



مهتاب ساکی<sup>۱</sup>\*

فاطمه ساکی<sup>۲</sup>

ایمان بلواسی<sup>۳</sup>

## مطالعه شاخص های اشیاع در منشا املاح منابع آب های زیر زمینی

تاریخ پذیرش: 1399/03/10

تاریخ دریافت: 1398/04/13

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی آب زیرزمینی شهرستان دلفان از نظر ویژگی های ژئوشیمیایی میباشد. برای این منظور از آنالیز عناصر اصلی آب زیرزمینی منطقه استفاده شده است. که مطابق آنها همه ی پارامترها پایین تر از حد مجاز بوده اند. از آنجا که شاخص اشیاع میتواند عامل مهمی در درک فرایند انحلال\_ته نشینی کانی ها موجود در آب زیرزمینی باشد، به محاسبه شاخص اشیاع با استفاده از کد کامپیوتری Phreeqc پرداخته شده است. شاخص اشیاع کانی های مورد بررسی در همه ی نمونه های آب منفی بود و همه ی کانی های مورد نظر میتوانند در حال انحلال باشند. همچنین بر اساس نمودارهای تبادل یونی، سدیم و کلر دارای دومنشا متفاوت بوده و انحلال کلسیت، دولومیت و ژپس در اکثر نمونه ها رخ داده که انحلال کلسیت و دولومیت بیشتر بوده است. مطابق نمودار پایپر تیپ آب منطقه بیکربناته-کلسیک میباشد. به منظور یافتن فاکتور اصلی شیمی آب زیرزمینی از روش واریمکس چرخشی که عمومی ترین نوع PCA است، به این دلیل که مولفه های قابل تفسیر بیشتری ارائه میدهد، استفاده شده است. مطابق این روش انحلال سنگ های آهکی و دولومیتی و تعامل آب-سنگ مهمترین عوامل کنترل کننده ی شیمی آب زیرزمینی منطقه است. بررسی توزیع متغیرها در محیط نشان داد که سدیم و کلرید و سولفات دارای چولگی مثبت، کربنات دارای چولگی منفی و اسیدیت، کلسیم و منیزیم دارای توزیع تقریباً متقارن و یکنواخت میباشد. در بین متغیرها پارامترهای TDS, TH, EC دارای دامنه تغییرات وسیع قابل توجهی میباشد. ضریب همبستگی پیرسون بامشترین همبستگی بین کلسیم با بیکربنات و منیزیم با سولفات که میتواند نشانگر هم منشا بودن آنها باشد محاسبه شد.

کلید واژه ها: شاخص اشیاع، تبادل یونی، تحلیل عاملی.

<sup>1</sup> دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، ملایر، ایران. (نویسنده مسئول)

mahtab9473@gmail.com

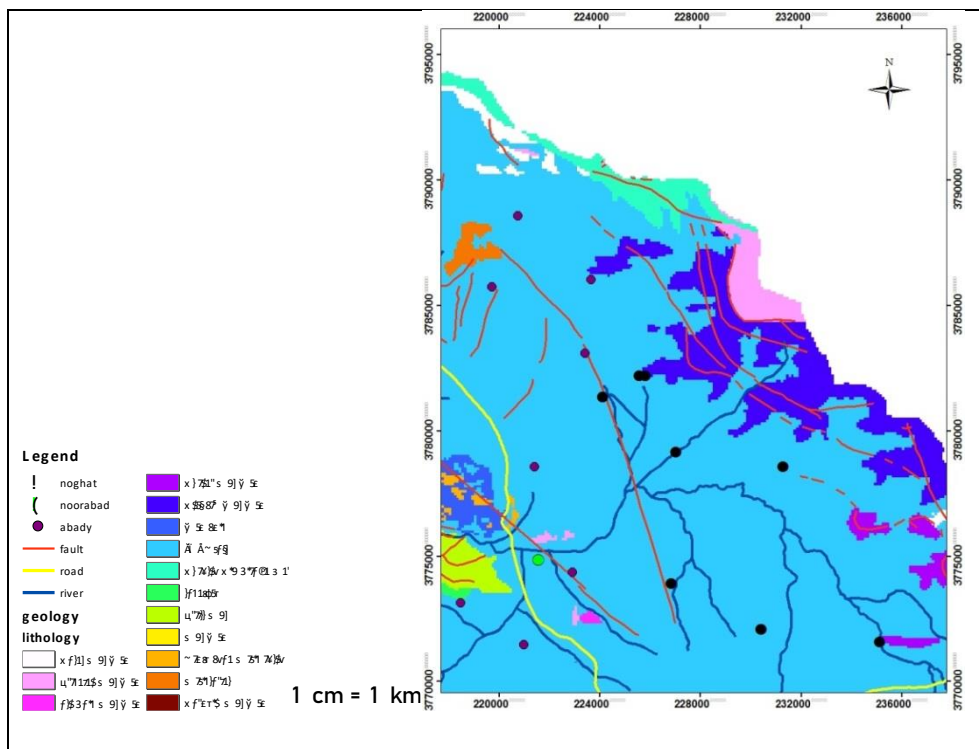
<sup>2</sup> دانش آموخته دکتری رشته جغرافیای طبیعی، ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

<sup>3</sup> دانش آموخته دکتری، رشته: جغرافیای طبیعی، ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی

دسترسی به آب آشامیدنی سالم یکی از شاخص های بهداشتی تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization) و مورد توجه مسئولین ذیربط جوامع مختلف می باشد. استفاده افراطی از آب زیرزمینی در سراسر جهان منجر به زوال کیفیت درآبخوان های اصلی و افزایش تقاضا شده است. در واقع استفاده زیاد از آبخوان ها همراه با بحران کیفیت آب یک فاکتور اقتصادی مهم می باشد (Wanger and et al., 1990). سفره های آب زیرزمینی به عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین کننده آب با خطرات متفاوتی مانند افت سطح، کاهش میزان تغذیه به سبب نقصان بارندگی و آلاینده های طبیعی و غیرطبیعی روبه رو است. از این رو پایش کیفی منابع آب زیرزمینی اهمیت فوق العاده ای دارد (توکلی و همکاران، 1390). محققان مختلفی از روشهای آماری چند متغیره در بررسی کیفی، تحلیل کیفیت و مطالعه هیدروشیمی آبهای زیرزمینی در مناطق مختلف کره زمین استفاده کرده اند (Beatriz, et al., 1999; Suvedha, et al., 2009; Mahlkencht, et al., 2004). در واقع کاربرد تکنیک های آماری چند متغیره به ما این امکان را می دهد تا منابعی را که ممکن است سیستم های آبی را تحت تأثیر قرار دهد، شناسایی کرده و ابزاری مناسب برای مدیریت صحیح منابع آب پیشنهاد کنیم (جلالی و اصغری، 1392). فرایندهای ژئوشیمیایی مسئول برای تغییرات شیمی آب زیرزمینی به داشتن یک دید درست از برهم کنش سنگ-آب و تاثیرات انسان زادکمک میکند (kumara and et al, 2009). کیفیت آب زیرزمینی به دلیل تغییر در شرایط مختلف از جمله شرایط آب و هوایی، مدت زمان ماندگاری آب در آبخوان، جنس سازندهای زمین شناسی مسیر و غیره تغییر می کند. افزایش روز افزون جمعیت و بالا رفتن استانداردهای زندگی در بسیاری از کشورها موجب افزایش نیاز به منابع آب با کیفیت مناسب برای مصارف مختلف کشاورزی، صنعت و شرب شده است. محاسبه شاخص اشباع کانی های مختلف به منظور توصیف تکامل شیمیایی آبهای زیرزمینی صورت می گیرد. با استفاده از روش محاسبه شاخص اشباع می توان به پیش بینی واکنش های کانی شناسی زیرسطحی با آب زیرزمینی، بدون جمع آوری نمونه های خاک و سنگ و تجزیه و تحلیل های پتروگرافی پرداخت (جلالی و مقدم، 1392).

#### موقعیت جغرافیایی منطقه

این محدوده با مساحت 1892 کیلومتر مربع بین طول های 47 و 17 تا 15 و 48 درجه شرقی و عرض های 33 و 53 تا 34 و 20 درجه شمالی قرار دارد. از مساحت فوق حدود 1729 کیلومتر مربع آن به گستره ارتفاعات و بقیه به پهنه های آبرفتی تعلق دارد که خود معرف کوهستانی بودن آن است. مهم ترین رودخانه این محدوده رودخانه بادآور می باشد که بعد از زهکش دیگر جریان های سطحی و پیوند با رودخانه سیمره از قسمت غرب محدوده خارج می شود. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا 1870 متر میباشد. مهمترین ارتفاعات آن شامل رشته کوه های بزرگ گرین (بایبشترین ارتفاع 3188 متر)، مانگه نی، سرکشتی، مهرباب کوه، کوه پری، منگاول، چال غلام، بزکن و سلاسل میباشد. منطقه از زیر حوضه های فرعی رودخانه سیمره است که خود از شاخه های رودخانه کرخه به شمار می رود. آب و هوای منطقه مورد مطالعه از نوع مدیترانه ای بازمستان های نسبتاً مرطوب و سرد و تابستان های گرم و خشک میباشد. اکثر بارندگیهای منطقه ناشی از ورود جبهه های مرطوب مدیترانه ای است که از سمت غرب و شمال غرب وارد ایران شده و در برخورد با ارتفاعات زاگرس صعود می نماید و موجب بارندگی می شود. بارندگی متوسط سالانه محدوده 441 میلی متر میباشد. نقشه زمین شناسی منطقه در شکل 1 آمده است.



شکل 1- نقشه زمین شناسی منطقه

مواد و روش ها

منابع آب زیرزمینی منطقه دلفان شامل چاههای عمیق و نیمه عمیق و چشمه میباشد. در این تحقیق از نتایج آنالیز آماری عناصر اصلی آب های زیرزمینی منطقه در 40 نقطه استفاده شده است. نتایج این آنالیز در جدول 1 آمده است که با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سال 2011 مقایسه شده است. مطابق این جدول همه ی پارامترها در حد مجاز و با کیفیت مناسب میباشدند.

جدول 1- پارامترهای آماری اولیه آب های زیرزمینی منطقه (همگی بر حسب ppm میباشدند)

پارامتر	میانگین	واریانس	کشیدگی	چولگی	WHO
K	0.03	0.002	8.09	2.61	100
Na	0.14	0.011	0.62	1.01	120
Mg	1.05	0.25	0.18	1.02	50
Ca	3.02	0.33	0.31	0.25	200
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.35	0.033	3.7	1078	200
Cl	0.33	0.013	2	1.24	200
HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	3.5	0.412	0.21	0.31	120
pH	7.8	0.022	0.58	0.82	7-8
TDS	275.4	2433	-0.13	0.32	-
TH	204	1305	-.18	0.27	-
SAR	0.1	0.005	-.2	0.82	-
EC	430.4	5937	-.12	0.32	-

نتایج و بحث

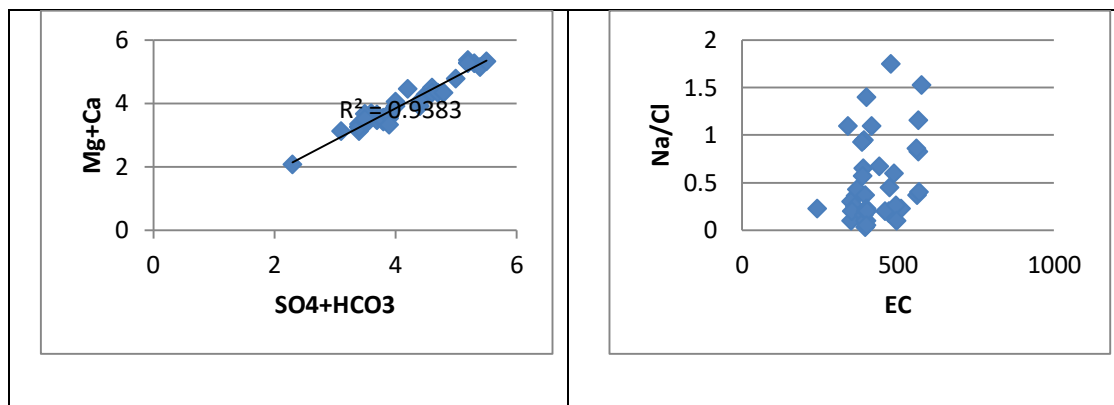
برهم کنش آب-سنگ بدین معناست که یک سیستم تاجه حذبه تعادل نزدیک شده است. یعنی فاز جامد(کانی) تاجه اندازه بامحلول در تماس است. برای تشخیص این مطلب میتوان از مدل های کامپیوتری استفاده کرد. مدل هایی که اثر فرایندهای انتقال جرم مثل فرایندهای انحلال-ته نشینی را از طریق شاخص اشباع ارزیابی میکنند، میتوانند برای بررسی واکنش آب-سنگ مورد استفاده قرار گیرند. محاسبه شاخص اشباع کانی های مختلف به منظور توصیف تکامل شیمیایی آبهای زیرزمینی صورت می گیرد. با استفاده از روش محاسبه شاخص اشباع می توان به پیش بینی واکنش های کانی شناسی زیر سطحی با آب زیرزمینی، بدون جمع آوری نمونه های خاک و سنگ و تجزیه و تحلیل های پتروگرافی پرداخت (جلالی واصغری، ۱۳۹۲). برای محاسبه شاخص اشباع از مدل هیدروشیمیایی نرم افزار Phreeqc استفاده شده است. محاسبات تعادلی کانی ها برای آب زیرزمینی، در پیش بینی حضور کانی های واکنشی و برآورد میزان واکنش این کانی ها دارای اهمیت هستند. چنانچه شاخص اشباع برای یک کانی بیشتر از صفر باشد، این کانی در آب فوق اشباع بوده و ممکن است در آب رسوب کند ولی اگر شاخص اشباع کمتر از صفر باشد، آب نسبت به این کانی تحت اشباع بوده و می تواند بیشتر از آن نیز انحلال یابد (Rajmohan., 2004). شاخص اشباع کانی های مختلف آب زیرزمینی منطقه باتوجه به میانگین هر کدام از پارامترها محاسبه و در جدول ۲ آمده است. در واقع میزان شاخص اشباع برای کانی های انیدریت، آراگونیت، کلسیت، دولومیت، ژپس و هالیت در همه ی نمونه ها منفی بوده است. این بدین معناست که آب زیرزمینی منطقه از این کانی ها تحت اشباع میباشد و این کانی ها در حال انحلال میباشدند.

جدول 2- میزان شاخص اشباع کانی های مختلف

پارامتر	انیدریت	آراگونیت	کلسیت	دولومیت	ژپس	هالیت
SI	-6.3	-2.52	-2.38	-4.86	-6.08	-13.25

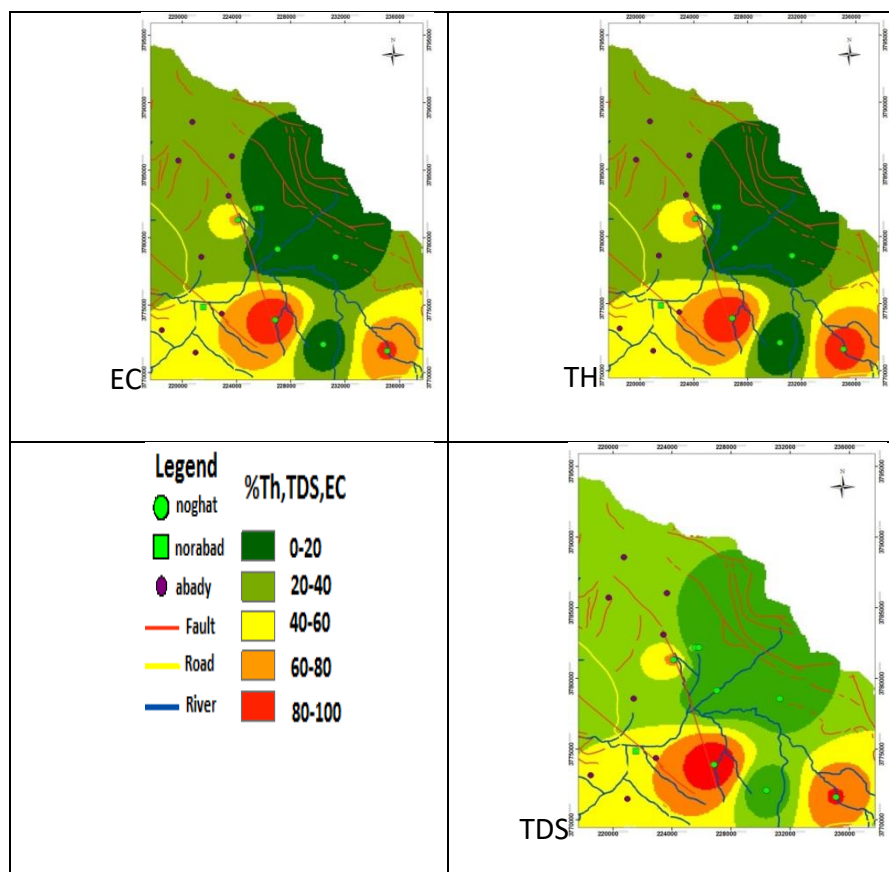
#### تبادل یونی

منظور از تبادل یونی انتقال یون بین فاز جامد(کانی ها) و فاز محلول(آب) میباشد. از دیگر راههای پی بردن به تبادل یونی رسم نمودارهای چندمتغییره است. از جمله نمودارهای وضعیت تبادل یونی، نمودار دو متغییره  $Na/Cl$  در مقابل  $EC$  میباشد. طوری که نمونه هایی که در بالای خط  $Na/Cl=1$  قرار دارند، دارای منشا دوگانه میباشدند. نمونه هایی که مقادیر هدایت الکتریکی آنها بیشتر از 5000 میکرومhos بر سانتی متر باشد، نشان دهنده ی آن است که منشا غالب هالیت است. این نمودار در شکل 2 رسم شده است که مطابق آن همه ی نمونه ها دارای  $EC < 600$  میباشدند. ولی بعضی از نمونه ها دارای نسبت  $Na/Cl > 1$  میباشدند. این نشانگر این است که شوری پایین آب زیرزمینی منطقه بعلت انحلال هالیت نمیشد و سدیم و کلر دارای دو منشا متفاوت میباشدند. تبادل یونی در بعضی نمونه ها که از محل تغذیه فاصله گرفته اند (دارای  $Na/Cl > 1$ ) مشاهده شده، اما در نمونه هایی که در محل تغذیه میباشدند ( $Na/Cl < 1$ )، تبادل یونی صورت نگرفته است (کلانتری، 1386). نمودار دو متغییره  $Ca+Mg$  در مقابل  $HCO_3+SO_4$  نمودار دیگری است که برای نشان دادن تبادل یونی بکار میرود. این نمودار در شکل 2 به نمایش درآمده است. خط 1:1 در این نمودار نشاندهنده ی فرایند انحلال کلسیت، دولومیت و ژپس میباشد. در صورتی که نمونه های روی خط 1:1 بالاتر از عدد 5 قرار گیرند نشاندهنده ی انحلال ژپس و در صورتی که پایین تر از عدد 5 قرار گیرند به طرف انحلال کلسیت و دولومیت میروند. مطابق این نمودار در شکل 2 همه ی نمونه ها روی خط 1:1 قرار دارند و اکثر آنها پایین تر از عدد 5 قرار دارند. این نشان میدهد که انحلال ژپس، کلسیت و دولومیت در آب زیرزمینی منطقه رخ میدهد ولی انحلال کلسیت و دولومیت بیشتر میباشد.



شکل 2- نمودارهای تبادل یونی

نقشه هم ارزش هدایت الکتریکی (EC) و مواد جامد محلول (TDS) و سختی کل (TH) در شکل 3 رسم شده است که بسیار شبیه به هم میباشند. این بیانگر این نکته است که هدایت الکتریکی و مواد جامد محلول و سختی کل باهم دارای رابطه مستقیم میباشند و افزایش غلظت کاتیون ها و آنیون ها باعث افزایش هر سه پارامتر شده است. کمترین غلظت کاتیونی- آنیونی مربوط به شمال شرق منطقه میباشد.

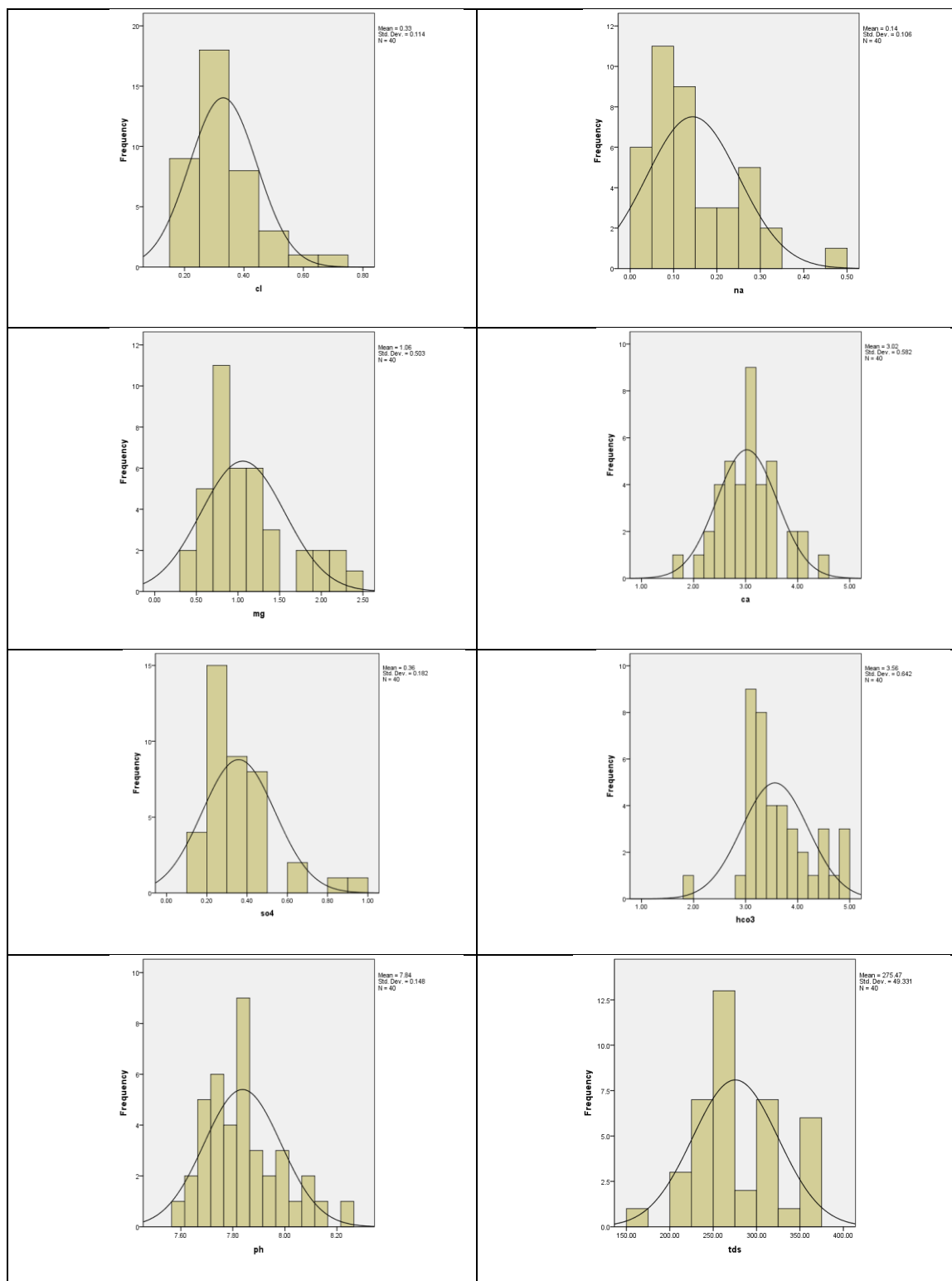


شکل 3- نقشه هم ارزش TDS, EC, TH

توزیع و پراکندگی آماری متغیرهای فیزیکوشیمیایی:

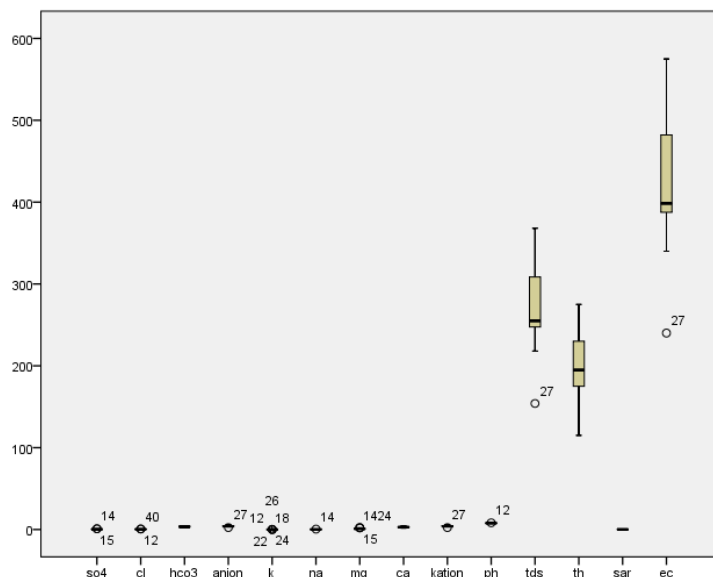
با داشتن اطلاعات کافی از توزیع داده های آماری در جامعه مورد نظر میتوان درک درستی از پراکندگی داده ها و دامنه تغییرات آنها دست داشت. جهت مشخص نمودن توزیع آماری متغیرهای فیزیکوشیمیایی آب های زیرزمینی منطقه مورد نظر اقدام به تهیه هیستوگرام این متغیرها (شکل 4) نموده ایم. در واقع چولگی مثبت یا منفی به معنای عدم تقارن منحنی و تمایل آن به

چپ یا راست می باشد. مولفه عمودی در این نمودار در واقع بیانگر فراوانی داده ها می باشد. در اینجا، چولگی مثبت یعنی منحنی به سمت راست سوق کرده و اکثر نمونه ها دارای غلظتی بیشتر از حد میانگین عنصر مورد نظر می باشند. در چولگی منفی، نمودار به سمت چپ سوق پیدا کرده است. مطابق نمودارهای هیستوگرام پارامترهای سدیم و کلرید و سولفات دارای کج شدگی به سمت چپ و در نتیجه توزیع نامتقارن می باشند. کربنات دارای کج شدگی به راست و چولگی مثبت می باشد. کلسیم و منیزیم و pH دارای توزیع تقریباً متقارن و حول مقدار میانگین می باشند.



شکل 4- هیستوگرام متغیرهای فیزیکی-شیمیایی نمونه های آب زیرزمینی

برای توصیف تغییرات داده میتوان از نمودار جعبه ای استفاده کرد. در واقع نمودار جعبه ای نموداری است که به کمک معیارهای مرکزی و پراکندگی، موقعیت مجموعه داده ها را به شکلی بسیار گویا و مفید ارائه می دهد. در این نمودار خط وسط مستطیل نشان دهنده ی میانه (چارک دوم) و ضلع بالا و پایین مستطیل بیانگر چارک سوم و اول میباشد. خط بالا و پایین خارج از جعبه نیز نشان دهنده ی مقدار حداکثر و حداقل داده است. طبق این گفته ها و شکل 5 پارامترهای سولفات، کلر، کربنات، آنیون، پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم دارای دامنه تغییرات بسیار کم و در نتیجه پراکندگی بسیار ناچیز میباشد. در واقع محور عمودی در این نمودار غلظت متغیرها را نشان میدهد. بنابراین هر چه در طول مستطیل بیشتر باشد متغیرها از نظر غلظت دارای اختلاف و پراکندگی بیشتری میباشد. بنابراین پارامترهای TDS, TH, EC دارای دامنه تغییرات وسیع و پراکندگی قابل توجهی میباشد.



شکل 5- نمودار جعبه ای متغیرهای فیزیوشیمیایی آب زیر زمینی منطقه

#### همبستگی

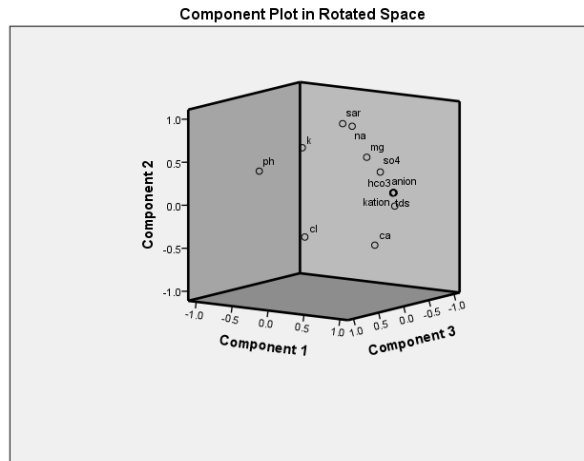
ضریب همبستگی میزان ارتباط میان دو متغیر پیوسته را نشان می دهد. ضریب همبستگی بدون بعد و مقیاس است که میان  $-1$  و  $+1$  تغییر می کند. همبستگی نزدیک  $1$  و  $-1$  نشانگر ارتباط خوب میان متغیرها و صفر یعنی رابطه ای وجود ندارد (اسلامیان، 1384 و Zaharin, et al., 2007). در این مطالعه برای بررسی همبستگی میان پارامترها از ضریب همبستگی پیرسون (جدول 3) استفاده کرده ایم. مطابق این جدول بیشترین همبستگی بین متغیرهای کلسیم با بیکربنات و منیزیم با سولفات میباشد. این میتواند بیانگر این موضوع باشد که آنها میتوانند دارای منشا یکسان باشند.

#### جدول 3- ضریب همبستگی بین متغیرها

ضریب همبستگی									
متغیرها	K	Na	Mg	Ca	SO <sub>4</sub>	Cl	HCO <sub>3</sub>	pH	TDS
K	1.000	.440	.284	-.205	.080	-.044	.157	.443	.140
Na	.440	1.000	.541	-.072	.527	-.191	.437	.131	.462
Mg	.284	.541	1.000	-.119	.574	.050	.610	-.127	.648
Ca	-.205	-.072	-.119	1.000	.290	.257	.660	-.379	.664
SO <sub>4</sub>	.080	.527	.574	.290	1.000	.000	.520	-.219	.674
Cl	-.044	-.191	.050	.257	.000	1.000	.062	.145	.210
HCO <sub>3</sub>	.157	.437	.610	.660	.520	.062	1.000	-.355	.965
pH	.443	.131	-.127	-.379	-.219	.145	-.355	1.000	-.323
TDS	.140	.462	.648	.664	.674	.210	.965	-.323	1.000

#### تجزیه و تحلیل فاکتوری

تجزیه مولفه اصلی (PCA) یکی از روش های آماری چندمتغیره است که کاربرد گسترده ای در تحلیل داده های زیست محیطی دارد. در این روش عناصر بر پایه رفتار و ژئوشیمی مشابه گروه بندی شده و در یک مؤلفه قرار می گیرند. به دلیل اینکه فاکتورها و یا مؤلفه های پنهان موجود در داده ها در این آزمون قابل تشخیص هستند، بنابراین در بررسی ارتباط میان متغیرها به طور گسترده استفاده می شوند. آنالیزهای فاکتور ترکیب های شیمیایی مختلف نمونه های آب زیرزمینی منطقه اجرا شد. همه ی آنیون ها و کاتیون ها و EC، TDS، pH، برای آنالیزهای درصدی رسیدگی شدند که نتیجه ی تجزیه عوامل بعد از چرخش واریانس در جدول 4 و بصورت نموداری در شکل 6 آمده است. بررسی جدول 4 و شکل 6 اطلاعات خوبی در رابطه با تفسیر فاکتورها و عوامل کنترل کننده شیمی آب زیرزمینی به ما میدهد. آنالیزها 9 فاکتور را معرفی میکنند که سه فاکتور اول 84٪ واریانس کل را شامل میشوند. بدین معنا که سه عاملی هستند که بیشترین تاثیر را در کنترل شیمی آب منطقه از نظر غلظت آنیونی و کاتیونی دارند. فاکتور اول 55.6٪ واریانس کل را تشکیل میدهد که بیشترین تاثیر را در شیمی آب زیرزمینی منطقه دارد. این فاکتور دارای همبستگی مثبت بالایی با کلسیم، منیزیم، کربنات، سولفات و مواد جامد محلول و سختی کل میباشد. این نشانگر هم منشأ بودن کلسیم، منیزیم، کربنات و سولفات میباشد. در واقع مهمترین فاکتوری که شیمی آب زیرزمینی منطقه را کنترل میکند، انحلال کلسیت و دولومیت و سنگ های سولفات میباشد. این فاکتور دارای همبستگی منفی با pH میباشد که بیانگر این نکته است که انحلال سنگ های آهکی و دولومیتی در این آب ها، در pH پایین، یعنی در اسیدیته ی پایین رخ میدهد. بدلیل بالا بودن غلظت آنیونی - کاتیونی در عامل اول میتوان گفت واکنش آب-سنگ نقش مهمی در شیمی آب منطقه دارد. عامل دوم که 19٪ واریانس کل را تشکیل میدهد، دارای همبستگی بالایی با پتاسیم، سدیم و منیزیم و نسبت جذب سدیم میباشد. این عامل دارای همبستگی منفی با کلر و کلسیم میباشد. در این فاکتور کلر و سدیم دارای منشأ یکسان نمیشوند. فاکتور سوم 9٪ واریانس کل را تشکیل میدهد و دارای همبستگی بالایی با کلر و پتاسیم میباشد.



شکل 6- نمودار ضرایب چرخش عامل ها

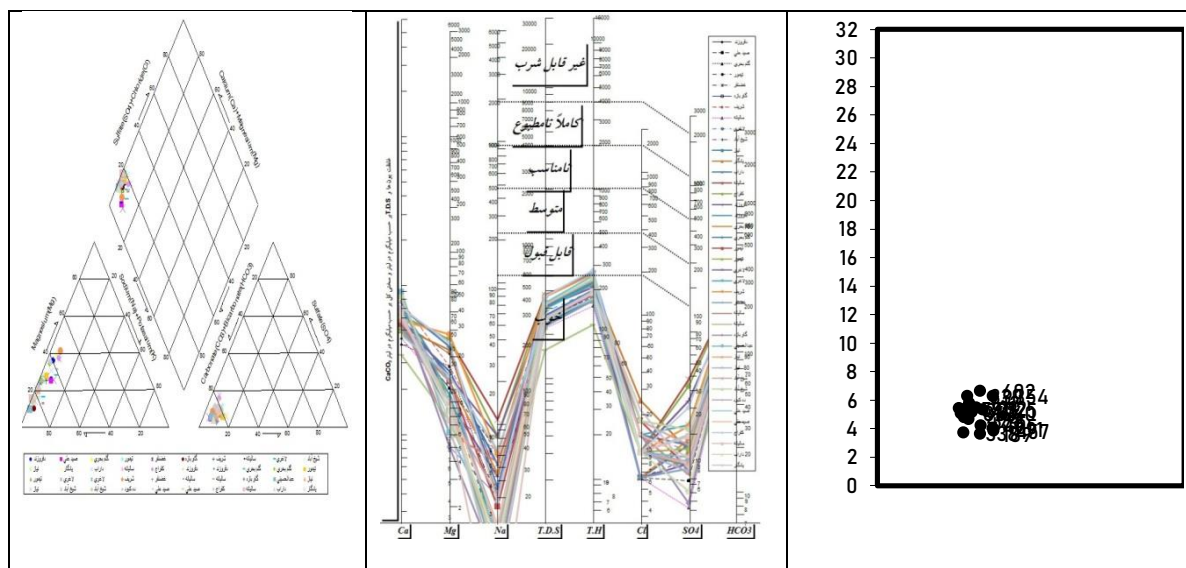
جدول 4- نتایج تجزیه به عوامل بعد از چرخش واریماکس (سمت راست) و شرح واریانس کل (سمت چپ)

فاکتورها	% واریانس کل	واریانس تجمعی	فاکتور			
			متغیرها	1	2	3
1	55.694	55.694	SO <sub>4</sub>	.637	.372	-.211
			Cl	.268	-.280	.763
2	19.303	74.997	HCO <sub>3</sub>	.003941	.184	-.052
			Anion	.978	.200	.019
3	9.076	84.073	K	-.009	.680	.417
4	5.784	89.857	Na	.302	.882	-.128
			Mg	.552	.556	-.063
5	4.630	94.487	Ca	.759	-.425	.072
			kation	.978	.200	.017
6	3.087	97.574	pH	-.440	.399	.659
			TDS	.979	.197	.027
7	2.389	99.963	TH	.996	.045	.014
			SAR	.177	.901	-.119
8	.023	99.985	EC	.979	.197	.027
9	.014	100.000				

بررسی کیفیت آب از نظر شرب و کشاورزی

کیفیت آب را از نظر مناسب بودن برای آبیاری توسط نمودار ویلکوکس (شکل 7، سمت راست) و از نظر مناسب بودن برای آشامیدن توسط نمودار شولر (شکل 7، وسط) مورد بررسی قرار دادیم. همه ی نمونه ها طبق نمودار ویلکوکس در کلاس C2-S1 (کمی

شور-مناسب برای کشاورزی) تا کلاس C2-S2 (شور-قابل استفاده برای کشاورزی) قرار دارند. مطابق نمودار شولر غلظت همه ی متغیرهای فیزیکوشیمیایی آب در حد خوب و مناسب برای آشامیدن میباشد. در جهت تشخیص تیپ آب زیرزمینی منطقه نمودار پایپر (شکل 7، سمت چپ) را رسم کردیم که مطابق آن تیپ آب بیکربنات-کلسیک میباشد.



شکل 7- نمودار ویلکوکس، شولر و پایپر نمونه های آب زیرزمینی

نتیجه گیری

مطابق بررسی های آماری اولیه همه ی پارامترها پایین تر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی و مناسب از جهت آشامیدن و آبیاری بودند. شاخص اشباع برای کانی های انیدریت، آراگونیت، کلسیت، دولومیت، ژپس و هالیت در همه ی نمونه های آب زیرزمینی منطقه کمتر از صفر بود. این کانی ها میتوانند در حال انحلال در آب زیرزمینی منطقه باشند. طبق بررسی عامل ها مهمترین عامل کنترل کننده ی شیمی آب زیرزمینی منطقه، برهم کنش آب-سنگ بویژه انحلال کلسیت و دولومیت و سنگ های سولفات در همه ی نمونه ها میباشد که انحلال کلسیت و دولومیت از ژپس بیشتر بوده است. طبق نمودار جعبه ای رسم شده همه ی پارامترها به جز TDS, TH, EC دارای پراکندگی بسیار پایین در محیط آبی میباشند. نمودارهای هیستوگرام رسم شده برای متغیرهای فیزیکوشیمیایی بیانگر این نکته است که فقط pH و کلسیم و منیزیم دارای توزیع تقریباً یکنواخت هستند و دیگر پارامترها توزیع نامتقارنی در آب زیرزمینی منطقه دارند. همچنین بر اساس نمودارهای تبادل یونی، منشا شوری پایین آب زیرزمینی انحلال هالیت نمیباشد و سدیم و کلر دارای دو منشا متفاوت می باشند.

منابع و مراجع

- [1] اسلامیان، س.، سلطانی، س. و زارعی، ع.، 1384، کاربرد روش های آماری در علوم زیست محیطی، انتشارات ارکان، صفحات 206 و 215
- [2] توکلی محمدی، م.، خدادادی، ا.، پرتانی، ص.، 1390، بررسی منابع آلاینده فلزات سنگین در استان زنجان با استفاده از GIS، مجموعه مقالات سی امین گردهمایی علوم زمین
- [3] جلالی، ل.، اصغری مقدم، ا.، 1392، تشخیص وضعیت هیدروژئوشیمیایی و روند شوری در سفره آب زیرزمینی دشت خوی به روش های آماری و هیدرووشیمیایی، مجله محیط شناسی، سال سی و نهم، صفحه ی 113-122
- [4] کلانتری، ن.، رحیمی، م.، چرچی، ع.، 1386، استفاده از دیاگرام های ترکیبی، تحلیل عاملی و نمایه های اشباع در ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت های زویچری و خران، نشریه زمین شناسی مهندسی، جلد دوم، شماره ا بهار و تابستان 1386

- [5] Beatriz, A.H., et al. 1999. A case study of hydro chemical characteristics of an alluvium aquifer influenced by human activities. *Air, water and Soil pollution Bulletin* 112, 365-487.
- [6] Hounslow, A.W. 1995. *Water quality data analysis and interpretation*, Lewis publishers, CKC press, LLC: 378 pp.
- [7] Rajmohan, N., L., Elango. 2004. *Identification and evolution of hydrogeochemical processes in the groundwater environment in an area of the PLe and Cheryyar River Basins, Southern India. Environment Geology*, 46, p47-61.
- [7] Kumar, M., Kumari, K., Kumar, U., Ramanathan, A., 2009, Hydrogeochemical processes in the groundwater environment of Muktsar, Punjab: conventional graphical and multivariate statistical approach, *J. Environ Geol*, Vol. 57, pp. 873-884
- [8] Mahlknecht, J., Steinich, B., Navarro de León, I., 2004, Groundwater chemistry and mass transfers in the Independence aquifer, central Mexico, by using multivariate statistics and mass-balance models, *J. Environmental Geology*, Vol. 45, pp. 781-795.
- [9] Suvedha, M., Gurugnanam, B., Suganya, M and Vasudevan, S., 2009, Multivariate Statistical Analysis of Geochemical Data of Groundwater in Veeranam Catchment Area, Tamil Nadu, *JOURNAL GEOLOGICAL SOCIETY OF INDIA*, Vol. 74, pp. 573-578.
- [10] Wagner, W., Zomenis, S.L. and Plöthner, D., 1990. *Groundwater quality in the region between Nicosia, Larnaca and Limassol, Cyprus. Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Heft 54, Hannover.*
- Zaharin Aris, A., Abdullah, M. H. & Kim, K.W., 2007- *Hydrogeochemistry of Groundwater in Manukan Island, Sabah, The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, V. 11, N. 2, PP. 407 - 413

## The Statistical Examination of Ionic Ratio and Saturation Indexes to Investigate the Origin of Underground Water Resource Salts from Delfan Plain at North-Lorestan

Mahtab Saki , Fatemeh Saki , Iman Belvasi

PhD student in Geography and Urban Planning, Islamic Azad University, Malayer Branch, Malayer, Iran

Email: mahtab9473@gmail.com

PhD student in Physical Geography, Geomorphology, Islamic Azad University, Research Sciences Branch, Tehran, Iran

PhD student, major: Physical Geography, Geomorphology. University of Tabriz, Faculty of Geography and Planning

### Abstract:

This research aims to examine underground water of delfan city in terms of geochemical characteristics. To this end, the main elements of underground water were analyzed. Based on which all parameters were lower than allowed limit. As the saturation index can be an important factor to understand solvation – settlement of mineral available in underground water, the saturation index was calculated using computerized code phreeqc. The saturation index of the studied minerals in all water specimens was negative and all considered minerals can be solving. Also, based on ionic exchange diagrams, sodium and chlor have two different origins and Calcit, Dolomit and solvations have occurred from which Calcit and Dolomit solvations were higher. According to the diagram the region water type is Bicarbonate –Cacic. To find main factor of underground water chemistry, rotational Varimax method has been used which is the most common PCA, because it gives more interpretable elements. By this method, the limestones and Dolomit, s solvation and rock-water interaction are the most important factors of the region, s underground water chemistry.

Keywords: Saturation Index, ionic exchange, Factorial analysis