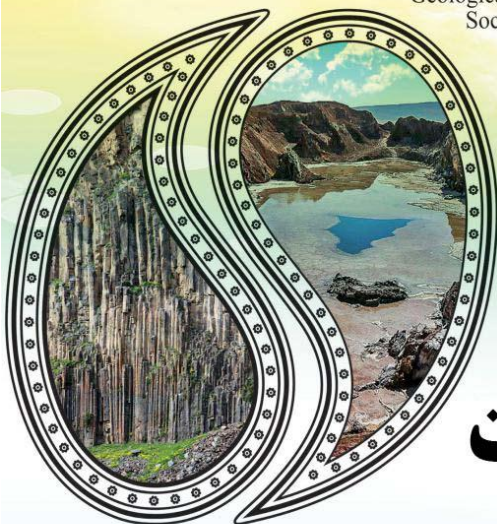




دانشگاه پیام نور
میزبان بیستمین همایش ملی تخصصی زمین‌شناسی
و
انجمن زمین‌شناسی ایران
بیست و یکمین همایش ملی تخصصی زمین‌شناسی ایران

The 21st
Symposium of
Geological
Society of Iran

The 11th
Geological National
Conference of
Payame Noor
University



۲۳ - ۲۴ آبان ۱۳۹۷ - قم

Qom, 14 - 15 Nov, 2018

مجموعه مقالات

تدوین و گردآوری:
دکتر روح اله ندری - دکتر سید جواد مقدسی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مجموعه مقالات بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و

یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور

تدوین مجموعه مقالات: دکتر روح اله ندری، دکتر سید جواد مقدسی
طراح جلد : دکتر روح اله ندری
انتشار : به صورت الکترونیک – دانشگاه پیام نور
تاریخ انتشار: آبان ماه ۱۳۹۷
نشانی دبیرخانه: قم، بلوار عمار یاسر، دانشگاه پیام نور مرکز قم
نشانی الکترونیک: http://conference.pnu.ac.ir/qom-Geology/default.aspx
مسئولیت کلیه مطالب علمی مقاله‌ها، بر عهده نویسندگان می‌باشد.

مقدمه

تولید دانش در سالهای آغازین قرن بیست و یکم رشدی شتابان داشته است و کشور عزیز ما ایران نیز از این امر مستثناء نبوده است. در این میان توجه به علوم زمین با توجه به نیازهای متنوع جوامع بشری به انرژی، آب و منابع معدنی و همچنین مخاطرات گوناگون زیست محیطی بیش از پیش نمایان شده است. بدین ترتیب رشته های مختلف زمین شناسی توسعه و شاخه های میان رشته ای مانند زمین شناسی پزشکی، زمین شناسی شهری، زمین شناسی زیست محیطی، زمین شناسی نظامی و نظایر آن معرفی و به خوبی رشد کرده اند.

اگرچه دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی کشور نقش کلیدی و اصلی در توسعه علوم ایفا می کنند، ولی انجمن های علمی نیز توانسته اند با گرد هم آوردن پژوهشگران، اساتید، دانشجویان و سایر علاقمندان، به کمک دانشگاه ها شتافته و نقش مهمی در پیشرفت و توسعه علوم ایفا نمایند. در همین راستا انجمن زمین شناسی ایران نیز توانسته است با برگزاری همایش های تخصصی پرمخاطب به میزبانی دانشگاه های بزرگ کشور، نقشی ارزشمند در ارائه دستاوردهای پژوهشی تولید شده در دانشگاه ها و سایر موسسات آموزشی و پژوهشی و همچنین صنعت ایفا کند.

با توجه به توسعه و رشد قابل توجه دانشگاه پیام نور در سال های اخیر و ظرفیت های آموزشی و پژوهشی ایجاد شده در حوزه علوم زمین در آن دانشگاه و بر اساس توافق صورت گرفته فیما بین انجمن زمین شناسی ایران و گروه زمین شناسی دانشگاه پیام نور، بیست و یکمین همایش سالانه انجمن زمین شناسی ایران و یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور به صورت مشترک با میزبانی دانشگاه پیام نور استان قم برگزار گردید. این همایش که با استقبال خوب پژوهشگران و صاحب نظران علوم زمین برگزار شد، فرصتی بود تا آخرین یافته های حوزه علوم زمین ارائه و در معرض نقد و مباحثه قرار گیرد.

ضمن تشکر از کلیه پژوهشگرانی که آخرین یافته های پژوهشی خود را بصورت مقاله به دبیرخانه همایش ارسال نمودند، سعی شد این مجموعه با سرعت و در اندک زمان باقیمانده تا تاریخ برگزاری همایش آماده و در اختیار عزیزان حاضر در همایش قرار گیرد. **مجموعه مقالات در ۱۰ جلد و عنوان بر مبنای عناوین در ج شده در سامانه همایش و بر حسب حروف الفبای فارسی نام نویسنده اول مقاله تنظیم گردیده است.**

لازم به ذکر است که بر اساس رویه ی موجود در برگزاری همایش های علمی، دبیرخانه همایش هیچگونه دخل و تصرفی در محتوای علمی مقالات ننموده است و صرفاً در مواردی که نویسنده (نویسندگان) الگوی مورد درخواست را رعایت ننموده بودند، نسبت به ویرایش جزئی مقالات اقدام نمود. در صورتی که در برخی صفحات ناهماهنگی و یا به هم ریختگی ملاحظه می شود، به دلیل عدم ارسال مقاله با الگوی درخواستی توسط نویسندگان بوده است که با توجه به فرصت کم، امکان تنظیم دوباره نبوده است. از زحمات بی دریغ اعضای محترم کمیته علمی و داوران که از دانشگاه های مختلف کشور و همچنین بخش صنعت این مهم را برعهده داشتند تشکر و قدردانی می شود.

این همایش با تلاش و کوشش خستگی ناپذیر جمع زیادی از همکاران علمی، اداری و دانشجویان دانشگاه پیام نور به بار نشست که لازم است بدین وسیله از ایشان تشکر و قدردانی شود. آقای دکتر محمدعلی حسینی ریاست دانشگاه پیام نور استان قم، آقای دکتر روح اله ندیری دبیر اجرایی، مدیران ستادی و اجرایی دانشگاه پیام نور استان قم و دانشجویان پرتلاش رشته زمین شناسی دانشگاه پیام نور استان قم که امور مربوط به برگزاری همایش را به طور خستگی ناپذیر و شبانه روزی به سرانجام رساندند که بدین وسیله از تلاش ایشان صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

در پایان ضمن تشکر از همه پژوهشگران و صاحب نظران حوزه علوم زمین کشور، امیدواریم این همایش توانسته باشد نقشی مهم و موثر در پیشبرد علوم زمین در کشور داشته باشد.

دکتر سید جواد مقدسی: دبیر علمی همایش

دکتر منصور قربانی: رئیس انجمن زمین شناسی ایران

آبان ماه ۱۳۹۷

برگزار کنندگان

دانشگاه پیام نور

انجمن زمین شناسی ایران

حمایت کنندگان

آقای دکتر کریمی - معاونت فناوری و پژوهشی دانشگاه پیام نور

آقای دکتر علیزاده - معاونت اداری مالی و عمرانی دانشگاه پیام نور

خانم دکتر لک - سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

آقای دکتر دهقانی - پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)

آقای دکتر صالحی - مرکز منطقه ای اطلاع رسانی علوم و فناوری

آقای دکتر حسینی - دانشگاه پیام نور استان قم

آقای دکتر محمدرضایی - بنیاد ملی نخبگان استان قم

آقای دکتر خطیب - انجمن زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایران

آقای مهندسی سید حسینی - سازمان نظام مهندسی معدن استان قم

آقای دکتر بشری - انجمن زمین شناسی نفت ایران

آقای دکتر قربانی - مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس آراین زمین

شرکت مطالعات مواد معدنی زرآزما

پایگاه اطلاعاتی مرجع دانش (CIVILICA)

شرکت ژئودیوار

آقای مهندس رضا صدیق

کمیته اجرایی بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران
و یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور

دکتر منصور قربانی	خانم معصومه رضایی
دکتر سید جواد مقدسی	خانم ریحانه افخمی
دکتر روح اله ندری	خانم نجمه ذاکری
دکتر محمد علی حسینی	آقای ابوالفضل صفری
آقای علی مصطفوی	خانم افسانه قنبریان
آقای حسن پاکدامن	خانم زهرا رباط جزى
آقای حسن بیطرفان	خانم سمانه رجاقمی
آقای علی کریمی	خانم نفیسه شیعہ مرتضی
آقای محمد نیک نام	خانم فاطمه پژمان
آقای داود غلامی	خانم فائزه سلمان
آقای مجید اسدی	خانم عظیمه برقی
خانم اسرا محتشمی راد	خانم سمانه سادات مجتوبی
خانم لیلا میرزایی مقدم	آقای ابراهیم قنبری
خانم فاطمه گلاب عین آبادی	آقای محمد حسن شهبازی
خانم فرزانه احمدی	آقای سید محمد جواد شهابی
خانم عطیه خراسانی	آقای سید محمد قدمگاهی
خانم رقیه قربانی	آقای سید حسن حسینی
خانم مینا رحیمی	آقای سید صمد مشعشی

کمیته علمی بیست و یکمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و یازدهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور

خانم دکتر مهناز سادات امیر شاه کرمی	آقای دکتر محمد حسین آدابی
آقای دکتر سید احمد بابازاده	آقای دکتر مهران آرین
خانم دکتر لی لی ایزدی کیان	آقای دکتر محمد آریامنش
آقای دکتر مهدی بادپا	آقای دکتر اصغر آزادی
آقای دکتر حسن برزگر	آقای دکتر مهرج آقازاده
خانم دکتر صدیقه بطالبویی	خانم دکتر فریمه آیتی
آقای دکتر علی اکبر بهاری فر	خانم دکتر مریم آهنکوب
خانم دکتر مهناز پروانه نژاد شیرازی	آقای دکتر امیر اثنی عشری
آقای دکتر حمیدرضا پیروان	آقای دکتر ناصر ارزانی
خانم دکتر فتنه تقی زاده فرهمند	آقای دکتر علی ارومیه ای
آقای دکتر وحید توکلی	آقای دکتر وحید احدنژاد
خانم دکتر سیده سمیه تیموری	آقای دکتر جمشید احمدیان
آقای دکتر علی اصغر ثیاب قدسی	آقای دکتر فرهاد احیا
آقای دکتر حسین جلالی	خانم دکتر زهرا اعلمی نیا
آقای دکتر علی حسین جلیلیان	آقای دکتر پیمان افضل
خانم دکتر محبوبه جمشیدی بدر	آقای دکتر علی امام علی پور

خانم دکتر گلناز جوزانی کهن	آقای دکتر حجت الله رنجبر
آقای دکتر ناصر حافظی مقدس	آقای دکتر محسن رنجبران
آقای دکتر بهزاد حاج علیلو	آقای دکتر سید ناصر رئیس السادات
خانم دکتر شهره حسن پور	آقای دکتر عزت الله رئیسی
آقای دکتر ماشاله خامه چیان	آقای دکتر مهدی زارع
آقای دکتر سعید خدابخش	آقای دکتر علیرضا زراسوندی
آقای دکتر محمد خلج	آقای دکتر رامین ساریخانی
آقای دکتر محمد مهدی خطیب	آقای دکتر عادل ساکی
آقای مهندس حسین داداشی آرانی	آقای دکتر علی اصغر سپاهی
خانم دکتر لی لی دانشور صائین	آقای دکتر سیروس شاکری
آقای دکتر جهانبخش دانشیان	آقای دکتر جعفر شریفی
آقای دکتر علیرضا داوودیان دهکردی	آقای دکتر شهرام شریعتی
خانم دکتر زینب داوودی	آقای دکتر غلامرضا شعاعی
آقای دکتر محمد علی رجب زاده	آقای دکتر رحیم شعبانیا
آقای دکتر پیمان رجبی	آقای دکتر بهنام شفیعی
آقای دکتر نعمت الله رشید نژاد عمران	آقای دکتر جعفر شریفی
آقای دکتر خلیل رضایی	آقای دکتر شهریار صادقی
آقای دکتر بهروز رفیعی	آقای دکتر مهدی صفری

آقای دکتر محمد کشاورز بخشایش	آقای دکتر ابراهیم طالع فاضل
خانم دکتر زهرا کی همایون	آقای دکتر محمد فداییان
آقای دکتر اسد الله محبوبی	آقای دکتر نصرالله عباسی
خانم دکتر مهین محمدی	خانم دکتر کیمیا سادات عجایی
آقای دکتر سید داوود محمدی	آقای دکتر سعید علیرضایی
آقای دکتر علی اصغر مختاری	آقای دکتر حسن عزیزاده
آقای دکتر سروش مدبری	آقای دکتر پرویز غضنفری
آقای دکتر فرید مر	آقای دکتر مرتضی فلاح پور طرنجی
آقای دکتر مسعود مرسلی	آقای دکتر عباس قادری
آقای دکتر فربرز مسعودی	آقای دکتر مجید قادری
آقای دکتر علیرضا مظلومی	آقای دکتر حبیب الله قاسمی
آقای دکتر سید علی مظهری	آقای دکتر ابراهیم قاسمی نژاد
آقای دکتر محمد معانی جو	آقای دکتر جواد قانع اردکانی
آقای دکتر سعید معدنی پور	آقای دکتر فریدون قدیمی
آقای دکتر سید جواد مقدسی	آقای دکتر منصور قربانی
آقای دکتر همایون مقیمی	آقای دکتر جلیل قلمقاش
خانم دکتر آزاده ملک زاده شفارودی	آقای دکتر محمد رضا کبریایی زاده
آقای دکتر محسن موذن	آقای دکتر جلال کرمی

- آقای دکتر محمد یزدی
- آقای دکتر علی یساقی
- آقای دکتر هادی یگانه فر
- آقای دکتر سید رضا موسوی حرمی
- آقای دکتر فردین موسیوند
- آقای دکتر سید رضا مهرنیا
- آقای دکتر حسن میرنژاد
- آقای دکتر حمید رضا ناصری
- آقای دکتر تقی نبئی
- آقای دکتر علیرضا نجف زاده
- آقای دکتر بهرام نجفیان
- آقای دکتر محمد نخعی
- خانم دکتر مهناز ندایی
- آقای دکتر روح اله ندری
- آقای دکتر محمدرضا نیکودل
- آقای دکتر رضا نوزعیم
- سرکار خانم دکتر فاطمه واعظ جوادی
- آقای دکتر محمد وحیدی نیا
- آقای دکتر مهدی هاشمی
- آقای دکتر حمید هراتی
- آقای دکتر عبدالرحیم هوشمند زاده

گمانه زنی اکتشاف آب زیر زمینی با استفاده از روش الکترومغناطیسی گذرا

علیرضا انصاری دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک گرایش ژئوالکتریک

. Email: ansaryshahreza@yahoo.com

چکیده:

روش گذرا (TS Method) مانند سایر روشهای EM از بهترین روشها جهت اهداف رسانا است. برخلاف سایر روشهای معمول مقاومت ویژه که برای اعماق بیشتر باید آرایه ها را گسترش داد، در این روش عمق کاوش تابعی از زمان و رسانایی می باشد.

با توجه به رسانایی نسبی آب جهت اکتشاف آب زیر زمینی می توان این روش را به وسیله ی مدل های عددی مطالعه نمود.

مبنای تئوری روش براساس محاسبات عددی پیچیده صورت گرفته والگوریتم محاسبه شده توسط اندرسن (اندرسن ۱۹۸۱) جهت محاسبه ولتاژالقایی درگیرنده و سپس تبدیل آن به روابط مقاومت ویژه و در نهایت بدست آوردن منحنی های مقاومت ویژه نسبت به زمان می باشد (کافمن و کلر ۱۹۸۳).

در این مقاله ، با استفاده از روش مدل سازی مستقیم زمین چند لایه (نیم فضای لایه ای) شامل مسائلی از آب زیر زمینی که توسط دکتر فیرمن بررسی شده است (فیرمن واستوارت، ۱۹۸۴)، تشریح می شود.

کلید واژه ها: (رسانایی الکتریکی، مقاومت ویژه، ظاهری، ولتاژالقایی، زمان، روش گذرا)

Sounding for exploration of Groundwater with use of Transient Electromagnetic

Ali Reza Ansary, master of geophysics student

Abstract:

The TS method is best suited for locating conductive targets, and has very good vertical resolution. The feasibility of using the transient electromagnetic sounding (TS or TDEM) method for groundwater exploration can be studied by means of numerical models. As examples of its applicability to groundwater exploration, Unlike other sounding techniques where the receiver-transmitter array must be expanded to sound more deeply, the depth of investigation for the TS method is a function of the conductivity and length of time the transient is recorded.

The curves were computed using a program developed by Anderson (1981). Then converted induced voltage to apparent resistivity (Kaufman and Keller, 1983).

We study layered half space with groundwater exploration problems.

Keywords : (Conductivity, Apparent resistivity, Induced voltage, time, Transient method).

مقدمه :

در بیشتر مناطق جهان این زمین است که یکی از اساسی ترین نیاز بشر را جهت شرب، آبیاری و بیشمار استفاده دیگر تامین می نماید. اما، آب کجاست؟ چقدر است؟ کیفیتش چگونه است؟ چه مقدار ذخیره شده است؟

پاسخ این سوالات را انواع روشهای ژئوفیزیک مثل مقاومت ویژه به دلیل هزینه کم و تفسیر راحت ترمی دهد

(Flathe, 1955; Zohdy, 1969, Flathe, 1970, Ogilvy, 1970 Zohdy, et al., 1974).

ما در اینجا با وجود برخی محدودیت ها و مزایای روش گذرا (TS method) ابتدا مبانی افیزیکی آن را برای چند حالت جالب ارائه نموده ، در ادامه نتایج مدل محاسباتی را شرح می دهیم .

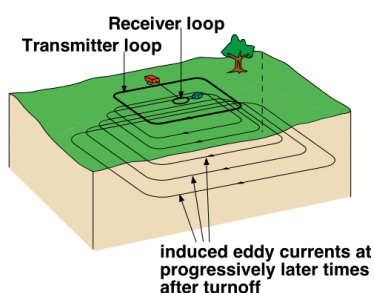
روش تحقیق:

مبانی فیزیکی :

حالت خاصی را در نظر می گیریم که شامل یک حلقه گیرنده می باشد که در مرکز حلقه فرستنده ثابت شده است. (آرایه ی درون حلقه ای یا القای مرکزی) (central induction or in-loop array)

جریان ثابت فرستنده یک میدان مغناطیسی اولیه ایجاد می نماید. اگر جریان به طور ناگهانی قطع گردد، جریانهای القا شده در زمین بر اساس قانون القای فاراده به دلیل افت میدان اولیه به صورت لحظه ای ایجاد می گردند.

این جریانها در یک مسیر بسته زیر حلقه فرستنده، یک میدان مغناطیسی ثانویه ایجاد می نمایند که متغیر است.



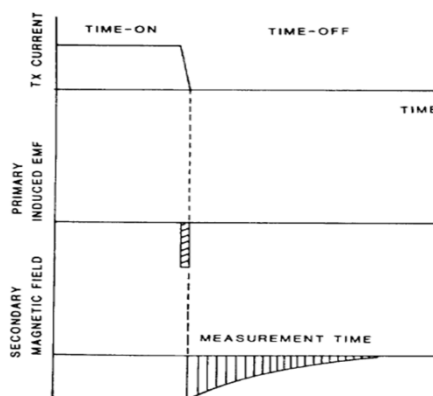
شکل ۱- نحوه ایجاد جریانهای القایی داخل زمین پس از قطع جریان

.تغییرات میدان ثانویه باعث القای ولتاژ در گیرنده می شود. از آنجایی که دامنه و نوع توزیع جریان به مقاومت

زمین وابسته است این ولتاژ به ما درمورد زمین اطلاعاتی خواهد داد.

زمین مورد مطالعه :

یک نیم فضای لایه بندی شده شامل مسایلی از آب زیر زمینی :



شکل ۲- شکل موجی سونداژ روش TS، ولتاژ القایی اولیه و میدان مغناطیسی ثانویه

مرحله اولیه: (Early stage)

در ابتدا تمرکز جریانات القایی نزدیک سطح زمین می باشد . لذا ولتاژ القایی در گیرنده نسبت به زمان ثابت و نیز وابسته به مقاومت لایه اول می باشد. به این وضعیت ، مرحله اولیه گوئیم.

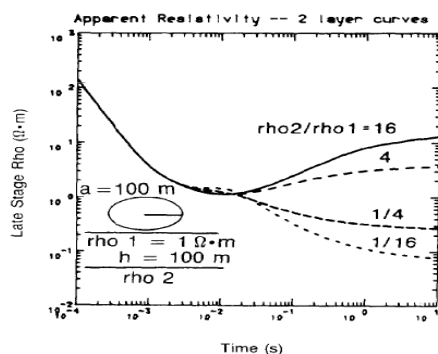
مرحله ثانویه: (Late stage)

با گذشت زمان و نیز انتشار ماکزیمم شدت جریان گردابی به سمت پایین ، ولتاژها $\rho^{-1/2}$ و $t^{-5/2}$ متناسب می شود که در آن ρ مقاومت عمیق ترین لایه است . به این وضعیت مرحله ثانویه گوئیم .

ابتدا فرض می کنیم ساختار زمین لایه ای افقی است . هدف، مدلسازی چند حالت مختلف است.. با استفاده از آرایه ی القای مرکزی (گیرنده در مرکز فرستنده) پس از قطع جریان در فرستنده داخل گیرنده ولتاژی القا می شود. رفتار ولتاژ القایی در دو حالت اولیه و نهایی متفاوت است . در این تحقیق برای اعماق زیاد رفتار مرحله نهایی مد نظر قرار می گیرد که براساس مبانی نظری به زمان و جنس زمین وابسته است .

(البته در محاسبات مدل سازی و ترسیم منحنی باید همه ی زمانها در نظر گرفته شود زیرا منحنی باید متأثر از تمام حالات باشد.) لذا با استفاده از مدل زمین دولایه و یا چند لایه و نیز نسبت متفاوت مقاومت ویژه در لایه های متوالی برای مدل های

۱۴

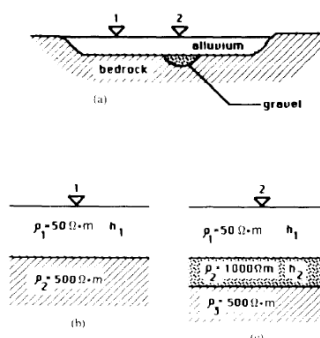


شکل ۴--منحنی های مقاومت ویژه ظاهری بر حسب زمان برای مدل دولایه هم ارز شکل ۴

شکل بالا نمودارهای مربوط به مقاومت ظاهری محاسبه شده برای زمین دولایه را نشان می دهد .

بررسی چند مساله مربوط به آب زیر زمینی:

۱-۱- نقشه برداری از آبرفت های روی سنگ بستر:



شکل ۵-تمام سنگ بستر با آبرفت پوشیده شده-مقاطع b,c

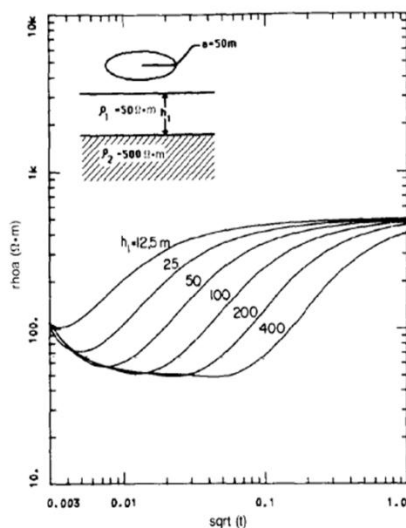
ژئوالکتریکی در حضور ماسه و در غیاب آن.

الف-تأثیر ضخامت آبرفت: در شکل ۶ منحنی سونداژ یک زمین دولایه را مشاهده می کنیم. مقاومت لایه اول ۵۰ اهم متر وضخامت آن متغیر است .

مقاومت سنگ بستر ۵۰۰ اهم متر است. شاخه نزولی نداریم و منحنی یک می نیمم پهن و گسترده دارد. در زمانهای دیر تر

تمام منحنی ها به سمت مقاومت ظاهری پایه (سنگ بستر) مجانب می شوند. از طرفی منحنی ها نسبت به ضخامت لایه

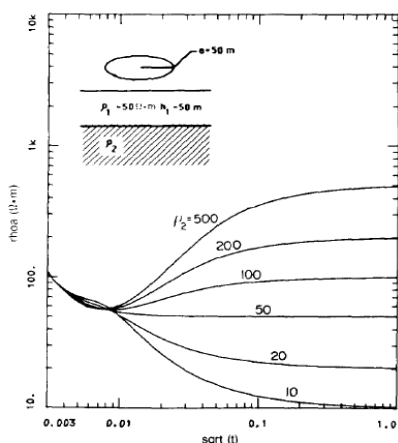
اول کاملاً حساسند و می توانند جهت نقشه برداری ضخامت سنگ بستر مورد استفاده قرار گیرند. به دلیل محدودیت زمانی



شکل ۶- مقطع ژئو الکتریکی و منحنی های سونداز آبرفت نسبت به ضخامتهای متفاوت

تجهیزات موجود، از ضخامت های بیشتر از ۵۰ متر، می نیم منحنی ها، مقاومت واقعی لایه اول را نشان می دهند.

ب- تاثیر مقاومت سنگ بستر: اکنون با فرض ثابت بودن ضخامت لایه اول تاثیر مقاومت سنگ بستر را روی منحنی ها بررسی می نماییم: (شکل ۷) اگر بین پوسته و بستر تباین مقاومت نباشد نمی توان ضخامت رویه را تعیین نمود. (مثلا آبرفتی که روی شیل یا ماسه سنگ قرار دارد).

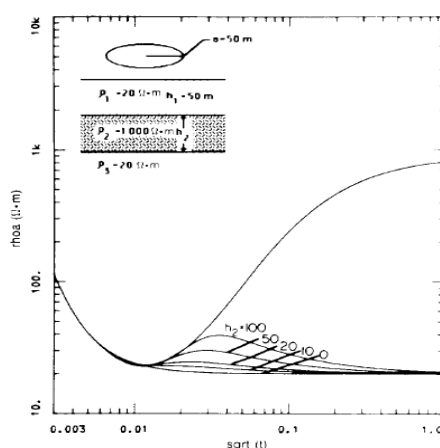


شکل ۷- منحنی سونداز گذرا نسبت به مقاوت های متفاوت بستر

ج- تاثیر منطقه متخلخل آب شیرین :

حال منطقه ای با تخلخل بالا که از آب شیرین اشباع شده را زیر آبرفت در نظر می گیریم . (شکل ۵) مقاومت ویژه آبرفت ۱۵۰ اهم متر وضخامت آن ۱۰۰ متر مقاومت شن (زون متخلخل) ۱۰۰۰ اهم متر وضخامت ۲۰ متر ومقاومت بستر ۵۰۰ اهم متر . در این حالت نسبت به وقتی که زون متخلخل نیست تفاوت قابل ملاحظه نمی باشد . درحالیکه ضخامت آبرفت دقیقاً برآورد شده است.

۲-لنزهای سنگی وشنی در تیل:



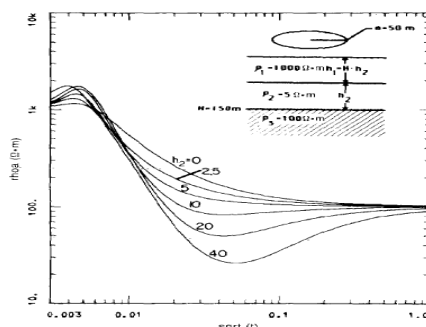
شکل ۸- منحنی سونداژ گذرای لنزواتیر ضخامت آنها.

این وضعیت بر خلاف آبرفت است . عمق دفن این اهداف در طبیعت بین ۲۰ تا ۲۰۰ وپهنای آنها حدود ۱۰۰ متر است .
تفسیر:

الف- برای تشخیص نواحی مدفون در عمق ۵۰ متر ضخامت آنها باید دست کم ۱۰ تا ۲۰ متر باشد. ب- ماکزیمم منحنی ها تابع ضخامت لایه است . ج- در ضخامت صفر منحنی یک نیم فضای همگن را نشان می دهد. د- در ضخامت بینهایت منحنی در زمانهای دیر به مقاومت لایه دوم مجانب می شود.

۳-تداخل آب شور و شیرین:

آب شور اقیانوسها اغلب داخل سفره های آب شیرین نفوذ می کند . وضعیت وحرکت این نفوذ روی محل چاهها و میزان تولید آنها تاثیر گذار است. روش TS ر روش خوبی را جهت تعیین چاه ونظارت بر تداخل آب شور ایجاد می کند.



شکل ۹- نمودار سونداژ TS در فواصل متفاوت در امتداد ساحل در ضخامت های متفاوت لایه آب شور و مقطع ژئوالکتریکی نتیجه گیری:

در بررسی مسائل فوق با استفاده از روش گذرا به نتایج زیر می رسیم:

۱- تحلیل نقشه برداری بستر زیر آبرفت نشان می دهد که روش حساسیت زیادی نسبت به ضخامت آبرفت دارد. ۲- مثال نقشه برداری از لنز شنی در تیل نشان داد که اهداف مقاوم چگونه نقشه برداری شدند. ۲- یک لایه آب شور با این روش حتی در صورتیکه با یک لایه ضخیم رس پوشیده شده باشد، به راحتی قابل نقشه برداری است. ۴- یک تفاوت قابل ملاحظه بین سونداژ آبخوان آب شور و شیرین وجود دارد.

از طرفی این روش نسبت به روش مقاومت ویژه (جریان مستقیم) مزایای زیر را دارد.

۱- عدم نیاز به بسط فواصل. ۲- حساسیت کم نسبت به اثرات جانبی با توجه به نوع آرایه. (آرایه ی القای مرکزی) ۳- امکان آسان افزایش نسبت سیگنال به نویز به وسیله افزایش مساحت حلقه ی فرستنده. در نهایت لازم به ذکر است کد مربوط به محاسبات عددی که توسط اندرسن ووالتر (والتر و اندرسن، ۱۹۸۱) برای محاسبه ولتاژ القایی درگیرنده به زبان فرترن می باشد، لکن جدیدترین نسخه این کد توسط پرفسور اینگمان (اینگمان، ۲۰۰۵) به زبان متلب جهت استفاده پژوهشگران نوشته شده است.

References:

- 1- Flathe, H., 1955, Possibilities and limitations in applying geoelectrical methods to hydrogeological problems in the coastal areas of northwest Germany: Geophysical Prosp., 3, 95-110
- 2- Zohdy, A. A. R., 1969, The use of Schlumberger and equatorial soundings in groundwater investigations near El Paso, Texas: Geophysics, 34, 113-728.
- 3- Ogilvy, A. A., 1970, Geophysical prospecting for groundwater in the Soviet Umon, in Morley, L. W., Ed., Mining and groundwater geophysics: Geol. Surv. Can., Economic Geol. Rep. 26, 536-543.
- 4- Nabighian, M. N., 1979, Quasi-static transient response of a conducting half-space- An approximate representation: Geophysics, 44, 1700-1705
- 5- LEE, T., and LEWIS, R., 1974, Transient EM Response of a Large Loop on Layered Ground, Geophysical Prospecting 22, 430-444.
- 6- Anderson, W. L., 1981, Calculation of transient soundings for a central induction loop system (Program TCILoop): U.S. Geol. Surv. open-file rep. 81-1309
- 7- Kaufman, A. A., and Keller, G. V., 1983, Frequency and transient soundings: Elsevier Science Publishers
- 8- Fitterman, David V. and Stewart, Mark T., "Transient Electromagnetic Sounding for Groundwater" (1986). Geology Faculty Publications. Paper 1.
- 9- Ingeman, T., 2005, A Matlab program to model 1D complex resistivity effects in electrical and electromagnetic surveys

ارزیابی هیدروژئوشیمی چشمه‌ی کارستی هفت رنگ تاش، شمال غرب شاهرود

الهام جعفری محمدآبادی^{۱*}، رحیم باقری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود (Jaafari.elham96@gmail.com)

۲- هیئت علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود (rahim.bagheri86@gmail.com)

چکیده:

با توجه به میزان کم بارندگی در کشور و اهمیت زیاد آب‌های زیرزمینی به عنوان منبع آب شرب و کشاورزی، مطالعات کیفی آب‌های زیرزمینی امری مهم و ضروری می باشد. در اکثریت آبخوان‌های کارستی، جریان آب زیرزمینی از طریق چشمه‌های نسبتاً بزرگ تخلیه می‌شود و تغییرات فیزیکی و شیمیایی این چشمه‌ها تا حدود زیادی بیانگر خصوصیات سیستم کارستی منطقه می‌باشد. هدف از این مطالعه ارزیابی ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی و تعیین کیفیت آب چشمه کارستی هفت‌رنگ تاش در غرب شهرستان شاهرود می باشد. بدین منظور از نتایج حاصل از آنالیز هیدروژئوشیمیایی ۱۰ نمونه آب زیرزمینی که طی یک دوره‌ی آماری ۳ ماهه برداشت گردید استفاده شد. پس از آماده سازی نمونه ها و ارسال به آزمایشگاه پارامترهای هیدروژئوشیمیایی و مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آب (براساس واحد meq/l) بارعایت تمام اصول آنالیز اندازه گیری شدند. تجزیه و تحلیل هیدروژئوشیمی نمونه‌های آب چشمه کارستی ضمن ترسیم نمودارهای پایپر، شولر، ویلکاکس و سایر مباحث مرتبط مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که، نمودار پایپر تیپ غالبی را برای نمونه ها مشخص نکرده است به گونه ای که برای برخی نمونه‌ها تیپ آب از نوع کلروره و رخساره‌ی کلسیک بوده و برای برخی از نمونه های آب منیزیک می‌باشد و این امر حاکی از وقوع فرآیند اختلاط در نمونه‌های آب مورد آنالیز است. براساس دیاگرام شولر، نمونه‌ها دارای روند یکسانی بوده و جز نمونه‌های کارستی بقیه جهت شرب نامناسبند. هم‌چنین نتایج حاصل از دیاگرام ویلکاکس نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌ها در رده‌ی C_4S_1 واقع بوده و از نظر کشاورزی نامناسب می‌باشند.

کلید واژه ها: چشمه هفت رنگ- هیدروژئوشیمی، کارست

Hydrogeochemical evaluation of Karst springs of Haft Rang of Tash, Northwest of Shahrood

^{1*}Student of geochemistry, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, (Jaafari.elham96@gmail.com)

²Staff in Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, (rahim.bagheri86@gmail.com)

Abstract:

Due to the low rainfall in the country and the importance of groundwater as a source of drinking water and agriculture, groundwater quality studies are important and necessary. In most of the aquifers in operation, underground water flows through relatively large springs, and the physical-chemical changes of these springs largely reflect the characteristics of the system's operating system. The purpose of this study was to evaluate the hydrogeochemical characteristics and determine the water quality of the Karst Haft rang spring in the west of

Shahroud provic. For this purpose, the results of hydrogeochemical analysis of 10 water samples collected during a 3-month statistical period were used. After preparing the samples and sending to the laboratory, the hydrochemical parameters and the amount of cations and anions in the water (based on meq / l unit) were measured and all the principles of the analysis were measured. The hydrogeochemical analysis of Karst springs water samples was studied by plotting Piper, Schuler, Wilcox charts and other related topics. The results of this study showed that the graph does not show the predominant type for the samples, so that for some samples the water type is chlorine and calcific facies and for some samples of water it is magnesian, indicating the occurrence of the mixing process in Water samples are analyzed. Based on the Schuler diagram, the samples have the same trend and the rest of the karstic samples are inappropriate for drinking. Also, the results of the Wilcox diagram show that most of the samples are located in the S1 C4 class and are inappropriate in terms of agriculture.

Keywords : Haft rang Springs - Hydrogeochemistry, Karst

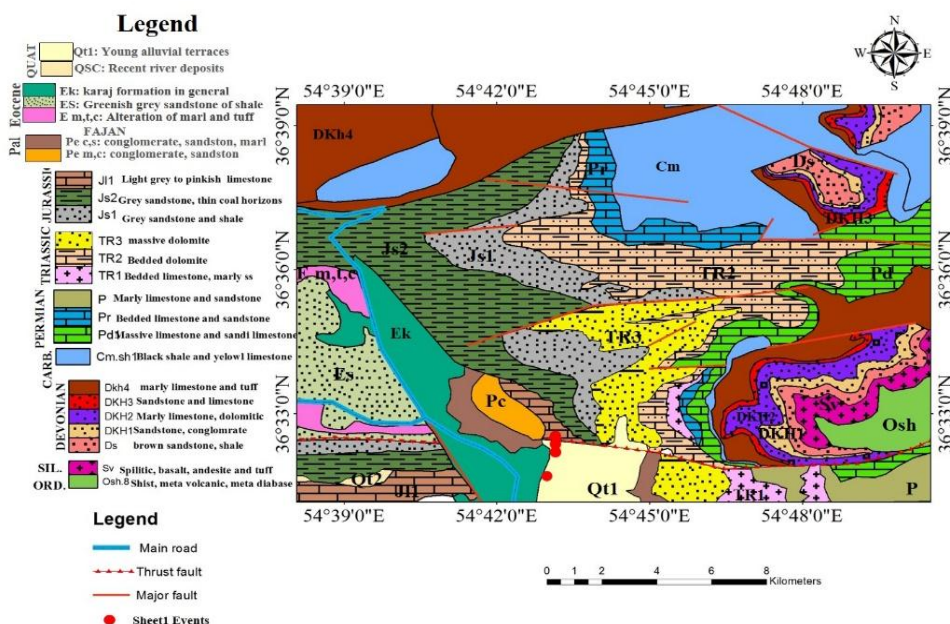
۱-مقدمه :

منابع آب سازندهای کارستی، به دلیل اینکه حدود ۲۵ درصد از آب شرب جمعیت جهان را تامین می کند، دارای اهمیت زیادی است (فورد و ویلیامز، ۱۹۸۹). کیفیت آب زیرزمینی در آبخوانهای کارستی نتیجه ی کلیه ی فرآیندها و واکنشهایی است که از لحظه ی ورود آب جوی تا زمان خروج آن از چشمه، بر روی آب زیرزمینی تأثیر می گذارد. بررسی هیدروشیمیایی سیستم های جریان آب زیرزمینی معمولاً براساس یکسری اطلاعات جامع در مورد شیمی آب های زیرزمینی صورت می گیرد که متأثر از فاکتورهای متفاوتی است و از آن جمله می توان به زمین شناسی محل، میزان هوازدگی سنگ ها و نوع آن ها، کیفیت آب تغذیه ای به داخل سفره و واکنش های هیدروژئوشیمیایی اشاره کرد (کانتزیرس و همکاران، ۲۰۰۶). شناخت فرآیندهای هیدروژئوشیمیایی کمک زیادی به مدیریت کمی و کیفی آب زیرزمینی می کند. به همین دلیل در سال های اخیر به مدیریت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی توجه زیادی شده است (فوستر و همکاران، ۲۰۰۰). بررسی خواص هیدروژئولوژیکی سفره های کارستی به دلیل ناهمگنی زیاد این سفره ها و عدم وجود چاه های مشاهده ای قابل دسترس در آن بسیار دشوار است (محمدی و فیلد، ۲۰۰۹). جانگ و گو (Jiang and Gao, 2010) ضمن مطالعه هیدروژئولوژیکی، شیمیایی و ایزوتوپی روی چشمه کارستی لینگسوی (Lingshui) و با فرض اینکه آلاینده های انسان زاد از قبیل K^+ ، Na^+ ، Cl^- ، SO_4^{2-} و NO_3^- در آبخوان های کم عمق بیشتر از آبخوان های عمیق می باشند به این نتیجه رسیدند که: آب این چشمه از عمق آبخوان منشأ می گیرند و هیچ منبع آلورژنیکی ندارد و آنالیزهای ایزوتوپی نیز موارد ذکر شده را تأیید نمودند. افتمی و بندرو (Eftimi and Benderev, 2007) در مطالعه ای تحت عنوان استفاده از داده های هیدروشیمی جهت شناسایی سیستم چشمه کارست اسکرت (Iskrets) در کشور بلغارستان و مقایسه داده های هیدروشیمی این چشمه با چشمه مشابه و با استفاده از غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی سیستم جریان این چشمه را از نوع مجرای تشخیص دادند. نتایج این محققین نشان داد که آب به طور کلی در شبکه ای از شکستگی های بزرگ حرکت کرده و آنها را

انحلال می‌دهد که تغذیه چشمه از طریق نفوذ بارش در حوضه و از طریق Sinkholes صورت می‌گیرد. فاکتورهای کنترل کننده شیمی چشمه را تخلیه و عامل سنگ‌شناسی عنوان نمود که زمان ماندگاری آب در کنار سنگ و همچنین ماهیت طبیعی حرکت آب نقش اصلی را در شیمی چشمه بازی میکنند. هدف از این مطالعه ارزیابی و پایش کیفی و هیدروژئوشیمی چشمه هفت رنگ تاش در غرب شهرستان تاش در استان سمنان می‌باشد که به صورت دقیق و جامع پس از نمونه برداری و آنالیز نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

۲- ویژگی‌ها و زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در استان سمنان و ۴۵ کیلومتری شمال غرب شاهرود و محدوده‌ی مختصات جغرافیایی $41^{\circ} 54'$ تا $48^{\circ} 54'$ طول شرقی و $32^{\circ} 32'$ تا $36^{\circ} 37'$ عرض شمالی در زون ساختاری البرز واقع شده است. وجه تمایز چشمه هفت رنگ، به واسطه‌ی چشمه‌هایی است که با عبور از مواد معدنی گوناگون به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود. سرمه‌ای، آبی، صابونی، نارنجی، سفید، سیاه و قهوه‌ای از رنگ‌هایی است که در این چشمه‌ها دیده می‌شود. دلیل تنوع رنگی این چشمه‌ها بخاطر عبور و جوشش آب از دل خاک و کانی‌های معدنی منطقه است که نیازمند مطالعه‌ی زمین‌شناسی بیشتر است. مهم‌ترین ماده معدنی چشمه هفت رنگ، گوگرد است که قبل از رسیدن به چشمه‌های معدنی، بوی خاص آن به مشام می‌رسد. متوسط سالیانه دما در منطقه‌ی مورد مطالعه ۱۰/۱ درجه‌ی سانتیگراد و متوسط بارندگی آن ۳۵۰ میلی‌متر است. از نظر شرایط اقلیمی نیز منطقه‌ی مورد بررسی در اقلیم کوهستانی و ارتفاع ۲۵۰ متری از سطح دریا، در میان رشته‌کوه‌های شاهوار قرار گرفته است (اداره کل هواشناسی شهرستان شاهرود). از دیدگاه زمین‌شناسی و تکتونیک جنس عمومی سنگ‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه، شیل و ماسه سنگ‌ها (سازند شمشک) و آهک‌ها و دولومیت‌ها (سازند الیکا) می‌باشد که به علت واقع شدن در ارتفاع زیاد، حاوی فرسایش فیزیکی بالا می‌باشد. شکل ۱ نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه به همراه نقاط نمونه برداری (برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ علی آباد).

۳- روش تحقیق

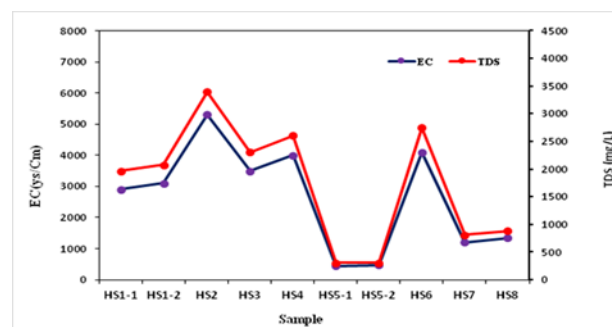
در این مطالعه به منظور بررسی کیفیت شیمیایی چشمه‌ی کارستی هفت رنگ تاش، اقدام به نمونه‌برداری از ۱۰ نقطه‌ی انتخابی در محل در طی دوره‌های آماری دی ماه، اسفند و فروردین گردید که از بین این نمونه‌های HS1-1 و HS1-2 مربوط به چشمه‌ی کارستی سفیدرنگ، نمونه‌ی HS4 مربوط به چشمه‌ی قهوه‌ای رنگ و نمونه‌های HS3 و HS6 حاصل اختلاط آب‌های سفید و مشکی منطقه بودند. پارامترهای هیدروشیمیایی (EC, PH و دما) در محل نمونه‌برداری و سایر مقادیر غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در آزمایشگاه آب و زمین‌شناسی زیست‌محیطی دانشگاه صنعتی شاهرود اندازه‌گیری گردید.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- بررسی پارامترهای هیدروشیمیایی

هدایت الکتریکی نشان دهنده توانایی آب برای عبور جریان الکتریکی است که به غلظت یون‌های موجود در آب بستگی داشته و با کل جامدات محلول در آب (TDS) رابطه مستقیم دارد. (Hounslow, 1995). به طور کلی هر چه میزان هدایت الکتریکی آب بیشتر باشد تا حد زیادی نشانگر وجود مقادیر بالای آنیون‌ها و کاتیون‌های محیط و در نتیجه کیفیت نامطلوب آب می‌باشد. گستره‌ی تغییرات EC در نمونه‌های آب مورد مطالعه بین ۴۵۰ تا ۶۶۵۰ با میانگین ۳۳۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد، به طوری که بیش‌ترین مقدار آن مربوط به نمونه‌ی HS3 در اسفندماه و کم‌ترین مقدار مربوط به نمونه‌ی HS5-1 در دی ماه است. براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2008)، حد استاندارد مجاز و بالاترین مقدار EC

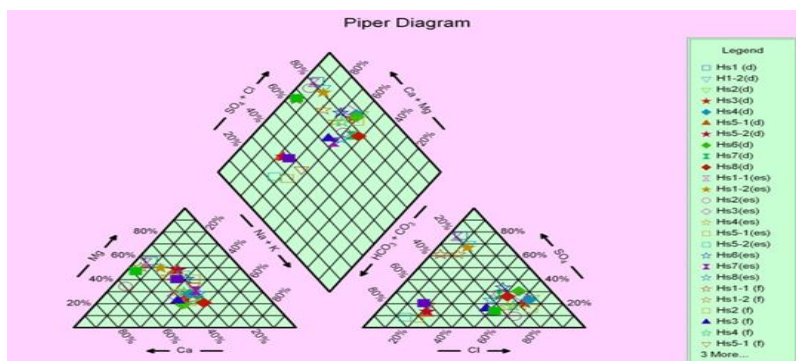
برای مصارف شرب به ترتیب برابر با ۷۰۰ و ۱۴۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر می باشد که بر این اساس نمونه های آب منطقه ای مورد مطالعه بجز نمونه های HS 5-1 و HS 5-2 که مربوط به چشمه ی کارستی با آب سفید رنگ می باشد از نظر شرب کیفیت مناسب ندارند و قابلیت مصرف شرب را ندارند. از طرفی دیگر رنج سایر پارامترهای هیدروشیمیایی مهم مانند اسیدیته (PH) در نمونه های آب مورد مطالعه بین ۶/۲۹ تا ۹/۱ متغیر بوده است که علت مقدار بالای PH در چشمه ی کارستی ذکر شده نتیجه تغذیه از سازندهای آهکی می باشد. شکل ۲ نمودار تغییرات EC در مقابل TDS را در چشمه های مورد مطالعه نشان می دهد که نشان دهنده تبعیت از وجود رابطه ی مستقیم بین این دو پارامتر بوده است که این موضوع در ماه های بعدی نیز تکرار می گردد. همچنین ضمن بررسی میزان سختی آب نمونه ها مشاهده گردید که اکثر نمونه های آب مورد مطالعه (بیش از ۸۰ درصد نمونه ها) رنج سختی بالاتر از ۳۰۰ بوده و در رده ی خیلی سخت قرار می گیرند.



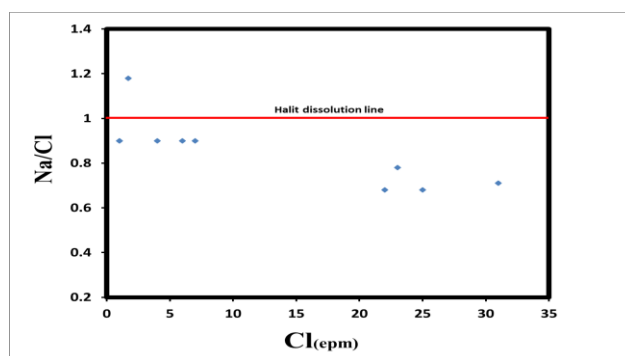
شکل ۲- نمودار تغییرات EC و TDS در نمونه های مورد مطالعه.

—تعیین تیپ و رخساره های هیدروژئوشیمیایی

جهت تعیین تیپ آب و رخساره های هیدروشیمیایی و سیر تکامل هیدروژئوشیمیایی، از نمودار پایپر (Piper 1944) استفاده گردید. رخساره های هیدروشیمیایی نیز جهت نمایش اختلاف در ترکیب شیمیایی آب ها مورد استفاده قرار می گیرد (Freeze & Cherry, 1997). شکل ۳ نمودار پایپر نمونه های آب منطقه ای مورد بررسی را طی دوره ی سه ماهه نشان می دهد. بر اساس نمودار پایپر نمونه های آب چشمه کارستی هفت رنگ می توان دریافت که تیپ غالبی در نمونه های آنالیز شده دیده نمی شود. به عبارتی دیگر با توجه به اینکه در منطقه فرایند اختلاط رخ داده است برای برخی نمونه ها تیپ آب از نوع کلروره و رخساره ی کلسیک بوده و برای برخی دیگر از نمونه های آنالیز شده رخساره منیزیک غالب می باشد.



شکل ۳- نمودار پایپر مربوط به سه دوره آماری در نمونه‌های مورد بررسی



شکل ۴- نسبت یونی Na/Cl به روی Cl

۴-۲- فرآیندهای ژئوشیمیایی حاکم بر منطقه

نمودارهای ترکیبی وسیله‌ای برای نمایش اطلاعات حاصل از آنالیزهای شیمیایی هستند. در مطالعات هیدروژئوشیمی برای تشخیص نوع فرآیندهای شیمیایی و تعیین منشأ و اختلاط آب‌ها از نمودارهای ترکیبی یا دو متغیره استفاده می‌شود (Mazor, 2004)

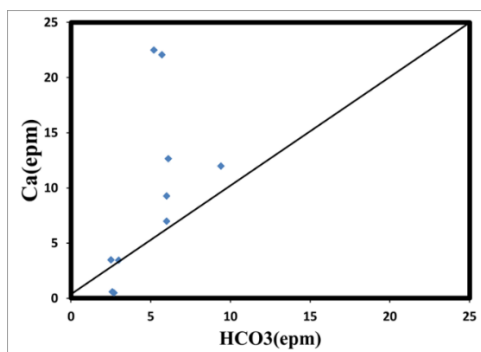
الف- نمودار سدیم-کلر در مقابل کلر (Na/Cl)

به طور کلی در تفسیر هیدروژئوشیمی منابع آب طبق نمودارهای دو متغیره در صورتی که انحلال نمک منشأ شوری نمونه‌های آب باشد مقدار این نسبت برابر یک بوده و نمونه‌ها در نزدیکی خط انحلال نمک قرار می‌گیرند. از طرفی دیگر هر چه مقدار شوری بیش‌تر باشد، نشانگر وجود انحلال نمک به‌عنوان محتمل‌ترین منشأ شوری در این منطقه است. همچنین انحراف کمی از خط نیز می‌تواند به‌دلیل رخداد پدیده‌ی تبادل یونی برای یون سدیم می‌باشد. طبق شکل ۴ که نمودار دو

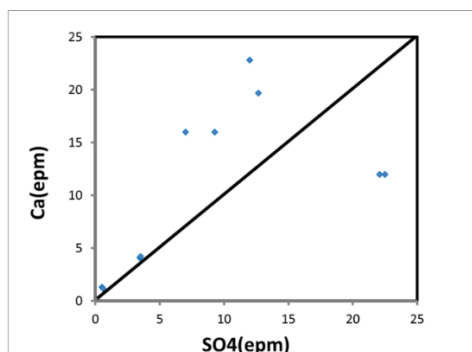
متغیره نسبت Na/Cl به Cl نمونه‌های آب چشمه هفت رنگ را نشان می‌دهد می‌توان بیان نمود که این نسبت در بین نمونه‌ها از حالتی ثابت تبعیت نمی‌کند و برخی از نمونه‌ها از خط ۱:۱ دور (نشانگر تبادل یونی سدیم) و برخی دیگر در مجاورت این محور می‌باشند که این پراکندگی می‌تواند ناشی از اختلاط زیاد بین نمونه‌ها و از طرفی دیگر تغییر در مقدار شوری نمونه‌های آب باشد. که این امر در ماه‌های بعدی نیز تکرار شده‌است.

ب - نمودار نسبت کلسیم به سولفات و بیکربنات (Ca/CO_3 و Ca/SO_4)

در صورتی که احتمال انحلال سایر تبخیری‌ها به ویژه کارست‌های گچی و ژپس در منطقه مورد مطالعه باشد می‌توان با ترسیم نسبت کلسیم در مقابل سولفات این پدیده را مورد ارزیابی قرار داد. بر این اساس ضمن انحلال ژپس، مقدار نسبت کلسیم به روی مقادیر سولفات نزدیک به یک می‌گردد. انحلال کربنات‌ها نیز می‌تواند منشأ دیگری جهت افزایش مقادیر کلسیم در نمونه‌ها باشد. از طرفی دیگر ضمن افزایش مقدار کلسیم، کربنات نیز افزایش می‌یابد و از این رو احتمال رخداد انحلال کربنات‌ها نیز افزایش پیدا می‌کند. شکل‌های ۵ و ۶ نمودارهای دو متغیره کلسیم در مقابل آنیون‌های سولفات و کربنات را نشان می‌دهد. بر این اساس همانند نسبت سدیم کلرید بر روی مقادیر سدیم نمونه‌های آب چشمه هفت رنگ مقادیر کلسیم در مقابل آنیون‌های سولفات و کربنات پراکندگی زیادی در بین نمونه‌ها مشهود می‌باشد. همچنین اکثر نمون‌های کلسیم در مقابل کربنات در مجاورت محور قرار می‌گیرند که نشان از رابطه مستقیم این دو عنصر می‌باشد به عبارتی در صورت افزایش کلسیم در نمونه‌های آب مقادیر کربنات نیز افزایش می‌یابد. که این امر در ماه‌های بعدی نیز تکرار گردیده‌است.

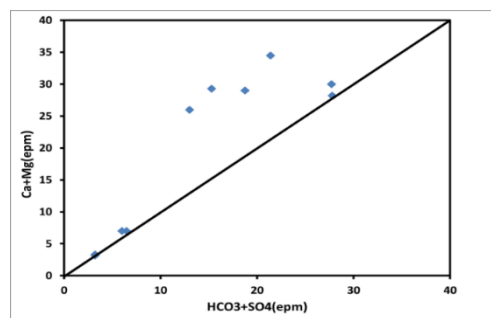


شکل ۶- نسبت Ca/HCO_3 در نمونه‌های مورد مطالعه



شکل ۵- نسبت Ca/SO_4 در نمونه‌های مورد مطالعه

برای تعیین فرآیندهای تبادل یونی و تبادل یونی معکوس از نمودار دومتغیره ی $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{SO}_4+\text{HCO}_3$ استفاده گردید. خط ۱:۱ نشان دهنده فرآیندهای انحلال کلسیت، دولومیت و ژپس می‌باشد. نمونه‌هایی که در بالای خط ۱:۱ قرار می‌گیرند دارای تبادل یونی معکوس هستند، و نمونه‌هایی که در زیر خط قرار می‌گیرند نشان دهنده این است که فرایند تبادل یونی در آن‌ها صورت گرفته است. بر اساس شکل ۷ که نمودار دومتغیره ی $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{SO}_4+\text{HCO}_3$ نمونه های آب چشمه کارستی را نشان می‌دهد می‌توان دریافت که غلظت همه نمونه های آنالیز شده در بالای خط ۱:۱ قرار می‌گیرند که نشان از فرایند تبادل یونی معکوس می‌باشد.



شکل ۷- نسبت بین $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{HCO}_3+\text{SO}_4$ در نمونه‌های مورد مطالعه

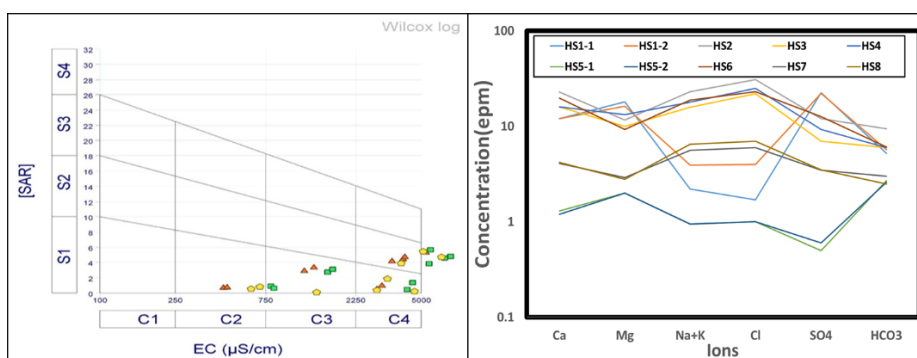
۶- بررسی کیفیت آب چشمه‌ها از نظر شرب و کشاورزی

یکی از معیارهای طبقه‌بندی آب از نظر شرب، تقسیم‌بندی شولر می‌باشد که به منظور بررسی یکسان بودن یا نبودن منشأ سنگ‌ها، بررسی روند مقادیر یون‌های اصلی آب و مقایسه بین نمونه‌ها استفاده می‌گردد. (احمدنژاد، ۱۳۹۰) اگر نمونه‌های آب در این نمودار به صورت موازی هم قرار گیرند نشانگر یکی بودن منشأ و مساوی بودن نسبت یون‌ها در نمونه است (Todd and Mays, 2005). با توجه به شکل ۸ تمام نمونه ها حاوی روند یکسانی بوده که بیانگر منشأ یکسان آن‌ها می‌باشد و تمامی نمونه ها بجز نمونه های کارستی از نظر شرب نامناسب می‌باشند.

روش طبقه‌بندی ویلکاکس^۱ و استفاده از نمودار آن کاربردی‌ترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی در مطالعات هیدرولوژی است. زیرا در نمودار ویلکاکس محور افقی به شوری آب (برحسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر) و محور عمودی به نسبت جذبی سدیم (SAR) اختصاص دارد. بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس آب‌های خیلی خوب همگی دارای EC کمتر از ۲۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بوده و در گروه C1S1 قرار می‌گیرند. آب‌های خوب در گروه C1S2، C2S1، C2S2، آب‌های متوسط در گروه در کلاس C1S3، C2S3، C3S1، C3S2 قرار گرفته و بقیه آب‌ها نامناسب هستند (علیزاده، ۱۳۸۹). بر اساس نمودار ویلکاکس نمون های آب چشمه می‌توان دریافت که نمونه های آب

¹ Wilcox

چشمه هفت رنگ تقریباً در تمام رده ها قرار دارند ولی به طور کلی اکثر نمونه ها شرایط مناسبی جهت آبیاری اراضی کشاورزی ندارند و در رده نامناسب قرار می گیرند. به طوری که حتی غلظت برخی از نمونه های به دلیل رنج شوری بالا در کلاس بالاتر از حد نامناسب قرار می گیرند که حکایت از وضعیت بسیار نامناسب برخی از نمون های آب منطقه مورد مطالعه دارد.



شکل ۹- دیاگرام ویلکاکس مربوط به سه دوره آماری در نمونه های مورد مطالعه

شکل ۸- دیاگرام شولر مربوط به نمونه های مورد مطالعه

نتیجه گیری

باتوجه به این که هدف از این پژوهش، ارزیابی کیفی آب چشمه ی کارستی هفت رنگ می باشد، پس از نمونه برداری و آنالیز کاتیون ها و آنیون ها و همچنین ترسیم نمودارها و گراف های مرتبط مشاهده گردید که تیپ غالبی در بین نمونه ها مشهود نمی باشد و با توجه به این که تیپ برخی آب ها کلروره و برخی منیزیک است نشانگر فرآیند اختلاط در منطقه می باشد که این امر احتمالاً به دلیل رخنمون سازندهای زمین شناسی می باشد. ضمن بررسی نمودارهای دو متغیره ی Na/Cl به روی Ca/HCO_3 ، Ca/SO_4 ، Cl و مشاهده گردید که روند ثابتی بین نمونه ها نبوده و پراکنده خاصی قابل مشاهده است از دیدگاه شرب و کشاورزی نیز طبق نمودارهای شولر و پایپر نمونه های آب چشمه هفت رنگ مشاهده گردید که کیفیت آب جز در دو نمونه کارستی به دلیل شوری بالا جهت مصارف شرب و آبیاری اراضی کشاورزی مناسب نمی باشد البته در بحث کشاورزی می توان بیان نمود که احتمالاً برخی از گیاهان و کشت های شور پسند شرایط مناسبی را جهت استفاده از آب این چشمه ها داشته باشد.

منابع فارسی :

اکبری، ف.، ۱۳۹۵، "مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم شور در مجاورت سازند کارستی گچساران در استان خوزستان"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
خرم، م.، ۱۳۹۲، "بررسی هیدروژئوشیمی منابع آب زیرزمینی دشت خسویه-حاجی آباد، زرین دشت فارس"، هفتمین همایش انجمن زمین-شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی.



کعبه، م.، ۱۳۹۶، " هیدروژئوشیمی و نفوذ آب شور در دشت گیسور، شرق ایران"، سی و ششمین گردهمایی و کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین.

References:

- Appelo, C. A. J., postma, D. (1996). Geochmistry, groundwater and pollution. Rotterdam: Balkema, 536p.
- Bagheri, R., Nadir, A, Raeisi E, Kazami, G. A. Eggenkamp HGM, Montaseri, A., (2013) Origin of brine in the Kang gasfield: isotopic and hydrogeochemical approaches. Environ Earth Sci. Doi: 10. 1007/12665-30207.
- Das, J. Acharya, B. C, (2003), " Hyddrochemistry and Assessment of loticwater quality in Cuttacksity India" Water, Air, and Soil pollution, vo1. 150, pp, 163-175.

ارزیابی هیدروژئوشیمی رودخانه کهمان در شهرستان الشتر (استان لرستان)

فرزاد اکبری، دانش آموخته‌ی هیدروژئولوژی دانشگاه صنعتی شاهرود

Farzadakbari124225@gmail.com

الهام جعفری محمدآبادی، دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی دانشگاه صنعتی شاهرود

Jaafari.elham96@gmail.com

آرش ندیری، عضو سابق هیئت علمی گروه هیدروژئولوژی دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده:

حدود یک سوم آب آشامیدنی مورد نیاز جهان از منابع آب‌های سطحی مانند رودخانه‌ها، کانال‌ها و دریاچه‌ها بدست می‌آید. در این میان آب‌های سطحی به ویژه رودخانه‌ها نقش مهم‌تری در توسعه‌ی تمدن‌های بشری ایفا کرده‌اند. رودخانه‌ی کهمان، یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان لرستان می‌باشد که در ۱۵ کیلومتری شمال شهرستان الشتر واقع شده است. حوضه رودخانه کهمان یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه‌ی الشتر می‌باشد که جزیی از حوضه آبریز رود کرخه است. سرچشمه ابتدایی رودخانه کهمان، چشمه‌ی تخت شاه و سایر چشمه‌های کارستی منطقه می‌باشد که پس از پیوستن به آب چشمه‌ی سراب خاصون منجر به تشکیل رودخانه کهمان می‌شوند. با توجه به اینکه از آب رودخانه‌ی کهمان جهت مصارف مختلف استفاده می‌شود و تاکنون هیچ مطالعه‌ی هیدروژئوشیمی جامعی بر روی این منبع مهم آبی انجام نشده است، هدف این مطالعه بررسی هیدروژئوشیمی آب رودخانه کهمان طی بازه زمانی ۴ ساله (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲) می‌باشد. بدین منظور غلظت کاتیون و آنیون‌های نمونه‌های آب بررسی و با حد استاندارد مقایسه گردید. تغییرات هدایت الکتریکی نمونه‌های آب رودخانه مناسب و بین رنج ۲۶۳ تا ۴۴۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغیر می‌باشد. تیپ آب نمونه‌ها از نوع بیکربناته و رخساره کلسیک می‌باشد که علت اصلی آن وجود واحدهای آهکی گسترده و متعدد در منطقه می‌باشد. طبق بررسی فرایندهای هیدروشیمیایی رودخانه همبستگی خوبی بین عناصر کلسیم و بیکربنات در اکثر نمونه‌ها وجود دارد که گواهی بر تایید تیپ و رخساره‌های بی‌کربنات کلسیم در نمونه‌های آب رودخانه می‌باشد. هم‌چنین طبق نمودار گیس نمونه‌های آب رودخانه مشاهده گردید که بارش‌های جوی مهم‌ترین عامل موثر بر کیفیت و شیمی آب رودخانه می‌باشد.

کلید واژه‌ها: رودخانه کهمان- کیفیت آب - شرب و کشاورزی

Hydro geochemical evaluation of khaman river in Alshatar (Lorestan province)

Farzad Akbari^{1,*}, Elham Jaafari², Arash Nadir³

¹Graduated from the Department of hydrogeology, Shahrood University of Technology, (Farzadakbari12425@gmail.com)

²Student of geochemistry, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, (Jaafari.elham96@gmail.com)

³Former member of Hydrogeology Department of Shahid Chamran University of Ahvaz

Abstract

About one-third of the drinking water needed by the world comes from surface water resources such as rivers, canals and lakes. Meanwhile, surface waters, especially rivers, played a more important role in the development

of human civilizations. Kahman River is one of the most important rivers in Lorestan province, which is 15 km north of Aleshtar. The Khanum River basin is one of the main streams of the Alshat River, part of the Karkheh catchment area. The source of the Kahman River, the Shrine of the shah takht and other karst springs of the region, which, after joining the waters of the khasoun Basin, lead to the formation of the river which is believed to be. Considering the use of water from one river water for different uses, and so far no comprehensive hydrogeochemical studies have been carried out on this important water source. The aim of this study was to investigate the hydrogeochemistry of Kahan river water during the 4 years period (1389 to 1392). For this purpose, the concentration of cations and anions of water samples was investigated and compared with standard limits. The electrical conductivity variations of the river water samples are appropriate and range from 263 to 445 ys/cm. The water brigade of the samples is bicarbonate and calcific facies. The main reason for this is the existence of large and large calcareous units in the region. According to the river hydrochemical processes, there is a good correlation between calcium and bicarbonate elements in most of the samples, which is evidence of the confirmation of the type and facies of calcium bicarbonat in river water samples. Also, according to the Gibbs charts, river water samples showed that atmospheric precipitation was the most important factor affecting the quality and chemistry of river water.

Key words: Kahman River - Water quality - Hydrogeochemical

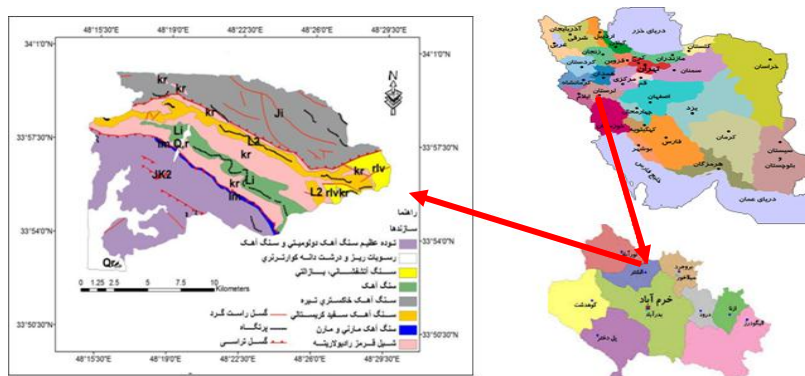
۱-مقدمه:

آب به عنوان یک منبع تجدیدپذیر از اهمیت زیادی در طبیعت و همچنین در زندگی انسان برخوردار است. در این میان آب‌های سطحی (به ویژه رودخانه‌ها) نقش با اهمیت‌تری در توسعه تمدن‌های بشری ایفا کرده‌اند. (Das and Acharya, 2003). آلودگی آب‌های سطحی یک مشکل جهانی است که نه تنها باعث ایجاد مسائل زیست محیطی می‌شود بلکه مسائل اقتصادی را نیز در پی داشته و سلامت انسان و سایر موجودات را به خطر می‌اندازد. از طرف دیگر رودخانه‌ها به علت نقش آنها در حمل و نقل فاضلاب‌های شهری، صنعتی و زهکش‌های کشاورزی به راحتی تحت تأثیر آلودگی قرار می‌گیرند. (Yang and Wang, 2010). جودواو جانسکی (Judova and Jansky., 2005) کیفیت آب در مناطق روستایی و رودخانه اسلپانکا (Slapanka) در کشور چک را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که کیفیت آب در مناطق روستایی بسیار کم و غلظت مواد مغذی نیتروژن و فسفر در آب این رودخانه بسیار بالا است که علت آن ورود رواناب‌های کشاورزی به داخل آب مورد استفاده در مناطق روستایی و رودخانه است. ساتر و همکاران (Suther et al., 2009) با ارزیابی آلودگی فلزی در آب و رسوبات رودخانه هیندون در کشور هند، به این نتایج دست یافتند که غلظت فلزاتی چون Mn، Pb و Zn در آب و رسوب این رودخانه تا حد زیادی افزایش یافته است که علت اصلی آن، ورود این فلزات به آب رودخانه هیندون در اثر تخلیه پساب‌های صنعتی و شهری است. کولی و مولی (Koli and Muley, 2013) با بررسی کیفیت آب مخزن کولاپور^۲ در کشور هند طی ماه‌های ژانویه تا دسامبر ۲۰۱۱، با آنالیز نمونه‌ها و مقایسه پارامترهای فیزیکوشیمیایی با استانداردهای جهانی مشاهده کردند که آب مخزن کولاپور کیفیت لازم را جهت مصارف شرب و آبیاری دارا می‌باشد. با توجه به اینکه در مناطق مختلف ایران از آب رودخانه‌ها جهت مصارف مختلف استفاده می‌شود بنابراین مطالعه کیفی آن‌ها نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. رودخانه کهمان نیز یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان لرستان می‌باشد که لازم به ذکر است تا کنون مطالعه‌ی دقیق به منظور ارزیابی این منبع مهم آبی جهت استفاده شرب و کشاورزی انجام نشده است.

²Kolhapour

۲- ویژگی ها و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

رودخانه کهمان یکی از مهم ترین رودخانه های استان لرستان واقع در ۱۵ کیلومتری شهرستان شمال الشتر می باشد که ناشی از بهم پیوستن چندین چشمه کارستی در منطقه است. اقلیم آب و هوایی منطقه بر اساس طبقه بندی اقلیمی مارتن در رده نیمه مرطوب قرار می گیرد. ازدیدگاه زمین شناسی از مهم ترین واحدهای سنگی اطراف رودخانه کهمان می توان به واحدهای سنگ آهک خاکستری، سنگ آهک سفید کریستالی، سنگ آهک های دولومیتی و مارنی به همراه واحدهایی از شیل قرمز رادیولارتری و سنگ های بازالتی - آتشفشانی اشاره نمود (شکل ۱).



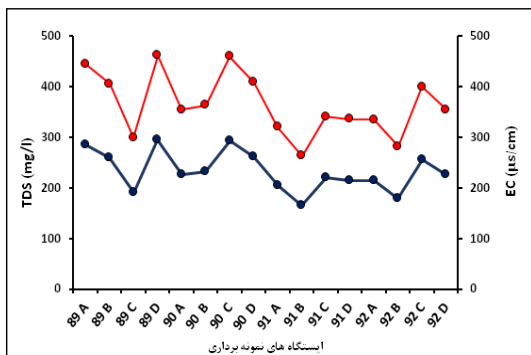
شکل ۱: موقعیت و نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

۳- نتایج و بحث

۳-۱: کیفیت آب رودخانه

تغییرات مقادیر هدایت الکتریکی

(شکل ۲) مقادیر هدایت الکتریکی نمونه های آب رودخانه کهمان طی چهار سال نمونه برداری را نشان می دهد. بر اساس شکل کمترین و بیشترین مقدار EC نمونه ها برابر با ۲۶۳ و ۴۴۵ میکروزیمنس بر سانتی متر می باشد. با توجه به طبقه بندی استاندارد شوری می توان بیان نمود که کیفیت آب رودخانه کهمان در رده ی مناسب جهت شرب قرار می گیرد. همچنین مقادیر شوری با املاح محلول جامد رابطه مستقیمی دارد به طوریکه بیشترین مقدار TDS نمونه ها برابر با ۲۹۵ میلی گرم بر لیتر است (شکل ۲). از لحاظ سختی آب نیز همه نمونه های آب رودخانه کهمان در رده سختی متوسط قرار می گیرند.

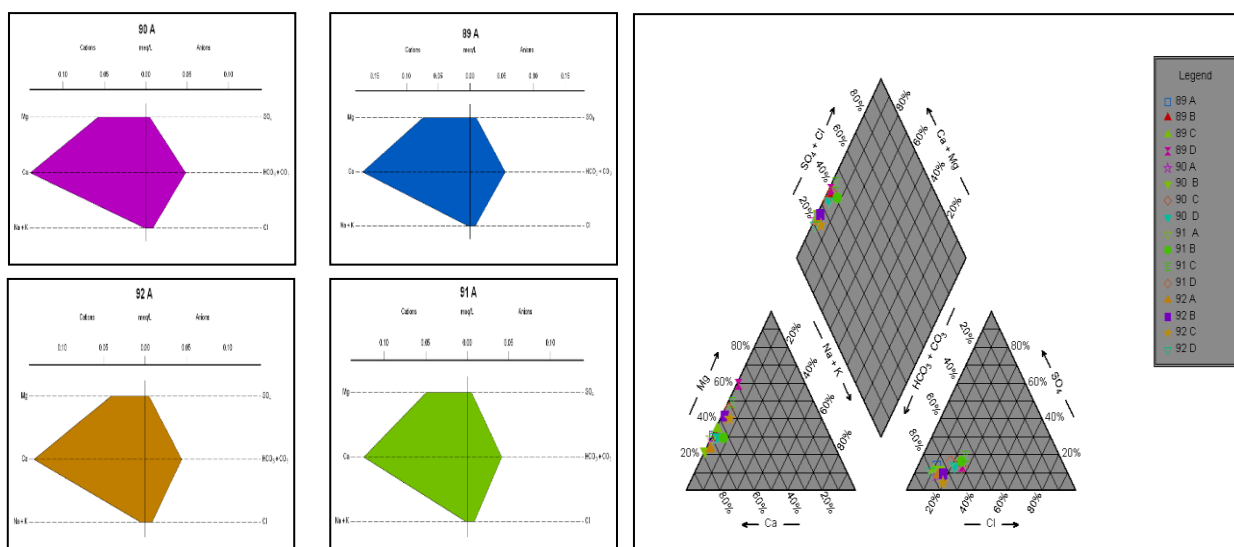


شکل ۲: تغییرات زمانی EC و TDS نمونه های آب رودخانه طی بازه زمانی چهار ساله

نمودار های هیدروژئوشیمی

نمودارهای پایپر و استیف

نمودار پایپر^۳ عمدتاً جهت تعیین نوع آب‌ها، رخساره‌های هیدروشیمیایی و مسیرهای تکامل ژئوشیمیایی در آبخوان‌ها تهیه می‌گردند. رخساره‌های هیدروشیمیایی جهت نمایش اختلاف در ترکیب شیمیایی آب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Freeze & Cherry, 1997). (شکل ۳) نمودار پایپر نمونه‌های آب رودخانه کهمان را نشان می‌دهد. براساس این نمودار می‌توان چنین مشاهده نمود که کاتیون غالب اکثر نمونه‌ها کلسیم و آنیون غالب تمام نمونه‌های آب رودخانه کهمان از بازه زمانی سال ۸۹ تا ۹۲ یون بی‌کربنات می‌باشد. بنابراین نمونه‌های آب رودخانه دارای تیپ کلسیک و رخساره کربناته می‌باشد. دلیل این موضوع را می‌توان ناشی از وجود واحدهای متعدد آهکی در نظر گرفت. هم‌چنین همانند نمودار پایپر، نمودار استیف نیز نشان می‌دهد که کاتیون و آنیون غالب تمام نمونه‌های آب رودخانه کهمان بی‌کربنات و کلسیم می‌باشد (شکل ۳).



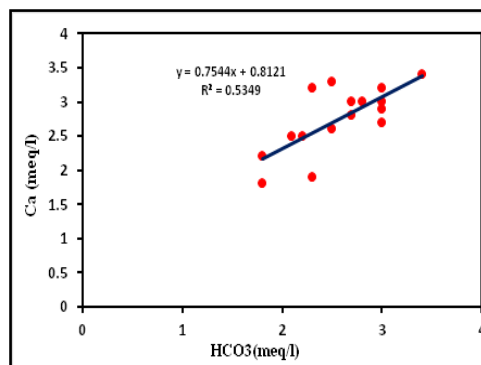
شکل ۳: نمودار پایپر (سمت راست) و نمودارهای استیف (سمت چپ) نمونه‌های رودخانه کهمان

فرایندهای هیدروژئوشیمی

نمودار ترکیبی

در مطالعات هیدروژئوشیمی برای تشخیص نوع فرایندهای شیمیایی و تعیین منشأ و اختلاط آب‌ها از نمودارهای ترکیبی یا دو متغیره استفاده می‌شود (Mazor, 2004). جهت تعیین فرایندهای ژئوشیمیایی حاکم بر رودخانه کهمان نمودارهای ترکیبی با استفاده از یون‌های بی‌کربنات و کلسیم نمونه‌های آب، ترسیم شده است. همبستگی خوبی بین عناصر کلسیم و

بی کربنات در اکثر نمونه‌ها وجود دارد که گواهی بر تایید تیپ و رخساره‌های بی کربنات کلسیم در نمونه‌های آب رودخانه است (شکل ۴).

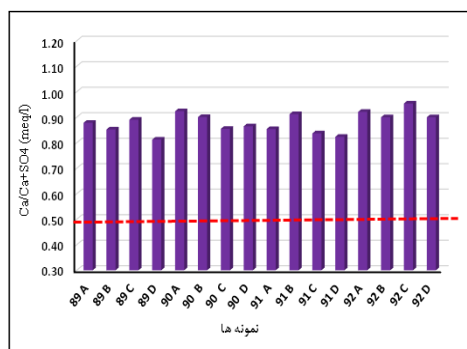


شکل ۴: نمودار ترکیبی نمونه‌های آب رودخانه

نسبت‌های یونی

$$\frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+} + SO_4^{2-}} \text{ نسبت}$$

نسبت $\frac{Ca^{2+}}{Ca^{2+} + SO_4^{2-}}$ برای تمام نمونه‌های آب بیش از ۰/۵ (میانگین ۰/۸۸) می‌باشد (شکل ۵). این امر مؤید فرآیند رخداد انحلال کربنات‌ها و سیلیکات‌ها و تاثیر آن بر ترکیب شیمیایی نمونه‌های آب رودخانه کهمان است.



شکل ۵: مقادیر نسبت یونی کلسیم به مجموع کلسیم و سولفات

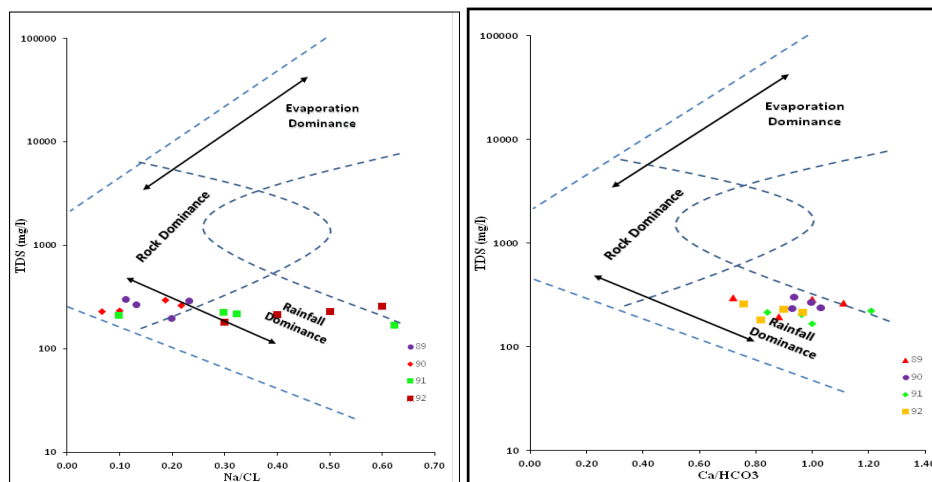
مدل گیبس نمونه‌های آب رودخانه

بر طبق نظر گیبس (Gibbs, 1970)، شیمی آب‌های سطحی تا حد زیادی توسط سه فرآیند، هوازدگی سنگ، بارش‌های

جوی و همچنین فرآیند تبخیر-تبلور کنترل می‌شود. از بین یون‌های اصلی HCO_3^- ، به طور عمده بارش‌های جوی

، $\frac{Na^+}{Cl^-}$ از بارش‌های جوی و واکنش بین آب و سنگ و TDS به طور تعدیل شده از فرآیند تبخیر-تبلور، حاصل شده‌اند (شکل ۶). براساس محاسبه نسبت‌های فوق و با توجه به TDS نمونه‌های آب مورد مطالعه، اکثر نمونه‌های آب در بخش

بارش های جوی (RainFall Dominance) این نمودار قرار می گیرند، که نشان دهنده ی رابطه ی تاثیر فرآیند های جوی در کنترل ترکیب شیمیایی آب رودخانه ی کهمان است.



شکل ۶: نمودارهای گیبس نمونه های آب رودخانه

نتیجه گیری :

رودخانه ها از جمله منابع آب سطحی می باشند که از نظر اکولوژیکی و زیست محیطی از اهمیت ویژه ای برخوردارند. از طرف دیگر رودخانه ها در حقیقت منابع آب شیرین جهت استفاده در امور کشاورزی و شرب هستند. رودخانه کهمان یکی از مهم ترین منابع آب سطحی در استان لرستان می باشد که در ۱۵ کیلومتری شمال شهرستان الشتر واقع شده است. منبع تغذیه کننده این رودخانه، چشمه ها و سراب های منطقه می باشد که پس از بهم پیوستن باعث تشکیل رودخانه کهمان می شوند. با توجه به استفاده مداوم از آب رودخانه و نظر به این که تا کنون مطالعه هیدروژئوشیمی جامعی بر روی این منبع مهم آبی انجام نشده بود انجام این مطالعه امری مهم و ضروری بود. کیفیت آب رودخانه با توجه به تغییرات هدایت الکتریکی و املاح محلول در رده مناسبی قرار می گیرد هر چند که غلظت کمتر عناصر نسبت به حد مجاز استاندارد نیز گواهی بر این ادعاست. تیپ آب نمونه های رودخانه، بی کربنات و رخساره ی آن کلسیک می باشد که این موضوع ناشی از وجود واحدهای آهکی متعدد در محدوده مطالعاتی می باشد. بر اساس یافته های این پژوهش می توان نتیجه گیری نمود که مهمترین عامل موثر بر کیفیت آب رودخانه طبق نمودارهای گیبس بارش های جوی می باشد.

پیشنهادهای

با توجه به اینکه از آب رودخانه جهت مصارف کشاورزی و آبیاری باغ ها استفاده می شود به منظور مطالعه دقیق تر هیدروژئوشیمی پیشنهاد می گردد که غلظت فلزات سنگین آب و رسوبات رودخانه مورد ارزیابی جامع قرار گیرد. هم چنین مطالعه هیدروژئولوژی به منظور تعیین منشأ رودخانه و مطالعات کارست منطقه نیز در مرحله بعد قابل پیشنهاد می باشد.

تشکر و قدردانی

از سازمان آب و منطقه‌ای استان لرستان و مهندس میرزاوند و مهندس ددهی بابت همکاری در جمع آوری دیتاها و در اختیار گذاشتن اطلاعات رودخانه قدردانی می‌گردد.

منابع فارسی:

اکبری، ف.، ۱۳۹۵ " مطالعه هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی تالاب برم‌شور در مجاورت سازند کارستی گچساران در استان خوزستان" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

کرم مقدم، م، ۱۳۹۵، ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت دز غربی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

References:

- Das, J., Acharya, B.C.,(2003), "Hydrochemistry and Assessment of loticwater quality in Cuttack city India" Water, Air, and Soil Pollution, Vol.150, pp, 163–175.
- Freeze, R.A., cherry, j. A., (1979), Groundwater, Prentice hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hounslow A.W. (1995)."Water quality data analysis and interpretation. Lewis publishers, ckcpress, LLC, pp.378.
- Judova, P., Janskay, B. (2005). "Water quality in rural areas of the Czech Republic: Key study slapanka river catchment." **Limnologica**, Vol. 35, pp160-168
- Koli, K. B., Muley, D.V., (2013), "Water Quality Assessment Of Tulashi Tank of Kolhapur District (M.S), India" Global Journal of Science Frontier Research, Verssion 1
- Mazor, E., (2004), "Applied chemical and Isotopic Ground water hydrology" Third Edition John Wiley, New York.
- Obiefuna, G., D.M., Orazulike, 2010, "Assessment of Groundwater quality of Yola area for irrigationpurposes" j. Nigerian Asocial, Hydrogeology, 2- (1), pp, 32-52.
- Obifuna, G., and Shariff, A., 2010, Assessment of Shallow Ground water Quality of PindigaGombe Area, Yola Area ,NE, Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes . Research Journal of Environmental and Earth
- Suther, S., Nema, A. K., Chabukdhara, M., Gupta, S. K., (2009), "Assessment of metals in water and sediments of Hindon River, India: Impact of industrial and urban discharges" Journal of Hazardous Materials, Vol. 171, pp, 1088-1095.
- Yang, Y., Wang, L.,(2010), "A Review of Modelling Tools for Implementation of the EUWaterFremework Directive in Handling Diffuse Water Pollution" Water Resour Manage Vol. 24, pp, 18

ارزیابی غلظت فلزات سنگین رودخانه کهمان در شهرستان الشتر

فرزاد اکبری^{۱*}، الهام جعفری^۲، رحیم باقری^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود (Farzadakbari12425@gmail.com)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود (Jaafari.elham96@gmail.com)

۳- هیئت علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود (rahim.bagheri86@gmail.com)

چکیده:

فلزات سنگین به دلیل ویژگی‌های خاص مانند تحرک کم و جذب بالا توسط رسوبات ممکن است به مدت طولانی در رسوب باقی مانده و تهدید جدی برای محیط باشند. رفتار فلزات سنگین در آب‌های طبیعی به طور کلی تابع شیمی آب، وجود مواد جذب کننده (مانند کانی‌های رسی) و فرایندهای ژئوشیمیایی مانند اکسیداسیون و احیا، جذب - و جذب و انحلال - ته نشینی است. رودخانه کهمان یکی از مهم‌ترین منابع آب سطحی کشور می‌باشد که در شهرستان الشتر واقع شده است. هدف از این مطالعه ارزیابی غلظت فلزات سنگین در آب رودخانه می‌باشد که پس از نمونه برداری از ۸ ایستگاه در مجاورت رودخانه و آماده سازی، نمونه ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند. نتایج نشان داد که روند عمومی غلظت فلزات سنگین به صورت $AL > Mn > Zn > Pb > As$ می‌باشد. بیشترین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب رودخانه مربوط به فلز AL با ۰/۱۱ میلی گرم در لیتر و کمترین مقدار مربوط به فلز سرب با غلظت ۰/۰۱۴ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. طبق نتایج مشاهده گردید که غلظت این فلزات در مقایسه با استاندارد های فائو و سازمان بهداشت جهانی کمتر می‌باشد و آب رودخانه از دیدگاه فلزات سنگین شرایط مناسبی دارد و به عناصر بالقوه سمی آلوده نمی‌باشد. همبستگی خوبی بین مقادیر فلز سرب با آلومینیوم و آرسینک وجود دارد اما از طرفی سایر فلزات سنگین رابطه معناداری با یکدیگر ندارند که این حاصل غلظت بسیار کم مقادیر فلزات در آب رودخانه می‌باشد.

کلید واژه ها: فلزات سنگین - رودخانه کهمان - کیفیت آب

Evaluation of the concentration of heavy metals in Kahman River in Alshtar

Farzad Akbari^{1,*}, Elham Jafari², Rahim Bagheri³

¹Graduated from the Department of hydrogeology, Shahrood University of Technology, (Farzadakbari12425@gmail.com)

²Student of geochemistry, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, (Jaafari.elham96@gmail.com)

³Staff in Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, (rahim.bagheri86@gmail.com)

Abstract:

Heavy metals, due to their specific characteristics, such as low mobility and high adsorption by sediments, may remain in sediment for a long time and present a serious threat to the environment. The behavior of heavy metals in natural waters is generally due to chemical chemistry, the presence of absorbing materials (such as clay minerals) and geochemical processes such as oxidation and reduction, absorption-desorption and dissolution-sedimentation. Kahman River is one of the most important surface water resources in the country, located in al-Shater. The purpose of this study was to evaluate the concentration of heavy metals in river water. After sampling from 8 stations adjacent to the river

and preparing, samples were transferred to the laboratory. The results showed that general concentration of heavy metals was $Al > Mn > Zn > Pb > As$. The highest concentrations of Heavy metals in river water samples are related to AL metal with 0.111 mg / L and the lowest amount is related to lead metal at a concentration of 0.0014 mg / l. According to the results, it was found that the concentration of these metals is lower than the FAO and WHO standards and that the river water is in good condition and is not contaminated with potentially toxic elements. There is a good correlation between the lead metal content of aluminum and arsenic, but on the other hand, other heavy metals do not have a significant relationship with each other, which results in very low concentrations of metals in river water.

Keywords : Heavy Metals - kahman River - Water Quality

مقدمه :

یکی از مهم‌ترین منشأهای آلوده کننده منابع آب‌های سطحی به ویژه رودخانه‌ها، فلزات سنگین و عناصر بالقوه سمی می‌باشد که می‌تواند سبب تغییر در شیمی و کیفیت آب گردد. معمولاً محیط‌هایی که تحت تأثیر آلودگی قرار نگرفته‌اند، غلظت فلزات در آن‌ها بسیار کم است و عمدتاً در اثر فرآیندهای طبیعی از قبیل انحلال سنگ‌ها حاصل شده‌اند (Islam et al., 2015). مطالعات متعددی در ارتباط با غلظت فلزات سنگین در منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی انجام شده است. اکبری و همکاران (۱۳۹۵) ضمن بررسی غلظت فلزات سنگین در نمونه های آب تالاب برم شور در استان خوزستان دریافتند که روند غلظت فلزات در ۶ ایستگاه مطالعاتی به صورت $Zn > Pb > Fe > As$ می‌باشد که افزایش غلظت برخی از عناصر در آب تالاب می‌تواند به علت وجود سازند تبخیری گچساران و همچنین اراضی کشاورزی اطراف تالاب باشد (Sayed et al., 2010)، تأثیر فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی را بر روی کیفیت آب رودخانه نیل مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که تخلیه فاضلاب‌های صنایع نیشکر و نشاسته در اطراف شهر قاهره، بار میکروبی این رودخانه را ۵۰ تا ۱۸۰ درصد افزایش داده است، که این مقدار به سمت پایین دست رودخانه کاهش می‌یابد. مطالعات مختلفی از دیدگاه بررسی غلظت آلاینده‌های مختلف در تالاب‌ها و دریاچه‌ها در مناطق مختلف انجام شده است. Virha et al., 2010 با بررسی کیفیت آب دریاچه آپر (Upper) در کشور هند مشاهده کردند که غلظت فلزات سنگین مانند نیکل و کروم در آب دریاچه بیش از حد مجاز بوده و منشأ احتمالی آن‌ها می‌تواند ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری تصفیه نشده به این دریاچه باشد. Prasanna et al., 2012 با مطالعه بر روی تعیین غلظت فلزات سنگین (آهن، سلنیم، سرب و...) دریاچه کورتین (Curtin) در شرق کشور مالزی به این نتیجه رسیدند که شدت آلودگی آب این دریاچه به فلزات سنگین متوسط می‌باشد. رودخانه کهمان یکی از مهم‌ترین رودخانه های و منابع آب سطحی در استان لرستان می‌باشد که در ۱۵ کیلومتری شهرستان الشتر واقع شده است. با توجه به اینکه تا کنون هیچ پژوهشی در ارتباط با غلظت فلزات سنگین انجام نشده بود انجام این تحقیق امری مهم و ضروری به نظر می‌رسید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و ارزیابی غلظت فلزات سنگین در تیر ماه ۱۳۹۷ از ۸ ایستگاه معرف رودخانه کهمان (R.K.1 - R.K.8) نمونه برداری صورت گرفت. پس از آماده سازی نمونه های فلزات سنگین و افزودن مقداری اسید نیتریک به منظور خنثی سازی اسیدیته، نمونه ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند (شکل ۱). پس از مشخص شدن نتایج آزمایش مشاهده گردید که غلظت برخی از فلزات سنگین زیر حد آشکار سازی می باشد و شرایط تفسیر را ندارند و تنها ۵ فلز (Pb, Zn, Al, Mn, As) قابلیت تفسیر را دارند. از دیدگاه زمین شناسی و تکتونیک، رودخانه کهمان در مجاورت سازندهای اغلب آهکی واقع شده است که این امر باعث مناسب بودن کیفیت آب رودخانه و غلظت پایین مقادیر فلزات سنگین شده است (شکل ۲).



شکل ۱: آماده سازی و ارسال نمونه های فلزات سنگین به آزمایشگاه



شکل ۲: نقشه زمین شناسی منطقه و موقعیت رودخانه کهمان

نتایج و بحث

رودخانهی کهمان در مجاورت سازندهای آهکی واقع شده است. چشمه های کارستی متعددی با دبی های مختلف در حوضه رودخانه کهمان وجود دارد که از طرفی منابع تغذیه کننده رودخانه بوده و از طرف دیگر دارای کیفیت آب مناسبی جهت مصارف مختلف می باشند. حجم رسوبات محاسبه شده در پژوهش های هیدرولوژی در سال ۱۳۹۲ برابر با ۱۲ تن در روز می باشد که نشان از تأثیر سازندهای زمین شناسی بر کیفیت آب رودخانه دارد. به همین منظور جهت بررسی غلظت

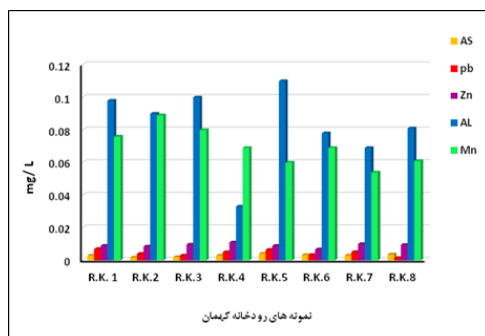
این عناصر در آب رودخانه‌ی کهمان و ارزیابی اثر سازندهای منطقه بر غلظت این عناصر، پژوهشی صورت و نتایج آن در زیر بیان شده است.

غلظت فلزات سنگین

به طوری کلی از بین غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در ۸ ایستگاه رودخانه کهمان تنها ۵ فلز (Pb, Zn, Al, Mn, As) قابلیت آشکارسازی و تفسیر داشته‌اند. شکل ۳ و جدول ۱ نمودار غلظت فلزات سنگین (بر حسب میلی گرم بر لیتر) در نمونه‌های آب رودخانه کهمان را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج روند کلی غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب رودخانه کهمان در ۸ ایستگاه مورد مطالعه به صورت $Al > Mn > Zn > Pb > As$ می‌باشد. بر این اساس بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت فلز سرب به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های R.K.1 و R.K.8 با غلظت‌های ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۷ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. در ایستگاه مطالعاتی R.K.5 بیش‌ترین مقدار غلظت مربوط با آلومینیوم با ۰/۱۱ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالیکه کم‌ترین مقدار مربوط به فلز روی با ۰/۰۰۸۹ میلی گرم بر لیتر است. حداکثر مقدار غلظت فلزات منگنز و آرسینک به ترتیب با ۰/۰۶ و ۰/۰۱۸ میلی گرم بر لیتر در ایستگاه‌های R.K.5 و R.K.2 می‌باشد.

جدول ۱: غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب رودخانه کهمان در ایستگاه‌های مطالعاتی (مقایسه بر حسب میلی گرم بر لیتر می‌باشند)

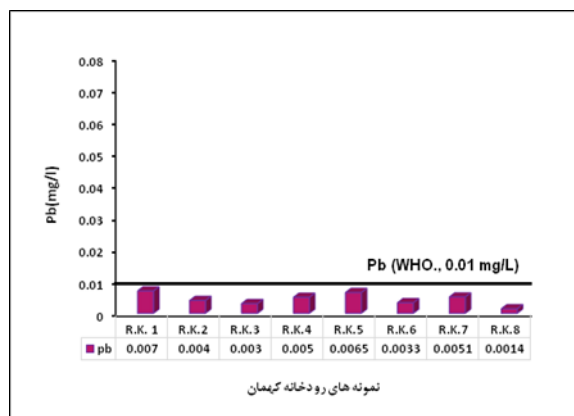
SAMPLE	AS	Pb	Zn	AL	Mn
R.K. 1	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۹۸	۰/۰۷۶
R.K.2	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸۵	۰/۰۹	۰/۰۸۹
R.K.3	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹۷	۰/۰۱	۰/۰۸
R.K.4	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱۱	۰/۰۳۳	۰/۰۶۹
R.K.5	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۸۹	۰/۱۱	۰/۰۶
R.K.6	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۶۷	۰/۰۷۸	۰/۰۶۹
R.K.7	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵۱	۰/۰۱	۰/۰۶۹	۰/۰۵۴
R.K.8	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۹۵	۰/۰۸۱	۰/۰۶۱
WHO	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲	۰/۲



شکل ۳: مقادیر غلظت فلزات سنگین در نمونه های آب رودخانه کهمان

سرب (Pb)

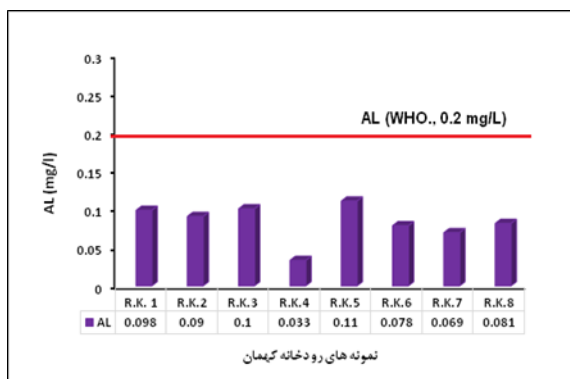
حداکثر غلظت مجاز سرب جهت مصرف شرب طبق سازمان بهداشت جهانی (WHO) ۰/۰۱ میلی گرم بر لیتر می باشد. در حالت کلی منشأ طبیعی فلز سرب، کانی های گالن و سروسیت می باشد و در رابطه با منشأ انسانزاد سرب نیز می توان به سوخت و باتری های ماشین، تأثیرات صنعتی، لوله کشی های قدیمی، فاضلاب های خانگی و رواناب حاصل از کودهای فسفاته اشاره نمود (کرده لاچین و همکاران، ۱۳۹۵). غلظت مقادیر سرب در نمونه های آب رودخانه کهمان به نسبت استاندارد سازمان بهداشت جهانی کمتر از حد مجاز استاندارد می باشد به طوری که بیش ترین مقدار سرب در ایستگاه ۸ و برابر با ۰/۰۰۱ می باشد که نشان از کیفیت مناسب اب جهت مصارف شرب از دیدگاه فلز سنگین سرب می باشد (شکل ۴).



شکل ۴: مقادیر سرب در نمونه های آب رودخانه کهمان

آلومینیوم (Al)

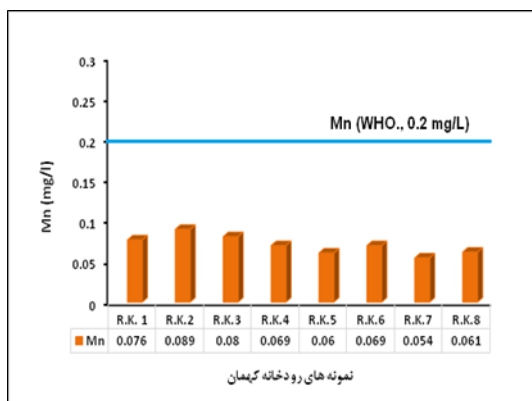
تحرك و قابلیت انحلال آلومینیوم نیز همانند بقیه عناصر سنگین تابع شرایط اکسیداسیون - احیاء و شرایط اسیدیته آب می باشد به طوری که حلالیت آن با مقادیر اسیدیته تغییر می کند. افزایش مقادیر آلومینیوم در مرحله بعد از تصفیه به نسبت قبل از تصفیه می تواند ناشی از افزایش مقادیر pH باشد (اکبری و همکاران، ۱۳۹۵). شکل ۵ غلظت فلز آلومینیوم در نمونه های آب رودخانه را نشان می دهد، بر اساس نتایج مشاهده می شود که مقادیر فلز آلومینیوم در ۸ ایستگاه مورد مطالعه کمتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۰/۲ میلی گرم بر لیتر) می باشد.



شکل ۵: مقادیر آلومینیوم در نمونه های آب رودخانه

منگنز (Mn^{2+})

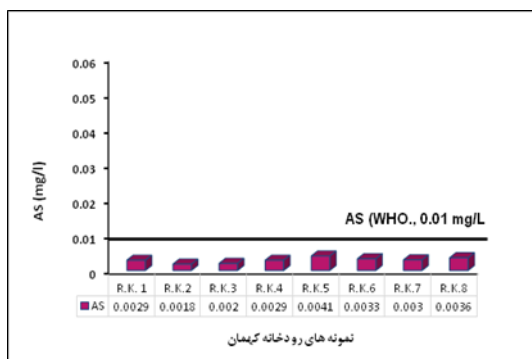
منگنز یکی از مهم ترین عناصر سنگین می باشد که باعث تغییر در کیفیت آب های سطحی و زیرزمینی می گردد. حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی ۰/۲ میلی گرم بر لیتر می باشد. بر اساس شکل ۶ که مقادیر منگنز در ایستگاه های مورد مطالعه رودخانهی کهمان را نشان می دهد می توان دریافت که غلظت منگنز در تمام ایستگاه ها کمتر از حد مجاز استاندارد می باشد و آب رودخانه از دیدگاه این فلز شرایط مناسبی جهت مصارف شرب دارد.



شکل ۶: مقادیر منگنز در نمونه های آب رودخانه کهمان

آرسینک (As)

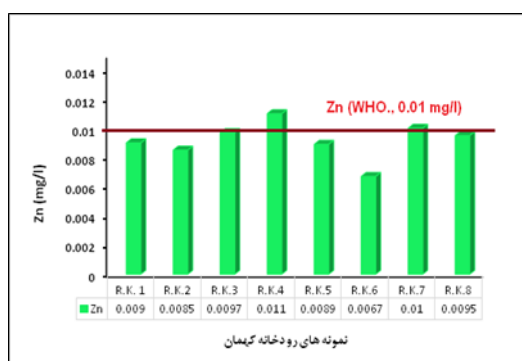
انحلال پذیری و قابلیت تحرک آرسینک عمدتاً تابع شرایط اکسیداسیون و احیاء و PH محیط می باشد به طوری که بالاترین غلظت آرسینک تحت شرایط اکسیدان و pH بالا می باشد (Rango et al, 2013) رایج ترین منشأ زمین شناسی آرسینک، ناشی از وجود کانی پیریت می باشد (Ehrlich & Newman, 2009). غلظت استاندارد آرسینک طبق استاندارد بهداشت جهانی برابر با ۰/۰۱ میلی گرم بر لیتر می باشد که در نمونه های آب رودخانه کمتر از حد مجاز استاندارد می باشد، بنابراین کیفیت آب رودخانه جهت مصارف شرب مناسب می باشد (شکل ۷).



شکل ۷: مقایسه آرسینک در نمونه های آب رودخانه

روی (Zn)

عنصر روی یکی از مهم ترین عناصری می باشد که می تواند بر کیفیت آب تأثیر بگذارد. حداکثر غلظت روی طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی برابر با ۰/۰۱ میلی گرم بر لیتر می باشد. شکل ۸ نمودار غلظت عنصر روی در نمونه های آب رودخانه کهمان را نشان می دهد. طبق شکل مشاهده می گردد که مقادیر روی در ایستگاه های R.K.4 و R.K.7 بیش تر از حد مجاز و در سایر ایستگاه ها کمتر از حد مجاز استاندارد می باشد که این موضوع احتمالاً ناشی از رخنمون برخی میان لایه های زمین شناسی مانند شیل های قرمز باشد.



شکل ۸: مقادیر فلز روی در نمونه های آب رودخانه

ضرب همبستگی فلزات سنگین

از ضریب همبستگی برای تعیین منشأ احتمالی عناصر، بررسی روابط بین عناصر و هم چنین ارزیابی تأثیر پارامترهای محیطی بر کیفیت آب استفاده می شود. ضریب همبستگی در محدوده بین +۱ تا -۱ تغییر می کند. علامت مثبت بیانگر همبستگی مثبت و علامت منفی، بیانگر همبستگی منفی بین دو متغیر است (بایزدی و همکاران، ۱۳۹۱). جدول ۲ ضرایب همبستگی بین فلزات سنگین در نمونه های آب رودخانه کهمان را نشان می دهد. همبستگی خوبی بین مقادیر فلز سرب با آلومینیوم و آرسینک وجود دارد اما از طرفی سایر فلزات سنگین رابطه معناداری با یک دیگر ندارند که این حاصل غلظت بسیار کم مقادیر فلزات در آب رودخانه می باشد.

جدول ۲: ضریب همبستگی فلزات سنگین نمونه‌های آب رودخانه

	Pb	Al	As	Zn	Mn
Pb	1				
Al	.131	1			
As	.175	.038	1		
Zn	.117	-.460	-.109	1	-.210
Mn	-.071	.216	-.809*	-.210	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

نتیجه گیری :

فلزات سنگین به طور طبیعی و به مقدار بسیار کم در اکوسیستم‌های آبی یافت می‌شوند و به علت پایداری و عدم تجزیه در حین فرآیندهای بیولوژیکی، از جمله آلاینده‌ها با اهمیت تلقی می‌شوند. رودخانه کهمان یکی از مهم‌ترین منابع آب سطحی کشور می‌باشد که در شهرستان الشتر واقع و دارای کیفیت آب مناسبی می‌باشد. به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در ۸ ایستگاه مورد مطالعه رودخانه نمونه برداری و تحلیل صورت گرفت. بر اساس نتایج غلظت تمام فلزات سنگین در نمونه‌های آب رودخانه کمتر از حد مجاز استانداردهای سازمان بهداشت جهانی و فائو می‌باشد که نشان از کیفیت مناسب آب جهت مصارف مختلف شرب و کشاورزی دارد. روند عمومی غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب رودخانه کهمان به صورت $AL > Mn > Zn > Pb > As$ می‌باشد. بر اساس تحلیل خوشه‌ای بین فلزات سنگین مشاهده گردید که منشأ احتمالی فلزات سنگین در نمونه‌های آب رودخانه یکسان می‌باشد. همچنین طبق تحلیل ضرایب همبستگی مشاهده گردید که همبستگی خوبی بین مقادیر فلز سرب با آلومینیوم و آرسینک وجود دارد اما از طرفی سایر فلزات سنگین رابطه معناداری با یک دیگر ندارند که این حاصل غلظت بسیار کم مقادیر فلزات در آب رودخانه می‌باشد.

منابع فارسی :

- اکبری، ف.، باقری، ر.، ندری، آ.، ۱۳۹۵، ۱۳۹۵، "بررسی غلظت فلزات سنگین تالاب (آبروچاله) برم‌شور، در شهرستان هفتکل، استان خوزستان" همایش ملی صیانت از محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
- بایزیدی، ا.، اولادی، ب.، عباسی، ن.، (۱۳۹۱) "تحلیل داده‌های پرسش‌نامه‌ای به کمک نرم افزار SPSS، چاپ چهارم، انتشارات عابد.
- کرده لاجین، س.، جعفری، ه.، ۱۳۹۵، "هیدروژئوشیمی سازندهای سخت شرق مهاباد" پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

Reference

- ۱-Islam, M. S., Ahmed, M. D., Raknuzzaman, M., AL-Mamun, M. D., Islam, M. K. (2015) "Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country." Ecological Indicators, Vol. 48, pp. 282-291



2-Cheol Kwon, J., Léopold E. N. Jung M.C. Emmanuel E.G. Israël M.L. and Kim, K.H. 2012. Impact assessment of heavy metal pollution in the Municipal lake water, Yaounde, Cameroon, *Geosciences Journal*, Vol. 16, p. 193–202.

3-Ehrlich, L., & Newman, D. K. (2009). *Geomicrobiology*, 5th. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York. Gomez-Villalba, B., Calvo, C., Vilchez, R., Gonzalez-Lopez, J. and Rodelas, B.(2006) *TGGE analysis of the diversity of ammonia-oxidizing and denitrifying bacteria in submerged filter biofilms for the treatment of urban wastewater*, *Appl. Microbiol. Biotechnol*, 72, 393-400.

4-Rango, T., Vengosh, A., Dwyer, G., & Bianchini, G. (2013). Mobilization of arsenic and other naturally occurring contaminants in groundwater of the Main Ethiopian Rift aquifers. *Water research*, 47(15), 5801-5818.

5-Prasanna, M.V., Praveena S.M. Chidambaram S. Nagarajan R. and Elayaraja, A. 2012. Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring: a case study from Curtin lake, Miri city, East Malaysia, *Environmental Earth Sciences*, Vol. 67, p. 1987-2001

6-Virha, R., Biswas A.K. Kakaria V.K. Qureshi T.A. Borana K. and Malik, N. 2011. Seasonal variation in physicochemical parameters and heavy metals in water of Upper lake of Bhopal, [Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology](#), Vol. 186, p. 168–174.

مقایسه روش های محاسبه متوسط بارندگی حوضه آبریز (مطالعه موردی: رودخانه جاجرود منتهی به سد لتیان)

♦♦♦♦♦♦

میثم حاجی زاده

دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی دانشگاه شهید بهشتی تهران

Meisam.h.74@gmail.com

یاسر نیک پیمان

استادیار گروه زمین شناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی تهران

♦♦♦♦♦♦

چکیده:

تعیین ارتفاع متوسط بارندگی حوضه آبریز یکی از کاربردهای علم هیدرولوژی بوده که در اهداف مدیریتی از آن استفاده می شود. تعیین این ارتفاع متوسط، توسط روش های مختلفی از قبیل پلی گون های تایسن، نقشه های هیپسومتری و هم باران انجام می شود. با استفاده از این روش ها متوسط ارتفاع بارندگی در حوضه آبریز رودخانه جاجرود منتهی به سد لتیان با مساحت بیش از ۷۰۰ کیلومتر مربع محاسبه شد. در بین روش های موجود، روش منحنی های هم باران به دلیل اینکه یک میانگین وزنی را لحاظ کردن تمامی عوامل دخیل در بارندگی است، نسبت به سایر روش ها نتایج واقعی تری بدست می دهد، طبق این روش میانگین بارندگی حوضه مورد مطالعه ۶۹۶/۴ میلی متر بدست آمد. با تعیین متوسط بارندگی حوضه های آبریز توسط منحنی های هم باران به عنوان بهینه ترین روش، می توان اقدامات مدیریتی پیشگیرانه ای برای هر حوضه آبریز انجام داد.

کلید واژه ها: متوسط بارندگی، تایسن، هیپسومتری، هم باران، جاجرود

Comparison of Methods for Calculating the Average Rainfall of the Basin (Case Study: Jajroud River led to the Latian Dam)

Meysam Hajizade

Graduate student of Hydrogeology, Shahid Beheshti university

Meisam.h.74@gmail.com

Yaser Nikpyman

Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti university

Abstract:

Determining the average height of rainfall in the catchment is one of the applications of hydrology, which is used for management purposes. Determination of this mean height is done by various methods such as Thiessen polygons, hypsometric and iso-rain maps. Using these methods, the average rainfall in the catchment of the Jajroud River led to the Latian Dam calculated with an area of more than 700 square kilometers. Among the existing methods, the iso-rain curve is a weighted average that considering all the factors involved in the rainfall, so gives more realistic results than the other methods, according to this method, the average rainfall of the

studied basin is 696.4 mm Was obtained. By determining the average rainfall of the catchment by the iso-rain curves as the most optimal method, preventive management measures can be taken for each catchment.

Keywords: Average rainfall, Thiessen, hypsometry, Iso-rain, Jajrood



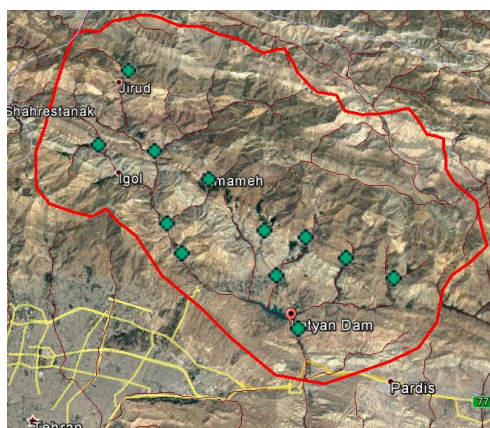
مقدمه:

بارندگی منشا تمامی منابع آب، به ویژه منابع آب زیرزمینی می باشد. برای کاربردهای عملی مقدار آبی که طی بارندگی به سطح زمین می رسد مهم است و بر حسب ارتفاع بر مدت بر مساحت ثبت می شود. تغییرات مکانی میزان بارندگی مستقیماً به توپوگرافی محلی و ناحیه ای بستگی دارد. اگر مجموعه ای از داده های ثبت شده در ایستگاه های مختلف، درون یا در نزدیکی منطقه مورد مطالعه در دسترس باشند، آنگاه می توان متوسط بارش ناحیه ای را با استفاده از روش های کلاسیک از قبیل پلی گون تایسن، نقشه های هیپسومتری و یا نقشه های هم باران محاسبه کرد (Sen, 2015). هدف این مقاله محاسبه متوسط بارندگی حوضه آبریز رودخانه جاجرود منتهی به سد لتیان با روش های مختلف و مقایسه آن ها با یکدیگر است.



منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه، بخش انتهایی حوضه آبریز رودخانه جاجرود بوده که به سد لتیان منتهی می شود. مساحت منطقه ۷۱۱ کیلومتر مربع بوده و در عرض های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه و ۵۰ ثانیه شرقی تا ۵۱ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۰ ثانیه شرقی و طول جغرافیای ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی تا ۳۶ درجه و ۳ دقیقه شمالی قرار دارد. سد لتیان بر روی رودخانه جاجرود و در ۱۰ کیلومتری شمال شرقی تهران و در جنوب شهر لواسان قرار گرفته است. این سد بتنی یکی از منابع اصلی تأمین آب تهران می باشد و ۳۰ درصد از آب شرب شهر تهران را تأمین می نماید. تصویری از محدوده مورد مطالعه و محل قرار گیری سد لتیان که در شمال غربی تهران و جنوب محدوده مورد مطالعه قرار دارد در شکل ۱ مشاهده می شود.



شکل ۱- تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه و محل قرار گیری سد لتیان. ایستگاه های باران سنجی با نقاط سبز مشخص شده اند.

روش تحقیق:

برای محاسبه متوسط بارش ناحیه‌ای در حوضه آبریز رودخانه جاجرود منتهی به سد لتیان، تمامی اطلاعات و داده‌های هواشناسی از شرکت آب منطقه‌ای استان تهران دریافت گردید. از بین داده‌های مربوط به سال‌های مختلف، اطلاعات هواشناسی مربوط به سال آبی ۸۵-۸۶ به دلیل کامل بودن انتخاب شد؛ همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، این اطلاعات شامل نام و کد ایستگاه‌های هواشناسی، مختصات جغرافیایی، تراز ارتفاعی و میزان بارندگی در آن‌ها می‌باشد. تمامی فرآیندهای مربوط به رسم نقشه‌های تیسن، هیپسومتری و هم‌بارش توسط نرم‌افزار GIS انجام شد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌ها و مقادیر بارندگی سالانه مربوط به سال آبی ۸۵-۸۶.

نام ایستگاه	کد ایستگاه	تراز ارتفاعی	utm _x	utm _y	بارندگی سالانه (r)
آهار	۴۱-۲۷۰	۲۱۰۰	۵۴۱۷۴۳	۳۹۷۶۹۰۰	۶۳۰
شمشک	۴۱-۲۴۲	۲۵۰۰	۵۴۴۰۰۸	۳۹۸۴۹۵۲	۸۴۰/۵
قشم	۴۱-۲۹۱	۱۹۸۰	۵۴۷۲۸۲	۳۹۷۶۶۵۰	۸۷۳/۵
کلوکان	۴۱-۱۱۵	۱۸۹۰	۵۴۹۰۷۷	۳۹۶۹۳۲۷	۸۰۹/۵
رودک	۴۱-۱۱۷	۱۷۲۰	۵۵۰۷۲۳	۳۹۶۶۴۴۰	۷۱۶/۵
امامه	۴۱-۷۷۲	۲۲۴۸	۵۵۲۸۲۷	۳۹۷۳۹۲۱	۷۲۴
کند سفلی	۴۱-۲۱۱	۱۹۵۰	۵۵۸۴۵۸	۳۹۶۹۱۰۷	۵۲۴
ناران	۴۱-۲۸۰	۱۷۹۰	۵۵۹۷۹۱	۳۹۶۴۷۰۲	۶۱۸/۵
لتیان	۴۱-۱۱۹	۱۵۶۳	۵۶۲۰۳۳	۳۹۵۹۸۸۸	۴۹۰/۸
افجه	۴۱-۷۷۴	۲۱۰۰	۵۶۲۴۲۴	۳۶۶۸۶۱۰	۸۱۰
برگ جهان	۴۱-۹۲۱	۲۰۰۰	۵۶۶۳۰۰	۳۹۶۶۷۹۰	۸۳۷
لوسان بزرگ	۴۱-۲۸۲	۲۲۰۰	۵۷۰۷۸۰	۳۹۶۵۰۳۸	۶۳۹

روش پلی‌گون تایسن:

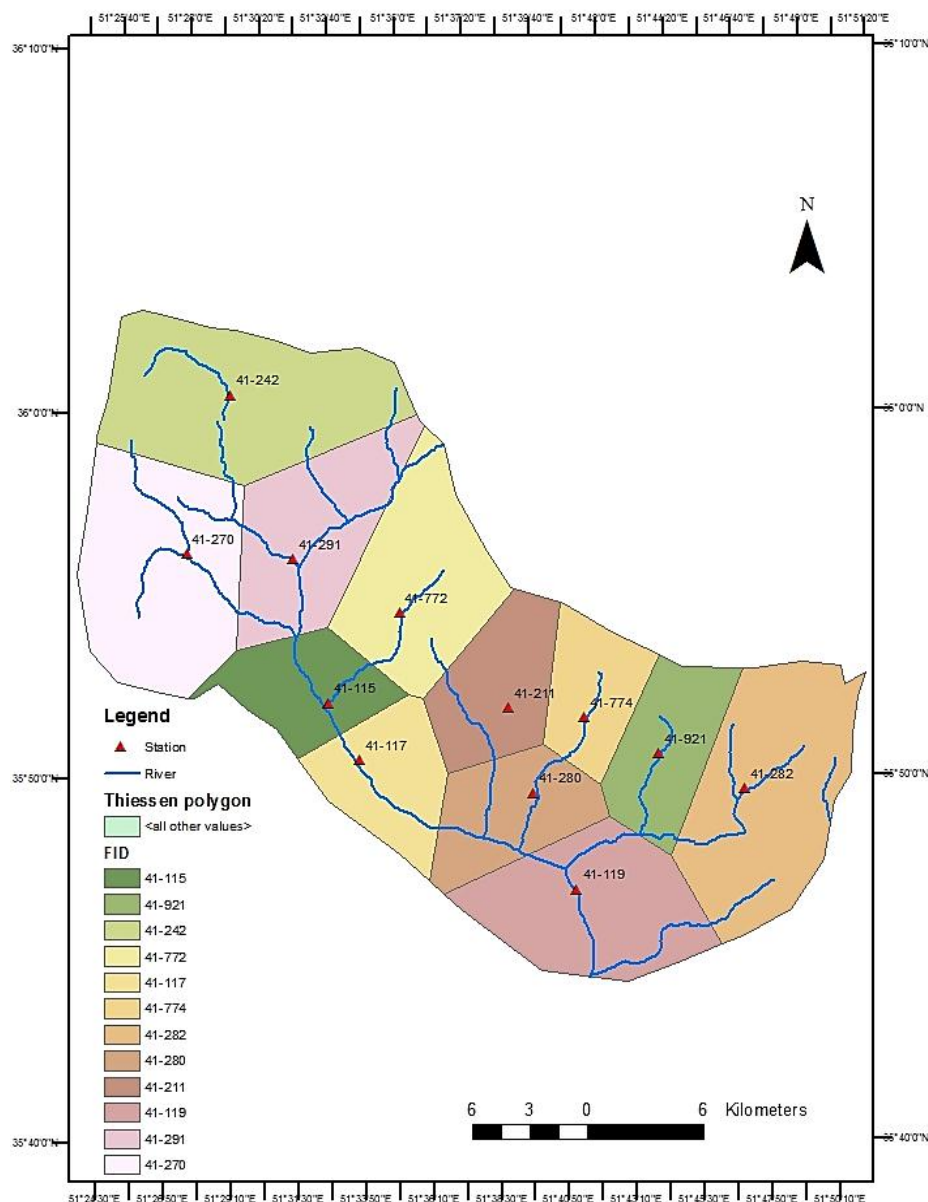
اساس این روش یافتن وزن برای هر ایستگاه بصورت جداگانه است. ابتدا نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها را با خطوط مستقیم به یکدیگر وصل کرده بطوریکه مثلث‌هایی در کل حوضه ایجاد شود، سپس خطوطی عمود بر میانه هر ضلع کشیده می‌شود، پلی‌گون‌های جدید ایجاد شده همان پلی‌گون‌های تایسن می‌باشند. در نهایت با معلوم بودن مساحت کل و مساحت هر پلی‌گون، طبق رابطه (۱) می‌توان متوسط بارندگی حوضه را محاسبه کرد.

$$R = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n a_i r_i \quad (1)$$

که در آن r_i میزان بارندگی در هر ایستگاه، n تعداد ایستگاه‌ها، A مساحت کل حوزه، a_i مساحت هر پلی‌گون و R متوسط ارتفاع بارندگی در حوزه می‌باشد (Sen, 2015).

پلی‌گون‌های تایسن برای حوزه رودخانه لتیان توسط نرم‌افزار GIS طبق شکل (۲) رسم و مساحت هر کدام تعیین شده است. با جایگزینی مقادیر بارندگی مربوط به دوازده ایستگاه موجود در محدوده و مساحت پلی‌گون‌های تایسن مربوط به آن‌ها که در جدول ۲ آمده است، میزان متوسط بارندگی حوزه برابر با ۷۰۳/۲ میلی‌متر محاسبه می‌شود:

$$R = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n a_i r_i \rightarrow \frac{499992.3}{711.06} = 703.2 \text{ mm}$$



شکل ۲- نقشه پلی‌گون‌های تایسن برای منطقه مورد مطالعه.

جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌ها و پلی‌گون‌های تیسن مربوط به آن‌ها.

نام ایستگاه	شماره پلی‌گون تیسن	بارندگی سالانه (۲)	مساحت پلی‌گون (a) km ²
آهار	۴۱-۲۷۰	۶۳۰	۸۸/۷۲
شمشک	۴۱-۲۴۲	۸۴۰/۵	۹۵/۵۸
فشم	۴۱-۲۹۱	۸۷۳/۵	۶۳/۱۵
کلوکان	۴۱-۱۱۵	۸۰۹/۵	۳۷/۲۴
رودک	۴۱-۱۱۷	۷۱۶/۵	۳۹/۴۲
امامه	۴۱-۷۷۲	۷۲۴	۶۷/۱۰
کند سفلی	۴۱-۲۱۱	۵۲۴	۴۲/۲۵
ناران	۴۱-۲۸۰	۶۱۸/۵	۴۱/۹۷
لتیان	۴۱-۱۱۹	۴۹۰/۸	۷۱/۶۴
افجه	۴۱-۷۷۴	۸۱۰	۳۲/۵۷
برگ جهان	۴۱-۹۲۱	۸۳۷	۴۰/۴۷
لواسان بزرگ	۴۱-۲۸۲	۶۳۹	۹۰/۹۴
مجموع			۷۱۱/۰۶

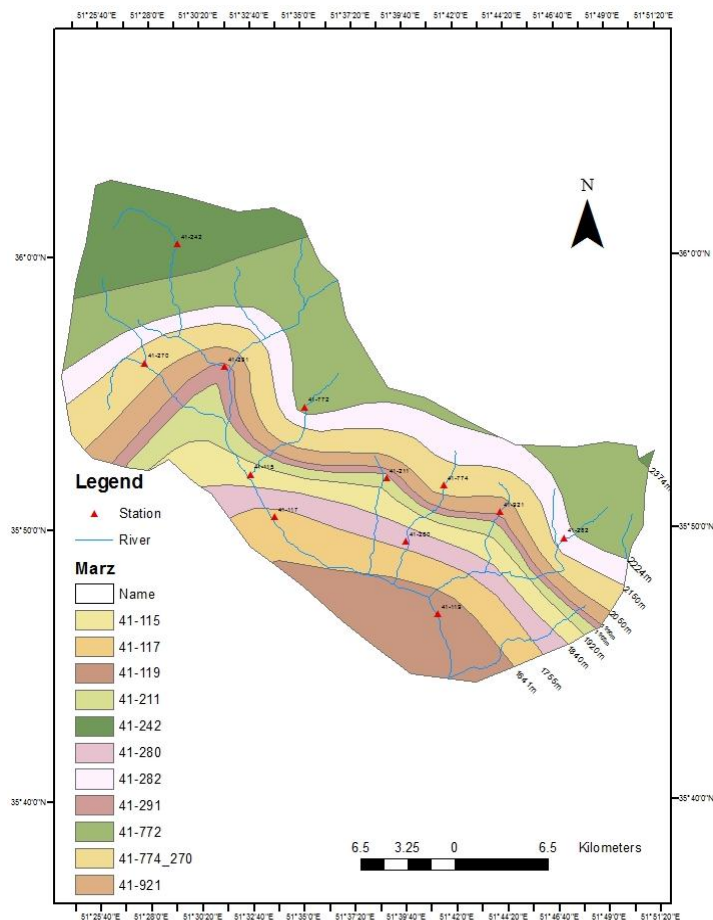
روش هیپسومتری:

اساس این روش نیز وزن‌دهی به هر ایستگاه باران‌سنجی است. در این روش ابتدا منحنی‌های هم‌ارتفاع برای منطقه رسم و ناحیه بین هر دو خط تراز ارتفاعی به عنوان یک پلی‌گون در نظر گرفته شده و مساحت آن تعیین می‌شود. در نهایت طبق رابطه (۲) متوسط بارندگی حوضه بدست می‌آید.

$$R = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n a_i r_i \quad (2)$$

که در آن r_i میزان بارندگی در هر ایستگاه، n تعداد ایستگاه‌ها، A مساحت کل حوضه، a_i مساحت هر پلی‌گون و R متوسط ارتفاع بارندگی در حوضه می‌باشد (Davie, 2008). منحنی‌های هم‌ارتفاع برای حوضه رودخانه لتیان توسط نرم‌افزار GIS طبق شکل ۳ رسم و مساحت بین هر دو منحنی تراز تعیین شده است. از میان ایستگاه‌های ۴۱-۲۷۰ و ۴۱-۷۷۴ به دلیل اینکه دارای ارتفاع مشابه بودند، فقط یک ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت و ایستگاه شماره ۴۱-۷۷۴ حذف شده و یک بارندگی به عنوان بارندگی میانگین برای این دو ایستگاه در محاسبات وارد شد. در نتیجه با جایگزینی مقادیر بارندگی مربوط به یازده ایستگاه موجود در محدوده (جدول ۳)، میزان متوسط بارندگی حوضه برابر با ۷۰۷/۳ میلی‌متر محاسبه شده است:

$$R = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n a_i r_i \rightarrow \frac{502951}{711.06} = 707.3 \text{ mm}$$



شکل ۳- نقشه هیپسومتری رسم شده برای منطقه مورد مطالعه.

جدول ۳- مشخصات ایستگاه‌ها و پلی‌گون‌های هیپسومتری مربوط به آن‌ها.

شماره پلی‌گون	بارندگی سالانه (r)	مساحت پلی‌گون (a) km ²
۴۱-۲۷۰	۷۲۰	۸۹/۳۶
۴۱-۲۴۲	۸۴۰/۵	۷۳/۰۵
۴۱-۲۹۱	۸۷۳/۵	۲۶/۴۴
۴۱-۱۱۵	۸۰۹/۵	۴۶/۳۸
۴۱-۱۱۷	۷۱۶/۵	۵۴/۸۲
۴۱-۷۷۲	۷۲۴	۱۴۷/۳۹
۴۱-۲۱۱	۵۲۴	۳۹/۷۹
۴۱-۲۸۰	۶۱۸/۵	۴۰/۳۱
۴۱-۱۱۹	۴۹۰/۸	۶۲/۳۰
۴۱-۹۲۱	۸۳۷	۵۲/۴۷
۴۱-۲۸۲	۶۳۹	۷۸/۷۳
		۷۱۱/۰۶

روش منحنی‌های هم‌باران:

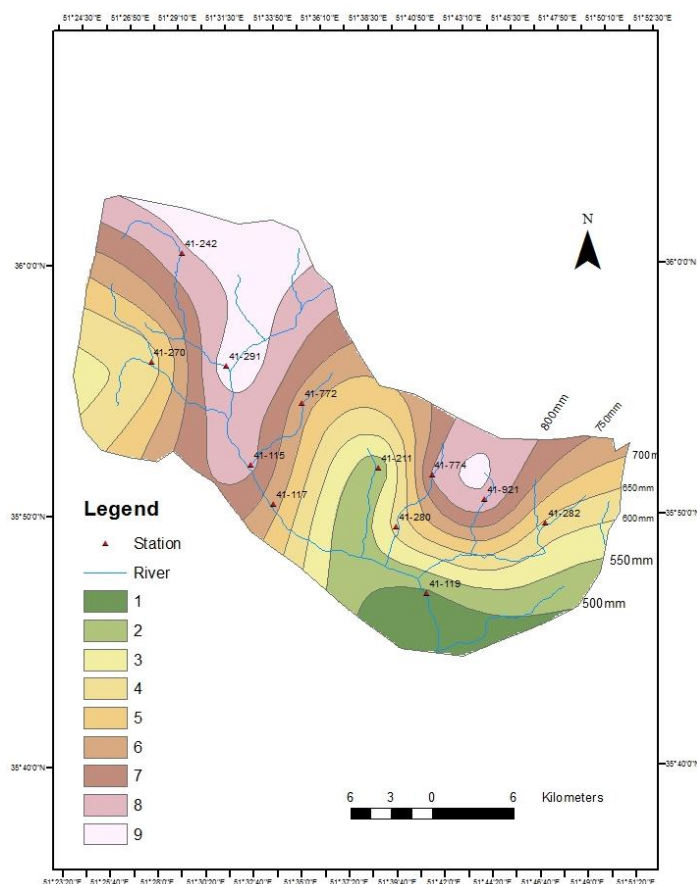
اساس این روش نیز وزن‌دهی به هر ایستگاه باران‌سنجی است. در این روش ابتدا منحنی‌های هم‌باران برای منطقه رسم و ناحیه بین هر دو خط تراز به عنوان یک پلی‌گون در نظر گرفته شده و مساحت آن تعیین می‌شود. در نهایت طبق رابطه (۳) متوسط بارندگی حوضه بدست می‌آید.

$$R = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n a_i r_i \quad (3)$$

که در آن r_i میزان بارندگی در هر ایستگاه، n تعداد ایستگاه‌ها، A مساحت کل حوضه، a_i مساحت هر پلی‌گون و R متوسط ارتفاع بارندگی در حوضه می‌باشد (Davie, 2008).

منحنی‌های هم‌باران برای حوضه رودخانه لتیان توسط نرم‌افزار GIS طبق شکل ۴ رسم شد. فاصله بین هر دو منحنی تراز، ۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده و مساحت پلی‌گون‌های ایجاد شده طبق جدول ۴ محاسبه شد. در نتیجه با جایگزینی مقادیر بارندگی مربوط به پلی‌گون‌ها و مساحت آن‌ها، میزان متوسط بارندگی حوضه برابر با ۶۹۶/۴ میلی‌متر محاسبه شده است:

$$R = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n a_i r_i \rightarrow \frac{495211.8}{711.6} = 696.4 \text{ mm}$$



شکل ۴- نقشه منحنی‌های هم‌باران رسم شده برای منطقه مورد مطالعه.

جدول ۴- مشخصات پلی‌گون‌های هم‌باران.

شماره پلی‌گون	مساحت پلی‌گون (a) km ²	بارندگی سالانه (r)
۱	۴۱/۱۵	۴۶۹/۵
۲	۶۶/۳۵	۵۲۵
۳	۶۵/۹۷	۵۷۵
۴	۹۰/۰۵	۶۲۵
۵	۸۵/۶۸	۶۷۵
۶	۸۴/۳۴	۷۲۵
۷	۸۸/۰۲	۷۷۵
۸	۱۱۵/۹۳	۸۲۵
۹	۷۳/۵۷	۸۷۰
مجموع	۷۱۱/۰۶	

نتیجه‌گیری:

طبق محاسبات انجام شده مقدار بارندگی میانگین در منطقه مورد مطالعه به روش‌های پلی‌گون تایسن، هیپسومتری و نقشه-های هم‌باران، به ترتیب ۷۰۳/۲، ۷۰۷/۳ و ۶۹۶/۴ میلی‌متر بدست آمد. روش منحنی‌های هم‌باران یک میانگین وزنی از بارندگی را در اختیار می‌گذارد و تمام پارامترهای دخیل در بارندگی را لحاظ می‌کند، تجربه نیز نشان داده است که در مقابل روش‌های میانگین‌گیری اعدادی نزدیک‌تر به واقعیت ارائه می‌دهد. در بین روش‌های وزن‌دهی، روش هیپسومتری فقط از پارامتر ارتفاع برای وزن‌دهی استفاده کرده و باز هم اختلاف قابل توجهی با روش هم‌باران دارد. مطالعات برای این محدوده نشان داد که روش پلی‌گون تیسن که بر اساس مساحت تحت تاثیر هر ایستگاه باران‌سنجی عملیات وزن‌دهی را انجام می‌دهد، کمترین اختلاف را با روش هم‌باران دارد.



References:

- Davie, T., 2008. "Fundamentals of Hydrology", Routledge, New York, USA.
Sen, Z., 2015. "Practical and Applied Hydrogeology", Amsterdam, New York, Elsevier.

پهنه‌بندی کیفی آب مخازن چاه‌نیمه استان سیستان و بلوچستان با استفاده از شاخص WQI



هاشم حسینی^۱، عطا شاکری^۲، محسن رضایی^۳ و مجید دشتی برمکی^۴

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی. Hashem.hosseini1919@gmail.com.

^۲دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی. Shakeri1353@gmail.com

^۳دانشیار بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز. mn.rezaei@gmail.com

^۴دانشجوی دکتری هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی. majiddashti24@yahoo.com



چکیده:

با افزایش جمعیت و توسعه در ایران، آب های سطحی مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و مخازن مقادیر زیادی از آلودگی‌های گوناگون با منشاءهای مختلف را دریافت می‌کنند. مخازن آب چاه‌نیمه مهم‌ترین منبع تامین کننده آب شرب و کشاورزی در استان سیستان و بلوچستان هستند. بارش، جغرافیای حوضه آبریز، اتمسفر، زمین شناسی، فعالیت‌های صنعتی، پساب و پسماند خانگی و رواناب‌های کشاورزی، عوامل موثر بر ترکیب فیزیکی، شیمیایی و زیستی آب مخازن چاه‌نیمه‌ها هستند. بنابراین هدف اصلی این مطالعه ارزیابی کیفیت آب چهار مخزن چاه‌نیمه در شهریورماه ۹۶ است. چاه‌نیمه‌ها که چهار مخزن آب را شامل می‌شوند، در شهرستان زهک واقع در استان سیستان و بلوچستان قرار دارند. نمونه برداری آب از ۳۱ ایستگاه بر اساس روش‌های استاندارد در شهریورماه ۱۳۹۶ صورت گرفت و پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل یون‌های اصلی، کلیفرم، BOD، هدایت الکتریکی، ذرات جامد محلول، اسیدینگی و نترات اندازه‌گیری شدند. جهت تعیین وضعیت کیفی آب چاه‌نیمه‌ها از شاخص کیفیت آب (WQI) به عنوان یک رتبه‌بندی منحصر بفرد و ارزشمند استفاده شد. نتایج پهنه‌بندی کیفی آب براساس شاخص WQI نشانگر کاهش کیفیت آب چاه‌نیمه‌ها به ترتیب ۳، ۲، ۱ و ۴ است همچنین نتایج آماری نشان دهنده همبستگی بالا میان یون‌های کلر، سولفات، نترات، کلسیم و سدیم با شاخص کیفیت آب بود. براساس تقسیم بندی WQI اکثر نمونه‌های آب در محدوده خوب تا ضعیف (چاه‌نیمه چهار) قرار گرفته‌اند. دانش بدست آمده از این مطالعه می‌تواند پایه‌ای برای پایش و مدیریت کیفیت آب چاه‌نیمه‌ها باشد.

کلید واژه ها: چاه‌نیمه، پارامترهای فیزیکوشیمیایی، پهنه بندی، شاخص کیفیت آب

Qualitative zoning of Chahnimeh water reservoirs of Sistan and baluchestan province used by WQI index

H. Hosseini¹, A. shakeri², M. Rezaei³ and M. Dashti Barmaki⁴

¹M.Sc. Student of Environmental geology, Faculty of Earth Sciences, University of Kharazmi

²Associate Professor of Environmental geology, Faculty of Earth Sciences, University of Kharazmi

³Associate Professor of Hydrogeology, Dept. of Earth Sciences, University of Shiraz

⁴PhD Student of Hydrogeology, Faculty of Earth Sciences, University of Kharazmi

Abstract: Chahnimeh water reservoirs are the most important sources for drinking water and irrigation purposes in Sistan and Baluchestan Province. Many factors such as precipitation, the geography of the watershed, atmosphere, geology, industrial activities, domestic solid waste and water and agricultural run-off are affected on the chemical, physical, and biological compositions of Chahnimeh water reservoirs. Therefore, the main goal of the present study is to evaluate the water quality of four Chahnimeh reservoirs. The study area, which consists of four reservoirs of water, is located in Zahak County of Sistan and Baluchestan province. 31 water samples were taken (in September 2017) based on the standard methods for measurement of most important physicochemical parameters including major anions, total coliform, BOD, EC, TDS, pH and nitrate. Eventually, Water quality index (WQI) was used as a valuable and unique rating method to illustrate the overall water quality status in Chahnimeh reservoirs. The WQI zoning results showed that the water quality varied from high to low in Chahnimeh 3, 2, 1, and 4, respectively. Also, the statistical results show a high correlation between chlorine, sulfate, nitrate, calcium and sodium ions with the water quality index. Based on the WQI classification majority of the samples are falling under good to poor (Chahnimeh4) water category. The knowledge derived from this study could provide the basis of the monitoring and water quality management for Chahnimeh reservoirs.

Keywords: Chahnimeh, Physicochemical Parameters, Zoning, Water quality index



مقدمه :

تعیین وضعیت کیفی منابع آب برای اتخاذ راهکارهای مناسب به منظور جلوگیری از کاهش کیفیت و یا بهبود آن ضروری است (1). شاخص‌های کیفی، روش‌هایی هستند که مقادیر ویژگی‌های کیفی آب را به یک عدد تبدیل می‌نمایند تا برای مدیریت و تحلیل کیفیت آب و همچنین پایش تغییرات کیفی آب در طول زمان و مکان مورد استفاده قرار گیرند (2). شاخص WQI (Water Quality Index) یکی از تکنیک‌هایی است که برای ارزیابی کیفی آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص معمولاً از مقدار پارامترهای عمومی آب شامل اکسیژن محلول، اسیدینگی، سختی، مواد جامد محلول، دما، کدورت، نترات، نیتريت و برخی یون‌های اصلی بدست می‌آید (3). برخی از مطالعات از این تکنیک آماری با بکارگیری نمره وزنی هر پارامتر آنالیز شده، برای ارزیابی شاخص کیفیت آب استفاده می‌کنند (4, 5). WQI برای تعیین یک رده بندی آسان کیفیت آب در نسبت مقیاس اعداد کمتر از ۵۰ تا بیشتر از ۳۰۰ در نظر گرفته می‌شود که مقادیر بالا نشان‌دهنده

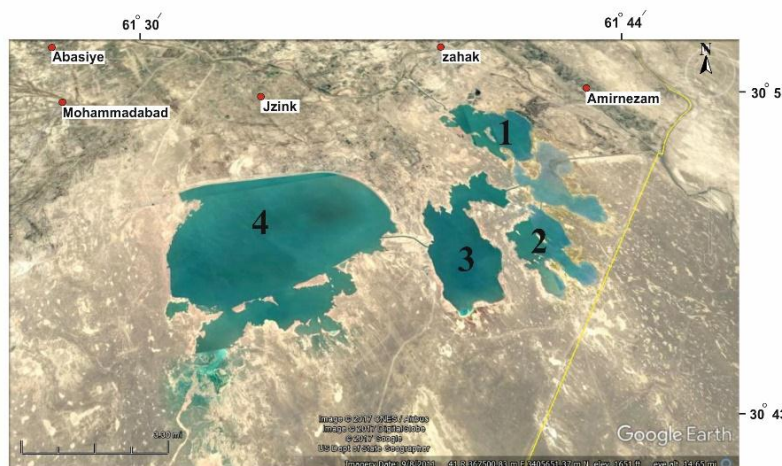
کیفیت پایین تر و مقادیر کمتر نشان دهنده کیفیت بالاتر آب است. این روش به تفسیر کیفیت آب در مقادیر عددی کمک می کند (6, 7, 8, 9).

در کشور ایران بدلیل کمبود بارش، تأمین آب شرب در برخی قسمت‌ها از منابع آب سطحی بویژه مخازن سدها صورت می گیرد. در استان سیستان و بلوچستان آب شرب شهرهای زاهدان، زابل، زهک و روستاهای مسیر از چاه‌نیمه‌ها تأمین می گردد. مخازن فعلی چاه‌نیمه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ در مجموع دارای ظرفیتی معادل ۱۵۳۰ میلیون متر مکعب می باشند (۱۰) که در محدوده شمال شرقی استان سیستان و بلوچستان قرار دارند. در این تحقیق شاخص WQI که دربردارنده ۱۳ پارامتر pH، TDS، TH، Ca، Mg، Na، K، HCO_3 ، Cl، SO_4 ، Coliform، BOD و NO_3 است، برای تحلیل کیفیت آب چاه‌نیمه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است که نتایج دقیق‌تری را نسبت به مطالعات پیشین ارائه خواهد نمود. بطور کلی هدف اصلی این تحقیق ارزیابی و پهنه‌بندی کیفی آب چاه‌نیمه‌ها است.



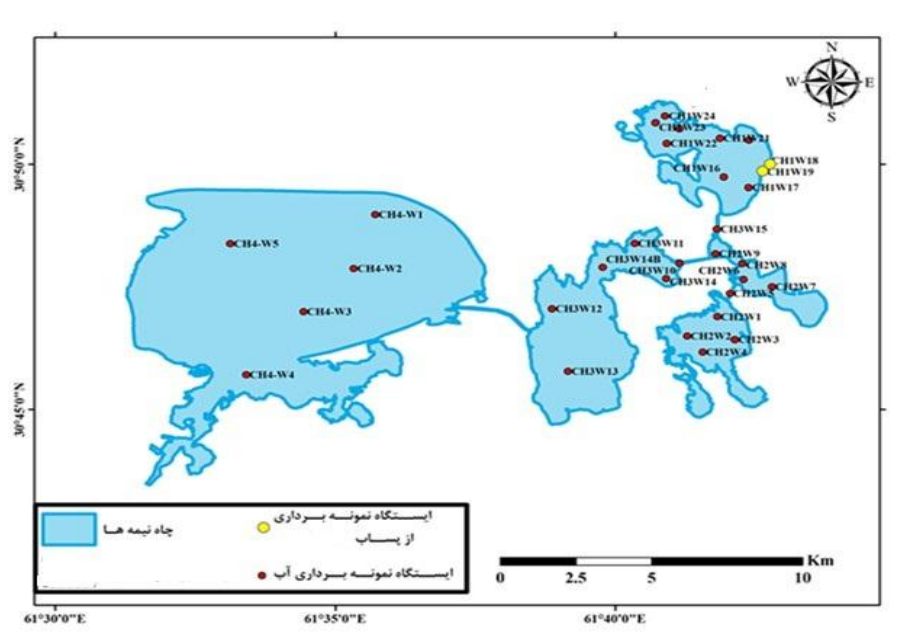
روش تحقیق:

منطقه مورد مطالعه در محدوده استان سیستان و بلوچستان و کشور افغانستان بین مدار ۳۰ درجه، ۴۴ دقیقه و ۳۰ درجه، ۵۱ دقیقه و نصف النهارهای ۶۱ درجه، ۳۱ دقیقه و ۶۱ درجه، ۴۳ دقیقه قرار گرفته است (شکل ۱). مخازن چاه‌نیمه در ۳۵ کیلومتری زابل و در شهرستان زهک واقع شده است. این منطقه از شمال، مشرق و جنوب به دشت‌های پست و هموار و شن‌زارهای پهناور منتهی می گردد. میانگین سالانه دما و بارش در منطقه مطالعاتی به ترتیب ۲۲/۹ درجه سانتیگراد و ۴۶/۱ میلیمتر است (۱۱). منبع آب سطحی دشت سیستان منحصر به رودخانه هیرمند (سیستان) است که عمده حوضه آبریز آن با مساحتی بالغ بر ۲۷۰۰۰۰ کیلومتر مربع در خاک کشور افغانستان قرار دارد (۱۲). رسوبات منطقه از جنس ماسه، سیلت و رس تشکیل شده است. تنها منبع تأمین آب سیستان، رواناب سطحی رودخانه هیرمند می باشد. درواقع خشکسالی و ترسالی این منطقه به نوسانات این رود بستگی دارد (۱۳).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مخازن چاه‌نیمه

در این تحقیق نمونه‌برداری از ۳۱ ایستگاه از آب مخازن چاه‌نیمه‌ها به روش استاندارد در شهریورماه ۹۶ صورت گرفت (شکل ۱). قبل از نمونه‌برداری، ظروف پلی‌اتیلن با استفاده از روش اسیدشویی استریل و سه بار نیز با آب مورد نظر شستشو داده شد. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب مانند pH، EC، TDS و دما در محل نمونه‌برداری و با استفاده از دستگاه قابل حمل HACK با دقت ۰/۰۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر برای EC و ۰/۰۱ برای pH اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت کاتیون‌های اصلی ابتدا نمونه‌های آب فیلتر شده (۰/۴۵ میکرون) و با اسید نیتریک pH آن‌ها به زیر ۲ آورده شد سپس برای آنالیز به روش ICP-MS به آزمایشگاه زرآرما ارسال شد. آنیون‌های اصلی آب همراه با نترات، کلیفرم و BOD به آزمایشگاه هامون آزمای شرق زاهدان ارسال شد. تمام نمونه‌ها از زمان نمونه‌برداری تا آزمایشگاه، با استفاده از یخ ژله‌ای در دمای زیر ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری

در این شاخص پارامترهای pH، TH، TDS، Ca، Mg، Na، K، HCO₃، Cl، SO₄، Coliform، BOD و NO₃ مورد استفاده قرار گرفت. محاسبات WQI سه مرحله پی در پی را شامل می شود (14): گام اول "وزن دهی" است که برای هر پارامتر با توجه به اهمیت نسبی آن یک وزن خاص اختصاص داده شده است (جدول ۱). گام دوم که "محاسبه وزن نسبی" است با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می شود:

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این معادله w_i وزن هر پارامتر و n تعداد پارامترها است.

جدول ۱- وزن نسبی پارامترهای فیزیکو شیمیایی (استاندارد WHO, 2011) (15)

نسبت وزنی	وزن	استاندارد WHO	پارامترهای شیمیایی (mg/l)
0.098	4	6.5-8.5	pH
0.073	3	500	Hardness
0.122	5	1500	TDS
0.049	2	200	Ca
0.024	1	150	Mg
0.049	2	12	K
0.049	2	50	Na
0.073	3	120	HCO ₃
0.073	3	250	Cl
0.098	4	250	SO ₄
0.098	4	10	NO ₃
0.073	3	5	BOD
0.122	5	0	Coliform
1	41	*	Total

- گام سوم "محاسبه مقیاس نرخ کیفیت" است. این مقیاس (q_i) با تقسیم غلظت هر پارامتر در هر نمونه آب بر مقدار استاندارد آن پارامتر محاسبه می‌شود (رابطه ۲).

$$q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن C_i غلظت و S_i استاندارد هر پارامتر شیمیایی در نمونه آب برحسب mg/l است. سپس، برای برآورد SI، WQI (زیرشاخصی از پارامتر n) برای هر پارامتر شیمیایی با روابط (۳) و (۴) تعیین می‌شود:

$$SI_i = W_i \times q_i \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$WQI = \sum SI_i \quad \text{رابطه (۴)}$$

مقدار WQI بدست آمده، مطابق جدول ۲ برای تعیین رده‌بندی کیفیت آب طبقه‌بندی می‌شود.

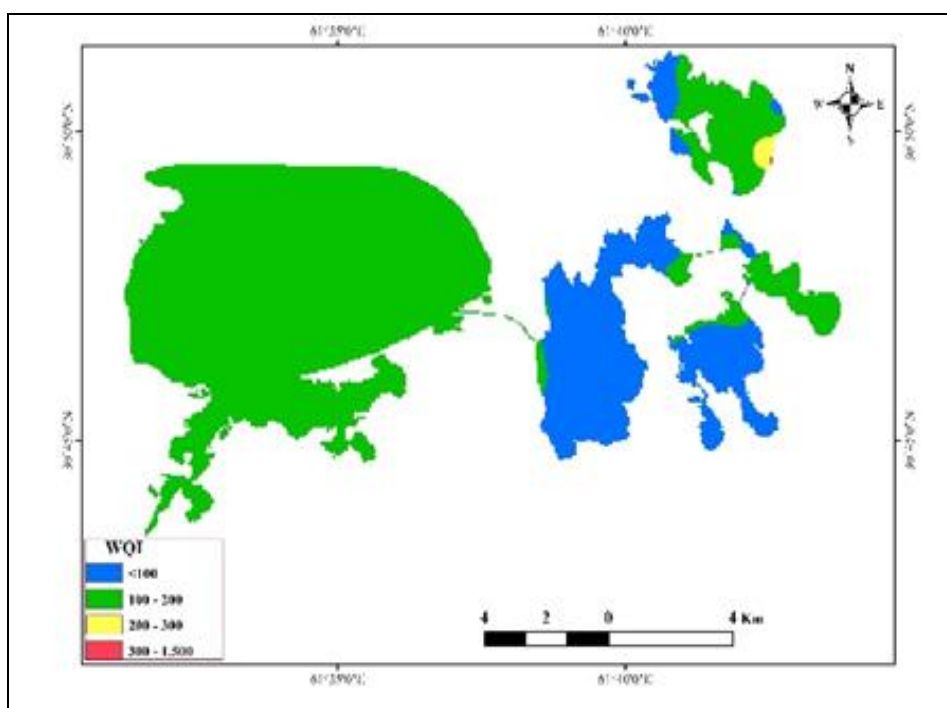
جدول ۲- طبقه‌بندی آب آشامیدنی بر اساس شاخص کیفیت آب (16).

نوع آب	محدوده مقادیر
کیفیت بسیار خوب	$50 >$
کیفیت خوب	50 - 100
کیفیت ضعیف	100 - 200
کیفیت بسیار ضعیف	200 - 300
نامناسب برای آشامیدن	$300 <$

شاخص کیفی آب (WQI):

شاخص کیفی آب براساس WQI برای چاه‌نیمه‌ها محاسبه شد که نتایج آن به صورت نقشه پهنه‌بندی کیفی در شکل ۵ ارائه شده است. براساس رده‌بندی‌های کیفی صورت گرفته، چاه‌نیمه ۴ کیفیت پایین‌تری نسبت به دیگر چاه‌نیمه‌ها دارد. تأثیر یون سولفات و همچنین افزایش میزان مواد جامد محلول بعثت کاهش عمق و تبخیر بالا از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت آب در این چاه‌نیمه است. چاه‌نیمه ۳ نسبت به سایر چاه‌نیمه‌ها از کیفیت بالاتری برخوردار است. در چاه‌نیمه ۱ پساب خروجی از کاربری‌های واقع در شرق این چاه‌نیمه باعث کاهش کیفیت آب شده است. تحلیل نتایج کیفی (شکل ۵) نشان می‌دهد که عواملی همچون عدم تغذیه دائمی چاه‌نیمه‌ها و کاهش سطح آب بدلیل تبخیر همراه با عدم رعایت مدیریت پسماند و

پس آب در حاشیه چاه نیمه ها می تواند بر کیفیت آب این مخازن تاثیر گذار باشد. براساس نتایج WQI در این دوره نمونه برداری، ۴۸/۴ درصد از نمونه ها در رده خوب، ۴۵/۱ درصد در رده ضعیف و ۶/۴۵ درصد از نمونه ها در رده غیر قابل آشامیدن قرار داشتند که مستلزم ورود آب از رودخانه هیرمند، جلوگیری از تداوم ورود آلاینده های نقطه ای و مدیریت فعالیت های انسانی در حاشیه چاه نیمه ها است.



شکل ۵- پهنه بندی کیفیت مخازن آب چاه نیمه ها

تحلیل آماری:

در جدول ۳ ضریب همبستگی پارامترهای انتخابی (۱۳ مورد) و WQI برای دو دوره نمونه برداری ارائه شده است. بررسی نتایج برای ایستگاه های نمونه برداری نشان داد که بین کلسیم، سولفات و کلر همبستگی بالایی وجود دارد همچنین نترات، کلر و سولفات با WQI همبستگی مثبت بالایی دارند.

جدول ۳- همبستگی پارامترهای مختلف آب با شاخص کیفیت آب

Parameter	pH	TDS	TH	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	Ca	Mg	Na	K	colif	BOD	WQI
pH	1													
TDS	-0.31	1												
TH	0.08	0.71	1											
HCO ₃	0.16	-0.15	-0.09	1										
Cl	0.08	0.49	0.86	-0.41	1									
SO ₄	-0.12	0.77	0.90	-0.40	0.93	1								
NO ₃	0.02	0.47	0.76	-0.49	0.96	0.90	1							
Ca	-0.11	0.71	0.91	-0.37	0.95	0.98	0.91	1						
Mg	0.25	0.64	0.94	0.15	0.69	0.72	0.55	0.74	1					
Na	-0.02	0.63	0.90	-0.40	0.98	0.98	0.95	0.99	0.72	1				
K	0.28	0.55	0.96	0.04	0.78	0.75	0.65	0.78	0.98	0.78	1			
colif	0.04	-0.20	-0.23	-0.07	-0.15	-0.16	-0.09	-0.16	-0.27	-0.15	-0.25	1		
BOD	0.06	0.44	0.81	-0.36	0.94	0.86	0.88	0.87	0.67	0.91	0.76	-0.09	1	
WQI	-0.03	0.65	0.89	-0.41	0.97	0.98	0.94	0.98	0.71	0.99	0.77	-0.03	0.91	1

◆◆◆◆◆◆◆◆

نتیجه گیری:

مقایسه نتایج پهنه‌بندی شاخص کیفیت آب (WQI) حاکی از کیفیت خوب تا ضعیف در این مخازن است همچنین کاهش سطح آب بدلیل عدم ورود جریان آب به چاه‌نیمه‌ها، تبخیر بالای منطقه و تداوم ورود آلاینده‌های انسانی عوامل مهم اثرگذار بر کیفیت آب این مخازن است. نتایج پهنه‌بندی کیفی آب نشان دهنده کاهش کیفیت آب چاه‌نیمه‌ها به ترتیب ۳، ۲، ۱ و ۴ است. براساس تقسیم بندی WQI اکثر نمونه‌های آب در محدوده خوب تا ضعیف (چاه‌نیمه چهار) قرار گرفته‌اند. تحلیل های آماری نشان‌دهنده همبستگی بالا میان یون‌های کلر، سولفات، نیترات، کلسیم و سدیم با شاخص کیفیت آب بود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود شبکه پایش کیفی چاه‌نیمه‌ها طراحی و نمونه برداری به منظور تعیین تغییرات کفیت آب و فاکتورهای تاثیرگذار بر آن در درازمدت صورت گیرد.

◆◆◆◆◆◆◆◆

منابع فارسی :

- 12- میردار هریجانی جواد، ارزیابی فیزیکوشیمیایی پارامترهای آب چاه نیمه و پرورش ماهی، ۱۳۸۶، پروژه تحقیقاتی دانشگاه زابل، ص ۱۱۵.
- 13- لکزائیان پور غلامحسین، طباطبایی سیدمحمود، خندان بارانی محمد امین و نخعی رامین، ارزیابی کمی و کیفی منابع آب چاه نیمه، ۱۳۹۴، کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب. تهران.



References:

- 1- Fernandez, N., Ramirez, A. and Solano, F.2015. Physico-chemical water quality indices - a comparative review. Revista Bistua J. ISSN 0120-4211.
- 2- Carbajal-Hernández, J.J., Sánchez-Fernández, L.P., Villa-Vargas, L.A., Jesús, A., Carrasco-
- 3- Lobato, TC., Hauser-Davis, R.A., Oliveira, T.F.2015. Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: a case study in the Amazon region. J Hydrol 522:674–683.
- 4- Haase, J., Krieger, J. A. H., Possoli, S.1989. Estudo da viabilidade do uso da técnica de análise fatorial como um instrumento na interpretação da qualidade da água da bacia do Guaíba, RS, Brasil. Ciência e Cultura J. v.41, n.6, p.576-582.
- 5- Toledo, LG and Nicolella G. 2002. Water Quality Index For Agricultural And Urban Watershed Use. Scientia Agricola J. vol.59 no.1.
- 6- Horton, R. K. 1965. An index number system for rating water quality. Water Pollution Control Federation J. 37: 300-305.
- 7- Brown, R.M., Mcclelland, N.I., Deininger, R.A. and Tozer, R.G. 1970. A water quality index. Water & Sewage Works J. vol. 117, p. 339-343.
- 8- DINIUS, SH., 1972. Social accounting system for evaluating water resources. Water Resources Research J, <http://dx.doi.org/10.1029/WR008i005p01159>.
- 9- Lohani BN and Todino N. 1984. Water quality index for Chao Praya River. J. Environ. Eng. ASCE 110(6):1163.
- 10- Vekerdi, Z., Dost, R., Reinink, G., and Partow, H. 2006. History of Environmental Change in the Sistan Basin Based on Satellite Image Analysis: 1976-2005, United Nations Environment Programme, Switzerland, 60p.
- 11- Sistan and Baluchestan Province Meteorological Administration. 2017. Meteorological data and hydrological statistics of Sistan and Baluchestan province.
- 14- Al-hadithi, M. 2012. Application of water quality index to assess suitability of groundwater quality for drinking purposes in Ratmao–Pathri Rao watershed Haridwar District, India Mufid. Am J Sci Ind ResJ. doi: 10.5251/ 3.6.395.402.
- 15- WHO, 2011. WHO Guidelines for Drinking-water Quality, fourth ed. World Health Organization.
- 16- Krishna kumar, S., Logeshkumaran, A., Magesh, N. S., Godson, P. S and Chandrasekar, N. 2015. Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India. Appl Water Sci J. 5:335–343.

بررسی آلودگی آبهای زیر زمینی و راهکارهای مدیریتی آن

شهرام ریاحی نیا

عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور

Sh_riahinia@yahoo.com

◆◆◆◆◆◆◆◆

چکیده:

زندگی موجودات کره زمین به منابع آب شیرین وابسته است. از جمله مهمترین منابع آب شیرین، آب های زیرزمینی می باشد. بشر جهت دسترسی به لایه های آبدار زیرین؛ با استفاده از روشهای مختلف حفاری توانسته به این منابع دسترسی پیدا کند. با عنایت به اهمیت آب در تداوم حیات موجودات زنده، جلوگیری از آلوده شدن آب ها نیز به همان میزان دارای اهمیت می باشد. آلودگی آب عبارتست از افزایش در میزان مواد شیمیایی، فیزیکی یا بیولوژیکی که سبب تغییر خواص آب شوند. آب های زیر زمینی ممکن است از طریق فرایندهای طبیعی مانند شستشوی خاک و یا از طریق فعالیتهای انسانی مانند دفع فاضلاب ها، فعالیتهای صنعتی و کشاورزی دچار آلودگی شوند. لذا جهت جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی روشهای متعددی وجود دارد از جمله به پاکسازی بیولوژیک ابهای آلوده به هیدروکربن های نفتی، استفاده از نانو ذرات آهن، روشهای تصفیه و هوادهی می توان اشاره کرد. در این مقاله سعی بر این است تا عوامل آلاینده ی منابع آب های زیرزمینی مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان در کنار آن روشهای مختلف مدیریت جهت کاهش آلودگی آب های زیرزمینی مورد بررسی قرار گیرد.

کلید واژه ها:

آب های زیرزمینی، منابع آلاینده

Investigating the pollution of groundwater and its management solutions

Shahram Riahina

Abstract:

The life of creatures of the earth is dependent on fresh water resources. One of the most important sources of fresh water is groundwater. Man has access to these sources through the use of various drilling methods to access the submerged layers. Due to the importance of water for the survival of living organisms, preventing water contamination is equally important. Water pollution is an increase in the amount of chemicals, physical or biological, which can change the properties of water. Groundwater may be

contaminated by natural processes such as soil discharges or through human activities such as waste disposal, industrial and agricultural activities. Therefore, there are several methods for preventing pollution of groundwater, including the biological purification of water contaminated with hydrocarbons, the use of iron nanoparticles, and the methods of purification and aeration. In this article, we try to investigate the polluting factors of groundwater resources in order to explore different management methods to reduce groundwater pollution.

Keywords : Groundwater, pollutants

مقدمه :

آبهای زیرزمینی آن قسمت از آب زیر سطح زمین است که در لایه های آبدار و اشباع تجمع یافته اند. این آبها به طور طبیعی از طریق چشمه ها یا منافذ تراوشی در سطح زمین جریان می یابند یا توسط چاه ها و قنات ها استخراج می شوند. آبهای زیرزمینی ممکن است از طریق منابع مختلفی آلوده گردند. صنایع یکی از منابع آلاینده می باشد که آلودگی و پسماندهای ناشی از آنها سهم بزرگی در ایجاد بحرانهای زیست محیطی ایفا می کند. به دلیل حرکت کند آبهای زیرزمینی؛ پس از شروع آلودگی، بایستی سالهای زیادی بگذرد تا آب تحت تاثیر قرار گرفته و آلودگی در چاهی ظاهر گردد. از بین بردن آلودگی یک آبخوان، زمان بر و دشوار می باشد. بنابراین برای اینکه یک لایه ی آبدار آلوده، پس از حذف منابع آلودگی به حالت اول برگردد؛ سالهای زیادی به طول می انجامد. بنابراین می توان گفت که شناسایی، مطالعه و مدیریت آبهای زیرزمینی دارای اهمیت زیادی است به دلیل اینکه کیفیت آبهای زیرزمینی بر سلامت جامعه تاثیر گذار می باشد. لذا بایستی منابع آلاینده به طور اصولی کنترل شوند تا سبب اثرات سوء بر محیط زیست خصوصاً منابع آب زیرزمینی نشوند.

منابع آلاینده ی آبهای زیرزمینی:

متأسفانه به دلیل غیر قابل رویت بودن آبهای زیرزمینی، بسیاری از مردم در مورد اهمیت آن ها و آثار زیانبار آلودگی محیط بر آن ها آگاهی کافی ندارند. فاضلاب های خانگی و صنعتی، رواناب های شهری، آب های شور، معدن کاری، ترکیبات شیمیایی تولید شده به وسیله ی کارخانه ها و ذخیره سازی و حمل آن ها و دفن غیر بهداشتی و غیر اصولی مواد زاید جامد از مهم ترین عوامل آلاینده ی آب های زیر زمینی محسوب می شوند (حسن زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

زباله های شهری و صنعتی:

در اثر نفوذ آب های سطحی به پسماندها و زباله های شهری، شیرابه آلوده ای که حاوی انواع عناصر سمی است، تولید می شود. در اثر نفوذ این شیرابه ها به درون خاک، میتوانند تهدید بزرگی برای آبهای زیرزمینی محسوب شوند. این شیرابه ها حاوی انواع ترکیبات آلاینده از جمله فلزات سنگین می باشند. برخی از این ترکیبات مانند کرم، سیانید و آرسنیک ممکن است در غلظت هایی یافت شوند که آبهای زیرزمینی را برای مصارف آشامیدن و آبیاری نامطلوب نماید.

نیتрат ها:

نیترات ها و نیتريت ها از جمله مهم ترین آلاینده های منابع آب های سطحی و زیرزمینی می باشند، که اثرات نامطلوبی بر سلامت مصرف کنندگان دارند. منشاء نیترات در آب زیرزمینی به طور عمده از مواد معدنی و آلی شامل انواع کودهای شیمیایی و آلی مانند فضولات انسانی و حیوانی و مواد آلی موجود در خاک می باشد. با عنایت به اینکه استفاده از انواع کودهای شیمیایی خصوصا کودهای ازته در کشاورزی رایج بوده و اکثرا استفاده از این کودهای شیمیایی توسط کشاورزان به صورت غیرعلمی و غیر اصولی و بدون در نظر گرفتن نیاز کودی زمین انجام می شود؛ لذا این امر به نوبه خود سبب آلودگی خاک و منابع آب های سطحی و زیر زمینی خواهد شد.

هیدروکربن های نفتی:

معضلات زیست محیطی گوناگونی در نتیجه توسعه بی رویه شهرها ایجاد شده است. یکی از موارد مهم آن وجود تاسیسات نفتی در حوزه ی آبخوان ها، تراوشات نفتی و عدم رعایت معیارهای زیست محیطی از سوی برخی شرکت های نفتی می باشد. مواد نفتی به دلیل دارا بودن ترکیبات آلی، فلزات سنگین و سولفید گوگرد در صورت نفوذ به آب های زیرزمینی؛ استفاده از این منابع را غیر ممکن یا مشکل می سازد. آلاینده های نفتی به دلیل مقاومت زیاد در برابر زوال طبیعی، حلالیت کم در آب و روند انتشار نامشخص در محیط و مخاطرات زیست محیطی بسیار، بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرند (ناصری و همکاران، ۱۳۹۰). میزان نفوذ این آلاینده ها به ویژگی خاک و نیز ماهیت و کمیت آن ها بستگی دارد. نفوذ به داخل خاک تا ورود کامل آلاینده ها یا برخورد به لایه غیر قابل نفوذ ادامه خواهد داشت. در این صورت، آلاینده ها دارای حرکت افقی بین سطوح

شده و به تبع آن گستردگی آنها افزون خواهد شد. پس از رسیدن آلاینده های نفتی به آب های زیرزمینی، جریان آب زیر زمینی روند گسترش آن ها را تشدید خواهد کرد.

زباله های رادیواکتیو:

به طور کلی در فرایند تولید انرژی هسته ای مقادیر قابل توجهی زباله رادیواکتیو حاصل می شود. علاوه بر آن می توان به مواد زاید جامد تولید شده در صنایع، تحقیق و توسعه در دانشگاه ها، آزمایشگاه های ملی و بیمارستان ها (جایی که مواد رادیواکتیو برای تشخیص و درمان های متعدد استفاده می شود) اشاره کرد (شهبازی و مهرجو، ۱۳۹۲). این آلاینده ها می توانند منجر به آسیب های پوستی به انسان و حیوانات شده و دوز بالای این آلاینده ها می تواند سبب مشکلات مختلف ذهنی و تناسلی، تاخیر و کند شدن رشد، ایجاد سرطان و در نهایت منجر به مرگ گردد. لذا با توجه به اهمیت موضوع بایستی پایش مداوم در نواحی دفع زایدات رادیواکتیو شامل نمونه برداری هوا، خاک و آب های زیرزمینی انجام گردد.

برخی از راه های مقابله با آلودگی آب های زیرزمینی:

جلوگیری از گسترش شیرابه به آب های زیرزمینی:

با عنایت به جریان کند آب های زیرزمینی، قدرت خودپالایی آن ها خیلی کمتر از آب های سطحی میباشد لذا مکان دفن زباله بایستی با دقت زیادی انتخاب گردد. به عنوان مثال دفن زباله ها در مناطق خشک یا نیمه خشک به دلیل پایین بودن سطح آب های زیرزمینی شرایط نسبتاً ایمنی را فراهم می آورد. بایستی به این نکته توجه کرد که دفن زباله در مناطق مرطوب به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی، حتی در صورت وجود خاک با نفوذپذیری پایین، در نهایت شیرابه ها در محل دفن زباله ها تجمع یافته و در اثر فیلتراسیون طبیعی و تبادل یونی به آب های زیرزمینی نفوذ خواهد کرد.

پاکسازی بیولوژیک آب های زیر زمینی:

روش های تصفیه بیولوژیک از جمله ابزارهای مناسب جهت پاکسازی محیط خصوصاً در زمینه ی آلاینده های نفتی میباشد. جهت انجام تصفیه بیولوژیک مناسب و کارآمد؛ وجود شرایط محیطی مناسب، میکروب های مناسب و اکسیژن و مواد غذایی مورد نیاز در محل آلودگی ضروری می باشد.

این فرایند در تصفیه ی لایه های زیرزمین آلوده به ترکیبات آلی نظیر رفنول های هالوژنه، آروماتیک های غیر هالوژنه، هیدروکربن های پلی آروماتیک و ترکیبات آلی بسیار موثر است (شهبازی و مهرجو، ۱۳۹۲).

نتیجه گیری :

آب های زیرزمینی از جمله منابع مهم در زمینه تامین آب کشاورزی و شهری به حساب می آید که به سبب کند بودن حرکت آن ها، اگر آلوده گردند ممکن است سال ها طول بکشد تا آلودگی در سطح لایه آبدار ظاهر گردد و مدت زمان زیادی نیز در جهت حذف منابع آلاینده لازم است.

با عنایت به این که غلظت نترات در مناطقی که کوددهی بیش از حد استاندارد انجام می شود در آبهای زیرزمینی بیش از حد مجاز است؛ لذا با توجه به روند افزایشی مصرف ترکیبات نیتروژن دار در بخش کشاورزی و صنعت، موجبات افزایش نگرانی در زمینه بروز مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی را فراهم نموده است.

در سالهای اخیر در بسیاری از مناطق شهری به دلیل استفاده روز افزون از مواد شیمیایی محلول و همچنین نشت فاضلابهای خانگی و صنعتی به داخل سفره های آب زیرزمینی، کیفیت آبهای زیرزمینی به شدت کاهش یافته است لذا لازم است در این زمینه تمهیداتی در نظر گرفته شود. از جمله روش های مناسب کاهش آلودگی آب های زیرزمینی؛ استفاده از فناوری نانو می باشد که علاوه بر داشتن کارایی بالا، هزینه تامین آب آشامیدنی را کاهش داده است. پاکسازی بیولوژیک نیز یک روش ساده و کم هزینه می باشد که جهت موفقیت در این روش، لایه های آبدار می بایستی نفوذ پذیر با شیب ملایم بوده و نشت آلاینده از یک منبع مشخص باشد. همچنین در فرآیند مدیریت زائدات رادیواکتیو شامل جمع آوری، ذخیره، پردازش، بسته بندی و دفع آنها بوسیله سازمان بهداشت مد نظر قرار گیرند.

منابع فارسی :

- حسن زاده، ر.، عباس نژاد، ا.، حمزه، م.، (۱۳۸۹)، "ارزیابی آلودگی آبهای زیر زمینی محدوده شهر کرمان"، محیط شناسی، ۵۶ (۱۱۰-۱۰۱)
- ناصری، ح.، مدبری، س.، فلسفی، ف.، (۱۳۹۰)، "آلودگی اب های زیرزمینی ناشی از آلاینده های نفتی در منطقه صنعتی ری"، مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، ۸۱ (۲۲-۱۱).
- شهبازی، ا.، مهرجو، ف.، (۱۳۹۲)، "منابع آلودگی آب های زیرزمینی و روش های احیا"، فصلنامه انسان و محیط زیست، ۲۵ (۲۱-۱۳).

بررسی مدل رسوبی نهشته های کواترنر در راستای شناخت و معرفی فرصت ها و تهدیدهای کمی و کیفی تامین آب شرب در شهرستان ملارد

♦♦♦♦♦

- فهیمه طالع زاری

دکتر داود جهانی

مهندس مجتبی صیادی

آناهیتا خلیلی

آدرس پست الکترونیکی فهیمه طالع زاری: fahime.talezari@gmail.com دانشگاه آزاد تهران شمال

آدر پست الکترونیکی داود جهانی: jahani_davood@yahoo.com دانشگاه آزاد تهران شمال

آدرس پست الکترونیکی مجتبی صیادی: sayadi_mojtaba45@yahoo.com سازمان آب و فاضلاب روستایی استان تهران

آدرس پست الکترونیکی آناهیتا خلیلی: fahime.talezari@gmail.com دانشگاه آزاد واحد تهران شمال

♦♦♦♦♦

چکیده :

عوامل مختلف طبیعی و انسانی در چند دهه اخیر باعث ایجاد شرایط بحرانی، ایجاد آلودگی و افت سطح آب های زیر زمینی در اکثر مناطق کشور از جمله استان تهران شده است. تحقیق بر روی منابع آب و آلودگیهای آنها و نیز مدل سازی در محیط های نرم افزاری همچون سیستم اطلاعات (GIS) جغرافیایی بستری مناسب جهت تامین آب سالم و بهداشتی از دیدگاه کیفی و جلوگیری از آلودگی های احتمالی آنها پیش از هرگونه عملیات اجرایی و شناسایی مناطق جهت احداث چاه های آب شرب جدید، ایجاد می نماید.

به منظور انجام این تحقیق جهت بررسی و مدل سازی کیفی آب های زیر زمینی، اطلاعات آنالیز فیزیکوشیمیایی ۱۹ چاه در سطح روستاهای شهرستان ملارد در طی سه دوره یک ساله (۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ و ۱۳۸۹) مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا داده های آماری جمع آوری و مرتب سازی شدند. پس از ورود داده ها با استفاده از نقشه های زمین شناسی، توپوگرافی و حد کوه-دشت، با روش درون یابی سیستم (اینترپولاسیون - کریجینگ)، نقشه های خطوط هم پتانسیل و پهنه بندی میزان اندازه گیری شده متغیرهای کیفی روتین آب زیر زمینی تهیه گردید. همچنین نمودارهای مقایسه ای بین چاه های منطقه و نیز سال ۸۹ و ۹۰ و ۹۱ نیز در محیط نرم افزاری اکسل ترسیم شدند. تحلیل کلی راجع به تشخیص روند مشخص در تغییرات کیفی فیزیکی و شیمیایی، و نیز شناسایی مناطق آلوده و سالم و نهایتاً پیشنهاد نواحی بهینه و مناسب جهت حفر چاه در آینده به عمل آمد.

نتایج حاصل از نقشه های مدل درون یابی شده میزان هر پارامتر، نشان داد که کیفیت فیزیکوشیمیایی آب زیر زمینی در این منطقه از سمت شمال به جنوب و همچنین از سمت شرق به غرب با افزایش آلاینده ها به علت بالا آمدن سنگ کف و جریان آب زیر زمینی و همجواری با رودخانه شور و کاهش بافت رسوبی و ریز دانگی رسوبات و توام شدن با آلودگی های نفوذی از فاضلاب های جذبی و عدم خودپالایی زمین (به دلیل کاهش ذخایر رسوبی) مواجه هستیم. نقشه های هم پهنه شیب سطح زمین و شیب سطح شمال آب های زیر زمینی نیز موید همین امر می باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده و بررسی نقشه‌های مدل کیفی آب زیر زمینی منطقه و نیز مقایسه با استانداردهای ملی و بین المللی می‌توان گفت در مناطق شمال شرقی، جنوب شرقی و حدفاصل بین آنها در مورد متغیرهایی همچون سختی، TDS، نیترات، کربنات، سولفات و کلرور اولویت حفر چاه‌های جدید را در طرح‌های آبی به این صورت دسته بندی نمود: ۱-نواحی شمال شرق ۲-نواحی جنوب شرقی ۳-نواحی غربی و نواحی شمال غربی و مرکزی اصلاً پیشنهاد نمی‌شوند.

کلید واژه ها: کیفیت آب، چاههای آب شرب، مدلسازی، شهرستان ملارد، سیستم اطلاعات جغرافیایی، GIS

Investigation of sedimentary model of quaternary deposits in order to identify and introduce the quantitative and qualitative opportunities and threats of drinking water supply in the city of Malard

Fahimeh talezari

Abstract:

The various natural and human factors in recent decades have led to the creation of critical conditions, contamination and groundwater abatement in most parts of the country, including Tehran province. Research on water resources and their pollution as well as modeling in software environments such as geographic information system (GIS), an appropriate hospital environment for providing safe and healthy water from a quality point of view and preventing their possible contamination before any .operational and identification procedures. Areas for the construction of new drinking water wells In order to carry out this research for the study and modeling of groundwater quality, physicochemical analysis of 19 wells in the villages of Malard city was investigated during the three year periods (2011, 2012 and 2010). At first, statistical data was collected and sorted. After entering the data using geological maps, topography and Bacchod-plain, using the system interpolation (interpolation-kriging), maps of the co-potential lines and the zoning of the measured values, the following water quality routine variables Land was prepared. Also, comparative graphs between the wells of the region and also 89, 90, and 91 were also plotted in the Excel software environment. A general analysis of the specific trends in the physical and chemical qualitative changes, as well as the identification of contaminated and healthy areas, and finally suggesting optimal and suitable areas for well drilling in .the future

The results of the maps of the interpolated model of each parameter showed that the physicochemical quality of groundwater in the area from north to south as well as from east to west with increasing pollutants due to rising floor and water flow Underground and adjacent to the shore river, and decreasing sedimentary and sedimentary texture and adding to the contaminations of pollution from sewage absorption and non-self-pollination of land (due to reduced sediment reserves). The maps of the gradient of the surface of the earth and the slope of the surface of the underground waters of the .groundwater also confirm this

According to the results of this study and the study of the maps of the groundwater quality model of the region, as well as the comparison with national and international standards, it can be said in the northeastern and southeastern regions and between them in terms of variables such as hardness, TDS ,

Nitrate, carbonate, sulfate and chlorine, the priority of digging new wells in future plans is categorized as follows: 1. Northeast regions 2. South-eastern regions 3. The western regions and the northwestern and central regions are not recommended at all. To be

Keywords:

Water quality, Drinking wells, Modeling, West of Tehran Province, Geographic Information System, GIS.



مقدمه :

تامین کمی و کیفی آب شرب سالم و بهداشتی یکی از مهمترین دغدغه های متولیان امر در مناطق شهری و روستایی می باشد. از آن جایی که در بسیاری از شهر ها (حدود ۴۰٪) و به طور ملموس تر در روستاهای کشور بیش از ۷۵ درصد از منابع تامین آب شرب از طریق حفر چاه و استحصال از سفره های آب زیرزمینی میسر می شود مسلماً قبل از هرگونه انجام عملیات حفاری درک و شناخت مناسبی از نقاط انتخابی به لحاظ امکان سنجی دارا بودن پتانسیل کمی سفره از یک سو و واجد بودن آب شرب به لحاظ کیفی و دارا بودن استانداردهای لازم برای شرب در این انتخاب حائز اهمیت است. این پژوهش سعی بر آن دارد با ارائه یک مدل رسوبی برای نهشته های کواترنری این پهنه مطالعاتی بهینه ترین نواحی را با درک مناسبی از وضعیت فیزیکی و ژئوشیمیایی معرفی نموده تا بتوان از این رهگذر نقاط پیشنهادی برای حفر چاه های جدید بر اساس اصول و مبانی مبتنی بر یک مدل رسوبی کاربردی پیشنهاد و از دوباره کاری ها و اتلاف سرمایه ها و عدم انجام و با کاهش مطالعات غیر ضرور (ژئوفیزیک) و مهمتر انتظار شناخت از وضعیت هیدروژئوشیمی آب قبل از انجام عملیات حفاری داشته باشیم.



روش تحقیق:

- در این خصوص می توان به برخی پیشینه های مطالعاتی و پژوهشی که در این خصوص انجام یافته است اشاره نمود.
۱. مطالعات آبی و ژئوفیزیک روستاهای شهرستان ملارد (روستاهای امیرآباد، ارغش آباد، قره تور باغ، گوی بلاغ و...) که طی سال های ۹۲-۹۳ توسط مهندسین مشاور صحرا کاو به منظور تامین آب شرب روستاها انجام پذیرفته است.
 ۲. طرح پژوهشی روستاهای تابع استان تهران که توسط دکتر جهانی و همکاران در سال ۱۳۹۰ انجام پذیرفته است.
 ۳. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی واحد تهران شمال خانم پریسا سلیمی خطیبی با عنوان نقش رسوب شناسی و هیدروژئولوژی بر حفاری چاه های شرب روستاهای جنوب تهران انجام پذیرفته است.
 ۴. پایان نامه کارشناسی ارشد بهزادیان با عنوان نقش بررسی وضعیت کیفی و کمی آب شرب روستای اسلام شهر بر اساس اطلاعات چاه پیمایی در سال ۱۳۹۱ انجام پذیرفته است.
 ۵. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته هیدروژئولوژی دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات با عنوان نقش محیط رسوبی در مکان یابی بهینه چاه های شرب ، مطالعه موردی روستای نویزک طالقان سال ۹۰ انجام پذیرفته است.



نتیجه گیری :

با توجه به نتایج بدست آمده و بررسی نقشه‌های مدل کیفی آب زیر زمینی منطقه و نیز مقایسه با استانداردهای ملی و بین المللی می توان گفت در مناطق شمال شرقی، جنوب شرقی و حدفاصل بین آن‌ها در مورد متغیرهایی همچون سختی، TDS، نیترات، کربنات، سولفات و کلرور اولویت حفر چاه‌های جدید را در طرح‌های آتی به صورت زیر دسته بندی نمود:

۱- نواحی شمال شرق

۲- نواحی جنوب شرقی

۳- نواحی غربی

با توجه به یافته‌های حاصل از تحلیل نقشه‌ها به طور حتم می توان اطمینان حاصل نمود که نواحی شمال غربی و مرکزی به هیچ عنوان جهت حفر چاه جدید در سطح منطقه مناسب نبوده و پیشنهاد نمی‌شوند. بنابراین به طور کلی می توان گفت که فاکتورهای EC و TDS در بخش غرب و شمال غرب منطقه تمرکز دارند و فاکتورهای نظیر نیترات و سختی و بیکربنات در بخش مرکزی بیشتر مشاهده می‌شوند. و سولفات و کلرور از سمت مرکز به سمت شمال غرب بیشتر مشاهده می شوند.



منابع فارسی :

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۶. زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۲ صفحه.
- باوی عویدی، ع.، آدابی، م.ح.، صادقی، ع.، امیری بختیار، ح.، ۱۳۹۶. بررسی های سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی دولومیت‌های بخش قربان سازند ساچون در برش تاقدیس قره، جنوب خاور شیراز، فصلنامه علوم زمین، شماره ۱۰۴، صفحات ۱۴۸-۱۳۵.
- صباغ بجستانی، م. محبوبی، ا.، موسوی حرمی، ر.، نجفی، م.، ۱۳۹۴. چینه‌نگاری سکانسی سازند قلعه دختر در برش الگو (غرب بشرویه، ایران مرکزی)، نهمین همایش انجمن دیرینه شناسی ایران.
- معلمی، س.ع.، ۱۳۸۸. محیط رسوبی و تأثیر عوامل دیاژنزی بر کیفیت مخزنی سازندهای جهرم - آسماری در شرق گسل قطر- کازرون (غرب فارس ساحلی)، پایان نامه دکترای رسوب‌شناسی و سنگ‌های رسوبی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ۳۱۷ صفحه



References:

- Davis, R.A., 2012. Tidal signatures and their preservation potential in stratigraphic sequences. In: Davis, R.A., Dalrymple, R.W. (Eds.), Principles of Tidal Sedimentology. Springer, Heidelberg, 35-55.
- Fielding, C.R., Alexander, J., Allen, J.P., 2018. The role of discharge variability in the formation and preservation of alluvial sediment bodies, Sedimentary Geology, 365, 1-20.
- Flügel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks Analysis, Interpretation and Application. Second edition, 984.

کاربرد روش های ژئوفیزیکی در شناسایی منابع آب زیرزمینی

الهام فروتن، دکتری آبخیزداری، استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، قم، e.forotan@pnu.ac.ir

چکیده:

شناسایی، مطالعه و مدیریت منابع آب زیرزمینی به دلیل وابستگی شدید انسان به این منابع دارای اهمیت بسیار است. روش های ژئوفیزیکی از جمله روش های شناسایی آب زیرزمینی می باشد که به دلیل سازگاری با محیط زیست، سریع، اقتصادی و برجا بودن داده ها در مطالعات آب زیرزمینی، روند استفاده روزافزون و موفقیت آمیزی داشته است. در این مقاله انواع روش های ژئوفیزیکی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی نشان می دهد که از بین روش های ژئوفیزیکی، روش های الکترومغناطیسی با وجود سابقه کم، به دلایل فنی و اقتصادی دارای گسترده ترین استفاده نسبت به سایر روش ها می باشند.

کلید واژه ها: روش های ژئوفیزیکی، روش های الکترومغناطیس، منابع آب زیرزمینی

Geophysical Methods Application in Groundwater Resources identifying

Elham Forootan, Ph.D. of Watershed Management, Assistant Professor, Department of Agriculture Science, Payame Noor University, Qom, e.forotan@pnu.ac.ir

Abstract:

Identifying, studying and managing groundwater resources are very important due to the strong human dependence on these resources. Geophysical methods are underground water detection methods, which have growing and successful application trend due to their environmental compatibility, fast, economical, and insitue data in underground water studies. In this paper, various geophysical methods have been investigated. The results of the study revealed that among geophysical methods, electromagnetic methods with few records have the most extensive use than other method because of economical and technical reasons.

Keywords: Geophysical Methods, Electromagnetic Methods, Groundwater Resources

مقدمه:

آب های زیرزمینی به آب هایی گفته می شود که در لایه های آب دار و اشباع زیر زمین تجمع پیدا کرده اند. از آنجایی که لایه های مختلف زمین از مواد و ترکیبات مختلف خاک شکل گرفته و در زمان های مختلف به وجود آمده اند، لذا مجموعه عواملی نظیر جنس و اندازه ذرات، میزان تخلخل، میزان تراکم، میزان ترک خوردگی و ... باعث می شود بخش های مختلف فضای زیرزمین ظرفیت های متفاوتی برای جذب، ذخیره و انتقال آب داشته باشند. شناسایی، مطالعه و مدیریت منابع آب زیرزمینی به دلیل وابستگی شدید انسان به این منابع دارای اهمیت بسیار است. لایه های آبدار زیرزمین به انواع زیر تقسیم می شوند:

۱. آکیفر^۴ (آبخوان یا لایه آبدار): این حالت به تشکیلاتی اطلاق می‌شود که علاوه بر دارا بودن مقادیر متناهی از آب، در صورت برقراری شیب هیدرولیکی مناسب، آب قابلیت انتقال لایه‌ای به لایه دیگر را خواهد داشت؛ مانند تشکیلات ماسه‌ای.

۲. آکی تارد^۵: لایه‌هایی هستند که دارای آب می‌باشند اما تراوایی در آن‌ها آن‌قدر اندک است که اجازه انتقال آب را نمی‌دهد؛ مانند تشکیلات سیلتی.

۳. آکی فیوژ^۶: به لایه‌هایی اطلاق می‌شود که توانایی ذخیره و انتقال آب را ندارند؛ مانند لایه‌های گرانیت خرد نشده. آکی کلود^۷: به لایه‌هایی اطلاق می‌شود که دارای مقادیر قابل توجهی آب می‌باشد اما تراوایی لازم جهت انتقال آب را ندارند؛ مانند تشکیلات رسی (شهبازی، ۱۳۹۲). اکتشاف منابع آب زیرزمینی مستلزم شناخت مناطق و نواحی مستعد برای وجود آنها می‌باشد (داود آبادی فراهانی و آقاجانی، ۱۳۹۱). پیش از شروع به مطالعه و شناسایی منابع آب در هر منطقه لازم است که کلیه اطلاعات مربوط به بررسی‌های زمین‌شناسی و آب‌شناسی قبلی گردآوری شود. با استفاده از این اطلاعات می‌توان تصویری از سیستم آب زیرزمینی محل مورد مطالعه به دست آورد. روشهای ژئوفیزیکی از جمله روشهای شناسایی آب زیرزمینی می‌باشد. ژئوفیزیک^۸ از دو کلمه ژئو و فیزیک تشکیل شده که به معنای شناسایی و تفکیک مواد تشکیل‌دهنده زمین‌شناسی با تکیه بر خواص فیزیکی آن‌ها می‌باشد. قدرت تفکیک و عمق نفوذ هر یک از روشهای ژئوفیزیکی مرتبط با شرایط محیطی و ... می‌تواند متغیر باشد. این روشها به دلیل سازگاری با محیط زیست، سریع، اقتصادی و برجا بودن داده‌ها در مطالعات آب زیرزمینی، روند کاربرد روزافزون و موفقیت آمیزی داشته‌اند (نیک و ر حسنی و همکاران، ۱۳۹۲) در این مقاله انواع روش‌های ژئوفیزیکی که در جدول (۱) آورده شده است مورد بررسی مربوط قرار می‌گیرد.

جدول (۱) روش‌های مختلف ژئوفیزیکی کاربردی در مطالعات شناسایی آب زیرزمینی
(برگرفته از فهرست خدمات و دستورالعمل بررسی‌های چاه پیمایی، ۱۳۹۲)

روش‌های مختلف ژئوفیزیکی	پارامترهای فیزیکی مورد ارزیابی	عمق مورد بررسی
روش‌های مقاومت ویژه الکتریکی ^۹	رسانندگی الکتریکی	نواحی کم عمق تا عمق متوسط
روش‌های لرزه‌نگاری ^{۱۰}	امپدانس صوتی	نواحی کم عمق تا عمق متوسط
روش‌های گرانی سنجی ^{۱۱}	چگالی	نواحی کم عمق تا عمق متوسط
روش‌های الکترومغناطیس ^{۱۲}	رسانندگی الکتریکی	نواحی کم عمق تا عمیق

4- Aquifer

5- Aquitard

6- Aquifuge

7- Aquiclude

8- Geophysics

9- Electrical resistivity method

10- Seismic method

11- Gravimetric method

12- Electromagnetic method

روش پلاریزاسیون القایی ^{۱۳}	خاصیت مغناطیسی مواد	نواحی کم عمق تا عمیق
روش پتانسیل خودزا ^{۱۴}	اختلاف پتانسیل	

۱. روش مقاومت ویژه الکتریکی

در این روش مقادیر مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی ارزیابی می شود. با توجه به این موضوع که با آب دار شدن یک محیط و یا افزایش تخلخل (اولیه و یا ثانویه)؛ تغییر در مقادیر مقاومت ویژه ایجاد می شود، می توان به شناسایی نواحی آبدار آبرفت سطحی، شناسایی آب موجود در سازندهای سخت و شناسایی نواحی آبدار شکستگی ها و گسلش های زیرسطحی پرداخت. در این روش یک جریان مستقیم و یا جریان متناوب با فرکانس بسیار پایین، توسط دو یا چند قطب به زمین اعمال شده و اختلاف پتانسیل بین دو نقطه (الکتروده)، که موقعیت مناسبی با قطب ها داشته باشند، اندازه گیری می شود که با افزایش فواصل الکترودهی، دسترسی به اعماق بیشتر میسر می گردد اگر الکترودها در چاه های گمانه معلق باشند، بخش های عمیق تر نیز می تواند مورد تحقیق قرار گیرد. باید توجه داشت که با حرکت به سمت عمق از قدرت تفکیک این روش کاسته خواهد شد. این روش یک روش اندازه گیری مستقیم است. اختلاف پتانسیل متناظر با جریان الکتریکی واحد، نمودی از مقاومت الکتریکی زمین بین دو الکتروده می باشد. خاک ها محیط های متخلخلی هستند متشکل از ذرات جامد، عایق و مایع الکترولیتی که می توانند از طریق جابجایی یون های آزاد و یا جذب شده بر روی این ذرات، جریان الکتریکی را منتقل نمایند. در زمینه آب های زیرزمینی وایت^{۱۵} توانست به کمک همین روش و با استفاده از ردیاب نمکی، جهت و سرعت جریان را تعیین نماید. این روش مبنای روش توموگرافی (تصویربرداری) مقاومت ویژه الکتریکی (ERT^{۱۶}) می باشد که هیدروژئولوژیست ها و کارشناسان محیط زیست را قادر می سازد جریان های آلوده کننده زیرزمینی را شناسایی نمایند (گزارش طرح توسعه فناوری شناخت مسیر حرکت آب های ژرفی در برخی مناطق کشور به کمک فناوری های ژئورادار و مگنتوتلوریک، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶).

۲. روش لرزه نگاری انعکاسی و انکساری^{۱۷}

در روش لرزه نگاری با تکیه بر امپدانس صوتی^{۱۸} مواد، به بررسی خواص مواد زیرزمینی پرداخته می شود. به بیان دیگر، در ابتدا یک موج مکانیکی از منبع فرستنده به داخل زمین ارسال و در ادامه پاسخ انعکاس و انکسار این موج دریافت می گردد. بسته به این که طبیعت انکسار یا انعکاس امواج مورد توجه باشد، روش های لرزه ای به دو دسته انعکاسی و انکساری دسته بندی می گردند. در این روش قدرت تفکیک و عمق نفوذ به فاصله بین گیرنده ها، محدوده فرکانسی موج ارسالی و عمق

¹³- Induced polarization method

¹⁴- Self -potential method

¹⁵- White

¹⁶- Electrical resistivity tomography

¹⁷- Seismic Reflection and Refraction

¹⁸ - میزان نسبت ولتاژ به جریان الکتریکی در هر مداری را مقاومت یا امپدانس آن مدار می نامند.

مورد مطالعه بستگی دارد. این روش ژئوفیزیکی از حجم داده بیشتر و به تبع آن از دقت بالاتری برخوردار است و می‌توان از این روش برای مطالعات آب‌های سطحی تا عمیق استفاده نمود. شایان ذکر است از این روش جهت ارزیابی ذخایر نفتی در اعماق بالا نیز استفاده می‌گردد (گزارش مختصری بر کاربرد روش ژئوفیزیکی در مطالعات آب‌های زیرزمینی، ۱۳۹۴)

۳. روش گرانی‌سنجی

همان گونه که از نام این روش نیز می‌توان استنتاج نمود، هدف از استفاده از این روش، ارزیابی مواد زیرسطحی با توجه به تغییر در میزان چگالی آن‌ها است. فرض اصلی این روش بر این موضع استوار است که دو ماده با جرم و فاصله مشخص از یکدیگر نیروی جاذبه گرانشی را بر یکدیگر وارد می‌نمایند که با جرم این مواد رابطه مستقیم و با مجذور فاصله بین آن‌ها رابطه عکس دارد. با در نظر گرفتن این موضوع و توجه به این که مواد تشکیل‌دهنده زمین‌شناسی دارای جرم‌های متغیر هستند می‌توان با ارزیابی نیروی گرانش و مقایسه آن‌ها نسبت به یک نقطه ثابت، ساختارهای زیرسطحی و تا حدودی جنس مواد تشکیل‌دهنده زمین را تفکیک نمود (گزارش مختصری بر کاربرد روش ژئوفیزیکی در مطالعات آب‌های زیرزمینی، ۱۳۹۴). سفره‌های آب زیرزمینی در مناطق متخلخل و در بین درز و شکاف‌های سنگ‌ها تشکیل می‌شود. از آنجا که چگالی هوا (تقریباً صفر) و آب (حدود ۱) از چگالی زمینه‌ی اغلب سنگ‌ها کمتر است لذا در محل سفره‌های آب زیرزمینی چگالی سنگ‌ها کم بوده و بدین صورت روش گرانی‌سنجی می‌تواند به عنوان روشی برای اکتشاف آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرد (صفری، ۱۳۹۱).

۴. روش‌های الکترومغناطیسی

در روش‌های الکترومغناطیس نیز تغییر در میزان رسانندگی الکتریکی^{۱۹} مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در تمامی روش‌های الکترومغناطیس همواره یک موج الکترومغناطیسی با استفاده از فرستنده که ممکن است دارای منشأ طبیعی (MT) و یا مصنوعی باشد، به داخل زمین ارسال می‌شود. پس از برخورد موج ارسالی به مواد رسانای زیرسطحی، یک میدان الکترومغناطیسی القایی در سطح ایجاد شده که بررسی آن، پاسخ به برداشت‌های ژئوفیزیکی است. همچنین در برخی از روش‌های الکترومغناطیسی مانند GPR بازتاب موج ارسالی از لایه‌های زیرین اندازه‌گیری می‌شود که گویای طبیعت مواد زیرسطحی است. روش‌های الکترومغناطیسی با توجه به طبیعی و یا مصنوعی بودن چشمه مورد استفاده، برداشت در حوزه زمان (TDR) و یا فرکانس (FDR) و همچنین فرکانس مورد استفاده به دسته‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌گردند. از این-رو روش‌های الکترومغناطیسی متنوعی وجود دارد که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: ۱- رزونانس (طنین) مغناطیسی نوترون^{۲۰} (NMR)، ۲- ژئورادار^{۲۱} (GPR)، ۳- مگنتوتلوریک^{۲۲} (MT) و ۴- تقویت کننده مگنتوتلوریک^{۲۳} (AMT)

19- Electrical conductivity
20- Neutron Magnetic Resonance
21- Ground Penetrating Radar
22- Magneto Telluric
23- Audio Magneto Telluric

۴-۱ روش NMR

یکی دیگر از روش‌های جدید الکترومغناطیس روش NMR می‌باشد. این روش به میزان آب موجود در سازند پاسخ می‌دهد. به بیان دیگر، این روش بر اساس منحرف نمودن اتم‌های هیدروژن با استفاده از امواج الکترومغناطیس و بررسی نحوه بازگشت آن‌ها به حالت تعادل به شناسایی میزان هیدروژن و به تبع آن میزان آب موجود در سازند می‌پردازد (گزارش مختصری بر کاربرد روش ژئوفیزیکی در مطالعات آب‌های زیرزمینی، ۱۳۹۴).

۴-۲ روش ژئورادار (GPR)

ژئورادار یکی از روش‌های ژئوفیزیکی غیرمخرب است که به منظور تصویرنگاری زیرسطحی به وسیله امواج رادار (امواج الکترومغناطیس در محدوده فرکانسی ریزموج) استفاده می‌شود. از جمله بارزترین ویژگی‌های این روش غیرمخرب بودن (بی‌نیازی به منبع موج مخرب همانند انفجار یا ضربه در روش‌های لرزه‌نگاری)، قدرت تمایز زیاد در محدوده چند ده سانتیمتری به ویژه در عمق‌های کم، سرعت بسیار بالا در برداشت و تفسیر داده‌ها و هزینه بسیار پایین آن می‌باشد. در سال ۱۹۲۶ استفاده از امواج رادار برای اکتشافات زیرسطحی برای نخستین بار گزارش شده است. اما مهم‌ترین پیشرفت‌های مربوط به استفاده از ژئورادار در ۱۵ سال گذشته به دست آمده است. این روش در زمینه‌های عمرانی، کشاورزی، مهندسی شهری و همچنین رفتارسنجی کاربردهای قابل توجهی دارد. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد این روش قابلیت تشخیص مناطق اشباع از آب با دقت بالا است. در این روش پالس‌های الکترومغناطیسی به وسیله یک منبع موج، ایجاد شده و پس از انتشار امواج در داخل زمین و بازتاب آن‌ها از روی ناهمگونی‌های زیرسطحی، به وسیله آنتنی که در نزدیکی منبع قرار دارد، ثبت می‌شود. ژئورادار در موارد زیر می‌تواند به کار گرفته شود:

- ۱- خصوصیات هندسی آبخوان، واحدهای هیدروژئولوژیکی و طول هیدرولیکی، ۲- برآورد خصوصیات آبخوان اشباع، ۳- برآورد مقدار رطوبت خاک (گزارش طرح توسعه فناوری شناخت مسیر حرکت آب‌های ژرفی در برخی مناطق کشور به کمک فناوری‌های ژئورادار و مگنتوتلوریک، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶). به عنوان نمونه در تحقیقی که در سال ۲۰۰۳ توسط هوسمن^{۲۴} و همکاران انجام شد پنج روش ژئوراداری برای برآورد رطوبت حجمی آب موجود در خاک بیان شد (Jol, 2009).

۴-۳ روش مگنتوتلوریک (MT)

در روش مگنتوتلوریک از جریان‌های یونوسفری القاشده در زمین برای تعیین لایه‌های زمین استفاده می‌شود. اصول فیزیکی این روش نخستین بار توسط کاگنیارد^{۲۵} در سال ۱۹۵۳ ارائه شد. روش ژئوفیزیکی مگنتوتلوریک یا MT یکی از روش‌های الکترومغناطیس (EM) است. در این روش از میدان‌های الکترومغناطیسی طبیعی زمین برای بررسی ساختار مقاومت ویژه الکتریکی زیرسطحی استفاده می‌شود. این روش دارای زیرشاخه‌های متعددی است. از جمله مگنتوتلوریک با

²⁴ - Huisman

²⁵ Cagniard

فرکانس بالا AMT^{26} (در بازه فرکانسی ۱ تا ۲۰ کیلوهرتز) یا RMT^{27} (در بازه فرکانسی ۱۲ تا ۲۴۰ کیلوهرتز) و روش $CSAMT^{28}$ (در بازه فرکانسی ۱۰ تا ۱۰۴ هرتز که از ترکیب روش‌های AMT و MT ساخته شده است). این روش‌ها بر اساس اندازه‌گیری مقادیر EM^{29} زمین بنا نهاده شده‌اند و در تمامی این روش‌ها همه پارامترهای مربوط به MT اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری‌ها در سطح زمین و یا به صورت هوایی امکان‌پذیر است. در میان این روش‌ها، روش RMT ، برای مطالعات سطحی (حدود چند صد متر) و روش‌های $CSAMT$ (مگنتوتلوریک با منبع صوتی کنترل‌شده) و MT ، برای مطالعات عمیق (بیشتر از ۱۰ کیلومتر) استفاده می‌شوند. روش‌های MT و AMT نوسانات میدان‌های طبیعی الکتریکی و مغناطیسی زمین را در طیف وسیعی از دامنه فرکانسی، اندازه‌گیری می‌کنند. این نوسانات توسط یونسفر که در دامنه فرکانسی پایین مرتبط با فعالیت‌های خورشیدی و در فرکانس‌های بالا مربوط به فعالیت رعد و برق است، ایجاد می‌شود.

عیب اصلی روش $CSAMT$ مربوط به تأثیرات ناشی از نویزهای نزدیک به محل مطالعه است که برای غلبه بر این مشکل، فرستنده و گیرنده‌ها جداسازی شده و جهت و فاصله آن‌ها با روش‌های $TDEM^{30}$ در دسترس یا داده‌های سونداژ الکتریکی تعیین می‌شود. مزایای فناوری MT نسبت به سایر روش‌ها عبارتند از:

۱. روش مگنتوتلوریک، یک تکنولوژی کارا و روشی ارزان قیمت می‌باشد.
۲. تجهیزات مورد استفاده در این روش به راحتی و توسط دو یا سه کارگر قابل انتقال در محدوده مورد بررسی هستند.
۳. در این روش هیچ آسیبی به محیط زیست وارد نشده و بررسی‌ها حتی در مزارع کشاورزی نیز قابل انجام هستند.
۴. این روش می‌تواند برای تعیین مشخصه‌های ساختارهای عمیق‌تر که از طریق دیگر روش‌های الکتریکی و الکترومغناطیسی غیرقابل دسترس می‌باشند، به کار برده شود.
۵. این روش قابلیت منحصربه‌فردی برای انجام عملیات شناسایی از اعماق نسبتاً سطحی تا اعماق بسیار زیاد و بدون استفاده از منبع‌های تولید موج مصنوعی دارد.

از نقاط ضعف روش مگنتوتلوریک آن است که در مناطق با ناهمواری شدید و مناطق دارای سطح نویز بالا، جمع‌آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل نتایج به سختی انجام می‌پذیرد. گزارش طرح توسعه فناوری شناخت مسیر حرکت آب‌های ژرفی در برخی مناطق کشور به کمک فناوری‌های ژئورادار و مگنتوتلوریک، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶).

۵. روش قطبش (پلاریزاسیون) القایی

در روش قطبش القایی با بررسی مقدار تجمع بار در داخل مواد تشکیل دهنده زمین‌شناسی به ارزیابی خواص الکتریکی محیط پرداخته می‌شود. به بیان دیگر با تزریق جریان برای مدت زمان اندک، آرایش تعادلی بارهای موجود در داخل ماده

²⁶- Audio-magnetotelluric

²⁷- Radio magnetotelluric

²⁸- Controlled Source Audio Magnetotellurics

²⁹- Electro Magnetic

³⁰- Time Domain Electro Magnetic

تغییر نموده و پس از قطع جریان نحوه بازگشت یون‌ها به حالت تعادل ارزیابی می‌شود. در این روش به شناسایی نواحی کانسار سازی فلزی، نواحی با وجود فعالیت‌های میکروبی در بخش آلوده آب زیرزمینی پرداخته می‌شود. تجهیزات مورد استفاده جهت برداشت‌های قطبش القایی به صورت همزمان مقادیر مقاومت ویژه و قطبش القایی را اندازه‌گیری می‌نماید. از این روش عمق نفوذ و قدرت تفکیک در این روش مانند روش مقاومت ویژه می‌باشد.

۶. روش پتانسیل خودزا (SP)

روش پتانسیل خودزا (SP) به وسیله اندازه‌گیری و ثبت اختلاف پتانسیل موجود بین الکترودی که در سر چاه به زمین متصل شده و الکتروود دیگری که به درون چاه فرستاده می‌شود، انجام می‌گیرد. در موقع تهیه نمودار SP چاه باید لوله‌گذاری نشده و هنوز از گل حفاری پر باشد. با عبور الکتروود درون چاه از مقابل لایه‌های مختلف اختلاف پتانسیل‌های ثبت شده در نمودار نیز تغییر می‌کند. گرچه ماهیت این پدیده کاملاً روشن نیست و علل مختلفی برای آن ذکر می‌کنند، ولی این پتانسیل‌ها به طور کلی منشأ الکتروشیمیایی و الکتروسینتیک دارند و ناشی از جریان‌هایی هستند که در محل تماس گل حفاری و آب موجود در لایه‌های نفوذپذیر و لایه‌های رسی بالا یا پایین یک لایه نفوذپذیر ایجاد می‌شوند (صدافت، ۱۳۹۳).

نتیجه‌گیری:

روش‌های اکتشاف منابع آبی عبارتند از: ۱- روش‌های ژئوفیزیک ۲- روش زمین آمار ۳- روش گمانه زنی. در این مقاله روش‌های ژئوفیزیکی به منظور شناسایی آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از مطالعات ژئوفیزیک آب زیرزمینی که در سطح زمین انجام می‌گیرد با هزینه‌ای نسبتاً کم و سریع، می‌توان اطلاعات مفیدی را در مورد منابع آب زیرزمینی به دست آورد (خلیلی نفت چالی و خاشعی سیوکی، ۱۳۹۵).

کاربرد روش‌های ژئوفیزیکی با استفاده از روش‌های الکترومغناطیسی در مقایسه با دیگر روش‌های الکتریکی دارای سابقه کمتری می‌باشد اما در میان روش‌های ژئوفیزیکی دارای گسترده‌ترین استفاده نسبت به سایر روش‌ها می‌باشند (راهنمای مطالعات ژئوفیزیکی به روش‌های مغناطیس‌سنجی، گرانی‌سنجی و لرزه‌نگاری در اکتشافات معدنی، ۱۳۹۱). این روش‌ها از دو جنبه فنی و اقتصادی دارای مزیت‌هایی به شرح ذیل می‌باشند:

۱- دیدگاه فنی: در روش‌های دیگر همچون روش بررسی مقاومت ویژه، ناهمگنی‌های مقاومت الکتریکی مواد سطحی در مجاورت الکتروودهای پتانسیل باعث ایجاد خطای اندازه‌گیری می‌شود و در سرزمین‌های خشکی همچون کشور ما مقاومت زیاد لایه‌های فوقانی باعث جلوگیری از تزریق برق به زمین می‌شود لذا روش‌های الکترومغناطیسی بیشتر استفاده می‌شوند.

۲- دیدگاه اقتصادی: با توجه به آن که سرعت برداشت‌های صحرایی الکترومغناطیسی بالا بوده و نیاز به نیروی انسانی زیادی ندارند و به تبع هزینه کمتری خواهند داشت لذا بیشتر مورد توجه قرار دارند.

منابع فارسی:

۱. بی‌نام، ۱۳۹۱. راهنمای مطالعات ژئوفیزیکی به روش‌های مغناطیس‌سنجی، گرانی‌سنجی و لرزه‌نگاری در اکتشافات معدنی، برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور ۵۹۴. ۶۴ص.
۲. بی‌نام، ۱۳۹۲. فهرست خدمات و دستورالعمل بررسی‌های چاه پیمایی، شماره ۶۱۸. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن، ۸۴ص.
۳. بی‌نام، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶. توسعه فناوری شناخت مسیر حرکت آب‌های ژرفی در برخی مناطق کشور به کمک فناوری‌های ژئورادار و مگنتوتلوریک، گزارش نهایی طرح پژوهشی حمایت شده توسط ستاد توسعه فناوری‌های آب، خشکسالی، فرسایش و محیط‌زیست معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، شرکت مهندسين مشاور زمین آب پی، ۱۸۷ص.
۴. بی‌نام، ۱۳۹۴. مختصری بر کاربرد روش ژئوفیزیکی در مطالعات آب‌های زیرزمینی. شرکت مهندسين مشاور صحرا کاو، وزارت نیرو - شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران. ۸ص.
۵. خلیلی نفت چالی، آ.، خاشعی سیوکی، ع.، ۱۳۹۵. آشنایی با روش‌های آب یابی، دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان
۶. داود آبادی فراهانی، م.، آقاجانی، ح.، ۱۳۹۱. کاربرد روشهای ژئوفیزیکی در اکتشاف منابع آب، همایش ملی علوم و مهندسی فاضلاب
۷. شهبازی، م. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی و مدیریت آبخوان دشت خانمیرزا با استفاده از مدل مادفلو، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی-آبخیزداری. دانشگاه یزد.
۸. صداقت، م. ۱۳۹۳. زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی). انتشارات دانشگاه پیام نور. ۲۸۹ص.
۹. صفری، ح. ۱۳۹۱. کاربرد روش گرانی‌سنجی برای تشخیص حفرات زیرسطحی به منظور اکتشاف منابع آب زیرزمینی، مطالعه موردی سنگ آهک کارستی تپال، جنوب غرب شاهرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود
۱۰. نیک ور حسینی، آ.، رمضی، ح. ر.، کتیه، ه.، ۱۳۹۲. کاربرد روش‌های ژئوفیزیکی در مطالعات نشت آب به فضاهاى زیرزمینی، نهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن ایران

References:

1. Jol. H.M., 2009. Ground penetrating radar: Theory and Applications, Elsevier, 543.
2. Cagniard, L., 1953- Basic theory of magnetotelluric method of geophysical prospecting: Geophysics, 18, 605-635.

مطالعه تغییرات منابع آبی و اقلیمی دشت یزد- اردکان در فصول مختلف

مرتضی فلاح پور

mfpt110@yahoo.com

مهدیه جويا

چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی روند شدت-مدت بارندگی در دشت یزد- اردکان واقع در حوضه آبریز مرکزی ایران است که از دشت‌های کم آب کشور محسوب می‌شود. برای این منظور، از میان ایستگاه‌های کوهستانی از داده‌های ایستگاه باران سنجی ده بالا (از سال ۶۷-۱۳۶۶ تا ۹۲-۱۳۹۱) و از میان ایستگاه‌های دشتی از ایستگاه سینوپتیک محمد آباد یزد (از سال ۵۹-۱۳۵۸ تا ۹۲-۱۳۹۱) استفاده شد که دارای آمار طولانی‌تر شدت-مدت بارندگی بودند. برای بررسی روند شدت بارندگی از آزمون‌های من-کندال، دنیلز و رگرسیون خطی استفاده گردید. آزمون‌های مذکور در بازه‌های زمانی ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه‌ای انجام شد. هم‌چنین تغییرات بارش ماهانه و فصلی این دو ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شدت بارندگی با آزمون‌های مذکور بدون روند می‌باشد به‌استثنا بازه‌های زمانی ۱۵ و ۳۰ دقیقه‌ای ده بالا و ۱۵ دقیقه‌ای یزد که با رگرسیون خطی دارای روند صعودی می‌باشد. بارش‌های شدید یزد در فصل زمستان و فروردین ماه رخ داده است و فصل تابستان و ماه‌های مهر، آبان و خرداد فاقد بارش‌های شدید روزانه بوده و بارش به‌صورت برف فقط در فصل زمستان است. ایستگاه ده بالا بارش‌های شدید اغلب در ماه‌های دی، اسفند، فروردین و اردیبهشت ماه رخ داده است فصل تابستان و همراه فاقد بارش شدید روزانه می‌باشد. بارش برف در ده‌بالا از آبان تا فروردین رخ می‌دهد ولی حداکثرهای آن مربوط به فصل زمستان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شدت بارندگی، روند بارش، یزد، ده بالا، دشت یزد- اردکان

مقدمه

شدت و مقدار بارندگی از مهمترین مشخصه‌های اقلیمی هر منطقه می‌باشد که بر وضعیت منابع آب و هم‌چنین شدت سیلاب‌های یک منطقه به‌طور جدی تاثیرگذار است.

سیل پدیده طبیعی است که جوامع بشری آن را به‌عنوان یک واقعه اجتناب‌ناپذیر پذیرفته‌اند اما رویداد، اندازه و تکرار سیل ناشی از عوامل متعددی است که بسته به شرایط اقلیمی، طبیعی و جغرافیایی هر منطقه تغییر می‌کند [۱]. در ایران به دلیل وضعیت اقلیمی و عدم پراکنش منظم ریزش‌های جوی در اغلب مناطق کشور سیلاب‌های شدید مشکلات زیادی را ایجاد می‌کند که از نظر اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی قابل ملاحظه‌اند. برای مقابله با خطرات سیل نیاز به آگاهی و شناخت سیل، عوامل موثر بر آن و نیز روش‌های مناسب برآورد آن می‌باشد.

در بین عناصر مختلف اقلیمی، دما و بارش به دلیل تاثیر گسترده‌ای که بر فعالیت‌های انسان دارند، از اهمیت خاصی برخوردارند. به طوری که تقریباً بیشترین نمود تغییرات اقلیمی در سطح کره‌ی زمین بر روی این دو پارامتر متمرکز شده است [۲].

ژیاوینگ^{۳۱} و همکارش (۲۰۱۴) در تحقیقی اطلاعات روزانه بارش ۷۴۱ ایستگاه هواشناسی را بین سال‌های ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵ برای اجرای تحقیقات مقدماتی تغییرات در توزیع زمانی و مکانی شدت بارش در ۱۰ منطقه‌ی چین به‌طور کاملاً هیدرولوژیکی مورد استفاده قرار دادند. روندهای زمانی با استفاده از روش من‌کندال محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که شدت بارش روند افزایشی قابل توجهی دارد، در حالیکه

³¹ Xiaoying zhang

تکرار بارش در چین روند کاهشی قابل توجهی را نشان می‌دهد. میانگین بارش در پاییز کاهش عمده و در فصل زمستان افزایش اندکی داشته است. هر دو رخداد بارندگی‌های شدید و خشک‌سالی ناشی از کم بارانی در چین روند افزایشی داشته است [۳]. در این راستا یکی از عوامل موثر در ایجاد سیلاب، بارش‌های کوتاه مدت است. چنانچه آمار قابل قبول و دراز مدتی از دبی رودخانه در دسترس نباشد، تخمین شدت سیلاب با استفاده از شدت بارندگی و روش‌های تجربی مانند استدلالی امکان پذیر است. شدت سیلاب تابع شدت بارش می‌باشد، بنابراین تعیین روند تغییرات شدت بارش به پیش‌بینی بهتر سیلاب‌های آینده کمک می‌نماید.

روش تحقیق

در این پژوهش جهت ارزیابی تغییرات و روند شدت بارندگی در دشت یزد- اردکان از اطلاعات بارندگی ایستگاه باران سنجی محمد آباد یزد طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۵۸ و ایستگاه باران سنجی ده بالا طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۶۷ استفاده شد. برای بررسی روند شدت بارندگی از آزمون ناپارامتری من کندال، آزمون ناپارامتری دنیلز و روش رگرسیون خطی استفاده شد.

روش‌های مطالعه سری‌های زمانی

بعد از سنجش داده‌ها، باید سری‌های مورد نظر را در قالب مدل تحلیل سنجید. اگر سری قابلیت تحلیل با مدل‌های روند یا گرایش‌دار را داشته باشد، می‌توان با مدل‌های روند آن را تحلیل و پیش‌بینی نمود. در این راستا موضوع از دو زاویه تحقیقی مورد بررسی قرار می‌گیرد:

- اگر سری شرایط بهنجاری (نرمال) داشته باشد.
- اگر سری شرایط بهنجاری (نرمال) نداشته باشد.

در صورتیکه سری بهنجار باشد برای سنجش مدل باید از آزمون‌های پارامتریک (عاملی) و اگر سری شرایط نرمال را نداشته باشد، باید برای سنجش از آزمون‌های ناپارامتریک (ناعاملی) استفاده کرد.

روش‌های پارامتریک عمدتاً براساس رابطه رگرسیونی بین سری داده‌ها بر اساس زمان استوار می‌باشد.

روش‌های ناپارامتریک از کاربرد نسبتاً وسیع‌تر و چشمگیرتری نسبت به روش‌های پارامتریک برخوردارند. برای سری‌هایی که توزیع آماری خاصی بر آنها قابل پردازش نیست و چولگی یا کشیدگی زیادی دارند استفاده از روش‌های ناپارامتریک مناسب‌تر است.

آزمون‌های ناپارامتریک برای سنجش مدل‌های روند

هنگامیکه سری‌های اقلیمی مورد سنجش قرار گرفته و شرایط عاملی (بهنجاربودن) را نداشته‌اند، میتوان از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده نمود. آزمون‌های من کندال، آزمون دنیلز، آزمون توالی، آزمون نقاط چرخش، آزمون تاوکندال و آزمون نشانه از این دسته‌اند.

استان یزد دارای پنج حوضه آبخیز اصلی شامل حوضه‌های آبریز کویر سیاه کوه، کویر ابرکوه، کویر دره انجیر، ریگ زرین و کویر مرکزی می‌باشد. دشت یزد- اردکان از مهمترین زیر حوضه‌های کویر سیاه کوه است. دشت یزد- اردکان از سمت شمال به ارتفاعات سیاه کوه و زیر حوضه عقدا-نائین، از شرق و جنوب شرق به ارتفاعات خرائق و زیرحوضه‌های خرائق-بافق-بهادران، از سمت غرب و جنوب غرب به رشته ارتفاعات شیرکوه زیرحوضه علی آباد-ارنان و نیر-دهشیر محدود می‌گردد. حوضه آبخیز دشت یزد- اردکان از مهمترین زیرحوضه‌های کویر سیاه کوه می‌باشد که با محدوده ای به وسعت ۱۱۸۰۰ کیلومترمربع (۱۷ درصد مساحت استان یزد) در محدوده جغرافیایی ۱۵' ۵۳° تا ۵۵° طول شرقی و ۱۵' ۳۱° تا ۴۵' ۳۲° عرض شمالی تقریباً در مرکز استان یزد واقع شده است.

بطور کلی منابع آب دشت یزد- اردکان از دو بخش آبهای سطحی و زیرزمینی تشکیل شده است. منابع آب سطحی منطقه به دلیل کمبود بارندگی و تبخیر شدید دائمی نبوده و بیشترین آبهای سطحی منطقه منحصر به سیلاب‌های بهاره و سیستم رودخانه فصلی می‌باشد. منبع اصلی تامین آب مورد نیاز این جمعیت، آبخوان زیرزمینی می‌باشد که از مناطق مرتفع حوضه تغذیه می‌گردد.

این دشت یکی از سکونتگاه‌های مهم استان یزد محسوب می‌شود. شهر یزد به عنوان مرکز استان در این دشت واقع شده است. قدمت سکونت در این دشت به بیش از ۵۰۰۰ سال می‌رسد. یکی از مشخصه‌های مهم جمعیت استان یزد، تمرکز شدید جمعیت در منطقه نسبتاً

کوچک دشت یزد-اردکان با منابع آبی محدود می باشد. منطقه مورد مطالعه اگرچه از نظر وسعت ۱۷ درصد سطح استان می باشد ولی از نظر تراکم جمعیتی حدود ۷۰ درصد جمعیت استان را در خود جای داده است. عمده جمعیت شهری منطقه مورد مطالعه در محدوده دشتی واقع شده است.

داده های بارش ایستگاه های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران سنجی موجود در دشت یزد- اردکان وابسته به سازمان هواشناسی، از اداره کل هواشناسی و شرکت آب منطقه ای استان یزد تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. داده های نهایی این پژوهش شامل آمارهای روزانه، جداول و شکل های رخداد های بارش روزانه و ماهانه ایستگاه های کلیماتولوژی محمدآباد یزد و تبخیر سنجی ده بالا متعلق به شرکت آب منطقه ای مورد استفاده قرار گرفت.

یافته های تحقیق

میانگین بارندگی سالانه در طول دوره آماری در ایستگاه های مورد بررسی در سطح حوضه طی دوره آماری متفاوت می باشد. به طوری که بیشترین میزان میانگین بارش سالانه مربوط به ایستگاه ده بالا با ۳۱۷ میلی متر و کمترین مربوط به ایستگاه یزد با ۵۴ میلی متر می باشد ولی میانگین کلی بارش در حوضه برابر با ۱۱۷ میلی متر در سال است (پویا ۱۳۷۹). بیشترین بارش روزانه مشاهده شده در طی این دوره نیز در ایستگاه ده بالا با ۸۳٫۵ میلی متر می باشد. خشک ترین سال در طی دوره آماری ۲۶ ساله برای ایستگاه ده بالا سال آبی ۸۶-۸۷ با میزان بارش ۵۷٫۴ میلی متر و مرطوب ترین سال در طی این دوره سال آبی ۷۴-۷۳ با میزان بارش ۵۳۸٫۳ میلی متر می باشد. خشک ترین سال در طی دوره آماری ۴۲ ساله برای ایستگاه یزد سال آبی ۷۹-۷۸ با میزان بارش ۷ میلی متر و مرطوب ترین سال در طی این دوره سال آبی ۷۸-۷۷ با میزان بارش ۱۱۳ میلی متر می باشد.

جدول ۱: جدول توزیع زمانی و تعداد رخداد های بارش ۲۴ ساعته (میلی متر) در طول سال های آماری ایستگاه یزد

ماه												سال
شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	
				2		2	3	1	2			1358-59
				1	1		3	1	4			1359-60
				3	1	4	3	3	1			1360-61
				1	8	3	2	3	4	6	2	1361-62
				1	7	4	2	3	2			1362-63
				1	1	2	1	6				1363-64
				4	4	6	6	2				1364-65
	1		1	1	2		2	1	7			1365-66
		1		1	3	2	4	2		1	1	1366-67
				2	1	3	3	3				1367-68
				1	1	1	5	3		2		1368-69
				2	7	5	2	5	2			1369-70
				2	7		2	3	4	1	1	1370-71
				۴		4	2	8	3			1371-72
				1	2	4	3		1			1372-73
			3	4	3	4		2	2	1	2	1373-74

			1		1	6	3	2	3		1	1374-75
				3	3	2	1	1	3			1375-76
		2		1	1	1	2	2	3	2		1376-77
				2	1	8	3	4				1377-78
					1		2					1378-79
			1		1	2	3	2	3	3	1	1379-80
				1	4	1		2	5	1		1380-81
				2	2	3	4	3		3		1381-82
				1	3	2	1	5	1			1382-83
					1	4		6	3	1		1383-84
				1	1		2	3	1	1		1384-85
					5	2	3	1	8	2		1385-86
							1	6				1386-87
				2	5	2	3		5	1		1387-88
					2	1	2		6	1		1388-89
				1	1	1	3	4				1389-90
					3		2		3	1		1390-91
				5	6	3	1	2	7	1		1391-92

بررسی نتایج نشان می‌دهد که اغلب بارش‌های شدید یزد در فصل زمستان و همچنین فروردین ماه رخ داده است. از بین ۳۴ سال آمار موجود در ایستگاه یزد بیشترین فراوانی‌ها ۱۰ مورد بهمن‌ماه (با فراوانی ۳۰ درصد) و ۱۰ مورد فروردین ماه (با فراوانی ۳۰ درصد) می‌باشد. همچنین ۵ مورد در دی ماه، ۴ مورد اردیبهشت، ۳ مورد آذر و ۲ مورد اسفند رخ داده است.

فصل تابستان و ماه‌های مهر، آبان و خرداد فاقد بارش‌های شدید روزانه بوده است. همچنین ۳ مورد از بارش‌های شدید آذر ماه در سال‌های اخیر یعنی ۸۸-۸۷، ۸۹-۸۸ و ۹۲-۹۱ رخ داده است.

در ایستگاه یزد بارش به صورت برف فقط در فصل زمستان رخ داده است و تنها ۱ مورد بارش برف در فروردین ماه در دوره آماری گزارش شده است. بیشترین فراوانی ۱۹ مورد دی ماه (بافراوانی ۴۴ درصد) و کم‌ترین فراوانی مربوط به اسفند ماه با ۶ مورد (فراوانی ۱۴ درصد) می‌باشد.

بررسی داده‌های ایستگاه ده‌بالا نشان می‌دهد که بارش‌های شدید اغلب در ماه‌های دی، اسفند، فروردین و اردیبهشت ماه رخ داده است. از بین ۲۶ سال آمار موجود ۵ مورد در دی (با فراوانی ۲۰ درصد)، همچنین ۵ مورد در اسفندماه (با فراوانی حدود ۲۰ درصد) و در ماه‌های فروردین و اردیبهشت نیز هر کدام ۴ مورد رخداد حداکثر مشاهده شده است. رخدادهای حداکثر در آبان، آذر، بهمن و خرداد هر کدام ۲ مورد مشاهده شده است.

فصل تابستان و مهر ماه فاقد بارش شدید روزانه می‌باشد.

همچنین ۳ مورد حداکثر بارش‌های سال‌های اخیر یعنی ۸۷-۸۶، ۹۱-۹۰ و ۹۲-۹۱ در فصل پاییز (آبان و آذر) رخ داده است. بارش برف در ده‌بالا از آبان تا فروردین رخ می‌دهد ولی حداکثرهای آن مربوط به فصل زمستان می‌باشد. بیشترین فراوانی ۹۸ مورد دی ماه (با فراوانی ۳۴ درصد) و کمترین مورد مربوط به آبان ۸ مورد (با تقریباً ۳ درصد فراوانی) می‌باشد.

جدول ۲: توزیع زمانی و تعداد رخداد‌های بارش ۲۴ ساعته (میلی متر) در طول سال‌های آماری ایستگاه ده‌بالا

ماه											سال
شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	
	1		1	3	5	5	7	6	5	4	1366-67
				8	5	6	2	1			1367-68
				1	3	1	5	5	4	8	1368-69
				1	6	8	3	6	1		1369-70
			3	10	4	5	4	5	8	1	1370-71
				4	3	12	7	12	4	1	1371-72
1			2	7	7	4	4	1	2	3	1372-73
			8	4	4	5	2	2	5	5	1373-74
		1	2	7	3	11	4	5	3		1374-75
	1	2	2	5	6	4	3	4	4		1375-76
	1			1	2	4	5	4	5	3	1376-77
					6	10	6	4	1		1377-78
					4	2	2	4		1	1378-79
	1		4	1	3	3	6	5	7	8	1379-80
	1			1	7	3	4	4	14	4	1380-81
	1			3	8	6	6	6	5	8	1381-82
		5		6	11	5	6	14	8		1382-83
	3		3	4	5	14	6	9	8	3	1383-84
				3	7	3	10	8	1	4	1384-85
	1	3	2	5	16	8	10	4	12	1	1385-86

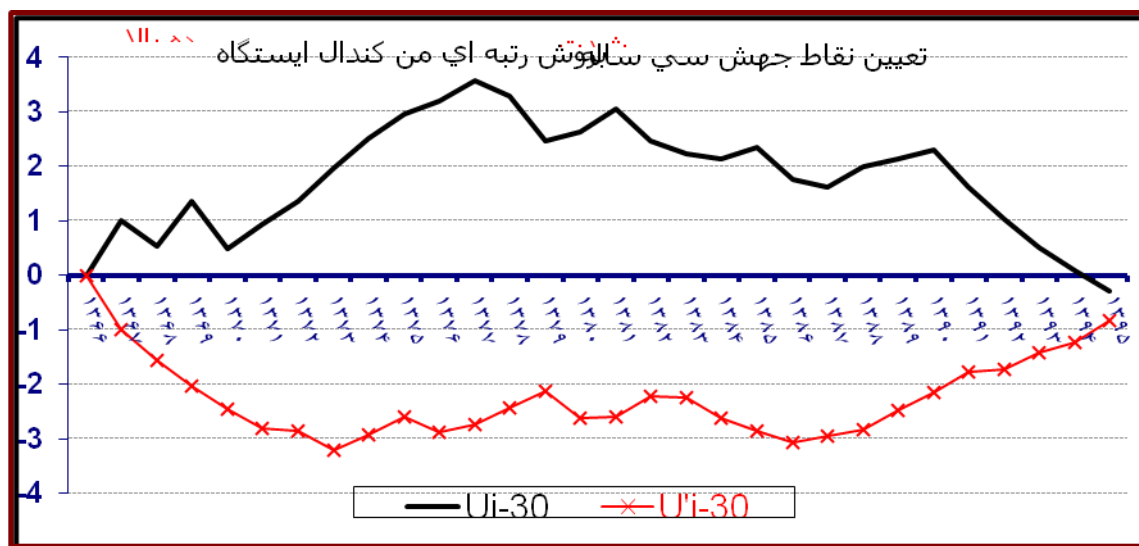
1		1		1	2	2	8	9	5	1	1	1386-87
		2	2	3	12	7	13	4	12	7		1387-88
				3	6	5	7	2	10	3		1388-89
1				4	7	8	10	7		2		1389-90
		2		7	8	3	5	3	3	6		1390-91
	2			7	8	8	7	8	10	6	3	1391-92

بررسی روند و شدت بارندگی

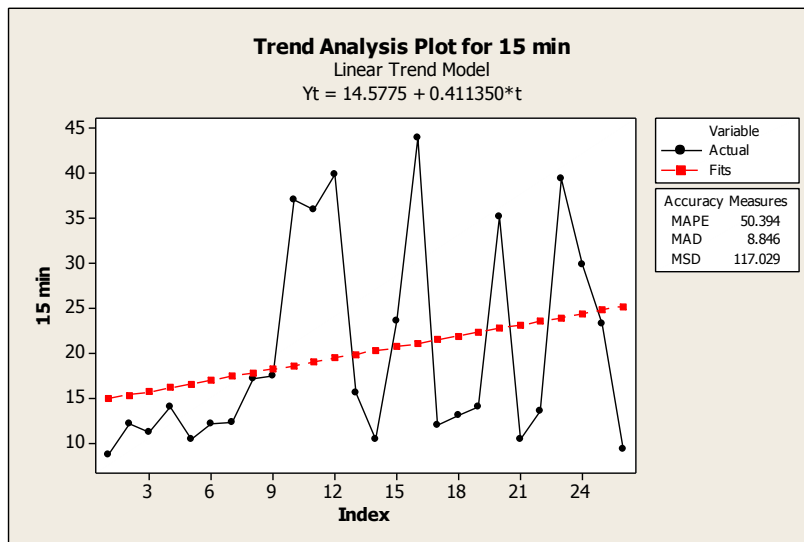
برای بررسی روند شدت بارندگی ابتدا از آزمون من کندال استفاده شد. آزمون من کندال برای ایستگاه یزد و ایستگاه ده بالا در بازه های زمانی ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه ای هر کدام جداگانه محاسبه شد.

سپس شدت بارندگی با استفاده از رگرسیون خطی برای هر دو ایستگاه و در تمام بازه های زمانی بررسی شد.

برای اطمینان داشتن از نتیجه محاسبات آزمون من کندال و رگرسیون خطی، شدت بارندگی در بازه های زمانی ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه ای با استفاده از آزمون ناپارامتری دنیلز بررسی شد.

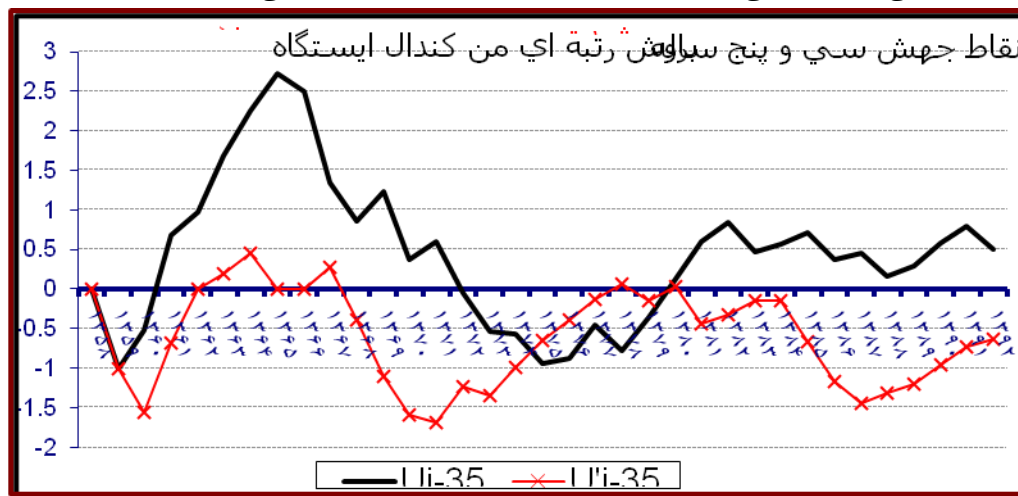


شکل ۱: روند تغییرات شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای با آزمون من کندال در ایستگاه ده بالا



شکل ۲: روند تغییرات شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای با رگرسیون خطی در ایستگاه ده بالا

شکل ۱ و ۲ نشان می‌دهد که شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای در ایستگاه ده بالا با استفاده از آزمون من کندال بدون روند می‌باشد. در صورتیکه بر اساس رگرسیون خطی شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای در طول دوره آماری روندی افزایشی داشته است.



شکل ۳: روند تغییرات شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای با آزمون من کندال در ایستگاه یزد

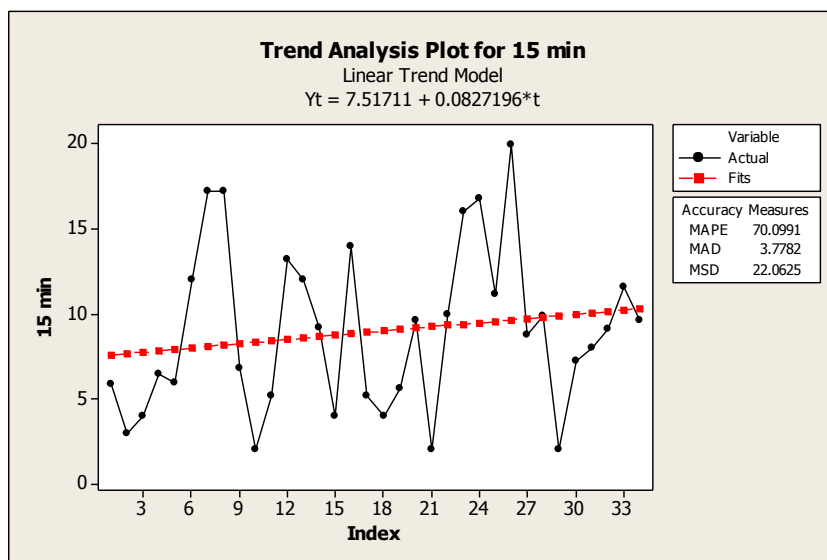
جدول ۳: بررسی روند تغییرات شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای ده بالا با آزمون دنیلز

Correlations			Rank	VAR15
Spearman's rho	Rank	Correlation Coefficient	1.000	.263
		Sig. (2-tailed)	.	.195
		N	26	26
	VAR15	Correlation Coefficient	.263	1.000
		Sig. (2-tailed)	.195	.
		N	26	26

Reject: H_0 if $|r_s| > r_{\frac{\alpha}{2}}$

Reject: H_0 if $|.263| < .289$

چون مقدار آزمون محاسبه شده از مقدار بحرانی جدول کوچکتر است، فرض صفر رد نمی شود و نتیجه گرفته می شود که شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای ده بالا با احتمال ۹۵ درصد روند ندارد.



شکل ۴: روند تغییرات شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای با رگرسیون خطی در ایستگاه یزد

شکل ۳ و ۴ نشان می دهد که شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای در ایستگاه یزد با استفاده از آزمون من کنдал بدون روند می باشد، در صورتیکه بر اساس رگرسیون خطی شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای در طول دوره آماری افزایشی بوده است.

جدول ۴: بررسی روند تغییرات شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای یزد با آزمون دنیلز

Correlations

	Rank	VAR15
Spearman's rho	Rank	Correlation
		Coefficient
		Sig. (2-tailed)
	N	
VAR15	Rank	Correlation
		Coefficient
		Sig. (2-tailed)
	N	

قاعده تصمیم گیری:

$$\text{Reject: } H_0 \text{ if } |Z| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$$

$$\text{Reject: } H_0 \text{ if } |.189| < 1.96$$

چون مقدار آزمون محاسبه شده از مقدار بحرانی جدول کوچکتر است، نتیجه گرفته می‌شود که شدت بارندگی یزد با احتمال ۹۵ درصد روند ندارد.

بارش ماهانه ایستگاه ده بالا

روند تغییرات بارندگی ماهانه در طول دوره آماری در ماه‌های مختلف (مهر تا خرداد) ایستگاه ده بالا مورد بررسی قرار گرفت. بارندگی مهر ماه از سال آبی ۱۳۷۹-۸۰ به شدت کاهش یافته است به طوریکه در اکثر سالها مقدار بارندگی در این ماه صفر است. بارندگی خرداد ماه از سال آبی ۱۳۷۹-۸۰ به شدت کاهش یافته، به طوریکه مقدار بارندگی در اکثر سالها در خرداد ماه صفر می‌باشد. از بررسی ها مشخص می‌شود که میزان بارندگی ماهانه در ایستگاه ده بالا در دوره آماری در ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت روند خاصی ندارد.

بارش ماهانه ایستگاه یزد

روند تغییرات بارندگی ماهانه در طول دوره آماری در ماه‌های مختلف (مهر تا خرداد) در ایستگاه یزد مورد بررسی قرار گرفت. بارندگی مهر ماه از سال آبی ۱۳۷۴-۷۵ به شدت کاهش یافته است به طوریکه در اکثر سالها مقدار بارش در این ماه به صفر رسیده است. بارندگی آذر ماه از سال آبی ۱۳۸۰-۸۱ در یزد روندی صعودی داشته است. میزان بارندگی اسفند ماه روندی کاهشی را نشان می‌دهد و فقط در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ میزان بارندگی به میانگین دوره آماری نزدیک است. میزان بارندگی در اردیبهشت ماه از سال آبی ۱۳۸۱-۸۲ کاهش یافته است. فقط در سال آبی ۱۳۹۱-۹۲ میزان بارش از متوسط دوره آماری بیشتر است. بارندگی خرداد ماه در ایستگاه یزد از سال آبی ۱۳۷۹-۸۰ به میزان صفر رسیده است. شکلهای ۴-۳۹، ۴-۴۱، ۴-۴۲ و ۴-۴۴ نشان می‌دهد که بارندگی ماهانه در ایستگاه یزد در طول دوره آماری در ماه‌های آبان، دی، بهمن و فروردین روند خاصی را دنبال نمی‌کند

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش جهت ارزیابی تغییرات و روند شدت بارندگی در دشت یزد- اردکان از اطلاعات بارندگی ایستگاه باران سنجی محمد آباد یزد طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۵۸ و ایستگاه باران سنجی ده بالا طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۶۷ استفاده شد. برای بررسی روند شدت بارندگی از آزمون ناپارامتری من کندال، آزمون ناپارامتری دنیلز و روش رگرسیون خطی استفاده شد. بررسی داده‌های ایستگاه ده بالا نشان می‌دهد که بارش‌های شدید اغلب در ماه‌های دی، اسفند، فروردین و اردیبهشت ماه رخ داده است. فصل تابستان و مهر ماه فاقد بارش شدید روزانه می‌باشد. بارش برف در ده بالا از آبان تا فروردین رخ می‌دهد ولی حداکثرهای آن مربوط به فصل زمستان است.

در مرحله بعد شدت بارندگی در بازه‌های زمانی (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه‌ای) در ایستگاه‌های مطالعاتی بررسی گردید و نتایج نشان داد که روند و شدت بارندگی در ایستگاه‌های مطالعاتی متفاوت بوده و اصولاً فاقد روند می‌باشد. که با نتایج تحقیقات مانتن (۲۰۰۰) و حجام (۱۳۸۷) که هر دو در تحقیقاتشان خاطر نشان کردند که مقدار بارش روند خاصی ندارد، مطابقت می‌کند. در بعضی از بازه‌های زمانی روند شدت بارندگی با روشهای مختلف متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال روند شدت بارندگی ۱۵ دقیقه‌ای یزد با روش من-کندال بدون روند می‌باشد در حالیکه با روش رگرسیون خطی شدت بارندگی دارای روند صعودی می‌باشد. علت این تفاوت می‌تواند ساده بودن روش رگرسیون خطی باشد. اصولاً این روش به داده‌های خیلی کوچک و خیلی بزرگ به شدت حساس است. سپس روند تغییرات بارندگی ماهانه و تغییرات بارش برف در طول دوره آماری در ماه‌های مختلف (مهر تا خرداد) در هر دو ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده کاهش تعداد رخداد بارش در ماه‌های مهر و آبان و افزایش تعداد رخداد بارش آذرماه در ایستگاه یزد می‌باشد. ایستگاه ده بالا افزایش تعداد رخداد بارش در ماه‌های آذر، بهمن و فروردین را نشان می‌دهد.

منابع

۱. تلوری عبدالحسین (۱۳۷۴)، عوامل موثر بر وقوع یا تشدید سیل و خسارت آن، کارگاه آموزشی مهار سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران، تهران.
۲. طباطبایی حسین و مهرداد حسینی (۱۳۸۲)، بررسی تغییر اقلیم در شهر سمنان بر اساس پارامترهای بارش متوسط ماهیانه و متوسط دمای ماهیانه، سومین کنفرانس تغییر اقلیم، دانشگاه اصفهان
3. Xiaoying zhang, zhentaocang (2014) Trends of precipitation intensity and frequency in hydrological regions of china from 1965-2005, state key laboratory of Hydraulic Engineering, Tsinghua university, Beijing 100084, china

بررسی هیدروژئوشیمی چاههای آب شرب شهر کردکوی

◆◆◆◆◆

اسماعیل قزلسفلو^{۱*}، مجتبی قره محمودلو^۲، مصطفی رقیمی^۳، سید محمد سید خادمی^۴

^{۱*}دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه گلستان، ایمیل: ghezelsefloo@gmail.com

^۲استادیارگروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه گنبد کاووس، ایمیل: mmahmoodlu@yahoo.com

^۳استاد گروه زمین شناسی دانشگاه گلستان، ایمیل: raghimi@yahoo.com

^۴دانشجوی دکتری دانشگاه دویسبورگ اسن آلمان، دانشکده شیمی، دپارتمان شیمی تجزیه دستگاهی آب، ایمیل: seidkhademi@gmail.com

◆◆◆◆◆

چکیده:

به منظور بررسی هیدروژئوشیمی آبخوان شهر کردکوی از آنالیز شیمیایی ۱۴ حلقه چاههای آب شرب در بهار و پاییز ۱۳۹۶ شهر کردکوی استفاده شد. باتوجه به نمودار پایپر آب زیرزمینی آبخوان شهر کردکوی چاههای آب شرب دارای تنوع گوناگون از رخسارهای هیدروژئوشیمیایی نظیر Ca-Mg-HCO_3 (تیپ شیرین)، Ca-Mg-Cl-HCO_3 (تیپ ترکیبی) و Na-Cl (تیپ شورمه) می باشد. همچنین براساس نمودار دروو، روند تکاملی هیدروژئوشیمیایی آبخوان به سمت تیپهای کلریده کلسیم و سدیم دار (Ca-Cl و Na-Cl) می باشد. نمودارهای ترکیبی چاههای آب شرب شهر کردکوی نشان از حالت خطی بین دو یون سدیم و کلر در هر دو فصل بهار و پاییز دارد که این امر نشان از اختلاط دو آب شور و شیرین دارد. براساس نمودار شولر در حدود ۵ چاه از ۱۴ چاه آب شرب، دارای کیفیت نامناسب برای شرب می باشند. میانگین نترات در هر دو فصل کمتر از حد مجاز می باشد. دامنه تغییرات فلوراید بین ۰/۱۱ تا ۱ میلی گرم بر لیتر متغیر می باشد. اگرچه میانگین این پارامتر در هر دو فصل کمتر از حد مطلوب می باشد و نیاز به افزودن فلوراید به آب شرب (فلوراید تراپی) می باشد.

کلید واژه ها: (هیدروژئوشیمی، چاههای آب شرب، نمودار پایپر، نمودار شولر)

Hydrogeochemical investigation of drinking water wells in Kordkuy city

Esmail Ghezelsefloo^{1*}, Mostafa Raghimi², Mojtaba G. Mahmoodlu³, Seyedmohammad Seyedkhademi⁴

^{1*}MSc student at Environmental Geology, Golestan University, email: ghezelsefloo@gmail.com

²Professor at Geology Group, Golestan University, e-mail: raghimi@yahoo.com

³Assistant prof. at Department of Watershed and Rangeland Management, Gonbad Kavous University, e-mail: mmahmoodlu@yahoo.com

⁴PhD Student at Group of Instrumental Analytical Chemistry, University of Duisburg-Essen, Germany, e-mail: seidkhademi@gmail.com

Abstract:

In order to investigate the hydrogeochemistry of Kordkuy city aquifer, chemical analysis of 14 drinking water wells in of spring and autumn of 2017 were used. According to the Piper diagram, the drinking water wells of Kordkuy aquifer have a variety of hydrogeochemical facies such as Ca-Mg-HCO_3 (Fresh type), Ca-Mg-Cl-HCO_3 (Blended type) and Na-Cl (Brackish type). Also, based on the square section of Durov diagram, the hydrogeochemical evolution of the aquifer is towards calcium chloride and sodium chloride (Ca-Cl and Na-Cl). Scatter Plots of drinking water wells in Kordkuy indicate a linear pattern between two sodium and chloride ions in both spring and autumn, which indicates the mixing of salt and fresh waters. According to the Schoeller diagram, about 5 wells from 14 drinking wells have unsuitable quality for drinking water. The average nitrate

concentration in both seasons is lower than the permission limit. Fluoride variation range varies between 0.11 to 1 mg/l. Although the mean of this parameter is less than desired limit in both seasons, it is necessary to add fluoride to drinking water (fluoride therapy).

Keywords : (Hydrochemistry, drinking water wells, Piper diagrams, Schuler diagram)



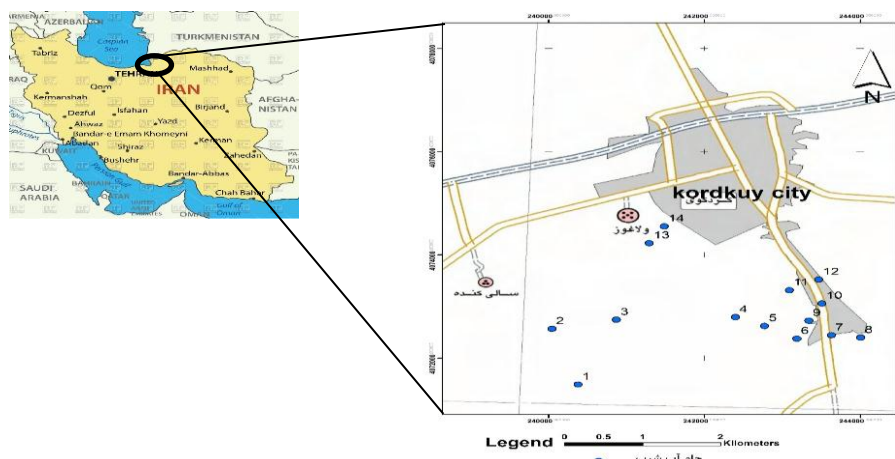
مقدمه :

خواص شیمیایی آب زیرزمینی در یک حوضه متأثر از ترکیب رسوبات نهشته شده، تبخیر و تعرق، توپوگرافی منطقه، ترکیب آب تغذیه کننده، وضعیت خشکسالی و ترسالی و فعالیت بشری می باشد. همچنین کانی شناسی سنگ کف تنها در حالتی که منشأ آن از خود رسوبات باشد می تواند بر روی شیمی آب تاثیر داشته باشد. علاوه بر لیتولوژی آبخوان که کنترل کننده شیمی آب زیرزمینی است، پارامترهای هیدروژئولوژیکی نظیر قابلیت انتقال (T) و سرعت جریان می توانند با تاثیر گذاری بر زمان ماندگاری، روند واکنش های آب-سنگ را کنترل نمایند بطوریکه کاهش در سرعت حرکت آب باعث افزایش مدت زمان تماس و در نتیجه غنی شدن آب از املاح می گردد. بنابراین مطالعات هیدروژئوشیمیایی آبخوانها میتواند اطلاعات مفیدی را در رابطه با تاثیر مواد متشکله آبخوان و منطقه، مسیر جریان آب، تاثیر سنگ کف، نواحی تغذیه و تخلیه، نواحی تبخیر از آب زیرزمینی و تاثیر آبهای سطحی بر آب زیرزمینی و کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب، کشاورزی و صنعت در اختیار قرار دهد (Appelo & Postma, 1994).

روش هایی را که برای تعیین ترکیب آب زیرزمینی در محدوده شهر بعد بررسی های اولیه، مورد استفاده قرار گرفته، روش نمودارهای ترکیبی و روشهای آماری می باشد. در روش اول با بررسی نمودارها همبستگی بین یونهای اصلی و مجموع کل یونهای اصلی آب زیرزمینی می توان به منشأ و اختلاط آب زیرزمینی پی برد (Mazor, 1991)، اما در روش دوم ترکیب عواملی را که باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی شده را می توان مشخص نمود.

موقعیت منطقه مورد مطالعه:

شهرستان کردکوی در غرب استان گلستان و در فاصله ۲۹ کیلومتری گرگان واقع شده است. جنوب این شهرستان را ارتفاعات البرز شرقی تشکیل می دهد که حداکثر ارتفاع آن از سطح دریا به ۳۵۰۰ متر می رسد. بخش شمالی شهرستان از زمین های جلگه ای هموار با شیب ملایم تشکیل و به زمین های بندر ترکمن، رودخانه قره سو و خلیج گرگان منتهی می گردد. باتوجه به موقعیت جغرافیایی، ارتفاع و امتداد کوهها و همچنین نزدیکی به دریای خزر، این شهرستان در قسمت جلگه ای دارای آب و هوای معتدل مرطوب و در قسمت کوهستانی، دارای آب و هوای معتدل کوهستانی است. محدوده تقریبی مورد مطالعه در حد فاصل طول جغرافیایی ۵۴° ۰۰' تا ۵۴° ۱۰' و عرض جغرافیایی ۳۶° ۴۵' لغایت ۳۶° ۵۰' می باشد. منطقه مذکور بخشی از زون ساختاری گرگان-رشت بوده و عمده تشکیلات زمین شناسی منطقه مذکور رسوبات آبرفتی سیلتی رسی کواترنری و در بخش جنوبی تپه های لسی و شسیت های پرکامبرین گرگان می باشد.



شکل ۱: نقشه موقعیت چاههای نمونه
برداری در استان گلستان و ایران

روش تحقیق:

در این پژوهش از نتایج آنالیز شیمیایی مربوط به ۱۴ حلقه چاه آب شرب شهر کردکوی در بهار و پاییز ۱۳۹۶ استفاده شد (جدول ۱ و ۲). نمونه های جمع آوری شده نیز بر طبق روش های استاندارد تجزیه آب آشامیدنی در آزمایشگاه شیمی آب، اداره کل آب و فاضلاب شهر گرگان مورد آزمایش قرار گرفته است (موسسه استاندارد ایران، ۱۳۶۷؛ EPA, 1998, APHA, AWWA, WPCF, 1995). به منظور بررسی تیپ غالب آب زیرزمینی چاهها از نرم افزار AqQa استفاده شد. همچنین جهت تعیین رخساره نمونه های آب مربوط به چاهها از نمودارهای پاییز و درو استفاده شده است. سپس با استفاده از نمودارهای ترکیبی منشاء برخی از یونهای تاثیر گذار بر کیفیت آب زیرزمینی مورد بررسی و در نهایت براساس نمودار شولر کیفیت آب به لحاظ شرب مورد ارزیابی قرار گرفت.

بهار ۱۳۹۶

پارامتر	تعداد نمونه	میانگین	کمترین	بیشترین
pH	۱۴	۷/۷۴	۷/۵۳	۸/۰۱
EC (μmhos/cm)	۱۴	۱۱۶۲/۳	۴۶۸	۲۵۵۰
TDS (mg/l)	۱۴	۶۳۸/۱	۲۵۴	۱۴۵۳
فلوراید (mg/l)	۱۴	۰/۵۹	۰/۳	۱
کلرید (mg/l)	۱۴	۲۵۲/۱۳	۱۵/۱۹	۷۹۰
سولفات (mg/l)	۱۴	۱۷/۹۶	۱۵/۳	۷/۱۹
بیکربنات (mg/l)	۱۴	۲۳۰/۶	۲۰۰	۲۷۲
نترات (mg/l)	۱۴	۵/۷	۲/۱۱	۱۵/۱۶
کلسیم (mg/l)	۱۴	۱۰۹/۳۳	۵۵/۳	۵/۲۳۳
منیزیم (mg/l)	۱۴	۲۸/۲۴	۱۲/۸	۵۹/۸
سدیم (mg/l)	۱۴	۵۸/۱۲	۱۳/۲	۲۲۰/۵
پتاسیم (mg/l)	۱۴	۱/۶۲	۰/۶۷	۶/۲

پاییز ۱۳۹۶

پارامتر	تعداد نمونه	میانگین	کمترین	بیشترین
pH	۱۴	۷/۶۱	۷/۳۶	۸/۸۴
EC (μmhos/cm)	۱۴	۱۱۸۳/۰۷	۵۵۶	۲۷۳۵
TDS (mg/l)	۱۴	۷۱/۶۷۵	۳۱۷	۱۵۵۹
فلوراید (mg/l)	۱۴	۰/۱۱	۰	۰/۳۸
کلرید (mg/l)	۱۴	۲۴۳/۴۴	۵/۲۸	۸۲۲
سولفات (mg/l)	۱۴	۱۶/۶۲	۱/۱۴	۱۸/۱
بیکربنات (mg/l)	۱۴	۲۷۰/۵۷	۲۲۰	۳۰۰
نترات (mg/l)	۱۴	۵/۰۲	۱/۴۲	۱۲/۷
کلسیم (mg/l)	۱۴	۱۱۳/۷	۷۰	۲۳۶
منیزیم (mg/l)	۱۴	۲۹/۹۷	۱۴/۶	۶۵
سدیم (mg/l)	۱۴	۸۲/۹۶	۱۴/۵	۲۳۵
پتاسیم (mg/l)	۱۴	۲/۲۸	۱/۲	۵/۳

جدول ۱: نتایج آنالیز شیمیایی چاههای آب شرب شهر کردکوی در بهار و پاییز ۱۳۹۶



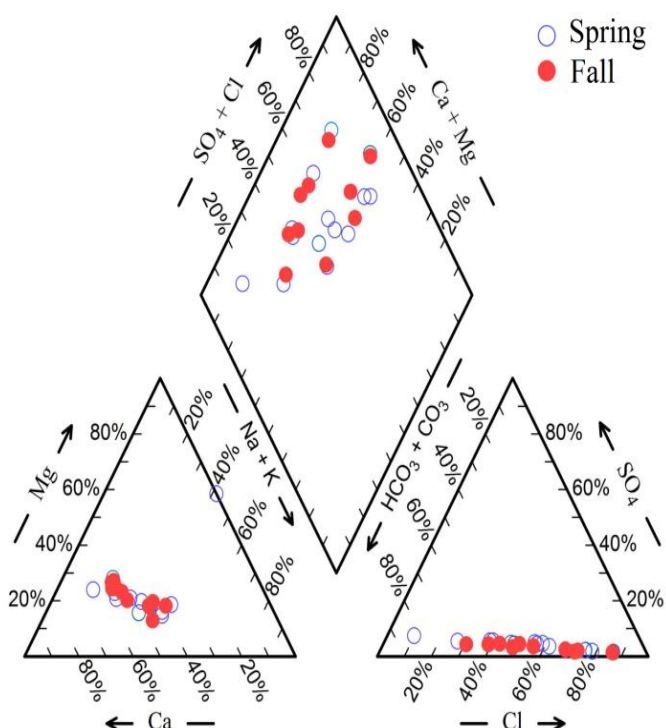
بحث و نتایج:

- **هیدروژئوشیمی:** باتوجه به نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی آب، تیپ Ca-HCO_3 و تیپ Ca-Cl به ترتیب تیپ های غالب آب زیرزمینی در آبخوان شهر کرد کوی در بهار و پاییز می باشد (جدول ۳). براین اساس در پاییز سال ۱۳۹۶ تیپ آب تمایل به سمت تیپ Ca-Cl دارد. که این امر بیانگر غالب شدن آنیون کلرید در آب زیرزمینی و جایگزین شدن آن با یون بیکربنات دارد. باتوجه به نزدیکی منطقه به خلیج گرگان و همچنین فراوانی یون کلراید در آب دریا می توان نتیجه گرفت که اختلاط آب شور و شیرین در حال انجام است.

جدول ۳: تغییرات تیپ آب در بهار و پاییز ۹۶					
تیپ آب	Ca-HCO_3	Mg-HCO_3	Ca-Cl	Na-Cl	توضیحات
شماره چاه	۱،۲،۴،۱۲،۱۳	۸	۶،۷،۹،۱۴	۵،۱۰،۱۱	بهار
شماره چاه	۱،۲،۴،۱۲،۱۳	-	۱۴،۱۱،۵،۶،۷،۸،۹،۳	۱۰	پاییز

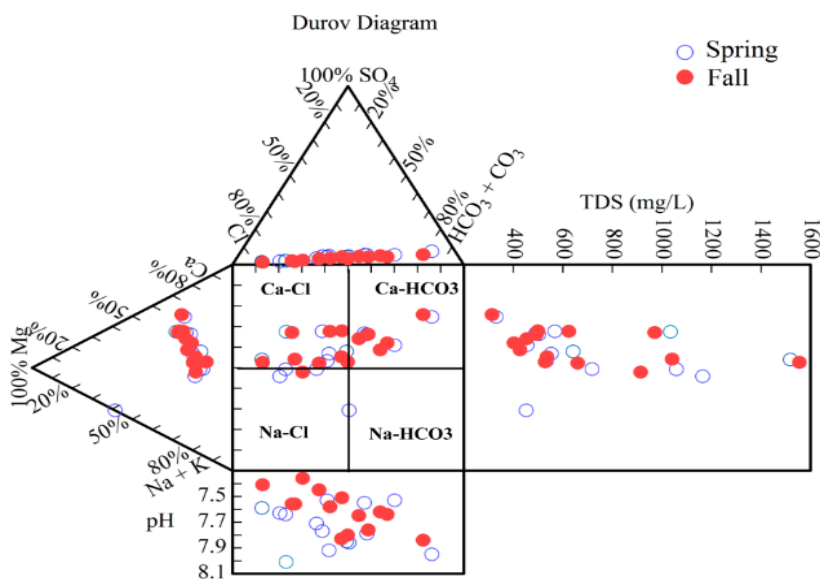
به منظور بررسی کیفیت هیدروژئوشیمی آب چاهها ابتدا از دیاگرام پایپر (شکل ۲) استفاده شد. باتوجه به نمودار پایپر، آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه دارای تنوع گوناگون از رخسارهای هیدروژئوشیمیایی نظیر Ca-Mg-HCO_3 (تیپ شیرین) تا Na-Cl (شور مزه) می باشد. در تیپ شور مزه احتمال نفوذ یا اختلاط آب شور بالا می باشد. تیپ شور مزه دارای مقدار قابل توجهی کلرید می باشد در حالیکه غلظت بی کربنات، مشابه با تیپ های فوق است. میزان TDS آبهای شور مزه بین ۷۷۰ تا ۲۴۵۰ میلی گرم بر لیتر تغییر و سختی بالائی (بیش از ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر برحسب بی کربنات کلسیم) دارند.

Piper Diagram



شکل ۲: نمودار پایپر چاههای آب شرب شهر کرد کوی در بهار و پاییز ۹۶

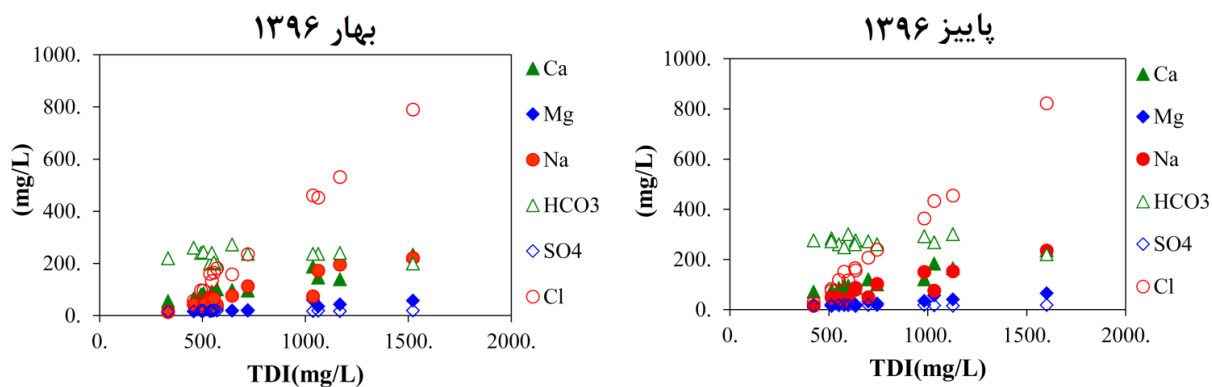
علاوه بر این، باتوجه به نزدیکی منطقه مورد مطالعه به ارتفاعات (منطقه تغذیه) آب زیرزمینی می‌بایست دارای تیپ غالب بی‌کربناته باشد. این درحالیست که میزان غلظت یون‌های کلر و سدیم در آب زیرزمینی بالا می‌باشد. از طرفی بر طبق سکانس تکاملی آب زیرزمینی، محدوده مورد مطالعه دارای تیپ محل تغذیه (HCO_3) این نکته باتوجه به مسیر طی شده توسط آب زیرزمینی نشان از عاملی و یا عواملی دارد که در طول مسیر کیفیت آب زیرزمینی منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهند. که این امر می‌تواند به احتمال زیاد نفوذ آب شور در آب زیرزمینی باشد. نمودار دروو، نمودار تغییر یافته و تکمیل‌تر نمودار پایپر می‌باشد که برای تعیین روند تکاملی هیدروژئوشیمیایی آبخوان بکار می‌رود. روند نمونه‌ها در این نمودار نشان از تمایل آنها به سمت رخساره سدیک دارد (شکل ۳). باتوجه به اینکه مسیر تکاملی آبخوان به سرعت طی شده، نمودارهای مربوطه نیز وجود عامل تاثیرگذار بر کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی آبخوان شهر کردکوی را به اثبات می‌رسانند. همچنین براساس قسمت مربع شکل نمودار دروو در هر دو فصل بهار و پاییز سال ۱۳۹۶ می‌توان جهت (سیکل) هیدروژئوشیمیایی شناسایی کرد (شکل ۳). بنظر می‌رسد که از روند تکاملی هیدروژئوشیمیایی آبخوان به سمت تیپ‌های کلریده کلسیم و سدیم دار (Na-Cl و Ca-Cl) می‌باشد.



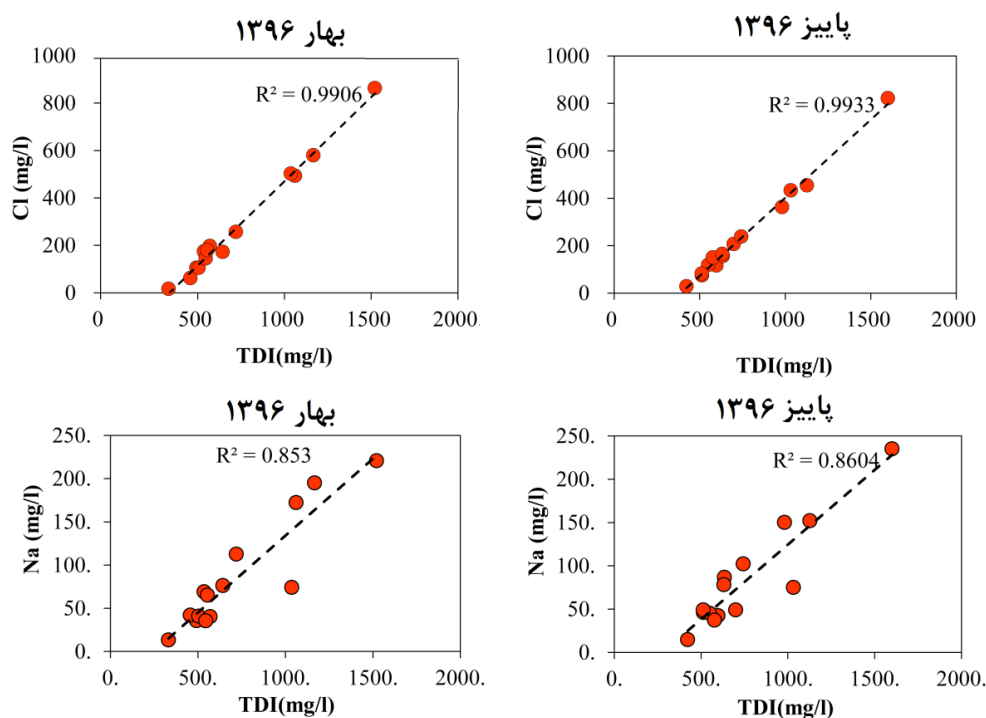
شکل ۳: نمودار دروو چاههای آب شرب
شهر کردکوی در بهار و پاییز ۹۶

در مرحله بعد با توجه به احتمال نفوذ آب شور در آبخوان کردکوی، به منظور اثبات نفوذ آب شور از نمودارهای ترکیبی استفاده شد (شکل ۴). نمودارهای ترکیبی وسیله‌ای جهت تعیین منشأ آب زیرزمینی می‌باشند. این نمودارها دارای حالات مختلفی بوده و هریک تفسیر مشخصی دارند. بطور مثال در صورتیکه توزیع داده‌ها به صورت یک دسته تجمع پیدا کند نشانه وجود یک منبع تغذیه کننده می‌باشد. نمودارهای ترکیبی چاه‌های آب شرب شهر کردکوی نشان از حالت خطی بین دو یون سدیم و کلر در هر دو فصل بهار و پاییز دارد که این امر نشان از اختلاط دو آب شور و شیرین

دارد. از آنجائیکه برون یابی خط محور افقی را قطع می‌کند که بیانگر آن می‌باشد که آب شیرین حاوی یونهای با غلظت بیشتری از سدیم و کلر می‌باشد (شکل ۵).



شکل ۴: نمودار مقایسه نسبت غلظت یون های اصلی در برابر TDI

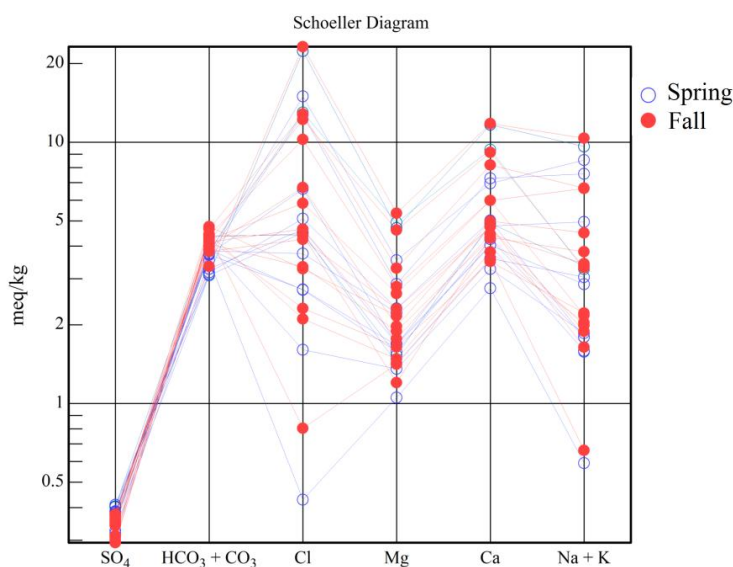


شکل ۵: نمودار TDI در برابر غلظت سدیم در پاییز ۱۳۹۶

کیفیت آب برای شرب:

جهت بررسی قابلیت شرب آب زیرزمینی آبخوان شهر کردکوی از نمودار نیمه‌لگاریتمی شولر (Schoeller, 1944) استفاده ده است. این نمودار یکی از مهم‌ترین طبقه‌بندی‌ها جهت بررسی کیفیت آب از نظر شرب می‌باشد. این دیاگرام بر پایه

غلظت یون‌های اصلی سدیم، کالر، سولفات، کلسیم، منیزیم استوار است. در این دیاگرام غلظت یون‌های اصلی بر حسب میلی‌اکی‌والان گرم در لیتر نشان داده می‌شود. براساس دیاگرام شولر آب‌ها از نظر شرب به شش گروه شامل خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامناسب و غیر قابل شرب تقسیم می‌شود. براساس این نمودار در حدود ۵ چاه از ۱۴ چاه آب شرب دارای کیفیت متوسط تا نامناسب برای شرب می‌باشند. میزان نترات آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه در فصل بهار کمتر از حد مجاز می‌باشد. میانگین این پارامتر در هر دو فصل کمتر از حد مجاز می‌باشد. دامنه تغییرات فلوراید بین ۰/۱۱ تا ۱ میلی گرم بر لیتر متغیر می‌باشد. اگرچه میانگین این پارامتر در هر دو فصل کمتر از حد مطلوب می‌باشد و نیاز به افزودن فلوراید به آب شرب (فلوراید تراپی) می‌باشد.



شکل ۲: نمودار شولر چاههای آب شرب شهر کردکوی در بهار و پاییز ۹۶

نتیجه گیری :

به منظور بررسی هیدروژئوشیمی آب چاههای شهر کردکوی از دیاگرام‌های پایپر و دروو استفاده شد. باتوجه به نمودار پایپر، آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه دارای تنوع گوناگون از رخسارهای هیدروژئوشیمیایی نظیر Ca-Mg-HCO_3 (تیپ شیرین)، Ca-Mg-Cl-HCO_3 (تیپ ترکیبی) و Na-Cl (تیپ شورمرزه) می‌باشد. همچنین براساس قسمت مربع شکل نمودار دروو در هر دو فصل بهار و پاییز سال ۱۳۹۶ می‌توان جهت توالی (سیکل) هیدروژئوشیمیایی را شناسایی کرد. بنظر می‌رسد که از روند تکاملی هیدروژئوشیمیایی آبخوان به سمت تیپ‌های کلریده کلسیم و سدیم‌دار (Na-Cl و Ca-Cl) می‌باشد. باتوجه به نزدیکی منطقه مورد مطالعه به ارتفاعات (منطقه تغذیه)، آب زیرزمینی می‌بایست دارای تیپ غالب بی‌کربناته باشد. این درحالیست که میزان غلظت یون‌های کالر و سدیم در آب زیرزمینی بالا می‌باشد که این امر می‌تواند احتمال نفوذ آب شور در آب زیرزمینی را بالا ببرد. نمودارهای ترکیبی چاههای آب شرب شهر کردکوی نشان از حالت خطی بین دو یون سدیم و کالر در هر دو فصل بهار و پاییز دارد که این امر نشان از اختلاط دو آب شور و شیرین دارد. از آنجائیکه برون یابی خط محور افقی را قطع می‌کند که بیانگر آن می‌باشد که آب شیرین حاوی یونهای با غلظت بیشتری از سدیم و

کلر می‌باشد. براساس نمودار شولر در حدود ۵ چاه از ۱۴ چاه آب شرب دارای کیفیت نامناسب برای شرب می‌باشند. میانگین نترات در هر دو فصل کمتر از حد مجاز می‌باشد. دامنه تغییرات فلوراید بین ۰/۱۱ تا ۱ میلی گرم بر لیتر متغیر می‌باشد. اگرچه میانگین این پارامتر در هر دو فصل کمتر از حد مطلوب می‌باشد و نیاز به افزودن فلوراید به آب شرب (فلوراید تراپی) می‌باشد.

منابع فارسی :

- قره محمودلو، م.، رقیمی، م. و طهماسبی، ا.، ۱۳۸۷. استفاده از مطالعات هیدروژئوشیمی برای تشخیص نفوذ آب شور در چاههای آب (مطالعه موردی شهر ساری). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۵، شماره ۴.
- اغنیاپی، ف.، زارعی، م. و اسدی، س.، ۱۳۹۶. بررسی منشا فلوراید در آب زیرزمینی در جنوب ایران، صحرای باغ لارستان. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، جلد ۷، شماره ۲۴.
- عاطفه، م.، تقوی، ل. و دیگران، ۱۳۹۵. بررسی کیفیت آب شرب چاه های حوزه لواسانات کوچک. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، جلد ۱۸، شماره ۳.
- شاه پسندزاده، م.، ۱۳۷۱، تحلیل ساختاری و تفسیر محیط رسوبی مجموعه سنگهای دگرگونی گرگان، دانشگاه تربیت معلم تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی، ۲۹۷ صفحه.
- فنونی، ب.، ۱۳۶۸، بررسی علل افت سطح آب چاه های شرب شهر گرگان، اداره کل آبیاری گرگان، گزارش داخلی، ۸۲ صفحه.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۶۷، ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، شماره استاندارد ۱۰۵۲، ۱۳ صفحه.

References:

- Mazor, E. 1991. Applied Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology, John Wiley & Sons, New York, 274P
- Southeast Gibbison, A., and Randall, J. 2006. The salt water intrusion problem and water conservation practices in Georgia, USA. Water and Environment Journal. Vol.2 (3).
- Bay in Croatia. Biondic, B., Biondic, R., and Measki, H. 2005. Sea water intrusion in coastal karst aquifers in Baka-Geophysical Research Abstracts, Vol.7.
- Adrian D. Werner, On the classification of seawater intrusion, Journal of Hydrology, Volume 551, 2017, Pages 619-631.
- U.A. Lathashri, A. Mahesha, Simulation of Saltwater Intrusion in a Coastal Aquifer in Karnataka, India, Aquatic Procedia, Volume 4, 2015, Pages 700-705.
- M. Argamasilla, J.A. Barberá, B. Andreo, Factors controlling groundwater salinization and hydrogeochemical processes in coastal aquifers from southern Spain, Science of The Total Environment, Volume 580, 2017, Pages 50-68.
- Appelo, C.A.J., and D. Postma, 1994. Geochemistry, Groundwater and Pollution, Brookfield, 2th Balkema, Rotterdam, 56P
- Schoeller, H., 1955. Terres et eaux (Paris-Algiers), Unesco series, paris pp: 4-11.

بررسی نفوذ آب شور در آبخوان شهر کردکوی



اسماعیل قزلسفلو^{۱*}، مصطفی رقیمی^۲، مجتبی قره محمودلو^۳، سید محمد سید خادمی^۴

^{۱*}دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه گلستان، ایمیل: ghezelsefloo@gmail.com

^۲استاد گروه زمین شناسی دانشگاه گلستان، ایمیل: raghimi@yahoo.com

^۳استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه گنبد کاووس، ایمیل: mmahmoodlu@yahoo.com

^۴دانشجوی دکتری دانشگاه دویسبورگ اسن آلمان، دانشکده شیمی، دپارتمان شیمی تجزیه دستگاهی آب، ایمیل: seidkhademi@gmail.com



چکیده:

اختلاط آب زیرزمینی با آب شور دریای خزر، یکی از مشکلاتی است که همواره آبخوانهای ساحلی شمال کشور را تهدید می کند. به منظور بررسی نفوذ آب شور در آبخوان شهر کردکوی از نتایج آنالیز شیمیایی مربوط به ۱۹ حلقه چاه آب شرب در بهار ۱۳۹۶ استفاده شد. بدین منظور ابتدا با استفاده از دیاگرام پایپر، تیپ و رخساره هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی در آبخوان شهر کردکوی تعیین گردید. سپس با استفاده از دو روش نمودارهای دو متغیره و نسبت رول نفوذ آب شور در برخی از چاههای آب شرب بررسی شد. با توجه به نمودار پایپر، آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه دارای تنوع گوناگون از رخساره های هیدروژئوشیمیایی نظیر Ca-Mg-HCO_3 (تیپ شیرین)، Ca-Mg-Cl-HCO_3 (تیپ ترکیبی) و Na-Cl (تیپ شورمهزه) است. نمودارهای ترکیبی رسم شده بیانگر روند خطی واضح بین یون های سدیم و کلر است که این موضوع بیانگر اختلاط بین آب شور (حاوی یون های سدیم و کلر) و شیرین با نسبت های مختلف می باشد. بر اساس نسبت رول در ۶ حلقه چاه آب شرب، مقدار نسبت یون کلر به مجموع یون های بیکربنات و کربنات بیش از یک است که این امر حاکی از نفوذ آب شور در این چاهها می باشد.

کلید واژه ها: (نفوذ آب شور، نسبت رول، رخساره های هیدروژئوشیمیایی، آب زیرزمینی)

Investigation of saltwater intrusion in Kordkuy City Aquifer

Esmail Ghezelsefloo^{1*}, Mostafa Raghimi², Mojtaba G. Mahmoodlu³, Seyedmohammad Seyedkhademi⁴

^{1*}MSc student at Enviromental Geology, Golestan University, e-mail: ghezelsefloo@gmail.com

²Professor at Geology Group, Golestan University, e-mail: raghimi@yahoo.com

³Assistant prof. at Department of Watershed and Rangeland Management, Gonbad Kavous University, e-mail: mmahmoodlu@yahoo.com

⁴PhD Student at Group of Instrumental Analytical Chemistry, University of Duisburg-Essen, Germany, e-mail: seidkhademi@gmail.com

Abstract:

The mixing of groundwater with saltwater of Caspian Sea is one of the problems that always threatens the coastal aquifers of the north of country. To investigate saltwater intrusion into Kordkuy aquifer, the chemical analysis results of 19 drinking water wells in spring of 2017 were used. Hence, first, groundwater type and hydrogeochemical facies in the Kordkuy aquifer were determined using Piper diagram. Then, saltwater intrusion

into some drinking water wells was investigated using two methods; two-variable graphs and Revelle ratio. According to Piper diagram, the groundwater of study area has a variety of hydrogeochemical facies such as Ca-Mg-HCO₃ (fresh type), Ca-Mg-Cl-HCO₃ (blended type) and Na-Cl (brackish type). Two-variable graphs reveal a clear linear trend between sodium and chloride ions, which indicates the mixing of saline water (containing sodium and chloride ions) and fresh water with different ratios. In six drinking water wells, Revelle ratio is more than one, which indicates saltwater intrusion into these wells.

Keywords : (Saltwater intrusion; Revelle ration; Hydrogeochemical facies; Groundwater)



مقدمه :

آب زیرزمینی یکی از مهمترین منابع تامین آب، جهت مصارف شرب و کشاورزی می‌باشد. افزایش رو به رشد جمعیت، گسترش صنایع و تولیدات کشاورزی در سال‌های اخیر موجب افزایش برداشت بی‌رویه از آبهای زیرزمینی شده‌است. از این رو سطح منابع آبهای زیرزمینی به شدت دچار افت شده است. علاوه بر این، منابع محدود آبهای زیرزمینی موجود نیز به شدت با تهدیداتی مانند نفوذ آلاینده‌ها مواجه می‌باشند. در مناطق ساحلی به دلیل تراکم بالای جمعیت، کشاورزی و وجود برخی از صنایع نیاز به استحصال از منابع زیرزمینی بیشتر از دیگر نقاط می‌باشد. همین مسئله سبب می‌گردد که پیشروی آب شور به سمت آبخوان‌های ساحلی در این مناطق تشدید گردد. بنابراین بررسی روند تغییرات پارامترهای شیمیایی در طول مکان و زمان ضمن ارائه اطلاعات مورد نیاز به منظور شناخت وضعیت موجود، زمینه مناسبی را برای انجام اقدامات کنترلی به موقع، فراهم می‌سازد. روشهای مختلف برای تشخیص نفوذ آب شور در آبخوان‌های ساحلی و چاه‌های آب وجود دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

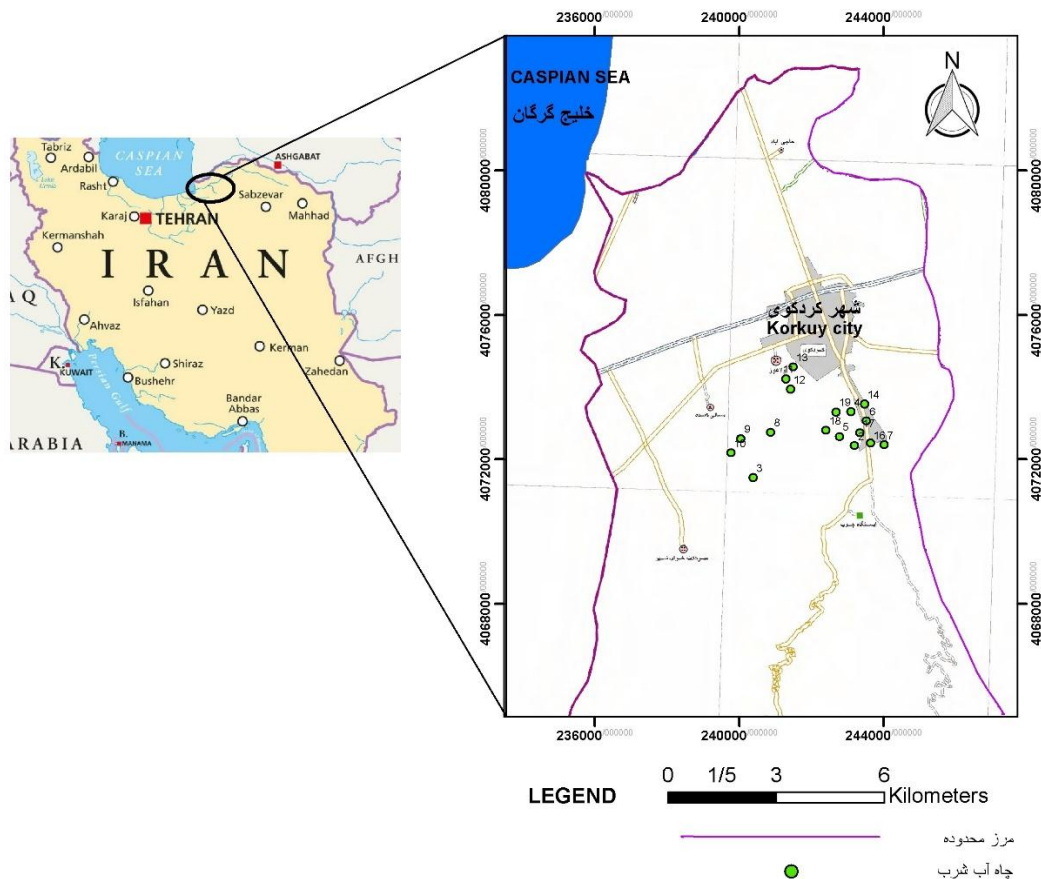
۱- روش رول^{۳۲} که بر پایه نسبت غلظت یون کلر به مجموع یونهای بیکربنات و کربنات استوار است، ۲- نمودارهای ترکیبی که براساس غلظت یونهای اصلی در برابر غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها استوار می‌باشد، ۳- تهیه مقاطعی عمود بر ساحل دریا که تغییرات کیفی آب را نشان می‌دهد، این روش برای تعیین موقعیت کلی سطح مشترک آب شور و شیرین نیز مفید می‌باشد و ۴- اندازه گیری میزان یون برم، از این روش زمانی که اختلاط به وسیله آب فسیلی صورت گرفته باشد استفاده می‌شود (قره محمودلو و همکاران، ۱۳۸۵)



موقعیت منطقه مورد مطالعه:

شهرستان کردکوی در غرب استان گلستان و در فاصله ۲۹ کیلومتری گرگان واقع شده است. جنوب این شهرستان را ارتفاعات البرز شرقی تشکیل می‌دهد که حداکثر ارتفاع آن از سطح دریا به ۳۵۰۰ متر می‌رسد. بخش شمالی شهرستان از زمین‌های جلگه‌ای هموار با شیب ملایم تشکیل و به زمین‌های بندر ترکمن، رودخانه قره‌سو و خلیج گرگان منتهی می‌گردد. باتوجه به موقعیت جغرافیایی، ارتفاع و امتداد کوهها و همچنین نزدیکی به دریای خزر، این شهرستان در قسمت جلگه‌ای دارای آب و هوای معتدل مرطوب و در قسمت کوهستانی، دارای آب و هوای معتدل کوهستانی است. محدوده

تقریبی مورد مطالعه در حد فاصل طول جغرافیایی $54^{\circ} 00'$ تا $54^{\circ} 10'$ و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 45'$ لغایت $36^{\circ} 50'$ می باشد. منطقه مذکور بخشی از زون ساختاری گرگان-رشت بوده و عمده تشکیلات زمین شناسی منطقه مذکور رسوبات آبرفتی سیلتی رسی کواترنری و در بخش جنوبی تپه های لسی و شسیت های پرکامبرین گرگان می باشد.



شکل ۱: نقشه موقعیت چاه های نمونه برداری در استان گلستان و ایران

روش تحقیق:

در این پژوهش از نتایج آنالیز شیمیایی مربوط به ۱۹ حلقه چاه آب شرب شهر کردکوی در بهار ۱۳۹۶ استفاده شد (جدول ۱). میزان برخی از پارامترها نظیر pH، درجه حرارت (T) و هدایت الکتریکی (EC) در هنگام نمونه برداری اندازه گیری شد. درحالی که میزان پارامترهای شیمیایی نظیر کل مواد جامد محلول (TDS)، بی کربنات (HCO_3^-)، کلراید (Cl^-)، سولفات (SO_4^{2-})، کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (Mg^{2+})، سدیم (Na^+)، پتاسیم (K^+) در آزمایشگاه اندازه گیری شد. محاسبه درصد خطای موازنه یونی اختلاف کاتیون ها و آنیون ها بر حسب میلی اکوی والان گرم بر لیتر نشان داد که خطای انجام آزمایش در تمام نمونه ها در حد استاندارد تعیین شده برای صحت داده ها است.

جدول ۱: نتایج آنالیز شیمیایی چاههای آب شرب شهر کردکوی در بهار ۱۳۹۶

پارامتر	تعداد نمونه	میانگین	کمترین	بیشترین
دما (°C)	۱۹	۲۰/۲۵	۱۸	۲۵/۲۰
EC (µmhos/cm)	۱۹	۱۱۵۲/۳	۴۶۸	۲۵۵۰
TDS (mg/l)	۱۹	۶۴۸/۹	۲۵۴	۱۴۵۳
pH	۱۹	۷/۶۷	۷/۳۶	۸/۰۱
کلراید (mg/l)	۱۹	۲۴۲/۹۴	۱۵/۱۹	۷۹۰
سولفات (mg/l)	۱۹	۲۰/۵۸	۱۵	۳۶/۶
بیکربنات (mg/l)	۱۹	۲۴۶/۹۵	۲۰۰	۳۰۰
نیتрат (mg/l)	۱۹	۵/۹۱	۲/۱۱	۱۵/۶
کلسیم (mg/l)	۱۹	۱۰۶/۴	۵۵/۳	۲۳۳/۵
منیزیم (mg/l)	۱۹	۲۸/۷۴	۱۲/۸	۵۹/۸
سدیم (mg/l)	۱۹	۸۶/۶۲	۱۳/۲	۲۲۸
پتاسیم (mg/l)	۱۹	۱/۷۵	۰/۶۷	۵

برای تحلیل بهتر داده‌های هیدروژئوشیمیایی و همچنین ترسیم دیاگرام پایپر^{۳۳} از نرم افزار Aq.QA استفاده شد و در نهایت با استفاده از دو روش نمودارهای دو متغیره و نسبت رول نفوذ آب شور در برخی از چاههای آب شرب بررسی شد.



بحث و نتایج:

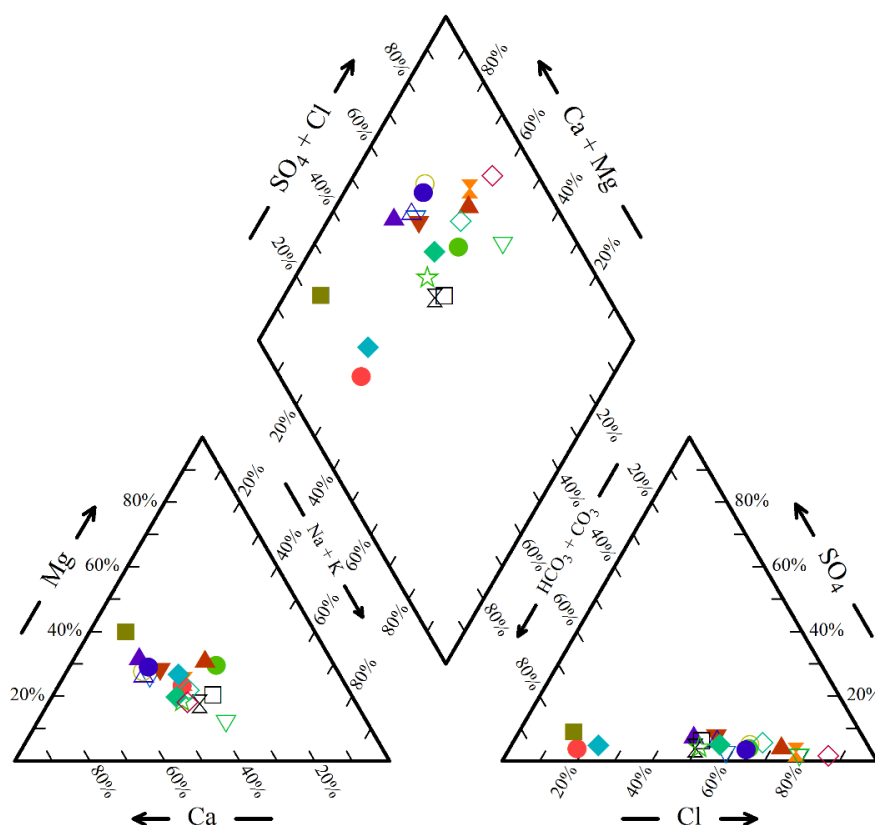
- **هیدروژئوشیمی:** به منظور بررسی کیفیت هیدروژئوشیمی آب چاهها ابتدا از دیاگرام پایپر (شکل ۲) استفاده شد. باتوجه به نمودار پایپر، آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه دارای تنوع گوناگون از رخسارهای هیدروژئوشیمیایی نظیر Ca-Mg-HCO₃ (تیپ شیرین)، Ca-Mg-Cl-HCO₃ (تیپ ترکیبی) و Na-Cl (تیپ شورمزه) است. در تیپ شور مزه احتمال نفوذ یا اختلاط آب شور وجود دارد. این تیپ دارای مقدار قابل توجهی کلرید می باشد درحالیکه غلظت بی کربنات، مشابه با تیپهای فوق است. میزان TDS آبهای شورمزه بین ۷۷۰ تا ۲۴۵۰ میلی گرم بر لیتر تغییر و سختی بالائی (بیش از ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر برحسب بی کربنات کلسیم) دارند.

علاوه براین، باتوجه به نزدیکی منطقه مورد مطالعه به ارتفاعات (منطقه تغذیه) آب زیرزمینی می بایست دارای تیپ غالب بی کربناته باشد. این درحالیست که میزان غلظت یونهای کلر و سدیم در آب زیرزمینی بالا می باشد که این امر می تواند احتمال نفوذ آب شور در آب زیرزمینی را بالا ببرد.

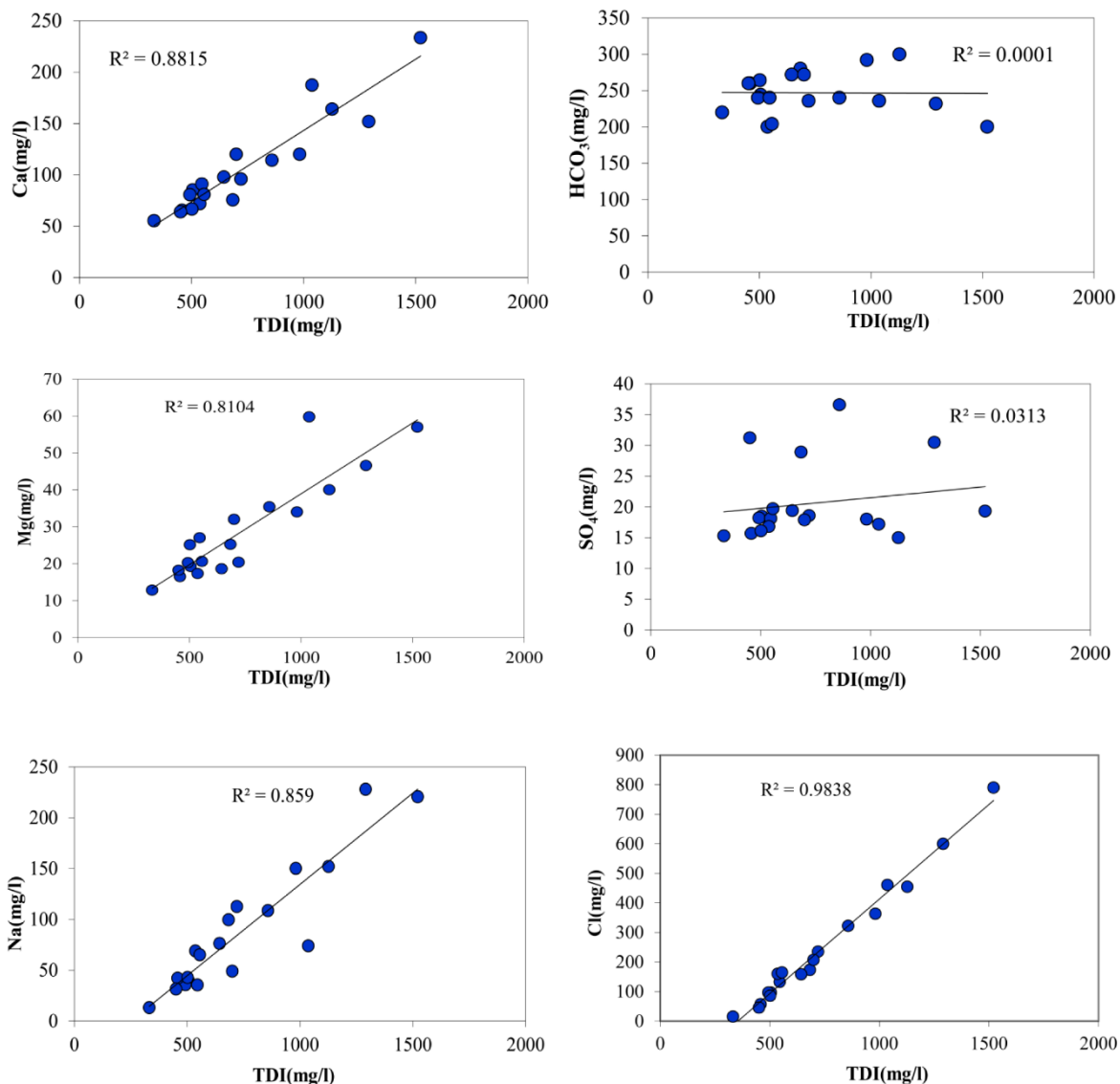
^{۳۳} Piper Diagram

-نمودارهای ترکیبی (دو متغیره): این نمودارها از مهم ترین روش های نمایش اطلاعات مربوط به آنالیز شیمیایی هستند. در مطالعات هیدروژئوشیمی برای تشخیص نوع فرآیندهای شیمیایی، تعیین منشاء و اختلاط آبها از نمودارهای ترکیبی (دو متغیره) استفاده می شود (Mazor, 1991). این نمودارها از براهم کنش یک جفت متغیر با مقادیر مشخص بر روی محورهای افقی و عمودی بوده که اگر توزیع نقاط بصورت تجمع می باشد نشانگر وجود منبع تغذیه کننده بوده و از یک سفره تغذیه شده اند. شکل ۳ نمودارهای ترکیبی آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه نشان می دهد. در نمودارهای ترکیبی رسم شده الگوی خطی بین یون های سدیم، کلسیم و کلر و مجموع یون های اصلی بخوبی قابل مشاهده می باشد. بیشترین رابطه خطی با مربع ضریب همبستگی (R^2) مربوط به یون کلرید می باشد که از فراوان ترین آنیون های آب دریا می باشد. از نمودارهای ترکیبی مربوط به یون های سدیم و کلر می توان چنین استنباط نمود که اختلاط بین آب شور و شیرین با نسبت های مختلف صورت پذیرفته است. با توجه به قطع شدن برون یابی خط (با محور افقی)، آب شور در حال رقیق شدن توسط آب شیرین بوده و در نتیجه آب شیرین حاوی یون هایی با غلظت بیشتر از این دو یون است (Mazor, 1991).

Piper Diagram



شکل ۲: نمودار پایپر چاههای آب شرب شهر کردکوی



شکل ۳: نمودارهای ترکیبی بین یون های اصلی و TDI

- **روش رول:** یون کلر در آب دریا بیشتر از یون های دیگر وجود دارد، درحالیکه مقدار آن در آب زیرزمینی معمولاً کم است. در مقابل، یون بیکربنات معمولاً فراوانترین یون موجود در آب های زیرزمینی است که در آب دریا به مقدار جزئی وجود دارد. بنابراین افزایش نسبت فوق می تواند دلیل بر نفوذ آب دریا در سفره های آبدار ساحلی باشد (صداقت، ۱۳۸۲). رول نسبت یون کلرید به مجموع یون های کربنات و بیکربنات (رابطه ۱) را معیاری برای ارزیابی و تشخیص آلودگی آب زیرزمینی توسط آب دریا یا آب های فسیلی می داند.

$$\frac{Cl^-}{HCO_3^{2-} + CO_3^{2-}}$$

رابطه (۱)

این نسبت برای نمونه چاههای آب شرب محاسبه شد. البته غلظت بیکربنات اندازه گیری شده مبین مجموع بیکربنات و کربنات است. با توجه به شکل ۴ در شش چاه از چاههای آب شرب (چاههای شماره ۷، ۸، ۹، ۱۳، ۱۲ و ۱۴)، میزان نسبت رول بیش از یک می باشد و در چاه شماره ۱۵ برابر یک می باشد. این نتایج نشان از نفوذ آب شور در چاههای مذکور است.



شکل ۴: نمودار تغییرات نسبت رول در چاههای آب شرب شهر کردکوی

نتیجه گیری :

به منظور بررسی کیفیت هیدروژئوشیمی آب چاهها ابتدا از دیاگرام پایپر استفاده شد. با توجه به نمودار پایپر، آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه دارای تنوع گوناگون از رخسارهای هیدروژئوشیمیایی نظیر Ca-Mg-HCO₃ (تیپ شیرین)، Ca-Mg-Cl (تیپ شور مزه)، و Na-Cl (تیپ شور مزه) است. در تیپ شور مزه احتمال نفوذ یا اختلاط آب شور وجود دارد. علاوه بر این، با توجه به نزدیکی منطقه مورد مطالعه به ارتفاعات (منطقه تغذیه)، آب زیرزمینی می بایست دارای تیپ غالب بی کربناته باشد. این درحالیست که میزان غلظت یونهای کلر و سدیم در آب زیرزمینی بالا می باشد که این امر می تواند احتمال نفوذ آب شور در آب زیرزمینی را بالا ببرد. در نمودارهای ترکیبی رسم شده برای آبخوان مورد مطالعه الگوی خطی بین یونهای سدیم، کلر و کلسیم و مجموع یونهای اصلی بخوبی قابل مشاهده می باشد. بیشترین رابطه خطی مربوط به یون کلرید می باشد که از فراوان ترین آنیونهای آب دریا می باشد. از نمودارهای ترکیبی مربوط به یونهای سدیم و کلر می توان چنین استنباط نمود که اختلاط بین آب شور و شیرین با نسبت های مختلف صورت پذیرفته است. همچنین، در شش چاه از چاههای آب شرب (چاههای شماره ۷، ۸، ۹، ۱۳، ۱۲ و ۱۴)، میزان نسبت رول (نسبت یون کلرید به مجموع یونهای کربنات و بیکربنات) بیش از یک می باشد و در چاه شماره ۱۵ این نسبت برابر یک می باشد.

باتوجه به نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که برداشت بیش از حد از چاه‌های آب شرب، باعث نفوذ آب شور در برخی از چاه‌ها شده‌است.



منابع فارسی :

- قره محمودلو، م.، رقیمی، م. و طهماسبی، ا.، ۱۳۸۷. استفاده از مطالعات هیدروژئوشیمی برای تشخیص نفوذ آب شور در چاه‌های آب (مطالعه موردی شهر ساری). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۵، شماره ۴.
- دفتر استانداردها و معیارهای فنی سازمان مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۲. راهنمای بررسی پیشروی آب شور در آبخوانهای ساحلی و روشهای کنترل (نشریه شماره ۲۲۷). سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، تهران.
- صداقت، م. ۱۳۸۲. زمین و منابع آب (آبهای زیرزمینی). چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه پیام نور.



References:

- Mazor, E. 1991. Applied Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology, John Wiley & Sons, New York, 274P
- Southeast Gibbison, A., and Randall, J. 2006. The salt water intrusion problem and water conservation practices in Georgia, USA. Water and Environment Journal. Vol.2 (3).
- Bay in Croatia. Biondic, B., Biondic, R., and Measki, H. 2005. Sea water intrusion in coastal karst aquifers in Baka-Geophysical Research Abstracts, Vol.7.
- Adrian D. Werner, On the classification of seawater intrusion, Journal of Hydrology, Volume 551, 2017, Pages 619-631.
- U.A. Lathashri, A. Mahesha, Simulation of Saltwater Intrusion in a Coastal Aquifer in Karnataka, India, Aquatic Procedia, Volume 4, 2015, Pages 700-705.
- M. Argamasilla, J.A. Barberá, B. Andreo, Factors controlling groundwater salinization and hydrogeochemical processes in coastal aquifers from southern Spain, Science of The Total Environment, Volume 580, 2017, Pages 50-68.

ارزیابی ریسک آلودگی منابع آب دشت گیسور، جنوب خراسان رضوی

مرضیه کعبه^۱، رحیم باقری^{۲*}، مهدی جعفرزاده^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- هیئت علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود



چکیده:

دشت گیسور واقع در جنوب استان خراسان رضوی با آب و هوای گرم و خشک، از جمله دشت‌های بحرانی ایران به‌شمار می‌رود. با بهم خوردن تعادل هیدرولوژیکی آب زیرزمینی، افزایش روزافزون شوری و خشکسالی‌های اخیر، مسئله بحران آب در دشت گیسور مطرح شده است. به‌منظور مطالعات هیدروشیمیایی و آلودگی فلزات سنگین، نمونه‌برداری از ۲۸ نمونه آب زیرزمینی در پاییز ۹۶ انجام شد. ارتباط بین مقدار EC با غلظت عناصر، منشأ یکسان نمونه‌ها و انحلال نمک از کفه نمکی واقع شده در دشت را نشان می‌دهد که به سفره آب زیرزمینی نفوذ کرده است. درصد اختلاط سهم آب شور در آب زیرزمینی بین ۱۰ تا ۹۴ درصد بدست آمده است. در این تحقیق از روش‌های آماری چند متغیره شامل ضریب همبستگی و نمودار خوشه‌ای استفاده شد که نشان‌دهنده منشأ یکسان عناصر و ارتباط نزدیک عناصر اصلی با یکدیگر می‌باشد. نتایج میانگین مقادیر آلودگی (cd) و شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI) تصور اولیه آلودگی ناشی از فلزات سنگین دشت گیسور را رد کرد. نمودار ویلکوکس و نسبت جذب سدیم (SAR) حاکی از وضعیت نامناسب آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: فلزات سنگین، آلودگی آب زیرزمینی، نفوذ آب شور، دشت گیسور

Contamination risk assessment of water resources in Geysoor plain, Southern Razavi Khorasan

Marzieh Kaabe¹, Rahim bagheri^{2*}, Mahdi Jafarzadeh²

1. M.Sc. Student in hydrogeology, Shahrood University of Technology

2. Assistant professor in hydrogeology, Shahrood University of Technology

Abstract:

The Geysoor plain is located in the semi-arid region of Khorasan Razavi province and is one of the critical plain in this area. The shortage of available water resources and increasing salinity due to the hydrological imbalance and recent droughts make concern. 28 water samples were collected from groundwater in order to study the contamination risk of water resources and salinity origin of aquifer systems. The relation of EC with ion concentrations is shown the halite dissolution from the salt plain as main origin of salinity which intruded to the aquifer. The salt water fraction in the groundwater samples was in ranges of 10 to 94 percent. In this study, multivariate statistical methods including correlation coefficient, factor analysis showed the same origin and closed relationship of the main ion to each other. The average values of contamination (cd) and heavy metals pollution index (HPI) rejected initial supposition of pollution due to the heavy metal pollutant. The Wilcox diagram and sodium adsorption ratio (SAR) indicate unfavorable condition for drinking and agricultural usage.

Keywords : Trace elements, groundwater contamination, salt water intrusion, Geysoor plain



مقدمه :

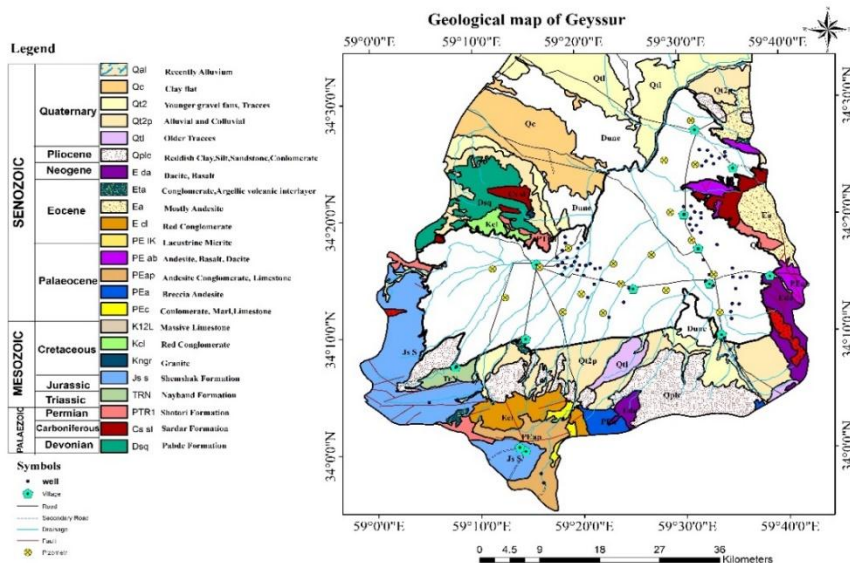
آب زیرزمینی به عنوان منبع تجدیدپذیر با دوره بازگشت طولانی مدت از جمله عوامل توسعه جهان می باشد که سهم عمده ای در تامین آب شرب مصرفی کشاورزی و صنعتی دارد. با کمبود منابع آب سطحی و رشد روز افزون جمعیت افزایش تقاضای آب زیرزمینی بیش از پیش شده است. کیفیت منابع آب تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانزاد قرار دارد. آلودگی آب های زیرزمینی توسط عوامل انسانزاد (مانند شهرنشین، صنعت و کشاورزی) و زمین زاد (زمین شناسی) به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک بسیار حائز اهمیت است (Jalali, 2010). امروزه، آلودگی آب های زیرزمینی به خصوص آلودگی های ناشی از فلزات سنگین یکی از مهم ترین مسائل مطرح در جهان می باشد که حتی در غلظت های پایین هم از اهمیت زیادی برخوردار است (Zakhem and Hafez., 2015., Marcovecchio et al. 2007., Momodu and Anyakora 2010). ورود فاضلاب های شهری، کشاورزی و صنعتی منشأ برخی عناصر بالقوه سمی مانند آرسنیک، سرب کادمیم، روی و نیکل در منابع آب زیرزمینی است (Manzoor et al. 2006). فلزات سنگین به دلیل خاصیت سمی، پایداری و عدم تجزیه پذیری در محیط، نگرانی های زیادی را ایجاد کرده است (Morin et al., 2007). این فلزات به صورت طبیعی در آب های زیرزمینی وجود دارند اما در بعضی عناصر مانند As, Pb, Cd, Ni, Hg, Cr, Co, Zn غلظت بسیار کمی از آن ها هم سمی و دارای خطرات می باشند. (Abd el-Hamid and Hegazy, 2017). بنابراین، ارزیابی فلزات سنگین در آب های زیرزمینی که برای اهداف نوشیدن مورد استفاده قرار می گیرند از دیدگاه سلامت انسان بسیار اهمیت دارد. شاخص های کیفی ابزارهای مفیدی جهت ارزیابی اثرات تمامی پارامترهای آلودگی هستند (Prasad and Sangita, 2008). به منظور تعیین منشأ آلودگی در تحلیل های هیدروشیمیایی، از روش های آماری چند متغیره استفاده می شود. (Facchinelli et al. 2001., Rubio et al. 2000). شاخص کیفی فلزات سنگین (HPI) به عنوان یک ابزار مناسب تاثیر غلظت عناصر سنگین بر کیفیت آب را نشان می دهد (Sheykhi and Moore 2012., Zakhem and Hafez., 2015). آبخوان آبرفتی گیسور از جمله آبخوان های بحرانی ایران می باشد که در چند سال اخیر و با گسترش دوره های خشکسالی با کاهش کیفیت روبرو شده است. از آنجاییکه که منابع آب زیرزمینی تنها منبع در دسترس این منطقه می باشد لذا انجام آزمایشات و ارزیابی مباحث کیفی در این دشت ضروری می باشد. در این پژوهش هدف بررسی خصوصیات هیدروشیمی و شاخص های آلودگی می باشد.



روش تحقیق:

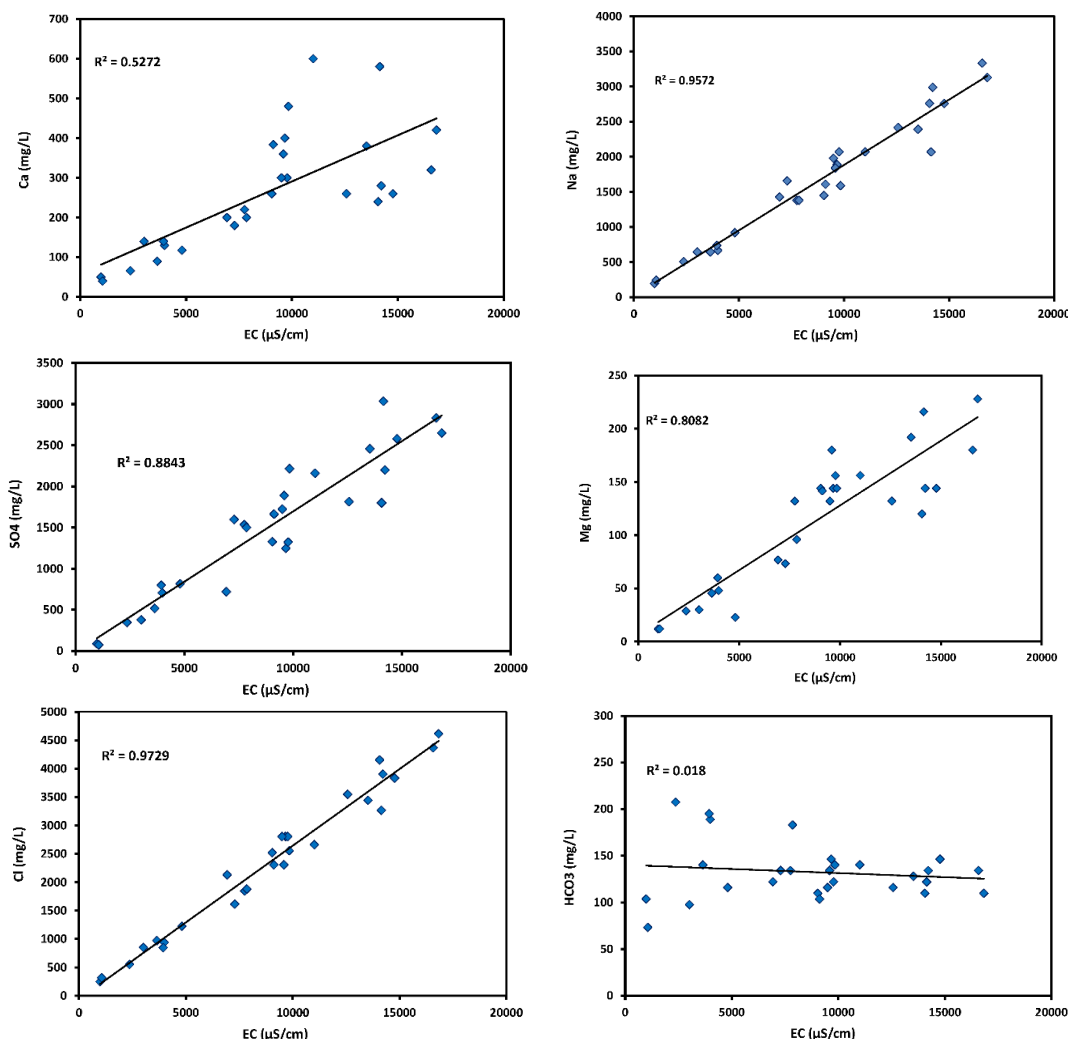
دشت گیسور در جنوب استان خراسان رضوی واقع شده است. محدوده مطالعاتی با روند کلی شمالی - جنوبی دارای وسعتی معادل ۲۴۰۷/۲ کیلومتر مربع می باشد که آبخوان دشت گیسور ۱۱۷۵/۸۴ کیلومتر مربع آن را شامل می شود. میانگین بارندگی سالانه ی ۹۰ میلی متری و متوسط دمای ۱۶/۹۸ سانتی گراد، قرارگیری آبخوان گیسور را در اقلیم خشک و نیمه خشک نشان می دهد. باتوجه به شکل ۱، چاه های بهره برداری عمدتاً در بخش های شرق، شمال شرق و شمال غرب دشت

تمرکز یافته است. از لحاظ زمین شناسی قدیمی ترین و جدیدترین واحدهای سنگی به ترتیب مربوط به واحدهای سنگی شیلی و کوارتزیتی به سن دووین و تپه های ماسه ای و آبرفت های رودخانه ای عهد حاضر می باشد. بیشتر مساحت آبخوان درنشته های آبرفتی کواترنری واقع شده است که منابع آب زیرزمینی آن شامل آب های نهفته شده در خلل و فرج رسوبات آبرفتی، مخروط افکنه و کفه رسی می باشد (کعبه و همکاران. ۱۳۹۶).



شکل ۱: نقشه زمین شناسی و موقعیت نمونه برداری، دشت گیسور

به منظور بررسی منشأ فلزات سنگین و آلودگی در آبخوان دشت گیسور تعداد ۲۸ نمونه آب زیرزمینی در پاییز ۱۳۹۶ نمونه برداری شد و ۱۹ نمونه به شرکت زرآرما ارسال گردید و نتایج آن مورد بررسی قرار گرفت. برای تمامی نمونه ها پارامترهای هیدروشیمی (EC، pH، T) در محل نمونه برداری اندازه گیری گردید. آنالیزهای لازم برای اندازه گیری کاتیون ها و آنیون ها جهت بررسی کیفیت آب با روش تیتراسیون و استفاده از دستگاه IC انجام گرفت. مقدار خطا برای تمامی نمونه ها کمتر از ۱۰ درصد محاسبه شده است که نشان دهنده اعتبار نتایج می باشد. برای شناخت بهتر منشأ کاهش کیفیت آب زیرزمینی از ارتباط بین میزان EC با غلظت عناصر استفاده شده است. شکل ۲ ارتباط مستقیم بین عناصر با میزان EC را نشان می دهد. باتوجه به نمودارهای ترسیم شده همه ی یون ها به غیر از بی کربنات رابطه مستقیمی با هدایت الکتریکی دارند به طوریکه با افزایش میزان هدایت الکتریکی غلظت عناصر نیز افزایش می یابد. از سوی دیگر بیشترین میزان همبستگی با هدایت الکتریکی مربوط به یون های کلر و سدیم بوده که نشان دهنده ی تخریب در کیفیت آب زیرزمینی می باشد. این همبستگی در رفتار صعودی در تمامی عناصر به جز بی کربنات حاکی از رخداد پدیده انحلال هالیت و تبخیر می باشد. کاهش غلظت بی کربنات می تواند به علت رسوب این یون در طول جریان باشد.



شکل ۲- ارتباط بین غلظت عناصر با هدایت الکتریکی در دشت گیسور

تغییرات هدایت الکتریکی تقریباً با جهت جریان آب زیرزمینی همسو می‌باشد، بطوریکه در بخش‌های جنوبی و قسمت‌هایی از شمال غربی کمترین مقدار EC به میزان ۹۸۹ میکروموس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است. بیشترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به مناطق مرکزی دشت، در روستای گیسور با مقدار ۱۶۸۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر بوده که حاکی از رخداد پدیده‌ای همچون نفوذ آب شور از طرف کفه‌های نمکی در این بخش می‌باشد. برای بررسی اختلاط آب شور و سهم آب شور در نمونه‌های دشت گیسور با استفاده از یون پایستار کلر از رابطه ۱ استفاده شده است.

$$f_{Cl_{saltwater}} = [(C_{Cl_{sample}} - C_{Cl_{freshwater}}) / (C_{Cl_{saltwater}} - C_{Cl_{freshwater}})]$$

محاسبات بازه‌ی وسیعی از بین ۱ تا ۹۴ درصد از مشارکت آب شور در آب‌های زیرزمینی دشت را نشان می‌دهد که نمونه‌های گروه سوم با بیشترین میزان هدایت الکتریکی، واقع در بخش‌های مرکزی و غربی دشت بیشترین سهم از آب شور را دارا هستند. برای ارزیابی کیفیت و میزان آلودگی آب از شاخص درجه آلودگی استفاده می‌شود (رابطه ۴):

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_{fi}$$

$$C_{fi} = \frac{CA_i}{C_{Ni}}$$

رابطه ۴ و رابطه ۵

در این رابطه C_{fi} ضریب آلودگی، C_{Ai} مقدار ارامتر اندازه گیری شده و C_{Ni} غلظت استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای پارامتر نام می باشد. براساس مقادیر C_d سطح آلودگی آب زیرزمینی را به ۳ گروه تقسیم کرد، به این ترتیب که $C_d < 1$ آلودگی پایین، مقادیر ۱ تا ۳ این پارامتر، آلودگی متوسط و $C_d > 3$ آلودگی بالا را نشان می دهد. با استفاده از مقادیر C_d می توان نتیجه گرفت که سطح آلودگی در منطقه مطالعاتی کمتر از یک می باشد که نشان دهنده سطح آلودگی پایین آب زیرزمینی می باشد. شاخص آلودگی فلزات سنگین برای برآورد آلودگی آب شرب از رابطه ۶ و ۷ استفاده شده است.

$$Q_i = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|M_i - I_i|}{|S_i - I_i|}}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad HPI = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Q_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad \text{رابطه (۶) و (۷)}$$

در این شاخص اگر HPI بیشتر از ۱۰۰ باشد آب به فلزات سنگین آلوده است. در صورتی که HPI برابر ۱۰۰ باشد، آب در آستانه آلودگی به فلزات سنگین قرار دارد. اگر HPI کمتر از ۱۰۰ باشد، آب فاقد آلودگی نسبت به فلزات سنگین است (Prasad and Bose, 2001). به منظور بررسی و تفسیر داده ها و بررسی منشأهای احتمالی عناصر موجود در نمونه های آب و ارزیابی رفتارسنجی ژئوشیمیایی آن ها از روش های آماری چند متغیره از جمله آنالیز خوشه ای سلسله مراتبی و محاسبه ی ضرایب همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS V.21 استفاده شده است. در این پژوهش ۱۹ نمونه آب زیرزمینی با استفاده از روش های آماری چند متغیره مورد ارزیابی قرار گرفت. خلاصه نتایج آماری کاتیون ها و آنیون های اصلی و فلزات سنگین به ترتیب در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۱ میزان اختلاف میان بیشینه و کمینه زیاد است که گواهی بر میزان بالای هدایت الکتریکی می باشد. در مورد اختلاف میان فلزات سنگین این اختلاف بالا به جز در Sr و Si در بقیه عناصر کم می باشد.

جدول ۱) خلاصه نتایج آماری نتایج آنالیز کاتیون ها و آنیون های اصلی (epm)

	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	Alkanity
Min	40	12	241.5	1.3	319.5	75	73.2
Mean	264	114	1670	5.12	2333.3	1499.8	132.45
Max	600	156	2070	5.9	2662.5	2160	140.3

جدول ۱. خلاصه نتایج آماری نتایج آنالیز فلزات سنگین در دشت گیسور (ppm)

	Al	Cr	Fe	Si	Zn	Sr	Ba	Mo
Min	30	0	0	6510	0	400	10	0
Mean	69.37	16.87	29.37	8111.25	4.37	7806.87	26.87	9.37
Max	100	40	140	10410	20	15900	80	10
Std.Deviation	21.65	70.25	37.59	1107.00	18.82	5011.57	18.36	2.5

باتوجه به استانداردهای ملی و بین المللی EPA و WHO، غلظت فلزات در تمامی نمونه ها به جز Sr کمتر از حد تشخیص دستگاه است و عدم آلودگی آب های زیرزمینی را نسبت به این فلزات نشان می دهد.

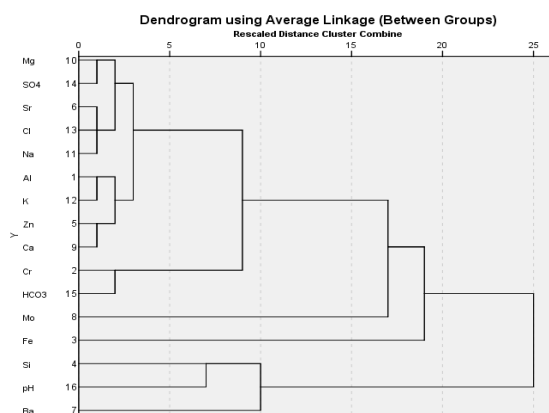
روش همبستگی پیرسون، برای تعیین رابطه ی بین غلظت عناصر بالقوه سنگین نمونه های آب استفاده شده است. ضریب همبستگی بالا به معنی همبستگی خوب بین متغیرها می باشد و مقادیر نزدیک به صفر بیانگر عدم ارتباط بین دو متغیر می باشد

به طور کلی می توان گفت پارامترهایی که $r < 0.7$ نشان می دهند به صورت همبستگی قوی، $0.7 < r < 0.5$ همبستگی متوسط و $r < 0.5$ همبستگی ضعیف در نظر گرفته می شوند (اصغری مقدم و برزگر ۱۳۹۲، Devi Onim et al. 2012). با توجه به جدول ۳ می توان نتیجه گرفت که ضریب همبستگی میان عناصر بالقوه سنگین در بیشتر موارد مثبت است ولی دارای مقادیر کم است. همبستگی بالای یون های Mg ، Cl ، K ، Sr ، Ca ، Zn و HCO_3 نشان دهنده منشأ مشترک این عناصر در آب زیرزمینی می باشد که زمین شناسی یکسان آن ها را تأیید میکند. همبستگی پایین و منفی pH با سایر یون ها حاکی از عدم ارتباط عناصر با pH می باشد.

جدول ۳) مقادیر ضریب همبستگی محاسبه شده برای نمونه آب زیرزمینی دشت گیسور

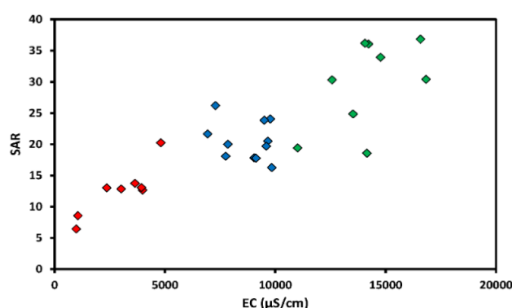
	Al	Cr	Fe	Si	Zn	Sr	Ba	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	pH
Al	1.000														
Cr	.083	1.000													
Fe	-.059	.072	1.000												
Si	-.012	-.021	0.239	1.000											
Zn	.093	.309	-.816	-.258	1.000										
Sr	.190	.270	-.155	-.327	.816	1.000									
Ba	.016	-.069	-.077	.280	-.816	-.178	1.000								
Ca	.170	.104	-.142	-.319	.775**	.751**	-.085	1.000							
Mg	.176	.167	-.213	-.420	.816**	.861**	-.160	.822**	1.000						
Na	.137	.124	-.014	-.517	.775**	.828**	-.242	.689**	.790**	1.000					
K	.152	.156	-.170	-.176	.775**	.655**	-.225	.565**	.582**	.628**	1.000				
Cl	.154	.103	-.126	-.467	.775**	.812**	-.168	.740**	.874**	.883**	.611**	1.000			
HCO ₃	.141	0.145	0.098	-.450	.775**	.845**	-.261	.706**	.807**	.933**	.661**	.850**	1.000		
pH	-.097	.220	-.043	-.211	.000	.034	-.302*	-.009	.026	.127	.136	.076	.160	1.000	
	-.124	.052	-.085	.119	-.408	.101	.309	.025	.110	.059	.034	.142	.059	-.339	1.000

برای تعیین ارتباط و درجه هم بستگی یون هایی که منشأهای یکسان دارند از آنالیز خوشه ای استفاده می شود. در آنالیز خوشه ای از ضریب همبستگی پیرسون به عنوان شباهت بین متغیرها استفاده می شود. با توجه به شکل ۳ مشاهده می شود که مقدار pH و Ba با هم در ارتباط هستند و در فاصله دورتر با Fe در ارتباط می باشند.



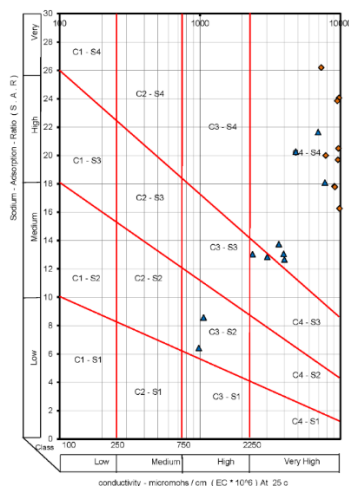
شکل ۳: نمودار خوشه ای نمونه های آب دشت گیسور

از جمله پارامترهای مهم برای ارزیابی کیفیت آب برای مصارف آبیاری و کشاورزی، غلظت سدیم می‌باشد. این پارامتر رابطه مستقیمی با کاهش نفوذپذیری خاک دارد زیرا سدیم موجود در آب رسوب می‌کند و باعث کاهش دسترسی آب برای گیاه می‌شود. براساس رده‌بندی آب زیرزمینی برحسب مقادیر SAR و نتایج بدست آمده، مقدار SAR در نمونه‌های آب زیرزمینی به جز دو نمونه مربوط به آب‌های شیرین دشت گیسور که مقدار آن‌ها بین ۸-۶ بوده و برای آبیاری نامطلوب شمرده می‌شود، در باقی نمونه‌ها بیشتر از ۸ می‌باشد که نشان می‌دهد خاک سدیمی شده است و برای آبیاری مناسب نمی‌باشد. باتوجه به شکل ۴ با افزایش میزان هدایت الکتریکی نسبت جذب سدیم نیز افزایش میابد و گواهی جهت نامطلوب بودن آب برای مصارف کشاورزی می‌باشد.



شکل ۴: نمودار نسبت جذب سدیم به هدایت الکتریکی

سدیم به تنهایی معیار مناسبی برای طبقه‌بندی براساس کشاورزی نمی‌باشد لذا نمودار wilcox جهت رده‌بندی آب از نظر کشاورزی ترسیم شده است (شکل ۵). آب‌هایی با کیفیت مناسب و خیلی خوب در گروه C1S1، نمونه‌های خوب در گروه C1S2، C2S1 و C2S2 و نمونه‌هایی با کیفیت متوسط در کلاس‌های C1S3، C2S3، C3S1، C3S2، C3S3 قرار گرفته می‌شوند. و سایر نمونه‌های آب در محدوده نامناسب می‌باشند. با توجه به شکل ۴، تنها دو نمونه آب در کلاس C3-S2 قرار دارند و بقیه نمونه‌ها در کلاس C4S3 و C4S4 واقع شده‌اند. بنابراین تقریباً تمامی نمونه‌ها برای کشاورزی و آبیاری نامناسب هستند که می‌تواند ناشی از کفه نمکی و واحدهای مارنی و تبخیری محدوده مطالعاتی باشد.



شکل ۵) تعیین کیفیت آب برای کشاورزی به کمک دیاگرام ویلکاکس برای منابع آب زیرزمینی

نتیجه گیری :

مطالعات هیدرولوژیکی و هیدروشیمیایی دشت با هدف تعیین منشأ و ارزیابی کیفی و آلودگی دشت گیسور انجام شد. با توجه به نتایج، منشأ آب های شور زیرزمینی، از انحلال کفه نمکی واقع در بخش های مرکزی و شمالی دشت می باشد. محاسبه درصد اختلاط مشارکت ۱ تا ۹۴ درصدی آب شور در آب زیرزمینی را نشان می دهد. اگرچه محاسبات شاخص های آلودگی عدم آلودگی آب زیرزمینی را نسبت به فلزات سنگین بیان می کند اما استفاده بی رویه از منابع آبی می تواند امکان افزایش غلظت آلاینده ها و بالتبع آسیبهای غیر قابل جبران را به دنبال داشته باشد. براساس نمودارهای مربوط به کیفیت آب برای کشاورزی، آب منطقه برای آبیاری و مصارف کشاورزی نامناسب می باشد. نفوذ آب شور و کیفیت نامطلوب آب های زیرزمینی، نشان دهنده وضعیت بحرانی دشت گیسور بوده بنابراین اقدامات مدیریتی جهت کنترل وضعیت آبخوان ضروری می باشد.



منابع فارسی :

- کعبه. م، باقری. ر، جعفرزاده. م و ارجمند. م. ۱۳۹۶. هیدروژئوشیمی و نفوذ آب شور در دشت گیسور، شرق ایران، سی و ششمین گردهمایی و کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهران.
- اصغری مقدم. الف، برزگر. ر. ۱۳۹۳. بررسی عوامل مؤثر بر غلظت بالای آرسنیک در آب زیرزمینی آبخوان های دشت تبریز. فصلنامه علوم زمین، زمستان ۹۳، سال ۲۴، شماره ۹۴.

References:

- Jalali, M., 2010. "Groundwater geochemistry in the Alisadr, Hamadan, western Iran", Environmental monitoring and assessment, 166(1-4), 359-369.
- Zakhem, B. A., Hafez, R., 2014. "Heavy metal pollution index for groundwater quality assessment in Damascus Oasis, Syria", Environmental Earth Sciences, 73:6591-6600.
- Manzoor, S., Shah, M. H., Shaheen, N., Khalique, A., & Jaffar, M. (2006). Multivariate analysis of trace metals in textile effluents in relation to soil and groundwater. Journal of hazardous materials, 137(1), 31-37.
- Marcovecchio JE, Botte SE, Freije RH (2007) Heavy metals, major metals, trace elements. Handbook of water analysis. CRC Press, London
- Ahmadi, D.C., Rahimi, J.I., Asadi, T., 1998. "Dust storm monitoring based on multi- temporal satellite data observation", Geoscience, 92, p. 89-116.
- S. Morin, T. Duong, A. Danbrin, A. Coynel, O. Herlory, M. Baudrimont, *et al.*, "Long- Term Survey of Heavy- Metal Pollution, Biofilm Contamination and Diatom Community Structure in the Rio Mort Watershed, South-West France," Environmental Pollution, Vol. 151, 2008, pp. 532-542.
- Abd-El Hamid, H. Hegazy, T. 2017., "Evaluation of Water Quality Pollution Indices for Groundwater Resources of New Damietta, Egypt", MOJ Ecology & Environmental Science.
- Prasad, B., Sangita, K., 2008., "Heavy Metal Pollution Index of Ground Water of an Abandoned Open Cast Mine Filled with Fly Ash: a Case Study", Mine Water Environ, 27:265-267.
- Facchinelli A, Sacchi E, Mallen L, 2001., "Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils", Environment Pollution, 114: 313-324.
- Rubio B, Nombela MA, Vilas F., 2000., "Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution Marine Pollution Bulletin", 40: 968-980.
- Sheykhi V, Moore F., 2012., "Geochemical characterization of Kor River water quality, Fars Province, Southwest Iran". Water Qual Expo Health, 4:25-38
- Devi Onim J, Ramanathan AL, Singh G, 2012. Geochemical and Statistical evaluation of groundwater in Imphal and Thoubal district of Manipur, India. Journal of Asian Earth Sciences 48: 136-149.

مطالعه‌ی پارامترهای لیتولوژیکی و هیدرودینامیکی آبخوان میاندوآب با استفاده از لاگ‌های چاه‌نگای و عملیات پمپاژ

♦♦♦♦♦♦♦♦

یوسف محمدی مقدس*، دانشجوی دکتری زمین‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

mohamadiyusef88@yahoo.com

سمانه حبیبی‌زاده، دانشجوی دکتری زمین‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران، habibizadeh.samin@gmail.com

علیرضا عباسفام، کارشناس شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی abbasfam52@yahoo.com

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

ضرایب هیدروژئولوژیکی از جمله مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی سفره‌های آبدار هستند که سرعت و مقدار حرکت آب را در داخل محیط متخلخل نشان می‌دهند. در این تحقیق اقدام به محاسبه‌ی ضرایب هیدرودینامیک سفره‌های آب زیرزمینی منطقه‌ی میاندوآب شده است، بدین منظور از ۹ حلقه چاه حفر شده در منطقه استفاده شد. ابتدا عملیات چاه‌نگاری توسط سوندهای الکتریکی در داخل هر چاه انجام شد. لاگ‌های رزستيوته، گامای طبیعی و پتانسیل خودزا با استفاده از داده‌های بدست آمده از عملیات چاه‌نگاری رسم شدند. از طریق تفسیر لاگ‌های مذکور مقاطع لیتولوژی اطراف هر چاه رسم شد. با توجه به جنس رسوبات، مقدار تخلخل و نفوذپذیری هر یک از لایه‌ها مشخص گردید و با استفاده از آن دیواره‌ی چاه‌ها لوله‌گذاری شدند، به‌طوری‌که از لوله‌های مشبک در مقابل لایه‌های تراوا و از لوله‌های ساده در مقابل لایه‌های ناتراوا استفاده شد. سپس به‌منظور تعیین ضرایب هیدرودینامیک سفره‌ها آزمایش پمپاژ در هر چاه انجام شد و با استفاده از روش ژاکوب قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی برای هر چاه بدست آمد و مشخص شد که سفره‌ی مربوط به چاه کمربندی بیشترین و سفره‌ی مربوط به چاه نصیرکندی کمترین مقدار قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی را دارا می‌باشند. در نهایت به‌منظور مشخص کردن ضرایب هیدرودینامیک منطقه از ضرایب محاسبه شده‌ی تمامی چاه‌ها میانگین گرفته شد، به‌طوری‌که ضریب قابلیت انتقال کل منطقه‌ی مورد مطالعه ۷۲/۷۹۰ متر مربع بر روز و هدایت هیدرولیکی ۵۳/۱۹ متر بر روز محاسبه شد.

کلید واژه‌ها: چاه‌پیمایی، ضرایب هیدروژئولوژیکی، آزمایش پمپاژ، لاگ، آبخوان.

Study of Lithological and Hydrological Parameters of the Miandoab Aquifer Using Well Logging and Pumping Methods

Youssef mohammadi moghaddas, Ph.D. student, Department of Geology, Faculty of science, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran, mohamadiyusef88@yahoo.com

Samaneh habibizadeh, Ph.D. student, Department of Geology, Faculty of science, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran, habibizadeh.samin@gmail.com

Alireza abbasfam, Regional water company of west Azarbaijan province, abbasfam52@yahoo.com

Abstract:

Hydrological Coefficients are among most important physical parameters of aquifers that represent speed and amount of water movement in porous medium. In this study hydrodynamic coefficients of Miandoab aquifer calculated. For this purpose 9 borehole were used. At first well logging operation was done in each well by using electrical sondes. Resistivity, natural gamma ray and spontaneous potential logs were drawn and lithology sections of wells determined through interpretation of these logs. Porosity and permeability of each layer determined With regard to sediment types. In order to casing the wells, perforated pipes placed in proximity of permeable layers and non-perforated pipes for impermeable layers. Then in order to determination of aquifers hydrodynamic coefficients, pumping operation was done in each well and transmissivity and hydraulic conductivity calculated for each of them by using Jacob method and it was found that aquifers of Kamarbandi and Nasirkandi wells have the most and the least hydraulic conductivity and transmissivity respectively. Finally in order to calculation of hydrodynamic coefficients of the study area, the average of all calculated well coefficients was taken, so that The transmission of the total area was 790.72 square meters per day and the hydraulic conductivity was 19.53 meters per day.

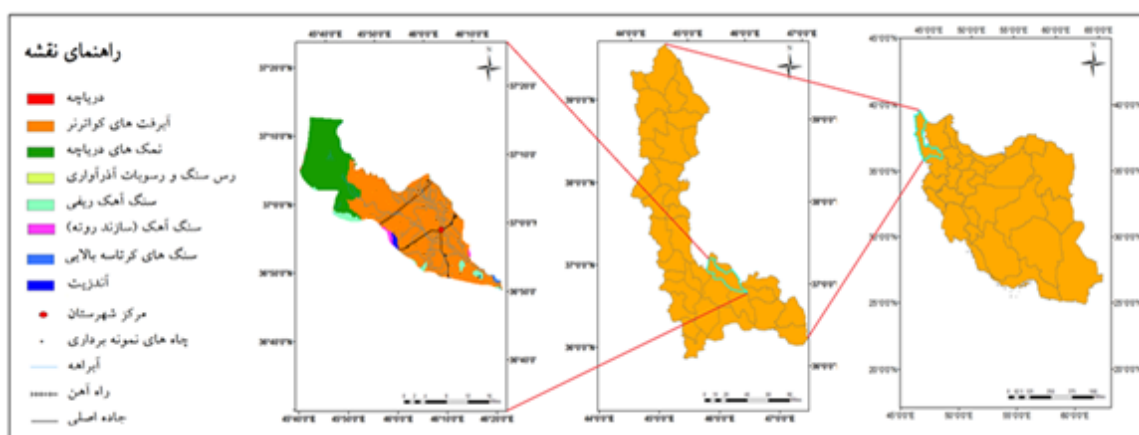
Keywords : Well logging, Hydrogeological coefficients, Pumping test, Log, Aquifer



مقدمه :

در عصر حاضر که رشد اقتصادی با رشد جمعیت توأم بوده و مردم بیشتر نواحی آب مورد نیاز خود را ناکافی می‌یابند لزوم مطالعات کامل و ارزیابی سفره‌های آب‌دار تحت‌الارضی بیشتر خود را نشان می‌دهد. وجود آب‌های زیرزمینی و مطالعه و تفسیر جامع درباره‌ی آن‌ها به وسیله‌ی بررسی‌های زیرسطحی، ژئوفیزیکی و حفاری امکان‌پذیر می‌باشد اما توسط مطالعات ژئوفیزیکی و به‌ویژه چاه‌پیمایی می‌توان اطلاعات دقیقی از خواص فیزیکی سنگ‌ها، کیفیت و کمیت سیال بین آن‌ها به‌دست آورد (طهماسبی‌نژاد، ۱۳۸۷). از آنجایی‌که حفاری به تنهایی تصویر کاملی از آبخوان به‌دست نمی‌دهد لذا چاه‌پیمایی ژئوفیزیکی منظم می‌تواند مکمل حفاری باشد به‌طوری‌که با تلفیق نمودارهای مختلف چاه‌پیمایی، امکان استخراج اطلاعات در مورد تخلخل، شکل هندسی محیط متخلخل و حجم و کیفیت آب موجود در سنگ‌ها وجود دارد (سلیمی، ۱۳۹۲). عملیات حفاری که معمولاً بسیار پرهزینه و وقت‌گیر می‌باشد همیشه موفقیت‌آمیز نیست، چون لایه‌هایی که حفاری شده‌اند در اکثر موارد آبدهی پایینی دارند. اگرچه آبدهی پایین در بعضی از مناطق می‌تواند مقرون به صرفه باشد ولی حتی این لایه‌ها نیز در بسیاری از موارد توسط روش‌های ژئوفیزیک سطحی و یا روش‌های سنتی اکتشاف آب زیرزمینی قابل شناسایی نیستند. عملیات چاه‌پیمایی یک ابزار دقیق‌تر و پیشرفته‌تر برای اکتشاف لایه‌های زیرسطحی حاوی آب زیرزمینی فراهم کرده است. این روش شامل چندین ابزار اندازه‌گیری هستند که توسط کابل به داخل چاه فرستاده می‌شوند و خواص فیزیکی لایه‌های اطراف چاه حفاری شده را جهت وجود یا عدم وجود آب زیرزمینی در آن‌ها بررسی می‌کند. تفسیر داده‌های به‌دست آمده از این عملیات باعث می‌شود که تشخیص بهتری از وجود لایه‌های زیرسطحی حاوی آب زیرزمینی که توسط روش‌های ژئوفیزیک سطحی قابلیت شناسایی ندارند داشته باشیم. بخش مرکزی میاندوآب بر

اساس تقسیم بندی کشوری در استان آذربایجان غربی و از نظر حوضه آبریز، جزو حوضه آبریز دریاچه ارومیه می باشد. مساحت تقریبی این منطقه ۹۵۰ کیلومتر مربع است و در جنوب استان آذربایجان غربی در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه واقع شده است که از شمال به بخش مرحمت آباد میاندوآب، از جنوب به بخش مرکزی مهاباد و بخش سیمینه شهرستان میاندوآب، از شرق به بخش لیلان ملکان و از غرب به شهرستان محمدیار محدود می شود. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی، نقاط نمونه برداری و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.

♦♦♦♦♦♦♦♦

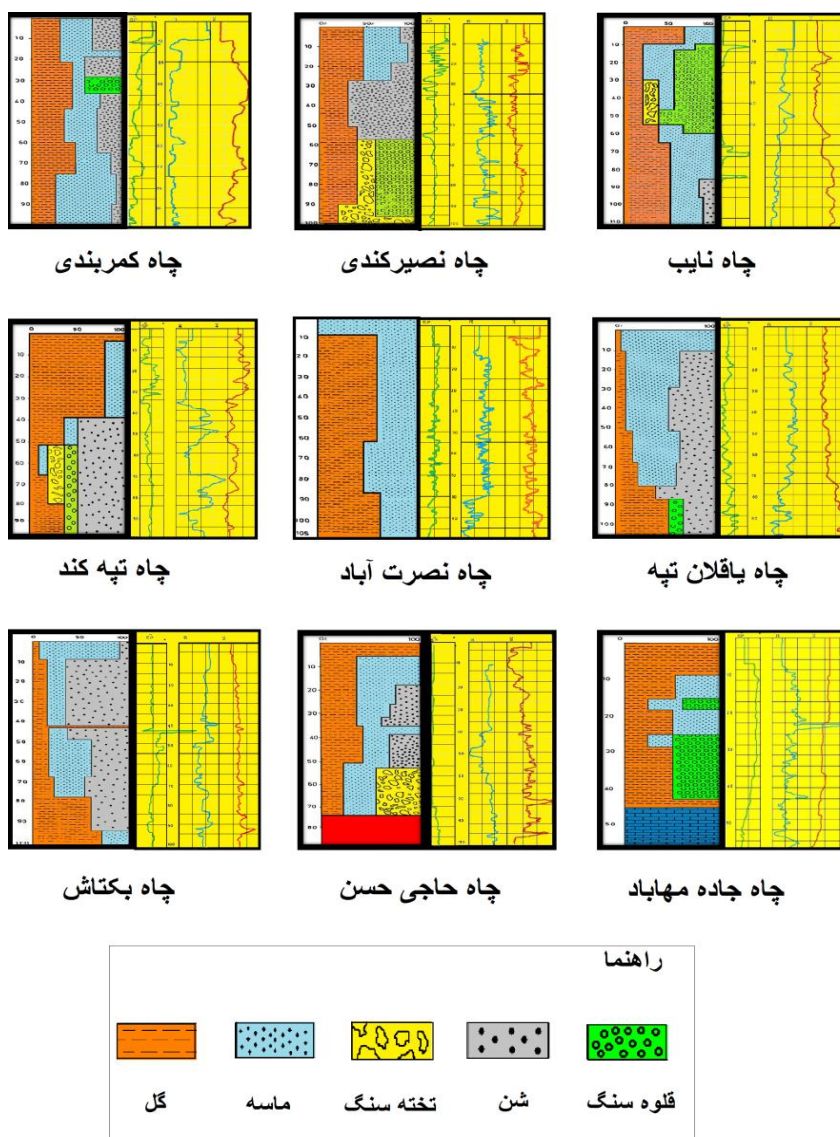
روش تحقیق:

مطالعه آبخوان ها با استفاده از ۹ حلقه چاه حفر شده در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. به صورتی که ابتدا با استفاده از داده های حاصل از عملیات چاهنگاری صورت گرفته در هر چاه، لاگ های مربوط به هر یک از آن ها رسم گردید. عملیات چاه پیمایی با استفاده از سوند ترکیبی صورت گرفت و با استفاده از داده های بدست آمده از آن لاگ های گاما، پتانسیل خودزا و رزستیویتی رسم گردید. سپس با استفاده از تفسیر هر یک از آن ها مقطع لیتولوژی اطراف هر چاه رسم شد و پارامترهایی نظیر اندازه دانه ها، تخلخل و نفوذپذیری نسبی سفره آب زیرزمینی مشخص گردید. در ادامه اقدام به تعیین ضریب قابلیت انتقال سفره آب زیرزمینی شد بدین طریق که افت های سطح آب زیرزمینی مشاهده شده در طول عملیات پمپاژ روی نمودار منتقل شدند و نمودارهای افت- زمان بدست آمدند و در نهایت با استفاده از روش ژاکوب ضریب قابلیت انتقال آبخوان و هدایت هیدرولیکی سفره در محدوده هر چاه بدست آمد.

تعیین لیتولوژی آبخوان و ضخامت لایه ها:

بطور کلی هرچه انواع لاگ های ژئوفیزیکی موجود از یک و یا چند چاه در یک منطقه هیدرولوژیک بیشتر باشد، از اطلاعات حاصل از آن ها میتوان بهره ی بیشتری گرفت. از آنجا که لاگ ها پارامترهای مختلفی را اندازه می گیرند، موقعی

که همگی با هم تجزیه و تحلیل شوند نتیجه‌ی یک لاگ می‌تواند نتیجه‌ی لاگ دیگر را تأیید و یا نقض کند (کلاگری، ۲۰۱۰). بمنظور تعیین نوع لیتولوژی سازنده‌های اطراف چاه‌ها از لاگ‌های SP، گاما و لاگ مقاومت ویژه استفاده شد. یکی از قدم‌های اول در ارزیابی نمودارها، تعیین زون‌های قابل نفوذ و حذف شیل‌های غیر قابل نفوذ است. نمودارهایی که برای این منظور بکار می‌روند نمودارهای SP و پرتوی گاما GR است (موحد، ۱۳۸۹). شکل ۲ لاگ‌های گرفته شده از چاه‌های آب و مقاطع لیتولوژی بدست آمده از تفسیر آن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲. لاگ‌های گرفته شده از چاه‌ها و مقاطع لیتوئوژی آن‌ها

چاه کمربندی: اگرچه دامنه‌ی لاگ پتانسیل خودزا نسبت به عمق تغییرات و نوساناتی را تا عمق ۲۵ متری نشان می‌دهد ولی روند کلی تغییرات آن به سمت خط شیل می‌باشد. از آنجا که نمودار SP مقدار تراوایی را نشان می‌دهد بنابراین می‌توان انتظار داشت در این عمق از سطح زمین لایه‌ای با تخلخل کل زیاد و تراوایی پایین وجود دارد. با توجه به اینکه در بین رسوبات آبرفتی شیل‌ها دارای تخلخل بالایی هستند ولی به علت ریز بودن منافذ آن‌ها، قابلیت انتقال و تراوایی در آن‌ها در حد صفر می‌باشد، بنابراین می‌توان انتظار داشت که در این عمق درصد مواد دانه‌ریز رسی افزایش می‌یابد. با مراجعه به لاگ گاما در این عمق این فرضیه بیشتر به حقیقت می‌تواند تبدیل شود. با افزایش عمق مشاهده می‌شود که روند دامنه‌ی منحنی‌ها کاملاً تغییر می‌کند به صورتی که مشاهده می‌شود تمام شواهد موجود بر روی لاگ‌ها نشان می‌دهد که از این عمق به پایین، شرایط برای تشکیل سفره‌ی آب زیرزمینی بهتر می‌شود به طوری که میل کردن لاگ SP به سمت خط ماسه و افزایش مقاومت لایه‌ها روی لاگ R و همچنین کاهش نرخ گامای طبیعی با افزایش عمق همگی نشان‌دهنده‌ی افزایش تخلخل مفید و به تبع آن افزایش نفوذپذیری مواد تشکیل دهنده‌ی سازند در این عمق می‌باشد.

چاه نصیرکندی: با بررسی‌های انجام شده روی لاگ‌های رزستیویته، گاما و پتانسیل خودزا مشاهده می‌شود که تا عمق ۳۵ متری از سطح زمین تغییرات قابل ملاحظه‌ای در دامنه‌ی منحنی‌ها صورت نگرفته است. به طوری که لاگ SP در حد بین خط‌های شیل و ماسه بوده و تا این عمق ثابت مانده است بنابراین می‌توان انتظار داشت که مواد تشکیل دهنده‌ی این قسمت از زمین از رسوباتی با نفوذپذیری متوسط و یا مخلوطی از ذرات ماسه و رس ساخته شده‌اند. از عمق ۳۵ تا ۹۰ متری دامنه‌ی منحنی SP مرتباً به طرف خط ماسه تغییر مکان داده است. از آنجایی که عامل اصلی تشکیل پتانسیل خودزا در داخل زمین لایه‌های تراوا می‌باشند، بنابراین می‌توان پیش‌بینی کرد که تا عمق ۹۰ متری درصد ذرات دانه درشت مانند ماسه و قلوه‌سنگ مرتباً افزایش نشان می‌دهد. صحت این پیش‌بینی را می‌توان از روی تفسیر دو لاگ دیگر آزمایش نمود، همچنین بر روی لاگ گاما مشخص است که از ۳۵ تا ۹۰ متری چاه، دامنه‌ی منحنی به طرف چپ تغییر یافته است و نشان دهنده‌ی کاهش ذرات دانه‌ریز رسی می‌باشد که به عنوان ماتریکس بین دانه‌ای مقدار نفوذپذیری لایه را کاهش می‌دهد. از عمق ۹۰ تا ۱۰۰ متر دوباره کاهش بارزی در مقدار نرخ گامای طبیعی اندازه‌گیری شده روی منحنی گاما و افزایش رزستیویته‌ی سنگ‌ها روی می‌دهد که نشان دهنده‌ی به حداقل رسیدن مواد رسی در این بخش از زمین می‌باشد.

چاه نایب: در عمق تقریبی ۱۵ متری از سطح زمین یک تغییر ناگهانی در دامنه‌ی سه منحنی بوجود آمده است به صورتی که دامنه‌ی منحنی R در این عمق افزایش یافته است، این افزایش می‌تواند در نتیجه‌ی افزایش تخلخل کل سنگ‌ها به وجود آمده باشد. شن و قلوه‌سنگ‌ها و رس‌ها هر دو تخلخل بیشتری از ماسه دارند، اما با توجه به نرخ کم گامای طبیعی ثبت شده در این عمق وجود لایه‌های درشت‌دانه بیشتر به واقعیت می‌تواند نزدیک باشد. عمق ۱۵ تا ۶۵ متری بهترین مناطق برای مشبک کردن لوله‌ی جدار می‌باشد چنانکه با به حداقل رسیدن دامنه‌ی منحنی گاما و میل کردن منحنی SP به سمت خط ماسه می‌توان بیشترین نفوذپذیری را برای این قسمت از زمین استنباط نمود. برای چنین نفوذپذیری بالایی نوع لیتولوژی را

می توان دانه درشت هایی نظیر شن و قلوه سنگ پیش بینی کرد. از عمق ۶۵ تا ۸۵ متری از سطح زمین با افزایش نرخ گامای طبیعی و افزایش میل منحنی SP به سمت خط شیل مقدار تراوایی در نتیجه ی افزایش مواد دانه ریز رسی کاهش می یابد. از این عمق تا کف چاه با ثابت بودن دامنه ی منحنی های رزستیویته و گامای طبیعی، دامنه ی لاگ SP به سمت منفی میل کرده است که نشان دهنده ی افزایش تراوایی در نتیجه ی افزایش درصد مواد دانه درشت می تواند باشد.

چاه تپه کند: تمامی شواهد موجود بر روی لاگ های فوق نشان می دهد که از سطح زمین تا عمق ۳۷ متری از لایه هایی تشکیل شده اند که عملاً برای تشکیل سفره ی آب زیرزمینی فاقد ارزش می باشند. به صورتی که میل کردن لاگ SP به سمت خط شیل (وجود لایه ی ناتراوا)، کاهش مقاومت (افزایش تخلخل کل) و افزایش شدید در نرخ گامای طبیعی (وجود کانی های رسی) همگی دلیل بر وجود یک لایه ی ضخیم شیلی تا این عمق می تواند باشد. از عمق ۳۷ تا ۵۵ متری از سطح زمین دامنه ی منحنی SP به تدریج به سمت منفی (خط ماسه) تغییر مکان داده و مقدار گامای طبیعی به صورت تقریباً تدریجی کاهش یافته است که حاکی از کاهش ذرات دانه ریز رسی و افزایش نفوذپذیری است. بنابراین می توان چنین استنباط کرد که نسبت ماسه به رس تا این عمق افزایش یافته است. در عمق تقریبی ۵۵ متری یک تغییر ناگهانی در دامنه ی منحنی رزستیویته و گامای طبیعی به وجود آمده است، به طوری که کاهش نرخ گامای طبیعی و افزایش مقاومت سنگ در این عمق می تواند مؤید افزایش درصد مواد دانه درشت باشد.

چاه نصرت آباد: بهترین مناطق جهت تشکیل سفره ی آب زیرزمینی (مناطق بانفوذپذیری زیاد) مناطقی با مقدار مقاومت الکتریکی متوسط و مقدار گامای اندک می باشند، با این توصیف از سطح زمین تا عمق ۱۰ متری می تواند بهترین منطقه جهت تشکیل سفره ی آب زیرزمینی در چاه اکتشافی نصرت آباد باشد. از عمق ۱۰ متر تا عمق تقریبی ۸۵ متری از سطح زمین با افزایش دامنه ی منحنی گامای طبیعی، ثابت ماندن R و SP می توان پیش بینی کرد که مقدار نفوذپذیری در نتیجه ی افزایش مواد سازنده ی دانه ریز رس کاهش یافته است. از عمق ۸۵ متر تا کف چاه نیز تغییر در دامنه ی نمودار SP به سمت مثبت و کاهش مقاومت سنگ ها و همچنین افزایش دامنه ی نمودار گاما نشان دهنده ی افزایش شدید درصد مواد دانه ریز رسی بین دانه ای و کاهش نفوذپذیری می باشد.

چاه یاقلان تپه: همان طور که مشاهده می شود از سطح زمین تا عمق تقریبی ۱۰ متر دامنه ی نمودار SP ثابت و به خط ماسه بیشتر متمایل است. همچنین نمودار R و گاما نیز تا این عمق تغییرات چندانی نشان نمی دهند، بنابراین یک لایه ی با تخلخل مفید کم، مقاومت الکتریکی متوسط و مقدار تراوایی بالا را تا این عمق می توان انتظار داشت. سپس تا عمق ۷۵ متر، دامنه ی نمودار SP به سمت منفی تغییر یافته است که نشان دهنده ی افزایش تراوایی می باشد. از این عمق تا کف چاه افزایش نرخ گاما، میل کردن منحنی SP به سمت راست و کاهش مقاومت می تواند در نتیجه ی وجود درصد بیشتر مواد دانه ریز باشد.

چاه بکتابش: بررسی و تحلیل منحنی ها نشان می دهد که از سطح زمین تا عمق تقریبی ۱۰ متر نرخ کم مقدار گامای طبیعی و رزستیویته ی زیاد سنگ ها معرف وجود لایه ای تراوا و با نفوذپذیری زیاد می باشد. از عمق ۱۰ تا ۵۰ متری از سطح زمین

دامنه‌ی لاگ گاما به سمت راست تغییر مکان داده است که نشان‌دهنده‌ی افزایش پرتوهای گامای منتشره از سوی کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌ها می‌باشد. با توجه به اینکه کانی‌های رسی منبع مهمی برای اینگونه عناصر رادیواکتیو می‌باشند لذا می‌توان انتظار داشت تا این عمق درصد ماتریکس رسی بین‌دانه‌ای افزایش یافته است. در عمق تقریبی ۴۲ متر یک تغییر شدید در دامنه‌ی لاگ پتانسیل خودزا به سمت خط شیل صورت گرفته است که همراه با افزایش ناگهانی در مقدار نشر پرتو گاما در این عمق می‌باشد. با توجه به تیز بودن پیک منحنی می‌توان انتظار داشت که افزایش مواد دانه‌ریز رسی در این عمق به صورت ناگهانی و غیرتدریجی صورت گرفته است. با این توصیف تغییرات مشاهده شده بر روی لاگ SP نشان می‌دهد که یک لایه‌ی محدود کننده با ضخامت تقریبی یک متر در عمق ۴۲ متری وجود دارد که باعث ایجاد یک سفره‌ی آزاد در بالا و یک سفره‌ی تحت فشار در پایین شده است. تغییر در دامنه‌ی لاگ SP به سمت خط شیل در این عمق نشان‌دهنده‌ی کاهش تراوایی می‌باشد. بنابراین کاهش تخلخل، کاهش تراوایی و نبود ماتریکس رسی را می‌توان تنها در صورت کاهش اندازه‌ی دانه‌های تشکیل‌دهنده‌ی سازند در این عمق توجیه کرد. این شرایط تا عمق ۹۰ متر به طور تقریبی ثابت باقی مانده از این عمق تا کف چاه نفوذپذیری در نتیجه‌ی افزایش مواد دانه ریز رسی که روی نمودار گاما مشخص است کاهش یافته است.

چاه حاجی حسن: همان‌طور که مشاهده می‌شود تا عمق تقریبی ۱۸ متری از سطح زمین منحنی SP بیشتر به سمت خط ماسه متمایل شده است که می‌تواند نشان‌دهنده‌ی این موضوع باشد که رسوبات با تراوایی زیاد مانند ماسه درصد بیشتری از رسوبات تشکیل‌دهنده‌ی این قسمت از زمین را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین کاهش شدید در دامنه‌ی منحنی گاما تا این عمق نشان‌دهنده‌ی افزایش نفوذپذیری است. از عمق ۱۸ تا ۴۰ متری از سطح زمین میل کردن ملایم و تدریجی منحنی SP به طرف خط منفی و همچنین ثابت بودن منحنی‌های رزستیویته و گامای طبیعی می‌تواند حاکی از آهنگ بسیار ملایم افزایش درصد مواد دانه‌درشت سازند اطراف چاه باشد. همان‌طور که از شکل لاگ پتانسیل خودزا در عمق ۴۰ تا ۵۵ متری پیدا است مشاهده می‌شود که منحنی SP کاملاً به خط ماسه مماس شده است و نشان‌دهنده‌ی لایه با نفوذپذیری بالا می‌باشد، بنابراین وجود لایه‌ی با نفوذپذیری بیشتر از ماسه مانند شن و قلوه‌سنگ بیشتر از لایه‌ی رسی نفوذناپذیر در این عمق محتمل است. با توجه به هدایت هیدرولیکی بالای این مواد، این منطقه از چاه اکتشافی مناسب‌ترین مکان جهت مشبک کردن لوله‌ی جدار چاه می‌باشد. تغییرات منحنی‌ها از عمق ۵۵ متری به بعد کم و بیش مشابه اعماق اولیه‌ی چاه می‌باشد و تا عمق ۷۵ متری به علت برخورد با سنگ کف مارنی مقدار SP به سمت مثبت و گامای طبیعی به شدت به سمت راست منحرف شده است.

چاه جاده‌ی مهاباد: داده‌های حاصل از عملیات چاه‌پیمایی تأیید می‌کند که از سطح زمین تا عمق تقریبی ۱۰ متر مقدار مقاومت کم سنگ‌ها و ثابت ماندن مقدار گاما در نرخ تقریباً زیاد نشان‌دهنده‌ی مقدار نفوذپذیری اندک در سنگ‌های این ناحیه می‌باشد. از عمق ۱۰ تا ۲۰ متری افزایش مقدار مقاومت و کاهش گامای طبیعی، کاهش تخلخل کل و افزایش

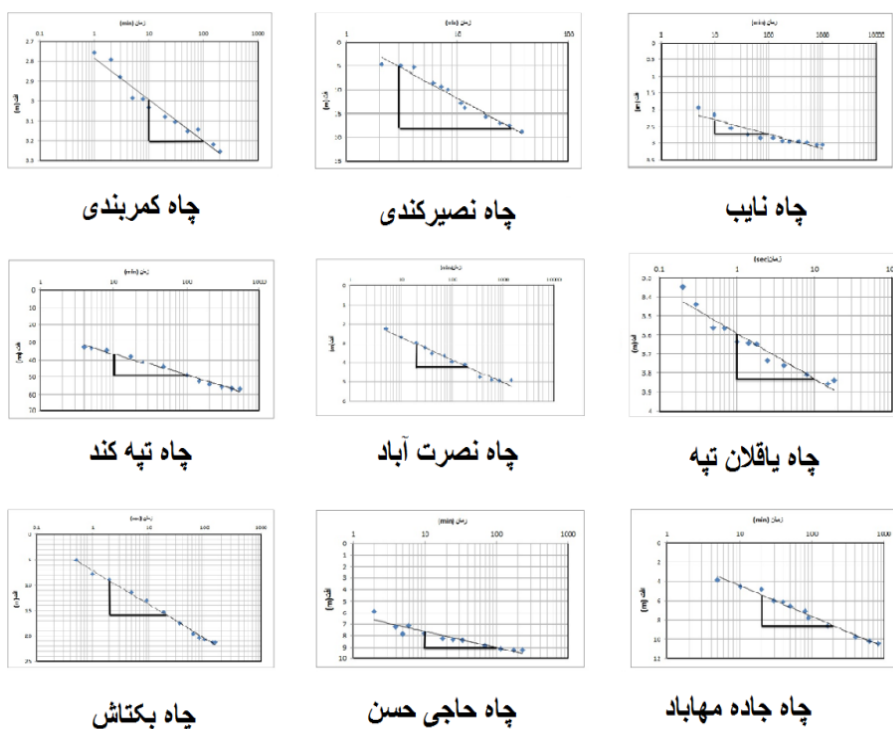
تخلخل مفید (نفوذپذیری) را نشان می‌دهد که می‌توان افزایش درصد مواد دانه‌درشت نظیر قلوه‌سنگ را تا این عمق پیش‌بینی کرد. در عمق ۲۵ متری یک افزایش ناگهانی در مقدار رزستویته‌ی سنگ‌ها و کاهش شدید در مقدار گامای طبیعی مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی برخورد با لایه‌ی با تراوایی بالا می‌باشد.

تعیین ضرایب هیدرودینامیک آبخوان:

بمنظور تعیین ضرایب هیدرودینامیک آبخوان عملیات پمپاژ در دبی‌های ثابت برای هر چاه انجام شد. با استفاده از روش ژاکوب (Cooper and Jacob, 1964; Jacob, 1979) ضریب قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی محاسبه شد. رابطه‌ی ۱ معادله‌ی ژاکوب را که برای محاسبه‌ی این ضرایب در شرایط غیرماندگار پیشنهاد شده است نشان می‌دهد.

$$T = \frac{2.3Q}{\pi \Delta s} \quad (1)$$

که در آن T قابلیت انتقال، Q دبی پمپاژ و Δs عبارت است از مقدار اختلاف افت بر یک سیکل لگاریتمی. شکل ۳ نمودارهای افت-زمان و جدول ۱ پارامترهای اندازه‌گیری شده برای هر چاه را نشان می‌دهد.



شکل ۳. نمودارهای افت-زمان مربوط به آزمایش پمپاژ چاه‌ها

جدول ۱. پارامترهای هیدرودینامیکی اندازه‌گیری شده برای هر چاه

چاه	Q (m ³ /sec)	ΔS (m)	T (m ² /day)	K (m/day)
کمربندی	۰/۰۳۹۶	۰/۲	۳۱۳۰/۶	۳۱/۳
نصیرکندی	۰/۰۱۱	۱۳/۱۹	۱۳/۱۸	۰/۱۳۱
نایب	۰/۰۲۹۸	۰/۴۳	۱۰۹۵	۹/۸۶
تپه‌کند	۰/۰۲۰۷	۱۱/۸۹	۲۷/۵۲	۱۰۷
نصرت‌آباد	۰/۰۴۶۶	۱/۱۹	۶۱۹	۵/۸۹
یاقلان‌تپه	۰/۰۲۶۹۱	۰/۲۴	۱۷۷۲/۸	۱۶/۷۱
بکتاش	۰/۰۴۲۶	۶/۹۷	۹۶/۶	۰/۹۶
حاجی‌حسن	۰/۰۲۳۸۴	۱/۱	۳۴۲/۶۸	۳/۶۸
جاده‌مهاباد	۰/۰۰۴	۳/۳	۱۹/۱	۰/۳۱

نتیجه‌گیری:

مقاطع لیتولوژی گرفته شده از عملیات چاه‌نگاری در بیشتر چاه‌ها نشان می‌دهد که جنس مواد تشکیل دهنده رسوبات اطراف چاه‌های حفر شده بیشتر از رسوباتی مانند ماسه، گراول، قلوه‌سنگ و رس می‌باشد، بنابراین لیتولوژی عمده منطقه آبرفتی است. با توجه به مقاطع لیتولوژی، مشاهده می‌شود که در اطراف چاه‌های تپه‌کند، حاجی‌حسن، ابراهیم‌نایب کندی، نصرت‌آباد، نصیرکندی، یاقلان‌تپه، جاده‌مهاباد و کمربندی هیچ گونه لایه‌ی نفوذناپذیر ممتدی در بالای سطح اشباع وجود ندارد بنابراین آبخوان‌های اطراف این چاه‌ها از نوع آزاد است. آبخوان اطراف چاه بکتاش به علت وجود لایه‌ی رسی ناتراوا در عمق تقریبی ۴۰ متری از نوع تحت فشار است و سطح آب داخل چاه نمایانگر سطح پیزومتریک در آن نقطه است. رسوبات آبرفتی معمولاً تخلخل و تراوایی بسیار بالایی دارند و آب را به راحتی از خود عبور می‌دهند. این خاصیت توام با ضخامت زیاد آن‌ها در منطقه باعث تشکیل مخازن عظیم آب زیرزمینی در منطقه شده است. از این ذخایر به عنوان دریاچه‌های زیرزمینی یاد می‌شود. بیشترین مقدار ضریب قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی در آبخوان مربوط به چاه کمربندی و کمترین مقدار آن در آبخوان مربوط به چاه نصیرکندی محاسبه شدند. میانگین ضریب قابلیت انتقال منطقه‌ی مورد مطالعه ۷۹۰/۷۲ متر مربع بر روز و میانگین هدایت هیدرولیکی ۱۹/۵۳ متر بر روز محاسبه شد.

تقدیر و تشکر

از مدیریت و کارکنان شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی به دلیل در اختیار قرار دادن داده‌های مربوط به عملیات پمپاژ نمونه‌ها سپاسگزاری می‌شود.



منابع فارسی :

سلیمی، پ.، ۱۳۹۲، "اکتشاف منابع آب زیرزمینی به روش مقاومت ویژه در شهرستان سومار استان کرمانشاه، اولین کنفرانس ملی مهندسی اکتشاف منابع آب زیرزمینی.

طهماسبی نژاد، ه.، سال ۱۳۸۷، " کاربرد سونداژ الکتریکی شلومبرژه در اکتشاف آب های زیرزمینی مطالعه ی موردی: منطقه ی امین آباد بهبهان"، همایش سراسری کاربرد روش ها و فناوری نوین در علوم زمین.

کلاغری، ع.ا.، ۱۳۸۹، " اصول اکتشافات ژئوفیزیکی " انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.

موحد، ب.، ۱۳۸۹، " مبانی چاه پیمایی " انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تهران.

References:

Cooper, H.H., Jacob, C.E., 1964, A Generalized Graphical method for Evaluating Formation Constants and Summarizing Well Field History, Am. Geophys. Union Trans., Vol. 27, pp. 526-534.

Jacob, B., 1979, Hydraulics of Groundwater, Mc Graw- Hill.

ژئوشیمی و کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی در دشت بافت، جنوب غرب کرمان در ارتباط با توده‌های افیولیتی

طاهره مردانی، کارشناسی ارشد ژئوشیمی، Tahere.mardani1989@gmail.com

چکیده

مدیریت بهینه منابع آبی و حفظ و ارتقای کیفیت آنها نیازمند وجود اطلاعات در زمینه موقعیت، مقدار و پراکنش فاکتورهای شیمیایی آب در یک منطقه جغرافیایی معین می‌باشد. در این تحقیق که بر روی منابع آب زیرزمینی شهرستان بافت کرمان می‌باشد، به منظور مصارف کشاورزی و شرب از ۱۱ رشته قنات و چشمه نمونه‌برداری صورت گرفت و غلظت یون‌های Na^+ ، K^+ ، Ca^{++} ، Mg^{++} ، Cl^- ، SO_4^{--} ، HCO_3^- ، NO_3^- ، PO_4^{--} و فلزات سنگین تعیین گردید. سپس نقشه-های هم‌غلظت و دیاگرام‌های شولر و ویلکاکس ترسیم و تفسیر گردیدند و نیز تجزیه و تحلیل آماری با روش‌های آزمون مؤلفه اصلی (PCA) و آنالیز خوشه‌ای (CA) بر روی داده‌ها انجام گرفت. مقادیر EC، TDS و غلظت سولفات، کلر و کلسیم در بخش شمال و شمال غربی دشت بافت بالا می‌باشد که به نظر می‌رسد در ارتباط با فعالیت‌های کشاورزی و تأثیر کودهای شیمیایی بر آلودگی آب‌های این منطقه است. همچنین غلظت فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی محدوده مطالعاتی زیر حد تشخیص (۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر) بوده و در محدوده مجاز برای آب‌های آشامیدنی قرار دارد.

کلیدواژه: هیدروژئوشیمی، کیفیت آب، سفره‌های آب زیرزمینی، دشت بافت، افیولیت‌ها

Geochemistry and groundwater resources quality in the baft plain, South west kerman, In connection with ophiolite masses

Abstract

The optimal management of water resources and the maintenance and improvement of their quality requires the availability of information on the location, amount and distribution of chemical factors in a given geographic region. In this research, which is based on underground water sources in the city of Kerman, we selected samples from eleven rivers and fountains for agricultural and drinking purposes. The concentrations

and heavy metals were PO_4^{3-} , NO_3^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ of Na^+ determined. Then, the mapping maps and Shooler and Wilcox diagrams were mapped and interpreted. Statistical analysis was performed using PCA and cluster analysis (CA) on the data. The EC, TDS and sulfate, chlorine and calcium concentrations in the north and northwestern part of the plain of high tissue are believed to be related to agricultural activities and the effect of chemical fertilizers on the pollution of the waters of this region. Also, the concentration of heavy metals in groundwater in the study area is below the detection limit (0.05 mg / l) and is within the permitted range for drinking water.

Keywords : Hydrochemistry, Water quality, Underground water table, Baft Plain, Ophiolites.

مقدمه

تامین آب آشامیدنی سالم به عنوان یکی از ارکان پیشرفت اقتصادی و اجتماعی جوامع مطرح بوده و اهمیت آن در امر توسعه ملی بر هیچ کس پوشیده نیست. نظر به محدود بودن منابع و ذخایر آب در جهان و بویژه در ایران، که از مناطق خشک و نیمه خشک کره زمین محسوب می گردد و از طرف دیگر رشد جمعیت و تغییرات گسترده آن و نیز گسترش صنایع و بالا رفتن مصرف سرانه، استفاده صحیح از منابع موجود آب را امری ضروری به حساب می آورد.

امروزه آب های زیرزمینی با چالش های متفاوتی مانند افت سطح آب، تهی شدن سفره ها، هجوم آب شور به سفره های آب شیرین در اثر برداشت بی رویه آب، کاهش نرخ بارندگی و آلاینده های طبیعی و غیرطبیعی مواجه است (هلیل^{۳۴}، ۱۹۸۰). مدیریت غیر اصولی این منابع خسارت جبران ناپذیری به محیط زیست و اقتصاد کشور وارد می نماید. همچنین وضعیت آب های زیرزمینی منطقه باید مورد مطالعه و تحقیق کمی و کیفی قرار گیرد.

در ایران نیز مسئله کمبود آب از گذشته های بسیار دور وجود داشته و حتی در برخی از مناطق مانع رشد و پیشرفت کشاورزی، صنعتی و حتی اجتماعی شده است. با وجود این مسایل آب زیرزمینی در اثر تصفیه طبیعی عاری از آلودگی های بیماری زا و دارای کیفیت نسبتا خوبی است و در معرض نوسانات فصلی کمتری است. کیفیت آب های زیرزمینی تحت تاثیر لیتولوژی سفره، مقدار مواد انحلالی در بستر رودخانه، وجود املاحی مانند گچ، نمک، آهک و آهن در تشکیلات رسوبی و تبخیری است. جنس بستر مظهر در قنات های محدوده مورد مطالعه از جنس آبرفتی، شن، ماسه و رس است که سن آن ها کواترنری است. چشمه های این منطقه اکثرا در امتداد گسل ها هستند که در تراس رودخانه تشکیل شده اند. چشمه های خطی از جمله ساختارهایی هستند که معمولا در جاییکه گسل ها، سنگ های نفوذپذیر را در مقابل سنگ های نفوذناپذیر قرار می دهند، تشکیل می شود. جنس مظهر چشمه های مورد مطالعه از نوع شن و ماسه و قلوه سنگ، ماسه

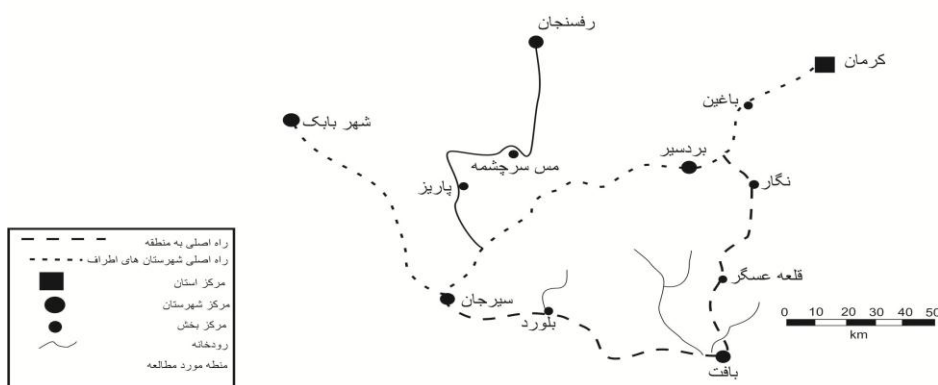
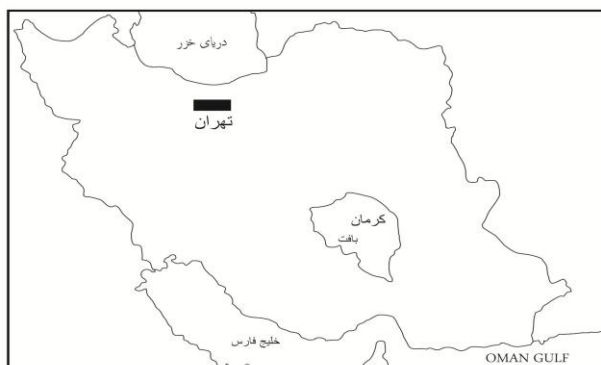
³⁴Hillel

سنگ و آهک است که براساس تقسیم بندی دما در رده آب نیمه گرم قرار دارد. اگر بستر رودخانه شیب زیاد داشته باشد در جهت عکس جریان آب رودخانه به خوبی قابل تشخیص است و در صورتی که شیب کم باشد جهت جریان آب را می توان از اتصال شاخه های فرعی به بستر اصلی شناسایی کرد. به این معنی که زاویه حاده بین دو شاخه به قسمت بالای بستر اشاره داشته باشد (وامقی، ۱۳۸۴). جهت اصلی حرکت آب های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه با توجه به روند حرکت آب در خروجی قنوات و چشمه ها شمال-جنوب و شرقی-غربی می باشد.

روش کار

الف - معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان بافت در ۱۵۶ کیلومتری جنوب غرب شهر کرمان واقع شده است و از مرتفع ترین و خوش آب و هواترین مناطق استان کرمان و ایران می باشد. ارتفاع آن از سطح دریا ۲۲۸۰ متر و در محدوده $29^{\circ} 13' 60''$ عرض شمالی و $56^{\circ} 36' 00''$ طول شرقی قرار دارد. بافت از نظر ارتفاع پس از شهرکرد، دومین شهر مرتفع ایران محسوب می شود. حوضه آبخیز بافت در محدوده جغرافیایی $29^{\circ} 00'$ تا $29^{\circ} 27'$ عرض شمالی و $56^{\circ} 32'$ تا $56^{\circ} 46'$ طول شرقی به ارتفاع ۲۷۲۶ متر قرار گرفته است. این حوضه از زیر حوضه های اصلی هلیل رود و نهایتاً حوضه بزرگ آبریز جازموریان است. هوای منطقه گرم و نیمه خشک (در دشت های کویری و خشک) است و در مناطق کوهستانی و دامنه ارتفاعات، حالت ییلاقی پیدا می کند (فرهنگ جغرافیایی بافت، ۱۳۸۲). در سیستم طبقه بندی به روش (سیلیانینف، ۱۹۵۰) که براساس ضریب هیدرومتریک طراحی شده است، منطقه دارای شرایط اقلیمی نیمه خشک میانه است. با توجه به ضریب خشکی به دست آمده منطقه مورد مطالعه در محدوده اقلیم نیمه خشک قرار می گیرد. رژیم حرارتی مزیک و رژیم رطوبتی زیریک است. میانگین درجه حرارت سالانه در منطقه مورد مطالعه ۱۵/۷ درجه سانتی گراد و متوسط بارندگی در سه سال اخیر ۲۶۷ میلیمتر بوده و همچنین میانگین تبخیر در سه ماه تابستان حداکثر است و در پاییز و زمستان نیز نسبت به بقیه ماه ها کاهش یافته است (اداره هواشناسی کرمان، ۱۳۹۳). شکل ۱ نقشه منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه

ب-روش تحقیق

در این تحقیق با توجه به اهداف مطالعه از ۱۱ رشته قنات و چشمه نمونه برداری انجام شد و نمونه ها برای تعیین میزان غلظت فلزات سنگین، کاتیون ها و آنیون های اصلی آب مورد آنالیز قرار گرفت که برحسب نتایج به دست آمده کیفیت آب برای کشاورزی و شرب تعیین شود و منشأ آلودگی احتمالی نیز مشخص گردد. پس از انتخاب قنات و چشمه ها در سه نوبت به کمک بطری های نمونه برداری به حجم یک لیتر نمونه هایی برداشت و جهت تعیین پارامترهای کیفی آب شامل: دما، pH، Eh، هدایت الکتریکی Ec^{35} ، کدورت 36 و رنگ، غلظت یون ها، مولکول ها و مواد غیر آلی موجود در آب چه به صورت محلول و چه به صورت معلق، کل جامدات محلول TDS^{37} به آزمایشگاه ارسال گردیدند. همزمان با برداشت هر نمونه، مختصات جغرافیایی هر قنات یا چشمه به کمک GPS در سیستم UTM یادداشت گردید. آنیون و کاتیون های

Electric Conductivity ³⁵
³⁶ Turbidity

Total Dissolved Solids ³⁷

اصلی با استفاده از روش تیتراسیون و همچنین مقادیر نیترات و نیتريت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر مورد سنجش قرار گرفت. سدیم، پتاسیم و کلر با استفاده از روش کروماتوگرافی در آزمایشگاه آب منطقه‌ای کرمان مورد تجزیه قرار گرفتند. فلزات سنگین نیز با روش ICP-OES در آزمایشگاه زر آزما تجزیه گردیدند. پس از اعلام نتایج توسط آزمایشگاه، مقادیر متوسط هر یک از نمونه‌ها برای پارامترهای مختلف در نظر گرفته شد. در مرحله بعدی کلیه داده‌های مربوط به هر پارامتر از نظر نرمال بودن در محیط SPSS بررسی شد. پس از انجام آزمون نرمال، برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای مذکور به اطلاعات ناحیه‌ای با استفاده از نرم افزار ARC GIS نقشه تغییرات TDS، pH، Eh، Na^+ ، K^+ ، Ca^{++} ، Mg^{++} ، Cl^- ، SO_4^{--} ، HCO_3^- ، NO_3^- ، PO_4^{--} و قلیائیت^{۳۸} به طور جداگانه ترسیم گردید. سپس دیاگرام‌های شولر به منظور بررسی نمونه‌ها از لحاظ قابلیت شرب و ویلکاکس برای بررسی طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی رسم شد.

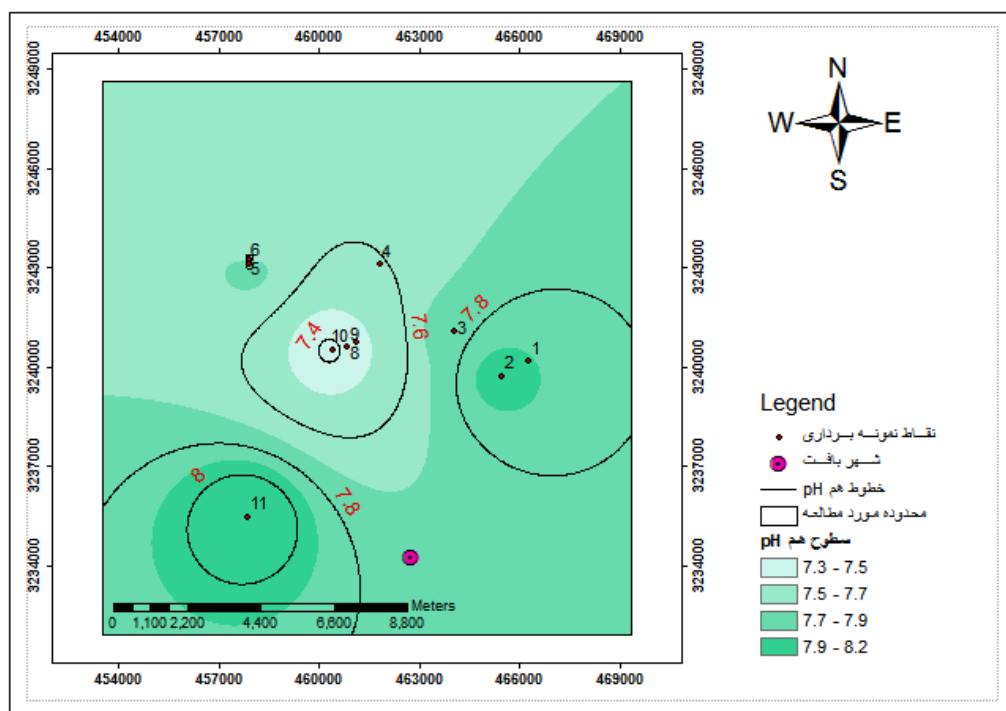
نتایج

- نتایج مربوط به پهنه بندی نقشه کیفیت آب زیر زمینی از نظر شرب
با توجه به نقشه هم pH (شکل ۲)، دامنه تغییرات آن در منطقه مورد مطالعه از ۷.۳ تا ۸.۲ می‌باشد. مقدار متوسط pH نیز ۷/۷ می‌باشد. بر اساس نقشه‌ی ارائه شده مشخص شد که pH نمونه‌های برداشته شده در حد طبیعی بوده و از استاندارد آب آشامیدنی و کشاورزی سازمان بهداشت جهانی (۷-۸/۵) بالاتر نمی‌باشد. در نتیجه محدودیتی را در مصارف مختلف مانند شرب، آبیاری و کشاورزی ایجاد نمی‌کند.
هدایت الکتریکی (EC) بیان کننده توانایی آب در انتقال جریان الکتریکی می‌باشد. موادی که هنگام حل شدن در آب یونیزه می‌شوند، عامل اصلی ایجاد هدایت الکتریکی آب هستند. سازمان جهانی بهداشت (WHO)^{۳۹} حداکثر میزان مجاز هدایت الکتریکی را برای آب‌های آشامیدنی $2000 \mu\text{mohs/cm}$ اعلام کرده است (ویجی کومار و همکاران، ۲۰۱۴).^{۴۰} با توجه به نقشه هم غلظت EC (شکل ۳) حداکثر میزان هدایت الکتریکی در چشمه شماره ۴ با مقدار $(683 \mu\text{mohs/cm})$ و حداقل مقدار EC مربوط به نمونه شماره ۳ با مقدار $(228 \mu\text{mohs/cm})$ بوده است. مقدار میانگین EC (432.72) می‌باشد. هدایت الکتریکی و سایر پارامترها از جمله منیزیم، کلسیم، سختی کل، کلر، نیترات، پتاسیم نیز همبستگی معنی داری وجود دارد.

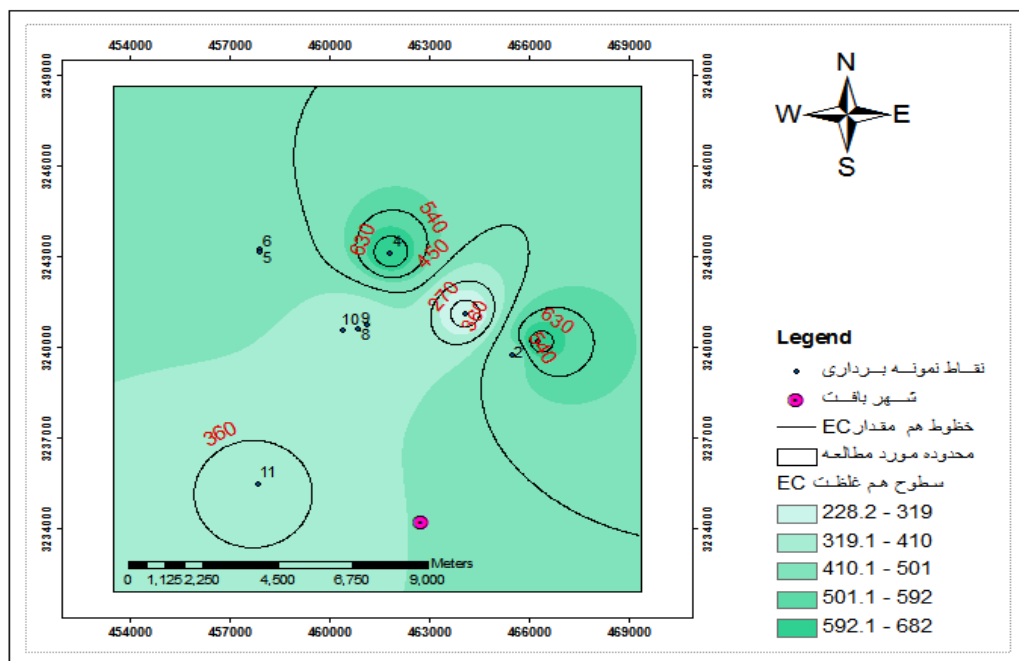
³⁸Alkalinity

³⁹ World Health Organization

⁴⁰ Vijayakumar & et al



شکل ۲- نقشه هم pH منطقه مورد مطالعه



شکل ۳- نقشه هم غلظت EC منطقه مورد مطالعه بر حسب (میکرو موس بر سانتی متر)

بین هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول در آب رابطه خطی وجود دارد و در صورتی که یکی از این دو پارامتر را در اختیار داشته باشیم می‌توانیم دیگری را با استفاده از رابطه خطی زیر محاسبه نمائیم:

$$EC = TDS/A$$

ضریب A دارای تغییراتی بین ۰/۹۶ - ۰/۵۴ می‌باشد (هانسلو، ۱۹۹۵).

قابلیت شرب آبی که دارای TDS کمتر از ۶۰۰ میلی گرم در لیتر است، معمولاً خوب در نظر گرفته می‌شود. ولی اگر این مقدار از ۱۲۰۰ میلی گرم در لیتر تجاوز نماید، کیفیت آب بسیار نامطلوب خواهد شد. آب‌های با مقدار TDS بیش از ۲۰۰۰ برای کشاورزی مناسب نمی‌باشند (آگراوال، ۲۰۱۲) ^{۴۱}

بر اساس کل مواد جامد، آب‌ها را می‌توان به ۵ گروه تقسیم نمود. جدول ۴-۱۴- این طبقه‌بندی را به نقل از تاد و مایز (۲۰۰۵) ^{۴۲} نشان می‌دهد.

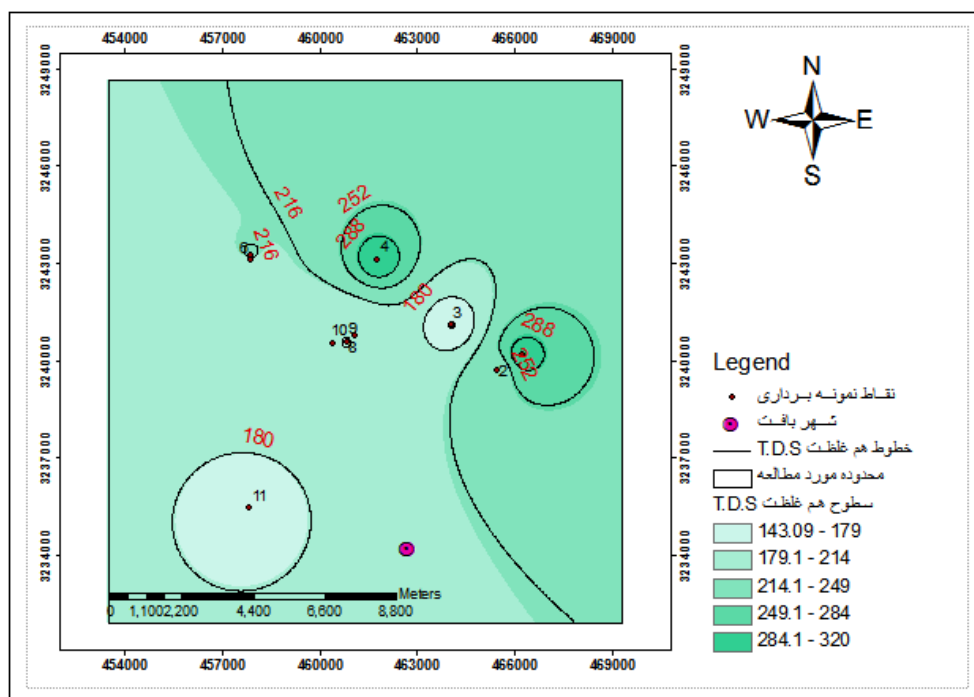
نوع آب	TDS (mg/l)
شیرین	۱۰۰۰
اندکی شور	۱۰۰۰-۳۰۰۰
نسبتاً شور	۳۰۰۰-۱۰۰۰۰
خیلی شور	۱۰۰۰۰-۳۵۰۰۰
شوراب	>۳۵۰۰۰

جدول ۱- طبقه‌بندی U.S.G.S^{۴۲} برای آب‌ها بر اساس مواد حل شده (تاد و مایز ۲۰۰۵)

^{۴۱} Agrawal

^{۴۲} Todd & Mays

^{۴۳} United States Geological Survey

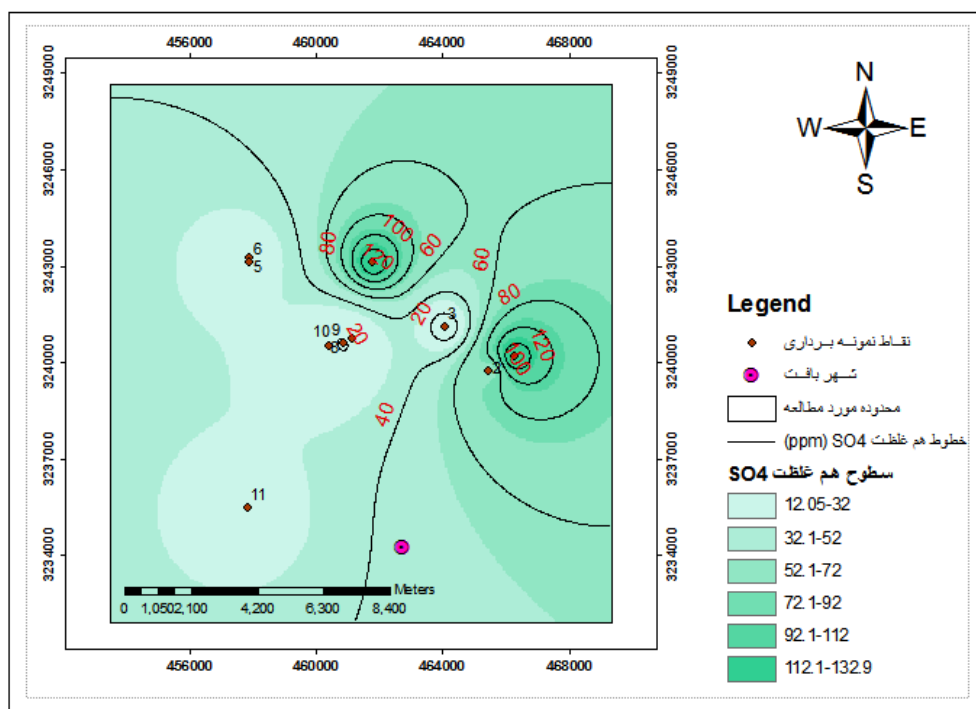


شکل ۴- نقشه هم غلظت TDS منطقه مورد مطالعه بر حسب (ppm)

با توجه به نقشه TDS محدوده مورد مطالعه (شکل ۴) مشخص شد که حداکثر مقدار TDS مربوط به نمونه شماره ۱ با مقدار (۳۱۱ ppm) و حداقل مقدار TDS مربوط به نمونه برداشت شده از چشمه شماره ۳ با مقدار (۱۴۳ ppm) بوده است. میزان TDS همچنین ارتباط معنی داری بین دو پارامتر TDS و EC مشاهده شد. با افزایش هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول نیز افزایش یافت و همبستگی بین این دو پارامتر نیز بالا بود. در نتیجه آب تمام قنات های مورد مطالعه در حد استاندارد های آب آشامیدنی و آب کشاورزی قرار دارد. افزایش TDS با جهت جریان آب زیرزمینی هماهنگی دارد، که این افزایش می تواند ناشی از افزایش زمان تماس با سنگ بستر و تغییر لیتولوژی باشد و همچنین تغلیظ توسط تبخیر باشد.

غلظت سولفات در آب زیرزمینی به سبب داشتن مزه تلخ و اثرات لنت دار نبایستی بیشتر از ۲۵۰ قسمت در میلیون باشد (مخبری، ۱۳۷۷). غلظت های سولفات بیش از ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر سبب اثرات سوء گوارشی و نیز ایجاد طعم قابل تشخیص (ترش شدگی) و خوردن گی آب می شود. غلظت زیاد سولفات بیماری دستگاه گوارشی را ایجاد خواهد کرد به خصوص هنگامی که یون های منیزیم و سدیم نیز در آب آشامیدنی وجود داشته باشد (هانپفا و همکاران، ۲۰۱۳). بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی حد مطلوب سولفات در آب آشامیدنی انسان ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر و حداکثر غلظت مجاز سولفات ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر است (ریپال و همکاران، ۲۰۱۲) ۴۳

در نقشه هم غلظت سولفات (شکل ۵)، بیشترین مقدار در نمونه شماره ۱ و ۴ با مقادیر ۱۳۳ و ۱۳۲ میلی گرم بر لیتر و نمونه شماره ۳ با ۱۲ میلی گرم بر لیتر کمترین مقدار را داراست. همچنین مقدار میانگین سولفات در آب های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۴۶/۴۵ میلی گرم بر لیتر است. سولفات موجود در منطقه از هوازدگی پیریت می تواند رها شده باشد. در عین حال که معمولاً در آب باران مناطق خشک مانند منطقه مورد مطالعه، غلظت سولفات می تواند بالا باشد. به علاوه اینکه سولفات به طور طبیعی در تمام آب های طبیعی به مقدار فراوان وجود دارد.

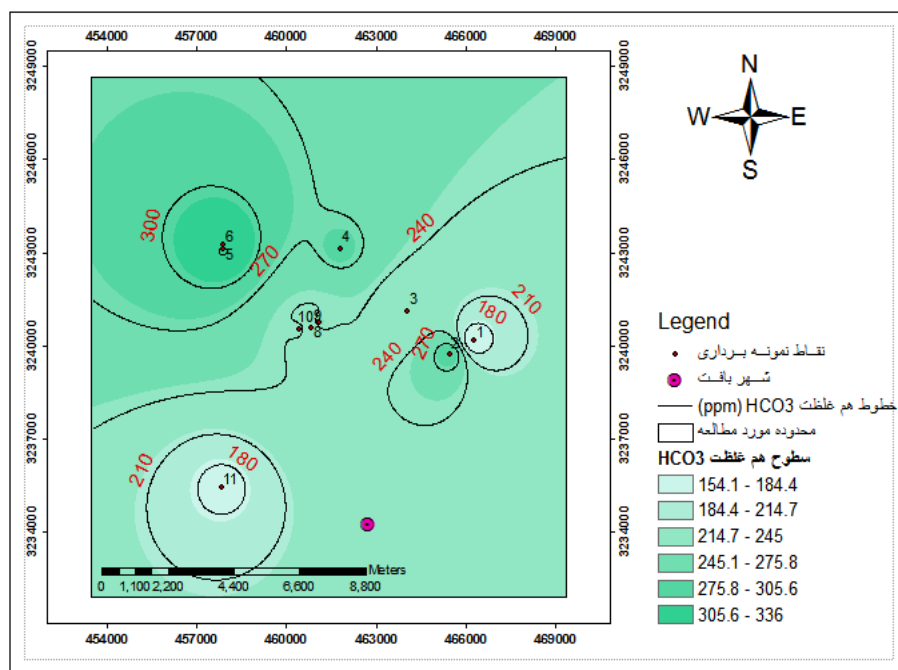


شکل ۵- نقشه هم غلظت سولفات در محدوده مورد مطالعه

افزایش درجه حرارت یا کاهش فشار سبب تغییر در حلالیت دی اکسید کربن می گردد. بی کربنات موجود در آب های زیرزمینی از دو منبع طبیعی عمده ناشی می شود؛ اولین منبع، دی اکسید کربن موجود در هوای خاک است که می تواند مستقیماً از ریشه گیاهان و مهم تر از همه توسط فساد میکروبی مواد آلی خاک تولید گردد. سپس وارد آب عبوری شده و طی چرخش خنثی سازی pH به بی کربنات تبدیل شود. دومین منبع، انحلال کانی های کربناته که کلسیم و منیزیم رها می سازند، می تواند بی کربنات زیادی را در آب ایجاد نماید (یانگر، ۲۰۰۷).^{۴۴} از آنجا که pH منطقه مورد مطالعه در محدوده ۷ تا ۸ است بنابراین گونه بی کربنات غالب است. غلظت کربنات محلول در آب زیرزمینی عموماً کمتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر است (مخبری، ۱۳۷۷). منبع اصلی HCO_3^- ، دی اکسید کربن جوی است که با آب باران ترکیب شده و

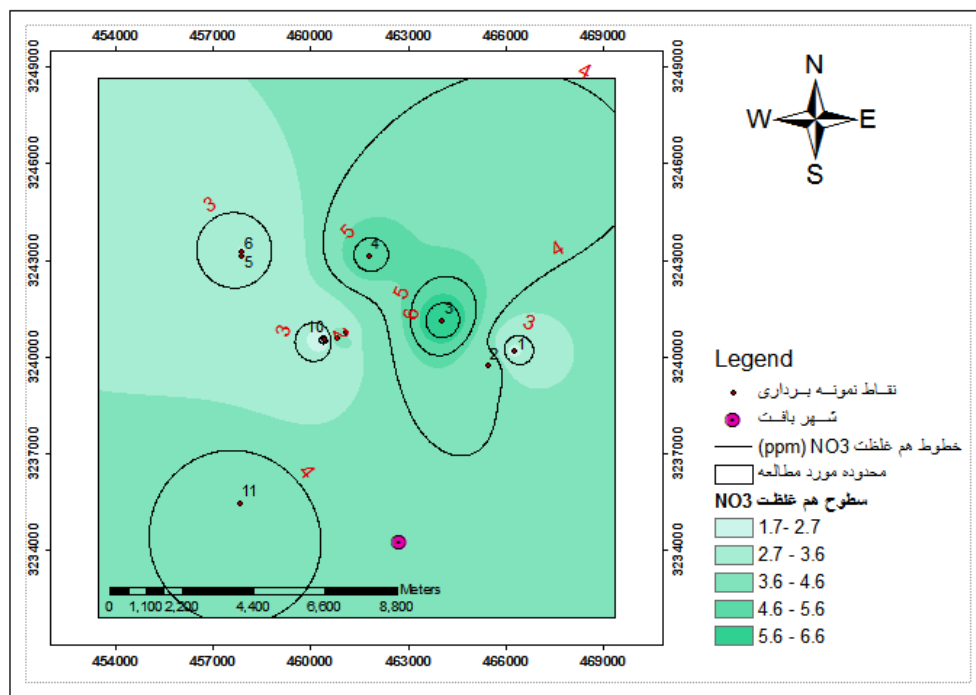
این محصول را می دهد. از طرفی در اثر تجزیه فلدسپات های پلاژیوکلاز موجود در سنگ های آذرین کوهستان ها آب های سطحی و زیرزمینی از HCO_3^- غنی می شوند.

در محدوده مورد مطالعه گسترش سازندهای آهکی و آهکی - دولومیتی زیاد است که در اثر انحلال این آهک ها میزان بی کربنات سفره آب زیرزمینی افزایش می یابد. با توجه به شکل ۶ که نقشه هم غلظت بی کربنات را نشان می دهد حداکثر مقدار غلظت این یون در نمونه شماره ۶، $336/5$ میلی گرم بر لیتر است. کم ترین مقدار نیز در نمونه شماره ۱۱ $154/1$ میلی گرم بر لیتر است. همچنین مقدار متوسط بی کربنات $246/8$ میلی گرم بر لیتر می باشد.



شکل ۶- نقشه هم غلظت بی کربنات در محدوده مورد مطالعه

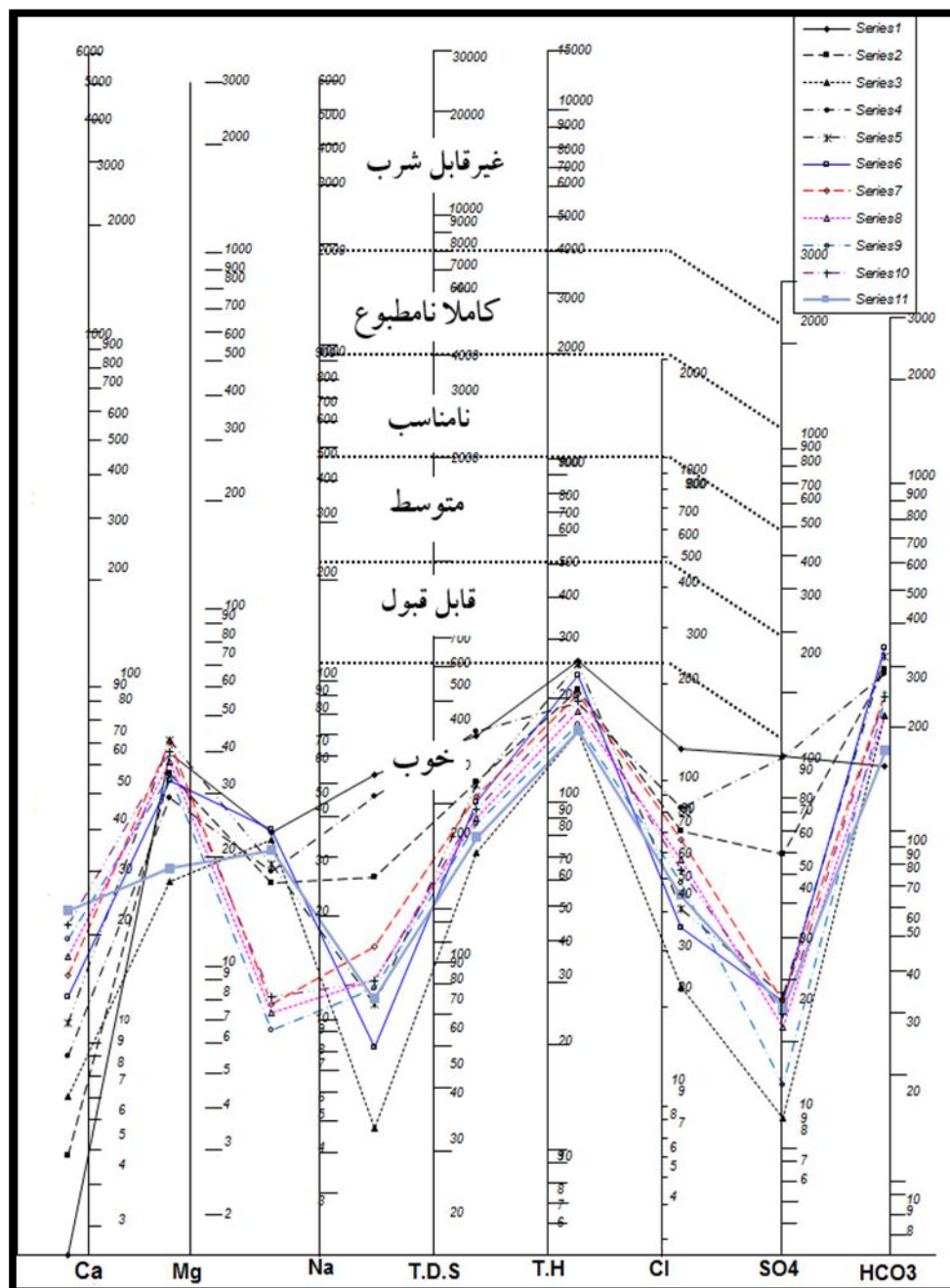
غلظت مجاز نترات در آب های آشامیدنی 50 میلی گرم بر لیتر است. غلظت بیشتر از این مقدار، سبب بروز مشکلاتی در سلامتی انسان می شود. نوع محصولات کشت شده در یک زمین زراعی و میزان نیاز آن ها به کود، در غلظت نترات آب های زیرزمینی یک منطقه نقش اساسی دارد. غلظت نترات موجود در آب های زیرزمینی بستگی به وضعیت زمین شناسی منطقه نیز دارد از آنجایی که غلظت نترات در آب های زیرزمینی یا سازندهای سست و غیر متراکم بسیار بیشتر از سایر مناطق است (کسکین، ۲۰۱۰).^{۴۵}



شکل ۷- نقشه هم غلظت نیترات در محدوده مورد مطالعه

در نقشه هم غلظت نیترات شکل ۷ نیز نشان می‌دهد که غلظت نیترات تمامی قنوتات منطقه مورد مطالعه در حد مطلوب قرار دارد. بیشترین مقدار غلظت نیترات در نمونه شماره ۳، ۶/۶۳ میلی گرم در لیتر است که احتمالاً به دلیل درشت دانه بودن آبرفت‌های این منطقه انتقال نیترات از طریق فاضلاب به سفره آب زیرزمینی تسهیل شده است. مقدار متوسط نیترات در محدوده مورد مطالعه ۳/۸ میلی گرم در لیتر است. پایین بودن غلظت نیترات در آب‌های منطقه علی‌رغم قرارگیری در محدوده اراضی کشاورزی، نشانگر عدم تأثیر کودهای شیمیایی بر آلودگی آب‌های این منطقه است.

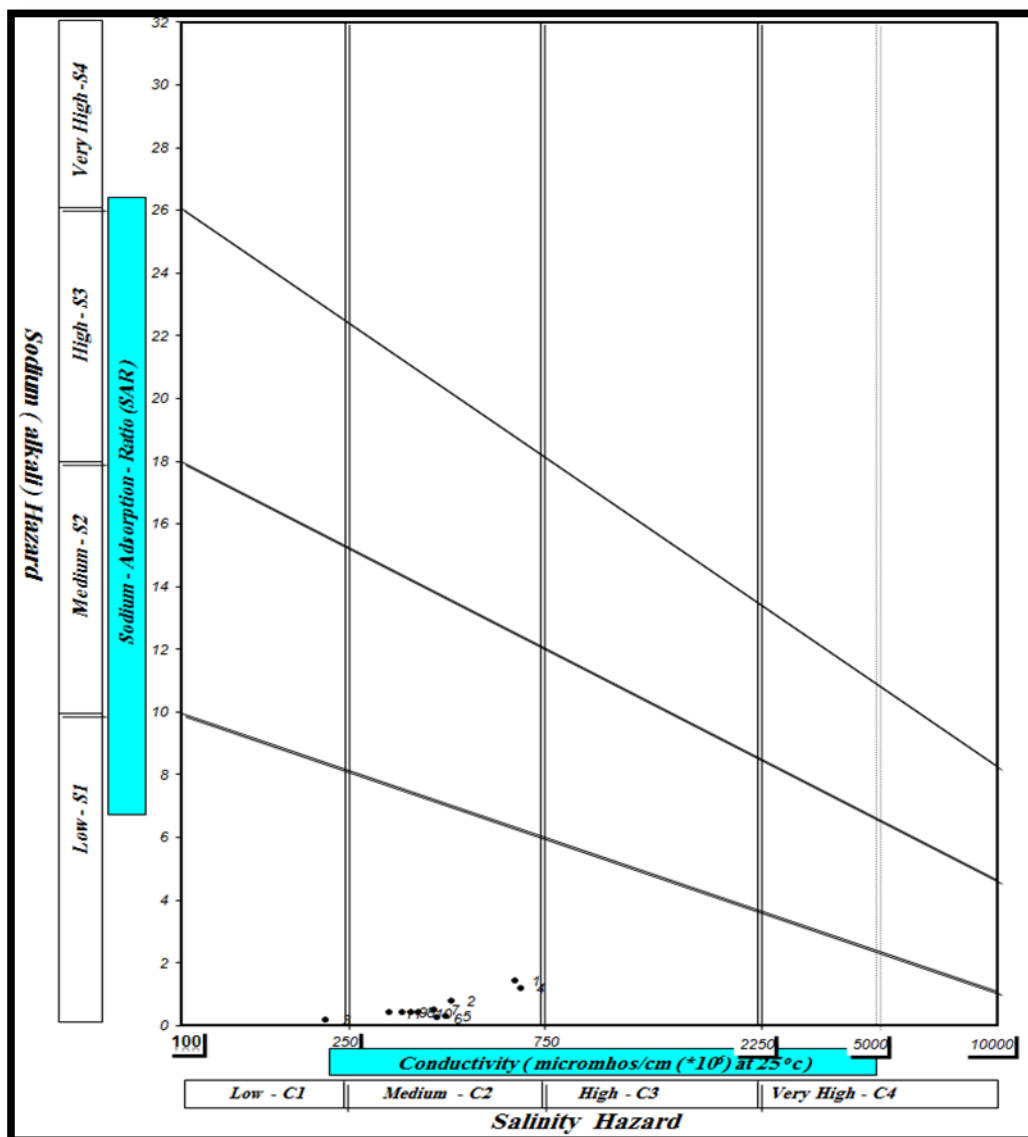
نمودار شولر به منظور بررسی نمونه‌ها از لحاظ قابلیت شرب مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نمودار شامل تعدادی محور عمودی است که با فواصل مساوی مربوط به کاتیون‌ها و آنیون‌های مختلف بوده و بر اساس استانداردهای بین‌المللی طراحی و تنظیم گردیده است. این دیاگرام برحسب کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر شرب از پایین به بالا به شش محدوده خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامطبوع و غیرقابل شرب تقسیم شده است. در نمودار شولر کیفیت آب از پایین به بالا از لحاظ شرب کاهش می‌یابد (مازور^{۴۶}، ۲۰۰۴). باتوجه به شکل ۸ تمامی ۱۱ نمونه آب در محدوده خوب قرار می‌گیرند.



شکل ۸- دیاگرام شولر مربوط به نقاط نمونه برداری

به منظور بررسی طبقه بندی آب از نظر کشاورزی اقدام به تهیه و ارائه دیاگرام ویلکاکس شکل ۹ گردید. در این نمودار آب آبیاری بر اساس دو پارامتر SAR (خطر سدیم) و هدایت الکتریکی ویژه (خطر شوری) به ۱۱ رده تقسیم می شود. آب های رده C_1S_1 بهترین و آب های رده C_4S_4 بدترین آب برای استفاده در آبیاری است. با توجه به نمونه های پلات شده بر روی نمودار این نتیجه حاصل شد که اکثریت نمونه ها در کلاس C_2S_1 قرار دارند (S_1 : نشان دهنده میزان کم سدیم در آب بوده

و برای آبیاری بسیاری از گیاهان مناسب است) که جز آب‌های خوب با نسبت جذب سدیم کم و خطر شوری متوسط هستند.



شکل ۹- نمودار ویلکاکس مربوط به نقاط نمونه برداری

تمامی نمونه‌های آب برداشته شده از چشمه‌ها و قنوات منطقه مورد مطالعه برای کشاورزی مناسب تا قابل قبول می‌باشند. جدول ۲ طبقه بندی نمونه‌های آب را برای کشاورزی نشان می‌دهد.

شماره ایستگاه	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
1	1.42	663	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
2	0.77	461	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
3	0.16	228	C1-S1	شیرین - کاملاً بی ضرر
4	1.16	683	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
5	0.29	448	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
6	0.23	428	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
7	0.49	421	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
8	0.41	367	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
9	0.41	351	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
10	0.39	385	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی
11	0.38	325	C2-S1	کمی شور - مناسب برای کشاورزی

جدول ۲- طبقه بندی نمونه های آب برای کشاورزی در منطقه مورد مطالعه

بحث و نتیجه گیری

از بررسی شرایط طبیعی و همچنین پارامترهای اندازه گیری شده در منطقه مورد مطالعه در بافت، نتایج زیر حاصل شده است:

- به طور کلی در بسیاری از موارد عوامل انسانی و رخدادهای طبیعی در پایین آوردن کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه مؤثر بوده است، به دلیل وجود سنگ بستر آذرین در طول مسیر حرکت آب های زیرزمینی، این آب ها تاثیر پذیری چندانی از لیتولوژی منطقه نداشته اند.

- نقشه های هم غلظت رسم شده نشان می دهد که به طور کلی میزان Mg^{2+} ، Ca^{2+} ، Si ، Sr و HCO_3^- از سمت جنوب شرق به سمت شمال غرب افزایش می یابد. فرآیند تبخیر و حرکت آرام آب زیرزمینی از مناطق تغذیه به سمت تخلیه از جمله مهم ترین عواملی هستند که باعث افزایش غلظت یون ها و در نتیجه کاهش نسبی کیفیت آب زیرزمینی می شوند.

- بالا بودن مقدار بی کربنات در نمونه های آب منطقه می تواند ناشی از انحلال مقادیر بالای $CaCO_3$ موجود در رسوبات باشد.

- طبق دیاگرام شولر منابع آب در محدوده مورد مطالعه از لحاظ مصارف شرب، خوب می باشد.

- بر اساس دیاگرام ویلکاکس منابع آب از لحاظ مصارف کشاورزی دارای وضعیت مناسبی می باشند؛ به طوری که تمامی نمونه های آب منطقه حالت کمی شور و مناسب برای کشاورزی اما نمونه شماره ۳ شیرین و کاملاً بی ضرر است.

منابع

- اداره مطالعات آب منطقه‌ای استان کرمان، ۱۳۹۳.
- سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲، فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های استان کرمان، شهرستان بافت.
- مخبری، ف. ۱۳۷۷. روش‌های آزمایش آب، فاضلاب و خاک، انتشارات دانشگاه مازندران.
- وامقی، ا. ۱۳۸۴. کاربرد عکس‌های هوایی در زمین‌شناسی و تهیه نقشه. چاپ پنجم انتشارات دانشگاه تهران.
-
- Agrawal, R., 2012, Nitrate contamination in ground water samples of Gangapurcity town (Sawai Madhopur District) Rajasthan, Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences, P:511-513.
- Hounslow, A.W., 1995, WATER QUALITY DATA: Analysis and Interpretation, Lewis Publishers, P:50-56.
- Hanipha, M.M., Hussain, Z., 2013, Study of Groundwater Quality at Dindigul Town, Tamilnadu, India, International Research Journal of Environment Sciences, P: 70.
- Hillel, D. (1980). Fundamentals of Soil Physics, Academic Press. New Yor 413p.
- Mazar, E., (2004). Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology. Marcel Dekker. Inc., New York Basel, Third Edition, pp:470.
- Rupal1, M., Tanushree, B., Sukalyan, C., 2012, Quality Characterization of Groundwater using Water Quality Index in Surat city, Gujarat, India, International Research Journal of Environment Sciences, P: 17-19.
- Stocklin, J., 1968, structural History And Tectonics Of Iran. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., 52: 1229-1258.
- Todd, D.K. (1980). Ground water hydrology, Third Edition, Johan Wiley and Sons, Inc., 636 p.
- Vijayakumar, G., Baskar,G., and Senthilnathan, P.,2014, Study of physico-chemical characteristics of groundwater at Ariyalur Block, Tamilnadu, India, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2014, 6(10):184-188.

چالش شوری آب‌های تولیدی؛ مسئله شماره یک میدان گازی خانگیران،

ایزوتوپی - هیدروژئوشیمیایی

♦♦♦♦♦♦

مهدی میری^۱، رحیم باقری^{۲*}، عزیزالله طاهری^۲، محمدرضا اخلاقی^۳، حامد قربانپور^۳

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

۴- هیئت علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

۵- شرکت بهره برداری نفت و گاز شرق، مشهد

♦♦♦♦♦♦

چکیده:

یکی از چالشهای مهم در مخازن نفت و گاز، تولید آب اضافی و شوری بالا است که در این شرایط بهره‌برداری از مخزن دچار مشکلات زیادی می‌شود. منشایابی شوری آب تولیدی جهت مدیریت بهتر مخزن و افزایش تولید گاز امری ضروری می‌باشد. مخزن مزدوران در میدان گازی خانگیران در شمال شرقی ایران واقع شده است. مقدار شوری آب تولیدی این مخزن در طول زمان افزایش یافته و از ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر متغیر می‌باشد. در این مطالعه نمونه برداری از آب تولیدی ۷ چاه گاز شور و شیرین در مخزن مزدوران جهت آنالیزهای مختلف هیدروشیمیایی و ایزوتوپی صورت گرفته است. منشأ محتمل شوری برای منطقه مورد مطالعه تبخیر آب دریای قدیمی یا عهد حاضر، آب جوی و یا فرایند فیلتراسیون می‌باشد. بررسی نتایج نشان می‌دهد منشأ اولیه شوری این مخزن، آب دریای قدیمی تبخیر شده می‌باشد. نمونه‌های مخزن مزدوران بر روی خط اختلاط آب شیرین و یک شورابه با منشأ آب دریای تبخیر شده بر روی گرافهای ایزوتوپی و هیدروشیمیایی، قرار گرفته است. این شورابه می‌تواند ترکیبی مشابه به آبران زیر مخزن گازداشته باشد. با توجه به محل آبران و نمونه‌های مخزن مزدوران می‌توان نتیجه گرفت که منشأ شوری آب‌های تولیدی می‌تواند اختلاط بین آب شور مانند آبران با آب شیرین درون مخزن مزدوران باشد. انجام این نوع مطالعات در ایران جدید بوده و نتایج می‌تواند برای مطالعات آینده در سایر مخازن گازی و نفتی مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: آب تولیدی، آب دریای قدیمی، ایزوتوپی، مخزن مزدوران

Salinity Challenge of Producing Waters; number one issue in the Khangiran Gas field Isotopic-Hydrochemical Methods

Mahdi miri¹, Rahim bagheri^{2*}, Aziz Allah taheri², Mohammad reza akhlaghi³, Hamed Ghorbanpour³

1. M.Sc. Student in hydrogeology, Shahrood University of Technology

2. Assistant professor in hydrogeology, Shahrood University of Technology

3. East oil and Gas Production company, Mashhad

Abstract:

One of the most important challenges in oil and gas reservoirs are the production of excess produced water and high salinity, in which the reservoir exploits with a lot of problems. Determining the salinity origin of the produced water is essential for both the better management of the reservoir and increasing

the production of gas. The Mozduran reservoir is located in Khangiran gas field in the northeast of Iran. The salinity of produced water in this reservoir is increased over time and varies from 1000 to 100000 mg / L. In this study, 7 produced waters were sampled from fresh and saline gas wells to analyze hydrochemical and isotopic characteristics. The main probable sources of produced water and salinity are the evaporated old or present seawater, meteoric water and filtration process. The results showed that the main origin of the salinity is evaporated old sea water. The produced water samples of the Mozduran reservoir are plotted on a mixing line of fresh water and a brine (with the origin of evaporated sea water) on isotope and hydrochemical graphs. This brine can have similar characteristics to the brine below the gas reservoir.

Keywords: Produced water, Evaporated old seawater, Isotope, Mozduran gas reservoir,



مقدمه :

همزمان با تولید نفت و گاز، مقداری آب بصورت آب همراه (Produced Water) تولید شده که این آب‌ها می‌توانند شور یا شیرین باشند (Birkle et al., 2008). یکی از مشکلات همیشگی در تولید نفت و گاز فرایند تولید آب اضافی از مخازن می‌باشد که جز جدا نشدنی فرایند تولید هیدروکربن‌ها است. اکثر چاه‌های نفت و گاز به محض شروع تولید، و در برخی موارد نیز پس از گذشت مدتی از تولید، شروع به تولید آب نیز می‌کنند که در برخی موارد مقدار شوری این آب‌ها نیز افزایش می‌یابد. بالا بودن شوری شورابه‌های نفتی عموماً همراه با تجمع گاز بوده است و منشا این شوری همیشه مورد علاقه متخصصان بوده است (Hanor, 1987). شوری آب تولیدی دارای اهمیت زیادی برای مدیریت مخزن است و به طور قابل توجهی روی برداشت بهینه مخزن تاثیر گذار است (Andrew et al., 2005). در برخی موارد شوری این دسته از آب‌ها به حدی است که علاوه بر رسوب در اطراف منطقه تولید چاه و کاهش تولید، باعث خوردگی و تخریب در لوله جدار، لوله مغزی (Tubing) و تجهیزات مورد استفاده در انتقال و پالایش گاز نیز می‌شود. در بسیاری از چاه‌ها، افزایش دبی تولید باعث افزایش شدید میزان شوری آب تولیدی می‌شود. به همین دلیل در چاه‌های که تولید آب با شوری بالا دارند باید دبی چاه کاهش یابد و در این شرایط بهره‌برداری از مخزن دچار مشکلات زیادی می‌شود. با وجود پیشرفت در علم ایزوتوپی هیدرودینامیک و هیدروشیمی و مطالعاتی که در این مورد در حوضه‌های رسوبی انجام شده همچنان منشا شوری این آب‌ها بحث برانگیز است (Novak et al., 2013). ژئوشیمی آب مخازن نفت و گاز تاثیر زیادی در انتخاب آب تزریقی و فشار مخزن جهت برداشت و بازیافت بهینه مخزن دارد (Worden, 2005). در روش هیدروشیمیایی، برای تعیین منشا شوری از نسبت‌های مختلفی مثل Br/Cl ، Na/Cl و TDS به برم استفاده می‌شود. با مطالعه ایزوتوپی حوضه‌های رسوبی عمیق می‌توان مواردی همچون منشا آب و محلول، میزان تبادل آب و سنگ، مسیر جریان، دمای هوای قدیمی و سن زمان ماندگاری سیال قدیمی را بررسی کرد (Kharaka and Thordsen, 1992). در زمان‌های قبل از به کار بردن ایزوتوپ‌ها، منشا اکثر آب سازندی در سنگ رسوبی دریایی را دریای قدیمی می‌دانستند (White et al., 1996). (شکل ۱). مخزن گازی مزدوران در میدان گازی خانگیران در شمال شرق ایران قرار گرفته است که با گذشت زمان و برداشت گاز از این مخزن، مقدار حجم و شوری آب تولیدی افزایش یافته است. تعیین منشا شوری این آب‌ها در جهت مدیریت و افزایش

برداشت گاز و کاهش شوری آب تولیدی این مخزن اهمیت دارد. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی چالش شوری در این مخزن با استفاده روشهای مختلف ایزوتوپی و هیدرژئوشیمیایی است. همچنین جهت بررسی و تفسیر بهتر داده ها، نتایج با دیگر مخازن گازی در ایران شامل کنگان، شانول و مارون مقایسه شده است. این مناطق نیز با مشکل شوری آب تولیدی مواجه هستند.



شکل (۱) منطقه مورد مطالعه



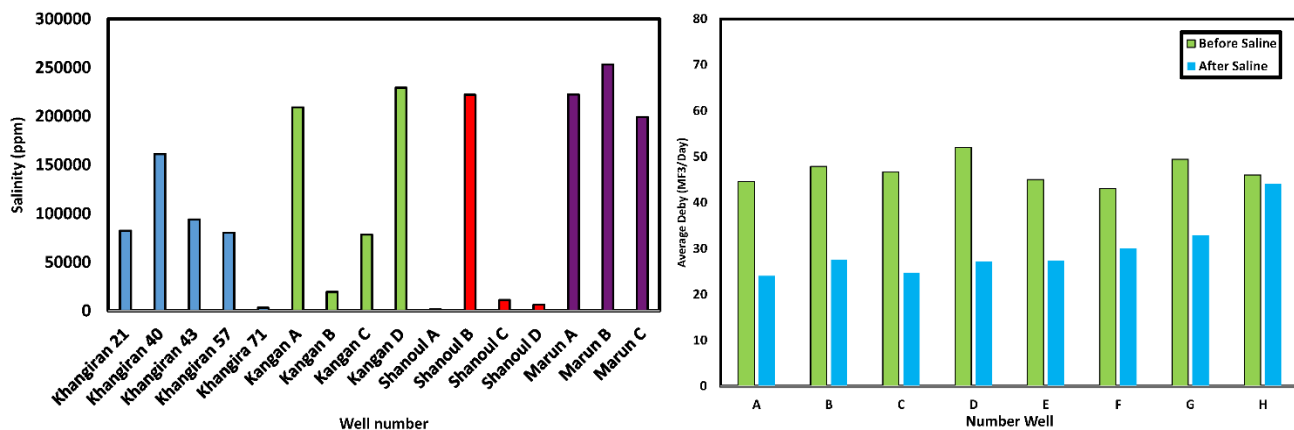
روش تحقیق:

در این مطالعه از آب تولیدی ۷ چاه گاز شور و شیرین در مخزن مزدوران طی دو مرحله در زمانهای مختلف از تفکیک گرهای (Separators) سرچاهی نمونه گیری جهت آنالیزهای مختلف انجام شده است. بطوریکه چاههای شماره ۴۰، ۴۳، ۴۴، ۵۷، دارای آب تولیدی شور و چاههای شماره ۲۱ و ۷۱ نمایانگر چاههای شیرین مخزن بوده است. مقادیر pH و دما در محل نمونه برداری و غلظت یونهای اصلی و TDS در آزمایشگاه به روشهای مختلف اندازه گیری شده است. مقدار ایزوتوپی ^{18}O و ^2H در آزمایشگاه ایزوتوپی سازمان انرژی اتمی ایران اندازه گیری شده است. همچنین برای تفسیر دقیق تر، نتایج این مطالعه با سایر مطالعات انجام شده در ایران و جهان مقایسه گردیده است.

بحث:

چاهها از نظر شوری آب تولیدی، به سه دسته کلی شیرین، نیمه شور و شور با مقادیر شوری به ترتیب کمتر از ۱۰۰۰ بین ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ و بیشتر از ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر تقسیم بندی شدند. هیچ تمایزی بین چاههای شور و شیرین از نظر تغییرات و مقدار کاهش فشار سرچاهی، طول بخش مشبک و یا حفره باز، فاصله منطقه تولید تا سطح تماس آب-گاز، زمان شروع تولید گاز و حجم گاز تولیدی پیدا نشد. شوری آبهای تولیدی مخازن ایران متنوع بوده است و از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر تا ۳۰۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر در برخی از چاهها متغیر بوده است. در مخزن مزدوران بالاترین شوری مشاهده شده ۱۰۰۰۰۰ میلی گرم بر لیتر بوده است. در شکل ۲ به عنوان نمونه تعدادی از چاهها مخزن مزدوران میانگین دبی قبل از شوری و بعد از

شوری محاسبه شده است. همانطور که مشاهده می شود پس از افزایش شوری و حجم آب تولیدی، میزان بهره برداری به اجبار در چاه های گاز کم شده است. چهار مخزن ایران در شکل از لحاظ شوری با یکدیگر مقایسه شده است. مخازن کنگان، شانول و مارون مقدار آب تولیدی کم بوده اما شوری آن زیاد بوده است اما مخزن مزدوران شوری به نسبت کمتر و با مشکل آب تولیدی بیشتر مواجه می باشد.

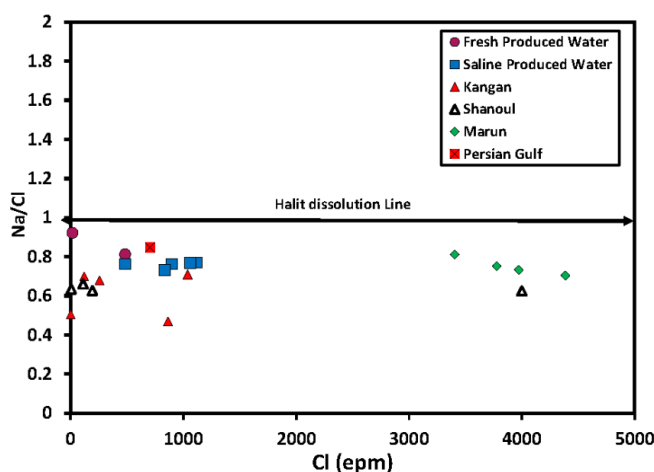


شکل ۲) نمودار میانگین دبی قبل و بعد از شوری آب تولیدی (شکل سمت راست) نمودار شوری چاه های مخازن مختلف ایران (شکل سمت چپ) آب های تولیدی گرفته شده از نظر مقدار شوری از شیرین تا شورابه تقسیم بندی شده اند. بطوریکه برخی از آب تولیدی چاه های گازی سازند مزدوران شیرین و در حدود ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بوده و در چاه های شور در حدود ۱۰۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر متغیر بوده است. جهت تعیین منشأ شوری آب تولیدی این مخزن از روش هیدروژئوشیمیایی و ایزوتوپی استفاده شده است.

الف: روش هیدروژئوشیمیایی

عناصر اصلی در شورابه های نفتی کلسیم، سدیم، سولفات و کلر می باشند. سایر یون ها دارای غلظت کمتری به مراتب می باشد (Rittenhouse et al, 1989). با استفاده از نسبت های Na/Cl , Br/Cl می توان منشأ شوری حاصل از انحلال نمک را از دیگر منشأها جدا کرد (Leonard and Ward 1962; Richter and Kreidler, 1993). در ابتدا با استفاده از نسبت Na/Cl به بررسی منشأ شوری این مخزن پرداخته شده است. اگر این نسبت یک باشد نشانگر انحلال نمک بوده که بصورت خط مستقیم در شکل ۴ نشان داده شده است؛ اما اگر این نسبت کمتر از ۰/۶۵ باشد و قسمت پایین خط انحلال واقع شود، منشأ شوری می تواند آب دریای قدیمی تبخیر شده باشد و همچنین اگر نسبت Na/Cl حدود ۰/۸۵ باشد، منشأ شوری می تواند آب دریا عهد حاضر باشد که از نمونه آب خلیج فارس جهت مقایسه نیز استفاده شده است. در این مطالعه در تمام نمونه های سرچاهی چاه های شور، نسبت Na/Cl محاسبه شده حدود ۰/۷۵ بوده که نشان می دهد انحلال نمک و آب دریای عهد حاضر نمی تواند منشأ شوری آن ها باشد و احتمالاً آب دریای قدیمی تبخیر شده منشأ اولیه این آبها می باشد. این نسبت یونی مربوط به مخازن گازی دیگر در ایران همچون کنگان، مارون و شانول جهت مقایسه در شکل ترسیم شده اند.

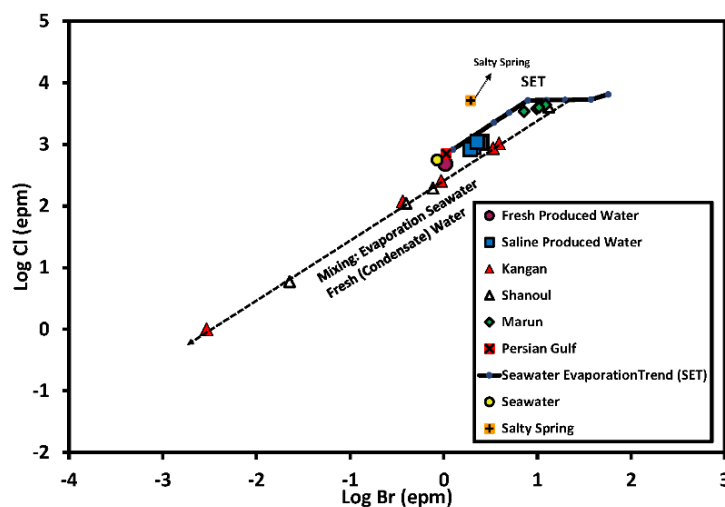
مخازن مارون کنگان و شانول دارای نسبت مولی Na/Cl تقریباً نزدیک بهم بوده که نشانگر عدم منشا بودن هالیت می باشد و منشا آن شورابه های نفتی یا همان آب دریای قدیمی می باشد.



شکل ۳) نمودار نسبت سدیم به کلر در مقابل کلر برای مخازن مختلف ایران

برم بهترین ردیاب برای تعیین منشا شوری می باشد زیرا این یون پایستار بوده و از محلول به راحتی حذف نمی شود و به دلیل داشتن شعاع یونی بزرگ، وارد واکنش شیمیایی نمی شود (Stash, 2000). برم بیشتر در آب های شور عمیق (مناطق نفتی و گازی) وجود دارد و دارای غلظت بین ۱ تا ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر است (McCaffrey et al., 1987). به طور کلی برای بررسی منشا و تکامل شورابه ها، غلظت یون های اصلی را در مقابل غلظت برم ترسیم و تفسیر می کنند (Kharaka and Honor, 2004). با استفاده از نسبت برم به کلر می توان منشاهای شوری همچون انحلال نمک، آب دریای تبخیر شده، اختلاط بین آب شیرین و شورابه، اختلاط بین شورابه با انحلال نمک و اختلاط بین آب دریا با دیگر آب ها را تشخیص داد (Carpenter, 1987). افزایش برم به صورت یک خط افقی روی نمودار مشاهده می شود. پس با زیاد شدن تبخیر آب دریا، غلظت برم در آب باقی مانده زیاد می شود زیرا برم انحلال پذیری بیشتر و شعاع یونی بزرگتری نسبت به یون کلر دارد (Davis et al., 1998). خط روند تبخیر آب دریا (SET) به صورت خط ممتد و ضخیم در نمودار شکل ۸ نشان داده شده است. پایین ترین نقطه این خط مربوط به آب دریا می باشد که در شکل مشخص است. اگر نمونه ای بالا خط تبخیر آب دریا قرار بگیرد، نشانگر منشا شوری انحلال نمک می باشد. نمونه های با منشا آب دریای تبخیر شده قدیمی، بر روی خط تبخیر آب دریا قرار می گیرند. نمونه آب های جوی و شیرین تر و آب هایی که در اثر اختلاط آب های جوی قدیمی و شورابه قدیمی باقی مانده از تبخیر و آب های شیرین به وجود آمده باشند به دلیل غلظت کمتر کلر و برم، زیر خط تبخیر آب دریا قرار می گیرند (Bagheri et al., 2013). برای بررسی انحلال نمک به عنوان منشا شوری یک نمونه آب شور حاصل از انحلال نمک گنبد نمکی نیز پلات شده است. نقطه مربوط به چشمه شور گنبد نمکی در بالای خط تبخیر

مشاهده می شود و انحلال نمک برای این چشمه را نشان می دهد. نمونه های سرچاهی مخزن مزدوران، شانول و کنگان در زیر خط تبخیر آب دریا (SET) بر روی خط اختلاط آب شیرین و یک شورابه با منشا آب دریای تبخیر شده، قرار گرفته است. این شورابه می تواند ترکیبی مشابه به آبران داشته باشد. با توجه به محل آبران و نمونه های مخزن مزدوران می توان نتیجه گرفت که منشا شوری آب های تولیدی می تواند اختلاط بین آب شور مانند آبران با آب شیرین درون مخزن مزدوران باشد.

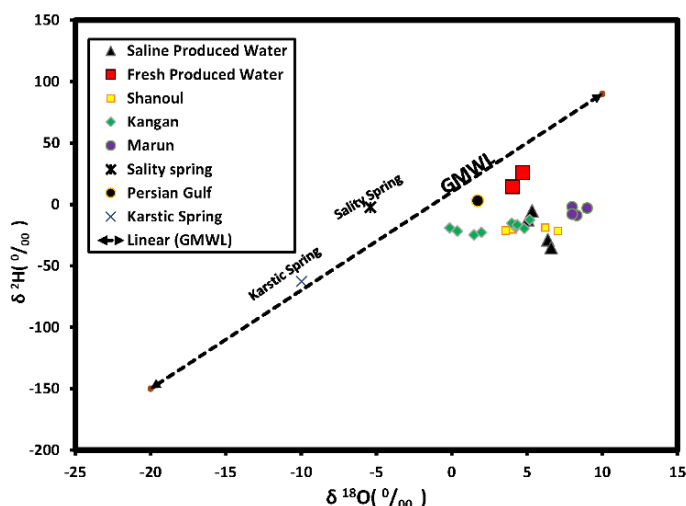


شکل ۴) نمودار لگاریتمی کلر در مقابل لگاریتمی برم برای مخازن مختلف ایران

- روش ایزوتوپی

با استفاده از روش ایزوتوپی تفکیک منشا خیلی دقیق و مشخص تر می باشد. ایزوتوپ های ^2H و ^{18}O یکی از ابزار مفید در مطالعه منشا و تکامل آب ها می باشند. یکی از عوامل مهم در تغییر مقادیر ایزوتوپی، فرایند تبخیر می باشد. تغییرات ایزوتوپی در طول تبخیر آب دریا به صورت یک خط ممتد (SET) در شکل نشان داده شده است. در فرایند تبخیر از آب دریا مقدار ایزوتوپی تا زمان تبخیر ۲۰ تا ۵۰ درصد آب دریا، اضافه می شوند. با افزایش تبخیر (افزایش شوری) روند افزایش و تکامل ایزوتوپی در یک مرحله از تبخیر، برعکس شده و مقادیر ایزوتوپی در شورابه های باقی مانده، کاهش می یابد؛ زیرا مقدار اکتیویته آب به علت شوری کاهش می یابد. همچنین آبدگیری یونها باعث کاهش ایزوتوپی آب باقی مانده می شود. داده های ایزوتوپی نمونه های آب تولیدی خانگیران به همراه مخازن مارون، شانول و کنگان و خط بارش جهانی (GMWL) در شکل ترسیم شده است. همه نقاط مربوط به شورابه تولیدی مخازن نفت و گاز، درست راست خط بارش جهانی و تقریباً در مسیر خط (SET) قرار گرفته اند و نشانگر این است که هم ترین منشا آن ها، آب دریای قدیمی تبخیر شده بعد از مرحله رسوب نمک، بوده که نتایج روش هیدروشمیایی را تایید می کند، نمونه های خانگیران در سمت راست خط تبخیر آب دریا قرار گرفته است که این می تواند به دلیل اثر سایر فرایندها در مرحله تکامل این نوع آبها باشد. مهمترین فرایند پس از تبخیر آب دریا، واکنش بین آب و سنگ می باشد. آبهای تبخیر شده قدیمی در زیرزمین در طول زمانهای زیاد

در تماس با سنگ منشا و مخزن بوده و در اثر این تماس تبادل ایزوتوپی بین آب و سنگ صورت گرفته است. نمونه‌های مخزن کنگان و شانول نیز رفتاری مشابه مخزن مزدوران نشان می‌دهد.



شکل ۵) رابطه اکسیژن ۱۸ و دوتریم در مخزن مزدوران و شورابه‌های مختلف ایران

◆◆◆◆◆◆◆◆

نتیجه گیری :

آب‌های تولیدی در چاه‌های نفت و گاز در برخی موارد به دلیل حجم زیاد و یا شوری بالا باعث بروز چالشی جدید در شرکت نفت ایران شده است. بیشتر چاه‌های نفت و گاز بعد از شروع تولید، و در برخی موارد نیز پس از گذشت مدتی از تولید، شروع به تولید آب نیز می‌کنند. این شوری و حجم بالای آب تولیدی سبب هزینه‌های زیادی از جمله کاهش میزان تولید و هزینه‌های ناشی از ایجاد خوردگی می‌شود. تعیین منشا آب‌های تولیدی درون مخازن برای بررسی تاریخچه تکامل و بدست آوردن اطلاعات در مورد منشا شوری و کاهش آب شور تولیدی و تعیین محل مناسب مناطق تولیدی در چاه‌های مخزنی مهم می‌باشد. این میادین در ابتدای تولید و بهره‌برداری، حاوی آب تولیدی شیرین بوده ولی با گذر زمان افزایش برداشت از این مخزن آب تولیدی برخی از این چاه‌ها شور شده است. منشاهای محتمل شوری می‌تواند انحلال نمک، آب دریای قدیمی تبخیر شده، آب دریا عهد حاضر و یا آب جوی و یا فرایند فیلتراسیون، باشد. در این مناطق با روش هیدروژئوشیمیایی، منشا انحلال نمک رد و منشا احتمالی آب دریای قدیمی تبخیر شده معین گردیده است. غلظت عناصر شورابه تولیدی منعکس کننده خصوصیات هیدروشیمیایی منشا اولیه آب و واکنش‌های دیارژنتیک صورت گرفته از گذشته تا به حال می‌باشد. روش ایزوتوپی نیز منشا شوری میدان خانگیران را آب دریای قدیمی تبخیر شده تعیین کرد. با توجه به عدم دسترسی به این مخازن عمیق و همچنین پیچیدگی محیط مخزن، استفاده از روشهای مختلف جهت بررسی و تعیین منشا آب و شوری بسیار مهم و کارساز می‌باشد. بنابراین استفاده از این روشها در مطالعه دیگر مخازن گازی و نفتی پیشنهاد می‌گردد.



منابع فارسی :

- باقری، ر.، ۱۳۹۴، "چالش جدید شرکت ملی نفت: شوری آبهای تولیدی"، کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت
- راهرو، م. باقری ر. میرباقری م.، ۱۳۹۵، "منشا شوری آب های تولیدی مخزن گازی شانول، جنوب ایران، روش هیدروشیمیایی و ایزوتوپی"، کنفرانس ملی ژئومکانیک نفت.
- میری، م.، باقری، ر.؛ خیرری، ف.؛ ۱۳۹۷؛ " آبران شور تحت فشار زیر مخازن گازی، عامل تخریب آبخوانهای کم عمق"، هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران
- میری، م.، باقری، ر.؛ طاهری، ع.، خیرری، ف.؛ اخلاقی، م.، ۱۳۹۶؛ " منشا آبهای ذاتی در سفره عمیق تحت فشار مخزن گازی مزدوران، شمال شرق ایران"، سی و ششمین گردهمایی و سومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین



References:

- Bagheri, R., Nadri, A., Raeisi, E., Shariati, A., Mirbagheri, M., Bahadori, F., 2014. Chemical evolution of gas-capped deep aquifer, Southwest of Iran. Environmental earth Sciences, 71(7):3171-3180.
- Birkle, P., Garcia, B.M., Pardon, C.M.M., 2009. Origin and evolution of formation water at jujo-Tecominoacan oil reservoir, Gulf of Mexico. Part 1:Chemical evolution and water-rock interaction. Applied Geochemistry, 24(4):543-554.
- Carpenter, A.B., 1987. Origin and Chemical evolution of brines in sedimentary basins. In SPE annual Fall Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.
- .Egeberg, P.K., Aagaard, P., 1989. Origin and evolution of formation waters from oil fields on the Norwegian shelf. Appl. Geochem. 4, 131–142.
- .Eggenkamp, HGM., 1994. d37Cl: The Geochemistry of chlorine isotopes. Ph. D. thesis, Utrecht University, Utrecht
- Hanor, J.S., 1987. Origin and Migration of Subsurface Sedimentary Basins. Short Course 21. (SEPM) Society for Sedimentary Geology, Tulsa, OK.
- Kharaka, Y.K., Col Be D.R., Hovorka S.D., Gunter W.D., Knauss K.G., Freifeld B.M., 2006. Gas-Water-Rock interactions in Frio Formation following CO2 injection : Implications for the storage of greenhouse gases in sedimentary basins. Geology, 34(7):577-580.
- MacCaffrey, MA., Lazar, B., Holland, HD., 1987. The evaporation path of seawater and the coprecipitation of Br- and K, with halite. J Sed Petrol 57:928–937
- Mirnejad, H., Sisakht, V., Mohammdzadeh, H., Amini, A.H, Rostron, B.J., Haghparast, G., Majot, 2011.Minor element chemistry and oxygen and hydrogen isotopic compositions of Marun oilfield brines, Sw iran: Source history and economic potential. Geological Journal, 46(1):1-9.
- Novak K, Malvic T, Simon K (2013) Increased hydrocarbon recovery and CO2 management, a Croatian example. Environ Earth Sci68:1187–1197
- Stash, OS., 2008. Evaluation of stable chlorine and bromine isotopes in sedimentary formation fluids (Ph.D.Thesis).Ozler, HK., 2010. Carbonate weathering and connate seawaterinfluencing karst groundwaters in the Gevas–Gurpinar–Gu“zelsu basins, Turkey. Environ Earth Sci 61:323–3
- Rittenhouse, G., 1967. Bromine in oil-filed waters and its use in determining possibilities of origin of these waters. AAPG Bulletin 51 (12), 2430-2440.
- Stash, OS., 2008. Evaluation of stable chlorine and bromine isotopes in sedimentary formation fluids (Ph.D.Thesis).
- Worden, R., Manning, D.A.S., Bottrell, S.H., 2005. Multiple generations of high salinity formationwater in the Triassic Sherwood Sandstone: Wytch Farm oilfield, onshore UK. Applied Geochemistry.455-475

تعیین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان آمل - بابل با استفاده از MODFLOW

♦♦♦♦♦♦♦♦

حمید رضا ناصری^۱، کیوان نوزری^۲، فرشاد علیجانی^۳، سید مهدی عمادی^۴

۱- استاد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، H-Nassery@sbu.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد زمین شناسی - آب شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، keivannozari@yahoo.com

۳- استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، falijani2000@yahoo.co.uk

۴- کارشناس آب منطقه ای استان مازندران، hydroemadi@yahoo.com

♦♦♦♦♦♦♦♦

چکیده:

هدف اصلی از تهیه مدل آب زیرزمینی، بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی در دوره های مختلف می باشد چنانچه مدل آب زیرزمینی با دقت مناسبی تهیه شده باشد، می توان تاثیر شرایط مختلف را بررسی و راهکارهای مناسب را پیش از تاثیر سوء بر آب زیرزمینی، ارائه کرد. لازمه تهیه یک مدل کارآ، داشتن مقادیر بهینه پارامترهای هیدرودینامیکی برای آبخوان می باشد. در این تحقیق برای مدلسازی آبخوان دشت آمل - بابل از نرم افزار GMS که یک رابط گرافیکی برای کد MODFLOW می باشد، برای تعیین مقادیر بهینه پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان استفاده شده است. مدل ریاضی تهیه شده، در شهریور ۹۲ برای حالت پایدار و در سال آبی ۹۲-۹۱ در یک دوره ۱۲ ماهه برای حالت ناپایدار مورد واسنجی قرار گرفت. طی فرآیند واسنجی مقادیر هدایت هیدرولیکی (K) و آبدهی ویژه (Sy) بهینه گردید. نتایج حاصل شده حاکی از شبیه سازی مطلوب آبخوان دشت آمل - بابل و اختلاف اندک مقادیر مشاهداتی و محاسباتی تراز سطح ایستابی چاه های مشاهده ای می باشد.

کلید واژه ها: پارامترهای هیدرودینامیکی، مدل آب زیرزمینی، آبخوان آمل - بابل، MODFLOW

Estimation of hydrodynamic parameters of Amol-Babol aquifer using MODFLOW code

HamidReza Nassery¹, Keivan Nozary², Farshad Alijani³, Mehdi Emadi⁴

1- Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University

2- M.Sc. in Hydrogeology, Shahid Beheshti University

3-Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University

4- Mazandaran Regional Water Expert

Abstract:

The main objective of the groundwater model is to study the variation of groundwater levels in different periods. If a groundwater model is carefully prepared, one can examine the impact of different conditions and provide appropriate solutions before undergoing adverse effects on groundwater. It is necessary to have the optimal values of

hydrodynamic parameters for the aquifer. In this study, the GMS software, a graphical interface for the MODFLOW code, is used to model the Amol- Babol Plain aquifer. The mathematical model was calibrated in September 2014 for a steady state, and in a 12 month period in 2014-2015 for unsteady state. During the calibration process, the hydraulic conductivity (K) and specific yield (Sy) were optimized. The results indicate that the optimal simulation of the Amol-Babylon aquifer and a small difference in observational and computational values of the level of observation wells.

Keywords: Hydrodynamic parameters, Groundwater model, Amol-Babol aquifer, MODFLOW



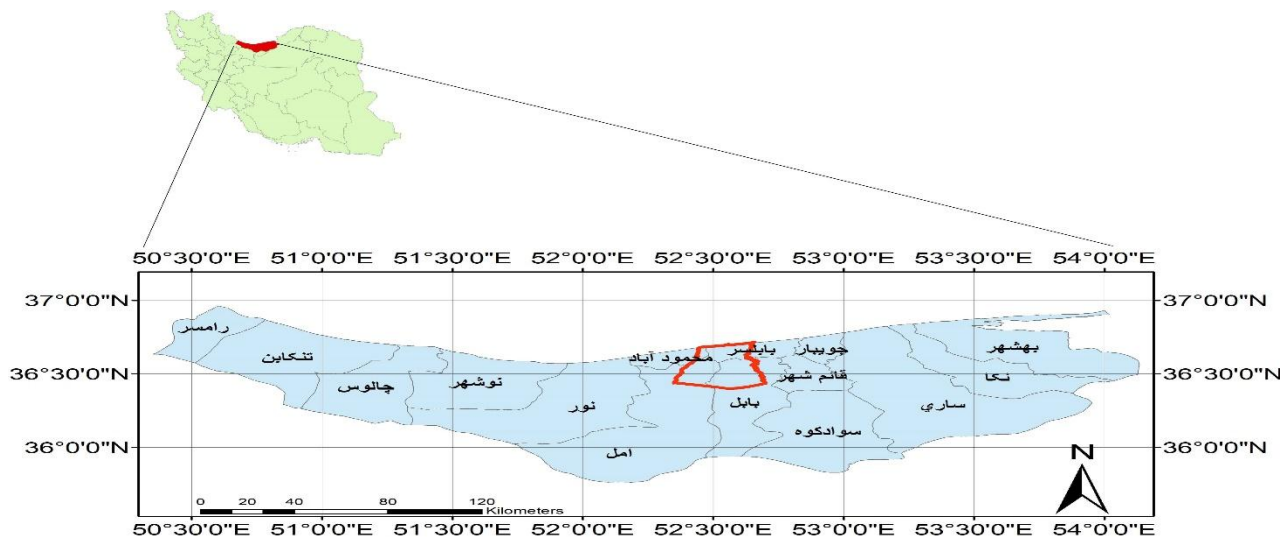
مقدمه :

منابع آب زیرزمینی در ایران از دیرباز بخش مهمی از آب شرب و کشاورزی مورد استفاده را تشکیل می دهد. با توجه به مشکلات آبی سال های اخیر مطالعه و بررسی این منابع در جهت حفظ و بهبود شرایط آن ها دارای اهمیت زیادی می باشد. یکی از روش های مطالعه و بررسی که هزینه کم تری نسبت به سایر روش ها دارد مدل سازی آب های زیرزمینی می باشد. مدل سازی آب زیرزمینی به روش عددی ابزاری مناسب برای برآورد پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان، شبیه سازی تغییرات سطح آب زیرزمینی نسبت به تغییرات تغذیه و برداشت، و بررسی اثرات تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی می باشد.

مدحت و البحری (Medhat and El Bihery , 2009) جریان آب زیرزمینی رأس سودر واقع در وادی سودر مصر را با کد MODFLOW مدل سازی کرد و با استفاده از این شبیه سازی جهت جریان آب زیرزمینی را تعیین و مقدار هدایت هیدرولیکی و میزان تغذیه را تخمین زد. پارک و همکاران (Park et al., 2016) حداقل عمق قابل بهره برداری برای جلوگیری از نشت آلودگی در محل دفن زباله را بررسی کردند. نتایج این مطالعه عمق مورد نظر را مشخص کرد. چیناسامی و همکاران (Chinnasamy et al., 2017) با مدل سازی دشت گانگز هند که دچار افت سطح ایستابی شده بود؛ راهکارهایی جهت مقابله با این موضوع ارائه دادند. جباری و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از کد MODFLOW در محیط نرم افزار PMWIN آبخوان دشت ساری- نکا را شبیه سازی و پارامترهای هیدرودینامیکی را تعیین نموده سپس مجموعه ای از طرح های مدیریتی را اعمال و نتایج حاصل از شبیه سازی را تجزیه و تحلیل کردند. نظری و ناصری (۱۳۹۰) با استفاده از کد MODFLOW در محیط نرم افزار GMS پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان دشت ایوانکی را محاسبه و تراز سطح ایستابی را پیش بینی، و بیلان هیدرولوژیک آبخوان را تهیه نمودند. عزتی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از کد MODFLOW در محیط نرم افزار GMS سیستم جریان آب زیرزمینی را در آبخوان دشت اردبیل شبیه سازی کرده اند. پس از انجام واسنجی و کالیبره نمودن مدل آبخوان دشت اردبیل با توجه به نتایج مدل راهکارهای مدیریت آبخوان دشت و محدودیت های مدیریتی مدل دشت را بررسی کرده اند.

در سال‌های اخیر در بخش‌های شرقی ساحل دریای خزر، آب شور دریا به زمین‌های ساحلی نفوذ کرده و باعث شور شدن آب و خاک این بخش‌ها شده است. انتظار می‌رود در سال‌های آینده این اتفاق در سایر نقاط ساحل دریای خزر روی دهد، از این رو نیاز به یک برنامه مدیریتی برای آبخوان ساحلی خزر می‌باشد. برای ایجاد یک برنامه مدیریتی باید تمام خصوصیات آبخوان مطالعه و بررسی شود که این موضوع به صرف هزینه و آزمایش‌های صحرایی زیادی نیاز دارد. یکی از راه‌های کم‌هزینه برای مطالعه و بررسی آبخوان، مدل‌سازی عددی آن می‌باشد که می‌تواند آزمایش‌های صحرایی و همچنین هزینه‌ها و زمان مطالعه را کاهش دهد.

ناحیه مورد مطالعه در استان مازندران در شرق شهرستان آمل حد فاصل رودخانه هراز تا رودخانه بابلرود از طول جغرافیایی $52^{\circ}20'$ تا $52^{\circ}39'$ خاوری و $36^{\circ}26'$ تا $36^{\circ}43'$ شمالی واقع شده است. مساحت گستره مورد مطالعه ۷۳۵ کیلومتر مربع می‌باشد. پست‌ترین نقاط این گستره نوار ساحلی در شمال آن با ارتفاع ۲۶- نسبت به آب‌های آزاد و مرتفع‌ترین نقطه با ارتفاع ۱۷۰ متر نسبت به آب‌های آزاد در جنوب غربی این گستره می‌باشد (شکل ۱). گستره مورد مطالعه از نظر رسوبی ساختاری در بخش جنوبی اوراسیا در پهنه‌ی ایران شمالی و زیر پهنه حوضه کششی خزر جنوبی واقع شده است (آقانباتی، ۱۳۸۳). این گستره از جنوب با زمین‌درز تیس کهن از گستره ایران مرکزی جدا می‌شود. بخش عظم آن بوسیله رسوبات کواترنری (رودخانه‌ای، دلتایی و ساحلی) پوشیده شده است و از غرب به شرق ضخامت لایه‌های رسی افزایش می‌یابد.



شکل ۱- موقعیت مکانی گستره مورد مطالعه



روش تحقیق:

در این مطالعه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه و اطلاعات سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران (شامل داده‌های چاه‌های مشاهده‌ای، مقدار بارندگی و تبخیر، و برداشت از چاه‌های بهره‌برداری)، مدل مفهومی محدوده مورد مطالعه تهیه شد. پس از تبدیل مدل مفهومی به مدل عددی، گسسته‌سازی مکانی و زمانی انجام شده و با استفاده از کد MODFLOW، مدل در محیط نرم‌افزار GMS اجرا شد. با توجه به عدم قطعیت در داده‌های ورودی و اسنجی به صورت دستی بر روی داده‌ها در دو حالت پایدار و ناپایدار انجام گرفت و پارامترهای هیدرولیکی آبخوان برآورد شدند.

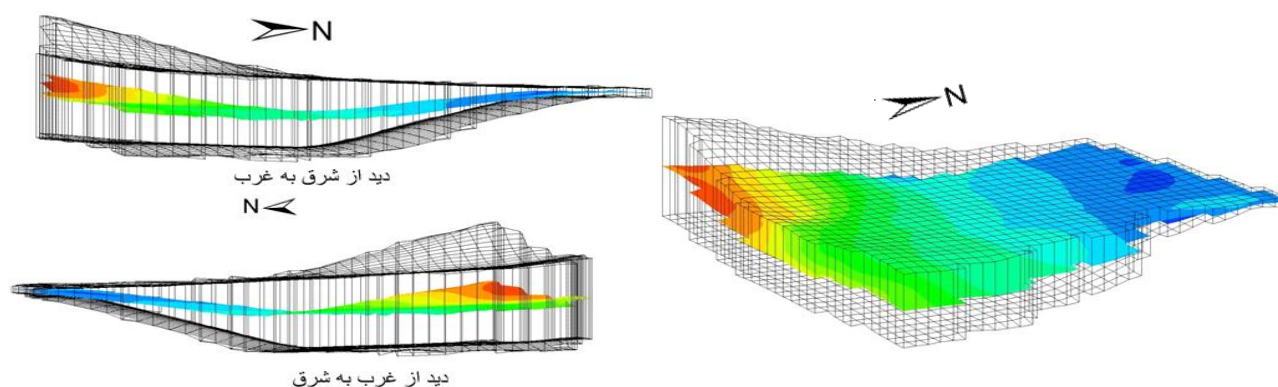
برای بدست آوردن مقدار تراز سطح از نقشه تراز ارتفاعی منطقه (DEM) استفاده گردید و برای تعیین تراز سنگ کف ابتدا لاگ گمانه‌های حفر شده در منطقه بررسی گردید و مشخص شد علیرغم وجود لایه‌های رسی این لایه‌ها فاقد تداوم و گستردگی لازم برای لایه مبسوس کننده یا سنگ کف بودن هستند و سپس از سونداژهای ژئوالکتریک گستره استفاده گردید و مرز آب شور شیرین به عنوان سنگ کف در نظر گرفته شد (شکل ۲).

اصلی‌ترین عوامل تغذیه کننده از سطح در این گستره شامل بارندگی، آب برگشتی از کشاورزی و فاضلاب مناطق مسکونی می‌باشد که ضریب نفوذ اعمال شده بر آن‌ها به ترتیب ۲۰، ۳۰ و ۷۰ درصد می‌باشد. تعیین محدوده دارای پتانسیل تبخیر نقشه هم عمق ترسیم و به نرم افزار معرفی گردید (شکل ۳). که با توجه به این نقشه کم ترین عمق برخورد با آب زیرزمینی در شمال غربی دشت در سرخورد با عمق کم تر از دو متر و بیشترین عمق برخورد با آب زیرزمینی در جنوب غربی محدوده در مخروط افکنه هراز با عمق ۳۲ متر می‌باشد.

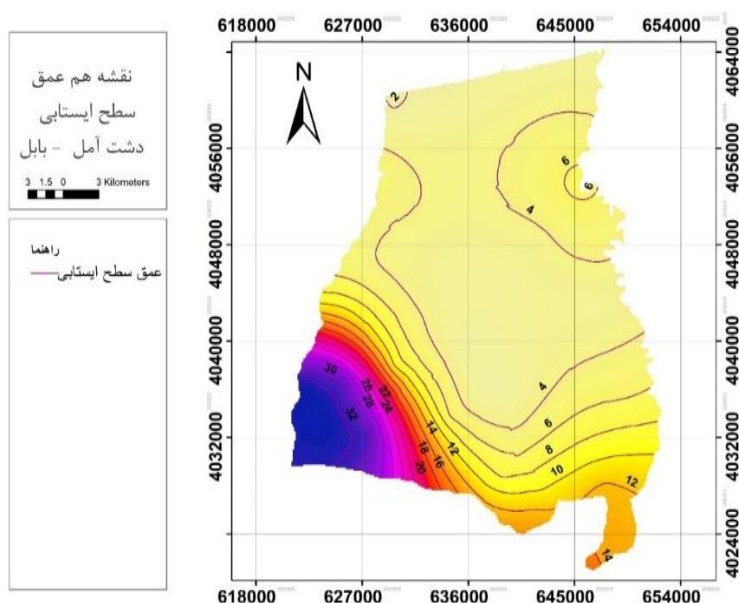
چاه‌های بهره‌برداری در این گستره شامل سه دسته اصلی چاه‌های آب شرب، کشاورزی و صنعت می‌باشند. که با توجه به داده‌های سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران میزان تخلیه چاه‌های شرب این گستره ۴۲/۸ MCM، چاه‌های کشاورزی ۱۰۶/۵ MCM و چاه‌های صنعت ۰/۱۵ MCM می‌باشد.

برای تعیین شرایط مرزی ابتدا با توجه به جهت جریان تراوایی مرزها بررسی گردید که با توجه به شرایط آبرفتی گستره تمام مرزها تراور می‌باشند. تمام مرزها به جز مرز شمالی تغذیه کننده می‌باشند و مرز شمالی محله تخلیه آب زیرزمینی محدوده به دریای مازندران می‌باشد. با توجه به این که بار هیدرولیک سطح دشت با استفاده از میانگین ماهیانه بررسی گشته و تغییرات کوتاه مدت (جر و مد) تاثیری در این مقدار ندارد مرزهای این محدوده را از نوع بار هیدرولیکی عمومی (GHB) انتخاب شده و در نقاطی که رودخانه‌ها در ارتباط مستقیم با آب زیرزمینی می‌باشند مرز از نوع رودخانه

(river) تعریف شده است. مساحت گستره مورد مدل سازی در این مطالعه ۷۵۳ کیلومتر مربع می باشد. که با توجه به گستردگی محدوده و حجم بالای مدل از شبکه 1Km*1Km برای گسسته سازی مکانی این گستره استفاده شد.



شکل ۲ - نمای گستره مورد مطالعه پس از اعمال سنگ کف و تراز سطح



شکل ۳ - نقشه هم عمق منطقه

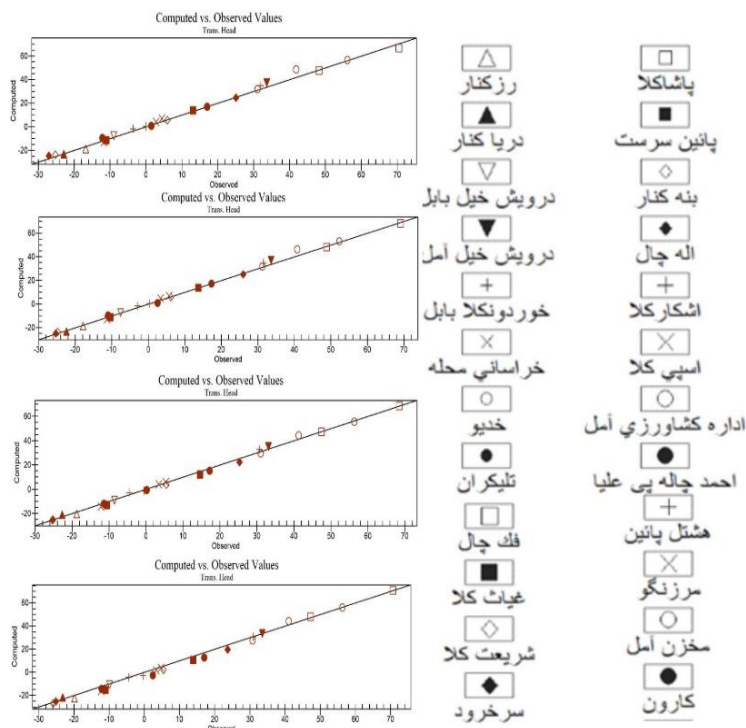
برای واسنجی حالت پایدار میانگین داده های شهریور ۹۲ وارد گشته و از تغییرات این داده ها صرف نظر می شود و فقط مقدار هدایت هیدرولیکی برای کالیبره کردن تغییر داده می شود. برای پیدا کردن مقدار هدایت هیدرولیکی با توجه به شرایط زمین شناسی، منطقه را پهنه بندی و مقدار اولیه ای برای هر کدام از این پهنه ها وارد کرده سپس مدل اجرا گردید. در ادامه با توجه به اینکه چاه های مشاهده ای پس از اجرای مدل چه شرایطی را نشان دهند مقدار پارامتر هدایت

هیدرولیکی در اطراف آن چاه تغییر داده شد و دوباره مدل اجرا گردید. این روند تا زمان رسیدن خطای نشان داده شده توسط چاه مشاهده ای به مقدار مجاز ادامه یافت. این روند برای تمام چاه های موجود در گستره تکرار گردید. برای واسنجی در حالت ناپایدار داده های سال آبی ۹۱-۹۲ به صورت میانگین ماهیانه در ۱۲ گام زمانی وارد شده و تغییرات ماهانه اعمال می گردید. هدایت هیدرولیکی بدست آمده در واسنجی حالت پایدار به صورت یک لایه ثابت به مدل وارد می گردد و مقدار آبدهی ویژه به روش سعی و خطا برای این محدوده بهینه می گردد تا مقدار خطا به کم ترین مقدار برسد (شکل ۴ و ۵).

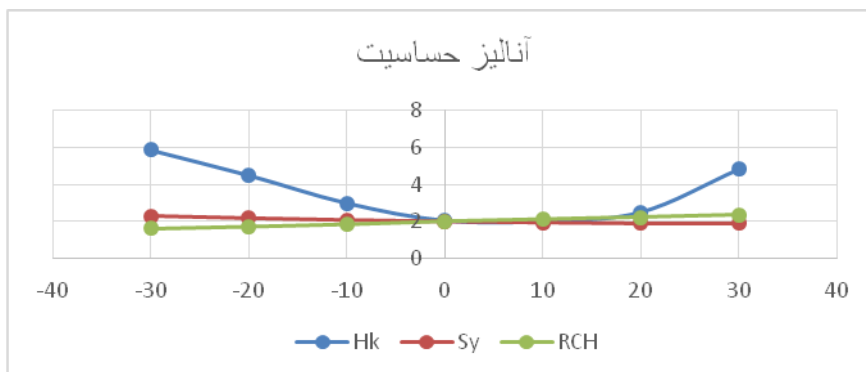
برای این که از بهینه بودن پارامترهای استخراج شده مدل در حالت پایدار و ناپایدار و اینکه مدل نسبت به کدام یک از پارامترها دارای بیشترین حساسیت می باشد مشخص شود. این مرحله با تغییر مقدار پارامترها انجام گردید (شکل ۶) و نتیجه این مرحله نشان دهنده حساسیت بالا مدل نسبت به مقدار هدایت هیدرولیکی می باشد.

Error Summary	
Trans. Head	
Mean Error:	-0.243
Mean Abs. Error:	1.612
Root Mean Sq. Error:	2.098

شکل ۴ - مقدار خطا میانگین در پایان واسنجی حالت ناپایدار



شکل ۵ - مقدار بار هیدرولیکی محاسبه شده توسط مدل نسبت به مقدار مشاهده ای در گام های ۱۲، ۴۸، ۱۴۰

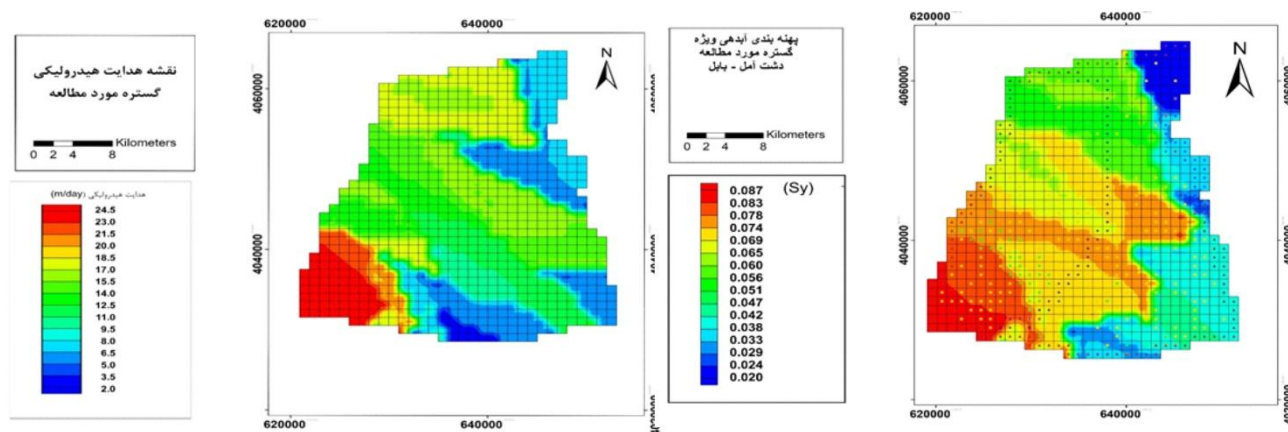


شکل ۶ - آنالیز حساسیت پارامترهای مدل



بحث و نتیجه گیری :

نتایج نشان می دهد، مقدار هدایت هیدرولیکی آبخوان در گستره مورد مطالعه با دور شدن از مرکز مخروط افکنه هراز کاهش می یابد. بیشترین هدایت هیدرولیکی در مخروط افکنه هراز با ۲۴/۵ متر بر روز و کم ترین آن در جنوب دشت، دو متر بر روز به دست آمد. مقدار آبدهی ویژه در این گستره از ۰/۰۲ تا ۰/۰۹ است (شکل ۷).



شکل ۷ - نقشه پهنه بندی مقدار هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه گستره مورد مطالعه

با توجه به نقشه هدایت هیدرولیکی منطقه و مقایسه آن با لاگ گمانه های حفر شده در گستره مورد مطالعه به نظر می رسد با دور شدن از مخروط افکنه هراز ضخامت لایه های رس و سیلت افزایش می یابد و در نتیجه میزان هدایت هیدرولیکی کاهش می یابد. علت این افزایش ضخامت رسوبات دانه ریز در بخش شرقی گستره می تواند تحت تأثیر رودخانه بابل رود باشد. این موضوع می تواند تحت تأثیر شیب هیدرولیکی کم تر بابل رود نسبت به رودخانه هراز و مسیر ماندیری بابل رود باشد که مجموع این دو عامل می تواند باعث کم شدن سرعت جریان و در نتیجه نهشته شدن رسوبات دانه ریز شود.

با در نظر گرفتن تغییرات هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه مناسب‌ترین مکان‌ها برای توسعه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در این گستره به ترتیب مخروط هراز و حاشیه رودخانه هراز در اولویت اول و بخش میانی دشت حدفاصل رودخانه هراز تا گرم رود در اولویت دوم قرار می‌گیرد. قسمت جنوبی دشت حدفاصل مخروط افکنه هراز تا بابل رود و حاشیه رود بابل رود در قسمت خاوری دشت نامناسب‌ترین شرایط را برای توسعه بهره‌برداری دارا می‌باشند.



منابع فارسی :

آقاباتی، ع.، (۱۳۸۳)، "زمین‌شناسی ایران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، تهران.
جباری، پ. قنبرپور، م. حبیب نژاد روشن، م. فاتحی مرج، ا.، (۱۳۸۷)، "شبیه سازی جریان آب زیرزمینی با استفاده از مدل ریاضی MODFLOW جهت مدیریت بهره برداری دشت ساری - نکا" سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.
عزتی، ح. ناصری، ح. ر. پوربایرامیان، س.، (۱۳۹۲)، "کنترل و مدیریت آبخوان با مدل سازی جریان آب زیرزمینی مطالعه موردی: دشت اردبیل" پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
نظری، ر. ناصری، ح. ر.، (۱۳۹۰)، "برآورد پارامترهای هیدرولیکی و تهیه بیلان هیدرولوژیکی آبخوان ایوانکی با استفاده از کد تفاضل محدود، MODFLOW"، هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود.



References:

Park, H., Oh, M., and Kwon, O., 2016. "Analysis on contaminant transport according to the embedded depth of vertical barrier of offshore landfill", Journal of the 51. Korean Geoenvironmental Society, 17(8), 29-37.
El-Bihery, M. A., 2009. "Groundwater flow modeling of quaternary aquifer Ras Sudr, Egypt", Environmental geology, 58(5), 1095-1105.
Chinnasamy, P., Muthuwatta, L., Eriyagama, N., Pavelic, P., and Lagudu, S., 2017. "Modeling the potential for floodwater recharge to offset groundwater depletion: a case study from the Ramganga basin, India", Sustainable Water Resources Management, 1-14.

بررسی و تعیین علل عدم موفقیت طرح تغذیه مصنوعی فیروزسالار آذرشهر، آذربایجان شرقی



فائزه نایب (دانشجوی کارشناسی زمین شناسی، دانشگاه تبریز)

f.nayeb96@gmail.com

عبدالرضا واعظی هیر (هیدروژئولوژیست و دانشیار دانشگاه تبریز)

vaezihir@yahoo.com



چکیده:

مدیریت زمانی منابع آب زیرزمینی، برگرداندن سطح آب زیرزمینی به حالت اولیه و ارائه جایگزین برای برداشت بیش از حد، توقف و یا کاهش نشست زمین، افزایش کیفیت آبخوان و ... میتواند از اهداف اجرای یک پروژه تغذیه مصنوعی باشد. منطقه مورد مطالعه که طرح تغذیه مصنوعی در آن احداث گردیده روستای فیروزسالار شهرستان آذرشهر، واقع در آذربایجان شرقی میباشد. هدف از اجرای طرح تغذیه مصنوعی در این منطقه، تقویت سفره آب زیرزمینی و جبران کمبود آب اضافه برداشتی به منظور جلوگیری از شور شدن نواحی غربی سفره و حفظ شرایط کشاورزی این منطقه است. طرح فیروز سالار ۱۶ سال بعد از احداث به اهداف از پیش تعریف شده دست نیافته است به طوری که میزان نفوذ پذیری کف حوضچه تغذیه کاهش یافته و عملاً آبی از آن تغذیه نمیشود. نتایج این پژوهش نشان داد که اشکالات متعدد در طراحی طرح شامل نداشتن حوضچه رسوب گیر، استفاده از یک حوضچه تغذیه، انتخاب نادرست ابعاد حوضچه و تراکم دیواره های حوضچه علل اصلی شکست این طرح بوده است. احداث یک حوضچه رسوبگیر و تبدیل تنها حوضچه تغذیه طرح به دو حوضچه می تواند تا حدی کارآیی طرح را احیا کند.

کلید واژه ها: تغذیه مصنوعی، آبهای زیرزمینی، دشت آذرشهر، فیروز سالار

Investigation of Causes of Failure of the Artificial Recharge Project of Firoozsalar, Azarshahr, East Azerbaijan, Iran

Faezeh Nayeb (B.Sc. in Geology, University of Tabriz)

f.nayeb96@gmail.com

Abdorrezza Vaezihir (Hydrologist and Associate Professor of University of Tabriz)

r.vaezi@tabriz.ac.ir

Abstract:

Time management of ground water supplies, restoration of groundwater level to the initial state and the alternative to excess withdraw, stopping or decreasing the land subsidence, increasing the quality of the aquifer, etc. are the main objectives of implementing artificial recharge project. The study area where artificial recharge project was constructed has been located at Firoozsalar village near in Azarshahr city, Eastern Azerbaijan province. The goal of implementing artificial recharge project in this area was to enrich the groundwater and restore excess withdraw in order to prevent the salination of the western areas and to maintain agricultural conditions of the area. Thirteen years after construction, this project could not achieve its predefined objectives so that infiltration rate of the basin bottom has been decreased catastrophically and so actually recharge did not take place. The results of this study showed that a couple of problems during designing of the project have the main role in the efficiency of the project, including lack of sediment basin, use of only one recharge basin, wrong selection of the basin's dimensions, compaction of the basin's walls. Implementation of a sedimentation basin and dividing of the recharge basin to at least two basins can restore the efficiency of the project to some extent.

Keywords: Artificial Recharge, Groundwater, Azarshahr Plain, Firoozsalar



مقدمه :

امروزه به سبب برداشت اضافی و نبود بهره برداری پایدار از منابع آبی، در ۱۳۶ دشت کشور، سطح آب زیرزمینی افت پیدا کرده است و کشاورزی و توسعه اقتصادی پایدار را دچار چالش نموده است (۳). تغذیه مصنوعی عبارت است از وارد کردن آب به یک سازند نفوذپذیر با هدف تغذیه سفره آب زیرزمینی. موفقیت یک پروژه تغذیه مصنوعی تابع معیارهای طراحی و نگهداری می باشد. اولین گام در این زمینه، یافتن آبخوان مناسب می باشد. بهترین محل برای اجرای طرح های تغذیه مصنوعی، خاکهای درشت بافت، ابتدای آبرفت های ماسه ای، خاکهای سنگلاخی، مناطق کارستی، مسیلهای بایسترنشی و مخروط افکنه رودخانه های فصلی می باشد. به منظور جلوگیری از بروز مشکلات و معضلات ناشی از انباشته شدن رسوبات و افزایش طول عمر مفید طرح و کارایی هرچه بیشتر سیستم در امر مهار سیلاب و دستیابی به اهداف منظور شده، می باید مکان یابی با توجه به دوره های بازگشت سیل و حجم سیلاب، اندازه، شدت و پراکنش بارندگی، کیفیت سیلاب، شرایط خاک، ویژگی های زمین شناسی، عوارض و شیب زمین عمق سفره آب زیرزمینی و... بادقت کافی صورت گیرد (۴). در دشت بینگ تونگ تایوان، نبود مدیریت مناسب و بهره برداری پایدار موجب افت شدید و فرونشست جدی زمین دانسته اند و در تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی با استفاده از حوزه های آبخیز با نفوذپذیری بالا، حجم نفوذ حوضه های بزرگ را ۶،۸ برابر حوضه های کوچک دانسته و بیان داشته اند که شن و ماسه باعث کاهش سرعت نفوذ به میزان حداقل ۵،۳ متر در روز شده است. به علاوه با گسترش زمان تغذیه، سرعت نفوذ به تدریج کاهش یافته است. در پژوهشی در دشت مشهد نشان داده شده است که نشست سطح زمین ناشی از افت سطح آبهای زیرزمینی بوده و در بخشهایی از شمال غرب دشت، شکاف ها و ترک هایی رادر سطح زمین و ساختمان ها ایجاد کرده است که رشد سریع جمعیت، برداشت بی رویه و فشار بر منابع آبی دشت و تغذیه کم، آن را از جمله دلایل افت سطح آب در دهه اخیر در این دشت عنوان نموده اند (۳).

طرح تغذیه مصنوعی فیروز سالار در غرب استان آذربایجان شرقی ۱۶ سال بعد از شروع بکار اکنون به طور کامل کارآیی خود را از دست داده است و میزان تغذیه از سیستم تغذیه تا حد صفر کاهش پیدا کرده است. به منظور آسیب شناسی طرح از دیدگاه طراحی و بررسی علل عدم موفقیت طرح، اجزای طرح با استاندارد های طرح و روشهای جدید طراحی سیستمهای تغذیه مصنوعی مقایسه گردید.



روش تحقیق:

حوزه رودخانه گنبرچای که طرح تغذیه مصنوعی فیروزسالار در آن قرار رفته است، دارای مساحتی حدود ۳۴۸,۵ کیلومتر مربع بوده و مسیر حرکت رودخانه از سمت شرق به غرب می باشد. آبدهی رودخانه بر اساس ایستگاه هیدرومتری آذرشهر (مساحت ۲۹۰ کیلومتر مربع) به طور متوسط ۳۴ میلیون مترمکعب در سال می باشد. منطقه یادشده از شرق به ارتفاعات دامنه های غربی کوه های سهند و از شمال به شوره زار و دلتای تلخه رود (آجی چای) و از غرب به شوره زارهای سواحل دریاچه ارومیه و از جنوب به ارتفاعات توشن کوه و قزل داغ محدود می شود.

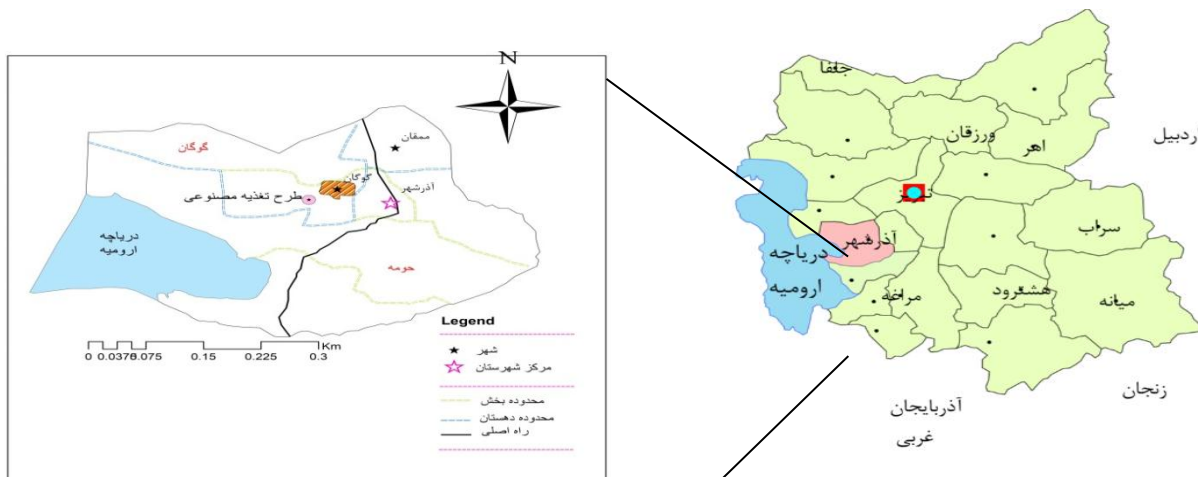
دشت آذرشهر با وسعتی حدود ۱۶۰ کیلومتر مربع بین ارتفاع ۱۵۲۰ متر در شرق و ۱۲۸۰ متر از سطح دریا در غرب واقع شده است. سطح برخورد به آب زیر زمینی در این دشت به طور کلی کم بوده و از حداکثر ۲۰,۲۲ متر تا حداقل ۰,۷۵ متر متغیر است. جهت جریان آب زیرزمینی از نواحی شمال، شمال شرقی، شرق و جنوب شرقی به طرف منطقه قراغیل - تیمورلو و از آنجا به شوره زارهای رودخانه آجی چای (به طرف غرب) ختم می شود. در حال حاضر به علت برداشت زیاد از این منطقه جریان آب زیرزمینی از جنوب غربی نیز متوجه این مخروط افتادگی شده است. شیب سطح آب زیرزمینی در منطقه تیمورلو خیلی کم و برابر ۰,۶ تا ۰,۸ در هزار می باشد. نواحی پایین دست سفره که فقط تحت تأثیر تغذیه آب شور و تلخ آجی چای و تبخیر از سطح سفره قرار دارد و از نظر ارتفاعی به صورت ثابت و پایداری درآمده و در سال های اخیر افتی را نشان نمی دهد در صورتی که منجر میشود سطح سفره در ناحیه تمرکز چاه های بهره برداری که در ناحیه بالادست تحت تأثیر رودخانه آجی چای قرار دارد پایین بیفتد و سبب حرکت آب شور به طرف ناحیه تمرکز چاه ها می گردد. سطح آب در طول سال های ۶۳ تا ۷۰ (پیش از اجرای طرح) به میزان ۳,۶۵ متر افت داشته به طور کلی در هر سال به طور متوسط ۶۱ سانتی متر افت نشان می دهد. حداکثر افت معادل با ۲,۴۷ متر می باشد که در سال آبی ۶۸ الی ۶۹ اتفاق افتاده است.

روند کلی افزایش هدایت الکتریکی در دشت آذرشهر از نواحی شرقی و مجاور ارتفاعات به طرف نواحی غربی یا محل خروجی آب زیرزمینی می باشد. حداقل میزان هدایت الکتریکی ۴۴۵ میکروموس بر سانتی متر در محدوده شهر آذرشهر تا ۹۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر در اراضی روستای خاصلو اندازه گیری شده است. افزایش برداشت در نواحی غربی روستای خاصلو سبب گردیده تا جریان آب با هدایت الکتریکی بسیار زیاد از طرف دریاچه ارومیه به طرف سفره

هجوم بیاورد. تپ آب زیرزمینی در ارتفاعات شرقی و مخروط افکنه آذرشهر بی کربناته بوده و بصورت زبانه در دشت پیشروی میکند. تپ آب سولفات در منطقه از وسعت خیلی کمی برخوردار است و شاید بصورت یک نوار خیلی باریک بعد از تپ بی کربناته قرار گرفته است. تپ آب کلروره تقریباً ۶۰ الی ۷۰ درصد نواحی شمال، شمال غربی و مرکزی دشت را میپوشاند.

سازند های زمین شناسی آذرشهر شامل شیل، ماسه سنگ و آهک مارنی و دولومیت، آهک ضخیم لایه مربوط به ژوراسیک بالایی، کنگلومرا و آندزیت و توف های ولکانیکی مربوط به پلیوسن حاصل از فعالیت آتشفشان سهند می باشد منتهی در پایین دست ها، سواحل رودخانه از رسوبات جدید آبرفتی و در فواصل دور از رودخانه به خصوص به طرف غرب و جنوب غربی از رسوبات دریاچه ای و تبخیری تشکیل شده است. رسوبات در بالا دست منطقه به خصوص در مسیر و کناره های رودخانه اصلی، دانه درشت و در فواصل دور از رودخانه و در انتهای رودخانه، رسوبات دانه ریزتر شده و در نهایت به سیلت و رس تبدیل می شود.

طرح تغذیه مصنوعی فیروزسالار در ۸ کیلومتری شمال غرب آذر شهر و در ۴۸ کیلومتری شهر تبریز در آذربایجان شرقی در محدوده مختصات جغرافیایی ۴۵°-۵۲,۵' الی ۴۵°-۵۶,۵' طول شرقی و ۴۶,۵' - ۳۷° الی ۳۷°-۵۰' عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت طرح تغذیه مصنوعی فیروزسالار

در طراحی تغذیه مصنوعی فیروز سالار از روش حوضچه ای استفاده شده است. گودال های واقع در غرب روستای فیروز سالار بدلیل ضریب قابلیت انتقال بالا (۷۰۰ متر مربع در روز $T=$) و واقع شدن در منطقه شیرین و بالادست سفره، انجام حجم عظیمی از عملیات خاکی مورد نیاز، نزدیکی به رودخانه (حدود ۶۰۰ متر)، از لحاظ فنی و اقتصادی مناسبترین

شرایط تغذیه مصنوعی را دارا می باشد. این گودال ها در ابتدا شکل نامنظم داشته و شیب دیواره آن ها نیز تند و حدود ۱:۵،۵ (ارتفاع: افق) بوده است. ضمناً برخی قسمت ها مستقل بوده و با یک دیواره نازک از بقیه جدا شده بودند که برای استفاده از این گودال ها جهت ذخیره و رسوب گیری و تغذیه آب، لازم بود با انجام عملیات خاکی ضمن دادن شکل منظم و اقتصادی و اتصال آن ها به همدیگر شیب های جانبی آن ها نیز تا (۳:۱) تعدیل گردد. به منظور تعیین ضریب نفوذپذیری قائم آبرفت تعداد ۹ چال شناسایی به عمق ۲ متر و ۴ چال شناسایی به عمق ۵ متر حفر گردید. لایه شماره ۱: شن و ماسه cm/s ۱۰؛ لایه شماره ۲: ماسه سیلتی شن دار با نفوذپذیری cm/s ۰,۰۱-۰,۰۱۰؛ لایه شماره ۳: لایه شن و ماسه سیمانیته شده در حد نفوذ ناپذیر؛ لایه شماره ۴: لایه سیلت استون از نقطه نظر آبگذری در حد نفوذ ناپذیری به سایر لایه ها می باشد. ذخیره آب سیلاب در منطقه از رسوبات معلق برخوردار است و این چنین آبی هر کجا ذخیره گردد سریعاً نفوذپذیری منطقه را کم خواهد کرد. این طرح شامل موارد زیر است.

۱. یک بند انحرافی بطول ۳۴,۵ متر با ارتفاع ۲ متر

۲. کانال خاکی انتقال آب به طول ۶۵۰ متر با ظرفیت ۳۹ متر مکعب در ثانیه

۳. یک حوضچه تغذیه به ابعاد ۱۰×۲۵۰×۳۰۰ متر و به حجم تقریبی ۷۵۰۰۰۰ متر مکعب (شکل ۲ الف)

۴. دو حلقه چاه تغذیه به عمق های متوسط ۲۵ متر که ۱,۳ متر ابتدای هر چاه به قطر ۲ متر و بقیه به قطر ۳۰ سانتی متر طراحی حوضچه ها مهم ترین بخش آن است که باید پارامتر ها دقیق اندازه گیری و اجرا شوند تا در نهایت ماکزیمم تغذیه و ماکزیمم نفوذ را داشته باشد. برای طراحی سیستم حوضچه ای تعداد حوضچه ها، شکل حوضچه ها، شیب و ارتفاع



خاکریز ها، عمق حوضچه ها، مساحت حوضچه ها، تراکم خاکریز ها، وجود رسوب گیر و ... در نظر گرفته میشوند.

الف ب

شکل ۲. الف) حوضچه نفوذ تغذیه مصنوعی فیروزسالار ب) محل اتصال مستقیم کانال به حوضچه نفوذ بدون حوضچه رسوب

با توجه به عمر مفید هر طرح تغذیه مصنوعی (۲۵ سال) بهترین دوره بازگشت برای طراحی کانال و حوضچه تغذیه مصنوعی ۵ سال می باشد که در ۲۵ سال فعالیت خود می تواند ۱ تا ۵ بار با بیشترین ظرفیت خود کار کند (۵). برای طراحی بند انحرافی نیز بهترین دوره بازگشت ۱۰۰ ساله می باشد. مشکل عمده در رابطه با تغذیه مصنوعی به روش حوضچه ای گرفتگی و انسداد بستر و کاهش نفوذپذیری کف و دیواره حوضچه هاست. به منظور کاهش این مشکل، طرح باید نگهداری و طی مدت زمان های مشخص لایروبی و پاکسازی گردد. البته استفاده از حوضچه رسوبگیر در طرح نیز یکی دیگر از راه های کاهش انسداد کف و دیواره حوضچه هاست. افزایش تعداد حوضچه های نفوذ باعث تداوم فعالیت طرح می شود چرا که با غیرفعال کردن یک حوضچه برای لایروبی، حوضچه دیگر فعالیت خواهد کرد و برعکس. تراکم خاکریزها نیز باید در طراحی در نظر گرفته شود. دیواره حوضچه ها (خاکریزها) نباید متراکم باشند چرا که ۷۰ درصد نفوذ از دیواره ها و در جهت افقی نفوذ می یابند (نفوذ افقی ۱۰ برابر نفوذ عمودی است). مناسبترین شیب دیواره ۱:۳ یا ۱:۴ است. عبارتی اگر نسبت شیب بیش از این مقدار باشد سبب رسوب ذرات بر روی دیواره ها و نفوذ ناپذیر شدن آن میگردد (۵). بهینه ترین شکل حوضچه، شکلی است که بیشترین محیط را نسبت به مساحت داشته باشد. این ویژگی در شکل مستطیل بیش از سایر اشکال است و برای طراحی شکل حوضچه بهتر است از این شکل استفاده شود. عمق مناسب برای حوضچه های رسوب ۱ تا ۲ متر است (۵). مقادیر بیش از این:

۱. باعث تراکم در قسمت زیرین حوضچه می شود.

۲. باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی و افزایش تبخیر می شود. چرا که نفوذ سریع اتفاق نمی افتد.

برای این طرح سیلاب بادوره بازگشت ۵ ساله که دبی ماکزیمم این سیل ۱۱۴,۵ مترمکعب در ثانیه و باحجم ۱۴۴۰,۰۰۰ متر مکعب انتخاب شده است. نظر براینکه سیستم تغذیه و سرریز حوضچه ها یکسان میباشد لذا در دو طرف کانال، احداث خاکریز بر مبنای تراز تیغه ریزش بند برای عبور تمامی سیلاب ۱۰۰ ساله پیش بینی شده است. شیب خاکریزها که در حال حاضر (۲:۱) است از یک طرف و تراکم بسیار زیاد دیواره حوضچه ها و نبود حوضچه رسوبگیر از طرف دیگر باعث کاهش نفوذ پذیری در کف و دیواره ی حوضچه شده است. تعداد حوضچه های تغذیه یک عدد است و عملاً امکان لایروبی طرح وجود ندارد؛ مگر با تعطیل کردن فعالیت آن. شکل حوضچه تقریباً مربع است (شکل ۳) درحالی که بهینه ترین شکل حوضچه ها همانطور که اشاره شد، حوضچه مستطیلی شکل است (۵).



شکل ۳. پلان تغذیه مصنوعی فیروزسالار

عمق حوضچه تغذیه فیروز سالار بیش از ۱۰ متر است. در حالت عادی ظرف مدت ۲ ماه پس از فصل بارندگی باید آب، بطور کامل داخل حوضچه ها نفوذ کند ولی در مخزن طرح فیروز سالار پس از پایان فصل بارندگی تا شروع فصل تر دیگر آب وجود داشته و عمده آن بجای نفوذ، تبخیر میشود. هر طرحی پس از طراحی و اجرا و پایان آن باید تعمیر و نگهداری شود. در طرح فیروز سالار به دلیل عدم توجه و نگهداری، دهانه آبرگیر تخریب شده، مورفولوژی کانالها به دلیل رسوبگذاری تغییر یافته است و به دلیل عدم لایروبی، حوضچه تغذیه تقریباً بطور کامل کارآیی خود را از دست داده است.



نتیجه گیری :

براساس نتایج این پژوهش اشکالات اصلی طرح تغذیه مصنوعی فیروزسالار این است که این طرح حوضچه ی رسوبگیر ندارد و رسوبات مستقیماً وارد کانال و حوضچه اصلی شده و کف نفوذناپذیری برای حوضچه ایجاد کرده است. دیواره های حوضچه متراکم شده اند در حالیکه ۷۰ درصد تغذیه از دیواره ها و بصورت افقی انجام میشود. البته این تراکم به منظور پایداری دیواره ها اعمال شده است در حالی که بایستی پایداری خاکریزها بایستی با کاهش شیب دیواره ها تامین میشد تا علاوه بر پایداری سطح ترشده و نفوذ را افزایش دهد. شیب زیاد خاکریزها، عمق بیش از ۱۰ متر حوضچه ها، مربعی شکل بودن حوضچه، تک حوضچه ای بودن طرح و عدم لایروبی و پاکسازی حوضچه ها و کانال ها، سبب از دست دادن کارایی خود برای تغذیه شده و این طرح را به یک طرح ناموفق تبدیل کرده است. به منظور اصلاح طرح پیشنهاد می شود

که بخش ورودی کانال به طرح به حوضچه رسوبگیر تبدیل شده و حوضچه تغذیه به دو حوضچه تبدیل شود تا علاوه بر افزایش سطح نفوذ، امکان لایروبی متناوب حوضچه ها را فراهم کند.



منابع:

۱. بی نام، ۱۳۷۳، مطالعات مرحله اول و دوم طرح تغذیه مصنوعی حوزه مشروبی رودخانه گمبرچای، شرکت آب منطقه ای آذربایجان شرقی و اردبیل، تیرماه
۲. بی نام، ۱۳۷۵، مطالعات مرحله یک و تکمیلی طرح تغذیه مصنوعی منطقه تیمورلو_گوگان، شرکت آب منطقه ای آذربایجان شرقی و اردبیل، بهار
۳. جلیلی، ج، جلیلی، خ، حصادی، ح، حدیدی، م،، ۱۳۹۳، "تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی از طریق کانال های زهکش سطحی با استفاده از روش AHP"، نشریه علمی _ پژوهشی علوم مهندسی آبخیزداری ایران، شماره ۲۴، (۳۰-۲۹)
۴. مهدوی، ر، عابدی کوپایی، ج، رضایی، م، عبدالحسینی، م،، ۱۳۸۳، "مکان یابی محل های مناسب تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی از طریق GIS و RS"، دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشگاه شیراز
۵. واعظی هیر، ع. ۱۳۸۳، روش جدید طراحی سیستم تغذیه مصنوعی حوضچه ای، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته هیدروژئولوژی، دانشگاه شیراز



بررسی الگوی جریان آب زیرزمینی در آبخوان مرزی سرخس با استفاده از مدل عددی

نرگس نبی زاده چمازکوتی^۱، هادی جعفری^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود، n.nabi7111@gmail.com

^۲هادی جعفری، استادیار هیدروژئولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود، h_jafari@shahroodut.ac.ir

چکیده:

شناخت مکانیسم جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌ها در راستای مدیریت این منابع آبی ارزشمند به‌ویژه در مناطق خشک ضروری می‌باشد. فرآیند جریان آب زیرزمینی در طبیعت پیچیده بوده و مدل‌سازی عددی آبخوان یکی از راه‌های مناسب برای شناخت این فرآیندها و رفتار آبخوان می‌باشد. آبخوان آبرفتی مرزی سرخس با مساحت ۸۷۴ کیلومتر مربع در شمال شرق ایران و مجاورت مرز ترکمنستان قرار گرفته است. به دلیل قرارگیری در منطقه خشک ایران، فاقد منابع آب سطحی بوده و تنها منبع تأمین‌کننده آب شرب، کشاورزی و صنعت شهر سرخس، آب زیرزمینی است. در این تحقیق با استفاده از اطلاعات، گزارش‌های زمین شناسی و هیدروژئولوژی آبخوان، مدل مفهومی آبخوان سرخس تهیه شد. مدل مفهومی با استفاده از مادفلو (MODFLOW-2005) در نرم افزار فری وات (FREEWAT) به مدل عددی تبدیل شد. مدل برای یک بازه زمانی دو ساله اجرا و واسنجی شده است. نقشه هم‌پتانسیل شبیه‌سازی شده آبخوان نشان‌دهنده جهت عمومی جریان آب زیرزمینی از جنوب به سمت شمال می‌باشد. ایجاد منحنی‌های بسته تراز در شمال آبخوان منعکس‌کننده تغییر در الگوی جریان آب زیرزمینی می‌باشد. افزایش برداشت توسط چاه‌های بهره‌برداری باعث تغییر الگوی جریان و فروافتادگی در خطوط هم‌پتانسیل در این بخش شده به نحوی که سبب قطع جریان خروجی زیرزمینی از آبخوان شده است. این موضوع اهمیت مدیریت برداشت در کنترل الگوی جریان آب زیرزمینی در آبخوان سرخس را اثبات می‌نماید.

کلید واژه‌ها: آبخوان سرخس، مدل عددی، MODFLOW-2005، FREEWAT

Investigation of groundwater flow pattern in Sarakhs marginal aquifer using a numerical model

Narges nabizadeh chamazcoti¹, Hadi Jafari²

¹M.Sc. student of hydrogeology, Shahrood University of Technology, n.nabi7111@gmail.com

²Assistant professor, of Hydrogeology, Shahrood University of Technology,
h_jafari@shahroodut.ac.ir

Abstract:

Recognizing mechanism of groundwater flow in aquifers in order to manage these valuable water resources, especially in arid areas, is necessary. The process of groundwater flow is complex in nature and numerical modeling of aquifer is one of the suitable ways to recognize these processes and aquifer behavior. Alluvial Aquifer of Sarakhs with an area of 874 square kilometers in northeastern Iran is located adjacent to Turkmenistan border. Because of locating in arid areas, it has no surface water resources, and the only source of drinking water, agriculture and industry in Sarakhs city is groundwater. In this research, the conceptual model of Sarakhs aquifer was prepared using data, geological and hydrogeological report of aquifer. The conceptual model was transformed into a numerical model using the MODFLOW-2005 in FREWYAT software. The model has been run and calibrated for a two-year period. The simulated Iso-potential map of the aquifer

indicates the general direction of groundwater flow is from south to the north. Closed curves in the north of the aquifer reflects a change in the pattern of groundwater flow. Increased extraction by pumping wells has changed the pattern of flow and created a closed depression in Iso-potential map, causing the cease of groundwater an flow from the aquifer. This fact conform the importance of extraction management in controlling the pattern of groundwater flow in the Sarakhs aquifer.

Keywords: Sarakhs aquifer, Numerical model, MODFLOW-2005, FREEWAT.

مقدمه :

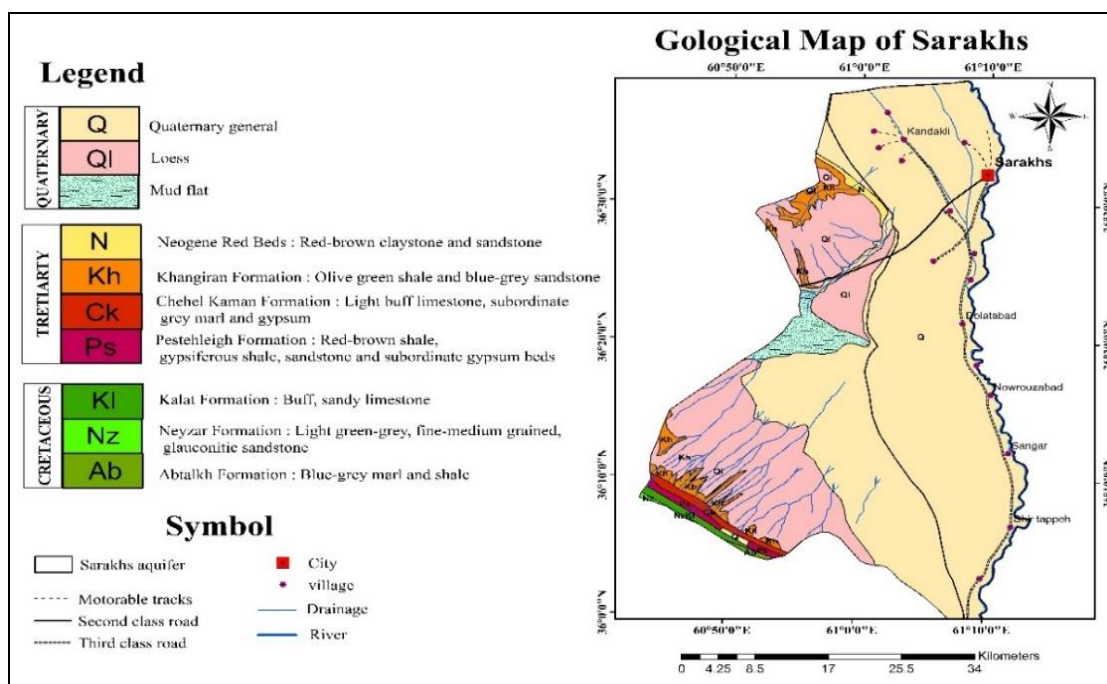
با توجه به افزایش روز افزون جمعیت جهان منابع آب زیرزمینی با خطر جدی روبه رو هستند. مسئله کمبود آب برای کشورهایی مثل ایران که دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک هستند، از گذشته وجود داشته است. میانگین بارندگی سالانه کشور ۲۵۰ میلی متر بوده که این میزان بارش یک سوم بارش سالانه در جهان می باشد. با توجه به رشد سریع جمعیت، افراد بیشتری به منابع آب زیرزمینی، به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک روی خواهند آورد. این افزایش جمعیت باعث بهره برداری بی رویه از منابع آب زیرزمینی و در نتیجه بهم خوردن تعادل طبیعی آن شده و افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان های کشور شده است. با توجه به اهمیت آب زیرزمینی به عنوان یکی از منابع مهم آب در کشور، مطالعه کمی و کیفی این منابع به منظور مدیریت صحیح این منبع ضروری می باشد. در سال های اخیر استفاده از مدل های عددی در مطالعات منابع آب به خصوص در مباحث مدیریت منابع آب و پیش بینی وضعیت آب، گسترش زیادی پیدا کرده است. از مدل سازی جریان می توان در شبیه سازی و شناخت انتشار آلودگی در سفره آب زیرزمینی و تعیین بیان استفاده کرد. شاید بتوان گفت مدل های کامپیوتری جریان آب زیرزمینی، مفیدترین ابزار موجود در مدیریت منابع آب زیرزمینی هستند (Healy, 2010). محب زاده و همکاران (۱۳۹۰) به شبیه سازی عددی جریان آب های زیرزمینی در دشت نهاوند پرداختند. طبق محاسبه تراز آب توسط مدل، جریان آب های زیرزمینی از جنوب شرقی به شمال غربی است که این جریان با شیب غالب منطقه مطابقت دارد. بیات ورکشی و همکاران (۱۳۹۷) با شبیه سازی عددی مسیر جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت همدان-بهار به این نتیجه رسیدند که انتقال جریان از مرز آبخوان به سمت مرکز و خروجی آبخوان می باشد. بررسی وضعیت آبخوان نشان داد که ادامه روند فعلی افزایش سطح آلودگی آبخوان را در پی خواهد داشت. لارونه و همکاران (Larone et al; 2005) تاثیر ساختارهای زمین شناسی بر جریان آب زیرزمینی آبخوان صحرای جودین در فلسطین را مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه نحوه جریان آب های زیرزمینی و نفوذ آن از یک آبخوان به آبخوان دیگر مورد ارزیابی قرار گرفت. جباری و همکاران (Jabbari et al; 2009) آبخوان دشت ساری-نکا را با استفاده از مدل مادفلو (MODFLOW) شبیه سازی کردند، نتایج نشان داد که قسمت های جنوبی دشت تغذیه کننده و قسمت های شمالی دشت تخلیه کننده جریان است. مدهات و بیهری (Medhat and Bihery; 2009) به شبیه سازی جریان آب های زیرزمینی دلتای راس سودر در کشور مصر متوسط مدل مادفلو پرداختند. آن ها با استفاده از این شبیه سازی موفق به تعیین جهت جریان آب زیرزمینی، محاسبه مقدار هدایت هیدرولیکی و تخمین میزان تغذیه به آب های زیرزمینی شدند. فضل اولی و

همکاران (Fazloulou et al; 2014) با شبیه سازی نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل GMS در دشت لاهیجان چابکسر به این نتیجه رسیدند که مدل GMS با استفاده از معادلات ریاضی و داده ها و ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان دقت بالایی در شبیه سازی نوسانات آب زیرزمینی دارد.

محدوده مطالعاتی سرخس به دلیل قرار گرفتن در منطقه خشک ایران، فاقد منابع سطحی بوده و تنها منبع تأمین کننده ی آب شرب، کشاورزی و صنعت شهر سرخس، آب زیرزمینی است. این آبخوان از لحاظ کشاورزی مهم بوده و بهره برداری زیاد از آبخوان باعث افت سطح آب زیرزمینی شده است. لذا هدف از انجام این تحقیق بررسی الگوی جریان آب زیرزمینی در آبخوان سرخس با استفاده از مدل سازی در راستای مدیریت این منابع آبی ارزشمند می باشد.

منطقه مورد مطالعه

شهر سرخس در ۲۴۰ کیلومتری شهر مشهد در مجاورت مرز ترکمنستان قرار دارد. از نظر مختصات جغرافیایی محدوده مطالعاتی سرخس در در ۴۲° ۶۰' تا ۴۱° ۱۴' طول شرقی و ۵۰' ۳۵° تا ۳۷' ۳۶° عرض شمالی واقع شده است. بررسی نقشه زمین شناسی منطقه نشان می دهد که قدیمی ترین سازند در این منطقه سازند آب تلخ (کرتاسه) است که در بخش جنوب غربی حوضه رخنمون دارد. رسوبات کواترنری گسترش وسیعی در سطح محدوده دارند. بطور کلی رسوبات آبرفتی دانه درشت بوده و عمدتاً از قلوله سنگ، ماسه و شن تشکیل شده اند که به طرف نواحی غربی و حاشیه ارتفاعات، رسوبات دانه ریز سیلتی و رسی خانگیان به آنها اضافه می شود. شکل (۱) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل (۱) نقشه زمین شناسی سرخس (برگرفته از نقشه های ۱:۲۵۰۰۰۰ سرخس سازمان زمین شناسی)

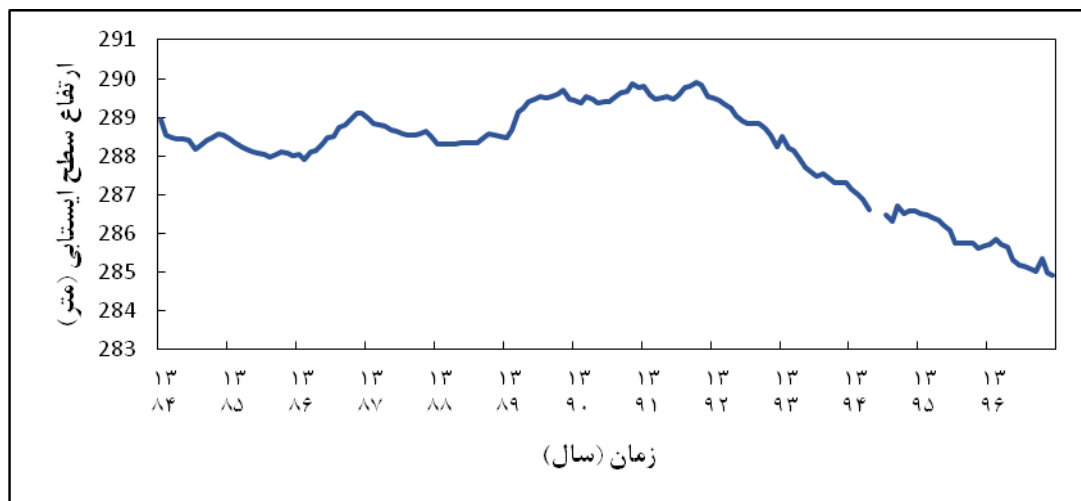
آبخوان سرخس از نوع آزاد و دارای شکل نسبتاً کشیده می‌باشد (شکل ۱). مرز شمالی آبخوان منطبق بر مرز ایران-ترکمنستان، مرز شرقی رودخانه هریرود، مرز جنوبی محل تقاطع پل خاتون و رودخانه هریرود و مرز غربی آن حد فاصل کوه و دشت می‌باشد. جنس رسوبات در محدوده آبخوان از نوع آبرفت عهد حاضر (Q) می‌باشد. سازند خانگیران به عنوان سنگ کف آبخوان دشت سرخس شناخته شده است.

روش انجام تحقیق

برای ساخت مدل مفهومی در ابتدا اطلاعات و گزارش‌های موجود از آبخوان سرخس جمع‌آوری و مطالعه شد. این اطلاعات شامل داده‌های چاه مشاهده‌ای و بهره‌برداری و موقعیت مکانی آن‌ها، میزان بارش، خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان و نقشه سنگ کف آبخوان می‌باشد. عکس‌های ماهواره‌ای و نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ سرخس وارد نرم افزار GIS شده و مرز آبخوان مشخص شد. مدل مفهومی آبخوان با استفاده از مدل مادفلو (MODFLOW-2005) در نرم‌افزار فری وات (FREEWAT) که نرم افزاری برای مدیریت منابع آب زیرزمینی بوده که امکان شبیه‌سازی کل چرخه هیدرولوژیکی را فراهم می‌کند، به مدل عددی برای شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی تبدیل شد. بعد از اجرا، مدل عددی در بازه زمانی از شهریور سال ۹۴ تا شهریور سال ۹۶ به مدت ۲۴ ماه با دوره‌های تنش یک ماهه و گام‌های زمانی ۳۰ روزه واسنجی (کالیبره) گردید. در نهایت بعد از کالیبراسیون مدل بیلان آبخوان و الگوی جریان آب زیرزمینی بر اساس نقشه هم‌پتانسیل شبیه‌سازی شده بررسی گردید.

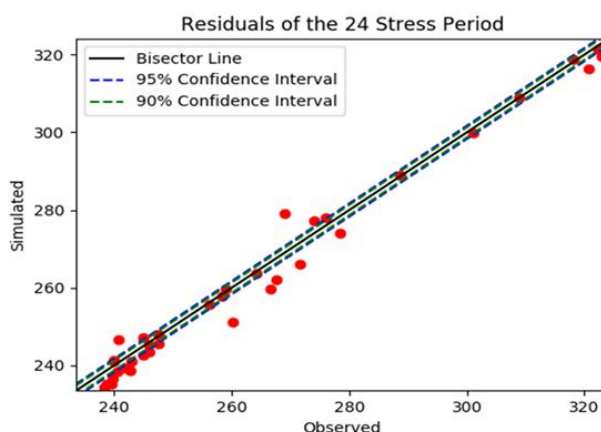
نتایج و بحث

بر اساس مدل مفهومی تهیه شده از آبخوان سرخس، مهم‌ترین ورودی‌های آبخوان شامل جریان آب زیرزمینی، تغذیه حاصل از نفوذ بارندگی و آب برگشتی ناشی از چاه‌های کشاورزی می‌باشد. تخلیه آبخوان نیز عمدتاً توسط ۳۷۴ حلقه چاه بهره‌برداری حفر شده در آبخوان صورت می‌گیرد. نوسانات هیدروگراف معرف که بر اساس اطلاعات ۴۶ حلقه پیزومتر حفر شده در آبخوان ترسیم شده است (شکل ۲). نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی با زمان در حال افت می‌باشد. میانگین افت سالانه آن ۰/۳ متر می‌باشد. نرخ افت سطح ایستابی در سال‌های اخیر افزایش یافته و به حدود ۰/۸ متر در سال آبی ۹۵-۹۶ رسیده است.



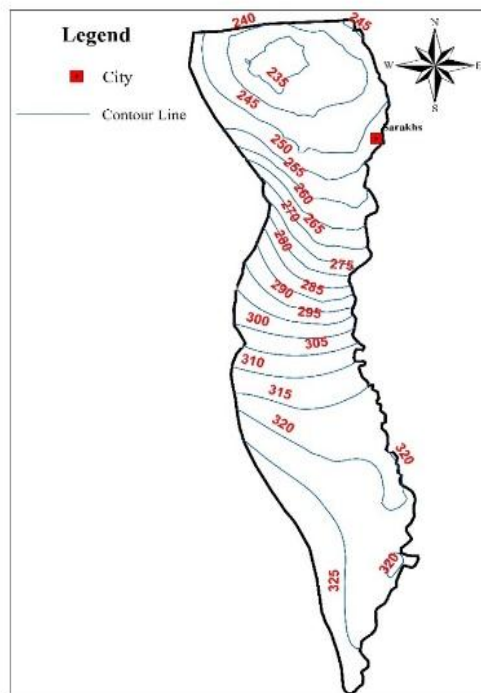
شکل ۲) هیدروگراف معرف آبخوان آبرفتی سرخس

بعد از تهیه مدل مفهومی آبخوان، مدل عددی با استفاده از مادفلو (MODFLOW-2005) در نرم افزار فری وات (FREEWAT) ساخته شد. بدین منظور ورودی شرقی و غربی آبخوان با استفاده از بسته مرز با بار عمومی (GHB) شبیه سازی گردید. تغذیه به آبخوان که از دو بخش بارش و آب برگشتی کشاورزی روی می دهد با استفاده از بسته تغذیه (RCH) شبیه سازی شد. اطلاعات مربوط به پیژومترها و چاه های بهره برداری نیز با استفاده از ابزارهای تعیین شده مشخص گردید. بعد از اجرای مدل، واسنجی آن جهت انطباق مقادیر شبیه سازی شده سطح ایستابی توسط مدل و مقادیر مشاهده ای صحرائی انجام شد. همبستگی بالای مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده ای (شکل ۳) بیانگر دقت مدل در پیش بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی می باشد. بر اساس مدل واسنجی شده (کالیبره شده) آبخوان سرخس، مقادیر قابلیت انتقال آبخوان از ۲۵۰۰ مترمربع بر روز در بخش غربی به حدود ۷۵۰۰ مترمربع در روز در بخش شرقی و مجاور رودخانه هریرود افزایش یافته است. متوسط ضریب ذخیره آبخوان حدود ۰.۷٪ برآورد شده است.



شکل ۳) انطباق مقادیر محاسبه شده توسط مدل و مشاهده شده در چاه‌های پیرومتری در انتهای دوره مدل‌سازی

نقشه هم‌پتانسیل شبیه‌سازی شده آبخوان سرخس با استفاده از مدل عددی در شکل ۴ نشان داده شده است. بر این اساس سطح آب زیرزمینی در آبخوان از حداقل ۲۳۵ متر تا حداکثر ۳۲۵ متر متغیر می‌باشد.



شکل ۴) خطوط تراز سطح آب زیرزمینی شبیه‌سازی شده از مدل

مطابق الگوی شبیه‌سازی شده سطح ایستابی (شکل ۴) جهت کلی جریان در آبخوان سرخس از جنوب به سمت شمال می‌باشد. تمرکز چاه‌های بهره‌برداری در قسمت‌های شمالی باعث افزایش میزان برداشت از آبخوان و تشکیل مخروط افت و در نتیجه ایجاد منحنی‌های تراز بسته در قسمت شمالی دشت شده است. طبق مطالعات انجام شده قبلی جهت جریان از جنوب به سمت شمال بوده و در قسمت شمالی دشت، تخلیه آبخوان انجام می‌شده است. در حالی که به دلیل افزایش بهره‌برداری، در حال حاضر آبخوان فاقد خروجی زیرزمینی بوده و عمده تخلیه توسط چاه‌های بهره‌برداری صورت می‌گیرد. ایجاد منحنی‌های بسته در خطوط هم‌پتانسیل نشان دهنده تغییر الگوی جریان آب زیرزمینی بوده که می‌تواند تغییرات کیفی برای مثال شوری منابع آب زیرزمینی به دلیل نفوذ آب‌های شور از مرز شمالی آبخوان را در پی داشته باشد. این موضوع بایستی در مدیریت این آبخوان مرزی مورد توجه قرار گیرد.

تغییر در الگوی جریان آب زیرزمینی در آبخوان سرخس ناشی از برداشت بیش از اندازه از آب زیرزمینی بوده که این موضوع در بیان شبیه‌سازی شده آبخوان (جدول ۱) نیز مشهود می‌باشد. بر این اساس مجموع ورودی‌های سالانه به آبخوان

حدود ۲۸۲ میلیون متر مکعب بوده، در حالی که مجموع خروجی‌ها ۳۱۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. کاهش حجم ذخیره آبخوان که معادل ۲۸ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد نه تنها با افت ممتد سطح ایستابی همراه بوده، بلکه تغییر در الگوی جریان و معکوس شدن جریان آب زیرزمینی در بخش شمالی آبخوان را در پی داشته که این موضوع در مدیریت این آبخوان بایستی مد نظر قرار گیرد. لازم به ذکر است مقادیر ارائه شده در جدول ۱ به صورت تجمعی و برای دو سال توسط مدل محاسبه شده است و بنابراین نصف این مقدار معرف مولفه‌های ورودی و خروجی بیلان سالانه از آبخوان سرخس می‌باشد.

جدول (۱) بیلان آب زیرزمینی محاسبه شده توسط مدل

HEAD WILL BE SAVED ON UNIT		51	AT END OF TIME STEP		1,	STRESS PERIOD		24
VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP				1,		STRESS PERIOD		24
CUMULATIVE VOLUMES		L**3		RATES FOR THIS TIME STEP		L**3/T		
IN:				IN:				
STORAGE =	295978528.0000			STORAGE =	546609.1250			
CONSTANT HEAD =	0.0000			CONSTANT HEAD =	0.0000			
WELLS =	0.0000			WELLS =	0.0000			
HEAD DEP BOUNDS =	404275488.0000			HEAD DEP BOUNDS =	583170.1875			
RECHARGE =	160528496.0000			RECHARGE =	0.0000			
TOTAL IN =	860782464.0000			TOTAL IN =	1129779.2500			
OUT:				OUT:				
STORAGE =	239168032.0000			STORAGE =	3732.7930			
CONSTANT HEAD =	0.0000			CONSTANT HEAD =	0.0000			
WELLS =	620868608.0000			WELLS =	1124762.1250			
HEAD DEP BOUNDS =	747242.7500			HEAD DEP BOUNDS =	1283.5453			
RECHARGE =	0.0000			RECHARGE =	0.0000			
TOTAL OUT =	860783872.0000			TOTAL OUT =	1129778.3750			
IN - OUT =	-1408.0000			IN - OUT =	0.8750			
PERCENT DISCREPANCY =	-0.00			PERCENT DISCREPANCY =	0.00			

نتیجه گیری:

در این پژوهش الگوی جریان آب زیرزمینی از طریق مدل‌سازی در آبخوان سرخس مورد بررسی قرار گرفته است. مدل‌سازی توسط مادفلو (MODFLOW-2005) در نرم‌افزار فری وات (FREEWAT) انجام شده است. مهم‌ترین ورودی‌های آبخوان شامل جریان آب زیرزمینی، تغذیه حاصل از نفوذ بارندگی و آب برگشتی ناشی از چاه‌های کشاورزی می‌باشد. بررسی هیدروگراف معرف نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی با زمان در حال افت می‌باشد که میانگین افت سالانه در آبخوان ۰/۳ متر می‌باشد. مطابق الگوی شبیه‌سازی شده‌ی سطح ایستابی، جهت کلی جریان در آبخوان سرخس از جنوب به سمت شمال می‌باشد. تمرکز چاه‌های بهره‌برداری در قسمت‌های شمالی باعث افزایش میزان برداشت از آبخوان و تشکیل مخروط افت و در نتیجه باعث ایجاد منحنی‌های تراز بسته در قسمت شمالی دشت شده است. به دلیل افزایش بهره‌برداری، در حال حاضر آبخوان فاقد خروجی زیرزمینی بوده و عمده تخلیه توسط چاه‌های بهره‌برداری صورت می‌گیرد. ایجاد منحنی‌های بسته در خطوط هم‌پتانسیل نشان دهنده تغییر الگوی جریان آب زیرزمینی بوده که می‌تواند تغییرات کیفی برای مثال شوری منابع آب زیرزمینی به دلیل نفوذ آب‌های شور از مرز شمالی آبخوان را در پی داشته باشد. کاهش حجم ذخیره آبخوان که معادل ۲۸ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد نه تنها با افت ممتد سطح ایستابی همراه بوده، بلکه

تغییر در الگوی جریان و معکوس شدن جریان آب زیرزمینی در بخش شمالی آبخوان را در پی داشته که این موضوع در مدیریت این آبخوان بایستی مد نظر قرار گیرد.

منابع فارسی :

بیات ورکشی، م.، فصیحی، روزین.، زارع ابیانه، ح.، (۱۳۹۷)، "شبیه سازی عددی مسیر جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت همدان-بهار"، مجله سلامت و محیط زیست، شماره اول، (۴۹ تا ۶۹).

فضل اولی، ر.، زادقربان، ملاحت.، علیزاده صنمی، فروغ.، بریمانی، ز.، (۱۳۹۳)، "مقایسه شبیه سازی نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل GMS در دشت لاهیجان چابکسر"، دومین کنگره بین المللی سازه، معماری و توسعه شهری.

محب زاده، ح.، بانژاد، ح.، قبادی، م.ح.، حیدری، م.، (۱۳۹۰)، "شبیه سازی عددی جریان آب های زیرزمینی آبخوان دشت نهاوند"، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین شناسی سرخس، سازمان زمین شناسی.

References:

- Ben-Itzhak, LL., Gvirtzman, H., 2005. "Groundwater flow along and across structural folding: an example from the Judean Desert, Israel". Journal of Hydrology ;312(1-4):51-69.
- Healy, Richard W., 2010. "Estimating groundwater recharge", Cambridge University Press, p.۲-۴.
- Jabbari, P., GhanbarpourM, R., Ashbeh, A., 2009. "Parameter optimization of Sari Neka unconfined aquifer using mathematical model". 5th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran; Gorgan, Gorgan Unaversity (in Persian).
- Medhat, A., Bihery, El., 2009. "Groundwater flow modeling of Quaternary aquifer Ras Sudr, Egypt". Environ Geology , 58,1095-1105.

بررسی الگوی جریان آب زیرزمینی در آبخوان مرزی سرخس با استفاده از مدل عددی

نرگس نبی زاده چمازکوتی^۱، هادی جعفری^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود، n.nabi7111@gmail.com

^۲هادی جعفری، استادیار هیدروژئولوژی، دانشگاه صنعتی شاهرود، h_jafari@shahroodut.ac.ir

چکیده:

شناخت مکانیسم جریان آب زیرزمینی در آبخوان‌ها در راستای مدیریت این منابع آبی ارزشمند به‌ویژه در مناطق خشک ضروری می‌باشد. فرآیند جریان آب زیرزمینی در طبیعت پیچیده بوده و مدل‌سازی عددی آبخوان یکی از راه‌های مناسب برای شناخت این فرآیندها و رفتار آبخوان می‌باشد. آبخوان آبرفتی مرزی سرخس با مساحت ۸۷۴ کیلومتر مربع در شمال شرق ایران و مجاورت مرز ترکمنستان قرار گرفته است. به دلیل قرارگیری در منطقه خشک ایران، فاقد منابع آب سطحی بوده و تنها منبع تأمین‌کننده آب شرب، کشاورزی و صنعت شهر سرخس، آب زیرزمینی است. در این تحقیق با استفاده از اطلاعات، گزارش‌های زمین شناسی و هیدروژئولوژی آبخوان، مدل مفهومی آبخوان سرخس تهیه شد. مدل مفهومی با استفاده از مادفلو (MODFLOW-2005) در نرم افزار فری وات (FREEWAT) به مدل عددی تبدیل شد. مدل برای یک بازه زمانی دو ساله اجرا و واسنجی شده است. نقشه هم‌پتانسیل شبیه‌سازی شده آبخوان نشان‌دهنده جهت عمومی جریان آب زیرزمینی از جنوب به سمت شمال می‌باشد. ایجاد منحنی‌های بسته تراز در شمال آبخوان منعکس‌کننده تغییر در الگوی جریان آب زیرزمینی می‌باشد. افزایش برداشت توسط چاه‌های بهره‌برداری باعث تغییر الگوی جریان و فروافتادگی در خطوط هم‌پتانسیل در این بخش شده به نحوی که سبب قطع جریان خروجی زیرزمینی از آبخوان شده است. این موضوع اهمیت مدیریت برداشت در کنترل الگوی جریان آب زیرزمینی در آبخوان سرخس را اثبات می‌نماید.

کلید واژه‌ها: آبخوان سرخس، مدل عددی، MODFLOW-2005، FREEWAT

Investigation of groundwater flow pattern in Sarakhs marginal aquifer using a numerical model

Narges nabizadeh chamazcoti¹, Hadi Jafari²

¹M.Sc. student of hydrogeology, Shahrood University of Technology, n.nabi7111@gmail.com

²Assistant professor, of Hydrogeology, Shahrood University of Technology,
h_jafari@shahroodut.ac.ir

Abstract:

Recognizing mechanism of groundwater flow in aquifers in order to manage these valuable water resources, especially in arid areas, is necessary. The process of groundwater flow is complex in nature and numerical modeling of aquifer is one of the suitable ways to recognize these processes and aquifer behavior. Alluvial Aquifer of Sarakhs with an area of 874 square kilometers in northeastern Iran is located adjacent to Turkmenistan border. Because of locating in arid areas, it has no surface water resources, and the only source of drinking water, agriculture and industry in Sarakhs city is groundwater. In this research, the conceptual model of Sarakhs aquifer was prepared using data, geological and hydrogeological report of aquifer. The conceptual model was transformed into a numerical model using the MODFLOW-2005 in FREWYAT software. The model has been run and calibrated for a two-year period. The simulated Iso-potential map of the aquifer

indicates the general direction of groundwater flow is from south to the north. Closed curves in the north of the aquifer reflects a change in the pattern of groundwater flow. Increased extraction by pumping wells has changed the pattern of flow and created a closed depression in Iso-potential map, causing the cease of groundwater an flow from the aquifer. This fact conform the importance of extraction management in controlling the pattern of groundwater flow in the Sarakhs aquifer.

Keywords: Sarakhs aquifer, Numerical model, MODFLOW-2005, FREEWAT.

مقدمه :

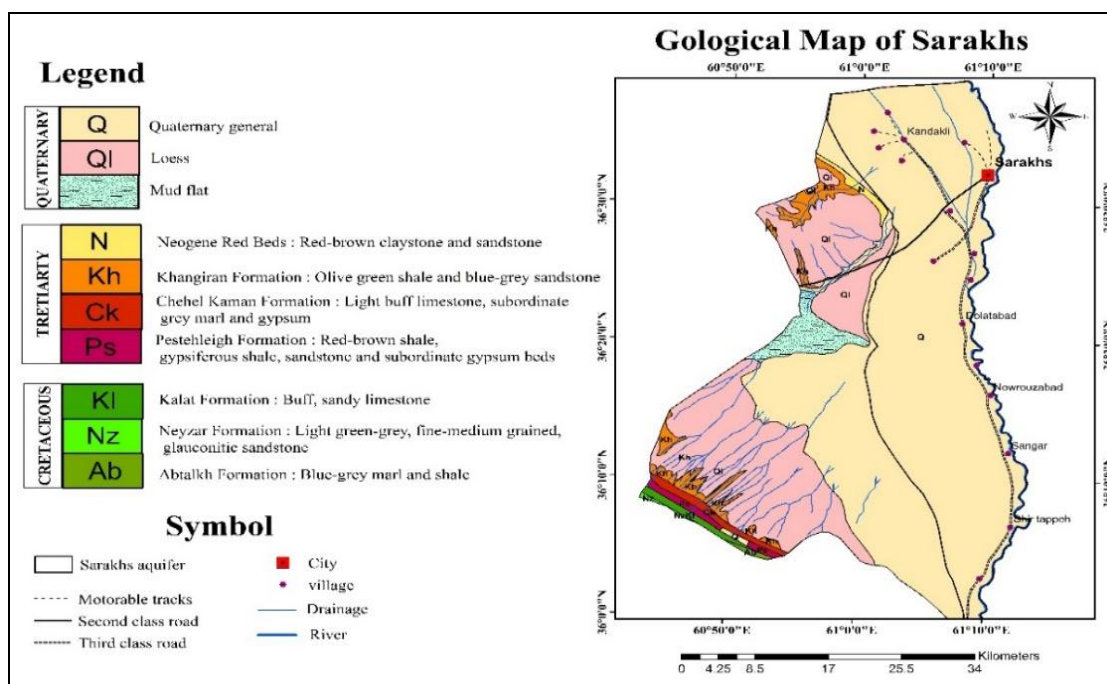
با توجه به افزایش روز افزون جمعیت جهان منابع آب زیرزمینی با خطر جدی روبه رو هستند. مسئله کمبود آب برای کشورهایی مثل ایران که دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک هستند، از گذشته وجود داشته است. میانگین بارندگی سالانه کشور ۲۵۰ میلی‌متر بوده که این میزان بارش یک سوم بارش سالانه در جهان می‌باشد. با توجه به رشد سریع جمعیت، افراد بیشتری به منابع آب زیرزمینی، به خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک روی خواهند آورد. این افزایش جمعیت باعث بهره‌برداری بی رویه از منابع آب زیرزمینی و در نتیجه بهم خوردن تعادل طبیعی آن شده و افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های کشور شده است. با توجه به اهمیت آب زیرزمینی به عنوان یکی از منابع مهم آب در کشور، مطالعه کمی و کیفی این منابع به منظور مدیریت صحیح این منبع ضروری می‌باشد. در سال‌های اخیر استفاده از مدل‌های عددی در مطالعات منابع آب به خصوص در مباحث مدیریت منابع آب و پیش‌بینی وضعیت آب، گسترش زیادی پیدا کرده است. از مدل‌سازی جریان می‌توان در شبیه‌سازی و شناخت انتشار آلودگی در سفره آب زیرزمینی و تعیین بیان استفاده کرد. شاید بتوان گفت مدل‌های کامپیوتری جریان آب زیرزمینی، مفیدترین ابزار موجود در مدیریت منابع آب زیرزمینی هستند (Healy, 2010). محب زاده و همکاران (۱۳۹۰) به شبیه‌سازی عددی جریان آب‌های زیرزمینی در دشت نهاوند پرداختند. طبق محاسبه تراز آب توسط مدل، جریان آب‌های زیرزمینی از جنوب شرقی به شمال غربی است که این جریان با شیب غالب منطقه مطابقت دارد. بیات ورکشی و همکاران (۱۳۹۷) با شبیه‌سازی عددی مسیر جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت همدان-بهار به این نتیجه رسیدند که انتقال جریان از مرز آبخوان به سمت مرکز و خروجی آبخوان می‌باشد. بررسی وضعیت آبخوان نشان داد که ادامه روند فعلی افزایش سطح آلودگی آبخوان را در پی خواهد داشت. لارونه و همکاران (Larone et al; 2005) تاثیر ساختارهای زمین‌شناسی بر جریان آب زیرزمینی آبخوان صحرای جودین در فلسطین را مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه نحوه جریان آب‌های زیرزمینی و نفوذ آن از یک آبخوان به آبخوان دیگر مورد ارزیابی قرار گرفت. جباری و همکاران (Jabbari et al; 2009) آبخوان دشت ساری-نکا را با استفاده از مدل مادفلو (MODFLOW) شبیه‌سازی کردند، نتایج نشان داد که قسمت‌های جنوبی دشت تغذیه کننده و قسمت‌های شمالی دشت تخلیه کننده جریان است. مدهات و بیهری (Medhat and Bihery; 2009) به شبیه‌سازی جریان آب‌های زیرزمینی دلتای راس سودر در کشور مصر متوسط مدل مادفلو پرداختند. آن‌ها با استفاده از این شبیه‌سازی موفق به تعیین جهت جریان آب زیرزمینی، محاسبه مقدار هدایت هیدرولیکی و تخمین میزان تغذیه به آب‌های زیرزمینی شدند. فضل‌اولی و

همکاران (Fazloulou et al; 2014) با شبیه‌سازی نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل GMS در دشت لاهیجان چابکسر به این نتیجه رسیدند که مدل GMS با استفاده از معادلات ریاضی و داده‌ها و ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان دقت بالایی در شبیه‌سازی نوسانات آب زیرزمینی دارد.

محدوده مطالعاتی سرخس به دلیل قرارگرفتن در منطقه خشک ایران، فاقد منابع سطحی بوده و تنها منبع تأمین‌کننده آب شرب، کشاورزی و صنعت شهر سرخس، آب زیرزمینی است. این آبخوان از لحاظ کشاورزی مهم بوده و بهره‌برداری زیاد از آبخوان باعث افت سطح آب زیرزمینی شده است. لذا هدف از انجام این تحقیق بررسی الگوی جریان آب زیرزمینی در آبخوان سرخس با استفاده از مدل سازی در راستای مدیریت این منابع آبی ارزشمند می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

شهر سرخس در ۲۴۰ کیلومتری شهر مشهد در مجاورت مرز ترکمنستان قرار دارد. از نظر مختصات جغرافیایی محدوده مطالعاتی سرخس در در ۴۲° ۶۰' تا ۴۱° ۱۴' طول شرقی و ۵۰' ۳۵° تا ۳۷' ۳۶° عرض شمالی واقع شده است. بررسی نقشه زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که قدیمی‌ترین سازند در این منطقه سازند آب تلخ (کرتاسه) است که در بخش جنوب-غربی حوضه رخنمون دارد. رسوبات کواترنری گسترش وسیعی در سطح محدوده دارند. بطور کلی رسوبات آبرفتی دانه درشت بوده و عمدتاً از قلوله سنگ، ماسه و شن تشکیل شده‌اند که به طرف نواحی غربی و حاشیه ارتفاعات، رسوبات دانه ریز سیلتی و رسی خانگیان به آن‌ها اضافه می‌شود. شکل (۱) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱) نقشه زمین‌شناسی سرخس (برگرفته از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ سرخس سازمان زمین‌شناسی)

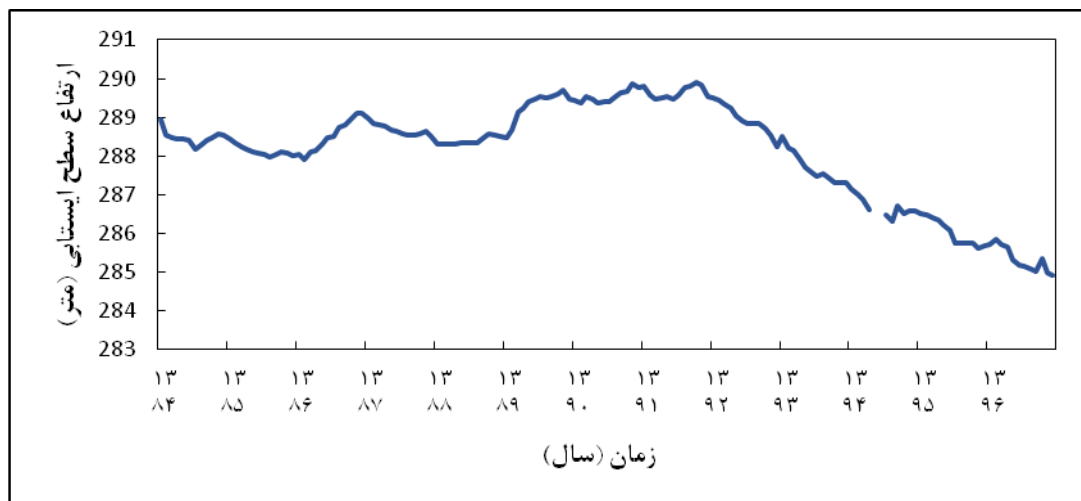
آبخوان سرخس از نوع آزاد و دارای شکل نسبتاً کشیده می باشد (شکل ۱). مرز شمالی آبخوان منطبق بر مرز ایران- ترکمنستان، مرز شرقی رودخانه هریرود، مرز جنوبی محل تقاطع پل خاتون و رودخانه هریرود و مرز غربی آن حد فاصل کوه و دشت می باشد. جنس رسوبات در محدوده آبخوان از نوع آبرفت عهد حاضر (Q) می باشد. سازند خانگیران به عنوان سنگ کف آبخوان دشت سرخس شناخته شده است.

روش انجام تحقیق

برای ساخت مدل مفهومی در ابتدا اطلاعات و گزارش های موجود از آبخوان سرخس جمع آوری و مطالعه شد. این اطلاعات شامل داده های چاه مشاهده ای و بهره برداری و موقعیت مکانی آن ها، میزان بارش، خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان و نقشه سنگ کف آبخوان می باشد. عکس های ماهواره ای و نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ سرخس وارد نرم افزار GIS شده و مرز آبخوان مشخص شد. مدل مفهومی آبخوان با استفاده از مدل مادفلو (MODFLOW-2005) در نرم افزار فری وات (FREEWAT) که نرم افزاری برای مدیریت منابع آب زیرزمینی بوده که امکان شبیه سازی کل چرخه هیدرولوژیکی را فراهم می کند، به مدل عددی برای شبیه سازی جریان آب زیرزمینی تبدیل شد. بعد از اجرا، مدل عددی در بازه زمانی از شهریور سال ۹۴ تا شهریور سال ۹۶ به مدت ۲۴ ماه با دوره های تنش یک ماهه و گام های زمانی ۳۰ روزه واسنجی (کالیبره) گردید. در نهایت بعد از کالیبراسیون مدل بیلان آبخوان و الگوی جریان آب زیرزمینی بر اساس نقشه هم پتانسیل شبیه سازی شده بررسی گردید.

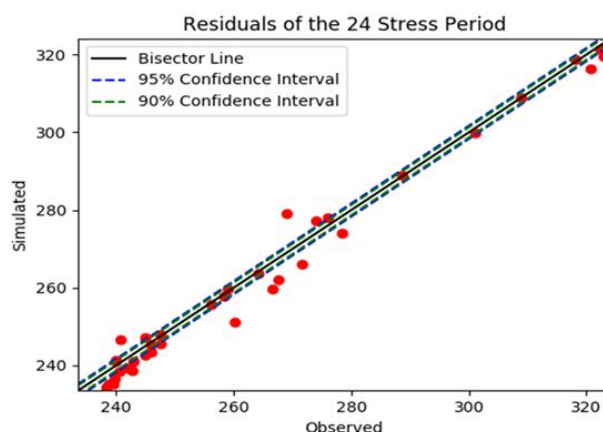
نتایج و بحث

بر اساس مدل مفهومی تهیه شده از آبخوان سرخس، مهم ترین ورودی های آبخوان شامل جریان آب زیرزمینی، تغذیه حاصل از نفوذ بارندگی و آب برگشتی ناشی از چاه های کشاورزی می باشد. تخلیه آبخوان نیز عمدتاً توسط ۳۷۴ حلقه چاه بهره برداری حفر شده در آبخوان صورت می گیرد. نوسانات هیدروگراف معرف که بر اساس اطلاعات ۴۶ حلقه پیزومتر حفر شده در آبخوان ترسیم شده است (شکل ۲). نشان می دهد که سطح آب زیرزمینی با زمان در حال افت می باشد. میانگین افت سالانه آن ۰/۳ متر می باشد. نرخ افت سطح ایستابی در سال های اخیر افزایش یافته و به حدود ۰/۸ متر در سال آبی ۹۵-۹۶ رسیده است.



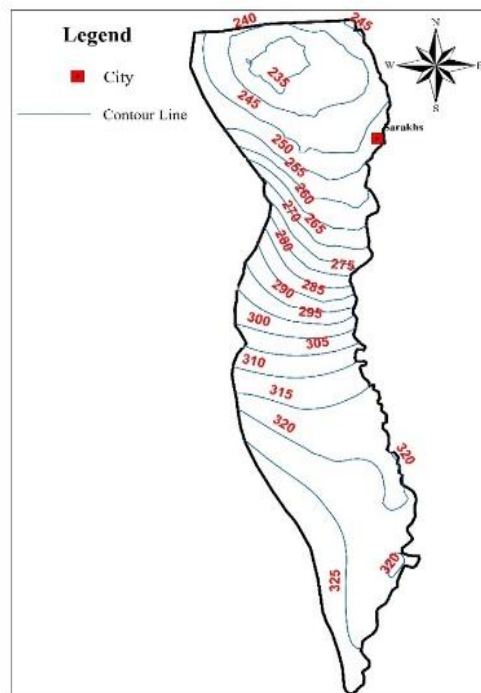
شکل ۲) هیدروگراف معرف آبخوان آبرفتی سرخس

بعد از تهیه مدل مفهومی آبخوان، مدل عددی با استفاده از مادفلو (MODFLOW-2005) در نرم افزار فری وات (FREEWAT) ساخته شد. بدین منظور ورودی شرقی و غربی آبخوان با استفاده از بسته مرز با بار عمومی (GHB) شبیه سازی گردید. تغذیه به آبخوان که از دو بخش بارش و آب برگشتی کشاورزی روی می دهد با استفاده از بسته تغذیه (RCH) شبیه سازی شد. اطلاعات مربوط به پیزومترها و چاه های بهره برداری نیز با استفاده از ابزارهای تعیین شده مشخص گردید. بعد از اجرای مدل، واسنجی آن جهت انطباق مقادیر شبیه سازی شده سطح ایستابی توسط مدل و مقادیر مشاهده ای صحرائی انجام شد. همبستگی بالای مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده ای (شکل ۳) بیانگر دقت مدل در پیش بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی می باشد. بر اساس مدل واسنجی شده (کالیبره شده) آبخوان سرخس، مقادیر قابلیت انتقال آبخوان از ۲۵۰۰ مترمربع بر روز در بخش غربی به حدود ۷۵۰۰ مترمربع در روز در بخش شرقی و مجاور رودخانه هریرود افزایش یافته است. متوسط ضریب ذخیره آبخوان حدود ۰.۷٪ برآورد شده است.



شکل ۳) انطباق مقادیر محاسبه شده توسط مدل و مشاهده شده در چاه‌های پیرومتری در انتهای دوره مدل سازی

نقشه هم‌پتانسیل شبیه‌سازی شده آبخوان سرخس با استفاده از مدل عددی در شکل ۴ نشان داده شده است. بر این اساس سطح آب زیرزمینی در آبخوان از حداقل ۲۳۵ متر تا حداکثر ۳۲۵ متر متغیر می‌باشد.



شکل ۴) خطوط تراز سطح آب زیرزمینی شبیه‌سازی شده از مدل

مطابق الگوی شبیه‌سازی شده سطح ایستابی (شکل ۴) جهت کلی جریان در آبخوان سرخس از جنوب به سمت شمال می‌باشد. تمرکز چاه‌های بهره‌برداری در قسمت‌های شمالی باعث افزایش میزان برداشت از آبخوان و تشکیل مخروط افت و در نتیجه ایجاد منحنی‌های تراز بسته در قسمت شمالی دشت شده است. طبق مطالعات انجام شده قبلی جهت جریان از جنوب به سمت شمال بوده و در قسمت شمالی دشت، تخلیه آبخوان انجام می‌شده است. در حالی که به دلیل افزایش بهره‌برداری، در حال حاضر آبخوان فاقد خروجی زیرزمینی بوده و عمده تخلیه توسط چاه‌های بهره‌برداری صورت می‌گیرد. ایجاد منحنی‌های بسته در خطوط هم‌پتانسیل نشان دهنده تغییر الگوی جریان آب زیرزمینی بوده که می‌تواند تغییرات کیفی برای مثال شوری منابع آب زیرزمینی به دلیل نفوذ آب‌های شور از مرز شمالی آبخوان را در پی داشته باشد. این موضوع بایستی در مدیریت این آبخوان مرزی مورد توجه قرار گیرد.

تغییر در الگوی جریان آب زیرزمینی در آبخوان سرخس ناشی از برداشت بیش از اندازه از آب زیرزمینی بوده که این موضوع در بیان شبیه‌سازی شده آبخوان (جدول ۱) نیز مشهود می‌باشد. بر این اساس مجموع ورودی‌های سالانه به آبخوان

حدود ۲۸۲ میلیون متر مکعب بوده، در حالی که مجموع خروجی‌ها ۳۱۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. کاهش حجم ذخیره آبخوان که معادل ۲۸ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد نه تنها با افت ممتد سطح ایستابی همراه بوده، بلکه تغییر در الگوی جریان و معکوس شدن جریان آب زیرزمینی در بخش شمالی آبخوان را در پی داشته که این موضوع در مدیریت این آبخوان بایستی مد نظر قرار گیرد. لازم به ذکر است مقادیر ارائه شده در جدول ۱ به صورت تجمعی و برای دو سال توسط مدل محاسبه شده است و بنابراین نصف این مقدار معرف مولفه‌های ورودی و خروجی بیلان سالانه از آبخوان سرخس می‌باشد.

جدول (۱) بیلان آب زیرزمینی محاسبه شده توسط مدل

HEAD WILL BE SAVED ON UNIT		51	AT END OF TIME STEP		1,	STRESS PERIOD		24
VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP				1,	STRESS PERIOD		24	
-----								-----
CUMULATIVE VOLUMES		L**3		RATES FOR THIS TIME STEP		L**3/T		
-----				-----				
IN:				IN:				
---				---				
STORAGE =		295978528.0000		STORAGE =		546609.1250		
CONSTANT HEAD =		0.0000		CONSTANT HEAD =		0.0000		
WELLS =		0.0000		WELLS =		0.0000		
HEAD DEP BOUNDS =		404275488.0000		HEAD DEP BOUNDS =		583170.1875		
RECHARGE =		160528496.0000		RECHARGE =		0.0000		
TOTAL IN =		860782464.0000		TOTAL IN =		1129779.2500		
OUT:				OUT:				
---				---				
STORAGE =		239168032.0000		STORAGE =		3732.7930		
CONSTANT HEAD =		0.0000		CONSTANT HEAD =		0.0000		
WELLS =		620868608.0000		WELLS =		1124762.1250		
HEAD DEP BOUNDS =		747242.7500		HEAD DEP BOUNDS =		1283.5453		
RECHARGE =		0.0000		RECHARGE =		0.0000		
TOTAL OUT =		860783872.0000		TOTAL OUT =		1129778.3750		
IN - OUT =		-1408.0000		IN - OUT =		0.8750		
PERCENT DISCREPANCY =		-0.00		PERCENT DISCREPANCY =		0.00		

نتیجه گیری:

در این پژوهش الگوی جریان آب زیرزمینی از طریق مدل‌سازی در آبخوان سرخس مورد بررسی قرار گرفته است. مدل‌سازی توسط مادفلو (MODFLOW-2005) در نرم‌افزار فری وات (FREEWAT) انجام شده است. مهم‌ترین ورودی‌های آبخوان شامل جریان آب زیرزمینی، تغذیه حاصل از نفوذ بارندگی و آب برگشتی ناشی از چاه‌های کشاورزی می‌باشد. بررسی هیدروگراف معرف نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی با زمان در حال افت می‌باشد که میانگین افت سالانه در آبخوان ۰/۳ متر می‌باشد. مطابق الگوی شبیه‌سازی شده‌ی سطح ایستابی، جهت کلی جریان در آبخوان سرخس از جنوب به سمت شمال می‌باشد. تمرکز چاه‌های بهره‌برداری در قسمت‌های شمالی باعث افزایش میزان برداشت از آبخوان و تشکیل مخروط افت و در نتیجه باعث ایجاد منحنی‌های تراز بسته در قسمت شمالی دشت شده است. به دلیل افزایش بهره‌برداری، در حال حاضر آبخوان فاقد خروجی زیرزمینی بوده و عمده تخلیه توسط چاه‌های بهره‌برداری صورت می‌گیرد. ایجاد منحنی‌های بسته در خطوط هم‌پتانسیل نشان دهنده تغییر الگوی جریان آب زیرزمینی بوده که می‌تواند تغییرات کیفی برای مثال شوری منابع آب زیرزمینی به دلیل نفوذ آب‌های شور از مرز شمالی آبخوان را در پی داشته باشد. کاهش حجم ذخیره آبخوان که معادل ۲۸ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد نه تنها با افت ممتد سطح ایستابی همراه بوده، بلکه

تغییر در الگوی جریان و معکوس شدن جریان آب زیرزمینی در بخش شمالی آبخوان را در پی داشته که این موضوع در مدیریت این آبخوان بایستی مد نظر قرار گیرد.

منابع فارسی :

بیات ورکشی، م.، فصیحی، روزین.، زارع ابیانه، ح.، (۱۳۹۷)، "شبیه سازی عددی مسیر جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت همدان-بهار"، مجله سلامت و محیط زیست، شماره اول، (۴۹ تا ۶۹).

فضل اولی، ر.، زادقربان، ملاحت.، علیزاده صنمی، فروغ.، بریمانی، ز.، (۱۳۹۳)، "مقایسه شبیه سازی نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل GMS در دشت لاهیجان چابکسر"، دومین کنگره بین المللی سازه، معماری و توسعه شهری.

محب زاده، ح.، بانژاد، ح.، قبادی، م.ح.، حیدری، م.، (۱۳۹۰)، "شبیه سازی عددی جریان آب های زیرزمینی آبخوان دشت نهاوند"، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین شناسی سرخس، سازمان زمین شناسی.

References:

Ben-Itzhak, LL., Gvirtzman, H., 2005. "Groundwater flow along and across structural folding: an example from the Judean Desert, Israel". Journal of Hydrology ;312(1-4):51-69.

Healy, Richard W., 2010. "Estimating groundwater recharge", Cambridge University Press, p.۲-۴.

Jabbari, P., GhanbarpourM, R., Ashbeh, A., 2009. "Parameter optimization of Sari Neka unconfined aquifer using mathematical model". 5th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran; Gorgan, Gorgan Unaversity (in Persian).

Medhat, A., Bihery, El., 2009. "Groundwater flow modeling of Quaternary aquifer Ras Sudr, Egypt". Environ Geology , 58,1095-1105.

تحلیل سری زمانی کیفیت آب رودخانه مند و بررسی عوامل مؤثر بر آن

یاسمین وکیل، دانشجوی کارشناسی ارشد آب شناسی، بخش علوم زمین دانشگاه شیراز Yasaminvakili91@yahoo.com

مهدی زارعی، دانشیار دانشگاه شیراز بخش علوم زمین mehdizarey@yahoo.com

چکیده:

رودخانه مند در جنوب کشور واقع شده است و به خلیج فارس می ریزد. آب رودخانه مند در ابتدا دارای کیفیت مناسبی است، اما به تدریج از کیفیت آن کاسته میشود به طوریکه در ایستگاه قنطرة در استان بوشهر هدایت الکتریکی متوسط دراز مدت آن ۱۰۱۸۰ میکروزیمنس بر سانتی متر می باشد. در این تحقیق پارامترهای مختلف کمی و کیفیت آب رودخانه در ۱۸ ایستگاه آبنجی در طول دوره آماری مورد بررسی قرار گرفته است. کیفیت آب در ۱۰ ایستگاه آبنجی در این حوضه در محدوده ی آب های شور ودر ۸ ایستگاه دیگر در محدوده ی آب های شیرین قرار دارد. همچنین عوامل مؤثر بر کاهش کیفیت آب رودخانه در ایستگاههای شور مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که بیشترین عوامل شوری آب رودخانه مند رخنمون گندهای نمکی و سازندهای گروه فارس و همچنین زهکشی آب آبرفتهای با کیفیت نامناسب می باشد. همچنین تحلیلهای سری زمانی از جمله بررسی وجود روند و نقاط تغییر در سریهای زمانی بررسی شده است. نتایج بررسی سری های زمانی در ایستگاه های شور و شیرین نشان دهنده همبستگی بین آبدهی و دبی جرمی املاح و نمک در کلیه مقاطع رودخانه می باشد و همچنین نشان می دهد که عامل اصلی کنترل کننده جرم عبوری املاح و نمک از مقطع هر ایستگاه افزایش آبدهی می باشد.

کلید واژه ها: حوضه آبریز مند، آنالیز سری زمانی، منشا شوری، سازند تبخیری

Time series analysis of water quality in mond river and Survey of effective factors

Yasamin Vakili, Masters Student, Field of Hydrology, yasaminvakili91@yahoo.com

Mehdi Zarei Associate Professor at the shiraz University , Department of Earth mehdizarey@yahoo.com

Abstract:

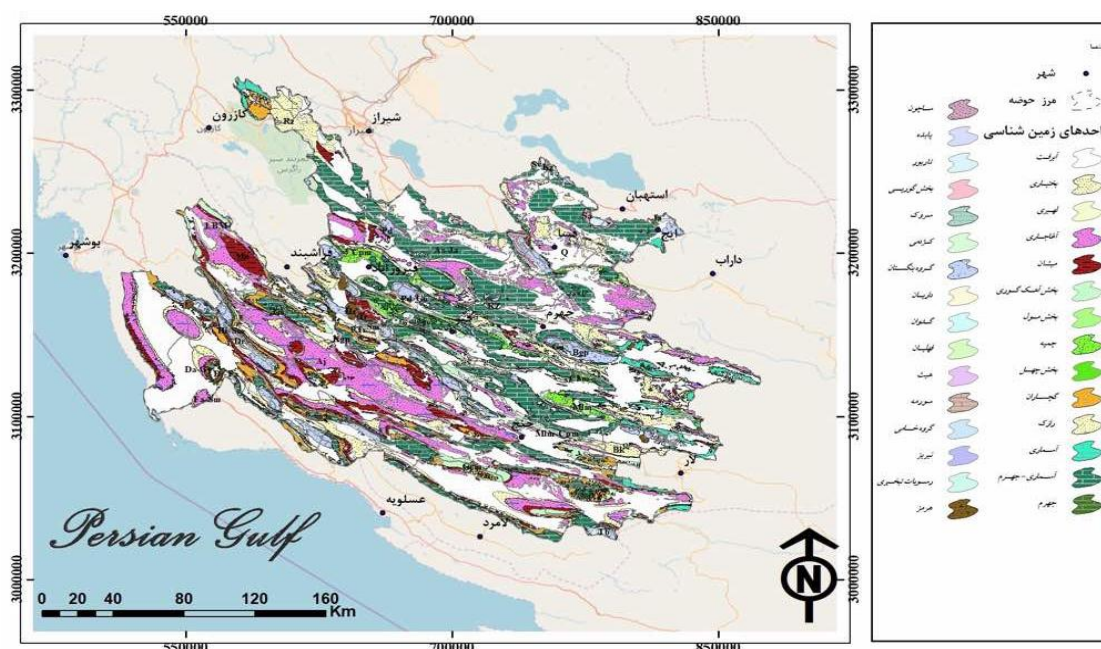
The Mond River is located in the south of Iran and flows into the Persian Gulf. The water of the Mond River has a good quality at first, but its quality gradually decreases, so that at the station of Qanatra, prior to discharge to the Persian Gulf, its long-term electrical conductivity reach to 10180 mS/cm. At the current research, different quantitative and qualitative parameters have been investigated at eighteen hydrometric stations during their statistical period. Water quality of ten stations in this basin is saline water and the remaining eight stations is of fresh water. The factors affecting the quality of river water quality in saline stations have been also investigated. The results show that the most important factors of salinity of river water are outcrops of salt domes, extensive outcrops of Fars group formations, as well as drainage of saline groundwater from the aquifers adjacent to the river. Finally, time series analyzes, such as examining the existence of trend and change points in time series, have been investigated. The results indicate that there are reasonable correlations between river discharge and mass flux of TDS and mass flux of salt (NaCl) in all sections of the river. The results also shows that the main factor controlling the mass transfer of salts and salts from the section of each station is increasing of discharge.

Keywords: Mond Basin, Time series analysis, Salinity sources, evaporate formations

مقدمه :

حوضه ی آبریز مند در جنوب مرکزی ایران واقع است و دارای مساحتی در حدود ۴۷۸۰۲ کیلومتر مربع می باشد. آب رودخانه مند در ابتدا دارای کیفیت مناسبی است، اما به تدریج از کیفیت آن کاسته میشود، به طوری که در محل ورود به استان بوشهر کیفیت آن به شدت کم میشود و حتی مناسب آبیاری نیز نیست. از منابع آلاینده رودخانه مند میتوان به گنبد های نمکی، سازند های تبخیری وزهکشی آبهای زیرزمینی شور که به نوبه خود حاصل تبخیر از سطح آبخوان یا رواناب برگشتی کشاورزی می باشند اشاره کرد. این منابع میتوانند به طرق مختلف کیفیت آب رودخانه را کاهش دهند. اثر گنبد های نمکی بر روی منابع آب در منطقه ی دهرم استان فارس (بوستانی و همکاران، ۱۳۸۶)، تاثیر گنبد های نمکی استان فارس بر آبخوان های مجاور (زارعی، ۲۰۱۵)، آثار شوری گنبد نمکی جاشک بر روی کیفیت آب زیر زمینی و رودخانه ی مند در استان بوشهر (مظفری زاده و سجادی، ۱۳۹۲) به دلیل رخنمون گنبد نمکی گزارش شده است.

رخنمون سازند های منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید شامل سری هرمز، گروه خامی، گروه بنگستان، پابده گورپی، آسماری جهرم، رازک، گچساران، گوری، میشان، آجاجاری، بختیاری و رسوبات دوران چهارم می باشد (درویش زاده، ۱۳۷۱، آقائباتی، ۱۳۸۳) (شکل ۱). از این بین سازند های رازک، آجاجاری، گچساران و میشان به دلیل دارا بودن مارن و گچ میتوانند بر کیفیت منابع آب سطحی تاثیر گذار باشند.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی حوضه آبریز مند

روش تحقیق:

۱۸ ایستگاه آبسنجی و باران سنجی فعال بر روی رودخانه های اصلی و فرعی حوضه ی آبریز مند تاسیس گردیده است (شکل ۲). در این ایستگاه ها پارامترهای هدایت الکتریکی، آبدهی، کل مواد جامد محلول، کاتیون ها و آنیون های اصلی و بارش توسط سازمان آب منطقه ای استان فارس و بوشهر به صورت ماهانه اندازه گیری شده است. در این مطالعه از اطلاعات کل دوره ی آماری مربوط به هر ایستگاه از ابتدای تاسیس تا سال ۱۳۹۳ استفاده گردیده است ایستگاه های آبسنجی بر اساس میانگین هدایت الکتریکی ماهانه در کل دوره ی آماری مربوط به هر کدام از لحاظ شوری و کیفیت بررسی شدند (جدول ۵). تیپ آب رودخانه در مقطع هر ایستگاه با استفاده از داده های کیفی ماهانه ی کل دوره ی آماری مربوط به هریک و توسط نرم افزار Aqua تعین گردید و نمک (فرمول ۱) و دبی جرمی کل املاح (فرمول ۲) ایستگاه های آبسنجی حوضه در کل دوره ی آماری مربوط به هر یک بر اساس معادلات زیر محاسبه گردید.

$$\text{Na(mg/l)} + \text{Cl (mg/l)} \times Q(\text{m}^3/\text{s}) \times 86400 \times 30/1000000 = \text{MF NaCl (TON/Month)} \quad (\text{فرمول ۱})$$

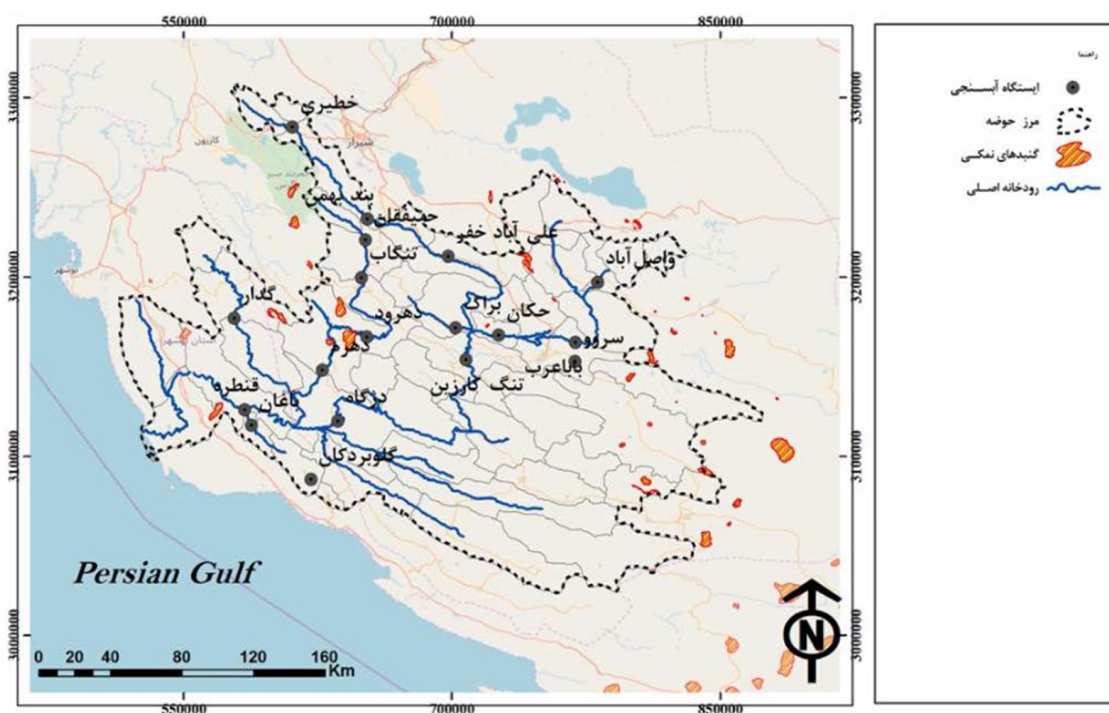
$$\text{TDS (mg/l)} \times Q(\text{m}^3/\text{s}) \times 86400 \times 30/1000000 = \text{MF TDS (TON/Month)} \quad (\text{فرمول ۲})$$

به منظور بررسی رفتار هر یک از رودخانه های اصلی و فرعی در مقطع هر ایستگاه آبسنجی آنالیزهای آماری متعدد انجام گرفته است. بر روی داده های کمی و کیفی هر ایستگاه آزمون های آماری مختلف شامل آزمون نرمالیتی شاپرو-ویلک به منظور تشخیص نرمال بودن پارامترها، آزمون همبستگی اسپیرمن و پیرسون به منظور تعیین ضریب همبستگی بین پارامترهای مختلف، آزمون من-ویتنی به منظور تعیین روابط بین دوره های تر سالی و خشکسالی با پارامترهای کیفی مختلف انجام گرفته است. همچنین سری زمانی پارامترهای کمی و کیفی هر ایستگاه مورد بررسی قرار گرفته ات. آزمون من-کندال برای بررسی وجود و یا عدم وجود روند در سری زمانی داده ها و آزمون همگنی پتیت برای تشخیص نقاط تغییر در سری زمانی داده ها توسط نرم افزار SPSS صورت گرفت. در نهایت عوامل شوری رودخانه مند با توجه به موقعیت قرار گیری سازند های میشان، گچساران، آغاچاری و رازک و گنبد های نمکی در حوضه ی آبریز مند بر روی نقشه زمین شناسی، تعیین محدوده هایی با عمق سطح ایستابی کمتر از ۵ متر (یاری ۱۳۹۵) به منظور تشخیص تاثیر تبخیر از سطح آبخوان و تشخیص نواحی مسکونی و زراعی به منظور تشخیص پساب های کشاورزی و صنعتی تعیین گردید.

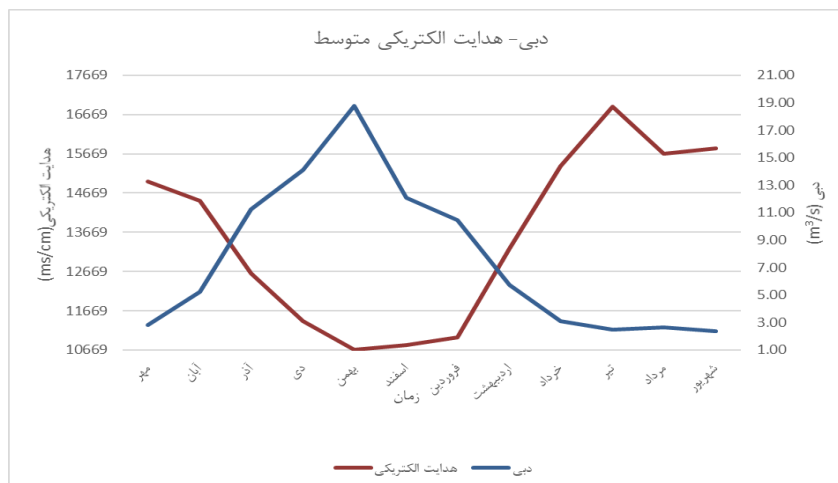
نتایج و بحث:

روش تحقیق فوق الذکر بر روی هر ۱۸ ایستگاه آبسنجی فعال در حوضه ی آبریز مند به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. در این مقاله برای نمونه بررسی های انجام شده بر روی ایستگاه دهرم با میانگین هدایت الکتریکی ۱۳۵۵۰

میکروزیمنس بر سانتی متر ارائه شده است. نتایج بررسی روابط آبدهی و هدایت الکتریکی به صورت متوسط ماهانه در کل دوره ی آماری در ایستگاه آبسنجی دهرم نشان دهنده ی رفتار معکوس این دو پارامتر در همه ی ماه ها میباشد (شکل ۳). به منظور بررسی روند در سری زمانی پارامتر های آبدهی، دبی جرمی کل املاح و هدایت الکتریکی، با توجه به نتایج آزمون من کندال (جدول ۲) مشخص گردید. پارامتر های دبی جرمی کل املاح و آبدهی دارای روندی با شیب منفی هستند (مقادیر منفی شیب $Sens' slope$) که این امر نشان دهنده ی سیر نزولی این دو پارامتر در سری زمانی میباشد. همچنین هدایت الکتریکی دارای روندی با شیب مثبت است که نشان دهنده ی سیر صعودی این پارامتر در سری زمانی مربوط به ایستگاه دهرم میباشد. با توجه به نتایج آزمون همگنی پتیت (جدول ۲) مشخص گردید که هر سه پارامتر آبدهی، دبی جرمی کل املاح و هدایت الکتریکی دارای نقطه تغییر ($change point$) در تاریخ های تقریباً یکسان می باشند. همچنین دوره های تر سالی و خشکسالی به روش میانگین گیری وزنی و بر اساس داده های بارش ایستگاه دهرم انجام گرفته است. سپس آزمون آماری من-وینتی به منظور بررسی تغییرات رفتاری پارامترهای مختلف ایستگاه در دوره های ترسالی و خشکسالی انجام گرفته است. نتایج این آزمون نشان دهنده ی وجود تفاوت معنا دار اکثر پارامتر های کیفی در این ایستگاه بین دوره های تر سالی و خشکسالی با می باشد. به طور کلی نتایج حاصل از مطالعات صورت گرفته بر روی ایستگاه آبسنجی دهرم در جدول ۴ قابل مشاهده می باشد.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه های آبسنجی حوضه آبریز مند



شکل ۳- تغییرات ماهانه آبدهی و هدایت الکتریکی کل دوره

جدول ۲- نتایج آزمون روند من کندانال و آزمون همگنی پتیت

		هدایت الکتریکی		دبی جرمی کل
		آبدهی	املاح	
آزمون روند (Mann- Kendall test)	p-value (Two-tailed)	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
	Trend	دارد	دارد	دارد
	Sen's slope	35.3	-0.018	-234.6
آزمون همگنی (Pettitt test)	p-value (Two-tailed)	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
	نقطه تغییر	دارد	دارد	دارد
	زمان تغییر	1379/11	1379/12	1379/11

جدول ۴- نتایج ایستگاه دهرم

ایستگاه دهرم	پارامترهای مورد بررسی
سدیم-کلرید	تیپ آب
۵۲٪ لب شور-۴۸٪ شور	شوری
آبدهی و دبی جرمی املاح روند با شیب منفی دارد	روند
هدایت الکتریکی روند با شیب مثبت دارد	
آبدهی، هدایت الکتریکی، دبی جرمی کل املاح	نقطه تغییر
همبستگی نسبتا بالای هدایت الکتریکی با پارامترهای کمی و کیفی	ضرایب همبستگی
پارامترهای کیفی دارای تفاوت معنا دار بین دوره های تر و خشک	رفتار دوره های ترسالی و خشک سالی

همانطور که ذکر شد کلیه مراحل پژوهش مانند آنچه بر روی ایستگاه دهرم گزارش شد بر روی سایر ایستگاههای رودخانه مند (هر ۱۸ ایستگاه) انجام گردید. بر اساس بررسی های صورت گرفته بر روی کیفیت آب، ایستگاههای حوضه به دو گروه شور و شیرین تقسیم شدند (شکل ۴). در این شکل دواير قرمز نشان دهنده ایستگاه های شور و دواير سبز نشان دهنده ایستگاه های شیرین می باشد. ایستگاههای شور شامل ایستگاه های باباعرب، حکان، براك، خطیری، تنگ کارزین، دژگاه، دهرم، دهرود، باغان و قطره می باشند. در این ایستگاه ها متوسط هدایت الکتریکی کل دوره آماری بیش از ۳۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر است. همبستگی منفی قابل قبولی بین هدایت الکتریکی و آبدهی و هدایت الکتریکی و جرم املاح عبوری در این ده ایستگاه وجود دارد که نشان دهنده ی رابطه ی معکوس بین پارامتر های فوق در سری زمانی مربوط به هر ایستگاه می باشد. همچنین بیشترین همبستگی بین هدایت الکتریکی با یونهای کلر و سدیم و در مواردی با سولفات مشاهده گردید که این امر نشان دهنده ی نقش کنترل کننده این سه یون در تغییرات هدایت الکتریکی در سری زمانی می باشد. تیپ غالب آب در این ایستگاهها عمدتاً کلر و سولفات بوده و میزان قابل توجهی سازندهای تبخیری از جمله سازند گچساران، میشان و گروه فارس و در مواردی گنبد نمکی در حوضه آبرگیر این ایستگاهها وجود دارد. همه ی ایستگاه های شور به جز ایستگاه خطیری که در بالادست رودخانه ی قره آغاچ قرار دارد (وجود سازند های رازک و گچساران در حوضه ی آبریز ایستگاه خطیری)، در قسمت های انتهایی شاخه ها و در قسمت جنوب و جنوب غربی حوضه ی آبریز مند جایی که تمرکز سازند های تبخیری و گنبد های نمکی مشاهده میگردد، قرار گرفته اند (شکل ۴). بنابراین میتوان چنین نتیجه گیری کرد که در ایستگاه های شور عامل افزایش دبی عبوری املاح کل، افزایش شوری آب نمی باشد بلکه افزایش دبی جرمی املاح توام با کاهش شوری و افزایش دبی رودخانه اتفاق می افتد. در جدول ۵ مشخصات ایستگاه های آبسنجی فعال حوضه آبریز مند قابل مشاهده می باشد.

ایستگاه های شیرین شامل ایستگاه های واصل آباد، سروو، بند بهمن، علی آباد، حنیفان، تنگاب، گذار و ریز گلوبردگان می باشد (شکل ۴). در این ایستگاه ها همبستگی پایینی بین هدایت الکتریکی و آبدهی (میزان همبستگی عمدتاً منفی و پایین) وجود دارد که نشان دهنده ی رابطه ی معکوس اما ضعیف بین این دو پارامتر است. تیپ غالب آب در این ایستگاهها بیکربناته و در مواردی سولفات می باشد. همچنین در حوضه آبریز این ایستگاه ها نمک یا سازند تبخیری وجود ندارد. بین جرم املاح عبوری و هدایت الکتریکی همبستگی وجود ندارد. با توجه به خصوصیات این ایستگاه ها میتوان چنین نتیجه گیری کرد که در این ایستگاهها با کاهش آبدهی، هدایت الکتریکی تا حدی که نسبت به بیکربنات و سولفات اشباع شوند افزایش می یابد به عبارت دیگر پس از اشباع شدن آب دیگر کاهش بیشتر آبدهی منجر به افزایش بیشتر املاح و هدایت الکتریکی نخواهد شد. لذا این موضوع باعث عدم همبستگی می گردد. در این ایستگاهها افزایش دبی جرمی املاح ارتباطی با افزایش یا کاهش شوری رودخانه ندارد، بلکه مانند ایستگاه های شور در این ایستگاه ها نیز عامل اصلی

آغاچاری و رازک می باشند که تمرکز غالب آنها در نواحی جنوب و جنوب غربی حوضه ی آبریز مند می باشد. همچنین در محدوده ی مورد مطالعه در ۴ دشت سیف آباد لاغر و قیر کارزین، دهرم، جهرم و زاهدون سطح سفره آب زیر زمینی کمتر از ۵ متر می باشد و عمل تبخیر از سطح سبب افزایش هدایت الکتریکی آب میگردد.

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج بررسی سری های زمانی در ایستگاه های شور و شیرین نشان دهنده ی این امر است که همخوانی قابل توجهی بین آبدهی و دبی جرمی املاح و نمک وجود دارد به عبارت دیگر عامل اصلی کنترل کننده جرم عبوری املاح و نمک از مقطع هر ایستگاه افزایش آبدهی می باشد. همچنین نتایج بررسی رفتار رودخانه در دوره های ترسالی و خشکسالی نشان می دهد که به طور کلی در ایستگاههای شور تفاوت معنی داری بین پارامترهای مختلف شامل هدایت الکتریکی، آبدهی، دبی جرمی نمک و دبی جرمی کل املاح در دوره های ترسالی و خشکسالی وجود دارد. بر خلاف انتظار در اکثر موارد میانگین مقادیر دیبهای جرمی در دوره های ترسالی بیشتر از دوره های خشکسالی می باشد. این در حالیست که شوری آب رودخانه در دوره های ترسالی میانگین کمتری را در مقایسه با دوره های خشکسالی نشان می دهد. این موضوع نیز علاوه بر اینکه نشان می دهد آبدهی نقش عمده تری در مقایسه با شوری در کنترل دبی جرمی املاح دارد، همچنین نشان می دهد که در دوره های ترسالی دبی جرمی نمک و کل املاح بیشتری توسط رودخانه حمل می گردد. به طور مثال میانگین دبی جرمی املاح عبوری از ایستگاه قطره در سالهای ترسالی ۴۱۲۰ هزارتن در ماه است در حالیکه در سالهای خشکسالی ۲۱۳۹ هزار تن در ماه می باشد.

منابع فارسی :

یاری، س.، ۱۳۹۵، "منشا و روش های هیدروژئولوژیکی کاهش شوری آب های سطحی حوضه ی آبریز مند"، سی و پنجمین گردهمایی علوم زمین
نکویی قچانلو، ا.، ۱۳۹۰، "سازوکار تاثیر گنبد های نمکی جنوب فارس بر آبخوان های مجاور"، پایان نامه ی کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز
عباسی، ح، ر، رجبی آلنی، م، فیض نیا، س، درویش، م، احمدیان، م، شهبازی، ع.، (۱۳۹۴). "نقش سازند های زمین شناسی در بیابان زایی حوضه آبخیز مند". فصلنامه ی علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۲۲، شماره ۳، صفحه ی ۵۸۳-۵۹۴.
آقانباتی، ع.، (۱۳۸۳). "زمین شناسی ایران". تهران، ایران ۱۳۸۳.
درویش زاده، ع.، (۱۳۷۱). "زمین شناسی ایران". انتشارات امیرکبیر، تهران، ایران ۱۳۷۱.



References:

Zarei, M., Raeisi, E., 2010. "Conceptual modelling of brine flow into aquifers adjacent to the Konarsiah salt diapir, Iran". Cave and Karst science, Vol.37, No.2.
Raeisi, E., Zare, M., Aghdam, JA., 2013. "Hydrogeology of gypsum formation in Iran" Journal of Cave and Karst Studies, v.75, no. 1, p. 68-80.