



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان نامه تحصیلی جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بررسی علل کاهش آبدهی سراب نیلوفر در استان کرمانشاه

کاظم غزنوی

استاد راهنما

دکتر غلامحسین کرمی

بهمن‌ماه ۸۹

سپاس از دو وجود مقدس

آنان که ناتوان شدند تا به توانایی برسیم

موبایشان سپید کشت تار و سفید شوم

و عاشقانه سوختند تا کرم با نخش وجود دور و گمگم را هم باشند

پدرم

و

مادرم

حمد و سپاس پروردگار یکتا را که لطف و کرم بی‌کرانش من را نیز در بر گرفت تا به وسع توان خویش گامی کوچک در گستره علم و معرفت بر دارم و میسر گشت تا از خرمن دانش و تجربه بزرگان و نیک اندیشان بهره ببرم.

اکنون که به یاری خداوند متعال، این دوره پرخاطره از دوران تحصیل را به پایان رسانده‌ام، هر چند واژه‌ها را یارای آن نیست که لطف و محبت و بزرگواری آنانی را که در تمام دوران زندگی‌ام جرعه نوش دریای مهر و محبتشان بوده‌ام به تصویر بکشم، اما به رسم ادب و احترام بوسه بر دستانشان زده و بر خود واجب می‌دانم، زحمات پدر و مادر مهربانم را که همواره راه-گشای مشکلاتم در تمام مراحل زندگی بوده‌اند ارج نهاده و مراتب تشکر قلبی و باطنی را از الطاف و مهربانی‌های آنها ابراز دارم. همچنین لازم می‌دانم که از زحمات فراوان استاد توانمندم آقای دکتر کرمی که با راهنمایی‌ها و نظرات ارزنده و صبر و حوصله فراوان، نقش مهمی در به ثمر رساندن این کار داشته‌اند صمیمانه تقدیر و تشکر نمایم، بی‌تردید انجام این پایان‌نامه بدون همکاری و راهنمایی ایشان امکان‌پذیر نبود. همچنین بر خود لازم می‌دانم از زحمات آقایان دکتر کاظمی و دکتر حافظی مقدس نیز تشکر ویژه نمایم که ذره‌ای در انتقال دانش خود به من کوتاهی ننمودند. همچنین از زحمات مسئولان دانشکده مخصوصاً سرکار خانم فارسی و آقای خانعلیزاده که همکاری لازم را با من داشتند تشکر نمایم. از مسولان آب منطقه‌ای کرمانشاه و آقای مهندس طاهری و مخصوصاً آقای محسنی‌پور که در انجام بهتر کارهای صحرایی نهایت همکاری را با من داشتند نیز کمال تشکر را دارم. در اینجا همچنین لازم می‌دانم از اعضای خانواده‌ام عزیزم و مخصوصاً برادر کوچکم محسن غزنوی، همچنین از دوستان عزیزم آقایان سلیم، بساکی، نوری، جاویدی، گراوند، بسکابادی، عسگری و امیری که مایه دلگرمی من بوده و متحمل زحمات زیادی شدند نهایت سپاسگزاری را داشته باشم، و برای آنها بهترین‌ها را آرزو می‌کنم.

کاظم غزنوی

چکیده

سراب نیلوفر در ۲۵ کیلومتری شمال غرب شهر کرمانشاه و در دامنه کوه کوماجار واقع شده است. کوه کوماجار به طور عمده از لایه‌های آهکی دوران دوم زمین‌شناسی تشکیل شده که پدیده کارستی شدن در آن به طور گسترده رخ داده است. به منظور بررسی عوامل مؤثر بر کاهش آبدهی سراب نیلوفر، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب سراب نیلوفر شامل هدایت الکتریکی، درجه حرارت آب، اسیدیته و همچنین میزان کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در طول سال آبی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ اندازه‌گیری شد.

خصوصیات کیفی آب سراب نیلوفر و آب‌های زیرزمینی آبرفت‌های مجاور آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب با کمک نمودارهای ترکیبی مقایسه گردید. نتایج حاصله از این مقایسه بیانگر این است که منشأ این آب‌ها یکسان می‌باشد. علاوه بر این، تغییرات زمانی سطح آب‌های زیرزمینی در آبرفت‌های مجاور آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر مورد ارزیابی قرار گرفت و ملاحظه شد که سطح آب زیرزمینی در این آبخوان‌ها، به ویژه در سال‌های با بارش کم، به علت برداشت بی‌رویه به طور مداوم در حال پایین افتادن است. این امر به نوبه خود منجر به تخلیه آبخوان کارستی به داخل آبخوان‌های آبرفتی مجاور شده است. نقشه هم‌پتانسیل آبخوان آبرفتی نیز مطلب مذکور را تأیید می‌نماید. بنابراین با عنایت به مطالب ذکر شده ملاحظه می‌شود که، علاوه بر تأثیر کاهش بارندگی، تخلیه آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر به داخل آبرفت‌های مجاور مهم‌ترین دلیل کاهش آبدهی سراب نیلوفر در سال‌های اخیر بوده است.

کلمات کلیدی: سراب نیلوفر، کارست، بارندگی، تخلیه، آبخوان آبرفتی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
۱	۱-۱- بیان مسئله
۲	۲-۱- هدف مطالعه
۲	۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
۳	۴-۱- آب و هوای منطقه مورد مطالعه
۵	۵-۱- منابع آبی منطقه مورد مطالعه
۶	۶-۱- سراب نیلوفر
۷	۷-۱- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه
۷	۱-۷-۱- زمین‌شناسی عمومی منطقه
۹	۲-۷-۱- چینه‌شناسی منطقه
۱۲	۳-۷-۱- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه
۱۴	۸-۱- ژئومورفولوژی منطقه
۱۴	۱-۸-۱- بخش کوهستانی
۱۴	۲-۸-۱- بخش تپه ماهوری
۱۴	۳-۸-۱- دشت‌ها
۱۵	۴-۸-۱- چشمه‌های پرآب (سراب)
۱۵	۹-۱- هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه
۱۶	۱۰-۱- هیدروژئولوژی حوضه قره‌سو

فصل دوم: تاریخچه مطالعات انجام شده

- ۱-۲-۱- مقدمه‌ای در مورد کارست ۱۹
- ۲-۲- اثر کاهش بارندگی بر آبدهی چشمه‌های کارستی ۲۰
- ۲-۳- تأثیر پایین افتادن سطح آب زیرزمینی بر کاهش آبدهی چشمه‌های کارستی ۲۴
- ۲-۴- بررسی تغذیه دشت‌های آبرفتی به وسیله سازندهای کارستی مجاور آنها ۲۸
- الف) استفاده از نقشه‌های کیفی ۲۹
- ب) استفاده از نقشه‌های هم‌پتانسیل ۳۱

فصل سوم: روش انجام کار

- ۳-۱- مقدمه ۳۴
- ۳-۲- جمع‌آوری اطلاعات و آمار موجود و نقشه‌های محدوده مورد مطالعه ۳۴
- ۳-۳- انجام عملیات صحرایی و نمونه‌برداری ماهانه از سراب ۳۵
- ۳-۴- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل سراب ۳۵
- ۳-۵- کارهای انجام شده در آزمایشگاه ۳۷
- ۳-۶- اندازه‌گیری سطح آب در پیزومترها ۳۷
- ۳-۷- بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت‌های مجاور سراب نیلوفر ۳۸
- ۳-۸- برآورد نسبت‌های یونی و شاخص‌های اشباع ۳۹

فصل چهارم: ارزیابی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی در سراب نیلوفر و

دشت‌های مجاور آن

- ۴-۱- بررسی تغییرات سطح آب در پیزومترهای موجود در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر ۴۱
- ۴-۲- ارزیابی تغییرات بارندگی و نقش آن در تغییرات سطح آب ۴۵

- ۴-۳- بررسی دبی سراب نیلوفر و بارندگی در سال‌های گذشته..... ۵۰
- ۴-۳-۱- بررسی مهمترین عوامل کاهش دبی سراب نیلوفر..... ۵۰
- ۴-۳-۲- اثر کاهش بارندگی بر کاهش آبدهی سراب نیلوفر..... ۵۱
- ۴-۳-۳- تأثیر پایین افتادن سطح آب‌های زیرزمینی بر کاهش آبدهی سراب نیلوفر..... ۵۳
- ۴-۴- بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در سراب نیلوفر..... ۵۵
- ۴-۴-۱- بررسی تغییرات زمانی هدایت الکتریکی، درجه حرارت آب و pH..... ۵۵
- الف- نمودار هدایت الکتریکی با زمان ۵۵
- ب- نمودار دما با زمان ۵۶
- ج- نمودار دبی با زمان ۵۷
- د- مقایسه تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و آبدهی در سراب نیلوفر ۵۹
- و- تغییرات زمانی اسیدیته ۶۰
- ۴-۴-۲- تغییرات زمانی غلظت یون‌های اصلی ۶۱
- ۴-۴-۳- محاسبه سایر پارامترها ۶۶
- الف- مقدار کل مواد جامد محلول ۶۶
- ب- درصد سدیم و نسبت جذب سدیم ۶۷
- ج- سختی کل ۶۸
- د- نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها و نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها ۶۹
- ۴-۴-۴- نسبت کلیسم به منیزیم ۷۲
- ۴-۴-۵- تغییرات زمانی شاخص‌های اشباع ۷۳
- ۴-۵- بررسی زون‌های غالب یونی آب در سراب نیلوفر با استفاده از نمودار پایپر ۷۲
- ۴-۵-۱- بررسی کیفیت آب در سراب نیلوفر از لحاظ کشاورزی ۷۳

- ۷۴ ۴-۵-۲- بررسی کیفیت آب در سراب نیلوفر از لحاظ شرب
- ۷۶ ۴-۶- بررسی کیفیت آب در آبرفت‌های مجاور سراب نیلوفر
- ۸۰ الف- نقشه هدایت الکتریکی
- ۸۲ ب- نقشه کلر و سدیم دشت‌های مجاور سراب نیلوفر
- ۸۴ ۴-۶-۱- محاسبه شاخص‌های اشباع در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر
- ۸۵ ۴-۶-۲- محاسبه سایر پارامترها در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر
- ۸۵ ۴-۶-۳- تغییرات زمانی کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی
- ۸۵ ۴-۶-۴- زون‌های غالب یونی آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر با نمودار پایپر
- ۸۷ ۴-۶-۵- بررسی کیفیت آب در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر از لحاظ شرب
- ۸۸ ۴-۶-۶- بررسی کیفیت آب در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر از لحاظ کشاورزی
- ۹۰ ۴-۷- ارتباط هیدرولیکی آبخوان سراب نیلوفر و دشت‌های آبرفتی مجاور

فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات

- ۹۵ ۵-۱- نوع جریان در آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر
- ۹۵ ۵-۲- مقایسه کیفی آب سراب نیلوفر و چاه‌های مجاور آن
- ۹۶ ۵-۳- جهت عمومی جریان آب در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر
- ۹۷ ۵-۴- تغییرات زمانی سطح آب‌های زیرزمینی دشت‌های مجاور سراب نیلوفر
- ۹۷ ۵-۵- رابطه بین بارندگی و تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی و آبدهی سراب نیلوفر
- ۹۸ ۵-۶- ارزیابی مهم‌ترین عوامل کاهش آبدهی سراب نیلوفر
- ۹۹ ۵-۷- پیشنهادات
- ۱۰۰ منابع

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ - منطقه جغرافیایی مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن	۳
شکل ۱-۲ - میانگین بارندگی ماهانه ایستگاه کرمانشاه	۵
شکل ۱-۳ - نمایی از سراب نیلوفر در فصل تابستان	۶
شکل ۱-۴ - نمایی از سراب نیلوفر در فصل زمستان	۷
شکل ۱-۵ - آهک‌های با لایه‌بندی منظم و سیستم بدینگ در محل سراب نیلوفر	۸
شکل ۱-۶ - نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه	۱۳
شکل ۱-۷ - نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه	۱۵
شکل ۱-۷ - حوضه آبریز قره‌سو و رودخانه‌های موجود در آن	۱۷
شکل ۳-۱ - محل نمونه‌برداری در سراب نیلوفر	۳۵
شکل ۳-۲ - اندازه‌گیری سطح آب در پیزومترها با عمق یاب	۳۷
شکل ۴-۱ - نقشه هم‌پتانسیل دشت‌های مجاور سراب نیلوفر در بهمن ماه	۴۲
شکل ۴-۲ - نقشه هم‌پتانسیل دشت‌های مجاور سراب نیلوفر در اسفند ماه	۴۳
شکل ۴-۳ - نقشه هم‌پتانسیل دشت‌های مجاور سراب نیلوفر در خرداد ماه	۴۴
شکل ۴-۴ - هیدروگراف واحد دشت ماهیدشت	۴۵
شکل ۴-۵ - هیدروگراف واحد دشت میان دربند	۴۶
شکل ۴-۶ - هیدروگراف پیزومتر سراب نیلوفر	۴۶
شکل ۴-۷ - هیدروگراف پیزومتر چقا قاسم در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹	۴۷
شکل ۴-۸ - هیدروگراف پیزومتر خوراک دام در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹	۴۷
شکل ۴-۹ - هیدروگراف پیزومتر سفید چقا دوده در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹	۴۷

- شکل ۴-۱۰- هیدروگراف پیزومتر قمشه لر زنگنه در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۴۸
- شکل ۴-۱۱- هیدروگراف پیزومتر چقا حسین در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۴۸
- شکل ۴-۱۲- هیدروگراف پیزومتر نامیوند علیا در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸..... ۴۸
- شکل ۴-۱۳- هیدروگراف پیزومتر تازه آباد مورچی در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۴۹
- شکل ۴-۱۴- هیدروگراف پیزومتر قرقیزی در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۴۹
- شکل ۴-۱۵- هیدروگراف پیزومتر کنگریان وسطی در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸..... ۴۹
- شکل ۴-۱۶- هیدروگراف پیزومتر مهدی آباد در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۵۰
- شکل ۴-۱۷- تغییرات آبدهی و بارندگی سراب نیلوفر در سال‌های گذشته ۵۰
- شکل ۴-۱۸- تغییرات آبدهی و بارندگی سراب نیلوفر در سال ۸۹-۱۳۸۸ ۵۲
- شکل ۴-۱۹- روند تغییرات هدایت الکتریکی در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۵۶
- شکل ۴-۲۰- روند تغییرات زمانی درجه حرارت سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ ۵۷
- شکل ۴-۲۱- هیدروگراف سراب نیلوفر از مهر ماه ۱۳۸۷ تا شهریور ۱۳۸۸ ۵۷
- شکل ۴-۲۲- منحنی فرود سراب نیلوفر ۵۹
- شکل ۴-۲۳- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و آبدهی سراب نیلوفر..... ۶۰
- شکل ۴-۲۴- روند تغییرات زمانی اسیدیته در سراب نیلوفر..... ۶۱
- شکل ۴-۲۵- تغییرات زمانی کاتیون‌ها در سراب نیلوفر ۶۲
- شکل ۴-۲۶- تغییرات زمانی آنیون‌ها در سراب نیلوفر ۶۲
- شکل ۴-۲۷- تغییرات زمانی غلظت بی‌کربنات با هدایت الکتریکی سراب نیلوفر..... ۶۴
- شکل ۴-۲۸- تغییرات زمانی سولفات با هدایت الکتریکی سراب نیلوفر..... ۶۴
- شکل ۴-۲۹- تغییرات زمانی سدیم با هدایت الکتریکی سراب نیلوفر..... ۶۵
- شکل ۴-۳۰- تغییرات زمانی کلر با هدایت الکتریکی سراب نیلوفر..... ۶۵

- شکل ۴-۳۱- تغییرات زمانی منیزیم با هدایت الکتریکی سراب نیلوفر..... ۶۵
- شکل ۴-۳۲- تغییرات زمانی کلسیم با هدایت الکتریکی سراب نیلوفر ۶۵
- شکل ۴-۳۳- رابطه بین کل مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی در سراب نیلوفر ۶۶
- شکل ۴-۳۴- تغییرات زمانی سدیم به مجموع کاتیون‌ها در سراب نیلوفر ۶۷
- شکل ۴-۳۶- تغییرات سدیم به مجموع کاتیون‌ها با هدایت الکتریکی ۷۱
- شکل ۴-۳۷- تغییرات کلر به مجموع آنیون‌ها با هدایت الکتریکی..... ۷۱
- شکل ۴-۳۸- تغییرات کلر به مجموع آنیون‌ها با دبی ۷۱
- شکل ۴-۴۰- تغییرات زمانی شاخص‌های اشباع کلسیت و دولومیت سراب نیلوفر..... ۷۳
- شکل ۴-۴۱- تغییرات زمانی شاخص‌های اشباع ژپس و هالیت سراب نیلوفر..... ۷۴
- شکل ۴-۴۲- نمودار ویلکاکس سراب نیلوفر..... ۷۶
- شکل ۴-۴۳- نمودار پایپر سراب نیلوفر..... ۷۷
- شکل ۴-۴۴- نمودار شولر سراب نیلوفر..... ۷۸
- شکل ۴-۴۵- نقشه هدایت الکتریکی دشت‌های مجاور سراب نیلوفر..... ۸۱
- شکل ۴-۴۶- نقشه سدیم دشت‌های مجاور سراب نیلوفر..... ۸۲
- شکل ۴-۴۸- دیاگرام پایپر آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر..... ۸۶
- شکل ۴-۴۹- دیاگرام شولر آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر..... ۸۷
- شکل ۴-۵۰- نمودار ویلکاکس آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر..... ۸۹
- شکل ۴-۵۱- ارزیابی نسبت $[\text{SO}_4^{-2}] / [\text{HCO}_3^{-}]$ با $[\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}] / [\text{HCO}_3^{-}]$ ۹۱
- شکل ۴-۵۲- ارزیابی نسبت $[\text{SO}_4^{-2}] / [\text{HCO}_3^{-}]$ با $[\text{Cl}] / [\text{HCO}_3^{-}]$ ۹۲
- شکل ۴-۵۳- شاخص‌های اشباع کلسیت و دولومیت سراب نیلوفر و چاه‌های مجاور..... ۹۳
- شکل ۴-۵۴- شاخص‌های اشباع هالیت و ژپس در سراب نیلوفر و چاه‌های مجاور..... ۹۵

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت ماهانه در ایستگاه کرمانشاه	۴
جدول ۱-۲- طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس رابطه دوماتون	۵
جدول ۴-۱- تغییرات برخی پارامترهای اقلیمی در منطقه مورد مطالعه	۵۲
جدول ۴-۲- چاه‌های مجاز حفر شده در منطقه و میزان برداشت از آنها	۵۴
جدول ۴-۳- مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل سراب نیلوفر.....	۵۵
جدول ۴-۴- غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی سراب نیلوفر.....	۶۳
جدول ۴-۵- سایر پارامترهای محاسبه شده در سراب نیلوفر.....	۶۸
جدول ۴-۶- طبقه‌بندی آب‌ها بر اساس سختی کل (Todd 1980).....	۶۹
جدول ۴-۷- شاخص‌های اشباع کلسیت، دولومیت، ژیپس و هالیت سراب نیلوفر.....	۷۲
جدول ۴-۸- شاخص‌های اشباع کلسیت، دولومیت، ژیپس و هالیت دشت‌های مجاور	۸۰
جدول ۴-۱۰- سایر پارامترهای محاسبه شده در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر.....	۸۱
جدول ۴-۱۱- غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر.....	۸۲

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسأله

سنگ‌های کربناته (آهک و دولومیت) به خصوص سنگ‌های آهکی، سفره‌های کارستی مهمی را تشکیل می‌دهند. امروزه سفره‌های کارستی آب شرب مورد نیاز حدود ۲۵ درصد از جمعیت جهان را فراهم می‌آورند (Ford and Williams 1989). مناطق کارستی بیش از ۱۱ درصد سطح کشور ما را پوشش می‌دهند (افراسیابیان ۱۳۷۷) و با عنایت به نقش مؤثر آنها در تأمین آب شرب که با کیفیت بسیار خوبی نیز همراه می‌باشد، انجام مطالعات جامع در این منابع، جهت شناخت هر چه بیشتر و بهره‌برداری صحیح از آنها حائز اهمیت فراوان می‌باشد.

سراب نیلوفر در ۲۵ کیلومتری شمال غرب کرمانشاه قرار گرفته است. در سال‌های اخیر خشکسالی‌های به وجود آمده در منطقه و نیز نیاز روزافزون به منابع آبی جدید، سبب حفر بی‌رویه چاه‌ها شده است. در نتیجه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه به شدت افزایش یافته و سبب شده است تا سطح آب در بسیاری از سراب‌های استان کرمانشاه (از جمله سراب نیلوفر) به طور قابل توجهی پایین بیفتد و باعث کاهش آبدهی این سراب‌ها شده است. در سیستم‌های کارستی افشان احتمال تخلیه بخشی از آب به داخل آبرفت‌های مجاور وجود دارد. بنابراین با مطالعه خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی آبخوان کارستی و آبرفت‌های مجاور، می‌توان وجود یا عدم وجود

ارتباط هیدرولیکی بین توده کارستی و آبرفت‌های مجاور را مشخص نمود و در نهایت، عوامل مؤثر در کاهش دبی آب خروجی از کارست را مشخص نمود.

تاکنون مطالعه جامعی در مورد خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروشیمیایی آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر و همچنین دلایل کاهش آبدهی سراب نیلوفر صورت نگرفته است. بنابراین، در این تحقیق شناخت خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروشیمیایی آبخوان کارستی مد نظر بوده، تا بتوان بر اساس نتایج بدست آمده به دلایل اصلی کاهش آبدهی سراب نیلوفر پی برد.

۱-۲- هدف از انجام تحقیق

با توجه به کاهش چشمگیر سطح آب در بسیاری از سراب‌های استان کرمانشاه (برای مثال سراب نیلوفر) در سال‌های اخیر، هدف اساسی از انجام این تحقیق بررسی عوامل اصلی کاهش سطح آب و در نتیجه کاهش دبی سراب نیلوفر می‌باشد. برای این منظور، ضمن بررسی وضعیت بیلان آبی در گستره کارستی مورد نظر (حوضه کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر) برای شناسایی وجود یا عدم وجود ارتباط هیدرولیکی بین محدوده کارستی موجود در منطقه و آبرفت‌های مجاور آن، لازم است که وضعیت هیدروژئولوژیکی و هیدروشیمیایی آبخوان‌های آبرفتی مذکور مورد مطالعه قرار گیرد.

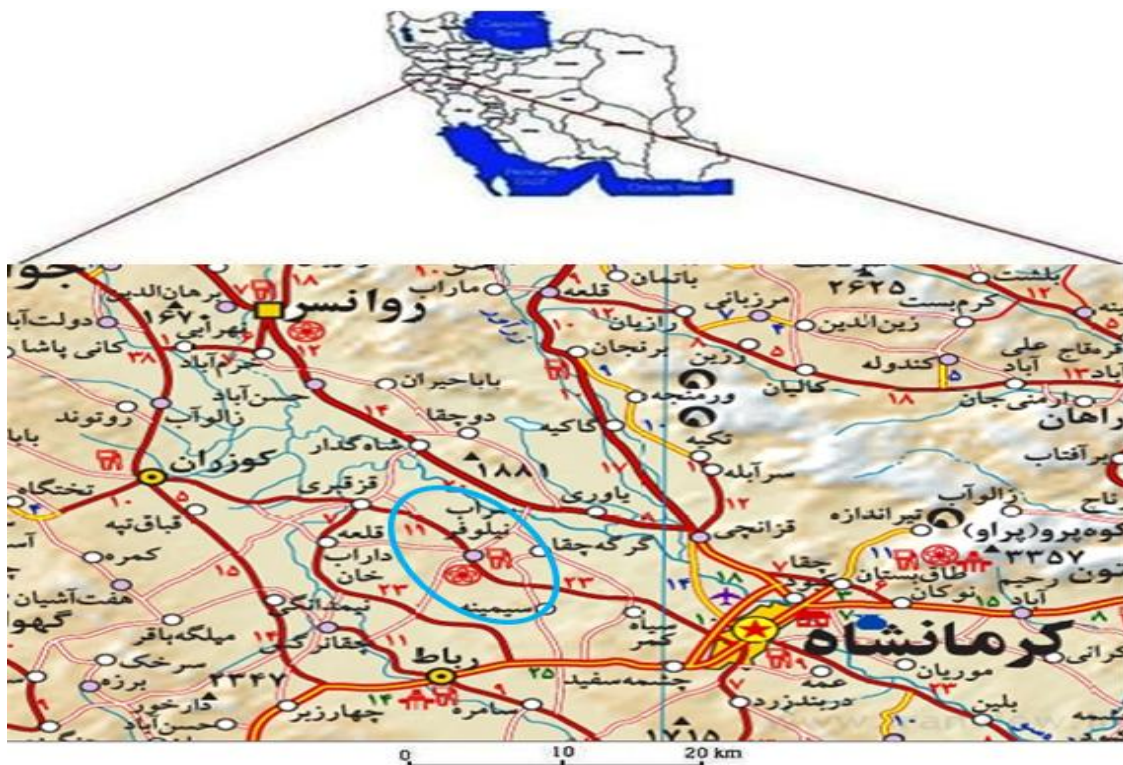
۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، سراب نیلوفر، در ۲۵ کیلومتری شمال غرب شهر کرمانشاه واقع شده است. سراب نیلوفر که در مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است، در دامنه کوه کوماجار واقع شده است. جاده‌ی دسترسی به این چشمه از طریق محور کرمانشاه به دهستان کوزران سنجایی و یا از طریق جاده اصلی به روانسر و پس از پل رودخانه مرگ می‌باشد. سراب نیلوفر دقیقاً در محل برخورد دو زون مهم ساختمانی ایران، یعنی زون زاگرس مرتفع (خرد شده) در قسمت شمال شرقی و زون زاگرس چین خورده در جنوب غربی ایجاد

شده است. شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن را نشان می‌دهد.

۱-۴- آب و هوای منطقه مورد مطالعه

نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد مطالعه ایستگاه کرمانشاه می‌باشد. اطلاعات مربوط به بارندگی و درجه حرارت ماهانه این ایستگاه در جدول (۱-۱) ارائه شده است. بر اساس اطلاعات مندرج در این جدول، میزان بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه حدود ۴۳۵ میلی‌متر می‌باشد. همچنان که از جدول (۱-۱) ملاحظه می‌شود، بیشترین میزان بارندگی ماهانه مربوط به اسفند ماه برابر با ۷۱/۱ میلی‌متر و کمترین بارش‌ها مربوط به ماه‌های تیر و مرداد با ۰/۶ میلی‌متر می‌باشد. همچنین ملاحظه می‌شود که متوسط درجه حرارت سالانه در منطقه مورد مطالعه حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بیشترین درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه مربوط به مرداد ماه، با متوسط ۲۹ درجه سانتی‌گراد و کمترین آن مربوط به دی‌ماه با ۲/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.



شکل ۱-۱- منطقه جغرافیایی مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن

برای تعیین اقلیم منطقه مورد مطالعه، از طبقه بندی اقلیمی دمارتون (De Martonne) استفاده شده است. دمارتن جهت تعیین اقلیم فرمول زیر را پیشنهاد نموده است:

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad \text{معادله (۱-۱)}$$

که در آن P متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر) و T متوسط دمای سالانه (°C) است. گرچه در معادله دمارتن (معادله ۱-۱) عامل تبخیر حذف شده است، اما تبخیر نیز خود در ارتباط با دمای هوا بوده و افزایش آن باعث افزایش تبخیر می‌گردد. بنابراین زیاد بودن I ممکن است یا به دلیل پایین بودن دما یا بالا بودن بارندگی باشد.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و دمای ماهانه در ایستگاه کرمانشاه در یک دوره ۲۵ ساله (منبع: اداره هواشناسی کرمانشاه)

زمان (ماه)	متوسط درجه حرارت ماهانه (°C)	بارندگی ماهانه (میلی‌متر)
فروردین	۱۱/۶۰	۵۸
اردیبهشت	۱۶/۷۰	۴۰/۹۰
خرداد	۲۳	۰/۲۳
تیر	۲۸	۰/۶۰
مرداد	۲۹/۱۰	۰/۶۰
شهریور	۲۴/۶۰	۱/۲۰
مهر	۱۸/۸۰	۱۶/۲۰
آبان	۱۱/۸۰	۵۹
آذر	۵/۷۰	۶۳/۲۰
دی	۲/۳۰	۶۳/۰۴
بهمن	۲/۴۰	۶۰/۸۰
اسفند	۶/۸۰	۷۱/۱۰
سالانه	۱۵/۰۶	۴۳۵

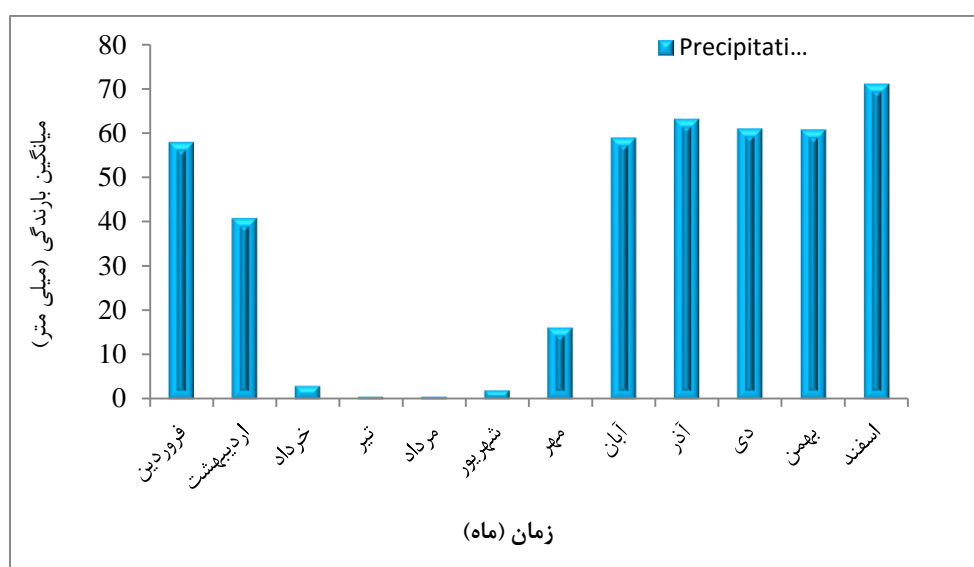
مقدار ضریب (I) برای ایستگاه کرمانشاه در حدود ۱۷/۳۵ می‌باشد. با استفاده از جدول (۱-۲)

ملاحظه می‌شود که اقلیم منطقه از نوع نیمه خشک سرد می‌باشد. بر اساس فرمول دمارتن شش نوع

آب و هوا به شرح زیر طبقه بندی شده‌اند.

جدول ۱-۲- طبقه بندی اقلیمی بر اساس رابطه دمارتون (علیزاده ۱۳۸۴)

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتون (I)
خشک	کوچکتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵



شکل ۱-۲- میانگین بارندگی ماهانه ایستگاه کرمانشاه

۱-۵- منابع آبی منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه با توجه به وضعیت توپوگرافی و جغرافیایی خاص دارای منابع آب متعددی می باشد. از مهمترین منابع تأمین کننده آب مصرفی این استان می توان به چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها اشاره کرد. مهمترین مخازن آب این استان عمدتاً در سازندهای سخت متشکل از واحدهای آهکی و سازندهای سست متشکل از واحدهای مربوط به کواترنر قرار دارند (خاتمی و شایگان ۱۳۸۳). وجود سراب‌های فراوان در استان کرمانشاه به دلیل وجود سازندهای سخت بوده، که در طی دوران‌های زمین‌شناسی

ترکیبات آهکی موجود در این تشکیلات دچار فرآیند انحلال شده است. در اثر پدیده انحلال یکسری مجاری انحلالی و درز و شکاف‌های کوچک و بزرگ در این تشکیلات ایجاد شده و شرایط لازم برای راهیابی آب‌های زیرزمینی را به سطح زمین فراهم نموده‌اند. در این استان بالغ بر ۶۰ سراب وجود داشته که برخی از آنها دائمی هستند. همچنین در این استان حدود ۹۷۹۲ حلقه چاه در حال بهره‌برداری با حدود ۱۰۸۲ میلیون مترمکعب حجم برداشت، تعداد ۸۹۴ دهنه چشمه با حجم تخلیه ۸۱۳ میلیون مترمکعب و ۲۵۱ رشته قنات با حجم تخلیه ۵۴ میلیون مترمکعب وجود دارد. در این استان حجم کل آب مصرفی سالیانه از منابع سطحی و زیرزمینی تقریباً معادل ۲۰۷۸/۵ میلیون مترمکعب برآورد گردیده است. که از این میزان برداشت در حدود ۸۸ درصد آن برای مصارف کشاورزی، ۱۰ درصد آن برای مصارف شرب و در حدود ۲ درصد آن نیز در بخش صنعت مصرف می‌شود. در طی سالیان اخیر با توجه به کاهش میزان بارندگی‌ها و رشد و توسعه کشاورزی و صنعت، آب‌های سطحی جوابگوی نیازها نبوده و بیشتر حجم آب مورد نیاز از آب‌های زیرزمینی برداشت می‌شود (قمرنیا و همکاران ۱۳۸۸).



شکل ۱-۳- نمایی از سراب نیلوفر در فصل زمستان

۱-۶- سراب نیلوفر

یکی از منابع مهم آبی در بخش‌های میانی و عمدتاً غربی کشور از جمله استان کرمانشاه، وجود سراب‌ها بوده که ارزش بسزایی در تغذیه آب‌های جاری و تشکیل رودخانه‌ها دارند. تاکنون در خصوص سراب‌های موجود در استان کرمانشاه که به دلیل سازندهای موجود در منطقه از نظر تعداد بسیار زیاد می‌باشند، توجه لازم صورت نگرفته است و یا به طور بسیار محدود مورد شناسایی مکانی قرار گرفته‌اند. علت نامگذاری این سراب به سراب نیلوفر، رویش گل زیبای نیلوفر در فصل تابستان بر روی سطح دریاچه می‌باشد که جاذبه‌های بسیار زیبایی را ایجاد نموده و آن را تبدیل به یک منطقه‌ی تفریحی و توریستی نموده است. این چشمه دقیقاً در محل برخورد دو زون مهم ساختمانی ایران، یعنی زون زاگرس مرتفع (خرد شده) در شمال شرق و زون زاگرس چین خورده در جنوب غرب می‌باشد.



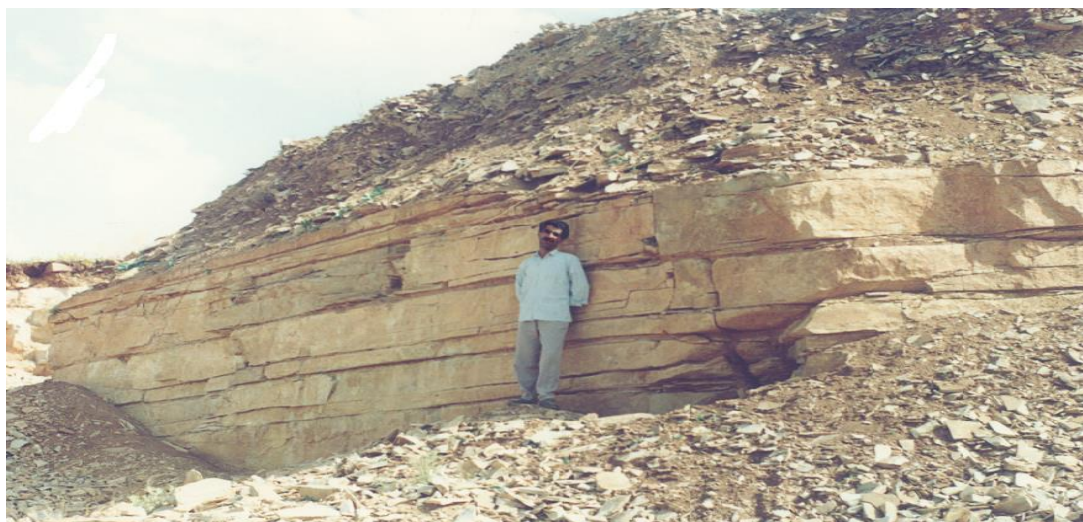
شکل ۱-۴- نمایی از سراب نیلوفر از بالا دست (دید به سمت شمال)

۱-۷- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در سه بخش زمین‌شناسی عمومی، چینه‌شناسی و ساختمانی بررسی شده است، که به طور اختصار به آنها اشاره می‌شود.

۱-۷-۱- زمین‌شناسی عمومی

با نظری اجمالی به وضعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه مشخص می‌گردد که زمین‌شناسی این منطقه چندان دارای تنوع نبوده و بخش‌های کوهستانی به طور عمده از لایه‌های آهکی همراه با مارن دوران دوم زمین‌شناسی تشکیل شده که به دلیل قرار گرفتن در محیط فعال تکتونیکی شدیداً خرد شده، دارای درز و شکاف فراوان می‌باشد. در این منطقه واحدهای سنگی تریاس تا عهد حاضر همراه با بعضی از نبوده‌های رسوبی دیده می‌شوند. واحدهای سنگی تریاس، ژوراسیک و نئوکومین-آپتین تنها در محدوده سنندج-سیرجان، یعنی در داخل مجموعه سنگ‌های آهکی بیستون و رادیولاریت‌ها دیده می‌شوند. منطقه مورد مطالعه در زاگرس مرتفع واقع شده است. مشخصه اصلی زاگرس مرتفع وجود آهک‌هایی موسوم به آهک‌های بیستون و رادیولاریت‌ها می‌باشد، که عمدتاً گسلی هستند و از لحاظ ژئومورفولوژیکی دارای پرتگاه‌های گسلی می‌باشند. ویژگی بارز زاگرس چین‌خورده وجود تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متوالی و منظم با راستای محوری شمال‌غرب به جنوب‌شرق می‌باشد. به طور معمول و با درصد بالا کنتاکت یا همبری دو زون فوق با رخنمون رادیولاریت‌ها در مجاورت آهک‌های کرتاسه که معادل آهک‌های ایلام می‌باشند، و یا آهک‌هایی که معادل بخش مارنی و آهک‌های موسوم به امام حسن سازند گورپی قابل تشخیص است. چشمه نیلوفر به طور مشخص در محل همبری سازند با لیتولوژی آهک مارنی سفید رنگ و بافت دانه ریز با رادیولاریت‌ها دیده می‌شود. همبری این دو نیز گسلی می‌باشد.



شکل ۱-۵- آهک‌های با لایه‌بندی منظم سازند سروک در محل سراب نیلوفر

۱-۷-۲- چینه شناسی منطقه

شکل (۱-۶) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس این نقشه، واحدهای سنگی منطقه به شرح زیر می‌باشند:

الف) رادیولاریت‌های کرمانشاه

این واحد در منطقه دارای گسترش نسبتاً زیادی می‌باشد و عمدتاً از رادیولاریت‌ها با میان‌لایه‌های مارنی و آهک سیلیسی به رنگ قرمز متمایل به بنفش با لایه‌بندی خوب، تشکیل شده است. رادیولاریت‌های کرمانشاه به صورت نواری به عرض متوسط ۱۵ کیلومتر در قسمت شمالی ناحیه چین‌خورده زاگرس و با امتداد شمال‌غربی - جنوب‌شرقی قرار دارد که بر روی زاگرس چین‌خورده رانده شده است. به علت تحمل فشارهای تکتونیکی، چین خوردگی‌های زیادی در آن ایجاد شده است. فسیل‌های رادیولر در این بخش به وفور یافت می‌شود. رخساره‌ی قرمز و تپه‌ماهوری بودن آن و همچنین خصوصیات لیتولوژیکی و وجود فسیل‌های رادیولر فراوان برای تشخیص آن مورد استفاده قرار می‌گیرند. سن این سازند ژوراسیک بالایی تا کرتاسه پایینی می‌باشد. قسمت عمده‌ای از سنگ‌کف دشت کرمانشاه - میان‌دریوند و سنجابی از این سازند تشکیل شده است.

ب) سازند میشان

این واحد سنگی شامل شیل‌های رادیولردار به رنگ قرمز، بنفش و زرد با لایه‌بندی خیلی ظریف است. در این واحد، درون لایه‌های فراوانی از مارلستون‌های رادیولردار قرمز رنگ نازک لایه و سنگ‌های آهکی خاکستری ریز تا درشت‌دانه، نازک تا ضخیم لایه، دارای نوارها و گرهک‌های فراوان چرت، پلت و الیت دیده می‌شود. در سنگ‌های آهکی این واحد رخساره‌های پل‌اسپارایت و بایومیکرایت تا بایواسپارایت و نیز فسیل‌های بنتیک دیده می‌شوند. سن این سازند میوسن می‌باشد.

پ) سازند سروک

این واحد قدیمی‌ترین تشکیلاتی است که در این منطقه برونزد دارند. سازند سروک یک سازند آهکی می‌باشد و دارای دو رخساره کم‌عمق و عمیق می‌باشد. رخساره عمیق آن دارای آهک‌های لایه نازک دانه‌ریز و تیره رنگ، حاوی میکرو فسیل‌های پلانکتونی فراوان می‌باشد. این واحد در قسمت‌های شمالی دشت ماهیدشت (کوه سفید) و قسمت غربی روستای تیران (کوه سیاه‌رنگ) برونزد دارد و به علت تحمل فشارهای تکتونیکی این تشکیلات، دارای سیستم درزه‌ها و پدیده‌های کارستی فراوانی می‌باشد. این سازند توسط رسوبات فلیشی سازند امیران پوشیده شده است.

ت) سازند امیران

این سازند بیشتر در قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه یعنی در دامنه جنوبی دره ماهیدشت دیده می‌شود که در زیر رسوبات ترسیر تله‌زنگ قرار دارد. این سازند از فرسایش شدید و سریع توده‌های افیولیتی و رادیولاریتی که در اثر فاز کوهزایی لارامید به صورت ارتفاعی در آمده‌اند تشکیل شده است. قسمت عمده‌ای از سنگ کف دشت ماهیدشت بخصوص در قسمت جنوب‌غربی آن از این سازند تشکیل شده است. این سازند در مسیر جاده ماهیدشت به اسلام‌آباد و دره کاشنبه برونزد دارد. این تشکیلات عمدتاً از رسوبات آواری مارنی به رنگ خاکستری تیره متمایل به سبز با میان‌لایه‌های آهکی و آهک مارنی تشکیل شده و سن آن مربوط به ماستریشتین بالایی است.

ث) سازند ایلام

سازند ایلام به دو صورت رخساره عمیق و کم‌عمق دیده می‌شود. برش الگوی این سازند نشان دهنده رخساره‌های عمیق است، سازند ایلام شامل آهک‌های رسی دانه‌ریز پلاژیک، خاکستری رنگ با لایه‌بندی منظم و میان‌لایه‌های نازک شیل می‌باشد. سن این سازند سانتونین - کامپانین است. وجود قلوه‌های درشت هماتیت در پایه بُرش الگو، نشان دهنده ناپیوستگی رسوبی است که ممکن است به سازند سروک و یا سورگاه شبیه باشد. ولی مرز بالایی آن با سازند گورپی انطباق بیشتری

دارد. رخساره‌های کم‌عمق سازند ایلام در نواحی فارس و خوزستان، گسترش دارد که شامل سنگ‌های آهکی است که همچنان سن سانتونین تا کامپانین دارد. در برخی نقاط می‌توان ارتباط بین انگشتی دو رخساره پلاژیک و کم‌عمق سازند ایلام را دید.

ج) سازند آغاچاری

این سازند در منطقه مورد مطالعه دارای گسترش زیادی بوده و در واقع، قسمت اعظم دشت‌های منطقه از این رسوبات تشکیل شده است. گسترش این رسوبات از نظر عمق و وسعت قابل ملاحظه بوده و بر اساس مقاطع ژئوفیزیک و حفاری‌های انجام شده در منطقه، بیشترین عمق آبرفت مربوط به قسمت‌های مذکور دشت سنجابی و میان‌دربند می‌باشد. در دره ماهیدشت بخصوص قسمت‌های جنوبی و شرقی دشت درصد مواد دانه‌ریز در آبرفت نسبتاً بالا بوده و جنس ذرات تشکیل دهنده آن نسبتاً یکنواخت می‌باشد، ولی در دشت‌های دیگر منطقه جنس آبرفت‌ها از تنوع و گوناگونی فراوانی برخوردار می‌باشد، که دلیل آن این است که آبرفت ایجاد شده نتیجه تجزیه و تخریب تشکیلات متنوعی است که در حوضه آنها وجود دارد. دره‌های اصلی این منطقه از رسوبات آبرفتی آرژیلیتی ماسه‌ای و تا اندازه‌ای ریزدانه پر شده‌اند که ممکن است دارای ضخامت زیادی باشند، زیرا خاستگاه آنها از راندگی‌های رادیولاریتی-افیولیتی و فلیش‌های ترسیر است. این آبرفت‌ها به علت دانه‌بندی مناسبی که برای نفوذ آب در داخل خود می‌باشند، معمولاً دارای ذخایر آب زیرزمینی با ارزش می‌باشند و تعداد زیادی چاه بهره‌برداری از آب زیرزمینی در آنها حفر شده و اغلب به عنوان زمین کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

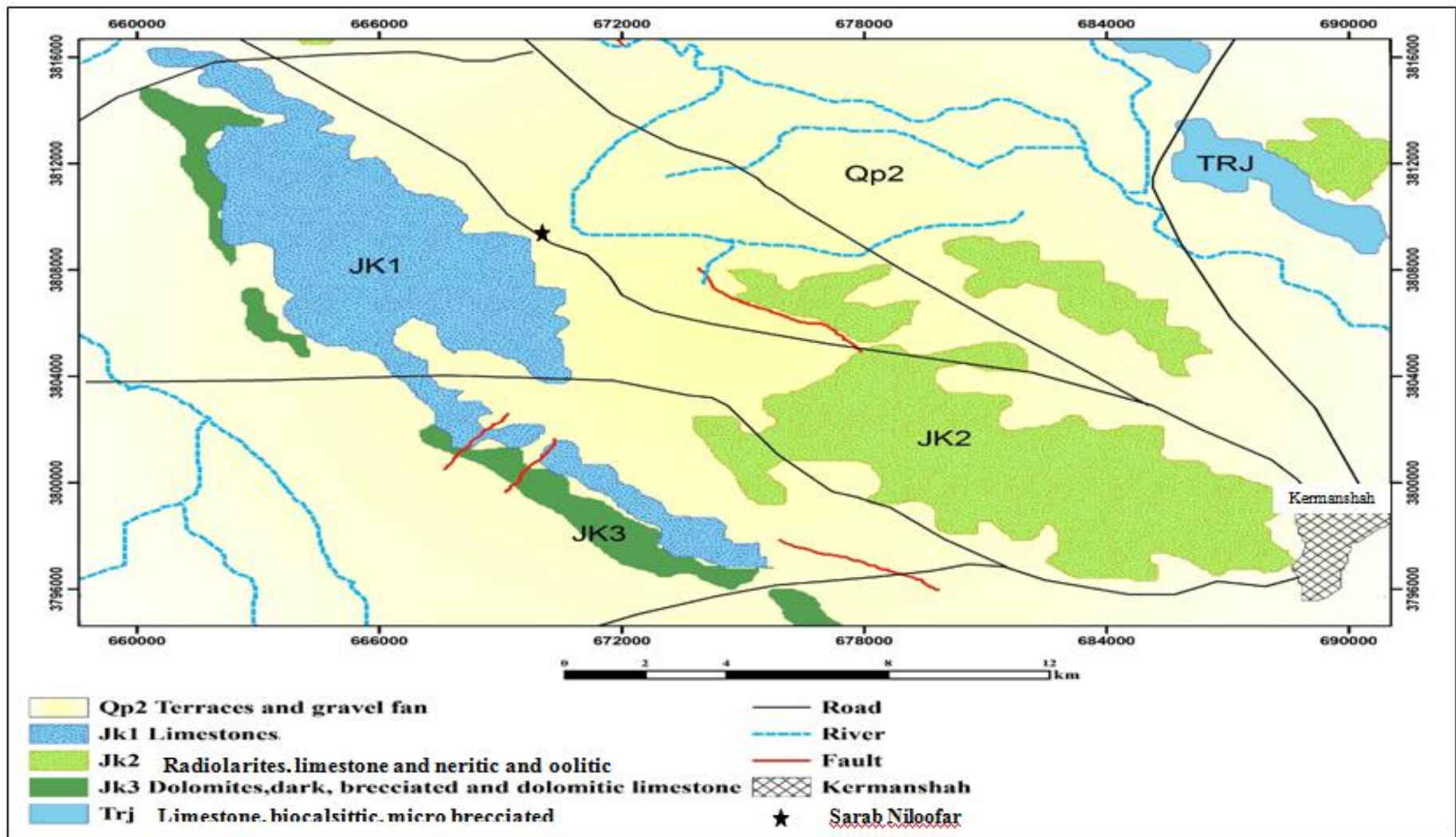
ج) سازند گورپی

این واحد شامل مارلستون و چرت‌های رادیولردار قرمز، زرد و سبزرنگ و نازک‌لایه است. در مارلستون‌های آن فسیل‌های پلانکتون دیده می‌شود. در این واحد درون لایه‌های فراوانی از سنگ‌های آهکی به رنگ خاکستری روشن تا تیره، زرد، قرمز و سفید، ریز دانه تا متوسط دانه و گاهی همراه دانه‌های گلوکونی، در بعضی افق‌ها دارای باندها و گرهک‌های چرت و در بعضی افق‌ها برشی وجود

دارد. رخساره‌های بایومیکرایت تا بایوپلمیکرایت و همچنین فسیل‌های بنتیک و پلاژیک در این واحد دیده می‌شود. سن این واحد کرتاسه پسین می‌باشد. سراب نیلوفر در محل همبری دو واحد آهک مارنی ریزدانه که دارای لایه‌بندی خوب و منظم بوده و رادیولاریت‌های کرمانشاه که به صورت نواری به عرض متوسط ۱۵ کیلومتر در قسمت شمالی ناحیه چین‌خورده زاگرس که دارای امتدادی به صورت شمال‌غربی - جنوب‌شرقی قرار دارد ایجاد شده است.

۱-۷-۳ - زمین‌شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه

همانطور که قبلاً نیز گفته شد، با نظری اجمالی به وضعیت زمین‌شناسی استان مشخص می‌گردد که زمین‌شناسی استان کرمانشاه چندان دارای تنوع نبوده و بخش‌های کوهستانی آن به طور عمده از لایه‌های آهکی همراه با مارن دوران دوم زمین‌شناسی تشکیل شده، که به دلیل قرار گرفتن در محیط فعال تکتونیکی شدیداً خرد شده و دارای درز و شکاف فراوان می‌باشد. هر چه فعالیت‌های راندگی که در این منطقه به تناوب صورت گرفته است، باعث پیدایش ساختمان‌های دوپلکس کوچک و بزرگ مقیاس، در زمان‌های مختلف شده است. افزایش ضخامت میانگین لیتوسفر در محدوده سنندج - سیرجان به میزان ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر، می‌تواند ناشی از راندگی‌های متعدد در این محدوده باشد. فعالیت‌های کوهزایی تاکنون نیز ادامه داشته است. در واقع لرزه‌خیزی ناحیه کرمانشاه بیانگر کاری بودن تکتونیک ناحیه می‌باشد. گستره استان کرمانشاه را می‌توان به دو زیرپهنه سنندج - سیرجان و زاگرس تقسیم کرد، که مرز بین آنها با گسل‌های جوان و لرزه‌زای مروارید و صحنه مشخص می‌شود. بخش بیشتر مساحت استان کرمانشاه که در جنوب گسل مروارید - صحنه قرار دارد، دارای خصوصیات رسوبی و ساختاری پایانه شمال باختری زاگرس می‌باشد. مرز بین این دو پهنه چندان آشکار نیست و به نظر می‌رسد که گذر از زاگرس مرتفع (اطراف شهر کرمانشاه) به زاگرس چین‌خورده تدریجی است، ولی الگوی ساختاری این دو زیر پهنه دارای تفاوت‌های آشکاری با هم می‌باشد.



شکل ۱-۶- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

۱-۸- ژئومورفولوژی منطقه

به طور کلی در منطقه مورد مطالعه چهار نوع مورفولوژی مشاهده می‌شود که در زیر به اختصار به شرح آنها می‌پردازیم:

۱-۸-۱- بخش کوهستانی

این مورفولوژی در قسمت میانی منطقه قرار دارد و ارتفاعات شمالی شهر کرمانشاه و حاشیه شمالی دشت‌های کرمانشاه، میان‌دربند و سنجابی را به وجود آورده است. این بخش عمدتاً از آهک‌های ضخیم‌لایه تا توده‌ای تشکیلات بیستون تشکیل شده است. به علت تحمل فشارهای تکتونیکی و راندگی‌های ایجاد شده در آن، دارای قلّه‌های مرتفع صخره‌ای و دیوارمانند می‌باشد. کوه‌های پرآو با ارتفاع ۳۳۵۷ متر، کوه رویین با ارتفاع ۲۸۸۲ متر و کوه خورین با ارتفاع ۲۴۶۱ متر، جزء این واحد مورفولوژیکی می‌باشند. وجود دره‌های خشک و عمیق، غارها، دولین‌ها و کارن‌ها نشان دهنده پیشرفت پدیده کارستی شدن در این بخش می‌باشد.

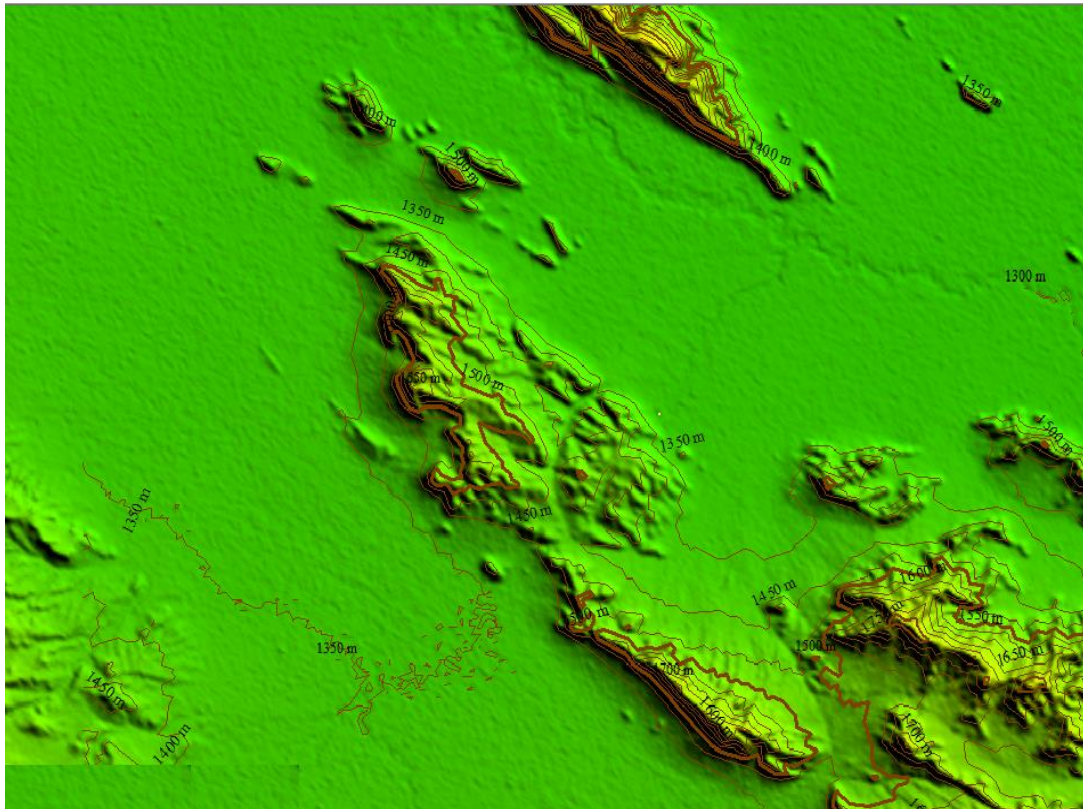
۱-۸-۲- بخش تپه ماهوری

این بخش بیشتر از رادیولاریت‌ها، توده‌های جریان‌ی آذرین و رسوبات فلیشی تشکیل شده است. از خصوصیات مورفولوژیکی این بخش می‌توان به وجود دامنه‌های ملایم با دره‌های شیاری اشاره کرد. وجود میان‌لایه‌های آهکی و یا توده‌های نفوذی آذرین، باعث ایجاد برجستگی‌های صخره‌مانند در این تپه‌ماهورها شده است.

۱-۸-۳- دشت‌ها

این واحد در منطقه گسترش نسبتاً زیادی داشته و قسمت‌های مسطح و کم ارتفاع منطقه را به وجود آورده است. این بخش در منطقه شامل پادگانه‌های آبرفتی قدیمی، مخروط‌افکنه‌ها، آبرفت‌های جوان میان‌دشتی، واریزه‌ها و تراس‌های رودخانه‌ای می‌باشد.

رودخانه قره‌سو که از به هم پیوستن رودخانه مرگ (شاخه جنوبی)، رودخانه گراب (شاخه غربی) و رودخانه رازآور (شاخه شمالی) ایجاد شده است به علت شیب کم بستر، با مسیر پر پیچ و خمی در قسمت مرکزی دشت‌های موجود در منطقه جاری است. شکل (۱-۷) نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



۱-۸-۴- سراب‌ها

به علت گسترش سنگ‌های آهکی و توسعه کارست در این منطقه یکسری چشمه‌های کارستی پرآبی به وجود آمده است، که در منطقه معروف به سراب می‌باشند. در منطقه مورد مطالعه سراب‌ها بخش عمده‌ای از آب رودخانه قره‌سو را تشکیل داده‌اند. از جمله این سراب‌ها می‌توان به سراب‌های نیلوفر، روانسر، خضر زنده، طاق بستان و خضر الیاس اشاره کرد. وجود دریاچه‌ها و تالاب‌ها در مظهر اغلب این سراب‌ها، زیستگاه مناسبی را برای جانوران و گیاهان در این منطقه فراهم آورده است.

۱-۹- هیدرولوژی منطقه

بر اساس تقسیم‌بندی مطالعات طرح جامع آب کشور، منطقه مورد مطالعه جز زیرحوضه قره‌سو به شمار می‌رود. رودخانه‌های این حوضه از سراب روانسر شروع می‌شوند و در محل دوآب (پل شاهگذار) به قره‌سو می‌پیوندند. قبل از رسیدن این رودخانه به کرمانشاه، رودخانه رازآور که از دشت بیلوار و کامیاران سرچشمه گرفته است به قره‌سو می‌پیوندد. میزان آبدهی سالانه رودخانه قره‌سو حدود ۲۸۹ میلیون متر مکعب می‌باشد. زیرحوضه‌های قره‌سو، قسمت‌هایی از استان کردستان و استان کرمانشاه را پوشش می‌دهد. رودخانه گاماسیاب نیز شاخه اصلی و عمده‌ی رود سیمره است که از دامنه شمالی و شرقی نهاروند سرچشمه گرفته، سپس وارد استان کرمانشاه شده و خرم رود در منطقه کنگاور، به آن وارد می‌شود. میزان آبدهی سالانه این رود حدود ۱۰۸۱ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. این رود پس از عبور از شهر صحنه و پیوستن آب سراب صحنه به آن، در دشت چمچال به طرف بیستون جاری شده و در این منطقه رود دینور به آن وارد می‌شود. رودخانه گاماسیاب پس از ملحق شدن به رود قره‌سو تشکیل رودخانه سیمره را داده و پس از آن وارد استان لرستان می‌شود.



شکل ۱-۷- حوضه آبریز قره‌سو و رودخانه‌های آن

کل وسعت دشتهای زیرحوضه قرهسو ۲۴۴۲۰۵ هکتار است که معادل ۹/۸ کل مساحت استان می‌باشد. دشتهای مهم این محدوده شامل ماهیدشت، دشت سنجابی، دشت کامیاران و دشت کرمانشاه می‌باشند. این دشتهای دارای شیبی در حدود ۰/۵ تا یک درصد می‌باشند و رودخانه‌های آنها دارای زهکشی طبیعی و خیلی ملایم بوده و فاقد پستی و بلندی می‌باشند و در اثر موقعیت خاصی که دارند ذرات رسی بیشتر در آنها رسوب می‌کنند. این ذرات گاهی دارای خاصیت انقباضی و انبساط زیادی در مقابل خشکی و یا رطوبت بوده و باعث می‌شوند، که در اثر خشکسالی شکافها و ترک‌های عمیق و عریض تا عمق حدود یک متر در خاک به وجود آمده و در سطح زمین اشکال شش ضلعی و هشت ضلعی ظاهر می‌شود. رودخانه‌های فرعی گراب، کوتاب و زراب از شمال غربی و غرب حوضه آبریز سنجابی سرچشمه گرفته و به رودخانه اصلی قرهسو می‌پیوندند.

۱-۱۰- هیدروژئولوژی حوضه

حدود ۴۹/۷ درصد از سازندهای سخت منطقه مورد مطالعه را تشکیلات کربناته تشکیل می‌دهد. به طور کلی سراسر قسمت شرق و شمال غربی حوضه و همچنین حاشیه شمالی و قسمتی از حاشیه شمال غربی دشت کرمانشاه- میان‌دریند، به وسیله آهک‌های کرتاسه پوشیده شده است. این آهک‌ها در نتیجه حرکات تکتونیکی و فرسایش فیزیکی و شیمیایی دارای شکستگی‌ها و درز و شکاف‌های فراوان در جهات مختلف شده‌اند. در نتیجه آب به راحتی در داخل آنها نفوذ کرده و سبب تشکیل سفره‌های عظیم آهکی شده است، که مقدار قابل توجهی از ذخایر آبی آنها توسط چشمه‌های کارستی منطقه تخلیه می‌گردد. اشکال کارستی زیرزمینی مانند غارها و کانال‌های متعدد نیز در مناطق کوهستانی دیده می‌شوند، که معرف تکامل کارست در منطقه طی دوره‌های گذشته (کواترنر) می‌باشد. تعداد زیادی از آنها به چشمه‌های متعددی ختم می‌شوند، که محل خروج آب‌های کارستی است. این چشمه‌ها در منطقه معروف به سراب می‌باشند. سراب قنبر در دامنه کوه سفید در جنوب شهر

کرمانشاه واقع شده است و بخشی از آب مصرفی کرمانشاه را تأمین می‌نماید. آبدهی این سراب در حدود ۷ لیتر در ثانیه بوده و دارای کیفیت نسبتاً خوبی بوده و برای مصرف شرب استفاده می‌شود. سراب یاوری نیز در نزدیکی روستای قزانچی در مسیر جاده کرمانشاه به روانسر قرار داشته و میزان آبدهی آن در حدود ۲/۵ لیتر در ثانیه، و متوسط هدایت الکتریکی آن حدود ۳۱۵ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. سراب روانسر در داخل شهر روانسر واقع شده است و باعث ایجاد یک منطقه توریستی و گردشگری زیبا در داخل این شهر شده است. میزان آبدهی این سراب حدود ۵ لیتر در ثانیه بوده و آب آن دارای کیفیت مناسبی می‌باشد. سراب سنقر نیز در نزدیکی روستای تازه آباد در مسیر جاده کرمانشاه به سنقر واقع شده است. آب این سراب با سرعت و به صورت فواره مانند خارج می‌شود و زیبایی خاصی را به این سراب می‌دهد. آب این سراب دارای کیفیت بسیار مطلوبی بوده و در فصل زمستان تأمین کننده آب مورد نیاز روستاهای پایین دست می‌باشد. علاوه بر گسترش سازندهای سخت و کربناته در سطح حوضه، مخازن آبرفتی وسیع و نسبتاً غنی در داخل دشت‌های کرمانشاه، میان‌دریوند- سنجابی، روانسر، کامیاران بیلوار و ماهیدشت واقع گردیده است، که بهره‌برداری از آنها توسط چاه، چشمه و قنات صورت می‌پذیرد. این دشت‌ها در مجموع مساحتی در حدود ۹/۸ درصد از کل مساحت استان را در بر می‌گیرند و دارای شیب ۰/۵ تا حدود یک درصد می‌باشند. امتداد این دشت‌ها بیشتر شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشد و غالباً در فواصل بین تاقدیس‌ها و شکستگی‌ها ایجاد شده‌اند. ارتفاع متوسط این دشت‌ها از سطح دریا حدود ۱۳۵۰ متر می‌باشد. در این دشت‌ها میزان کیفیت آب‌های زیرزمینی از حدود ۲۹۰ در محل‌های تغذیه دشت‌های آبرفتی تا ۷۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در محل خروجی دشت در تغییر می‌باشد. با توجه به نقشه‌های هم‌پتانسیل موجود جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در هر دو طرف سراب نیلوفر از آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر به سمت دشت‌های آبرفتی مجاور آن می‌باشد.

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته

۲-۱- مقدمه‌ای در مورد کارست

کارست عبارت است از یک منطقه‌ای با مورفولوژی خاص و با سیستم زهکشی زیرزمینی بسیار بالا، که این ویژگی‌ها در اثر انحلال سنگ‌های با قابلیت انحلال بالا (مانند سنگ‌های آهکی) در آب‌های طبیعی است (Jenning 1985, White 1988, Ford and Williams 1989). بر طبق نظر وایت (White 1988)، واژه‌ی کارست به پهنه‌هایی اطلاق می‌شود که در سنگ‌هایی با قابلیت انحلال بالا پدید آمده‌اند. در این نواحی بر خلاف مناطق آبرفتی آب از درون درز و شکاف سنگ‌ها عبور نموده و پس از طی مسافتی در درون درزها، شکاف‌ها و کانال‌های ایجاد شده درون توده سنگ که در اثر کارست شدگی ایجاد شده‌اند از یک یا چند محل خارج می‌شوند که این محل‌ها، همان چشمه‌های کارستی می‌باشند. این چشمه‌ها معمولاً بیشتر در امتداد سطح اساس فرسایش ظاهر می‌شوند و آب موجود در این سیستم را تخلیه می‌کند. جریان آب زیرزمینی در مناطق کارستی در مقایسه با مناطق غیرکارستی کاملاً متفاوت می‌باشد و نحوه جریان بیانگر خصوصیات هیدروژئولوژیکی در نواحی کارستی می‌باشد.

مطالعات زیادی تاکنون توسط محققان بر روی پهنه‌های کارستی انجام شده است. برای مثال می‌توان به Shuster and White 1971, Jenning 1985, White 1988 اشاره نمود. همه آنها در بررسی‌های خود ذکر کرده‌اند که خصوصیات هیدرولیکی جریان آب زیرزمینی و همچنین عوارض سطحی در نواحی کارستی با مناطق غیر کارستی تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای را شامل می‌شود. آنها همچنین ذکر

کرده‌اند که تمامی خصوصیات ژئومورفولوژیکی و هیدروژئولوژیکی این پهنه‌ها به شکلی وابسته به حضور آب می‌باشد (کرمی ۱۳۷۲).

مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش آبدهی چشمه‌های کارستی عمدتاً شامل کاهش بارندگی سالانه و پایین افتادن سطح آب‌های زیرزمینی دشت‌های مجاور آنها (در نتیجه برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی سفره‌های آبرفتی) و در نتیجه تخلیه آب زیرزمینی از سفره کارستی به داخل سفره‌های آبرفتی مجاور می‌باشد. عوامل فوق‌الذکر به طور مختصر در زیر ارائه می‌شوند:

۲-۲- اثر کاهش بارندگی بر کاهش آبدهی چشمه‌های کارستی

یکی از ویژگی‌های مهم چشمه‌های کارستی وابستگی مستقیم آبدهی آنها با میزان بارندگی در طول سال است، به طوری که در فصل‌های خشک میزان آبدهی آنها کاهش یافته و در فصل‌های مرطوب بر میزان آن افزوده می‌شود. البته این رابطه مستقیم در مورد همه چشمه‌های کارستی یکسان و مشابه نیست. به طوری که در چشمه‌هایی که دارای سیستم افشان می‌باشند، چون آب زیرزمینی از داخل درز و شکاف‌های با بازشدگی کم و باریک آزاد می‌شود، لذا تأثیر بارندگی در آبدهی چشمه با تأخیر ظاهر می‌شود و آبدهی حداقل و حداکثر چشمه در طول زمان به هم نزدیکتر است. ولی در چشمه‌های با سیستم مجرای آب در داخل مجراهای لوله مانند حرکت کرده لذا تأثیر بارندگی خیلی سریعتر در آبدهی چشمه ظاهر می‌شود. تأثیر وسعت حوضه آبرگیر نیز بدین صورت است که هر چه وسعت حوضه آبرگیر کمتر باشد، اثر بارش بر آبدهی آن سریعتر و بیشتر بوده و تفاوت حداقل و حداکثر آبدهی بیشتر خواهد بود (رضایی ۱۳۷۹).

یکی از پارامترهای مهم برای تجزیه و تحلیل آبخوان‌های کارستی بررسی روند تغییرات آبدهی در سراب‌های کارستی، رژیم آبدهی و محاسبه حجم دینامیکی آبخوان کارستی می‌باشد، در واقع پایه و اساس محاسبات بیلان و تعیین پتانسیل آبخوان است (ابراهیمی و زیودار ۱۳۸۸). چگونگی تغییرات

آبدهی چشمه‌ها ارتباط مستقیم با توسعه کارست، وسعت آبخوان و مقدار و نوع بارش دارد. در کشور ایران، پایین بودن میزان باندگی، پراکنش نامناسب آن، تبخیر و تعرق بالا، وجود بادهای موسمی، استفاده بیش از حد از آب‌های زیرزمینی، وقوع خشکسالی‌های اخیر مشکلات زیادی را در زمینه منابع آب بوجود آورده است (قائمی و مهدی‌آبادی ۱۳۸۲).

جاکوبسن و لانگمویر (Jacobsen and Langmuir 1974) به منظور تعیین نوع جریان در دو چشمه افشان و مجرای منطقه‌ی پنسیلوانیای آمریکا به بررسی رابطه موجود بین تغییرات آبدهی چشمه‌ها و بارندگی پرداختند. آنها با توجه به بدهی چشمه‌ها قبل و بعد از بارش و میزان بارندگی، محدوده‌ی حوضه آبگیر چشمه‌ها را مشخص نموده و تأثیر بارش بر بدهی چشمه‌ها را نسبت به زمان بر روی هیدروگراف چشمه‌ها در زمانی که جریان‌های افشان و مجرای سریعاً به بدهی حداکثر می‌رسد نشان دادند. در چشمه مجرای بده بعد از قله‌ی سیلابی سریعاً کاهش یافته، حال آنکه در چشمه افشان این کاهش تدریجی است. کاهش سریع بده در سیستم مجرای ناشی از وجود مجاری بزرگ بوده که آب به سرعت در آنها عبور می‌کند. بر اساس اطلاعات همزمان بده و بارندگی، ۵۰ درصد از میزان دو بارش متوالی در چشمه‌های مجرای پس از ۶ روز و در چشمه‌های افشان بعد از ۶۰ روز تخلیه شده است.

رضایی (Rezaei 2000) رژیم تخلیه چشمه کارستی باغرنجان را مورد بررسی قرار داد. این چشمه کارستی در فاصله حدود ۴۰ کیلومتری شهرستان کازرون در استان فارس قرار دارد و آب بخشی از تاقدیس دشتک که از سازند آسماری- جهرم تشکیل شده را تخلیه می‌کند. وی اظهار داشت که آبدهی چشمه ارتباط مستقیمی با میزان بارندگی دارد. به طوری که بعد از بارش‌های صورت گرفته در فصل زمستان بیشترین مقدار آبدهی چشمه نیز مشاهده می‌شود. و پس از آن دوره خشک به تدریج در این منطقه آغاز شده و آبدهی چشمه نیز به تدریج کاهش یافته است.

قمرنیا و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی رفتار هیدروژئولوژیکی سراب کارستی نیلوفر نسبت به تغییرات بارش و خشکسالی‌های اخیر پرداختند. آنها برای بررسی وضعیت بارش محدوده‌ی مؤثر بر چشمه از آمار بارندگی در دو ایستگاه مرگ، سر فیروزآباد ماهیدشت و مرگ، ماهیدشت استفاده کردند. آنها با توجه به نتایج به دست آمده در خصوص سیستم کارستی، گنجایش مخزن و سایر خصوصیات زمین شناسی و هیدروژئولوژیکی چشمه ذکر کرده‌اند که سراب نیلوفر به طور نسبی دارای مقاومت و پایداری نسبت به تغییرات بارش بوده و به عبارتی دارای یک نوع رژیم پایدار می‌باشد.

اگر بارش غالب به صورت برف و در ارتفاعات رخ دهد، اغلب یخ‌زدگی موجب می‌شود آبدهی در فصل زمستان و اوایل بهار نسبتاً کم باشد. همزمان با گرم شدن هوا و ذوب برف‌ها میزان آبدهی چشمه‌ها زیاد می‌شود. در حالی که اثر باران در مدت کوتاه‌تری روی آبدهی چشمه‌های کارستی ظاهر می‌شود. درصد کمی از حجم آب رگبارها به درون زمین نفوذ می‌کند و با وجود حجم زیاد بارندگی تأثیر کمی بر ذخیره‌ی آب دارد و اثر آن به صورت یک نقطه اوج در منحنی هیدروگراف پدیدار می‌شود. این در حالی است که باران‌های ملایم و مداوم در تغذیه مخزن، نقش مهمی دارند. فاصله مکانی محل وقوع بارندگی در حوضه آبرگیر چشمه کارستی اگر در نزدیکی مظهر چشمه باشد، تأثیر تغذیه آن زودتر دیده می‌شود و فاصله زمانی بین بارندگی و دبی اوج کم می‌شود. ولی چنانچه فاصله فاصله مذکور نسبت به مظهر چشمه کارستی دور باشد زمان تأخیر بین بارندگی و دبی اوج چشمه بیشتر خواهد بود (مصلحی و اتحاد ۱۳۸۴). زیودار و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی تغییرات آبدهی سراب کیو در خرم‌آباد و عوامل مؤثر بر آن پرداختند. حوضه آبرگیر این سراب سازندهای ایلام-سورگام می‌باشد که عمدتاً از سنگ‌های آهکی تشکیل شده است. این چشمه از نوع سرریزی می‌باشد و در نیمه شمالی شهر خرم-آباد قرار گرفته است. آبدهی این سراب به علت این که حوضه آبرگیر آن وسیع نمی‌باشد معمولاً زیاد نبوده و در ماه‌های مهر، آبان، آذر، دی و بهمن خشک می‌شود. آبدهی این سراب از دی‌ماه تا اردیبهشت‌ماه با وجود کاهش بارندگی روند افزایشی دارد. زیرا تغذیه آبخوان آن، توسط ذوب حاصل از

برف ارتفاعات و احتمالاً تغذیه از سازند سروک و سفیدکوه که مرتفع‌تر از سازندهای ایلام- سورگه می‌باشد، باعث تأخیر در افزایش آبدهی چشمه شده است.

رضایی (۱۳۷۹) سازندهای آهکی موجود در کازرون را از نظر پتانسیل منابع آبی مورد بررسی قرار داد. وی گفت آبدهی چشمه‌های موجود در منطقه نشان می‌دهد که تقریباً همه چشمه‌های با آبدهی زیاد از سازند آهکی آسماری- جهرم سرچشمه می‌گیرند. از جمله می‌توان به چشمه‌های ساسان، سید حسین، باغ رنجان، دشت ارژن اشاره نمود. وی گفت تغییرات آبدهی اکثر چشمه‌ها در سازند آسماری و جهرم در طول یک دوره سه ساله نشان می‌دهد که آبدهی چشمه‌ها رابطه نزدیکی با میزان بارندگی داشته و اثر بارندگی با فاصله زمانی کوتاهی در آبدهی چشمه تأثیر می‌گذارد که این مسئله نشانگر توسعه کارست در این سازند می‌باشد. وی گفت در سال‌های اخیر با توجه به کمبود بارش‌ها در منطقه میزان آبدهی چشمه‌های فوق نیز تا حدی کم شده است.

رسولی (۱۳۸۰) اثرات خشکسالی را بر روی منابع آبی کارستی استان خراسان بررسی کرد. وی در مطالعات خود به این نتیجه رسید که با توجه به کاهش بارندگی در سال‌های اخیر میزان آبدهی چشمه‌های کارستی ۴۰ درصد کاهش یافته است. فردریکو (Federico *et al.* 2002) با بررسی‌هایی که در شمال ایتالیا انجام داد ذکر کرد که بین میزان نزولات جوی و مقدار تخلیه چشمه‌های کارستی ارتباط مستقیمی وجود دارد و نوسانات تخلیه آب از چشمه‌های کارستی منعکس کننده‌ی دوره‌های کم یا زیاد ریزش‌های جوی می‌باشد.

سامانی (Samani 2001) مطالعاتی در خصوص پاسخ سفره‌های کارستی حوضه مهارلو نسبت به بارندگی انجام داده است. وی اظهار نموده است که تقریباً تمام آب موجود در یک سفره کارستی به طور معمول از طریق چشمه‌های کارستی خارج می‌شود. وی همچنین ذکر کرد که بین آبدهی چشمه‌های کارستی و میزان بارندگی معمولاً رابطه مستقیمی وجود دارد به طوری که در ماه‌هایی از

سال که میزان بارندگی زیاد می‌باشد آبدهی چشمه‌های کارستی نیز بیشتر می‌شود و در طی ماه‌هایی که بارندگی کم است میزان آبدهی چشمه‌های کارستی نیز کاهش می‌یابد.

کوینلن (Quinlan 1989) رژیم تخلیه چشمه‌های کارستی را در جنوب هلند مورد بررسی قرار داد. وی گفت با بررسی رژیم تخلیه یک چشمه کارستی می‌توان حجم ذخایر آن را در طول دوره‌ای که میزان بارندگی به شدت کاهش می‌یابد محاسبه نموده و همچنین پیش‌بینی نموده که در صورت بروز خشکسالی در چه زمانی چشمه‌ی کارستی خشک خواهد شد. مصلحی و همکاران (۱۳۸۴) با استفاده از منحنی فروکش سراب نیلوفر، ضریب فروکش (ضریب بده) را محاسبه نمودند. آنها ذکر کردند که در این چشمه کارستی ضریب بده برابر با $10^{-3} \times 3/7$ می‌باشد. آنها با استفاده از معادله فروکش سراب نیلوفر حجم آب قابل تخلیه از سراب نیلوفر را در انتهای فصل تر برابر با $36/7$ میلیون متر مکعب برآورد کرده‌اند.

۳-۲- تأثیر پایین افتادن سطح آب زیرزمینی دشت‌ها بر کاهش آبدهی چشمه‌های کارستی

آب‌های زیرزمینی در مناطقی که آب‌های سطحی مانند دریاچه‌ها و رودخانه‌ها وجود نداشته باشند، مهم‌ترین منبع تأمین آب مورد نیاز بشر می‌باشند. حدود یک سوم جمعیت جهان وابسته به آب‌های زیرزمینی بوده و بیش از ۷۰ درصد منابع آب زیرزمینی به مصرف کشاورزی می‌رسد. بنابراین توسعه کشاورزی و صنعت باعث افزایش برداشت از آب‌های زیرزمینی شده و برداشت بی‌رویه از مخازن آب زیرزمینی موجب شده است تا میزان تغذیه آبخوان جوابگوی برداشت نبوده و سطح آب زیرزمینی افت نماید. افت سطح آب زیرزمینی مشکلاتی همچون خشک شدن چاه‌های آب، کاهش آبدهی رودخانه‌ها و چشمه‌ها و در نهایت خشک شدن آنها، افزایش هزینه‌های پمپاژ و استحصال آب را به دنبال دارد (Wilhite and Glants 1985). افت سطح آب زیرزمینی عمدتاً می‌تواند ناشی از پمپاژ بیش از حد مجاز، کاهش تغذیه آب زیرزمینی و کاهش بارندگی باشد (Aucott and Myers 2000).

کلانتری و همکاران (۱۳۸۸) یکسری مطالعاتی را بر روی چشمه‌های کارستی دشت ایذه انجام دادند. آنها ذکر کردند که دشت ایذه توسط یکسری ارتفاعات عمدتاً آهکی (سازندهای آسماری، فهلیان، داریان و ایلام- سروک) احاطه شده است و از لحاظ زمین‌شناسی در واقع یک پلایه نیمه باز به حساب می‌آید که دریاچه‌های میانگران و بندان و پونر قورقوری در آن مشاهده می‌شود. سازندهای کارستی تأمین کننده آب چشمه‌ها و تغذیه کننده دشت ایذه می‌باشند. افت سطح آب در این دشت که در اثر خشکسالی‌ها و برداشت بیش از حد آب زیرزمینی توسط چاه‌های حفر شده در دشت ایجاد شده است، سبب پایین افتادن سطح آب در سازندهای کارستی شده است که این مسئله اثر خود را با کاهش آبدهی چشمه‌های کارستی موجود در منطقه به خوبی نمایان ساخته است.

مهربانی اردکانی و دهقان (۱۳۸۸) مطالعاتی را در نزدیکی شهرستان پاسارگاد انجام دادند. آنها ذکر کردند که در این منطقه سازند کارستی در مجاورت دشت آبرفتی قرار گرفته است و بین آنها ارتباط هیدرولیکی وجود دارد. آنها طی بررسی‌هایی که بر روی منابع تغذیه کننده دشت انجام دادند، ذکر کردند که با توجه به ضخامت کم آبرفت دشت و ذخیره محدود آبی آن و همچنین کاهش سریع سالانه سطح آب در چاه‌ها خصوصاً در زمان خشکسالی به نظر نمی‌رسد که تغذیه کننده اصلی آب این دشت از ارتفاعات آهکی مجاور باشد. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که پایین افتادن سطح آب در دشت‌های مجاور سازندهای آهکی باعث تخلیه سازندهای آهکی به داخل آنها می‌شود. علیمرادی و حقیقی (۱۳۸۱) یکسری مطالعاتی را در شهر دهلران در استان ایلام انجام دادند. آنها ذکر کردند که دشت آبرفتی دهلران توسط ارتفاعات آهکی احاطه شده است. پایین افتادن سطح آب در دشت سبب تخلیه آب زیرزمینی از درون سازندهای کارستی به درون دشت شده است که این امر سبب پایین افتادن سطح آب زیرزمینی در داخل سازند کارستی شده و کاهش آبدهی و همچنین کاهش کیفیت آب چشمه‌های کارستی موجود در منطقه که از سازندهای کارستی تغذیه می‌شده‌اند را به همراه

داشته است. اسماعیلی و حضرتیان (۱۳۸۴) با بررسی‌هایی که بر روی آبخوان آبرفتی دشت بجنورد انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بیشترین سطح این محدوده را سازندهای سخت به ویژه آهک‌ها و دولومیت‌های سازند مزدوران و تیرگان پوشش داده است. به همین جهت واحدهای کربناته این محدوده مطالعاتی از پتانسیل آبی بالایی برخوردار می‌باشند. در این منطقه گسترش و ضخامت آبخوان آبرفتی اندک بوده و حداکثر ضخامت آبرفت در بخش جنوبی این دشت برابر ۵۰ متر می‌باشد. در سال‌های اخیر با توجه به رشد صنعت و کشاورزی و نیاز روز افزون به منابع آبی جدید تعداد زیادی چاه در آبخوان‌های آبرفتی حفر شده و برداشت بی‌رویه‌ی آب زیرزمینی از طریق آنها صورت گرفته است. این امر باعث پایین افتادن سطح آب زیرزمینی در دشت‌های آبرفتی مجاور شده است. در نتیجه آب‌های زیرزمینی موجود در تشکیلات آهکی به درون دشت‌های آبرفتی تخلیه شده که باعث شده است تا سطح آب زیرزمینی در تشکیلات آهکی نیز پایین بیفتد. این مسئله باعث بروز مشکلاتی مانند کاهش آبدهی اکثر چشمه‌های کارستی موجود در منطقه و یا خشک شدن آنها، نشست زمین، خشک شدن آب قنات‌ها شده است.

محمدی و همکاران (۱۳۸۱) با مطالعاتی که بر روی آبخوان‌های موجود در دشت فومنات انجام دادند، ذکر کردند که در این منطقه دو آبخوان آبرفتی و کارستی وجود دارد که با هم دارای ارتباط هیدرولیکی می‌باشند. چشمه‌هایی با آبدهی خوب و کیفیت مناسب در ارتفاعات آهکی حاشیه دشت مورد نظر دیده می‌شود. در سال‌های اخیر با توجه به رشد و توسعه صنعت و کشاورزی در این منطقه تعدادی زیاد چاه در دشت‌های آبرفتی حفر شده تا آب مورد نیاز را تأمین نماید که در اثر برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی دشت‌های آبرفتی سطح آب زیرزمینی در دشت‌ها افت کرده است که این مسئله سبب شده است تا آب‌های موجود در سازند کارستی به درون دشت‌های آبرفتی وارد شود در نتیجه سطح آب در درون سازند کارستی نیز افت کرده که اثر آن به صورت کاهش دبی چشمه‌های موجود در منطقه مانند چشمه‌های لیسم، شالما و چشمه سیاه نمایان شده است.

کاظمی‌گلیان و همکاران (۱۳۷۴) یکسری مطالعاتی را بر روی دشت درگز واقع در شمال‌غربی شهرستان مشهد انجام داد. دشت درگز در بخش شمالی زون کپه‌داغ قرار دارد این دشت توسط سازند تیرگان (آهک و آهک مارنی) احاطه شده است. این سازند به علت این که دارای درزه و شکستگی‌های زیادی می‌باشد دارای حجم قابل توجهی ذخیره آبی می‌باشد. این سازند دارای ارتباط هیدرولیکی با دشت آبرفتی درگز می‌باشد و علاوه بر تغذیه دشت‌های آبرفتی آبدهی بسیاری از چشمه‌ها را نیز تأمین می‌نماید. با توجه به خشکسالی‌های اخیر و نیاز روزافزون به منابع آبی برای صنعت و کشاورزی تعداد زیادی چاه در دشت‌های آبرفتی مجاور سازندهای آهکی حفر شده که سبب برداشت بیش از حد آب از این سفره‌ها شده است. این مسئله سبب افت سطح آب زیرزمینی در دشت‌های آبرفتی شده است، در نتیجه آب زیرزمینی از آهک‌ها به درون آبرفت‌ها تخلیه شده و باعث پایین افتادن سطح آب زیرزمینی در سازندهای آهکی شده است. این مسئله سبب بروز مشکلاتی از قبیل کاهش آبدهی چشمه‌های کارستی و یا خشک شدن آنها، کاهش کیفیت آب زیرزمینی شده است.

قاسمی‌جاوید (۱۳۸۷) با بررسی‌هایی که در دشت‌های مرند، شبستر، ملکان و تبریز انجام داد، به این نتیجه رسید که برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی موجود در منطقه، باعث شده است که سطح آب زیرزمینی به شدت کاهش پیدا کند و علاوه بر این در دشت‌های آذرشهر و شیرامین باعث نفوذ آب شور از دریاچه ارومیه به درون سفره آب زیرزمینی شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پایین افتادن سطح آب سبب تغذیه دشت از منابع آبی مجاور شده است.

دیانتی و فلاح (۱۳۸۸) با مطالعاتی که در منطقه ساری انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ارتفاعات آهکی و دشت‌های آبرفتی ساحلی دارای ارتباط هیدرولیکی می‌باشند. حفر چاه‌های متعدد آب و برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی از دشت‌های ساحلی منجر به پایین افتادن سطح آب زیرزمینی در دشت‌های ساحلی و تخلیه آب از ارتفاعات آهکی به درون این دشت‌ها شده است. این

مسئله سبب کاهش آبدهی چشمه‌های موجود در این ارتفاعات و پیشروی و نفوذ آب شور دریا در سفره‌های آبدار شیرین ساحلی شده است.

ونگر (Vangeer 1996) یکسری مطالعاتی را در شمال اطریش انجام داد. وی ذکر کرد که در این منطقه دو سازند کارستی و آبرفتی دیده می‌شوند که دارای ارتباط هیدرولیکی با هم می‌باشند. وی طی بررسی‌هایی که بر روی منابع تغذیه کننده دشت انجام داد بیان کرد که با توجه به ضخامت کم آبرفت دشت و ذخیره محدود آبی آن به نظر می‌رسد که تغذیه کننده اصلی آب این دشت از ارتفاعات آهکی مجاور باشد. وی بیان کرد که تخلیه آبخوان دشت از طریق چاه‌ها و قنات‌های مختلفی که در آن حفر شده است صورت می‌گیرد که در سال‌های اخیر با توجه به کاهش میزان بارندگی در منطقه میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است و سبب پایین افتادن سطح آب در دشت آبرفتی و به موازات آن سازندهای کارستی مجاور شده است که اثر خود را به صورت خشک شدن چشمه‌های کارستی موجود در منطقه نمایان ساخته است. تولایی‌نژاد و رنگزن (۱۳۸۲) در بررسی‌هایی که بر روی دشت ایذه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که در اثر برداشت بیش از حد آب زیرزمینی توسط چاه‌های حفر شده در تشکیلات آبرفتی و همچنین خشکسالی‌های اخیر موجب پایین افتادن سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های آبرفتی نسبت به آبخوان کارستی شده است. این مسئله باعث تخلیه آب زیرزمینی از داخل کارست به درون آبرفت شده است. که این امر باعث کاهش آبدهی چشمه‌های کارستی و یا خشک شدن آب آنها شده است.

۲-۴- بررسی تغذیه دشت‌های آبرفتی به وسیله سازندهای کارستی مجاور آنها

تغذیه دشت‌های آبرفتی به وسیله سازندهای کارستی مجاور آنها می‌تواند به وسیله مطالعات کیفی منابع آب این دو نوع سفره و همچنین بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل دشت‌ها در مجاورت سازندهای

کارستی مشخص شود. در این بخش، این دو طریق مختلف برای شناسایی تغذیه دشت‌های آبرفتی به وسیله سازندهای کارستی به طور خلاصه ارائه می‌شوند.

الف) استفاده از نقشه‌های کیفی

اصغری‌مقدم و فیجانی (۱۳۸۶) یکسری مطالعاتی را در منطقه ماکو انجام دادند. آنها ذکر کردند که در این منطقه آبرفت و کارست دارای ارتباط هیدرولیکی می‌باشند و سازندهای کارستی دشت‌های آبرفتی را تغذیه می‌نمایند که این مسئله با مطالعات هیدروشیمی نیز، که آنها برای اطمینان بیشتر انجام دادند، اثبات شد. محمدی (۱۳۸۲) با بررسی‌هایی که در دشت آبدان در نزدیکی بوشهر انجام داد ذکر کرد که به علت تراکم زیاد چاه‌های بهره‌برداری و برداشت بیش از حد از آنها در دشت آبدان که در مجاورت تاق‌دیس نمک قرار دارد باعث افت سطح آب زیرزمینی به میزان ۱۲ متر نسبت به حاشیه تاق‌دیس نمک شده است. این افت علاوه بر این که سبب تغذیه دشت‌های آبرفتی از سازندهای کارستی مجاور شده است سبب حرکت و نفوذ آب شور بخش میانی به حوالی آبدان شده است و باعث تغییرات کیفی مهمی در آب‌های زیرزمینی منطقه آبدان شده است.

کریمی و همکاران (۱۳۷۶) در بررسی هیدروژئولوژیکی چشمه‌های کارستی موگرمون و سرآسیاب به این نتیجه رسیدند که روند تغییرات هدایت الکتریکی در دو چشمه یکسان می‌باشد. این امر نشان دهنده این است که سیستم تغذیه کننده دو چشمه یکسان می‌باشد و سازندهای پابده و گورپی با سازندهای سروک و آسماری که این دو چشمه از آنها تغذیه می‌شوند دارای ارتباط هیدروژئولوژیکی می‌باشند. دهقانی (۱۳۸۲) مطالعاتی را بر روی دشت پریشان انجام داد. وی ذکر کرد که در این منطقه دو سفره آبرفتی وجود دارد که توسط سازندهای کارستی احاطه کننده آنها تغذیه می‌شوند.

وی ذکر کرد که بر طبق منحنی‌های هم‌هدایت الکتریکی دشت پریشان، میزان هدایت الکتریکی از ۱۰۰۰ تا ۷۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در تغییر است. در قسمت شمالی دشت میزان هدایت الکتریکی حدود ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر است که علت آن تغذیه دشت از سازندهای کارستی آسماری و سروک-ایلام می‌باشد که آب آنها دارای کیفیت مطلوبی می‌باشد. وی همچنین ذکر کرد که در قسمت جنوب و جنوب‌غربی دشت میزان هدایت الکتریکی به علت این که سازند تغذیه کننده دشت سازند گچساران می‌باشد و آب این سازند کیفیت مطلوبی ندارد و همچنین آبرفت‌ها دانه ریز می‌باشند، افزایش می‌یابد.

دادستان و رئیسی گهرویی (۱۳۸۴) یکسری مطالعاتی را بر روی آبخوان محبوس موجود در نهشته-های پلیوسن در نزدیکی سد مخزنی باباخان در نزدیکی شهرستان بیجار انجام دادند. آنها با مقایسه نتایج تجزیه شیمیایی آب زیرزمینی آبخوان تحت فشار با آب چشمه‌های کارستی موجود در بالادست سفره و همچنین آب رودخانه قمچای، در نهایت به این نتیجه رسیدند که آبخوان تحت فشار موجود در منطقه، دارای ارتباط هیدرولیکی با کارست‌های منطقه بوده و از طریق آنها تغذیه می‌شود.

کروز و آمارال (Cruz and Amaral 2004) با مطالعه هیدروشیمی آب‌های زیرزمینی موجود در منطقه گرن ساسو (Gran Sasso) در مرکز کشور ایتالیا بیان کردند که سفره‌های کارستی و آبرفتی این منطقه با هم دارای ارتباط هیدرولیکی می‌باشند. آنها همچنین ذکر کردند که در مرز بین سفره کارستی و آبرفت‌های مجاور آنها کیفیت آب زیرزمینی به وسیله واکنش‌هایی که بین سنگ و آب رخ می‌دهد تغییر می‌کند همچنین مقدار یون‌های سدیم، کلر و نیترات نیز در اثر فعالیت‌های انسانی افزایش پیدا می‌کند. هالیبان و همکاران (Haliban et al. 1998) با مطالعه بر روی منطقه‌ای در شمال اسپانیا، دریافتند که در این ناحیه سفره آهکی زیر سفره آبرفتی قرار گرفته است و چاه‌هایی که در این

منطقه برای برداشت آب زیرزمینی حفاری شده‌اند به هر دو آبخوان نفوذ کرده‌اند، آنها برای تشخیص این‌که آب پمپاژ شده از سفره آهکی است یا سفره آبرفتی، و یا اختلاط آنها به چه صورت می‌باشد، و از کدام سفره آب بیشتری برداشت می‌شود از اندیس اشباع استفاده کردند، که اندیس اشباع کلسیت آب سفره آبرفتی نسبت به سفره آهکی زیرین خیلی کمتر و آب سفره آهکی نسبت به کلسیت فوق اشباع بود.

بهاروند و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی‌هایی که بر روی کیفیت آب زیرزمینی شهر خرم‌آباد انجام دادند بیان کردند که در این منطقه منابع آبی که در سازندهای کارستی وجود دارند با منابع آبی که در دشت‌های آبرفتی وجود دارند دارای ارتباط هیدرولیکی بوده و سازندهای کارستی دشت‌های آبرفتی را تغذیه می‌کنند. در این منطقه سازندهای تبخیری گروه فارس به عنوان یک سازند آلوده کننده منابع آبی شناخته شده‌اند، لذا در مناطقی که سازندهای تبخیری گروه فارس وجود ندارد و یا فرسایش یافته است. پترسون و همکاران (Peterson *et al.* 1993) با مطالعه آب‌های زیرزمینی موجود در سفره‌های آبرفتی موجود در دشت‌های مرتفع جنوبی آمریکا با استفاده از تشابه در ترکیب شیمیایی و ایزوتوپی، مشخص کردند که سفره‌های آبرفتی از سفره کارستی بالایی خود تغذیه می‌شوند. این مسئله نشان دهنده این است که دو سفره آبرفتی و کارستی با هم دارای ارتباط هیدرولیکی می‌باشند.

ب) استفاده از نقشه‌های هم‌پتانسیل

آکات و میلرز (Aucott and Milers 2000) با مطالعاتی که در شمال آمریکا انجام دادند بیان نمودند که در منطقه مورد مطالعه سفره آبرفتی از نوع آزاد بوده و ضخامت آن در مناطق مختلف دشت متغیر می‌باشد. این دشت آبرفتی به وسیله یکسری ارتفاعات آهکی که محصور شده تغذیه می‌شود. آنها بعد از ترسیم نقشه‌های هم‌پتانسیل برای این دشت ذکر کردند که الگوی کلی جهت جریان در محدوده

مطالعاتی در ماه‌های مختلف سال تغییر چندانی را نشان نمی‌دهد و ارتفاعات آهکی دشت را تغذیه می‌نماید. در سال‌های اخیر در اثر برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی و پمپاژ از آبرفت‌های این منطقه باعث شده است تا سطح آب‌زیرزمینی در این منطقه افت نماید، به موازات این افت آب موجود در سازندهای آهکی که این دشت آبرفتی را تغذیه می‌کند با سرعت بیشتری تخلیه می‌شود تا این افت را جبران نماید، در نتیجه سطح آب زیرزمینی در سازندهای آهکی نیز افت پیدا می‌کند. افت سطح آب زیرزمینی باعث بروز مشکلاتی مانند خشک شدن قنات‌ها، چشمه‌ها، چاه‌ها، فرونشست زمین، شور شدن آب تعدادی از چاه‌های در حال بهره‌برداری و کاهش کیفیت آب آنها شده است.

رئیس (۱۳۷۶) یکسری مطالعاتی را در محدوده دشت گزطویله انجام داد. وی با استفاده از نقشه‌های هم‌پتانسیل در محدوده مورد نظر ذکر کرد که قسمتی از آب زیرزمینی از گنبد‌های نمکی به درون دشت‌های آبرفتی مجاور تغذیه شده است. در یال جنوبی، تاقدیس کولاک با آبرفت در تماس بوده و آب زیرزمینی از تاقدیس وارد آبرفت‌ها می‌شود و در واقع باعث تخریب کیفیت آب دشت آبرفتی گزطویله می‌شود.

دسماریس و همکاران (Desmaris *et al.* 2002) با بررسی‌هایی که بر روی سازندهای کارستی موجود در شمال یونان انجام دادند ذکر کردند که سازندهای آهکی به سن الیگومیوسن که دشت‌های آبرفتی را احاطه کرده است دارای پتانسیل خوبی برای فرآیند کارستی شدن در این منطقه می‌باشد. آنها بعد از ترسیم نقشه‌های هم‌پتانسیل ذکر کردند که وضعیت عمومی منطقه یعنی راستای عمومی تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها نقش مهمی در کنترل جهت عمومی جریان آب‌های زیرزمینی که از ارتفاعات آهکی به سمت دشت آبرفتی می‌باشد ایفا می‌نماید. کلانتری و همکاران (۱۳۸۸) مطالعاتی را بر روی دشت ایزه انجام دادند. آنها بعد از ترسیم و بررسی نقشه‌های هم‌پتانسیل در منطقه ذکر کردند که جهت جریان

آب زیرزمینی در این منطقه از ارتفاعات آهکی (آسماری، فهلپیان، داریان، ایلام- سروک) به سمت دشت ایذه می‌باشد و در واقع این ارتفاعات آهکی تغذیه کننده دشت ایذه می‌باشند. رجایی و رئیسی (۱۳۷۸) مطالعاتی را در سازندهای کارستی مخزن و تکیه‌گاه سد میرزای شیرازی در جنوب‌غربی شیراز انجام دادند. آنها ذکر کردند که این سد در بین دو تاقدیس کارستی سبزپوشان و دالو- سفیدار واقع می‌باشد. آنها با ترسیم نقشه‌های هم‌پتانسیل و مطالعه جهت جریان آب زیرزمینی و سایر مطالعاتی که انجام دادند به این نتیجه رسیدند که سازندهای کارستی دارای ارتباط هیدرولیکی با دشتهای آبرفتی مجاور می‌باشند و آنها را تغذیه می‌کنند که می‌تواند باعث فرار آب از تکیه‌گاه سد به اطراف شود.

فصل سوم: روش انجام کار

۳-۱- مقدمه

در این فصل از پایان نامه روش انجام تحقیق و چگونگی انجام مراحل آن را به طور مختصر توضیح می‌دهیم. به طور کلی مراحل انجام این تحقیق شامل مراحل ذیل است:

جمع آوری آمار و اطلاعات موجود و تهیه نقشه‌های مناسب محدوده مورد مطالعه

انجام عملیات صحرایی و نمونه برداری ماهانه از سراب نیلوفر

انجام کارهای آزمایشگاهی و آنالیز نمونه‌های مورد نظر

تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری

۳-۲- جمع آوری آمار و اطلاعات موجود و نقشه‌های محدوده مورد مطالعه

به منظور پی بردن به عوامل مؤثر در کاهش آبدهی سراب نیلوفر به اطلاعات و آمار پایه مورد نیاز بود. جهت تعیین محدوده مورد مطالعه و شناسایی خصوصیات عمومی منطقه از نقشه زمین شناسی ۱ به ۱۰۰۰۰۰ کرمانشاه استفاده شد. با استفاده از گزارش‌های موجود در سازمان آب منطقه‌ای کرمانشاه ویژگی‌های زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی منطقه سراب نیلوفر و دشتهای آبرفتی مجاور آن نیز شناسایی شد. برای تعیین مشخصات آب و هوایی منطقه که شامل اقلیم منطقه، میزان بارندگی، درجه حرارت و تبخیر می‌باشد از آمارهای موجود در ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه (شامل ایستگاه‌های کرمانشاه، روانسر، ماهیدشت) استفاده شد.

۳-۳- انجام عملیات صحرائی و نمونه‌برداری ماهانه از سراب نیلوفر

در این مرحله از تحقیق نمونه‌برداری از سراب نیلوفر در طول یکسال آبی و به صورت ماهانه انجام شد. علاوه بر آن از چاه‌های مجاور سراب نیز یک بار نمونه‌برداری صورت گرفت. در هنگام نمونه‌برداری از آب چشمه باید مواردی از قبیل محل نمونه‌برداری، نحوه برداشت نمونه، ثبت اطلاعات، روش انتقال و نگهداری، فاصله زمانی بین نمونه‌برداری‌ها (که نمونه‌برداری از سراب نیلوفر به صورت ماهیانه انجام می‌شد)، مورد توجه قرار گیرد. برای نمونه برداری از بطری‌های پلاستیکی مخصوص این کار با حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر استفاده شده است. هنگام نمونه‌برداری ظرف پلاستیکی و درپوش آن با آب چشمه به طور کامل شستشو داده شده و سپس ظرف به آرامی از آب پر می‌شود تا هیچ گونه حباب هوایی وارد آن نشود. در مورد محل نمونه‌برداری نیز باید دقت نمود که تمامی نمونه‌های برداشت شده در مراحل مختلف همگی از یک محل گرفته شوند و نیز محل نمونه‌برداری در نزدیکترین محل به خروجی چشمه باشد.

۳-۴- پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل سراب نیلوفر

۳-۴-۱- هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی (EC) آب ارتباط مستقیم با مقدار مواد جامد محلول در آب دارد، لذا هدایت الکتریکی از مهمترین فاکتورهای هیدروژئولوژیکی می‌باشد که باید در محل نمونه‌برداری چشمه اندازه‌گیری شود. جهت اندازه‌گیری میزان هدایت‌الکتریکی نمونه‌های آب در محل نمونه‌برداری از هدایت سنج (Conductivity meter) مدل WP-84 استفاده شده است. از مزایای این دستگاه می‌توان به اندازه‌گیری آسان و راحت هدایت‌الکتریکی در محل نمونه‌برداری و سهولت کنترل مداوم آن اشاره کرد.

۳-۴-۲- درجه حرارت آب

دما یکی از پارامترهای مهم فیزیکی در مطالعات چشمه‌های کارستی و مطالعات مربوط به آنها است. این پارامتر نیز در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. برای تعیین دما از دستگاه هدایت‌سنج که دقت اندازه‌گیری درجه حرارت آن ۰/۱ درجه سانتی‌گراد است استفاده شده است.

۳-۴-۳- اسیدیته

اسیدیته (pH) نمونه‌های آب باید در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شود. مقدار اسیدیته به عواملی از قبیل مقدار دی‌اکسید کربن محلول در آب، مقدار آنیون‌های بیکربنات و کربنات و همچنین درجه حرارت آب وابسته است. هر چه مقدار دی‌اکسید کربن محلول در آب افزایش یابد، مقدار اسیدیته کم می‌شود. اندازه‌گیری اسیدیته توسط دستگاه pH متر مدل SUNTEX SP- 701 و با دقت ۰/۱ واحد انجام شد.



شکل ۳-۱- نمایی از محل نمونه‌برداری در سراب نیلوفر

۳-۵- مطالعات آزمایشگاهی

بعد از نمونه برداری که به صورت ماهانه از سراب انجام می‌شد تعدادی نمونه آب که از چاه‌های موجود در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر قرار داشتند برداشت شد و به آزمایشگاه موجود در آب منطقه‌ای کرمانشاه جهت آنالیز شیمیایی فرستاده شدند. اندازه‌گیری‌های انجام شده در آزمایشگاه شامل غلظت یون‌های اصلی شامل سدیم، منیزیم، کلسیم، بیکربنات، کلر و سولفات می‌باشد که مقدار آنها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر است.

۳-۶- اندازه‌گیری سطح آب پیزومترها

ارتفاع سطح آب زیرزمینی از یک نقطه ثابت (سطح آب دریا)، ارتفاع یا تراز سطح آب نامیده می‌شود و اندازه‌گیری نوسانات آن معمولاً در چاه‌های پیزومتری صورت می‌گیرد. برای بررسی نوسانات و تغییرات سطح آب در دشت‌های مجاور سراب سطح آب را در پیزومترهای اطراف سراب نیلوفر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح آب از وسیله‌ای به نام عمق‌یاب استفاده می‌شود. عمق‌یاب وسیله ساده‌ای است و متداولترین آن نوع الکتریکی می‌باشد. این دستگاه به یک کابل بلند که از یک طرف به الکتروود وصل می‌شود، مجهز است. کابل، خود به سیم دیگری متصل است که بر سر راه آن باطری قرار دارد. نوک سیم را به لوله جدار وصل نموده آنگاه الکتروود را به وسیله کابل به درون چاه می‌فرستند. با زدن کلید اتصال، جریان برق در صورت برخورد الکتروود به سطح آب زیرزمینی برقرار شده و توسط آمپر متر دستگاه نشان داده می‌شود. از روی متر آژ کابل، عمق سطح آب از سطح زمین قابل محاسبه است.

۳-۶-۱- ترسیم هیدروگراف پیزومترهای مختلف

در این مرحله بعد از اندازه‌گیری سطح آب در پیزومترهای مختلف و انجام محاسبات بر روی آنها هیدروگراف پیزومترهای مختلف ترسیم شد و تغییرات سطح آب در هر یک از پیزومترها نسبت به

بارندگی ترسیم و مورد بحث و بررسی قرار گرفت. علاوه بر هیدروگراف هر یک از پیژومترها هیدروگراف واحد دشت‌های اطراف سراب نیلوفر نیز ترسیم شد.

۳-۶-۲- ترسیم نقشه‌های هم‌پتانسیل در ماه‌های مختلف

در این مرحله از کار نقشه‌های هم‌پتانسیل دشت‌ها در سه ماه مختلف (بهمن ماه، اسفند ماه و خرداد) با استفاده از اطلاعات سطح آب پیژومترهای موجود در منطقه ترسیم شده است. برای ترسیم این نقشه‌ها از نرم افزار ARC GIS 9.3 و همچنین اعمال قضاوت کارشناسی استفاده شده است.

۳-۶-۳- بررسی روند تغییرات سطح آب و میزان بارندگی

در این مرحله از کار با استفاده از آمار و اطلاعات بارندگی منطقه که قبلاً جمع آوری شده بود و نیز داده‌های موجود سطح آب، ارتفاع متوسط سطح آب را در مقابل بارندگی رسم نموده و تغییرات سطح آب زیرزمینی را نسبت به افزایش و یا کاهش میزان بارندگی مورد بحث و بررسی قرار داده شد.



شکل ۳-۲- اندازه‌گیری سطح آب پیژومتر با عمق‌یاب

۳-۷- بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت‌های مجاور سراب نیلوفر

به منظور بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر، علاوه بر نمونه‌برداری ماهانه از سراب نیلوفر، از چاه‌های موجود در این دشت‌ها نیز نمونه‌گیری انجام شد و با عنایت به نتایج حاصله نقشه‌های کیفی منطقه ترسیم شد.

۳-۷-۱- ترسیم نقشه هدایت الکتریکی منطقه

همانطور که قبلاً نیز ذکر شد از چاه‌های موجود در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر نیز نمونه‌برداری انجام شد. همزمان با نمونه‌برداری یکسری پارامترهایی در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد که یکی از آنها هدایت الکتریکی بود. بعد از این که میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها مشخص گردید، نقشه هدایت الکتریکی دشت‌های مجاور سراب نیلوفر ترسیم گردید. برای ترسیم این نقشه‌ها از نرم‌افزار ARC GIS 9.3 استفاده شده است. البته علاوه بر استفاده از این نرم افزار یکسری قضاوت‌های کارشناسی (درون یابی نقاط توسط روش مثلث بندی و وصل کردن نقاط هم ارزش به همدیگر و در نهایت ترسیم نقشه‌های هدایت الکتریکی منطقه) نیز بر روی نتایج صورت گرفته است که در نهایت منجر به ترسیم نقشه هدایت الکتریکی دشت‌های مجاور سراب نیلوفر شد.

۳-۷-۲- ترسیم نقشه‌های کلر و سدیم در منطقه

همانطور که قبلاً نیز ذکر شد علاوه بر نمونه‌برداری ماهانه که از سراب نیلوفر صورت می‌گرفت، از چاه‌هایی که در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر قرار داشتند نیز نمونه‌گیری به عمل آمد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و بعد از آنالیز شیمیایی و روشن شدن نتایج آنالیزها، میزان یون‌های کلر و سدیم در نمونه‌ها را مشخص کرده، سپس مانند ترسیم نقشه هدایت الکتریکی منطقه، با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS 9.3 و اعمال یکسری تصحیحات کارشناسی بر روی نتایج (با استفاده از روش

درون‌یابی نقاط توسط روش مثلث بندی) نقشه‌های کلر و سدیم برای منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید.

فصل چهارم: ارزیابی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و

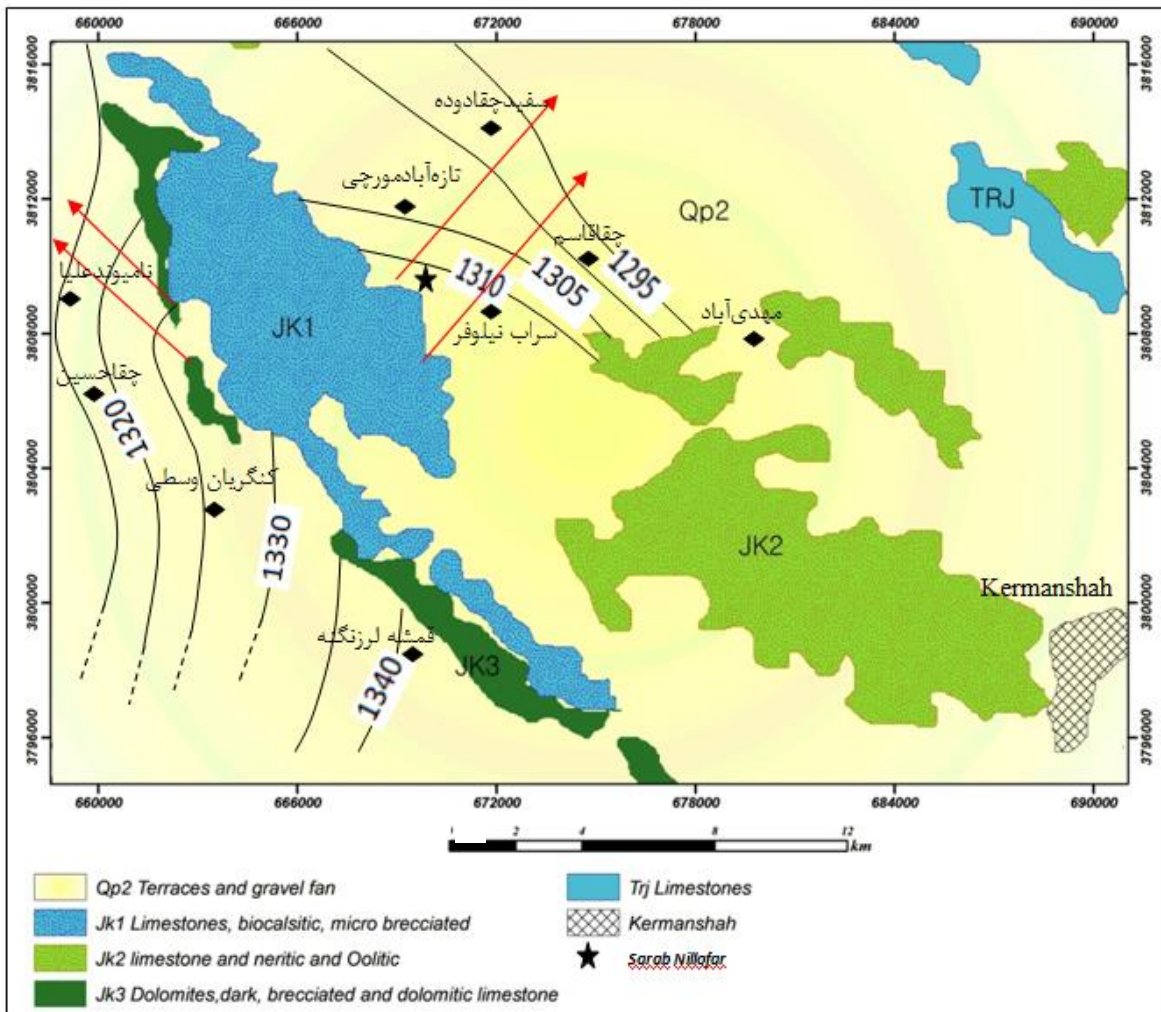
هیدروژئوشیمیایی در سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور

به منظور بررسی ارتباط و یا عدم ارتباط هیدرولیکی آبخوان تغذیه کننده سراب نیلوفر با دشت‌های مجاور، از پارامترهای هیدروژئولوژیکی شامل سطح آب پیزومترها، تغییرات سطح آب پیزومترهای اطراف سراب نیلوفر با کاهش بارندگی، تغییرات آبدهی سراب نیلوفر و پارامترهای هیدروژئوشیمیایی شامل تغییرات غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی، روند تغییرات ضرایب اشباع نظیر اشباع شدگی نسبت به کانی‌های کلسیت، دولومیت، ژیپس و هالیت استفاده شده است.

۴-۱- بررسی تغییرات سطح آب در پیزومترهای موجود در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر

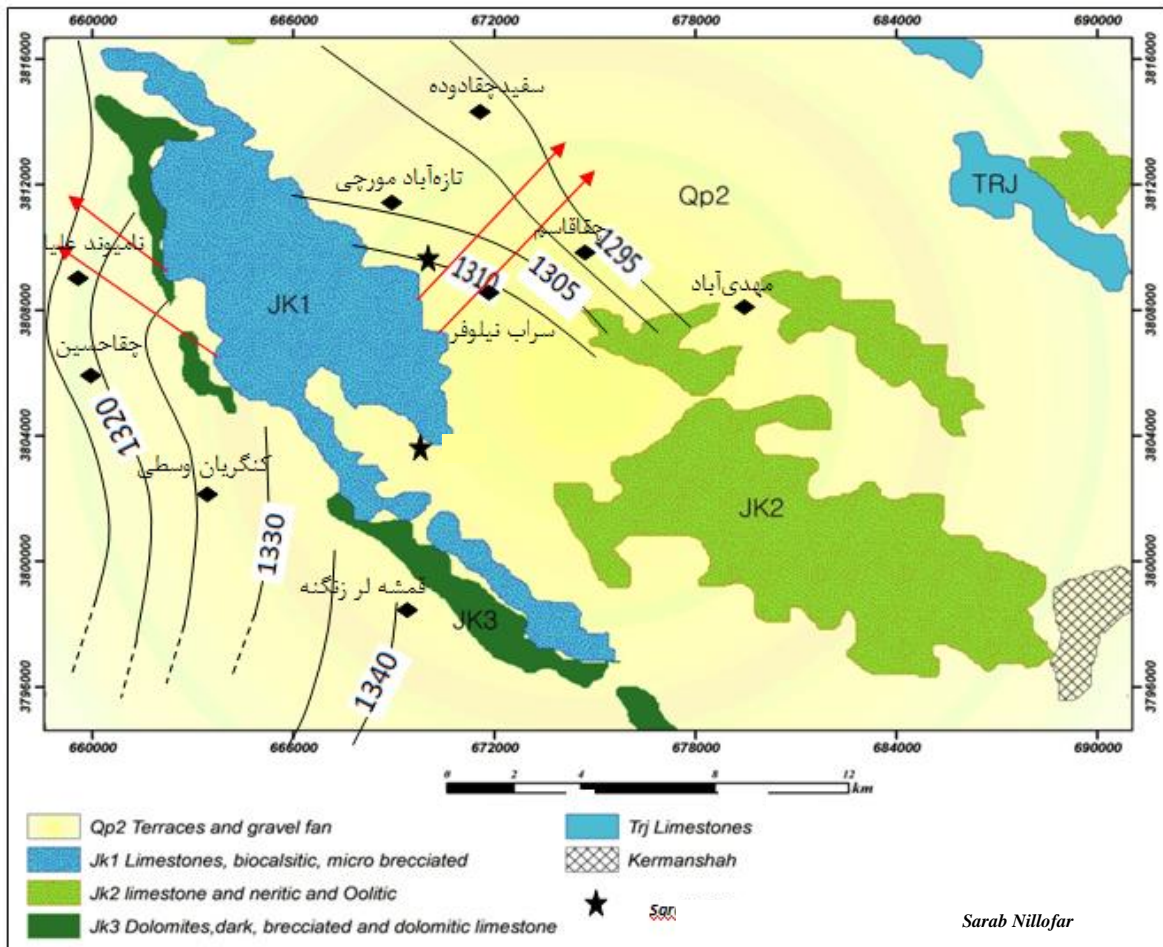
به منظور بررسی تغییرات سطح آب در پیزومترهای موجود در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر ابتدا سطح آب زیرزمینی در آنها اندازه‌گیری شد. سپس در مرحله بعد با استفاده از نرم افزار ARC GIS 9.3 و همچنین یکسری قضاوت‌های کارشناسی که بر روی آنها انجام شد، نقشه‌های هم‌پتانسیل دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر در سه ماه مختلف سال (بهمن ماه، اسفندماه و خرداد ماه) ترسیم شده است. با استفاده از نقشه‌های هم‌پتانسیل ترسیم شده می‌توان جهت جریان آب زیرزمینی را در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر تشخیص داد. همانطور که در شکل‌های (۴-۱ تا ۴-۳) نیز مشاهده می‌شود الگوی کلی جهت جریان آب زیرزمینی از آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر

به سمت دشت‌های آبرفتی مجاور بوده و این الگو در ماه‌های مختلف سال چندان تغییر نمی‌کند و در واقع جهت جریان آب زیرزمینی از آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر به سمت دشت‌های آبرفتی مجاور آن می‌باشد.



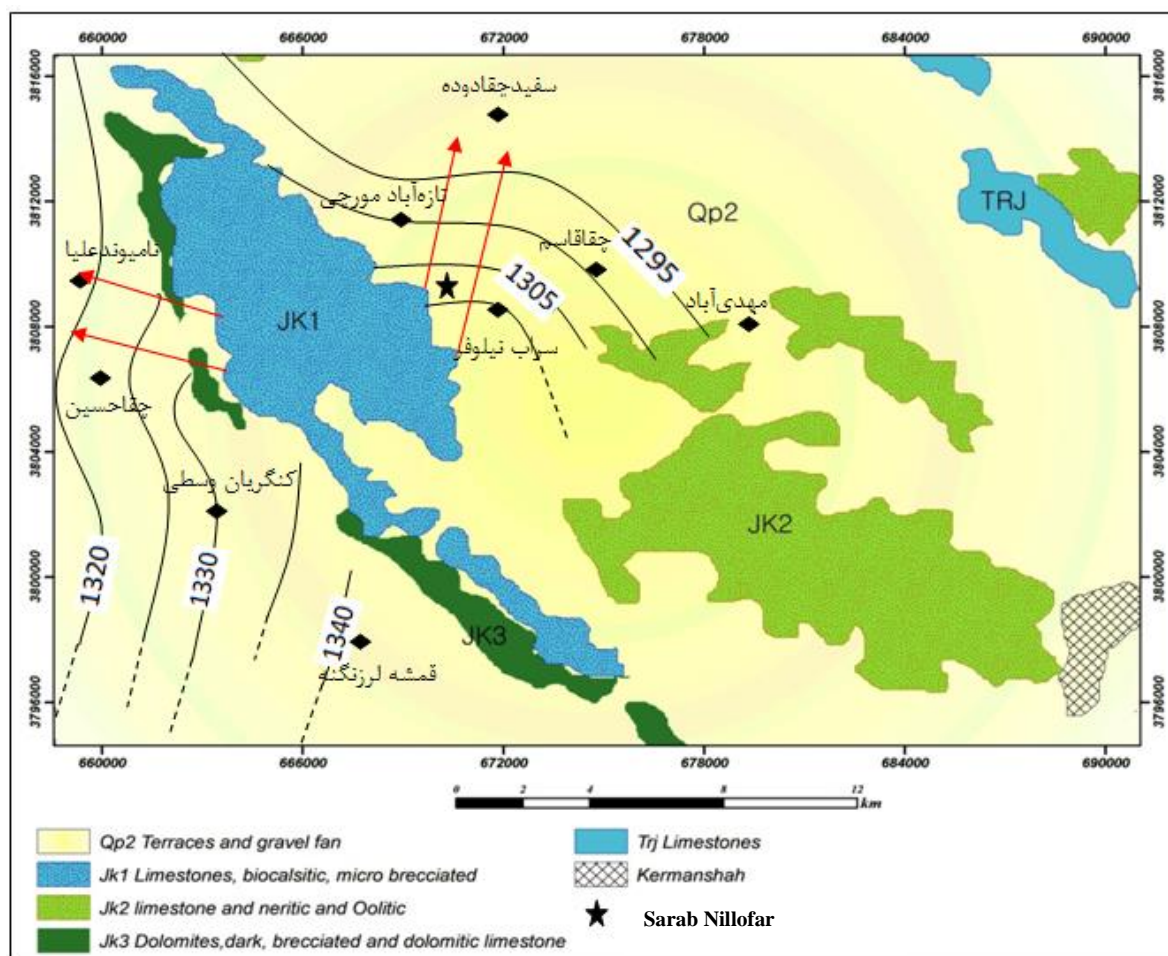
شکل ۴-۱- نقشه هم‌پتانسیل دشت‌های مجاور سراب نیلوفر در بهمن ماه ۱۳۸۸

همانطور که در شکل (۴-۱) نیز مشاهده می‌شود جهت جریان آب زیرزمینی در قسمت بالا دست سراب نیلوفر از جنوب غربی به سمت شمال شرقی بوده و چاه‌های حفر شده در این منطقه از آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر تغذیه می‌شوند. در نزدیکی سراب نیلوفر خطوط هم‌پتانسیل آب زیرزمینی دارای فاصله بیشتری از هم می‌باشند، که نشان می‌دهد رسوبات این ناحیه نسبت به آبرفت‌های دشت‌های مجاور دشت دانه درشت‌تر بوده و ضریب آب‌گذری در این ناحیه بیشتر می‌باشد.



شکل ۴-۲- نقشه همپتانسیل دشتهای مجاور سراب نیلوفر در اسفند ماه ۱۳۸۸

در قسمت جنوبی دشت نیز جهت جریان از جنوب شرقی به شمال غرب می باشد که نشان می دهد چاه- های این منطقه نیز توسط آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر تغذیه می شوند. در بهمن ماه به علت این که برداشت از آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی کمتر می باشد خطوط همپتانسیل آب زیرزمینی با خرداد ماه که برداشت از آب زیرزمینی زیاد می باشد اندکی تفاوت دارد. در بهمن ماه و اسفند ماه چون برداشت از آب های زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی کمتر می باشد لذا شیب خطوط همپتانسیل کمتر شده و آب زیرزمینی با سرعت کمتری از آبخوان کارستی وارد دشتهای آبرفتی مجاور می شود. ولی در خرداد ماه شیب خطوط همپتانسیل به علت برداشت بیشتر از آب های زیرزمینی بیشتر شده و آب زیرزمینی با سرعت بیشتری از آبخوان کارستی وارد دشتهای آبرفتی مجاور می شود.

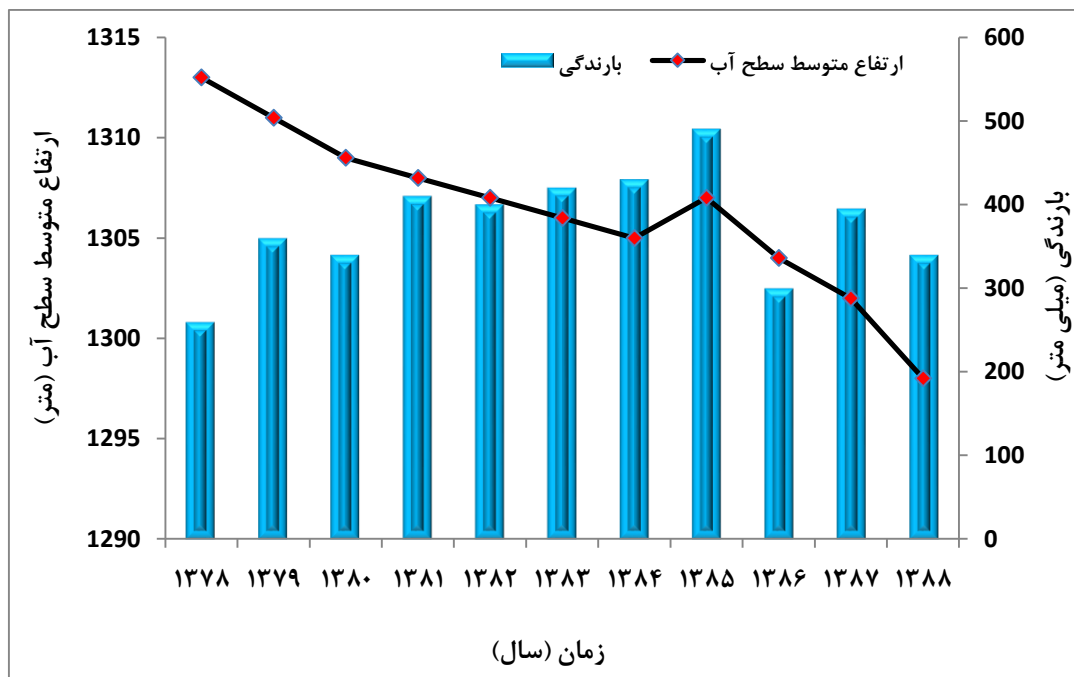


شکل ۴-۳- نقشه همپتانسیل دشت‌های مجاور سراب نیلوفر در خرداد ماه ۱۳۸۹

شکل (۴-۳) خطوط همپتانسیل را در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر در خرداد ماه نشان می‌دهد. قبلاً ذکر شد که در خرداد ماه به علت برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی شیب خطوط همپتانسیل بیشتر شده و آب زیرزمینی با سرعت بیشتری از آبخوان کارستی وارد دشت‌های آبرفتی می‌شود. در خرداد ماه جهت جریان در قسمت بالا دست سراب نیلوفر از جنوب به شمال می‌شود و در واقع سطح آب زیرزمینی در داخل آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر به علت برداشت بیش از حد، پایین افتاده و از میزان نقش تغذیه کنندگی آن برای چاه‌های مجاور کاسته می‌شود در نتیجه جهت جریان از جنوب به شمال دشت می‌شود.

۴-۲- ارزیابی تغییرات بارندگی و نقش آن در تغییرات سطح آب

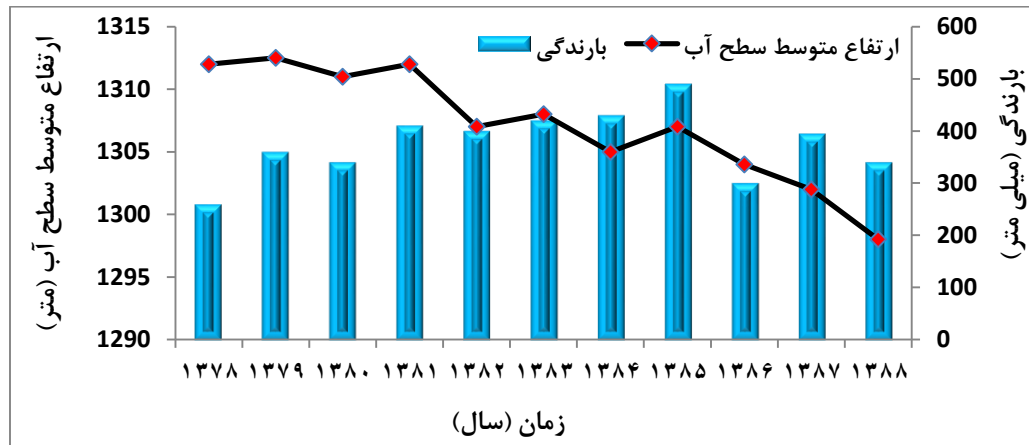
به طور کلی میزان بارندگی و تغییرات آن یکی از عوامل مهم کنترل کننده سطح آب زیرزمینی می-باشد. با افزایش میزان بارندگی حجم آب بیشتری وارد آبخوان شده و در نتیجه میزان تغذیه افزایش می-یابد، که این عامل در واقع اثر خود را به صورت بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و در نتیجه افزایش آبدهی چشمه‌ها و قنات‌های موجود در منطقه می‌گردد و بر عکس با کاهش میزان بارندگی حجم کمتری از نزولات جوی به درون آبخوان تغذیه شده و در نتیجه سطح آب زیرزمینی در درون آبخوان پایین افتاده که این عامل نیز اثر خود را به صورت کاهش آبدهی چشمه‌ها و قنات‌های موجود در منطقه نشان می‌دهد. به منظور ارزیابی تغییرات بارندگی و نقش آن در تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی منطقه ارتفاع متوسط سطح آب زیرزمینی در دشتهای مجاور سراب نیلوفر نسبت به بارندگی، در طی سالیان ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۸ شده است. (شکل‌های ۴-۴ و ۴-۵).



شکل ۴-۴- هیدروگراف واحد دشت ماهیدشت نسبت به بارندگی

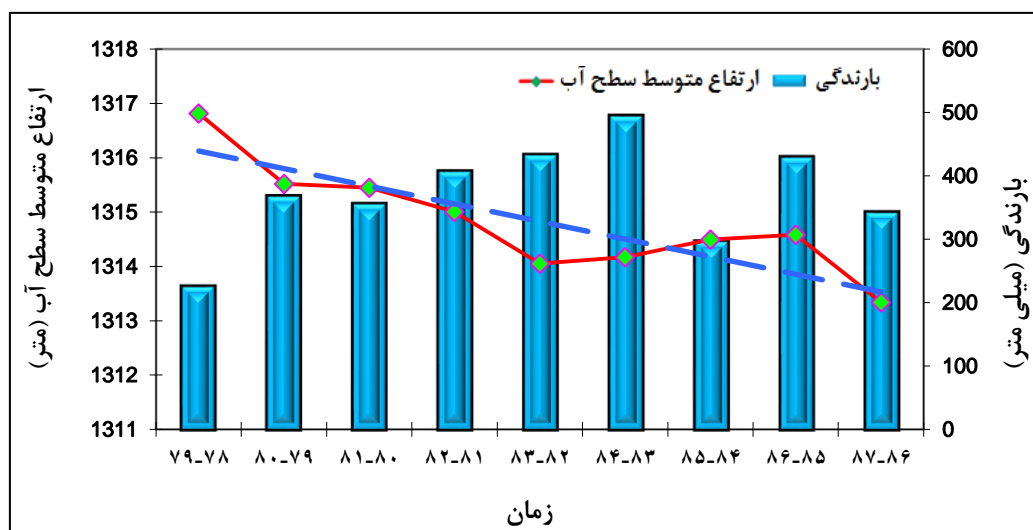
همانطور که در شکل‌های (۴-۴ و ۴-۵) نیز مشاهده می‌شود یک روند نزولی در سطح آب‌های زیرزمینی موجود در دشتهای مجاور سراب نیلوفر در طی زمان‌های طولانی مشاهده می‌شود، در

حالیکه میزان بارندگی‌ها در منطقه دارای یکسری نوساناتی می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که عامل اصلی افت سطح آب در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر و در نتیجه کاهش آبدهی سراب نیلوفر برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی دشت‌های مجاور سراب نیلوفر می‌باشد.

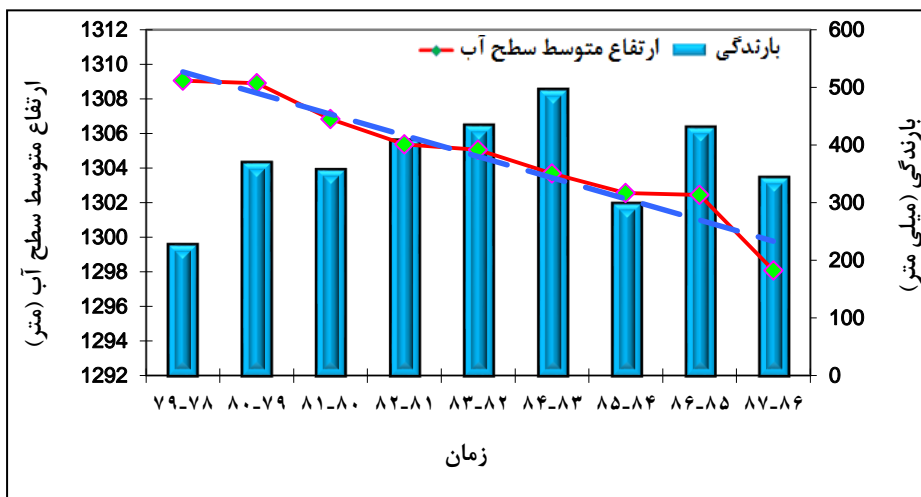


شکل ۴-۵- هیدروگراف واحد دشت میان دربند نسبت به بارندگی

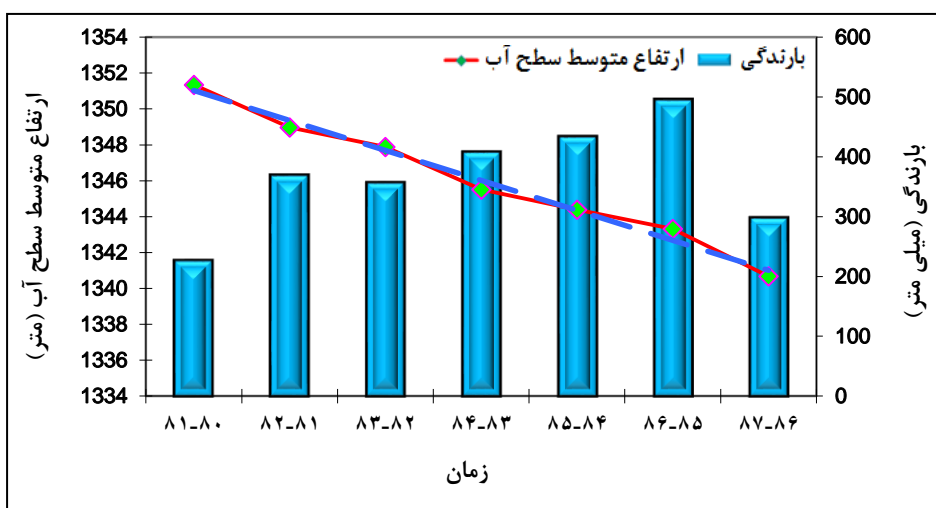
بعد از ترسیم هیدروگراف واحد دشت‌های اطراف سراب نیلوفر سپس تغییرات سطح آب را نسبت به بارندگی در هر یک از پیژومترهای موجود در دشت‌های اطراف سراب نیلوفر ترسیم شد. هیدروگراف هر یک از پیژومترها ترسیم گردید و همان روند کاهشی در سطح آب هر یک از پیژومترها مشاهده می‌شود.



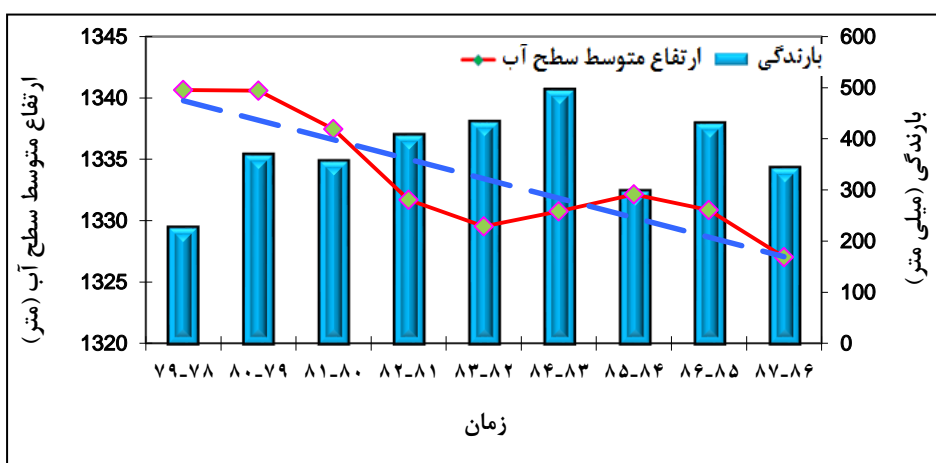
نمودار ۴-۶- هیدروگراف پیژومتر سراب نیلوفر نسبت به بارندگی



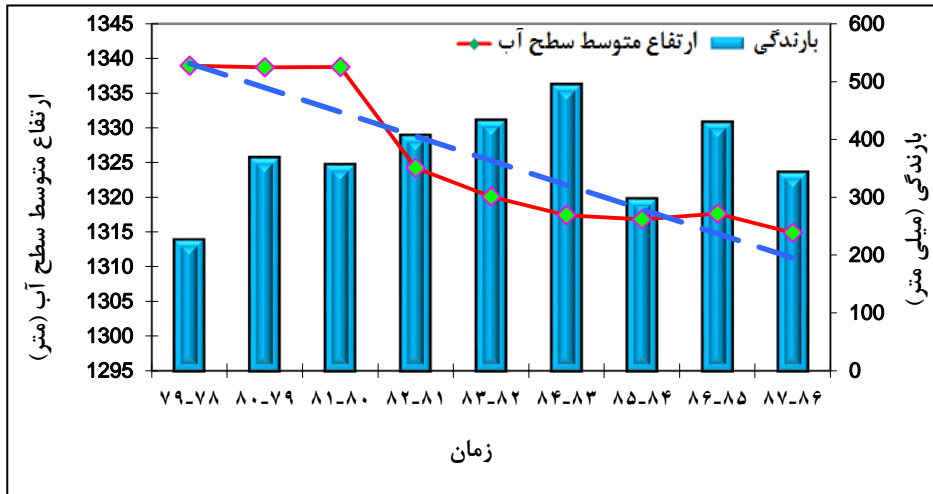
نمودار ۴-۷- هیدروگراف پیزومتر چقا قاسم در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹ نسبت به بارندگی



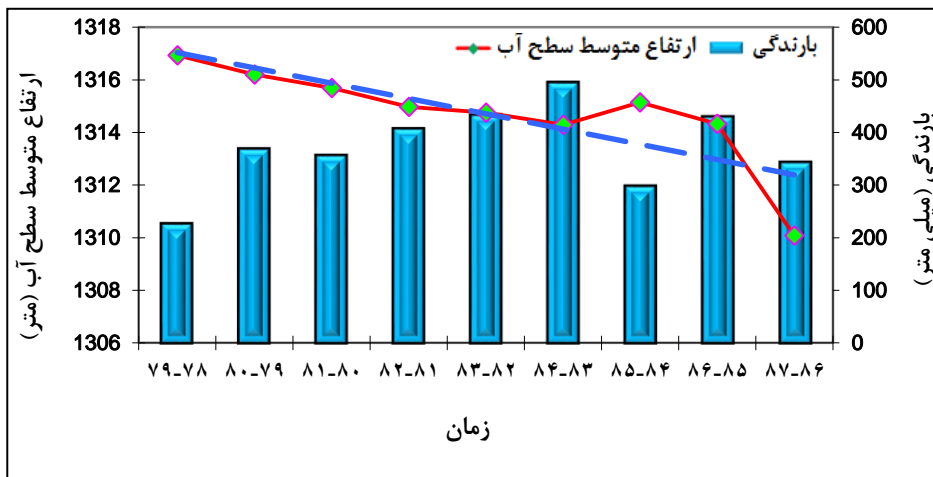
نمودار ۴-۸- هیدروگراف پیزومتر خوراک دام در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹ نسبت به بارندگی



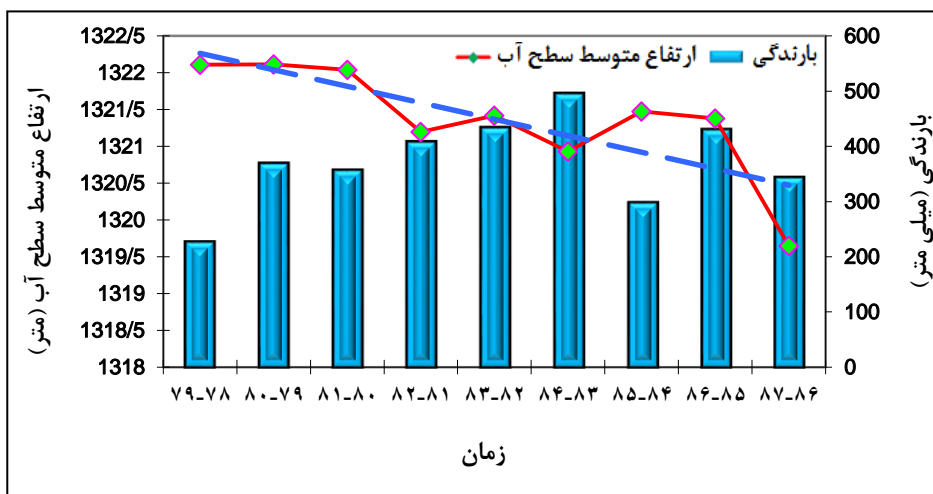
نمودار ۴-۹- هیدروگراف پیزومتر سفیدچقا دوده در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹ نسبت به بارندگی



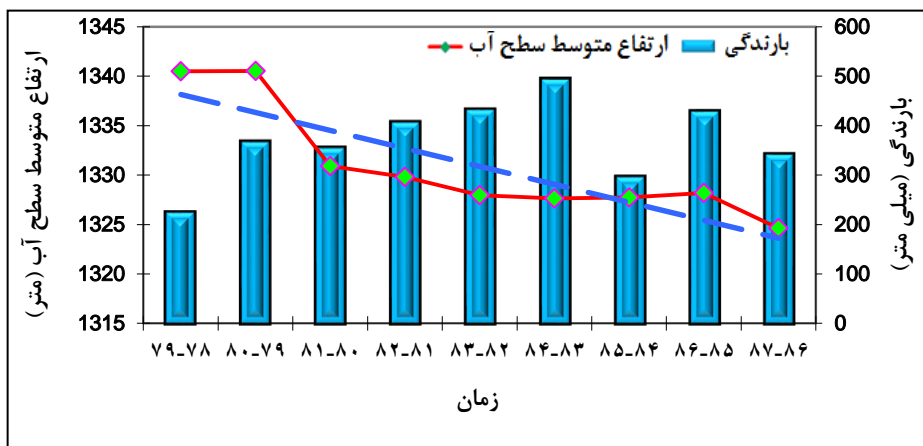
نمودار ۴-۱۰- هیدروگراف پیزومتر قمشه لر زنگنه در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹ نسبت به بارندگی



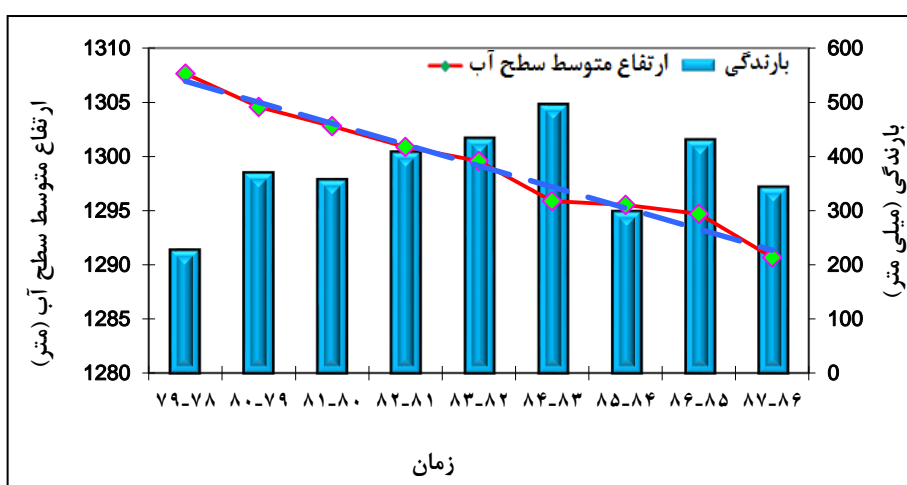
نمودار ۴-۱۱- هیدروگراف پیزومتر چقا حسین در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹ نسبت به بارندگی



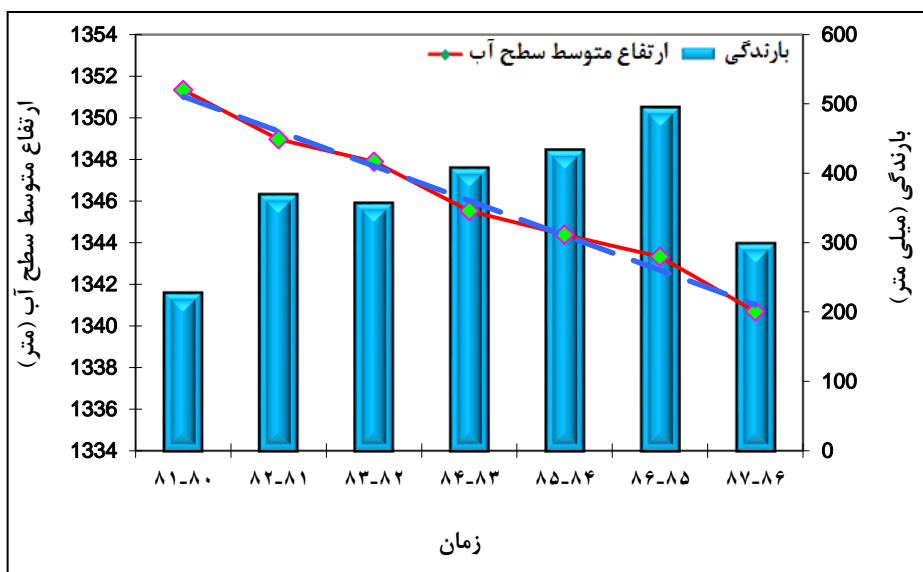
نمودار ۴-۱۲- هیدروگراف پیزومتر نامیوند علیا در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹ نسبت به بارندگی



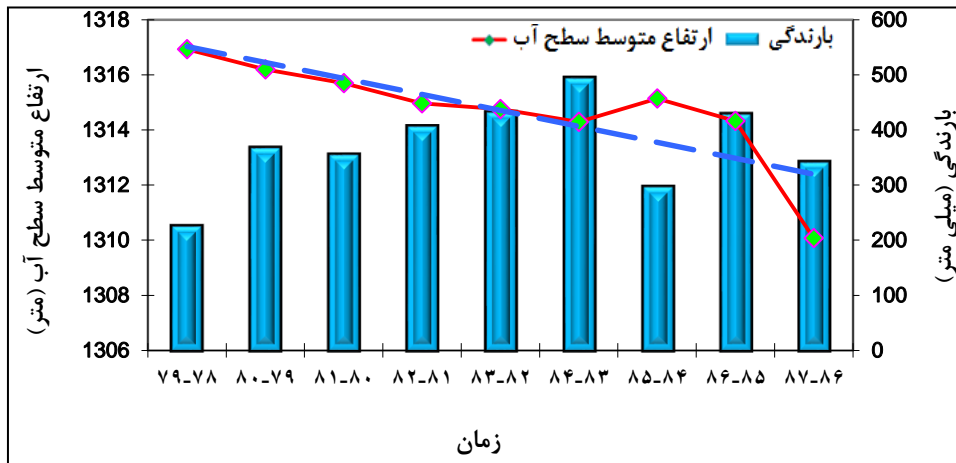
نمودار ۴-۱۳- هیدروگراف پیژومتر تازه آباد مورچی در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ نسبت به بارندگی



نمودار ۴-۱۴- هیدروگراف پیژومتر قرقیزی در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ نسبت به بارندگی



نمودار ۴-۱۵- هیدروگراف پیژومتر کنگریان وسطی در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ نسبت به بارندگی



نمودار ۴-۱۶- هیدروگراف پیژومتر مهدی‌آباد در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ نسبت به بارندگی

۴-۳- بررسی دبی سراب نیلوفر و بارندگی در سال‌های گذشته

به طور کلی آبدهی چشمه‌های کارستی به نوع سیستم کارستی، وسعت حوضه آبرگیر و مقدار و نوع بارش‌ها بستگی دارد. همانطور که در شکل‌های (۴-۱۷) نیز مشاهده می‌شود یک روند نزولی در آبدهی سراب نیلوفر در طی در سال‌های اخیر مشاهده می‌شود، در حالیکه میزان بارندگی‌ها در منطقه دارای یکسری نوساناتی می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که عامل اصلی کاهش آبدهی سراب نیلوفر برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی دشت‌های مجاور سراب نیلوفر می‌باشد.

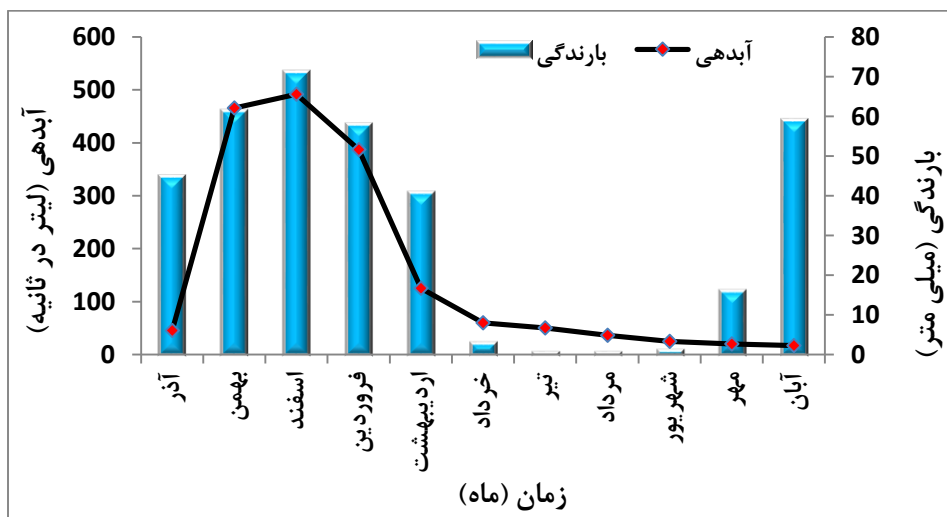
۴-۳-۱- بررسی مهم‌ترین عوامل کاهش دبی سراب نیلوفر

به طور کلی در کاهش آبدهی چشمه‌های کارستی دو عامل مهم پایین افتادن سطح آب‌های زیرزمینی دشت‌های مجاور و کاهش میزان بارندگی‌ها و تغییر اقلیم نقش دارد. همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، یک روند نزولی در سطح آب‌های زیرزمینی دشت‌های مجاور سراب نیلوفر در طول زمان‌ها دیده می‌شود، در حالیکه میزان بارندگی‌ها دارای یکسری نوساناتی می‌باشد. برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی دشت‌های مجاور نیز سبب پایین افتادن سطح آب زیرزمینی در داخل این دشت‌ها شده در نتیجه آب زیرزمینی از داخل آبخوان کارستی به داخل آبخوان آبرفتی وارد شده تا افت ناشی از

برداشت بیش از حد از آبهای زیرزمینی از دشت را جبران نماید در نتیجه سطح آب زیرزمینی در آبخوان کارستی نیز پایین افتاده که اثر خود را به صورت کاهش آبدهی چشمه‌های کارستی بر جای می‌گذارد.

۴-۳-۲- اثر کاهش بارندگی و تغییر اقلیم بر آبدهی سراب نیلوفر

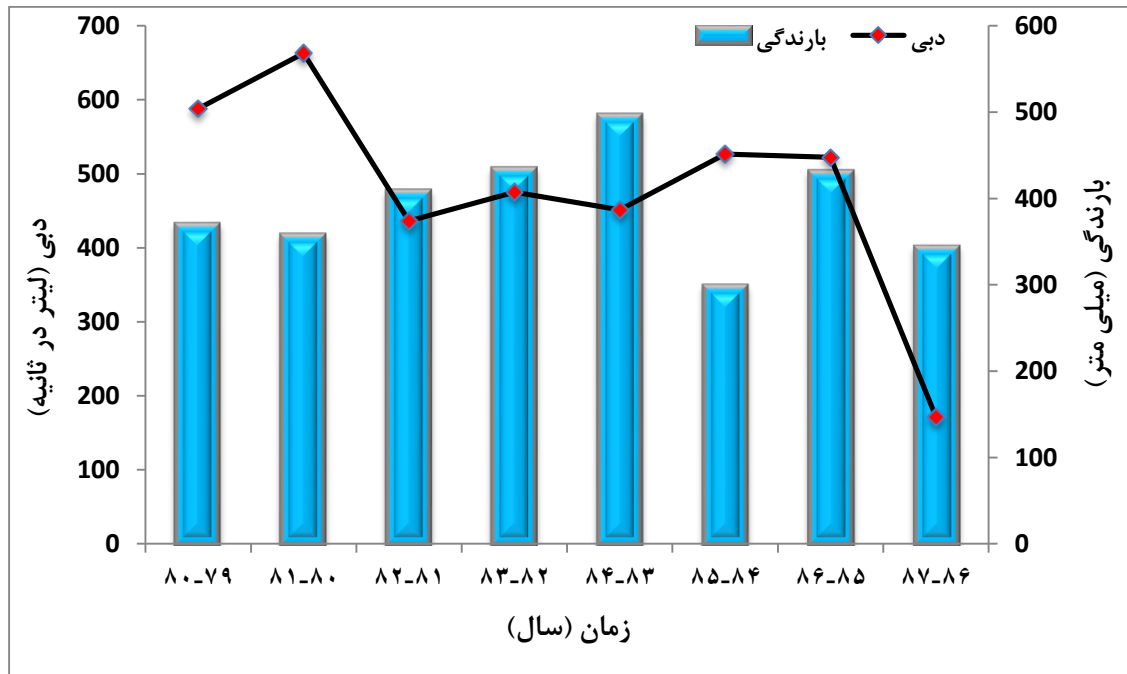
به طور کلی آبدهی چشمه‌های کارستی تابع مقدار و نوع بارش‌ها، نوع سیستم کارستی و وسعت حوضه آبرگیر می‌باشد. همانطور که در شکل (۴-۱۷) نیز ملاحظه می‌شود، میزان آبدهی سراب نیلوفر ارتباط مستقیمی با میزان بارندگی در منطقه دارد. به طوری که بیشترین مقدار آبدهی سراب نیلوفر در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و اسفند ماه دیده می‌شود که میزان بارش‌ها نیز در این ماه‌ها بیشترین مقدار می‌باشد و دوباره با کاهش میزان بارندگی از میزان آبدهی سراب نیلوفر نیز کاسته شده است.



شکل ۴-۱۷- تغییرات بارندگی و آبدهی سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

در شکل (۴-۱۸) نیز آبدهی سراب نیلوفر نسبت به بارندگی و در طی زمان‌های طولانی دیده می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود، آبدهی سراب نیلوفر یک روند نزولی در طی سال‌های متمادی را نشان می‌دهد در حالیکه میزان بارندگی‌ها دارای یکسری نوساناتی می‌باشد و در بعضی از سال‌ها افزایش نیز

پیدا کرده است. این امر نشان دهنده این مطلب است که عامل اصلی کاهش آبدهی سراب نیلوفر برداشت بیش از حد از آبهای زیرزمینی دشتهای مجاور سراب نیلوفر می باشد.



شکل ۴-۱۸- تغییرات آبدهی و بارندگی سراب نیلوفر در سالهای گذشته

مطالعات اقلیمی نشان می دهند که دمای زمین در طی دهه های گذشته افزایش یافته است. با افزایش دما، نوع بارش به سوی بارش های مایع تغییر پیدا کرده است و زمان ماندگاری آب در حوضه ها کاهش می یابد. کاهش زمان ماندگاری آب سبب افزایش طول دوره خشک و نیز تعداد سیلاب ها می شود. از این گذشته، با افزایش دما، تبخیر نیز افزایش یافته و مقدار بیشتری از بارش های دریافتی دوباره از دسترس خارج می شود. تغییرات برخی از پارامترهای اقلیمی را در جدول ۴-۱ مشاهده می شود.

جدول ۴-۱- تغییرات برخی پارامترهای اقلیمی در منطقه مورد مطالعه

پارامتر	سال ۱۳۶۰	سال ۱۳۸۸
مجموع بارندگی (mm)	۴۹۵	۴۰۳
روزهای یخبندان	۱۱۸	۷۸
دما (°C)	۱۲/۷	۱۵/۸

در طی سالیان اخیر با افزایش متوسط دما در منطقه مورد مطالعه، تعداد روزهای یخبندان در منطقه کاهش یافته است که خود این مسئله سبب کاهش نفوذ آب به درون آبخوان می‌شود، چون با کاهش روزهای یخبندان و افزایش دما میزان تبخیر در منطقه بیشتر می‌شود. از دیگر تغییرات اقلیمی ایجاد شده در طی سالیان اخیر تغییر نوع بارش‌ها و تبدیل برف به باران بوده است که خود این امر سبب کاهش نفوذ آب به درون آبخوان می‌شود. وقتی بارش به صورت برف و در همراه با یخبندان صورت بگیرد، تا مدت زیادی برف در روی زمین باقی مانده و ذوب نمی‌شود و لذا حجم آبی که از این توده برف به درون آبخوان نفوذ می‌کند افزایش می‌یابد. در حالیکه اگر بارش به صورت باران و رگباری باشد، بیشتر به صورت رواناب و تبخیر از دسترس خارج می‌شود. یکی دیگر از تغییرات اقلیمی که در طی سالیان اخیر در منطقه مورد مطالعه رخ داده است، علاوه بر بالا رفتن دمای منطقه و کاهش میزان برف، بالا رفتن دمای آستانه بارش برف در منطقه است. به طوریکه این بارش‌ها اغلب همراه با باران رخ داده و بلافاصله بعد از بارش ذوب می‌شوند.

۴-۳-۳- تأثیر پایین افتادن سطح آب‌های زیرزمینی بر کاهش آبدهی سراب نیلوفر

همانطور که قبلاً ذکر شد، با توجه به نقشه‌های هم‌پتانسیل ترسیم شده در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر جهت کلی جریان آب زیرزمینی از آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر به سمت دشت-های آبرفتی می‌باشد و این آبخوان کارستی تغذیه کننده چاه‌های حفر شده در این دشت‌ها می‌باشد. در طی سالیان اخیر با توجه به وقوع خشکسالی‌های پی در پی و نیز رشد و توسعه صنایع مختلف و کشاورزی در منطقه مورد مطالعه، و در نتیجه نیاز به منابع آبی جدید تعداد زیادی چاه در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر، جهت تأمین آب مورد نیاز برای مصارف کشاورزی و صنعت حفر شده است. در جدول ۴-۲- آمار چاه‌های مجاز و میزان برداشت از آنها در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر مشاهده می‌شود.

جدول ۲-۴- آمار چاه‌های مجاز حفر شده در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر و میزان برداشت از آنها

نام محل	نوع چاه	تعداد	حجم برداشت (m. c. m)
	عمیق شرب	۲۱۶	۱۱۳/۴۷
دشت‌های مجاور	نیمه عمیق صنعتی	۱۷۱	۱۱/۸۵
دشت‌های نیلوفلور	عمیق صنعتی	۸۲	۱۴/۲۳
دشت‌های نیلوفلور	عمیق و نیمه عمیق کشاورزی	۴۴۳۰	۶۳۵/۶۷

دشت‌های نیلوفلور
سراب نیلوفر

البته باید به این نکته توجه داشت که آمار فوق فقط برای چاه‌های مجاز حفر شده ارائه شده است و در طی سالیان اخیر و نیاز شدید به منابع آبی جدید و عدم دادن مجوز جهت حفر چاه برای افراد، این افراد اقدام به حفر بدون مجوز چاه‌ها نموده‌اند. و از این طریق اقدام به بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی نموده‌اند. در نتیجه در اثر برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی سطح آب زیرزمینی در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر دچار افت شده است. به موازات این افت در سطح آب زیرزمینی دشت‌های مجاور، آب زیرزمینی از داخل سازندهای کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر به داخل سفره‌های آب زیرزمینی موجود در دشت‌های اطراف وارد شده تا این افت را جبران نماید. که این مسئله خود سبب پایین افتادن سطح آب در داخل سازندهای کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر شده و اثر خود را با کاهش آبدهی سراب نیلوفر به خوبی نمایان ساخته است. در فصل زمستان به علت این که آب کمتری از دشت‌های آبرفتی برداشت می‌شود شیب خطوط هم‌پتانسیل کمتر بوده و آب با سرعت کمتری از داخل آبخوان کارستی به داخل آبخوان آبرفتی وارد می‌شود. ولی در فصل تابستان به علت این که آب بیشتری از دشت‌های آبرفتی برداشت می‌شود سطح آب زیرزمینی در داخل دشت‌های آبرفتی با افت بیشتری مواجه شده و شیب خطوط هم‌پتانسیل بیشتر شده و آب از درون آبخوان کارستی با سرعت بیشتری به درون آبخوان آبرفتی وارد می‌شود تا افت را جبران نماید، در نتیجه سطح آب در داخل آبخوان کارستی بیشتر افت کرده که اثر خود را با کاهش آبدهی سراب نیلوفر بر جای می‌گذارد.

۴-۴- بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در سراب نیلوفر

به منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در سراب نیلوفر، پارامترهای هدایت الکتریکی، درجه حرارت آب و pH آب اندازه‌گیری شده است. علاوه بر این با اندازه‌گیری مقادیر غلظت یون‌های اصلی در آزمایشگاه پارامترها و شاخص‌های مختلفی محاسبه شده‌اند که مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

جدول ۴-۳- مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در محل سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

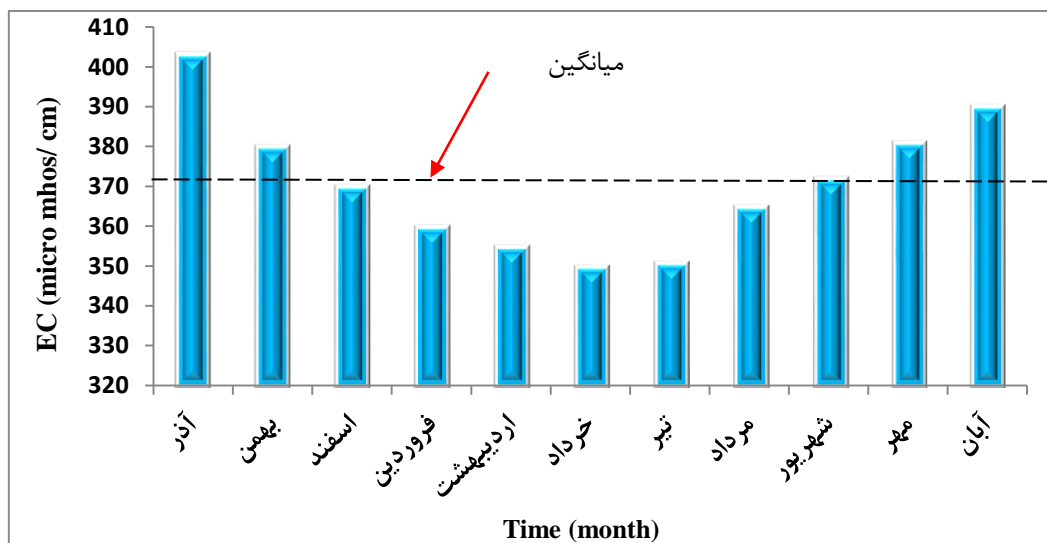
تاریخ	pH	T (°C)	Discharge (l/s)	EC(micromhos/cm)
۱۳۸۸/۹/۱۹	۷/۹	۱۱	۴۳	۴۰۳
۱۳۸۸/۱۱/۱۸	۷/۸۴	۱۳/۴	۴۰۰	۳۸۰
۱۳۸۸/۱۲/۲۰	۷/۸۵	۱۸	۴۸۰	۳۷۰
۱۳۸۹/۱/۱۸	۷/۷۵	۱۸/۴	۵۳۰	۳۶۰
۱۳۸۹/۲/۲۸	۷/۳۵	۲۲/۴	۴۰۰	۳۵۵
۱۳۸۹/۳/۲۰	۷/۷۴	۲۳	۶۵	۳۹۲
۱۳۸۹/۴/۲۲	۷/۸	۲۴/۵	۴۵	۳۵۱
۱۳۸۹/۵/۱۹	۷/۱	۲۴	۴۰	۳۶۵
۱۳۸۹/۶/۲۱	۷/۲۹	۲۲	۳۴	۳۷۲
۱۳۸۹/۷/۱۸	۷/۵	۲۱/۴	۲۸	۳۸۱
۱۳۸۹/۸/۱۶	۷/۶۵	۱۸/۵	۱۷	۳۹۰
انحراف معیار	۰/۳	۴/۳۵	۲۲۳/۴	۱۶/۴
میانگین	۷/۶	۱۹/۶۹	۱۷۴/۵	۳۷۴/۴
ضریب تغییرات (%)	۳/۵ %	۲۲%	۱۲۷%	۴%

۴-۴-۱- بررسی تغییرات زمانی هدایت الکتریکی، درجه حرارت آب و pH

الف- نمودار هدایت الکتریکی با زمان

مقادیر هدایت الکتریکی سراب نیلوفر در سال آبی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ در مظهر چشمه اندازه‌گیری شده و نتایج به دست آمده در جدول (۴-۱) ارائه شده‌اند. به منظور بررسی مقدار تغییرات هدایت الکتریکی در سراب نیلوفر میانگین، انحراف از معیار، و ضریب تغییرات آن در طول دوره آماری ذکر شده محاسبه شده‌اند. با توجه به نتایج مندرج در جدول (۴-۱) و شکل (۴-۱۹) میانگین مقادیر هدایت

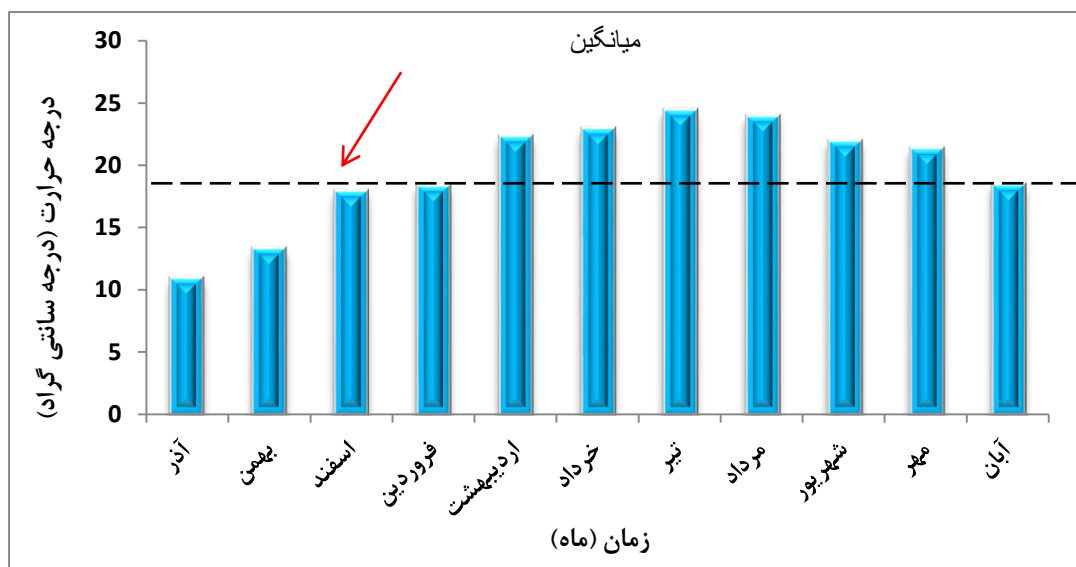
الکتریکی آب سراب نیلوفر $374/4$ و انحراف از معیار آن $16/4$ می‌باشد و ضریب تغییرات آن ۴ درصد است. با مقایسه این ضریب تغییرات و ضرایب تغییرات مربوط به سیستم های کارستی افشان و مجرای که به ترتیب کمتر از ۱۰ و بالاتر از ۱۰ درصد می باشد، ملاحظه می شود که در سراب نیلوفر سیستم مجاری و خلل و فرج هدایت کننده آب در این چشمه احتمالاً از سیستم جریان افشان تبعیت می کند.



شکل ۴-۱۹- روند تغییرات هدایت الکتریکی در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

ب- نمودار دما با زمان

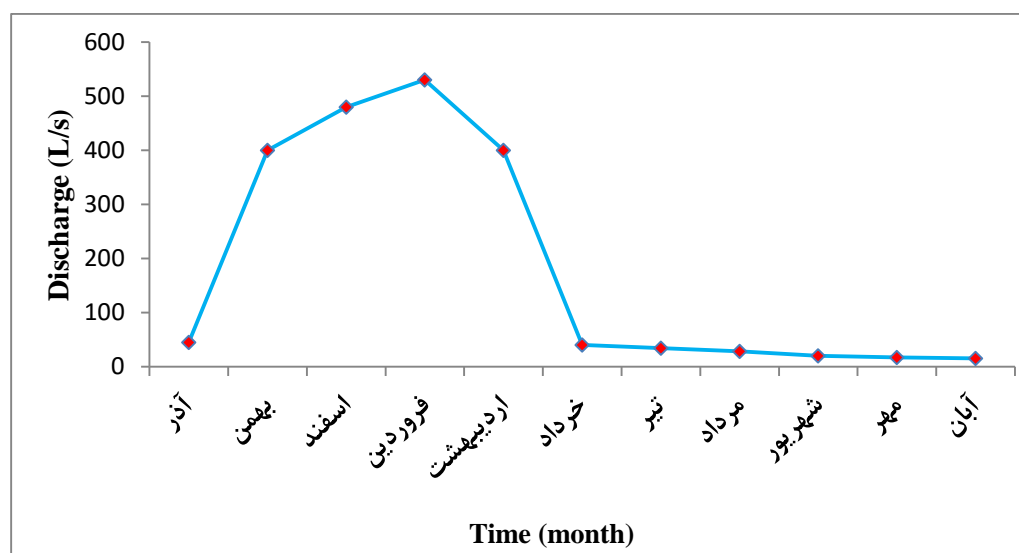
ضریب تغییرات درجه حرارت آب یکی از معیارهای مهم برای تفکیک جریان‌های افشان و مجرای در کارست می‌باشد. ضریب تغییرات درجه حرارت در چشمه‌هایی که سیستم تغذیه کننده چشمه از نوع افشان است بسیار اندک می‌باشد و در اغلب موارد کمتر از یک درصد است. همانطور که در جدول (۴-۱) مشاهده می‌شود میانگین مقدار درجه حرارت سراب نیلوفر $19/7$ می‌باشد و ضریب تغییرات آن ۲۲ درصد است. علت بالا بودن ضریب تغییرات درجه حرارت به خاطر این است که خروجی سراب نیلوفر به داخل یک دریاچه می‌باشد و اندازه‌گیری مستقیم درجه حرارت آب چشمه امکان‌پذیر نمی‌باشد و تحت تأثیر تغییرات درجه حرارت هوا می‌باشد.



شکل ۴-۲۰- روند تغییرات درجه حرارت سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

ج- نمودار دبی با زمان

یکی از پارامترهای بسیار مهم جهت تعیین خصوصیات فیزیکی چشمه‌ها مقدار دبی و تعیین تغییرات زمانی آن می‌باشد. تغییرات زمانی دبی سراب نیلوفر (هیدروگراف سراب نیلوفر) در دوره یکساله مورد مطالعه قرار گرفته و ترسیم شده است.



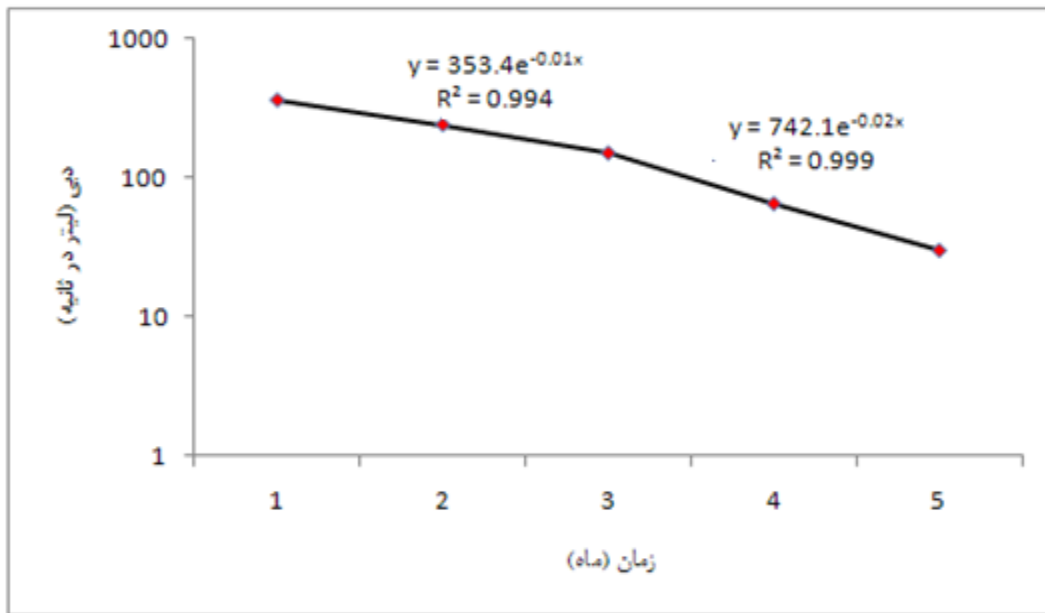
شکل ۴-۲۱- هیدروگراف سراب نیلوفر از مهر ماه ۸۷ تا شهریور ماه ۱۳۸۸

همانطور که در شکل (۴- ۲۱) ملاحظه می‌شود آبدهی سراب نیلوفر به تدریج با شروع بارندگی‌ها از آذر ماه رو به افزایش گذاشته و تا فروردین ماه ادامه می‌یابد. آبدهی سراب در اردیبهشت ماه به حداکثر خود می‌رسد و بعد از آن رو به کاهش می‌گذارد. به منظور بررسی کمی تخلیه آب و همچنین برآورد ضریب یا ضرایب دبی چشمه، منحنی فرود چشمه با استفاده از داده‌های مربوط به هیدروگراف چشمه تهیه شده است. منحنی فرود چشمه از دبی حداکثر پایان دوره تر آغاز شده و تا زمان افزایش مجدد دبی در شروع دوره تر بعدی ادامه می‌یابد و در این مدت دبی چشمه از آب‌های ذخیره شده در سفره آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. این منحنی به صورت نیمه لگاریتمی است به این ترتیب که دبی در روی محور عمودی که لگاریتمی است در مقابل زمان (در روی محور خطی) ترسیم می‌شود. در این نمودار روند داده‌ها به صورت یک خط مستقیم و یا یک خط شکسته با شیب‌های مختلف نمایان می‌شود که شیب خطوط مذکور به عنوان ضریب یا ضرایب دبی در نظر گرفته می‌شوند. ضریب دبی از رابطه زیر بدست می‌آید (Milanovic 1976,1981):

$$\alpha = \frac{\log Q_0 - \log Q_1}{0.4343 (t_0 - t_1)}$$

معادله (۴- ۱)

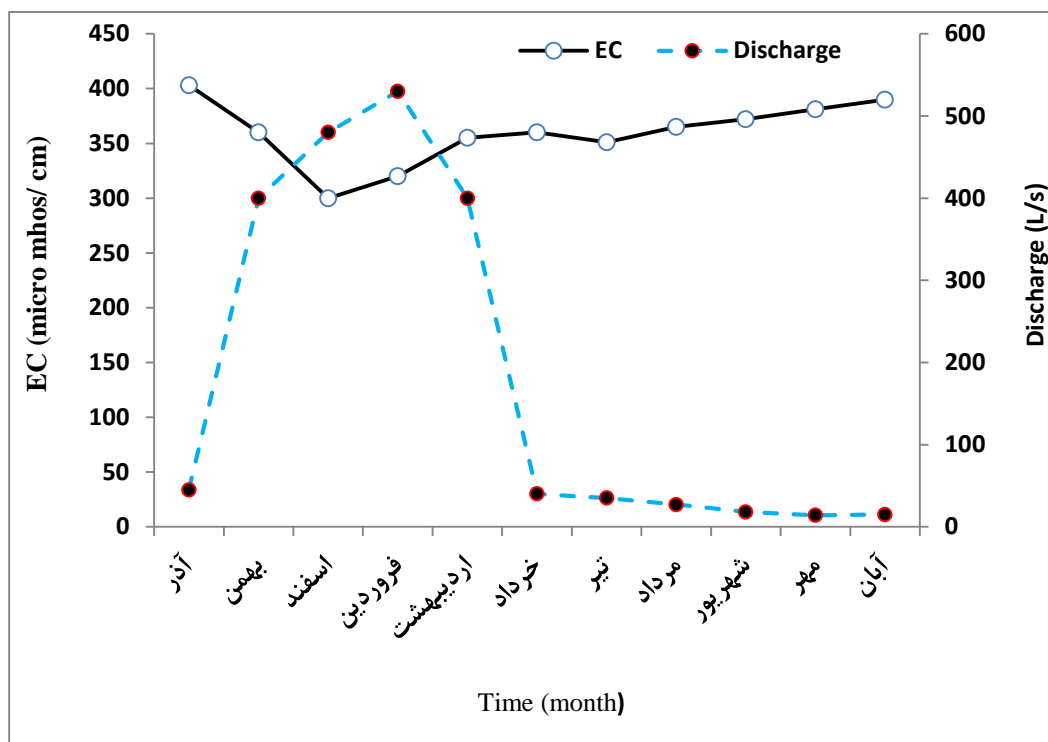
که در این رابطه، α ضریب دبی، Q_0 و Q_1 مقادیر دبی‌های چشمه بر حسب مترمکعب بر ثانیه به ترتیب در زمان‌های t_0 و t_1 می‌باشند. ضریب دبی میزان توانایی سفره آب زیرزمینی در ذخیره سازی آب را نشان می‌دهد و تابع تخلخل مؤثر و قابلیت انتقال سفره آب زیرزمینی می‌باشد. همانطور که در شکل (۴- ۲۲) ملاحظه می‌شود، منحنی فرود چشمه دارای دو رژیم با ضرایب بده متفاوت می‌باشد. در رژیم اول، تخلیه آب زیرزمینی از غارها و مجاری بزرگ صورت می‌گیرد و در این حالت جریان متلاطم غالب است و حجم زیادی از آب از طریق این مجاری با سرعت زیاد تخلیه می‌شود. در رژیم دوم، تأمین آب چشمه از طریق شکاف‌های مرتبط که به طور نسبتاً کمتری کارستی شده‌اند، صورت می‌گیرد.



شکل ۴-۲۲- منحنی فرود سراب نیلوفر

د- مقایسه تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و آبدهی در سراب نیلوفر

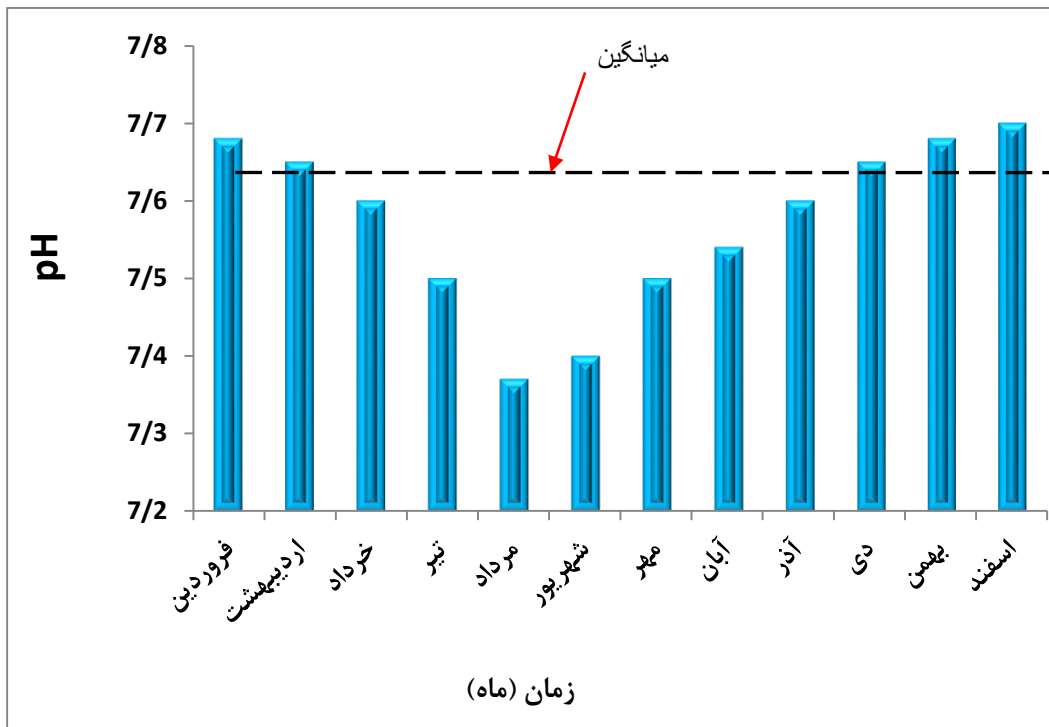
مقادیر هدایت الکتریکی آب و روند تغییرات آن تحت تأثیر جنس آبخوان و زمان ماندگاری آب در سفره آب زیرزمینی می‌باشد. با افزایش زمان ماندگاری آب در درون سفره، هدایت الکتریکی آب به دلیل این که زمان لازم برای انحلال مواد آبخوانه‌ای فراهم می‌باشد افزایش می‌یابد. در رژیم‌های مختلف آبدهی، سرعت جریان آب زیرزمینی متفاوت بوده و در نتیجه زمان ماندگاری آب در داخل آبخوان در حالت‌های مختلف متفاوت می‌باشد. همانطور که انتظار می‌رود، در چشمه‌ها بایستی با افزایش آبدهی و کاهش زمان ماندگاری آب زیرزمینی در درون آبخوان از مقدار هدایت الکتریکی آب کاسته شود و بر عکس هر چه میزان آبدهی کاهش یابد و زمان ماندگاری آب زیرزمینی در داخل آبخوان افزایش یابد، میزان هدایت الکتریکی آب افزایش می‌یابد. همانطور که در شکل (۴-۲۳) مشاهده می‌شود رابطه این دو پارامتر به صورت معکوس می‌باشد.



شکل ۴-۲۳- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و آبدهی سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

و- تغییرات زمانی اسیدیته

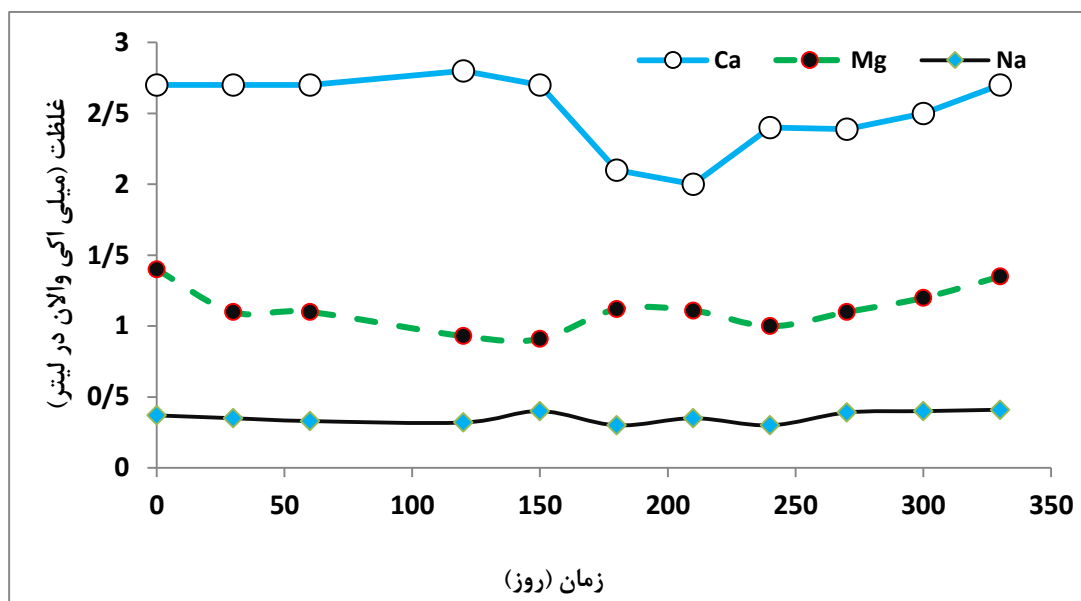
مقدار pH آب به عوامل مختلفی از قبیل میزان دی‌اکسید کربن محلول در آب، مقدار آنیون‌های بی-کربنات و کربنات و همچنین درجه حرارت آب بستگی دارد. هرچه میزان دی‌اکسید کربن محلول در آب افزایش یابد، مقدار pH آب کمتر می‌شود. با افزایش مقدار یون‌های بی‌کربنات و کربنات در آب میزان pH نیز افزایش می‌یابد. افزایش درجه حرارت نیز باعث کاهش مقدار pH می‌شود. داده‌های مربوط به اسیدیته آب در جدول (۴-۱) ارائه شده است. تغییرات زمانی pH در شکل (۴-۲۴) ترسیم شده است. برای ارزیابی کمی تغییرات pH، میانگین، انحراف از معیار و ضریب تغییرات این پارامتر در طول دوره آماری محاسبه شده‌اند که میانگین pH آب سراب نیلوفر ۷/۶ و انحراف از معیار آن ۰/۳ می‌باشد و ضریب تغییرات آن ۳/۵ درصد می‌باشد. با توجه به این که ضریب تغییرات pH نسبتاً پایین می‌باشد لذا سیستم تغذیه کننده این چشمه احتمالاً از نوع افشان می‌باشد.



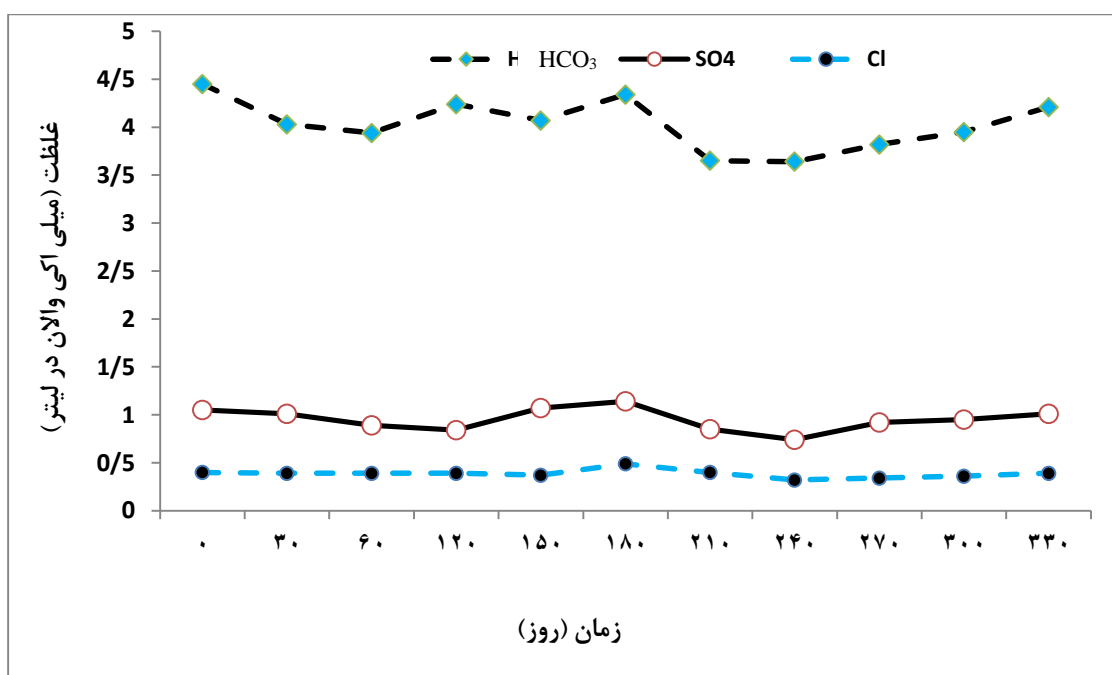
شکل ۴-۲۴- روند تغییرات اسیدیته در سراب نیلوفر در طول سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

۴-۲- تغییرات زمانی غلظت یون‌های اصلی

به منظور بررسی غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی و تغییرات زمانی آنها غلظت کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم و آنیون‌های کلر، سولفات و بی‌کربنات، بعد از نمونه‌برداری در آزمایشگاه برای زمان-های مختلف نمونه‌برداری اندازه‌گیری شده است و نتایج حاصله در جدول (۴-۲) ارائه شده است. همانطور که در شکل‌های (۴-۲۵ و ۴-۲۶) ملاحظه می‌شود تغییرات غلظت یون‌ها در دوره زمانی نمونه‌برداری شده نسبتاً زیاد می‌باشد. افتی که در نمونه هفتم ملاحظه می‌شود ممکن است ناشی از وقوع بارندگی و پاسخ چشمه به آن باشد. در سایر زمان‌ها به درون آبخوان تغذیه از طریق بارش صورت نگرفته است و آب تخلیه شده از ذخیره سفره می‌باشد. بنابراین اندک اندک با گذشت زمان بر غلظت یون‌ها افزوده می‌گردد که بیانگر تخلیه آب از شکستگی‌های کوچکتر با گذشت زمان می‌باشد.



شکل ۴-۲۵- تغییرات زمانی کاتیون‌ها در سراب نیلوفر



شکل ۴-۲۶- تغییرات زمانی آنیون‌ها در سراب نیلوفر

در جدول (۴-۴) نتایج آنالیز کیفی نمونه‌های گرفته شده از سراب نیلوفر مشاهده می‌شود. ابتدا باید درصد خطای آزمایشات تعیین شود. برای محاسبه درصد خطای آزمایشات از معادله زیر استفاده می‌شود:

معادله (۴-۲)

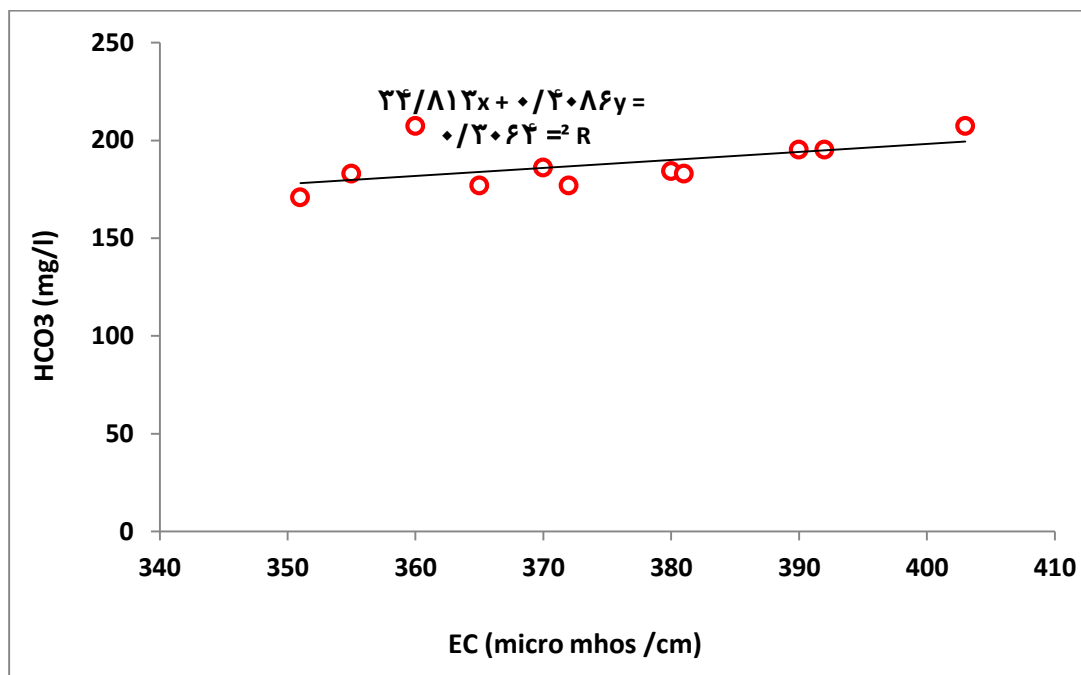
$$\% Error = \frac{[\sum Cat - \sum Ani]}{\frac{\sum Cat + \sum Ani}{2}} \times 100$$

همانطور که در جدول (۴-۲) نیز مشاهده می‌شود، خطای تمامی آزمایشات کمتر از پنج درصد می‌باشد که بیانگر دقت لازم در آزمایشات می‌باشد

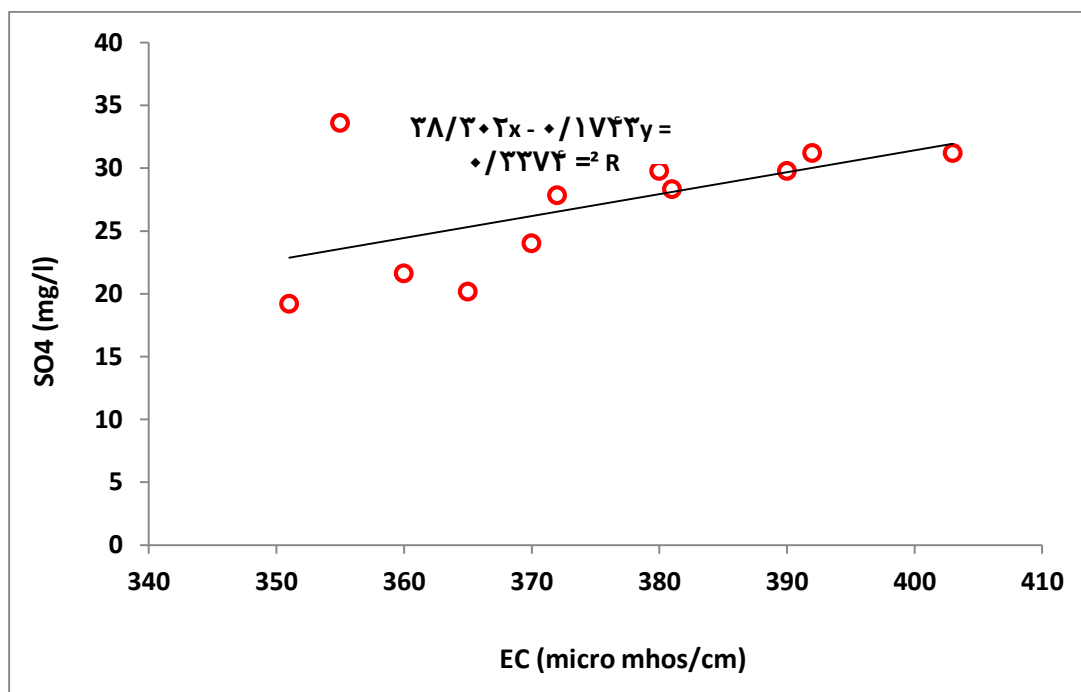
جدول ۴-۴- غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی سراب نیلوفر بر حسب میلی‌اکی والان در لیتر

%Error	Na ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	تاریخ
۱/۱۰	۰/۳۷	۱/۴۰	۲/۷۴	۰/۴۰	۰/۶۵	۳/۴۰	۱۳۸۸/۹/۱۹
۰/۴۸	۰/۳۵	۱/۱۰	۲/۷۰	۰/۳۹	۰/۶۲	۳/۰۲	۱۳۸۸/۱۱/۱۸
۱/۵۰	۰/۳۳	۱/۱۰	۲/۷۰	۰/۳۹	۰/۵۰	۳/۰۵	۱۳۸۸/۱۲/۲۰
۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۹۳	۲/۸۰	۰/۳۹	۰/۴۵	۳/۴۰	۱۳۸۹/۱/۱۸
۱/۳۲	۰/۳۰	۰/۹۱	۲/۷۰	۰/۳۷	۰/۷۰	۳	۱۳۸۹/۲/۲۸
۰/۲۵	۰/۳۵	۱/۱۲	۲/۱	۰/۴۹	۰/۶۵	۳/۲	۱۳۸۹/۳/۲۰
۱/۱۶	۰/۳۰	۱/۱۱	۲	۰/۴۰	۰/۴۵	۲/۸	۱۳۸۹/۴/۲۲
۱/۷۷	۰/۳۲	۱	۱/۵۳	۰/۳۲	۰/۴۲	۲/۹۰	۱۳۸۹/۵/۱۹
۱/۵۶	۰/۳۹	۱/۱۰	۲/۳۹	۰/۳۴	۰/۵۸	۲/۹۰	۱۳۸۹/۶/۲۱
۱/۹۰	۰/۴۰	۱/۲۰	۲/۵۰	۰/۳۶	۰/۵۹	۳	۱۳۸۹/۷/۱۸
۱/۴۰	۰/۴۱	۱/۳۵	۲/۷۰	۰/۳۹	۰/۶۲	۳/۲۰	۱۳۸۹/۸/۱۷
۰/۵۸	۰/۰۴	۰/۲۸	۰/۴۰	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۲۰	انحراف معیار
۱/۱۵	۰/۳۵	۱/۱۹	۲/۴۴	۰/۳۸	۰/۵۷	۳/۰۸	میانگین
۵۰%	۱۱%	۲۳%	۱۶%	۱۱%	۱۷%	۶%	ضریب تغییرات (%)

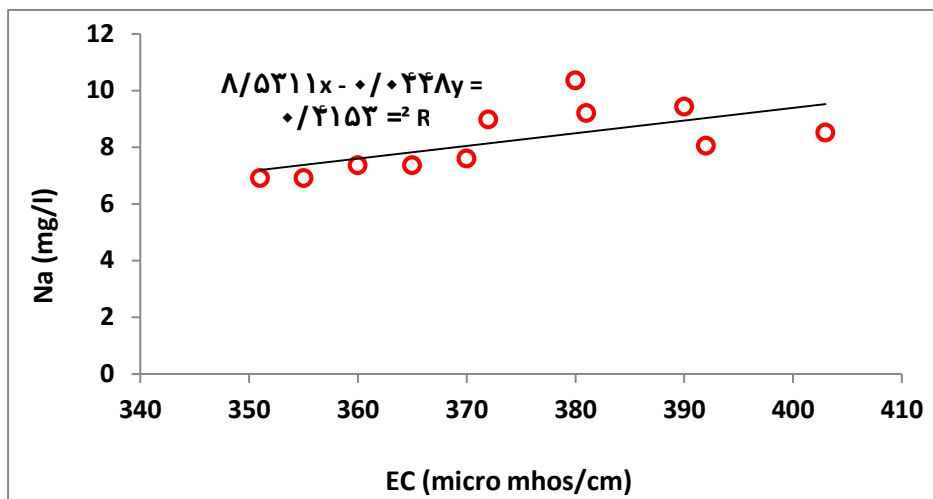
هدایت الکتریکی با املاح موجود در آب‌های زیرزمینی ارتباط مستقیم دارد. به منظور تعیین ارتباط بین هدایت الکتریکی با یون‌ها نمودار تغییرات یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم، کلر، سولفات و بی-کربنات در برابر هدایت الکتریکی ترسیم شده است. بر اساس نمودارهای ترسیم شده بین میزان هدایت الکتریکی و یون‌های موجود همبستگی مستقیمی وجود دارد.



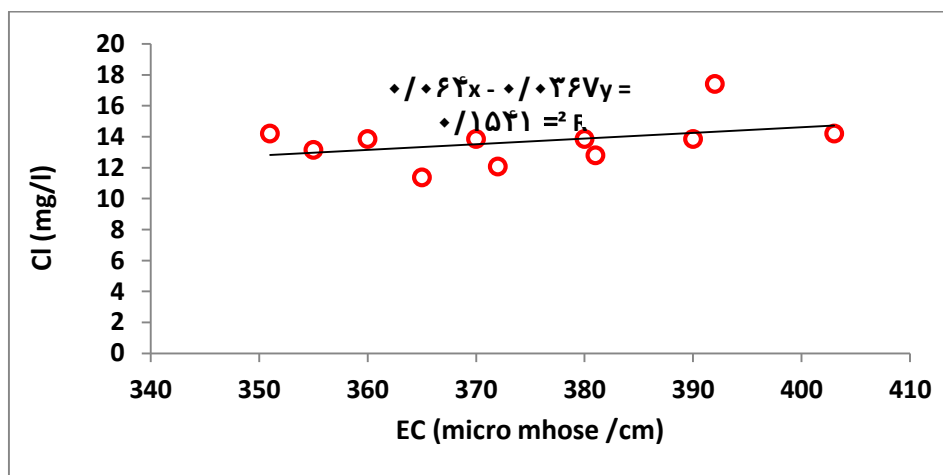
شکل ۴-۲۷- تغییرات غلظت بی‌کربنات با هدایت الکتریکی در سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸



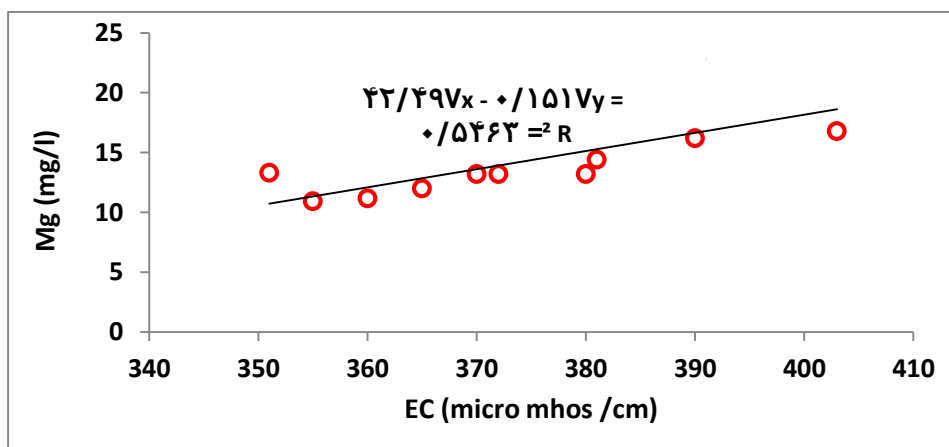
شکل ۴-۲۸- تغییرات غلظت سولفات با هدایت الکتریکی در سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸



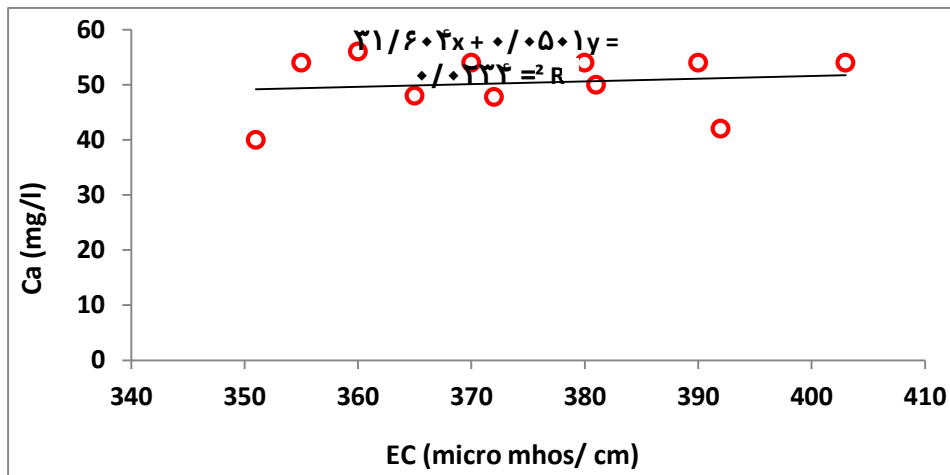
شکل ۲۹-۴ تغییرات غلظت سدیم با هدایت الکتریکی در سراب نیلوفر در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹



شکل ۳۰-۴ تغییرات غلظت کلر با هدایت الکتریکی در سراب نیلوفر در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹



شکل ۳۱-۴ تغییرات غلظت منیزیم با هدایت الکتریکی در سراب نیلوفر در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹



شکل ۴-۳- تغییرات غلظت کلسیم با هدایت الکتریکی در سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

۴-۳- محاسبه سایر پارامترها

علاوه بر مواردی که ذکر شد، پارامترهای سختی، درصد سدیم و نسبت جذب سدیم نیز در سراب نیلوفر محاسبه شده است که مقادیر آنها در جدول (۴-۳) مشاهده می‌شود.

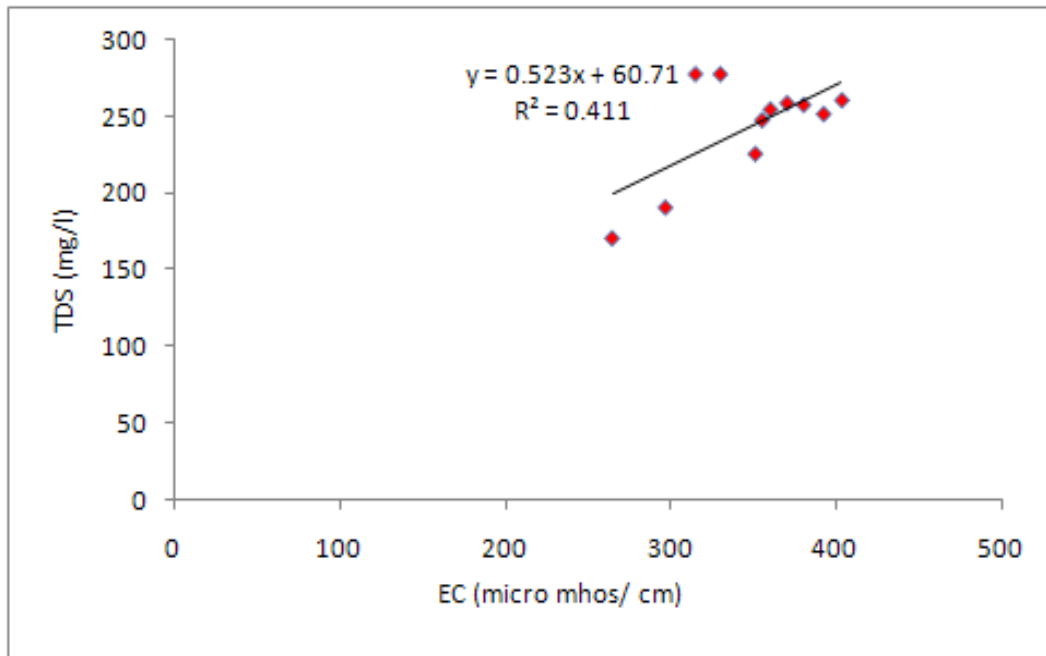
الف- مقدار کل مواد جامد محلول

مقدار کل مواد جامد محلول در واقع مجموع مقادیر تمام کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی بر حسب میلی-گرم بر لیتر می‌باشد. مقدار کل مواد جامد محلول در آب در طی یک سال نمونه‌برداری برای سراب نیلوفر ۲۴۲/۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد و مقدار انحراف از معیار آن حدود ۳۲/۵۸ و ضریب تغییرات این پارامتر ۱۳ درصد می‌باشد. به منظور تعیین ارتباط بین میزان هدایت الکتریکی و مقدار کل مواد جامد محلول در آب نمودار تغییرات هدایت الکتریکی در برابر مقدار کل مواد جامد محلول رسم شده است. همان گونه که در شکل (۴-۳۳) نیز ملاحظه می‌گردد، رابطه بین هدایت الکتریکی و مقدار کل مواد جامد محلول موجود رابطه‌ای خطی است و این مطلب بیانگر افزایش میزان هدایت الکتریکی با افزایش میزان املاح موجود در آب می‌باشد. برای محاسبه مقدار کل مواد جامد محلول از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$TDS = \sum IONS$$

معادله (۴-۳)

در این رابطه TDS مقدار کل مواد جامد محلول بر حسب میلی گرم در لیتر و مجموع یون‌ها در نمونه آب بر حسب میلی گرم در لیتر می‌باشد.



شکل ۴-۳۳- رابطه بین کل مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی در سراب نیلوفر

ب- درصد سدیم و نسبت جذب سدیم

سدیم یکی از یون‌هایی است که به لحاظ کیفیت آب آبیاری بسیار حائز اهمیت است. چنانچه غلظت سدیم زیاد باشد، خواص فیزیکی خاک از قبیل نفوذپذیری، زهکشی و تهویه خاک به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد که این تغییرات بر روی رشد گیاهان نیز تأثیر می‌گذارد. به منظور بیان مقدار سدیم موجود در آب آبیاری از دو پارامتر درصد سدیم و نسبت جذب سدیم استفاده می‌شود. میزان تغییرات، میانگین، انحراف از معیار و ضریب تغییرات درصد سدیم و نسبت جذب سدیم در جدول (۴-۳) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود میانگین مقدار درصد سدیم و نسبت جذب سدیم برای نمونه‌های آب سراب نیلوفر در دوره آماری یکساله به ترتیب برابر با $9/3$ و $0/28$ می‌باشد. مقادیر

انحراف از معیار و ضریب تغییرات درصد سدیم به ترتیب ۴/۴ و ۴۷ درصد و برای نسبت جذب سدیم به ترتیب برابر با ۰/۰۴۷ و ۴۷ درصد می‌باشند.

جدول ۴-۵- سایر پارامترهای محاسبه شده سراب نیلوفر

Cl/sumAnion	Na/sumCation	Ca/Mg	Hardness	%Na	SAR	TDS (mg/l)	تاریخ
۰/۲۵	۰/۱۳	۲/۶	۱۹۲	۹/۲	۰/۲۷	۲۶۰	۱۳۸۸/۹/۱۹
۰/۱۵	۰/۰۸	۲/۴۵	۱۸۹/۱	۸/۴۳	۰/۲۵۴	۲۵۷	۱۳۸۸/۱۱/۱۸
۰/۰۹	۰/۰۵	۲/۴۵	۱۹۰	۵	۰/۱۵	۲۵۸	۱۳۸۸/۱۲/۲۰
۰/۰۹	۰/۰۵	۳/۰۱	۱۸۶/۵	۵/۰۹	۰/۱۵	۲۵۴	۱۳۸۹/۱/۱۸
۰/۱	۰/۰۴	۳/۸	۱۷۰/۵	۱۰/۴۹	۰/۳	۲۴۷	۱۳۸۹/۲/۲۸
۰/۱۱	۰/۰۷	۱/۱	۱۹۸/۴	۸/۰۵	۰/۲۴۸	۲۵۱	۱۳۸۹/۳/۲۰
۰/۱۲	۰/۰۸	۱/۸	۱۵۶	۱۰/۱۲	۰/۳	۲۲۵	۱۳۸۹/۴/۲۲
۰/۰۸	۰/۰۷	۱/۵۳	۱۲۶/۵	۱۱/۲۲	۰/۲۸	۲۲۰	۱۳۸۹/۵/۱۹
۰/۰۹	۰/۰۷	۲/۱۷	۱۷۴/۵۰	۱۰/۰۵	۰/۲۹۵	۲۳۸	۱۳۸۹/۶/۲۱
۰/۰۷	۰/۰۸	۳/۵	۱۸۵/۷	۱۲/۲۴	۰/۳۸۱	۲۴۴	۱۳۸۹/۷/۱۸
۰/۰۶	۰/۱۰	۱/۳۷	۱۸۸/۶	۱۲/۶۴	۰/۳۹۹	۲۵۴	۱۳۸۹/۸/۱۷
۰/۲۶	۰/۰۲	۰/۸۲	۱۹/۸	۴/۴	۰/۰۴۷	۳۲/۵۸	انحراف معیار
۰/۱۷	۰/۰۷۵	۲/۳۴	۱۷۷/۹۸	۹/۳۲	۰/۲۷۵	۲۴۲/۳۶	میانگین
۱۵۳%	۲۷%	۳۵%	۱۱%	۴۷%	۴۷%	۱۳%	ضریب تغییرات (%)

ج- سختی کل

سختی آب به غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم وابسته می‌باشد و معمولاً واحد آن میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم می‌باشد. سختی آب به دو گروه تقسیم می‌شود، سختی کربناته و سختی غیر کربناته. سختی کربناته مربوط به آن بخش از کلسیم و منیزیم است که با آنیون‌های کربنات و بی‌کربنات ترکیب می‌شوند. سختی غیر کربناته نیز مربوط به آن بخش از کلسیم و منیزیم می‌شود که با آنیون‌هایی غیر از کربنات و بی‌کربنات ترکیب شده‌اند. در مطالعه سختی آب معمولاً این دو نوع سختی از یکدیگر تفکیک نمی‌شوند و به صورت مجموع محاسبه می‌شوند که به آن سختی کل گفته می‌شود.

مقادیر سختی کل نمونه‌های آب سراب نیلوفر در جدول (۴-۳) ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که میانگین سختی کل برای سراب نیلوفر ۱۷۷/۹۸ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم می‌باشد. مقدار انحراف از معیار نیز حدود ۱۹/۸ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم و ضریب تغییرات آن ۱۱ درصد می‌باشد. برای محاسبه سختی کل نمونه‌های آب از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$H = 2.5 [Ca^{+2}] + 4.1 [Mg^{+2}] \quad \text{معادله (۴-۴)}$$

که در این رابطه H مقدار سختی بر حسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم می‌باشد. Ca و Mg نیز غلظت‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. برای تعیین نوع آب بر اساس سختی از طبقه‌بندی رایج (Todd 1980) استفاده می‌گردد. در این طبقه‌بندی آب‌ها به ۴ گروه تقسیم می‌شوند (جدول ۴-۴). با توجه به میانگین سختی کل نمونه‌های آب سراب نیلوفر ملاحظه می‌شود که آب سراب نیلوفر در گروه آب‌های سخت قرار می‌گیرد.

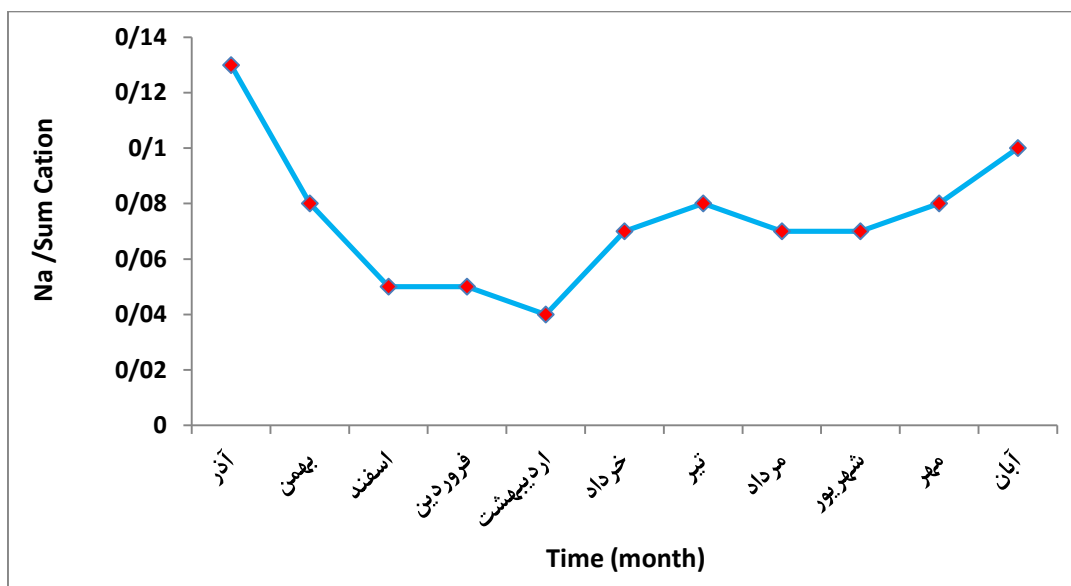
جدول ۴-۴- طبقه‌بندی آب‌ها بر اساس سختی کل (Todd 1980)

گروه	۱	۲	۳	۴
سختی کل	کمتر از ۷۵	۷۵-۱۵۰	۱۵۰-۳۰۰	بیشتر از ۳۰۰
نوع آب	نرم	نسبتاً سخت	سخت	خیلی سخت

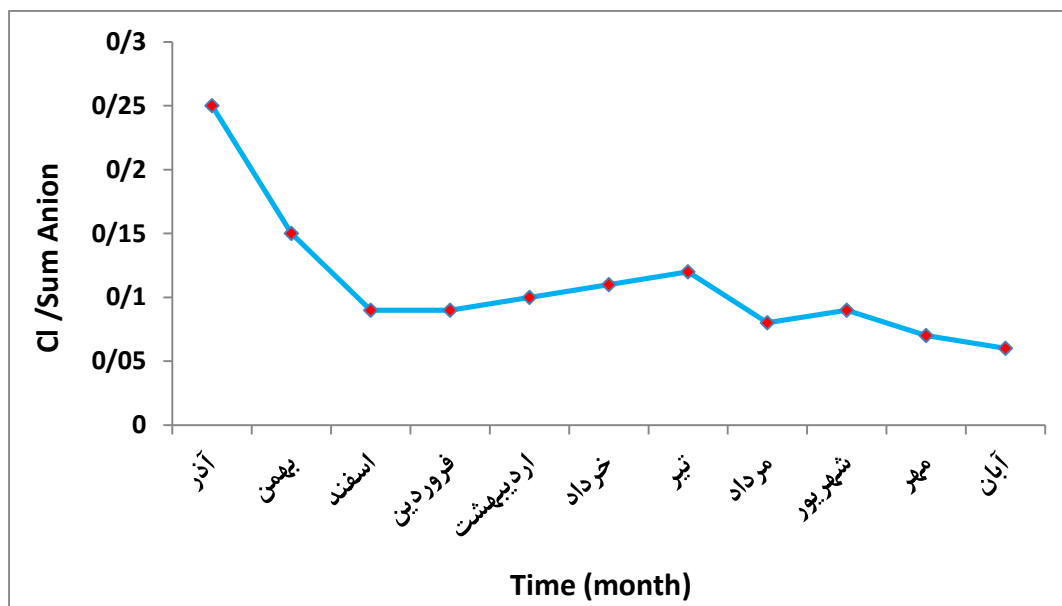
د- نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها و نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها

نسبت‌های سدیم به مجموع کاتیون‌ها و همچنین نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها برای کلیه نمونه‌ها محاسبه شده و در جدول (۴-۳) ارائه شده است. تغییرات زمانی نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها و کلر به مجموع آنیون‌ها در سراب نیلوفر در شکل‌های (۴-۳۴ و ۴-۳۵) نشان داده شده‌اند. همانطور که در شکل‌های (۴-۳۴ و ۴-۳۵) نیز ملاحظه می‌شود، نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها و نیز نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها در ابتدای نمونه‌برداری دارای بیشترین مقدار بوده و به تدریج با گذشت زمان و شروع بارندگی‌ها از میزان آنها به تدریج کاسته می‌شود. همچنین همانطور که در شکل‌های

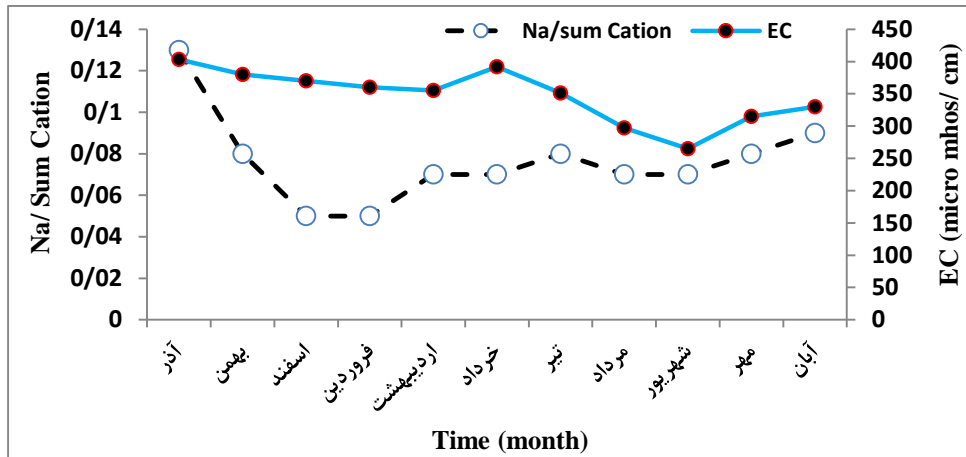
(۴-۳۶ و ۴-۳۷) ملاحظه می‌شود روند تغییرات نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها و نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها در سراب نیلوفر با هدایت الکتریکی رابطه نسبتاً مستقیمی را نشان می‌دهد.



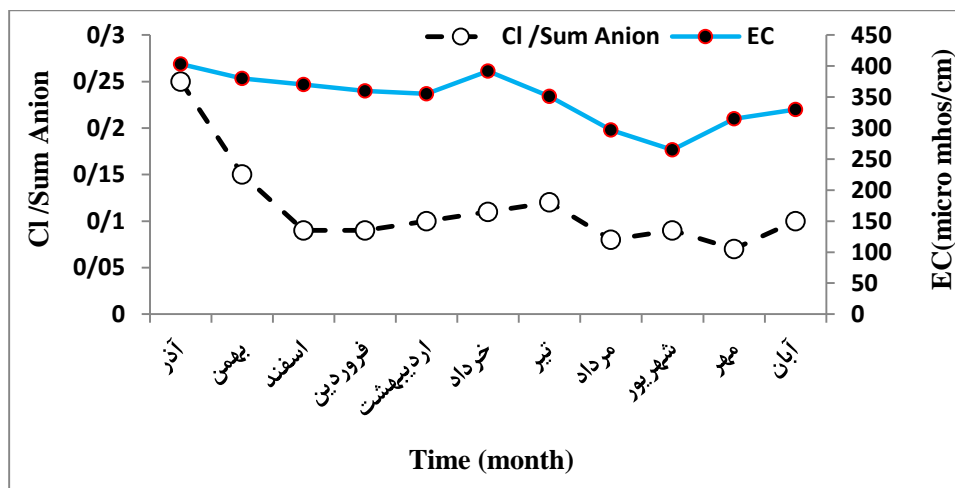
شکل ۴-۳۴- تغییرات زمانی سدیم به مجموع کاتیون‌ها در سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸



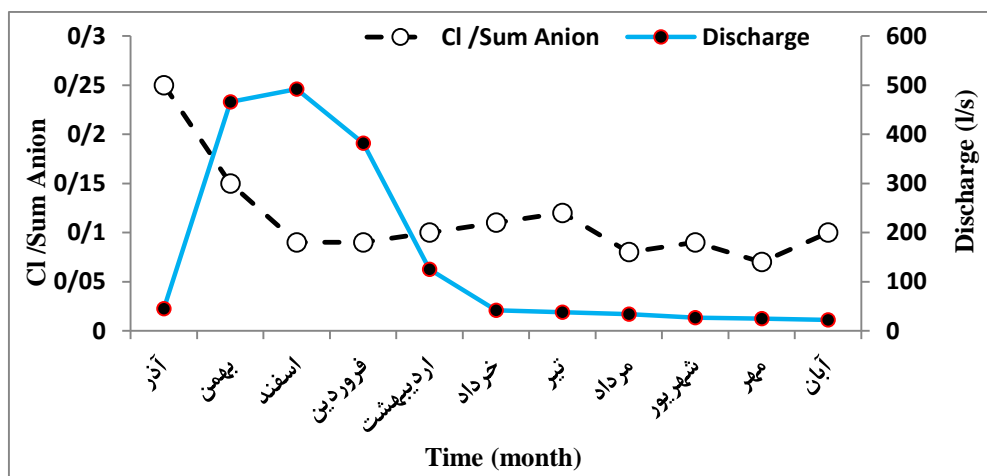
شکل ۴-۳۵- تغییرات زمانی کلر به مجموع آنیون‌ها در سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸



شکل ۴-۳۶- تغییرات سدیم به مجموع کاتیون‌ها با هدایت الکتریکی سراب در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

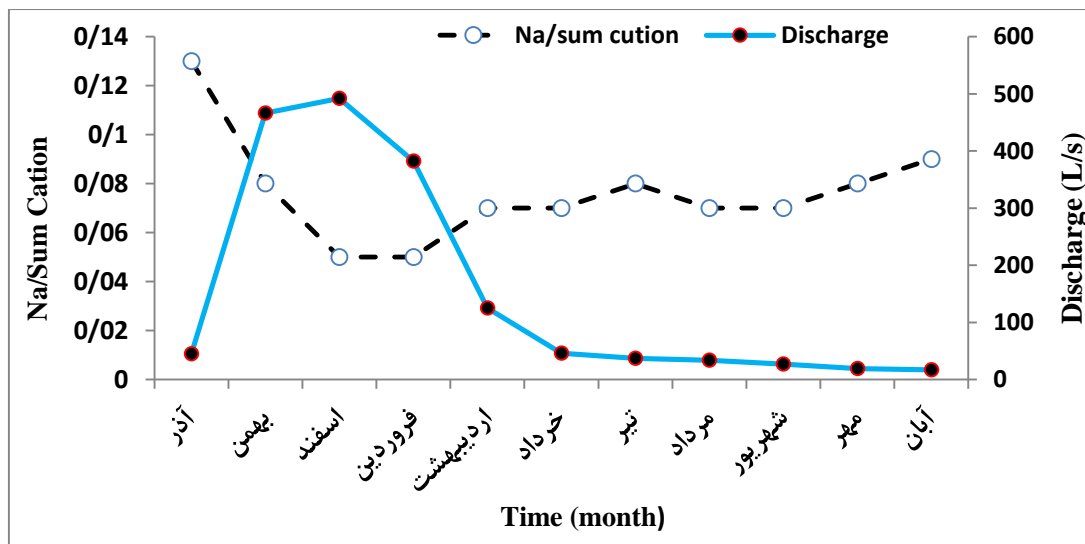


شکل ۴-۳۷- تغییرات کلر به مجموع آنیون‌ها با هدایت الکتریکی سراب در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸



شکل ۴-۳۸- تغییرات کلر به مجموع آنیون‌ها با دبی سراب در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

همانطور که ملاحظه می‌شود روند تغییرات نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها روند تغییرات نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها با تغییرات هدایت الکتریکی رابطه مستقیم دارد. شکل‌های (۴-۳۶ و ۴-۳۷) و با تغییرات دبی جریان رابطه معکوسی را نشان می‌دهند. شکل‌های (۴-۳۸ و ۴-۳۹). به عبارت دیگر با افزایش دبی جریان خروجی از سراب نیلوفر سرعت حرکت آب سریعتر می‌شود که به نوبه خود سبب کاهش زمان اقامت آب در سفره آب زیرزمینی می‌شود. در نتیجه غلظت یون‌ها در آب کاهش می‌یابد. در شرایطی که دبی جریان خروجی از سراب نیلوفر کاهش می‌یابد تمام موارد فوق‌الذکر بر عکس می‌شوند و غلظت یون‌ها در آب سراب نیلوفر افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۴-۳۹- تغییرات سدیم به مجموع کاتیون‌ها با دبی سراب در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

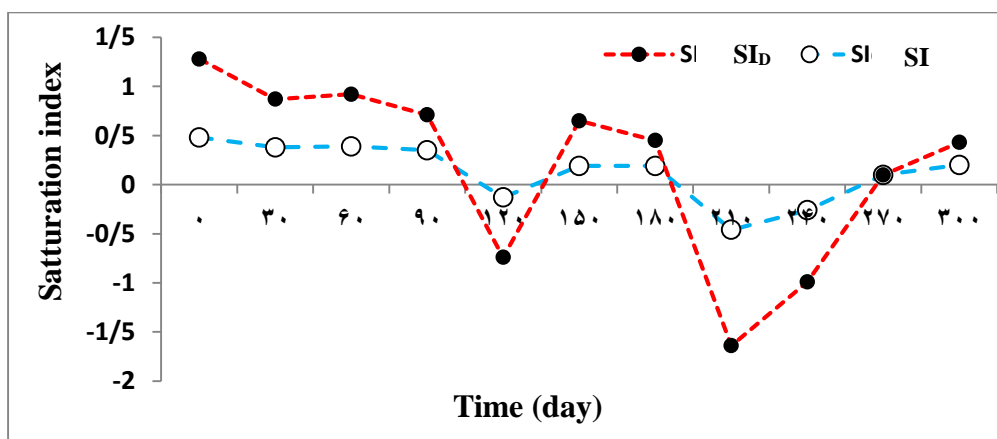
۴-۴-۴- نسبت کلسیم به منیزیم

نسبت غلظت کلسیم به منیزیم در سفره‌های کارستی کربناته، شاخص بسیار مناسبی برای تشخیص سفره‌های کارستی آهکی از سفره‌های کارستی دولومیتی می‌باشد. به طور کلی نسبت‌های نزدیک به یک مربوط به سفره‌های کارستی دولومیتی بوده و نسبت‌های بین ۲ تا ۱۰ مربوط به سفره‌های کارستی آهکی می‌باشند. در صورتی که نسبت‌های بالای ۱۰ در آب‌های کارستی مشاهده شود، نشانگر خلوص بالاتر آهک و یا وجود کانی‌های ژپس یا انیدریت در تشکیلات آهکی می‌باشد (White 1988 نقل از کرمی ۱۳۸۳). معمولاً نسبت‌های کمتر از یک در تشکیلات کربناته مشاهده نمی‌شود، به

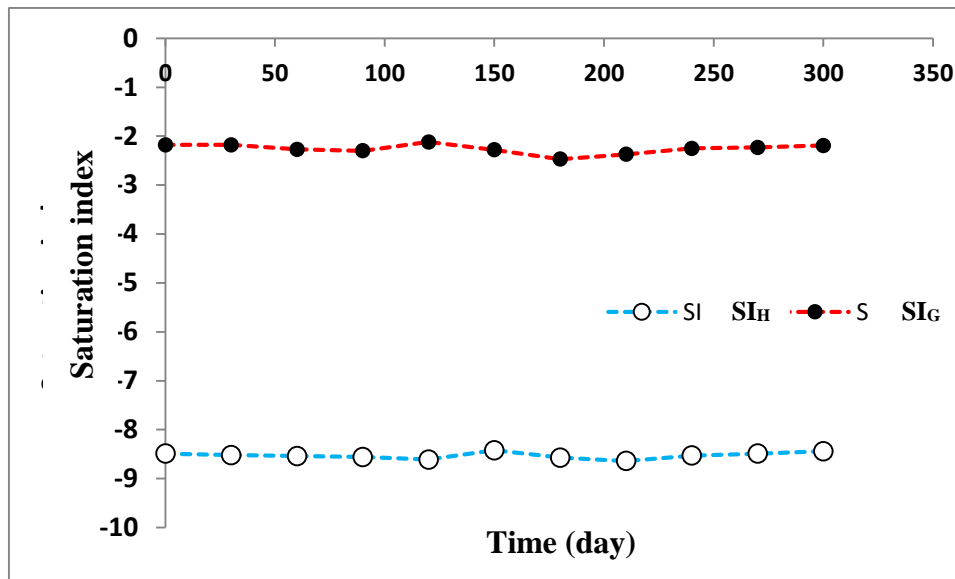
استثنای مواردی که فرار گاز دی‌اکسید کربن از آب زیرزمینی در لایه آبدار دولومیتی موجب رسوب آراگونیت یا کلسیت گردد و به این ترتیب غلظت یون منیزیم در آب بالا می‌رود. برای محاسبه این پارامتر، میزان غلظت‌های دو کاتیون کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌اکی والان بر لیتر در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اطلاعات مندرج در جدول (۴-۳) ملاحظه می‌گردد که میانگین نسبت یون کلسیم به منیزیم برای نمونه‌های اندازه‌گیری شده برابر ۲/۳۴ می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که جنس سفره آب زیرزمینی در حوضه آبگیر چشمه‌های مورد مطالعه عمدتاً آهکی است. مقدار انحراف از معیار این پارامتر برای سراب نیلوفر برابر ۰/۸۲ می‌باشد و ضریب تغییرات آن ۳۵ درصد می‌باشد.

۴-۴-۵- تغییرات زمانی شاخص‌های اشباع

به منظور محاسبه شاخص‌های اشباع کلسیت، دولومیت، ژپیس و هالیت در سراب نیلوفر از نرم افزار (PHREEQC) استفاده شده است و نتایج آن نیز در جدول (۴-۵) ارائه شده است. شکل‌های (۴-۴۰ و ۴-۴۱) تغییرات زمانی شاخص‌های اشباع کلسیت، دولومیت، هالیت و ژپیس را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل‌های (۴-۴۰ و ۴-۴۱) مشاهده می‌شود ضرایب اشباع دولومیت و کلسیت دارای تغییرات بسیار شدیدی می‌باشد. ضرایب اشباع برای هالیت و ژپیس منفی می‌باشد که نشانگر این است که آب زیرزمینی نسبت به هالیت و ژپیس به طور قابل توجهی حالت غیر اشباع دارد.



شکل ۴-۴۰- تغییرات زمانی شاخص‌های اشباع کلسیت و دولومیت در سراب نیلوفر



شکل ۴-۴۱- تغییرات زمانی شاخص‌های اشباع ژپیس و هالیت در سراب نیلوفر

۴-۵- بررسی زون‌های غالب یونی آب سراب نیلوفر با استفاده از نمودار پایپر

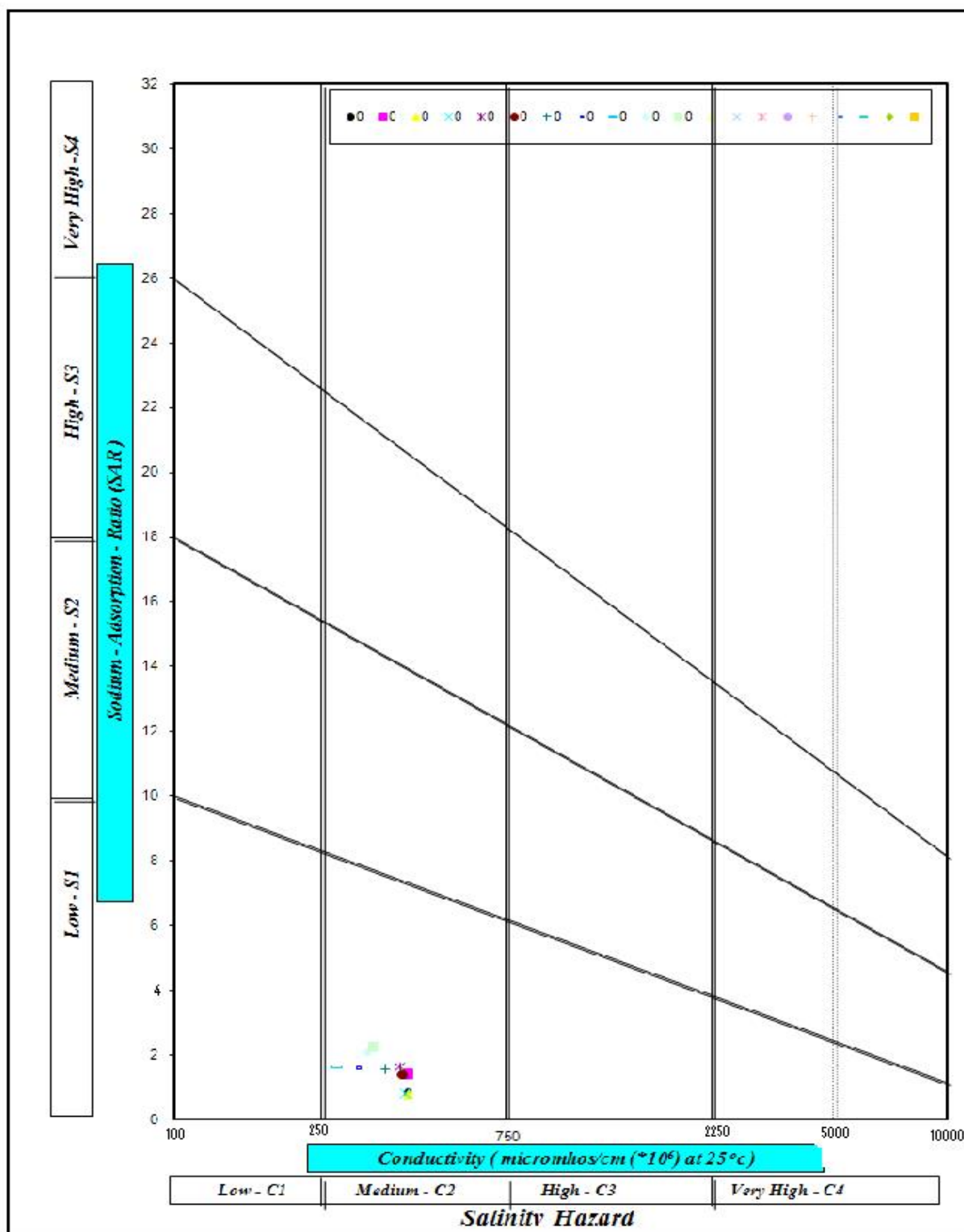
یکی از کاربردی‌ترین نمودارهایی که جهت بررسی تیپ آب مورد استفاده قرار می‌گیرد دیاگرام مثلثی پایپر است. شباهت‌ها و تفاوت‌های بین نمونه‌ها از طریق دیاگرام پایپر به خوبی مشخص می‌شود، زیرا نمونه‌هایی که دارای خصوصیات مشابه هستند به صورت گروهی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. همچنین از نمودار پایپر جهت تعیین تیپ آب، انحلال یا رسوبگذاری، اختلاط بین دو آب و تبادل یونی استفاده می‌کنند. برای بررسی زون‌های غالب یونی آب سراب نیلوفر از نمودار پایپر استفاده شده است. همانطور که در شکل (۴-۳۵) نیز ملاحظه می‌شود با توجه به محل قرار گرفتن نمونه‌ها در دیاگرام پایپر در سراب نیلوفر نتیجه‌گیری می‌شود که آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه دارای کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات بالایی می‌باشد و در واقع آب‌هایی با سختی موقت می‌باشند. بر اساس این دیاگرام تمام نمونه‌های آبی که از سراب نیلوفر برداشت شده است دارای سختی کربناته بیش از ۵۰ درصد هستند و در آنها غلبه با اسیدهای ضعیف و عناصر قلیایی خاکی می‌باشد.

جدول ۴-۷- شاخص‌های اشباع کلسیت، دولومیت، ژپس و هالیت در سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

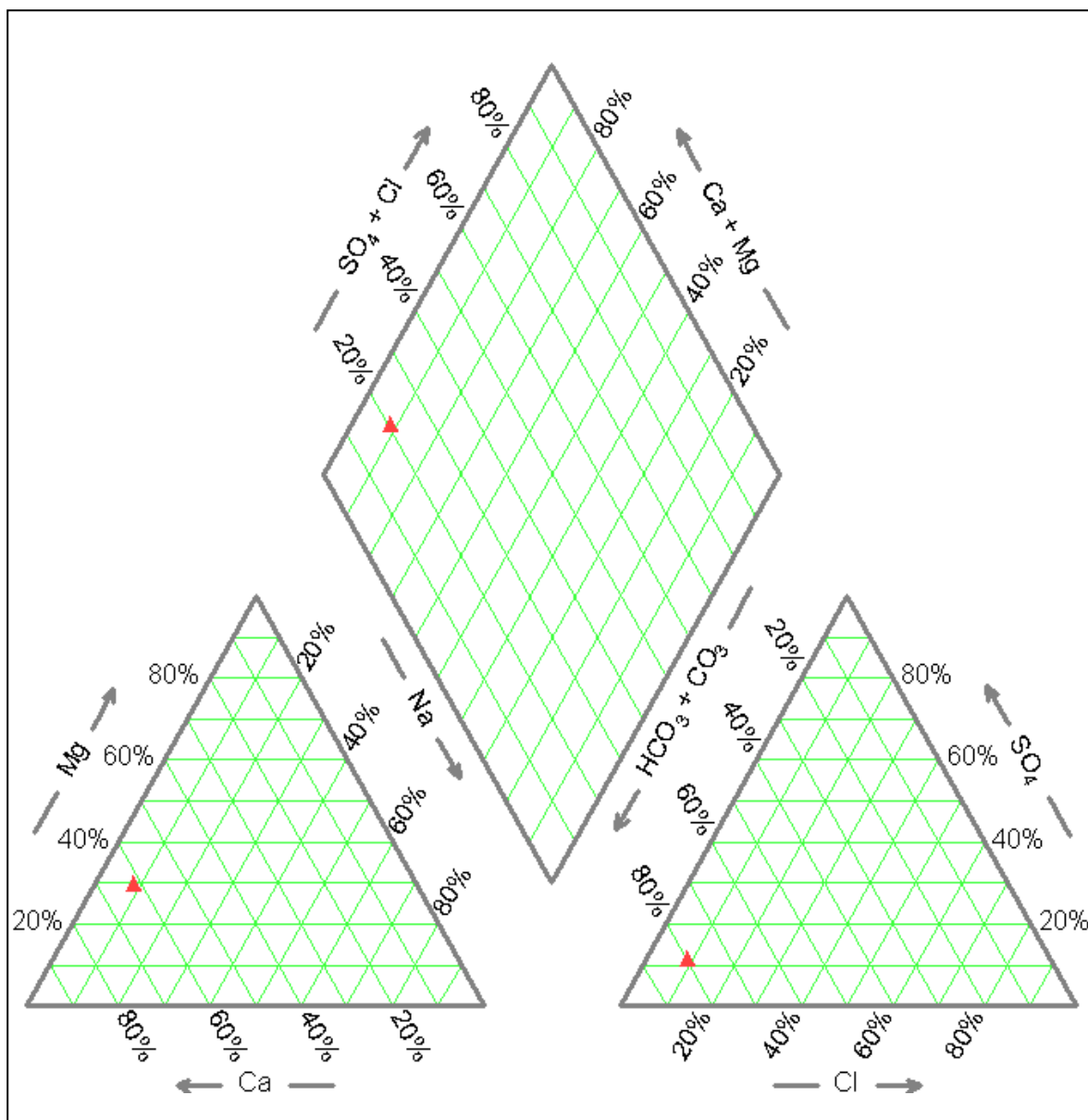
تاریخ	SI _H	SI _C	SI _D	SI _G
۱۳۸۸/۹/۱۸	-۸/۴۹	۰/۴۸	۰/۸۰	-۲/۱۸
۱۳۸۸/۱۱/۱۸	-۸/۵۲	۰/۳۸	۰/۴۹	-۲/۱۸
۱۳۸۸/۱۲/۲۰	-۸/۵۴	۰/۳۹	۰/۵۳	-۲/۲۷
۱۳۸۹/۱/۱۸	-۸/۵۶	۰/۳۵	۰/۳۶	-۲/۳۰
۱۳۸۹/۲/۲۸	-۸/۶۱	-۰/۱۳	-۰/۶۱	-۲/۱۲
۱۳۸۹/۳/۲۰	-۸/۴۲	۰/۱۹	۰/۴۶	-۲/۲۸
۱۳۸۹/۴/۲۲	-۸/۵۷	۰/۱۹	۰/۲۶	-۲/۴۷
۱۳۸۹/۵/۱۹	-۸/۶۴	-۰/۴۶	-۱/۱۸	-۲/۳۷
۱۳۸۹/۶/۲۱	-۸/۵۳	-۰/۲۶	-۰/۷۳	-۲/۲۵
۱۳۸۹/۷/۱۸	-۸/۴۹	۰/۱۰	۰	-۲/۲۳
۱۳۸۹/۸/۱۶	-۸/۴۴	۰/۲۰	۰/۲۳	-۲/۱۹
انحراف معیار	۰/۰۶	۰/۳۰	۰/۶۲	۰/۱۰
میانگین	-۸/۵۲	۰/۱۳	۰/۰۵	-۲/۲۵
ضریب تغییرات (%)	-۰/۷۸%	۰/۲۰%	۱۱۰۰%	-۴/۳۵%

۴-۵-۱- بررسی کیفیت آب سراب نیلوفر از لحاظ کشاورزی

مهم‌ترین معیار طبقه بندی آب از نظر کشاورزی میزان شوری و مقدار سدیم موجود در آن می‌باشد، زیرا این دو عامل نه تنها بر رشد گیاه مؤثرند، بلکه درجه تناسب آب را از نظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک مشخص می‌سازد. برای بررسی کیفیت آب سراب نیلوفر از نظر کشاورزی از نمودار ویلکوکس استفاده شده است. جهت ترسیم این نمودار از برنامه CHEMISTRY استفاده شده است. همانطور که در شکل (۴-۴۲) نیز مشاهده می‌شود آب آبیاری بر اساس دو معیار SAR و هدایت الکتریکی ویژه به ۱۶ رده تقسیم می‌شود. در این نمودار معمولاً آب‌هایی که در رده C₁S₁ قرار می‌گیرند، بهترین آب‌ها برای استفاده در کشاورزی و آنهایی که در رده C₄S₄ قرار می‌گیرند، بدترین آب‌ها برای استفاده کردن در آبیاری می‌باشند. همانطور که در شکل (۴-۴۲) نیز مشاهده می‌شود آب سراب نیلوفر در رده C₂S₁ قرار گرفته و به لحاظ استانداردهای آب و آبیاری برای کشاورزی آب بسیار مناسبی می‌باشد.



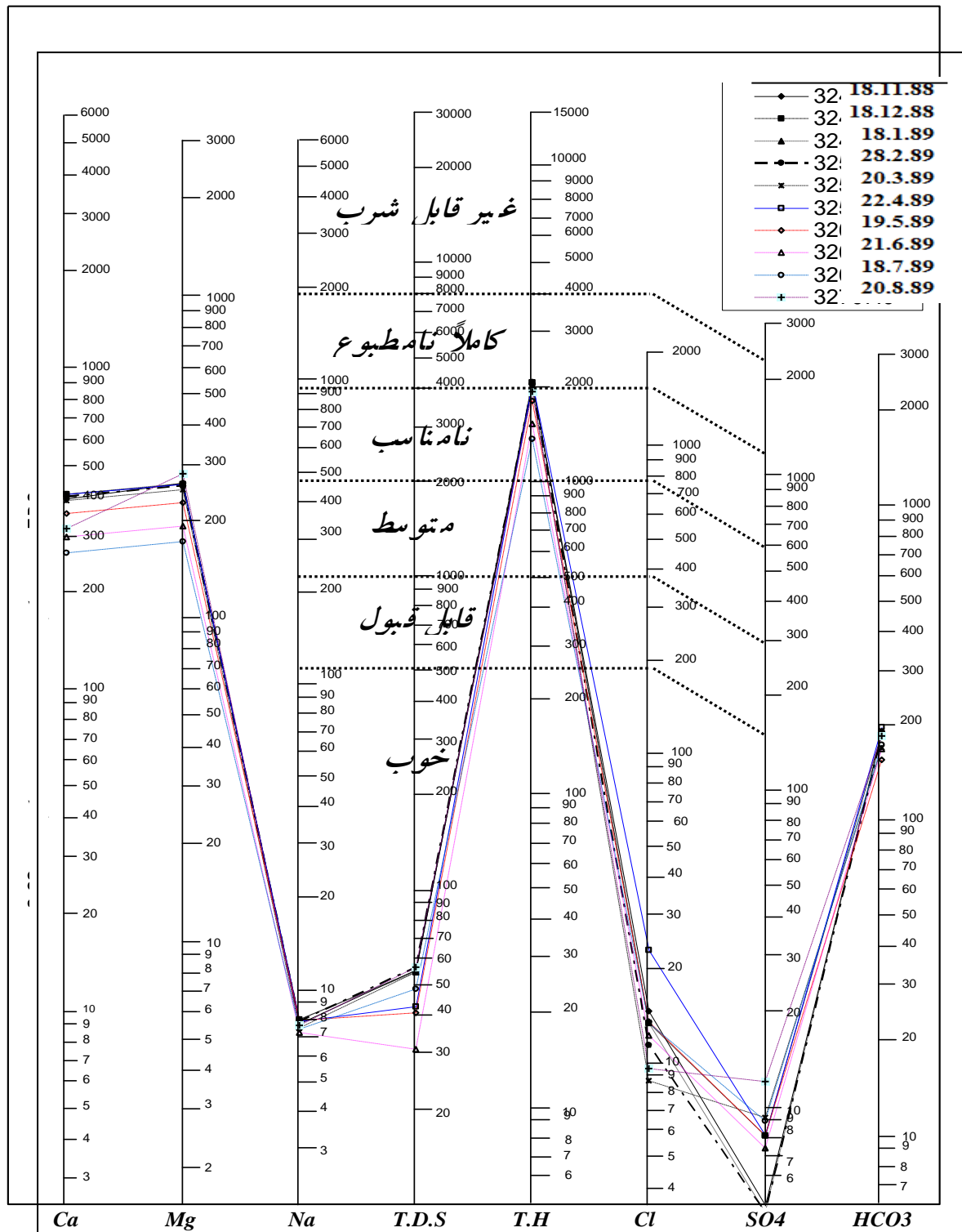
شکل ۴-۴۲- نمودار ویلکاکس سراب نیلوفر



شکل ۴-۴۳- نمودار پایپر سراب نیلوفر

۴-۵-۲- بررسی کیفیت آب سراب نیلوفر از نظر شرب

برای بررسی کیفیت آب سراب نیلوفر از لحاظ شرب از دیاگرام شولر استفاده شده است. این نمودار از نظر سرعت عمل، سهولت مقایسه، و نشان دادن تعداد زیادی نمونه در یک برگ، در ایران بیشتر معمول است.



شکل ۴-۴- نمودار شولر سراب نیلوفر

در این نمودار مقادیر یون‌ها در ستون‌هایی قائم نشان داده می‌شوند. تقسیمات ستون‌ها لگاریتمی بوده و نتایج تجزیه شیمیایی آب‌ها را به صورت خطوط شکسته نشان می‌دهند. آب آشامیدنی مناسب باید

فاقد رنگ، بو و یا طعم باشد و به لحاظ عناصر و مواد شیمیایی موجود در آن در محدوده مجاز که توسط سازمان‌های بهداشتی تعیین می‌شود قرار گیرد. همان گونه که در دیاگرام شولر (شکل ۴-۴۴) نیز مشاهده می‌شود میزان عناصر محلول در آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از حد مجاز تجاوز نمی‌کند و لذا در رده قابل قبول تا متوسط قرار می‌گیرد.

۴-۶- بررسی کیفیت آب در آبرفت‌های مجاور سراب نیلوفر

به منظور بررسی ارتباط و یا عدم ارتباط کارست‌های تغذیه کننده سراب نیلوفر و آبرفت‌های مجاور آن سطح آب در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر اندازه‌گیری شد و نقشه‌های هم‌پتانسیل در سه ماه مختلف سال (خرداد ماه، بهمن ماه و اسفند ماه) برای آنها ترسیم گردید. همچنین علاوه بر نمونه‌برداری ماهانه که از سراب نیلوفر انجام می‌گرفت، از چاه‌های موجود در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر نیز یکبار نمونه‌گیری به عمل آمد. بعد از ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه و مشخص شدن نتایج آنالیزها، به منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی و میزان املاح آن در نقاط مختلف، اقدام به تهیه نقشه‌های کیفی آب زیرزمینی از جمله نقشه هدایت الکتریکی و کلر و سدیم در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر شد.

۴-۶-۱- تغییرات زمانی کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی

همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، نمونه‌های آب برداشته شده از چاه‌های موجود در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر به آزمایشگاه آب منطقه‌ای کرمانشاه جهت آنالیز فرستاده شدند. مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی نمونه‌های آب در آزمایشگاه اندازه‌گیری شده و نتایج حاصله در جدول (۴-۸) ارائه شده است.

جدول ۴-۸- غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر بر حسب میلی‌اکی والان در لیتر

تاریخ	نام محل	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	CL ⁻	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	Error%
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه ملک خطابی	۳/۹	۰/۲۵	۰/۶۲	۲/۹۵	۱/۰۷	۰/۷۸	۰/۶۳
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه ریزه وندی	۴/۸۲	۰/۲۸	۰/۶۶	۲/۴۰	۲/۶۶	۰/۷۵	۰/۸۶
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه اسکندر	۲/۹۰	۰/۲۹	۰/۴۷	۲/۷۰	۰/۵۱	۰/۴۹	۱/۰۸
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه خسرو فتحی	۶/۸۰	۱/۸۵	۱/۴۲	۱/۳۰	۴/۰۹	۴/۸۳	۱/۴۸
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه سیاوش زرابی	۴/۱۰	۰/۲۳	۰/۵۹	۲/۵۰	۱/۷۰	۰/۷۸	۱/۳
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه نامیوند	۵/۲۵	۱/۹۶	۱/۵۳	۲/۲۰	۳/۶۴	۳/۰۴	۱/۶
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه میر عزیزی	۲/۸۰	۰/۲۳	۰/۴۶	۱/۸۲	۱/۱۳	۰/۶۰	۱/۷

الف- نقشه هدایت الکتریکی

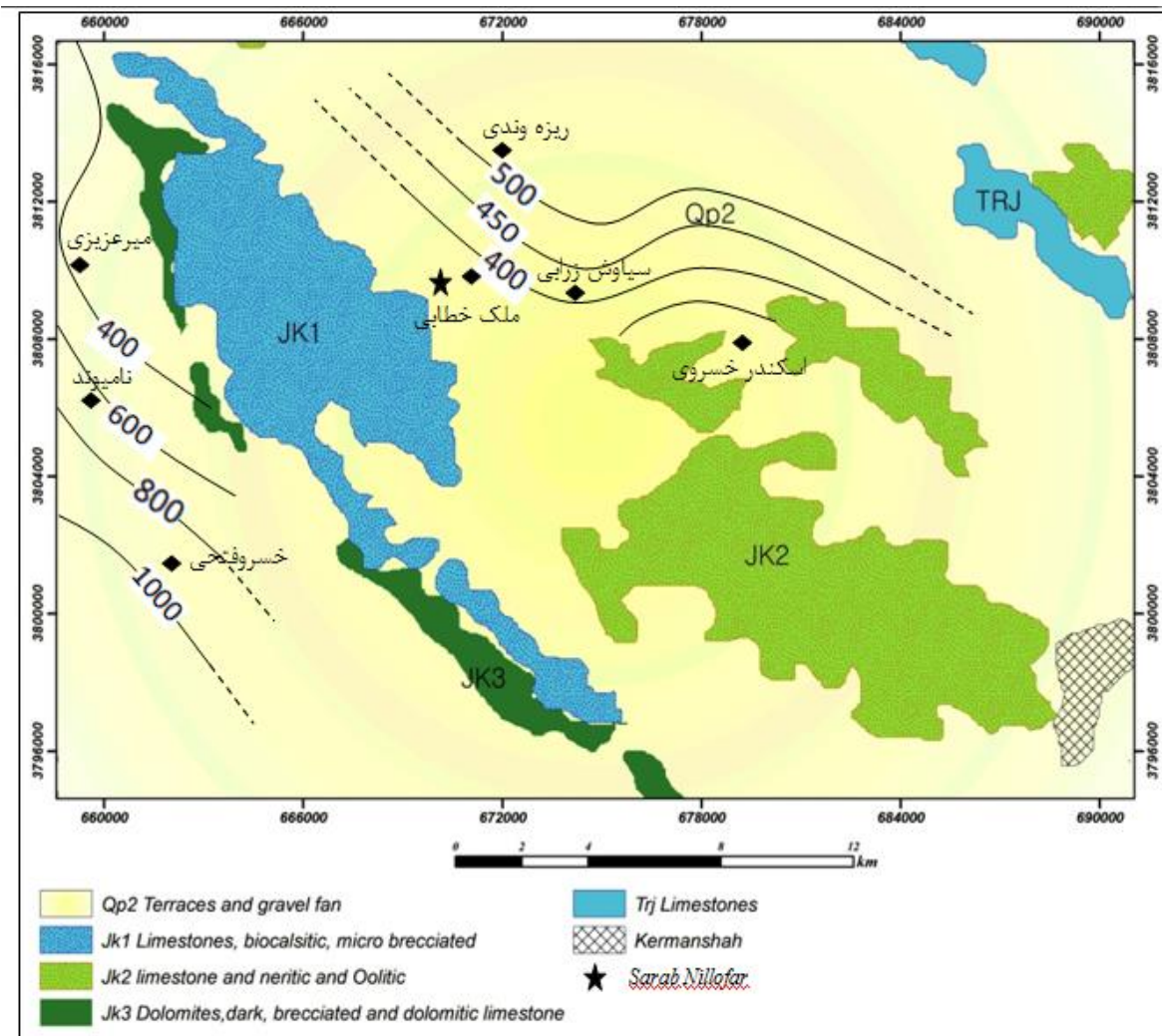
میزان هدایت الکتریکی و غلظت یون‌های کلر و سدیم در جدول (۴-۷) مشاهده می‌شود.

جدول ۴-۹- میزان هدایت الکتریکی و غلظت یون‌های سدیم و کلر در دشت‌های آبرفتی

تاریخ	نام محل	EC (micromhos/cm)	Cl (mg/l)	Na (mg/l)
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه ملک خطابی	۳۶۰	۱۹	۱۵
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه ریزه وندی	۵۱۸	۲۶	۲۲
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه اسکندر خسروی	۳۱۵	۱۶	۱۱
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه خسرو فتحی	۹۲۰	۵۰	۷۲
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه سیاوش زرابی	۴۱۵	۲۰	۱۴
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه نامیوند	۶۵۰	۲۵	۶۸
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه میر عزیزی	۳۵۰	۱۵	۳۷

نقشه‌های هدایت الکتریکی معمولاً از روی داده‌های هدایت الکتریکی تهیه می‌شوند و برای ترسیم آنها از درون‌یابی خطی استفاده می‌شود. بعد از اینکه مقادیر هدایت الکتریکی نمونه‌های برداشت شده مشخص گردید نتایج بدست آمده را درون نرم افزار Arc GIS 9.3 قرار داده و نقشه‌های هدایت الکتریکی برای منطقه ترسیم می‌گردد. همانطور که در شکل (۴-۴۵) نیز مشاهده می‌شود مقدار هدایت الکتریکی از ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در دامنه‌ها و محل خروجی دشت تغییر

می‌کند. از آنجایی که میزان املاح مسیر حرکت آن، از نقطه ورود تا محل خروج تغییر کرده و افزایش می‌یابد، لذا می‌توان محل‌های تغذیه و تخلیه (جبهه‌های ورودی و خروجی) آب زیرزمینی را، با در دست داشتن این نقشه‌ها ارزیابی کرد.



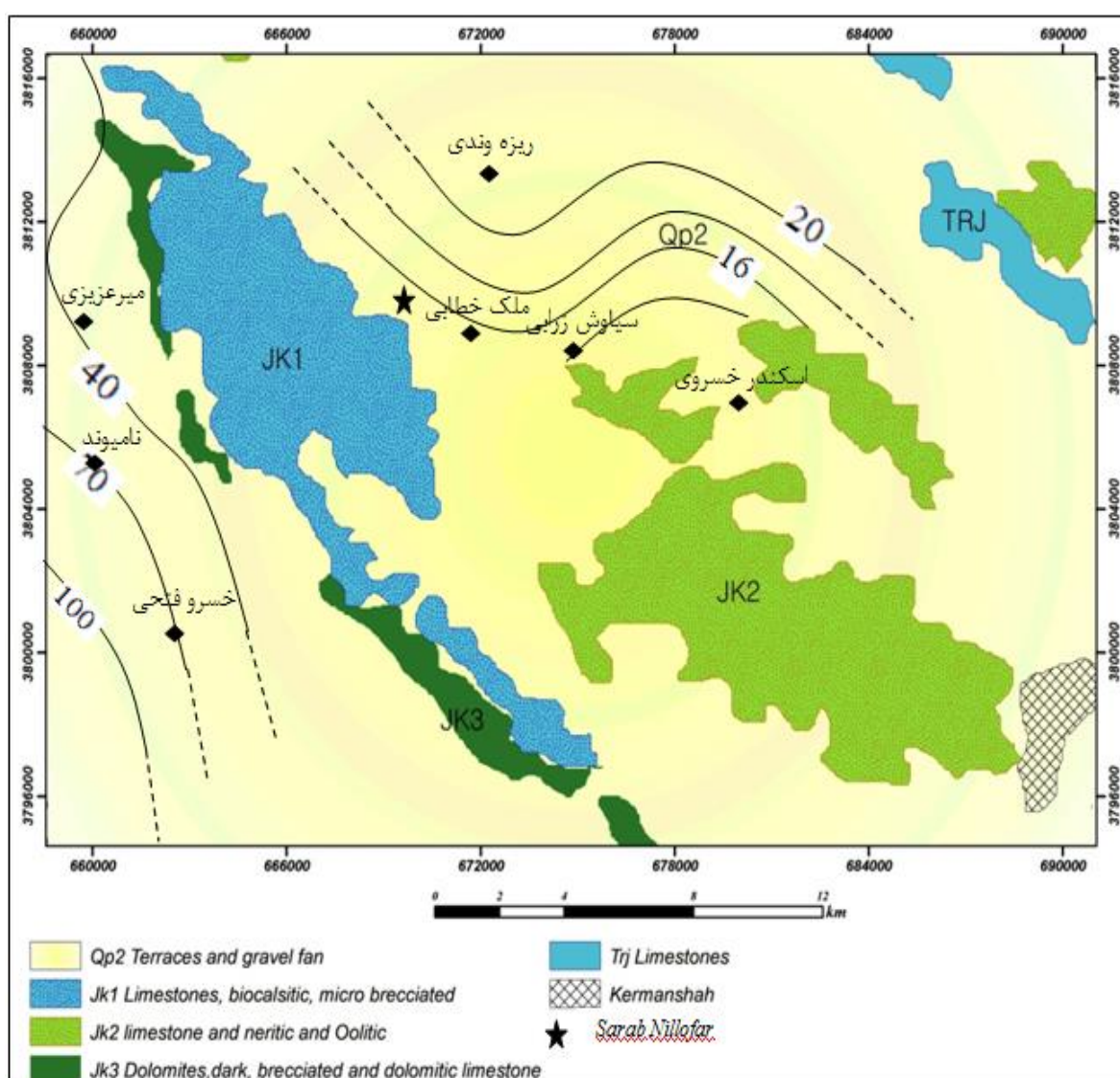
شکل ۴-۴۵- نقشه هدایت الکتریکی در دشت‌های اطراف سراب نیلوفر

همانطور که در شکل (۴-۴۵) نیز ملاحظه می‌شود هر چه از سراب نیلوفر به سمت دشت‌های آبرفتی پیش می‌رویم مقدار هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد. در واقع آب با کیفیت خوب و مطلوب در قسمت شمالی دشت، از کارست‌های تغذیه کننده سراب نیلوفر وارد دشت‌های آبرفتی مجاور شده و به طرف خروجی دشت (شمال شرقی) مقدار هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که جهت جریان از سمت شمال غربی به شمال شرقی می‌باشد. در دشت‌های آبرفتی پایین دست سراب

نیلوفر نیز آبی با کیفیت نسبتاً خوب و مطلوب از کارستهای تغذیه کننده سراب نیلوفر وارد دشت- های آبرفتی شده و به طرف خروجی دشت مقدار هدایت الکتریکی افزایش می یابد.

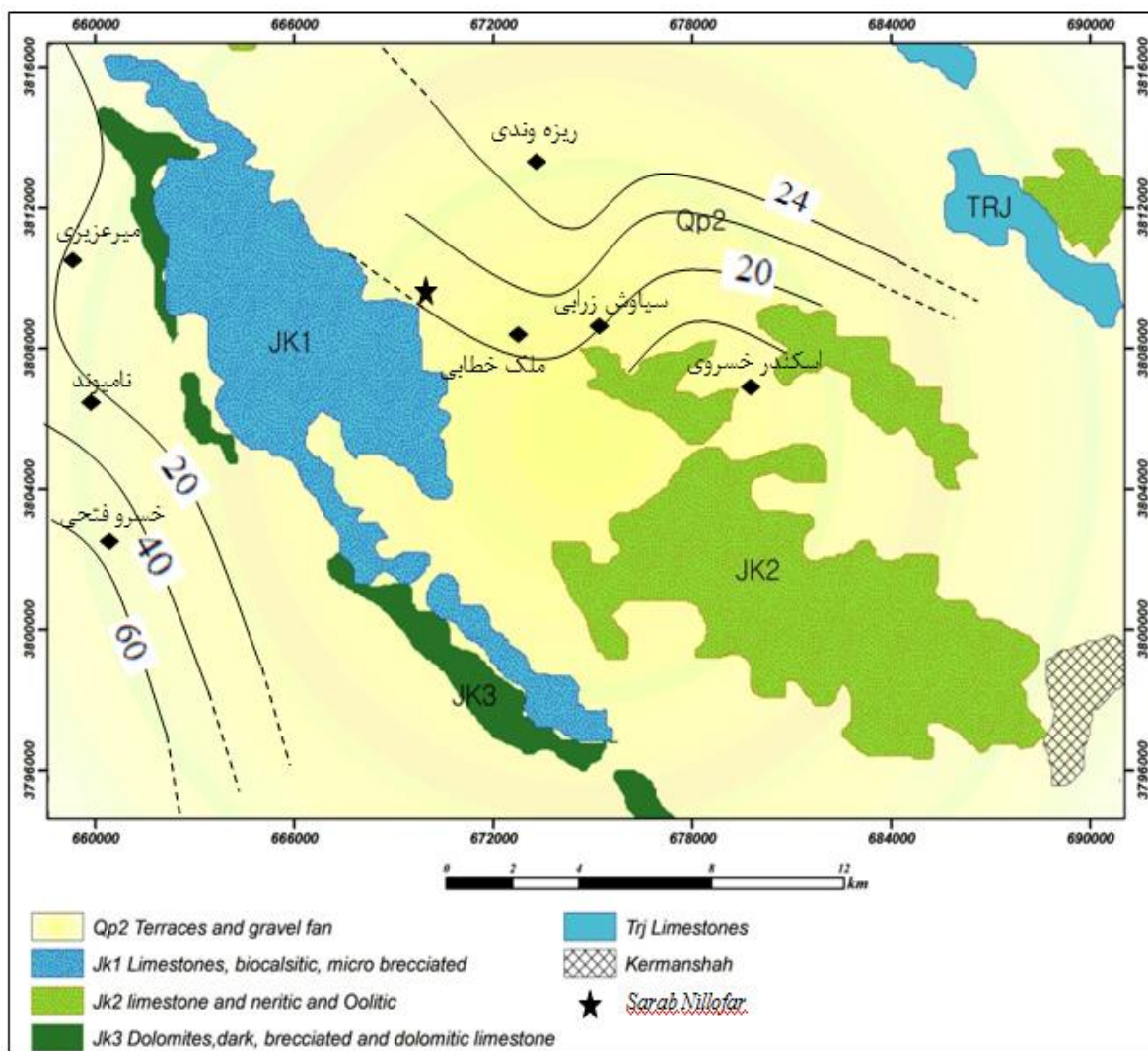
ب- نقشه های کلر و سدیم دشتهای مجاور سراب نیلوفر

کیفیت آب زیرزمینی در نقاط مختلف آبخوان متفاوت است به همین دلیل برای بررسی کیفیت آب و میزان املاح در نقاط مختلف یک منطقه اقدام به تهیه نقشه ها و نمودارهای مختلفی از جمله نقشه- های هدایت الکتریکی، کلر و سدیم می نمایند.



شکل ۴-۴۶- نقشه سدیم دشتهای مجاور سراب نیلوفر

جهت اجرای این پروژه علاوه بر نمونه‌برداری ماهانه که از سراب نیلوفر صورت می‌گرفت از چاه‌های موجود در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر نیز نمونه‌برداری صورت گرفت و به آزمایشگاه فرستاده شد. یون کلر در آب‌های زیرزمینی بیشتر به یون سدیم متصل بوده و نشان دهنده شوری نمک طعام می‌باشد. این نمک وقتی در آب زیاد شود، مزه شور به آب داده و اگر با این آب زمین کشاورزی آبیاری شود سبب سنگینی خاک شده و رشد گیاهان را مختل می‌نماید. لذا بررسی توزیع مکانی آن در دشت، اهمیت می‌یابد.



شکل ۴-۴۷- نقشه هم‌کلر دشت‌های مجاور سراب نیلوفر

پس از نمونه‌برداری و آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب و مشخص شدن میزان یون‌های سدیم و کلر در نمونه‌ها، با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS 9.3 و همچنین اعمال یکسری قضاوت‌های کارشناسی به صورت دستی، نقشه‌های کلر و سدیم برای منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل‌های ۴-۴۶ و ۴-۴۷). همانطور که در شکل‌های (۴-۴۶ و ۴-۴۷) نیز ملاحظه می‌شود، روند تغییرات یون‌های کلر و سدیم تقریباً از روند تغییرات هدایت الکتریکی منطقه پیروی می‌کند.

۴-۶-۲- محاسبه شاخص‌های اشباع در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر

شاخص‌های اشباع کلسیت، دولومیت و هالیت از دیگر پارامترهایی بودند که در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر مورد بررسی قرار گرفتند. برای محاسبه ضرایب اشباع از نرم افزار PHREEQC استفاده شده است. ضرایب اشباع برای کانی‌های کلسیت، دولومیت، هالیت و ژپس برای تمامی نمونه‌های گرفته شده از دشت‌های مجاور سراب نیلوفر و نیز برخی از ویژگی‌های آماری آنها مانند میانگین، انحراف از معیار و شاخص تغییرات محاسبه گردیده است و در جدول (۴-۶) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۰- شاخص‌های اشباع کلسیت، دولومیت، ژپس و هالیت در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸

تاریخ	نام محل	SI _H	SI _G	SI _C	SI _D
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه ملک خطابی	-۷/۹۷	-۲/۵۵	-۰/۰۴	-۰/۳۹
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه ریزه وندی	-۷/۹۷	-۲/۶۳	۰/۰۱	۰/۲۱
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه اسکندر خسروی	-۸/۲۹	-۲/۴۸	۰/۰۷	-۰/۴۶
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه خسرو فتحی	-۶/۸۵	-۲/۱۷	۰/۳۶	۱/۳۴
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه سیاوش زرایی	-۸/۰۱	-۲/۶۶	۰	-۰/۰۳
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه نامیوند	-۷/۰۱	-۱/۹۰	۰/۲	۰/۷۵
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه میر عزیزی	-۸/۲۱	-۲/۷۴	-۰/۳۷	-۰/۸۱

همانطور که در جدول (۴-۶) نیز ملاحظه می‌شود مقدار شاخص اشباع هالیت برای تمامی نمونه‌های گرفته شده از دشت‌های مجاور سراب نیلوفر منفی می‌باشد که نشان می‌دهد آب زیرزمینی منطقه

نسبت به هالیت حالت غیر اشباع دارد. همچنین مشاهده می‌شود که شاخص اشباع کلسیت و دولومیت تغییرات زیادی را در منطقه دارد.

۴-۶-۳- محاسبه سایر پارامترها در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر

با توجه به غلظت یون‌های اصلی، پارامترهایی از قبیل نسبت کلسیم به منیزیم (Ca/Mg)، مقدار کل مواد جامد محلول (TDS)، سختی کل (Total Hardness)، قلیائیت (Alkalinity)، نسبت سدیم به مجموع کاتیون‌ها (Na/ΣCation)، نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها (Cl/ΣAnion)، درصد سدیم (%Na) و درصد جذب سدیم (SAR)، برای تمام نمونه‌ها محاسبه شده است. مقادیر پارامترهای مذکور و همچنین میانگین، انحراف از معیار و ضریب تغییرات این پارامترها در جدول (۴-۷) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۱- سایر پارامترهای محاسبه شده در دشت‌های اطراف سراب نیلوفر

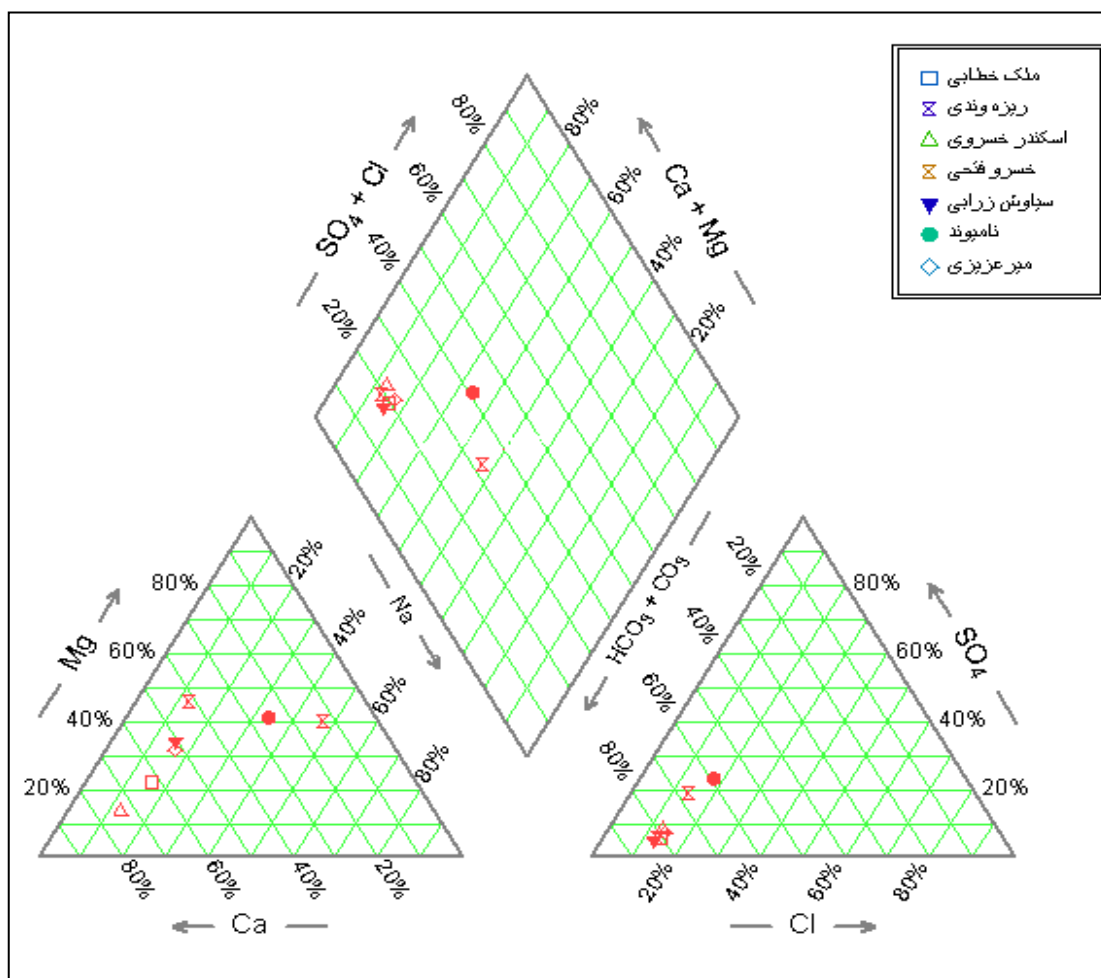
تاریخ	نام محل	TDS (mg/l)	Hardness	SAR	%Na	Ca/Mg	Na/sumCation	Cl/sumAnion
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه ملک خطابی	۳۱۱	۲۰۱	۰/۵	۱۶/۲۵	۲/۷۵	۰/۱۶	۰/۱۳
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه ریزه‌وندی	۳۷۵	۲۵۳	۰/۵	۱۲/۹۱	۰/۹	۰/۱۳	۰/۱۱
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه اسکندر خسروی	۲۳۹	۱۶۰/۵۰	۰/۴	۱۳/۲۴	۵/۲۹	۰/۱۴	۰/۱۳
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه خسرو فتحی	۶۷۵	۲۶۹/۵	۲/۹	۴۷/۲۶	۰/۳۱	۰/۴۷	۰/۱۴
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه سیلوش زرایی	۳۲۲	۲۱۰	۰/۵	۱۵/۶۶	۱/۴۷	۰/۱۵	۰/۱۲
۱۳۸۹/۲/۲۸	چاه نامیوند	۵۸۳	۲۹۲	۱/۸	۳۴/۲۳	۰/۶	۰/۳۴	۰/۱۷

۴-۶-۴- بررسی زون‌های غالب یونی آب دشت‌های مجاور سراب با استفاده از نمودار

پایپر

همانطور که قبلاً نیز ذکر شد یکی از کاربردی‌ترین نمودارهایی که جهت بررسی تیپ آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، دیاگرام مثلثی پایپر است. این دیاگرام اغلب توسط محققین آمریکایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با رسم چنین دیاگرامی از نمونه‌های آب، می‌توان ارتباط یونی بین کاتیون‌ها و

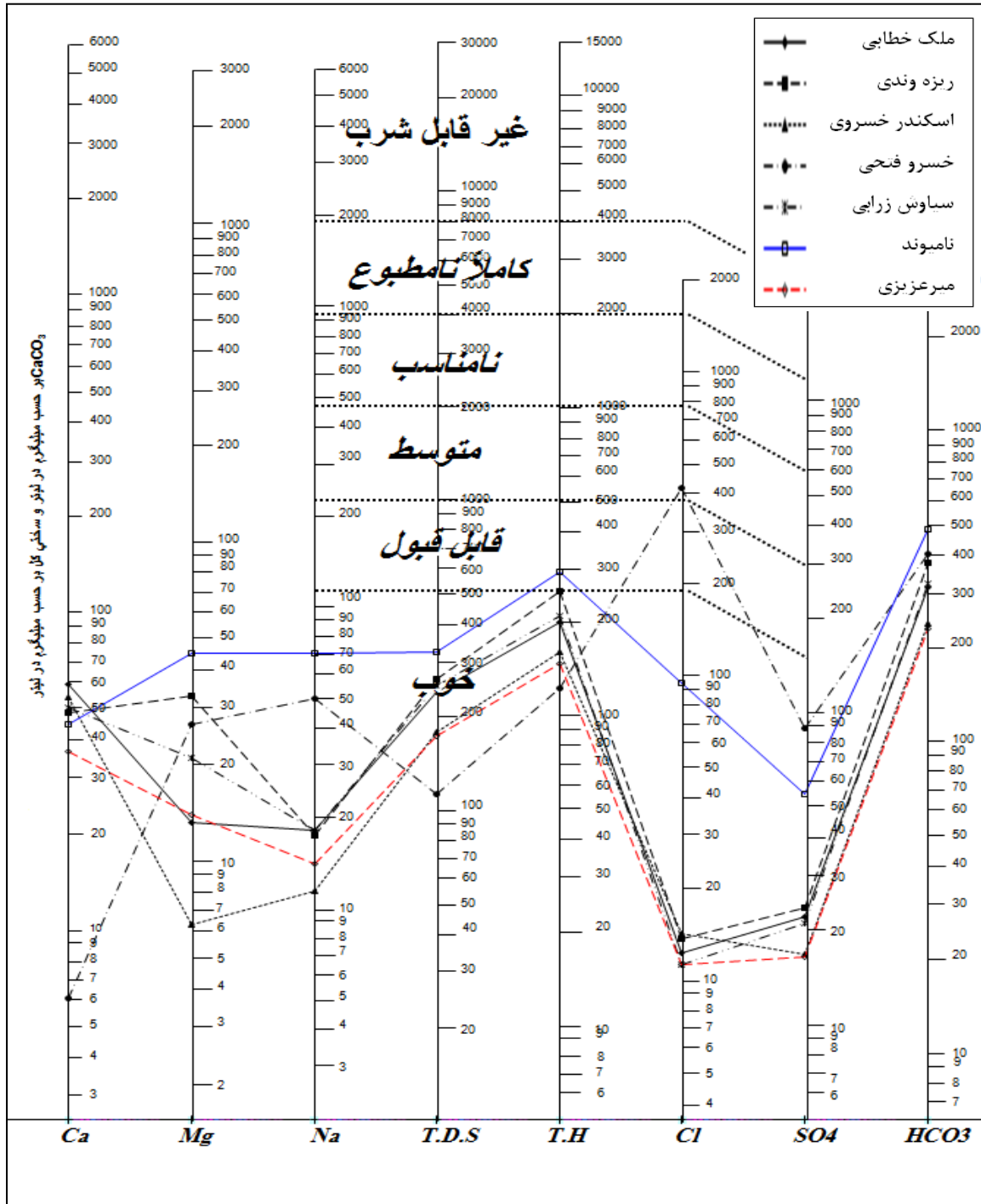
آنیون‌ها و نیز بین خودشان را مورد مطالعه قرار داد. شباهت‌ها و تفاوت‌های نمونه‌ها از طریق دیاگرام پایپر به خوبی مشخص می‌شود زیرا نمونه‌های آبی که دارای خصوصیات مشابه هستند، به صورت گروهی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. هم‌چنین از نمودار پایپر جهت تعیین تیپ آب، انحلال یا رسوبگذاری، اختلاط بین دو آب و تبادل یونی استفاده می‌کنند. در هر یک از محل‌هایی که داده‌های تجزیه شیمیایی آب زیرزمینی واقع شوند، مبین وضعیت کیفی آب خواهند بود. بعد از مشخص شدن نتایج آنالیزهای شیمیایی نمونه‌های آب برداشت شده از دشت‌های مجاور سراب نیلوفر برای بررسی و تشخیص نوع تیپ آب آنها از دیاگرام پایپر استفاده شده است. همانطور که در شکل (۴-۴۸) نیز ملاحظه می‌شود تیپ آب عمدتاً از نوع بی‌کربناته می‌باشد.



شکل ۴-۴۸- نمودار پایپر آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر

۴-۶-۵- بررسی کیفیت آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر از نظر شرب

برای بررسی کیفیت آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر برای شرب از دیاگرام شولر استفاده شده است.



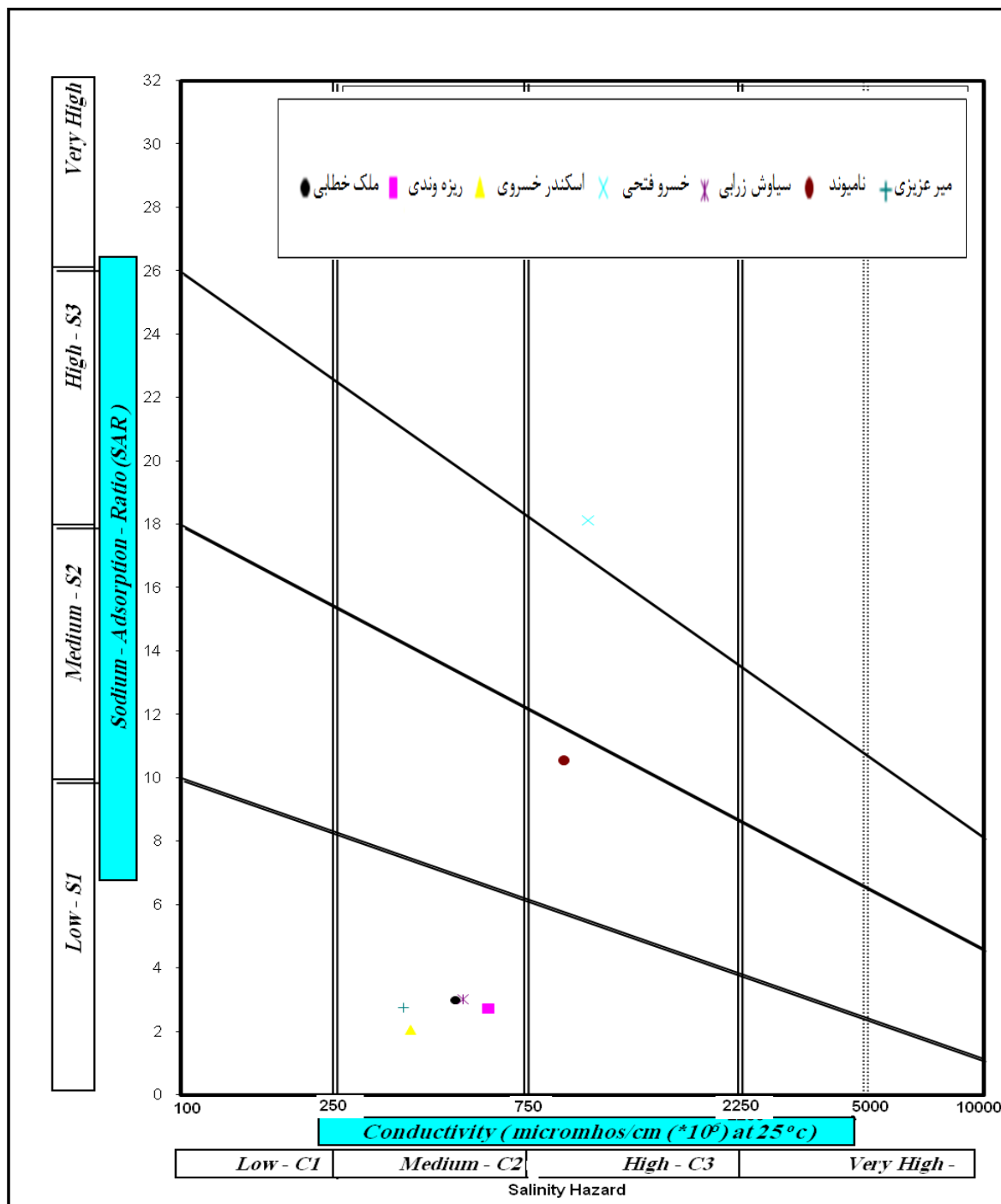
شکل ۴-۴۹- نمودار شولر آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر

هرچند آب‌های زیرزمینی را، به ویژه در مناطقی که آب زیرزمینی از عمق نسبتاً زیاد بالا آورده می‌شود می‌توان مستقیماً برای شرب استفاده کرد. ولی با این وجود و برای بالا بردن ضریب اطمینان، بخصوص اگر آب زیرزمینی از مناطق دور توسط لوله انتقال یابد و یا در حریم چاه‌ها آب شرب منابع آلوده ساز، باید آب تصفیه شود. در مورد آب شرب باید زیاد دقت شود، چرا که این آب باید زلال، بی‌رنگ، بی‌بو و بدون مواد بیماریزا باشد. همانطور که در شکل (۴-۴۹) نیز ملاحظه می‌شود که بر خلاف آب سراب نیلوفر که برای مصرف شرب نسبتاً مناسب بود بیشتر نمونه‌های آب دارای کیفیتی خوبی برای شرب می‌باشند.

۴-۶-۶- بررسی کیفیت آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر از لحاظ کشاورزی

آبی که برای آبیاری گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد باید دارای کیفیتی مطلوب برای رشد گیاهان باشد، زیرا رشد گیاهان تابع شرایط آب و هوایی و مواد غذایی مورد نیاز است. تحمل شوری گیاهان نیز متفاوت بوده و هر گیاهی در شرایط خاصی، مقدار معینی از شوری آب را می‌تواند تحمل کند. به طور کلی، کیفیت آبی که در آبیاری استفاده می‌شود، در دو زمینه مورد توجه می‌باشد. یکی غلظت کل املاح محلول در آب (EC و TDS) و دیگری قلیائیت یا سدیک بودن آب، نسبت به سایر کاتیون‌های محلول در آن می‌باشد. برای بررسی کیفیت آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر از نظر کشاورزی از نمودار ویلکوکس استفاده شده است. جهت ترسیم این نمودار از برنامه CHEMISTRY استفاده شده است. همانطور که در شکل (۴-۵۰) نیز دیده می‌شود آب آبیاری بر اساس دو معیار SAR و هدایت الکتریکی ویژه به ۱۶ رده تقسیم می‌شود. آب‌هایی که در رده C_1S_1 قرار می‌گیرند، بهترین آب و آنهایی که در رده C_4S_4 قرار می‌گیرند، بدترین آب برای استفاده در آبیاری می‌باشند. همانطور که در شکل (۴-۵۰) مشاهده می‌شود آب دشت‌های مجاور سراب نیلوفر بیشتر در رده C_2S_1 قرار گرفته و برای کشاورزی مناسب می‌باشند. یکی از نمونه‌ها به علت این که در محل خروجی دشت قرار گرفته است میزان املاح آن نسبتاً بالا بوده و از نظر کیفیت آب برای کشاورزی در رده C_3S_4 قرار گرفته که

چندان مناسب برای کشاورزی نمی‌باشد و بهتر است برای کشاورزی استفاده نشود. همانطور که در شکل (۴-۵۰) قبلاً نیز مشاهده شد آب سراب نیلوفر از لحاظ استفاده در کشاورزی آبی نسبتاً با کیفیت خوب و مطلوب به شمار می‌رود.



شکل ۴-۵۰- نمودار ویلکاکس آب دشتهای مجاور سراب نیلوفر

۴-۷- ارتباط هیدرولیکی آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور

۴-۷-۱- یون‌های غالب در نمونه‌های آب

همانطور که قبلاً گفته شد به موازات نمونه‌برداری از سراب نیلوفر در طی یکسال آبی از دشت‌های مجاور سراب نیلوفر نیز یک بار نمونه‌برداری صورت گرفت. بعد از مشخص شدن نتایج آزمایش‌ها با محاسبه درصد آنیون‌ها و کاتیون‌ها مشاهده شد که در نمونه‌های آب برداشت شده از سراب نیلوفر در طول یکسال آبی آنیون بی‌کربنات بیش از ۸۰ درصد مقدار آنیون‌ها و کاتیون کلسیم نیز بیش از ۶۰ درصد کاتیون‌ها را تشکیل می‌دهد. این نسبت در دشت‌های مجاور سراب نیلوفر مشاهده می‌شود. در این دشت‌ها نیز آنیون بی‌کربنات بیش از ۸۰ درصد آنیون‌ها و کاتیون کلسیم بیش از ۶۰ درصد کاتیون‌ها را تشکیل می‌دهد که این مسئله نشان می‌دهد که آب زیرزمینی موجود در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر با مخازن آب زیرزمینی موجود در کارست‌های تغذیه کننده سراب دارای ارتباط هیدرولیکی می‌باشند.

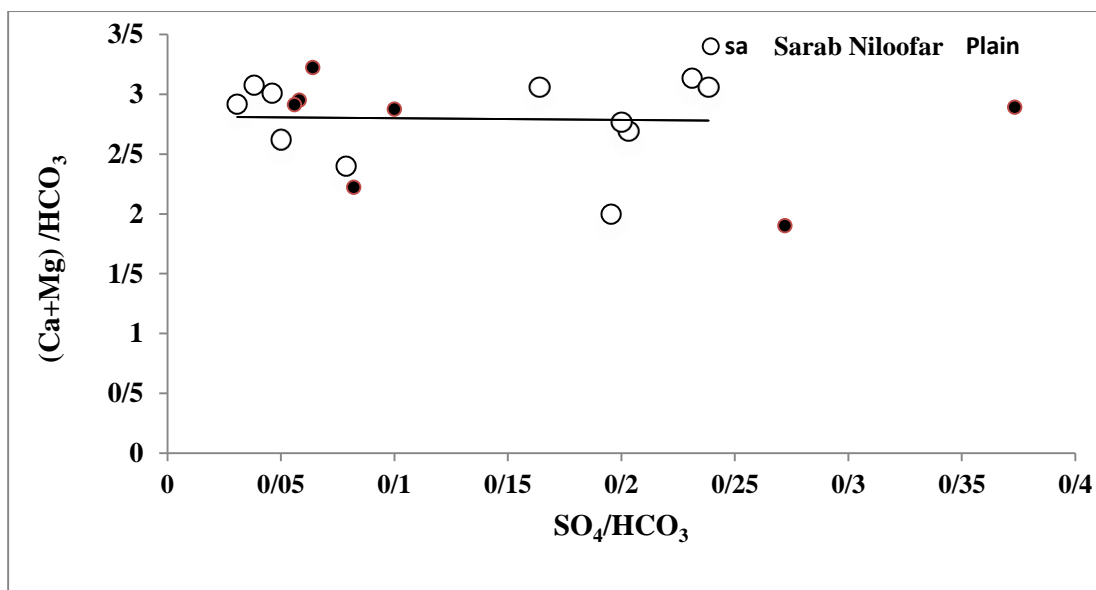
۴-۷-۲- تغییرات برخی از نسبت‌های یونی در سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن

در این قسمت از تغییرات برخی از نسبت‌های یونی در نمونه‌های آب سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن به منظور بررسی ارتباط هیدرولیکی بین آب کارست‌های تغذیه کننده سراب و دشت‌های مجاور آن استفاده شده است.

الف) ارزیابی نسبت $[SO_4^{2-}] / [HCO_3^-]$ با $[Ca^{+2} + Mg^{+2}] / [HCO_3^-]$

هانسلو (Hounslow *et al.* 1995) به منظور بررسی ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان کارستی و دشت‌های آبرفتی مجاور آنها و نیز امکان تغذیه این دشت‌ها به وسیله آبخوان‌های کارستی موجود در سفره فلوریدای فوقانی در امریکا از این روش استفاده کردند. آنها ذکر کردند که یکی از نسبت‌های مهم برای بررسی ارتباط و یا عدم وجود ارتباط هیدرولیکی نمونه‌های آب برداشت شده از آبخوان کارستی و

دشت‌های مجاور آن ارزیابی نسبت‌های $[SO_4^{2-}] / [HCO_3^-]$ با $[Ca^{+2} + Mg^{+2}] / [HCO_3^-]$ در نمونه‌های آب می‌باشد. لذا اگر آب سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور دارای ارتباط هیدرولیکی نباشند، در روی نمودار به طور مشخصی از هم تفکیک خواهند شد، و در صورتی که بین آب سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن ارتباطی وجود داشته باشد روند نسبت‌های یونی بالا در سراب و دشت‌های مجاور از یکدیگر تفکیک نخواهند شد. بدین منظور این نسبت‌ها برای سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور ترسیم شده است. همانطور که در شکل (۴-۵۱) نیز ملاحظه می‌شود تفکیکی بین نمونه‌های سراب نیلوفر با دشت‌های مجاور دیده نمی‌شود. بنابراین می‌توان ای گونه استنباط کرد که آب موجود در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر می‌تواند دارای ارتباط هیدرولیکی با آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر باشد.



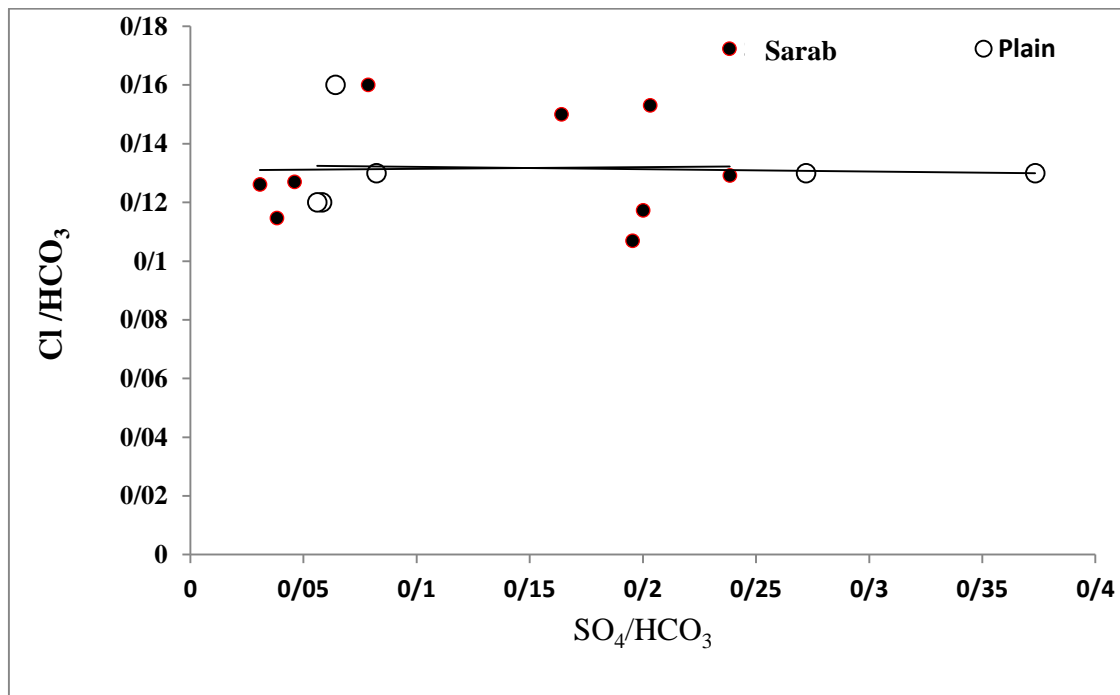
شکل ۴-۵۱- تغییرات نسبت $[SO_4^{2-}] / [HCO_3^-]$ با $[Ca^{+2} + Mg^{+2}] / [HCO_3^-]$ در سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور

آن

ب) ارزیابی نسبت $[SO_4^{2-}] / [HCO_3^-]$ با $[Cl^-] / [HCO_3^-]$

علاوه بر هانسلو (Hounsolw *et al.* 1995) که این نسبت را به کار بردند، از افراد دیگری که از این نسبت استفاده نموده‌اند، می‌توان دسماریس و رافستازر (Desmarais and Rofstaczer 2002) را نام

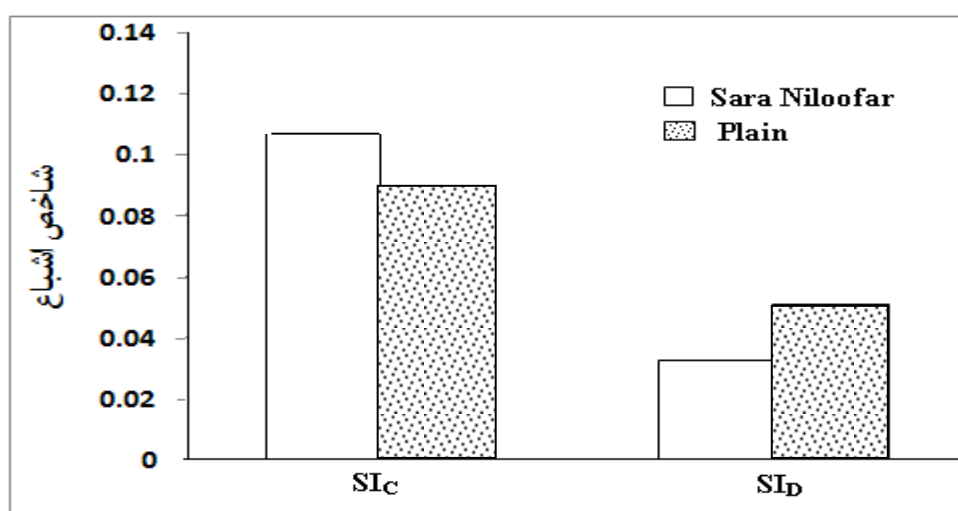
برد. آنها ذکر کردند که پارامترهای فیزیکی و شیمیایی از مهمترین پارامترهایی است که برای تعیین ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان‌های کارستی و آبخوان‌های آبرفتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنها جهت تشخیص ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان‌های کارستی و آبرفتی از نسبت $[SO_4^{2-}]/[HCO_3^-]$ با $[Cl^-]/[HCO_3^-]$ استفاده نموده‌اند. حال با توجه به این نسبت، اگر آب سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن دارای ارتباط هیدرولیکی نباشند، در روی نمودار به طور مشخص از هم تفکیک می‌شوند و در صورتی که بین آب سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن ارتباط هیدرولیکی وجود داشته باشد، روند نسبت‌های یونی ذکر شده در سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن از یکدیگر تفکیک نخواهند شد. همانطور که در شکل (۴-۵۲) ملاحظه می‌شود تفکیکی بین نمونه‌های آب سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن دیده نمی‌شود. بنابراین می‌توان این گونه استنباط کرد که آب موجود در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر می‌تواند دارای ارتباط هیدرولیکی با آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر باشد.



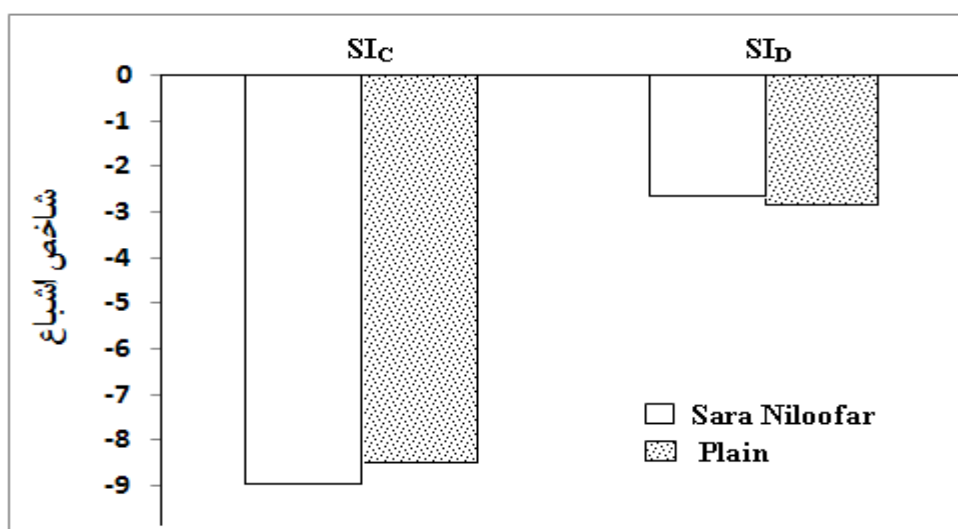
شکل ۴-۵۲- تغییرات نسبت $[SO_4^{2-}]/[HCO_3^-]$ با $[Cl^-]/[HCO_3^-]$ در سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن

پ) مقایسه شاخص‌های اشباع در سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن

یکی دیگر از پارامترهایی که با بررسی آن می‌توان به وجود و یا عدم وجود ارتباط هیدرولیکی بین کارست‌های تغذیه‌کننده سراب نیلوفر و دشت‌های آبرفتی مجاور آن پی برد، مقایسه شاخص‌های اشباع در آنها می‌باشد. در شکل‌های (۴-۵۳ و ۴-۵۴) میانگین شاخص‌های اشباع هالیت، ژپس، کلسیت و دولومیت در سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن نسبت به هم ترسیم شده است.



شکل ۴-۵۳- مقایسه میانگین شاخص‌های اشباع کلسیت و دولومیت در سراب نیلوفر با میانگین آن در چاه‌های مجاور



شکل ۴-۵۴- مقایسه میانگین شاخص‌های اشباع هالیت و ژپس در سراب نیلوفر با میانگین آن در چاه‌های مجاور

همانطور که در شکل‌های (۴-۵۳ و ۴-۵۴) نیز مشاهده می‌شود، شاخص اشباع برای هالیت و ژپس هم در کارست و هم در دشت‌های آبرفتی مجاور آن منفی می‌باشد. میانگین شاخص اشباع هالیت و ژپس در سراب نیلوفر به ترتیب حدود $۸/۵-$ و $۲/۲-$ در دشت‌های آبرفتی مجاور آن حدود $۷/۸-$ و $۲/۵-$ می‌باشد، که نشان می‌دهد آب زیرزمینی موجود در کارست و دشت‌های مجاور آن نسبت به هالیت و ژپس به طور قابل توجهی حالت غیر اشباع دارد. شاخص‌های اشباع دولومیت و کلسیت نیز در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر و کارست‌های تغذیه کننده آن دارای مقادیر مشابهی می‌باشند (میانگین مقدار شاخص اشباع کلسیت و دولومیت در سراب نیلوفر به ترتیب حدود $۰/۱۳$ و $۰/۰۵$ و در دشت‌های آبرفتی مجاور آن حدود $۰/۰۳$ و $۰/۰۸$ می‌باشد)، که نشان می‌دهند آب زیرزمینی موجود در دشت‌های آبرفتی و کارست تغذیه کننده آن دارای ارتباط هیدرولیکی می‌باشند.

فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات

در این فصل، ابتدا کلیه نتایج بدست آمده از تحقیق به ویژه عوامل مؤثر در کاهش آلودگی سراب نیلوفر به طور مختصر ارائه خواهند شد. سپس پیشنهادهایی جهت مطالعه بیشتر در خصوص تحقیق مورد نظر ذکر می‌گردد.

۵-۱- نوع جریان در آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر

برای تعیین نوع جریان در آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر، از یکسری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مانند درجه حرارت آب، دبی، اسیدیته و هدایت الکتریکی استفاده شده است. با توجه به ضریب تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ذکر شده، بایستی بیان نمود که سیستم جریان آب زیرزمینی در آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر نه به طور کامل از نوع افشان است و نه کاملاً از نوع مجرای است. در واقع رژیم جریانی حاکم بر سراب نیلوفر از نوع سیستم مختلط می‌باشد.

۵-۲- مقایسه کیفی آب موجود در آبخوان کارستی سراب نیلوفر و چاه‌های مجاور

همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر و دشت‌های آبرفتی مجاور آن دارای ارتباط هیدرولیکی با یکدیگر بوده و آب موجود در آنها دارای منشأ یکسان می‌باشد. وجود یون‌های غالب مشابه و همچنین وجود شاخص‌های اشباع مشابه در آنها نیز این امر را تأیید می‌نماید. یکی دیگر از پارامترهایی که یکسان بودن منشأ آب موجود در آبخوان کارستی سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور را تأیید

می‌نماید، برخی از نسبت‌های یونی مانند نسبت $[SO_4^{2-}] / [HCO_3^-]$ با $[Ca^{+2} + Mg^{+2}] / [HCO_3^-]$ و نیز نسبت $[SO_4^{2-}] / [HCO_3^-]$ با $[Cl] / [HCO_3^-]$ نیز می‌تواند نشان دهنده منشأ یکسان آب موجود در سراب نیلوفر و دشت‌های آبرفتی مجاور آن باشد. اگر آب سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن دارای ارتباط هیدرولیکی نباشند، در روی نمودار به طور مشخصی از هم تفکیک خواهند شد، و در صورتی که بین آب سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور آن ارتباطی وجود داشته باشد روند نسبت‌های یونی بالا در سراب و دشت‌های مجاور از یکدیگر تفکیک نخواهند شد. بدین منظور این نسبت‌ها برای سراب نیلوفر و دشت‌های مجاور ترسیم شده است. همانطور که قبلاً در شکل‌های (۴-۵۱ و ۴-۵۲) نیز ملاحظه شد تفکیکی بین نمونه‌های سراب نیلوفر با دشت‌های مجاور دیده نمی‌شود. بنابراین می‌توان این گونه استنباط کرد که آب موجود در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر می‌تواند دارای ارتباط هیدرولیکی با آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر باشد.

۵-۳- جهت عمومی جریان در دشت‌های مجاور آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر

با توجه به نقشه‌های هم‌پتانسیل ترسیم شده که به منظور تشخیص جهت عمومی جریان در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر، و در سه ماه مختلف از سال (بهمن ماه، اسفندماه و خرداد ماه)، ترسیم گردید، می‌توان ذکر کرد که الگوی کلی جهت جریان آب زیرزمینی در این منطقه از آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر به سمت دشت‌های آبرفتی مجاور بوده و این الگو در ماه‌های مختلف سال چندان تغییری نمی‌کند و آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر دشت‌های آبرفتی مجاور را نیز تغذیه می‌کند. بنابراین می‌توان ذکر کرد که پایین افتادن سطح آب زیرزمینی در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر، موجب تخلیه بیشتر آبخوان کارستی به داخل آبرفت‌ها و در نتیجه کاهش آبدهی سراب نیلوفر می‌شود.

۵-۴- تغییرات زمانی سطح آب زیرزمینی در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر

همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، سطح آب زیرزمینی در طی سال‌های اخیر در دشت‌های آبرفتی مجاور سراب نیلوفر در اثر برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی و همچنین خشکسالی‌های به وجود آمده پایین افتاده است. به منظور ارزیابی تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های آبرفتی مجاور آبخوان کارستی سراب نیلوفر، ارتفاع متوسط سطح آب زیرزمینی در این دشت‌ها در طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۸ شده است. همانطور که قبلاً نیز ذکر شد در طی سال‌های اخیر میزان بارندگی‌ها در منطقه دارای یکسری نوساناتی است و در بعضی از سال‌ها افزایش نیز پیدا کرده است، ولی سطح آب زیرزمینی دائماً در حال افت بوده است که این امر نشان دهنده این امر است که عامل اصلی و مهم در پایین افتادن سطح آب زیرزمینی در منطقه برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

۵-۵- رابطه بین مقدار بارندگی و تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی و آبدهی سراب نیلوفر

همانطور که ذکر شد یک روند نزولی در سطح آب‌های زیرزمینی دشت‌های مجاور سراب نیلوفر در طی سال‌های اخیر مشاهده می‌شود. در حالیکه میزان بارندگی‌ها دارای یکسری نوساناتی در منطقه می‌باشد. آبدهی سراب نیز در طول زمان کاهش یافته است، که این امر نشان دهنده این مطلب است که عامل اساسی در کاهش آبدهی سراب نیلوفر برداشت بیش از حد از دشت‌های مجاور آن می‌باشد.

۵-۶- ارزیابی مهم‌ترین عوامل کاهش آبدهی سراب نیلوفر

به طور کلی دو عامل در کاهش آبدهی سراب نیلوفر نقش مهمی دارند. این دو عامل شامل کاهش بارندگی سالانه و تغییر اقلیم در منطقه و پایین افتادن سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های آبرفتی مجاور آن در نتیجه برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی موجود در این دشت‌ها می‌باشد. در طی سال‌های اخیر یک روند نزولی در آبدهی سراب نیلوفر مشاهده می‌شود در حالیکه میزان بارندگی دارای یکسری

نوساناتی می‌باشد. با توجه به کاهش میزان بارندگی در طی سالیان اخیر حجم کمتری آب به داخل آبخوان کارستی تغذیه شده، در نتیجه از میزان آبدهی آن کاسته شده است. تغییر اقلیم و تبدیل بارش‌ها از برف به باران نیز عامل مؤثری بوده است. در سالیان اخیر با کاهش میزان بارندگی به صورت برف میزان نفوذ نیز کم شده، چون بعد از بارندگی به صورت باران حجم زیادی از آن تبخیر شده و بخش دیگری از آن نیز به صورت رواناب از دسترس خارج می‌شود، لذا میزان آب کمتری به درون آبخوان تغذیه می‌شود. از طرفی با کاهش میزان بارندگی و نیاز روز افزون به منابع آبی جدید برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی اقدام به حفر بی‌رویه چاه‌ها در دشتهای مجاور سراب نیلوفر شده است. بنابراین سطح آب زیرزمینی در داخل دشتهای آبرفتی کاهش یافته و باعث ورود آب زیرزمینی از داخل سفره کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر به داخل دشتهای آبرفتی مجاور آن شده است. در نتیجه سطح آب زیرزمینی در داخل سفره کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر پایین افتاده که در نهایت منجر به کاهش آبدهی سراب نیلوفر شده است.

۵-۷- پیشنهادها

- عملیات ردیابی در آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر و نمونه‌برداری از چاه‌های مجاور آن، به منظور بررسی دقیق‌تر ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر و دشتهای آبرفتی مجاور آن انجام شود.
- نظارت بهتر و دقیق‌تر بر میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی دشتهای مجاور آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر و جلوگیری از افت مداوم سطح آب‌های زیرزمینی منطقه صورت گیرد.
- به منظور تعیین ارتباط هیدرولیکی آبخوان کارستی و آبرفت‌های مجاور آن، بهتر است یکسری مطالعات ایزوتوپی در آبخوان کارستی تغذیه کننده سراب نیلوفر و چاه‌های مجاور انجام شود.

مراجع مورد استفاده

- ابراهیمی ب.، زیودار م. (۱۳۸۸) بررسی تغییرات آبدهی سراب کیو خرم آباد و عوامل مؤثر بر آن، نخستین کنفرانس سراسری آب‌های زیرزمینی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بهبهان. ص ۱۵۲-۱۴۳
- اسماعیلی احسان.، حضرتیان پ. (۱۳۸۴) بررسی آبخوان آبرفتی دشت بجنورد. گزارش طرح پژوهشی، بخش زمین‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۲۰ صفحه.
- اصغری مقدم ا.، فیجانی ا. (۱۳۸۶) مطالعات هیدروژئولوژی و هیدروشیمیایی آبخوان‌های بازالتی و کارستی منطقه ماکو در ارتباط با سازندهای منطقه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبشناسی، بخش علوم زمین دانشگاه تبریز، ۱۳۵ صفحه.
- افراسیابیان ا. (۱۳۷۷) مجموعه مقالات دومین همایش جهانی منابع آب در سازندهای کارستی، تهران- کرمانشاه. ص ۱۷۶-۱۶۵.
- تولایی‌نژاد م.، رنگزن ک. (۱۳۸۲) بررسی بیان دشت ایزه و نقش تکتونیک در ارتباط هیدرولیکی آبخوان‌های بین حوضه‌ای، فصلنامه علوم زمین ش. ۲۹-۳۰.
- خاتمی ه.، شایگان س. (۱۳۸۳) گروه بندی سراب‌های استان کرمانشاه بر اساس تشابه کیفیت فیزیکی و شیمیایی، تهران، پارک پردیسان، گزارش مرکز تحقیقات زیست محیطی، ۹۰ صفحه.
- خاتمی ه.، شایگان س. (۱۳۸۲) بررسی شرایط زیست محیطی و بهره‌وری بهینه سراب‌های استان کرمانشاه، مجموعه مقالات همایش ملی الگوهای توسعه پایدار مدیریت آب، ص ۲۱۰-۱۹۸.
- دادستان ا.، رئیسی گهروبی د. (۱۳۸۴) جنبه‌های ژئوتکنیکی و هیدروژئولوژیکی آبخوان محبوس در نهشته‌های پلیوسن در محدوده محور و دریاچه سد مخزنی باباخان (شمال خاوری بیجار)، انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس. ص ۱۲۲-۱۱۱.
- دهقانی ح. (۱۳۸۲) بررسی تغییر رفتار کمی و کیفی آبخوان زیرزمینی دشت پریشان، مجموعه مقالات همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب. ص ۲۱۲-۲۰۱.
- دیانتی تیلکی ر.، فلاح ف. (۱۳۸۸) بررسی روند تغییرات هدایت الکتریکی و سختی آب های زیرزمینی در منطقه ساحلی شهرستان ساری، دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. ص ۱۵۵-۱۴۳.
- رجایی ا.، رئیسی ع. (۱۳۸۷) بررسی پتانسیل فرار آب در سازندهای کارستی مخزن و تکیه‌گاه سد میرزای شیرازی، چهارمین کنفرانس سدسازی. ص ۱۴۵-۱۳۲.

- رسولی ن. (۱۳۷۹) خشکسالی تأثیر آن بر منابع آب استان خراسان و راهکارهای کاهش اثرات آن، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، جهاد دانشگاهی، کرمان. ص ۱۶۵-۱۷۸.
- رضایی م. (۱۳۷۹) پیش بینی تغییرات آبدهی چشمه‌های کارستی در دوره‌های خشکسالی، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، جهاد دانشگاهی، کرمان. ص ۱۴۶-۱۳۲.
- علیمزادی ص.، حقیقت ر. (۱۳۸۱) بررسی مشکلات منابع آب حوضه آبریز دشت دهلران. بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور. ص ۱۶۵-۱۵۵.
- علیزاده ا. (۱۳۸۴) اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، ص ۳۵۷.
- قائمی ع.، مهدی آبادی ز. (۱۳۸۲) نگرشی بر منابع آب و آبیاری تحت فشار، مجموعه مقالات سومین همایش کمیته منطقه‌ای آبیاری و زهکشی استان خوزستان، ص ۲۳۰-۲۲۱.
- قاسمی جاوید و. (۱۳۸۷) خشکسالی‌ها و اثر آنها بر روی منابع آبی غرب کشور، گزارش طرح پژوهشی، بخش زمین‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۵ صفحه.
- قمرنیا ه.، مهرابی ع.، سپهری س. (۱۳۸۸) بررسی رفتار هیدروژئولوژیکی سراب کارستی نیلوفر در استان کرمانشاه نسبت به تغییرات بارش و خشکسالی سال‌های اخیر، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه شیراز. ص ۲۵۰-۲۴۰.
- کرمی غ. ح. (۱۳۷۲) بررسی رابطه بین عوامل نفوذ آب و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی چشمه کارستی کوه‌های گر و برم فیروز، پایان نامه کارشناسی ارشد آبشناسی، بخش علوم زمین دانشگاه شیراز. ص ۱۸۷-۱۶۸.
- کرمی غ. ح. (۱۳۸۳) بررسی هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی چشمه کارستی چشمه علی دامغان، گزارش طرح پژوهشی، بخش زمین‌شناسی دانشگاه صنعتی شاهرود.
- کریمی ح.، رئیسی ع.، زارع م. (۱۳۷۶) خصوصیات سفره کارستی پودنو با استفاده از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی چشمه‌های روستای آتشکده. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش علوم زمین دانشگاه شیراز. ص ۱۳۲-۱۲۱.
- کلانتری ن.، چرچی ع.، کشاورزی م. (۱۳۸۸) عوامل مؤثر در ظهور چشمه‌های حوضه آبریز دشت /ینده، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۲، ص ۱۴۷-۱۳۵.

- کاظمی گلپان ر.، توسلی س.، خاکزادی زهره. (۱۳۷۴) تبادل هیدرولیکی رودخانه با سفره آب زیرزمینی و تصحیح نقشه‌های تراز آب، هم عمق و هم افت ترسیمی به طریق دستی و نرم افزاری. پنجمین انجمن زمین شناسی ایران. ص ۲۱۰-۱۸۹.
- محمدی ض. (۱۳۸۲) بررسی علل شوری و کیفیت آب زیرزمینی در محدوده دیر- آبدان، استان بوشهر. مجموعه مقالات همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب. ۲۴۸-۲۵۶.
- محمدی فتیده م. (۱۳۸۱) شناخت منابع آب‌های زیرزمینی دشت فومنات و مطالعه تغییرات کیفی آنها. مجله علوم کشاورزی، جلد ۳۴، دانشگاه گیلان. ص ۱۷۶-۱۶۲.
- مصلحی ب.، اتحاد ر. (۱۳۸۴) راهنمای تهیه آب‌نمود چشمه‌های کارستی و سازندهای سخت، وزارت نیرو، نشریه شماره ۲۳۲-الف. ص ۲۴۱-۲۳۰.
- مهربانی اردکانی م.، دهقانی م. (۱۳۸۸) بررسی تأمین آب شرب روستاهای شهرستان پاسارگاد با تأکید بر آلودگی نیترات، دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، ص ۱۲۳-۱۳۷.

- Aucott, W. R., Myers. N. C. (2000) *Changes in ground- water levels and storage Wichita well area, south- central Kansas*. US. Water- resources investigations report. 98- 113 pp.
- Cruz. J., Amaral. C. S. (2004) *Major ion chemistry of ground water from perched- water bodies of the azores(Portughal) volcanic archipelago*, Applied chemistry, 19, 44549. 187- 203 pp.
- Desmaris. K., Rojstaczer. S. (2002) *Inferring source Water from measurement of carbonat spring respons to Storm*, Hydrology Journal, Vol. 23, 247- 265 pp.
- Federico. C., Aiuppa. A., Favara. R., Gurrieri. S. (2002) *Geochemical monitoring of Groundwaters at Vesuvius volcano(Italy)*, J., of volcano and Geotermal research, 133, 81104.
- Ford. D. C., Williams. P.W. (1989) *Karst geomorphology and Hydrology.U. K champan and hall*, Oxford university press: New York, 464 pp.
- Haliban. T., Wicks.C. M. (1998) *Modelling of storm response in conduit flow aquifers with reservoirs*, Hydrogeology Journal, Vol. 43, 82- 91.
- Hounsolw. A.W. (1995) *Water quality data: Analysis and interperation*,CRC,pres LLC, Lewis publisher, 397 pp.
- Jacobson. R.I., Langmuir. D. (1974) *Controls on the quality variations of some carbonate spring waters*, Hydrology Journal, Vol. 23, 247- 265.
- Jenning. J. N. (1985) *Karst Geomorphology*. Basil Blackwell, Geophys Jou. Int., p. 214- 245.
- Milanovic. P. (1976) *Water regime in deep Karst, case study of ombla of spring as indicators of aquifer characteristics*, Journal of Cave and Karst studies 59. 112- 118 pp.
- Milanovic. P. (1981) *Karst Hydrogeology WRP*, Colorado. U. S. A. 434 pp.
- Milanovic. P., Aghili. B. (1990) *Hydrgeological characteristics and Groundwater*. Jou. Struct. Geol. Vol. 19, p. 1257- 1271.
- Padilla. A., Pudilo- Bosch. A. (1995) *Study of Hydrographs of Karstic aquifer by means of correlation and cross- spectral analysis*, Hydrology Journal, Vol. 45, p. 450- 478.
- Quinlan. J. F., Ewers, R.O., (1989) *Groundwater flow in limestone terranes: Stratwgy rationale and procedure for reliable, efficient monitoring of ground water quality in karst areas*. In: Proceeding of fifth National symposium and exposition on aquifer restoration, Worthington, OH, pp. 197- 234.

- Raeisi. E., Karami. Gh. (1997) *Hydrochemographs of Berghan Karst spring as indicators of aquifer characteristics*. Journal of Cave and Karst studies 59(3): 112- 118 pp.
- Rezaei. M. T. (2000) *Karst investigation in the Kazerun area. International symposium and field seminar on present state and future trend of karst studing*. Marmaris- Turkiy. 87- 101 pp.
- Samani. N.(2001) *Response of karst aquifer to rain fall and evaporation moharlo basin, Iran*. Jornal of Cave and Karst studies. Vol. 72, 33- 40 pp.
- Shuster. E. T., White. W. B. (1971) *Seasonal fluctuation in the chemistry of limestone sprins: A possible means for characterizing carbonate aquifer*. Hydrology Journal, Vol. 47, 111- 128 pp.
- Todd. D. K. (1980) *Ground Water hydrology*, John Wiley and Sons. New York, 539 pp.
- Vangeer. F. C. (1996) *An extension of Box Jenkins transfer noise molds for spatial interpolation of ground water head series*, Hydrology Journal. Vol. 67, 65- 80 pp.
- White. W. B. (1988) *Geomorphology and Hydrology of karst Terrains*, Oxford University Press: New York. 464 pp.
- Wilhite. D. A., Glantz. M. H. (1985) *Underestanding the Drought phenomenon, The roal of definition*. Water International. Vol. 45, 111- 120 pp.

Abstract

Sarab Niloofar is located in 25 km north west of the Kermanshah city in south flank of Kumajar Mountain. Mountain Kumajar composed mainly from limestone layers of Mesozoic. In order to evaluate the factors affecting the Sarab Niloofar flow rate, the physical and chemical characteristics of Sarab Niloofar spring including electrical conductivity, water temperature, pH and the concentrations of major cations and anions of water were measured during the water year 2009- 2010. The quality characteristics of water in S. N. and gw in alluvial aquifers adjacent to the karstic aq. Feeding the S. N. Were compared using double mass plotting. The obtained results indicate that the origin of water alluvial aq. is the same. Moreover, The water level changes in alluvial aquifers adjacent to the karstic aquifer feeding Sarab Niloofar was evaluated. It is noted that the groundwater level in the aquifer, especially in low rainfall years, due to heavy pumping without constantly falling down is now. This in turn led to the karstic aquifer discharge into the adjacent alluvial aquifers. The equipotential of alluvial aquifers confirm the above. Therefore, based on the above mentioned, it may be argued that in addition to the effect of rainfall, the discharging of karstic aq. Feeding the S. N. into adjacent allu. aq. is the most important reason for reducing the discharge of Sarab Niloofar recent years.

Keywords: Sarab Niloofar, Karst, rainfall, discharge, alluvial aquifer



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences
Hydrogeology and Environmental Geology Group
M. Sc. Thesis

**Evaluating the reasons of decrease in the discharge rate of Sarab
Niloofar karst spring in Kermanshah Province**

Kazem Ghaznavi

Supervisor

Dr.Gh. Karami

January 2011