

بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت عباس استان خوزستان

نصراله کلانتری^{۱*} و فرشاد علیجانی^۲

پست الکترونیکی: Kalantari_n@scu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۸۶/۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۸۴/۱۲/۲۷

چکیده

آبخوان دشت عباس یکی از منابع آب زیرزمینی حائز اهمیت در شمال غرب استان خوزستان است که سالیانه بیش از بیست میلیون مترمکعب آب از آن برداشت می‌شود. علی‌رغم پتانسیل آبخوان از نظر آبدهی، کیفیت آب زیرزمینی در بخش وسیعی از دشت نا مطلوب است و آنیون و کاتیون غالب به ترتیب سولفات، سدیم و کلسیم می‌باشد. نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس نشان‌دهنده تکامل ژئوشیمیایی است و رخساره هیدروشیمیایی سولفات-کلسیک-منیزیک، کلروره-سدیک-کلسیک و کلروره-سدیک می‌باشد. علی‌رغم آن که در مسیر تکاملی نسبت غلظت یون کلراید افزایش می‌یابد، ولی نسبت غلظت سولفات تقریباً حالت کاهش دارد. کاهش نسبت غلظت سولفات به معنای کاهش غلظت مطلق سولفات در مسیر تکاملی نمی‌باشد، بلکه این امر نشان‌گر آن است که نرخ افزایش غلظت یون کلراید بیش از نرخ افزایش یون سولفات می‌باشد. در توصیف آماری داده‌های هیدروشیمیایی، نسبت یون‌های بی‌کربنات به سولفات، سدیم به کلراید مورد بررسی قرار گرفته است. با بررسی نمایه اشباع ژئوپس نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس مشخص گردید که در مسیر تکامل هیدروژئوشیمیایی آبخوان، آب زیرزمینی نسبت به ژئوپس به حالت اشباع رسیده است. هدف از این بررسی ارزیابی وضعیت کیفی آب زیرزمینی و توصیف فرآیندهای شیمیایی کنترل‌کننده در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، دشت عباس، رخساره هیدروشیمیایی، ژئوپس و نمایه اشباع

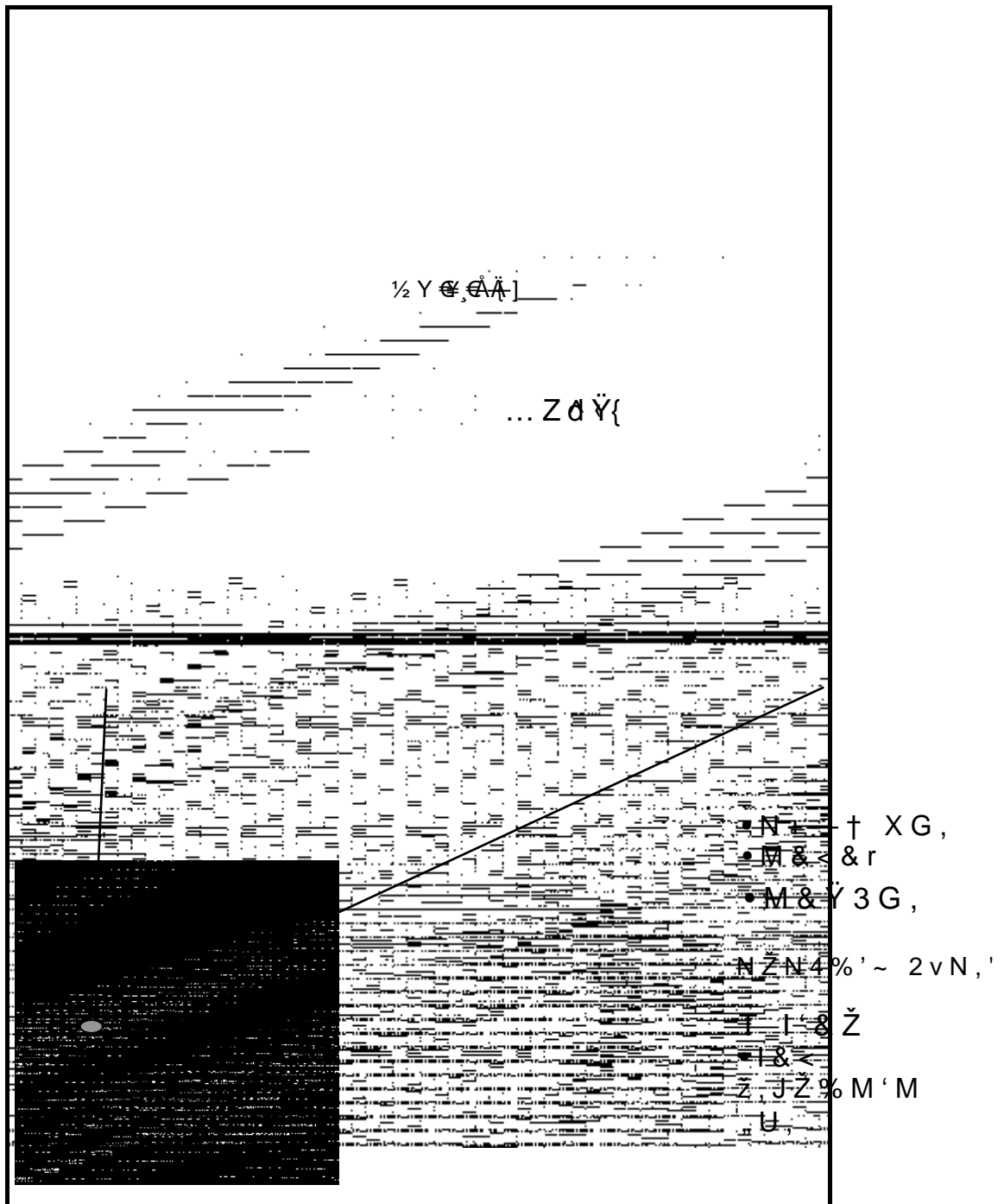
۱- دانشیار گروه زمین‌شناسی - دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زمین‌شناسی - دانشگاه شهید چمران اهواز

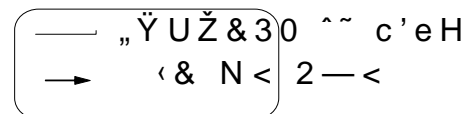
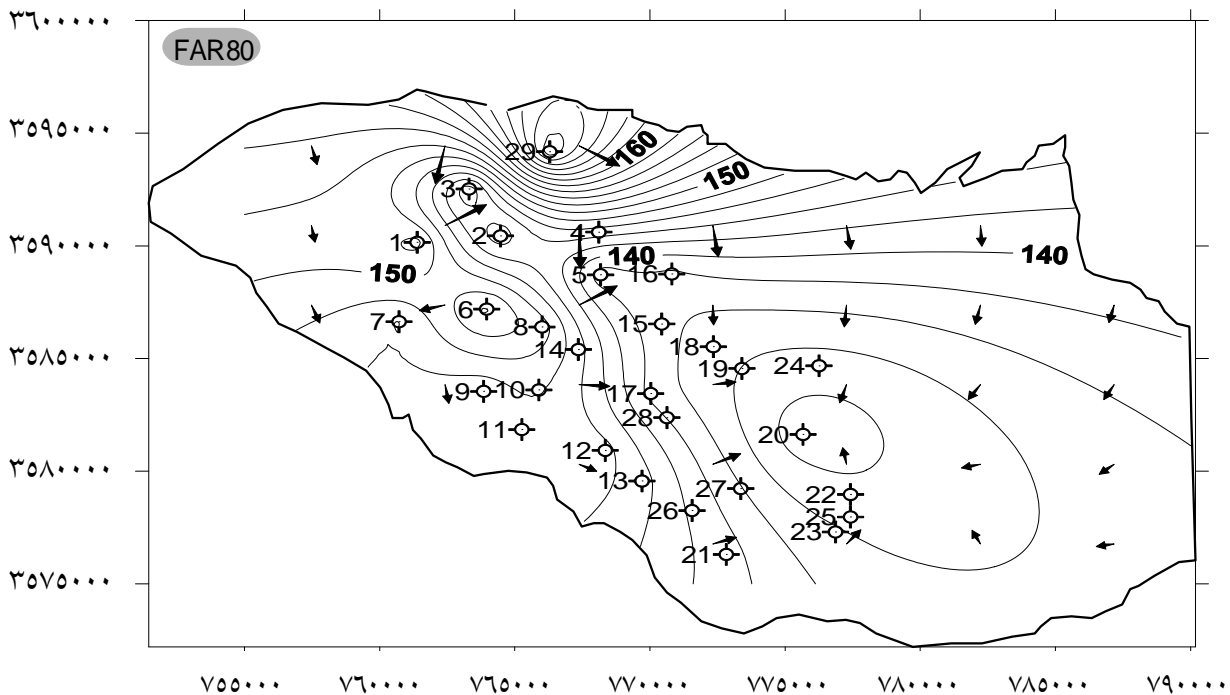
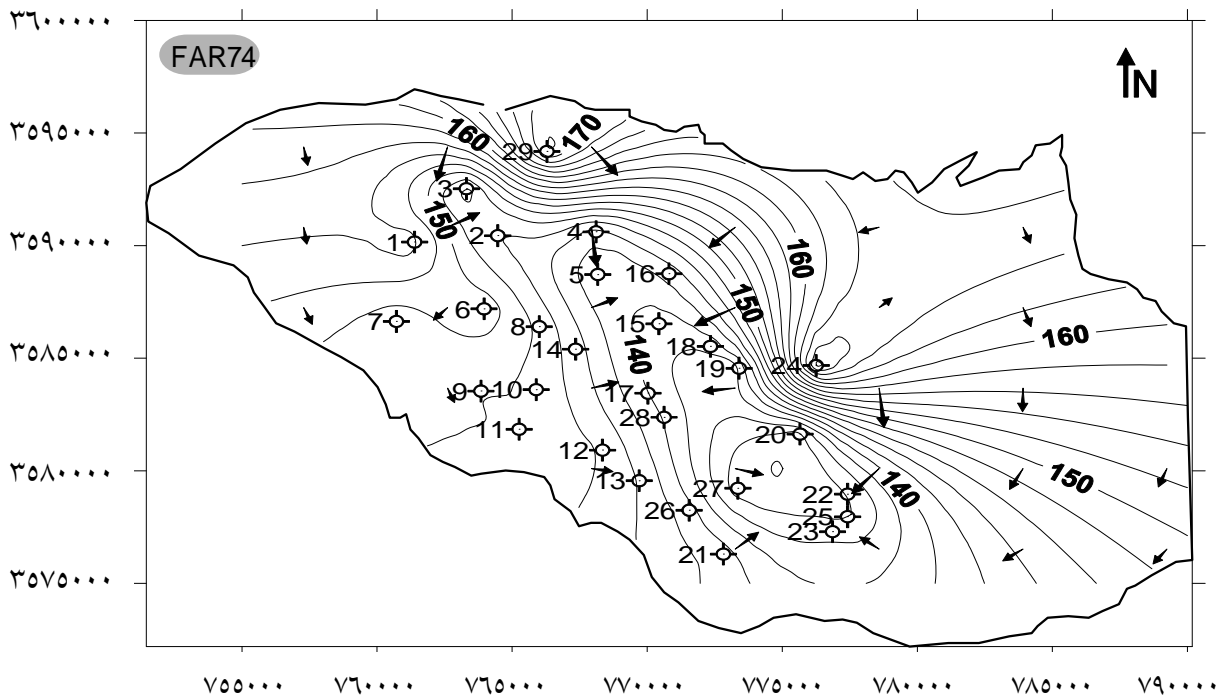
مقدمه

است که بین دو تاقدیس دال پری در شمال و چشمه خوش در جنوب قرار دارد (شکل ۱). تنها منبع تامین آب جهت مصارف مختلف منطقه، همین آبخوان آزاد است که جهت جریان عمدتاً از جهت‌های مختلف به سمت مرکز دشت است (شکل ۲).

دشت عباس بین طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵ دقیقه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی قرار دارد. این دشت با مساحتی در حدود ۱۶۰ کیلومتر مربع ناودیس نامتقارنی



شکل ۱- موقعیت و نقشه زمین‌شناسی دشت عباس



شکل ۲- نقشه سطح ایستابی منطقه مورد مطالعه در فروردین ۱۳۷۴ و ۱۳۸۰

لیتولوژی می‌باشد و در معرض شوری قرار دارد. با توجه به نمودارهای پایپر نمونه‌های آب دشت عباس، عملاً یک

هرچند که عوامل مختلفی کیفیت آب زیرزمینی دشت عباس را تحت تاثیر قرار می‌دهند، ولی عمدتاً متاثر از

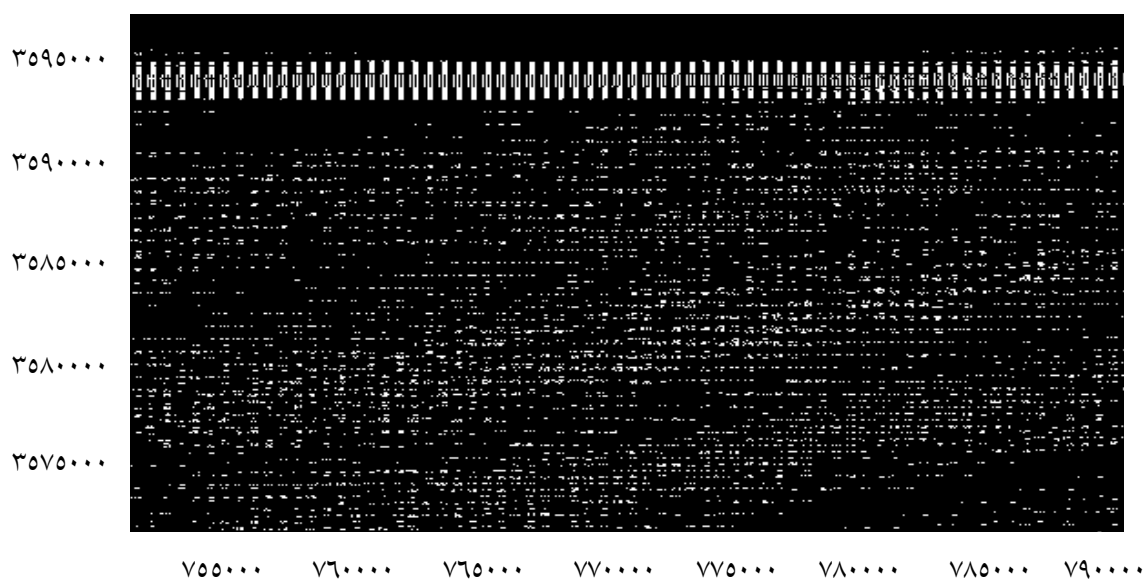
نمونه برداری از آب زیرزمینی

برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی و تعیین منشأ شوری آب زیرزمینی دشت عباس نمونه برداری از ۳۱ حلقه چاه بهره برداری عمیق در دو دوره اردیبهشت و مهر ماه که به ترتیب منطبق با انتهای فصل مرطوب و انتهای فصل خشک منطقه می باشد، صورت گرفت و جهت تعیین یون های عمده مورد سنجش شیمیایی قرار گرفت. قبل از نمونه برداری، هر چاه به مدت حداقل ۱۰ دقیقه تحت پمپاژ واقع می گردید تا از اثرات آب ساکن در تماس با لوله های چاه بر روی شیمی آب اجتناب گردد. مقادیر PH، هدایت الکتریکی و درجه حرارت نمونه های آب در صحرا اندازه گیری شد و سپس نمونه ها به آزمایشگاه انتقال یافته است. در شکل ۳ موقعیت نقاط نمونه برداری آب زیرزمینی نشان داده شده است. جدول های ۱ و ۲ نتایج سنجش های شیمیایی نمونه های آب زیرزمینی را در اردیبهشت و مهر ماه ۱۳۸۱ نشان می دهند.

مسیر تکاملی ژئوشیمیایی اصلی و دو مسیر تکاملی ژئوشیمیایی فرعی در آبخوان دشت عباس قابل تشخیص می باشند. مسیر ۱ در نمودارهای پایپر نمونه های آب زیرزمینی دشت عباس نشان دهنده تکامل ژئوشیمیایی رخساره هیدروشمیایی سولفات کلسیک (منیزیک) به رخساره نوع کلروره سدیک (کلسیک) و کلروره سدیک می باشد. نتایج بررسی های آماری نشان می دهد که ضریب تغییرات غلظت یون های بی کربنات و کلرید به ترتیب حداقل و حداکثر می باشد و ضریب تغییرات یون های بی کربنات و سولفات در مهر ماه نسبت به اردیبهشت ماه کاهش یافته است. با بررسی نمایه اشباع ژپس نمونه های آب زیرزمینی دشت عباس مشخص شده است که در مسیر تکامل هیدروژئوشیمیایی آبخوان، آب زیرزمینی نسبت به ژپس به حالت اشباع رسیده است.

مواد و روش ها

برای ارزیابی کیفیت منابع آب در منطقه مورد مطالعه و تأثیر خاک بر روی کیفیت آب سطحی و زیرزمینی نمونه برداری از آب زیرزمینی انجام شده است.



شکل ۳- ایستگاه های نمونه برداری آب زیرزمینی دشت عباس

جدول ۱- نتایج سنجش‌های شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس (اردیبهشت ماه ۱۳۸۱)

نوع آب	K	Na	Mg	Ca	NO ₃	Cl	SO ₄	HCO ₃	PH	T °C	EC	شماره
Ca(Mg)-SO ₄ (HCO ₃)	۱/۵	۱۳/۷	۲۹/۷	۶۷/۲	۱/۹۶	۲۷/۷	۲۰۴/۴	۱۳۴/۲	۷/۰۳	۲۸/۲	۶۹۰	۱
Ca(Mg)-SO ₄ (HCO ₃)	۱/۶	۳۳	۴۴	۸۱/۶	۰	۳۵/۵	۳۱۹	۱۳۹	۷/۰۱	۲۸/۸	۹۳۲	۲
Na(Ca)-SO ₄ (Cl)	۴/۱۸	۸۳۲/۸	۲۳۵	۴۸۰	۳/۷۷	۱۱۲	۱۹۳۲	۱۱۲	۷/۲۴	۲۷/۶	۶۸۵۰	۳
Na(Ca)-SO ₄ (Cl)	۲/۲۴	۳۳۱	۹۲	۲۴۲	۰	۴۹۹	۷۱۵	۱۱۲/۲	۷/۲۸	۲۷/۸	۳۰۱۰	۴
Na(Ca)-SO ₄ (Cl)	۷/۲۵	۷۸۴/۵	۱۴۴	۴۵۶	۷/۱۱	۸۸۷/۵	۱۷۶۰	۱۳۱/۸	۷/۱۹	۲۷/۷	۵۷۲۰	۵
Ca(Mg)-SO ₄	۱/۵	۷۶۵	۱۰۲	۲۵۶	۰	۸۵/۲	۹۵۷/۴	۱۴۱/۵	۷/۲۳	۲۷/۷	۲۰۱۰	۶
Mg(Ca)-SO ₄	۷/۸	۱۲۴/۵	۱۸۵	۳۰۰	۰	۷۸	۱۲۹۰	۱۳۹	۷/۰۲	۲۷/۱	۲۴۳۰	۷
Na(Ca)-SO ₄ (Cl)	۶/۹۷	۷۳۳/۸	۲۰۸	۵۲۸	۰	۳۸۳/۴	۲۵۶۶	۱۲۲	۷/۱۴	۲۷/۳	۵۶۵۰	۸
Ca(Na)-SO ₄ (Cl)	۵	۶۴۶/۸	۱۸۸	۵۸۴	۱/۱۳	۳۵۵	۲۷۹۵	۱۲۲	۷/۱۸	۲۷/۳	۵۳۶۰	۹
Ca(Na)-SO ₄	۲/۳	۲۳۵/۹	۱۱۷	۳۰۰	۰	۹۲/۳	۱۲۸۴	۱۱۷	۷/۲۲	۲۷/۳	۲۵۹۰	۱۰
Na(Ca)-SO ₄ (Cl)	۵/۸۳	۷۹۹	۲۴۱	۵۴۴	۹/۶۶	۷۵۲/۶	۲۶۰۸	۱۰۹/۸	۷/۳۲	۲۷/۴	۶۴۱۰	۱۱
Ca(Na)-SO ₄ (Cl)	۳/۸۵	۳۶۳	۱۰۲	۳۷۳	۰	۲۹۸/۲	۱۳۱۷	۹۹	۷/۲۴	۲۸/۶	۳۴۳۰	۱۲
Ca(Mg)-SO ₄	۳/۹	۴۰۵	۱۳۰	۳۶۷	۰	۱۴۲	۱۷۷۹	۱۰۲/۵	۷/۳۷	۲۸/۲	۳۴۴۰	۱۳
Na(Ca)-SO ₄	۶/۸۸	۶۰۵/۷	۲۲۸	۴۳۳	۰	۱۶۳	۳۴۴۰	۱۰۷/۴	۷/۲۶	۲۸/۲	۴۷۳۰	۱۴
Na(Ca)-SO ₄	۳/۸	۴۷۸/۷	۱۱۳	۳۰۴	۷/۵۲	۱۰۶/۵	۱۶۳۴	۱۳۱/۸	۷/۴	۲۸/۴	۳۲۹۰	۱۵
Na(Ca)-SO ₄	۵/۱	۳۷۸/۶	۱۲۰	۳۰۱	۰	۹۲/۳	۱۵۹۳	۱۰۲/۵	۷/۴۳	۲۷/۲	۲۹۵۰	۱۶
Ca(Mg)-SO ₄	۲/۴۶	۳۵۵	۱۰۱	۳۰۹	۴/۷۷	۹۸/۴	۱۲۰۰	۱۳۴	۷/۰۸	۲۷/۳	۲۲۹۱	۱۷
Ca(Mg-Na)-SO ₄ (Cl)	۳/۱۹	۲۶۶/۷	۱۴۰	۲۴۲	۲/۵۴	۵۰۰	۹۷۱	۱۵۶/۹	۷/۲۶	۲۸/۳	۲۶۵۰	۱۸
Ca(Mg-Na)-SO ₄ (Cl)	۳/۴۲	۲۸۳	۱۷۸	۲۹۷	۳/۹۳	۴۵۱/۸	۱۵۰۰	۱۴۸/۸	۷/۳۶	۲۸/۵	۳۲۸۰	۱۹
Ca(Mg-Na)-SO ₄ (Cl)	۳/۴۴	۲۰۹/۶	۲۱۰	۴۴۵	۲/۷۸	۳۱۳/۱	۲۰۳۰	۱۴۷/۸	۷/۱۸	۲۸/۱	۳۶۶۰	۲۰
Ca(Mg-Na)-SO ₄ (Cl)	۲/۵۹	۱۶۲	۱۲۲	۲۸۳	۳/۰۲	۳۴۰	۱۱۲۰	۱۵۸/۶	۷/۱۵	۲۷/۲	۲۶۰۰	۲۱
Ca(Na-Mg)-SO ₄ (Cl)	۲/۴	۵۲	۲۶	۱۲۹	۳/۳۸	۱۱۱/۸	۳۵۴/۳	۹۷/۶	۷/۵۲	۲۸/۷	۱۰۰۶	۲۲
Ca(Na-Mg)-SO ₄ (HCO ₃)	۲/۶	۴۴	۱۶	۷۱/۲	۲/۴۲	۳۳/۵	۱۷۱/۴	۹۵/۲	۷/۳۵	۲۹/۴	۹۶۴	۲۳
Ca(Na-Mg)-SO ₄ (HCO ₃)	۱/۵۱	۲۰/۶	۸۴۲	۴۱/۶	۲/۹	۴۴/۷	۶۵/۹	۸۳	۷/۵۷	۲۸/۴	۳۵۸	۲۴
Ca(Na-Mg)-Cl(SO ₄)	۱/۹۲	۳۴/۴	۱۵/۶	۵۶	۲/۴۲	۱۰۵/۱	۹۵/۳	۱۱۷	۷/۳۷	۲۹/۷	۶۵۸	۲۵
Ca(Na)-Cl(SO ₄)	۲/۹	۲۰۹/۶	۳۹	۱۱۰	۲/۵۹	۳۴۹	۴۵۹/۸	۱۵۱/۷	۷/۲۷	۲۹/۶	۱۳۱۲	۲۶
Mg(Ca-Na)-SO ₄ (Cl)	۱۱/۶	۶۱۶	۱۴۶	۲۳۲	۳/۵	۴۷۴	۱۷۱۵	۱۴۸/۸	۷/۱۵	۲۷/۸	۹۱۸	۲۷
Na-Cl	۴/۵۳	۶۲۵	۱۴/۸	۲۳/۹	۲/۵۴	۷۸۵	۴۹/۴	۱۵۱/۳	۷/۲۹	۲۷/۹	۱۰۹۲	۲۸
Ca(Mg-Na)-SO ₄ (Cl)	۲/۲۷	۱۶۰/۷	۳۲/۵	۶۵/۳	۱/۶۹	۱۰۰/۶	۲۵۱	۱۲۲	۷/۲۵	۲۸/۲	۱۰۳۳	۲۹
Na(Ca)-SO ₄	۵/۱	۳۷۸/۶	۱۲۰	۳۰۱	۰	۹۲/۳	۱۵۹۳	۱۰۲/۵	۷/۳۲	۲۷/۸	۹۶۴	۳۰
Ca(Na-Mg)-SO ₄ (HCO ₃)	۲/۱۸	۴۲/۵۵	۱۹۳	۶۷/۳	۳/۱۴	۴۸/۳	۱۸۰۵	۱۰۴/۹	۷/۲۲	۲۸/۶	۷۳۱	۳۱

هدایت الکتریکی (EC) بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر و یونها بر حسب میلی‌گرم در لیتر

جدول ۲- نتایج سنجش‌های شیمیایی نمونه آب‌های زیرزمینی دشت عباس (مهر ماه ۱۳۸۱)

نوع آب	K	Na	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	pH	T °C	EC	شماره
Ca(Na)-SO4(Cl-HCO3)	/۵۶	۷۷/۷	۲۸/۷	۶۷/۴	۶۲/۵	۴۰۸	۸۷/۸	۷/۵	۲۹	۵۵۰	۱
Ca(Na)-SO4(Cl)	/۷۸	۶۶	۳۱/۲	۸۷	۱۲۷/۸	۲۴۷/۲	۱۰۱/۹	۷/۵	۲۹/۳	۱۱۰۰	۲
Ca(Na)-SO4(Cl)	/۶۸	۴۹۵/۴	۱۷۸/۲	۹۴۰	۱۳۶۳	۲۱۱۷/۳	۱۰۷/۴	۷	۲۷/۱	۸۳۵۰	۳
Ca(Mg)-SO4(Cl)	/۳۴	۱۶۳/۳	۱۲۳/۶	۳۶۰	۵۵۳/۸	۹۰۸/۲	۹۰/۳	۷/۲	۲۸/۴	۳۷۱۰	۴
Ca(Na)-Cl(SO4)	/۷۵	۹۵۲/۹	۳۴۲	۱۰۰۰	۲۴۸۰	۲۲۸۰	۱۴۶/۴	۷	۲۹/۴	۱۲۰۰	۵
Ca(Mg)-SO4	/۹۸	۴۸/۳	۶۷/۸	۲۸۲/۸	۸۶/۶	۸۸۹/۹	۹۲/۷	۷	۲۸/۴	۲۲۵۰	۶
Ca(Mg)-SO4	/۶۳	۸۸/۱	۱۰۱/۵	۳۸۰/۲	۱۲۰/۷	۱۲۷۳	۱۰۳/۷	۷/۲	۲۸/۱	۳۱۹۰	۷
Ca(Mg)-SO4(Cl)	/۷۴	۳۷۴/۷	۲۱۷/۲	۵۶۶	۳۷۲	۲۴۵۱/۴	۱۱۲/۲	۷	۲۷/۵	۶۴۰۶	۸
Ca(Mg)-SO4(Cl)	/۹۶	۲۹۴/۶	۲۰۱/۶	۴۸۵	۳۲۶/۶	۲۰۷۶	۱۰۹/۸	۶/۹	۲۷/۷	۵۷۲۰	۹
Ca(Mg)-SO4	/۶۹	۱۱۵/۷	۱۰۱/۹	۳۳۸	۱۱۰/۸	۱۲۶۸/۶	۱۰۴/۹	۷/۱	۲۸/۲	۳۱۰۵	۱۰
Ca(Mg-Na)-SO4(Cl)	/۶۸	۳۹۳/۸	۲۲۳	۶۴۶	۷۱۳/۶	۲۲۲۰	۹۸/۸	۷/۲	۲۷/۸	۶۸۳۰	۱۱
Ca(Na)-SO4(Cl)	/۳۴	۳۲۰/۹	۱۰۵/۶	۴۳۲	۴۱۴/۶	۱۵۲۷/۴	۹۷	۷/۱	۲۹/۴	۴۵۰۶	۱۲
Ca(Mg-Na)-SO4(Cl)	/۱۵	۲۰۹/۵	۱۱۰/۵	۴۲۳	۱۵۷/۶	۱۶۳۲/۵	۱۰۲/۵	۷/۲	۲۸/۴	۴۱۰۸	۱۳
Ca(Mg)-SO4(Cl)	/۲۴	۲۶۶/۶	۱۷۴	۴۵۶/۲	۲۴۷/۱	۱۹۱۷/۶	۱۳۴/۲	۷/۲	۲۸/۱	۵۱۰۰	۱۴
Ca(Na-Mg)-SO4	/۳۳	۲۳۰	۱۱۵/۲	۳۰۴	۱۲۷/۸	۱۴۲۱/۳	۱۰۷/۴	۷/۲	۲۸/۹	۳۸۱۲	۱۵
Ca(Mg)-SO4	/۱۵	۵۹/۶	۱۴۰/۴	۳۵۰	۱۰۵/۱	۱۳۰۷/۵	۱۱۵/۹	۷/۷	۲۸/۴	۳۳۰۰	۱۶
Ca(Mg)-SO4	/۹۵	۷۲/۵	۸۸/۹	۲۸۸	۴۹/۷	۱۰۳۲	۱۱۲/۹	۷/۹	۲۸/۳	۲۵۱۲	۱۷
Ca(Mg-Na)-SO4(Cl)	/۹۵	۱۴۶/۱	۹۲/۴	۱۹۹	۲۰۰/۲	۷۶۸/۵	۱۴۶/۴	۷/۶	۲۸/۵	۲۴۳۰	۱۸
Ca(Mg-Na)-SO4	/۸۵	۲۱۲/۳	۱۴۱/۶	۲۹۷	۱۸۶	۱۳۶۷/۵	۱۲۵/۱	۷/۱	۲۸/۸	۳۷۱۵	۱۹
Ca(Mg)-SO4	/۰۸	۲۳۹/۹	۱۸۷/۹	۴۰۲	۲۶۹/۸	۱۷۹۵/۲	۱۲۲	۷	۲۸/۶	۴۹۲۱	۲۰
Ca(Mg-Na)-SO4(Cl)	/۵۶	۱۱۵/۵	۶۴/۸	۲۹۰	۱۶۴/۷	۸۸۰/۸	۱۰۲/۵	۶/۸	۲۷/۹	۲۹۳۴	۲۱
Ca(Na-Mg)-SO4	/۵۶	۷۷/۷	۲۸/۷	۱۰۵	۶۲/۵	۴۰۸	۸۷/۸	۷/۴	۲۷/۵	۱۱۲۳	۲۲
Ca(Na-Mg)-SO4(Cl)	/۷۸	۶۶	۳۱/۲	۸۷	۱۲۷/۸	۲۲۳/۲	۱۰۱/۹	۷/۶	۲۶/۲	۱۰۵۳	۲۳
Ca(Mg)-HCO3(SO4)	/۹۸	۱۸/۴	۱۲/۱	۴۰/۲	۱۹/۹	۷۳	۱۱۲/۲	۷/۳	۲۹/۱	۵۵۰	۲۴
Ca(Na)-SO4(HCO3)	/۰۳	۴۹/۵	۱۲/۶	۶۱	۴۹/۷	۱۴۶/۴	۱۱۲/۲	۷/۵	۳۰/۱	۷۷۰	۲۵
Na(Ca)-SO4(Cl)	/۰۳	۱۶۰/۱	۲۷/۶	۷۰	۱۵۶/۲	۳۲۸/۸	۱۰۹/۸	۷/۶	۳۰/۴	۱۵۰۰	۲۶
Na(Ca)-SO4(Cl)	/۱۹	۶۵۷/۱	۱۹۳/۲	۴۵۰	۱۰۲۲	۱۷۴۷/۲	۱۱۲/۹	۷/۳	۲۸/۱	۷۳۰۳	۲۷
Ca(Na)-SO4(Cl)	/۲۹	۴۴۳/۹	۸۷	۴۳۱/۸	۷۲۷/۸	۱۲۵۱/۸	۱۴۶/۴	۷/۵	۲۸/۵	۵۵۰۴	۲۸
Na(Ca)-SO4(Cl)	/۳۷	۱۲۴/۴	۲۷/۶	۸۴	۱۰۲/۲	۲۵۶/۸	۱۰۰	۷/۷	۲۸/۶	۱۳۰۶	۲۹
Na(Ca)-SO4(Cl)	/۳۷	۴۶/۹	۱۶/۳	۷۰	۸۸	۱۳۲/۵	۱۰۲/۵	۷/۴	۲۸/۷	۸۶۰	۳۰
Ca(Na)-SO4(HCO3-Cl)	/۱۳	۳۲/۲	۱۶/۲	۸۸	۵۹/۶	۱۷۷/۶	۱۰۲/۵	۷/۲	۲۹/۳	۸۷۲	۳۱

روش‌های سنجش آزمایشگاهی

نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس در آزمایشگاه هیدروشیمی دانشکده علوم دانشگاه شهید چمران مورد آنالیز قرار گرفته و از روش‌های استاندارد تیتراسیون، شعله‌سنجی، وزن‌سنجی و اسپکتروفتومتری استفاده شده است. بی‌کربنات، کلسیم، منیزیم و کلرید به روش تیتراسیون، سدیم و پتاسیم از روش شعله‌سنجی، نیترات به روش اسپکترومتری و سولفات به روش وزن‌سنجی مورد سنجش قرار گرفته است.

نمایش نموداری داده‌های شیمیایی

جهت نمایش نموداری داده‌های کیفی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس از نمودارهای شیمیایی^۱ پایپر و نرم‌افزار Rockwork99 استفاده شده است.

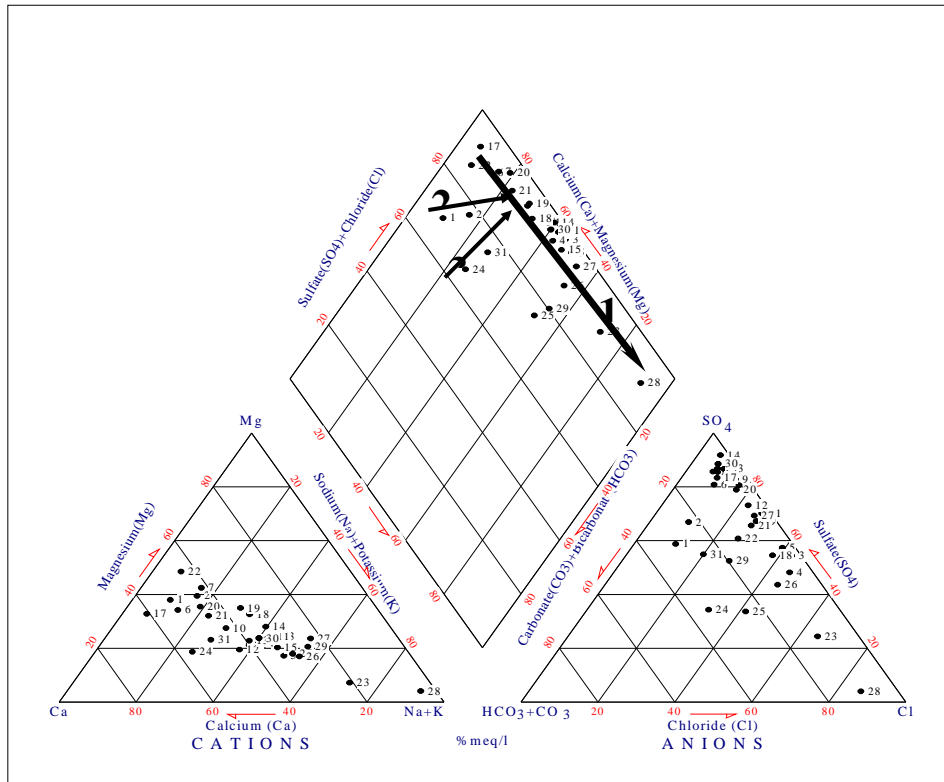
نمودار پایپر نمونه‌های آب دشت عباس

نمودارهای پایپر عمدتاً جهت تعیین نوع آب‌ها، رخساره‌های هیدروشیمیایی و مسیرهای تکامل ژئوشیمیایی تهیه می‌گردند. هرچند که تعیین مسیرهای تکامل ژئوشیمیایی در آبخوان‌ها با استفاده از نمودار پایپر همانند اکثر مباحث مطالعات کیفی آب‌های زیرزمینی با قطعیت کامل همراه نمی‌باشد، ولی با این حال [۱ و ۲] از نمودار پایپر جهت تعیین مسیرهای تکامل ژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی استفاده نموده‌اند.

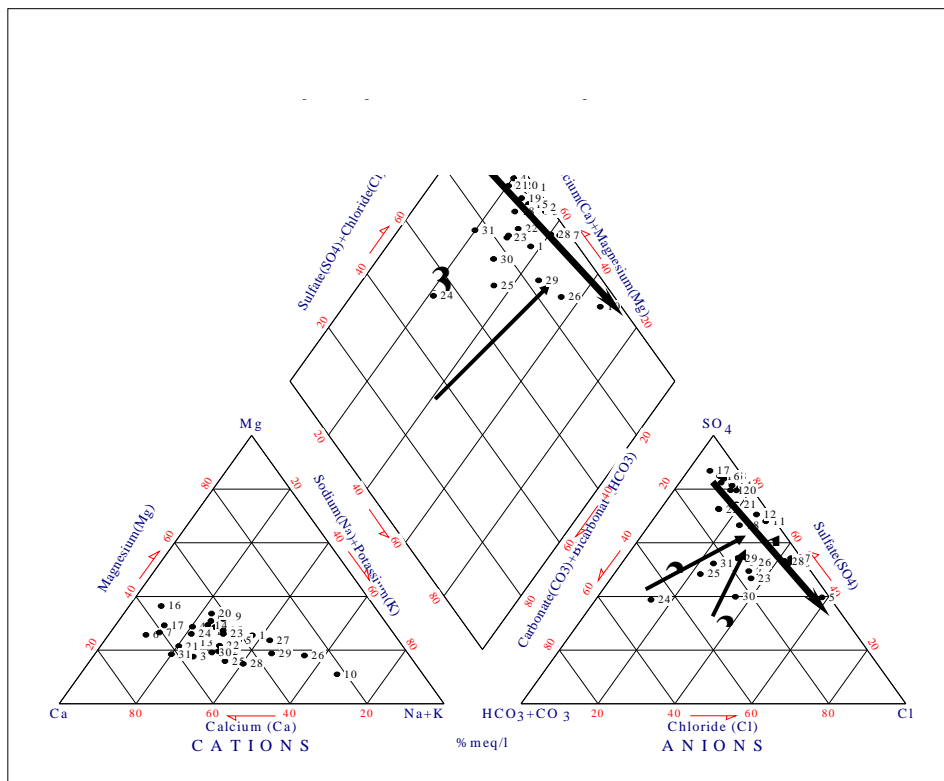
رخساره‌های هیدروشیمیایی^۲ جهت نمایش اختلاف در ترکیب شیمیایی آب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، [۳-۶]. قسمت‌های متمایزی از آب‌های زیرزمینی را که دارای غلظت‌های کاتیونی و آنیونی قابل توصیف در گروه‌های

ترکیبی معین می‌باشند به عنوان رخساره‌های هیدروشیمیایی معرفی شده است.

نمودارهای پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس (شکل‌های ۴ و ۵) نشان دهنده آن است که یون سولفات و کلسیم در آبخوان غالب می‌باشند. با توجه به نمودارهای پایپر، عملاً یک مسیر تکاملی ژئوشیمیایی اصلی و دو مسیر تکاملی ژئوشیمیایی فرعی در آبخوان دشت عباس قابل تشخیص می‌باشند. مسیر ۱ در نمودارهای پایپر نشان‌دهنده تکامل ژئوشیمیایی آب زیرزمینی دارای رخساره هیدروشیمیایی سولفات کلسیک (منیزیک) به آب زیرزمینی نوع کلروره سدیک (کلسیک) و کلروره سدیک می‌باشد. علی‌رغم آن که در این مسیر تکاملی نسبت غلظت یون کلراید افزایش می‌یابد ولی نسبت غلظت سولفات تقریباً حالت کاهشی دارد. کاهش نسبت غلظت سولفات به معنای کاهش غلظت مطلق سولفات در مسیر تکاملی نمی‌باشد، بلکه این امر نشان‌گر این است که نرخ افزایش غلظت یون کلراید بیش از نرخ افزایش یون سولفات می‌باشد.



شکل ۴- نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس در اردیبهشت ۱۳۸۱



شکل ۵- نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس در مهر ماه ۱۳۸۱

اردیبهشت و مهر ماه ۱۳۸۱ با محاسبه پارامترهای آماری پایه (از قبیل حداکثر، حداقل، میانگین، انحراف استاندارد و ضریب تغییرات) صورت گرفته است.

پارامترهای آماری محاسبه شده مربوط به داده‌های هیدروشیمی ۳۱ نمونه آب زیرزمینی دشت عباس در دو دوره نمونه‌برداری در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است. هرچند که در منطقه دشت عباس اردیبهشت ماه منطبق با انتهای دوره مرطوب و مهر ماه منطبق با انتهای دوره خشک می‌باشد، ولی با این حال، بر خلاف انتظار، میانگین غلظت سدیم، پتاسیم، منیزیم، بی‌کربنات و سولفات نمونه‌های آب زیرزمینی در مهر ماه نسبت به مقادیر میانگین مشابه در اردیبهشت ماه کاهش نشان می‌دهند. علاوه بر احتمال وجود خطا در سنجش‌های آزمایشگاهی مربوط به دوره اردیبهشت، می‌توان بیان نمود که آب نفوذی از طریق بارش در طی فصل مرطوب با فروشویی املاح موجود در زون خاک و لایه‌های منطقه غیر اشباع باعث افزایش غلظت مواد محلول آب نفوذی به آبخوان گردیده است. با این حال، هدایت الکتریکی و غلظت میانگین کلسیم و کلراید نمونه‌های آب چاه‌های دشت عباس در مهر ماه نسبت به اردیبهشت ماه بیشتر می‌باشند.

میانگین هدایت الکتریکی نمونه‌های آب

زیرزمینی دشت عباس در اردیبهشت ماه برابر با ۲۶۷۸ میکرو موهس بر سانتی‌متر و در مهر ماه برابر با ۳۵۹۳ میکرو موهس بر سانتی‌متر می‌باشد. میانگین غلظت سولفات نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس در اردیبهشت و مهر ماه ۱۳۸۱ به ترتیب برابر با ۱۲۲۷ و ۱۱۱۰/۹ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. میانگین غلظت یون‌های کلسیم و کلراید نمونه‌های آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه، به ترتیب، برابر با ۲۶۷/۴ و ۸۹/۵

به لحاظ ژئوشیمیایی مسیر تکاملی آب زیرزمینی در ارتباط با انحلال کانی‌های تبخیری ژپس و هالیت می‌باشد که باعث شوری آب زیرزمینی دشت عباس شده است. کانی‌های تبخیری موجود در آبرفت دشت عباس عمدتاً از فرسایش لایه‌ها و رگه‌های ژپسی و هالیتی بخش لهری^۱ که در جنوب غربی، غرب، شمال و شمال شرقی دشت رخنمون دارند، حاصل شده‌اند. مسیرهای فرعی ۲ و ۳ در نمودار پایپر نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس (شکل های ۴ و ۵) نشان دهنده تکامل آب‌های زیرزمینی سولفات (بی‌کربناته)، کلسیک (منیزیک) به سمت مسیر تکاملی ژئوشیمیایی اصلی آبخوان دشت عباس (مسیر ۱) می‌باشند. به علت داده‌های کم‌تر در مسیرهای تکاملی ۲ و ۳، این مسیرها نسبت به مسیر تکاملی ۱ با عدم قطعیت بیشتری همراه می‌باشند، به طوری که در قسمت لوزی شکل نمودار پایپر مربوط به مهر ماه (شکل ۵) مسیر تکاملی ۲ تشخیص داده نشده است. افزایش بی‌کربنات در بعضی نمونه‌های آب زیرزمینی که با کاهش EC و TDS همراه است، در ارتباط با تغذیه موضعی آبخوان از سازند بختیاری می‌باشد. نوع آب زیرزمینی دشت عباس در دو دوره نمونه‌برداری در سال ۱۳۸۱ با استفاده از نمودار پایپر و نسبت‌های یونی در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

توصیف آماری داده‌های هیدروشیمی

بیان آماری داده‌های کیفی روش مناسبی برای معرفی مشخصات کیفی آبخوان‌ها می‌باشد [۷ و ۸]. امروزه با استفاده ابزاری از آنالیزهای آماری چند متغیره و تحلیل‌های عاملی منشأ آب زیرزمینی تعیین می‌گردد. در این بررسی نیز، مقایسه داده‌های کیفی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس در دو دوره نمونه‌برداری

لیتر) و سولفات (۳۴۴۰ میلی گرم در لیتر) می باشد. در دوره مهر ماه حداقل و حداکثر مقادیر غلظت در میان یون‌های عمده، به ترتیب، مربوط به پتاسیم (۰/۷۸ میلی گرم در لیتر) و کلراید (۲۴۸۰ میلی گرم در لیتر) می باشد. با توجه به ضریب تغییرات (انحراف استاندارد تقسیم بر میانگین) یون‌های بی کربنات و کلراید، به ترتیب، حداقل و حداکثر تغییرات در آبخوان دشت عباس را نشان می دهند.

میلی گرم در لیتر و در مهر ماه، به ترتیب، برابر با ۳۲۵/۲ و ۳۴۳/۸ میلی گرم در لیتر می باشد. حداقل و حداکثر هدایت الکتریکی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس در اردیبهشت به ترتیب، برابر با ۳۵۸ و ۶۸۵۰ میکروموس بر سانتی متر بوده است و این مقادیر در مهر ماه، به ترتیب، ۵۵۰ و ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر اندازه گیری شده است. از میان یون‌های عمده حداقل و حداکثر مقادیر غلظت در دوره اردیبهشت، به ترتیب، مربوط به پتاسیم (۱/۵ میلی گرم در

جدول ۳- مقادیر پارامترهای آماری محاسبه شده نمونه‌های آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه

پارامترهای آماری	EC	HCO3	SO4	Cl	Ca	Mg	Na	K
حداقل	۳۵۸	۸۳	۶۵/۹	۲۷/۷	۲۳/۹	۸/۴۲	۱۳/۷	۱/۵
حداکثر	۶۸۵۰	۱۶۵/۹	۳۴۴۰	۱۳۳۸/۹	۵۸۴	۲۴۰/۷	۸۳۲/۸	۱۱/۶
میانگین	۲۶۷۸	۱۲۴۴	۱۲۲۷	۲۸۹/۵	۲۶۷/۴	۱۱۱/۸	۳۲۲/۳	۳/۹
انحراف معیار	۱۸۵۷/۷	۲۱/۵	۸۹۷/۵	۲۸۴	۱۶۴/۳	۷۳/۳	۲۶۶/۴	۲/۳
ضریب تغییرات	۰/۶۹	۰/۱۷	۰/۷۳	۰/۹۸	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۸۳	۰/۵۹

جدول ۴- مقادیر پارامترهای آماری محاسبه شده نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس در مهر ماه

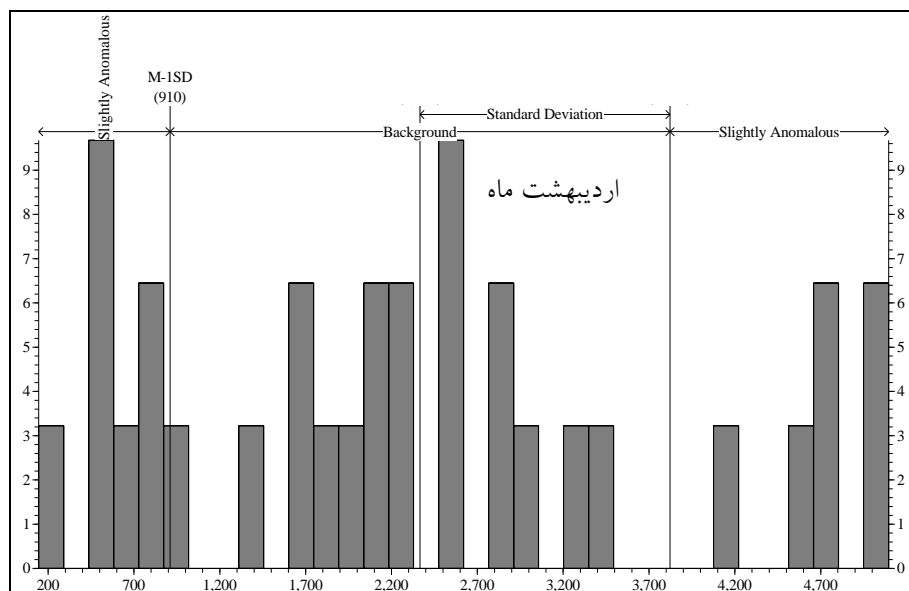
پارامترهای آماری	EC	HCO3	SO4	Cl	Ca	Mg	Na	K
حداقل	۵۵۰	۸۷/۸	۷۳	۱۹/۹	۴۰/۲	۱۲/۱	۱۸/۴	۰/۷۸
حداکثر	۱۲۰۰۰	۱۴۶/۴	۲۴۵۱	۲۴۸۰	۱۰۰۰	۳۴۲	۹۵۲/۸	۹/۷۵
میانگین	۳۵۹۳	۱۱۰	۱۱۱۰/۹	۳۴۳/۸	۳۲۵/۲	۱۰۶/۱	۲۱۳/۵	۲/۸
انحراف معیار	۲۶۶۹	۱۵/۸	۷۴۵/۸	۵۰۲/۳	۲۴۰/۵	۷۹/۸	۲۰۷	۲/۱۲
ضریب تغییرات	۰/۷۴	۰/۱۴	۰/۶۷	۱/۴۶	۰/۷۴	۰/۷۵	۰/۹۷	۰/۷۵

در دوره‌های اردیبهشت و مهر ماه ۱۳۸۱، با استفاده از نرم افزار Rockworks 99 تهیه شده است (شکل‌های ۶-۸). با توجه به شکل ۷ مشاهده می شود که غلظت کل جامدات محلول نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس در دوره اردیبهشت تقریباً از توزیع نرمال تبعیت می نماید. در این دوره غلظت کل جامدات محلول نمونه‌های آب در دامنه M-2SD قرار می گیرد و هیچ کدام از داده‌ها در بازه

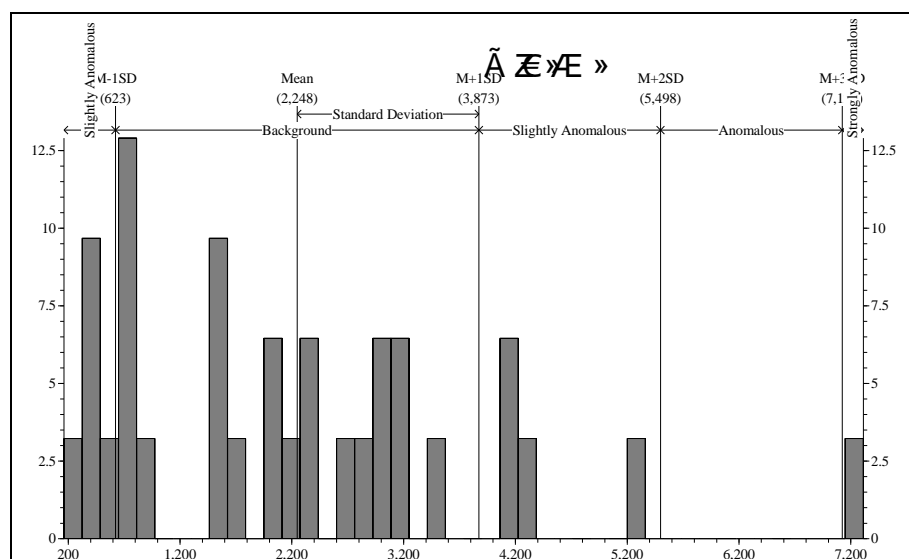
ضریب تغییرات یون‌های بی کربنات و سولفات در مهر ماه نسبت به اردیبهشت ماه کاهش یافته است، در حالی که ضریب تغییرات دیگر متشکله‌های شیمیایی در مهر ماه بیش تر از مقادیر مشابه در اردیبهشت ماه می باشند. جهت نمایش نموداری توزیع آماری داده‌های هیدروشیمی، هیستوگرام‌های مربوط به کل جامدات محلول (باقی مانده خشک) و سولفات نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس

میانگین کشیدگی بیش تری نشان می دهند. هیستوگرام های سولفات نمونه های آب زیرزمینی دشت عباس در دو دوره اردیبهشت و مهر ماه پراکندگی یکنواخت داده ها را در بازه $M \pm 2SD$ نشان می دهند (شکل ۸). این امر بیانگر افزایش خطی غلظت سولفات آب زیرزمینی می باشد. به هر حال علاوه بر عوامل ذکر شده فوق می توان اختلاط آب های زیرزمینی را نیز در توزیع یکنواخت داده های غلظت سولفات مؤثر دانست.

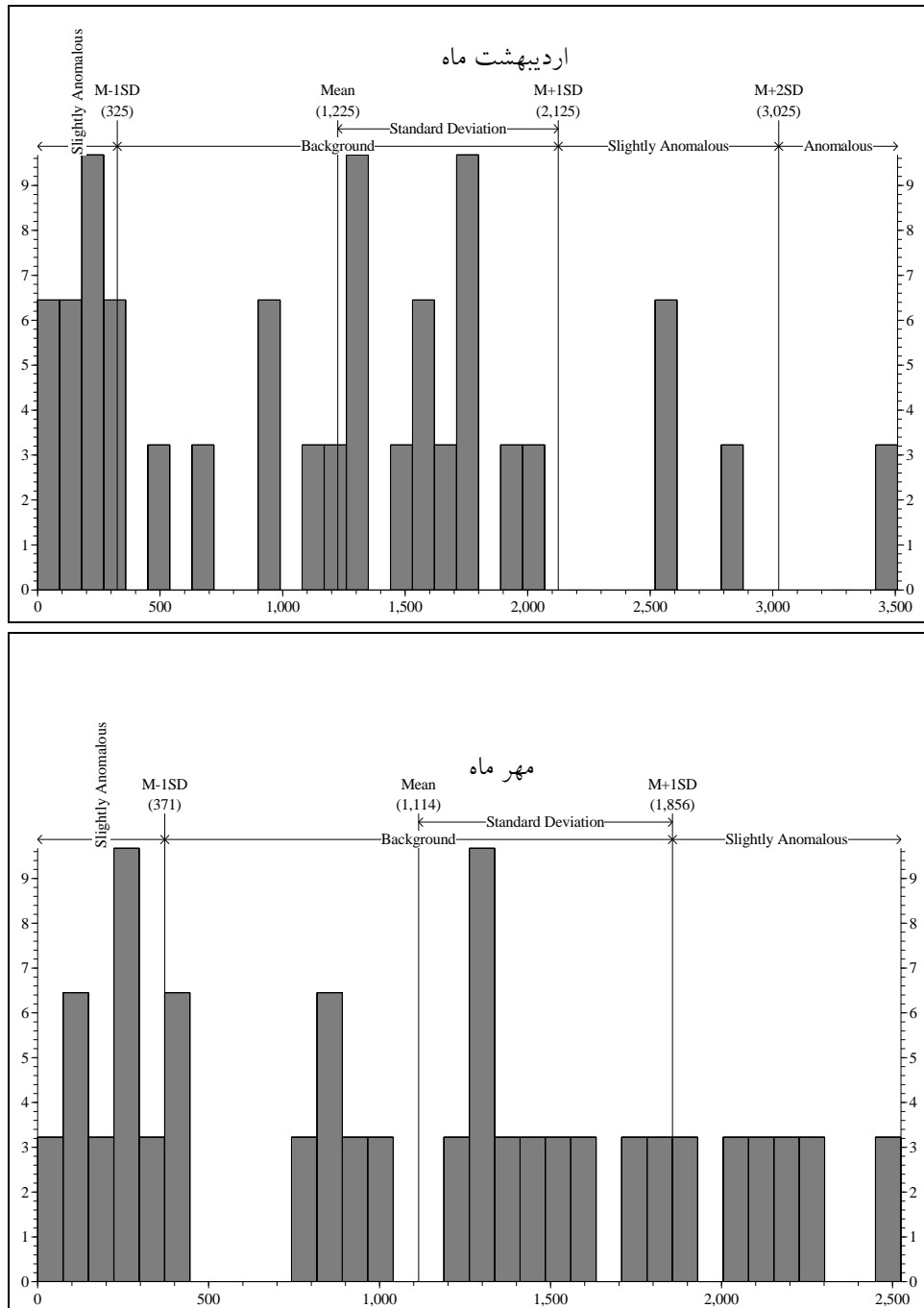
شدیداً ناهنجار قرار نمی گیرند. هیستوگرام غلظت کل جامدات محلول نمونه آب های دشت عباس در دوره مهر ماه (شکل ۸) نیز تا حدودی مشابه با هیستوگرام کل جامدات محلول در اردیبهشت ماه (شکل ۷) می باشد، با این تفاوت که در دوره مهر ماه یک نمونه آب در دامنه شدیداً ناهنجار ($M+3SD$) واقع شده است. همچنین داده های غلظت کل جامدات محلول در دوره مهر ماه نسبت به دوره اردیبهشت ماه به سمت مقادیر کم تر از



شکل ۶- هیستوگرام مجموع املاح نمونه های آب زیرزمینی در اردیبهشت ماه



شکل ۷- هیستوگرام مجموع املاح نمونه های آب زیرزمینی دشت عباس در مهر ماه



شکل ۸- هیستوگرام سولفات نمونه‌های آب زیرزمینی دشت عباس در اردیبهشت و مهر ماه

کربناته را نسبت به انحلال سولفات نشان می‌دهد. بر این اساس می‌توان استنباط نمود که در نواحی وسیعی از دشت عباس که نسبت $rHCO_3/rSO_4$ کم‌تر از ۱ است، انحلال سولفات در آبخوان غالب می‌باشد.

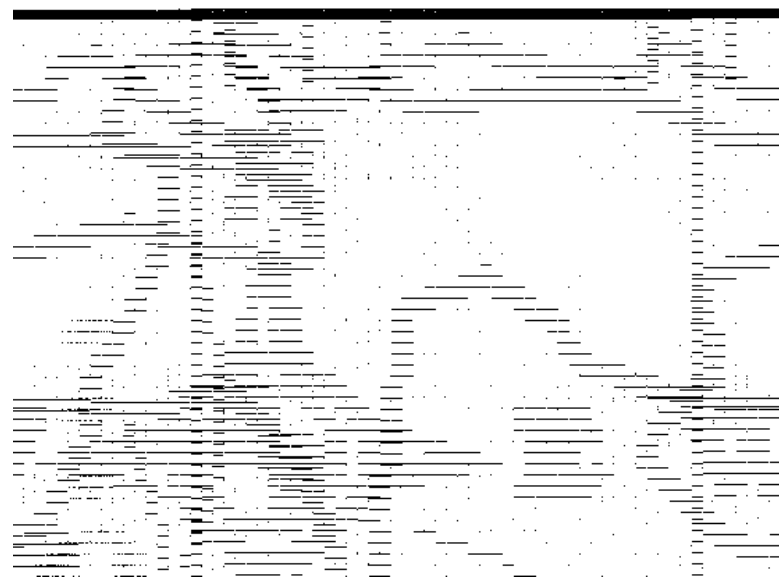
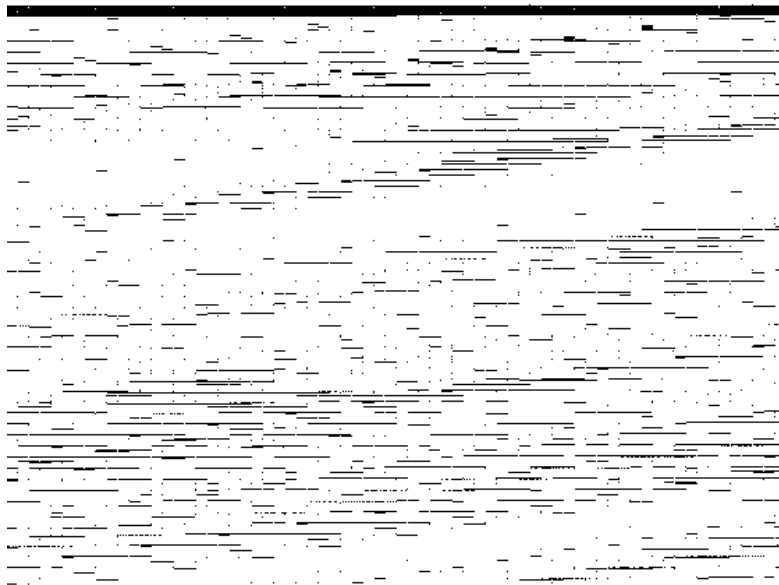
نسبت HCO_3/SO_4

نسبت $rHCO_3/rSO_4$ آبخوان دشت عباس (شکل ۹ بالا) از مقدار حداکثر در حاشیه‌های شرقی و جنوب شرقی به سمت نواحی مرکزی، جنوبی و غربی دشت کاهش می‌یابد. نسبت $rHCO_3/rSO_4$ میزان غالب بودن انحلال

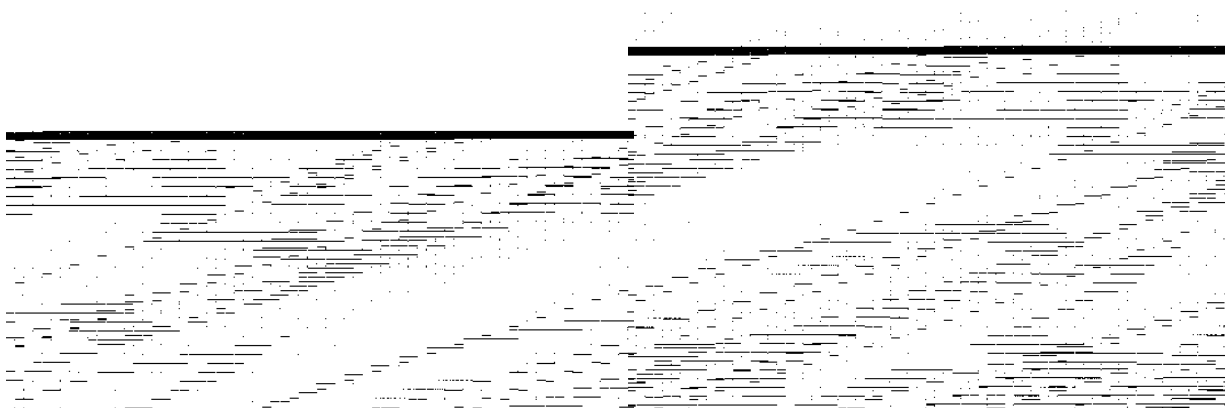
نسبت Na/Cl

نسبت مولار کلراید و سدیم آب‌های زیرزمینی معمولاً تا حدود زیادی با همدیگر برابر است و این مسأله وجود منشأ مشترک برای این دو یون را نشان می‌دهد. در صورت عدم برابری نسبت مولار کلراید و سدیم می‌توان منشأهای متفاوتی برای این دو یون در نظر گرفت. با توجه به آن که کلراید یونی پایدار بوده و به جز

واکنش‌های انحلال/رسوب‌گذاری تحت تأثیر دیگر واکنش‌های حاکم بر منطقه اشباع قرار نمی‌گیرد و با در نظر گرفتن انحلال‌هالیت در آبخوان دشت عباس، می‌توان استنباط نمود که عدم برابری نسبت مولار سدیم و کلراید در آبخوان دشت عباس احتمالاً به واسطه فرآیندهای تبادل یونی در آبخوان روی داده است شکل ۹ پائین).



شکل ۹- نقشه هم نسبت $rHCO_3/rSO_4$ (بالا) و rNa/rCl (پائین)



شکل ۱۰- نقشه هم نمایه اشباع ژئیس آبخوان دشت عباس در اردیبهشت (راست) و مهر (چپ)

نمایه اشباع ژئیس

برای شناسایی وضعیت انحلال در آبخوان می توان از نمایه اشباع استفاده کرد [۹ و ۱۰]. با توجه به این که انحلال ژئیس نقش عمده ای در تکامل هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی دشت عباس دارد، بنابراین، نقشه های هم نمایه اشباع ژئیس^۱ آبخوان در دو دوره اردیبهشت و مهر ماه ۱۳۸۱ تهیه گردید (شکل ۱۰). در ابتدا نمایه اشباع ژئیس نمونه های آب زیرزمینی دشت عباس با استفاده از کد کامپیوتری PHREEQC محاسبه گردید و سپس نقشه های هم نمایه اشباع ژئیس تهیه شده است. با توجه به نقشه های Iso-Sig آبخوان مشاهده می شود که مقدار Sig نمونه های آب زیرزمینی از حاشیه های شرقی و جنوب شرقی دشت به سمت نواحی جنوبی و غربی دشت افزایش می یابد. آب زیرزمینی در نواحی مرز جنوبی و غربی دشت عباس نسبت به ژئیس به حالت تعادل رسیده اند. در دوره اردیبهشت ماه کاهش ناهنجار مقدار Sig در قسمت مرکزی دشت و در اطراف نقطه نمونه برداری ۲۸ احتمالاً به دلیل وجود خطا در سنجش

آزمایشگاهی نمونه آب ۲۸ به وجود آمده است. بر اساس نقشه Iso-Sig آبخوان دشت عباس در دوره مهر ماه افزایش یکنواخت Sig آب های زیرزمینی از حاشیه شرقی دشت تا قسمت های مرکزی دشت ادامه یافته است. در قسمت های وسیعی از نواحی شمالی، شمال غربی، غربی و جنوبی دشت آب های زیرزمینی تا حدود زیادی نسبت به ژئیس به حالت اشباع رسیده اند.

نتیجه گیری

نمودارهای پایپر نمونه های آب زیرزمینی دشت عباس در اردیبهشت و مهر ماه ۱۳۸۱ (شکل های ۴ و ۵) نشان دهنده آن است که آنیون سولفات و کاتیون کلسیم در آبخوان غالب می باشند. با توجه به این نمودارها، عملاً یک مسیر تکاملی ژئوشیمیایی اصلی و دو مسیر تکاملی ژئوشیمیایی فرعی در آبخوان دشت عباس قابل تشخیص می باشند. مسیر ۱ در نمودارهای پایپر نمونه های آب زیرزمینی دشت عباس (شکل های ۴ و ۵) نشان دهنده تکامل ژئوشیمیایی آب های زیرزمینی دارای رخساره هیدرووشیمیایی سولفات-کلسیک-منیزیک به آب های زیرزمینی نوع کلروره-

مشابه با هیستوگرام کل جامدات محلول در اردیبهشت ماه می باشد. در نواحی وسیعی از دشت عباس که نسبت $rHCO_3/rSO_4$ کمتر از ۱ است، انحلال سولفات در آبخوان غالب می باشد ولی در نواحی جنوبی دشت احتمالاً انحلال هالیت بیش تر از انحلال سولفات می باشد. افزایش rNa / rCl در ناحیه شمال غربی دشت در مهر ماه نیز تا حدودی مشاهده می شود ولی نسبت rNa / rCl در این ناحیه از ۵/۵ در اردیبهشت تا بیش از ۲/۵ در دوره مهر ماه کاهش یافته است. بدین لحاظ می توان رخداد فرآیند تبادل یونی را در حاشیه شمال غربی دشت عباس ممکن دانست. در دوره مهر ماه در نواحی تخلیه جنوبی دشت نسبت rNa / rCl تا مقدار ۰/۸ کاهش می یابد. در این ناحیه احتمالاً به دلیل انحلال هالیت غالب در آبخوان، غلظت سدیم به شدت افزایش یافته و در نتیجه با بر هم خوردن تعادل واکنش های جذبی، فرآیند تبادل یونی معکوس در آبخوان روی داده است. شایان ذکر است که در دوره اردیبهشت ماه به هیچ وجه رخداد فرآیند تبادل یونی معکوس در آبخوان دشت عباس نمایان نگردیده است.

با توجه به نقشه های Iso-Sig آبخوان آبرفتی دشت عباس مشخص است که مقدار Sig آب زیرزمینی از حاشیه های شرقی و جنوب شرقی دشت به سمت نواحی جنوبی و غربی افزایش می یابد. آب زیرزمینی در نواحی مرز جنوبی و غربی نسبت به ژئوپس به حالت تعادل رسیده اند.

مراجع

- [1] Stober, I. and Bucher, K., Deep groundwater in the crystalline basement of the Black Forest region. Applied Geochemistry, 14 (1999) 237-254.

سدیک- کلسیک و کلروره- سدیک می باشد. علی رغم آن که در این مسیر تکاملی نسبت غلظت یون کلراید افزایش می یابد ولی نسبت غلظت سولفات تقریباً حالت کاهش دارد. کاهش نسبت غلظت سولفات به معنای کاهش غلظت مطلق سولفات در مسیر تکاملی نمی باشد، بلکه این امر نشانگر آن است که نرخ افزایش غلظت یون کلراید بیش از نرخ افزایش یون سولفات می باشد. علاوه بر این، با بررسی نمایه اشباع ژئوپس نمونه های آب زیرزمینی دشت عباس مشخص شده است که در مسیر تکامل هیدروژئوشیمیایی آبخوان، آب زیرزمینی نسبت به ژئوپس به حالت اشباع رسیده است. به لحاظ ژئوشیمیایی مسیر تکاملی در ارتباط با انحلال کانی های تبخیری ژئوپس و هالیت می باشد که باعث شوری بیش از حد آب های زیرزمینی دشت عباس شده است. افزایش بی کربنات در بعضی نمونه های آب زیرزمینی که با کاهش EC و TDS همراه است، در ارتباط با تغذیه موضعی آبخوان دشت عباس از سازند بختیاری می باشد.

با توجه به ضریب تغییرات غلظت یون های عمده مشخص گردید که یون های بی کربنات و کلراید، به ترتیب، حداقل و حداکثر تغییرات در آبخوان دشت عباس را دارا می باشند. ضریب تغییرات یون های بی کربنات و سولفات در مهر ماه نسبت به اردیبهشت ماه کاهش یافته است، در صورتی که ضریب تغییرات دیگر متشکله های شیمیایی در مهر ماه بیش تر از مقادیر مشابه در اردیبهشت ماه می باشند. غلظت کل جامدات محلول نمونه های آب زیرزمینی دشت عباس در اردیبهشت ماه تقریباً از توزیع نرمال تبعیت می نماید. در این دوره غلظت کل جامدات محلول نمونه های آب در دامنه M-2SD قرار می گیرد و هیچ کدام از داده ها در بازه شدیداً ناهنجار قرار نمی گیرند. هیستوگرام غلظت کل جامدات محلول نمونه های آب دشت عباس در دوره مهر ماه (شکل ۷) نیز تا حدودی

- coastal zone, *Water Resources Research*, 32, 2 (1996) 228-236.
- [10] Parkhurst, D.L. and Appelo, C.A.J., PHREEQC (v.2)- A Computer Program for Speciation, Batch- Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical calculations, U.S. Geological Survey, (1999).
- [2] Logan, W.S., Auge, M.P. and Panarello, H.O., Bicarbonate, sulfate, and chloride water in a shallow, clastic dominated coastal flow system, Argentina. *Ground Water*, 37, 2 (1999) 287-295.
- [3] Fetter, C.W., *Applied Hydrogeology*. 2d ed. New York, Macmillan Pub. Co., (1988).
- [4] Freeze, R.A. and Cherry, J.A., *Ground Water*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ., (1979).
- [5] Gabriela, M.G., Hidalgo, M.D.V. and Miguel, A.B, Geochemistry of groundwater in the alluvial plain of Tucuman province, Argentina, *Hydrogeology Journal*, 9 (2001) 597-610.
- [6] Kalantari, N. and Nasser, H., Groundwater quality of Ghereso aquifer system in northern Iran, third conference of groundwater quality, Sheffield University, Sheffield, U.K., (2001) 219-225.
- [7] Wang, Y., Ma, T. and Luo, Z., Geostatistical and geochemical analysis of surface water leakage into groundwater on a regional scale: A study in the Liulin karst system, northwestern China. *Journal of Hydrology*, 246 (2001) 223-234.
- [8] Cuneyt, G., Geoffrey, D.T. and McCry, J.E, Evolution of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data, *Hydrogeology Journal*, 10 (2002) 455-474.
- [9] Wicks, C. M., and J. S. Herman. Regional hydrogeochemistry of a modern mixing