نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۷، بهمن - اسفند ۱۴۰۲، ص. ۱۱۳۰-۱۱۱۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 17, Feb.-Mar. 2024, p. 1119-1130

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی نقش سدهای زیرزمینی در تأمین و ذخیره آب مناطق کویری با استفاده از روش ژئوالکتریک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کهنوج شاه استان کرمان)

نجمه حاج سید علیخانی[1*]، حمزه سعیدیان[2]، پیمان معدنچی[3]، علیجان آبکار[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۱

چکیده

توسعه سدهای زیرزمینی در تأمین و ذخیره آب اقلیم‌های مختلف به خصوص مناطق کویری امری ضروری است و می‌تواند کمک شایانی در این زمینه باشد. برداشت‌های ژئوالکتریک در محل تنگه کهنوج شاه طی دو مرحله صورت گرفت و در مجموع تعداد ۶ سونداژ الکتریک با فواصل متفاوت در محدوده پروژه به انجام رسید. سپس داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار (IPI2WIN) مورد پردازش قرار گرفتند. پس از تهیه نقشه‌های زمین شناسی، شیب و کاربری اراضی هر منطقه و تلفیق آنها؛ با استفاده از منطق بولین، مناطقی که از نظر زمین شناسی، شیب و کاربری اراضی مناسب احداث سد زیرزمینی می‌باشند در یک نقشه تلفیقی مشخص گردید. با توجه به نتایج سوندژهای ژئوالکتریک و شواهد صحرایی سنگ کف در محل گزینه پیشنهادی از نوع رس متراکم دارای املاح فراوان می‌باشد عمق برخورد به سنگ کف نیز حداقل ۳ تا حداکثر ۱۲/۶ متر اندازه‌گیری شده است. بیشترین عمق آبرفت مربوط به سونداژ ۱۸۵ می‌باشد همچنین علیرغم وجود تراس آبرفتی واقع در کرانه شمالی رودخانه عمق اندازه‌گیری‌ها در این بخش تنها ۴/۷ متر بوده که نشاندهنده بالابودن سنگ کف در این بخش است. سونداژ ۱۴۹ نشان‌دهنده وجود لایه آبرفتی آبدار در نزدیکی سطح زمین می‌باشد. چنانچه نتایج برداشت‌ها نشان می‌دهد مقاومت الکتریکی لایه‌های مختلف عمدتاً کمتر از ۳۰ اهم بر متر می‌باشد و مقادیر بالای ۶۰ اهم بر متر به ندرت و تنها در لایه‌های سطحی دیده می‌شود که این امر ناشی از بافت ریز دانه و تراکم بالای رسوبات و نیز شوری آب می‌باشد. با توجه به محدودیت عرض بستر رودخانه، بالا بودن سنگ کف و نیز مطالب ارائه شده در خصوص نفوذ پذیری محدود رسوبات آبرفتی، به نظر می‌رسد در محل این گزینه حداقل شرایط برای ایجاد مخزن مناسب سد زیرزمینی وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: حوزه آبخیز کهنوج شاه، ذخیره آب ، ژئوالکتریک، سد زیر زمینی

مقدمه

سد زیرزمینی در زیر سطح زمین برای مهار جریان‌های آب زیر سطحی در آبرفت طبیعی ایجاد می‌گردند این موانع می‌توانند به صورت موانع فیزیکی و یا هیدرولیکی باشند. این نوع سدها غلظت مواد مختلف در آب به خصوص نمک را در آب‌های زیر زمینی کم می‌کنند. سدهای زیرزمینی در محل آبراهه‌های خشک و خشک رودهای آبراهه‌های فصلی ساخته می‌شوند که می‌توانند از بسیاری از تلفات آب جلوگیری نماید. این نوع سدها جریان آب‌های زیرزمینی را مسدود می‌کنند و سبب ایجاد ذخیره آبی در زیرزمین می‌شوند (Onder and Yilmaz, 2005). سدهای زیر زمینی، نوسانات سطح آب زیر زمینی را با ذخیره کردن آب تا حد زیادی کم می‌کنند (Petersen, 2013). مطالعات ژئوفیزیک، زمین شناسی و لرزه زمین از بخش‌های مهم و اصلی ساخت سدهای زیر زمینی می‌باشند (Cheng et al., 2007). استفاده از سدهای آب زیرزمینی نسبت به روش‌های متداول ذخیره سطحی آب دارای مزایای زیادی است. در این روش

۱- محقق بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
۳- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
۴- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: n.sedalikhani@areeo.ac.ir)

تلفات تبخیر کاهش یافته و یا حتی به طور کامل از بین می‌رود. یکی از فناوری‌های سازگار با طبیعت برای کنترل، تغذیه و مدیریت منابع آب ایجاد سدهای زیر زمینی در مناطق مختلف می‌باشد (Vanrompay, 2003). احداث سدهای زیرزمینی یکی از راهکارهای مهم و اساسی مقابله با خشکسالی در تمام دنیا می‌باشد. این سدها دارای مزیت‌های متفاوتی هستند که باعث شده در همه دنیا نگاه علمی‌تر و دقیق‌تری به آن‌ها صورت گیرد. ضمناً معیارهای فیزیکی و اقتصادی – اجتماعی و همچنین هیدرولوژیکی در مکان یابی صحیح سدهای زیر زمینی دخالت دارند (Nilsson, 1988). مهم‌ترین مسئله در ایجاد یک سد زیر زمینی پیچیدگی تعیین مناطق مناسب برای احداث چنین سدهایی می‌باشد. وجود شرایط زمین شناسی و توپوگرافی مناسب زیر سطحی برای مخزن ذخیره آب و نیز برای محل احداث سد زیرزمینی، مشابه آنچه برای سدهای روی سطح زمین در نظر گرفته می‌شود، حائز اهمیت است و باید به دقت مورد مطالعه و سپس اجرا شود. سدهای زیرزمینی با توجه به هزینه‌های پایینی که در احداث نسب به سدهای سطحی دارند یک روش مقرون به صرفه و ساده برای استفاده از آب‌های زیرزمینی می‌باشند که به شدت در دهه‌های اخیر در همه نقاط جهان با اقلیم‌های مختلف در حال گسترش می‌باشند. امروزه تحقیقات گسترده‌ای برای احداث سدهای زیر زمینی با روش‌های نوین در سراسر دنیا در حال انجام می‌باشد که علت آن به مزیت‌های بالای سدهای زیر زمینی بر می‌گردد. در ایران نیز استفاده از سدهای زیر زمینی به صورت پیشرفته‌تر به عصر صفویه بر می‌گردد (Safinejad and Judge, 2000) ولی استفاده از سدهای زیر زمینی به صورت سنتی‌تر سابقه بسیار طولانی دارد. با توجه به موقعیت و اهداف بهره‌برداری، بندهای زیرزمینی برای جلوگیری از خروج تلفات آب‌های زیرزمینی و ذخیره سازی آب‌های زیرسطحی دربسترهای آبرفتی، جلوگیری از نفوذ و پیشروی آب‌های شور به طرف سفره‌های آب شیرین زیرزمینی، ایجاد یک منبع ذخیره مطمئن و همیشگی در تأمین آب، تقویت آبخوان و تغذیه سفره‌های بالادست، پایین آوردن سطح آب زیرزمینی، جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش کیفیت آب‌های زیرزمینی کاربرد دارند (Sagvand Hassanabadi andModabber, 2006). فوستر و همکاران (۲۰۰۴) در ارزیابی سدهای زیر زمینی در کشور برزیل بیان کردند که عوامل حجم مخزن، عمق سنگ بستر نسبت به سطح زمین، نفوذپذیری خاک مخزن و کیفیت شیمیایی خاک آن نقش موثری در موفقیت سدهای زیر زمینی دارند. اپتینگ و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که استفاده از سدهای زیر زمینی روشی مفید و مؤثر در جلوگیری از نفوذ آب شور به سفره آب زیر زمینی در مناطق شهری نزدیک سواحل می‌باشد. یوگو و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی روش ژئو الکتریک در منطقه جنوب غرب نیجریه بیان کردند که لایه آبدار با ضخامت بین ۰/۷ تا ۳۷ متر، حدود ۷۰ درصد منطقه را فرا گرفته است. هدف اصلی تحقیق توسعه منابع آب‌های زیر زمینی و تأمین و ذخیره آب به منظور مصارف مختلف در مناطق مختلف کویری به خصوص در حوزه آبخیز کهنوج شاه در استان کرمان می‌باشد که می‌تواند به گسترش روز افزون ساخت سدهای زیر زمینی به خصوص در مناطق کم آب و کویری کمک شایانی کند. از این رو برای مبارزه با کمبود آب در مناطق کم آب، باید با مدیریتی صحیح، بیشتر به حفاظت و بهره برداری صحیح از آن توجه داشت که توسعه سدهای زیر زمینی با توجه به اهمیت فوق العاده آن‌ها، با روش‌ها و تکنیک‌های جدید می‌توانند در این مهم نقش بسزایی داشته باشد و اهداف چند منظوره‌ای را دنبال کند.

مواد و روش‌ها

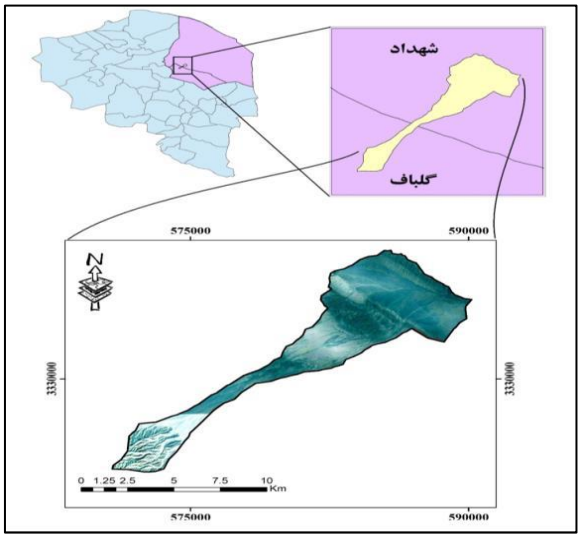
منطقه مطالعاتی و داده‌های مورد استفاده

حوزه آبخیز کهنوج شاه در محدودهٔ مطالعاتی به مساحت ۶۷/۹ کیلومتر مربع حدفاصل بخش شهداد و گلباف، در شرق روستای جوشان و همچنین در جنوب روستای اندوهجرد متعلق به بخش گلباف در مرکز استان کرمان واقع شده است. دستیابی به آبادی کهنوج شاه از طریق جاده کرمان شهداد و یا جاده کرمان گلباف – نسک و در نهایت کشیت و پشوئیه امکان پذیر می‌باشد. آبادی کهنوج شاه در جنوب اندوهجرد و در شمال روستای کشیت قرار دارد و در حال حاضر خالی از سکنه می‌باشد. محدوده مورد مطالعه از ″ ۳ ′ ۴۴ °۵۷ تا ″ ۱۲ ′ ۵۶ °۵۷ طول شرقی و ″ ۶ ′ ۲ °۳۰ تا ″ ۱۱ ′ ۱۱ °۳۰ عرض شمالی می باشد. بیشترین ارتفاع منطقه ۲۰۴۴ متر و کمترین ارتفاع آن معادل ۴۹۵ متر از سطح دریا و متوسط وزنی ارتفاع ۸۴۵ متر می‌باشد. شیب عمومی منطقه به سمت شرق و بعبارتی به سمت دشت لوت می‌باشد. براساس محاسبات انجام شده شیب متوسط وزنی منطقه مورد مطالعه برابر با ۸/۳ درصد می‌باشد. بارندگی کم و تبخیر زیاد بیانگر اقلیم منطقه و خشکی آن می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه حوزه ناچیز بوده و مقدار آن در ارتفاع متوسط حوزه برابر قریب ۶۰ میلی‌متر درسال می‌باشد. دمای منطقه دارای نوسانات زیاد بوده و مقدار متوسط سالانه آن در ارتفاع متوسط حوزه ۲۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

ویژگی‌های مکان پیشنهادی سد زیرزمینی کهنوج شاه

تنگه کهنوج شاه در فاصله کمتر از یک کیلومتری غرب آبادی کهنوج شاه قرار دارد و در حقیقت محل خروجی زهکش حوزه آبخیز بالادست به سمت کویر لوت می‌باشد که در برخی نقاط تنگه به صورت چشمه بیرون زده‌اند براساس بررسی‌های انجام شده هدایت الکتریکی آب این چشمه‌ها حدود ۳۶۰۰ میکروموس می‌باشد. دسترسی به این گزینه از طریق جاده شنی و از میان رودخانه امکان

پذیر است. همچنین وجود پوشش گیاهی انبوه شامل درختان گز، کهور و نیز نی در بخشی از منطقه باعث محدودیت در انجام عملیات صحرایی به خصوص ژئوالکتریک گردیده است. عرض تنگه در محل پیشنهادی جهت احداث سد زیرزمینی حدود هفتاد متر است و در طول مسیر بدلیل ایجاد مئاندر و رسوبگذاری در دو طرف رودخانه تراسهای آبرفتی ایجاد گردیده که از بستر رودخانه بین ۱ تا ۴ متر ارتفاع دارند این تراسها محل مناسبی برای فعالیت کشاورزی بوده و وجود درختان کهنسال خرما موید این امر می‌باشد. همچنین آثار احداث استخر بتونی به منظور جمع آوری آب چشمه‌ها و کانالهای خاکی آبیاری در پایین دست محل گزینه پیشنهادی مشهود می‌باشد. ارتفاع گزینه پیشنهادی از سطح دریا نیز حدود ۴۹۵ متر است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

خاکشناسی منطقه

اراضی منتهی به محل پیشنهادی سد زیرزمینی عمدتاً متشکل از آبرفت‌های رودخانه‌ای و دشت‌های سیلابی است که این اراضی نسبتاً مسطح و در بعضی نواحی همراه با پستی و بلندی‌های کم و در بعضی نواحی همراه با افزایش و رسوب‌گذاری بادی می‌باشد. این اراضی متشکل از خاک‌های نیمه عمیق تا عمیق و بافت متغییر و از سبک تا سنگین می‌باشند. قسمت اعظم این اراضی بسیار شور و بایر است و در بعضی از قسمت‌ها درختان گز و بوته‌های مقاوم به شوری چون خارشتر و علف شور و در بعضی از قطعات زراعت آبی مثل جو، گندم و یونجه و محدوده‌هایی از اراضی رها شده کشت آبی مشاهده می‌شوند. خاک‌های این اراضی بدون سنگریزه تا میزان سنگریزه در حد متوسط می‌باشند، اسیدیته این خاک‌ها از ۷/۵ تا ۸/۵ متغییر است، مقدار آهک این خاک‌ها از ۱۵ تا ۳۰ درصد و میزان شوری این خاک‌ها در حد متوسط تا خیلی زیاد و فاقد مواد آلی یا مواد آلی این خاک‌ها ناچیز می‌باشد. از محدودیت‌های اصلی این اراضی می‌توان به شوری و قلیائت خاک اشاره نمود. بنابراین برای توسعه اراضی جهت استفاده کشت آبی پس از تأمین منابع آبی توسط سد زیرزمینی پیشنهادی بایستی محدودیت اصلی شوری و قلیائت خاک را مورد توجه و بررسی قرار داد و پیشنهاد اصلی جهت بهره‌وری و توسعه کشت آبی در این خاک‌ها را می‌توان به انتخاب الگوی کشت مقاوم و سازگار به شوری و کم آبی، در دستور کار قرار داد. لازم بذکر است اطلاعات فوق الذکر در حد پیش شناخت خاک‌های منطقه است. لذا برای برنامه‌ریزی و تغییر کاربری این اراضی به کشت آبی مطالعات بخش تفضیلی خاک بسیار ضروری و بایستی در اولویت برنامه ریزی قرار گیرد.

پوشش گیاهی منطقه

از آنجایی که منطقه مورد مطالعه جزء مناطق بیابانی می‌باشد، بنابراین در مورد تعیین ویژگی‌های مناطق بیابانی باید بر این باور باشیم که واژه بیابان از دیدگاه طبقه‌بندی رستنی‌های جهان در کنار سایر تیپ‌های پوشش گیاهی قرار می‌گیرد. در واقع بیابان یک زیستگاه است. بنابراین ملاحضه می‌شود که اکوسیستم بیابان با مفهوم پوشش گیاهی از ابتدا توسط گیاهشناسان و بوم‌شناسان به‌کار رفته است. استقرار پوشش گیاهی به صورت پراکنده، خیلی پراکنده و یا زمین‌های بدون پوشش گیاهی و همچنین محدود بودن یا فصلی بودن پوشش گیاهی و استقرار پوشش گیاهی خاص با توجه به شرایط آب و هوایی از یک‌طرف و وجود املاح و نمک، از مهم‌ترین شرایطی است که مخصوص این مناطق می‌باشد.

اندازه‌گیری مقاومت ویژه

برداشت‌های ژئوالکتریک در محل تنگه کهنوج شاه طی دو مرحله صورت گرفت و در مجموع تعداد ۶ سونداژ الکتریک با فواصل متفاوت در محدوده پروژه به انجام رسید بطوری که بتوان حداقل مقاطع طولی مورد نیاز را ترسیم نمود با توجه به اینکه حداقل عمق مورد نیاز جهت بررسی ۱۵ متر اعلام گردیده بود بنابراین فاصله الکترودهای جریان بین ۸۰ تا ۱۰۰ متر انتخاب گردید تا بتوان حداقل به عمق نفوذ ۲۰ متر دست یافت. شایان ذکر است با وجود عوارض سطحی همچون عرض محدود تنگه، انحنای آبراهه، وجود تراسهای آبرفتی ناهموار و پوشش گیاهی انبوه امکان نصب الکترودها در یک نوار منظم وجود نداشته و در نتیجه تعداد و توزیع سوندژها در عرض تنگه مناسب نیست. گفتنی است تعیین مقاومت ویژه به روش سوندژنی و با استفاده از آرایه شلومبرژه انجام گردیده به طوری که همزمان با ارسال جریان الکتریکی مستقیم به الکترودهای جریان، اختلاف‌پتانسیل الکتریکی بین الکترودهای پتانسیل اندازه‌گیری شده است. دستگاهی که برای این مطالعات استفاده شده دستگاه Syscal R2 ساخت کشور فرانسه به همراه سایر تجهیزات مربوطه می‌باشد در این دستگاه پتانسیل خودزای زمین قبل از ارسال جریان مشخص می‌شود. سپس داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار (IPI2WIN) مورد پردازش قرار گرفته و در نهایت نتایج پردازش شده تفسیر گردیده است. معمولاً به منظور تدقیق بررسی‌های ژئوالکتریک، نتایج حاصل با داده‌های منتج از دیگر روشهای مطالعه همچون ژئوتکنیک مقایسه و کنترل می‌گردد در مطالعات حاضر نیز نتایج سوندژها با مقاطع حفاری ژئوتکنیک (گمانه ۳) مقایسه و کالیبره گردید و اصلاحات لازم اعمال شد. شاخص‌های تعیین محور مناسب برای احداث بند زیرزمینی در این پژوهش بدین صورت می‌باشد، که ابتدا عوامل تأثیر گذار در شناسایی محدوده‌های مناسب احداث بند زیرزمینی بررسی گردید. به طوری که در آغاز نقشه‌های پایه شامل زمین شناسی، کاربری اراضی و شیب تهیه گردید و در محیط نرم افزاری Arc GIS از طریق منطق بولین باهم تلفیق گردید.

شکل ۲- تصویر هوایی موقعیت سوندژها در محدوده مطالعاتی

جدول ۱- اطلاعات سوندژهای ژئوالکتریک مورد استفاده در ترسیم سنگ کف

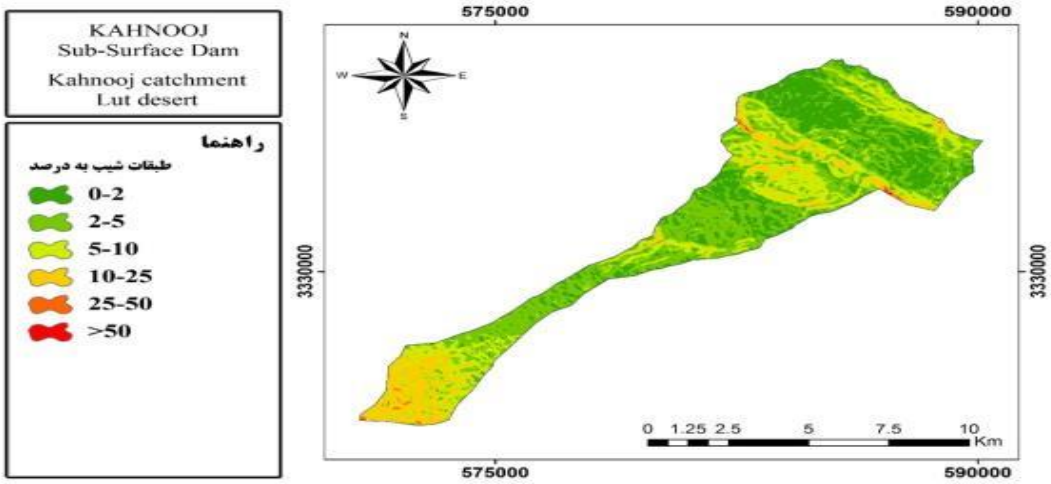
شماره سونداژ	X	Y	عمق سنگ کف (متر)
۱۴۹	۵۸۸۸۵۹	۳۳۳۶۸۵۹	۵/۱۷
۱۵۰	۵۸۸۸۵۲	۳۳۳۶۸۲۰	۷
۱۵۱	۵۸۸۸۴۴	۳۳۳۶۷۷۰	۸/۱
۱۵۲	۵۸۸۸۷۱	۳۳۳۶۶۵۵	۹
۱۸۵	۵۸۸۸۷۴	۳۳۳۶۶۱۱	۱۲/۶
۱۸۶	۵۸۸۸۲۳	۳۳۳۶۷۲۷	۴/۷

نتایج و بحث

بررسی شیب در حوزه و زیر حوزه‌ها

شیب یکی از عوامل مهم در مطالعات حوزه آبخیز است این فاکتور به لحاظ تأثیر عمیق در واکنش‌های هیدرولوژیکی به‌ویژه کاهش زمان تمرکز حوزه نقش مهمی در تغییر و تحول حوزه آبخیز ایفاء می‌کند. ارزش شیب‌ها یکی از ویژگی‌های عمده ژئومرفولوژی به

شمار می‌رود زیرا تأثیرات ساختار زمین و مورفوژنز را باهم تلفیق می‌نماید و یکی از عوامل اصلی شکل زایی کنونی حوزه محسوب می‌شود بدین‌جهت ترسیم نقشه‌های شیب را که به نقشهٔ انرژی ناهمواری نیز معروف است می‌توان به‌عنوان مقدماتی‌ترین مرحله بررسی فیزیوگرافی و ژئومرفولوژی و نیز زیربنای تمامی اعمال مربوط به نگهداری یک ناحیه و مقابله در برابر فرسایش محسوب نمود. ارزش شیب‌ها در تمامی موارد هم به‌عنوان عامل مشخصه توپوگرافی و هم به‌عنوان عامل مهم مورفوژنیک بالقوه به شمار می‌آید. در بالاتر از یک آستانه معین وقوع فرآیندهای مورفوژنیک کاملاً شدید مانند رواناب‌ها، جابجایی توده‌ای مواد و ریزش موجب ایجاد محدودیت‌های عمده‌ای برای تحول و گسترش خاک و گیاهان، فعالیت انسانی و تحول دامنه‌ها می‌گردد. که در هر مورد شیب دامنه‌ها نقش بسیار مهمی را بازی می‌کند، بنابراین با توجه به نقش و اهمیت فاکتور شیب در تحول منطقه به ویژه در مکانیسم فرسایش و شدت آن رفتارهای هیدرولوژیکی در حوزه و نیز ارتباط آن با سایر عوامل طبیعی و اجرای فعالیت‌های عمرانی–حفاظتی در حوزه، اقدام به تهیه نقشهٔ شیب حوزه با استفاده نقشه مدل رقومی ارتفاعی (*DEM*) در نرم‌افزار Arc *GIS* شد.



شکل ۳- نقشه طبقات شیب حوزه آبخیز کهنوج شاه

زمین‌شناسی حوزه آبریز مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در منتهی الیه جنوب شرقی ناحیه (Zone) ایران مرکزی و در مجاورت بلوک لوت قرار گرفته است حوزه آبریز سد زیرزمینی کهنوج شاه با جهت کشیدگی شمال شرق - جنوب غرب از مجاورت گسل شهداد در کویرلوت به سمت جنوب غرب و در مجاورت ارتفاعات شرقی چاله تکتونیکی گلباف را در بر می‌گیرد.

چینه شناسی

به طور کلی سطح حوزه مورد مطالعه را واحدهای جوان دوران سنوزوئیک پوشانیده است در ادامه واحدهای چینه شناسی موجود در منطقه به ترتیب از جدید به قدیم معرفی می‌گردند:

دوران سنوزوئیک

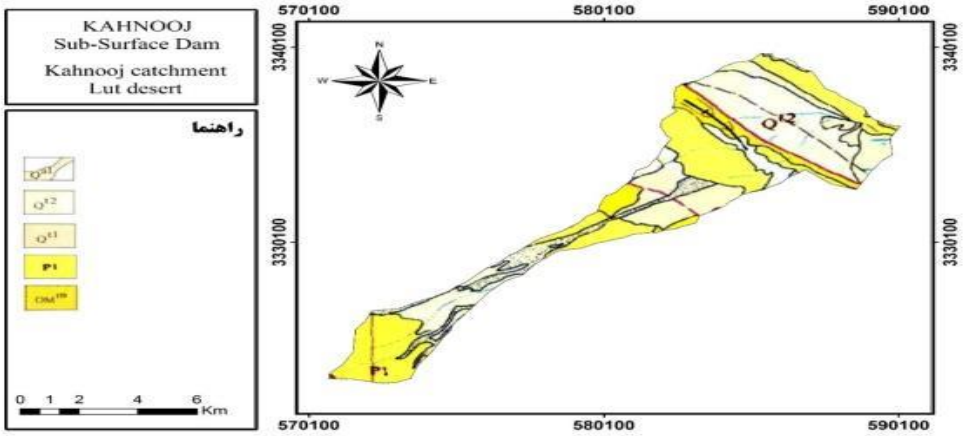
دوره کواترنری: واحد Q^{al}: آبرفت‌ها و رسوبات منفصل بستر رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی که گسترش وضخامت محدودی دارند و با هر سیلاب دچار تغییر می‌گردند. **واحد Q^{t2} یا** نهشته‌های آبرفتی جدید: مخروط افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی و سیلابی دشت‌ها که عمدتاً از فرسایش دوباره آبرفت‌های قدیمی حاصل شده‌اند ومعمولاً شامل رسوبات آبرفتی جور نشده و متخلل می‌باشند که در افق‌های پایین‌تر آبرفت‌های قدیمی و میانه دشت‌ها قراردارند در برخی قسمت‌های این واحد کفه‌های رسی و سیلتی ایجاد شده که محیطی مناسب برای فعالیت‌های کشاورزی پدید آورده است. **واحد Q^{t1} یا** نهشته‌های آبرفتی قدیمی: مخروط افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی قدیمی که با شیب ملایم در مناطق مرتفع دشت‌ها و مجاور ارتفاعات بر جا گذاشته شده‌اند این رسوبات سخت نشده، دارای جور شدگی ضعیف وتخلخل وتراوایی زیاد می‌باشند.

دوره ترشیری

واحد P^1: شامل سیلت‌ستون وکلیستون سیلت‌دار که در افقهای زیرین به صورت محلی به ماسه سنگ و کنگلومرای گچ‌دار تبدیل می‌شوند و معمولاً دارای جورشدگی و سخت شدگی ضعیف، شکننده و هوازده می‌باشند. این واحد که ضخامت آن به حدود ۳۰۰ متر می‌رسد از زمان پلیوسن تا پلیستوسن آغازی بر جای گذاشته شده و خاص نواحی جنوب غربی دشت لوت می‌باشد به همین دلیل به نام سازند لوت نامگذاری شده است سطح وسیعی از حوزه مورد مطالعه که

تحت تأثیر فرسایش بادی نیز قرار دارد توسط این واحد پوشیده شده است. **واحد OM^m:** مشتمل برمارنهای گچ‌دار قرمز رنگ متعلق به الیگومیوسن که با گسترش محدود در حوزه مورد مطالعه دیده می‌شود.

شکل ٤- عکس موقعیت اجرای سد زیرزمینی در حوزه کهنوج شاه



شکل۵- نقشه واحدهای زمین شناسی حوزه کهنوج شاه

خصوصیات تکتونیکی

منطقه مورد مطالعه از نظر تکتونیکی بسیار فعال و پیچیده می‌باشد و عامل تکتونیک تأثیر بسزایی در ایجاد شکل کنونی حوزه مورد مطالعه داشته و دارد بررسی‌های ساختاری نشان می‌دهد که اگرچه منطقه لوت به پایداری نسبی رسیده و به همین دلیل ازآن به عنوان بلوک لوت یاد می‌شود اما حواشی این بلوک بسیار فعال و پویاست و به همین دلیل همواره زمین لرزه‌های بزرگی در این مناطق روی می‌دهد. چنانچه گفته شد حرکت صفحه عربستان در جهت جنوب غربی به شمال شرقی باعث ایجاد رژیم فشاری به ویژه در ایران مرکزی گردیده که این امرکوتاه شدگی پوسته و ایجاد گسلهایی از نوع راندگی را در پی دارد در منطقه مورد مطالعه نیز رژیم فشاری وکوتاه شدگی بصورت ایجاد راندگی‌های موازی مشخص شده که رانده شدن بلوک لوت به زیر بخش غربی را باعث شده است. از سوی دیگر آخرین کوهزایی رخ داده در منطقه مورد مطالعه مربوط به کوهزایی پاسادنین است که در اواخر پلیوسن رخ داده و واحدهای قدیمی‌تر بخصوص لایه‌های زیرین سازند لوت را چین داده است.

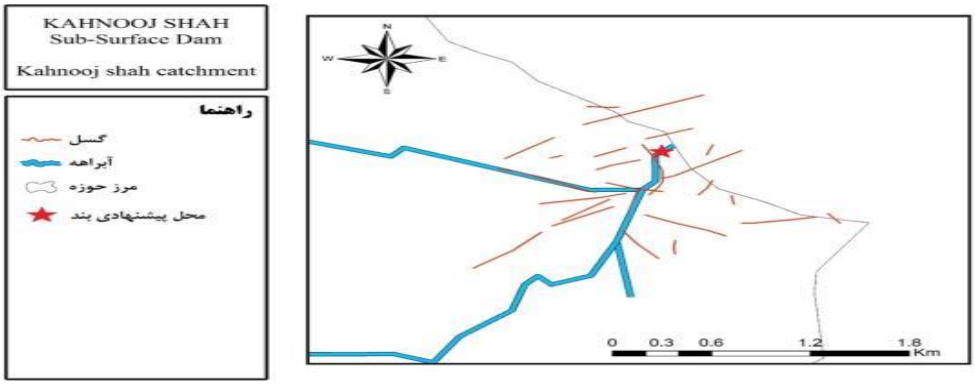
گسل‌ها

علاوه بر ویژگیهای ساختاری از مهمترین تاثیرات گسل‌ها، خردشدن سنگ‌ها و افزایش نفوذپذیری است ضمن اینکه با خردشدن سنگ‌ها شرایط مناسب برای افزایش تأثیر عوامل هوازدگی و فرسایش نیز فراهم می‌گردد، گسل‌ها و شکستگی‌های متعددی در داخل ومجاور حوزه وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

گسل گلباف (گوک): این گسل در ابتدا و در سال ۱۹۷۲ توسط زمین شناسان یوگسلاو بنام گسل سروستان شناسایی و معرفی شد. و

پس از مطالعات تکمیلی بخش‌های مختلف به نام گسلهای سیرچ، گلباف و سروستان تفکیک گردید. گسل گلباف یکی از مهمترین ساختارهای گسلی است که با راستای تقریبی شمال، شمال‌غربی – جنوب، جنوب شرقی و با طول بیش از یک صد کیلومتر از غرب شهداد تا غرب بم قرار گرفته و در واقع ادامه‌ای از گسل نایبند می‌باشد. این گسل در بخش زیادی از راستای خود متشکل از دو ساختار گسلی موازی و پرشیب با مؤلفه حرکت اصلی راستالغز و به همراه یک مؤلفه کوچکتر واژگون می‌باشد. این گسل رسوبات کواترنر را در نزدیکی گلباف و جنوب بدخوش برش داده و سبب رانده شدن سنگ‌های گوناگون کرتاسه (از سمت خاور) بر روی کنگلومرا، مارن‌های نئوژن و رسوبات آبرفتی کواترنر شده است. این گسل که در ۳۰ کیلومتری غرب و جنوب‌غربی ساختگاه سد ودر مجاورت غربی حوزه آبریز کهنوج شاه قرار دارد. یکی از فعال‌ترین ساختارهای ناحیه است. در ۲۳ سال گذشته دست کم ۵ زمین لرزه متوسط تا بزرگ در گستره سیستم گسلی گلباف رویداده است.

گسل شهداد: راندگی شهداد یک گسل با راستای خمیده شمال‌غربی–جنوب‌شرقی می‌باشد که تحدب و جهت رانش آن به سوی شمال‌شرق است. شیب صفحه این گسل بسیار ملایم و به سوی جنوب غربی است. این گسل از ۲/۵ کیلومتری جنوب غربی شهداد به طول بیش از ۱۲۰ کیلومتر به سمت جنوب شرق کشیده شده و کم و بیش مرز جنوب غربی دشت لوت را تشکیل می‌دهد. گسل شهداد گسلی است جوان که در تمامی مسیر خود رسوبات کواترنر را قطع کرده و در نهایت موجب راندگی کنگلومرا، مارن و ماسه سنگ‌های قرمز رنگ و گچ دار میوسن و رسوبات آواری نئوژن (از سوی غرب و جنوب‌غرب) بر روی رسوبات آبرفتی کواترنر دشت لوت (در شرق و شمال‌شرق) شده است. براساس مطالعات انجام شده سامانه گسلی شهداد به شکل گوه‌ای است که حرکت آن مرتبط با حرکت گسل گوک بوده و حرکات ناگهانی ناشی از زلزله‌ها در زون گسل گوک به تدریج و با گذشت زمان به صورت خزش به تراست قاعده‌ای و شاخه‌های آن منتقل می‌شود. این گسل در فاصله تقریبی ۳۰۰۰ متری شمال شرقی ساختگاه سد زیرزمینی کهنوج شاه قرار دارد. شایان ذکر است که در سمت غرب و جنوب غرب گسل شهداد و تقریباً به موازات آن تعدادی گسله کوچکتر وجود دارد که جملگی از نوع راندگی بوده وبا برش دادن رسوبات نئوژن آن‌ها را بر روی رسوبات جوانتر رانده‌اند.



شکل ٦- نقشه موقعیت گسلهای حوزه کهنوج شاه

زمین شناسی ساختگاه سد زیر زمینی

واحدهای سنگی ساختگاه سد زیرزمینی شامل توالی از لایه‌های یک تا چندمتری مارن، سیلتستون و مادستون می‌باشند که در برخی افق‌ها و بصورت محلی به کنگلومرا تبدیل می‌شوند کنگلومرای موجود عمدتاً دارای ماتریکس رسی و سیلتی بوده در نتیجه کنگلومرای گلی تشکیل شده است به نظر می‌رسد بدلیل عوامل تکتونیکی و در نتیجه تغییرات ایجاد شده در کف حوضه رسوبی که از نوع دریاچه‌ای بوده شرایط محیط به وفور تغییر نموده و باعث بروز تغییرات جانبی در فواصل کوتاه شده است. آبرفت‌های رودخانه‌ای موجود در بستر رودخانه کهنوج شاه عموماً شامل قلوه سنگ، شن، ماسه، رس و سیلت می‌باشند و اگرچه بدلیل بافت درشت دانه در بدو امر نفوذ پذیر و آبگذر به نظر می‌رسند اما در برخی افق‌ها با توجه به تغییر شرایط رسوبگذاری میزان رسوبات ریزدانه بصورت محلی افزایش یافته و باعث کاهش نفوذپذیری می‌گردد. همچنین سنگ‌دانه‌ها و قلوه سنگها با توجه به طی کردن مسیر طولانی معمولاً گردشده و صاف می‌باشند. گفتنی است واحدهای سنگی موجود منطقه در بردارنده املاح گچی و نمکی فراوان بوده و بر این اساس کاهش کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی را باعث گردیده‌اند. لایه بندی سنگها به صورت افقی و یا دارای شیب کم (<۳۰) به سمت غرب وجنوب غرب می‌باشند. درزه‌های موجود در واحدهای سنگی عمدتاً از نوع تکتونیکی بوده که با تأثیر عوامل فیزیکی در سطح سنگها توسعه یافته‌اند اما در عمق توده گسترش چندانی ندارند بنابراین امکان فرار آب از طریق

سیستمهای درزه قابل توجه نمی‌باشد. مضافاً بر اینکه با توجه به جنس سنگ‌ها و وجود ذرات رس، امکان آب بندی تقریبی و عدم ایجاد جریان زیرقشری از طریق درزه‌های موجود قابل انتظار می‌باشد. اما در مجاورت ساختگاه سد برخی گسله‌های کوچکتر مرتبط با گسل شهداد مشاهده می گردند که به صورت عرضی رسوبات و واحدهای سنگی را قطع کرده‌اند بخصوص این امر در دامنه جنوبی رودخانه و در محل ساختگاه به خوبی دیده می‌شود بنابراین فرار آب از طریق گسله موجود در سنگ بستر محتمل بوده و در این خصوص تنها پس از مطالعات تکمیلی می‌توان اظهار نظر نمود.

ساختار تکتونیکی ساختگاه سد

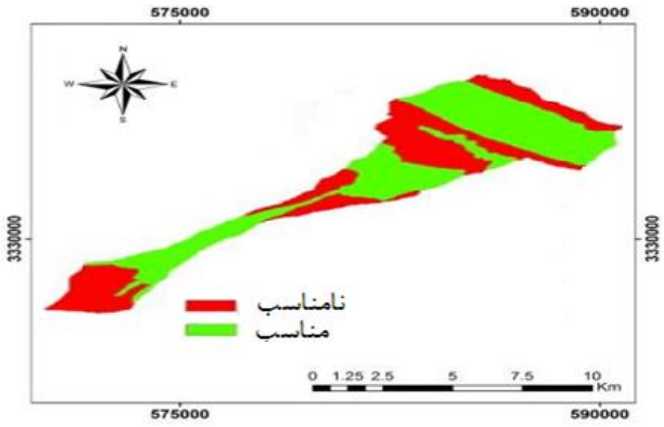
ساختگاه سد زیرزمینی کهنوج شاه از نظر تکتونیکی تحت تأثیر گسله شهداد است. تحت رژیم فشاری موجود در منطقه و نقشه موقعیت گسله‌ها در ارتباط با ساختگاه سد نزدیکی این راندگی اصلی، تعداد زیادی گسله کوچکتر با امتدادهای مختلف ایجاد شده به طوری که دره کهنوج شاه در اثر عملکرد تعدادی از این گسله‌ها بوجود آمده است. همچنین برخی گسله‌های کوچکتر مرتبط با گسل شهداد مشاهده می گردند که به صورت عرضی رسوبات و واحدهای سنگی اطراف را قطع کرده‌اند بنابراین فرار آب از طریق گسله‌های موجود در سنگ بستر محتمل بوده و در این خصوص تنها پس از مطالعات تکمیلی می‌توان اظهار نظر نمود. در نقشه زیر موقعیت این گسله‌ها در ارتباط با ساختگاه سد نشان داده شده است. لایه بندی سنگها به صورت افقی و یا دارای شیب کم (<۳۰) به سمت غرب وجنوب غرب می‌باشند. درزه‌های موجود در واحدهای سنگی عمدتاً از نوع تکتونیکی بوده که با تأثیر عوامل فیزیکی در سطح سنگها توسعه یافته‌اند اما در عمق توده گسترش چندانی ندارند بنابراین امکان فرار آب از طریق سیستم‌های درزه قابل توجه نمی‌باشد. مضافاً بر اینکه با توجه به جنس سنگ‌ها و وجود ذرات رس، امکان آب بندی تقریبی و عدم ایجاد جریان زیرقشری از طریق درزه‌های موجود قابل انتظار می‌باشد.

نفوذ پذیری وکیفیت آب زیر زمینی در محل ساختگاه سد

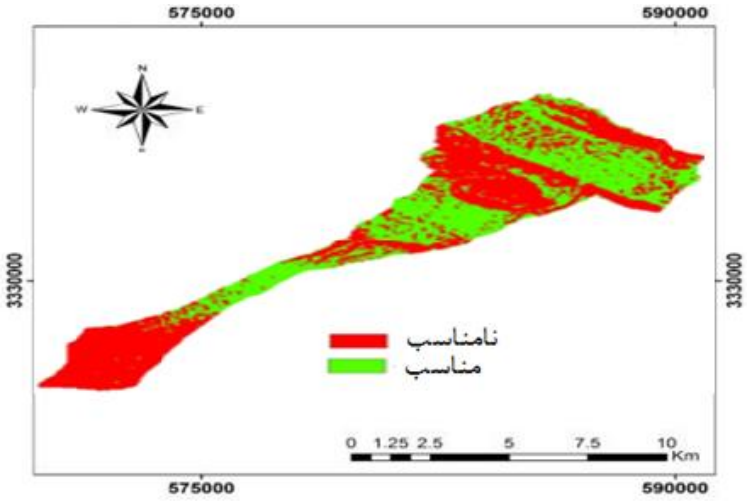
محل پیشنهادی سد زیرزمینی کهنوج شاه در تنگه‌ای قرار گرفته که عمق آبرفت در آن محدود است بنابراین به احتمال فراوان حجم قابل توجهی برای ذخیره آب وجود ندارد. همچنین در ساختگاه سد و بالادست آن، سازندهای دارای افق‌های رسوبی ریزدانه گسترش فراوانی دارند بطوری که سازند لوت و واحد OM^m که عمدتاً از سیلت و رس تشکیل شده‌اند بیش از ۴۰٪ سطح حوزه را پوشانده‌اند مسلماً این سازندها وقتی در معرض فرسایش قرار می‌گیرند حجم زیادی از رسوبات حمل گردیده و با توجه به شیب آبراهه و سرعت جریان آب برجای گذاشته می‌شوند حاصل این پدیده کاهش نفوذ پذیری می‌باشد. در نتیجه افت نفوذ پذیری محدوده ساختگاه و دریاچه سد قابل انتظار است. همچنین سازندهای OM^m،P1 دارای سنگها و افق‌هایی (گچی و نمکی) هستند این سنگ‌ها به وسیله ضخامت محدودی از رسوبات کواترنر پوشیده شده است. بنابراین قرار گرفتن آب زیرزمینی و هر گونه ذخیره سازی آب در مجاورت این سازند افت کیفیت آن را بدنبال خواهد داشت. بررسی‌های انجام شده در خصوص کیفیت آب موجود در مجاور محل گزینه پیشنهادی نشان می‌دهد که آب استحصالی دارای شوری زیاد بوده بطوری که هدایت الکتریکی آب در محل سد حدود ۶۰۰۰ میکروموس می‌رسد.

تهیه زمین شناسی، شیب، کاربری اراضی

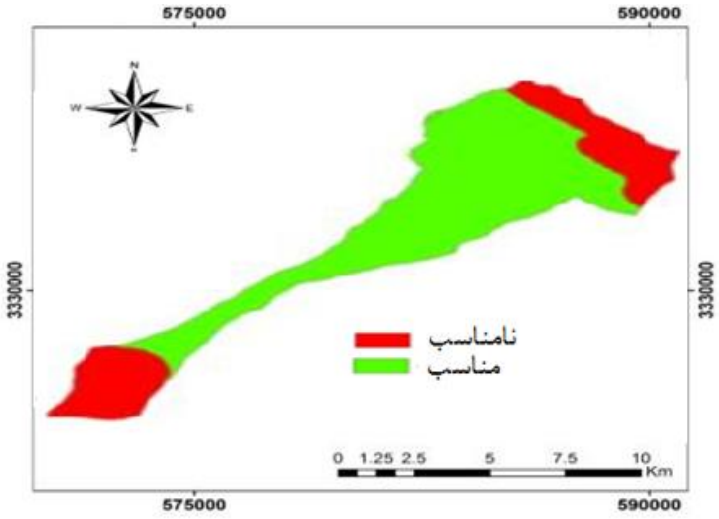
بدین صورت که در نقشه زمین شناسی سازندهای کواترنری دارای ارزش یک می‌باشند که این مناطق مناسب برای احداث بند زیرزمینی می‌باشد و شیب‌های ۴-۲ و ۶-۴ مناسب برای احداث بند زیرزمینی است گردیده که با استفاده منطق بولین ترسیم است و اراضی از نوع اراضی باغی، مراتع با پوشش فقیر. متوسط و خوب نیز برای احداث بند زیرزمینی مناسب است که شکل زیر آن را نشان می‌دهد.



شکل ۷- نقشه محدوده‌های مناسب و نامناسب زمین شناسی جهت احداث بند زیرزمینی در حوزه آبخیز کهنوج شاه



شکل ۸- نقشه محدوده‌های مناسب و نامناسب شیب جهت احداث بند زیرزمینی در حوزه آبخیز کهنوج شاه

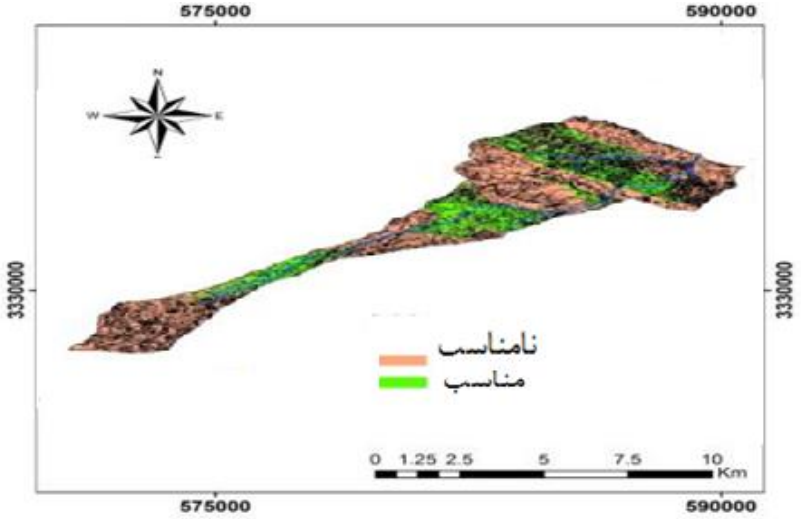


شکل ۹- نقشه محدوده‌های مناسب و نامناسب کاربری اراضی جهت احداث بند زیرزمینی در حوزه آبخیز کهنوج شاه

تهیه نقشه تلفیق همراه با آبراهه و توپوگرافی

پس از تهیه نقشه‌های زمین شناسی، شیب و کاربری اراضی هر منطقه و تلفیق آنها در نرم افزار Arc GIS، با استفاده از منطق بولین، مناطقی که از نظر زمین شناسی، شیب و کاربری اراضی مناسب احداث سد زیر زمینی می‌باشند در یک نقشه تلفیق، با ارزش عددی (۱) و موارد غیر مناسب با ارزش عددی (۰) مشخص گردید.

با مقایسه مقادیر مقاومت الکتریکی در سوندژهای مختلف، لایه‌های نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر قابل تفکیک می‌باشد به نظر می‌رسد لایه‌های نفوذ پذیر از جنس آبرفت ماسه‌ای و شنی و دارای مقاومت مخصوص الکتریکی بیش از ۳۰ اهم متر و لایه‌های نفوذ ناپذیر از جنس ریزدانه و رسی دارای مقاومت مخصوص کمتر از ۲۰ اهم متر می‌باشد. البته بدلیل وجود املاح نمکی و گچی در رسوبات مقادیر ارائه شده کمتر از میزان معمول می‌باشد و این امر کاملاً طبیعی است. همچنین به دلیل تغییرات جانبی زیاد حالات حد واسط نیز به وفور دیده می‌شود. با توجه به نتایج سوندژهای ژئوالکتریک و شواهد صحرایی سنگ کف در محل گزینه پیشنهادی از نوع رس متراکم دارای املاح فراوان می‌باشد عمق برخورد به سنگ کف نیز حداقل ۳ تا حداکثر ۱۲/۶ متر اندازه‌گیری شده است.



شکل ۱۰ - نقشه تلفیق محدوده‌های مناسب و نا مناسب با خطوط آبراهه و توپوگرافی احداث بند زیرزمینی حوزه آبخیز کهنوج شاه

بر روی سنگ بستر یک لایه آبرفت رودخانه‌ای قرار دارد که به دو افق آبدار و خشک تقسیم می‌شود. البته با توجه به تغییرات افقی در رسوبگذاری رسوبات بستر رودخانه، لایه آبرفت رودخانه‌ای خود شامل توالی لایه‌هایی با دانه‌بندی و نفوذپذیری متفاوت است که دارای گسترش محدودی می‌باشند. بیشترین عمق آبرفت مربوط به سوندا‌ژ ۱۸۵ می‌باشد همچنین علیرغم وجود تراس آبرفتی واقع در کرانه شمالی رودخانه عمق اندازه‌گیری‌ها در این بخش تنها ۴/۷ متر بوده که نشاندهنده بالابودن سنگ کف در این بخش است. سوندا‌ژ ۱۴۹ نشاندهنده وجود لایه آبرفتی آبدار در نزدیکی سطح زمین می‌باشد. چنانچه نتایج برداشت‌ها نشان می‌دهد مقاومت الکتریکی لایه‌های مختلف عمدتاً کمتر از ۳۰ اهم بر متر می‌باشد و مقادیر بالای ۶۰ اهم بر متر به ندرت و تنها در لایه‌های سطحی دیده می‌شود که این امر ناشی از بافت ریز دانه و تراکم بالای رسوبات و نیز شوری آب می‌باشد. با توجه به محدودیت عرض بستر رودخانه، بالا بودن سنگ کف و نیز مطالب ارائه شده در خصوص نفوذ پذیری محدود رسوبات آبرفتی، به نظر می‌رسد در محل این گزینه حداقل شرایط برای ایجاد مخزن مناسب سد زیرزمینی وجود ندارد. در مجموع نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از روش ژئو الکتریک برای کشف لایه‌های آبدار روش مفید و ارزشمندی است که با توسعه علم و فناوری می‌تواند در کشف سفره‌های آبی جدید اثر گذار باشد که با نتایج تحقیقات یوگو و همکاران (۲۰۱۶) و اس کای و همکاران (۲۰۱۸) که از روش ژئو الکتریک استفاده کرده و نتایج معقولی گرفتند، مطابقت دارد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که روش ژئوالکتریک کاربرد فراوانی در آب‌های زیر زمینی دارد که با نتایج ناصری (۱۳۸۴) مطابقت دارد. با توجه با اینکه منبع اصلی آب آبیاری برای کشاورزی در جهان منابع آب زیر زمینی هستند (Foster and Shah, 2012) بنابراین توسعه سدهای زیر زمینی ضروری است. روش ژئوالکتریک به همراه GIS و اندکی RS می‌تواند موفقیت کشف سفره‌های آب‌های زیر زمینی و تعیین دقیق سدهای زیر زمینی را افزایش دهد که در این پژوهش به آن پرداخته شد ولی سنجش از دور ماهواره‌ای می‌تواند تکمیل کننده شبکه‌های پایش و مدل سازی آب زیر زمینی و خلاهای زمانی و مکانی داده‌ها را نیز پوشش دهد (Miro et al., 2018).

نتیجه گیری

سدهای زیر زمینی می‌توانند نقش بسیار مهمی در توسعه سفره‌های آب‌های زیر زمینی داشته باشند که این مهم در دهه‌های اخیر بسیار مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته است. توسعه کشاورزی می‌تواند با افزایش کمیت و کیفیت سدهای زیر زمینی به سرعت افزایش چشم گیری داشته باشد بنابراین روش‌های مختلف احداث سدهای زیر زمینی به خصوص ژئوالکتریک از اهمیت فوق العاده ای برخوردار می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که با توجه به نتایج سوندا‌ژهای ژئوالکتریک و شواهد صحرایی، سنگ کف در محل گزینه پیشنهادی از نوع رس متراکم دارای املاح فراوان می‌باشد. عمق برخورد به سنگ کف نیز حداقل ۳ تا حداکثر ۱۲/۶ متر اندازه‌گیری شده است. با توجه به محدودیت عرض بستر رودخانه، بالا بودن سنگ کف و نیز مطالب ارائه شده در خصوص نفوذ پذیری محدود رسوبات آبرفتی، به نظر می‌رسد در محل این گزینه حداقل شرایط برای ایجاد مخزن مناسب سد زیرزمینی وجود ندارد. تلفیق کارهای GIS و ژئوالکتریک و RS می‌تواند در تعیین محل مناسب ایجاد سدهای زیرزمینی و همچنین دقت بسیار بالا نقش مهمی را ایجاد کند که در این پژوهش این مهم اتفاق افتاد.

منابع

Cheng, R. W., Chin, T., Lin, H. and Chu, C. 2007. Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis. Building and Environment. 42: 1431–1444.

Epting, J., Romanov, D., Huggenberger, P. and Kaufmann, G. 2009. Integrating field and numerical modeling methods for applied urban karst hydrogeology. Hydrology and Earth System Sciences. 13: 1163-1184.

Foster, S., Shah, T. 2012. Groundwater Resources and Irrigated Agriculture-making a Beneficial Relation More Sustainable. Global Water Partnership Perspectives Paper (Stockholm).

Foster, S. and Tuinhof, A. 2004. Subsurface Dams to Augment Groundwater Storage in Basement Terrain for Human Subsistence-Brazilian and Kenyan Experience. World Bank, Groundwater Management Advisory Team. 5: 78-92.

Miro, M. E. and Famiglietti, J. S. 2018. Downscaling GRACE remote sensing datasets to high-resolution groundwater storage change maps of California's Central Valley, Remote Sensing, 10.1.143.

Naseri, A. 2005. Applications of Geoelectric Method in Groundwater Studies. 2nd National Conference on Watershed Management and Soil Resources Management. Shahid Bahonar University of Kerman, Pp: 514-509.

Nilsson, A. 1988. Groundwater dams for small-scale water supply. IT Publications, London. 64 Pp.

Onder, H. and Yilmaz, M. 2005. Underground dams, A tool of sustainable development and man-agement of groundwater resources. EuropeanWater publications. 11(12): 35–45.

Petersen, E. N. 2013. Subsurface dams for water storage in dry riverbeds. ASAL Consultants Ltd. Kenya. 58 pp.

Safinejad, J. and Judge, B. 2000. Isfahan Vazvan-Maymeh Underground Dam. National Water Treasure Institute of Iran. 240 Pp.

Sagvand Hassanabadi, L. and Modabber, L. 2006. Storage and collection of surface water by construction of underground dams. the first regional conference on optimal utilization of water resources in Karun and Zayandehrud basins. Shahrekord, Pp. 333-326.

SK, M., Ramanujam, N., Champoil, V., Biswas, S.K., Rasool, Q.A. and Ojha, C. 2018. Identification of Groundwater in Hard Rock Terrain Using 2D Electrical Resistivity Tomography Imaging Technique: Securing Water Scarcity at the Time of Seasonal Rainfall Failure. South Andaman. International Journal of Geosciences. 9: 59-70.

Ugwu, N. U., Ranganai, R. T., Simon, R. E. and Ogubazghi, G. 2016. Geoelectric Evaluation of Groundwater Potential and Vulnerability of Overburden Aquifers at Onibu Eja Active Open Dump site, Osogbo. Southwestern Nigeria. Journal of Water Resource and Protection. 8: 311-329.

Vanrompay, L. 2003. Report on the Technical Evaluation and Impact Assessment of Sub-Surface Dams (SSDs). Technical Report. Turkana Livestock Development Project. TLDP Technical Report, 14 Pp.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.6, Vol. 17, Feb.-Mar. 2024, p. 1119-1130

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۷، بهمن - اسفند ۱۴۰۲، ص. ۱۱۳۰-۱۱۱۹

Investigating the Role of Underground Dams in Water Supply and Storage in Desert Areas Using Geoelectric Method (Case Study: Kahnouj Shah Watershed in Kerman Province)

N. Seyed Haj Alikhani*[1], H. Saeediyan[2], P. Madanchi[3], A. Abkar[4]
Recived: Dec.31, 2023 Accepted: Oct.03, 2023

Abstract

The development of the underground dams is essential in the water supply and storage for different climates especially desert areas, and can be great help. Geoelectric samples were carried out in Kahnouj Shah Strait in two stages and a total of 6 electric sondages with different distances in the area of the project. Then, the obtained data were processed using IPI2WIN software. After preparing geological, slope and land use maps in each region and combining them using Boolean logic, areas that are suitable for underground dam construction in terms of geology, slope and land use were identified in a combined map. According to the results of the geoelectric sondages and field evidences, the bed stone at the proposed option have dense clay and many salts, the impact depth on the bed stone has been measured at least 3 to 12.6 meters. The highest depth of alluvial was related to the sondage 185, and in spite of the alluvial terrace located on the northern bank of the river, the measurements depth in this section was only 4.7 meters that indicating the high bet stone in this section. Sondage 149 indicates the presence of wet alluvial layer near the earth's surface. The results of the samples show that the electrical resistance of different layers is mainly less than 30 ohm/m and the values above 60 ohm/m are seen rarely and only there are in the surface layers, which is due to fine grain texture and high density of sediments as well as water salinity. Due to the limitation of river bed width, high bed stone and also the presented materials regarding the limited permeability of alluvial sediments, it seems that there is no minimum condition for establishing a suitable reservoir for underground dam in this option.

Keywords: Geoelectric, Kahnouj Shah Watershed, Underground Dam, Water Storage

1- Researcher, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran
2- Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran
3- Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran
4- Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: n.sedalikhani@areeo.ac.ir)