بیوتیت در سنگ‌های منطقه کوه‌زر (xpl) ۴۳
- شکل ۳-۳۷- دگرسانی بیوتیت به کلریت در سنگ‌های گرانیتی منطقه کلاته جعفر (xpl) ۴۳
- شکل ۳-۳۸- حالت زونینگ در پلاژیوکلازهای موجود در گرانیت‌های کوه‌زر (xpl) ۴۳
- شکل ۳-۳۹- هم‌رشدی ارتوکلاز با کوارتز بافت گرافیکی زیبایی را به نمایش می‌گذارند (xpl) ۴۴
- شکل ۳-۴۰- درشت بلور کوارتز ، باحاشیه گردشده که دارای خلیج خوردگی است منطقه کلاته جعفر (xpl) ۴۴
- شکل ۳-۴۱- درشت بلور کوارتز ، باحاشیه گردشده که دارای خلیج خوردگی است (xpl) ۴۴
- شکل ۳-۴۲- نمایی از بلورهای درشت تورمالین با رنگ سبز- آبی در گرانیت‌های کوه‌زر (xpl) ۴۴
- شکل ۳-۴۳- نمایی از بلورهای درشت تورمالین در گرانیت‌های کوه‌زر (xpl) ۴۴
- شکل ۳-۴۴- اسکارنائی در اثر مجاورت توده های نفوذی با سنگ های آهکی در منطقه چالو ۵۰
- شکل ۳-۴۵- اسکارنائی در اثر مجاورت توده های نفوذی با سنگ های آهکی در منطقه چالو ۵۰
- شکل‌های ۳-۴۶- و ۳-۴۷- پرفیروبلاستهای گارنت کلسیم‌دار (گروسولار-آندرادیت) در اسکارن‌های منطقه مورد مطالعه - چالو (نور xpl) ۵۰
- شکل ۳-۴۸- حضور وزوویانیت در اسکارن‌های منطقه شرق سوسنوار- چالو (نور xpl) ۵۰
- شکل ۳-۴۹- حضور وزوویانیت در اسکارن‌های منطقه شرق سوسنوار- چالو (نور xpl) ۵۰
- شکل ۳-۵۰- حضور اپیدوت و گارنت در اسکارن‌های منطقه چالو (نور xpl) ۵۱
- شکل ۳-۵۱- نمودار آنالیز یک نمونه از اسکارن‌های منطقه چالو به روش XRD ۵۲
- شکل ۴-۱- رده بندی نورماتیو با استفاده از روش اصلاحی مولر و براون (۱۹۷۷) و کمک گرفتن از اشتريکایزن و لومتر (۱۹۷۹) ۶۵
- شکل ۴-۲- الف - نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹) جهت نامگذاری سنگ- های آذرین درونی نمونه‌های مورد مطالعه ۶۷
- شکل ۴-۲- ب- نمودار $SiO_2 - Na_2O+K_2O$ (میدلموست، ۱۹۸۵) جهت نامگذاری سنگ‌های آذرین درونی نمونه‌های مورد مطالعه ۶۷
- شکل ۴-۲- ج- نمودار رده بندی دولاروش و همکاران (۱۹۸۰) جهت نامگذاری سنگ‌های آذرین درونی نمونه‌های مورد مطالعه ۶۷
- شکل ۴-۳- نمودارهای هارکر عناصر اصلی (۱۹۰۹) برای نمونه‌های مورد مطالعه ۷۱
- شکل ۴-۴- نمودارهای تغییرات اکسیدهای اصلی در مقابل ضریب تفریق برای نمونه‌های مورد مطالعه ۷۲

- شکل ۴-۵- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب در مقابل ضریب تفریق برای نمونه‌های مورد مطالعه..... ۷۴
- شکل ۴-۶- نمودارهای تغییرات $V-TiO_2$ و TiO_2-SiO_2 مک لیمور (۱۹۹۹) برای نمونه‌های مورد مطالعه..... ۷۴
- شکل ۴-۷- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به کندریت ناکامورا (۱۹۷۴) برای نمونه‌های سنگی مورد مطالعه..... ۷۷
- شکل ۴-۸- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه (سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹) برای نمونه‌های سنگی مورد مطالعه..... ۷۹
- شکل ۴-۹- نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 (ایروین و باراکار، ۱۹۷۱) جهت تعیین سری ماگمایی..... ۸۰
- شکل ۴-۱۰- نمودار AFM ایروین و باراکار (۱۹۷۱) جهت تعیین سری ماگمایی نمونه‌های مورد مطالعه..... ۸۱
- شکل ۴-۱۱- نمودار K_2O-SiO_2 پکسریلو و تیلور (۱۹۷۶) جهت تعیین سری ماگمایی نمونه‌های مورد مطالعه..... ۸۲
- شکل ۴-۱۲- دیاگرام شاند (۱۹۴۳) جهت تعیین درجه اشباع از آلومین برای سنگهای منطقه مورد مطالعه..... ۸۳
- شکل ۵-۱- نمودار $Zr+Nb+Ce+Y$ در مقابل FeO_t/MgO (والن و همکاران، ۱۹۸۷) جهت تفکیک گرانیتوئیدهای S, I و A ۸۹
- شکل ۵-۲- نمودار Na_2O در مقابل K_2O (چپل و وایت، ۲۰۰۱) جهت تعیین ماهیت نمونه‌های سنگی مورد مطالعه..... ۹۰
- شکل ۵-۳- نمودار P_2O_5 در مقابل SiO_2 (چپل و وایت، ۱۹۹۲) جهت تعیین ماهیت نمونه‌های سنگی مورد مطالعه..... ۹۰
- شکل ۵-۴- نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی (مانیاری و پیکولی، ۱۹۸۹) و موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی آن..... ۹۳
- شکل ۵-۵- نمودارهای $Rb-(Y+Nb)$ ، $Rb-Y$ ، $Nb-Y$ ، $Rb-(Ta+Yb)$ و $Ta-Yb$ (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴) جهت تعیین جایگاه تکتونیکی سنگهای آذرین نفوذی شمال معلمان..... ۹۵
- شکل ۵-۶- الف - نمودار نسبت Sr/Y در مقابل Y (ppm) (کاستیلو، ۲۰۰۶)، که موقعیت ترکیبی نمونه‌های مورد مطالعه بر روی آن نشان داده شده است..... ۹۸
- شکل ۵-۶- ب- نمودار Sr (ppm) در مقابل (Na_2O+K_2O) (بر حسب درصد وزنی)..... ۹۹
- شکل ۵-۶- ج- نمودار درصد وزنی MgO در مقابل (SiO_2) (بر حسب درصد وزنی)..... ۹۹
- شکل ۵-۷- الف تا ی نمودار (ژو و همکاران، ۱۹۸۳) و موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی آن..... ۱۰۳
- شکل‌های ۵-۸ تا ۵-۱۰- نمودارهای مقایسه تعیین منشاء گرانیتوئیدهای اطراف دریای اژه با گرانیتوئیدهای منطقه مورد مطالعه..... ۱۰۴
- شکل ۵-۱۱- مدل پترولوژیکی تشکیل انواع ماگماهای آداکیتی (موین، ۲۰۰۹)..... ۱۰۶

فصل اول

کلیات

۱-۱- موقعیت جغرافیایی

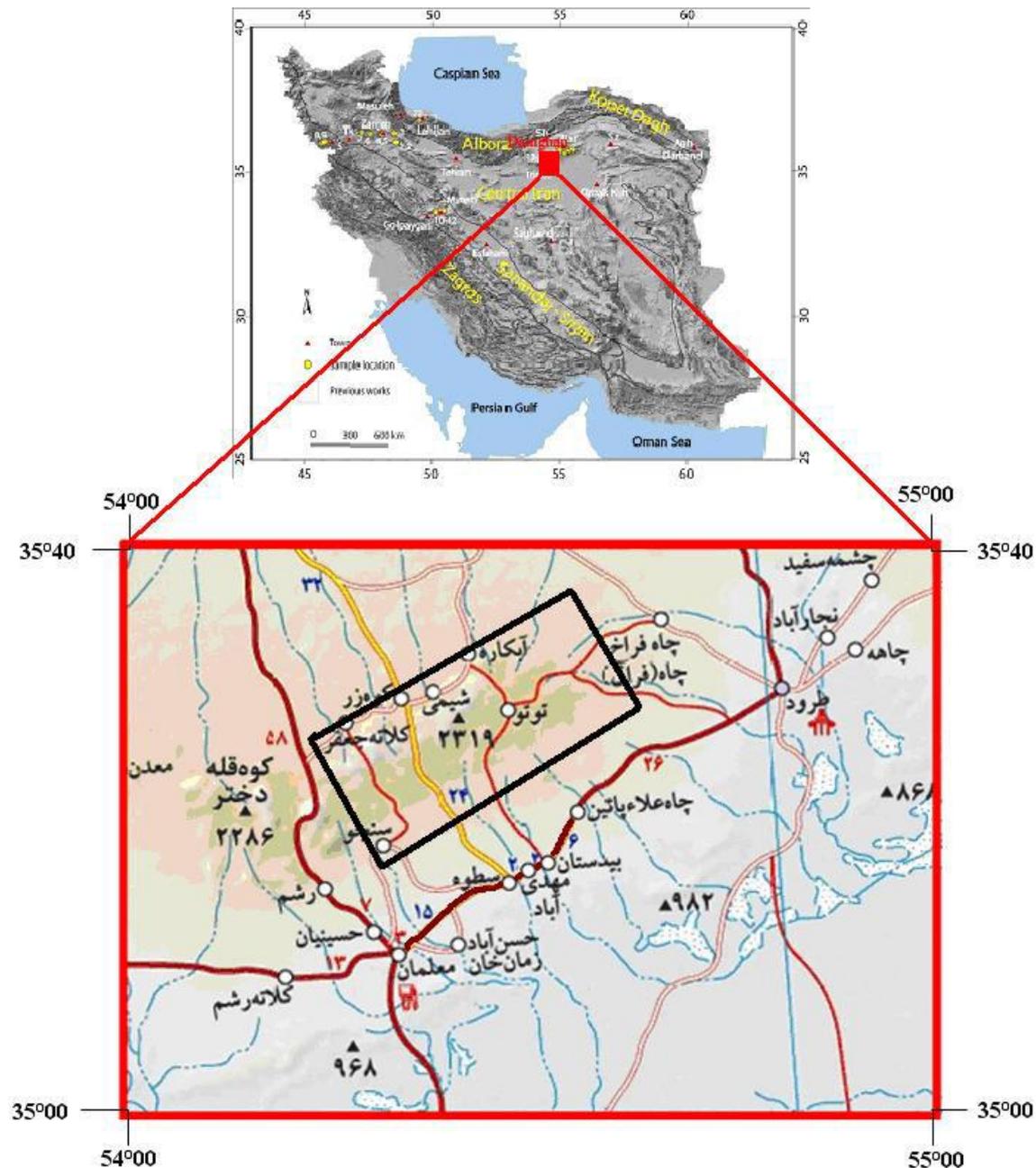
منطقه مورد مطالعه در حدود ۱۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان دامغان واقع است. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی '۵۴°۳۰ تا '۵۴°۵۵ شرقی و عرض‌های جغرافیایی '۳۵°۱۵ تا '۳۵°۳۰ شمالی قرار دارد و دارای وسعت تقریبی ۱۲۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. در جنوب این منطقه، کویر بزرگ یا کویر نمک و در شمال آن مناطق کویری کوچکتری به اسامی کویر حاج علی قلی و کویر چاه جم قرار دارند.

۱-۲- راههای ارتباطی

راههای اصلی دسترسی به منطقه، جاده‌های آسفالتی دامغان - معلمان (۱۲۰ کیلومتر)، سمنان - معلمان (۱۲۴ کیلومتر) و شاهرود - طرود - معلمان (۱۸۰ کیلومتر) می‌باشند. برای دسترسی به قسمت غربی توده‌های نفوذی، از معلمان به سمت شمال و روستاهای کوچک سوسنوار جاده خاکی وجود دارد که باید از راه دسترسی به معادن قدیمی تا نیمه‌های منطقه سفر کرد. دسترسی به قسمت‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه از طریق پیاده روی امکانپذیر است. جاده خاکی طرود - کوه‌زر امکان دسترسی به بخش‌های شمالی منطقه مورد مطالعه را ممکن می‌سازد. همچنین از طریق جاده‌های خاکی گندی - چالو، مهدی‌آباد، ده میرزا - چاه حافظ و ... دسترسی به بخش میانی منطقه مورد مطالعه امکانپذیر است (شکل ۱-۱).

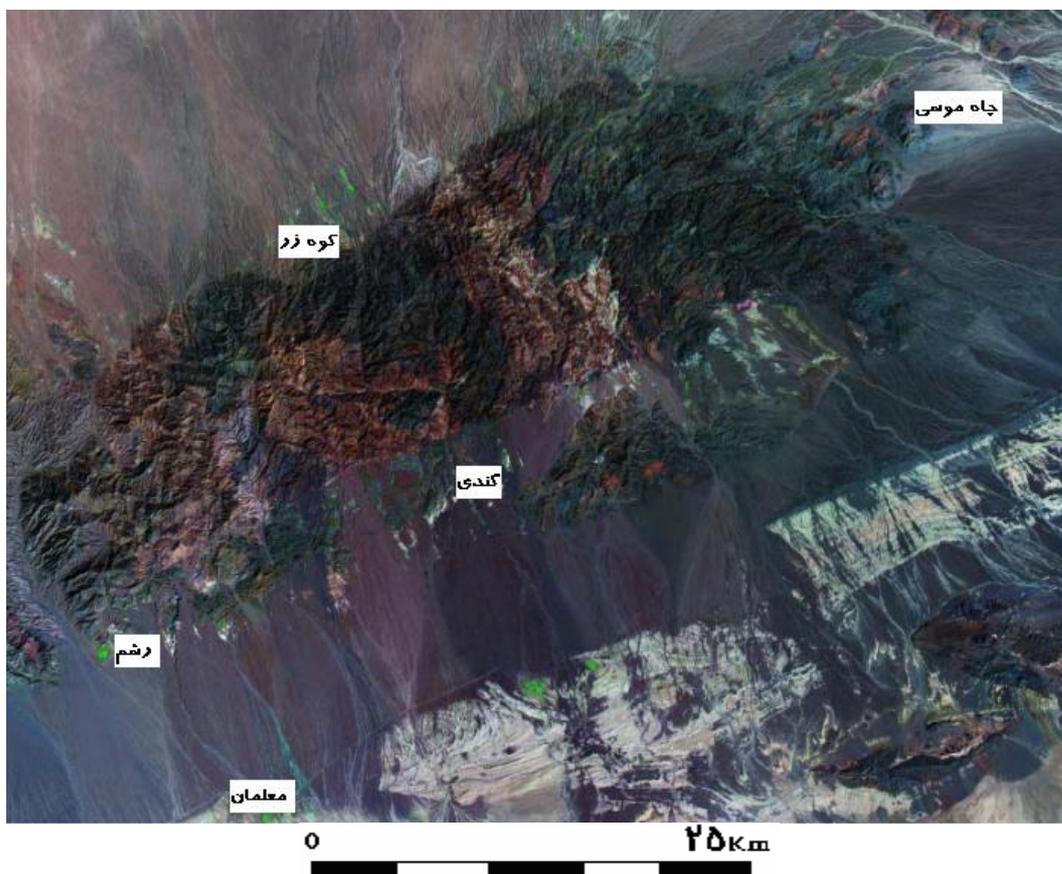
مهمترین مرکز مسکونی منطقه مورد مطالعه، روستای رشم است که در بخش غربی منطقه قرار گرفته و در جنوب آن روستاهای حسینان و معلمان از دیگر مراکز مهم جمعیتی منطقه هستند و آبادی‌های کوچک نظیر سطوه، مهدی‌آباد، سینگ، حسین‌آباد، بیدستان، سوسنوار با تمرکز جمعیتی کمتر از دیگر مراکز جمعیتی منطقه هستند. در کوهپایه‌های شمالی منطقه روستاهای شیمی، باغو و کوه‌زر قرار گرفته‌اند. دهستان طرود در فاصله ۵۰ کیلومتری شرق معلمان، یکی از دیگر مراکز مهم جمعیتی منطقه به شمار می‌آید.

شرایط سخت زندگی، آب و هوای گرم کویری، طوفانهای ماسه‌ای، کمبود بارش، اندک بودن زمین‌های قابل کشت و رزق باعث شده که این ناحیه از نظر تمرکز جمعیت بسیار پایین باشد.



شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راههای ارتباطی آن (اقتباس از اطلس راههای کشور)

همانگونه که در تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود نوار ماگمایی شمال معلمان دارای روند شمال شرق - جنوب غرب می‌باشد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه.



شکل ۱-۳- نمایی از محل اسکان معدنکاران در دهه‌های گذشته واقع در معدن سوسنوار.

۱-۳- ژئومورفولوژی

نمایان‌ترین ویژگی مورفولوژیک منطقه اختلاف ارتفاع یا نا همواری مشهود آن می‌باشد که به بیش از ۱۹۰۰ متر بالغ می‌شود. در جنوب منطقه، کویر نمک با حدود ۴۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا از پست‌ترین نقاط فلات داخلی ایران و منطقه محسوب می‌شود، مرتفع‌ترین نقاط، قله‌های کوه دارستان (۲۳۱۱ متر)، کوه بابا احمد (۲۳۰۷ متر) و کوه پوسیده (۱۹۷۰ متر) نیز در نیمه شمالی منطقه مورد مطالعه دیده می‌شوند.

رودخانه یا آبراهه‌های منطقه که عمدتاً شمالی - جنوبی هستند در بخش مرکزی و غربی یافت می‌شوند و از نوع فصلی هستند. در ناحیه مورد نظر به دلیل تنوع واحدهای سنگی و مقاومت غیر یکسان سنگها در برابر پدیده‌های تکتونیکی و فرسایشی، دره‌هایی به شکل‌های متفاوت اما بیشتر بصورت V شکل ایجاد شده است.

۱-۴- آب و هوا

بطور کلی منطقه دارای شرایط آب و هوایی گرم و خشک کویری می‌باشد. در بیشتر اوقات سال، جریان‌های هوای گرم و خشک کویری در منطقه سبب افزایش درجه حرارت هوا شده که در گرمترین روزهای سال به بیش از ۴۵ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. میزان بارندگی بسیار کم و در حدود (۱۵۰ میلیمتر) در سال است (آمار استان سمنان، ۱۳۸۴).

قرار گرفتن منطقه در حاشیه شمالی کویر بزرگ ایران و نیز وجود کوه‌های نسبتاً مرتفع، موجب تغییرات فشار، جابجایی هوا و وزش باد در منطقه می‌شوند. علاوه بر بادهای محلی، بادهای غربی و کویری نیز بر آب و هوای این منطقه تاثیر می‌گذارند. بادهای غربی مرطوب و باران‌زا هستند و بادهای کویری موجب افزایش دما و خشکی هوا می‌شوند.

رودها معمولاً خشک و بی‌آب هستند و چند چشمه و چاه، تنها منابع تامین کننده آب منطقه می‌باشند. وجود همین چاه‌ها و چشمه‌ها موجب تجمع جمعیت اندک و ایجاد مراکز جمعیتی پراکنده در منطقه شده است. با این حال، در ارتفاعات شرایط آب و هوایی تا حدودی متفاوت است و معمولاً

در فصل زمستان با بارش‌هایی از باران و برف مواجه می‌باشند که این وضعیت سبب برودت هوا در فصل زمستان تا چند درجه زیر صفر می‌شود. از طرف دیگر تابستانهای نسبتاً معتدلی را برای این مناطق باعث می‌شود.

۱-۵- کارهای انجام شده قبلی

با توجه به وجود معادن با ارزش طلا، نقره، فیروزه، سرب، روی و مس که به صورت پراکنده در نقاط مختلف منطقه یافت می‌شوند، بیشتر مطالعات، به زمین‌شناسی اقتصادی و ژئوشیمیایی، پی‌جویی و اکتشاف منابع معدنی اختصاص یافته است.

هلمهاکر^۱ (۱۸۹۸) و هنمک^۲ (۱۸۹۹) اولین محققانی هستند که با هدف پی‌جویی طلا زمین‌شناسی منطقه را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

دیچل^۳ (۱۹۴۴) درباره ذخایر طلا، عیار آن و خاستگاه آن مطالعاتی انجام داده است. وی به این نتیجه رسید که پیدایش طلا با رگه‌های سیلیسی موجود در منطقه و توده‌های گرانیتی شرق کوه‌زمر مرتبط است.

هوبر^۴ و اشتوکلین^۵ (۱۹۵۶) و هوبر (۱۹۵۷) زمین‌شناسی مقدماتی منطقه طرود - معلمان را انجام داده‌اند که بعداً توسط علوی (۱۹۷۰) مورد تجدید نظر قرار گرفت. هوبر و اشتوکلین (۱۹۵۶) تمام بخش جنوبی رشته کوه‌های طرود - چاه شیرین را با دیدی دقیق مطالعه کرده و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ آن را تهیه کرده‌اند.

موحد اول (۱۳۴۷) درباره معدن فیروزه باغو در منطقه تحقیقاتی انجام داده است. ایشان احتمال وجود مس پورفیری را در این ناحیه یادآور شده است.

تقی زاده (۱۹۶۸) درباره مس و فیروزه در شمال رشته کوه طرود تحقیقاتی به عمل آورده است.

1 - Helmhacker
2 - Henmacker
3 - Dichal
4 - Huber
5 - Stocklin