مطالعه ویژگی‌های هیدروژئوشیمیائی آب زیرزمینی آبخوان دشت لردگان، استان چهارمحال و بختیاری، زون زاگرس چین خورده

مریم آهنکوب[1*]، فریماه آیتی[2]، حسین باقری[3]

۳-۲-۱*- گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: M.Ahankoub@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰

چکیده

آبخوان دشت لردگان در جنوب استان چهارمحال و بختیاری، در زون ساختاری زاگرس چین خورده و در زیر پهنه زون سمیرم واقع شده است. از نظر زمین ساختاری در این پهنه چین‌ها با روندNW- SE تاقدیس‌ها و ناودیس‌های منظمی را تشکیل می دهد. شواهد دال بر عملکرد گسل دنا در پایان نئوژن و قرار گرفتن سنگهای پالئوزوئیک پائین بر روی کنگلومرای بختیاری و بریده شدن نهشته‌های آبرفتی کهن توسط آبرفت‌های کواترنر جوان شده است. آبخوان لردگان یک آبخوان آبرفتی آزاد با مساحتی بالغ بر ۶۷/۲ کیلومترمربع با حداکثر عمق در بخشهای جنوبی و کمترین عمق در بخشهای مرکزی می باشد که درون سازندهای آهکی آسماری واقع شده و از درون سازنهای کنگلومرای عبور کرده و با سازندهای تبخیری مجاورت دارد. داده‌های ژئوفیزیک دال بر تغییرات عمق آبخوان از ۲۲ تا ۸۵ متر می‌باشد. در این پژوهش از داده‌های دوره ۱۰ ساله به همراه برداشت نمونه در طی دوره تر و خشک سالهای ۱۳۹۷-۱۳۹۸ از ۱۰ حلقه چاه استفاده شده است. داده‌های هیدروگرافی دال بر افت ۰/۴۹ متری و کاهش حجم ۰/۶۶ میلیون متر مکعبی حجم آبخوان می باشد. داده‌های هیدروژئوشیمیایی دال بر کیفیت خوب آبهای زیرزمینی آبخوان جهت شرب و رده C2S1 جهت مصارف کشاورزی می‌باشد. در نمودار پایپر تیپ آب در محدوده بیکربنات منیزیمی قرار می‌گیرد. همچنین کموگراف آبخوان لردگان دال بر افزایش میزان شوری آب به مرور زمان می‌باشد. لیتولوژی منطقه، قابلیت انحلال کانیها و سنگهای منطقه، وضعیت تکتونیک، و خشکسالی سالهای اخیر از عوامل موثر در کاهش کیفیت آب آبخوان دشت لردگان به شمار می روند.

کلمات کلیدی

"هیدروژئوشیمیایی"،"آبخوان لردگان"، "چهارمحال و بختیاری"،"زون سمیرم".

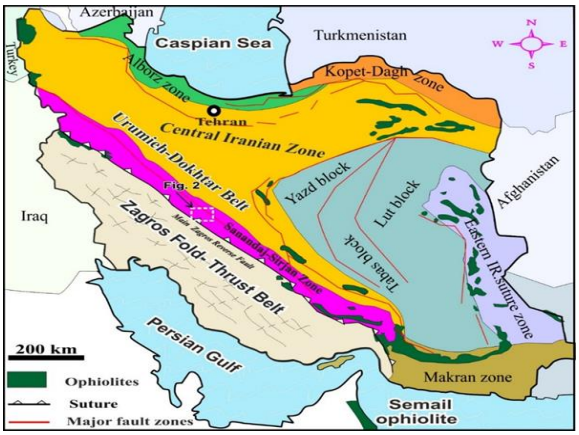
۱- مقدمه

کیفیت آب زیرزمینی یکی از جنبه‌های مهم هیدروژئو شیمیایی می‌باشد که به توصیف شیمیایی آب، توزیع مکانی انواع سازه‌های شیمیایی، قابلیت استفاده آب برای اهداف مختلف مانند شرب ،کشاورزی و صنعت می‌پردازد، چرا که هر کدام از نظر کیفی باید ویژگیهای کیفی و معیاری مشخص داشته باشند. بنابراین با بررسی کیفی به موقع آنها می‌توان از آلودگی ¬این منابع جلوگیری کرد .(Alley, 1993).ترکیب شیمیایی آبهای زیرزمینی و سطحی به عوامل طبیعی از جمله زمین‌شناسی، توپوگرافی، هواشناسی، هیدروژئولوژی، زیست شناسی، میزان بارش و تعادل میان نمکهای حاصل از تبخیر و بارش در حوضه آبریز و تغییرات فصلی در حجم رواناب، شرایط و نوع هوازدگی و سطح آنها وابسته است (Gibbs,1970; Eilers et al., 1992; Bartram and Balance, 1996; Fernandez et al., 2009). از¬ مهم¬ترین ¬مولفه¬های ¬مرحله¬ شناسایی ¬مدیریت ¬کیفیت آب، شناسایی دقیق کمیت و کیفیت منابع آلاینده، تعیین وضعیت¬ کیفی و ارائه مدل مناسب جهت بررسی مکانی و زمانی آلاینده¬ها (فلاح و همکاران، ۱۳۹۳) می‌باشد .افزایش روزافزون جمعیت و بالا رفتن استانداردهای زندگی در بسیاری از کشورها، موجب افزایش نیاز به منابع آب با کیفیت مناسب برای مصارف مختلف شده است. امروزه با پیشرفت صنایع، جمعیت و عدم کنترل مناسب محیط زیست، خطرات زیادی از نظر آلودگی آب‌ها به وجود آمده است .(Singhal & Gupta, 1999) با تعیین کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی می‌توان برآوردی از وضعیت هیدروشیمی منابع آبی بدست آورد؛ سپس با توجه به نتایج حاصله به طبقه‌بندی آب منطقه از نظر شیمیایی اقدام نمود و با این روش می‌توان کیفیت آب مورد استفاده از لحاظ شرب را مشخص نمود. کیفیت این آب‌ها و یون‌های محلول در آن تحت تأثیر عوامل طبیعی)مانند هوازدگی سنگ‌ها، آب و هوا، واکنش‌های ژئوشیمیایی طبیعی، سنگ‌شناسی) و همچنین عوامل مختلف انسانزاد (مانند فعالیت‌های کشاورزی و معدنکاری) قرار می‌گیرد(جیانگ و یان ، ۲۰۱۰). یک سوم جمعیت جهان از آب‌های زیرزمینی برای شرب استفاده میکنند، از اینرو بررسی و پایش کیفیت آبهای زیرزمینی می تواند نقش مهمی در دستیابی به توسعه پایدار ایفا کند .(Mosaferi et al.2014) .محدوده

مطالعاتی آبخوان در دشت لردگان و در جنوب استان چهار محال و بختیاری قرار گرفته است. اولین برنامه مطالعات شناسائی برروی دشت لردگان توسط شرکت مهندسین مشاور آبادین در سالهای ۱۳۵۵و۱۳۵۶ انجام گرفت و به دنبال آن اقدام به حفرچاه و آبیاری مزارع آن دشت گردید. مطالعات انجام شده در سال های گذشته شامل مطالعات آبهای زیرزمینی که عمدتا در برگیرنده گزارش آمار برداری از منابع آبی واقع در محدوده بوده که در سال های ۱۳۶۲ و ۱۳۸۹ نگارش شده و همچنین مطالعات نیمه تفضیلی منابع آبهای زیرزمینی در سال ۱۳۸۹ توسط مهندسین مشاور آب شیله و مدل آبهای زیرزمینی که توسط شرکت مشاور یکم (۱۳۹۱) انجام شده است. استواری و همکاران(۱۳۹۱) به بررسی کیفیت آب شرب زیرزمینی دشت لردگان با استفاده از شاخص GWQI پرداخته است. وی معتقد است کیفیت آب از بخش جنوب غربی به سمت شمال کاهش می‌یابد و عواملی جون مراکز کشاورزی فشرده، تصفیه خانه فاضلاب منجر به کاهش کیفیت آب شده است. همچنین در بررسی‌های اماری شاخص کیفیت آب زیرزمینی لردگان توسط استواری و همکاران (۱۳۹۶) ، کیفیت آب را به دسته کم و ضعیف تقسیم بندی شده است. آهنکوب و همکاران(۱۴۰۰) به بررسی ایرات سازندهای زمین شناسی بروی کیفیت آبخوان خانمیرزا پرداخته است. وی کاهش کیفیت آب زیرزمین را به دخالت این سازندها مرتبط می‌داند. متاسفانه به علت برداشت بی رویه ذخیره آبهای زیرزمینی در سالهای گذشته، افت شدید سطح آب زیرزمینی در این دشت رخ داده است. هدف از این پژوهش ارائه تصویری از ویژگیهای هیدروکلیماتولوژی، زمین شناسی و هیدروژئولوژی محدوده مورد مطالعه بوده تا با استفاده از نتایج داده‌ها به بررسی‌ویژگی‌های هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی آبخوان لردگان زمینی پرداخته شود.

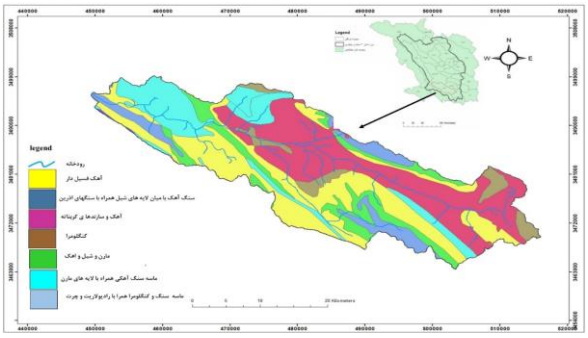
- **روش انجام تحقیق**
- **محدوده مورد مطالعه**

محدوده مطالعاتی آبخوان لردگان در جنوب استان چهارمحال و بختیاری و در زون ساختاری زاگرس چین خورده ، و در دامنه‌های رشته کوه ریگ با موقعیت جغرافیایی بین مختصات 50 º 13 ´ تا ۱۷ 51 º طول شرقی و 31 º 19 ´ تا 32 º 15 ´ عرض شمالی واقع شده است(شکل ۱ و ۲). این منطقه از نظر تقسیمات هیدرولوژیکی مصوب وزارت نیرو، با کد ۲۳۱۹ یکی از محدوده های مطالعاتی حوزه آبریز کارون بزرگ با وسعت ۹۸۱/۲۴ کیلومترمربع میباشد که در قسمت جنوب شرق حوزه کارون بزرگ واقع شده است.



شکل۱- نقشه زمین شناسی واحدهای ساختاری کمربند کوهزایی زاگرس(Shabanian et al., 2018)

منطقه مورد مطالعه با ویژگی‌های خاص زمین‌ریخت‌شناسی از یک سو تحت تاثیر زمین‌ساخت و فرایندهای فرسایشی ساختار رورانده زاگرس و از طرف دیگر متاثر از عملکرد فرایندهای کارستی است(آقانباتی،۱۳۸۳). بطور کلی بالاآمدگی در منطقه موجب تشکیل نواحی مرتفع در محدودهٔ مورد مطالعه گردیده است که این بالا آمدگی ناشی از راندگی در محدوده مورد مطالعه و مناطق مجاور می‌باشد. مورفولوژی منطقه تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله؛ تکتونیک منطقه، لیتولوژی و فرسایش است. در محدوده مورد مطالعه پدیده‌های ژئومورفولوژیکی متفاوتی از جمله کوهها، دشت، دره‌ها و رودخانه وجود دارند که نقش بسیار مهمی در جمع آوری، ذخیره و توزیع آب در منطقه داشته است. به عبارتی عوامل لیتولوژیکی، تکتونیکی و محیطی نقش بسزایی در برافراشتگی سازندهای آهکی چهره ساز منطقه و به دنبال آن بارش هرچه بیشتر در این منطقه دارد. این سازندها در منطقه به عنوان یک عامل گردآورنده (Collector) آب منجر به تغذیه آبخوان آبرفتی می‌شوند. سازنده‌های آهکی اغلب به صورت ارتفاعات، برفگیر بوده و مقدار بارندگی در آنها زیاد است و عامل وجود چشمه‌ها و چاههای با دبی بالا در منطقه می‌باشند .



شکل ۲: نقشه زمین شناسی محدوده لردگان

البته علاوه بر بارندگی بالا و مستمر، لیتولوژی آهکی، پوشش گیاهی مناسب و قشر خاک در این منطقه، فاکتوری همچون پدیده کارستیفیکاسیون نیز نقش مهمی در آبخوان دشت لردگان بازی میکند. تنوع سازند زمین‌شناسی در دشت لردگان محدود بوده و قدیمی‌ترین سنگهای رخنمون‌یافته شامل سازندهای آهکی و شیلی کرتاسه که توسط رسوبات ائوسن، اولیگوسن،

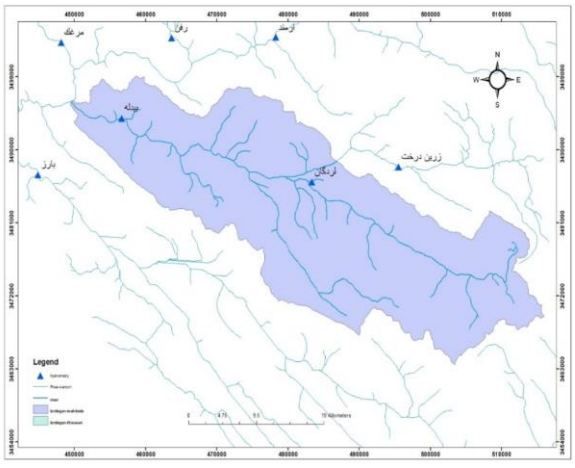
میوسن و پلیوسن پوشیده شده‌اند. آهکهای الیگوسن بیشترین گسترش را (۳۲۰ کیلومترمربع) در بخشهای مرکزی و جنوبی محدوده مطالعاتی دارند که نقش مؤثری در نفوذ و تغذیه مخزن آب زیرزمینی منطقه دارد. رسوبات میوسن عمدتا شامل مارنهای خاکستری بوده و حاوی گچ می باشد (سازند فارس پائینی). این سازند اثر منفی بر منابع آب داشته و موجب کاهش کیفی منابع آب زیرزمینی می‌گردد. پهنه‌های آبرفتی (شامل پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و رسوبات عهد حاضر) هم‌اکنون به عنوان مهمترین مخزن نگهداری منابع آب زیرزمینی منطقه محسوب می‌گردند.

- **روش نمونه برداری و آنالیز شیمیایی**

در این پژوهش به منظور بررسی وضعیت هیدروژئوشیمیایی آبخوان دشت لردگان به مطالعه داده‌های ده ساله ۲۸۳ حلقه چاه، ۶۹ دهنه چشمه و ۹ رشته قنات پرداخته شد. همچنین در طی فصول تر و خشک سالهای ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ از ۱۰ حلقه چاه نمونه برداری انجام گرفت. پارامترهای نظیر PH ، دما و هدایت الکتریکی در هنگام نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. سایر پارامترهای ژئوشیمیایی در آزمایشگاه توسط کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای چهارمحال و بختیاری اندازه‌گیری شد. نقشه تغییرات مکانی پارامترهای کیفی توسط نرم افزار Arc Gis10.1 تهیه شد و روند تغییرات نمایش داده شد. همچنین در ترسیم نمودارها از اکسل، نمودارهای پایپر، Aq.QAاستفاده شد. در نهایت با بررسی کلیه داده‌های صحرایی، آزمایشگاهی و نمودارهای موجود وضعیت منطقه تحلیل و کیفیت آب ابخوان لردگان مورد بررسی قرار گرفت.

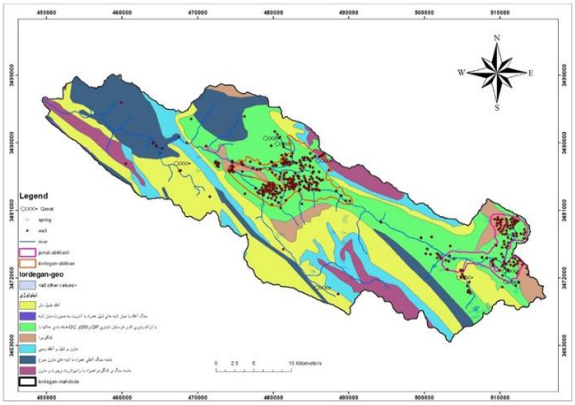
- **بحث**

آبخوان دشت لردگان یک آبخوان آبرفتی آزاد می‌باشد که براساس اطلاعات ژئوفیزیک مهندسان مشاوریاران معدن آرا (۱۳۸۸) ضخامت آبرفت دشت لردگان از ۲۰ تا ۸۵ متر در تغییر است. نتایج حاصل از حفاری‌های انجام شده در سطح دشت، جنس سنگ کف را از نوع مارن نشان می‌دهد که بدلیل ناتراوا بودن در اکثر نقاط نقش خاصی در تغذیه سفره آبرفتی نداشته است. همچنین ارتفاعات اطراف دشت شامل سازندهای گچساران، و در قسمتهای شرقی دشت سازند آسماری می‌باشد. همچنین در برخی قسمتها به صورت پراکنده سازند بختیاری حضور داشته که نقش بسزایی در ذخیره و کیفیت آبهای زیرزمینی آبخوان داشته است. همچنین کنگلومرای پلیوسن بواسطه حضور شکستگی‌ها، درز و شکافهای نقش مهمی در جذب بارندگی ها ایفا کرده و در مواقعی ضمن وجود موقعیت ساختمانی مناسب، منجر به تشکیل مخازن کوچک شده است. آبرفت پوشاننده دشت به دلیل گسترش بیشتر ضخامت و تخلخل مناسب، با برخورداری از تغذیه آب زیرزمینی، بیشترین حجم منابع آب زیرزمینی را دارد. منشأ آبرفتهای دانه درشت بیشتر سنگهای آهکی بوده و در فاصله کمتری از ارتفاعات قرار دارند. این نوع آبرفتها بیشتر در قسمتهای جنوب شرقی منطقه در نزدیکی ارتفاعات آهکی قرار دارند که مکان بسیار مناسبی جهت ذخیره آب می‌باشد. آبرفتهای دانه ریز از تخریب سنگهای رسی و تبخیری نظیر تشکیلات گچساران بوجود می‌آیند که درصد بالای این خاکها، شامل مواد رسی دانه ریز می‌باشد. جنس آبرفتهای شمال و جنوب غرب دشت لردگان اکثراً از نوع ریز دانه می‌باشد. میزان جریان¬سطحی که از ارتفاعات به صورت رودخانه¬ها و مسیل‌ها وارد دشت م ی شود، برای رودخانه‌های دارای ایستگاه هیدرومتری (آب¬سنجی) (شکل ۳) در محل ایستگاه محاسبه گردید و برای رودخانه¬ها و مسیل های فاقد ایستگاه هیدرومتری با استفاده از روابط همبستگی چندین متغیره مابین آبدهی با بارندگی، مساحت، شیب حوزه که موسوم به روابط منطقه¬ای هستند، برآورد گردیده است. میزان حجم جریان ورودی به محدوده مطالعاتی لردگان برابر میزان حجم جریان¬سطحی خروجی از محدوده جوانمردی است که به محدوده مزبور وارد می شود، که با استفاده از آمار ایستگاه هیدرومتری زرین درخت محاسبه میگردد. این مقدار ۲۵/۴۳ میلیون مترمکعب می¬باشد ولی با توجه به کاهش بارشها و افزایش برداشتها در چند سال اخیر از آمار ۱۵ سال اخیر جهت تعدیل آمار استفاده گردیده، که این مقدار به میزان ۱۴/۳۵ میلیون متر مکعب تعدیل میگردد(شرکت مشاور یکم،۱۳۹۱). محاسبه جریان¬های خروجی از محدوده دشت توسط ایستگاه هیدرومتری بیدله بر روی رودخانه منج (در خروجی محدوده لردگان) انجام گرفت، اما با توجه به طول دوره آمار کم این ایستگاه از روش بازسازی آمار همبستگی با ایستگاههای مجاور و بالادست (چشمه برم) تطویل آمار انجام گرفت. بر این اساس آمار آبدهی بلند مدت (پس از تطویل و بازسازی) در محل این ایستگاه ۹۴/۶ میلیون متر مکعب تخمین زده شده و آمار ۱۰ ساله مشاهداتی دوره اخیر این ایستگاه، حجم آبدهی متوسط رودخانه در محل ایستگاه به میزان ۶۷/۱۷ میلیون متر مکعب می‌باشد.



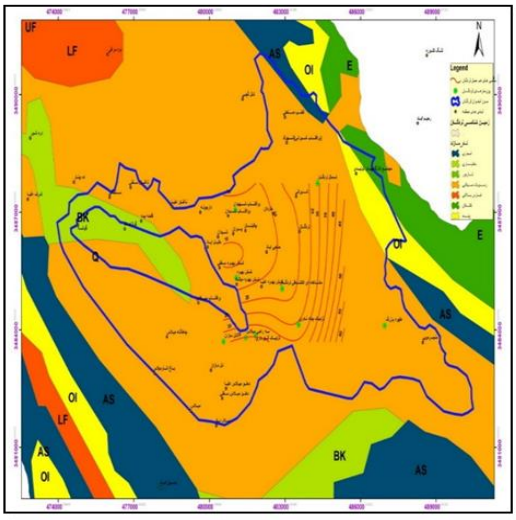
شکل ۳: موقعیت ایستگاههای هیدرومتری محدوده آبخوان لردگان دشت لردگان و اطراف آن شکل

بر اساس آخرین آمار برداری سراسری تایید شده موجود، در کل محدوده مورد مطالعه ۲۸۳ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق با تخلیه سالیانه ۳۰/۳۶میلیون مترمکعب، ۶۹ دهنه چشمه با تخلیه سالانه ۷۷/۳ میلیون مترمکعب، ۹ رشته قنات با تخیه سالانه ۰/۷۷میلیون متر مکعب وجود دارد (شکل۴). عمده تخلیه چشمه‌های منطقه تنها توسط چشمه برم لردگان صورت می‌گیرد. بر این اساس تعداد چاههای بهره برداری در آمار برداری ۸۹-۱۳۸۸نسبت به آماربرداری ۱۳۶۹ بیش از دو و نیم برابر شده است (۱۵۰ درصد افزایش تعداد چاههای بهره برداری)، اما مقدار حجم تخلیه چاهها تنها ۲۰ درصد افزایش داشته است، که بیانگر اوضاع بحرانی به وجود آمده به علت کاهش پتانسیل آب زیرزمینی ناشی از افت بیش از حد سطح آبخوان بوده که در نتیجه بهره برداری بیش از ظرفیت آبخوان (تخلیه توسط چاه ها) و کاهش شدید نزولات جوی طی دوره اخیر در منطقه می‌باشد.

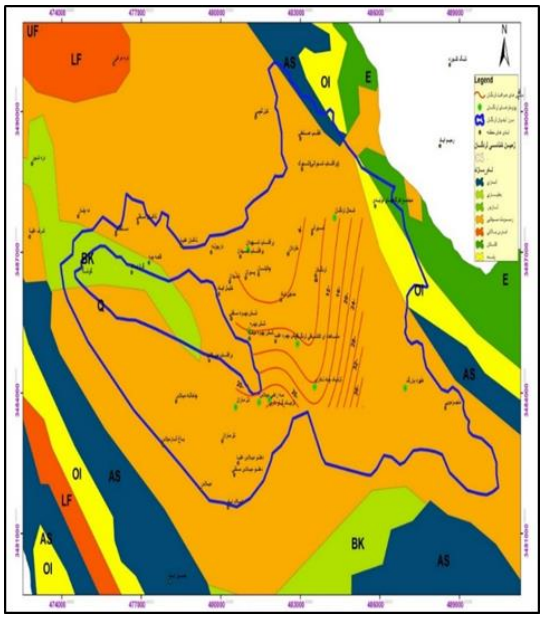


شکل ٤: نقشه منابع آب (چاه-چشمه-قنات-رودخانه) محدوده مطالعاتی دشت لردگان

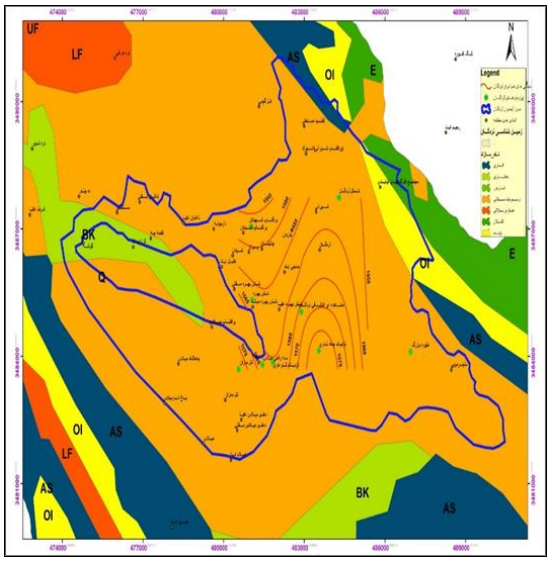
یکی از مهمترین پارامترهای آبخوان، ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان است. از مهمترین پارامترها ی ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان، قابلیت انتقال(Transmissivity) و ضریب ذخیره (Storage Coefficient) می باشندکه اندازه آنها به وضع، شکل، فرم دانه بندی و ضخامت لایه آبده بستگی دارد(علیزاده، ۱۳۸۵). به عبارت دیگر هر چه ذرات درشت‌تر و جورشدگی آنها بهتر باشد مقادیر ضرایب هیدرودینامیکی بیشتر خواهد بود. آزمایش پمپاژ یکی از معمولترین و در عین حال دقیق‌ترین روش‌ها جهت برآورد ضرایب هیدرودینامیک آبخوان می‌باشد. پارامتر ضریب ذخیره نمایانگر عکس العمل سطح آب زیرزمینی در اثر تخلیه و یا تغذیه بوده و مقدار آن همواره رابطه مستقیمی به شکل و فرم اندازه ذرات تشکیل دهنده سفره دارد(علیزاده،۱۳۸۵) .میزان این پارامتر در محاسبات دشت و با توجه به شباهت حوضه با حوضه‌های دیگر در حدود ۲ درصد می‌باشد. بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی در دشت لردگان از ۱۰ حلقه چاه مشاهده‌ای استفاده شده است. حفر چاه مشاهده‌ای از سال۱۳۶۷ شروع شده و اندازه‌گیری عمق آب زیرزمینی در آنها ماهیانه صورت می‌گیرد. ترسیم داده‌های مربوط به عمق دوره خشک مهر ۱۳۹۷ دال بر حداکثر عمق آب زیرزمینی در نواحی جنوبی آبخوان و حداقل عمق آن در نواحی مرکزی آبخوان می‌باشد(شکل ۵). عمق آب زیرزمینی بخصوص در مباحث تبخیر از آب زیرزمینی اهمیت خاصی دارد بطوریکه میزان تبخیر وابسته به عمق می‌باشد. با بهره‌گیری از رقوم سطح ایستابی و نتایج ترازیابی چاههای مشاهده‌ای موجود، تراز سطح ایستابی مهر ۱۳۹۷رسم شده است(شکل ۶). بر طبق این نقشه روند کلی جهات جریان از جبهه های جنوبی دشت به سمت مناطق مرکزی و شمال غربی دشت می‌باشد. تراز سطح ایستابی برای تعیین جهات جریان آب زیرزمینی، تشخیص منابع تغذیه و تخلیه، محاسبه شیب هیدرولیک، تعیین جبهه‌های ورودی و خروجی آب زیرزمینی بکار می‌رود. بررسی وضعیت افت آبهای زیرزمینی در نقاط مختلف دشت دال بر بیشترین مقادیر افت در مناطق جنوبی دشت می باشد در شکل ۷ نقشه هم افت سطح آبهای زیرزمینی در دوره مهر ۶۷ تا مهر ۹۷ نمایش داده شده است.



شکل ٥: نقشه هم عمق آب زیرزمینی آبخوان دشت لردگان، شهریور ۱۳۹۷



شکل ٦. نقشه هم تراز آبهای زیرزمینی آبخوان لردگام، شهریور۱۳۹۷

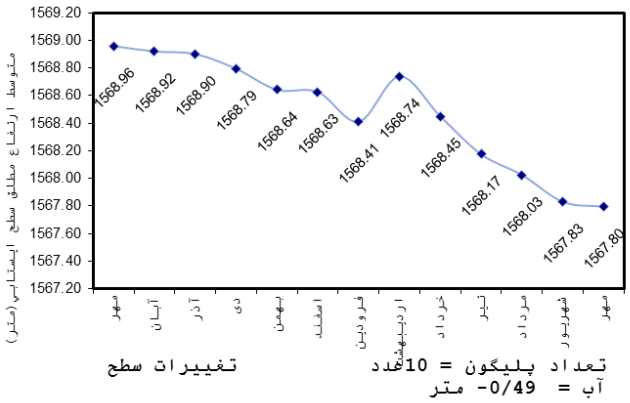


شکل ۷: نقشه هم افت آبهای زیرزمینی آبخوان دشت لردگان(از مهر ۱۳۶۷ لغایت مهر ۱۳۹۷)

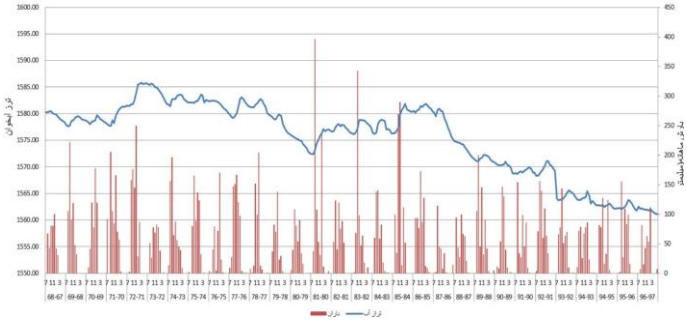
تغییرات سطح آبخوان تحت تاثیر شرایط مختلفی از جمله شرایط زمین‌شناسی آبخوان، نزدیکی و دوری به منابع تغذیه و تخلیه می‌باشد. هیدروگراف واحد دشت مورد مطالعه، دال بر تغییرات سطح آب زیرزمینی در طی یک دوره مشخص می‌باشد. از آنجائیکه نوسانات سطح آب در یک پیزومتر به تنهایی نمی‌تواند معرف خوبی برای تغییرات حجم آب کل آبخوان باشد و فقط تغییرات سطح ایستابی را در بخش کمی از آبخوان نشان می‌دهد، هیدروگراف واحد با استفاده از شبکه تیسن و اطلاعات مربوط به چاههای مشاهده‌ای موجود در دشت ترسیم شد. نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت لردگان در نمودار هیدروگراف واحد آب زیرزمینی برای سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ نما یش داده شده است(شکل۸). بر اساس این نمودار، سطح آب زیرزمینی در این سال افتی در حدود ۰/۰۷- متر داشته است. با توجه به مساحت شبکه تیسن، ضریب ذخیره و میزان افت آب زیرزمینی، میزان کاهش حجم آب زیرزمینی در محدوده شبکه تیسن به صورت زیر برآورد می‌شود .

$$Dv=67.12 * 0.02 * -0.49 = -0.66 \text{ MCM}$$

همچنین نوسانات دراز مدت سطح آب زیرزمینی در نمودار هیدروگراف شکل ۹ نمایش داده شده است. این نمودار مربوط به نوسانات آب زیرزمینی از مهرماه ۱۳۶۷ تا مهرماه ۱۳۹۷ می‌باشد. هیدروگراف مذکور دال بر افت سطح آب زیرزمینی در طی ۲۶ سال گذشته معادل ۱۳/۱۳ متر می‌باشد. یعنی سالانه بطور متوسط در این دوره ۰/۴۴ متر افت داشته است، همچنین در طی این دوره به طور متوسط سالانه ۰/۵۹ میلیون مترمکعب از ذخایر حجم آبخوان دشت لردگان کاهش یافته (کسری متوسط سالانه مخزن)؛ به طوری که طی این دوره ۳۰ ساله مجموعا" ۱۷/۶۵ میلیون متر مکعب از ذخایر آبخوان از بین کسر گردیده است. البته ذکر این نکته لازم است، که با توجه به عمق کم آبرفت دشت لردگان (مابین ۲۲ تا ۸۵ متر)، افت سطح آبهای زیرزمینی دشت بمیزان ۱۳/۱۳ متر، واقعا" رقم بزرگی است.



شکل۸: هیدروگراف آبهای زیرمینی آبخوان لردگان(۱۳۹۷-۱۳۹۶)



شکل ۹: هیدروگراف واحد دراز مدت آبهای زیرزمینی آبخوان دشت لردگان

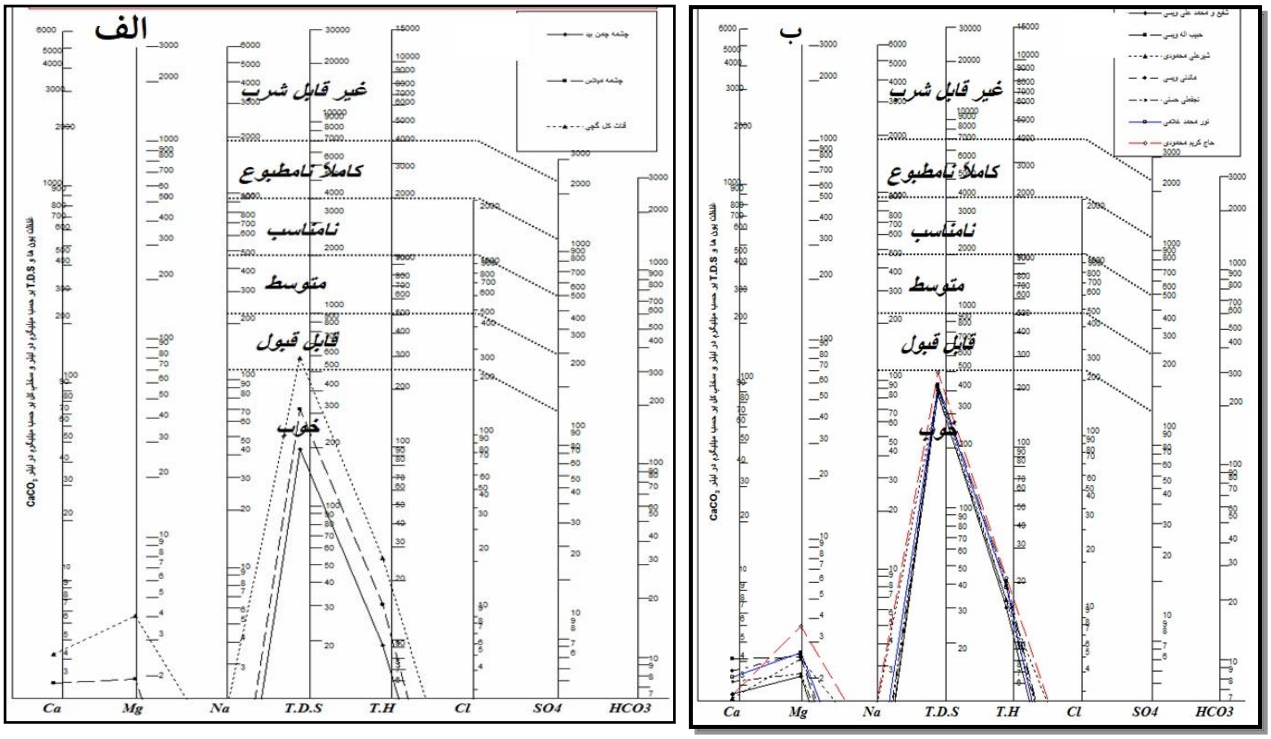
جهت بررسی بیلان آبخوان لردگان داده‌های دوره بیلان مربوط به سال آبی ۹۰- ۱۳۸۹ انتخاب شده است. همچنین در بررسی بیلان هیدروکلیماتولوژی محدوده مورد مطالعه، فاکتورهای مانند ورودی، خروجی و تغییرات ذخیره منابع آب در نظر گرفته شد و داده ها در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱ : بیلان هیدروکلیماتولوژی آبخوان دشت لردگان

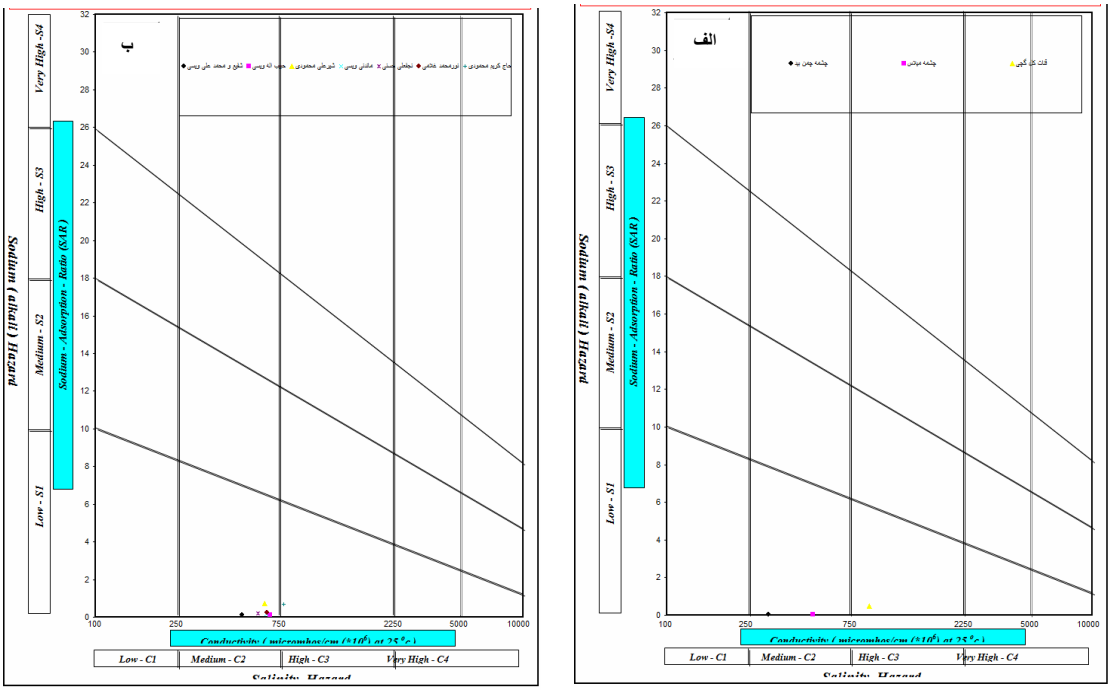
ناحیه	مساحت km2	حجم کل بارندگی mcm	حجم تبخیر و تعرق حقیقی	بارش مفید	
				حجم رواناب mcm	حجم نفوذ mcm
دشت	۲۳۰/۳۷	۱۴۲/۱۵	۷۸/۸۸	۴۷/۴۵	۱۵/۸۲
ارتفاعات	۷۵۰/۸۷	۴۸۰/۳۰	/۳۸ ۲۳۶	/۵۲ ۲۲۸	۱۵/۴۱
کل محدوده	۹۸۱/۲۴	۶۲۲/۴۴	/۲۶ ۳۱۵	/۹۶ ۲۷۵	۳۱/۲۲

آبخوان دشت لردگان یک حوضه تقریبا ناودیسی می‌باشد. خواص شیمیایی آب زیرزمینی در یک حوضه ناودیسی متاثر از ترکیب رسوبات نهشته شده، تبخیر و تعرق، توپوگرافی منطقه، ترکیب آب تغذیه کننده و وضعیت خشکسالی و تر سالی می‌باشد(Anderson et al ۱۹۸۸). همچنین کانی شناسی سنگ کف تنها در حالتی که منشاء آن از خود رسوبات باشد می‌تواند بر روی شیمی آب تاثیر داشته باشد. داده های هیدروشیمیایی آبخوان اطلاعات مفیدی در رابطه با تاثیر مواد متشکله آبخوان و منطقه،

مسیر جریان آب، تاثیر سنگ کف، نواحی تخلیه و تغذیه، نواحی تبخیر از آب زیرزمینی و تاثیر آبهای سطحی و کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب، کشاورزی و صنعت در اختیار مخاطب قرار می‌دهند. با استفاده از نتایج نمونه برداری از منابع انتخابی محدوده، نمودار شولر، ترسیم گردید (شکل ۱۰ الف و ب). ترسیم داده‌های دوره تر و خشک آبخوان مورد مطالعه در نمودار شولر دال بر کیفیت خوب و قابل قبول جهت شرب آبهای زیرزمینی می‌باشد. همچنین کیفیت آب زیرزمینی این آبخوان جهت مصارف کشاورزی با استفاده از دیاگرام ویلکوکس انجام شد(Wilcox, 1995). در این دیاگرام هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم(SAR)، پارامترهای موثر می‌باشند(شکل۱۱الف و ب).

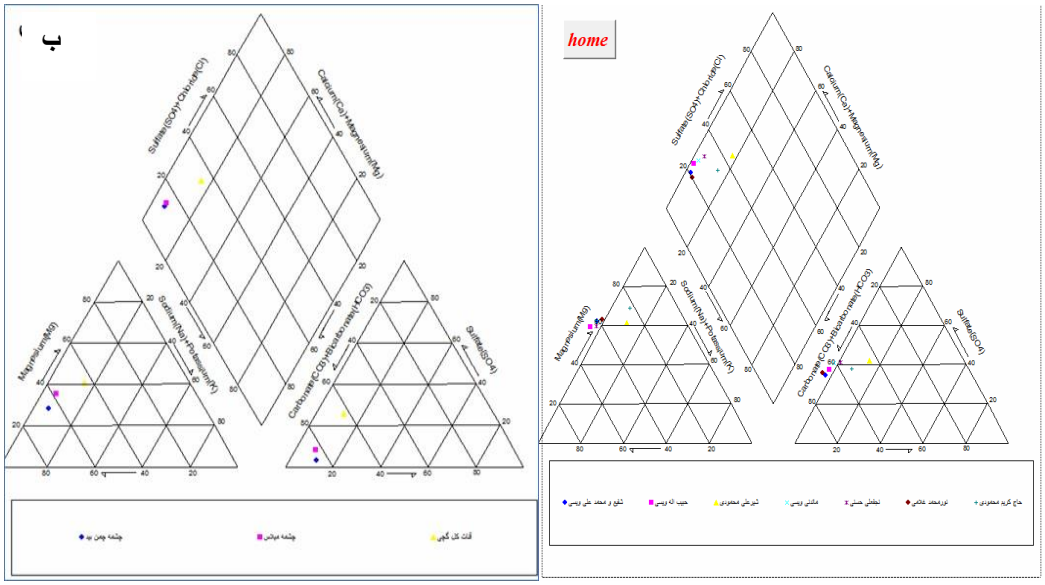


نمودار ۱۰: الف: نمودار شولرجهت طبقه‌بندی آب برای مصارف شرب آبخوان دشت لردگان ، الف: دوره تر، ب: دوره خشک

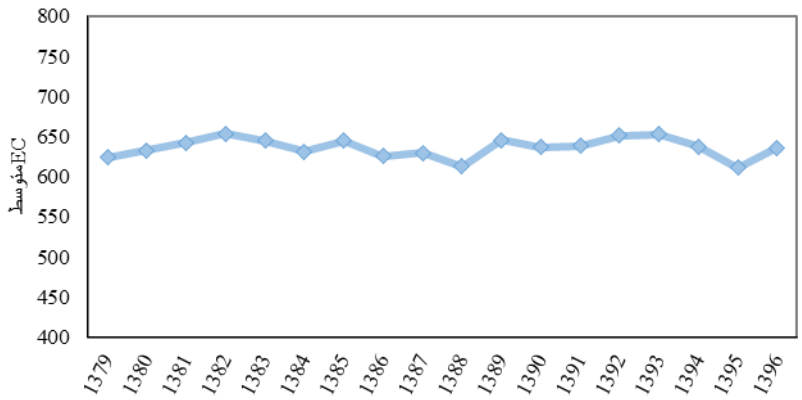


شکل ۱۱. الف) نمودار ویلکوکس آبخوان لردگان الف: دوره تر، ب) دوره خشک.

ترکیب شیمیایی آب‌های سطحی و زیرسطحی ارتباط نزدیکی با ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی سازندهای زمین‌شناسی دارد. فرآیندهای شیمیایی انحلال و انتقال در طی بارندگی منجر به جابه جایی کانی‌های مواد سازنده سنگ‌ها به صورت محلول می‌شود. قابلیت انحلال سنگ‌ها و کانی‌ها در مقابل عمل انحلال متفاوت است به طوریکه نمک در مرحله اول و سپس گچ به آهک و دولومیت در مرحله اخر قرار می‌گیرد. بنابراین با توجه به محل عبور، مدت زمان تماس و مدت زمان انحلال ، آب می‌تواند حاوی مواد محلول نمکی، گچی و یا کربناته باشند. که بر اساس این پارامترها آبهای زیرسطحی به آبهای کلروره، سولفاته و بی‌کربناته تقسیم می شوند که به ترتیب بیانگر عبور آبهای زیرزمینی ازسرزمین‌های نمکی، گچی و یا آهکی دولومیتی می‌باشند. در این راستا برای تعیین ترکیب شیمیایی آب، ابتدا بسترهایی که آب عبور و یا نفوذ می‌کنند، از لحاظ سنگ‌شناسی شناسایی می‌شود. معمولا در بسترهای سازند آهکی آسماری، تیپ آبهای زیر سطحی، بواسطه انحلال کربناتها توسط باران به صورت بی‌کربنات محلول درآمده و جابجا می‌شود، از نوع بی‌کربناته هستند. حال اگر از سازندهای کنگلومرا عبور کنند، در صورت حضور قطعات و سیمان آهکی و سیلیکاته، آهک به دولومیت، و کانی‌های سیلیکاته به سیلیس تبدیل می‌شود. شن‌ها میزان کمی گچ و مواد سولفاته به آب زیرزمینی اضافه می‌کنند و مارن ها آبهای زیرزمینی را آغشته به مواد سولفاته و تیپ آب را سولفاته می‌نمایند. گنبد های نمکی متشکل از گچ و نمک متعلق به سازند هرمز قابلیت انحلال زیادی داشته و معمولا برخورد و تماس آنها با آب‌های زیرسطحی موجب انحلال سریع نمک و گچ و شور شدن آب می‌شوند. در تعیین رخساره و نوع آب در نقاط مختلف دشت از نمودار پایپر استفاده گردید (PIPER,1944).(شکل ۱۲ الف و ب).براساس دیاگرام پایپر نمونه‌ها تیپ آب زیرزمینی عمدتا بیکربناته منیزمی می‌باشد. با توجه به این که منبع تغذیه آبهای زیرزمینی دشت عمدتا از تشکیلا ت آهکی(و آهکی دولومیتی) می باشد این موضوع منطقی می باشد. منحنی کموگراف آبخوان دشت لردگان ، با استفاده از روش تیسن بندی، دال بر افزایش هدایت الکتریکی در بلند مدت می‌باشد(شکل ۱۳).



شکل۱۲: نمودار پایپر آبخوان لردگان، الف: دوره تر، ب) دوره خشک



شکل۱۳: کموگراف آبخوان لردگان

نتیجه‌گیری

آبخوان دشت لردگان یک آبخوان آزاد با عمق متغییر ۲۲ – ۸۵ متر بوده که حداکثر عمق در نواحی جنوبی آبخوان و حداقل عمق آن در نواحی مرکزی آبخوان می‌باشد. جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه از جبهه‌های جنوبی دشت به سمت مناطق مرکزی و شمال غربی دشت می‌باشد. برداشت بی رویه آب و خشکسالی منجر به افت آب زیرزمینی در منطقه شده است بطوریکه بیشترین افت آب زیر زمینی در بخشهای جنوب و جنوب شرقی دشت رخ داده است. بررسی بیلانهای موجود دال بر کسری شدید شده است به گونه ای که با تداوم این شرایط، آبخوان به سمت نابودی میل پیدا میکند. سطح آب زیرزمینی دشت لردگان در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ به میزان ۰/۴۹- متر افت داشته که کاهش حجمی برابر با ۰/۶۶- میلیون متر مکعب در حجم آبخوان به همراه داشته است. متوسط تغییرات سطح آب زیرزمینی، سالانه یه دوره ۳۰ ساله، در حدود ۰/۴۴- متر در سال)۱۳/۱۳- متر افت تجمعی در طول دوره ۳۰ ساله آمار برداری) بوده است، که باعث کاهش متوسط سالانه حجم مخزن به میزان ۰/۵۹- میلیون متر مکعب در سال طی دوره سی ساله مذکور شده است. میزان کل کسری مخزن حادث شده طی دوره مذکور ۱۷/۶۵ میلیون مترمکعب می‌باشد. داده‌های هیدروژئوشیمیایی دال بر کیفیت آب زیرزمینی آبخوان برای شرب در حد خوب می‌باشد. همچنین برای مصارف کشاورزی اکثر نمونه ها در رده C2S1 و تیپ آب زیرزمینی عموما بیکربناته منیزیمی می‌باشد. کموگراف معرف آبخوان دال بر افزایش میزان شوری آب زیرزمینی دشت در دراز مدت می‌باشد که یکی از دلایل عمده آن تغلیظ املاح به علت کاهش حجم آب زیرزمینی و همچنین حضور سازندهای تبخیری و گچی در مجاورت آبخوان می‌باشد. هنچنین سازند کنگلومرای بختیاری در منطقه منجر به افزایش مقادیر سیلیس و اکسید آهن ، و سازندهای آهکی باعث افزایش کلسیم کربنات و سایر عناصر محلول و افزایش EC و کاهش کیفیت آب شده‌اند.

منابع

- آهنکوب، م.، مردانی، گشتاسب.، طباطبایی، ح.، و هادی پور، زهرا (۱۴۰۰) بررسی وضعیت هیدروژئوشیمیایی ابخوان خانمیرزا در ارتباط با سازندهای زمین شناسی ، مجله یافته نوین زمین شناسی کاربردی .
- شرکت سهامی آب منطقه ای چهارمحال و بختیاری (معاونت مطالعات پایه منابع آب (۱۳۸۷) گزارش زمین شناسی، طرح مطالعات نیمه تفصیلی منابع آب زیرزمینی محدوده‌های مطالعاتی کیار، شلمزار و لردگان.
- فلاح،م.، فاخران اصفهانی،س.، پیرعلی زفره ای، م.، و فرهادیان،ا (۱۳۹۳) بررسی کیفیت آب تالاب بین المللی انزلی با استفاده از شاخص NSFWQI ،دومین همایش ملی وتخصصی پژوهش های محیط زیست ایران.
- علیزاده،۱.، (۱۳۸۵) اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ بیستم، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع (، مشهد.

- Alley, W.M (1993), Regional ground-water quality. NewYork, Van Nostrand Reinhold, p.634.
- Bartram J. and Balance, R (1996),Water quality monitoring: A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmers., UNEP/WHO, E AND FN Spon, London,UK.
- Eilers, J.M., Brakke, D.F.and Henricksen, A (1992) The inapplicability of Gibbs model of world water chemistry for filute lakes. Limmology and Oceanography.37:1335-1337.
- Ferguson, L., J.A. Poss, S.R. Grattan, C.M. Rieve, D. Wang, C. Wilson, T.J. Donovan and C. T. Chao (2002), Pistachio root stocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress". J. Amer. Soc. Hort.Sci.127:194-199.
- Fernandez, A.C., Fernandez, A.M., Dominguez, C.T. and Santos, B.L (2009) Hydrochemistery of northwest Spain ponds and its relationships to groundwaters. Limnetica. 25:433-452.
- Gibbs, R.J (1970), Mechanisms controlling world water chemistry. Science. 17:1088-1090.

- Jiang, Y., andYan, J (2010), Effects of land use on hydrochemistry and contamination of Karst groundwater from Nandong underground river system, China, Water, Air, & Soil Pollution, 210: 123- 141.
- Mosaferi, M., Pourakbar, M., Shakerkhatibi, M., Faterhifar, E. and Belvasi, M (2014), Quality modeling of drinking groundwater using GIS in rural communities, northwest of Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 12:1-14. (In Persian with English abstract).
- Piper, A.M (1944), A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. American Geophysical. 25: 914-928.
- Schoeller, H (1995) Terres et eaux (Paris- Algiers), Unesco Series, Paris. 4-11.
- Singhal. B.B.S., and Gupta, R.P (1999), Applied Hydrogeology of Fractured Rocks, Kluwer Academic Publ., Netherland.
- Wilcox, L.W (1995), Classification and use of irrigation water, U. S. Department, Agri. Circular, 969 pp.

Study of hydrogeochemical properties of groundwater in Lordegan plain aquifer, Chaharmahal and Bakhtiari province, folded Zagros zone

Maryam Ahankoub[1]*, Farimah Ayati[2], Hossein Bagheri[3]
1*-2-3- Department of geology,Payam Noor University, Tehran ،Iran.
*Email Address: M.Ahankoub@pnu.ac.ir

Abstract
Lordegan plain aquifer in the south of Chaharmahal and Bakhtiari province is folded in the Zagros structural zone and is located below the Semirom zone. Geostructurally, the NW-SE folds in this area form regular anticlines and synclines. Evidence of Dena fault function at the end of the Neogene and the location of Lower Paleozoic rocks on the Bakhtiari conglomerate and the cutting of ancient alluvial deposits by Quaternary alluviums. Lordegan aquifer is a free alluvial aquifer with an area of 67.2 square kilometers with maximum depth in the southern parts and minimum depth in the central parts, which is located in Asmari calcareous formations and passes through the conglomerate formations and is adjacent to evaporitic formations. Geophysical data indicate changes in aquifer depth from 22 to 85 m. In this study, 10-year period data along with sampling during wet and dry periods of 1397-1398 from 10 wells have been used. Hydrographic data indicate a drop of 0.49 m and a decrease in volume of 0.66 million cubic meters of aquifer volume. Hydrogeochemical data indicate the good quality of aquifer groundwater for drinking and C2S1 grade for agricultural use. In the diagram, the water type is in the range of magnesium bicarbonate. Also, Lordegan aquifer chemograph indicates an increase in water salinity over time. The lithology of the region, the solubility of minerals and rocks in the region, the tectonic state, and the drought of recent years are among the effective factors in reducing the water quality of the Lordegan plain aquifer.

Introduction
Groundwater quality is one of the important aspects of hydrogeochemistry, which describes the chemical characteristics and the local distribution of various chemical component of the water for various purposes such as drinking, agriculture and industry Therefore, contamination of these sources can be prevented by timely qualitative examination (Alley, 1993). Chemical composition of groundwater and surface water to depond on natural factors such as geology, topography, meteorology, hydrogeology, biology, precipitation and equilibrium between evaporation and precipitation salts and also seasonal changes in runoff volume and type of runoff, air conditioning (Gibbs,1970; Eilers et al., 1992; Bartram and Balance, 1996; Fernandez et al., 2009)).The Lordegan plain aquifer was located in south of Chaharmahal and Bakhtiari province. In 1976 and 1977, water company, was studied by digging a well. Ostovari et al. (2012) investigated the groundwater quality of Lordegan plain using GWQI index. He believes that water quality is decreasing from the southwest to the north, and factors such as intensive agricultural centers and wastewater treatment plants have led to a decrease in water quality. Also, in statistical studies of Lordegan groundwater quality index by Ostovari et al. (2017), water quality has been divided into low and weak categories. Ahankoub et al. (2021) have studied the defects of geological formations on the quality of Khanmirza aquifer. He attributes the decrease in groundwater quality to the involvement of these formations. Unfortunately, there are high drop in groundwater levels due to the uncontrolled abstraction of groundwater storage in recent years. The purpose of this study was to present of the hydro-climatological, geological and hydrogeological properties.

Methodology
In this study, we were studied hydrochemical data of the ten-year of 283 wells, 69 springs and 9 aqueducts. Also, we were taken samples from 10 wells during wet and dry seasons of 2018 and 2019. Then were measured pH, temperature and electrical conductivity. Other geochemical parameters were measured in the laboratory of Chaharmahal and Bakhtiari Regional Water

Company. Then we were prepared map of changes of qualitative by Arc Gis10.1 software, Excel, Piper, sholler and Wilcox diagrams. Finally, we were interpretation all of data for aquifer hydrochemical condition.

Conclusion

Lordegan plain aquifer is a free aquifer with a variable depth of 22-85 meters, which has maximum depth in the southern areas and minimum depth in the central areas of the aquifer. The groundwater flow in the study area is from the southern to the central and northwestern of the plain. Improper withdrawal of water and drought have led to groundwater depletion in the region. The greatest groundwater depletion has occurred in the southern and southeastern parts of the plain. The groundwater level of Lordegan plain has decreased -0.49 meters during year 2018-2019 which has led to a volume decrease of -0.66 m3. The average change of groundwater level, annually for a period of 30 years, has been about -0.44 meters per year (-13.13 meters), which has reduced the average annual reservoir volume by 0.59 million cubic meters per year has been mentioned during the thirty-year period. Hydrogeochemical data indicate to groundwater good quality for drinking and C2S1 category for agricultural.

Keywords

Hydrogeochemical, Lordegan aquifer, Chaharmahal and Bakhtiari, Semirom zone.