ارزیابی دلایل افزایش شوری آب‌های زیرزمینی ژرفی در معدن سنگ آهن گل‌گهر

مهدی سیاووش حقیقی[1*]

[1]کارشناسی ارشد، شرکت مهندسین مشاور کوشا معدن، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۲/ ۱۰/ ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: ۰۴/ ۱۱/ ۱۳۹۵

چکیده

یکی از عواملی که سبب کاهش کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی برای استفاده در صنایع می‌شود؛ افزایش حضور یون‌های مزاحم است. این یون‌ها می‌توانند در روند فرآوری مواد معدنی تأثیر بگذارند و با ایجاد رسوب یا خورندگی در مسیر انتقال آب سبب کاهش بازدهی تولید شوند. در معدن سنگ‌آهن گل‌گهر میزان شوری آب زیرزمینی در طی سال‌های گذشته افزایش قابل توجهی یافته است. از آنجا که آب شور معدن در کارخانه تغلیظ برای تولید پالپ به کار می‌رود؛ کیفیت آب شور استحصالی از معدن مورد توجه است. در این پژوهش تأثیر عوامل مختلف افزایش شوری از جمله، کیفیت آب‌های زیرزمینی ورودی و آب‌های سطحی نفوذی، وضعیت سنگ‌شناختی منطقه، تأثیر افزایش ژرفای معدنکاری، ستبرای اشباع آب زیرزمینی، تغییرات شیب هیدرولیکی، وضعیت چرخه هیدرولیکی منطقه، بیلان، ویژگی‌های ایزوتوپی آب‌ها و تبخیر، بر کیفیت آب زیرزمینی بررسی و عوامل مؤثر در ایجاد شوری تعیین شده است.

کلیدواژه‌ها: معدن گل‌گهر، کیفیت شیمیایی، آب زیرزمینی، افزایش شوری، چرخه هیدروشیمیایی.

***نویسنده مسئول:** مهدی سیاووش حقیقی E-mail: siavashhaghighi@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

مطالعات هیدروژئوشیمیایی مختلفی در سال‌های گذشته روی معادن ایران صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به ارزیابی‌های ایزوتوپی و هیدروشیمیایی در معدن مس سرچشمه اشاره کرد (Sahraei-parizi and Samani, 2012 and 2014). بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی در معدن سنگ آهن گل‌گهر در طی سال‌های اخیر شامل موارد مختلفی است. این بررسی‌ها به‌طور چیره شامل بررسی حضور کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی موجود در آب‌های معدن و رسم نمودارهای هیدروشیمیایی و تعیین نوع آب‌های معدن (مهندسین مشاور کوشامعدن، ۱۳۸۶)، بررسی ایزوتوپی آب‌ها بر روی ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن ۱۸، دوتریم و رادیوایزوتوپ تریتیم (زارعی، ۱۳۹۳) و بررسی‌های مربوط به حضور فلزات سنگین مس، نیکل و کبالت در آب‌های معدن (جهانشاهی، ۱۳۹۵) است. میزان شوری آب‌های زیرزمینی در معدن سنگ آهن گل‌گهر در سال‌های گذشته افزایش قابل توجهی داشته است، به‌طوری که میزان بیشینه EC نمونه‌های آب معدن از ۷۹۹۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر در فروردین ماه سال ۸۴ به ۱۵۶۰۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر در خرداد ماه سال ۹۴ رسیده است که افزایشی در حدود ۲ برابر را در طی ۱۰ سال نشان می‌دهد (مهندسین مشاور کوشامعدن، ۱۳۹۴). در این پژوهش، به بررسی عوامل مؤثر در این افزایش شوری پرداخته شده است.

آب زیرزمینی همواره به مقدار کم یا بیش نمک‌های محلول دارد. انواع و غلظت این نمک‌ها به سنگ‌ها و موادی که آب زیرزمینی با آن‌ها در تماس است، سرعت حرکت آب، مسافت پیموده شده و منشا آن بستگی دارد (Todd and Mays, 2005). منشأ آب‌های شور وابسته به عامل‌های گوناگونی است که شامل گستردگی و نرخ بارش، تبخیر و تعرق و نرخ تغذیه، نوع خاک و مواد آبخوان، زمان ماندگاری و سرعت جریان و یا طبیعت نواحی تخلیه است (Richter and Kreitler, 1993). بررسی‌های پیشین نمونه‌های آب معدن گل‌گهر نوع چیره آب‌های معدن را کلروره نشان می‌دهد (زارع، ۱۳۹۴؛ زارعی، ۱۳۹۳؛ مهندسین مشاور کوشامعدن، ۱۳۸۶). برای ارزیابی وضعیت تغییرات یون‌های محلول و تعیین یون‌های مؤثر در ایجاد شوری، در گام نخست وضعیت این یون‌ها توسط نمودار پایپر بررسی شد (شکل ۱). مخلوط دو نوع آب در نمودار پایپر، روی یک خط مستقیم مشخص می‌شود که دو نقطه مربوط به دو نوع آب عضو انتهایی را به هم متصل می‌کند (Alley, 1993). همان‌گونه که در شکل ۱ دیده می‌شود؛ در میان آنیون‌ها یون کلر در همه نمونه‌ها بیش از ۸۰ درصد از آنیون‌ها را شامل می‌شود و در میان کاتیون‌ها تعادل نسبی میان یون‌های کلسیم و مجموع یون‌های سدیم و پتاسیم دیده می‌شود. در این میان میزان یون منیزیم به‌طور کلی کمتر از ۴۰ درصد است. یون کلر به دلیل خاصیت آب‌دوستی که دارد در آب‌های طبیعی به‌صورت پایدار وجود دارد (Custodio, 1987). همچنین نسبت یونی کلر با یون‌هایی مانند برم می‌تواند به عنوان عامل تفکیک منشأ شوری آبخوان‌ها مورد توجه قرار گیرد (Martos et al., 2001). با توجه به این موارد و برای کاهش عوامل مجهول، میزان یون کلر به عنوان عامل رهگیری تغییرات شوری انتخاب و ارزیابی شده است. به منظور شناخت عوامل مؤثر در افزایش شوری آب‌های زیرزمینی در معدن گل‌گهر، این عوامل به دو بخش عوامل بیرونی سامانه آب زیرزمینی منطقه و عوامل درونی این سامانه تقسیم و هر مورد نیز به‌طور مجزا بررسی شده است.

۲- بررسی تأثیر عوامل بیرونی سامانه آب زیرزمینی منطقه

برای ارزیابی عوامل بیرونی که می‌توانند بر افزایش شوری آب زیرزمینی معدن تأثیرگذار باشند؛ ۳ عامل کیفیت آب‌های ورودی سطحی و انتقالی از حوضه‌های مجاور، تغییرات نرخ بارندگی و کیفیت آب‌های زیرزمینی ورودی به سامانه آب زیرزمینی منطقه بررسی شده است.

۲- ۱. آب‌های سطحی ورودی از حوضه‌های مجاور

از آنجا که در حوضه معدن گل‌گهر آب‌های سطحی دایمی وجود ندارد؛ آب سطحی ورودی در ناحیه معدن تنها شامل آب‌های منتقل شده از بیرون از منطقه برای مصارف آشامیدنی و صنعتی است (مدیریت انرژی گل‌گهر، ۱۳۹۴). در معدن سنگ آهن گل‌گهر به‌طور متوسط روزانه ۷۲۰۰ متر مکعب آب از راه حوضه‌های مجاور به منطقه معدن منتقل می‌شود که هدف اصلی آب‌های انتقالی استفاده در مصارف آشامیدنی است. میزان میانگین سالانه EC آب‌های انتقالی از حوضه‌های مجاور، برای حوضه چاه دراز ۲۳۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر و برای حوضه قطار بنه ۶۰۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر است. از آنجا که میزان EC آب‌های انتقالی پایین و در حد آب آشامیدنی است؛ احتمال مؤثر بودن آن در افزایش شوری آب زیرزمینی معدن ناچیز است (تأثیر عامل‌های موقعیت نفوذ و سنگ‌شناسی مؤثر در تغییر کیفیت، در بخش عوامل داخلی و وضعیت سنگ‌شناختی بررسی می‌شود).

۲- ۲. تغییرات میزان بارندگی

از آنجا که کاهش حجم آب ورودی با EC پایین به سامانه آب زیرزمینی می‌تواند سبب افزایش شوری شود؛ برای بررسی احتمال افزایش شوری به واسطه کاهش

بارندگی، میزان بارندگی سال‌های گذشته معدن مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۱ میانگین مجموع بارندگی سالانه معدن در سال‌های گذشته را نشان می‌دهد. به‌طوری که دیده می‌شود میزان میانگین بارندگی در ۱۰ سال گذشته که میزان شوری آب زیرزمینی با افزایش دو برابری روبه‌رو بوده است؛ مشابه با میزان میانگین بارندگی سالانه ۳۰ ساله معدن است. تغییر نکردن میزان بارندگی نشان‌دهنده مؤثر نبودن کاهش تغذیه ناشی از بارندگی در افزایش شوری آب‌های معدن در سال‌های گذشته است.

۲– ۳. تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی ورودی

هر بطری آب برداشت شده از یک چشمه یا چاه دارای اطلاعاتی از محل تغذیه است (Mazor, 2004). از سوی دیگر، واکنش‌های شیمیایی می‌توانند تعیین‌کننده منشأ، گسترش و رفتار گونه‌های آبی در آب‌های زیرزمینی باشند (Merkel and Planer-Friedrich, 2002). برای بررسی احتمال تأثیر تغییر کیفیت آب زیرزمینی ورودی، نمونه‌گیری تدریجی از ستبرای اشباع در چهار جبهه ورودی آب زیرزمینی در بخش‌های شمالی، جنوبی، خاوری و باختری ناحیه مطالعات آب‌شناسی پیرامون معدن در تیر ماه سال ۹۳ انجام و نتایج حاصل با نتایج نمونه‌گیری مشابه چاه‌های معدن در تیر ماه سال ۸۵ (سیاووش حقیقی، ۱۳۸۵؛ مهندسین مشاور کوشامعدن، ۱۳۸۶) مقایسه شده است (شکل ۲). در جدول ۲ مقادیر EC و Cl در سال‌های ۸۵ و ۹۳ آورده شده است. به‌طوری که دیده می‌شود میزان یون کلر و EC در سال ۹۳ در همه نمونه ها در مقایسه با سال ۸۵ مشابه بوده و حتی با کاهش همراه است. در نتیجه تغییر مشخصی که بیانگر افزایش قابل توجه شوری در طی سال‌های گذشته باشد را نشان نمی‌دهد. با توجه به این شرایط چنین دریافت می‌شود که عامل ایجاد کننده شوری، از آب‌های زیرزمینی ورودی نمی‌تواند از مناطق پیرامون معدن باشد و با توجه به موارد یاد شده پیشین عوامل خارجی نمی‌توانند عامل ایجاد کننده افزایش شوری آب‌های زیرزمینی ژرفی معدن باشند.

۲– ۴. ویژگی‌های ایزوتوپی آب‌های منطقه معدن

برای تأیید نهایی تأثیر نداشتن عوامل خارجی در ایجاد شوری آب‌های معدن، وضعیت ایزوتوپی آب‌های معدن و مناطق پیرامون بررسی شد (زارعی، ۱۳۹۳؛ Jahanshahi, 2013). در این پژوهش‌ها نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی برای ارزیابی‌های ایزوتوپی در معدن گل‌گهر انجام شده و در طی آنها ویژگی‌های آب‌ها از دید اکسیژن ۱۸، دوتریم و تریتیم برای تعیین احتمال ارتباط کفه نمک خیرآباد در بخش شمالی منطقه با آب‌های معدن ارزیابی شده است. نمونه‌های مربوط به آب‌های معدن از دید اکسیژن ۱۸ در محدوده ۳۸/۶- تا ۲۶/۵- پرمیل و در مورد دوتریم در محدوده ۵/۷- تا ۲/۵- پرمیل هستند. همچنین از دید تریتیم در نمونه‌های بررسی شده معدن میزان TU در حدود ۰/۴ است که ویژگی‌های آب‌های قدیمی را نشان می‌دهد. نتایج این بررسی‌ها بیان کننده این موضوع است که ویژگی‌های غنی شدگی ایزوتوپی نمونه‌ها نشان‌دهنده ارتباط میان آب‌های معدن و آب‌های کفه خیرآباد نیست (زارعی، ۱۳۹۳).

۳– بررسی تأثیر عوامل درونی سامانه آب زیرزمینی منطقه

پس از مشخص شدن تأثیر نداشتن آب‌های سطحی نفوذی، تغییر ژرفای بارش و تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی ورودی از حوضه های مجاور، به نظر می‌رسد تغییر EC آب‌های معدن باید در نتیجه وجود عاملی درون محیط معدن باشد و در واقع عاملی درونی ایجاد کننده این تغییر است. بدین منظور وضعیت سنگ‌شناسی، تأثیر افزایش ژرفای معدنکاری، تغییر ستبرای اشباع آب زیرزمینی، تغییر شیب هیدرولیکی، وضعیت چرخه هیدروژئولوژیکی معدن، بیلان و تبخیر آب‌های معدن بررسی شد.

۳– ۱. سنگ‌شناسی منطقه نفوذ سطحی

معادن فلزی حجم بالایی از مواد را جابه‌جا، ذخیره و نمایان می کنند. در نتیجه موادی که پیش‌تر دفن شده بودند؛ رخنمون می‌یابند و عوامل متأثر از این استخراج نسبت به نشت توسط بارش حساس می‌شوند. این عوامل می‌تواند شامل فلزات سنگین و دیگر عوامل آلودگی آب‌های زیرزمینی باشد (Thangarajan, 2006). برای بررسی احتمال وجود انحلال در آب‌های نفوذی و تأثیر تغییر موقعیت آب‌های نفوذی در افزایش انحلال در محدوده معدن، ستون سنگ‌شناسی چاه‌های اکتشافی و پیزومتری منطقه مورد بررسی قرار گرفته (سیاووش حقیقی، ۱۳۹۲) و مقاطع مختلف محدوده مطالعات آب‌شناسی معدن ارزیابی شده است. در شکل ۳ نمودار فنس سنگ‌شناسی منطقه با ۳ برابر اغراق در ستبرا به همراه موقعیت معدن آورده شده است. از آنجا که یون کلر به عنوان فاکتور شاخص در بررسی شوری مورد توجه قرار گرفته است؛ نبود کانی‌های تبخیری دارای یون کلر از جمله هالیت، سیلویت و کارنالیت در منطقه بیانگر پایین بودن انحلال مؤثر در افزایش شوری در مناطق نفوذ آب‌های سطحی معدن است.

۳– ۲. افزایش ژرفای معدنکاری

وجود سفره آب شور متمایز از سفره آب شیرین می‌تواند با افزایش ژرفای معدنکاری سبب افزایش شوری آب‌های استخراجی شود. بررسی‌های کتابخانه‌ای گزارش‌های معدن و دیگر گزارش‌های مربوط به اکتشاف منابع آب معدن (Bennie and Partners, 1976؛ رادفر، ۱۳۷۳؛ زارع، ۱۳۹۴؛ کوشامعدن ۱۳۸۶) اشاره‌ای به وجود سفره آب شور متمایز از آب با شوری کمتر (با EC حدود ۱۴۰۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر) که با افزایش ژرفای معدن، رویارویی با آن افزایش یابد؛ نکرده‌اند. همچنین تجزیه‌های هیدروشیمیایی چاه‌های پیزومتری معدن و بررسی نمونه‌برداری‌های ژرفی و سطحی چاه‌های پیزومتری در بخش‌های مرزی محدوده مطالعاتی آب‌شناسی وجود سفره آب شور متمایز در منطقه را تأیید نمی‌کند. بنابراین به نظر نمی‌رسد افزایش شوری در آب‌های ژرفی معدن مربوط به وجود سفره مجزای آب شور در منطقه بوده باشد و ایجاد آن در اثر وجود عوامل داخلی که به دلیل جرم حجمی متفاوت در زیر سفره آبرفتی با TDS حدود ۱۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (مهندسین مشاور کوشامعدن، ۱۳۸۶) قرار گرفته باشد؛ محتمل‌تر است.

۳– ۳. ستبرای اشباع آب زیرزمینی

کاهش ستبرای اشباع آب زیرزمینی به دلیل کاهش حجم آب در تماس با محیط می‌تواند موجب افزایش یون‌های محلول در آب شود. میانگین تراز سطح آب زیرزمینی در معدن گل‌گهر از فروردین سال ۱۳۸۴ تا فروردین سال ۱۳۹۴ به میزان ۲۰/۳۵ متر کاهش یافته است. ولی همان‌گونه که گفته شد؛ از آنجا که در بخش اشباع، سنگ‌شناسی منطقه شامل کانی‌های انحلال‌پذیر نیست و از آنجا که این کاهش ستبرا در مقایسه با کل ستبرای سفره –در حدود ۳۰۰ متر– ناچیز است؛ به نظر نمی‌رسد میزان دو برابری افزایش شوری در طی سال‌های گذشته به‌طور چیره به دلیل کاهش ستبرای اشباع در منطقه باشد؛ هر چند می‌تواند تأثیر محدودی در این مورد وجود داشته باشد.

۳– ۴. تغییرات شیب هیدرولیکی

افزایش شیب هیدرولیکی می‌تواند سبب افزایش رویارویی حل شونده با حلال و در نتیجه افزایش سرعت انحلال و سریع‌تر شدن افزایش شوری شود. میزان افزایش شیب هیدرولیکی نیز در معدن گل‌گهر به دلیل افزایش ژرفای معدنکاری و نیاز به خشک‌اندازی پله‌های استخراجی جدید در طی سالیان اخیر افزایش یافته است. برای تعیین میزان شیب هیدرولیکی وضعیت مقاطع عرضی تراز آب زیرزمینی در ۵ مقطع معدن بررسی شد (شکل ۴). میزان افزایش شیب وابسته به موقعیت مکانی مناطق مختلف و فاصله از معدن متفاوت است. در مجموع این افزایش در بخش‌های خاوری معدن بیشتر از بخش‌های باختری بوده است؛ که متاثر از تمرکز معدنکاری در بخش خاوری معدن در سال‌های گذشته بوده است. با وجود این افزایش نسبی، همان‌گونه که گفته شد سنگ‌شناسی موجود و نبود کانی‌های انحلال‌پذیر در مناطق با شیب هیدرولیکی بالا بیانگر مؤثر نبودن این عامل در افزایش قابل توجه شوری در آب‌های زیرزمینی معدن است.

۳– ۵. جهت جریان و چرخه هیدروژئولوژیکی معدن

در حال حاضر پایین ترین پله معدن در تراز ۱۵۹۵ متری قرار دارد و با توجه به تراز ۱۶۹۰ متری سطح استاتیک آب اولیه، در واقع معدنکاری در عمق ۹۵ متری زیر سطح

آب اولیه در حال انجام است. شکل ۵ تراز و جهت جریان آب زیرزمینی را در ناحیه معدنی نشان می‌دهد. به‌طوری که دیده می‌شود زهکشی معدن باعث تغییر جهت جریان از تمام محدوده معدنی به سمت معدن گردیده است. عدم وجود خروجی مشخص در این منطقه نشان‌دهنده عدم خروج آب‌های شور منطقه و باقی ماندن پیوسته آنها در محیط است. لذا به نظر می‌رسد این مورد می‌تواند از عوامل افزاینده شوری در بین عوامل بررسی شده باشد.

۳– ۶. بیلان، تبخیر، تغلیظ و بازنفوذ

در شکل ۵ محل تجمع آب‌های استخراج شده از معدن در دو بخش C (محل انباشت تیل تر) و بخش D (محل حوضچه های تجمع آب موسوم به حوضچه های تبخیر) آورده شده است. به‌طوری که دیده می‌شود همه آب‌های شور استحصالی از معدن در حوضه جذب کننده آب زیرزمینی توسط معدن قرار دارد. از آنجا که در محل تجمع آب‌های معدن لایه‌های نفوذناپذیر یا ژئوممبران‌های مشخصی برای جلوگیری از نفوذ آب‌های تجمع یافته وجود ندارد؛ آب‌های جمع شده پس از تغلیظ ناشی از تبخیر دوباره در سامانه آب زیرزمینی تزریق می‌شود. جدول ۳ وضعیت بیلان منطقه معدن را در سال ۹۲ نشان می‌دهد (زارع، ۱۳۹۴). به‌طوری که دیده می‌شود یکی از عوامل خروجی عمده آب در بیلان منطقه تبخیر است. در نتیجه تبخیر از عوامل بنیادین افزایش شوری آب‌های زیرزمینی معدن است و می‌توان چنین دریافت کرد که یکی از عوامل اصلی شوری آب‌های معدن، چرخه استخراج، تبخیر و نفوذ به آب‌های زیرزمینی است. تداوم این امر در طی سال‌های اخیر موجب افزایش دائمی شوری آب‌های معدن شده و به دلیل جرم حجمی بیشتر پس از نفوذ، در بخش‌های زیرین آب‌های آبرفتی بالایی قرار گرفته و آب‌های با شوری بالای معدن را ایجاد کرده است.

بنابراین عامل شوری آب زیرزمینی سامانه خودساخته‌ای است که توسط آن آب‌های شور معدن به‌طور مداوم در معرض تبخیر قرار می‌گیرند و غلظت یون‌های آنها افزایش می‌یابد و سپس با باز نفوذ این آب، سبب افزایش شوری آب‌های معدن می‌شود. در واقع تبخیر عامل اصلی تغلیظ و افزایش شوری است که به همراه نفوذ دوباره موجب افزایش شوری آب زیرزمینی می‌شود.

۴– تأثیر رویارویی چرخه‌های هیدرولیکی و هیدروشیمیایی

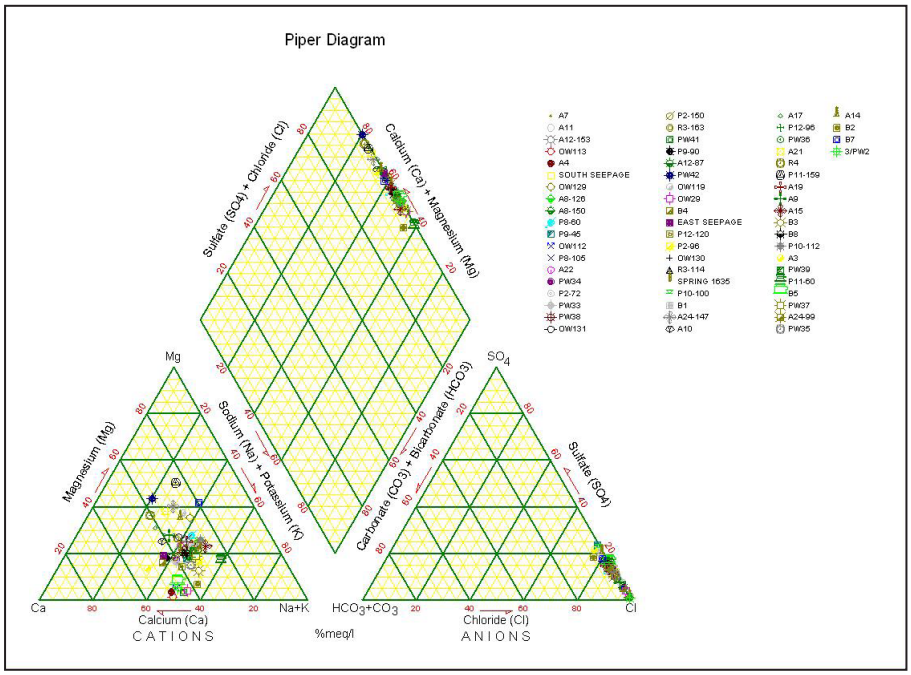
با توجه به موارد مورد بحث می‌توان چنین دریافت کرد که در معدن گل‌گهر در نتیجه فرایند زهکشی دو چرخه هیدرولیکی و هیدروشیمیایی ایجاد شده است و در واقع تأثیر همزمان این دو چرخه عامل ایجاد کننده افزایش شوری آب زیرزمینی است که عامل مشترک مؤثر در این دو چرخه تبخیر است (شکل ۶):

– **چرخه هیدرولیکی:** شامل آب‌های زیرزمینی معدن است که با دبی حدود ۶۰ لیتر بر ثانیه استخراج می‌شود. آب استخراجی حاصل از زهکشی پس از تجمع در حوضچه‌های پیرامون معدن و کاهش حجم ناشی از تبخیر دوباره به آب زیرزمینی می پیوندد. در واقع این چرخه از متغیرهای آب زیرزمینی ورودی، تبخیر و بازنفوذ تشکیل شده است.

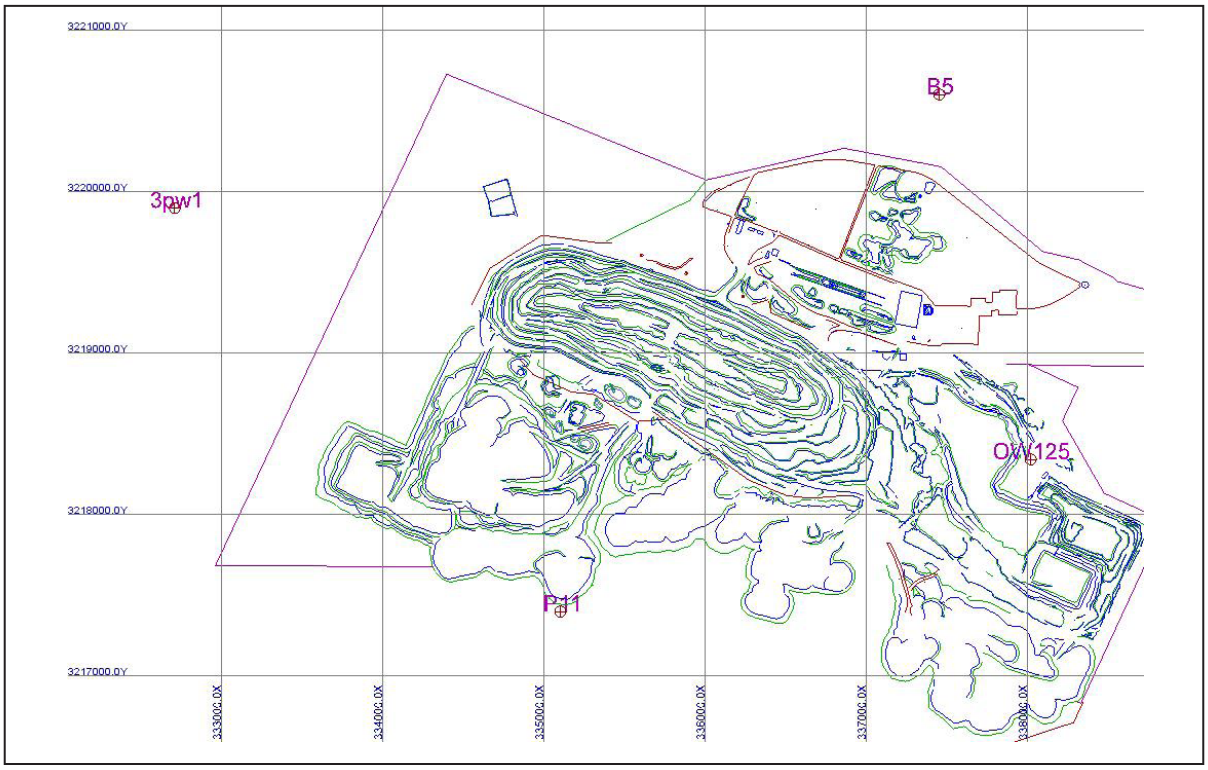
– **چرخه هیدروشیمیایی:** در نتیجه چرخه هیدرولیکی ایجاد شده و عامل افزاینده شوری آب زیرزمینی است. این چرخه شامل ویژگی‌های کیفیت آب زیرزمینی ورودی، تبخیر، تغلیظ و اختلاط دوباره با آب‌های زیرزمینی با شوری کم است و در واقع می‌توان گفت چرخه هیدرولیکی حامل چرخه هیدروشیمیایی است و به‌طور غیر مستقیم موجب افزایش پیوسته شوری آب زیرزمینی می‌شود.

۵– برداشت

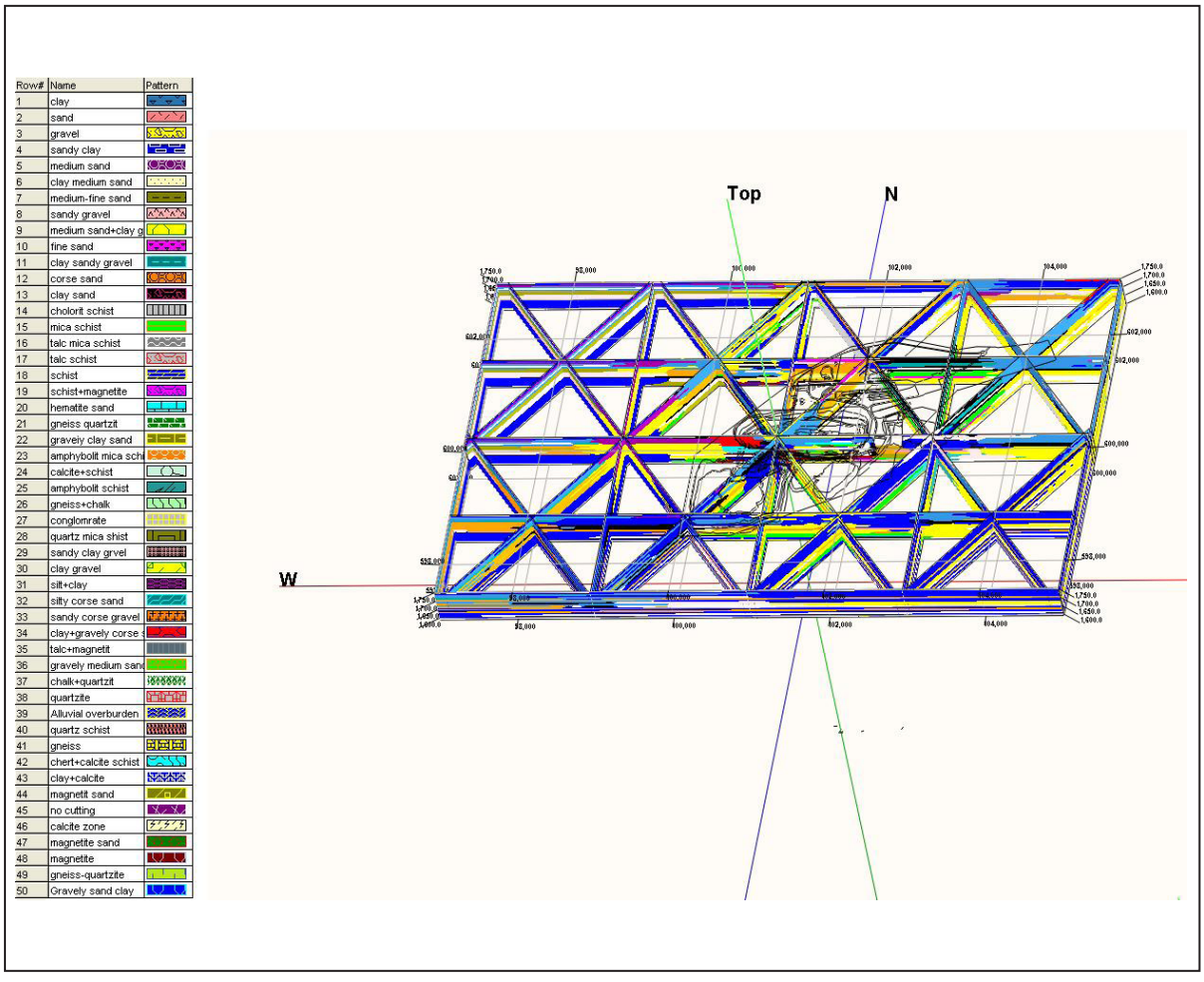
با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت آب‌های با شوری به نسبت پایین از نواحی پیرامون وارد منطقه می‌شوند و بدلیل وجود تأثیر همزمان چرخه‌های هیدرولیکی و هیدروشیمیایی به‌طور مدارم تحت تأثیر تبخیر قرار می‌گیرند. در واقع تبخیر عامل اصلی تغلیظ و افزایش شوری آب‌های زیرزمینی منطقه است. این امر را سنگ‌شناسی منطقه تأیید می‌کند که عامل افزاینده شوری تأثیرگذار در آن دیده نشده است. در نتیجه می‌توان گفت در منطقه سامانه خود ساخته‌ای ایجاد شده است که با وجود ژرفای بیش از ۶۰ متری آب‌های زیرزمینی، موجب تأثیر تبخیر بر این آب‌های ژرفی شده است (بدلیل فرآیند زهکشی). این امر موجب افزایش پیوسته مقادیر شوری می‌شود و در واقع می‌توان گفت عامل اصلی شوری آب‌های زیرزمینی معدن گل گهر تغلیظ داخلی است نه انتقال خارجی.



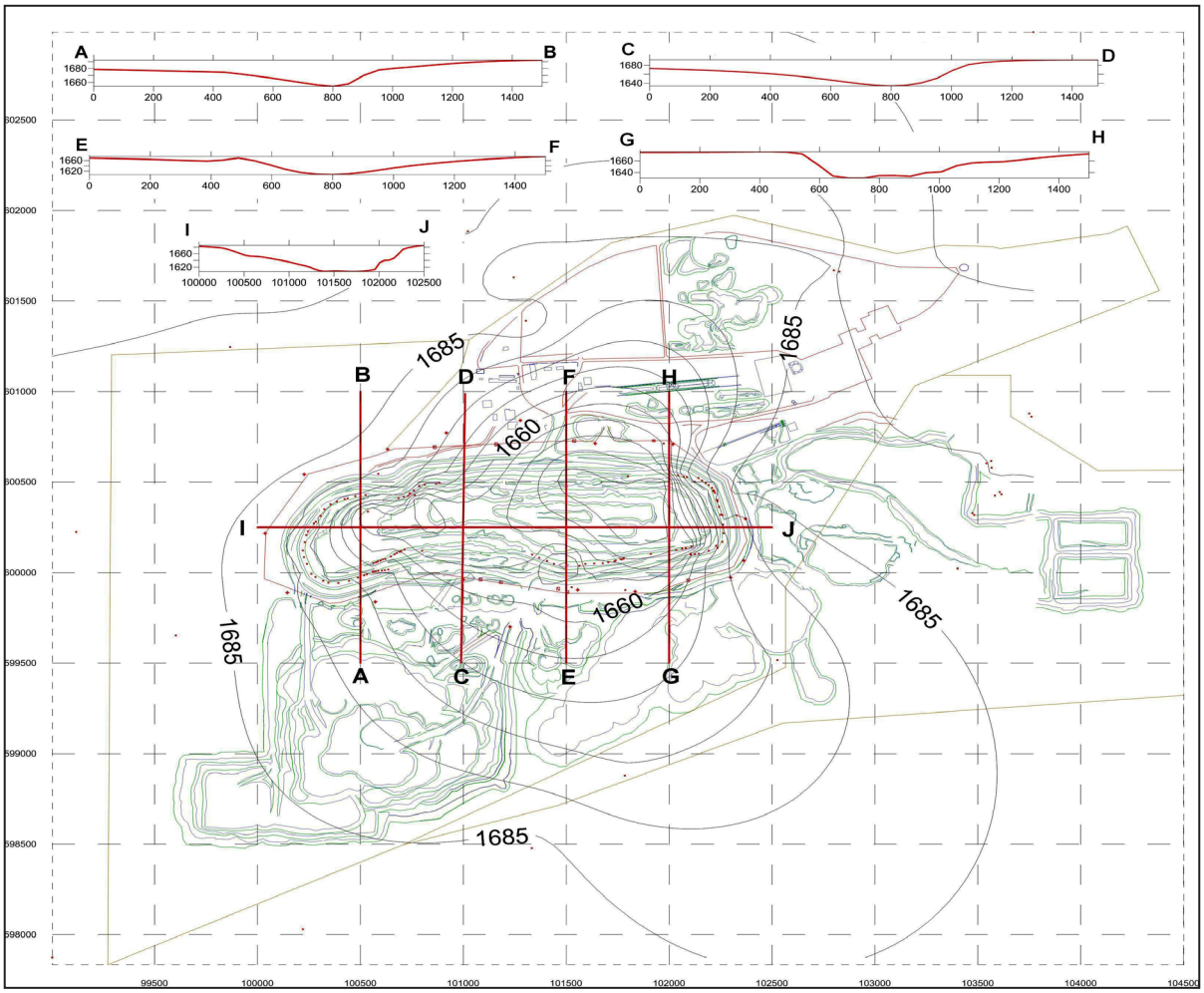
شکل ۱– نمودار پایپر نمونه‌های آب معدن.



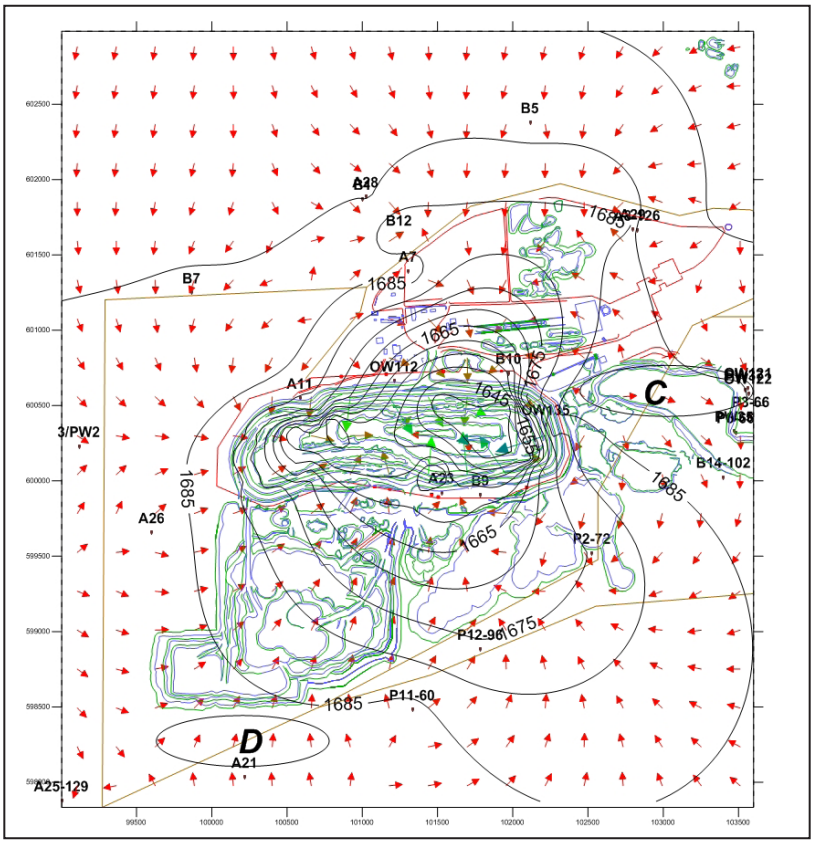
شکل ۲- موقعیت چاه‌های نماینده مناطق انتخابی.



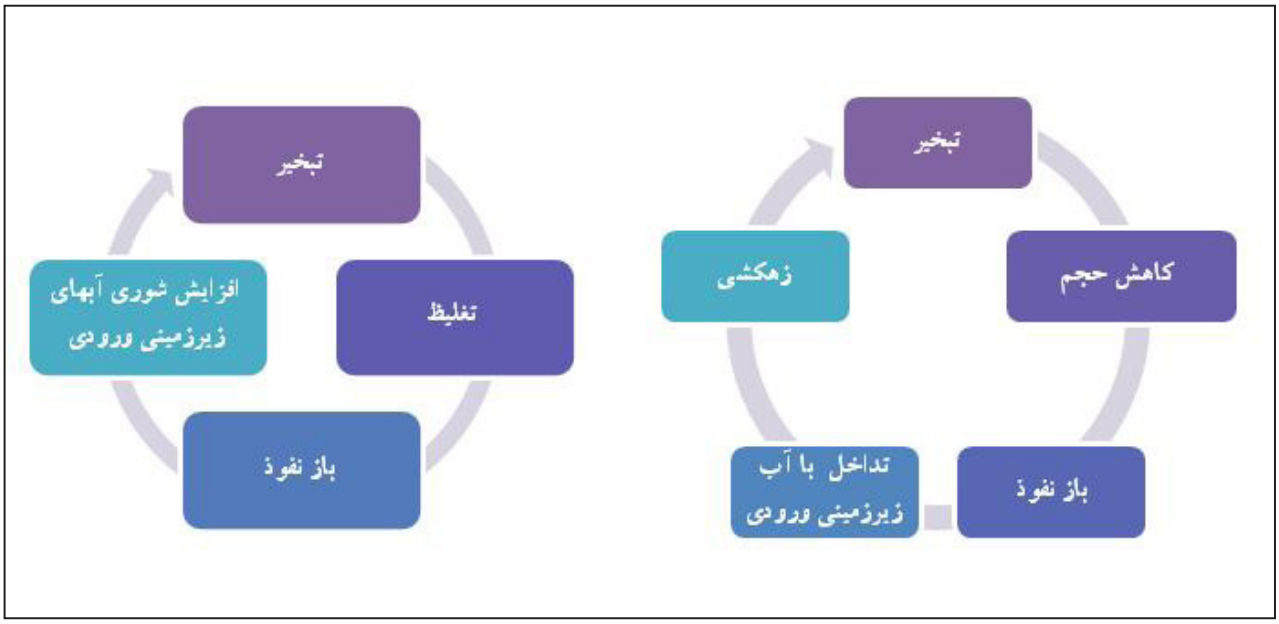
شکل ۳- نمودار فنس سنگ‌شناسی ناحیه معدن.



شکل ۴- مقاطع عرضی شیب هیدرولیکی در محدوده معدن.



شکل ۵- جهت جریان آب زیرزمینی و مناطق تخلیه آب‌های سطحی در محدوده معدن.



شکل ۶- چرخه‌های هیدرولیکی و هیدروشیمیایی آب‌های معدن.

جدول ۱- میانگین بارندگی ده ساله و سی ساله منطقه.

year	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲
rainfall (mm)	۲۲۱/۹	۲۱۳/۹۴	۷۷/۶۶	۱۴۱/۴	۱۲۷	۷۷/۷	۱۶۰	۱۸۸	۶۹/۴	۹۵/۷	۲۰۷/۵
average (10 years)	۱۴۳/۸۳										
average (30 years)	۱۴۳/۲۲										

جدول ۲- مقادیر مقایسه‌ای کلر و هدایت الکتریکی طی سال‌های ۸۵ و ۹۳ در چاه‌های انتخابی.

	تیر ماه ۸۵		خرداد ماه ۹۳	
ID	Cl(mg/l)	EC(µmohs/cm)	Cl(ppm)	EC (µmohs/cm)
P11	5325	15300	4400	13800
B5	6993	18500	4650	15000
3PW2	28932	57400	3200	9800
ow125	13277	32200	610	1900

جدول ۳- متغیرهای بیلان آب در محدوده معدن گل گهر.

متغیرهای مؤثر در بیلان		مقادیر به دست آمده (MCM)
ورودی (Q_{in})	آب برگشتی حاصل از آب‌پاشی معابر	0/002
	نفوذ آب برگشتی صنعتی- تیل تر	۱/۴۲
	بارندگی	۰/۸۵
	حوضچه تبخیری	۰/۳۸
	آب زیرزمینی	۲/۶۳
مجموع ورودی‌ها		۵/۲۸
خروجی (Q_{out})	زهکش از دیواره پیت	۱/۴۶
	پمپاژ چاه شرقی و A15	۳/۱۸
	تبخیر از سطح مرطوب پیت	۱/۹۴
	آب زیرزمینی	۱/۵۱
مجموع خروجی‌ها		۸/۰۹
تغییرات ذخیره (ورودی‌ها – خروجی‌ها)		-۲/۸

کتابنگاری

جهانشاهی، ر.، ۱۳۹۵- مدلسازی آلودگی آب‌های زیرزمینی در محدوده مطالعات آبشناسی فعلی و سد رسوبگیر در دست احداث با استفاده از نرم افزار FEFLOW. دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۱۸ص.

رادفر، ش.، ۱۳۷۳- گزارش مطالعات فاز ۱ طرح زهکشی معدن، شرکت معدنی و صنعتی گل گهر، ۱۳۰ ص.

زارع، م.، ۱۳۹۴- گزارش زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی، بیلان، مدل ریاضی و ارائه راهکارهای مدیریتی محدوده معدن شماره ۱ گل‌گهر سیرجان جهت پایین انداختن سطح آب زیرزمینی، دانشگاه شیراز، ۳۰۷ ص.

زارعی، م.، ۱۳۹۳- تأثیر گسل‌های اطراف معدن گل گهر در انتقال آب کفه خیرآباد به معدن شماره ۱، پژوهشکده آهن و فولاد، ۱۷۸ص.

سیاووش حقیقی، م.، ۱۳۸۵- به‌کارگیری هیدروشیمی نمونه‌های آب زیرزمینی در تعیین مناطق دارای بار آبی مزاحم، مجموعه مقالات دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.

سیاووش حقیقی، م.، ۱۳۹۲- ارزیابی ضرائب هیدرودینامیکی معدن سنگ آهن گل‌گهر با استفاده از روش نیومن، فصنامه پژوهشگر، پژوهشکده سنگ آهن و فولاد، ص. ۴۱ تا ۴۶.

کوشا معدن، ۱۳۸۶- گزارش نهایی فاز ۱ مطالعات هیدروژئولوژی و مدل آب زیرزمینی معدن گل‌گهر، ۱۱۹ص.

مدیریت انرژی گل‌گهر، ۱۳۹۴- گزارش ادامه مطالعات آب‌شناسی و وضعیت آب‌های زیرزمینی منطقه گل‌گهر در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ در سه حوضه چاه دراز، قطاربنه و خیرآباد.

مهندسین مشاور کوشامعدن، ۱۳۸۶- گزارش نهایی هیدروژئوشیمی، ۱۴۵ص.

مهندسین مشاور کوشامعدن، ۱۳۹۴- گزارش‌های زهکشی ماهانه معدن.

References

Alley, W. M. (Ed)., 1993- Regional ground-water quality. John Wiley and Sons.

Binnie, S. A. and Partners, 1976- Gol-e-Gohar mine water supply, Report on phase 2 water supply investigations.

Custodio, E., 1987- Hydrochemistry and tracers, in Custodio, E., Ground-Water problems in castal areas: Studies and reports in hydrology. No. 45, UNESCO, p. 213-269.

Jahanshahi, R., 2013-Environmental effects of Gole-gohar iron ore mine on groundwater of area. PH.D Thesis.

Martos, F. S., Bosach, A. P., Sanchez, L. M., Izquierdo, A. V., 2001- Identification of the origin of salinization in groundwater using minor ions Lower Andarax, Southeast Spain, The Science of the total Environment 297 2002.4358.

Mazor, E., 2004- Chemical and isotopic groundwater hydrology, third edition, CRC press, 352p.

Merkel, B. and Planer-Friedrich, B., 2002- Groundwater geochemistry. Springer, 200p.

Richter, B. C. and Kreitler, C. W., 1993- Geochemical Techniques for Identifying Source of Ground-Water Salinization, C. K. Smokey., bearing on the water crisis in the country. Journal of Hydrology. No 156: p389-430.

Sahraei-Parizi, H. and Samani, N., 2012- Geochemical evolution and quality assessment of water resources in the Sarcheshmeh copper mine area (Iran) using multivariate statistical techniques, Environ Earth Sci. DOI 10.1007/s12665-012-2005-4.

Sahraei-Parizi, H. and Samani, N., 2014- Environmental isotope investigation of groundwater in the Sarcheshmeh copper mine area, Iran, Mine Water Environ, 33:97–109, DOI 10.1007/s10230-014-0277-5.

Thangarajan, M., 2006- Groundwater, resource evaluation, Augmentation, Contamination, Restoration, Modeling and management. Capital publishing company, New Delhi, Kolkata, Bangalore.

Todd, D. K. and Mays, L. W., 2005- Groundwater hydrology edition. Wiley, New Jersey.

Evaluating the causes of increased salinity of deep groundwater in Gol Gohar iron ore mine

M. Siavash haghighi[1*]

[1]M. Sc. Kusha Madan Consulting Eng., Tehran, Iran

Received: 2016 January 02 Accepted: 2017 January 23

Abstract

One of the factors reducing the chemical quality of groundwater used in the industry is a gradual increase of ions concentration. These ions can affect the mineral processing and reduce mining efficiency by corrosion or sedimentation in the path of water circulation. In Gol Gohar Iron ore mine, the rate of salinity in groundwater has increased significantly in recent years. Because brine groundwater in the mine is used to produce pulp in concentrators, its quality has been a matter of concern. In this study, different factors affecting the groundwater quality and causing salinity increase are studied. These factors include quality of groundwater inflow, surface water infiltration, lithology of the region, depth of mining, saturated thickness of the aquifer, changes of hydraulic gradient, ground water circulation path, water budget, isotopic properties of water and groundwater evaporation.

Keywords: Gole Gohar mine, Chemical quality, Groundwater, Salinity increase, Hydrochemical cycle.

For Persian Version see pages 207 to 214

*Corresponding author: M. Siavash haghighi; E-mail: siavashhaghighi@yahoo.com

Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional