

تحلیل هیدرودینامیکی نهشته های بستر رودخانه ای محل احداث سد زیرزمینی به منظور استحصال آب (مطالعه موردی سد زیرزمینی مشنق)

احد حبیبزاده، جمشید یاراحمدی و علیرضا مجیدی

دوره ۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۱۳۲-۱۴۲

Vol. 7(1), Spring 2021, 132-142

DOI: 10.22034/jewe.2020.249955.1430

Hydrodynamic Analysis of Riverbed Deposits of Underground Dam Construction Site for Water Harvesting (Case Study: Mashnaq Underground Dam)

Habibzadeh, A., Yarahmadi, J. and Majidi, A.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

حبیبزاده ا.، یاراحمدی ج. و مجیدی ع. (۱۴۰۰). تحلیل هیدرودینامیکی نهشته های بستر رودخانه ای محل احداث سد زیرزمینی به منظور استحصال آب (مطالعه موردی سد زیرزمینی مشنق). محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۷، شماره ۱، صفحات: ۱۳۲-۱۴۲.

Citing this paper¹: Habibzadeh, A, Yarahmadi, J. and Majidi, A. (2021) Hydrodynamic analysis of riverbed deposits of underground dam construction site for water harvesting (Case study: Mashnaq underground dam). Environ. Water Eng., 7(1), 132-142. DOI: 10.22034/jewe.2020.249955.1430

مقاله پژوهشی

تحلیل هیدرودینامیکی نهشته‌های بستر رودخانه‌ای محل احداث سد زیرزمینی به‌منظور استحصال آب (مطالعه موردی سد زیرزمینی مشنق)

احد حبیب زاده*^۱، جمشید یاراحمدی^۱ و علیرضا مجیدی^۲

^۱استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
^۲استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: a.habibzadeh@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۷/۰۳]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۰۸/۰۴]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۹/۰۸/۰۹]

چکیده

امروزه، استفاده از فناوری سدهای زیرزمینی از روش‌های کارآمد در استحصال آب باران و مدیریت سیلاب به‌منظور رفع کمبود منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. سد زیرزمینی، جریان زیرسطحی آب را در مقطع عرضی رودخانه مسدود کرده آن را در زیر بستر رودخانه ذخیره می‌کند. احداث سد زیرزمینی ضمن کمک به محیط‌زیست، جبران آب‌های سطحی و گسترش زمین‌های زیر کشت را به دنبال دارد. حجم آب استحصالی از این سدها بستگی به خواص هیدرولیکی و هیدرودینامیکی رسوبات آبرفتی دارد. هدف از پژوهش حاضر تعیین هیدرودینامیکی نهشته‌های بستر رودخانه‌ای سد زیرزمینی مشنق در شمال دریاچه ارومیه بود. امکان‌سنجی و تعیین محل محور سد، با استفاده از سیستم ArcGIS صورت پذیرفت. سه گزینه تعیین و پس از ارزیابی ژئوفیزیکی محل بازه اصلی با ضخامت ۱۴ m آبرفت، نهایی شد. بررسی‌های زمین‌شناسی مهندسی نشان داد دانه‌بندی رسوبات بستر، از نظر تقسیم‌بندی متحد با بیش از ۷۸٪ شن و ماسه در محدوده خاک‌های شنی غیریکنواخت دانه‌بندی شده قرار داشتند. بر اساس روش استاندارد سازمان مصالح آمریکا در محدوده شن رس‌دار و شن سیلت‌دار بودند. آزمایش لوفران نشان داد رسوبات آبرفتی دارای نفوذپذیری ۰/۰۱۲ cm/s و تخلخل بالای ۳۵٪ بود. بر این اساس آب قابل استحصال در هر دوره آبیگری مخزن سد، 163800 m^3 خواهد بود. آب شرب و بهداشت منطقه صدها کیلومتر دورتر از طریق خط انتقال آب زرینه‌رود تأمین می‌شود. احداث این سد با نگاه واقع‌بینانه به ارزش واقعی آب و نقش آن در جوامع بشری، اثرات محیط‌زیستی سازنده خواهد داشت که نیازمند بررسی مستقل است.

واژه‌های کلیدی: ژئوالکترونیک؛ ژئوتکنیک؛ سد زیرزمینی؛ ضخامت آبرفت.

۱- مقدمه

زیرزمینی در نرم‌افزار GMS7.1 و صحت سنجی داده‌ها، راهکاری مناسب جهت دسترسی به مدیریت بهینه بهره‌برداری از تغییرات سطح آب زیرزمینی در مخزن سد است (Kheirkhah et al. 2012). این نوع سدها در کشورهایی مثل ایران که سطح آب زیرزمینی نوسان زیادی در فصل خشک و مرطوب دارد، مفید خواهد بود (Hasani et al. 2013). این سدها با توجه به هزینه‌های پایین، روش ساخت آسان و ذخیره آب بهداشتی مزایای زیادی نسبت به سدهای اصلاحی داشته و با توجه به آبهوای خشک و نیمه‌خشک ایران روشی مقرون‌به‌صرفه در استفاده بهینه از آب‌های زیرزمینی است (Arabi 2015). زمین‌شناسی مناطق بالادست سد زیرزمینی باید پتانسیل خوبی از نظر نفوذپذیری و ضریب قابلیت انتقال داشته باشد تا هم بتواند مقدار آب زیادی را نفوذ داده و هم آب نفوذ یافته را به پشت سد انتقال دهد (Nojavan et al. 2015).

فرآیند تحلیل شبکه‌ای و منطق بولین در حوضه آبخیز جامیشان کرمانشاه با وزن‌دهی معیارهای مؤثر در ارزیابی مکانی، استفاده شده است (Talebi et al. 2019). تحلیل کاربرد روش‌های سنتی و نوین استحصال آب باران نشان می‌دهد که سد زیرزمینی به‌عنوان روش نوین در جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب نه‌تنها موجب تأمین آب‌شده، با جلوگیری از هدر رفتن جریان‌های کم، آب زیرزمینی از داخل آبرفت‌های کم‌عمق را می‌توان به داخل قنات‌ها هدایت نمود (Maleki et al. 2016). احداث سد زیرزمینی در حوزه آبخیز مشنق، قابلیت ذخیره رواناب در فصل غیر زراعی را دارد ظرفیت ذخیره سفره آبخوان موردنظر در صورت استفاده هم‌زمان از آب ذخیره‌شده توسط کشاورزان سالیانه بیش از 10000 m^3 حجم تضمینی مخزن خواهد بود (Rafei et al. 2018). در مکان‌یابی سد زیرزمینی مناسب‌ترین گزینه ضخامت آبرفت باید ۱۵-۱۰ m است. همچنین جهت استحصال آب، آبرفت باید دارای ضریب ذخیره و آدهی بالا باشد (Habibzadeh et al. 2020). بررسی موقعیت سد زیرزمینی کردستان عراق نشان داد آب با کیفیت مناسب برای مصارف بهداشتی و شرب دام جمع‌آوری خواهد شد (Salahaldin et al. 2014). در حوزه آبخیز کریان هرمزگان از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

ایران کشوری است که در کمربند خشک و نیمه‌خشک دنیا واقع شده است. پراکنش نامناسب بارندگی و تبخیر زیاد از خصوصیات اصلی این مناطق است. بیشتر آب ناشی از بارندگی از طریق تبخیر از دسترس ساکنان خارج می‌شود. از راه‌های برطرف کردن کمبودهای فصلی آب، استفاده از آب‌های زیرزمینی است. در برخی نواحی در اواخر فصل خشک منابع آب زیرزمینی کاهش یافته، در دسترس نیست و برای بهره‌برداری از آن، نیاز به حفر چاه‌های عمیق و صرف هزینه زیاد است. از روش‌های ذخیره آب که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته، استفاده از سدهای آب زیرزمینی^۱ است. ایده استفاده از سدهای آب زیرزمینی در دهه‌های اخیر در پروژه‌های توسعه روستایی افزایش یافته است؛ در این رابطه چندین پروژه در آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی احداث شده است (Ahnfors 1980; Johansson and Sellberg 1987; Nilsson 2005). سابقه ساخت سدهای زیرزمینی در ایران به سال ۱۳۷۰ می‌رسد که در کهنوج کرمان به‌منظور تأمین آب شرب احداث شده است این سد با عرض ۴۰ m و ارتفاع ۱۲ m در شیب ۴٪ با هسته رسی ساخته شد که حجم ذخیره آن حدود 1000 m^3 است (Aminizadeh 2005). یونسکو احداث چندین سد در آفریقا را مورد حمایت قرار داده است و یک پروژه تحقیقاتی توسط دانشگاه علوم و فناوری لاند کشور سوئد با مساعدت کشور زیمبابوه آغاز به کار نموده است (UNESCO 2004).

احداث سدهای زیرزمینی نیاز به ذخیره سطحی نداشته سبب تغییر کاربری اراضی و بوم‌سازگان نخواهد شد، به‌همین خاطر ابنیه‌ای سازگار با شرایط محیط‌زیستی است (Telmer and Best 2004). بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده در صورتی که سدهای زیرزمینی درست احداث شوند، ضمن کمک به محیط‌زیست، جبران آب‌های سطحی و گسترش زمین‌های زیر کشت را به وجود خواهد آورد (Budagpour and Bageri 2010). سفره‌های آب شیرین مجاور دریاها و دریاچه‌های آب‌شور مورد تهدید و تداخل آب‌شور بوده، احداث سد زیرزمینی به‌صورت دیوار آب‌بند راهکاری در مدیریت منابع آب ساحلی است (Khodadadi and Kheirkhah 2010). استفاده از فرآیند مدل‌سازی ریاضی، مدل مفهومی سدهای

¹Groundwater dam

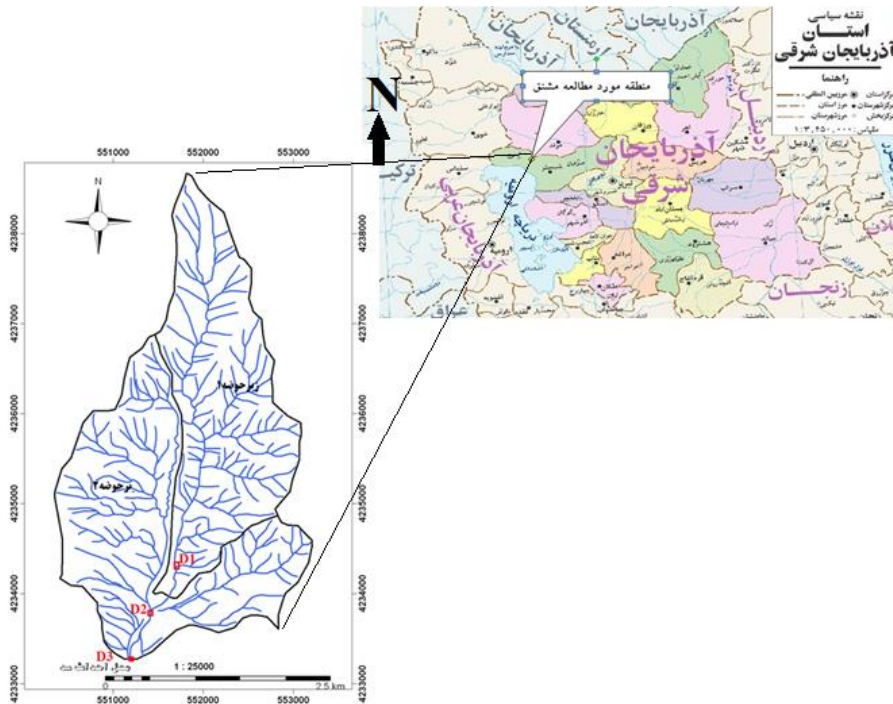
حوضه دریا چای قرار دارد (شکل ۱). بارش متوسط منطقه ۲۸۸ mm و متوسط دمای کل حوضه $4/62^{\circ}\text{C}$ است. مجموع تبخیر و تعرق سالانه حدود $131/6\text{ mm}$ در سال است که بین حداکثر $230/4\text{ mm}$ در تابستان و حداقل 4 mm در زمستان در نوسان است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی روش آمبرژه اقلیم حوضه نیمه‌خشک سرد تا خشک سرد تعیین شده است. حداکثر ارتفاع حوضه 2750 m و حداقل آن 1760 m است. طول آبراهه اصلی در محل بازه $5/88\text{ km}$ و شیب آن 5% است. کاربری اراضی منطقه اغلب اراضی دیم و باغات بوده، زراعت دیم با بیش از 25% سهم عمده در کشاورزی منطقه دارد. محصولات عمده زراعی شامل گندم، جو، نخود و محصولات باغی شامل بادام، گردو، زردآلو و سیب است (Research Center for Agriculture and Natural Resources of East Azarbaijan 2010).

(تاپسیس^۱ و ویکور^۲) در مکان‌یابی سد زیرزمینی استفاده شده است (Chezgi 2020). هدف از این پژوهش دستیابی به یافته‌های علمی و عملی در ارزیابی مکانی محل احداث سد زیرزمینی مشنق چای با استفاده از بررسی‌های زمین‌شناسی سطحی و زیرسطحی برای استحصال آب مناسب بوده است. این حوضه در یک منطقه نیمه‌خشک قرار داشته، اهالی از لحاظ تأمین آب بهداشتی و کشاورزی کاملاً در مشکل هستند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت جغرافیایی و اقلیمی منطقه

منطقه مطالعاتی در استان آذربایجان شرقی، شمال شرق دریاچه ارومیه در مختصات جغرافیایی عرض شمالی $31^{\circ}13'$ تا $31^{\circ}17'41''$ و طول شرقی $25^{\circ}33'25''$ تا $29^{\circ}36'45''$ واقع شده است. این منطقه به نام حوضه آبخیز مشنق چای در کنار روستای مشنق، در زیر



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه

Fig. 1 Geographical location of the study area

۲-۲- رژیم بارندگی حوضه

حدود 17% بارش سالانه را شامل می‌شود. اسفندماه با $11/5\%$ (۳۹ mm) در ردیف بعدی قرار گرفته است. در مقابل، حداقل بارش از آن ماه‌های مرداد با $(1/8\%)$ و شهریور با $(2/1\%)$ است.

بر اساس مطالعات اقلیمی، بارش متوسط منطقه 288 mm و متوسط دمای حوضه $4/62^{\circ}\text{C}$ است. حداکثر بارش ماهانه در اردیبهشت و فروردین به ترتیب با $58/7\text{ mm}$ و 58 mm بوده که در

²Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje (VIKOR)
Environment and Water Engineer

¹Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions (TOPSIS)

(رابطه ۱). بر اساس مشخصات فیزیوگرافی بالادست بازه سد زیرزمینی مشنق به طول آبراهه ۵۸۸۰ m و مساحت حوزه آبخیز ۸۶۵ ha زمان تمرکز ۳۵/۶ min با لحاظ شیب آبراهه ۱۱٪/۷ محاسبه شد. با توجه به اینکه ذخیره آب سد زیرزمینی از طریق نفوذ رواناب‌های سیلابی در ته‌نشست‌های دانه‌درشت بستر رودخانه حاصل می‌شود لازم است مقادیر مربوط به دبی‌های سیلابی با دوره برگشت‌های مختلف محاسبه شود که برای سد زیرزمینی مشنق دبی‌های سیلابی در محل بازه به دو روش SBR و SCS² محاسبه و در جدول (۱) آمده است.

$$t_c = 0.0195L^{0.77}S^{-0.385} \quad (1)$$

که t_c زمان تمرکز بر حسب L, min طول آبراهه بر حسب S, m شیب آبراهه است.

رژیم بارندگی منطقه مورد مطالعه تیپ مدیترانه‌ای با حداکثر بهاره است. فصل بهار در مقایسه با دیگر فصول بیشترین مقدار بارش را داشته، فصل زمستان با ۲۷/۴٪ و پائیز با ۲۵٪ بارش سالانه را به خود اختصاص داده است در مقابل، تابستان خشک‌ترین فصل سال در منطقه بوده که کمترین مقدار بارندگی سالانه را با ۷٪ دریافت می‌کند (Rafei et al. 2018). این موضوع از نظر زمان سیل‌گیری برای مخزن سد زیرزمینی و استفاده آن در کشاورزی حائز اهمیت است.

۲-۳- رواناب و آبدهی سالانه حوضه

جهت محاسبه شدت بارندگی از آمار ایستگاه ثبات دریا در مجاورت محل پژوهش استفاده شد. برای این منظور نیاز به محاسبه زمان تمرکز بود که از رابطه کریپچ^۱ استفاده شد

جدول ۱- دبی‌های سیلابی آبراهه در محل بازه به روش‌های SBR و SCS (Rafei et al. 2018)

Table 1 Flood discharges of waterway by SBR and SCS methods

USBR Q (m ³ /s)	SCS Q (m ³ /s)	Rainfall intensity (cm/hr)	Rainfall intensity (mm/hr)	Frequency period (year)
7.654	15.333	0.9604	9.604	2
11.026	22.089	1.384	13.835	5
13.243	26.532	1.662	16.617	10
15.316	30.687	1.922	19.218	20
18.111	36.284	2.273	22.725	50
20.184	40.437	2.533	25.326	100
22.192	44.459	2.783	27.845	200
24.908	49.901	3.125	31.253	500

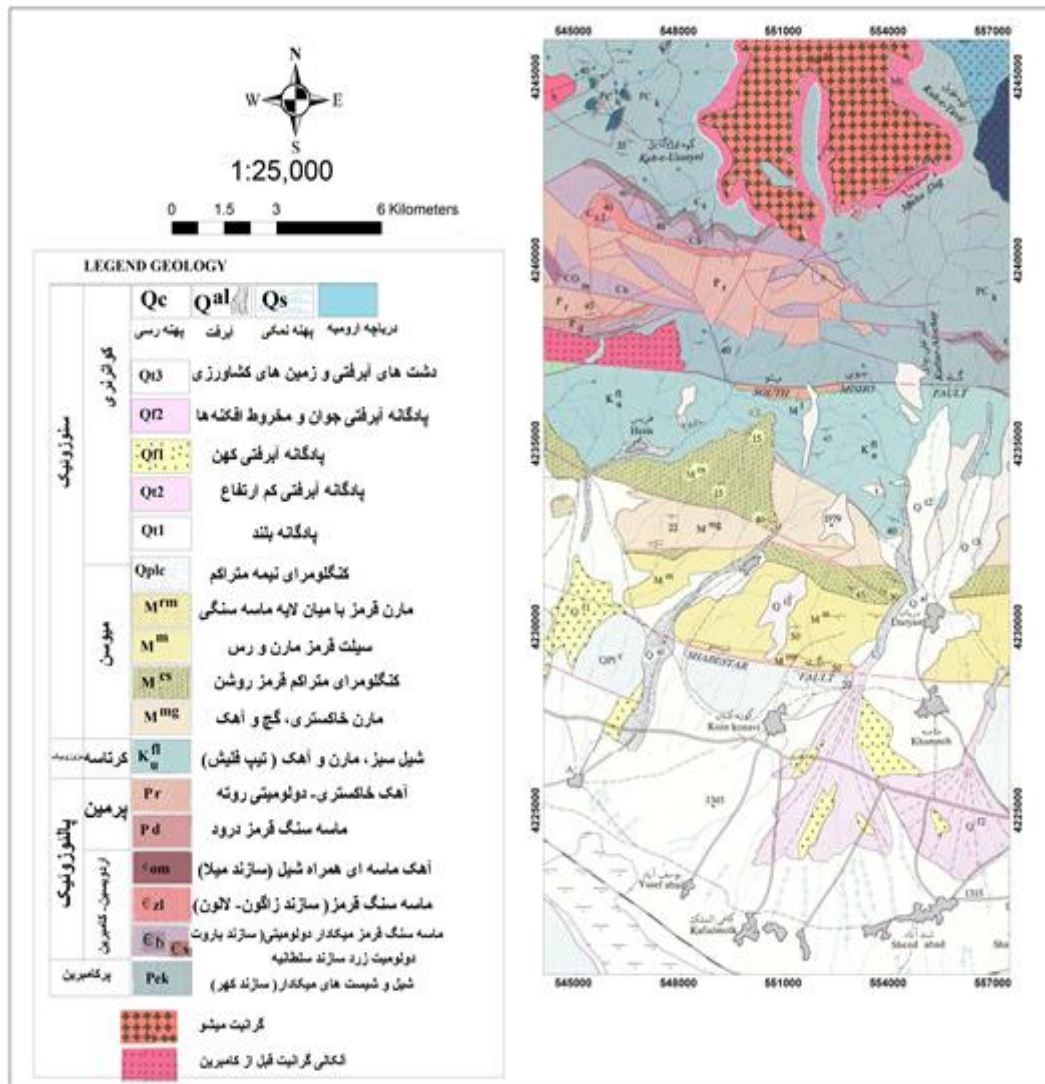
۲-۴- زمین‌شناسی حوزه آبخیز مشنق‌چای

قرارگرفته است. از نهشته‌های دوران مزوزئیک رسوبات مربوط به کرتاسه بالا و سازند تیپ فلیش را می‌توان نام برد که گسترش زیادی داشته و نواحی بالادست حوضه را تشکیل داده‌اند. لیتولوژی آن شامل ردیف‌هایی از شیل‌های خاکستری و ماسه‌سنگ با سیمان آهکی با میان لایه‌هایی از آهک و آهک ماسه‌ای است. نهشته‌های دوران سوم بیشتر رسوبات مارنی، آهکی، کنگلومرا و ماسه‌سنگی بوده که گسترش زیادی در حوضه داشته و در نهایت رسوبات آبرفتی را در زمان کواترنر تشکیل داده‌اند (Geological Survey of

سرزمین موردبررسی در دامنه جنوبی رشته‌کوه‌های میشو که به‌صورت یک‌رشته کوه شرقی- غربی هورست مانندی است و توسط دو گسل در دو سوی آن کنترل می‌شود، واقع شده است. کهن‌ترین نهشته‌های این محدوده وابسته به پرکامبرین و سازند کهربا لیتولوژی ماسه و شیل‌های میکادار و به مقداری کم دولومیت است. سنگ‌های وابسته به پالئوزوئیک با برون‌زدگی سنگ‌های رسوبی- آهکی و دولومیتی وابسته به پرمین و سازند روتنه با لیتولوژی آهک‌های تیره، آهک و دولومیت‌های خاکستری است که به‌صورت دگر شیب و با مرز گسلی با رسوبات زیرین خود (سازند کهر)



Iran 1993). شکل (۲) نقشه زمین‌شناسی حوزه آبخیز را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی حوزه آبخیز (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مرند)

Fig. 2 Geological map of the watershed (taken from 1: 100000 geological map of Marand)

نقشه AB=200 نشان داد که مقاومت ویژه الکتریکی ظاهری و به‌ندرت به $20 \Omega m$ می‌رسد. این امر ناشی از وجود نهشته‌های مارنی با مقاومت ویژه الکتریکی کم در اعماق است. تحلیل نتایج حاصل از نقشه‌های هم مقاومت و مقاطع ژئوالکتریکی نشان داد که در نقاط D1 و D2 ضخامت آبرفت به ترتیب ۵ تا ۷ m بوده و در موقعیت D3، ۱۴ m است (شکل ۱).

۳-۲- زمین‌شناسی محل سد

زمین‌شناسی مهندسی حوزه آبخیز نشان می‌دهد که اغلب نهشته‌های حوضه از رسوبات رسی و مارنی بوده که به‌صورت

۳- یافته‌ها و بحث

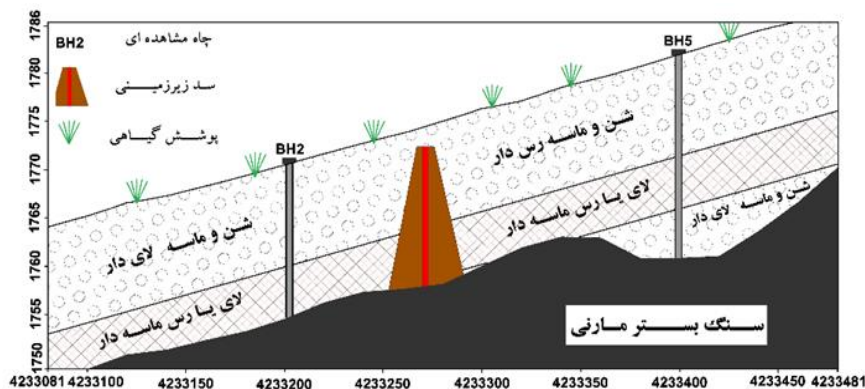
۳-۱- ارزیابی داده‌های ژئوالکتریکی رسوبات بستر رودخانه

مطالعات ژئوالکتریک با ۳۶ سونداژ الکتریکی در دو نقطه D1 و D2 که موقعیت نقاط در شکل (۱) نقشه جغرافیایی منطقه آمده است، انجام شد. بررسی نقشه مقاومت ویژه الکتریکی AB=20 نشان داد که مقاومت ظاهری برای بیش‌تر نواحی مورد مطالعه به بیش از ۱۰۰ و نیز بیش‌تر از $200 \Omega m$ نیز می‌رسد. مقادیر بالای مقاومت می‌تواند دلیلی بر دانه‌درشت بودن و نفوذپذیری خوب رسوبات آبرفتی در سطح باشد. بررسی

ژئوالکترونیک در موقعیت D3، ۱۴ m بود. در این موقعیت، در محل دریاچه سد عمق آبرفت بالای ۲۰ m وجود دارد و احتمالاً یک بالآمدگی در سنگ کف مارنی در محل محور سد (D3) به وجود آمده است (شکل ۳). این عمق برای احداث سد زیرزمینی مناسب است،

برای شناخت بیشتر از ویژگی‌هایی مانند ضخامت رسوبات مخزن سد، میزان تخلخل، نفوذپذیری و ضریب آبدی نهشته‌های مخزن سد، حفر ۷ حلقه چاه پیژومتریک به مورداجرای گذاشته شد. در شکل (۳) دو حلقه از چاه‌های حفاری شامل BH5 در محل مخزن سد و BH2 در پایین بازه سد نشان داده شده است. بررسی لوگ حفاری محور سد (BH1) و محل دریاچه سد (BH5) نشان می‌دهد، که سنگ‌بستر در عمق ۱۴ m محور سد و ۲۳ m دریاچه واقع شده است و سنگ‌شناسی آن از جنس مارن است (شکل ۳)

تناوبی با لایه‌های سنگی عمدتاً از جنس آهک است. این خصوصیت باعث شده که فرسایش‌پذیری حوضه بالا رفته، در اثر تخریب لایه‌های سنگی، بستر رودخانه از آبرفت درشت‌دانه تشکیل شود. در ارزیابی مکانی محور سد زیرزمینی ضخامت آبرفت ۱۰-۱۵ m گزینه مناسب بوده، رسوبات باید دارای ضریب ذخیره و آبدی خوب باشد که بر اساس این معیارها و با در نظر گرفتن ایجاد مخزن مناسب از دیدگاه اقتصادی و اجتماعی، موقعیت‌های D1, D2, D3 به عنوان محورهای اولیه احداث سد زیرزمینی در نظر گرفته شد. برای بررسی وضعیت هر یک از این محورها از نظر ضخامت آبرفت، ابتدا دو حلقه چاهک اکتشافی در موقعیت D1, D2 حفر شد. حفر چاهک‌ها در نقاط D1 و D2 نشان داد، ضخامت آبرفت در این دونقطه به ترتیب ۵ تا ۷ m است. با توجه به ضخامت کم آبرفت، حجم مخزن در بالادست این نقاط کم است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد عمق متوسط آبرفت بر اساس نتایج بررسی‌های



شکل ۳- نقشه رقومی- ارتفاعی سنگ کف محل بازه

Fig. 3 Digital-elevation map of bedrock Dam

۳-۳- تحلیل دانه‌بندی رسوبات بستر رودخانه سد

خاک‌های درشت‌دانه و با نام Gp است که محدوده شن تمیز با دانه‌بندی بد را تشکیل می‌دهند. از نظر ویژگی‌های مهندسی، رسوبات آبرفتی رودخانه دارای نفوذپذیری زیاد و درصد تخلخل بالای ۳۰٪ می‌باشند. آزمایشات دانه‌بندی نمونه‌های برداشت‌شده از چاه‌های محل بازه نشان داد که تا عمق ۱۱ m زمین بیش از ۵۰٪ رسوبات از شن و ماسه تشکیل یافته است. بر اساس روش ASTM^۳ این رسوبات اکثراً در محدوده GC و GM هستند. جدول (۲) نتایج دانه‌بندی نمونه‌های حفاری رسوبات بستر رودخانه مشفق در محل محور سد، دریاچه و

به منظور بررسی دانه‌بندی رسوبات بستر، نمونه‌برداری از بستر رودخانه و عمق‌های مختلف گمانه‌های حفاری انجام شد. برای تحلیل دانه‌بندی رسوبات از روش‌های زمین‌شناسی ونتورث^۱ (Mousavi Harami 2006) و مهندسی یونیفاید یا متحد (Rahimi 2005) استفاده شد. بر اساس تقسیم‌بندی ونتورث رسوبات بستر رودخانه‌ای در اندازه‌های شن، قلوه‌سنگ و قطعه‌سنگ هستند و نمونه‌برداری تا عمق ۱۴ m در بستر نشان‌دهنده میزان ۱۰٪ ذرات در حد سیلت و رس است. از نظر تقسیم‌بندی متحد یا یونیفاید^۲، رسوبات بستر در محدوده

^۳American Society for Testing Material Classification

^۱Wentworth

^۲Unified Soil Classification

پایین دست محور را نشان می‌دهد، چنان‌که مشاهده می‌شود دریاچه را تشکیل می‌دهند. این موضوع از نظر ذخیره و دانه درشت‌ترین و تمیزترین رسوبات مربوط به نمونه‌های گمانه BH5 است که در گروه‌های شنی قرار داشته، مخزن

جدول ۲- نتایج دانه‌بندی نمونه‌های حفاری رسوبات بستر رودخانه مشنق

Table 2 Granulometry drilling samples of sediments Mashnaq riverbed

Group (Unified Soil Classification)	Gravel	Sand	P200	Depth (m)	Well	Row
GC	40	37	24	1-2		1
GC-GM	42	35	23	4-5		2
GC	40	36	24	6-7	BH1	3
GC	37	31	32	9-11		4
CL- ML	23	25	52	11-13		5
GC - GM	44	35	22	1-2		6
GC	44	31	25	3-4	BH3	7
SM	34	41	25	6-7		8
SM	31	41	28	9-10		9
CL	6	18	77	1-2		10
GC - GM	51	27	22	4-5	BH4	11
CL- ML	12	19	69	7-8		12
CL- ML	23	25	52	10-11		13
GC- GM	40	38	23	1-2		14
GC	54	30	16	3-4		15
SM	35	40	25	8-9	BH5	16
CL	24	24	52	14-16		17
SC	26	34	40	18-19		18
SM	34	45	21	2-3		19
GC- GM	41	28	31	6-7	BH7	20
SC	24	42	34	9-10		21

می‌گیرد. این روش در خاک‌های چسبنده نیز به کار می‌رود ولی نتایج کمتر مورد اعتماد خواهند بود. برای اندازه‌گیری نفوذپذیری در پروژه سد زیرزمینی مشنق، آزمایش لوفران در گمانه‌های حفاری انجام شد، در این آزمایش مقدار آبخوری لایه‌ها، تحت فشار ثابت اندازه‌گیری و تراوایی محاسبه می‌گردد. در جدول (۳) نتایج آزمایش لوفران گمانه‌های ۲ واقع در محور سد (BH1)، دریاچه سد (BH5) و پایین محور (BH2) آمده است چنان‌که مشاهده می‌شود در شرایط آزمایش با روش ثابت مقادیر تخلیه آب بالا بوده و رسوبات بستر رودخانه به‌خصوص تا عمق ۷ m از نفوذپذیری بالا برخوردار است. در اعماق ۱ تا ۸ m میزان رس و سیلت به‌مراتب پایین است. مقدار نفوذ افقی در عمق ۷ m محل دریاچه سد به حدود ۵۰۰ l در زمان

۳-۴- آزمایش لوفران رسوبات بستر

از پارامترهای مهم مصالح ناپیوسته، ضریب تراوایی این مصالح در حالت برجا است که در طراحی سازه‌ها به‌ویژه سازه‌های آبی جزء پارامترهای اصلی به حساب می‌آید و در محاسبات نشت آب از پی‌ها و دیواره‌های آب‌بند به کار گرفته می‌شود. برای تعیین ضریب تراوایی آبرفت، از آزمایش لوفران^۱ یا آزمایش پمپاژ داخل گمانه استفاده می‌شود. این آزمایش در زمان حفاری در فواصل ۲ m یک‌بار یا هر موقع که جنس مواد از نفوذناپذیر به نفوذپذیر تبدیل می‌شود باید انجام شود. آزمایش نفوذپذیری لوفران در مواد مختلف غیرچسبنده و ساختگاه‌های هوازده و در شرایط مختلف هیدرولوژیک مورد استفاده قرار

²boring No
Environment and Water Engineer

¹lefranc permeability test method

محیط زیست و مهندسی آب



۴۰ min می‌رسد. ضریب نفوذپذیری در این عمق برابر cm/s هیدرولیکی ماسه متوسط تا ریز تمیز و یا شن دارای رس کم $0/0012$ است، این ضریب محدوده نفوذپذیری یا هدایت را نشان می‌دهد (Todd 2005).

جدول ۳- آزمایش لوفران نفوذپذیری رسوبات بستر رودخانه سد مشنق

Table 3 lefranc permeability test method of sediments Mashnaq riverbed

Boring No	Depth m	Test Method	Horizontal	vertical	Diameter Casing mm	W.L.Prior Saturation min	Discharge Fixed W.L	K Cm/s
BH1	3-4	constant	*	-	112	15	692	9.3×10^{-3}
BH1	4-5	constant	*	-	112	40	200	2.4×10^{-4}
BH1	10-11	constant	*	-	112	40	267	1.4×10^{-3}
BH2	4-5	constant	*	-	112	50	457	1.2×10^{-3}
BH5	3-4	constant	*	-	112	40	619	3.4×10^{-3}
BH5	7-8	constant	*	-	112	40	538	1.2×10^{-3}

با توجه به تخلخل کل نهشته‌های آبرفتی (۰.۳۵) و آبدهی مخصوص، می‌توان $163800 m^3$ آب قابل استحصال را برای این آبخوان برآورد نمود. در جدول (۴) با توجه به ویژگی‌های سه بازه مورد بررسی (موقعیت‌های D1, D2, D3)، میزان آب قابل استحصال در مخزن آبرفتی هر یک از این نقاط ارائه شده، همچنان که برآورد آبدهی نشان می‌دهد در موقعیت D3 استحصال آب مناسب بوده و این نقطه در مقایسه با دونقطه دیگر، شرایط مناسبی برای احداث سد زیرزمینی دارد.

۳-۵- مشخصات محور سد زیرزمینی مشنق
بازه اصلی در مختصات UTM، $x=551204$ ، $y=4233274$ در بالادست حوزه آبخیز واقع شده است. در این بازه، عرض بستر رودخانه $130 m$ بوده و ضخامت رسوب در محل محور سد زیرزمینی و در دریاچه سد به ترتیب $14 m$ و $20 m$ است. وسعت آبخوان با احتساب شیب 5% رودخانه $39000 m^2$ بوده و محاسبه عمق آبرفت منطقه حجم مخزن $546000 m^3$ است

جدول ۴- مشخصات مقاطع مورد نظر جهت احداث بازه

Table 4 Characteristics of the sections for the construction

Location	Bed Width (m)	Bed Materials	Alluvial Thickness (m)	Geoformations	Bed Slope (%)	Reservoir Volume (m^3)	Discharge Volume (m^3)
D1	100	Gravel & Coarse sand	7	Marl	6	60000	20000
D2	40	Gravel & coarse sand	5	Marl & Flish	5.5	20000	6000
D3	130	Gravel & coarse sand	14	Marl & Flish	5	546000	163800

باهداف استحصال آب مناسب بوده است. میزان استحصال آب در محل بازه اصلی سد در هر سیستم آبیگری $163800 m^3$ برآورد شد که با احتساب چهار دوره آبیگری سالانه بیش از $500000 m^3$ استحصال آب خواهد داشت. پژوهش‌های متعدد در این زمینه انجام شده که با مکان‌یابی مناسب و احداث سد مشکل کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک را برطرف نموده‌اند. با احداث سد زیرزمینی در شهرستان راین کرمان،

مکان‌یابی در احداث سدهای زیرزمینی مهم بوده، شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی خاص خود را دارد. جمع شدن آب در زیرزمین و تشکیل آب‌های زیرزمینی بستگی به قابلیت نفوذ و میزان تخلخل دارد. در این پژوهش با استفاده از بررسی‌های زمین‌شناسی سطحی و زیرسطحی همچون سنگ‌شناسی، شیب، ژئوالکتریک و ژئوتکنیک سعی بر دستیابی به یافته‌های علمی و عملی در ارزیابی مکانی محل احداث سد زیرزمینی،

۲- بررسی لوگ چاه‌های حفاری و مطالعات ژئوفیزیکی نشان داد که واحد مارنی و شیلی با میان لایه‌های ماسه‌سنگی سنگ کف بستر آبرفت را تشکیل داده، دارای بالآمدگی در موقعیت بازه اصلی سد زیرزمینی است.

۳- در شرایط خشک منطقه با احتساب چهار دوره آبیگری سالانه می‌تواند بیش از 500000 m^3 استحصال آب برای مصارف بهداشتی و کشاورزی داشته باشد.

۴- با توجه به احداث باغات در اراضی شیب‌دار همراه با کشاورزی تکمیلی همچون زنبورداری، احداث سد زیرزمینی در این مناطق می‌تواند شکوفایی کشاورزی را به دنبال داشته شرایط اقتصادی و اجتماعی را بهبود بخشد. احداث این سد با نگاه واقع‌بینانه به ارزش واقعی آب و نقش آن در جوامع بشری، اثرات زیست‌محیطی سازنده خواهد داشت که نیازمند بررسی و پژوهش مستقل است.

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانیم از همه پژوهشگران و مدیران در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی که در این پژوهش ملی در کنار ما بودند صمیمانه تقدیر و تشکر نماییم.

دسترسی به داده‌ها

دسترسی به این مقاله با احترام به قوانین اخلاق در نشریات بر اساس قوانین کمیته اخلاق در انتشار (COPE) بلامانع است.

References

- Ahnfors, M. (1980). Groundwater arresting sub-surface structures, Government of India, Sida, assisted groundwater project in Noyil Ponnani, Tamil Nado and Kerala. *Ground. J.*, 16(22), 497-506.
- Aminizadeh, M. (2005). Kahnooj underground dam is a suitable model to reduce the effects of drought. 1st National Conference on Drought Mitigation and Water Shortage, Kerman, Iran, [In Persian].
- Arabi, F. (2015). Investigation of underground dam as a new method in water resources management. 4th National conference on rainwater catchment systems, Mashhad, Iran [In Persian].
- Budagpour, S. and Bageri, H. (2010). Investigating the environmental effects of building underground dams on groundwater. 4th Conference, exhibition on environmental engineering, Tehran, Iran [In Persian].
- Chezgi, J. (2020). Location and prioritization of the underground dam using SWAT and MADM models. *Iran. J. Watershed Manage. Sci.*, 13(47), 86-95 [In Persian].

کشاورزی منطقه توتک رونق یافته اشتغال اهالی را موجب شده است. حجم مخزن این سد به 150000 m^3 می‌رسد. قبل از احداث سد به دلیل خشک‌سالی باغ‌ها و مزارع منطقه نابود شده و بسیاری از جوانان مهاجرت کرده بودند (Nojavan et al. 2015). احداث سد زیرزمینی به دلیل اثرات پایین نامطلوب زیست‌محیطی و اجتماعی یک پتانسیل فوق‌العاده در حل مشکل کمبود آب است (Rezazadeh et al. 2010). با احداث سد زیرزمینی در شهرکرد با افزایش ارتفاع سطح ایستابی آب زیرزمینی ضمن کاهش هزینه‌های انتقال آب از حرکت آلاینده‌ها به سمت آبخوان و بحران محیط‌زیستی منابع آب زیرزمینی منطقه جلوگیری شده است (Lalehzari and Tabatabaie 2013).

۴- نتیجه‌گیری

سدهای زیرزمینی سازه‌هایی هستند که در زیرزمین ساخته شده و با مسدود کردن جریان طبیعی آب‌های زیرزمینی، سبب ایجاد ذخایر آبی در زیرزمین می‌شوند. پژوهش حاضر به منظور ارزیابی هیدرودینامیکی رسوبات بستر رودخانه در محل احداث سد زیرزمینی به منظور استحصال آب انجام شد. اهم نتایج پژوهش عبارت‌اند از:

۱- موقعیت مورد مطالعه به لحاظ داشتن عمق مناسب آبرفت (در محور ۱۴ m و در مخزن ۲۰ m)، دانه‌بندی مناسب و نفوذپذیری خوب، حجم قابل توجه مخزن، برآورد اولیه آبدی و اثرات اقتصادی و اجتماعی بالا بر توسعه باغات و تأمین آب شرب و بهداشتی اهالی از ارزیابی مناسب مکانی برای احداث سد زیرزمینی برخوردار است.



- Geological Survey of Iran. (1993). Marand geology map 1:100000.
- Habibzadeh, A., Kheirkhah, Z. M. and Rafie, M. (2020). Underground dam is a new method in flood management. 9th National conference on Rainwater Catchment Systems, Tabriz, Iran [In Persian].
- Hasani, A., Hasani, H. and Shirkhani, H. (2013). Underground dam building methods. 1st National conference on drainage and sustainable agriculture, Tehran, Iran [In Persian].
- Johansson, B., Sellberg, B. (2005). Groundwater under threat, The Swedish research council forms, pp97.
- Kheirkhah, Z. M., Mohebbi, A. and Kolahchi, A. (2012). Exploitation management of underground dams by using mathematical models of finite difference in GMS7.1. J. Basic Appl. Sci. Res., 2(7), 6376-6384.
- Khodadadi, S. and Kheirkhah, Z. M. (2010). Construction of underground dams in coastal areas a solution in water resources management. 1st National conference on coastal lands, water resources management, Sari, Iran [In Persian].
- Lalehzari, R. and Tabatabaie, H. (2013). Simulating effect of subsurface dam construction in shahrekord aquifer on the water storage capacity and nitrate distribution. J. Sci. and Technol. Agric. & Natur. Resour., 17(65), 25-37 [In Persian].
- Maleki, M., Hemmati, M. and Hemmati, A. (2016). Analysis of the application of traditional and modern methods of rainwater harvesting in arid and semi-arid regions. 5th National conference on rainwater catchment systems, Rasht, Iran [In Persian].
- Mousavi Harami, R. (2006). Sedimentology. 11th Edition, Astan Ghods Razavi Publication, Mashahd, Iran.
- Nilsson, A. (1988). Groundwater dams for small-scale water supply, Intermediate Technology Publication, London.
- Nojavan, M., Jamali, A. and Nazeri, Z. (2015). Locating an underground dam. J. Geog. Environ. Plan., 57(1), 53-66 [In Persian].
- Rafei, M., Yarahmadi, J., Habibzadeh, A. and Koshayan, R. (2018). Assessment of water resources potential for construction of groundwater dam in north of Urumieh Laske. 13th National conference on watershed management science and engineering. Ardabil, Iran [In Persian].
- Rahimi, H. (2005). Soil Mechanics, Publications, Danesh and Fan, Tehran [In Persian].
- Research Center for Agriculture and Natural Resources of East Azarbaijan. (2010). Underground dam studies of Mashnaq watershed [In Persian].
- Rezazade, N., Torabi, F. and Baghvand, A. (2010). Underground dam and its effect on aquifers. 1st National conference on coastal lands, water resources management, Sari, Iran [In Persian].
- Salahaldin, S., Foad, A., Umary, A., Sarkawt, G. S., Nadhir, A. and Ansari, S. (2014). Evaluation of selected site location for subsurface dam construction within Isayi watershed using GIS and RS Garmiyān area, Kurdistan Region. J. Water Resour. Protect., 6, 972-987.
- Talebi, A., Parvizi, S. and Ekhtesasi, M. (2019). Site selection for underground dam using the water balance simulation (Swat Model) and analytical network process (Anp) (Case Study: Jamyshan watershed). Iran. J. Watershed Manage Sci., 13(45), 97-106 [In Persian].
- 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.
- Todd, D. K. and Mays, L. (2005). Groundwater hydrology. Third Ed. John Wiley and Sons, New York.
- UNESCO. (2004). Groundwater resources of the world. Published by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.



Research Paper

Hydrodynamic Analysis of Riverbed Deposits of Underground Dam Construction Site for Water Harvesting (Case Study Mashnaq Underground Dam)

Ahad Habibzadeh*¹, Jamshid Yarahmadi¹ and Alireza Majidi²

¹Assist. Professor, Agriculture and Natural Resources Research Center of East Azerbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tabriz, Iran

²Assist. Professor, Soil Conservation & Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Tehran, Iran

*Corresponding author: a.habibzadeh@areeo.ac.ir

Received: September 24, 2020

Revised: October 25, 2020

Accepted: October 30, 2020

Abstract

Today, the use of underground dam technology is considered as one of the efficient methods of rainwater harvesting systems and flood management in order to eliminate the shortage of water resources in arid and semi-arid regions. Underground dams block the subsurface flow of water across the river and stores it in the riverbed. The construction of an underground dam, while helping the environment, will compensate for surface water and expand cultivated lands. The content of water extracted from these dams depends on the hydraulic and hydrodynamic of alluvial sediments. The aim of the present study was to determine the hydrodynamics of the riverbed deposits of the Meshnaqeh underground dam in the north of Lake Urmia. Feasibility study and location of the dam axis was done using ArcGIS system. Three options were determined and finalized after a geophysical evaluation of the location of the main alluvium with a thickness of 14 m. Engineering studies showed that the sedimentation of bed was in gravel and sandy soils in UNIFIDE division with more than 78% of sand, and according ASTM method, were in the GC and GM. Lefranc experiment showed that alluvial sediments had a permeability of 0.0012 cm/s and a porosity above 35%. According to the special discharge, 163,800 m³ of water can be harvested in each flooding period. Drinking water and sanitation of the region is provided hundreds of kilometers away through Zarrinehroud water transmission line. The construction of this dam with a realistic view of the real value of water and its role in human societies, will have constructive environmental effects requiring independent study.

Keywords: Alluvial Thickness; Geoelectrical; Geotechnical; Underground Dams.