دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی معدن ،متالورژی ونفت

**پایان‌نامه کارشناسی ارشد**

**مهندسی اکتشاف معدن**

# مطالعه آبخوان منطقه ملا احمد اصفهان توسط روشهای مقاومت ویژه الکتریکی

# Study of Molla Ahmad Aquifer Using Geoelectric Resistivity Survey in Esfehan, Iran

**استاد راهنما:**

**دکتر حمیدرضا رمضی**

**استاد مشاور:**

**دکتر جعفر کیمیا قلم**

**ارائه دهنده:**

**حسین رشیدی گویا**

بهمن ۱۳۸۴

بسمه تعالی

شماره:.....

تاریخ: .....

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

# فرم اطلاعات پایان‌نامه
# کارشناسی ارشد و دکترا

فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۱

**مشخصات دانشجو:**

نام و نام خانوادگی: **حسین رشیدی گویا** ■ دانشجوی آزاد ☐ بورسیه ☐ معادل

شماره دانشجویی: ۸۲۱۲۷۴۷۲ دانشکده: معدن و متالورژی رشته تحصیلی: معدن - اکتشاف

**نام و نام خانوادگی استاد راهنما:**

**عنوان به فارسی: مطالعه آبخوان منطقه ملا احمد اصفهان توسط روشهای مقاومت ویژه الکتریکی**

**عنوان به انگلیسی: Study of Molla Ahmad Aquifer Using Geoelectric Resistivity Survey in Esfehan, Iran**

نوع پروژه: کارشناسی ارشد ■ کاربردی ☐ بنیادی ☐ توسعه‌ای ☐ نظری

**تاریخ شروع: ۸۳/۷/۱** **تاریخ خاتمه: ۸۴/۱۲/۱** **تعداد واحد: ۶ واحد**

**سازمان تامین‌کننده اعتبار:**----------

**واژه‌های کلیدی به فارسی: مقاومت ویژه الکتریکی، گسل، نمودارهای CRP، آب‌های زیرزمینی، گمانه شعاعی**

**واژه‌های کلیدی به انگلیسی: electrical resistivity, fault, CRP log, ground water, radial sonding**

**نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه:**

**استاد راهنما: دکتر حمید رضا رمضی**

**دانشجو: حسین رشیدی گویا**

**امضاء استاد راهنما:** **تاریخ:**

**نسخه ۱:** معاونت پژوهشی

**نسخه ۲:** کتابخانه و به انضمام دو جلد پایان‌نامه به منظور تسویه‌حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

**تشکر و قدردانی**

اینک که به لطف خداوند متعال موفق به اتمام پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود شده‌ام بر خود لازم می‌دانم که از جنا ب آقای **دکتر حمید رضا رمضی** استاد راهنمایم که تجربیات ارزشمند خویش را در اختیار اینجانب گذاشتند، صمیمانه تشکر کنم. همچنین از جناب آقای **دکتر جعفر کیمیاقلم** مشاور پروژه که صبورانه مرا راهنمایی کردند قدردانی می‌نمایم. از **مهندس یوسفی**، مدیر عامل شرکت زمین فیزیک که از همکاری لازم دریغ نفرمودند تشکر می‌کنم.

از دوستان بسیار خوب و صمیمی ام آقایان **مهندس مهدی احدی** و **مهندس حمید یاسی‌پور تهرانی** که در انجام این پایان‌نامه به من کمک کردند تقدیر و تشکر می‌کنم و برای این دوستان آرزوی موفقیت دارم.

## چکیده

در این پروژه محدودهٔ ملااحمد اصفهان واقع در سی کیلومتری جنوب غرب شهر نایین از دیدگاه استفاده از آب‌های زیرزمینی مورد مطالعه قرار گرفته‌است؛ از این رو روش‌های مقاومت ویژه الکتریکی از جمله گمانه‌زنی و پروفیل‌زنی الکتریکی بکار گرفته‌شده‌اند. چون این محدوده عمدتاً از سنگ‌های آذرین نفوذی و ولکانیکی تشکیل شده است و جزء سازندهای سخت محسوب می‌گردد؛ بنابراین زون‌های آبدار عموماً در ارتباط با زونهای خردشده و گسل‌ها می‌باشد.

هدف از این مطالعات، شناسایی گسل‌ها و زون‌های خرد شده به منظور شناخت آبخوان‌ها و تعیین نقاط مناسب حفاری، جهت تامین آب شرب می‌باشد. مهمترین مطالب ارائه شده در این پایان نامه بشرح زیر است؛ ابتدا زمین‌شناسی و تکتونیک منطقه و سازندهای مختلف آن و هیدروژئولوژی مورد بررسی قرار گرفته‌است. سپس کلیاتی در مورد مقاومت ویژه الکتریکی، اصول این روش‌ها و دستگاه‌های مربوطه و انواع آرایه‌های الکتریکی بیان شده‌است و در نهایت تفسیر نمودارهای CRP، گمانه های شعایی و مقاطع مقاومت ویژه حقیقی آورده شده‌است.

عملیات ژئوفیزیکی در منطقه به روش مقاومت ویژه الکتریکی شامل ۱۰ پروفیل است که در برگیرنده ۱۰۳ گمانه الکتریکی قائم با آرایه شلومبرژه، و۸۰۱ برداشت رفت و برگشت CRP و ۶ گمانه شعاعی می‌باشد. از تفسیر داده‌ها، ۱۸ مقطع مقاومت ویژه حقیقی بدست آمده‌است که اثر گسل‌ها و جهت جابجایی آنها بر روی مقاطع مشخص شده است. و در پایان یک نقطه بعنوان بهترین محل برای حفر چاه مورد نظر پیشنهاد گردیده‌است. دومین نقطه پیشنهادی می‌تواند در محدوده‌ای مستطیل شکل به ابعاد ۲۰۰ در ۴۰۰ متر در ۸۰۰ متری جنوب شرقی نقطه اول باشد که برای تعیین مختصات دقیق آن لازم است مطالعات اکتشافی تکمیلی در این محل انجام گیرد.



**واژه‌های کلیدی: مقاومت ویژه الکتریکی، گسل، نمودارهای CRP، آب‌های زیرزمینی، گمانه شعاعی**

**مقدمه**

امروزه اهمیت آب در مصارف گوناگون صنعتی، خانگی، کشاورزی و غیره خصوصاً در مناطق خشک بر کسی پوشیده نیست. بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در آبرفت‌ها و همچنین سازندهای سخت از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. اکتشاف آب‌های زیرزمینی مانند دیگر ذخایر نهفته در زمین مشکل و در اغلب موارد از پیچیدگی زیادی برخوردار است. بدین ترتیب هر تکنیک جدیدی که به تعیین محل مناسب حفاری چاه‌های آب کمک کند و یا در حد قابل توجهی باعث جلوگیری از حفاری‌های غیرقابل بهره‌برداری شود بسیار ارزشمند است. علاوه بر شیوه‌های زمین‌شناسی اکتشاف آب که از روش‌های قدیمی می‌باشد؛ علم ژئوفیزیک کمک شایانی در این زمینه به بشریت می‌نماید. یکی از روش‌های ژئوفیزیکی که در اکتشاف آب زیرزمینی کاربرد دارد؛ روش مقاومت مخصوص الکتریکی می‌باشد. با استفاده از آرایه‌های مخصوص می‌توان گسل‌ها را تشخیص داد و همچنین بطور غیرمستقیم پی به ضخامت و جنس لایه‌های زیرزمینی برد.

گسل‌ها و شکستگی‌ها و حفرات کارستی در سازندهای سخت باعث سهولت حرکت آب‌های زیرزمینی می‌شوند. با توجه به ضخامت کم آبرفت منطقه مورد مطالعه و وجود سازندهای سخت در آن، کشف و ردیابی گسل‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است.

منطقه گردنه ملااحمد اصفهان در ۳۰ کیلومتری جنوب غرب شهر نایین واقع شده است. تعداد ۱۰۳ سونداژ قائم الکتریکی با آرایه شلومبرژه در قالب ۵ پروفیل و تعداد۸۰۱ برداشت رفت و برگشت CRP در قالب ۱۰ پروفیل انجام شده است (۴۸۰۶ قرائتCRP)که با تفسیر نمودارهای CRP گسل‌های احتمالی مشخص شده و در تفسیر مقاطع مقاومت ویژه حقیقی دخالت داده شده‌اند. پس از تفسیر سونداژهای شلومبرژه تعداد ۱۸ شبه نیمرخ مقاومت ویژه حقیقی بدست آمده‌است.

فصل اول:

# کلیات

## ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه در حدود ۳۰ کیلومتری جنوب غرب شهر نایین قرار دارد. بطوری که بین طول شرقی ″52°52′15 تا ″53°00′00 و عرض شمالی ″32°37′30 تا ″32°45′00 واقع شده است. راههای دسترسی به منطقه از طریق جاده اصفهان به نایین و در گردنه معروف به ملااحمد می‌باشد بطوری که روبروی راهداری، جاده اوشن می‌باشد که به روستای اوشن ختم می‌گردد.

**منطقه مورد مطالعه (اصفهان- سی کیلومتری جنوب غرب نایین – جاده نایین اصفهان - گردنه ملااحمد)**

شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### ۱-۲ -آب و هوا و بارندگی

منطقه مورد مطالعه کویری و خشک می‌باشد. ولی میزان بارندگی در ارتفاعات مورد مطالعه به دلیل اختلاف ارتفاع نسبتاً زیاد با سطح دشت متفاوت بوده و گاه به دو برابر میزان بارندگی در دشت بالغ می‌گردد. متاسفانه هیچگونه باران‌سنجی در محل موردنظر وجود ندارد و نزدیک‌ترین ایستگاه‌های آب و هواشناسی تحت کنترل وزارت نیرو و در فاصله حداقل ۳۰ کیلومتری قرار دارد، این ایستگاه‌ها عبارتند از:

۱ـ ایستگاه تبخیرسنجی کوهپایه: این ایستگاه در محل شهر کوهپایه و در فاصله حدود ۳۸ کیلومتری غرب منطقه مورد مطالعه قرار دارد.

بر طبق آمار این ایستگاه طی ۳۱ سال گذشته حداکثر ارتفاع بارندگی اندازه‌گیری شده متعلق به سال آبی ۵۸ـ۵۷ و برابر ۱۶۲/۵ میلی‌متر و حداقل ارتفاع ریزش‌ها متعلق به سال آبی ۵۳ـ۵۲ و برابر ۲۱ میلیمتر بوده است. متوسط بارندگی سالانه درازمدت در محل ایستگاه برابر ۹۳ میلیمتر اندازه‌گیری شده است.

میزان درجه حرارت در این ایستگاه بین حداقل ۱۲ درجه زیر صفر تا ۴۱ درجه سانتی‌گراد متغیر بوده و متوسط درجه حرارت سالانه آن به حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

۲ـ ایستگاه تبخیرسنجی نیستانک: این ایستگاه نیز در محل روستای نیستانک نائین در محور جاده نائین به اردستان به فاصله مستقیم حدود ۳۰ کیلومتری شمال غرب منطقه مورد مطالعه واقع گردیده است. حداکثر ارتفاع بارندگی در این ایستگاه طی ۳۰ سال گذشته متعلق به سال آبی ۵۸ـ۵۷ و برابر ۱۸۶ میلیمتر و حداقل ریزش‌های جوی برابر ۵۱ میلیمتر طی سال آبی ۵۷ـ۵۶ بوده است. متوسط ارتفاع بارندگی سالانه طی سی‌سال گذشته حدود ۱۰۸ میلیمتر اندازه‌گیری شده و حداکثر درجه حرارت سالانه در این ایستگاه نیز برابر ۳۹ و حداقل درجه حرارت در زمستان برابر ۱۶ درجه زیر صفر در مقیاس سانتی‌گراد و متوسط درجه حرارت در این نقطه حدود ۱۳ درجه بالای صفر اندازه‌گیری شده است.

علیرغم اینکه در محل مورد مطالعه ایستگاه اندازه‌گیری وجود ندارد، ولی با توجه به ارتفاع منطقه مورد مطالعه و گردایان بارندگی متوسط ارتفاع ریزش‌های جوی معادل ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتر در محدوده گردنه ملااحمد محاسبه گردیده درجه حرارت در این محل سالانه حداکثر به حدود ۳۳ درجه و حداقل به حدود ۲۵ تا ۳۰ درجه زیر صفر می‌رسد. در محل موردمطالعه ریزش‌ها عمدتاً بصورت برف نازل شده و بنابراین درصد حجم نفوذی افزایش می‌یابد[1].

### ۱-۳ - هیدروژئولوژی

منطقه مورد مطالعه در ناحیه‌ای کوهستانی واقع شده است و آبرفت موجود، سطحی است و از ضخامت کمی برخوردار است و سازندهای زمین‌شناسی آن در عمق عمدتاً آذرین هستند و همچنین یک ناپیوستگی آذرین پی در ارتفاعات موجود می‌باشد؛ بطوری که در ارتفاعات سازندهای رسوبی آهکی وجود دارد. بنابراین عمدتاً تاکید بر بررسی گسل‌ها و زون‌های خردشده خواهد شد. لازم به ذکر است که در منطقه هیچ چاه مشاهده‌ای وجود ندارد و مطالعات هیدروژئولوژی نیز صورت نگرفته است. از طرفی شیب کلی منطقه از شمال به سمت جنوب است بطوری که در شمال کوههای مرتفع و در جنوب دشت واقع شده است. بنابراین حرکت آب نفوذی در سازندهای سخت از شیب کلی منطقه و گسل‌های موجود تبعیت می‌کند بطوری که جهت جریان آب زیرزمینی می‌تواند از شمال به سمت جنوب باشد. بنابراین ردیابی گسل‌های موجود به سمت جنوبی منطقه می‌تواند در تامین آب مورد نیاز بسیار موثر باشد. لازم به ذکر است که میزان آب قنات‌های منطقه مورد مطالعه در سال ۸۴ نسبت به سال قبل از آن (سال۸۳) کاهش محسوسی داشته‌است (شکل ۱-۲).

شکل ۱-۲: تصویر قنات روستای حاجی آباد

## ۱-۴ - زمین شناسی ناحیه گردنه ملااحمد

منطقه مورد مطالعه عمدتاً از سنگ های آذرین نفوذی و ولکانیکی تشکیل شده است ولی در ارتفاعات غرب منطقه یک واحد آهکی بر روی یک ناپیوستگی آذرین پی قرار دارد (شکل۱-۳ و شکل۱-۴ ). واحدهای زمین شناسی منطقه عبارتند از:

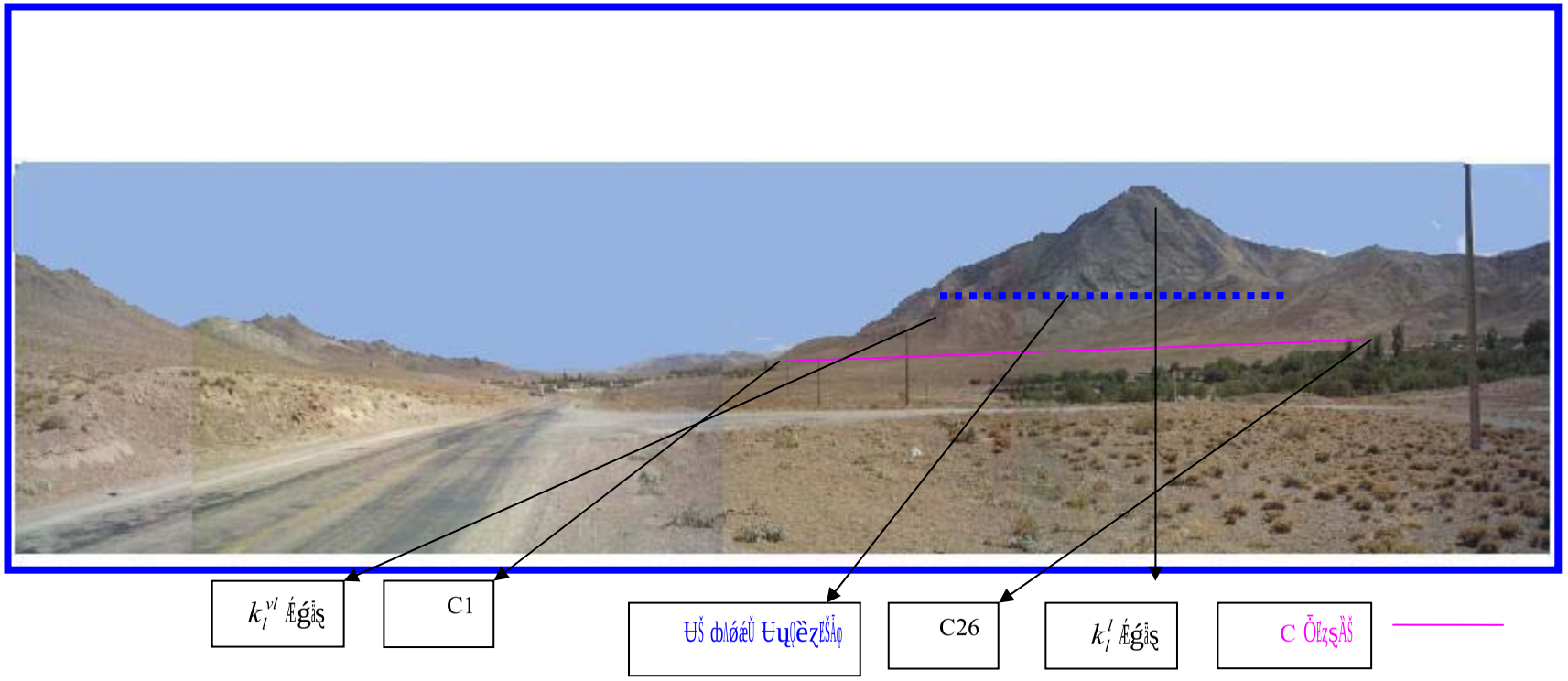
### ۱-۴-۱ - واحد $K_I^{VI}$

شامل سنگ‌های آتشفشانی اسپیلیتی کمی دگرگون شده با ترکیب بازالتی تا آندزیتی. همراه با لایه‌های سنگ آهکی اوربیتولین‌دار کرتاسه پیشین است. ستبرای آنها به حدود ۲۰۰۰ متر می‌رسد. بخش‌های سنگ آهکی به صورت واحد $K_I^I$ و بخش‌های آتشفشانی بر حسب تغییرات لیتولوژیکی به صورت واحد $K_I^V$ بر روی نقشه مشخص شده‌اند[2].

### ۱-۴-۲ - واحد $K_I^I$

در برگیرنده سنگ‌های آهکی تا سنگ آهکی مارنی اوربیتولین‌دار خاکستری تا کرمی رنگ به ستبرای کلی حدود ۱۰۰ متر است که رگه‌های سفید رنگ کلسیت‌ها آنها را قطع کرده‌اند. متاولکانیک‌های خاکستری تیره مایل به سبز در لابلای سنگ‌های آهکی جای دارند. سن سنگ‌های آهکی این واحد کرتاسه پیشین (بارمین ـ آپتین) است و با سازند تفت هم ارز است.

در نزدیکی روستای نصرآباد، انباشته‌های کرتاسه پیشین از نوع سنگ‌های آهکی خاکستری رنگ توده‌ای، بر روی انباشته‌اهی مارن، شیل، سنگ آهک ماسه‌ای، سنگ آهک دولومیتی همراه با متاولکانیک کرتاسه پسین رانده شده است[2].




شکل ۱-۳: اصفهان، سی کیلومتری جنوب نایین، گردنه ملااحمد، روستای زمان آباد

**شکل ۱-۴**

### ۱-۴-۳ - واحد $K_I^V$

شامل اسپیلیت، اسپیلیت ـ کراتوفیر و متابازالت ـ متاآندزیت به رنگ خاکستری تیره مایل به سبز و یا بنفش است، سنگ‌های آتشفشانی این واحد از نوع جریان‌های گدازه زیردریایی است و لایه‌های سنگ آهکی روشن رنگ را در بر دارد. بخش‌های سنگ آهکی سن کرتاسه پیشین (بارمین ـ آپتین) دارند و با نشانه $K^I$ جدا شده‌اند. ستبرای آنها نزدیک به ۱۰۰۰ متر است. سنگ‌های این واحد دگرگونی خفیفی را تحمل کرده‌اند. به گونه‌ای که اپیدوت زائی شدیدی در سنگ‌ها رخ داده است. در سنگ‌ها حفراتی فراوان دیده می‌شود که با کلسیت، کلریت و یا دیگر کانی‌های ثانوی پر شده‌اند. در بررسی پتروگرافی بافت آنه پورفیریتیک با زمینه فلتی (Felty) و یا میکرولیتی، و نام آنها اسپیلیت و یا اسپیلیت کراتوفیر مشخص شده است. درشت بلورها از نوع آلبیت و یا پلاژیوکلازها هستند. زمینه سنگ شامل میکرولیت‌های پلاژیوکلاز، کانی‌های ثانوی مانند کلسیت، اپیدوت، سیلیس و لوکوکسن، کانی‌های فرعی اپاک است که حفرات به طور ثانوی با کانی‌های کلسیت، سیلیس و کلریت پر شده‌اند. رگه‌های سیلیسی و کلسیتی سنگ‌ها را بریده است[2].

### ۱-۴-۳ - واحد $K_2^{IS}$

که در بخش‌های خاوری و جنوب خاوری رخنمون دارد، در بر گیرنده سنگ‌های آهکی، سنگ آهک مارنی و شیل به رنگ کرمی ـ خاکستری، همراه با جریان‌های گدازه زیردریایی آندزیتی ـ بازالتی اسپیلیتی، متاولکانیک به رنگ خاکستری تیره مایل به سبز تیره است که بر روی ستبرای نزدیک به ۱۱۰۰ متر دارد و توده‌های نفوذی کوارتز دیوریتی آمفیبول‌دار تا گرانودیوریت آنها را بریده‌اند. انباشته‌های این واحد در برخی موارد دگرگونی خفیفی را تحمل کرده‌اند. بر اثر دگرگونی بخش‌های آتشفشانی به متاولکانیک و بخش‌های رسوبی به کالک، شیست و اسلیت تبدیل شده‌اند.

### ۱-۴-۴ - واحد $E_I^{vb}$

که در بخش‌های شمال غربی محدوده موردمطالعه، حوالی روستای هیود رخنمون دارد. شامل گدازه‌های بازالتی ـ آندزیتی به رنگ خاکستری تیره مایل به سبز و در برخی موارد حفره‌دار است.

### ۱-۴-۵ - واحد $E_I^{vt}$

شامل گدازه‌های تراکی آندزیتی، داسیتیک آندزیتی اکسیده به رنگ آجری، همراه با کریستال توف حاوی قطعات بیگانه و یا ویتریک توف به شدت اکسیده، سیلتستون و ماسه سنگ توفی و به رنگ کلی قهوه‌ای مایل به قرمز و یا خاکستری است. ستبرای آنها نزدیک به ۹۰۰ متراست و در دو سوی تاقدیس هیود رخنمون دارد.

توف‌ها بافت پورفیر و کلاستیک، لیتوکلاستیک و یا ویتروکلاستیک دارند و پورفیرکلاست‌ها شامل پلاژیوکلاز با ترکیب آندزین با کناره خرد و شکسته شده با ساخت منطقه‌ای، سانیدین با درازای نزدیک به ۱/۵ میلیمتر، کوارتز بی‌شکل به مقدار کم است و قطعه سنگ‌ها شامل میکرولیت‌های پلاژیوکلاز، اورتوز و شیشه است و ترکیبی در حد تراکی آندزیت دارند. زمینه از نوع شیشه مجموعه کوارتز ـ فلدسپات با آغشتگی شدید اکسید آهن و در برخی موارد جهت یافته است. از ویژگی توف‌های این واحد وجود اکسید آهن فراوان، شیشه، و فلدسپات آلکالن است. یک نمونه از سنگ‌های گدازه این واحد بافت پورفیریتیک با زمینه نهان بلور تا میکروکریستالین و نام لاتیت کوارتزدار اپیدوتی مشخص شده است. فنوکریست‌ها از نوع پلاژیوکلاز در حد آلبیت ـ الیگوکلاز با کناره‌هایی از فلدسپات آلکالن، همراه با خوردگی دربخش کناره‌ای است. زمینه سنگ از نوع کوارتز ـ فلدسپاتی همراه با کلینوپیروکسن و اپیدوت است. قطعه سنگ‌هایی در سنگ وجود دارند که مرزی مشخص با زمینه سنگ ندارند و از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز همراه با کمی فلدسپات آلکالن پدید آمده‌اند[2].

### ۱-۴-۶ - واحد $E_I^{rt}$

شامل توف برش و لیتیک توف، توف برش دو رگه (hybrid)، توف شیشه‌ای دوباره تبلور یافته با ترکیب اسیدی و به رنگ خاکستری روشن مایل به صورتی و یا سبز روشن است که ستبرایی نزدیک به ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر دارد و بر روی انباشته‌های رسوبی آتشفشانی واحد $E_I^{vt}$ جای گرفته است.

### ۱-۴-۷ - واحد $\mathbf{E^{rd}}$

شامل گنبدها و گدازه‌های ریوداسیتی به رنگ صورتی تا خاکستری روشن، هم ارز با بخش‌های اسیدی ائوسن، از جمله $E_I^{rt}$ است و واحدهای کهن‌تر ائوسن را بریده است. در برخی موارد گدازه‌های این واحد قطعه سنگ‌های زاویه‌دار به همراه دارند. ترکیب اسیدی، رنگ مایل به صورتی از ویژگی‌های سنگ‌های این واحد است. ستبرای آنها در مورد گدازه‌ها، نزدیک به ۲۵۰ متر است. در بررسی میکروسکوپی، بافت سنگ‌ها پورفیریتیک با زمینه اسفرولیتی، میکروکریستالین و یا شیشه‌ای است. فنوکریست‌ها از نوع پلاژیوکلاز در حد آندزین تا الیگوکلاز با ساخت منطقه‌ای و حاشیه خورده و یا خرد شده، کوارتز شکل‌دار و یا نیمه‌شکل‌دار، بیوتیت و یا هورنبلند با حاشیه سوخته و به ندرت فلدسپات آلکالن است. قطعه سنگ با فراوانی گوناگون در برخی نمونه‌ها دیده می‌شود. آنها بیشتر از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز به همراه شیشه ساخته شده‌اند. کانی‌های ثانویه شامل کلیست، کلریت کانی‌های رسی، سرسیت، کوارتز و اکسید آهن فراوان است[2].

### ۱-۴-۸ - واحد qd

شامل توده نفوذی با ترکیب کوارتز دیوریت تا کوراتز مونزودیوریت است. توده نفوذی این واحد با طول نزدیک به ۱۱ کیلومتر و پهنای ۴/۵ کیلومتر در بخش جنوب خاوری محدوده موردبررسی رخنمون دارد و آن را می‌توان باتولیت در نظر گرفت. این توده انباشته‌های کرتاسه را بریده است.

ولی بر گدازه‌های برشی ائوسن مجاور خود هیچگونه اثر دگرگونی نداشته است. از این رو سن آنها را کرتاسه پسین ـ پالئوسن می‌توان در نظر گرفت.

بافت سنگ‌ها گرانولار تا میکروگرانولار پورفیری، و نام آنها کوارتز دیوریت تا کوارتز مونزونیت است. کانی‌ها شامل پلاژیوکلاز در حد آلبیت ـ الیگوکلاز با ساخت منطقه‌ای و کناره‌های خورده شده، آلکالی فلدسپات رسی شده به مقدار کم کوارتز بی‌شکل در لابلای دیگر کانی‌ها، هورنبلند سبز که گهگاه کلریتی و یا اوپاسیتی شده است. در انواعی که زمینه میکروگرانولار دارند کوارتز و فلدسپات به همراه کانی‌های ثانوی و کلریت، سریسیت و اپاک زمینه را ساخته‌اند.

### ۱-۴-۹ - واحد mt

شامل سنگ‌های دگرگونی از نوع کوارتز، آلبیت، اپیدوت شیست، متاولکانیک به رنگ سبز تیره همراه با رگه‌های فراوان کوارتز است که زمین‌های نرم و تیره رنگی را پدید آورده‌اند. دایک‌ها و توده‌های میکروگرانیتی ـ آپلیتی آنها را بریده‌اند. سنگ مرمر و کالک شیست بصورت بخش‌های روشن رنگ و برجسته‌تر در درون آنها جای گرفته‌اند. مرمرها گهگاه دارای کانی‌های میکائی و براق هستند.

### ۱-۴-۱۰ - واحد mb

که در بخش شمالی خاوری ورقه مورد مطالعه رخنمون دارد و شامل مرمر، مرمر کانی‌دار و سنگ آهک دولومیتی بلورین به رنگ سفید و خاکستری روشن است که در درون شیست‌های سبز و متاولکانیک و یا به صورت بلوک‌های بیگانه (Exotic blocks) در درون سنگ‌های هارزبورژیت سرپانتیتی جای گرفته است. سنگ‌های این واحد در نزدیک روستای خارزن به عنوان سنگ نما در گذشته مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. سن آنها به علت دگرگونی نامشخص است ولی گمان می‌رود مزوزوئیک باشد[2].

### ۱-۴-۱۱ - کواترنری

انباشته‌های آبرفتی کواترنری در ورقه کجان وابسته به کواترنر پسین (پلئیستوسن پسین و هولوسن) است که با ریخت شناسی متنوع و لیتولوژی گوناگون (نوع و ابعاد مصالح) هم در دامنه کوهها و هم در دامنه زمین‌های پست و بستر رودخانه‌ها گسترش یافته‌اند. تغییرات آب و هوایی، حرکات تکتونیکی و فرایندهای هوازدگی مکانیکی، موجب پدید آمدن آبرفت‌های گوناگون شده است. آبرفت‌های کواترنر پسین این ناحیه کم شیبند و بیشتر هوازده بوده و تخلخل زیادی دارند، انباشته‌های آبرفتی از قدیم به جددی به شرح زیرند:

### ۱-۴-۱۲ - واحدهای $Q^{fbg}$ و $Q^{tbg}$.

آبرفت‌های بسیار درشت دانه کوهپایه‌ای هستند که از پاره سنگ (cobble)، قلوه سنگ (Boulder) و شن، همراه با درصدی اندک از ماسه تشکیل یافته اند و در بالادست کوهپایه‌ها، به دو فرم بادزن آبرفتی و پادگانه (Terrace) گسترده شده‌اد. در بادبزن‌های آبرفتی شکل مخروطی انباشته‌ها حفظ شده و دچار بریدگی و یا فرسایش نشده است. قطر مصالح نیز بطور معمول از سوی راس بادبزن (Apex) به سوی پنجه (Toe) کاهش می‌یابد. واحد یادشدن هم ارز واحد A3 است و از دیدگاه گروه‌بندی اشکوب‌های یخچالی، چینه‌شناسی تکتونیکی در ورقه مورد مطالعه، معادل عصر یخ میندل (Mindel) است[2].

### ۱-۴-۱۳ - واحد $Q^{ag}$

آبرفت‌های درشت دانه کوهپایه‌ای هستند که در پایین دست انباشته‌های آبرفتی بسیار درشت و در سطح ترازی پایین‌تر از آنها پدیدار شده‌اند. مصالح آنها بیشتر شنی است ولی دارای لایه‌ها و عدسی‌ها درشت دانه و ریزدانه تر نیز هستند.

### ۱-۴-۱۴ - واحد $Q^{SC}$

شامل واریزه‌های دامنه‌ای است که در شیب بلندی‌ها به صورت پوشش نازکی از یخ شکست (Scree) و نهشت واریخته Colluvium دیده می‌شود. مصالح واریزه‌ای برخلاف انباشته‌های آبرفتی و تیزگوشه بوده و فاقد هر گونه سیمان می‌باشند. جنس مصالح واریزه‌ای بستگی به نوع سنگ‌های منشا دارد. یخ شکست‌ها که حجم بیشتری نسبت به نهشت واریخته‌ها دارند، از خردشدگی سنگ‌ها در نتیجه تغییرات دما به وجود آمده و بر روی دامنه به حرکت گسترده شده و به تدریج از پایین به سوی بالای دامنه، بر روی هم انباشته شده‌اند[2].

### ۱-۵ - گسل‌ها

۱ـ گسل اوشن باروند N125-155 به درازای نزدیک به ۱۰ کیلومتر و از نوع راندگی است. گسلهای دیگری از آن جدا شده‌اند.

۲ـ گسل رحیم آباد با طول نزدیک به ۹ کیلومتر از نوع امتداد لغز با سازکار راستگرد است. این گسل همسان و موازی گسل زمان‌آباد است.

۳ـ گسل زمان آباد با طول نزدیک به ۶/۵ کیلومتر و امتدا N14 که از نوع امتداد لغزه با سازکار راست گرد است، این گسل از سمت بالا به گسل برج منتهی می‌شود.

۴- گسل برج با درازای نزدیک به ۲۰ کیلومتر روند همگانی N123 از نوع امتداد لغز با سازوکار راستگرد، و در برخی موارد معکوس است[2].

### ۱-۶ - مشخصات پروفیل های CRP و گمانه‌های قائم الکتریکی (VES)

تمام پروفیل‌های بر روی نقشه زمین شناسی مشخص شده‌اند. پروفیل‌ها در جهات مختلف می‌باشند و فواصل بین گمانه‌ها گاهی متغییر می‌باشد. مجموع تعداد برداشت رفت و برگشت CRP ۸۰۱ عدد و مجموع گمانه‌های قائم الکتریکی ۱۰۳عدد می‌باشد. مشخصات پروفیل‌های مقاومت ویژه الکتریکی در جدول۱-۱ آورده شده است.

جدول۱-۱ : مشخصات پروفیل‌های مقاومت ویژه الکتریکی منطقه مورد مطالعه

| ردیف | نام پروفیل | موقعیت ابتدا و انتهای پروفیل | | تعداد گمانه قائم الکتریکی | تعداد ایستگاه CRP | فاصله گمانه های قائم الکتریکی (متر) | فاصله ایستگاه های CRP (متر) | جهت پرفیل (امتداد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | انتها (UTM) | ابتدا (UTM) | | | | | |
| ۱ | A | X=۶۸۳۳۰۰ | X= ۶۷۹۰۰۰ | ۲۱ | ۱۵۵ | ۱۴۰-۳۶۰ | ۴۰ | NW-SE SW-NE |
| | | Y= ۳۶۱۲۳۴۵ | Y=۳۶۱۵۴۴۶ | | | | | |
| ۲ | B | X=۶۸۰۳۷۹ | X=۶۸۳۳۸۳ | ۱۹ | ۹۰ | ۲۰۰ | ۴۰ | E-W |
| | | Y=۳۶۱۷۳۱۸ | Y=۳۶۱۷۴۷۹ | | | | | |
| ۳ | C | X=۶۷۷۳۲۸ | X=۶۸۰۴۲۴ | ۲۶ | ۱۴۵ | ۲۰۰ | ۴۰ | SE -NW |
| | | Y=۳۶۲۱۰۸۱ | Y=۳۶۱۷۴۸۳ | | | | | |
| ۴ | D | X=۶۷۵۶۴۵ | X=۶۷۶۴۱۲ | ۳۰ | ۵۰ | ۱۰۰-۲۰۰ | ۴۰ | SE-NW NE-SW |
| | | Y=۳۶۲۰۹۷۸ | Y=۳۶۲۲۳۷۶ | | | | | |
| ۵ | J | X=۶۸۲۵۸۴ | X=۶۸۳۰۴۸ | ۷ | ۷۶ | ۱۰۰ | ۱۰ | NE-SW |
| | | Y=۳۶۱۱۹۷۴ | Y=۳۶۱۲۵۸۵ | | | | | |
| ۶ | E | X=۶۷۷۵۵۱ | X=۶۷۷۹۷۸ | ----- | ۳۰ | ----- | ۲۰ | NE-SW |
| | | Y=۳۶۲۰۷۰۹ | Y=۳۶۲۱۱۳۴ | | | | | |
| ۷ | F | X=۶۸۱۰۲۴ | X=۶۸۲۴۸۶ | ----- | ۹۰ | ----- | ۲۰ | NE-SW |
| | | Y=۳۶۱۵۷۳۲ | Y=۳۶۱۶۴۶۴ | | | | | |
| ۸ | G | X=۶۷۹۶۸۵ | X=۶۸۰۴۷۶ | ----- | ۵۵ | ----- | ۲۰ | NE-SW |
| | | Y=۳۶۱۸۶۹۶ | Y=۳۶۱۹۴۵۴ | | | | | |
| ۹ | H | X=۶۸۱۷۰۹ | X=۶۸۲۶۲۲ | ----- | ۵۰ | ----- | ۲۰ | E-W |
| | | Y=۳۶۱۳۴۷۸ | Y=۳۶۱۳۷۵۹ | | | | | |
| ۱۰ | I | X=۶۸۴۶۱۸ | X=۶۸۴۲۹۳ | ----- | ۶۰ | ----- | ۴۰ | N-S |
| | | Y=۳۶۱۶۵۷۲ | Y=۳۶۱۸۸۹۶ | | | | | |