سد زیرزمینی روشی مناسب در تامین آب برای نواحی کوهستانی فاقد منابع آبی پایدار

علیرضا مجیدی*[۱]

۱*- هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور (majidi.geo@gmail.com, majidi_geo@yahoo.com)

چکیده

در مناطق خشک و نیمه خشک آب از یک طرف مهمترین عامل محدود کننده توسعه پاییدار ببوده، و از سوی دیگگر سیلاب‌های فصلی عامل مهم تخریب و ایجاد خسارت می‌باشد. در این مناطق که ریزش‌های جوی ضمن ناچیز بودن، دارای پراکنش نامناسب نیز می‌باشند، حجم قابل توجهی از روان آب تولیدی به صورت تندآب‌ها و جریان‌های سیلابی ویا در اثر نفوذ و ببه صورت زیبر قشری از دسترس خارج می‌گردد. در چنین شرایطی استفاده از سیستمهای استحصال ذخیره سیلاب و، بهره‌برداری از سیلاب‌ها و توسعه منابع آبی کوچک با استفاده از تکنیک سد زیرزمینی نقش اساسی در حل مسائل کم آبی و مدیریت منابع آب به ویژه در سطح حوضه ایففاد می‌کند. این سدها در مسیر جریان زیرزمینی با کاهش سرعت و یا ممانعت از حرکت طبیعی آب، در بستر متخلخل، ذخیره خوبی را فراهم مینماید . این نوع سدها در کشورهایی مانند ایران که سطح آب زیرزمینی نوسان زیادی را در فصول خشک و مرطوب نشان میدهد، و یا پتانسیل آب زیرقشری در فصول خشک ضعیف می‌باشد، روشی مناسب و مفید جهت تصفیه و ذخییره آب و توسعه منابع آبی کوچک و مدیریت ریسک خشکسالی در حوزه محسوب می‌شود . یکی از راه‌حل‌هایی که برای تأمین آب (معمولاً در مقیاس کوچک) مناطق خشک که دسترسی به منابع معمول نظیر چچاه و رودخانه دائممی ندارند پیششنهاد ششده است استفاده از جریاننات زیرسطحی در بستر خشکه‌رودها می‌باشد که بوسیلۀ یک دیوار آب‌بند(سد زیرزمینی) مهار شده و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. ببرای این‌کار باید دیوار آب‌بند را در امتداد دهانه خروجی آبراهه و تا عمق سنگ بستر غیر قابببل نفوذ ادامه داده ککه در این‌صورت جرییان هرچند ضعیف زیر قشری پس از برخورد به آن متوقف شده و شروع به تجمع در پشت سد می‌نماید. چنانچه شیب سنگ بستر و زمین طبیعی بالادست محل خروجی (محور سد) مناسب باشد، آب قابل توجهی در داخل خلل و فضرج آبرفضت موججود در بستر خششکه‌رود ذخیره می‌شود که به‌راحتی بوسیله چاه (به کمک پمپاژ) و یا لوله (به روش ثقلی) قابل برداشت خواهد بود. ببا این‌ککار ععلاوه ببر مههار بخشی از آب باران که به زمین نفوذ می‌کند، آب‌هایی که به طور دائم توسط قنوات بالادست از سفره تخلییه می‌ششوند و در فصولی از سال بدون استفاده مفید مجدداً به زمین فرو رفته و از دسترس خارج می‌شود را می‌توان در مخزن سد زیرزمیننی مههار ککرد در ایین مقاله پس از مطالعات میدانی و ژئوالکتریک منطقه و مکان یابی بهترین گزینه برای احداث سد و تعیین نحوه اجرا، با استفاده از نرم افزار، مدل بهینه مصرف از سد مورد نظر نیز ارائه شده است. در این پژوهش با ممد نظظر ققرار دادن پارامترهها، خصوصیات و ععوارض مناسب برای احداث سدزیرزمینی مکانیابی این سازه انجام پذیرفت. برای مکانیابی فوق از مطالعات کتابخانه‌ای، پیممایش و برداششتهای میدانی، حفر گمانه و داده‌برداری ژئوالکتریک (مطالعات تحت‌الارضی)، نمونه‌برداری و انجام آزمایشهای مورد نیاز و نقششه‌برداری از ییک سو و بدست آوردن برخی پارامترها و خصوصیات توسط شاخصهای سنجش از دور (RS) و در نهایت تلفیق در محیط سیستم اطلاععات جغرافیایی (GIS) استفاده گردید.

واژه‌های کلیدی: مدیریت منابع آب؛ سدزیرزمینی؛ حوزههای آبخیز؛ توسعه منابع آبی کوچک؛ ژئوالکتریک.

مقدمه

بسیاری از کشورهای در حال توسعه در مناطقی با بارندگی فصلی و غیر قابل پیش بینی و با پراکنش زمانی نامناسب بارشی واقع شده‌اند. در این کشورها تهیه آب تا حد زیادی از طریق ذخیره کردن آن در فصول پر باران برای فصل‌های کم بباران و در سال‌های مرطوب برای سالهای خشک انجام میشود. در اینگونه نواحی ریسک خشکسالی و صدمات آن بسیار محتمل می‌باشد. یککی از راه‌های برطرف کردن کمبودها، استفاده از آبهای زیرزمینی است. وللی در برخی نواحی در اواخر فصل خشک حتی منابع آب زیرزمینی نیز به انتها می‌رسند و یا آب زیرزمینی در دسترس بسیار ضعیف و غیر قابل برداشت می‌باشند. در اینگوننه مناطق و موارد استفاده از سدهای زیرزمینی به منظور نگهداری از منابع آب زیرزمینی و در دسترس قرار گرفتن آب در تمام فصول و با ایجاد مخزنی دینامیکی به همراه مدیریت آن مطابق با متوسط دبی ورودی، راه حلی می‌تواند بعنوان راهککاری مناسب مورد استفاده قرار گیرد. سد زیرزمینی مورد بحث در این مقاله جهت حفظ منابع آبی در یک منطقه نیمه ککویری و نیمه خشک و همچنین جلوگیری از هرز رفتن آب به صورت شورابه و ایجاد سفره محلی در راستای تامین آب در نواحی کوهستانی فاقد منابع آبی پایدار و مدیریت ریسک خشکسالی در حوزه مورد نظر طراحی و ساخته شده است .با استفاده از مطالعات ژئوالکتریک و زمین‌شناسی و مطالعات محلی، محل مخزن و عمق مخزن برآورد شده، سپس با اندازه گیریهای میدانی و مطالعات تکمیللی پس از انتخاب محل دقیق احداث سد و برآورد حجم ذخیره و مصالح موجود، نوع سد زیرزمینی و نحوه اجرا تعیین شد. همچنین با استفاده از نرم افزار MODFLOW رفتار هیدرولیکی مخزن مورد بررسی قرار گرفت و مدل مناسبی جهت استفاده از این مخزن ارائه گردید.

هاشمی (۱۳۸۱) مکان یابی جهت احداث بند زیرزمینی در حوضه آبریز حاج علیقلی واقع در استان سمنان را مورد بررسی قرار داده است. پارامترهای مساحت حوضه، فرسایش پذیری حوضه، میران رواناب، شیب حوضه، عرض مقطع، ضخامت آبرفت و بافت رسوبات از طریق بررسی نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی، بررسی های بصری تصاویر ماهواره ای و بررسی های صحرایی تعیین و نهایتا با توجه به پارامترهای فوق مکانهای پیشنهادی را اولویت بندی نموده است. در این تحقیق ضخامت و دانه بندی آبرفت از جمله پارامتر های اساسی در آب زیرزمینی برای مکانیابی بند زیرزمینی بوده است (۶).

فوستر و همکاران (۲۰۰۲) در گزارش ارزیابی سدهای زیرزمینی احداث شده در برزیل نشان داد که عوامل حجم مخزن، عمق سنگ بستر نسبت به سطح زمین، نفوذپذیری خاک مخزن و کیفیت شیمیایی آب مخزن و کیفیت شیمیایی خاک نقش موثری در موفقیت سدهای زیرزمینی دارند (۷). وانروم‌پی (۲۰۰۳) در گزارش ارزیابی پنج بند زیرزمینی در بلژیک نتیجه‌گیری کرد که سدهای زیرزمینی دارای مزایای از جمله افزایش ظرفیت چاههای موجود، سادگی و هزینه کم اجرایی، قابلیت تکرار و سهولت بهره‌برداری توسط اهالی محل و خطر آلودگی پایین می‌باشد (۸). جلالی(۱۳۸۳) طی تحقیقات خود در استان تهران نشان داد که داده‌های سنجش از دور در تعیین بافت خاک قابل استفاده بوده و می‌توان به کمک این تکنیک تغییرات بافت خاک و نوع آن را در نواحی که با نهشته‌های کواترنر پوشیده‌اند را تشخیص داد (۲). امینی و همکاران (۱۳۸۹)، با حفر و لوله گذاری ۲ گمانه پیزومتری در بالادست و ۲ گمانه پیزومتری در پایین دست سد زیرزمینی راور کرمان، اقدام به اندازه گیری سطح ایستابی در پیایین و بالادست سد نمودند و نتیجه تحلیل آنها، اجرای خوب و تاثیر مثبت احداث سد بر روی جریانات زیرسطحی را نشان داد (۱).

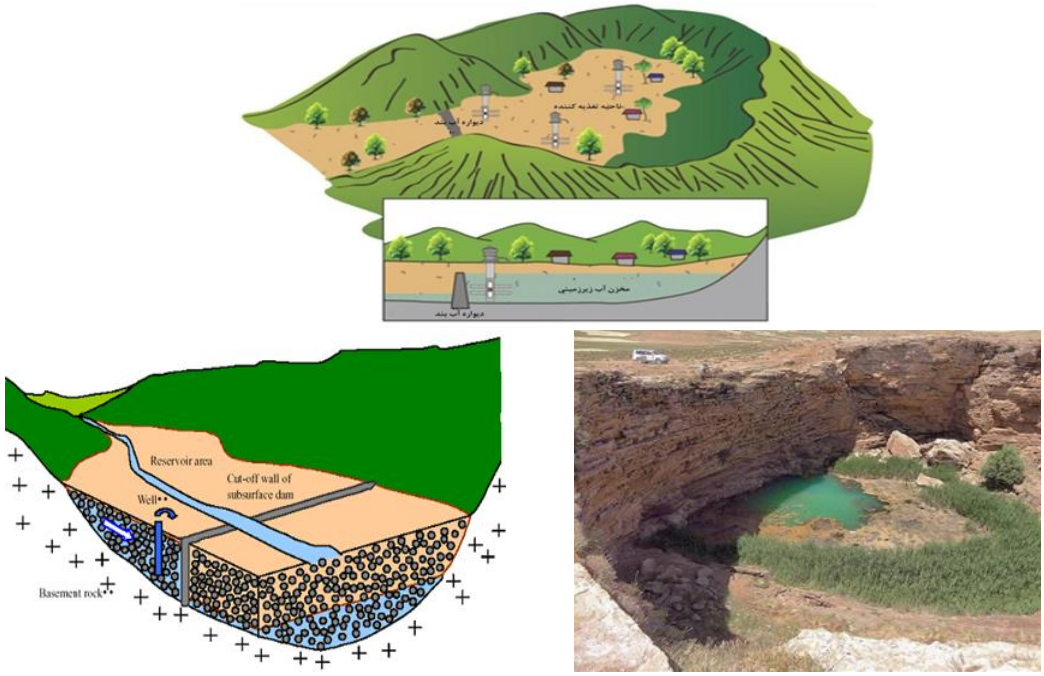
مواد و روش‌ها

این پژوهش در راستای استفاده از فن‌آوری سد زیرزمینی به منظور ایجاد مخزن در مسیر آبهای زیرقشری ضعیف و تامین آب و یا توسعه منابع آبی کوچک در سطح حوزههای کوهستانی با پتانسیل منابع آبی کم انجام پذیرفته است. در این پژوهش با مد نظر قرار دادن پارامترها، خصوصیات و عوارض مناسب برای احداث سدزیرزمینی مکانیابی این سازه انجام پذیرفت. برای مکانیابی فوق از مطالعات کتابخانه‌ای، پیمایش و برداشتهای میدانی، حفر گمانه و داده‌برداری ژئوالکتریک (مطالعات تحت‌الارضی)، نمونه‌برداری و انجام آزمایشهای مورد نیاز و نقشه‌برداری از یک سو و بدست آوردن برخی پارامترها و خصوصیات توسط شاخصهای سنجش از دور (RS) و در نهایت تلفیق در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده گردید.

- سد زیرزمینی

سد زیرزمینی یک روش ساده و کاربردی برای جمع آوری و ذخیره سازی آب در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. این بنندها در بستر رودخانه‌ها و ترجیحا خشکه رودها ساخته می‌شوند و معمولا تا سنگ بستر نفوذ ناپذیر ادامه می‌یابند (۵). بنندزیرزمینی در حقیقت مانعی سازه‌ای یا هیدرولیکی در برابر جریان آب زیرسطحی در زیبرزمین و در یک محیط متخلخل است. بنندزیرزمینی در مقایسه با سدهای معمولی که در عرض رودخانه یا نهرها به منظور ذخیرهٔ آب سطحی ساخته می‌شوند و آب سطحی را در مخازن بالادست سد جمع‌آوری می‌کنند، ، جریان زیرزمینی را مسدود، منحرف و یا محدود می‌کنند و آب را در زیبر سطح زممین در محیط متخلخل ذخیره و یا منحرف و یا جریان را کند می‌نماید. در نتیجه در مقایسه با سدهای آب سطحی نه تنها زمینی غرقاب نمی‌شود و هدر رفت آب در اثر تبخیر بوجود نمی آید، بلکه اثرات زیست محیطی آن بسیار کم و مبحث بهره‌برداری و نگهداری آن بسیار سهل و کم هزینه و مشکلات رسوب در آن تقریبا وجود نداشته و قابل ترویج و اجرا و بهره‌برداری توسط تشکل ها و تعاونی های مردممی ممی باشد .

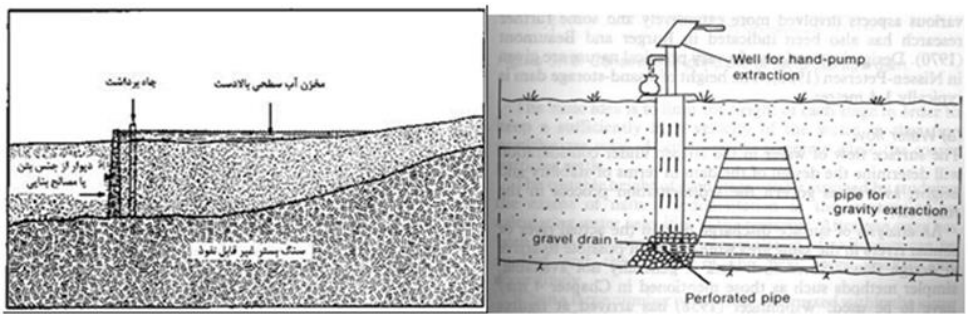
بند زیرزمینی برای مقاصد چند منظوره از جمله توسعه و تقویت منابع آبی، مدیریت و محافظت از منابع آب استفاده می گردد. بند زیرزمینی با مانعی که ایجاد می نماید می‌تواند سطح ایستابی در یک سفره با جریان محدود را طوری ذخیره نموده و بالا ببرد ککه ببه یک مخزن یا سفره با حجم قابل ملاحظه آب تبدیل و به راحتی با پمپ یا بصورت ثقلی و کنترل شده قابل بهره‌بردار نمایید (۵). بندهای زیرزمینی می‌توانند با مسدود نمودن زهکشهای زیر سطحی از هجوم شیرابه و یا جبهه آب شور و یا هر سیال یا آب ببدون کیفیت به مخازن و سفره های آب شیرین یا منابع آب جلوگیری نموده و نقش مهمی در زمینه حفاظت از منابع آب ایفاد نمایند. شکل ۱ تصویری شماتیک از عملکرد بند زیرزمینی در استحصال و تقویت آب زیرقشری ضعیف و توسعه منابع آبی کوچک را در طبیعت نشان می دهد.



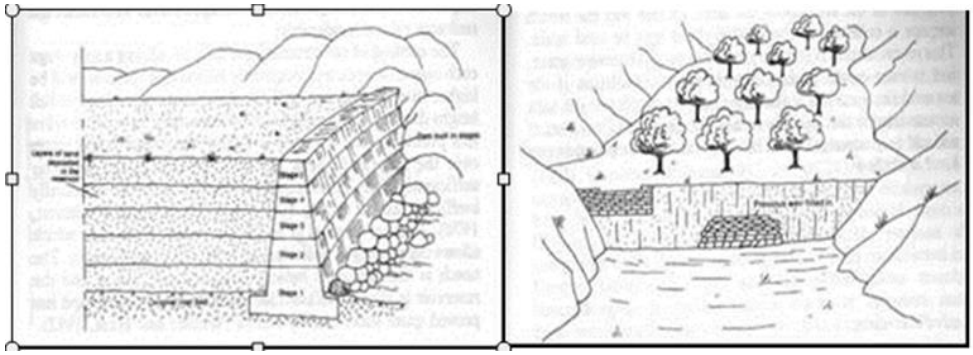
شکل ۱: تصاویری شماتیک از عملکرد بندزیرزمینی در استحصال و تقویت آب زیرقشری ضعیف که می‌توان توسط بندزیرزمینی ذخیره‌سازی، تقویت، مدیریت و قابل استحصال نمود.

بندهای‌زیرزمینی به دو صورت زیرسطحی یا مدفون و شنی - ذخیره‌ای قابل اجرا می‌باشند (شکل ۲ و ۳). بنندهای زیرسطحی دارای دیواره‌ای است که کاملاً داخل زمین قرار دارد (مدفون) و مخزن آن نیز در داخل آبرفت بالادست تشکیل می‌شود، در صورتی ککه در بندهای زیرزمینی شنی – ذخیره ای دیواره غیر قابل نفوذ از سنگ بستر تا سطح زمین و بالاتر از آن نیز ادامه می‌یابد، به طوری که در سال‌های اول در مواقع بارندگی یک مخزن آب سطحی در پشت آنها ایجاد می‌شود. به تدریج که بالادست در اثر وقوع سیلاب با شن

و ماسه حمل شده توسط آب پر می‌شود، این قسمت به مخزن آب زیر سطحی افزوده شده و باعث ازدیاد ظرفیت آن می‌گردد. گاهی به خاطر وجود شیب زیاد در آبراهه و کوچک بودن مخزن پشت بند، آبی که توسط دیواره بند کنترل می‌شود از طریق یک سیستم زهکش در بالادست و یا یک خروجی که در بدنه دیواره تعبیه شده به مخزن ساخته شده‌ای در کنار آبراهه منتقل و از آن طریق مورد استفاده قرار می‌گیرد (۵).



شکل ۲: مقطع یک بند زیرزمینی مدفون و یک بند زیرزمینی شنی – ذخیره ای



شکل۳ : تصویری شماتیک از یک بند زیرزمینی شنی – ذخیره ای در یک آبراهه فصلی

- اهمیت و ضرورت تحقیق و توجیه اقتصادی و اجتماعی

با توجه به اینکه زمان وقوع بارش و جریانات سطحی در اکثر مناطق کشور، به ویژه در مناطق خشک بیا زمان نیاز آبی بخش کشاورزی تطابق ندارد و اغلب این مناطق از نظر بهره‌برداری و توسعه منابع آب زیرزمینی در گگروه مناطق ممنوعه بحرانی و یا در حوضه‌های واقع در مرزهای سیاسی کشور قرار دارند و همچنین پائین آمدن کیفیت آب خارج شده از حوضه‌های مرتفع کوهستانی پس از ورود به دشت و در اثر تماس با سازندهای نمکی سری هرمز و تشکیلات مارنی-گچی مربوط به الیگومیوسن- میوپلیوسن، اهمییت احداث بندهای زیرزمینی در آبراهه‌های فاقد دبی پایه در این مناطق را جهت مهار نمودن جریانهای زیرسطحی و توسعه منابع آب زیرزمینی نمایان می سازد. لذا، مهار نمودن سیلابهای سطحی و جریانات زیرسطحی در مناطق ممذکور دارای اهمییت زیبادی ببوده و می‌توان ضمن ذخیره آب مناسب، در شرایط خشکسالی و بحران های کم آبی از آن بهره برد. همچنین این ففن‌آوری در تقوییت منابع آبی به ویژه قنوات و حفاظت از منابع آب‌زیرزمینی می‌تواند مورد استفاده واقع شود. این تکنیک در تامین آب در سطح حوزههای آبخیز و کوهستانهایی که دبی پایه سطحی ندارند نیز کمک کننده می‌باشد.

عموماً آبهای زیرسطحی اطراف کویر، کفه‌ها و گنبدهای نمکی و یا دریاها و دریاچه‌های شور با کیفییت مناسب تتا نسبتاً مناسب بدون استفاده از دسترس خارج شده و وارد کویرها یا آبهای شور شده یا تحت تاثیر گنبدهای نمکی قرار می‌گیرند. با استفاده از تکنیک بند زیرزمینی می‌توان این آبها را که احجام قابل ملاحظه‌ای داشته و از دسترس خارج می‌شوند را مدیریت و در نواحی مناسب ذخیره و مورد استفاده قرار داده و یا از پیش روی جبهه آب شور و تخریب کیفی آب و خاک و گسترش بیابان ها جللوگیری نمود. بنابراین، استفاده از دو تکنیک پخش سیلاب و بند زیرزمینی در امر تامین و مدیرت منابع آبی و کاهش و مدیریت خطرات خشکسالی همانگوننه که مجامع علمی بین المللی برای نواحی خشک و نیمه خشک پیششنهاد داده‌انند ، بسیار ضروری می‌باشد. در حال حاضر ننه تنها کشورهایی با اقلیم خشک و نیمه خشک در حال استفاده از این تکنیک‌ها هستند بلکه متتد ففوق در کشورهای مرطوب نظییر ژاپپن، برزیل، هند، تایلند و... بصورت گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف تامین ، مدیریت و محافظت منابع در حال استفاده است .

در کشور ایران به دلیل تنوع زمین‌شناسی و وجود سازندهای نفوذپذیر و نفوذناپذیر و توپوگرافی موجود بخصوص در کمربند البرز و زاگرس سبب گشته تا بارش در نواحی توده‌سنگی و صخره‌ای باعث ایجاد رواناب شود. لذا پدیده نفوذ سبب ممی ششود تتا جریان زیرسطحی در آبراهه‌ها در طول سال یا اکثر ماههای سال به وجود آمده که به خودی خود قابلیت برداشت نداشته و یا ببدون استفاده وارد کویر یا کفه‌های نمکی و یا دریا و دریاچه‌ها می‌شود. اما با استفاده از تکنیک بند زیرزمینی و ایجاد مخزن‌های تجدید ششونده، ایین قابلیت ایجاد و در بسیاری از نواحی بویژه در سطح حوضه‌های آبخیز که بیشتر دارای رخنمون توده‌سنگی است می‌توان آب مورد نیاز را تأمین نمود.

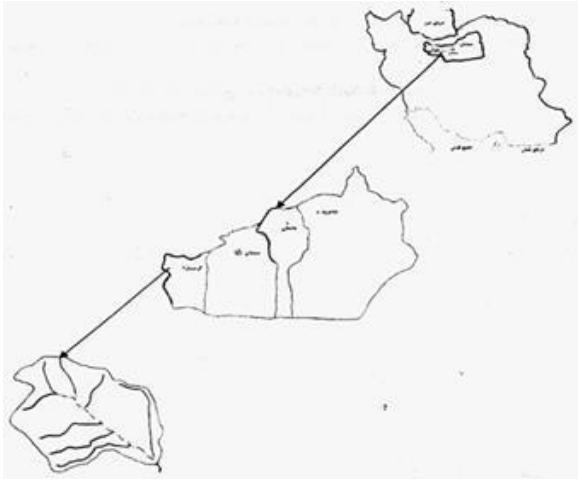
در حال حاضر با توجه به شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی کشورلازم است تا با انجام تحقیقات گسترده‌تر و هدفمند، در جهت روزآمد نمودن دستورالعمل، آیین‌نامه و استانداردهای مربوط به‌این تکنییک اقدام گردییده و فعالییت در زمیننه واسنجی، ببازبینی و تکمییل تحقیقات موردی در رابطه با شاخص‌های مکانیابی آن و وزن‌دهی این شاخص‌ها و همچنین در رابطه ببا مصالح و روشهای سنتی و جدید و طراحی، اجرا و کاربردهای بندزیرزمینی، انجام گردد. با توجه به وضعیت منابع آببی کشور و پتانسیل‌های موجود در کشور، تحقیق، ترویج و توسعه تکنیک بندزیرزمینی فوق در سطح حوضه‌های کشور و بومی‌سازی آن باید در صدر برنامه‌های توسعه‌ای کششور قرار بگیرد.

- مطالعات کتابخانه‌ای

در این مرحله کلیه اطلاعات پایه مورد لزوم انجام طرح جمع‌آوری شدند. در این راه بیشترین تکیه ببر لاییه‌های اطلاعاتی موججود بصورت نقشه و تصاویر ماهواره‌ای، مقالات منتشر شده در مجلات علمی داخلی و خارجی و اطلاعات بدست آممده از طرییق اینترننت را شامل شده است. در این مرحله بیشتر نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و لایه DEM و طبقات شیب منطقه، تصاویر ماهواره‌ای لندست، و نقشه‌های زمین‌شناسی و شبکه آبراهه‌ای، مورد بررسی قرار گرفتند.

- موقعیت جغرافیایی

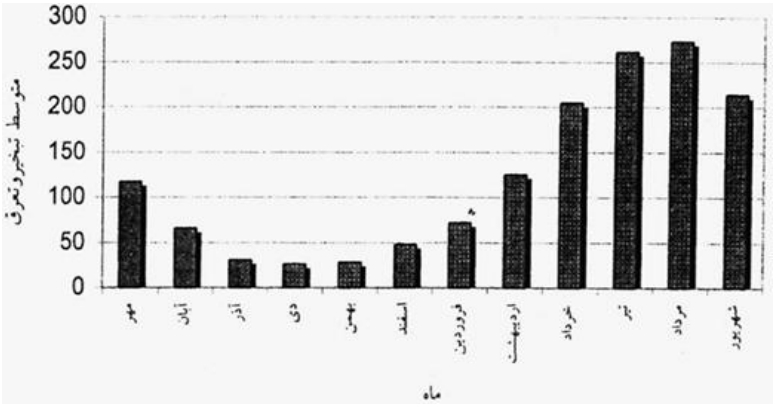
مطالعات اولیه جهت مکانیابی محل مناسب بـرای احـداث سـد زیرزمینـی، در سـالهای ۷۹ و ۸۰ انجام شد. این مطالعات ششامل بررسی های صـحرایی چننـدین مسـیل و خششـکه رود در استانهای تهران و سمنان، ببرای انتخاب مککانی مناسب از دییـدگاه زمـین‌شناسـی‌مهندسی جهـت اجـرای طرح بود. در طی مطالعات سطح‌الارضی و تحت‌الارضی انجام شده، خششکه‌رود بهورد (واقع در بالادست روستای بهورد، در شمال حوزه این رود) در حوزه چنداب برای این منظور انتخاب گردید .این خشـکه‌رود، از ارتفاعـات شـمال غـرب و شمال حوزه چنداب در حد فاصـل اسـتانهای سـمنان و تهـران سرچشـمه گرفته و از شـرق روستای بهورد و غرب بخش چنداب عبور می‌نماید (شکل ۴) .



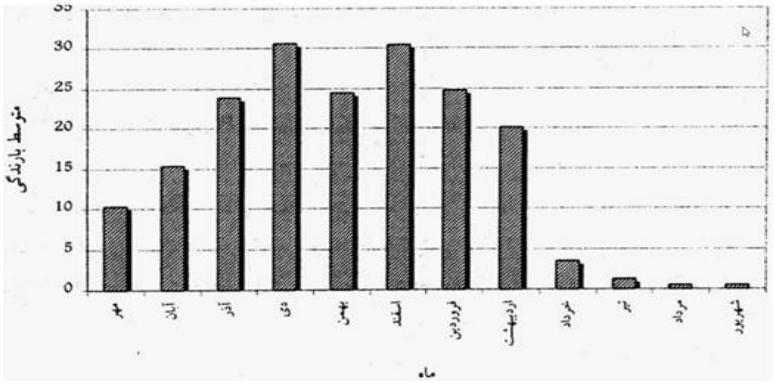
شکل۴ : موقعیت محل طرح

- هواشناسی

متوسط بارندگی در منطقه ۴۳۴ میلی متر برآورد شده که دارای پراکنش زمانی نامناسبی است. بیشترین بارندگی در بهمن و اسفند و کمترین در مرداد و شهریور به وقوع می‌پیوندد. متوسط تبخیر ۸,۱۵۹۸ میلیمتر تخمین زده شده است. جریانات به صورت فصلی و در مدت کوتاهی به داخل دشت تخلیه می‌شوند (۴). روند تغییرات تبخیر ماهانه منطقه و پیراکنش ماهانه بارندگی در ایستگاه ورامین در نمودارهای شکلهای (۵ و ۶) قابل مشاهده می‌باشند.



شکل ۵ : روند تغییرات تبخیر ماهانه منطقه



شکل۶ : پراکنش ماهانه بارندگی در ایستگاه ورامین

- وضعیت شیب

شیب حوزه جهت ارزیابی مربوط به رفتار هیدرولوژیکی آبخیز مخصوصا تبدیل ریزش به جریان، مورد بررسی قرار می‌گیرد. شیب رابطه پیچیده‌ای با مقدار نفوذ و جریان سطحی و رطوبت خاک و دخالت آب زیر زمینی در دبی رودخانه دارد. شیب تند باعث جریان زیاد آب و فرسایش می‌گردد . بیشترین شیب منطقه مورد مطالعه بین ۱۰ تا ۲۵٪ متغییر است (۴).

- جهت شیب منطقه

جهت کلی شیب که نقش بسزایی در مقدار حرارت خورشید و کنترل آن می‌نماید و در نتیجه میزان تبخیر و تعریق را تغییییر می‌دهد عامل موثری در بررسی‌های هیدرولوژیکی حوزه می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه شیب عمومی بیشتر به سمت شرق است.

- هیدرولوژی منطقه

مقدار رواناب منطقه طبق رابطه (۱) و به روش جاستین محاسبه شده است :

رابطه (۱)

$$R = 0.284 S^{0.155 \frac{P^2}{1.8T+32}}$$

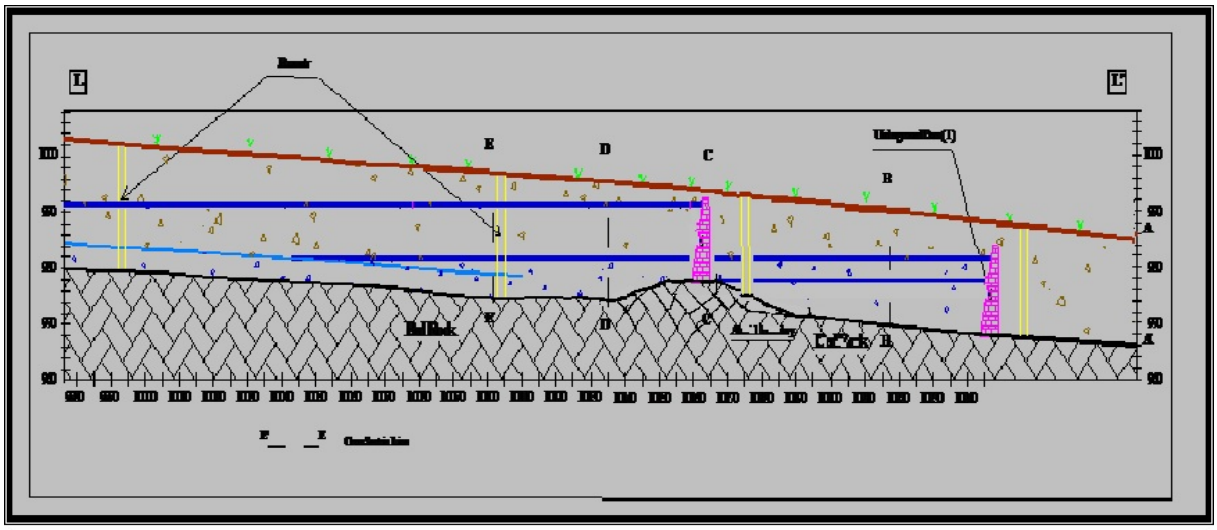
$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{A}}$$

Ü I=P-R-E

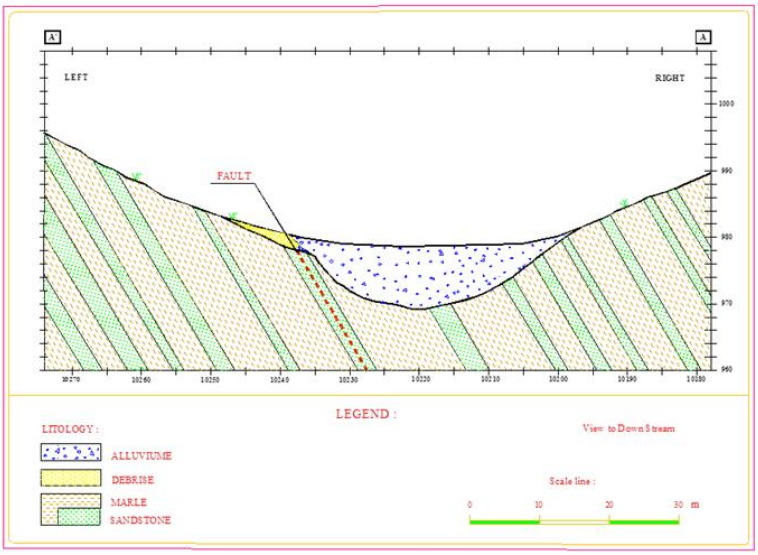
در رابطه فوق ، A مساحت حوزه به کیلومتر، S شیب متوسط حوزه به درصد، H حداکثر و حداقل ارتفاع حوزه به متتر، P متوسط بارش سالانه به سانتی متر، T متوسط دمای سالانه به سانتی گراد. براساس این رابطه در کل ۱۳۵۰۱۳۱ متر مکعب آب قابل نفوذ در منطقه برآورد شده است.

مطالعات ژئوالکتریک

سونداژها در دو مقطع طولی B,A و مقاطع عرضیC تا G تعیین شد. مقاطع طولی محدوده محور و مخزن را پوشش می‌دهد و مقطع عرضی C بر محل محور پیشنهادی منطبق است و مقاطع عرضی دیگر به صورت موازی با مقطع C تغییرات زیر سطحی را در محدوده مخزن نشان می‌دهد . با توجه به وضعیت سنگ کف در مقطع C و ضخامت مناسب آبرفت در طول آن (۹/۴ تتا ۶/۸ متر) به عنوان محور مناسب برای سد پیشنهاد شد. با استفاده از تفاسیر برداشتهای ژئوالکتریک و بررسی و کالیبراسیون نتتایج ببا اطلاعات گمانه حفاری شده در محل محور پیشنهادی، جنس لایه ها، ضخامت، عمق سنگ ککف وشیب عمومی و توپوگرافی سطح سنگ کف و جهت جریان آب زیرزمینی تشخیص داده شد. مقاطع طولی (از محور تا انتهای مخزن یا دریاچه سد) و مقطع عرضی بستر آبراهه (در محل محور سد) بر اساس نتایج مطالعات ژئوالکتریک و گمانه حفر شده ترسیم گردید (شکلهای ۷ و۸).



شکل۷ : مقطع در طول بستر رودخانه در بازه مورد مطالعه



شکل۸ : مقطع از عرض بستر رودخانه در بازه مورد مطالعه

- زمین‌شناسی منطقه

گستره مورد مطالعه در یک ناحیه بینابینی (Transition Zone) بین ایران مرکزی و البرز قرار گرفته و از سازندهای لار و کرج مربوط به البرز و سازندهای سرخ بالایی و قم و سرخ پایینی، متعلق به ایران مرکزی می‌توان نام برد. این محدوده، هسته مرککزی بیک ناودیس (در جنوب آبراهه) و یک تاقدیس(در شمال آبراهه) با روند غرب و شمال غرب، شرق و جنوب شرق است (۴).

- مکان یابی

فاکتورهای مهم در مکانیابی این طرح عبارتند از، جلوگیری از شور شدن آب (به تدریج از بالا دست حوزه به طرف پایین دست با اضافه شدن آبراهه ها ی فرعی از میان تشکیلات زمین‌شناسی شور عبور کرده و موجب شوری آب می‌شود) و همچنین جلوگیری از نفوذ آب به اعماق زمین (با توجه به تغییرات عمق رسوبات منطقه)، کنترل و مدیریت و تقویت آب زیرقشری بیا کیفییت مناسب در نزدیکترین محل ممکن به بهره‌بردار و هندسه مناسب مخزن در ایجاد حجم زیاد و هندسه مناسب محور در ککاهش حججم و هزیننه ساخت سازه در بستر آبراهه، محل فوق برای احداث سد زیرزمینی در این طرح پیشنهاد شد.

- اجزای طرح

دیواره آب بند: با توجه به مصالح منطقه و معیارهای مقاومتی، سازه وزنی سنگ و ملات به شکل یک دیواره تلسکوپی احداث شد. بلندترین قسمت دیواره ۱۲ متر ارتفاع و ضخامت آن در سنگ بستر ۳ متر می‌باشد. تخلیه کننده تحتانی: به منظور استفاده ثقلی از آب مخزن سد، اقدام به نصب لوله ای با قطر مناسب در داخل دیواره سد و در تراز نزدیک به خط ا لقعر آبراهه شده است. ایین لوللله در پایین دست سد به طور افقی تا محل تلاقی امتداد لوله و بستر طبیعی آبراهه در سطح زممین، ادامه می‌یابد. ببه منظظور کنتترل و مدیریت برداشت، شیر تخلیه، در مسیر لوله تخلیه کننده و در بدنه سد تعبیه گردیده است. سرر یز: برای جلوگیری از شستششوی تتاج سد و تثبیت آن و بستر آبراهه در پایین دست تاج سد و جلوگیری از جاری شدن آب در سطح زمین که منججر ببه تلففات ناششی از تبخیر و نیز گاهی باتلاقی شدن محدوده سد خواهد شد، لازم است دیواره سد در عمق یک متری بستر آبراههه قطلع و سسپس ببا مصالح دانه درشت و سنگین پر شود. برای اطمینان از عدم فرسایش، اقدام ببه تثبییت محدودهای ببه فاصله ۱۵ متتر از اطراف محدوده سد شده است. چاه برداشت آب: جهت بهره‌برداری بهینه از مخزن سد، حفر چاه در خطالقعر آبراهه و در نزدیک بالادست سد ضروری است. ضمنا از این چاه جهت پایش هم استفاده می‌شود. استفاده از چاه برای آبیاری اراضی بالا دست، الگوی مناسبی ببرای مناطق کم آب است. زیرا آب برگشتی از آبیاری دوباره پشت سد ذخیره شده و قابل پمپاژ می‌باشد.

- مدلسازی رفتار هیدرولیکی مخزن

با مدلسازی ریاضی و عددی با مدل MODFLOW رفتار هیدرولیکی مخخزن ممورد بررسی قرار گرففت و سسناریوهای متففاوت بهره‌برداری، شبیه سازی شد (جدول ۱). به این وسیله موقعیت چاه بهره برداری، نرخ پمپاژ و دوره بهره‌برداری، و اثتر گگالری افققی ببر میزان آب قابل پمپاژ بررسی گردید. در این بررسی، مشخص شد طی یک دوره ۳ ماهه در ماههای تر می‌توان حداکثر ببا ننرخ ۳۵ متتر مکعب در روز اقدام به پمپاژ نمود و با توجه به محدودیت ابعاد مخزن سد زیرزمینی بهورد، طول گالری ببر ننرخ پمپپاژ تتاثیر قابببل ملاحظهای ندارد. با توجه به نرخ آب قابل برداشت و با در نظر گرفتن نیاز آبی گیاهان بباغی مثمرر، حداکثثر می‌تتوان ۰/۵۴ هکتتار انگور، ۰/۷ هکتار انار و ۲/۸ هکتار درختان غیر مثمر را آبیاری کرد (جدول ۲). از آنجا که مدل سازی ببر اسساس تنهها یبک گمانننه محفوره در منطقه انجام شد، کل منطقه به ناچار به صورت یک زون در نظر گرفته شد، که جای اشکال است. با توجه به یکنواختی مصالح و آبرفت موجود در آن که در مطالعات ژئو الکتریک و زمین‌شناسی تایید شده، عدم قطعیت برای فرض یکنواختی لاییهها چندان زیاد نیست.

- روش اجرا

در اجرا موارد ذیل طراحی و اجرا شد: تمهیدات در زمینه انحراف جریان سیلابهای احتمالی که در حین اججرای سد ممککن است اتفاق بیافتد. خاکبرداری آبرفت تا سنگ بستر در کف و جناحین بصورت پایدار. پمپاژ آب زیرقشری تتا زممان تخلییه کامل و خششک

شدن کف ترانشه باز شده. برداشت لایه های هوازده و سست و یکنواخت کردن سطح سنگ کف، برای سنگ‌چینی و بتن‌ریزی پی بدنه سد. اجرای بدنه با توجه به استانداردها و اهداف طراحی شده. نصب لوله آبگیر در تراز یک متری از عمیق‌ترین قسمت دیواره و اجرای بخش‌های فیلتر و زهکش و نصب شیر تخلیه و لوله‌های تخلیه.

اجرای چاه بهره‌برداری در بالادست سازه بدنه، همزمان با اجرای دیواره و پر کردن اطراف آن با لایه‌های زهکش و فیلتر. قطع دیوار چینی ۱ متر مانده به تراز بستر رودخانه و پر کردن قسمت باقی مانده از مقطع با سنگهای بزرگ بعنوان سرریز جهت عبور آب مازاد به طرف پایین‌دست. پر کردن بالا و پایین دست بدنه سد به ترتیب با شن و ماسه تمیز و مصالح حاصل از گودبرداری و سپس تثبیت سطح تمام شده با سنگ‌چینی برای جلوگیری از آب شستگی‌های بعدی. حفاری چاه در پیایین دست جهت کنترل تراز آب پایین‌دست در صورتی که احتمال فرار آب بیشتر از حد باشد. زیرا در صورت آب‌بند بودن سد همزمان با دیوارچینی شروع به بالا آمدن کرده و به فاصله کمی از اتمام سد پر می‌گردد. این زمان بستگی به حجم مخزن و میزان تغذیه سفره نیز دارد.

جدول ۱: نتایج حاصل از شبیه سازی

سناریو	نوع مصرف	دوره بهره برداری (ماه)	حداکثر نرخ بهره برداری (m^3/day)
۱	شرب	۱۲	۲
۲	شرب	۱۲	۱۵
۳	کشاورزی	۵	۲۲
۴	کشاورزی	۳	۳۰
۵	کشاورزی	۳	۳۵

جدول۲ : تعداد اصله درخت قابل آبیاری

سناریو	نوع مصرف	دوره بهره برداری (ماه)	حداکثر نرخ بهره برداری (m^3/day)
۱	شرب	۱۲	۲
۲	شرب	۱۲	۱۵
۳	کشاورزی	۵	۲۲
۴	کشاورزی	۳	۳۰
۵	کشاورزی	۳	۳۵

- نتیجه گیری

با مطالعات ژئوالکتریک و زمین‌شناسی منطقه و با توجه به ضخامت آبرفت سد زیرزمینی برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد شد. پس از مدلسازی، استفاده آب مخزن سد جهت مصارف کشاورزی در سه ماهه خشک سال، با نرخ ۱۵ متر مکعب در روز پیشنهاد گردید. با احداث این سدزیرزمینی ضمن در دسترس قرار گرفتن آب در فصول خشک سال، از هدر رفتن آب به علت نفوذ در اعماق زمین و همچنین آلودگی آب با توجه به مسیر حوزه آبریز (گذر از تشکیلات زمین‌شناسی که موجب شوری آب می‌گردد) جلوگیری می‌شود. به دلیل وجود این سد زیرزمینی امکان استفاده مجدد از آب کشاورزی مناطق بالادست فراهم می‌گردد.

تشکر و قدردانی:

نویسندگان این مقاله بدین وسیله نهایت سپاس و قدر دانی خود را از جنـاب آقـای دکترجـواد طباطبایی یزدی به خاطر همککاری صمیمانه ایشان ابراز می‌دارند.

منابع

- امینی زاده، م.، غ. لشکری پور و م. غفوری. ۱۳۸۹ .متدولوژی پایش سدهای زیرزمینی، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۱ (۲)۵۷-۴۳.
- جلالی، نادر، ۱۳۸۳، تفکیک واحدهای زمین شناسی کواترنر با استفاده از تصاویر چند طیفی ماهواره ای، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، گزارش تحقیقاتی.
- سیامردی، ک.، ۱۳۸۸، بررسی روشهای مختلف طراحی سدهای زیرزمینی، برای ذخیـره سازی آبهای زیرزمینی، هشتمین کنگره بین المللی عمران.
- طباطبایی یزدی، ج.، مجیدی، ع.، گوهری، ا.، داودی م. ه.، دانش‌کار آراسته، پ.، ۱۳۸۲ ،گزارش نهایی طرح تحقیقاتی سد زیرزمینی بهورد چنداب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- نیلسون، ا.، ۱۳۸۲، سدهای آب زیرزمینی جهت تـامین آب در مقیـاس کوچک، مترجم، طباطبایی یزدی، ج.، نبی پی، س.، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
- هاشمی، ز، ۱۳۸۱، بررسی نهشته های کواترنزی شمال حوضه آبریز کویر حاج علیقلی به منظور تعیین مکان های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال .
- Foster. S. Azevedo.G. and Baltar.A. 2002. Subsurface Dams to Angment Groundwater Storage in Basemer Torrain for Human Subsistonce- Brazilian Expericnce. World bank, GWMATE Case Profilc collection No 5 , pp.5
- Vanrompay,L, 2003. Report on The Technical Evaluation & Impact Assessment of Subsurface Dams (SSDs) TlDP, technical report, PP.14