



ارزیابی اثرات آبگیری سد سیمره بر تراز آب زیرزمینی پیرامون ساختگاه و آبدهی چشمه‌های پائین‌دست

شهداد صفوی، شروین فقیهی راد*، حمید کاردان مقدم، سید محمد هادی مشکاتی، حسین شریفی منش، حیدر امیر سلیمانی
پژوهشکده، مهندسی هیدرولیک و محیط‌های آبی، موسسه تحقیقات آب، وزارت نیرو، تهران، ایران.

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱
بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۰۴
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰
ارائه آنلاین: ۱۴۰۲/۰۳/۰۲

کلمات کلیدی:

سد سیمره
تراز سطح آب مخزن
آب زیرزمینی
چشمه
چاه مشاهده‌ای

خلاصه: در این پژوهش ارزیابی اثرات کمی احداث سد سیمره در ساختگاه کارستی این سازه بر نوسانات تراز آب زیرزمینی و آبدهی چشمه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اندازه‌گیری‌های ۱۰ ساله در شبکه چاه‌های مشاهده‌ای و چشمه‌های این منطقه، مشخص گردید که ارتباط هیدرولیکی مستقیمی بین تراز آب مخزن سد و سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای وجود دارد. نتایج نشان داد که اختلاف قابل توجهی در میزان تراز سطح آب چاه‌های یال شمالی نسبت به چاه‌های یال جنوبی به ویژه در تکیه‌گاه راست و چاه‌های تکیه‌گاه راست نسبت به تکیه‌گاه چپ به روشنی دیده می‌شود. این تفاوت تاییدی مبنی بر وجود یک هسته آسماری با نفوذپذیری پایین در امتداد محور تاقدیس است که باعث کارایی بیشتر پرده آب‌بند در جناح راست شده است. تغییرات آبدهی اغلب چشمه‌ها رابطه مستقیمی با تغییرات تراز آب مخزن دارد و همبستگی بالایی وجود دارد. تغییرات مجموع دبی کل چشمه‌های اندازه‌گیری شده در هر دو یال، روند مشابهی با تغییرات دبی چشمه‌های یال چپ دارد که این به دلیل دبی بیشتر چشمه‌های تکیه‌گاه چپ می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزایش تراز آب مخزن به ۶۶۰ متر، مقدار آبدهی خروجی چشمه‌های منطقه ۱۴۰۰ لیتر در ثانیه رسیده و با کاهش تراز آب مخزن در سال بعدی این مقدار خروجی کاهش و مجدداً با افزایش تراز به ۷۰۴ متر، میزان آبدهی به ۱۸۰۰ لیتر در ثانیه افزایش داشته است.

۱- مقدمه

فرار آب از تکیه‌گاه‌ها و پی سد یکی از رخدادهایی است که به هنگام ساخت سد و در دوران بهره‌برداری مورد توجه قرار می‌گیرد [۱]. در سدهایی که بخشی از ساختگاه یا همه آن بر روی لایه‌های کارستی قرار دارد، اهمیت موضوع دوچندان می‌شود. کارست از جمله آسیب‌پذیرترین پدیده‌های زمین‌شناسی در طراحی و توسعه پروژه‌های مهندسی از جمله سازه‌های آبی است [۲]. وجود درز و شکاف و به ویژه حفرات انحلالی این امکان را ایجاد می‌کند که به هنگام آبگیری مخزن، جریان آب به سمت یک یا تعدادی از آن‌ها منحرف شده و پس از نفوذ در آن به نواحی دور از مخزن سد انتقال یابد [۱]. میزان نشت در بسیاری از سدها پس از آبگیری و افزایش سطح آب در مخزن، در نقاط مختلف ساختگاه سد افزایش می‌یابد. این افزایش نشت معمولاً به صورت افزایش آبدهی چشمه‌های موجود یا پدیدار شدن چشمه‌های جدید و همچنین افزایش سطح تراز آب در چاه‌های مشاهده‌ای پایین دست سد مشاهده می‌شود. در سدهایی که بر روی سازه‌های کارستی

ساخته می‌شوند، نبود اطلاعات و دید کافی به ویژه در شرایط پیش و پس از ساخت سد، موجب فرار حجم قابل ملاحظه‌ای از آب مخزن شده است [۲]. در ایران سازندهای کارستی بالغ بر ۱۱٪ از سطح زمین کشور را پوشانده [۳] و رشته کوه‌های زاگرس از جمله اصلی‌ترین محیط‌های کارستی ایران است که شامل سازندهایی مانند گچساران، آسماری، جهرم (شهبازان)، تربور، سچون، سروک، داریان، فهلیان، هرمز بوده که پراکندگی متفاوتی در زاگرس دارند در بر دارنده هر دو نوع کارست کربناته و تبخیری است.

یکی از سدهایی که در ایران چنین شرایطی از دید سازندهای زمین‌شناسی و فرآیند نشت آب را دارد سد سیمره است. این سد از نوع بتنی دو قوسی و دارای نیروگاه برقایی در مسیر رودخانه سیمره (سرشاخه رودخانه کرخه) بر روی یال شمالی تاقدیس راوندی واقع در بخش جنوب‌غربی زون زاگرس چین خورده احداث شده است. مطالعات چشمی و همکاران در سال ۱۳۹۳ که در ابتدای دوره آبگیری این سد بود نشان داد که با افزایش تراز آبگیری، احتمال افزایش میزان نشتی در یال راست ساختگاه سد افزایش می‌یابد [۴]. مدرسی و همکاران با استفاده از پنج مدل داده مینا شامل شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی رگرسیون تعمیم یافته، رگرسیون بردار پشتیبان،

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: sh.faghihi@wri.ac.ir

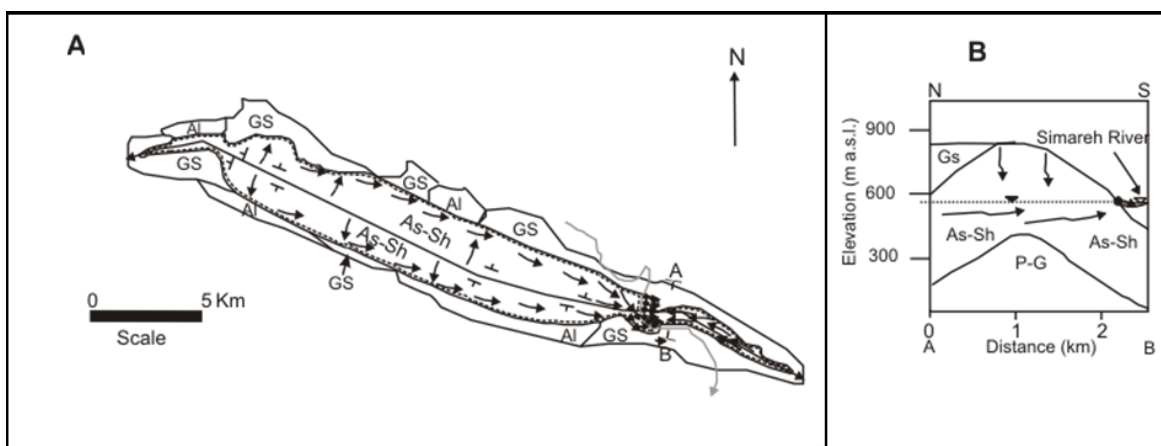


نیز در تغییرات کمی و کیفی این منطقه تاثیرگذار است. این موضوع سبب می‌شود تا رفتارشناسی ساختگاه سدهای کارستی و مطالعه آن حائز اهمیت باشد. این مطالعه بدنبال ارزیابی کمی منابع آب، تاثیر سازندهای کارستی و عوارض موجود بر رفتار و مدیریت بهره‌برداری از سد تمرکز داشته باشد. مهمترین هدف این مطالعه ارزیابی و رفتارسنجی شبکه پایش کمی تحت تاثیر تراز آب مخزن سازندهای کارستی و عوارض نیز گسل منطقه است. از آنجا که داده‌های اندازه‌گیری شده شرایط پایش و پس از آبیگری مخزن را پوشش داده و همچنین با توجه به وجود داده‌های اندازه‌گیری شده در یک بازه زمانی قابل توجه از ساختگاه سد سیمره، نتایج این پژوهش می‌تواند برای کارشناسان پایش و بهره‌برداران مخزن سد سیمره و همچنین پروژه‌های مشابه مفید باشد.

۲- معرفی متدولوژی پژوهش

موقعیت سد سیمره در ۳۰ کیلومتری شمال‌غربی شهرستان دره‌شهر و ۳ کیلومتری بالادست روستای تلخاب در استان ایلام با مختصات ۷۰۴۵۵۰ طول شرقی و ۳۶۸۶۰۰۰ عرض شمالی است. ساختگاه سد در دره‌ای U شکل با دیواره‌های با شیب تند قرار داشته و ارتفاع سد از بستر رودخانه ۱۳۰ متر (حدود ۱۷۹ متر از سنگ بستر) است. تراز تاج سد و تراز نرمال بهره‌برداری به ترتیب ۷۳۰ و ۷۲۳ متر از سطح دریا بوده که حجم مخزن در تراز نرمال حدود ۲/۸ میلیارد متر مکعب است که از جمله بزرگترین مخازن سد در ایران است. این سد با اهدافی از جمله تولید انرژی برقی و افزایش قدرت تنظیم سدهای پایین دست و همچنین مهار سیلاب‌های رودخانه سیمره ساخته شده و آبیگری آن از فروردین سال ۱۳۹۰ آغاز گردید. محدوده مورد مطالعه براساس تقسیمات زمین شناسی ناحیه‌ای در زون زاگرس چین‌خورده و در بخش جنوب‌غربی آن واقع شده است. روند عمومی تاقدیس‌های منطقه از امتداد کلی سلسله کوه‌های زاگرس، یعنی شمال غرب، جنوب شرق پیروی می‌کند. اما محور تاقدیس راوندی در محدوده سد مقداری چرخیده و روند آن شرقی، غربی شده است [۷]. چین‌خوردگی تشکیلات آهکی آسماری در نتیجه عملکرد رخداد الیگوسن پسین، پیشین یعنی ساوین باعث تشکیل تاقدیس راوندی در منطقه شده است. مهمترین مشخصه است تاقدیس، چین‌خوردگی سازند آسماری به همراه سنگ‌های جوانتر و قدیمی‌تر است. توالی سنگ‌چین‌های منطقه مورد مطالعه شامل سازندهای آسماری، گچساران و به صورت پراکنده سازند بختیاری می‌باشد. سازند آسماری در محدوده مورد مطالعه به سه واحد بالایی، میانی و پایینی

K نزدیک‌ترین همسایگی و رگرسیون خطی با ساختار بهینه به عنوان مدل‌های منفرد برای پیش‌بینی جریان ورودی به سد سیمره مورد استفاده قرار دادند. با استفاده از استراتژی وزن‌دهی به مدل‌های منفرد بر اساس روش Orness Method شبیه‌سازی انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهند که بکارگیری روش Orness Method سبب افزایش قابل ملاحظه‌ای در دقت نتایج پیش‌بینی در مقایسه با دو استراتژی دیگر می‌شود؛ به طوری که دقت نتایج پیش‌بینی جریان برای فروردین، اردیبهشت و خردادماه به ترتیب ۸۰٪، ۳۴٪ و ۲۴٪ نسبت به استراتژی انتخاب بهترین نتایج مدل‌های منفرد و ۶۵٪، ۷۵٪ و ۲۴٪ نسبت به استراتژی بکارگیری شبکه عصبی افزایش یافته است [۵]. گودرزی و همکاران در سال ۱۳۹۹ میزان جریان ورودی به سد سیمره را در اثر تغییر اقلیم با نتایج سناریوهای گزارش پنجم تغییر اقلیم مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد که با توجه به افزایش دما در این شرایط، بیشترین میزان افزایش دماهای بیشینه و کمینه مربوط به سناریوی RCP8.5 و به میزان ۱/۲ و ۱/۳ درجه‌ی سانتی‌گراد است. از طرفی نیز نتایج حاکی از کاهش میزان بارش در منطقه بوده که باعث کاهش ۲/۵ تا ۴/۱۳ درصدی جریان ورودی به سد می‌گردد [۶]. کاردان مقدم و همکاران در سال ۱۴۰۱ تاثیر آبیگری سد سیمره را بر پارامترهای کیفی منابع آب پائین‌دست این سد مورد بررسی قرار دادند. نتایج ارائه شده نشان داد که سازندهای گچساران و آسماری در افزایش غلظت املاح و انحلال تاثیرگذار است. همچنین چشمه‌های ساحل چپ با توجه به ضخامت و حجم بیشتر سازندهای گچساران و آسماری، روند تغییرپذیری کیفی بالاتری را داشته است. از طرفی نیز همبستگی بین تراز آب مخزن در دوره آبیگری و پارامترهای کیفی نشان داد که آبیگری مخزن سد بیشترین تاثیر را در چشمه‌های ساحل راست داشته و ارتباط بیشتری در تغییرات داشته است [۹]. بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که لزوم رفتارشناسی ساختگاه‌های سد تحت تاثیر عوارض کارستی با توجه به عدم یکسان بودن رفتار با توجه به توسعه کارست بسیار ضروری است. در این پژوهش تلاش شده تا با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده توسط گروه محیط‌زیست موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو که در طی یک دوره ۱۰ ساله پیش از آبیگری مخزن (آبیگری در انتهای سال ۱۳۹۰ انجام گرفت) تا سال ۱۳۹۸ پس از آبیگری، تغییرات کمی آبدی چشمه‌ها، رودخانه و همچنین تراز سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای با تغییرات تراز سطح آب مخزن در هر دو یال چپ و راست ساختگاه بررسی شود. ساختگاه و تکیه‌گاه‌های طرفین این سد بر سازندهای کارستی واقع شده که علاوه بر نوع سازندها، عوارض کارستی



شکل ۱. نقشه هیدروژئولوژی، جریان منطقه ای آب زیرزمینی و برش زمینشناسی در تاقدیس راوندی [۸]

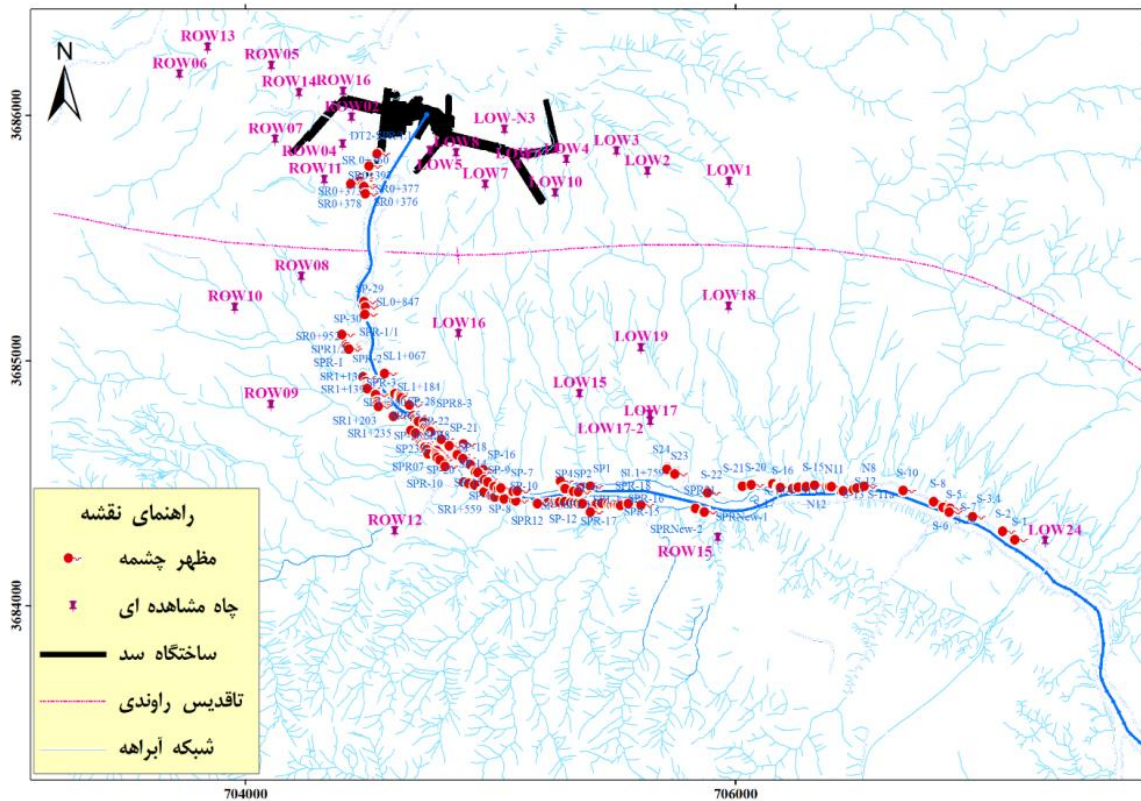
Fig. 1. Hydrogeological map, regional flow of ground water and geological section in Rawandi anticline

و پایین دست پرده آب بند استفاده شد. در ساختگاه سد سیمره، تراز آب زیرزمینی در ۳۹ حلقه چاه مشاهده ای اندازه گیری می شود که با توجه به شرایط ژئوتکنیکی در موقعیت های مختلف تکیه گاه چپ و راست قرار دارند. ۲۵ حلقه در تکیه گاه چپ و ۱۴ حلقه در تکیه گاه راست و در تقسیم بندی دیگر ۲۵ حلقه در یال شمالی و ۱۴ حلقه در یال جنوبی تاقدیس راوندی قرار دارد. در شکل (۲) نام و موقعیت چاهها نسبت به بدنه سد و همچنین نسبت به تاقدیس راوندی نشان داده شده است. چاه های ROW4 و ROW2 در تکیه گاه راست و چاه های LOW5، LOW7 و LOW8 در تکیه گاه چپ در حریم پرده آب بند قرار دارند. چاه های LOW21 و LOW22 در فاصله ۱۰۰۰ متری و ۸۰۰ متری مرز تراز نرمال آبیگری در یال شمالی تاقدیس راوندی قرار دارد. همچنین چاه های LOW9 و LOW23 در داخل گالری و چاه LOW.N3 در کنار سازه آبیگر قرار داشته و در شرایطی که تراز مخزن بالا باشد، قابل اندازه گیری نمی باشند. در چاه LOW.17 نیز به دلیل آلودگی، اندازه گیری انجام نمی شود و به جای آن چاه جدید LOW17.2 حفر شده است که از بهمن ماه سال ۹۳ ترازسنجی آن انجام می شود.

در شکل (۲) نام و موقعیت چشمه های شاخص در پایین دست بدنه سد آورده شده است. آبدهی چشمه ها پس از آبیگری مخزن تقریباً دو بار در هر ماه اندازه گیری شده است. در چشمه های ساختگاه سد سیمره، اندازه گیری دبی به پنج روش حجمی، جت جریان، جریان سنجی با مولینه، سرریز لبه تیز

تقسیم شده است، که سنگ بستر محل سد و تکیه گاه ها که پرده آب بند در آن ایجاد شده است شامل واحد آسماری میانی و به مقدار کمی واحد آسماری بالایی می گردد. محدوده مخزن و بخشی از ارتفاعات هر دو تکیه گاه محل سد از سازند گچساران تشکیل شده است. همچنین گستره مورد مطالعه شامل، رسوبات آبرفتی درشت دانه، رسوبات دریاچه ای ریزدانه، رسوبات واریزه ای (سنگ ریزش ها) و رسوبات آبرفت قدیمی رودخانه سیمره می باشد. تمام چشمه های تخلیه کننده تاقدیس راوندی پیش از آبیگری در یال جنوبی تاقدیس قرار دارند. با توجه به شسته شدن سازند گچساران بر روی سازند آسماری در تکیه گاه راست، احتمال پرشدگی درزه و شکستگی ها در این تکیه گاه نیز وجود دارد اما مقدار آن کمتر از تکیه گاه چپ است. در شکل (۱) که مربوط به شرایط پیش از آبیگری مخزن است مشخص است که راستای عمومی جریان آب زیرزمینی در هر دو یال به طرف خروجی تاقدیس در محل رودخانه است. بر پایه داده های حاصل از پایش، عمده سرریز آب زیرزمینی در یال جنوبی از محدوده سطح محوری تاقدیس در تنگه محل سد تا پل روستای رماوند است.

در این پژوهش به منظور ارزیابی میزان تاثیر تراز سطح آب مخزن سد سیمره در دوران بهره برداری بر میزان تغییر آبدهی چشمه ها از چشمه های شاخص که دارای دبی قابل اندازه گیری و دائمی هستند استفاده شد. همچنین برای ارزیابی تاثیر افزایش تراز آب مخزن بر وضعیت منابع آب زیرزمینی، تغییرات تراز سطح آب در چاه های مشاهده ای در دو جناح سد و در بالادست



شکل ۲. موقعیت شبکه پایش آب زیرزمینی و چشمه ها در پاییندست سد سیمره

Fig. 2. The location of the ground water monitoring network and springs downstream of the Seymareh dam

مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج به دست آمده در شبکه پایش کمی چاه‌های مشاهده‌ای حاکی از وجود رابطه مستقیم بین روند نوسان تراز سطح آب مخزن با تراز سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای در هر دو جناح سد از آغاز آبیگری مخزن تا پایان این دوره است. در بیشتر اندازه‌گیری‌های انجام شده، با افزایش یا کاهش تراز سطح آب مخزن، تراز آب در چاه‌ها نیز متناسباً با افزایش یا افت روبرو بوده که این نتیجه ارتباط بین مخزن و چاه‌های مشاهده‌ای و تاثیرپذیری مستقیم از مخزن را نشان می‌دهد. نکته دیگر اینکه تراز سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای جناح راست در یال شمالی تاقدیس راوندی همواره بالاتر از چاه‌های جناح چپ در این قسمت است. تراز سطح آب در این چاه‌ها، غیر از تراوایی توده سنگ به کارایی پرده آب‌بند و موقعیت قرارگیری چاه در بالادست یا پایین‌دست پرده آب‌بند و همچنین دوری و نزدیکی از مخزن بستگی دارد. یکی از دلایل مطمئن در این مورد این است که با توجه به اتصال عمقی پرده آب‌بند به آسماری زیرین در تکیه‌گاه راست و بالا بودن

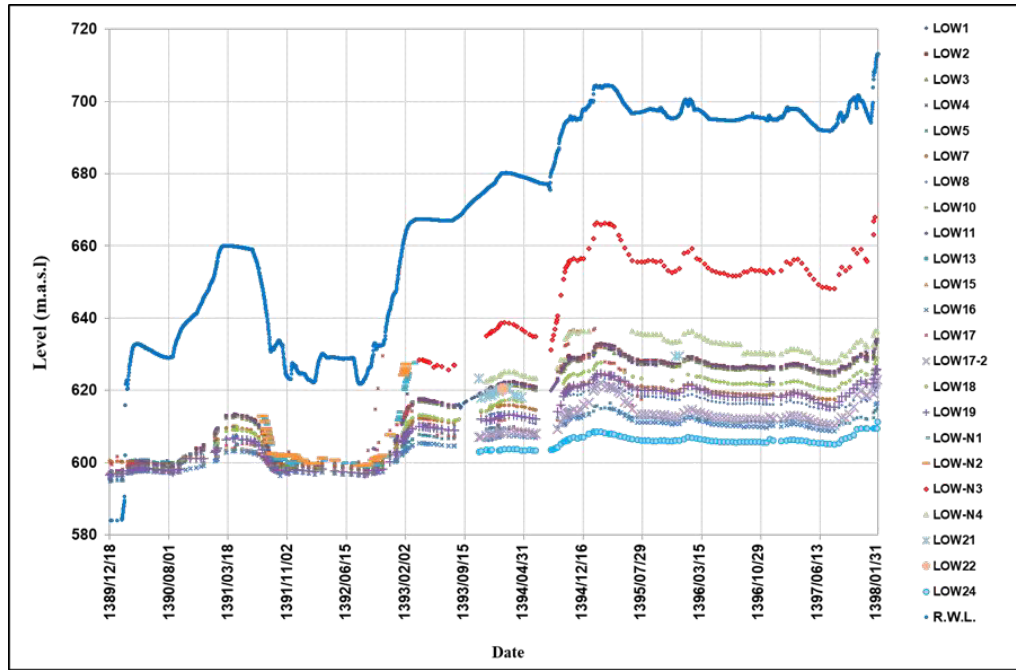
و پارشال فلوم انجام می‌شود که هر کدام از این روش‌ها با توجه به دبی چشمه، نحوه رخنمون چشمه، توپوگرافی، شرایط محیطی و پوشش گیاهی در محل چشمه‌ها انتخاب می‌شوند.

۳- نتایج و بحث

با آبیگری مخزن سد سیمره، تراز سطح آب مخزن به تدریج افزایش یافته و با توجه به افزایش گرادیان هیدرولیکی، انتظار می‌رود در صورت وجود ارتباط هیدرولیکی مشخص بین مخزن، چاه‌های مشاهده‌ای و چشمه‌های پایین‌دست، تغییراتی در تراز سطح چاه‌ها و همچنین آبدهی چشمه‌ها دیده شود که در زیر مورد تفسیر قرار گرفته است.

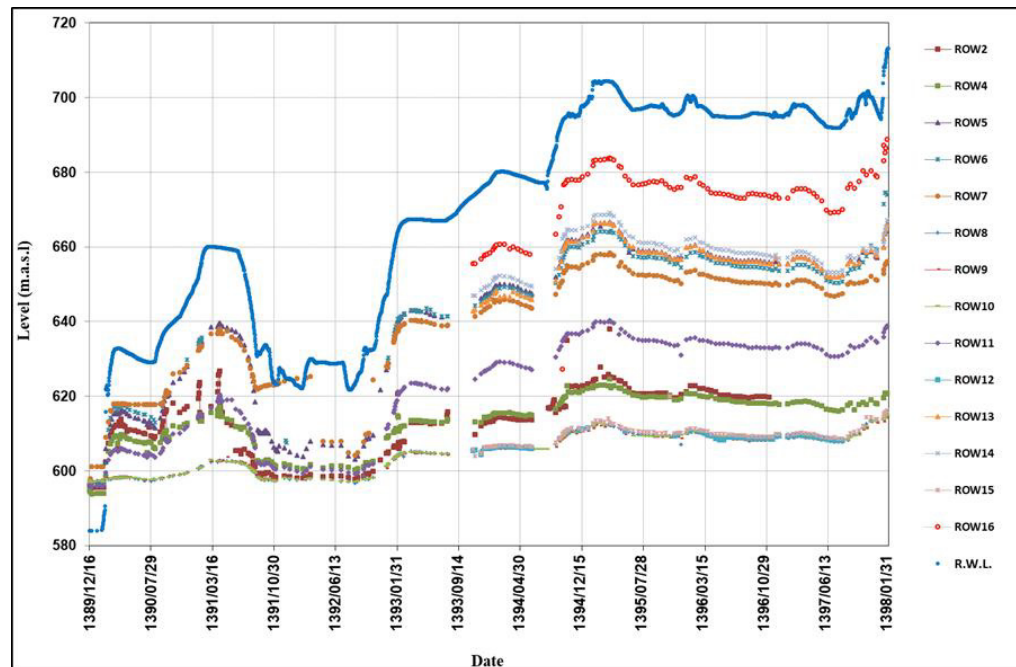
۳-۱- ارزیابی چاه‌های مشاهده‌ای

با اندازه‌گیری عمق آب در چاه‌های مشاهده‌ای در دو تکیه‌گاه ساختگاه سد، مطابق شکل (۳) و (۴)، تغییرات تراز سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای



شکل ۳. نمودار نوسان تراز آب در چاههای مشاهدهای جناح چپ و همچنین تغییرات تراز سطح آب مخزن نسبت به زمان

Fig. 3. Changes in water level in observation wells (left abutment) and water surface reservoir



شکل ۴. نمودار نوسان تراز آب در چاههای مشاهدهای جناح راست و همچنین تغییرات تراز سطح آب مخزن نسبت به زمان

Fig. 4. Changes in water level in observation wells (right abutment) and water surface reservoir

جدول ۱. همبستگی بین تراز آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای ساحل راست و تراز آب مخزن

Table 1. Correlation between the ground water level in the observation wells of the right side and water surface reservoir

ROW16	ROW15	ROW14	ROW13	ROW12	ROW11	ROW10	ROW9	ROW8	ROW7	ROW6	ROW5	ROW4	ROW2	مخزن سد
														1
													1	0.80
												1	0.93	0.94
											1	0.96	0.83	0.98
										1	0.99	0.95	0.81	0.99
									1	0.99	0.98	0.94	0.79	0.97
								1	0.95	0.97	0.97	0.91	0.82	0.96
							1	1.00	0.94	0.96	0.96	0.89	0.77	0.96
						1	1.00	1.00	0.95	0.97	0.97	0.91	0.81	0.96
					1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.94	0.81	0.98
				1	0.97	0.98	0.98	0.98	0.96	0.96	0.97	0.95	0.90	0.94
			1	0.97	0.99	0.89	0.89	0.89	0.99	0.92	0.99	0.96	0.88	0.94
		1	0.99	0.95	0.99	0.86	0.85	0.86	0.99	0.91	0.99	0.98	0.88	0.89
	1	0.81	0.84	0.98	0.84	0.91	0.91	0.91	0.81	0.88	0.82	0.77	0.78	0.87
1	0.78	0.78	0.82	0.96	0.81	0.79	0.80	0.79	0.81	0.79	0.79	0.76	0.77	0.86

تراز آب زیرزمینی است. در ساحل راست بیشترین افزایش تراز آب زیرزمینی مربوط به چاه مشاهده‌ای ROW.16 است که این چاه مشاهده‌ای نیز در نزدیکی مخزن سد در ساحل راست قرار دارد. عملاً افزایش تراز آب زیرزمینی در دو چاه مشاهده‌ای ROW.16 و LOW.N3 حاکی از تغذیه و جریان یافتن آب از طرف مخزن به دو تکیه‌گاه سد سیمره را نشان می‌دهد. میزان سرعت جریان و تغذیه در این دو منطقه تابع شرایط زمین‌شناسی و توسعه سازندهای کارستی است. در جدول (۱) همبستگی بین تراز آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای در ساحل راست با تراز آب مخزن و در جدول (۲) همبستگی بین تراز آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای در ساحل چپ با تراز مخزن نشان داده شده است.

بررسی نتایج همبستگی بین تراز آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای ساحل چپ و تراز مخزن سد سیمره نشان می‌دهد که همبستگی بالایی بین افزایش تراز آب مخزن و افزایش تراز آب زیرزمینی وجود دارد. این موضوع

این سازند در ساحل راست که تا حدودی باعث کاهش نشست در راستای شمالی-جنوبی در تاق‌دیس می‌شود، سبب بالاتر قرار گرفتن سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای تکیه‌گاه راست می‌شود. همچنین بر مبنای حفاری‌های اکتشافی انجام گرفته در واحد پایینی سازند آسماری، هیچ‌گونه شواهدی مبنی بر توسعه کارست دیده نشده است و نفوذپذیری در حد کم تا خیلی کم ارزیابی شده است. در تکیه‌گاه چپ قاعده کارستی شدن پایین‌تر و سطح آبگذر بزرگتر است. همچنین پرده آب‌بند در جناح راست پیش از ساخت سد و با کیفیت بالایی اجرا شده است در حالیکه در جناح چپ به هنگام آبگیری و در شرایط دیگری اجرا شده است و از این رو کارایی پرده آب‌بند در جناح راست بالاتر از جناح چپ می‌باشد.

بیشترین افزایش تراز آب زیرزمینی مربوط به چاه مشاهده‌ای LOW.N3 بوده که در نزدیکی مخزن سد سیمره بر ساحل چپ حفر شده است. سایر چاه‌های مشاهده‌ای در بخش ساحل چپ دارای روند یکسانی از نظر تغییرات

جدول ۲. همبستگی بین تراز آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای ساحل چپ و تراز آب مخزن

Table 2. Correlation between the ground water level in the observation wells of the left side and water surface reservoir

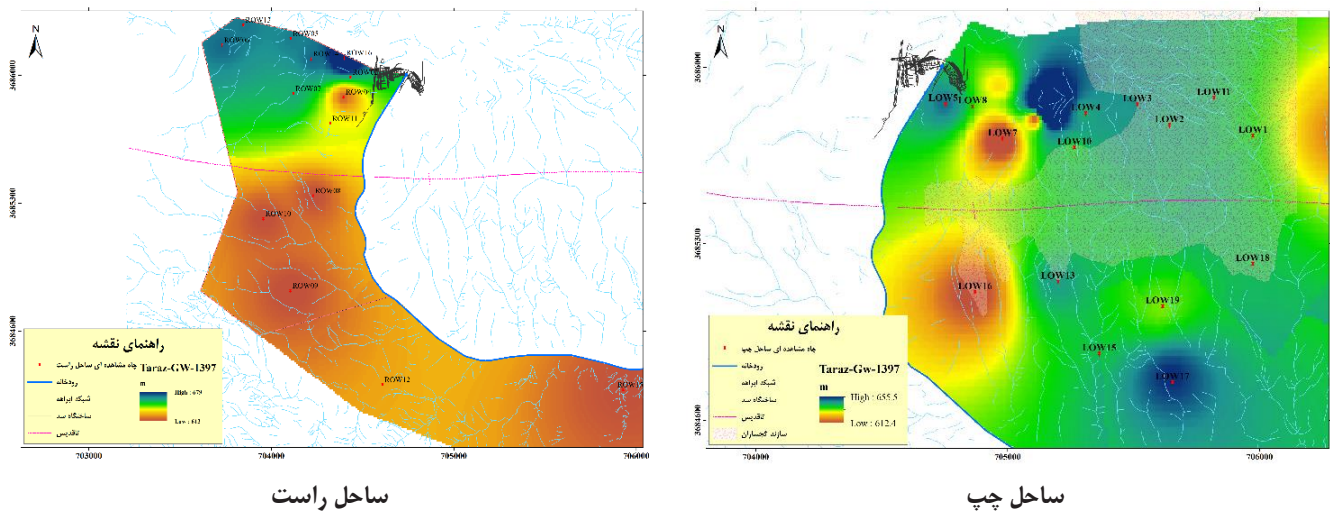
LOW15	LOW13	LOW11	LOW10	LOW9	LOW8	LOW7	LOW5	LOW4	LOW3	LOW2	LOW1	مخزن سد		
												1	مخزن سد	
											1	0.98	LOW1	
										1	1	0.98	LOW2	
									1	1	1	0.98	LOW3	
								1	1	1	1	0.98	LOW4	
							1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	LOW5	
						1	0.99	1	1	1	1	0.98	LOW7	
					1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	LOW8	
				1	0.92	0.98	0.96	0.97	0.99	0.99	0.99	0.92	LOW9	
			1	0.99	0.99	1	0.99	1	1	1	1	0.98	LOW10	
		1	1	0.99	0.99	1	0.99	1	1	1	1	0.98	LOW11	
	1	0.98	0.99		0.97	0.98	0.91	0.99	0.99	0.99	0.99	0.84	LOW13	
1	1	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.97	LOW15	
LOW24	LOW23	LOW22	LOW21	LOW17.2	LOW.N4	LOW.N3	LOW.N2	LOW.N1	LOW19	LOW18	LOW17	LOW16	مخزن سد	
												1	0.98	LOW16
											1	0.86	0.84	LOW17
										1	0.87	1	0.98	LOW18
									1	1	0.88	1	0.98	LOW19
								1	1	1	0.47	0.98	0.98	LOW.N1
							1	1	0.99	0.99	0.40	0.96	0.96	LOW.N2
						1			0.99	0.99	0.85	0.98	0.98	LOW.N3
					1	0.91			0.93	0.94	0.79	0.93	0.87	LOW.N4
				1	0.79	0.92			0.94	0.93	0.72	0.98	0.88	LOW17.2
			1	0.88	0.97	0.99			0.97	0.61	0.48	0.96	0.88	LOW21
	1	0.09	0.92	0.96	0.97				0.98	0.99	0.81	0.98	0.95	LOW23
1	0.91	0.90	0.95	0.79	0.93				0.94	0.93	0.83	0.98	0.93	LOW24

راست و تراز آب مخزن نیز دارای همبستگی بالای را نشان می‌دهد. بیشترین میزان همبستگی تراز آب مخزن با چاه مشاهده‌ای ROW6 به میزان ۹۹ درصد ثبت شده است. بطور کلی در چاه‌های مشاهده‌ای نزدیک ساختگاه سد میزان همبستگی بالایی محاسبه شده است.

با توجه به نتایج اندازه‌گیری شده تراز آب در شبکه چاه‌های مشاهده‌ای، منحنی‌های تراز آب پیش از آبیگیری مخزن (شکل ۵)، در یال شمالی تاقدیس

در شرایطی است که حداکثر میزان همبستگی بین تراز آب مخزن و چاه مشاهده‌ای LOW5 به میزان ۹۹ درصد ثبت شده است. همچنین پراکنش مکانی همبستگی نیز حاکی از این موضوع است که چاه‌های مشاهده‌ای نزدیک به مخزن سد دارای همبستگی بالاتری بوده و اغلب دارای همبستگی بالای ۹۵ درصد است.

بررسی همبستگی بین تراز آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای ساحل



شکل ۵. وضعیت جریان آب زیرزمینی ساختگاه سد سیمره در فروردین ۹۸

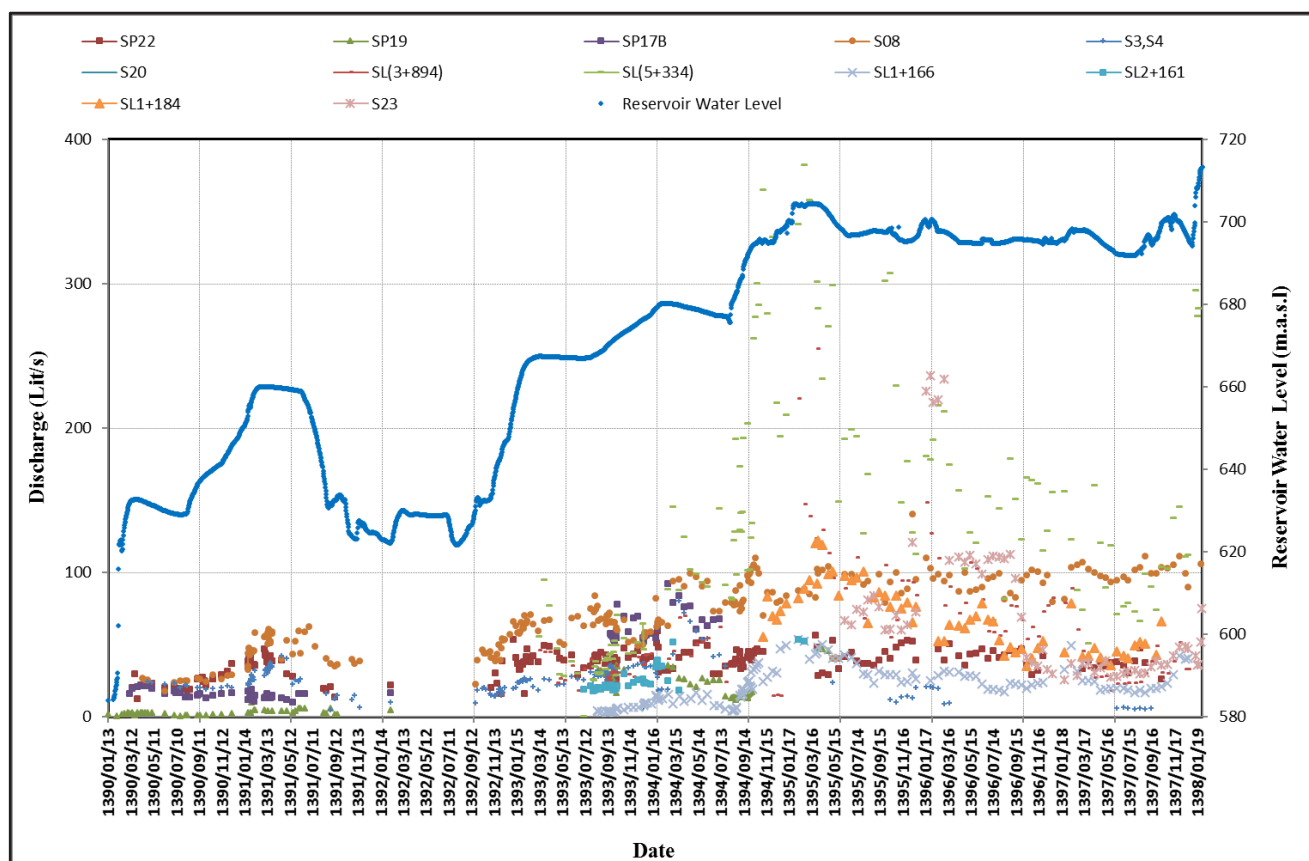
Fig. 5. The condition of the ground water flow of the Seymareh dam construction in April 2019

آب زیرزمینی به سمت ساحل راست متمایل می‌شود. همچنین با افزایش تراز مخزن و بنابراین افزایش گرادیان هیدرولیکی هر دو جناح نسبت به دره ساختگاه، جریان‌های موضعی از هر دو جناح به سمت سواحل رودخانه همواره وجود دارد. تحلیل وضعیت نشت از ساختگاه سد سیمره نشان می‌دهد که اگرچه در تمامی سدها صرف نظر از نوع مصالح به کار رفته در بدنه و یا روش طراحی، احتمال این رخداد وجود دارد و حجم این نشت می‌تواند از مقادیر بسیار ناچیز تا احجام قابل توجه تغییر نماید اما در سازند کارستی ساختگاه سیمره، جریان آب پیچیده و متاثر از دوگانگی این نوع محیط‌ها که متشکل از یک محیط پیوسته یا ماتریکسی و یک محیط گسسته یا مجاری بزرگ در ترکیب با یکدیگر است و به دلیل این تخلخل دوگانه، محیط‌های کارستی دارای هتروژنی شدیدی هستند [۹]. بر اساس تقسیم‌بندی که توسط کوینلان و اورز بر اساس ویژگی‌های هیدرولیکی انجام شده است [۱۰]، در ساختگاه سد سیمره تعداد زیادی چشمه با آبدهی کم وجود دارد و وجود چنین وضعیتی در چشمه‌ها نشان دهنده نوعی جریان پراکنده یا بنا بر برخی منابع، افشان^۱ در محدوده پایین‌دست سد به ویژه در جناح چپ می‌باشد. البته در این میان دبی قابل توجه تعداد کمی از چشمه‌ها نیز می‌تواند نشان دهنده یک سامانه جریان ترکیبی^۲ در سیستم کارستی سیمره باشد.

راوندی حاکی از روند حرکت آب زیرزمینی از شمال به جنوب و تا حدی از شمال غربی به جنوب شرقی بوده که در محل دره تاقدیس، تمایلی به سمت سواحل چپ و راست نیز دیده می‌شود.

در یال جنوبی تاقدیس، جهت جریان از جنوب به شمال است که نشان می‌دهد از یال شمالی تاقدیس کبیرکوه تغذیه می‌شود. پس از آگیری مخزن در مهرماه سال ۱۳۹۰ که تراز مخزن ۶۲۹/۲۵ متر از سطح دریا است، راستای کلی جریان در جناح راست یال شمالی تاقدیس از شمال غربی به جنوب شرقی است و در جناح چپ تقریباً شمالی-جنوبی است. در یال جنوبی تاقدیس در هر دو جناح تمایل جریان به سمت سواحل رودخانه وجود دارد که در ساحل راست زاویه تمایل نسبت به رودخانه تندتر بوده و به سمت غربی-شرقی پیش می‌رود. همچنین در این شرایط با بالا رفتن تراز ایستابی محدوده ساختگاه سد، تاثیری از تغذیه یال شمالی تاقدیس کبیرکوه در جنوب تاقدیس دیده نمی‌شود. در سال‌های پس از آن و به ویژه با افزایش تراز مخزن، سطح ایستابی بالاتر رفته و جهت جریان آب زیرزمینی در جناح راست یال شمالی تاقدیس همچنان شمال غربی-جنوب شرقی با شیب تند می‌باشد که در یال جنوبی تاقدیس از گرادیان هیدرولیکی آن کاسته می‌شود (شکل ۵). در جناح چپ با افزایش تراز مخزن، در هر دو یال شمالی و جنوبی تاقدیس، جهت جریان هر چه بیشتر شمالی-جنوبی شده که در جنوب تاقدیس شیب کمتری دارد ولی افزایش گرادیان در این جناح غالب بوده و راستای حرکت

1 - Matrix
2 - Hybrid System



شکل ۶. تغییرات دبی‌های اندازه‌گیری شده چشمه‌های جناح چپ و تغییرات تراز سطح مخزن نسبت به زمان

Fig. 6. Changes in measured water discharge of springs in left side and changes water surface reservoir over the time

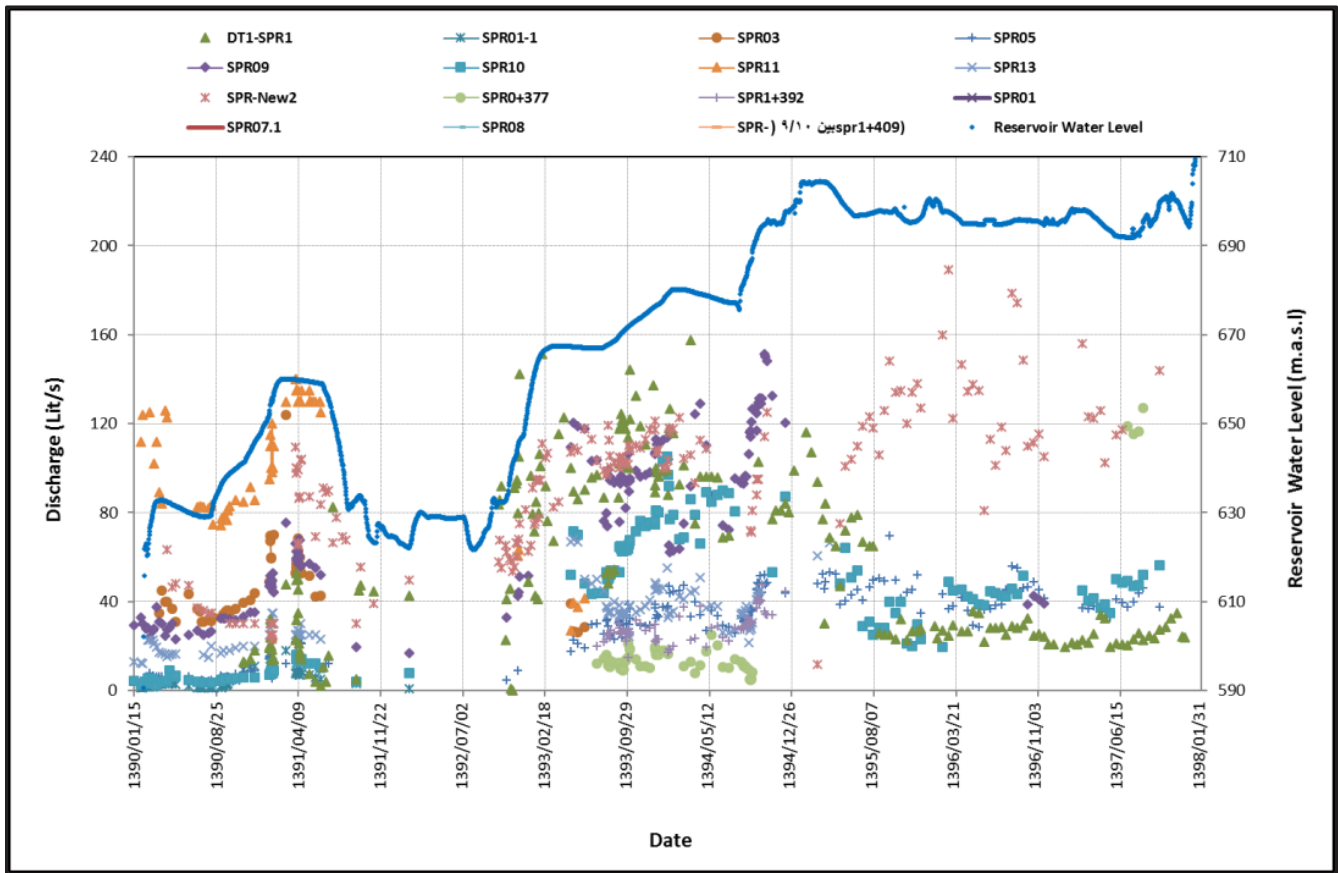
و اوج تغییرات تراز مخزن، تغییرات کاملاً مشابهی در دبی این چشمه رخ می‌دهد. براساس نتایج به دست آمده در تراز مخزن ۶۰۰ متر از سطح دریا، آبدهی این چشمه حدود ۱۰۰ لیتر در ثانیه و در تراز ۷۱۳/۲۳ متر از سطح دریا که در فروردین ۹۸ بوده و سرریزی رخ داده است، مقدار آبدهی به ۸۳۸ لیتر در ثانیه افزایش یافته است.

در شکل (۹) ارتباط بین تغییرات تراز مخزن سد با مجموع دبی‌های اندازه‌گیری شده از چشمه‌های هر دو طرف تکیه‌گاه مورد آنالیز قرار گرفته است. تغییرات مجموع دبی چشمه‌های ساحل چپ و راست و همچنین مجموع دبی کلیه چشمه‌ها نیز همخوانی بسیاری با تغییرات تراز مخزن دارد. کاهش دبی مجموع کل چشمه‌های هر دو ساحل در سال‌های ۹۷ و ۹۸ به دلیل عدم اندازه‌گیری دبی برخی از چشمه‌ها به دلیل نبود سازه اندازه‌گیری مناسب و یا باز بودن تخلیه‌کننده‌های عمقی، نیروگاه و وجود شرایط سیلابی در فروردین ماه ۹۸ در پایین‌دست سد است.

۳-۲- ارزیابی چشمه‌های پایین‌دست سد

ارزیابی تغییرات آبدهی چشمه‌ها نسبت به تغییرات تراز آب مخزن سد سیمره مطابق شکل (۶) و (۷) در دو طرف ساختگاه ارائه شده است. بررسی اجمالی نتایج نشان می‌دهد که رابطه مسقیمی میان تغییرات آبدهی چشمه‌ها در هر دو تکیه‌گاه چپ و راست با تغییرات تراز مخزن وجود دارد به طوری که با کاهش و افزایش تراز مخزن، دبی اغلب چشمه‌ها نیز کاهش یا افزایش یافته است.

در بین چشمه‌های مورد آنالیز در منطقه، چشمه S24 به عنوان پرآب‌ترین چشمه در پایین‌دست سد به عنوان چشمه شاخص انتخاب و مطابق شکل (۸) مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج ارائه شده حاکی از این موضوع است که نوسان دبی اندازه‌گیری شده از این چشمه، همخوانی بسیار زیادی با نوسان تراز آب مخزن سد دارد. همخوانی تغییرات دبی این چشمه با تراز مخزن تقریباً همزمان بوده و تاخیر زمانی ندارد به طوری که در نقاط فرود

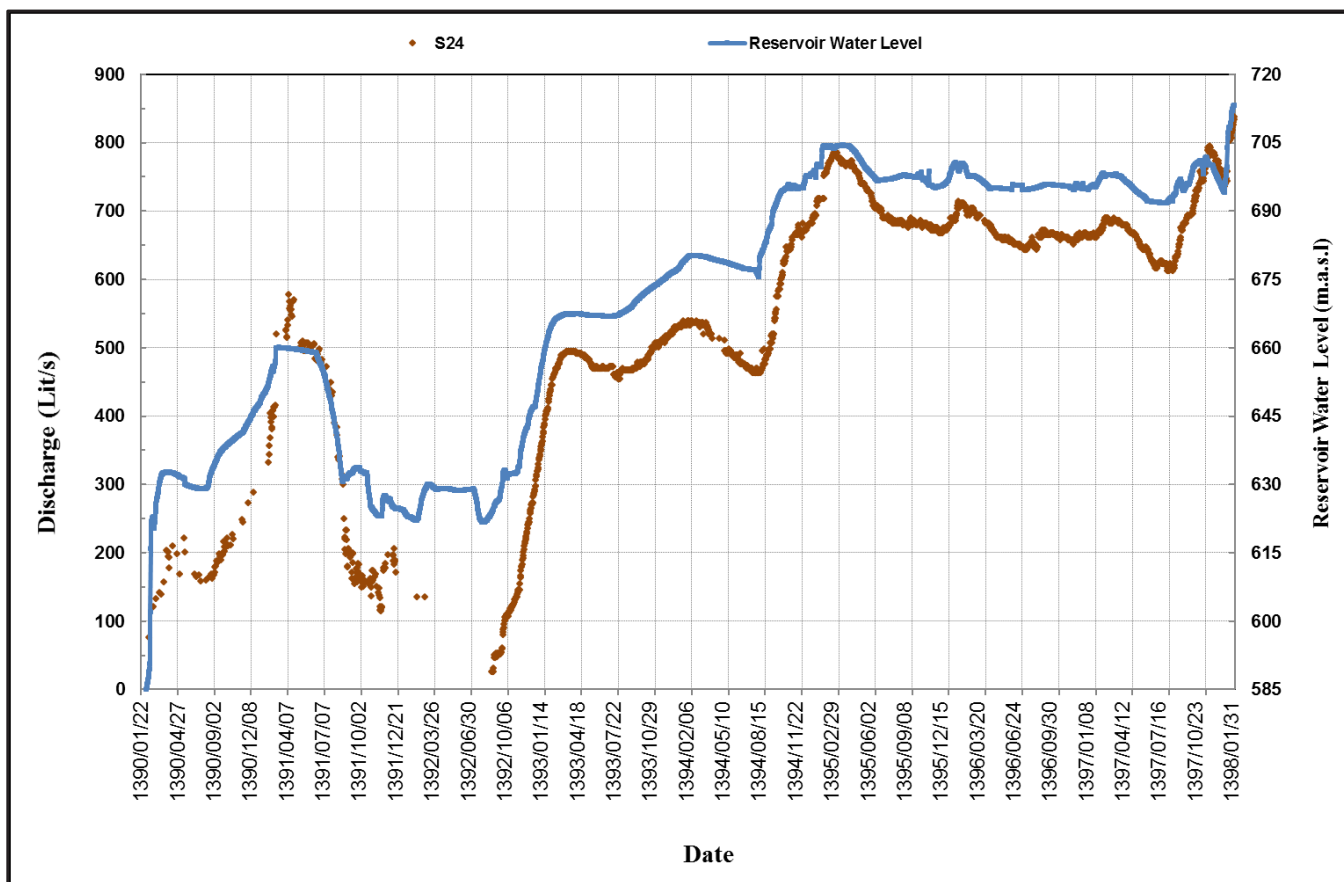


شکل ۷. تغییرات دبی‌های اندازه‌گیری شده چشمه‌های جناح راست و تغییرات تراز سطح مخزن نسبت به زمان

Fig. 7. Changes in measured water discharge of springs in right side and changes water surface reservoir over the time

که این چشمه‌ها به مخزن راه داشته و از مخزن تغذیه می‌نمایند. بر اساس نتایج داده‌های آماری و نمودارهای ارائه شده، دبی‌های اندازه‌گیری شده بیش از ۱۰۰ لیتر در ثانیه در هر دو تکیه‌گاه چپ و راست در موقعیت پایین‌دست محور تاقدیس به طرف پایین‌دست قرار دارند. همچنین همان گونه که از نتایج پیداست دبی نشتی چشمه‌های جناح چپ بیشتر از چشمه‌های جناح راست است. وجود یک لایه آب‌بند در سازند آسماری پایینی در تکیه‌گاه راست ضمن ارتقاء کارایی پرده آب بند، امکان نشت آب به پایین‌تر از خط محور تاقدیس در این تکیه‌گاه را کمتر می‌کند. در تکیه‌گاه چپ و در چند صد متر انتهایی تونل آب‌بر نیروگاه و بخش عمده مسیر تونل دسترسی به آن، گسل‌ها و مجراهای انتقال دهنده آب زیرزمینی به چشمه‌های ساحل

به منظور ارزیابی میزان تاثیرپذیری دبی چشمه‌ها از تغییرات تراز سطح آب مخزن، تغییرات دبی چشمه‌های S24 و SL(5+334) در جناح چپ و چشمه‌های SPR09 و SPR.NEW2 در جناح راست که دارای جامعه آماری کامل‌تری نسبت به دیگر چشمه‌ها دارند ترسیم گردید (شکل ۱۰). با توجه به این نتایج به خوبی دیده می‌شود که رابطه مستقیمی میان دبی چشمه‌ها و تراز مخزن وجود دارد و پایین و بالا رفتن تراز مخزن، مستقیماً موجب کاهش و افزایش دبی اغلب چشمه‌ها می‌شود. در دیگر چشمه‌ها نیز این روال وجود دارد اگرچه در برخی از آنها به دلیل کافی نبودن تعداد داده‌ها ممکن است این روند مانند دیگر چشمه‌ها واضح نباشد. همخوانی تغییرات دبی اغلب چشمه‌های اندازه‌گیری شده با تغییرات تراز مخزن نشان می‌دهد



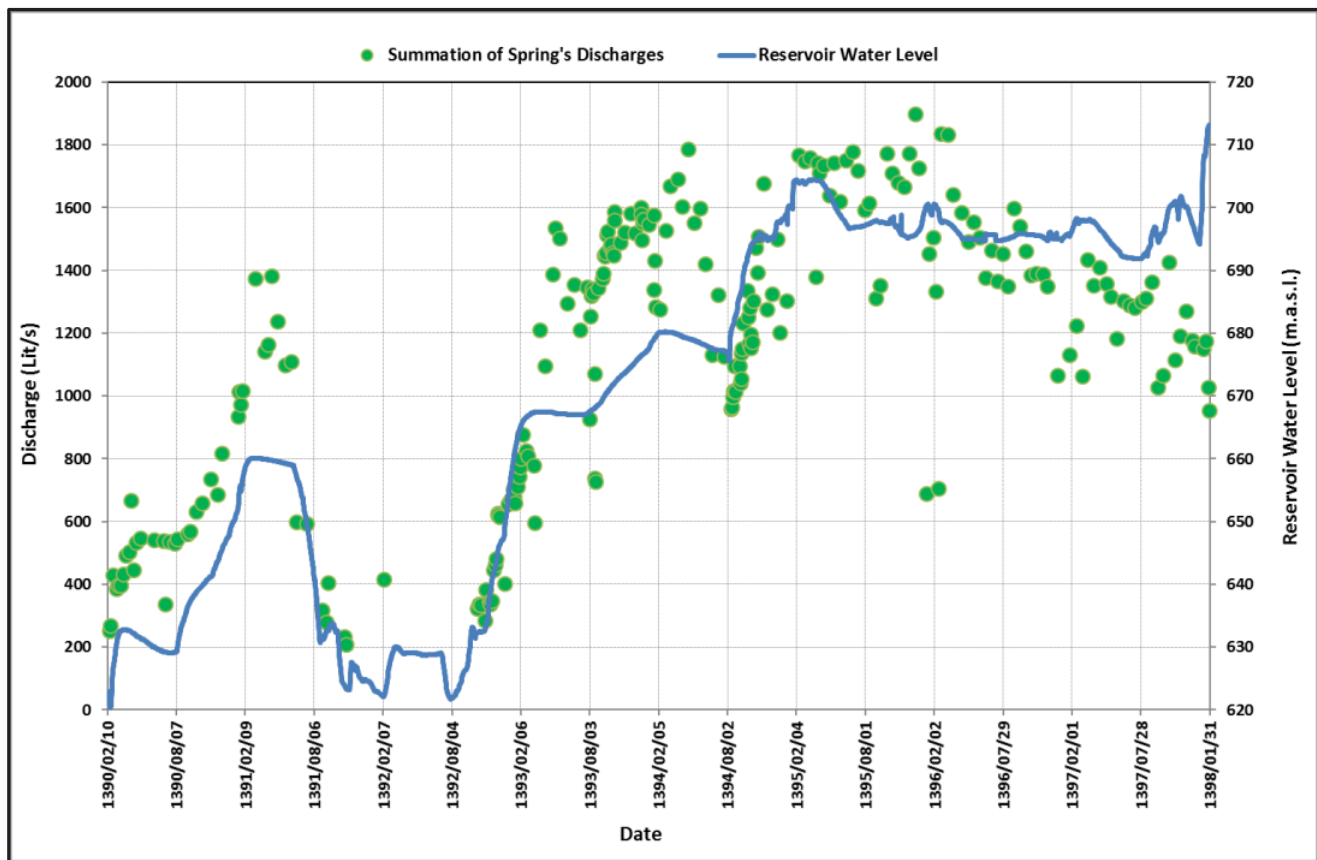
شکل ۸. تغییرات دبی‌های اندازه‌گیری شده چشمه S24 و تغییرات تراز سطح مخزن نسبت به زمان

Fig. 8. Changes in the measured water discharge of the S24 spring and changes water surface reservoir over the time .

وضعیت زمین‌شناسی تاقدیس راوندی نشان می‌دهد که دویال آن نامتقارن بوده و از روند شمال غرب جنوب شرق به روند شرقی غربی تغییر شکل یافته است. این تغییر روند باعث تغییرات در وضعیت شکستگی‌ها شده و باعث شده تا یال جنوبی دارای شکستگی بیشتر و در نتیجه افزایش تعداد چشمه‌ها گردد. همچنین گسل‌های موجود در بخش ساختگاه سد نیز بگونه‌ای بوده که موازی تاقدیس بوده و رفتار مشابهی را در نشت آب از تکیه‌گاه‌ها و افزایش آبدهی در چشمه‌ها را داشته است.

چهارچوب نشت در یال شمالی تاقدیس راوندی متأثر از شرایط ساختاری شرقی غربی بوده و با توجه به شکل (۱) و پلانژ محور تاقدیس می‌توان گفت که بالاتر بودن تراز سازند آسماری پایینی در تکیه‌گاه راست که کیفیت توده

چپ را قطع نموده و مخلوطی از آنها را پیش از آبیگری مخزن تخلیه می‌کرده است. پس از آبیگری مخزن، تونل آب‌بر نیروگاه با پوشش بتنی و تزریق آب‌بند شده است اما تونل دسترسی به آن مانند یک زهکش عمل نموده و ضمن تخلیه بخشی از آب چشمه‌های تکیه‌گاه چپ، بخشی از آبهای نشت یافته از مخزن را نیز تخلیه می‌کند. با فرض اندازه‌گیری تمام دبی نشتی و عدم وجود فرار نشتی از سازه‌های اندازه‌گیری، روند و نوسان دبی نشت چشمه‌های S06 و SL1+650 و SL1+728 تقریباً ثابت می‌باشد ولی در ماه‌های پایانی سال ۹۷ و همچنین در فروردین ۹۸ افزایش ناگهانی در دبی این چشمه‌ها دیده می‌شود که می‌تواند ناشی از بارندگی‌های آن دوره و همچنین افزایش تراز آب مخزن باشد. بررسی نتایج بدست آمده با تحلیل



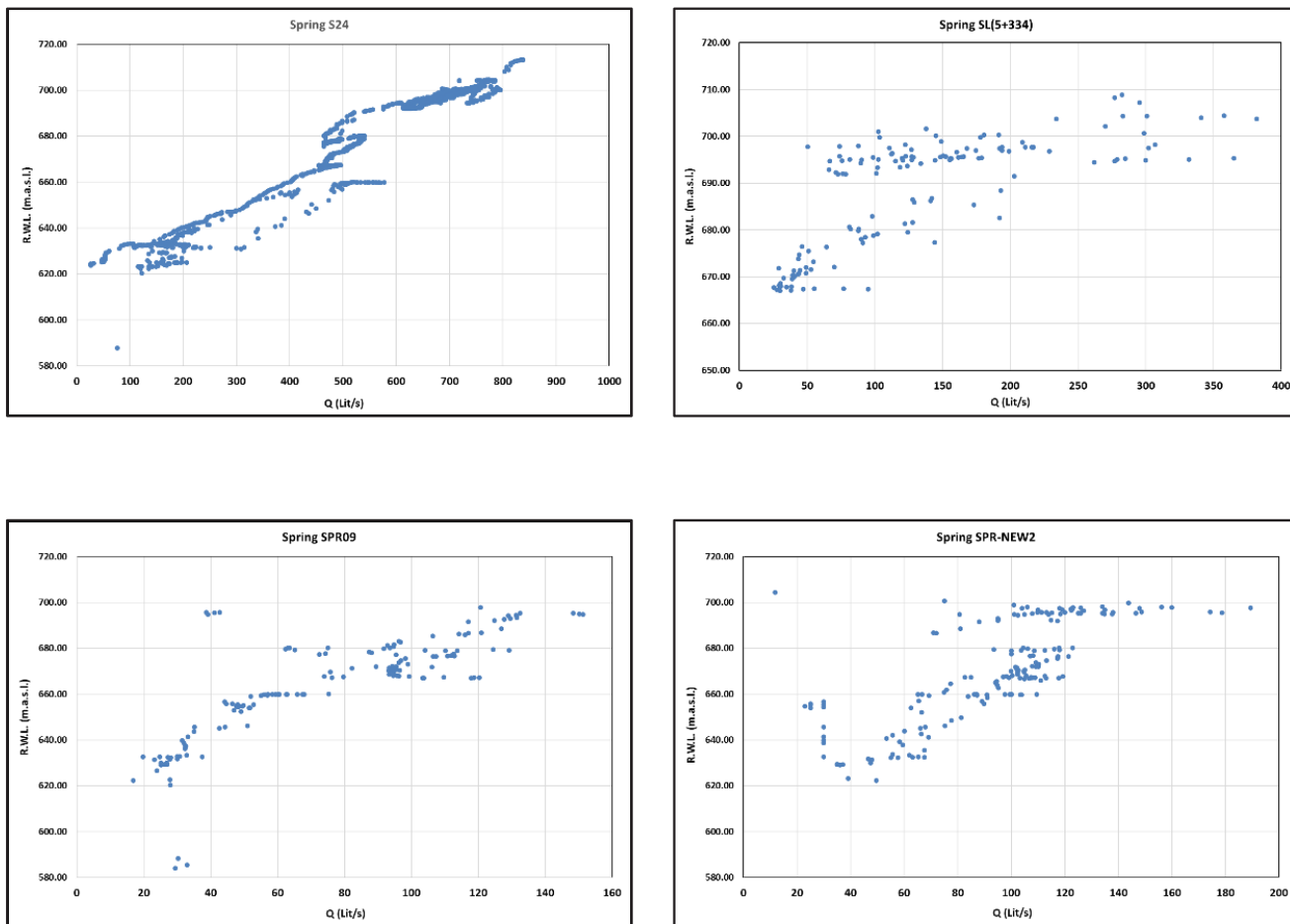
شکل ۹. نمودار مجموع دبی های اندازه گیری شده از چشمه های هر دو تکیه گاه چپ و راست و تغییرات تراز مخزن نسبت به زمان

Fig. 9. The graph of the total water discharge measured from the springs of both the left and right abutments and changes water surface reservoir over the time

است که بررسی‌ها نشان می‌دهد به هنگام ساخت سد و پیش از اجرای بدنه، پرده آب‌بند در زیر بدنه و تکیه‌گاه راست با کیفیت بالا انجام گرفت ولی در تکیه‌گاه چپ، تکمیل نشده و به هنگام آبگیری پس از سال ۱۳۹۰ انجام شد. پس از آبگیری سد، عملیات تزریق و اجرای آب‌بندی در گالری‌های تکیه‌گاه چپ (GL3 و GL4) انجام شد. همچنین در خلال سال‌های ۹۳ تا ۹۴ با پایین آمدن تراز سطح آب مخزن، عملیات تزریق تکمیلی پرده آب‌بند انجام گرفت.

سنگ بهتری به لحاظ آب‌بندی نسبت به تکیه‌گاه چپ دارد، حرکت آب به یال جنوبی نسبت به سمت تکیه‌گاه چپ کمتر است. نشست از یال شمالی به یال جنوبی با توجه به پلانژ تاقدیس راوندی و احتمالاً گسل‌ها یا سطوح ضعف شمالی-جنوبی و کیفیت پایین توده سنگ صورت می‌گیرد، ضمن اینکه دره پایین‌دست بدنه سد خود در بردارنده شکستگی بوده و احتمالاً با افزایش هد آب بالادست و در صورت شسته شدن می‌تواند موثر بر مسیر نشست عمیق محور دره در آینده باشد.

از طرفی نقش تزریق و اجرای آب‌بندی نیز در میزان نشست سد موثر



شکل ۱۰. تغییرات دبی چشمه‌های شاخص نسبت به تغییرات تراز مخزن در دوره آماری موجود

Fig. 10. Changes in the water discharge of the indicator springs compared to changes in the water surface reservoir for exist statistical period

مشاهده‌ای دیده می‌شود. اختلاف قابل توجهی در میزان تراز سطح آب چاه‌های یال شمالی نسبت به چاه‌های یال جنوبی به ویژه در تکیه‌گاه راست و چاه‌های تکیه‌گاه راست نسبت به تکیه‌گاه چپ به روشنی دیده می‌شود که به ترتیب شاهد و تاییدی مبنی بر وجود یک هسته آسماری با نفوذپذیری پایین در امتداد محور تاقدیس است که شدت ارتباط هیدرولیکی موجود بین دو یال را کاهش داده است. این موضوع بیانگر رفتار تاقدیس راوندی و تاثیر آن بر افزایش تعداد چشمه‌های یال جنوبی و توسعه کارست منطقه است. همچنین پرده آب بند در جناح راست پیش از ساخت سد و با کیفیت بالایی اجرا شده است در حالیکه در جناح چپ به هنگام آبیگری و در شرایط دیگری اجرا شده است و از این رو کارایی پرده آب بند در جناح راست بالاتر

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به ساختگاه سد سیمره از نظر زمین‌شناسی و آبیگری این سازه از فروردین سال ۱۳۹۰ پایش کمی و اثرات آن بر وضعیت آب زیرزمینی و آبدی چشمه‌ها از نظر نشت در دوران بهره‌برداری بسیار حائز اهمیت است. براین اساس در طول یک دوره ۱۰ ساله پایش کمی منابع آب شامل میزان و روند تغییرات سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای در دو جناح بدنه سد و همچنین میزان آبدی و تغییرات آن نسبت به تغییرات تراز سطح آب مخزن ارزیابی گردید. نتایج به دست آمده از تحلیل نشان داد که ارتباط مستقیم بین تغییرات تراز مخزن و سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای وجود داشته به طوری که در نقاط اوج و فرود تراز مخزن، نقاط مشابهی در سطح آب چاه‌های

سپاسگزاری

اعضای این مقاله بر خود واجب می‌دانند از شرکت توسعه منابع آب و نیرو و موسسه تحقیقات آب در جهت تامین و در اختیار گذاشتن آمار و اطلاعات نمونه برداری شبکه پایش سد سیمره تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

- [1] M. Delchiaro, G. Iacobucci, F. Troiani, M. Della Seta, P. Ballato, L. Aldega, Morphoevolution of the Seymareh landslide.dam lake system (Zagros Mountains, Iran): Implications for Holocene climate and environmental changes, *Geomorphology*, 413 (2022) 108367.
- [2] C. Zeng, C. He, Z. Liu, X. Gong, W. Chen, Y. Zeng, J. Deng, Storage capacity of a karst groundwater reservoir associated with a large dam in a humid subtropical canyon karst area in southwestern China, *Hydrogeology Journal*, 30(7) (2022) 1989.2012.
- [3] P. Milanovic, *Water resources engineering in karst*, CRC press, 2004.
- [4] Z. Mohammadi, E. Raeisi, M. Bakalowicz, Method of leakage study at the karst dam site. A case study: Khersan 3 Dam, Iran, *Environmental Geology*, 52 (2007) 1053.1065.
- [5] E. Raeisi, N. Kowsar, Development of Shahpour Cave, southern Iran, *Cave and Karst Science*, 24(1) (1997) 27.34.
- [6] A. Cheshomi, Y. Sahbaniya, J. Ashjari, Assessment of water leakage through the right abutment of the Seymareh dam, (2014).
- [7] F. Modaresi fereshteh, K. Ebrahimi, Improving the Accuracy of Monthly Flow Prediction Using the Orness Method for Combining Models (Case Study: Input Flow Prediction to Seymareh Dam, in irrigation and drainage. (2015).
- [8] M. Goodarzi, H. Vagheei, M. Mousavi, The behavior of inflow to the Seimareh Dam in the face of climate change impacts, *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(3) (2020) 169.182.
- [9] H. Kardan Moghaddam, S. Safavi, H. Sharifi Manesh, S. Faghihi Rad, H. Amir Soleymani, S.M.H. Meshkati,

از جناح چپ می‌باشد. بنابراین وجود لایه آب‌بند در سازند آسماری پایینی و همچنین کارایی بیشتر پرده آب‌بند در جناح راست و عدم وجود این دو ویژگی در جناح چپ عوامل اصلی بالاتر بودن تراز سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای جناح راست نسبت به جناح چپ در یال شمالی تاقدیس راوندی می‌باشند. با توجه به نمودارهای ترسیم شده مشخص شد که تغییرات دبی اغلب چشمه‌ها رابطه مستقیمی با شدت و ضعف متفاوت با تغییرات تراز آب مخزن دارد. میزان این ارتباط به موازات با ارتباط مستقیم میزان دبی با میزان بارش‌ها در محدوده سد است. به طور کلی در دبی‌سنجی چشمه‌های با سازه سالم، دبی اندازه‌گیری شده، عمدتاً متأثر از روند افزایش تراز آب در مخزن بوده و همبستگی زیادی دارند. از این میان می‌توان به چشمه‌های شاخص S24 و S(5+334) در کناره سمت چپ و چشمه‌های SPR09 و SPR در کناره سمت راست رودخانه اشاره نمود که تغییرات دبی در آنها همبستگی محسوسی با تغییرات تراز آب مخزن دارد. تغییرات مجموع دبی کل چشمه‌های اندازه‌گیری شده در هر دو ساحل، روند مشابهی با تغییرات دبی چشمه‌های ساحل چپ دارد که این به دلیل دبی بیشتر چشمه‌های تکیه‌گاه چپ می‌باشد. در سال ۹۱ و با افزایش تراز مخزن تا ۶۶۰ متر از سطح دریا، مقدار دبی مجموع حدود ۱۴۰۰ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شده است که با کاهش تراز مخزن در سال ۹۲ کاهش یافته و سپس با بالا رفتن تراز مخزن تا ۷۰۴ متر از سطح دریا در سال ۹۵، مقدار دبی مجموع حدود ۱۸۰۰ لیتر در ثانیه می‌باشد که در سال ۹۷ در محدوده ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ لیتر در ثانیه قرار می‌گیرد. یادآوری می‌شود که کاهش دبی مجموع کل چشمه‌های هر دو ساحل در سال‌های اخیر به دلیل عدم اندازه‌گیری دبی برخی از چشمه‌ها به دلیل نبود سازه اندازه‌گیری مناسب و یا باز بودن تخلیه‌کننده‌های عمقی نیروگاه و وجود شرایط سیلابی در پایین دست سد می‌باشد.

بررسی نتایج نشان می‌دهد که اهمیت پایش بصورت دوره‌ای در مخازن سد و سایر منابع آبی وابسته حائز اهمیت است. همچنین با توجه به تاثیر این اندازه‌گیری‌ها بر دسته‌بندی آب‌های نشتی، ارتباط شیمیایی، نرخ افزایش دبی و پیدا کردن مسیرهای عمده نشتی، می‌توان توصیفی منطقی از شرایط آب زیرزمینی و نحوه تاثیر آن از آنگیری سد استخراج نمود. بنابراین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها، حساسیت‌سنجی و درک ارتباط آن‌ها با یکدیگر و نحوه تاثیر آن‌ها از پارامترهای محیطی، انجام و تفسیر گردد تا دید بهتری از پارامترهای زمین‌شناسی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی در ساختگاه سد سیمره به دست آید.

- studies, 68(3) (2006) 118.129.
- [12] D.C. Ford, A.N. Palmer, W.B. White, Landform development; karst, (1988).
- [13] J.F. Quinlan, R.O. Ewers, Subsurface drainage in the Mammoth Cave area, Karst hydrology: concepts from the Mammoth Cave area, (1989) 65.103.
- Impact of Seymareh Dam on the quality monitoring network of downstream water resources, Iranian journal of Ecohydrology, 9(1) (2022) 1.13.
- [10] H. Karimi, G. Kazemi, Hydrogeology of karstic area, Hydrogeology—a global perspective. Intech, Rijeka, (2012) 1.42.
- [11] J. Ashjari, E. Raeisi, Influences of anticlinal structure on regional flow, Zagros, Iran, Journal of Cave and Karst

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

Sh. Safavi, Sh. Faghihirad, H. Kardan Moghaddam, S. M. H. Meshkati, H. Sharifimanesh, H. AmirSoliymani, Evaluation of the effects of water intake of Seymareh dam on groundwater level around the site and discharge of downstream springs, Amirkabir J. Civil Eng., 55(6) (2023) 1179-1194.

DOI: 10.22060/ceej.2023.21485.7738



