



مطالعه هیدروژئوشیمی و عوامل انتقال آب در معدن چغارت

امین حسینی مرشدی^۱، مهدی اسلام زاده^۲، محمد فاتحی مرجی^۳
دانشجو کارشناسی ارشد اکتشاف معدن - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران: morshedy82@gmail.com
^۲ عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی معدن دانشگاه آزاد اسلامی واحد بافق
^۳ استادیار دانشکده مهندسی معدن دانشگاه پرد

چکیده

وجود آب در معادن باعث افزایش هزینه‌های آتش‌باری، کاهش مقاومت دیواره معدن و کاهش راندمان کار در معدن می‌شود. یکی از مبدعاتی‌ترین مطالعات در بحث آب معدن، بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی است که با استفاده از گراف‌های هیدروژیسمی، به مطالعه یون‌های موجود در آب پرداخته که منجر به تقسیم‌بندی و تعیین منابع آب می‌شود. معدن چغارت یکی از معادن بزرگ روباز آهن واقع در ایران مرکزی است که با مشکل آب‌های مزاحم دست به گریبان است. بر اساس مطالعات انجام شده هیچ‌گونه سفره آبی قابل ملاحظه‌ای در منطقه چغارت کشف نشده و با هیچ یک از سفره‌های ابدار مجاور مثل فطروم و حسن‌آباد ارتباط ندارند. اشکال حضور آب در معدن چغارت را بدین گونه می‌توان بیان کرد: حجم عظیم آب تجمع یافته در افق‌های پایین معدن که به تدریج از نقاط بلند به سمت گودی‌ها از محل گسل‌ها زهکشی شده است. قسمت دیگر مربوط به آبی که در جال‌های حفاری حضور دارد و در هنگام حفاری بلوک‌های واقع در منطقه تکنونیک جنوب‌شرقی و شمال‌شرقی معدن که در بعضی از جال‌ها آب پیدا شده است. در مطالعه حاضر، عوامل تجمع آب در معدن (که به طور عمده احتباسی است) را بررسی و مناطق مستعد برای انتقال و تجمع آب را تعیین شد. بدین منظور، به بررسی منشأ آب‌های مزاحم در معدن چغارت و ارائه راهکارهای مناسب از جمله تعیین مناطق خردشده بر اساس خصوصیات تکنونیک در این مناطق پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: هیدروژئوشیمی، معدن چغارت، آب‌های احتباسی، مناطق تکنونیک

ABSTRACT

Mine water increases the cost of blasting, reduces the pit stability and retards the mining operations. Mine water can be studied by hydro-chemical investigation using hydro-chemical graphs that studying existence ions caused clustering and defining water source. Choghart mine is a big open pit mine containing iron ores and is located in Central Iran. For the time being this mine is facing with the problem of mine water. According to the recent studies, no significant aquifer was explored in Choghart and there was no connection to the nearby aquifers, such as aquifer of CHOTRUM and that of Hassan-Abad. The various forms of mine water in the Choghart mine can be expressed as:

(i) The huge volume of water which is aggregated in the lower level due to gradual drainage from the higher levels and faults. (ii) The water which is presented in the blasting holes. In this study, the various factors of water collections in mine (mainly traps) are determined and the capable regions of water transferring to the mine are distinguished. For this purpose, the sources of water in Choghart mine are studied and some appropriate solutions based on the detection of crushed zones are proposed.

Keywords: Hydro-geochemistry, Choghart mine, trap water, Tectonic zones

۱- مقدمه

وجود آب در معادن باعث مشکلات عدیده‌ای در معادن از جمله افزایش هزینه آتشباری، کاهش پایداری دیواره‌های استخراجی، مشکلات زیست-محیطی و فرسایش و استهلاک ماشین‌آلات معدنی می‌شود که از جمله اثرات منفی آب در معادن محسوب می‌شود. برای مقابله با هجوم آب زیرزمینی راهکارهای متفاوتی در هر معدن، قابل اندیشیدن و اجرا است که از جمله آنها می‌توان به حفر چاه‌های آبکشی و پمپاژ آب اشاره کرد. بدیهی است که زهکشی آب نیز بدون شناخت دقیق منشأ، انواع آب زیرزمینی و تحلیل عوامل شیمیایی درگیر آن نمی‌تواند مفید واقع شود. بدین منظور برای رفع این مشکلات، در مرحله اول باید منبع و روش انتقال آب را شناخت که نیاز به مطالعه نمونه‌های هیدروژئوشیمیایی است که برای مقایسه میزان همبستگی



نمونه‌ها، نسبت به هم به گار می‌رود. سپس می‌بایست سیستم‌ها و عوامل انتقال آب را شناسایی کرد که جز با مدلسازی آب-های زیرزمینی در معدن امکان پذیر نمی‌باشد. **Error! Reference source not found.**

۱-۱- موقعیت معدن چغارت

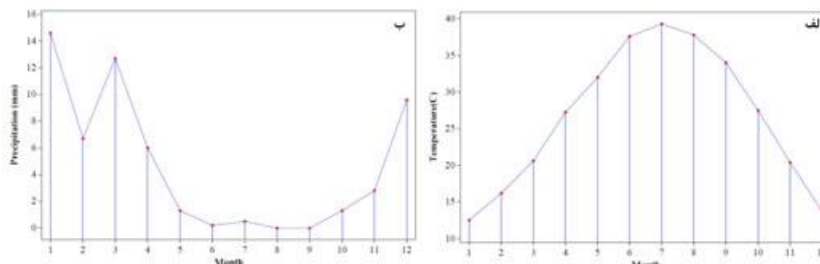
معدن سنگ آهن چغارت در ۱۲ کیلومتری شمال شرقی شهر بافق، در ۱۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر یزد، در ۷۵ کیلومتری جنوب غربی شهر بهاباد و در حاشیه کویر مرکزی ایران واقع شده است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۱۵۰ متر است. این معدن در طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی در حوضه بافق قرار دارد. این معدن از طریق جاده آسفالتی از طریق شهرستان بافق به یزد وصل می‌شود که طول این جاده حدود ۱۳۰ کیلومتر است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی به منطقه مورد نظر را نشان می‌دهد **Error! Reference source not found.**



شکل (۱) راه‌های دسترسی به منطقه معدنی چغارت

۲-۱- آب و هوای منطقه

به طور کلی این منطقه به علت قرار گرفتن در مرکز ایران و دوری از دریا شرایط اقلیمی ویژه ای دارد. وجود ارتفاعات زاگرس در غرب و البرز در شمال، مانع نفوذ رطوبت به استان یزد گردیده است و از طرفی مجاورت کویر خشک و پهناور نمک نیز باعث گردیده این منطقه تحت تأثیر آب و هوای خشک و صحرایی قرار گیرد. آمار هواشناسی معدن چغارت نشان می‌دهد که حرارت روزهای آن در ایام مختلف سال بین ۷- تا ۴۷ درجه متغیر است. نزولات جوی در این منطقه کم و نامنظم و عمدتاً در فصل زمستان و اوایل فصل بهار صورت می‌گیرد. تعداد دفعات بارندگی حداکثر ۵ تا ۷ بار در سال است که آن هم از چند دقیقه یا چند ساعت تجاوز نمی‌کند. روزهای ابری در سال شاید به حدود ۵ تا ۱۰ روز برسد. میزان بارندگی به طور متوسط ۵۵/۷ میلیمتر در سال می‌باشد. **Error! Reference source not found.**



شکل (۲): تغییرات ماهانه دما در منطقه بافق، ب- تغییرات ماهانه بارندگی در منطقه بافق

۲- زمین‌شناسی معدن جفارت

کانسار جفارت در سازندهای پرکامبرین پسین ایران مرکزی معروف به سری مراد قرار دارد که سری ریزو روی آن قرار گرفته است. سنگ‌های درونگیر معدن دارای دو رخساره کاملاً متمایز هستند: سنگ‌هایی مانند کوارتزیت، کوارتز پرفیر، گرانوفیر، پلاژیوفیر و کوارتز-آلبیتوفیر که دارای درصد بالایی کوارتز و فلدسپات است و سنگ‌هایی مانند اکتینولیت، ترمولیت، فلدسپات و قطعات آتزه شده بیگانه که اغلب آمفیبولیزه شده اند مانند آمفیبولیت، آمفیبول پیروکسنیت و هورن بلندیت که دارای درصد بالایی آمفیبول هستند. کانسار جفارت در امتداد شمال غرب به جنوب شرق با طول تقریبی ۶۰۰ متر و ضخامت ۴۰۰ تا ۷۰۰ متر در منطقه واقع شده است. در مورد کمپلکس ماگمایی، احتمالاً ماگماتیسم با گرایش کربناتی و متاسوماتیسم منجر به تشخیص رخساره‌های مختلف از سنگ‌های متبلور شده است و اتومتامورفیسم و متاسوماتیسم دو پدیده شاخص در اطراف کانسار است. رگه‌های هماتی با ضخامت‌های چند سانتی متر سنگ‌های بلورین را قطع کرده است. **Error! Reference source not found.**

۳- منابع آب های حوزه بافق - یزد

در حوزه آبریز بافق - یزد مناطق بافق، دره بافق، دره جنوبی، قطرم، سنجدک، بهاباد، شیطور، ساغند، حسن آباد و چادرملو است. از بین مناطق اکتشاف شده مناطق قطرم، شیطور، ساغند و سنجدک با املاح نسبتاً پایین دارای آب با کیفیت خوب بوده که برای مصارف آشامیدنی مناسب هستند.

جدول (۱): امتیاز بندی کمی و کیفی منابع آب

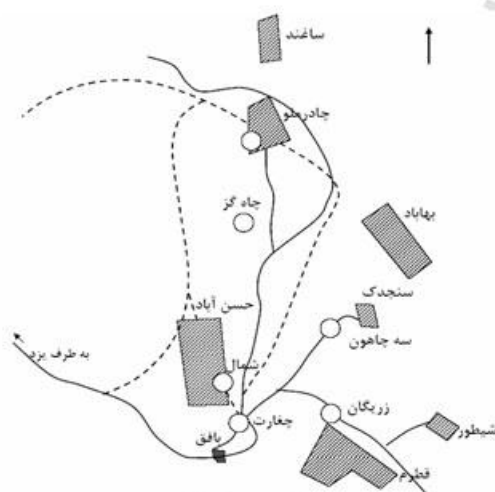
نام منطقه	فاصله	کمیت ذخایر	کیفیت آب	میزان برداشت	بیابان	جمع امتیازات
قطرم	۳	۳	۳	۲	۳	۱۴
شیطور	۲	۳	۳	۱	۱	۹
ساغند	۱	۱	۳	۱	۱	۷
سنجدک	۱	۱	۳	۱	۱	۷
چادرملو	۱	۳	۱	۳	۳	۱۱
بهاباد	۱	۳	۳	۱	۲	۱۰
حسن آباد	۳	۳	۱	۳	۳	۱۳

مناطق خوبی چون دره بافق، حسن آباد، دره بهاباد و دره چادرملو که دارای ذخایر خوبی از لحاظ کمیت هستند ولی به لحاظ



بالا بودن میزان املاح آب برای مصارف آشامیدنی و بهداشتی مناسب نیستند ولی قابل مصرف در صنعت می باشند **Error!**

Reference source not found.



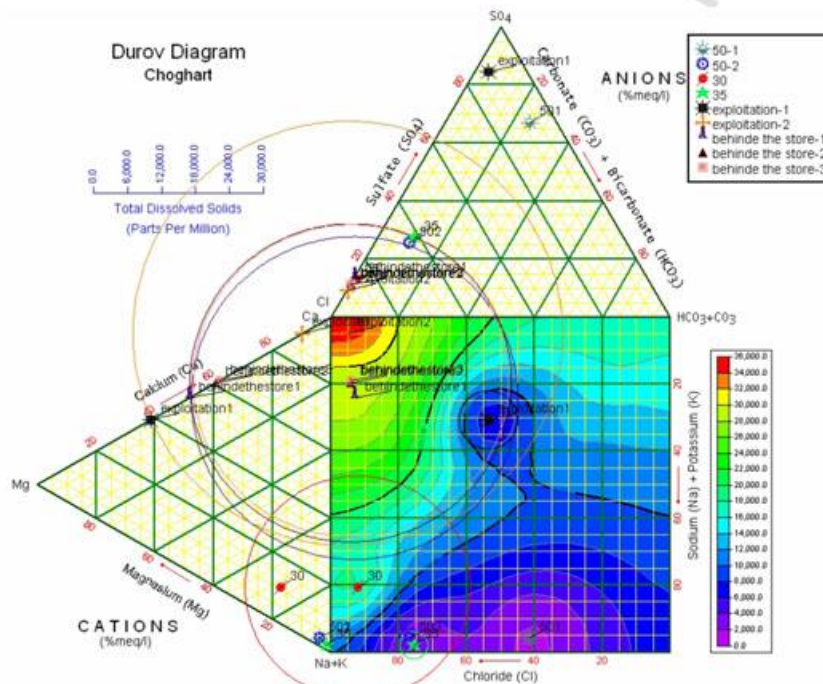
شکل (۳): نقشه منابع آب حوزه بافق. **Error! Reference source not found.**

۴- مطالعه داده‌های هیدروشیمی با روش‌های گرافیکی

تجزیه شیمیایی تعدادی زیادی نمونه آب، انبوهی از داده‌ها را فراهم می‌آورد که باید برای هدف‌های معین مورد تجزیه تحلیل قرار گیرند. این تجزیه و تحلیل‌ها از نظر حل بسیاری از مسایل عملی از قبیل مطالعه اختلاط آب‌ها از منابع مختلف، وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی در یک منطقه، تاثیر سازندهای مختلف بر روی کیفیت آب‌ها، بررسی منشاء شوری، تغییرات کیفیت آب در مسیر حرکت آن، تغییرات کیفیت آب در طول زمان، تاثیر استخراج آب بر روی کیفیت و بسیاری مسایل دیگر مفید است. نمودارهای مختلفی از جمله استیف، پایپر و دورو برای نشان دادن و طبقه‌بندی نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب پیشنهاد شده است. در اغلب این نمودارها، آب زیرزمینی را محلولی شامل سه جزء کاتیونی کلسیم، منیزیم و فلزات قلیائی (سدیم و پتاسیم) و سه جز آنیونی سولفات، کلراید و بی‌کربنات همراه کربنات در نظر می‌گیرند **Error! Reference source not found.**

دیاگرام دورو (Durov) یک جایگزین مناسب برای دیاگرام پایپر که دارای دو مثلث پایه یونی است، که شامل یون‌های اصلی است و درصد یون‌های موجود در نمونه بر حسب میلی اکی والان بیان می‌شود. مجموع مقادیر کاتیونها و آنیونها باید برابر ۱۰۰ باشد و نقاط داده‌ها بر روی دو مثلث پلات می‌شوند، به صورت عمود بر محور سوم در هر مثلث پلات می‌شود. این ابزار کاربردی اجازه می‌دهد که کاربر، دیاگرام دورو را ایجاد کرده و ارتباط بین یونهای مختلف در نمونه هیدروشیمیایی را نشان دهد. مقادیر مربوط به مجموع مواد جامد محلول (TDS) را شبیه به دیاگرام پایپر به صورت دایره‌ای در اطراف نمونه، به تصویر کشیده شده است. در دیاگرام دورو مقادیر مربوط به مجموع مواد جامد محلول را می‌توان به صورت خطوط هم مقدار نمایش داد. نمونه‌های موجود از نظر آنیونی کلراید-سولفاتی بوده و از نظر کاتیونی کلسیم-منیزیمی بوده است **Error!**

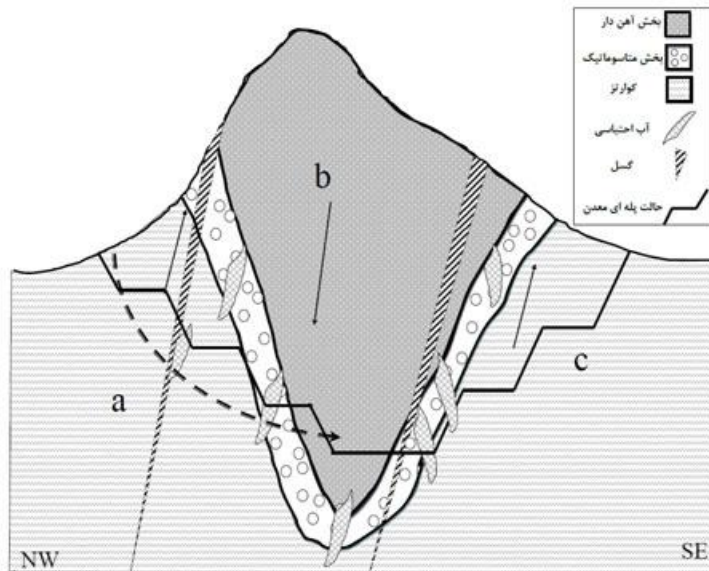
Reference source not found.



شکل (۴): نمایش ترکیب یون‌ها با استفاده از دیاگرام گرافیکی دورو

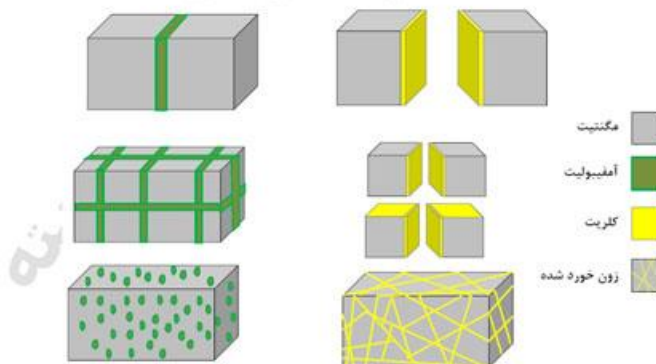
۵- عوامل موثر تکنیکی و وابسته در انتقال آب در معدن

معدن چغارت قسمتی از ناودیس مجموعه چین خورده تشکیلات قدیمی اطراف معدن را شامل می‌شود که شدیداً متامورف شده است. بلوک مرکزی و نسبتاً ثابت یا پایین افتاده و بلوکهای جانبی نسبت به این بلوک بالآمدگی نسبی دارند و میزان بالآمدگی در جهت جنوب شرق و شمال غرب بتدریج افزایش می‌یابد. میزان جابجایی بلوک‌های طرفین بلوک اصلی از شمال غرب به طرف جنوب شرق به تدریج افزایش می‌یابد. مناطق خرد شده، تکتونیزه و ناپایدار در جنوب شرقی معدن که میزان خردشدگی از جنوب به شمال به شدت افزایش می‌یابد. این زون خرد شده بتدریج به طرف داخل معدن و پیت نهایی کشیده می‌شود. به طور کلی خرد شده ترین قسمت در جنوب شرق معدن قرار گرفته که یکی از دلایل مهم آن، فاصله‌داری کم گسل‌ها و تاثیر چهار گسل در آن منطقه بوده است. یکی از عوامل انتقال آب، پله‌ای بودن معدن از شمال به سمت جنوب است که به صورت یک پیکان خط چین نشان داده شده است. هرچه وسعت منطقه خرد شده (crush zone) افزایش یابد و ابعاد سنگ‌های خرد شده کاهش یابد، مخزن مناسب‌تری برای ذخیره آب به وجود می‌آید و این عمل تا اشباع کامل منطقه ادامه می‌یابد (شکل ۵).



شکل (۵): نمایش مقطعی از معدن و خصوصیات موثر در انتقال آب

یکی دیگر از عواملی که در افزایش خرد شدگی بلوک جنوب شرقی موثر بوده است، وجود ناخالصی در کانی‌های آهن دار بوده است که از جمله مهمترین آن‌ها، وجود آمفیبولیت در مگنتیت بوده است که به صورت رگه‌ای، شبکه‌های پرشدگی و پراکنده قابل مشاهده است. **Error! Reference source not found.** مگنتیت به طور خالص دارای مقاومت بالایی است اما با وجود ناخالصی‌هایی چون آمفیبولیت مقاومت آن کاسته می‌شود و هنگامی که بر اثر عوامل هوازدگی آمفیبولیت به کلریت تبدیل شود، مقاومت کلی سنگ به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و سنگ خرد می‌شود (شکل ۶).



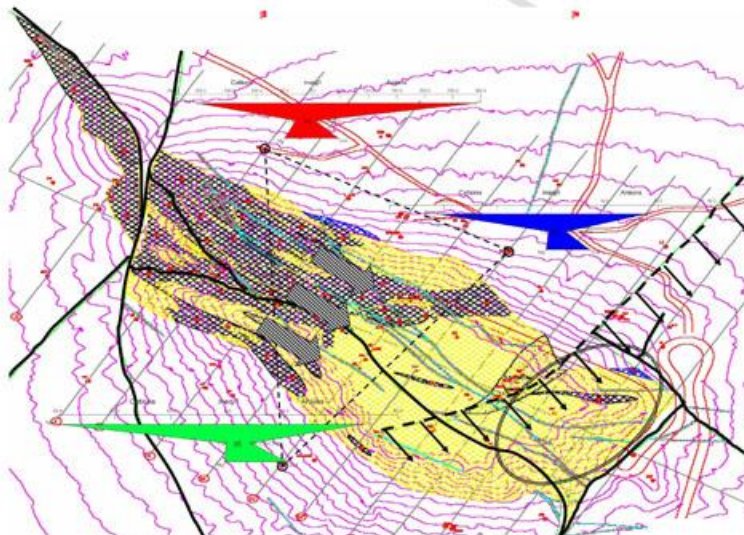
شکل (۶): تاثیر ناخالصی در کانی‌های مگنتیت و تاثیر کانی‌های ثانویه



۵-۱- مطالعه آب معدن چغارت

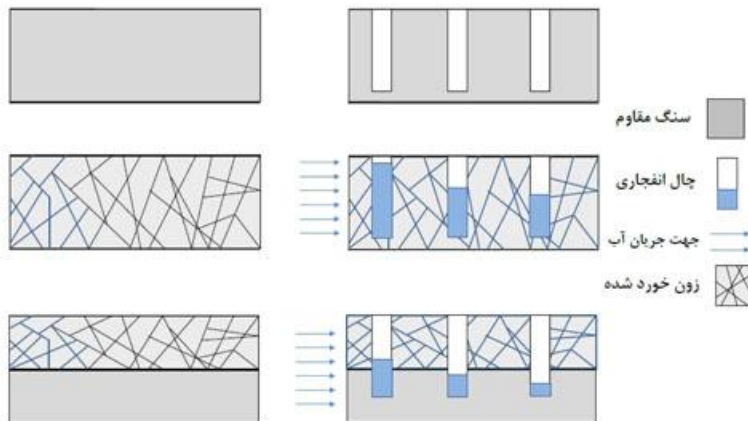
آب‌های زیرزمینی در معدن بیشتر در اطراف زون‌های شکستگی جریان دارند و در زمانی که شکاف‌ها خیلی کم و یکنواخت باشد انتقال آب کم می‌باشد.

در مجموع بیش از ۱۹۰۹۲۸ متر حفاری با ۵۷ حلقه گمانه به منظور اکتشاف سنگ آهن در منطقه چغارت انجام شده است، بر اساس گزارش اکتشافی کارشناسان روسی همه گمانه‌ها فاقد آب زیرزمینی گزارش شده است از مجموعه گمانه‌های حفاری شده در چغارت، گمانه‌های ۳۰ و ۲۵، ۵۰ دارای مقداری آب زیرزمینی گزارش شده‌اند، سطح آب زیرزمینی در گمانه‌های فوق به ترتیب ۱۰۹۶، ۱۰۹۴، ۱۰۹۷ می‌باشد. میانگین سطح آب زیرزمینی در معدن افق ۱۰۹۶ متری تعیین گردیده است، دبی این گمانه‌ها ۰۰۰۷ لیتر در ثانیه تجاوز نمی‌کند و با این دبی افت سطح آب برابر ۲۰ تا ۵۰ متر است، مقدار املاح برابر ۲۰۴-۱۱۷ گرم در لیتر گزارش شده است. گمانه ۳۰ در قسمت شمال، گمانه ۵۰ در قسمت شمال شرقی و گمانه ۳۵ در قسمت جنوب غربی معدن است. **Error! Reference source not found.** در شکل ۷ خصوصیات یونی نمونه‌های هیدروشیمی آب با استفاده از دیاگرام پایپر، گسل کنترل کننده حرکت آب، حرکت آب و بلوک تکنونیزه نشان داده شده است (شکل ۷).



شکل (۷)، نمایش گسل‌ها، گسل کنترل کننده و حرکت آب

آب مزاحم موجود در معدن چغارت در حاضر به سه صورت، حجم عظیم آب تجمع یافته در افق‌های پایین معدن که در طول هیجده سال گذشته به تدریج از نقاط بلند به سمت گودی‌ها از محل گسل‌ها و شکستگی‌ها زهکشی شده و هم اکنون به شکل استخر کوچکی دیده می‌شود و روز به روز علی‌رغم پمپاژ منقطع که انجام می‌شود، بر حجم آب افزوده می‌شود و با پایین رفتن معدن، آب نیز به افق‌های پایین‌تر انتقال می‌یابد. حالت دوم، آبی که در چال‌های حفاری حضور دارد، در هنگام حفاری بلوک‌های واقع در منطقه تکنونیک جنوب شرقی و شمال شرقی معدن در سال‌های اخیر در بعضی از چال‌ها آب پیدا شده است و به تدریج با پایین رفتن معدن، تعداد چال‌های آب‌دار و حجم آب موجود در آن افزایش می‌یابد **Error! Reference source not found.** بعضی از چال‌ها پر آب و بعضی از چال‌ها کم آب و تعدادی از چال‌ها هم فقط تر هستند که به میزان خردشوندگی سنگ و ارتباط آن با منبع آب احتمالی دارد (شکل ۸).



شکل (۸): نمایش نحوه وجود آب در معدن

افق‌های پایین معدن در حال حاضر بیشتر با مشکل آب مواجه هستند و چال‌های افق‌های بالا به ندرت در مقایسه با چال‌های مناطق گود دارای آب است. هر چه به سمت پایین‌تر معدن و بلوک‌های تکتونیزه جنوب شرق پیش برود تعداد چاه‌ها و حجم آب‌های موجود در آن، رو به افزایش می‌رود.

۶- نتیجه

نمونه‌های هیدروشیمی موجود از نظر آنیونی کلراید-سولفاتی بوده و از نظر کاتیونی کلسیم-منیزیمی بوده است. عمده‌ترین منطقه آبدار در جنوب شرق معدن وجود دارد که به علت ناهمسانی کانی‌ها، خردشدگی زیاد، فاصله کم گسل‌ها و شیب پله‌ها از شمال به سمت جنوب است. علت افزایش تعداد چال‌های آتشیاری آبدار نسبت به گمانه‌های اکتشافی آبدار، چگال‌تر بودن شبکه حفاری است که احتمال برخورد حفاری با منابع آب احتمالی افزایش می‌یابد. میزان آب موجود در چال به میزان وسعت زون خرد شده و اتصال آن به منبع آب احتمالی وابسته است که از حین پیدایش کانسار در آن وجود داشته است. استفاده از آزمایش لوژون می‌توان منابع انتقال آب را نمایش دهد.

۷- مراجع

- [1] Adams, R. & Younger, P.L.: "A strategy for modeling ground water rebound in abandoned deep mine systems", Ground Water, 39, 249-261, 2001.
- [2] مهندسین مشاور کاوشگران، گزارش مطالعات زمین شناسی کانسار های چغارت- چاه گز- سه چاهون، دی ۱۳۶۹.
- [3] مهندسین مشاور کاوشگران، گزارش مطالعات آبشناسی منطقه بافق انتشارات شرکت ملی فولاد ایران، ۱۳۷۲.
- [4] RockWare, Inc.: "RockWorks plotting software.", Golden, Colorado, 2008.
- [5] Banwart, S.A. & Malmstrom, M.E.: "Hydro- chemical modelling for preliminary assessment of minewater pollution", Journal of Geochemical Exploration, 74, 73-97, 2001.
- [6] مهندسین مشاور کاوشگران، مطالعه زمین‌شناسی مهندسی و بررسیهای مکانیک سنگ در محدوده کانسار چغارت انتشارات شرکت ملی فولاد ایران، ۱۳۷۰.
- [7] دهقانی، عبدالحسین، بررسی منشأ آبهای مزاحم در معدن چغارت و راه حل آن بخش زمین شناسی معدن چغارت، ۱۳۷۸.