مجلة پژوهشي دانشگاه اصفهان(علوم پايه)
جلد ۳۴- شماره۵- سال ۱۳۸۷
صص۹۸-۷۹

ارزيابي هيدروژئوشيميايي آب‌هاي زيرزميني منطقه سلماس و تعيين كيفيت آنها براي مصارف مختلف

نصرت آقازاده*، اصغر اصغري مقدم** و اكرم كيميايي**

* گروه زمين شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه

** گروه زمين شناسی دانشگاه تبريز

Archive of SID

چكيده

در اين مطالعه به منظور ارزيابي كيفيت آبهاي زيرزميني منطقه سلماس از نتايج حاصل از آناليز شيميايي ۲۹ نمونه آب زيرزميني انتخابي از منطقه مورد مطالعه استفاده شد. تفسير آناليز هيدروشيميايي آبهاي زيرزميني در منطقه سلماس نشان ميدهد كه آبهاي اين منطقه جزو آبهاي شيرين و سخت تا خيلي سخت بوده و عمدتا داراي تيپ بيكربنات كلسيم و منيزيم مي باشند كه در آنها غلظت كاتيونهاي قليايي خاكي(Ca^{2+}, Mg^{2+}) بيشتر از كاتيونهاي قليايي(Na^{+}, K^{+}) بوده وآنيونهاي اسيدهاي ضعيف(HCO^{-}_3, CO^{2-}_3) بيشتر از آنيونهاي اسيدهاي قوي(SO^{2-}_4, Cl^{-}) مي باشد. بررسي ليتولوژي سنگهاي در برگيرنده ناحيه شمالي منطقه مورد مطالعه نشان داد كه وجود سازند هاي تبخيري با ليتولوژي آهک، مارن، شيل با ميان لايه هايي از ژيپس و نمك باعث افزايش شوري و غلظت يونهاي Cl^{-}, Na^{+} در منابع آب زيرزميني اين ناحيه از منطقه مورد مطالعه گرديده است. نتايج حاصل از محاسبه شاخص اشباع نشان مي دهد كه اين آبها نسبت به كانيهاي كربناته فوق اشباع و نسبت به كانيهاي سولفاته و گازهاي دي اكسيد كربن و هيدروژن تحت اشباع می باشند. بررسي كيفيت آب جهت مصارف شرب از طريق مقايسه غلظت يونها با استانداردهاي موجود و تعيين كيفيت آب براي مصارف كشاورزي از طريق محاسبه شاخص ها، نسبت ها و دياگرام ها نشان داده است كه به جز قسمت شمالي منطقه، كيفيت آبهاي زيرزميني اكثر قسمتهاي منطقه براي مصارف شرب و كشاورزي مناسب هستند.

www.SID.ir

واژه‌هاي كليدي: آب‌هاي زيرزميني، هيدروژئوشيميايي، سلماس، شاخص اشباع، تيپ آب.

Hydrogeochemical Evaluation of Groundwater and Its Suitability for Various Uses in the Salmas Aquifer, Northwest of Iran

N. Aghazadeh*, A.A. Mogaddam and A. Kemiayi****
*** Geology Department, Islamic Azad University of Urmia**
**** Geology Department, Tabriz University**

Abstract

Analytical results of 29 groundwater samples are used to evaluate the quality of groundwater in the Salmas area, Northwest of Iran. Based on the analytical results, groundwater quality in the Salmas area is generally fresh and varies from hard to very hard. The dominant hydrochemical facies of groundwater in study area is Mg, Ca -HCO_3. Alkali earths(Ca^{2+}, Mg^{2+}) and weak acids(CO^{2-}_3, HCO^{-}_3) are slightly dominating over alkalis(Na^{+}, K^{+}) and strong acids(SO^{2-}_4, Cl^{-}). Consideration of rocks composition in the north part of the study area shows that evaporation formation(limestone, marl, shale and intercalated with gypsum and salt) caused increased Na^{+}, Cl^{-} concentrations and salinity of the groundwater. The results of calculation saturation index show that the saturation index for carbonate minerals is positive and for sulfate minerals, CO_2 and H_2 gases is negative. According to the parameters and international standards, except groundwater of north part of the study area almost all of groundwater in the study area is suitable for drinking and agricultural purposes.

Keywords: Groundwater, Hydrogeochemistry, Salmas, Saturation index, Water type.

۱- مقدمه

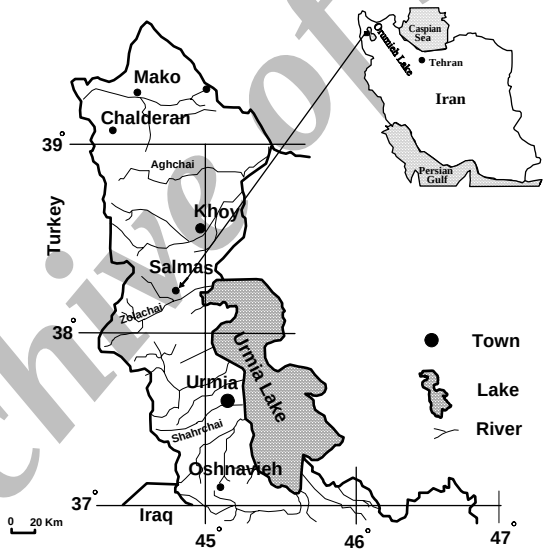
ارزيابي هيدروشيميايي سيستم هاي جريان آب زيرزميني معمولا بر اساس يكسري اطلاعات جامع در مورد شيمي آبهاي زيرزميني صورت مي‌گيرد. شيمي آبهاي زيرزميني متاثر از فاكتورهاي متفاوتي است كه از آن جمله مي توان به زمين شناسي محل، ميزان هوازدگي سنگها و نوع آنها، كيفيت آب تغذيه اي به داخل سفره و واكنشهاي هيدروژئوشيميايي اشاره كرد(Guler, 2004; Subramani et al., 2005; Coetsiers et al., 2006). افزايش شناخت از فرآيندهاي هيدروشيميايي كنترل كننده شيمي آبهاي زيرزميني در مناطق خشك و نيمه خشك مي تواند در بهبود شناخت سيستم هاي هيدروشيميايي، مديريت كمي و كيفي آبهاي زيرزميني و استفاده از آنها كمك شاياني بنمايد. لذا بر اين اساس در سالهاي اخير به مديريت كمي و كيفي منابع آب زيرزميني توجه ويژه اي شده است(Foster and et al., 2000;

Archive of SID

www.SID.ir

Olajire and Imeokparia, 2001; Menda et al., 2007).

محدوده مطالعاتي سلماس با مساحت۲۵۵۰ کيلومتر مربع در شمال شهرستان ارومیه واقع شده که۵۵۰کيلومتر مربع آن را دشت و بقيه را ارتفاعات تشکيل داده و از زير حوضه‌هاي حوضه‌آبريز درياچه ارومیه بشمار مي‌آيد (شکل۱). رودخانه اصلي اين حوضه رودخانه زولاچاي بوده که از غرب به شرق جريان داشته و از ارتفاعات مرزي ترکيه سرچشمه گرفته که بعد از عبور از دشت سلماس در نهايت به درياچه ارومیه منتهي مي‌شود. منطقه مورد مطالعه با متوسط بارندگي۲۷۳ ميليمتر در دشت و۴۳۰ ميليمتر در ارتفاعات داراي اقليم نيمه خشک سرد بوده که بيش از ۷۰ درصد از اين بارندگي در فصل بهار و زمستان اتفاق مي افتد(سازمان آب منطقه اي استان آذربايجان غربي، ۱۳۸۵). در اين مطالعه ابتدا اطلاعات هيدروژئولوژيکي و هيدروشيميايي سيستم جريان آب زيرزميني جمع آوري و تجزيه و تحليل شد و سپس فاکتورهاي کنترل کننده شيمي آب، مکانيسم حاکم بر شيمي آب، شاخص اشباع نمونه آبها براي کانيهاي مختلف و کيفيت آبهاي زيرزميني منطقه براي مصارف مختلف مورد ارزيابي قرار گرفت.



شکل ۱: نقشه موقعيت جغرافيايي منطقه مورد مطالعه(اقتباس از اطلس راههاي ايران، ۱۳۸۰).

۲- مواد و روش‌ها

در اين مطالعه به منظور بررسي کمي آبخوان دشت سلماس اقدام به جمع آوري آمار و اطلاعات هيدرولوژي و هيدروژئولوژيکي گرديد و براي اين منظور نقشه تراز آب زيرزميني وجهت جريان آبخوان از طريق نرم افزار Surfer تهيه شد. سپس به منظور بررسي هاي کيفي، شرايط زمين شناسي و هيدروژئولوژيکي سفره بررسي و سازندهاي مختلف منطقه از ديدگاه تأثير در تشکيل منابع آب و نيز تأثير بر روي کيفيت آبها تقسيم بندي گرديد و سپس ازمنابع آب انتخابي نمونه برداري انجام شد. اندازه گيري برخي از پارامترهاي آب از قبيل دما، pH و EC در صحرا صورت گرفت. نمونه هاي جمع آوري شده در

Archive of SID

www.SID.ir

آزمايشگاه بر اساس روشهاي استاندارد ارائه شده توسط سازمان بهداشت محيط امريكا(APHA, 1995) براي يونهاي اصلي موجود در آب آناليز شد. بر اين اساس غلظت يونهاي سديم و پتاسيم از طريق فليم فوتومتر وكلسيم، كربنات، بيكربنات و كلراید از طريق روش تيتراسيون و سولفات از طريق روش كلرومتري تعيين شد و حداكثر درصد خطاي مجاز براي بالانس يوني ۵ درصد اعمال گرديد. در نهايت نتايج حاصل از تجزيه شيميايي نمونه آبهاي زيرزميني انتخابي از منطقه مربوط به اردیبهشت و شهريورماه سال ۱۳۸۵ مورد تفسير قرار گرفت. در تفسير داده ها از نتايج حاصل از آناليز نمونه آبهاي برداشته شده توسط سازمان آب منطقه اي و شركت آب و فاضلاب روستايي و شهري نيز استفاده شد. با توجه به نتايج حاصله از آناليز شيميايي منابع آب زيرزميني، شيمي آبها، تيپ آبها و مكانيسم حاكم بر شيمي آبها مورد بررسي قرار گرفت. در اين مطالعه به منظور ارزيابي هيدروشيميايي و محاسبه شاخص اشباع براي كانيهاي مختلف از كد كامپيوتري PHREEQC استفاده شد. بر اساس نتايج حاصله، شاخص اشباع براي كانيهاي مختلف و تأثير ليتولوژي بر شيمي آبها بررسي شد و در نهايت كيفيت اين آبها براي مصارف مختلف از قبيل شرب، كشاورزي و صنعت از طريق دياگرام ها، نسبتها و شاخص هاي لازم و نيز مقايسه با استانداردهاي جهاني تعيين گرديد.

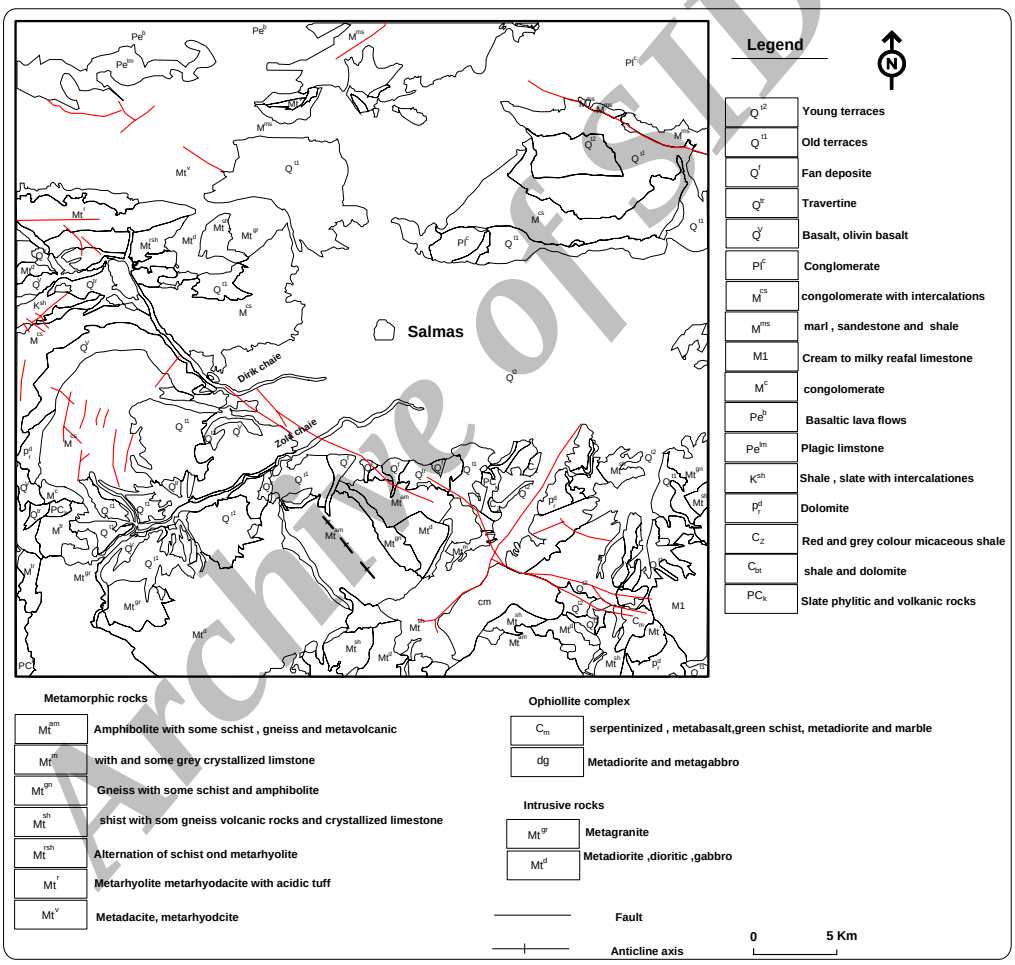
۳- ويژگي‌هاي زمين شناسي و هيدروژئولوژيكي

منطقه مورد مطالعه و مناطق اطراف آن با توجه به تقسيمات واحدهاي ساختماني- رسوبي ايران، بخشي از زون خوي- مهاباد مي باشد(نبوي، ۱۳۵۵). در حوضه آبريز آبخوان دشت سلماس انواع مختلفي از سنگهاي آذرين، دگرگوني و رسوبي رخنمون داشته كه طيف سني آنها وسيع مي باشد. سنگهاي آهكي كه قديميترين تشكيلات زمين شناسي در حاشيه دشت هستند مربوط به دوره پرمين بوده و در قسمتهاي شمال و شرق منطقه تشكيلات مربوط به اليگو ميوسن ديده مي‌شود كه رسوبات مربوط به ميوسن بصورت مارن و ماسه سنگ با ميان لايه اي از نمک و گچ هستند. شكل(۲) نقشه زمين شناسي اطراف دشت سلماس را نشان مي‌دهد (خدابنده لو، ۱۳۸۴). به منظور بررسي تأثير سازندهاي زمين شناسي در تشكيل منابع آب اقدام به گروه بندي سازندهاي مختلف زمين شناسي حوضه آبريز منطقه از ديدگاه تأثير در تشكيل منابع آب گرديد(جدول۱). كه بر اين اساس سازند قم و روته با ليتولوژي آهک و آهک دولوميتي و نيز آهكهاي پلاژيک مربوط به كرتاسه از سازند هاي كربناته موثر در تشكيل منابع آب و سازندهاي باروت، شيل هاي كرتاسه، ماسه سنگ و كنگلومراي ائوسن از سازند هاي كربناته كم اثر در تشكيل منابع آب و سنگهاي آذرين، دگرگوني و آميزه رنگين جز سنگهاي غير كربناته بي اثر در تشكيل منابع آب زيرزميني در منطقه مورد مطالعه به شمار مي آيند.

بررسيهاي هيدروژئولوژيكي نشان مي‌دهد كه در دشت سلماس دو نوع سفره آب زيرزميني وجود دارد كه سفره اول از نوع آزاد بوده و در زير آن يک سفره تحت

Archive of SID
www.SID.ir

فشار وجود دارد. حداكثر ضخامت رسوبات آبرفتي در دشت سلماس بيش از ۱۵۰متر و در بخش مياني دشت مي باشد كه اندازه و قطر ذرات تشكيل دهنده آبرفت در غرب دشت و در مجاور مخروط افكنه زولا چاي دانه درشت و به طرف مركز و خروجي دشت ضخامت آبرفت بيشتر و دانه ريزتر تر مي شود(سازمان آب منطقه اي استان آذربايجان غربي، ۱۳۸۵). عمق سطح آب زيرزميني از حاشيه ها به سمت مركز و در امتداد رودخانه زولا بشدت كاهش مي يابد به طوريكه مقدار آن از ۵۰-۴۰ متر به ۳ متر در خروجي دشت مي رسد. شكل(۳) نقشه تراز آب زيرزميني آبخوان دشت سلماس در ارديبهشت ماه ۱۳۸۶ را نشان مي‌دهد. با توجه به اين نقشه بطور كلي جهت جريان آب زيرزميني در دشت سلماس غربي- شرقي مي باشد.



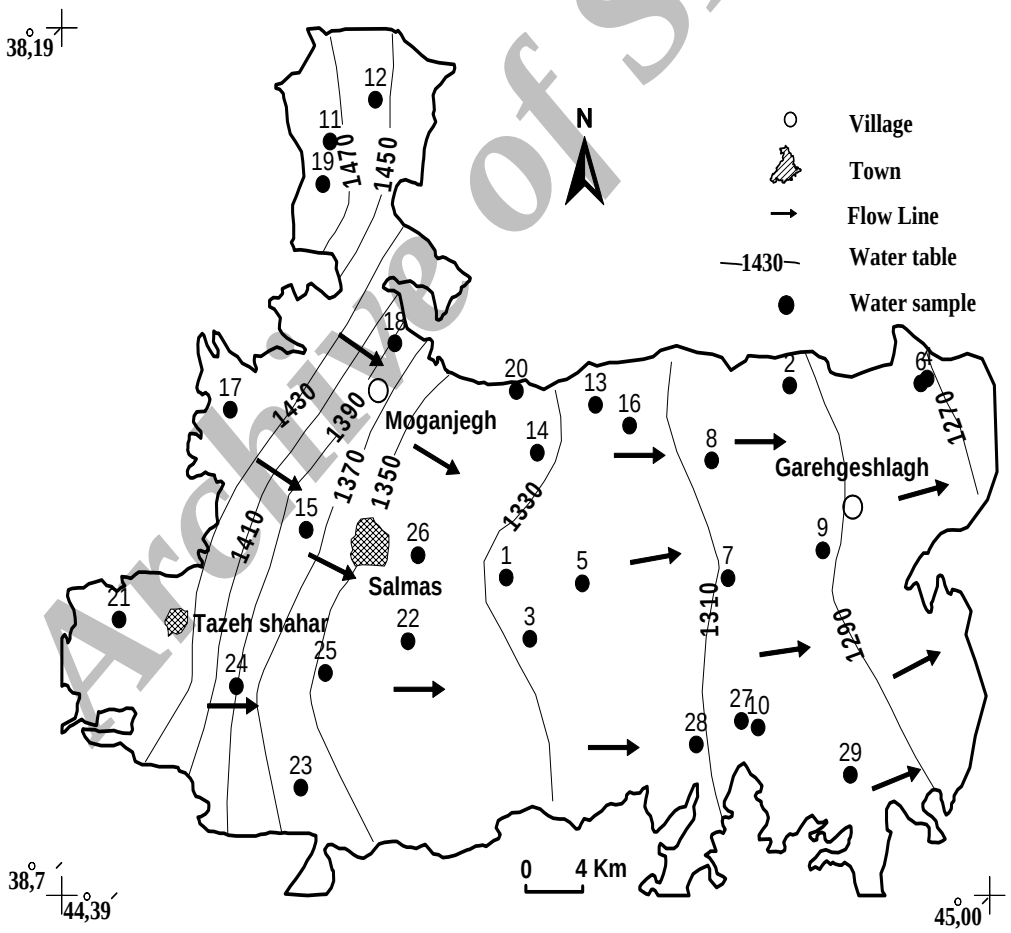
شكل ۲: نقشه زمين شناسي اطراف آبخوان دشت سلماس(اقتباس از خدابندلو، ۱۳۸٤).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول١: طبقه بندي سازندهاي مختلف زمين شناسي منطقه سلماس از ديدگاه تأثير در تشكيل منابع آب

گروه	ليتولوژي و نام سازند	مساحت	درصد
سنگهاي كربناته موثر در منابع آب زيرزميني	سنگ آهك قم- سنگ آهك پلاژيك كرتاسه-سنگ آهك دولوميتي روته ـ مرمر	٣۶٠	%١٨
سنگهاي كربناته با اثر متوسط تا كم در منابع آب زيرزميني	شيل با ميان لايه هاي ماسه سنگي – آهكي كرتاسه، ماسه سنگ آهكي قم و شيل و دولوميت و سنگ آهك سازند باروت- ماسه سنگ و كنگلومراي ائوسن	۴٢٨	%٢١/۴
سنگهاي غير كربناته بي اثر در منابع آب زيرزميني	مجموعه دگرگوني و آذرين پركامبرين سنگهاي آتشفشاني كواترنرو آميزه رنگين	١٢١٢	%۶٠/۶



شكل ٣: نقشه تراز آب زيرزميني و جهت جريان آبخوان دشت سلماس(تهيه شده بر اساس نقشه زمين شناسي و ويژگيهاي هيدرولوژيكي منطقه)

Archive of SID

www.SID.ir

۴- بحث و بررسي

۴-۱- بررسي هاي هيدروژئوشيميايي

۴-۱-۱- شيمي آبهاي زيرزميني

نتايج حاصل از آناليز نمونه آبهاي زيرزميني انتخابي(۲۹ نمونه) نشان مي دهد كه ميزان هدايت الكتريكي(EC) بين ۲۱۰۰-۴۱۰ ميكروموس بر سانتي متر متغير بوده و مقدار آن در قسمت شمالي دشت بالاست و روند آن به گونه اي است كه از منطقه تغذيه به طرف منطقه تخليه ميزان آن افزايش مي يابد. بررسي مقدار آنيونها و كاتيونهاي آبهاي زيرزميني منطقه نشان مي‌دهد كه شرايط آنيوني و كاتيوني زير حاكم است:

$Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^{+}$ و $HCO^{-}_{3} > SO^{2-}_{4} > Cl^{-} > K^{+}$

گسترش سنگهاي كربناته در حوضه آبريز دشت سلماس و انحلال كانيهاي كربناته منشاء اصلي يونهاي Ca^{2+}, Mg^{2+} در آبهاي زيرزميني منطقه بوده و غلظت بالاي يون HCO^{-}_{3} در آبهاي زيرزميني منطقه به عنوان آنيون اصلي ناشي از فرسايش و هوازدگي كانيهاي كربناته و سيليكاته مي باشد. در جدول شماره(۲) مقادير آماري پارامترهاي شيميايي و فيزيكي نمونه آبهاي زيرزميني منطقه مورد مطالعه مربوط به شهريور ماه سال ۱۳۸۵ براساس نتايج حاصل از نمونه هاي برداشته شده و نتايج حاصل از نمونه هايي كه از منطقه توسط سازمان آب منطقه اي و شركت آب و فاضلاب برداشت صورت گرفته آورده شده است.

بررسي‌ها نشان داد كه غلظت اكثر آنيون و كاتيون‌هاي موجود در نمونه آب‌هاي زيرزميني قسمت شمالي منطقه داراي حداكثر مقدار و نمونه آب‌هاي قسمت‌هاي مياني و جنوبي غربي منطقه داراي حداقل مقدار بوده بطوري كه كه غلظت يونهاي سديم(Na^{+})، كلر (Cl^{-}) و مقدار EC، TDS در نمونه هاي واقع در قسمتهاي مياني دشت(نمونه۲۶، ۲۳، ۲۲)حداقل مقدار و در نمونه هاي ۱۱، ۱۳، ۱۶، ۱۹، ۲۰ داراي بيشترين مقدار است كه موقعيت اين نمونه ها در قسمت شمالي دشت سلماس قرار گرفته است(شكل۳).

بررسي ليتولوژي سنگهاي در برگيرنده ناحيه شمال و شمال غربي از منطقه مورد مطالعه نشان داد كه وجود سازند قم با ليتولوژي آهک، مارن، شيل با ميان لايه هايي از ژيپس و نيز رسوبات ميوسن با ميان لايه هايي از شيل، مارن، نمک و كنگلومراي ضخيم لايه با ميان لايه هاي از رسوبات تبخيري باعث افزايش شوري و غلظت يونهاي Cl^{-}, Na^{+} در منابع آب زيرزميني اين ناحيه از منطقه مورد مطالعه گرديده است و نيز گسترش سنگهاي كربناته در ناحيه جنوب شرقي منطقه باعث گرديده كه غلظت يون بيكربنات(HCO^{-}_{3}) در اين ناحيه(نمونه آبهاي ۲۸، ۲۷) داراي بيشترين مقدار باشد.

شكل(۴) روند تغييرات غلظت يونهاي اصلي موجود در آبهاي زيرزميني منطقه سلماس در امتداد مسير جريان آب زيرزميني را نشان مي‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٢: مقادير آماري پارامترهاي شيميايي و فيزيكي نمونه آبهاي زيرزميني منطقه سلماس

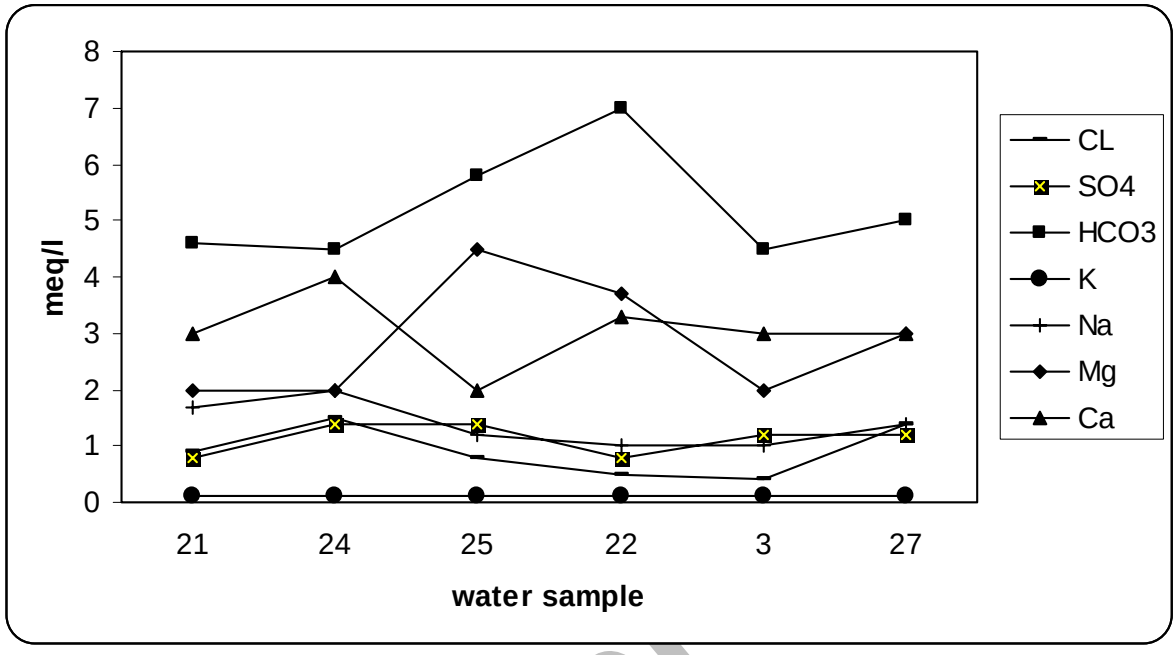
پارامتر	واحد	حداقل مقدار	حداكثر مقدار	ميانگين	انحراف معيار
PH	-	٧/٢	٨/٢	٧/٧	٠/٢۴۴
EC	Micro mohs/cm	۴١٠	٢٢٠٠	٨٩٧	١٣١
TDS	mg/l	٢۵٨/٣	١٣٨۶	۵۶۵	٨۵/٣
Na^{+}	mg/l	٢٣	٣٢٢	٧٣/٨	١٢/۶
K^{+}	mg/l	۴	٧/٨	۴/۵	١/۵
Ca^{2+}	mg/l	٣۶	١۴٠	۶٠	١٢/٧
Mg^{2+}	mg/l	١۴/۴	١٠٢	٢٩/۵	٧/٨
Cl^{-}	mg/l	٧/١	۵٨۶	١٠١	۶/۵
HCO^{-}_{3}	mg/l	١٨٩	۶٧١	٣١۴/٧	٣٢/٢۴
CO^{2-}_{3}	mg/l	-	-	-	-
SO^{2-}_{4}	mg/l	٣٨/۴	٢١۶	٨١	١٢/٢۶
TH	mg/l	١٧٠	٧٠٠	٣٣٠	۵۵/٧
SAR	-	٠/۵٣	٧/٩۵	١/٧٣	٠/٢٨
%Na	%	٣/٠۶	۶٨/۶٣	٢٨/٩٣	٢/۶
RSC	meq/l	-١٠/٢	٢	-١/٢۵	٢/٣۴
PI	%	٣۴/٩۵	٨۴/١٨	۵٢/٨٧	١١/٢۶
CAI1	meq/l	-٢/٣	١/٧۵	-٠/۶۶	٠/٧
CAI2	meq/l	-٠/٣٣	٠/۴۵	-٠/٠۵	٠/١١
$SI_{calcite}$	-	-٠/٢٢	١/۴٩	٠/۴۴	٠/٢۶
SI dolomite	-	-٠/۵٧	٣/٣٨	١	٠/٧۴
SI aragonite	-	-٠/٣۶	١,٣۵	٠/٣	٠/٢۵
SI_{gypsum}	-	-٢/٢۶	-١/٢۶	-١/٨٩	٠/٢۵
SI anhydrate	-	-٢/۴٨	-١/۴٨	-٢/١١	٠/٢۴

EC: Electrical conductivity
TDS: Total dissolved solids
TH: Total hardness
SAR: Sodium adsorption ratio

RSC: Residual sodium carbonate
PI: Permeability index
CAI: Chloro alkaline index
SI: Saturation index

Archive of SID

www.SID.ir



شكل ٤: نمودار روند تغييرات غلظت يونهاي اصلي موجود در آبهاي زيرزميني منطقه سلماس در امتداد مسير جريان آب زيرزميني

۲-۱-۴- تيپ آب‌هاي زيرزميني

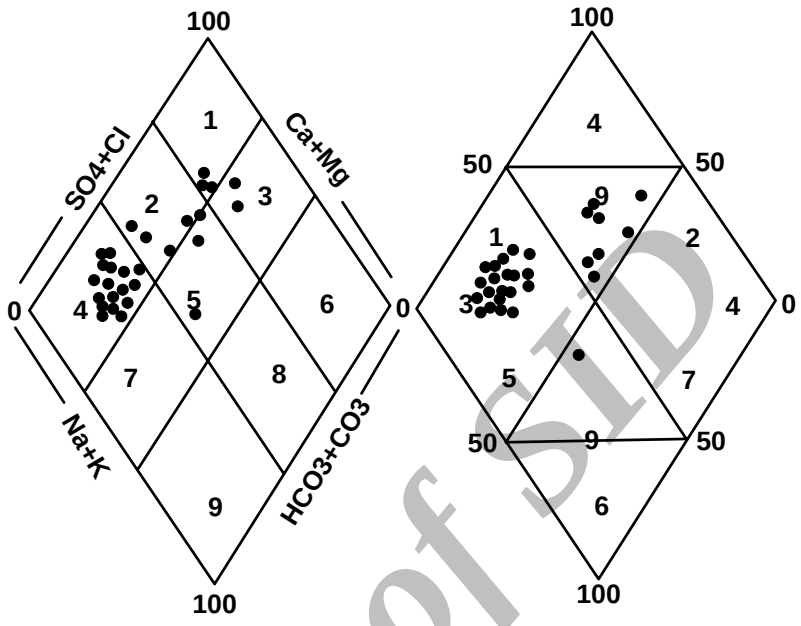
به منظور تعيين تيپ و رخساره آبهاي زيرزميني منطقه مورد مطالعه از دياگرام پايپر(Piper,1944) استفاده شد(شكل۵). نتايج حاصله نشان مي دهد كه در منطقه مورد مطالعه سه تيپ آب متفاوت وجود دارد كه براساس فراواني عبارتنداز: $Ca\text{-}HCO_3$, $Mg\text{-}HCO_3$, Na-Cl. درشكل(۶) پهنه بندي تيپ آبهاي زيرزميني منطقه مورد مطالعه بر اساس پراكندگي نمونه آبها نشان داده شده است.

با توجه به اين كه تيپ غالب آب‌هاي منطقه $Mg,Ca\text{-}HCO_3$ مي باشد در نتيجه اين آبها داراي سختي موقت هستند و در آنها غلظت كاتيونهاي قليايي خاكي(Mg^{2+},Ca^{2+}) بيشتر از قليايي ها(Na^{+},k^{+}) بوده و آنيونهاي اسيد هاي ضعيف(CO^{2-}_3,HCO^{-}_3) بيشتر از آنيونهاي اسيد هاي قوي((SO^{2-}_4,Cl^{-}مي باشد.

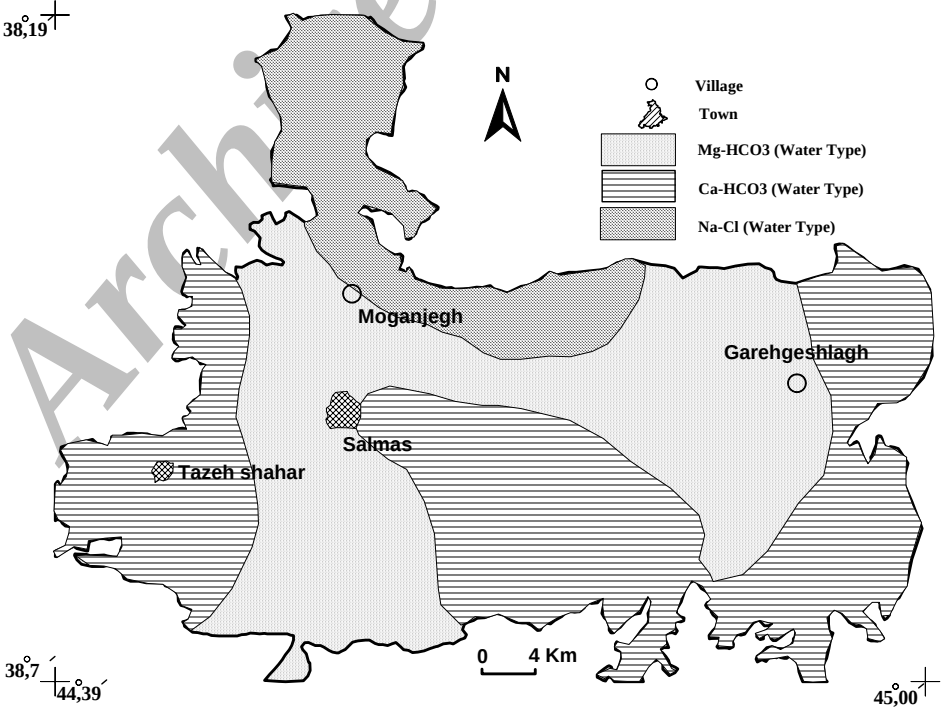
لازم به توضيح است كه در ناحيه شمالي منطقه مورد مطالعه آبها داراي تيپ غالب Na-Cl هستند كه در اين شرايط غلظت كاتيونهاي قليايي و آنيون هاي اسيد هاي قوي بيشتر مي باشد و دليل آن بيشتر تأثير رسوبات تبخيري گسترش يافته در اين مناطق و نيز دانه ريز بودن رسوبات مي‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شكل ۵: دياگرام پايپر و موقعيت نمونه آبهاي زيرزميني منطقه سلماس بر روي اين دياگرام



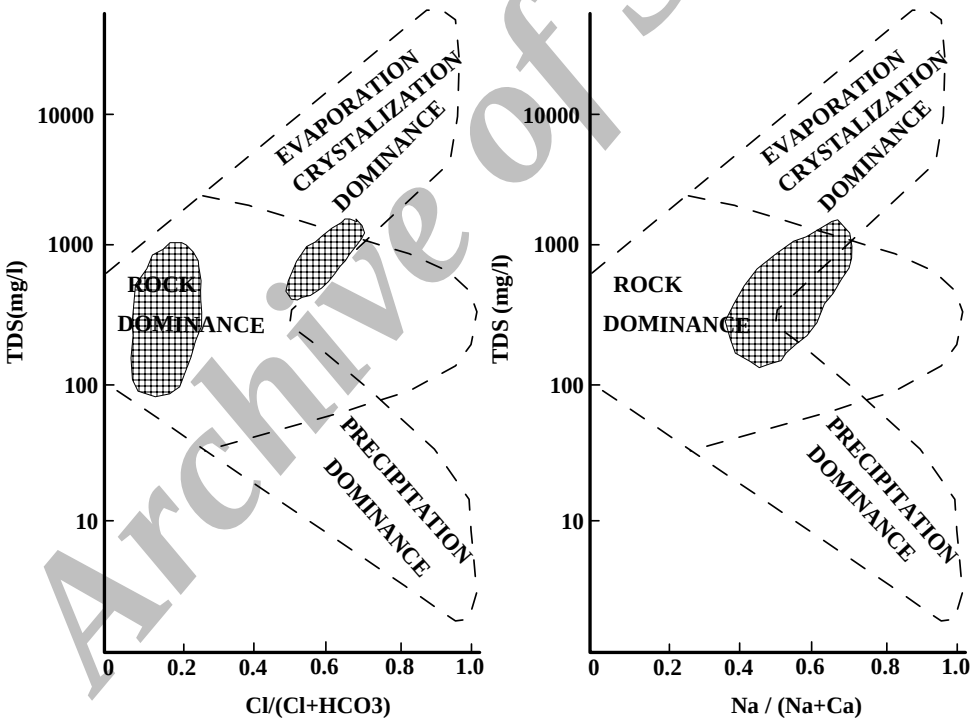
شكل ٦: زون بندي آبخوان دشت سلماس بر اساس انواع تيپ آبهاي زيرزميني

Archive of SID

www.SID.ir

۳-۱-۴- ارتباط متقابل بين آب و سنگهاي در بر گيرنده

به منظور بررسي تأثير ليتولوژي سنگ‌هاي در برگيرنده بر كيفيت آب‌ها، تعيين مكانيسم حاكم بر جريان آب زيرزميني و تركيب يونهاي اصلي موجود در آب زيرزميني از دياگرام گيبس استفاده شد Subbarao, (2001). بر اساس اين دياگرام(شكل۷) نمونه آب‌هاي زيرزميني سلماس عمدتا در ناحيه اي از دياگرام كه پديده سنگي(Rock Dominant) غالب است قرار مي‌گيرند كه نشان دهنده تأثير متقابل بين شيمي سنگ و شيمي آب‌هاي حاصل از بارش كه به زير زمين نفوذ كرده‌اند مي باشد. از بين نمونه ها فقط ۲ تا از نمونه ها در ناحيه اي از دياگرام كه تبخير و تبلور فرآيند غالب مي‌باشد قرار مي گيرند.



شكل ۷: موقعيت نمونه آبهاي زيرزميني منطقه مورد مطالعه بر روي دياگرام گيبس

با توجه به تأثير ليتولوژي سازند هاي مختلف زمين شناسي بر روي كيفيت آبهاي زيرزميني منطقه شاخص اشباعيت نمونه آبهاي زيرزميني براي كانيهاي مختلف مورد بررسي قرار گرفت كه براي اين منظور شاخص اشباعيت(Saturation index) تمامي نمونه‌هاي آبهاي زيرزميني از طريق كد كامپيوتري PHREEQC محاسبه گرديد (Parkhurst and Appelo, 1999). شاخص اشباع براي كانيهاي مختلف به منظور ارزيابي ميزان تعادل

Archive of SID

www.SID.ir

بين آب و كانيها استفاده مي شود كه تغيير در حالت اشباع آب نسبت به كانيهاي مختلف، واكنش‌هاي ژئوسيميايي كنترل كننده شيمي آب را مشخص مي نمايد(Langmuir,1997; Jalali, 2006; Castillo and et al., 2007). نتايج حاصل نشان مي دهد كه اين آبها نسبت به كانيهاي كربناته كلسيت، دولوميت و آراگونيت فوق اشباع و شاخص اشباع مثبت(SI>۱) و براي كاني هاي سولفاته انيدريت و ژيپس و گازهاي دي اكسيد كربن و هيدروژن تحت اشباع و شاخص اشباع منفي(SI<۱) مي‌باشد كه نشان دهنده تأثير احتمالي سنگهاي دربرگيرنده بر روي شيمي آبهاي زيرزميني منطقه مورد مطالعه مي باشد(شكل۸). محاسبه ميانگين شاخص اشباع براي كانيهاي كلسيت، دولوميت و ژيپس در گروههاي مختلف آب(تيپ آبهاي محتلف) نشان ميدهد كه مقدار ميانگين SI_{cal}، SI_{dol} و SI_{gyp} به ترتيب براي آبهاي با تيپ $Mg\text{-}HCO_3$ ۰/۵۹، ۱/۴۵، ۲/۰۵- براي آبهاي با تيپ $Ca\text{-}HCO_3$ ۰/۲۶، ۰/۳۱، ۱/۹۴- براي آبهاي باتيپ Na-Cl ۰/۴، ۱/۰۳۷، ۱/۶۹- مي باشد. شرايط اشباع نشان مي‌دهد غلظت بالاي يونهاي بي كربنات، كلسيم و منيزيم باعث شده كه آبهاي اين منطقه نسبت به كانيهاي كلسيت و دولوميت به حالت فوق اشباع رسيده كه انتظار رسوب براي كانيهاي كربناته(كلسيت و دولوميت) و انحلال براي كاني‌هاي سولفاته(ژيپس و انيدريت) وجود دارد.كه رسوب كانيهاي كربناته كلسيت و آراگونيت مي تواند نتيجه فرسايش و هوازدگي سنگهاي آهكي موجود در منطقه باشد. بررسي رابطه بين شاخص اشباع كانيهاي كلسيت و آراگونيت در دشت سلماس(شكل۹) نشان مي‌دهد كه بين اين دو شاخص رابطه زير برقرار است و بر اين اساس، كلسيت كربنات كلسيم غالب مي باشد.

$$SI_{calcite} = ۰/۹۹۶ + SI_{aragonite}\ \ ۰/۱۴۳$$

۴-۱-۴- شاخص كلر- قليائيت[1]

تعويض وتبادل يوني بين آبهاي زير زميني درسفره و نيز درطول انتقال آن بايستي به منظور ارزيابي تغييرات كيفيت آب مشخص گردد(Sastri., 1994). براي اين منظورشاخص كلر- قليائيت ۲، ۱(CAI 1,2) توسط شولر(1977) پيشنهاد گرديد كه اين شاخص ها تبادل يوني بين آب زير زميني و محيط اطراف رانشان مي‌دهند كه مقدار آنها از روابط زيربدست مي آيد

$$CAI\ 1 = (Cl-(Na+k))/Cl$$

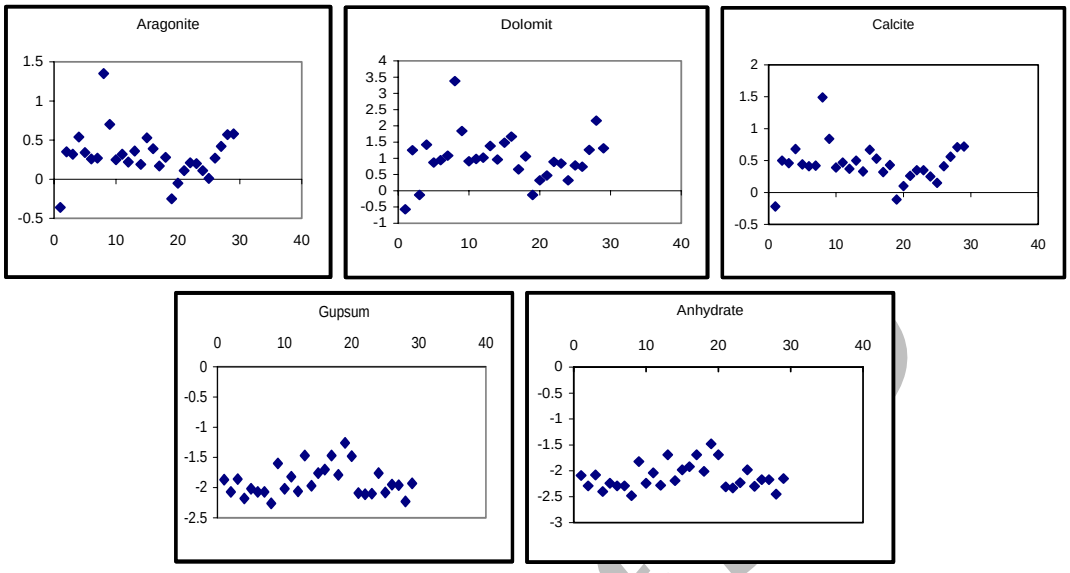
$$CAI\ 2 = (Cl-\ HCO_{3+}\ \ NO_{3+}CO_3)\ (Na+k))/(SO_{4+})$$

چنانچه مقادير CAIمنفي باشد نشان دهنده تعويض يوني بين K^+ , Na^+موجود در آب با Ca^{2+} , Mg^{2+} موجود در سنگ‌هاي ميزبان مي باشد واگرمقاديرCAI مثبت باشد بين آب و سنگ‌هاي ميزبان تبادل يوني وجود ندارد.

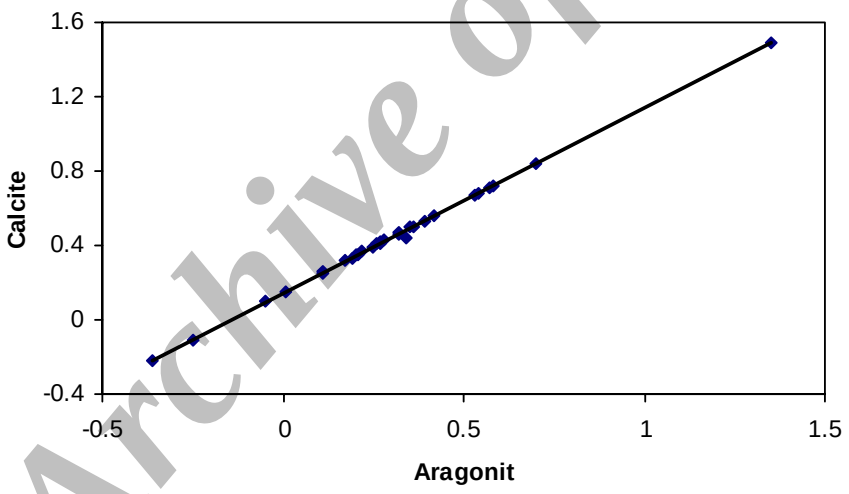
محاسبات شاخص كلر- قليائيت ۱، ۲ براي نمونه آبهاي برداشت شده از منطقه مورد مطالعه نشان مي‌دهد كه اين شاخص براي نمونه آبها بين۱/۷۵ تا ۲/۳- تغيير مي‌كند و ميانگين اين شاخص ۰/۶۶- مي باشد.

1 - Chloroalkaline index

Archive of SID
www.SID.ir



شكل ۸: نمودار شاخص اشباعيت آبهاي زيرزميني منطقه سلماس براي كانيهاي كربناته و سولفاته



شكل ۹: نمودار رابطه بين شاخص اشباعيت كلسيت و آراگونيت آبهاي زيرزميني منطقه سلماس

۴-۲- كيفيت آب براي مصارف مختلف

۴-۲-۱- تعيين كيفيت آب براي مصارف شرب

در اين مطالعه به منظورتعيين كيفيت آب جهت مصارف شرب نتايج حاصل از آناليز پارامترهاي فيزيكوشميايي آبهاي زيرزميني منطقه با استانداردهاي جهاني كيفيت آب آشاميدني كه توسط سازمان بهداشت جهاني WHO(1983, 1984, 1989) و سازمان بهداشت محيط امريكاAPHA(1989,1995) و استانداردهاي ارائه شده در كشور مقايسه گرديد. در

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره(۳) غلظت يونهاي نمونه آبهاي منطقه سلماس با استانداردهاي ارائه شده مقايسه شده است.

بررسي غلظت يونهاي موجود در تركيب آبهاي منطقه مورد مطالعه نشان مي‌دهد كه غلظت يونهاي موجود در اكثر نمونه هاي انتخابي در حد مطلوب بوده و براي مصارف شرب مناسب مي باشند و فقط در نمونه هاي ناحيه شمالي منطقه(نمونه هاي شماره ۲۰، ۱۹، ۱۳) غلظت برخي از يونها ازحداكثر مقدار مجاز تعيين شده توسط استانداردها تجاوز مي نمايد لذا كيفيت آبهاي زيرزميني اين ناحيه از منطقه مورد مطالعه براي مصارف شرب مناسب نمي باشند. به منظور اطمينان از نتايج حاصله، از دياگرام شولر(Scholler,1967) نيز براي تعيين كيفيت آب جهت مصارف شرب استفاده شد. براين اساس ۶۲ درصد از نمونه ها در زون خوب براي شرب، ۲۴ درصد در زون قابل قبول براي شرب و ۱۴ درصد باقي مانده در كلاس نامناسب براي شرب قرار مي گيرند.

با توجه به اينكه باقيمانده خشك يا كل مواد جامد محلول(TDS) در آب و سختي كل(TH) از پارامترهاي اصلي جهت تعيين كيفيت آب بشمار مي آيند ميزان اين پارامترها مورد بررسي قرار گرفت و درنهايت با توجه به طبقه بندي كيفي آبها بر اساس اين پارامترها، آبهاي منطقه طبقه بندي شد. نتايج حاصله نشان مي‌دهد كه مقدار TDS نمونه آبهاي منطقه بين ۱۳۲۳-۲۵۸ ميلي گرم بر ليتر تغيير مي نمايد و با توجه به تقسيم بندي آبها بر اساس TDS، ۸۶ درصد از نمونه ها در كلاس آبهاي تازه و شيرين و ۱۴ درصد باقي مانده در كلاس آبهاي كمي شور قرار مي گيرند. محاسبه سختي كل نمونه آبهاي برداشت شده از منطقه نشان مي‌دهد كه مقدار آن بين ۷۰۰-۲۱۰ ميلي گرم بر ليتر كربنات كلسيم معادل آن تغيير مي كند و بر اساس جدول(۴)، ۴۸ درصد از نمونه ها در كلاس آبهاي خيلي سخت، ۵۲ درصد از نمونه ها در كلاس آبهاي سخت قرار مي‌گيرند. شكل(۸) زون بندي منطقه مورد مطالعه را بر اساس سختي آبها زيرزميني نشان مي دهد.

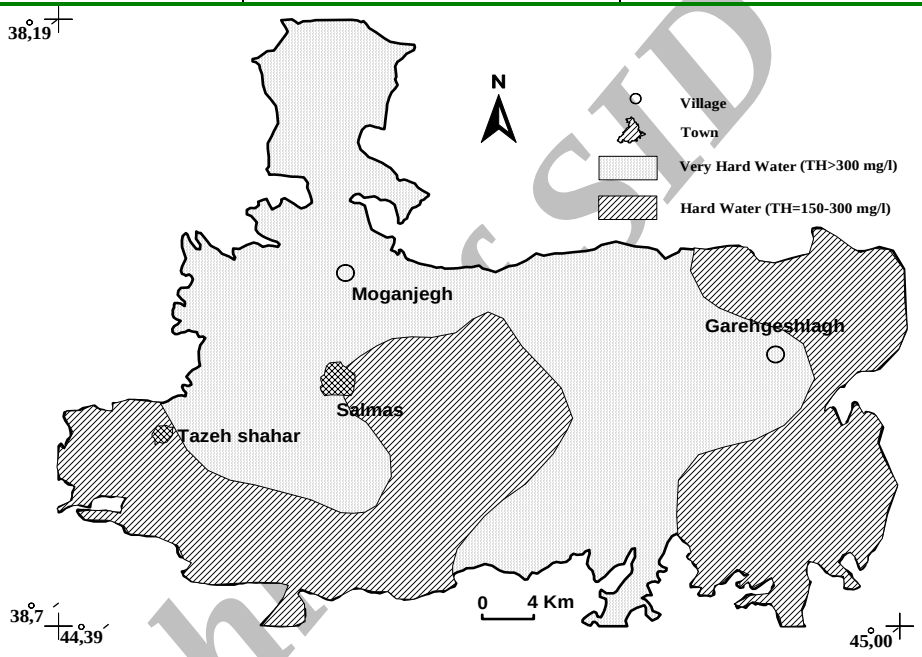
جدول ۳: مقايسه غلظت برخي از يونهاي نمونه آبهاي زيرزميني منطقه سلماس با استانداردها براي مصارف شرب

پارامتر	مقدار مطلوب	حداكثر مقدار مجاز	مقدار در نمونه آبهاي زيرزميني منطقه مورد مطالعه
PH(mg/l)	۷-۸/۵	۹/۲	۷/۲-۸/۲
TDS(mg/l)	۵۰۰	۱۵۰۰	۱۳۸۶-۵۶۵
TH(mg/l)	۱۰۰	۵۰۰	۳۳۰-۷۰۰
Na^{+}(mg/l)	-	۲۰۰	۲۳-۳۲۲
Ca^{2+}(mg/l)	۷۵	۲۰۰	۳۶-۱۴۰
Mg^{2+}(mg/l)	۵۰	۱۵۰	۱۴/۴-۱۰۲
Cl^{-}(mg/l)	۲۰۰	۶۰۰	۷/۱-۵۸۶
SO_4(mg/l)	۲۰۰	۴۰۰	۳۸/۴-۲۱۶

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۴: طبقه بندي كيفي آبها بر اساس سختي كل(**TH**)(**Subramani and et al., 2005**)

كيفيت آب	TH(as $CaCO_3$),mg/l	درصد نمونه هاي منطقه سلماس
آب نرم	<۷۵	-
سخت متعادل	۷۵-۱۵۰	-
سخت	۱۵۰-۳۰۰	% ۵۲
خيلي سخت	>۳۰۰	% ۴۸



شكل ۱۰: زون بندي منطقه مورد مطالعه بر اساس سختي كل(**TH**) آبهاي زيرزميني

۲-۲-۴- تعيين كيفيت آب براي مصارف كشاورزي

به منظور ارزيابي كيفيت آب كشاورزي از پارامترها وشاخص هاي خطر شوري و قليائيت، نسبت جذب سديم، درصد سديم، كربنات كلسيم باقي مانده و شاخص نفوذپذيري استفاده شد.

با توجه به ميزان EC آبهاي منطقه مورد مطالعه(۲۲۰۰-۴۱۰ ميكروموس بر سانتي متر) ۵۹ درصد از نمونه ها در كلاس ۲(كيفيت آب خوب) و ۳۴ درصد از نمونه ها در كلاس ۳(كيفيت آب قابل استفاده) و ۷ درصد باقي مانده در كلاس ۴(كيفيت آب مشكوك) قرار مي‌گيرند(جدول۵)كه نشان از كيفيت نسبتا خوب آبها براي مصارف كشاورزي است. شكل(۱۱) زون بندي منطقه مورد مطالعه را بر اساس هدايت الكتريكي آبهاي زيرزميني نشان مي‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

نسبت جذب سديم(Sodium adsorption ratio) و درصد سديم(%Na) از پارامترهاي مهم تعيين خطر قليائيت و كيفيت آب براي مصارف كشاورزي محسوب مي‌شود. مقدارSAR را مي توان از طريق رابطه‌اي كه توسط Karanth(1987) ارائه شده است محاسبه كرد.

$$SAR=Na/[2(Ca+Mg)]^{1/2}$$

كه در اين رابطه غلظت يونها بر اساس meq/l مي‌باشد. ويلكوكس(Wilcox,1955) بر اساس دو پارامتر EC,SAR دياگرامي براي تعيين كيفيت آب كشاورزي ارائه نموده(شكل١٢) كه با توجه به موقعيت نمونه آبهاي منطقه بر روي اين دياگرام ٥٩ درصد از نمونه ها در كلاس C_2S_1، ٤١ درصد در كلاسC_3S_1 قرار مي‌گيرند كه بيانگر خطر شوري متوسط تا بالا و خطر قليائيت كم مي‌باشد و اين آبها براي مصارف كشاورزي مناسب مي‌باشند. كربنات كلسيم باقي مانده(Residual sodium carbonate) به منظور تعيين خطراتي كه غلظت يون كربنات و بيكربنات بر روي كيفيت آب كشاورزي دارد محاسبه ميشود. مقدار آن از رابطه زير بدست مي آيد (Srinivasa,2005). كه در اين رابطه غلظت يونها بر حسب meq/l مي‌باشد.

$$RSC=(HCO3+CO3)-(Ca+Mg)$$

محاسبه مقادير RSCنمونه آبهاي زيرزميني منطقه سلماس نشان داد كه مقدار اين پارامتر بين ٢ تا ١٠/٢- تغيير مي كند كه نشان دهنده كيفيت خوب تا متوسط اين آبها براي مصارف كشاورزي است. نفوذپذيري خاك در اثر استفاده طولاني مدت آب آبياري و بر اثر يونهاي HCO^{-}_{3},Mg^{2+},Ca^{2+},Na^{+} تغيير مي‌يابد كه براي ارزيابي اين تأثير شاخص نفوذپذيري(Permeability index) پارامتر مناسبي است كه اين شاخص از طريق رابطه زير محاسبه مي‌گردد (Subramani et al., 2005):

$$PI=100[Na+(HCO3)^{1/2}]/(Ca+Mg+Na)$$

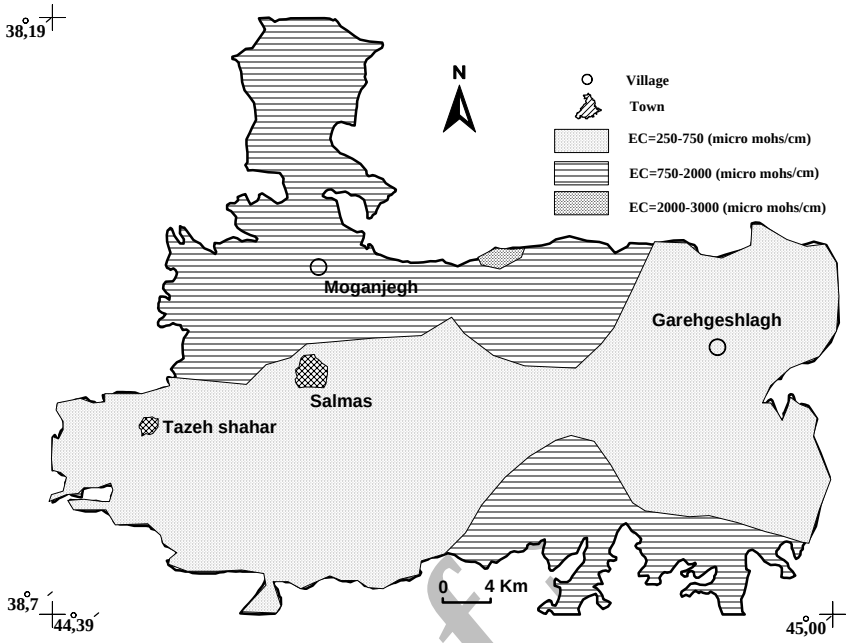
محاسبه شاخص نفوذپذيري نمونه آبهاي زيرزميني منطقه مورد مطالعه نشان مي‌دهد كه اين شاخص بين ٨۴-٣۵ درصد تغيير مي‌نمايد كه بر اساس طبقه‌بندي آبها بر اساس PI، ٩٣ درصد از اين آبها در كلاس ٢(٧۵-٢۵% =PI) قرار مي‌گيرند كه نشان از كيفيت مناسب اين آبها براي مصارف كشاورزي دارد.

جدول۵: طبقه بندي كيفي آب كشاورزي بر اساس **EC(Park et al.,2005)**

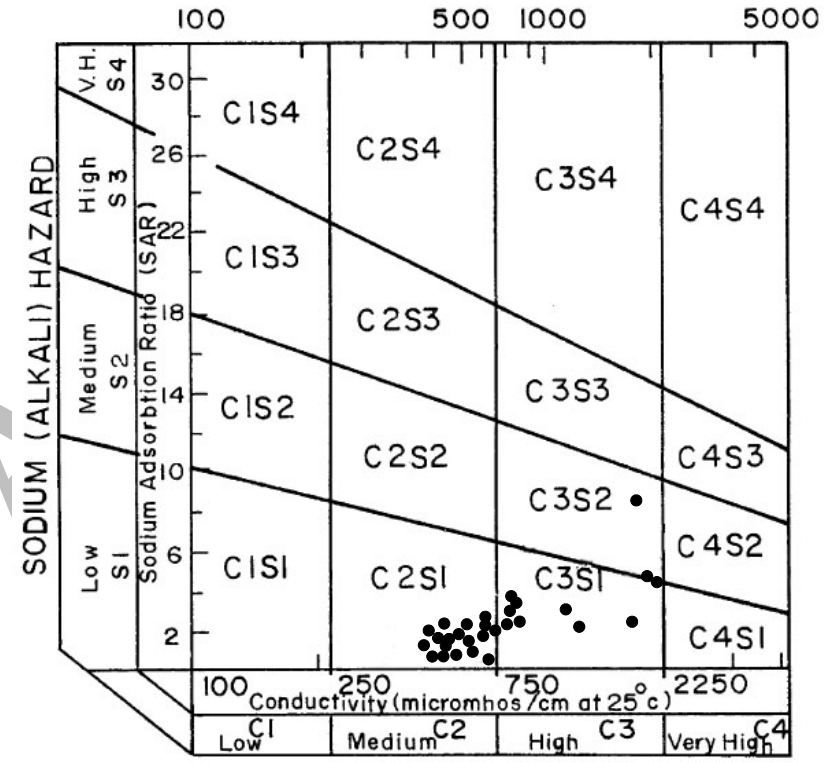
كلاس آب	كيفيت آب	(ميكروموس بر سانتي متر)EC	درصد نمونه هاي منطقه سلماس
١	بسيار خوب	<٢۵٠	-
٢	خوب	٢۵٠-٧۵٠	% ۵٩
٣	قابل استفاده	٧۵٠-٢٠٠٠	% ٣۴
۴	مشكوك	٢٠٠٠-٣٠٠٠	% ٧
۵	نامناسب	>٣٠٠٠	-

Archive of SID

www.SID.ir



شكل ۱۱: زون بندي منطقه مورد مطالعه بر اساس هدايت الكتريكي(**EC**) آبهاي زيرزميني



شكل ۱۲: دياگرام **Wilcox** و موقعيت نمونه آبهاي زيرزميني منطقه سلماس بر روي اين دياگرام

www.SID.ir

۳-۲-۴- تعيين كيفيت آب براي مصارف صنعتي

به منظور تعيين كيفيت آبها جهت مصارف صنعتي ضريب لانژليه(I_s) نمونه آبها بر اساس رابطه $I_s = pH_m - pH_s$ محاسبه شد كه در اين رابطه pH_m، pH واقعي آب و pH_s مقدار pH آب در حالت اشباع از كربنات كلسيم مي باشد. در اين رابطه چنانكه $I_s>0$ باشد آب تمايل به پوسته گذاري دارد و اگر $I_s<0$ باشد آب خورنده بوده و اگر $I_s=0$ باشد آب حالت خنثي دارد. محاسبه مقادير I_s نشان داد كه ۶۲ درصد از نمونه آبهاي انتخابي از منطقه سلماس داراي $I_s>0$ بوده و خاصيت پوسته گذار داشته و ۳۸ درصد باقي مانده داراي $I_s<0$ بوده و خاصيت خورندگي دارند كه اين آبها عمدتا در جنوب شهرستان سلماس واقع شده اند.

۵- نتيجه گيري

تفكيك واحدهاي زمين شناسي منطقه از ديدگاه تأثير در تشكيل منابع آب نشان داد كه سازند قم و روته با ليتولوژي آهک و آهک دولوميتي و نيز آهكهاي پلاژيک مربوط به كرتاسه از سازند هاي كربناته موثر در تشكيل منابع آب مي باشند.

تفسير آناليزهاي هيدروشيميايي آبهاي زيرزميني در منطقه سلماس نشان مي‌دهد كه آبهاي اين منطقه جزو آبهاي شيرين و سخت تا خيلي سخت بوده و عمدتاً داراي تيپ $Mg, Ca-HCO_3$ مي باشند كه بر اساس غلظت يونهاي اصلي موجود در آبهاي زيرزميني منطقه شرايط آنيوني و كاتيوني زير حاكم است:

$Mg^{2+}>Ca^{2+}>Na^{+}>K^{+}$ $HCO^{-}_3>SO^{2-}_4>Cl^{-}$، بررسي ليتولوژي سنگهاي در برگيرنده ناحيه شمالي منطقه مورد مطالعه نشان داد كه وجود سازند قم با ليتولوژي آهک، مارن، شيل با ميان لايه هايي از ژيپس و نيز رسوبات ميوسن با ميان لايه هايي از شيل، مارن، نمک و كنگلومراي ضخيم لايه با ميان لايه هاي از رسوبات تبخيري باعث افزايش شوري و غلظت يونهاي Cl^{-}, Na^{+} در منابع آب زيرزميني اين ناحيه از منطقه مورد مطالعه گرديده است كه نتايج حاصل از دياگرام گيبس نيز نشان دهنده تأثير متقابل بين شيمي سنگ و شيمي آبهاي حاصل از بارش كه به زير زمين نفوذ كرده اند مي باشد. نتايج حاصل از محاسبه شاخص اشباع نشان مي دهد كه اين آبها نسبت به كانيهاي كربناته كلسيت، دولوميت و آراگونيت فوق اشباع و براي كاني هاي سولفاته انيدريت و ژيپس و گازهاي دي اكسيد كربن و هيدروژن تحت اشباع مي‌باشند و كيفيت آبهاي زيرزميني اين منطقه بخصوص در ناحيه شمالي دشت متاثر از ليتولوژي و كيفيت آب تغذيه اي مي باشد.

بررسي كيفيت آب جهت مصارف شرب از طريق مقايسه غلظت يونها با استانداردهاي موجود نشان داد كه غلظت يونهاي آبهاي زيرزميني منطقه سلماس از حداكثر مجاز تعيين شده تجاوز نمي نمايد و فقط در چند نمونه واقع در شمال منطقه غلظت يونها بيش از حداكثر مجاز است لذا اكثر آبهاي زيرزميني منطقه براي شرب مناسب مي باشند.

Archive of SID
www.SID.ir

بررسي كيفيت آبهاي زيرزميني منطقه براي مصارف كشاورزي از طريق بررسي خطر شوري و قليائيت، نسبت جذب سديم، درصد سديم، دياگرام ويلكوكس، كربنات سديم باقي مانده وشاخص نفوذپذيري نشان مي‌دهد كه كيفيت اين آبها براي مصارف كشاورزي مناسب مي‌باشد. محاسبه ضريب لانژليه(I_s) نمونه آبهاي زيرزميني منطقه سلماس نشان داد كه ۶۲ درصد از نمونه آبهاي انتخابي خاصيت پوسته گذار و ۳۸ درصد باقي مانده داراي خاصيت خورندگي دارند كه اين آبها عمدتا در جنوب شهرستان سلماس واقع شده اند.

تشكر و قدرداني

از مديريت و كاركنان محترم معاونت مطالعات پايه منابع آب سازمان آب منطقه اي استان آذربايجان غربي و شركت آب و فاضلاب استان به خاطر در اختيار گذاشتن امكانات و اطلاعات لازم سپاسگزاري مي شود.

منابع

۱- اطلس راههاي ايران.انتشارات سازمان گيتاشناسي(۱۳۸۰).

۲- آقازاده، نصرت، اصغري مقدم، اصغر. بررسي هيدروژئولوژي آبخوان دشت هرزندات و ارائه مدل رياضي آن. مجله دانش كشاورزي دانشكده كشاورزي دانشگاه تبريز. نسخه ۱۶. شماره ۱. صحفه ۸۲-۷۳(۱۳۸۵).

۳- سازمان آب منطقه اي استان آذربايجان غربي. گزارش بيلان محدوده مطالعاتي سلماس(۱۳۸۵).

٤- خدابنده لو، ع. نقشه زمين شناسي سلماس(۱/۱۰۰۰۰). سازمان زمين شناسي كشور(۱۳۸٤).

۵- نبوي، م.ح. ديباچه اي بر زمين شناسي ايران. سازمان زمين شناسي كشور(۱۳۵۵).

6- APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th ed. American Public Health Association.Washington,D.C.,1,467 pp(1995).

7- Coetsiers , M. and Walraevens, k., Chemical characterization of the Neogene Aquifer, Belgium. Hydrogeology Journal , 14: 1556–1568(2006).

8- Foster, G.D. and et al. Hydrogeochemistry and transport of organic contaminants in an urban watershed of Chesapeake Bay(USA). Applied Geochemistry. 15: 901-915(2000).

9- Gallardo,A.H.,Tase,N., Hydrogeology and geochemical characterization of groundwater in a typical small-scale agricultural area of Japan. Journal of Asian Earth Science,1-11(2006).

10- Jalali, M., Chemical characteristics of groundwater in parts of mountainous region, Alvand, Hamadan, Iran. Environ. Geol., 51: 433-446(2006).

11- Karanth,KR., Groundwater assessment, development and management. Tata McGraw Hill.New Delhi. 720 pp(1987).

12- Langmuir, D., Aqueous environmental geochemistry. Prentice Hall, Inc. 601 pp(1997).

13- Olajire, A.A., and Imeokparia F.E., Water quality assessment of Osun river: studies on inorganic nutrients. Environ Monitoring Assess. 69:17-28(2001).

14- Menda, A., Astroga, A. and Neumann, D., Strategy for groundwater management in developing countries: A case study in northern Costa Rica. Journal of Hydrology. 334: 109-124(2007).

15- Park,S. And et al., Regional hydrochemical study on salinization of coastal area of South Korea. Journal of Hydrology 313,182-194(2005).

16- Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J., User’s guide to PHREEQC(ver.2)-A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. USGeol. Surv. Water-Resources Invest. Rept., 99–4259(1999).

17- Piper,A.M., A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. Trans.,Am. Geophysic.Union 25,914-923(1944).

18- Sastri JCV., Groundwater chemical quality in river basins, hydrogeochemical facies and hydrogeochemical modeling. Lecture notes—

Archive of SID

www.SID.ir

refresher course conducted by school of Earth Sciences. Bharathidasan University, Thiruchirapalli, Tamil Nadu, India(1994).
19- Schoeller,H., Qualitative evaluation of groundwater resources. In: Methods and techniques of groundwater investigation and development. Water Research.Series-33,UNESCO,pp 44-52(1967).
20- Schoeller H. , Geochemistry of groundwater. Ch. 15, pp 1–18 In: Groundwater studies-An International guide for research and practice, UNESCO, Paris(1977).
21- Srinivasa Gowd,S., Assessment of groundwater quality for drinking and irrigation purpose: a case study of Peddavanka watershed , Anantapur District, Andhra Pradesh,India.Environmental Geology 48,702-712(2005).
22- Subbarao,N., Geochemistry of groundwater in parts of Guntur district, Andhra Pradesh, Hndia. Environmental Geology 41,552-562(2001).
23-Subramani ,T., Elango,L. ,Damodarasamy,S.R, Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India. Environmental Geology 47,1099-1110(2005).
24- Sujatha, D., Rajeswara Reddy,B., Quality characterization of groundwater in the south-eastern part of the Ranga Reddy district, Andhra Pradesh, India.Environmental Geology 44,579-586(2003).
25- WHO., Guideline to drinking water quality. World Health Organization. Geneva. 186 pp(1983).
26- WHO., Guidelines for drinking water quality. Vol.1. Recommendations, World Health Organization, Geneva,130 pp(1984).
27- WHO., Health Guidelines for the use of wastewater in Agriculture and Aquaculture. Report of a WHO Scientific Group-Technical Report Series 778,WHO Geneva,74 pp(1989).
28- Wilcox,LV., Classification and use of irrigation water. USDA, Circular 969.Washington, DC. USA(1955).

Archive of SID

www.SID.ir