



Investigating Accuracy of Geoelectric Method in Construction of Underground Dams in Low-water and Desert Areas Case Study: Dehbakri Area of Kerman Province



Najmeh Haj Seyed Alikhani*¹, Hamzeh Saeediyan², Alijan Akbar³



This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.



DOI: 10.22034/HYD.2023.54599.1667

Reference to this article: Haj Seyed Alikhani, N; Saeediyan, H; Alijan, A (2023). Investigating Accuracy of Geoelectric Method in Construction of Underground Dams in Low-water and Desert Areas (Case Study: Dehbakri Area of Kerman Province). *Hydrogeomorphology*, 10(35): 34-46

Keywords

Geoelectric, Underground dam, Sondage, Kerman Dehbakri Region

Receive Date: 2022/12/24

Accept Date: 2023/05/31

Available: 2023/07/21

A B S T R A C T

Underground dams can be a very suitable alternative to check dams so that in recent decades due to their privileged characteristics, they have attracted the attention of various researchers around the world. Geoelectric samples were carried out at the axle and reservoir of Dehbakri underground dam by sondage putting method and with using Schlumberge array. These samples were performed during 6 profiles (P1 to P6) and 32 electric sondages. The results of geoelectric studies indicate that there is a two-layer model along the geoelectric sections that the upper layer has alluvial and the underlying layer has bedrock. Alluvial layer is divided into dry parts at the top and wet parts at the bottom. The depth of reaching groundwater level varies in different parts of the study area, but on average it can be considered 5 meters. Alluvial thickness also varies during profiles, but the highest thickness is generally in the middle parts of the geoelectric sections and closer to the right support. The highest alluvial thickness was estimated at the S26 catheter site and 13 meters. Considering the specific electrical resistance scale of the layers and considering the rock outcrops on both sides of the river, it seems that the bedrock in most places has alternating lithology made of shale, marl and sandstone and in some parts of the marl material.

* **Corresponding Author: Najmeh Haj Seyed Alikhani**

E-mail: n.sedalikhani@areeo.ac.ir

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.

Extended Abstract

1- Introduction

Underground dams can be a very suitable alternative to check dams so that in recent decades due to their privileged characteristics, they have attracted the attention of various researchers around the world. The construction of underground dams around the world is rapidly expanding and can be a very good alternative to a variety of surface dams in the very near future. In arid and low rainfall lands due to special climatic conditions where evaporation is high, the possibility of storing surface waters on a small scale is difficult and uneconomic because part of the water is out of reach due to evaporation and part of the infiltration, as well as surface reservoirs do not have a long life and are filled and out of reach due to sediment accumulation. Perhaps the best method and model for harvesting subsurface flows in these areas is the use of underground dams. Nowadays, in many countries of the world, the construction of underground dams has been considered as a new method for utilization of water resources (Lalehzari and Tabatabai, 2013).

2- Methodology

Geoelectric samples were carried out at the axle and reservoir of Dehbakri underground dam by sondage putting method and with using Schlumberge array. These samples were performed during 6 profiles (P1 to P6) and 32 electric sondages.

3- Results and Discussion

The results of geoelectric studies indicate that there is a two-layer model along the geoelectric sections that the upper layer has alluvial and the underlying layer has bedrock. Alluvial layer is divided into dry parts at the top and wet parts at the bottom. The depth of reaching groundwater level varies in different parts of the study area, but on average it can be considered 5 meters. Alluvial thickness also varies during profiles, but the highest thickness is generally in the middle parts of the geoelectric sections and more close to the right support. The highest alluvial thickness was estimated at the S26 catheter site and 13 meters.

4- Conclusions

Geoelectric method in the construction of underground dams has become one of the most important and applied methods around the world and with the advancement of various technologies, the efficiency and accuracy of this method is added and this method can be used for the development of groundwater in different regions, especially desert areas such as Kerman province. Considering the specific electrical resistance scale of the layers and considering the rock outcrops on both sides of the river, it seems that the bedrock in most places has alternating lithology made of shale, marl and sandstone and in some parts of the marl material.

5- References

Lalehzari, R. Tabatabai, H. (2013). Simulation of the effect of underground dam construction on aquifer storage and distribution of nitrates in Shahrekord plain, Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources, Water and Soil Sciences, 17(65): 25-38.

مقاله پژوهشی



بررسی دقت روش ژئوالکتریک در احداث سدهای زیرزمینی در مناطق کم آب و کویری (مطالعه موردی: منطقه دهبکری استان کرمان)



نجمه حاج سید علی خانی^{*}، حمزه سعیدیان^۲، علیجان آبکار^۲



این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کرییتیو کامنز قابل استفاده است.



ارجاع به این مقاله: حاج سید علیخانی، نجمه؛ سعیدیان، حمزه؛ آبکار، علیجان (۱۴۰۲). بررسی دقت روش ژئوالکتریک در احداث سدهای زیر زمینی در مناطق کم آب و کویری (مطالعه موردی: منطقه دهبکری استان کرمان). هیدروژئومورفولوژی، ۱۰ (۳۵): ۳۴-۴۶.

DOI: 10.22034/HYD.2023.54599.1667



چکیده

سدهای زیرزمینی می‌توانند جایگزین بسیار مناسبی برای سدهای اصلاحی باشند به طوری که در دهه‌های اخیر به علت ویژگی‌های ممتازی که دارند بسیار مورد توجه محققان مختلف در سراسر دنیا قرار گرفتند. برداشت‌های ژئوالکتریک در محل محور و مخزن پیشنهادی سد زیرزمینی دهبکری به روش سونداژنی و با استفاده از آرایه شلومبرژه انجام شد. این برداشت‌ها در طول ۶ پروفیل (P₁ تا P₆) صورت گرفت و تعداد ۳۲ سونداژ الکتریک در محدوده مورد نظر انجام شد. نتایج مطالعات ژئوالکتریک حاکی از آن است که یک مدل دو لایه در طول مقاطع ژئوالکتریک وجود دارد که لایه بالایی همان لایه آبرفتی و لایه زیرین سنگ کف می‌باشد. لایه آبرفتی، خود به دو بخش خشک در بالا و آبدار در پایین تقسیم می‌شود. عمق رسیدن به سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف محدوده مورد مطالعه متفاوت است، اما به طور متوسط می‌توان آن را ۵ متر در نظر گرفت. ضخامت آبرفت نیز در طول پروفیل‌ها متغیر است، اما بیشترین ضخامت آن عموماً در بخش‌های میانی مقاطع ژئوالکتریک و بیشتر نزدیک به تکیه‌گاه راست وجود دارد. بالاترین ضخامت آبرفت در محل سونداژ S26 و معادل ۱۳ متر برآورد شده است. با توجه به مقیاس مقاومت مخصوص الکتریکی لایه‌ها و با عنایت به رخنمون‌های سنگی دو طرف رودخانه، به نظر می‌رسد که سنگ کف در بیشتر نقاط دارای لیتولوژی متناوب از جنس شیل، مارن و ماسه سنگ و در برخی نقاط از جنس مارن می‌باشد.

کلیدواژه‌ها

ژئوالکتریک، سد زیرزمینی، سونداژ، منطقه دهبکری کرمان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۳۰

* نویسنده مسئول: نجمه حاج سید علیخانی

رایانامه: n.sedalikhani@areeo.ac.ir

- ۱- محقق بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.
- ۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران.

۱- مقدمه

احداث سدهای زیرزمینی در سراسر دنیا به سرعت در حال گسترش می‌باشد و می‌توانند جایگزین بسیار مناسبی برای انواع سدهای اصلاحی در آینده‌های بسیار نزدیک شوند. در سرزمین‌های خشک به دلیل شرایط خاص جوی و اقلیمی که تبخیر بالا می‌باشد، امکان ذخیره‌سازی سطحی آب‌ها در مقیاس کوچک مشکل و غیر اقتصادی است زیرا بخشی از آب در اثر تبخیر و بخشی در اثر نفوذ از دسترس خارج شده و همچنین مخازن سطحی عمر مفید زیادی ندارند و در اثر انباشت رسوبات، پر شده و از دسترس خارج می‌گردند. شاید بهترین شیوه و مدل برداشت جریان‌های زیرقشری در این‌گونه مناطق بکارگیری سدهای زیرزمینی باشد. امروزه در بسیاری از کشورهای دنیا ساخت بندهای زیرزمینی به عنوان روشی جدید در بهره‌برداری از منابع آب مورد توجه قرار گرفته است (لاله‌زاری و طباطبایی^۱، ۲۰۱۳: ۲۵). در آینده‌ای نزدیک رفاه و آسایش جمعیت دنیا به‌طور قابل ملاحظه‌ای به بهره‌برداری بهینه و پایدار منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی بستگی خواهد داشت (بیر^۲ و همکاران، ۲۰۰۰: ۶۲۵؛ مینسیردی^۳ و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۰۱۳). سدهای زیرزمینی، نوسانات سطح آب زیرزمینی را با ذخیره کردن آب تا حد زیادی کم می‌کنند (پیترسن^۴، ۲۰۱۳: ۵۸). بندهای زیر سطحی، مواعی هستند با قابلیت مسدود کردن جریان زیر سطحی آب، که موجب می‌شوند آب در آبخوان‌های محلی نگه داشته شود و یا به آبخوان مجاور انتقال یابند (افکار^۵ و همکاران، ۲۰۱۰: ۱). بندهای زیرزمینی به دلیل تنوع، در صورت اجرای مناسب، می‌توانند نقش موثری در مدیریت و توسعه منابع آبی کوچک به ویژه در دوران خشکسالی ایفا نمایند. این روش کاربردهای متفاوتی داشته و در شرایط مختلف قابل اجرا می‌باشد (مجیدی^۶، ۲۰۰۶: ۱). امروزه سدهای زیرزمینی کاربردهای قابل توجه‌ای برای ذخیره کردن آب دارند و معمولاً این سدها حجمی به مراتب کمتر از سدهای سطحی دارند (میرزایی^۷ و همکاران، ۲۰۱۵: ۳۸۱). استفاده مناسب و درست از منابع آب‌های زیرزمینی می‌تواند در توسعه کشاورزی، اشتغال زایی و کاهش تخریب مزارع موثر باشد (کردوانی^۸، ۲۰۱۲: ۱). تعیین تغییرات ذخیره آب زیرزمینی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک موضوعی مهم و حیاتی به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب زیرزمینی است (نبوی^۹ و همکاران، ۲۰۲۰: ۸۵۵). ضمناً کیفیت آب‌های زیرزمینی مانند آب‌های سطحی به‌طور پیوسته در حال تغییر می‌باشد (علیزاده^{۱۰}، ۲۰۰۷: ۵۳۲). مطالعات ژئوفیزیک، زمین شناسی و لرزه زمین ساخت از بخش‌های مهم و اصلی ساخت سدهای زیرزمینی می‌باشند (چنگ^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۴۳۱) که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه محققان مختلف در سراسر دنیا قرار گرفته است. در ارتباط با تاثیر و چگونگی ساخت سدهای زیرزمینی مطالعات مختلفی در سراسر دنیا انجام شده است که گاهی منجر به توسعه روش‌های مفید و مهمی کشف و توسعه سفره‌های آب‌های زیرزمینی شده است. یلماز^{۱۲} (۲۰۰۳) با مطالعاتی که در ترکیه برای ساخت انواع بند زیرزمینی انجام داد نتیجه گرفت که بند زیر زمینی راهی برای کنترل آب‌های زیرزمینی می‌باشد. اورینت کویلیس^{۱۳} و همکاران (۲۰۰۹) نتیجه گرفتند که یک بند زیرزمینی تأثیر زیادی در دسترس قرار دادن آب در فصل خشک دارد و بندهای شنی روش هیدرولوژیکی موفق هستند که می‌توان در مناطق خشک کنیا و دیگر مناطق، ساخت آنها را تعمیم داد. اس کای^{۱۴} و همکاران (۲۰۱۸) مناطق حاوی آب زیرزمینی قابل بهره‌برداری در منطقه جنوب آندمان را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با انجام گمانه‌های اکتشافی در نقاط پیشنهادی، نتایج حاصل از مطالعات ژئوالکتریک مورد تایید می‌باشد. سان^{۱۵} و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تاثیر احداث سد زیر زمینی وانگ در چین پرداختند و نتایج نشان داد که احداث این سد علاوه بر بهبود جریان آب زیر زمینی از نظر کیفیت و جذب مواد معدنی نیز باعث بهبود منابع آبی شده است. امروزه خطر ناشی از کاهش کمی و کیفی منابع آبی زیر زمینی به عنوان چالشی جدی در پیش روی منابع آبی کشور قرار دارد (یزدانی مقدم^{۱۶}، ۲۰۱۴: ۱۷۱). در حال حاضر بسیاری از کشورها از جمله ایران در وضعیت تنش آبی بسیار بالا قرار دارند و بیش از ۸۰ درصد از آب‌های مصرفی از آب‌های زیرزمینی برداشت می‌شوند (مقدم منش و پور معصومی لنگرودی^{۱۷}، ۲۰۲۰: ۷۷). ایرانیان به فکر استفاده بهینه از فنون بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و ترویج آموزش بیشتر در این زمینه بوده‌اند (شایان یگانه^{۱۸}، ۲۰۲۰: ۱). آب‌های زیرزمینی برای بسیاری از جوامع مهم‌ترین منبع تامین آب آشامیدنی نیز می‌باشند (نصرتی و همکاران^{۱۹}، ۱۳۹۷: ۱). هدف اصلی تحقیق حاضر بررسی احداث سدهای زیرزمینی به منظور تامین و ذخیره آب در مناطق کویری است که از نوآوری‌های این پژوهش محسوب می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

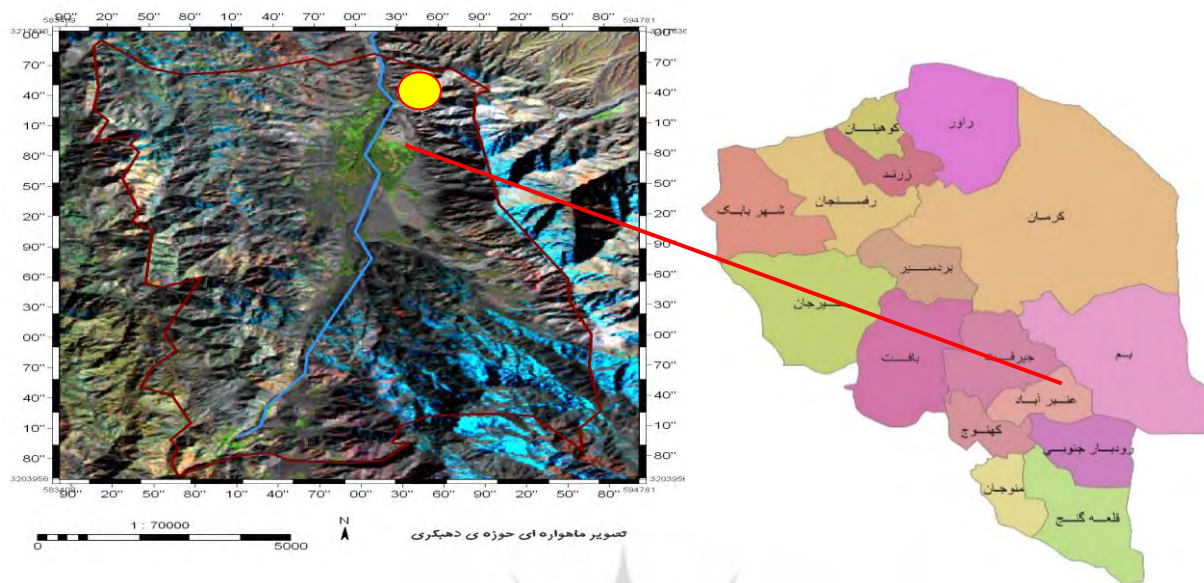
موقیت سد زیرزمینی دهبکری

1- Lalehzari and Tabatabai
2- Bear
3- Minciardi
4- Petersen
5- Afkar
6- Majidi
7- Mirzaei

8- Kardavani
9- Nabavi
10- Alizadeh
11- Cheng
12- Yilmaz
13- Orient Quilis
14- SK

15- Sun
16- Yazdani Moghadam
17- MoghadamManesh
18- Shayan Yeganeh
19- Nosrati

دهبکری، از توابع شهرستان بم یکی از ییلاق‌های مهم استان کرمان است که در دامنه‌ی کوه شیر و جبال بارز قرار دارد. کوه‌های دهبکری از درختان پسته، بادام و بادام وحشی پوشیده شده است. این منطقه به دلیل آب و هوای معتدل از مناطق جذاب استان کرمان محسوب می‌شود که در میان مناطق بسیار گرم جیرفت و بم واقع شده است.



شکل (۱): موقعیت روستای دهبکری
Figure (1): Dehbakri Village's Status

رودخانه‌ی دهبکری از کوه‌های جبال بارز سرچشمه می‌گیرد و پس طی مسافت چندین کیلومتر به سمت بم و کویر لوت جریان می‌یابد. بستر این رودخانه دارای آبرفت‌های درشت‌دانه است و طی سالیان اخیر آبدهی این رودخانه بسیار کم شده است و بیشتر محدود به اواخر پاییز تا اوایل تابستان است. در اواخر تابستان آب آن در بسیاری از سال‌ها به کلی خشک می‌شود. کشاورزان منطقه با احداث جوی‌های سیمانی و یا بدون عایق سعی می‌کنند تا از آب موجود برای آبیاری اراضی حاشیه‌ی رودخانه استفاده کنند. این رودخانه از روی محور سد رد می‌شود. محل سد با عرض آبراهه به حدود ۶۰ متر بوده، که در مختصات $11^{\circ}55' E$ و $29^{\circ}40' N$ واقع شده است. شیب متوسط کف آبراهه ۲ درصد است که در بخش‌های بالا دست بیشتر می‌شود. این شیب از محل سد به سمت بالا دست تا فاصله‌ی حدوداً $2/5$ کیلومتر بین ۱ تا ۳ درصد می‌باشد. بیشترین ارتفاع حوزه 3168 متر و مربوط به قله‌ای است که در قسمت جنوب شرق حوزه واقع شده است. کمترین ارتفاع نیز مربوط به محل پیشنهادی سد و 1951 متر می‌باشد. مساحت حوزه برابر با $82/0243$ کیلومتر مربع است. محیط این حوزه برابر با $50/883$ کیلومتر است. حوزه آبریز سد زیرزمینی دهبکری، در تقسیم‌بندی ساختمانی ایران، جزء زون ساختمانی ایران مرکزی می‌باشد. این زون ساختمانی یکی از واحدهای اصلی و عمده زمین‌شناسی است که به شکل مثلث در مرکز ایران قرار گرفته و از بزرگترین و پیچیده‌ترین واحدهای زمین‌شناسی ایران محسوب می‌گردد. بخش غربی زون ساختمانی ایران مرکزی از مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی و پیروکلاستیک‌های وابسته به آنها تشکیل شده که در امتداد نوار طویلی، از سهند تا بزمان، به پهنای تقریبی 150 کیلومتر و طول $1700 - 1600$ کیلومتر، به موازات زون ساختاری سهند - سیرجان کشیده شده و به نام کمر بند آتشفشانی سهند - بزمان یا ارومیه - دختر نامیده می‌شود. این کمر بند آتشفشانی در استان کرمان به نام کمر بند دهج - ساردوئیه معروف است. لذا واحدهای زمین‌شناسی از جنس مواد آتشفشانی، با سن ائوسن در آن زیاد مشاهده می‌شود. در محدوده مورد مطالعه سد پیشنهادی، واحدهای قبل از ائوسن، که مربوط به دوره کرتاسه می‌باشند نیز گسترش قابل توجهی دارند.

ارزیابی واحدهای زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه دهبکری

کرتاسه (K_2^{ms}): قدیمی‌ترین واحدهای چینه‌ای محدوده مورد مطالعه متعلق به کرتاسه است که شامل واحد چینه‌ای K_2^{ms} می‌باشد. این واحد زمین‌شناسی به صورت یک مجموعه مرکب از لایه‌های نازک ماری، همراه با ماسه سنگ و آهک است که دارای ارتفاع نسبی زیادی بوده و شیب دامنه‌ها در آن، به نسبت زیاد می‌باشد. **پالئوسن (E_b^{ab}):** گسترش واحدهای سنگی پالئوسن، در محدوده مورد مطالعه کم بوده و تنها واحد زمین‌شناسی E_b^{ab} متعلق به این دوره است. این واحد متشکل از آندزیت، بازالت و پیروکلاستیک‌های همراه آنها می‌باشد. ارتفاع نسبی این واحد کم و به دلیل تأثیر شدید فرسایش، حالت سخت و متراکم ندارد و سیستم‌های درزه و شکستگی نیز در آن، به وضوح دیده نمی‌شود. **ائوسن:** گسترش

واحدهای آتشفشانی ائوسن، در استان کرمان زیاد بوده و مجموعه‌های آذرین، در قالب یک کمر بند پیوسته تحت عنوان کمر بند آذرین دهج - ساردوئیه وجود دارد. این واحدها، شامل مجموعه کاملی از سنگ‌های آذرین بیرونی و مواد پیروکلاستیک همراه و نیز توده‌های نفوذی گرانیتی و گرانودیوریتی می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه، بیشترین گسترش واحدهای چینه‌ای، مربوط به دوره ائوسن است. **نئوژن:** محدوده مورد مطالعه در کمر بند آتشفشانی ارومیه - دختر قرار دارد. بنابراین گسترش واحدهای نئوژن در آن کم است و تنها در پایین دست محور سد، در محل پلانچ آهک های کرتاسه دیده می‌شوند. این واحد زمین شناسی، متشکل از مارن، شیل، ماسه سنگ آرژیلی و ماسه سنگ بوده و دارای شیب کم است و حالت تپه ماهوری دارد. رخنمون های سنگی آن به صورت محدود، در محل بریدگی رودخانه و ترانشه جاده دیده می‌شوند. **رسوبات کواترنر:** نهشته‌های کواترنر، قسمت اعظم فرورفتگی‌های بین کوه‌ها را پوشانده‌اند و شامل تراس‌های آبرفتی قدیمی و جدید می‌باشند.

لیتولوژی جناحین محل سد زیرزمینی دهبکری

با توجه به بازدیدهای صحرائی به عمل آمده از منطقه مورد مطالعه و استفاده از نقشه زمین‌شناسی، ذکر این نکته لازم است که محل پیشنهادی برای مکان‌یابی و احداث سد زیرزمینی بر روی رودخانه دهبکری گسله است، این گسل مربوط به دوره کواترنری هست. لذا واحدهای سنگی و چینه‌ای در طرفین محل سد متفاوت است.

لیتولوژی جناح راست محل سد

با توجه به عکس‌های هوایی منطقه و بازدیدهای صحرائی به عمل آمده این واحد سنگی به صورت یک واحد سخت و نسبتاً متراکم در سطح زمین رخنمون دارد. جنس این واحد مارن، سنگ آهک و به مقدار کم ماسه سنگ می‌باشد. که تکیه گاه سمت راست محور سد بر روی این یال قرار می‌گیرد این واحد سنگی گستردگی بیشتری نسبت به سایر واحدهای تشکیل دهنده حوزه دارد و میزان نفوذپذیری آنها به طور نسبی کم می‌باشد. مارن‌های آهکی موجود در این واحد سنگی بستر مناسبی جهت احداث سد می‌باشد. وجود لایه‌های نازک لایه تا ضخیم لایه و تقریباً عاری بودن آنها از حفرات انحلالی دال بر این موضوع می‌باشد.



شکل (۲): مارن های آهکی و ماسه ای در جناح سمت راست محور سد

Fig (2): Calcareous and sandy marls on the right part of the dam axis

وجود لایه‌های خیلی نازک، چین خوردگی‌های کم و نبود غارهای آهکی نمی‌تواند خطرات جدی را در اثر حجم و فشار آب در فونداسیون و یا تکیه‌گاه‌های انتهایی ایجاد نماید. این واحد سنگی نسبت به فرسایش فیزیکی مقاوم بوده و از مقاوم‌ترین سنگ‌های حوزه است. ولی در مقابل هوازدگی شیمیایی به ویژه آب‌های فرورو حاوی گاز کربنیک تاثیرپذیر بوده و در بعضی از نقاط باعث تشکیل حفرات انحلالی می‌گردد. و از این نظر یکی از سنگ‌های اصلی منابع آب زیرزمینی حوزه را تشکیل می‌دهد. شیب لایه‌های سنگی از ۲۰ تا ۶۰ درجه متغییر بوده (از محور سد به سمت بالادست) لذا با توجه به اینکه جهت شیب لایه ها در خلاف جهت جریان آب می‌باشد می‌تواند به عنوان یک لایه آب بند و ناتراوا در محور، مخزن و تکیه گاه سمت راست عمل کند.



شکل (۳): واحدهای سنگی شیل، مارن و ماسه سنگ های نازک لایه دار

Fig (3): Shale, marl and thinly layered lithology units

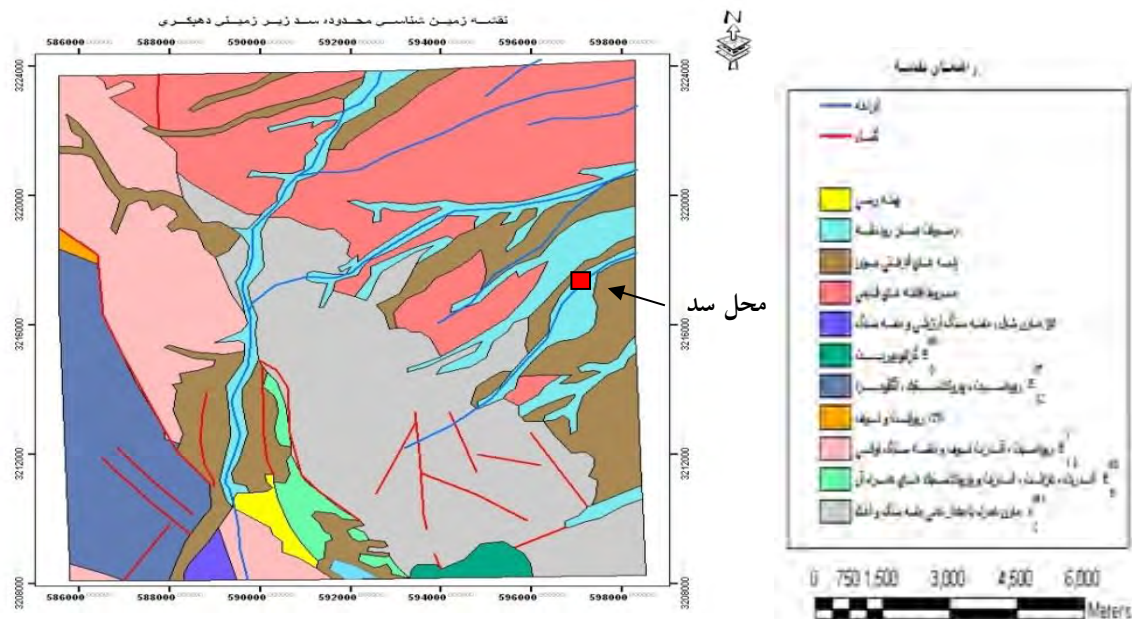
لیتولوژی جناح چپ محل سد

این واحد سنگی به صورت مجموعه ای از لایه های سخت و متراکم صخره ای با مواد نرم و ضعیفتر وجود دارد که سیستم درز و شکاف در آن توسعه پیدا کرده است. این واحد سنگ شناختی عمدتاً از جریان های گدازه ای ریوداسیتی، پیروکلاست و توف تشکیل شده است. هوازدگی و آلتراسیون شدید در بعضی از نقاط این واحد سنگی باعث تولید خاک بر روی لایه های سخت و سنگی شده است. بر طبق بازدید های صحرائی به عمل آمده و استفاده از نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در جناح سمت چپ سد وجود واحدهای سنگی عمدتاً از جنس شیل، مارن و ماسه سنگ به همراه آهک کاملاً مشهود می باشد. شکل شماره ۲-۱۵ و این واحد سنگ چینه ای را نشان می دهد. لذا خصوصیات مهندسی مربوط به این واحد سنگی این راهکار را ارائه می دهد که با توجه به اینک جهت جریان آب در خلاف جهت شیب لایه بندی است (با توجه به ساختار زمین شناسی منطقه) می تواند به عنوان ساختگاه مناسبی در جهت آب بندی مخزن در سمت چپ محور سد ایفای نقش کند.



شکل (۴): وجود لایه شیلی به عنوان تکیه گاه سمت چپ

Fig (4): The presence of shale layer as the left support



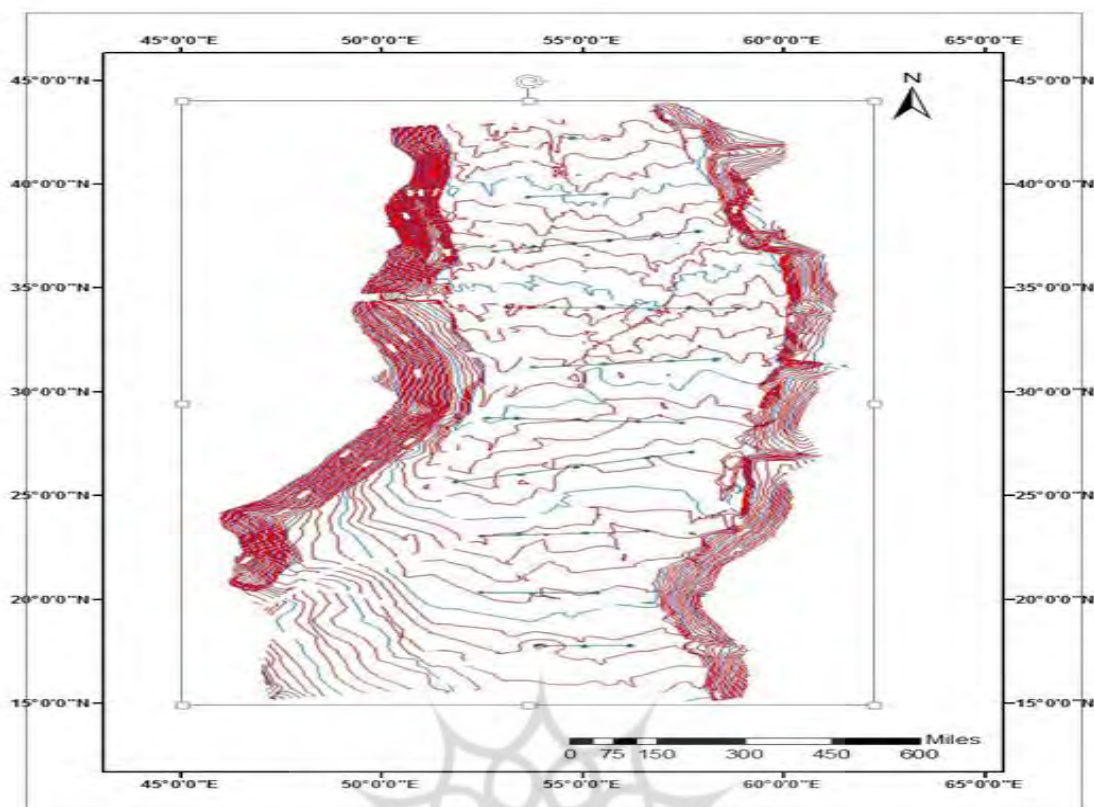
شکل (۵): نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه
 Fig (5): The geology map of the studied area

روش سونداژزنی در منطقه دهبکری

در روش سونداژزنی الکتریکی بیشتر از آرایه الکترودی شلومبرژه استفاده می‌شود. در این آرایه الکترودهای جریان و پتانسیل به طور متقارن در دوطرف یک نقطه مرکزی که همان محل برداشت است قرار می‌گیرند. با افزایش تدریجی فاصله الکترودها عمق نفوذ افزایش یافته و اطلاعاتی از اعماق بیشتر بدست می‌آید. در این برداشت‌ها بیشترین فاصله الکترودهای جریان معادل $AB = 100$ متر بوده‌است.

عملیات ژئوالکتریکی ساختگاه پیشنهادی سد زیرزمینی سد دهبکری

برداشت‌های ژئوالکتریک در محل محور و مخزن پیشنهادی سد زیرزمینی دهبکری به روش سونداژزنی و با استفاده از آرایه شلومبرژه انجام شد. این برداشت‌ها در طول ۶ پروفیل (P_1 تا P_6) صورت گرفت و تعداد ۳۲ سونداژ الکتریک در محدوده مورد نظر انجام شد. در این برداشت‌ها، داده‌های بدست آمده با بکارگیری نرم‌افزار IPI2WIN مورد پردازش و تعبیر و تفسیر قرار گرفت و در نتیجه ۶ مقطع ژئوالکتریک از محل محور و مخزن پیشنهادی ترسیم گردید. در این مقطع حرف S و شماره‌های اندیس آن، موقعیت ایستگاه‌های سونداژ الکتریک را نشان می‌دهد.



شکل (۶): برداشت‌های ژئوالکتریک و نقشه زهکشی از محور سد زیرزمینی دهبکری
 Fig (6): Geoelectric samples and drainage map of dehbekari underground dam axis

۳- نتایج و بحث

مقیاس مقاومت مخصوص لایه‌ها

نتایج بدست آمده از سونداژهای ژئوالکتریک، نشان دهنده وجود یک مدل دو لایه در عمق مورد بررسی است. این دو لایه شامل لایه آبرفتی و سنگ کف زیرین می باشد. بخش زیرین لایه آبرفتی، به علت مرطوب بودن، مقاومت ویژه کمتری نسبت به آبرفت‌های خشک بالایی نشان داده است. از مقایسه مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه‌ها در سونداژهای مختلف در محدوده محور و مخزن، مقیاس مقاومت مخصوص الکتریکی لایه‌ها بدست آمده که در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است.

جدول (۲): مقیاس مقاومت مخصوص لایه‌ها

Table (2): Layers Special Resistance Scale

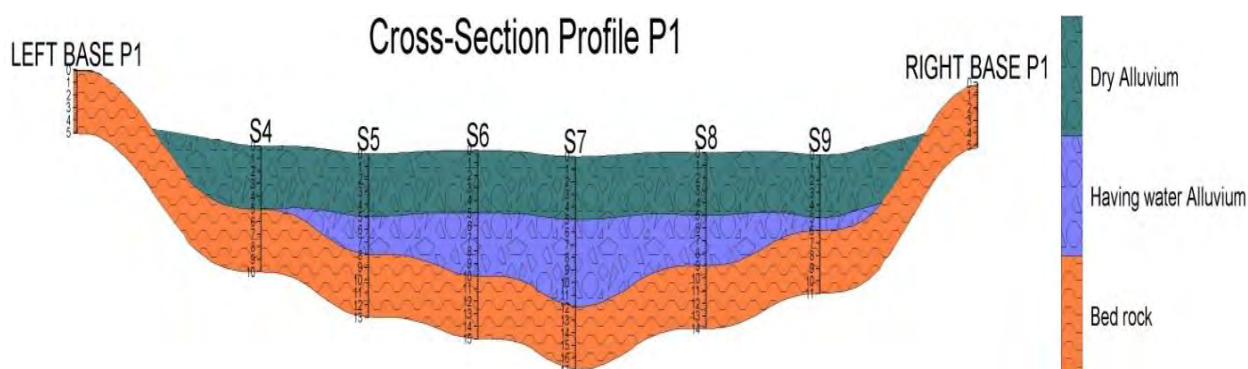
تعداد لایه	نوع لایه	محدوده مقاومت مخصوص الکتریکی (اهم متر)
آبرفت	خشک	۲۵۱ - ۷۵
	مرطوب یا آبدار	۲۵ - ۱۷
سنگ کف	سنگ کف	۷۸ - ۴۵

شرح مقاطع ژئوالکتریک

شش مقطع ژئوالکتریک، با استفاده از نتایج سونداژهای الکتریک از محل محور پیشنهادی تا انتهای مخزن ترسیم گردید (P_1 تا P_6) که موقعیت آنها بر روی نقشه توپوگرافی محدوده طرح مشخص شده است.

مقطع ژئوالکتریک P_1 (محور)

این مقطع بر روی محور پیشنهادی منطبق است و سونداژهای S_4 تا S_9 بر روی آن قرار دارند. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، در این مقطع شیب سنگ کف از دو طرف به سمت مرکز پروفیل است و عمیق‌ترین نقطه سنگ کف در محل سونداژ S_7 و حدود ۱۲ متر برآورد شده است.

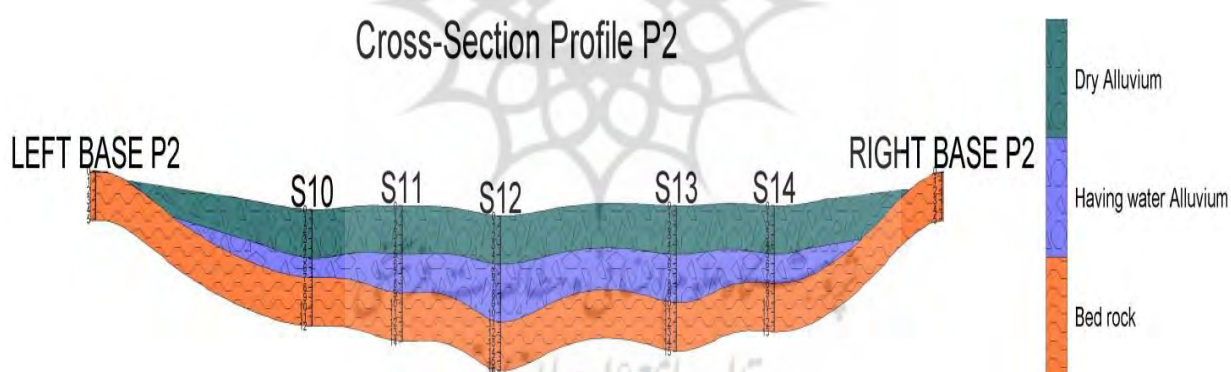


(۷): مقطع ژئوالکتریک P_1 (محور)

Fig (7): Geoelectric cross section P_1 (axis)

مقطع ژئوالکتریک P_2

فاصله متوسط این مقطع از محور حدود ۶۰ متر است و سونداژهای S_{10} تا S_{14} بر روی آن قرار دارند. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، این مقطع حالت تقریباً متقارن مقعر P_1 را ندارد و عمیق‌ترین قسمت‌های سنگ بستر بیشتر در نزدیکی تکیه‌گاه راست قرار دارند. بیشترین ضخامت آبرفت، در محل سونداژ S_{12} و بیشتر از ۱۰ متر برآورد گردیده است.

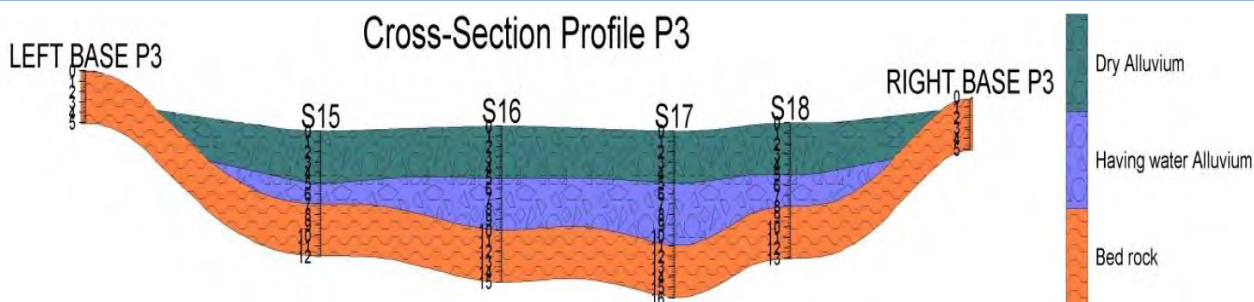


شکل (۸): مقطع ژئوالکتریک P_2

Fig (8): Geoelectric cross section P_2

مقطع ژئوالکتریک P_3

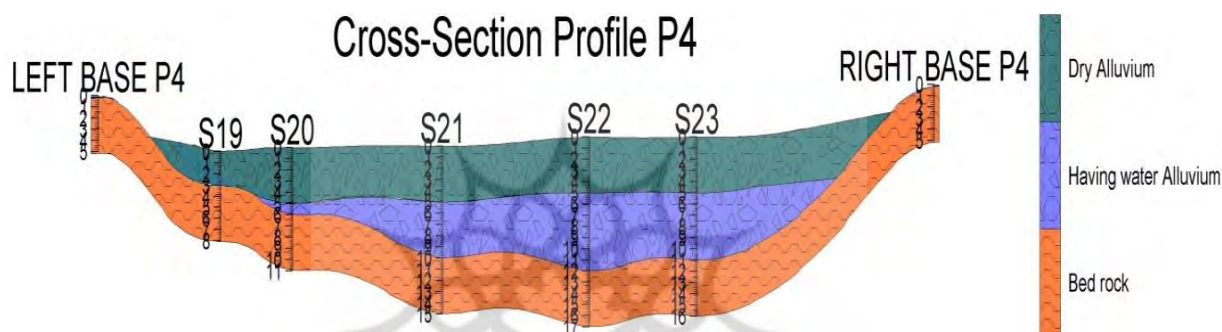
فاصله متوسط این مقطع تا مقطع P_2 حدود ۴۵ متر است و سونداژهای S_{15} تا S_{18} بر روی آن قرار دارند. مقطع P_3 مشابه مقطع P_1 تقریباً حالت متقارن به خود گرفته اما باز هم بیشترین ضخامت آبرفت که به تکیه‌گاه راست نزدیک‌تر است مربوط به سونداژ S_{17} و حدود ۱۱ متر برآورد شده است.



شکل (۹): مقطع ژئوالکتریک P_3
 Fig (9): Geoelectric cross section P_3

مقطع ژئوالکتریک P_4

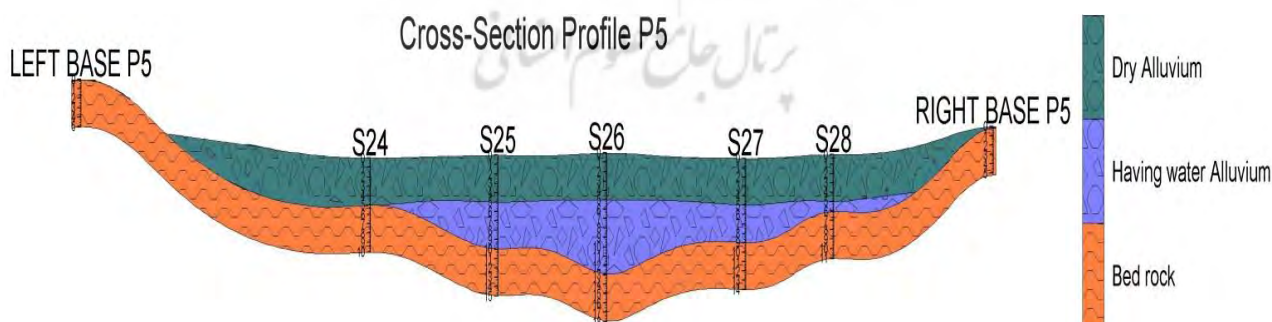
این مقطع نیز تقریباً حالت متقارن دارد و فاصله متوسط آن تا مقطع P_3 حدود ۵۰ متر است. سونداژهای S_{19} تا S_{23} بر روی آن قرار دارند. بیشترین ضخامت آبرفت در محل سونداژ S_{22} و حدود ۱۲ متر برآورد شده که تقریباً در وسط این مقطع می باشد.



شکل (۱۰): مقطع ژئوالکتریک P_4
 Fig (10): Geoelectric cross section P_4

مقطع ژئوالکتریک P_5

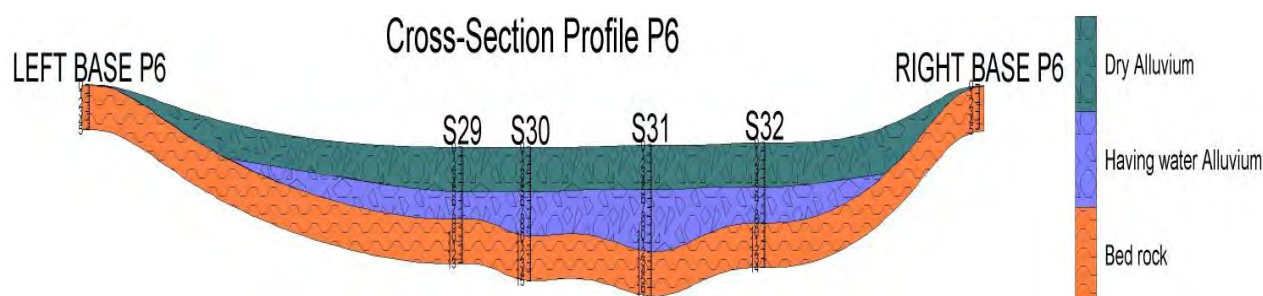
این مقطع نیز تقریباً حالت متقارن دارد اما ضخامت آبرفت، به طور کلی، در نیمه غربی آن بیشتر از نیمه شرقی است. فاصله متوسط آن تا مقطع P_4 حدود ۴۰ متر است و سونداژهای S_{24} تا S_{28} بر روی این مقطع قرار دارند. بیشترین ضخامت آبرفت، در محل سونداژ S_{26} و حدود ۱۳ متر برآورد شده است.



شکل (۱۱): مقطع ژئوالکتریک P_5
 Fig (11): Geoelectric Cross Section P_5

مقطع ژئوالکتریک P_6

این مقطع مشابه مقطع P_2 کاملاً حالت نامتقارن دارد و عمیق ترین نقاط سنگ بستر مربوط به نیمه غربی آن و نزدیک تکیه گاه راست می باشد. فاصله متوسط این مقطع تا مقطع P_5 حدود ۶۰ متر است و سونداژهای S_{29} تا S_{32} بر روی آن قرار دارند. بیشترین ضخامت آبرفت در محل سونداژ S_{31} و حدود ۱۲ متر برآورد شده است.



شکل (۱۲): مقطع ژئوالکتریک P_6
Fig (12): Geoelectric Cross Section P_6

نتایج مطالعات ژئوالکتریک دهگیری که در مقاطع ژئوالکتریک (P_1 تا P_6) مشاهده می شود حاکی از آن است که یک مدل دو لایه در طول این مقاطع وجود دارد که لایه بالایی همان لایه آبرفتی و لایه زیرین سنگ کف می باشد. لایه آبرفتی، خود به دو بخش خشک در بالا و آبدار در پایین تقسیم می شود. عمق رسیدن به سطح آب زیرزمینی در نقاط مختلف محدوده مورد مطالعه متفاوت است، اما به طور متوسط می توان آن را ۵ متر در نظر گرفت. ضخامت آبرفت نیز در طول پروفیل ها متغیر است، اما بیشترین ضخامت آن عموماً در بخش های میانی مقاطع ژئوالکتریک و بیشتر نزدیک به تکیه گاه راست وجود دارد. بالاترین ضخامت آبرفت در محل سونداژ S_{26} و معادل ۱۳ متر برآورد شده است. به همین ترتیب عمق سنگ کف نیز در نقاط مختلف گستره طرح متغیر است. با توجه به مقیاس مقاومت مخصوص الکتریکی لایه ها و با عنایت به رخنمون های سنگی دو طرف رودخانه، به نظر می رسد که سنگ کف در بیشتر نقاط دارای لیتولوژی متناوب از جنس شیل، مارن و ماسه سنگ و در برخی نقاط از جنس مارن می باشد. در مجموع نتایج کلی تحقیق نشان داد که استفاده از روش ژئوالکتریک برای کشف سفره های آب های زیر زمینی و همچنین احداث سدهای زیر زمینی روشی کاربردی و مهم است که با نتایج تحقیقات یوگو^۱ و همکاران (۲۰۱۶) و اس کای^۲ و همکاران (۲۰۱۸) که روش ژئوالکتریک را به کار بردند و نتایج مناسبی گرفتند، مطابقت دارد. و همچنین نتایج تحقیق نشان داد که برای ساخت سدهای زیرزمینی مطالعات ژئوتکنیکی ضروری است که با نتایج تحقیق داوود^۳ (۲۰۰۴) مطابقت دارد و همچنین نتایج تحقیق بیان می کند که روش ژئوالکتریک به علت کارایی بالای آن در کشف سفره های آب های زیرزمینی و همچنین احداث سدهای زیرزمینی باید توسعه یابد که با نتایج تحقیق نیلسون^۴ (۱۹۸۸) که بیان کرد روش ژئوالکتریک با توجه به پرهزینه بودن آزمایش های آن، باید محدود شود، مغایرت دارد.

۴- نتیجه گیری

روش ژئوالکتریک در احداث سدهای زیرزمینی به یکی از روش های مهم و کاربردی در سراسر دنیا تبدیل شده است و روز به روز با پیشرفت تکنولوژی های مختلف بر کارایی و دقت این روش افزوده می شود و از این روش می توان برای توسعه آب های زیرزمینی در مناطق مختلف به خصوص مناطق کویری مانند استان کرمان بیشتر بهره برد. نتایج تحقیق برای احداث سد زیر زمینی دهگیری نشان داد که یک مدل دو لایه در طول مقاطع ژئوالکتریک وجود دارد که لایه بالایی همان لایه آبرفتی و لایه زیرین سنگ کف می باشد. لایه آبرفتی، خود به دو بخش خشک در بالا و آبدار در پایین تقسیم می شود. عمق رسیدن به سطح آب زیرزمینی به طور متوسط می توان آن را ۵ متر در نظر گرفت. بالاترین ضخامت آبرفت در محل سونداژ S_{26} و معادل ۱۳ متر برآورد شده است. نتایج تحقیق نشان داد که با به کار بردن روش ژئوالکتریک در کشف لایه های آبدار و احداث سدهای زیرزمینی می توان کمک شایانی برای تامین و ذخیره پایدار آب در مناطق کویری کرد.

- Afkar, M. Lashkaripour, Gh. Ghafouri, M. Tabataba'i Yazdi, J. Ardalanzadeh, A. (2010). **Using satellite photographs to select suitable sites for construction of underground dams (Case study: South Khorasan province)**, 14th Conference of Geological Society of Iran, Urumia University.
- Alizadeh, A. (2007). **Applied Hydrology**, Astan Quds Razavi Publications, Mashhad, 532 Pp.
- 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.
- Cheng, Ru. Wu., Chin, Tsai. Lin. & Huang, Chu Chen. (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.
- Davoodi, M, H. (2004). **Underground dams, economic strategies and effective in the management and development of water resources**, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute.
- Kardavani, P, Moughli, M, Farzi, H. (2012). **Evaluation of Lavar Earth Dam on Groundwater of Lavar-Fin Plain of Bandar Abbas**, Journal of Natural Geography, 5(15): 1-8.
- Lalehzari, R. Tabatabai, H. (2013). **Simulation of the effect of underground dam construction on aquifer storage and nitrate distribution in Shahrekord plain**, Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources, Water and Soil Sciences, 17(65): 25-38.
- Majidi, A. R. (2006). **Management of groundwater resources using underground dams method**, Journal of Soil and Water Conservation, 2nd Year, No. 1.
- Minciardi R., Robba M., Roberta S. (2007). **Decision models for sustainable groundwater planning and control**, Journal of control Engineering Practice. 15: 1013-1029.
- Mirzaei, M, M, Khodashenas, R, Davoodi, M, H, Davari, K. (2015). **Water Management of Underground Dams Based on Numerical Simulation (Case Study: Ravar Underground Dam in Kerman)**, Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 2(9): 381-390.
- MoghadamManesh, M, Pour Masoumi Langroudi, S. (2020). **Tragedy of common resources of use of groundwater resources in agricultural**, Strategic Management Studies, 42:77-98.
- Nabavi, N, Alizadeh, A, Farid Hosseini, A. (2020). **Evaluation of groundwater resources using GRACE satellite gravity data (Case study: Khorasan Razavi)**, Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 3(14): 855-866.
- Nilsson, A. (1988). **Groud water Dams for small-scale water supply**, IT Publication, 69 Pp.
- Nosrati, K, Rajabi Eslami, A, Sayadi, M. (2018). **The Analysis and Classification of Water Quality Using a Multivariate Static Technique in the City of Mallard, Tehran**, Hydrogeomorphology, 15: 171-190.
- Orient Quilis, R., Hoogmoed, M., Ertsen, M., Foppen, J., Hut, R., de Vries, A. (2009). **Measuring and modeling hydrological processes of sand-storage dams on different spatial scales**, Physics and Chemistry of the Earth 34, 289-298.
- Petersen, E.N. (2013). **Subsurface dams for water storage in dry riverbeds**, ASAL Consultants Ltd., Kenya. 58 Pp.
- Shayan Yeganeh, A. (2020). **Abravaneh (Rodab) Underground Water Channel for Water Transfer (Case Study: Nodeh Enghelab Village of Khoshab City)**, Hydrogeomorphology, Vol 6, 23: 39-58.
- 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.
- Sun, Y., Xu, S.G., Kang, P.P., Fu, Y.Z., and Wang, T.X. (2019). **Impacts of Artificial Underground Reservoir on Groundwater Environment in the Reservoir and Downstream Area**, International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(11), 1-21.
- 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.
- Yazdani Moghadam, Y, Vali, Abbasali, Ghazavi, R. (2014). **Investigation of Geostatistics methods in qualitative zoning of groundwater resources in Kashan plain**, Journal of Geography and Environmental Planning, 15, 55(3): 171-185.
- Yilmaz, M. (2003). **Control of ground water by underground dams**, M.C. Thesis, Dept.of Civil. METU, Ankara. 96p.