Gonbad Kavous University

Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment

Online ISSN: 2981-0280

Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

The Role of Alluvial and Sedimentary Depth in Locating the Underground Dams for Sustainable Supply of Water Resources in Desert Areas (Case study: Keshit watershed in Kerman province)

Najmeh Haj Seyed Alikhani [1], Hamzeh Saeediyan[2]

[1] Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran.

[2] Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kerman Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran.

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 15 Aprial 2024

Received in revised form 10 July 2024

Accepted 20 July 2024

Published online 29 January 2024

Keywords:
Underground Dam,
Desert Areas,
Keshit Watershed,
Locating

ABSTRACT

Objective: The sustainable supply of water resources in desert areas requires the development of new water supply methods which is one of the most important methods of using underground dams due to their outstanding characteristics and unique place in the development of water resources in the world.

Methods: The determining indicators of the appropriate axis for the construction of an underground dam were carried out in this study. Initially, the factors affecting the identification of suitable areas for the construction of underground dams were investigated. Then, basic maps including geology, land use, and slope were prepared and combined in ArcGIS software through Boolean logic. Ultimately, Boolean logic was exploited to remove inappropriate points.

Results: Based on undertaken surveys, the results of the digging of the Keshit diversion dam, and the field studies, the depth of alluvium in different parts of the Keshit River varies between 2 and 7 meters in impact point with a high dike wall that allows the transfer of subcortical flow to the ground surface easily.

Conclusions: Therefore, there is no significant limitation in the stage of scientific study considering the depth of alluvium for the construction of the underground dam. However, due to the shallow depth of alluvium, the possibility of subsurface water storage will not be considerable.

*Corresponding author, EmaiL:n.sedalikhani@areeo.ac.ir

Cite this article: Haj Seyed Akikhani, N., Saeediyan, H., & Abkar, A. (2023). The role of alluvial and sediments depth in locating underground dams for sustainable supply of water resources in desert areas (Case study: Keshit watershed in Kerman province). *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 3(1), 1-20. http//doi.org/

© The Author(s).

Publisher: Gonbad Kavous University.

DOI: https://doi.org/10.22034/nawee.2023.393239.1039

رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست
شاپا الکترونیکی: ۲۹۸۱-۰۲۸۰
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

نقش عمق آبرفت و رسوبات در مکانی‌یابی سدهای زیرزمینی برای تامین پایدار منابع آبی مناطق کویری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کشیت استان کرمان)

نجمه حاج سید علیخانی[1*]، حمزه سعیدیان[2]

[1] بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

[2] بخش تحقیقات حافظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰

کلیدواژه‌ها:
سد زیرزمینی،
مناطق کویری،
حوزه آبخیز کشیت،
مکان‌یابی

چکیده

تامین پایدار منابع آبی در مناطق کویری نیاز به توسعه روش‌های جدید تامین آب دارد که یکی از این روش‌های مهم استفاده از سدهای زیرزمینی به‌دلیل ویژگی‌های بارز آن است و روزبه‌روز در دنیا دارای جایگاه ویژه‌ای در توسعه منابع آبی می‌شود. شاخص‌های تعیین محور مناسب برای احداث بند زیرزمینی در این پژوهش بدین صورت بوده است که ابتدا عوامل تأثیرگذار در شناسایی محدوده‌های مناسب احداث بند زیرزمینی بررسی گردید؛ به‌طوری‌که در آغاز نقشه‌های پایه شامل زمین‌شناسی، کاربری اراضی و شیب تهیه و در محیط نرم‌افزاری Arc GIS از طریق منطق بولین باهم تلفیق شدند. سپس برای حذف نقاط نامناسب نیز از منطق بولین استفاده گردید. برطبق بررسی‌های انجام‌شده و نتایج حاصل از پی‌کنی بند انحرافی کشیت و همچنین بررسی‌های صحرایی عمق آبرفت در بخش‌های مختلف رودخانه کشیت در محل برخورد با دایک بالادست کشیت بین ۲ تا ۷ متر متغیر بود که امکان انتقال جریان زیرقشری به سطح زمین را به راحتی فراهم می‌نمود. بنابراین در مرحله بررسی کارشناسی از نظر عمق آبرفت برای احداث سد زیرزمینی محدودیت چندانی وجود ندارد؛ اگرچه با توجه به عمق کم آبرفت امکان ذخیره آب زیرقشری چندان قابل ملاحظه نخواهد بود.

*نویسنده مسئول، Email:n.sedalikhani@areeo.ac.ir

استناد: حاج سید علیخانی، نجمه؛ سعیدیان، حمزه؛ و آبکار، علیجان (۱۴۰۲). نقش عمق آبرفت و رسوبات در مکانی‌یابی سدهای زیر زمینی برای تامین پایدار منابع آبی مناطق کویری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کشیت استان کرمان). *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۳ (۱)، ۲۰-۱.
https://doi.org/10.22034/nawee.2023.393239.1039

ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.

© نویسندگان.

مقدمه

امروز توسعه آب‌های زیرزمینی به یکی از مهم‌ترین موضوعات تحقیقات کاربردی در سراسر دنیا تبدیل شده است که یکی از روش های رسیدن به این مهم استفاده از سدهای زیرزمینی است. سدهای زیرزمینی در دهه‌های اخیر به روش‌های متفاوتی در دنیا اجرا می‌شود. کمبود منابع آب زیرزمینی از یک‌سو و برداشت بی‌رویه و غیرعلمی از سوی دیگر و افزایش روزافزون نیازهای مرتبط با رشد جمعیت جوامع علمی را به بازنگری و ارائه راهکارهای مناسب در خصوص مدیریت بهره‌برداری از سفره‌های آب زیرزمینی و ایجاد منابع جدید یا مخازن تجدید شونده در کشور وامی‌دارد (فاضل پور عقدایی و دستورانی، ۱۳۹۲). سد زیرزمینی از جمله تکنیک‌هایی است که به کمک آن می‌توان از طریق بهبود منابع آبی موجود، بهره‌وری از آن‌ها را افزایش داد (Sheikh Bahayee et al., 2010). حیات بسیاری از محیط‌های زیست آبی به صورت غیرمستقیم و مستقیم به آب‌های زیرزمینی بستگی دارد (Hatton and Evans, 1998). در آینده‌ای نزدیک رفاه و آسایش جمعیت دنیا به‌صورت قابل ملاحظه‌ای به بهره‌برداری بهینه و پایدار منابع آبی‌های زیرزمینی و سطحی وابسته می‌شود (Bear et al., 2000; Minciardi et al., 2007). مهم‌ترین مشکل در توسعه و ایجاد بندهای زیرزمینی پیچیدگی تعیین مناطق مناسب احداث بند است. این مشکلات از آنجا ناشی می‌شود که معیارها و عوامل زیادی در مکان‌یابی مناسب آن‌ها دخیل هستند. بررسی این عوامل در عرصه با استفاده از روش‌های سنتی بسیار پرهزینه است و نیاز به صرف وقت زیادی دارد (گلمی و آشتیانی مقدم، ۱۳۸۴). بند زیرزمینی با هدف ذخیره‌سازی آب در سطوح زیرین زمین ایجاد می‌شود و در قالب موانعی، عمل جمع‌آوری آب و انحراف مسیر آن به نقاط دلخواه را به انجام می‌رساند. برای احداث یک بند زیرزمینی وجود یک سنگ بستر نفوذناپذیر و یا یک لایه رسی و هم‌چنین یک مخزن مناسب با ضریب ذخیره بالا نیاز است (Silva and. Rego Neto, 1992). مخزن بندهای زیرزمینی معمولا در داخل آبرفت‌های پشت دیواره بند تشکیل می‌شود، بنابراین نسبت به مخزن بندهای سطحی دارای حجم آب کمتری است (Nilsson, 1988) به همین دلیل مکان این بندها در رودخانه‌های با آبرفت‌های دانه درشت انتخاب می‌گردد. بندهای زیرزمینی دارای قابلیت ادغام شدن با طرح‌هایی نظیر حفاظت خاک، جلوگیری از فرسایش و همچنین جلوگیری از ایجاد سیلاب، تغذیه مصنوعی و غیره را دارند (طورانی و حقیقت‌خواه، ۱۳۸۸). سدهای زیرزمینی بناهایی سازگار با شرایط زیست محیطی محسوب می‌شوند (Telmer and Best, 2004). از سدهای زیر زمینی برای جلوگیری از نفود آب دریاچه شور به سفره‌های آب شیرین استفاده می‌شود که در یوگسلاوی (Pavlin, 1973) و یونان (Garagunis, 1981) در سال ۱۹۷۳ ارائه شدند. در بعضی مناطق بهره‌بردای از منابع زیرزمینی از تغذیه زیادتر است که ادامه آن خطر نابودی آب‌های زیرزمینی را درپی خواهد داشت (Niamnsi and Mbue, 2009). آب‌های زیرزمینی بعد از یخچال‌ها و یخپهنه‌ها، بزرگترین ذخیره آب شیرین دنیا محسوب می‌شوند (Freeze and Cherry, 1979).

پیشینه پژوهش

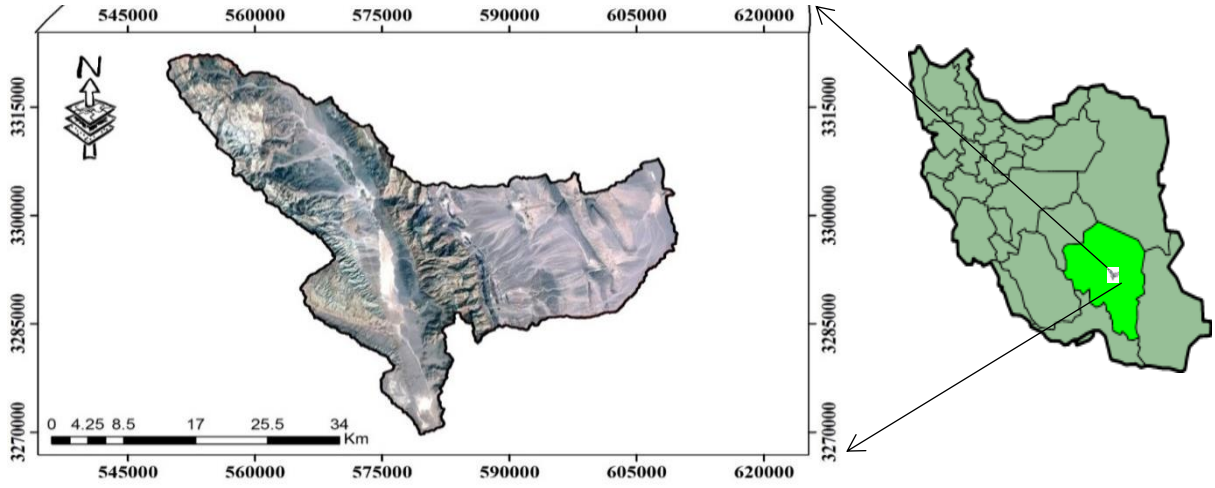
تحقیقات مختلفی در سراسر دنیا توسط محققان مختلف انجام شده است که گاه به نتایج همسو و ناهمسو منجر شده است. Foster و Tuinhof (۲۰۰۴) در بررسی بندهای زیرزمینی احداث‌شده در کشور برزیل نشان دادند که عوامل حجم مخزن، عمق سنگ بستر نسبت به سطح زمین، نفوذپذیری خاک مخزن وکیفیت شیمیایی خاک مخزن نقش موثری در موفقیت بندهای زیرزمینی دارند. Ishida و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که برای توسعه ساخت‌وساز بند زیرزمینی و مقابله با هرگونه مشکلی در این مورد، کشورهای مختلف باید به تبادل اطلاعات و تجربه‌های خود در این زمینه بپردازند. SK و همکاران (۲۰۱۸) مناطق حاوی آب زیرزمینی قابل بهره‌برداری در سنگ‌های افیولیتی منطقه جنوب آندمان را در اعماق ۳ تا ۲۰ متری به کمک روش ژئوالکتریک شناسایی کردند و با انجام گمانه‌های اکتشافی در نقاط پیشنهادی، نتایج حاصل از مطالعات ژئوالکتریک را تصدیق نمودند. Chowdhury و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از فناوری GIS و RS مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی به دست آوردند. Ayaze (۲۰۰۴) و Carolan و Zemonk (۲۰۰۶) بیان کردند که با تخریب اراضی در استان زنجان آلودگی آب‌های زیر زمینی و کمبود آب شیرین بسیار قابل توجه است. مطالعه منابع آب‌های زیرزمینی برای حفاظت و استفاده پایدار از آن‌ها امری ضروری است (Moshkelgosha و

همکاران، ۲۰۱۴). اهمیت روزافزان تامین آب در کشور، استفاده از آب‌های زیر زمینی را در مقایسه با آب‌های سطحی به‌عنوان منبعی پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار نموده است؛ چراکه این منابع در مقایسه با سایر منابع کمتر دست‌خوش تغییرات ناشی از خشکسالی و کم‌آبی می‌شوند (Khaza'i و همکاران، ۲۰۰۸).

استان کرمان در منطقه‌ای از کشور ایران واقع شده است که جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد. بنابراین عمده‌ترین منابع تامین نیازهای آبی استان را آبخوان‌ها تشکیل می‌دهند. از هدف‌های اصلی پژوهش حاضر تعیین نقاطی مناسب برای ایجاد سد زیرزمینی و توسعه آبخوان‌ها و در نهایت استفاده از آب ذخیره‌شده برای مصارف مختلف است که این مهم در استان‌های کویری کشور به‌خصوص کرمان دارای اهمیتی فوق‌العاده است و می‌تواند در تامین پایدار منابع آبی استان در آینده نقش به‌سزایی داشته باشد.

روش‌شناسی پژوهش

محدوده مطالعاتی به مساحت ۱۱۹۸ کیلومترمربع در حد فاصل بخش ماهان، راین و گلباف، در شرق روستای جوشان متعلق به بخش گلباف در جنوب شرقی شهرستان کرمان واقع شده است. دستیابی به روستای کشیت از دو مسیر امکان‌پذیر است. مسیر اول از طریق جاده شهداد- سیرچ و سپس جاده اندوهجرد به طول تقریبی ۵۱ کیلومتر است. مسیر دوم از جاده اصلی کرمان- بم و جاده گلباف و سپس روستای نسک و در نهایت بعد از طی مسافتی به طول حدود ۸۰ کیلومتر از دوراهی مسجد ابوالفضل (جاده کرمان – بم) روستای کشیت قابل دسترس است. روستای کشیت در جنوب شرقی اندوهجرد قرار دارد و دارای ۱۲۴۹ نفر جمعیت است. منطقه مورد مطالعه واقع در ´۳۳ °۲۹ تا ´۰۱ °۳۰ عرض شمالی و ´۳۰ °۵۷ تا ´۰۸ °۵۸ طول شرقی است. بیشترین ارتفاع منطقه ۴۰۷۹ متر درکوه‌های پلوار و کمترین ارتفاع آن معادل ۴۲۹ متر از سطح دریا در محل روستای کشیت است. متوسط وزنی ارتفاع ۱۷۳۴متر است. شیب عمومی منطقه به سمت شرق و به‌عبارتی به سمت دشت لوت است. براساس محاسبات انجام‌شده شیب متوسط وزنی حوزه مورد مطالعه برابر با ۱۱/۴ درصد است. بارندگی کم و تبخیر زیاد بیانگر اقلیم منطقه و خشکی آن است. متوسط بارندگی سالانه حوزه ناچیز بوده و مقدار آن در ارتفاع متوسط حوزه برابر ۱۴۱/۳۷ میلی‌متر است. دمای منطقه دارای نوسانات زیادی است و مقدار متوسط سالانه آن در ارتفاع متوسط حوزه ۱۸ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۱-موقعیت منطقه کشیت

شکل۲- بستر رودخانه کشیت و محل احداث بند انحرافی و سد زیرزمینی

بررسی مطالعات اولیه مکان پیشنهادی بند زیرزمینی کشیت

تنگه کشیت در فاصله کمتر از یک کیلومتری غرب روستای کشیت قرار دارد و درحقیقت محل خروجی زهکش حوزه آبخیز کشیت به سمت کویر لوت است که در این تنگه به‌دلیل قطع شدن آبرفت‌های دوران چهارم توسط یک دایک رسی جریان‌های زیرقشری به سمت سطح زمین هدایت شده‌اند که روخانه و آبشار کویری کشیت را تشکیل داده‌اند. دبی رودخانه کشیت بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ لیتر در سال‌ها و فصول مختلف متغیر است؛ بر اساس بررسی‌های انجام‌شده هدایت الکتریکی آب رودخانه و چشمه بین ۴۵۰۰ تا ۶۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر متغیر است. به‌دلیل رطوبت کافی پوشش گیاهی مناسبی از درختان گز، کهور، نی و بوته‌های شورپسند در بستر و دو طرف رودخانه دیده می‌شوند. دسترسی به چشمه و آبشار زیبای کویری کشیت از مسیر رودخانه امکان‌پذیر است. عرض تنگه در محل پیشنهادی اولیه برای احداث بند زیرزمینی حدود هفتاد متر است. به‌دلیل ایجاد مئاندر و انحنای مسیر، در دو طرف رودخانه تراس آبرفتی ایجاد گردیده که از بستر رودخانه بین ۱ تا ۲ متر ارتفاع دارد. بر این اساس عرض بستر رودخانه در محل پیشنهادی حدود ۱۰۰ متر و عرض تراس آبرفتی حدود ۴۰ متر است. گزینه پیشنهادی نیز حدود ۴۸۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. دستیابی به روستای کشیت نیز از دو مسیر امکان پذیر است. مسیر اول از طریق جاده شهداد - سیرچ و سپس جاده اندوهجرد به طول تقریبی ۵۱ کیلومتر از اندوهجرد (پس از طی تقریباً ۴۷ کیلومتر جاده خاکی) روستای کشیت قابل دسترسی است. مسیر دوم از جاده اصلی کرمان- بم و جاده گلباف و سپس روستای حرمک، نسک و در نهایت بعد از طی مسافتی به صورت جاده خاکی روستای کشیت قابل دسترس است. محل پیشنهادی سد زیرزمینی در فاصله کمتر از یک کیلومتری غرب روستای کشیت قرار دارد. از آنجاکه منطقه مورد مطالعه جزء مناطق بیابانی است، بنابراین در مورد تعیین ویژگی‌های مناطق بیابانی باید بیان شود که واژه بیابان از دیدگاه طبقه‌بندی رستنی‌های جهان در کنار سایر تیپ‌های پوشش گیاهی قرار می‌گیرد. در واقع بیابان یک زیستگاه است. بنابراین ملاحظه 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 است. خاورمیانه از جمله مناطق خشک و کم آب جهان محسوب می‌گردد بر این اساس کشور ما و به‌خصوص مناطق جنوب‌شرقی آن همواره درگیر مسائل و مشکلات ناشی از کم‌آبی و خشک‌سالی بوده است؛ برای رویارویی با این مسئله احداث سدهای زیر زمینی از جمله بهترین گزینه‌ها است. هرگونه اقدام در این راستا نیز مستلزم انجام بررسی‌های پایه، مانند زمین‌شناسی است و اصولاً امروزه برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و آمایش سرزمین بر پایه داده‌های زمین‌شناختی بنا می‌گردد. منطقه

مورد مطالعه در منتهی‌الیه جنوب شرقی ناحیه (Zone) ایران مرکزی و در مجاورت بلوک لوت قرار گرفته است. حوزه آبریز سد زیرزمینی کشیت با جهت کشیدگی شمال شرق جنوب غرب از مجاورت گسل شهداد در کویرلوت تا شهر گلباف و ارتفاعات غربی و شمال غربی چاله تکتونیکی گلباف را در بر می‌گیرد.

خصوصیات تکتونیکی

منطقه مورد مطالعه از نظر تکتونیکی بسیار فعال و پیچیده است و عامل تکتونیک تاثیر به‌سزایی در ایجاد شکل کنونی حوزه مورد مطالعه داشته و دارد بررسی‌های ساختاری نشان می‌دهد که اگرچه منطقه لوت به پایداری نسبی رسیده و به‌همین دلیل از آن به‌عنوان بلوک لوت یاد می‌شود؛ اما حواشی این بلوک بسیار فعال و پویا است و به‌همین دلیل همواره زمین‌لرزه‌های بزرگی در این مناطق روی می‌دهد. چنانکه گفته شد حرکت صفحه عربستان در جهت جنوب غربی به شمال شرقی باعث ایجاد رژیم فشاری به‌ویژه در ایران مرکزی گردیده است که این امرکوتاه‌شدگی پوسته و ایجاد گسل‌هایی از نوع راندگی را در پی دارد. در منطقه مورد مطالعه نیز رژیم فشاری وکوتاه شدگی به‌صورت ایجاد راندگی‌های موازی مشخص شده است 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، به‌خصوص 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 تاثیر عوامل هوازدگی و فرسایش نیز فراهم می‌گردد. گسل‌ها و شکستگی‌های متعددی در داخل و مجاور حوزه وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: گسل گلباف (گوک): این گسل در ابتدا و در سال ۱۹۷۲ توسط زمین‌شناسان یوگسلاویایی، به‌نام گسل سروستان شناسایی و معرفی شد. و پس از مطالعات تکمیلی بخشهای مختلف به‌نام گسلهای سیرچ، گلباف و سروستان تفکیک گردید. گسل شهداد: راندگی شهداد یک گسل با راستای خمیده شمال‌غربی-جنوب‌شرقی است که تحدب و جهت رانش آن به‌سوی شمال‌شرق است. شیب صفحه این گسل بسیار ملایم و به‌سوی جنوب غربی است. این گسل از ۲/۵ کیلومتری جنوب غربی شهداد به طول بیش از ۱۲۰ کیلومتر به سمت جنوب شرق کشیده شده است 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، 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.

چین‌ها

اگرچه در رسوبات کواترنر و افق‌های بالایی سازند لوت که در پلیوستوسن آغازی برجای گذاشته شده دگرشکلی مشاهده نمی‌شود، اما در افق‌های پایینی این سازند به‌دلیل عملکرد فاز کوهزایی پاسادنین (مربوط به اواخر پلیوسن) چین‌های متعدد نامتقارن با دامنه های پر شیب و گاهی برگشته ایجاد شده است که این امر در مجاورت قسمت‌های گسل خورده کاملاً مشهود است؛ بر این اساس، در بالادست محور پیشنهادی سد کشیت در فاصله حدود ۸ کیلومتری غرب، چین‌خوردگی‌هایی به‌صورت یک ناودیس و سپس یک تاقدیس مشاهده می‌گردد.

درزه‌ها

درزه‌ها و شکستگی‌های فراوانی در واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود که می‌توان آن‌ها را از دیدگاه‌های مختلف بررسی نمود و تقسیم‌بندی کرد. بیشترین درزه‌های موجود در سنگ‌ها از منشأ تکتونیکی بوده، با چین‌خوردگی و گسل در ارتباط است که این امر با توجه به نزدیکی ساختگاه سد با گسل شهداد کاملاً قابل انتظار است. این درزه‌ها معمولاً منظم بوده و دارای عمق بیشتری هستند و می‌توان آن‌ها را به سیستم‌های درزه طبقه‌بندی نمود، اما در سنگ‌ها درزه‌هایی نیز وجود دارند که دارای امتداد

نامشخص بوده، با عمق کم و به‌صورت نامنظم در حجم سنگ پراکنده‌اند. این درزه‌ها معمولاً ناشی از عملکرد هوازدگی فیزیکی بوده، به‌دلیل تغییرات درجه حرارت در سنگ ایجاد شده و سپس در اثر حرکات سطحی زمین در توده‌های سنگی توسعه می‌یابند. شایان ذکر است اگرچه درزه‌ها و شکستگی‌های داخل سنگ‌ها نقش مشابه گسل‌ها را دارند، اما به‌دلیل اینکه درزه‌ها باعث ایجاد شبکه‌ای از شکستگی می‌شوند درنتیجه سنگها را بیشتر خرد کرده، به قطعات کوچکتر تقسیم می‌کنند؛ بنابراین از اهمیت بیشتری در ایجاد فرسایش و رسوب برخوردار هستند.

زمین شناسی ساختگاه سد زیرزمینی

واحدهای سنگی ساختگاه سد زیرزمینی شامل توالی از لایه‌های یک تا چندمتری کنگلومرا، مارن، سیلتستون و مادستون هستند که تغییرات عرضی به‌وفور مشاهده می‌گردد. کنگلومرای موجود عمدتاً دارای ماتریکس رسی و سیلتی است، درنتیجه کنگلومرای گلی تشکیل شده است. به‌نظر می‌رسد به‌دلیل عوامل تکتونیکی و درنتیجه تغییرات ایجاد شده در کف حوضه رسوبی که از نوع دریاچه‌ای است، شرایط محیط به وفور تغییر نموده و تغییرات جانبی در فواصل کوتاه را باعث شده است. آبرفت‌های رودخانه‌ای موجود در بستر رودخانه کشیت عموما شامل قلوه سنگ و شن و ماسه است و به‌دلیل عملیات شست‌وشوی آب دارای حداقل میزان رس و سیلت هستند و درنتیجه تمیز و آبگذر هستند. البته در برخی افق‌ها با توجه به تغییر شرایط رسوب‌گذاری میزان رسوبات ریزدانه به‌صورت محلی افزایش می‌یابد. همچنین سنگ‌دانه‌ها و قلوه‌سنگ‌ها با توجه به طی کردن مسیر طولانی معمولاً گردشده و صاف هستند. گفتنی است واحدهای سنگی موجود منطقه دربردارنده املاح گچی و نمکی فراوان بوده، براین‌اساس کاهش کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی را باعث گردیده‌اند. لایه‌بندی سنگ‌ها به صورت افقی و یا دارای شیب کم (<۳۰) به سمت غرب وجنوب غرب است. درزه‌های موجود در واحدهای سنگی عمدتاً از نوع تکتونیکی است که با تاثیر عوامل فیزیکی در سطح سنگها توسعه یافته‌اند، اما در عمق توده گسترش چندانی ندارند؛ بنابراین امکان فرار آب از طریق سیستم‌های درزه قابل توجه نیست. مضافاً اینکه با توجه به جنس سنگ‌ها و وجود ذرات رس، امکان آب‌بندی تقریبی و عدم ایجاد جریان زیرقشری از طریق درزه‌های موجود قابل انتظار است. اما در مجاورت ساختگاه سد برخی گسله‌های کوچکتر مرتبط با گسل شهداد مشاهده می‌گردند که به صورت عرضی رسوبات و واحدهای سنگی را قطع کرده‌اند، به‌خصوص این امر در دامنه جنوبی رودخانه و در محل ساختگاه به خوبی دیده می شود؛ بنابراین فرار آب از طریق گسله موجود در سنگ بستر محتمل است و در این خصوص تنها پس از مطالعات تکمیلی می‌توان اظهار نظر کرد.

بررسی وضعیت آبخوان آبرفت رودخانه کشیت

رودخانه کشیت دارای جریان سطحی بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ لیتر در ثانیه است. بنابراین با توجه به عرض کم رودخانه که کمتر از ۱۰۰ متر است و تشکیلات غیر قابل نفوذ جناحین و سنگ کف نتیجه‌گیری می‌شود که آبرفت اشباع از آب است. بنابراین احداث سد زیرزمینی منجر به ذخیر آب اضافی نخواهد شد و فقط باعث می‌شود جریان زیر قشری به سطح زمین منتقل شود و یا اینکه از لوله انتهایی سد به‌صورت کنترل‌شده خارج شود. در این حالت تا زمانی که دبی ورودی (دبی پایه و جریان زیرقشری) کمتر از دبی خروجی یا مساوی آن باشد، همواره آبخوان از آب اشباع است. مگر اینکه دبی خروجی از محل احداث سد زیرزمینی بیشتر از مجموع دبی جریان سطحی و جریان زیر قشری باشد که در این حالت بسته به میزان اختلاف دبی ورودی با خروجی بخشی یا تمام آبخوان غیر اشباع خواهد بود. از طرفی در طول حدود ۴ کیلومتر بالای روستای کشیت که از نظر توپوگرافی و فیزیوگرافی امکان احداث سد زیرزمینی وجود دارد، عمق آبرفت حدود ۴ متر تخمین زده می‌شود. در خروجی حوزه آبخیز کشیت بندی احداث شده است که عمق سنگ کف ۳ متر است؛ لذا با توجه به جریان پایه که حداقل ۱۵۰ لیتر است و اشباع بودن آبرفت در محل مورد نظر برای احداث سد زیرزمینی از نظر کمی میزان آب قابل استحصال قابل ملاحظه است. در گام نخست، بررسی‌ها برای شناسایی محدوده‌های مناسب برای احداث بند زیرزمینی انجام گرفت. برای این منظور از داده‌های استخراج‌شده از نقشه‌های پایه، یافته‌های موجود در این زمینه و همچنین نظرات کارشناسی استفاده گردید. مناطق مناسب شامل بستر آبرفتی رودخانه‌هایی است که دارای شیب‌های حداکثر ۶

درصد هستند و زمین‌های کشاورزی، صنعتی، مسکونی و کوره‌قنات در آنجا وجود ندارد. علاوه بر شرایط بالا این بسترهای آبرفتی نباید منطبق بر ساختارهای خطی مانند گسل‌ها باشند. برای تسریع در امر تصمیم‌گیری و همچنین پرهیز از جمع‌آوری اطلاعات مازاد بر نیاز درباره مسأله مورد بررسی ابتدا لازم است که با در نظر گرفتن تعدادی از معیارها و عوامل کلیدی، نقاط نامناسب حذف گردد. برای نمونه یکی از این معیارها برای انتخاب مناطق مناسب احداث بند زیرزمینی، شیب بستر آبراهه است. برطبق بررسی‌ها و مطالعاتی که در سایر کشورها توسط محققان و کارشناسان صاحب‌نظر در مورد بندهای زیرزمینی انجام شده است (Nilsson, 1988; Wipplinger, 1982)، شیب مناسب بستر آبراهه به سبب این‌که بتوان مخزن مناسب آب زیرسطحی را با احداث بند زیرزمینی در آن ایجاد کرد، نباید بیشتر از ۵٪ باشد (با این فرض که شیب سنگ کف رودخانه از شیب بستر تبعیت می‌نماید). به علاوه در این مناطق به دلیل کم‌شدن سرعت آب زمان نفوذ آب افزایش می‌یابد. در نتیجه مناطقی از رودخانه که شیب بستر آن بیش از ۵٪ باشد برای احداث بند زیرزمینی مناسب نیست. استخراج این معیارها و مشخص کردن مناطق دارای ظرفیت را می‌توان با استفاده از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های زمینی همزمان، نقشه‌های توپوگرافی و دیگر اطلاعات انجام داد. در گام بعدی با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی پادگانه‌های آبرفتی قدیمی مرتفع موجود در کرانه‌های رودخانه‌ها از جمله مناطقی هستند که دیواره بند را به دلیل نشت آب از تکیه‌گاه‌ها نمی‌توان بر روی آن‌ها بنا نهاد، به طورکلی سنگ کف و دیواره‌های مخزن بند باید به گونه‌ای باشند که آبگذری نداشته باشند. در این تحقیق با استفاده از نقشه زمین شناسی و بازدید صحرایی مناطق با پادگانه‌های آبرفتی قدیمی مرتفع شناسایی که این مناطق دارای ارزش عددی صفر و به مناطق خارج از این محدوده‌ها ارزش عددی ۱ تعلق گرفت در گام سوم با استفاده از نقشه‌های پایه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و همچنین نقشه‌های تهیه شده در سایر مطالعات و با بازدید صحرایی از منطقه، نقشه کاربری اراضی حوزه، محدوده‌های دارای کاربری اراضی باغی، مراتع با پوشش گیاهی فقیر، متوسط و خوب برای احداث بند زیرزمینی مناسبند که دارای ارزش عددی ۱ هستند و سایر مناطق دارای ارزش عددی صفر است. در این تحقیق برای حذف نقاط نامناسب از منطق بولین استفاده گردید. ضمنا آزمایش‌های مربوط به خاک‌شناسی منطقه مورد مطالعه نیز برای تجزیه و تحلیل بهتر مکان‌یابی سد زیر زمینی نیز انجام شده است.

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 است. این اراضی متشکل از خاک‌های نیمه عمیق تا عمیق و بافت متغیر و از سبک تا سنگین هستند. 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. خاک این زمینها بدون سنگریزه تا میزان سنگریزه در حد متوسط است، 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 است. از محدودیت‌های اصلی این اراضی می‌توان به شوری و قلیائت خاک اشاره نمود. بنابراین برای توسعه اراضی برای استفاده کشت آبی بایستی به محدودیت اصلی شوری و قلیایی بودن خاک توجه کرد و پیشنهاد اصلی برای 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. شایان ذکر است اطلاعات فوق الذکر در حد پیش‌شناخت خاک های منطقه است؛ لذا برای برنامه‌ریزی و تغییر کاربری این اراضی به کشت آبی مطالعات بخش خاک بسیار ضروری است و بایستی در اولویت برنامه‌ریزی قرار گیرد.

بررسی پوشش گیاهی در بستر آبراهه و در روی دامنه‌ها

در محدوده رودخانه کشیت روی دامنه‌ها گونه‌های خاصی که وجود آب زیرقشری را تأیید کند، دیده نمی‌شود و به نظر می‌رسد به علت کمی بارش در مناطق پایین‌دست رودخانه، دامنه‌ها چندان آبدار نباشند. در بعضی از قسمت‌های دشتی حوزه کشیت گونه‌هایی از قبیل دک که غنچه آن ارزش اقتصادی دارد، دیده می‌شود. در قسمت‌های مرتفع‌تر گونه‌های درمنه به چشم می‌خورد. از دیگر گونه‌های گیاهی موجود در منطقه می‌توان به انواع گز و گونه‌های شورپسند اشاره نمود. اما در مجموع پوشش منطقه فقیر و کمتر از ۵ درصد است. در بعضی نقاط از بستر آبراهه‌ها به‌خصوص مناطقی که محل تقاطع رسوبات دوران چهارم با لایه رسی، پوشش گیاهی متراکم‌تر و حتی بیش از ۵۰ درصد که به‌صورت لکه‌هایی در تصاویر ماهواره‌ای قابل رویت هستند که خود نشان‌دهندهی عبور جریان های زیرقشری (ناشی از بارش مناطق بالادست به سمت کویر است).

چینه‌شناسی

اگرچه بخش شرقی و میانی حوزه مورد مطالعه را واحدهای جوان دوران سنوزوئیک پوشانیده است، اما غرب و شمال غرب حوزه توسط واحدهای سنگی دوران‌های مزوزوئیک پوشیده شده است.در ادامه واحدهای چینه‌شناسی موجود در منطقه به ترتیب از جدید به قدیم معرفی می‌گردند:

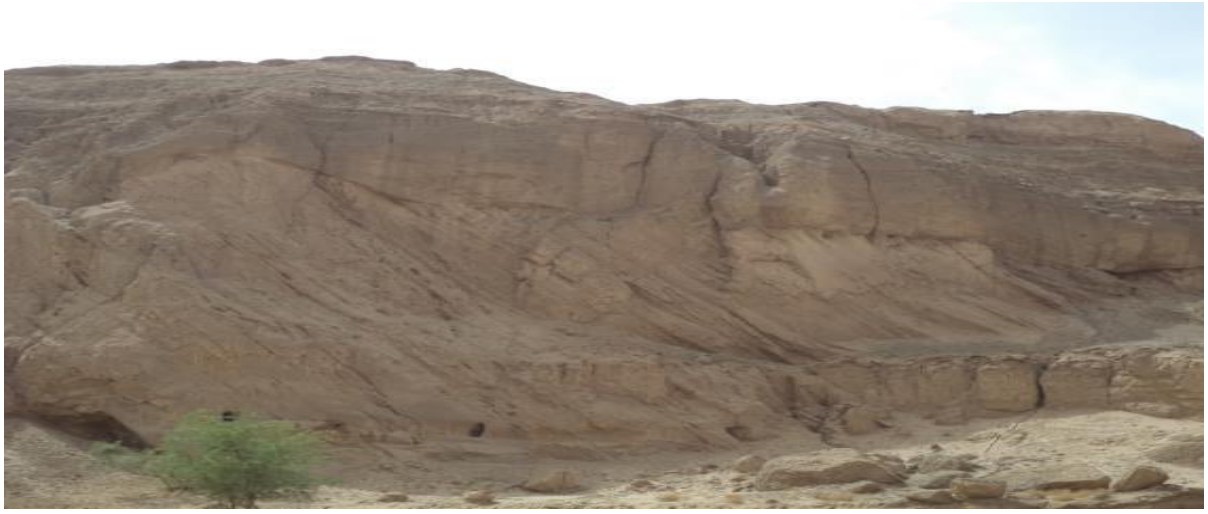
دوران سنوزوئیک

دوره کواترنری: واحد Q^{al}: آبرفت‌ها و رسوبات منفصل بستر رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی که گسترش و ضخامت محدودی دارند و با هر سیلاب دچار تغییر می‌گردند. **واحد** Q^{c}: پهنه‌های رسی که با شیب محدود در مناطق پست دشت‌ها برجای گذاشته شده و در اصطلاح محلی به آن دق گفته می‌شود. **واحد** Qt^{2} : نهشته‌های آبرفتی جدید: مخروط افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی و سیلابی دشت‌ها که عمدتاً از فرسایش دوباره آبرفت‌های قدیمی حاصل شده‌اند و معمولاً شامل رسوبات آبرفتی جور نشده و متخللندکه در افق‌های پایین‌تر آبرفت‌های قدیمی و میانه دشت‌ها قراردارند. این واحد بیش از ۲۱ درصد سطح حوزه مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. **واحد** Q^{t1} : 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 جورشدگی ضعیف، تخلخل و تراوایی زیادی هستند.

شکل ۳-نمایی از رسوبات رودخانه‌ای عهد حاضر بستر رودخانه کشیت

دوره ترشیری: واحد Pl^{3}: بخش فوقانی سازند لوت که خاص نواحی جنوب غربی دشت لوت است و شامل کنگلومرا که به صورت محلی و به‌ندرت به ماسه سنگ تبدیل می‌شوند. این واحد که دارای سنگ‌شدگی ضعیف است، در زمان پلیوسن بالایی بر جای گذاشته

شده است. **واحد Pl^2:** بخش زیرین میانی سازند لوت که شامل مارن و ماسه‌سنگ گچ دار است و متعلق به پلیوسن است. **واحد C:** کنگلومرا با ماتریکس رس و سیلت که از سازند لوت زیرین تفکیک گردیده است. **واحد Et:** این واحد را سنگ‌های آذرآواری ائوسن میانی بالایی تشکیل داده که عمدتا شامل توف خاکستر آتشفشانی و روانه‌های آتشفشانی است که لایه‌بندی بسیار خوبی دارند.



شکل ۴-نمایی از ناپیوستگی واحدهای سنگی ترشیری و کواترنری در منطقه

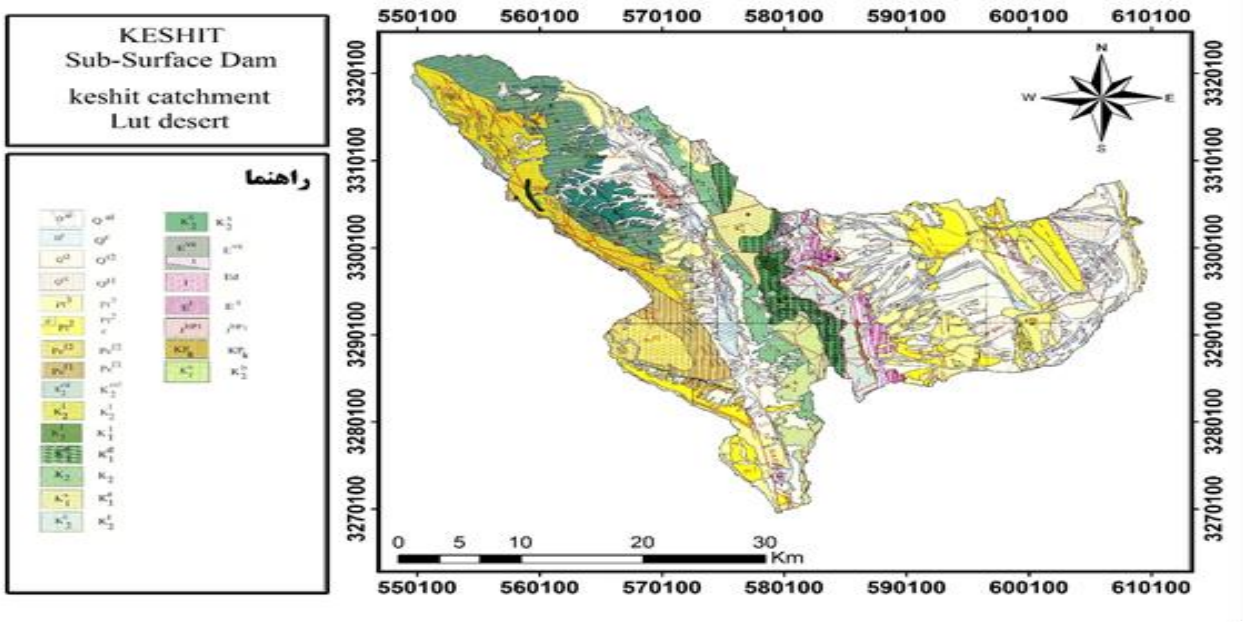
واحد $Ed(t)$: این واحد از داسیت و گدازه‌های آندزیتی، ریولیتی وابسته تشکیل شده است که با توده‌های همگن توف (**t**) و آهک به‌صورت متناوب قرارگرفته و مربوط به زمان ائوسن میانی بالایی است. **واحد $Evs(t)$** : از رسوبات تخریبی آتشفشانی مانند کنگلومرا (که ابعاد قطعات آن گاه به اندازه تخته سنگ نیز می‌رسد)، برش آواری، ماسه‌سنگ، سیلت‌ستون تشکیل شده است که دارای میان‌لایه‌هایی از جنس گدازه‌های داسیتی و خاکسترهای آتشفشانی و توف (**t**) است و زمان ائوسن میانی را نشان می‌دهد. **واحد Kp^k:** متشکل از کنگلومرای با قلوه سنگ‌های درشت که دارای میان لایه‌های ماسه‌ای درشت دانه است، سن این واحد مربوط به پالئوسن بالایی بوده، تقریباً معادل کنگلومرای کرمان است. **واحد Pe^{f2} : واحد فلیش میانی، واحد Pe^{f1} : واحد فلیش زیرین:** به‌طورکلی فلیش‌ها رسوبات آواری با ویژگی‌های رسوبات آشفته هستند که دارای ضخامت قابل توجه بوده و عموما ماسه سنگ‌های کم و بیش درشت و شیل‌های نازک لایه اصلی‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده آن هستند. به‌صورت‌کلی فلیش، نشان‌دهنده فرسایش شدید کمربند کوهزایی تازه تشکیل شده است. یعنی از نظر تکتونیکی زمان تشکیل فلیش رسوبات نواحی آرام از نظر تکتونیکی است؛ یعنی رسوباتی که بعد از فاز کوهزایی حاصل می‌شوند. واحد فلیش به دو بخش زیرین و میانی تفکیک می‌شود و سن آن پالئوسن زیرین است.

دوران مزوزوئیک

دوره کرتاسه: واحد K_2^{ml} : شامل سنگ‌های آهکی، آهک‌های مارنی و ماسه‌ای متعلق به کرتاسه پایانی است. **واحد K_2^b** : از سنگ های آهکی مارنی و آهکهای بیومیکرایت‌رس‌دار متعلق به کرتاسه پایانی(اشکوب کامپانین و مایستریشتین) تشکیل شده و گسترش محدودی دارد. **واحد K_2^t** : این واحد در غرب حوزه مورد مطالعه گسترش دارد و شامل رسوبات توربیدیتی است. رسوبات توربیدیتی به رسوبات قاره‌ای(ماسه و سیلت) گفته می‌شود که به‌وسیله جریان‌های آشفته و در دریاهای کم‌عمق مناطق قاره‌ای بر جای گذاشته شده‌اند. زمان تشکیل این واحد کرتاسه بالایی است. **واحد K_2^l** : این واحد که حدود ۸/۸ درصد سطح حوزه مورد مطالعه را پوشانیده شامل سنگ‌های آهکی بیومیکرایت و بیواسپارایت متعلق به کرتاسه بالایی هستند. **واحد K_1^l** : شامل سنگ‌های آهکی توده‌ای و بدون لایه‌بندی و به‌صورت بخشی بیتومینه است که متعلق به اشکوب آلبین و سنومانین است. **واحد K_2** : از لایه‌های ماسه سنگی،

سیلتستون و شیل تشکیل شده است که مربوط به کرتاسه زیرین و اشکوب سنونین است. **واحد** K_1^d : شامل سنگ‌های آهکی و دولومیتی خوب لایه‌بندی شده است که در زمان کرتاسه آغازی (اشکوب های آلبین و بارمین) بر جای گذاشته شده است. **واحد** K_2^s: از ماسه سنگ، شیل، مارن و سیلتستون مربوط به سنونین تشکیل شده است. **واحد** K_1^s : شامل ماسه سنگ خوب لایه بندی شده و دارای ساخت ورقه‌ای که متعلق به کرتاسه آغازی و اشکوب های آپتین وبارمین است.

دوره ژوراسیک: واحد J^{bpl} : شامل سنگ‌های آهکی پکتین دار، ماسه سنگ ، مارن وشیل‌های گچ‌دار است که متعلق به ژوراسیک بالایی هستند وگسترش محدودی در غرب حوزه مورد مطاله دارند.



شکل ۵-نقشه واحدهای زمین شناسی حوزه کشیت

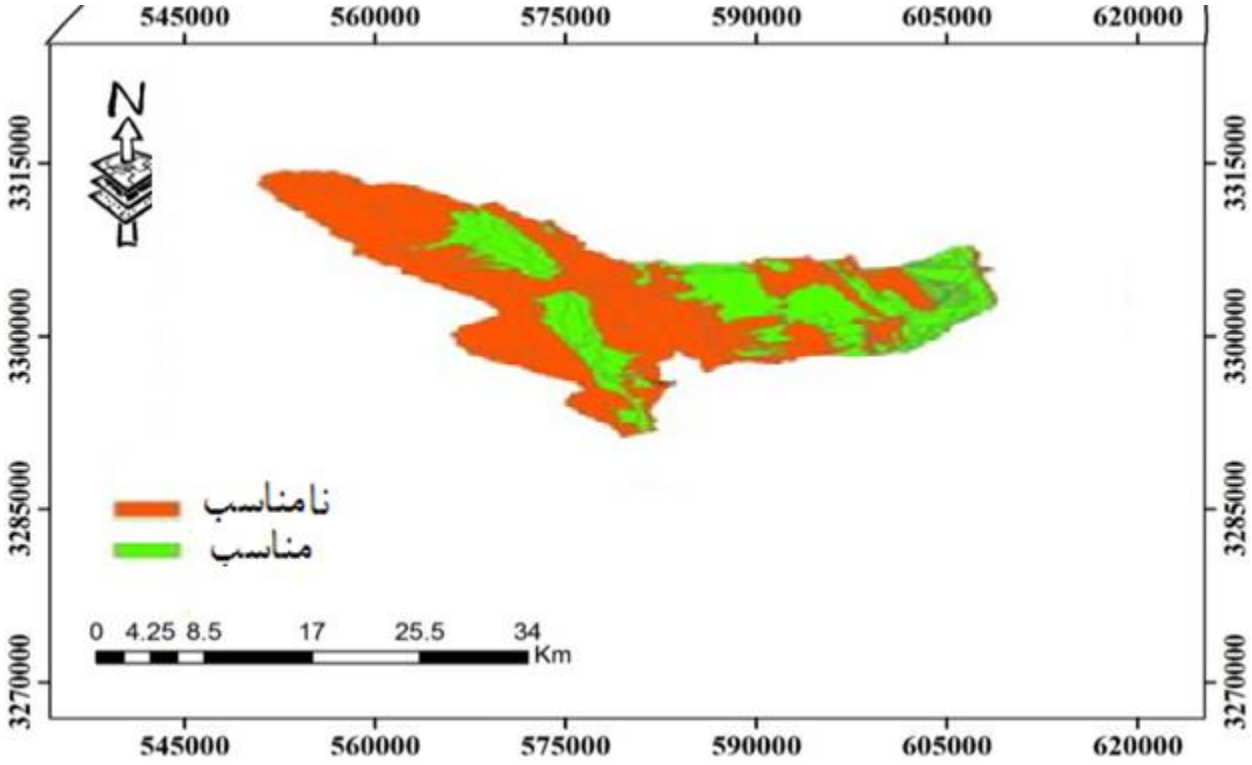
تشخیص و انتخاب محدوده‌های مناسب احداث بند زیرزمینی

شاخص‌های تعیین محور مناسب برای احداث بند زیرزمینی در این پژوهش بدین صورت است، که ابتدا عوامل تأثیرگذار در شناسایی محدوده‌های مناسب احداث بند زیرزمینی بررسی گردید. به‌طوری‌که در آغاز نقشه‌های پایه شامل زمین‌شناسی، کاربری اراضی و شیب تهیه گردید و در محیط نرم‌افزاری Arc GIS از طریق منطق بولین با هم تلفیق شد.

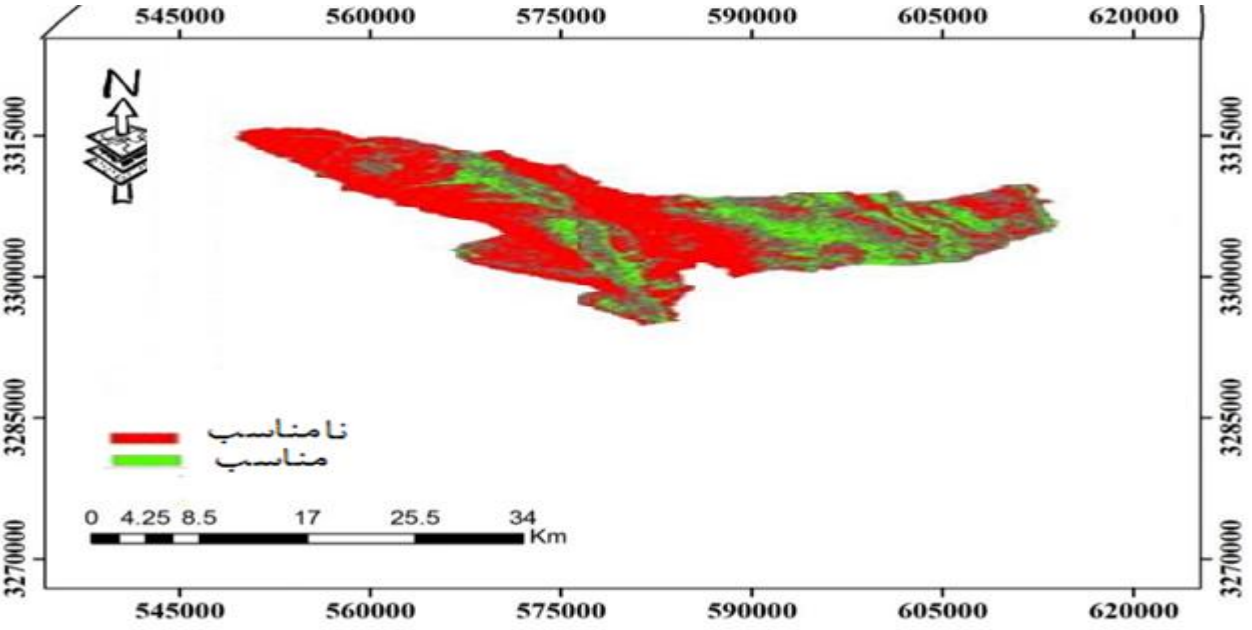
تهیه نقشه زمین‌شناسی: بدین صورت که در نقشه زمین‌شناسی سازندهای کواترنری دارای ارزش یک هستند که این مناطق برای احداث بند زیرزمینی مناسبند.

تهیه نقشه شیب: در نقشه شیب، کلاس های شیب ۴-۲ و ۶-۴ برای احداث بند زیرزمینی مناسب است که با استفاده از منطق بولین ترسیم گردیده است.

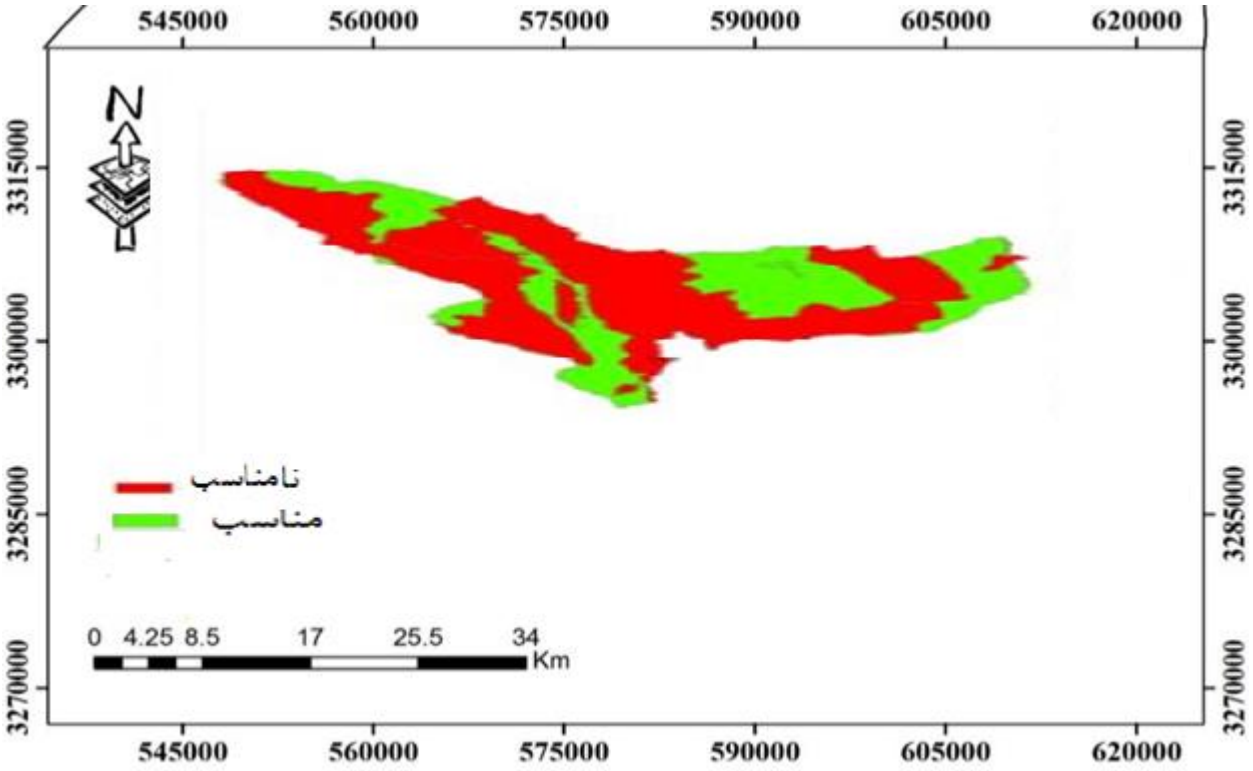
تهیه نقشه کاربری اراضی: با توجه به توضیحات ارائه شده در مباحث قبلی اراضی از نوع اراضی باغی، مراتع با پوشش فقیر متوسط و خوب نیز برای احداث بند زیر زمینی مناسب است.



شکل ۶- نقشه محدوده های مناسب و نا مناسب زمین شناسی برای احداث بند زیرزمینی در حوزه آبخیز کشیت



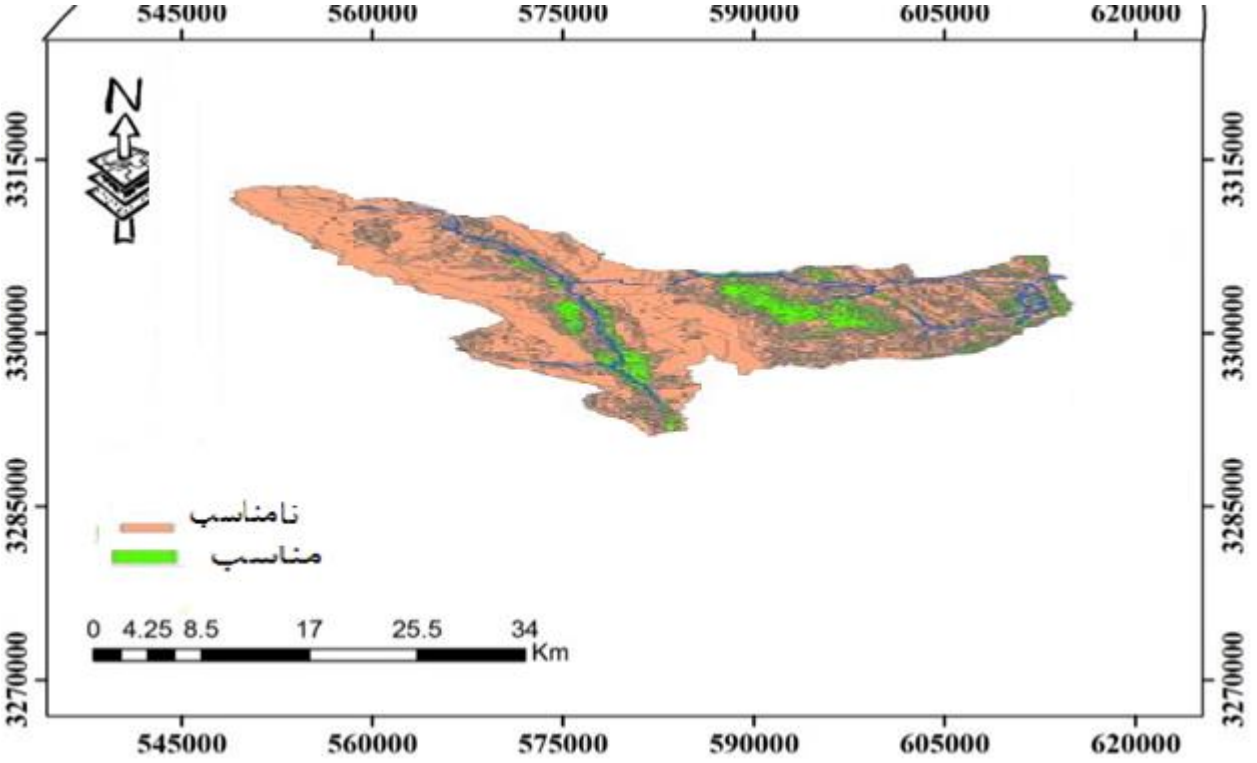
شکل ۷-نقشه محدوده های مناسب و نا مناسب شیب برای احداث بند زیرزمینی در حوزه آبخیز کشیت



شکل ۸-نقشه محدوده های مناسب و نا مناسب کاربری اراضی برای احداث بند زیرزمینی در حوزه آبخیز کشیت

تهیه نقشه تلفیق

پس از تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، شیب و کاربری اراضی هر منطقه و تلفیق آن‌ها در نرم‌افزار Arc GIS، با استفاده از منطق بولین، مناطقی که از نظر زمین شناسی، شیب و کاربری اراضی مناسب احداث سد زیرزمینی هستند، در یک نقشه تلفیق، با ارزش عددی (۱) و موارد نامناسب با ارزش عددی (۰) مشخص گردید که درنهایت این نقشه کلی با نقشه‌های توپوگرافی و آبراهه تلفیق داده شده است.



شکل ۹-نقشه تلفیق محدوده های مناسب و نا مناسب با خطوط آبراهه و توپوگرافی احداث بند زیرزمینی کشیت

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در بالادست روستای کشیت در طولی حدود ۴ کیلومتر در طول میسر رودخانه کشیت یک دایک از جنس مارن و رس رسوبات آبرفتی دوران چهارم را قطع کرده است که این عامل شرایط بسیار مناسبی را برای بالا آمدن جریان زیر قشری فراهم نموده است که نتیجه آن آبشار کویری کشیت و جریان مناسب رودخانه کشیت است. دیواره‌های غیرقابل نفوذ دو طرف با شیب بالای ۴۵ درجه و عمق سنگ کف (از نوع رس) کمتر از ۸ متر زمینه مناسبی برای احداث سد زیرزمینی فراهم نموده است. بنابراین از این بعد شرایط برای احداث سد زیرزمینی فراهم است. طبق بررسی‌های انجام شده و نتایج حاصل از پی‌کنی بند انحرافی کشیت و همچنین بررسی‌های صحرایی عمق آبرفت در بخش‌های مختلف رودخانه کشیت در محل برخورد با دایک بالا دست کشیت بین ۲ تا ۷ متر متغیر است که امکان انتقال جریان زیر قشری به سطح زمین را به راحتی فراهم می‌نماید. بنابراین در مرحله بررسی کارشناسی از نظر عمق آبرفت برای احداث سد زیرزمینی محدودیت چندانی وجود ندارد. اگرچه با توجه به عمق کم آبرفت امکان ذخیره آب زیر قشری چندان قابل ملاحظه نخواهد بود. آب‌های زیرزمینی می‌توانند منابع آبی پایداری در مناطق مختلف دنیا به‌خصوص مناطق کویری ایجاد کنند؛ بنابراین احداث سدهای زیرزمینی برای توسعه و تقویت سفره‌های آب‌های زیرزمینی ضروری است. نتایج تحقیق نشان داد که عمق آبرفت در بخش‌های مختلف رودخانه کشیت در محل برخورد با دایک بالادست کشیت بین ۲ تا ۷ متر متغیر است که امکان انتقال جریان زیر قشری به سطح زمین را به راحتی فراهم می‌نماید. بنابراین در مرحله بررسی کارشناسی از نظر عمق آبرفت برای احداث سد زیرزمینی محدودیت چندانی وجود ندارد. اگرچه با توجه به عمق کم آبرفت امکان ذخیره آب زیر قشری چندان قابل ملاحظه نخواهد بود. ضمنا مطالعات زمین‌شناسی در مجاورت ساختگاه سد نشان داد که برخی گسله‌های کوچک‌تر مرتبط با گسل شهداد مشاهده می‌شوند، 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.

منابع

خزائی، م. عابدی کوهپایه‌ای، ج. امیری، م. ج. (۱۳۸۷). بندهای زیرزمینی راهی مناسب برای مقابله با خشکسالی، *همایش خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در استان چهارمحال و بختیاری*، شهرکرد.

طورانی، ر. حقیقت خواه، س. (۱۳۸۸). بهره‌گیری از بندهای زیرزمینی برای نیل به مدیریت پایداری منابع آب مقابله با خشکسالی، *دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن*، مرکز تحقیقات اصفهان.

فاضل پور عقدائی، م. دستورانی، م. طالبی، ع. پیری اردکانی، م. (۱۳۹۲). بند زیرزمینی راهکار مناسب مدیریت آب در خشکسالی‌ها (مطالعه موردی حوزه میل سفید شهرستان اردکان)، *نهمین همایش ملی آبخیزداری دانشگاه یزد*، ص ۱ تا ۶.

گلمایی، ح. آشتیانی مقدم، ق. (۱۳۸۴). بندهای زیرزمینی برای ذخیره آب در مقیاس کوچک، ۹۷ ص.

Ayaze, J. 2004. Water pollution and it's impact on environment, case study zanjan province.

Bear, J., Cheng A.H.D., Sorek S., Ouazar D., Herrera I. 2000. Seawater intrusion in coastal aquifers-concepts, methods and practices. *The Netherlands*: Kluwer Academic Publishers p. 625.

Carolan, C and Zemonk, Z. 2006. The aerial photographs and remote sensing and it's application in resource water-(Zanjan- province).

Chowdhury, Alivia., K. Jha, Madan.,Chowdary, V.M. 2010. Delineation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in *West Medinipur district, west.*

Fazelpour Aqda'i, M., Dastomani, M., Talebi, A., Piri Ardakani, M. 2013. Underground dam a suitable solution for water management in droughts (Case study: Safid mil basin in Ardakan city), *9th National Watershed Management Conference of Yazd University*, Pp: 1-6. (In Persian)

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*, no.5.6 pp.

Freeze, R.A., Cherry, J.A. 1979. Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Garagunis, C.N. 1981. Construction of an impervious diaphragm for improvement of a Subsurface water reservoir and simulations protection from migrating salt water, *Bulletin of International Association Engineering Geology*, 24, 169-172.

Golemyi, H., Ashteani Moghadam, B. 2005. Underground dams for water storage in small-scale, 97 pp.

Hatton, T. and Evans R. 1998. Dependence of Ecosystems on Ground-water and its Significance to Australia. *CSIRO Land & Water Resources Research and Development Commission Occasional Paper* No 12/98 - Canberra, Australia.

Ishida, S., Tsuchihara, T., Yoshimoto, S., Imaizumi M. 2011. Sustainable use of groundwater with underground dams. *Japan Agricultural Research Quarterly* 45(1): 51–61.

Khaza'i, M., Abedi Koohpayeh A., Amiri, M.J. 2008. Underground dams a suitable way to deal with drought, drought conference and ways to deal with it in Chaharmahal and Bakhtiari province, Shahrekord. (In Persian)

Minciardi, R., Robba M., Roberta S. 2007. Decision models for sustainable groundwater planning and control. *Journal of control Engineering Practice*. 15: 1013-1029.

Moshkelgosha, M, Rahmanian M, Karimi M. 2014. Study of geoelectric method in assessing the amount of groundwater near the sea, *National Conference on Solutions to water crisis in Iran and the Middle East*, Pp. 7-1.

Niamnsi, Y. N and Mbue I. N. 2009. Estimation for ground water balance based on recharge and discharge: a tool for sustainable ground water management, zhongmu county alluvial plain aquifer , Henan province, china , *Journal of American Science* ,5 (2) 83 – 40.

Nilsson, A. 1988. Groundwater Dams for Small-Scale Water Supply, *Intermediate Technology Publications*, London. 78 pp.

Pavlin, B. 1973. Establishment of subsurface Dams and utilization of natural subsurface Barriers for realization of underground storage in the coastal karst spring zones and their protection against seawater intrusion. In Trans. 11 Th Int. Congress on large dams, 1, 487- 501.

Sheikh Bahayee, A., Aminizadeh, M, R. Khodaei, A. Nohegar, Ahmad. 2010. The role of Geotechnical and geomophologic factors in the groundwater dams (case study. Kahnouj Dam), *The 4th International Conference on Geoengineering and Soil Mechanics of Iran*.

Silva, D.A., and. Rego Neto., j. 1992. Araliaceous de Barrages Subversives Para Fins de Explores Areola no Semi-arid, *In Congress National de Irrigacao e Derange Natal*, Vol.9. Pp. 335.

SK, M., Ramanujam, N., Champoil, V., Biswas, S.K., Rasool, Q.A. 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.

Telmer, K. and Best M. 2004. Underground Dams: A Practical Solution for the Water Needs of Small Communities in Semi-Arid Regions, School of Earth and Oceans Sciences, University of Victoria. 6 pp.

Torani, R. Haghighatkhah, S. 2009. Using underground dams to achieve water resources sustainability management against drought, *2nd National Conference on Drought Effects and Its Management Strategies, Isfahan Research Center*.

Wipplinger, O. 1982. Water storage in semi-aridregions,Unpublished paper. 30 Pp.