

تعیین ویژگی های مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی در اجرای سدهای زیرزمینی

نجمه حاج سیدعلی خانی^{۱*}، پیمان معدنچی^۲، سیدحسین علوی^۳

۱ - کارشناس ارشد بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج

کشاورزی، کرمان، ایران. nsedalikhani@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و

ترویج کشاورزی، کرمان، ایران. peyman_madanchi@yahoo.com

۳- کارشناس ارشد بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و

ترویج کشاورزی، کرمان، ایران. hosein_alavi418@yahoo.com

چکیده

در مناطق خشک، آب های زیرسطحی از دسترس خارج می شود یا از نظر کیفیت نامطلوب شده و غیر قابل مصرف می شوند. لذا بهره برداری این بخش از منابع آب در کشور، بویژه در ایام گرم و خشک سال، می تواند حجم قابل ملاحظه ای آب با کیفیت مطلوب را در اختیار مصرف کنندگان جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی قرار دهد. در انجام مطالعات عمرانی یکی از مهم ترین بخش ها مطالعات اقلیم و هیدرولوژی است. در سدهای زیرزمینی بحث مهم در این زمینه مقدار آب زیرقشری جریان یافته در بستر رودخانه ای است که سد ادامه ی آن را قطع می کند و نیز مقدار تبخیر در آن محل. به هر حال توجه به سایر موارد از جمله میزان روان آب در حوزه و سیل نیز می تواند مهم باشد. نتایج مطالعات انجام شده در این حوضه بیانگر ضرورت انجام مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی است. و می توان از نتایج این بررسی، دستورالعملی برای مطالعات هواشناسی شامل تعیین رژیم بارش، برف، دما و پتانسیل تبخیر و تعرق، رطوبت، باد و اقلیم و هیدرولوژی شامل تهیه گزارشات پیشینه، تعیین زمان تمرکز، شناسایی ایستگاه های هواشناسی، رواناب، سیلاب و بیلان هیدرولوژیکی هر حوضه، در سایر مناطق استخراج کرد.

واژه های کلیدی: سد زیرمینی، فیزیوگرافی، هواشناسی، هیدرولوژی

مقدمه

به منظور استفاده بهینه از آب، مدیریت آن با نگاه ویژه به شرایط محیطی، ضرورتی اجتناب ناپذیر است. به کارگیری روش‌های کارا، ساده، کم هزینه و سازگار با طبیعت، برای تولید پایدار، در این مناطق ضرورت دارد. از روش‌های متفاوتی برای استحصال و بهره برداری از آب می‌توان استفاده کرد. یکی از این روش‌ها، احداث سد زیرزمینی است. با احداث سدهای زیرزمینی با ذخیره آب در آبخوان‌های کوچک، می‌توان از هدر رفت جریان‌های کم آب زیرزمینی از داخل آبرفت‌های کم عمق جلوگیری کرد. سدهای زیرزمینی به ۳ روش مستغرق، رسوبگیر (Sand-Storage) و ترکیبی اجرا می‌شوند (خیرخواه، ۱۳۸۵). سادگی فن‌آوری بکار رفته در این روش، اجرای آن را با استفاده از مصالح و افراد محلی فراهم کرده است. بنابراین، این روش می‌تواند قدم مهمی در راه خودکفایی جوامع روستایی و جلوگیری از مهاجرت باشد. در منابع خارجی از سدهای زیرزمینی با عناویری چون Subsurface barriers, Underground dams, Cut-off walls یاد شده است. اگر چه در این منابع بیشتر بر استفاده از این سازه برای جلوگیری از انتشار آلودگی آب‌های زیرزمینی تاکید شده، اما، از آن برای بالا آوردن سطح، ذخیره و برداشت آب‌های زیرزمینی، در مناطق خشک نیز استفاده می‌شود.

سدهای زیرزمینی، در حقیقت آب‌بندان‌های فیزیکی مدفونی هستند که پی و تکیه گاه‌های آن‌ها را سنگ‌هایی با نفوذپذیری بسیار ناچیز (غیر قابل نفوذ) تشکیل می‌دهند. بلندی آن‌ها نیز به فراتر از سطح زمین طبیعی نمی‌رسد. این آب‌بندان‌ها معمولاً از بتن، سنگ و ملات، آجر، لایعی رسی و گابیون با پوشش ضد آب ساخته می‌شوند.

مکان‌یابی سدهای زیرزمینی از فرایندهای مهم و پیچیده در اجرای این طرح‌ها است. در این راستا روش مطالعه و عوامل مهم مطالعاتی کم و بیش مبهم هستند. گاهی مطالعات مختصر و مفیدی انجام شده و طرح‌های موفق اجرا شده است و در مواردی نیز مطالعات گسترده و پیچیده‌تری زیادی در انتخاب محل سدها صورت می‌گیرد. به دلیل نبودن این فن در ایران، روش و شیوه‌نامه معینی برای مطالعه، طراحی و اجرای آن وجود ندارد. بنابراین بررسی این موضوع، جمع‌بندی روش‌ها و چگونگی مکان‌یابی با استفاده از کارهای انجام شده در کشور ضروری است (حسینی، ۱۳۹۰).

برای مکان‌یابی و طراحی سد زیرزمینی در مناطق مختلف نیاز به مطالعات محیطی از دیدگاه‌های گوناگون از جمله فیزیوگرافی، هواشناسی و هیدرولوژی است. بررسی منابع آب سطحی حوضه در رابطه با آب زیرزمینی، یکی از ضروری‌ترین مطالعات در زمینه احداث آن‌ها است.

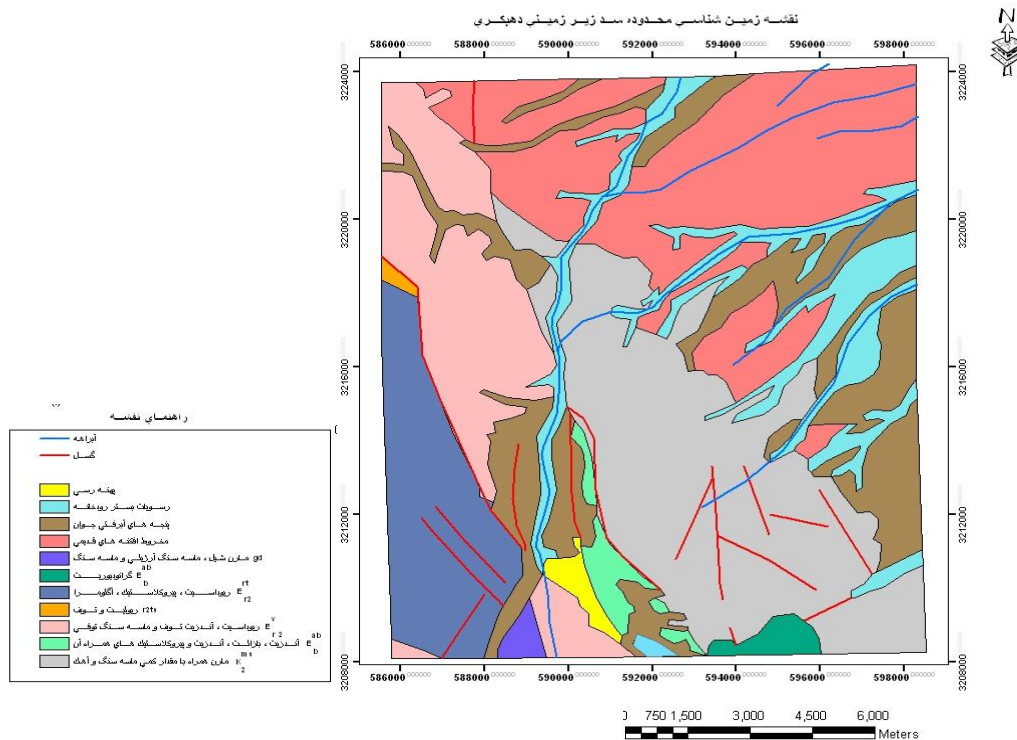
هزینه بودن آزمایش‌های لرزه‌نگاری و یا ژئوالکترونیک، محدوده کردن آنها حائز اهمیت است

موقعیت سد زیرزمینی دهبکری

دهبکری، از توابع شهرستان بم یکی از ییلاق‌های مهم استان کرمان است که در دامنه‌ی کوه شهن 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 مکن مناطق سرد گرم‌جیفت و بم واقع شده است. در شکل ۱ موقعیت روستای دهبکری که سد زیرزمینی دهبکری در پایین دست این روستا ساخته خواهد شد، نسبت به استان مشاهده می‌کنید. شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی محدوده سد زیرزمینی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت روستای دهبکری در Google



شکل ۲- نقشه زمین شناسی محدوده سد زیرزمینی دهبکری

رودخانه دهبکری از کوه های جبال بارز سرچشمه می گیرد و پس طی مسافت چندین کیلومتر به سمت بوم و کویر لوت جریان می یابد. بستر این رودخانه دارای آبرفت های درشت دانه است و طی سالیان اخیر آبرفتی این رودخانه بسیار کم شده است و بیشتر محدود به اواخر پاییز تا اوایل تابستان است. در اواخر تابستان آب آن در بسیاری از سال ها به کلی خشک می شود. کشاورزان منطقه با احداث جوی های سیمانی و یا بدون عایق سعی می کنند تا از آب موجود برای آبیاری اراضی حاشیه رودخانه استفاده کنند. این رودخانه از روی محور سد رد می شود. محل سد با عرض آبراهه به حدود ۶۰ متر بوده، که در مختصات $11^{\circ}55'E$ ، $29^{\circ}04'N$ واقع شده است. شیب متوسط کف آبراهه ۲ درصد است که در بخش های بالا دست بیشتر می شود. این شیب از محل سد به سمت بالا دست تا فاصله ۲/۵ کیلومتر بین ۱ تا ۳ درصد می باشد. بیشترین

ارتفاع حوزه ۳۱۶۸ متر و مربوط به قله ای است که در قسمت جنوب شرق حوزه واقع شده است. کمترین ارتفاع نیز مربوط به محل پیشنهادی سد و ۱۹۵۱ متر می باشد. مساحت حوزه برابر با ۸۲/۰۲۴۳ کیلومتر مربع است. محیط این حوزه برابر با ۵۰/۸۸۳ کیلومتر است. حوزه آبریز سد زیرزمینی دهبکری، در تقسیم بندی ساختمانی ایران، جزء زون ساختمانی ایران مرکزی می باشد. این زون ساختمانی یکی از واحدهای اصلی و عمده زمین شناسی است که به شکل مثلث در مرکز ایران قرار گرفته و از بزرگترین و پیچیده ترین واحدهای زمین شناسی ایران محسوب می گردد. بخش غربی زون ساختمانی ایران مرکزی از مجموعه ای از سنگ های آتشفشانی و پیروکلاستیک های وابسته به آنها تشکیل شده که در امتداد نوار طویلی، از سهند تا بزمان، به پهنای تقریبی ۱۵۰ کیلومتر و طول ۱۷۰۰-۱۶۰۰ کیلومتر، به موازات زون ساختاری سندج - سیرجان کشیده شده و به نام کمر بند آتشفشانی سهند - بزمان یا ارومیه - دختر نامیده می شود. این کمر بند آتشفشانی در استان کرمان به نام کمر بند دهج - ساردوئیه معروف است. لذا واحدهای زمین شناسی از جنس مواد آتشفشانی، با سن ائوسن در آن زیاد مشاهده می شود. در محدوده مورد مطالعه سد پیشنهادی، واحدهای قبل از ائوسن، که مربوط به دوره کرتاسه می باشند نیز گسترش قابل توجهی دارند.

بررسی کیفیت و صحت آمار:

در اغلب طرح های آبخیزداری، محیط زیست، منابع طبیعی، کشاورزی، مطالعات منابع آب، و طرح های آمایش سرزمین که وسعت منطقه ای مورد مطالعه زیاد است، علاوه بر تغییرات زمانی بارندگی، تغییرات مکانی آن نیز در نظر گرفته شده و از آمار تعداد زیادی ایستگاه استفاده می شود تا بارش متوسط در مقیاس منطقه ای محاسبه گردد. قبل از انجام هر گونه محاسبات آماری مانند پیدا کردن میانگین بارندگی منطقه ای، باید کارهای مقدماتی زیر انجام شوند:

انتخاب پایه ای زمانی مشترک، کنترل کیفیت آمارهای موجود، بازسازی نواقص آماری. در این مناطق روستاهای متعددی وجود دارد که تماماً در اطراف رودخانه هایی که از کوه های جبال بارز سرچشمه می گیرند بنا شده اند. این رودخانه ها ویژگی سایر رودخانه های مناطق خشک و نیمه خشک جهان را دارا هستند. رژیم موقتی، سیلاب های شدید، و خشکسالی های پی در پی در تمام این رودخانه ها دیده می شود. این شرایط باعث می شود که این محیط تبدیل به یک محیط فقیر از لحاظ اطلاعات هواشناسی شود. بیشترین آمار از ایستگاه های باران سنجی به دست آمده اند. اما در همه ی این ایستگاه ها آمار به صورت ناقص یا کوتاه مدت ثبت شده اند. بنابراین نواقص آماری بسیار زیاد است. پراکندگی ایستگاه های موجود نیز به صورتی است که بازسازی آمار را دشوار می سازد. برای کارهای هیدرولوژی و اقلیمی در مناطق خشک، به علت ضریب تغییرات زیاد، لازم است تا به مدت حداقل ۳۰ سال آمار داشت. بنابراین سعی شد تا این آمار بازسازی شود اما ممکن است تا آمار واقعی اختلاف وجود داشته باشد. داده های بارش در یک ایستگاه می توانند دارای خطاهای عمدی یا سهوی باشند. خطاهای عمدی شامل ارائه ای داده های اندازه گیری نشده و تقلب در آمار بوده، و خطاهای سهوی ناشی از چگونگی مدیریت صحیح بهره برداری از ایستگاه ها می باشد. به علاوه، تعویض نوع دستگاه اندازه گیری از نظر دقت و یا تغییر مکان مختصر آن و همچنین عدم حفظ فاصله ی موانع اطراف باران سنج ها می تواند باعث بروز ناهمگنی در داده ها گردد. بدیهی است برای تجزیه و تحلیل صحیح داده ها باید ابتدا آمارهای غلط را شناسایی و کنار گذاشته و آمارهای ناهمگن را همگن نمود. در بررسی درستی و همگنی داده ها، روش های مختلف زیر می توانند مورد استفاده قرار گیرند:

مقایسه ی نظری داده های هم زمان در یک منطقه، در ایستگاه های مختلف، و آرسی مقادیر خیلی زیاد و کم در ایستگاه ها، و آرسی جمع ستون های بارش ماهانه و جمع مجدد بارش های روزانه به منظور استخراج اشتباهات احتمالی ناشی از تایپ اعداد، استفاده از منحنی های گرادیان بارش (رابطه ی بین بارش و ارتفاع) و و آرسی مجدد نقاطی که در فاصله ی زیادی از این منحنی قرار می گیرند (استخراج داده های پرت یا Outliers)، استفاده از آزمون های جرم مضاعف و توالی. در این مطالعه از آزمون جرم مضاعف استفاده گردید.

- انتخاب پایه‌ی آماری مشترک و مناسب:

مشکل همیشگی در تجزیه و تحلیل آمارهای منطقه ای وجود تعداد سال های آماری متفاوت برای ایستگاه ها می باشد که مربوط به تأسیس آن ها در سال های مختلف است. آمار یک ایستگاه ممکن است مربوط به یک دوره ی خشک، و آمار ایستگاه دیگر مربوط به دوره پر باران باشد. در نتیجه چنان چه از متوسط حسابی آن ها برای مثلاً تهیه ی یک نقشه ی هم باران استفاده شود، تغییرات زمانی و مکانی با هم مخلوط و نامشخص می گردد. بنابراین باید یک پایه ی زمانی مشترک و حد مطلوب را در نظر گرفت و آن گاه اقدام به تکمیل آمارهای ناقص این دوره نمود. بدین منظور می توان از نمودارهای میله ای استفاده کرد و پایه ی زمانی مشترک را روی آن انتخاب کرد.

ریزش های جوی:

آمار بازسازی شده ی هر ایستگاه برای هر ماه به صورت حداقل، حداکثر، و میانگین ذکر شده اند. در ایستگاه دهبکری پر - باران ترین ماه ها به ترتیب اسفند ۲۸/۱ میلیمتر، بهمن ۲۸/۱ میلیمتر، و دی ۲۶/۶ میلیمتر هستند. ماه های دارای بارش کم نیز مرداد ۰/۳ میلیمتر، تیر ۱/۵ میلیمتر و شهریور ۱/۶ میلیمتر هستند.

تعداد روزهای بارانی:

تعداد روزهای بارانی در یک حوزه عبارتست از روزهایی که مقدار بارش ثبت شده بیش از ۱ میلی متر باشد. این اطلاعات از آن رو اهمیت دارد که می توان حدس زد، مثلاً در مورد یک سد، چه موقعی می توان بیشتر انتظار بارش داشت و چه موقعی ظرفیت آبیگری آن به ظرفیت بالقوه نزدیکتر است. از طرف دیگر برنامه ریزی برای ساخت یک بنا مانند سد، بایستی طبق برنامه ریزی معینی باشد و این برنامه در مواقعی دنبال شود که خطر کار کمتر بوده و امکان موفقیت در انجام طرح بیشتر است. در ایستگاه دهبکری تعداد روزهای بارانی در اسفند بیشترین تعداد است. دی ماه در رتبه ی بعد، و بهمن سومین ماه دارای بیشترین روزهای بارانی است. کمترین روزهای بارانی در تیرماه، مرداد، و مهرماه هستند. شایان توجه است که شهریورماه تعداد روزهای بارانی بیشتری نسبت به مهرماه دارد. همچنین با مراجعه به میانگین بارش ماهانه می توان به این نکته پی برد که شدت بارش ها در کدام ماه بیشتر است. شاید بتوان دلیل آن را با وقوع بارش های موسمی متأثر از اقیانوس هند مرتبط دانست.

پراکنش بارش:

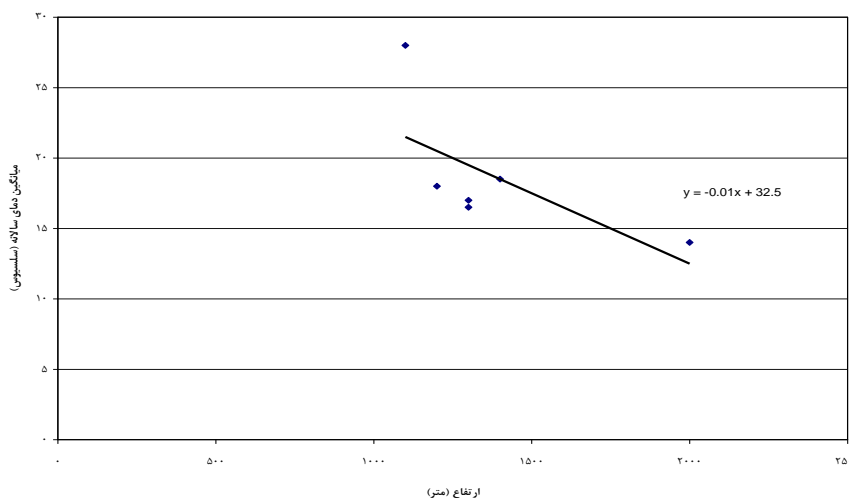
همان گونه که در بخش قبلی ذکر شد بارش های این حوزه از لحاظ زمانی بیشتر در ماهانه ی اسفند، دی، و بهمن است. مقداری از بارش ها نیز بهار و در ماه اردیبهشت است. کمترین بارش در ماه های تابستان و اوایل پاییز است. از لحاظ مکانی بارش از ارتفاعات به سمت دشت کمتر می شوند. شدت این تغییرات بسیار زیاد است. به طوری که اختلاف بین بارش سالانه در دشت و کوهستان حدود ۲۴۰ میلی متر در سال برآورد می شود. بارش ها در بهار و اواخر تابستان بسیار سریع و زودگذر، و در زمستان با شدت کمتر و بلند مدت هستند. اغلب بارش ها از نوع اروگرافیک یا جبهه ای بوده و معدود بارش هایی که در شهریور رخ می دهند از نوع همرفتی هستند.

درجه حرارت:

برای تعیین معیارهای دمایی در یک حوزه لازم است تا به آمار بلندمدت دما دسترسی داشت. از آن جا که این آمار در ایستگاه های مجهزتر ثبت می شود، چنین آماری برای خود ایستگاه دهبکری وجود ندارد. ایستگاه سینوپتیک نزدیک به این منطقه ایستگاه بم است. این ایستگاه در مناطق دشتی و گرم استان واقع شده است. کوهستانی بودن و ارتفاع این منطقه موجب سردتر بودن آن نسبت به مناطق اطراف می شود. اما باید توجه داشت که دما در دهبکری کمتر از این موارد است.

گرادیان دما:

در هر منطقه با توجه به آم از ایستگاه‌ها میانگین دمای سالانه یا ماهانه و یا میانگین کمترین و بیشترین دماهای ماهانه همراه با ارتفاع ایستگاه‌ها از سطح دریا روی محور مختصات انتقال می‌یابد. منحنی مناسب از بین نقاط رسم می‌شود که معمولاً به صورت خط مستقیم است و رابطه‌ی کلی آن به صورت $T=A-\beta Z$ می‌باشد. در این معادله β گرادیان حرارتی است. در این حوزه کمترین خط ارتفاعی ۱۹۰۰ متر و بیشترین آن ۳۱۰۰ متر است. به تدریج که به سمت جنوب و بالادست حوزه حرکت می‌کنیم ارتفاع بیشتر می‌شود.



نمودار تغییر درجه حرارت با ارتفاع در سطح منطقه ۱۵ سال آماری

با توجه به این معادله میانگین سالانه ی دما در خروجی حوزه حدود ۱۴ درجه و در بلندترین ارتفاعات حدود ۳ درجه ی سلسیوس می‌باشد. روند این تغییرات ۱/۲ درجه در هر ۱۰۰ متر ارتفاع است.

دوره‌های یخبندان:

برای تعیین دوره‌های یخبندان لازم است تا دماهای زیر صفر در طول یک سال مشخص شوند. همان‌گونه که مقدار نزولات جوی از سالی به سال دیگر تغییر می‌کند، میزان دما در تابستان و زمستان در یک حوزه از سالی به سال دیگر نیز متغیر است. بنابراین آن‌چه که در این مورد گفته می‌شود بنا به مشاهدات بلندمدت اقلیمی است و در حقیقت وضعیت عادی یا «نرمال» یک حوزه را نشان می‌دهد. در این حوزه دماهای زیر صفر از اواسط آبان تا اواخر فروردین به تناوب تجربه می‌شود. خطر یخبندان در محل سد که در پایین‌ترین ارتفاع حوزه قرار دارد کمتر است اما واقع شدن در دره‌ای که محل اتصال به دشت می‌باشد موجب وزش بادهای سرد و افزایش نسبی دما می‌گردد. بیشترین فراوانی دماهای زیر صفر به ترتیب در ماه‌های بهمن، دی، اسفند، آذر، و فروردین مشاهده می‌شوند. طول مدت حضور خطر یخبندان بین ۱۰۰ تا ۱۳۰ روز در سال‌های متفاوت متغیر است.

وضعیت پتانسیل تبخیر:

تبخیر یک فرآیند فیزیکی است که در آن آب از حالت مایع به گاز تبدیل شده و به واقع از دسترس خارج می‌شود. یکی از بزرگترین خطراتی که منابع آب را در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تهدید می‌کند. بنابراین در برنامه‌های عمرانی بایستی توجه ویژه‌ای به آن شود. احداث سدهای زیرزمینی یکی از راهکارهای غلبه بر این مشکل در چنین مناطقی می‌تواند باشد. برای تعیین میزان تبخیر در این حوزه از آمار ایستگاه تبخیرسنجی آدوری استفاده شد. این حوزه در مجاورت حوزه ی مورد نظر قرار

دارد و می‌تواند نماینده‌ی مناسب برای ارائه‌ی آمارهایی باشد که وجود ندارند. در جدول، میانگین تبخیر ماهانه برای ۱۵ سال آورده شده است.

| میانگین تبخیر ماهانه در ایستگاه آدوری | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| ماه | ارتفاع تبخیر (میلی‌متر) |
| فروردین | ۲۳۱۳ |
| اردیبهشت | ۲۵۸۷ |
| خرداد | ۲۷۱۴ |
| تیر | ۲۹۱۰ |
| مرداد | ۳۱۱۵ |
| شهریور | ۲۷۴۵ |
| مهر | ۲۵۱۴ |
| آبان | ۲۲۱۲ |
| آذر | ۱۹۸۴ |
| دی | ۱۸۵۰ |
| بهمن | ۱۷۶۸ |
| اسفند | ۱۸۶۵ |
| میانگین سالانه ۲۳۸۱ | |

به هر حال مقدار تبخیر را می‌توان با استفاده از فرمول نیز محاسبه کرد که البته در اکثر فرمول‌ها عامل مهم در تبخیر انرژی خورشید در نظر گرفته می‌شود:

$$E = \frac{R_n}{\rho_w(L_v)}$$

در این فرمول R_n تابش ورودی خالص است که خود از فرمول مربوطه به دست می‌آید که به علت تفصیل مطلب در این جا ذکر نمی‌شود. دانسیته‌ی آب با ρ_w نشان داده می‌شود که مقدار آن ۱ در نظر گرفته می‌شود. گرمای نهان تبخیر با L_v که از

$$L_v = 597.3 - 0.56t$$

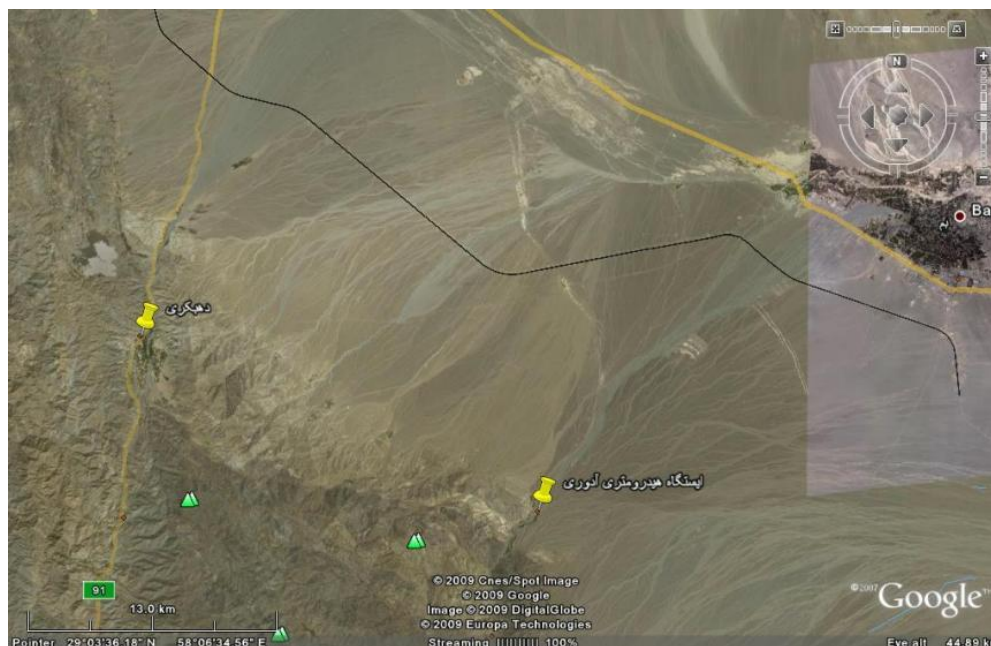
معادله‌ی زیر به دست می‌آید:

با استفاده از این فرمول‌ها و در نظر گرفتن مقادیر میانگین برای هر متغیر، مقدار تبخیر میانگین حدود ۲۴۰۰ میلی‌متر در ماه به دست می‌آید. البته این مقدار در ماه‌های سرد کمتر و در ماه‌های گرم بیشتر است.

۹ تخمین روان‌آب و سیلاب و برآورد آب‌دهی و ضریب روان‌آب در سطح حوزه تا محل سد:

دبی:

برای تعیین دبی این حوزه از آمار دبی ایستگاه آدوری استفاده شده است . این ایستگاه با مختصات $28^{\circ} 58' 30''$ شمالی و $58^{\circ} 07' 31''$ شرقی، و ارتفاع ۱۶۳۷ متر از سطح دریا بر روی رودخانه ی تلنگو قرار دارد و از سال ۱۳۵۴ دارای آمار دبی ماهانه است. از آن جا که در این منطقه سطح حوزه ها تقریباً با همدیگر مساوی است می توان با تقریب خوبی از آمار این ایستگاه برای نتیجه گیری دبی در رودخانه ی مجاور نیز استفاده کرد. شکل زیر، موقیت ایستگاه آدوری نسبت به دهبکری را نشان می دهد.



موقیت ایستگاه آدوری نسبت به ایستگاه دهبکری

مقادیر کمینه، بیشینه، و میانگین این آمار نشان داده شده است. در حقیقت از روی این آمار می توان مقادیر لحظه ای سیل و خشکی را نیز به دست آورد. بیشترین مقدار دبی ثبت شده $182/5$ متر مکعب بر ثانیه است.

جدول بیشینه، کمینه، و میانگین دبی روزانه در ایستگاه آدوری (متر مکعب)

| ماه | کمینه | بیشینه | میانگین |
|----------|-------|--------|---------|
| فروردین | ۰/۰۵ | ۱۸۲/۵ | ۸/۲۷ |
| اردیبهشت | ۰/۱ | ۶۰/۱ | ۳/۳۸ |
| خرداد | ۰/۰۱ | ۱۵/۲ | ۱/۴۷ |
| تیر | ۰/۰۱ | ۷۳/۳ | ۱/۱۶ |
| مرداد | ۰ | ۲۱ | ۰/۷۳ |
| شهریور | ۰ | ۲۳/۲ | ۰/۵۴ |
| مهر | ۰ | ۱۴/۷۴ | ۰/۵۰ |
| آبان | ۰ | ۳۶ | ۰/۶۷ |
| آذر | ۰/۰۵ | ۳۸/۸ | ۱/۰۳ |
| دی | ۰/۰۲۲ | ۱۱۷ | ۲/۹۰ |

| | | | |
|------|-------|------|---------|
| ۵/۲۸ | ۸/۱۷۵ | ۰/۲۳ | بهمن |
| ۸/۵۳ | ۶/۱۵۳ | ۰/۲۲ | اسفند |
| ۲/۸۷ | ۷۵/۹۴ | ۰/۰۶ | میانگین |

چنانچه مشاهده می شود تغییرات دبی در این رودخانه زیاد می باشد، به طوری که بین میانگین کمترین مقادیر و میانگین بیشترین مقادیر دبی حدود ۴۳ متر مکعب اختلاف وجود دارد. بیشترین دبی لحظه ای در فروردین است که ناشی از ذوب برف بوده و جریان آن به سرعت کم می شود. کمترین مقادیر نیز مربوط به اواسط تابستان تا اوایل پاییز است که ذخیره ی برف حوزه تمام شده و تمام آب های ذخیره شده خارج می شوند. با شروع بارش جریان کم کم در اثر بارش به شکل باران به حرکت در می آید اما تداوم آن بستگی به بارش برف دارد.

برای به دست آوردن دبی در حوزه هایی که آمار مشخص دبی ندارند فرمول ها و معادلات متعددی ارائه شده است که هر کدام نیاز به متغیرها و عوامل خاصی دارند. یکی از ساده ترین این معادلات روش کوتاین است:

$$D = P - \lambda P^2$$

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T}$$

$$R = P - D$$

که در آن P ارتفاع بارش سالانه به متر، T دمای میانگین حوزه به سانتی گراد، D کمبود جریان سالانه به متر، و R روان آب سالانه به متر است که پس از ضرب در مساحت حوزه حجم آن به دست می آید. با توجه به این موارد حجم دبی سالانه ی حوزه ۴۷۵۳۶۲۳ متر مکعب برآورد می شود.

روان آب:

روان آب حاصله از بارندگی را می توان بر حسب ارتفاع یا حجم توصیف کرده و آن را به روش های مختلف برآورد نمود. از جمله روش های معمول در هیدرولوژی روش اصلاح شده ی لانگبین است. این روش در حوزه ایی استفاده می شود که از سفره های زیرزمینی تغذیه نشود. با فرض این که روان آب مستقیماً از بارش باشد و با توجه به فرمول ها و جدول مربوطه، مقدار روان آب متوسط سالانه برای این حوزه ۲/۱۴ سانتی متر به دست می آید.

ضریب روان آب:

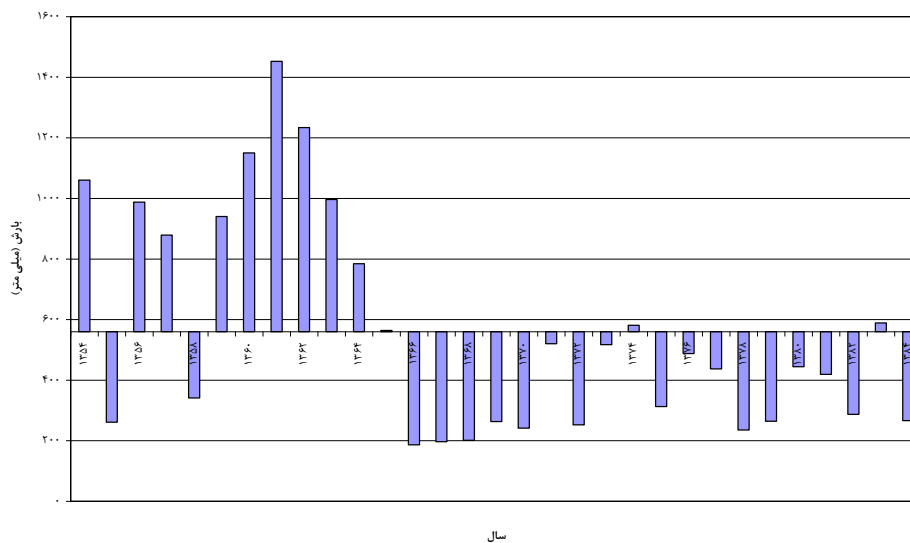
برای به دست آوردن ضریب روان آب بایستی ارتفاع روان آب را بر ارتفاع بارش تقسیم کرد. با توجه به موارد محاسبه شده، این مقدار برابر با ۰/۴۷ به دست می آید. یعنی این که ۴۷ درصد بارش به روان آب تبدیل خواهد شد.

بررسی پتانسیل سطح حوزه در تولید روان آب:

تولید روان آب و در نهایت دبی در بخش قبل بررسی شد. مشاهده می شود که علی رغم بارش کم سالانه، میزان روان آب زیاد است. بایستی دقت داشت که این مقدار با در نظر گرفتن شرایط خشک برای رطوبت پیشین خاک به دست آمده است. در فصول سرد و افزایش رطوبت خاک این مقدار افزایش چشمگیری خواهد داشت. ضمن این که با حذف تدریجی پوشش گیاهی در سال های اخیر و افزایش خشکسالی ها، خاک لخت در سطح حوزه بیشتر شده و درصد بیشتری از بارش در سطح حوزه به روان آب تبدیل خواهد شد. این دبی در انتهای فصل بارش و زمانی که خاک در نهایت وضعیت رطوبتی بالقوه قرار دارد بیشترین مقدار است.

تعیین دوره‌های خشکسالی و ترسالی:

در مطالعات هیدرولوژیکی برنامه‌های عمرانی لازم است تا شناختی از دوره‌های خشکسالی و ترسالی یک منطقه موجود باشد. در تعریف به سالی «خشکسال» گفته می‌شود که بارش در آن سال کمتر از میانگین بارش بلندمدت منطقه باشد. در سال‌هایی که بارش بالای حد نرمال منطقه باشد، ترسالی و سال‌های با بارش مساوری عادی نامیده می‌شوند. خشکسالی را می‌توان به صورت ماهانه، سه ماهه، و شش ماه نیز تعریف کرد که مبنای محاسبه ماه، سه ماه، یا شش ماه می‌باشد. هر چه ارتفاع یک ستون بیشتر باشد حاکی از شدت بیشتر پدیده در آن سال است.



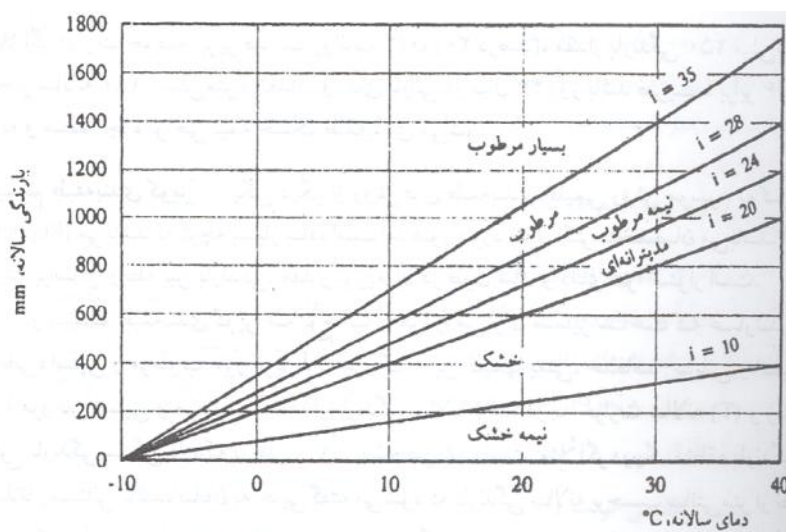
نمودار نشان‌دهنده‌ی سال‌های ترسالی (بالای محور افقی) و خشکسالی (زیر محور افقی)

تعیین اقلیم منطقه:

برای تعیین اقلیم در یک حوزه از روش‌های گوناگونی استفاده می‌شود. یکی از روش‌هایی که معمولاً از آن در مطالعات استفاده می‌شود روش دومارتن است. این دانشمند با استفاده از عوامل بارش و تبخیر ضریبی را معرفی کرد که بتوان با استفاده از میانگین‌های سالانه‌ی این عوامل، اقلیم یک منطقه را تعیین نمود. فرمول مورد استفاده رد روش دومارتن بدین شرح است:

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

که در آن P بارش متوسط سالانه بر حسب میلی‌متر و T متوسط دمای سالانه بر حسب سانتی‌گراد است. در این فرمول تبخیر در ارتباط با بارش و دما در نظر گرفته شده و از فرمول حذف شده است. انواع اقلیم مشخص شده با این ضریب ذکر شده‌اند. در این مطالعه نیز برای تعیین اقلیم از روش دومارتن استفاده شده است. با استفاده از این فرمول و با توجه به متوسط ۴۰۰ میلی-متر بارش و میانگین دمایی ۱۴ در تمام سطح حوزه، مقدار این ضریب برابر با ۱۹/۶۶ به دست می‌آید که این منطقه را در بین اقلیم‌های نیمه‌خشک و نزدیک به مرز اقلیم مدیترانه‌ای قرار می‌دهد. همچنین تعیین اقلیم با استفاده از اقلیم‌نمای دومارتن نیز امکان‌پذیر است.



نمودار اقلیم‌نمای دومارتن. با توجه به این نمودار منطقه‌ی دهبکری، این ناحیه در اقلیم خشک قرار دارد

بررسی برف در سطح حوزه:

منطقه‌ی دهبکری یک ناحیه بیلاقی است. سرمای هوا در زمستان و خنکی ملایم آن در تابستان اختلاف فاحش دمایی را نسبت به مناطق نزدیک آن (بم و جیرفت) نشان می‌دهد. به همین ترتیب رژیم‌های بارش نیز در ایستگاه‌های مجاور و دهبکری به میزان زیادی با هم تفاوت دارند. در صورتی که در یک ایستگاه دشتی در نزدیکی این منطقه (بم) بارش زیاد باران را در فصل سرد داشته باشیم، بارش در منطقه‌ی دهبکری به صورت برف خواهد بود. موقعیت خاص توپوگرافی حوزه، وجود دره‌های متعدد و سایه گیر، جهت غالب شمالی و غربی در حوزه موجب می‌شود که بارش و ماندگاری برف در این منطقه زیاد باشد. بخش اعظم آب چشمه‌ها در این حوزه ناشی از ذوب برف در بهار است.

در محاسبات طرح‌های هیدرولوژی یکی از نکاتی که مورد توجه قرار می‌گیرد آب معادل برف است. این مقدار برابر نسبت ارتفاع برف به ارتفاع آب به دست آمده پس از ذوب آن است. هر چه این مقدار بیشتر باشد نشان دهنده‌ی پرباب‌تر بودن برف، یا یخی‌تر بودن برف است.

نسبت آب معدل برف به بارندگی سالانه را ضریب برف می‌گویند. این ضریب در دشت‌ها کم و در ارتفاعات زیاد می‌باشد. از آن‌جا که ارتفاع این حوزه نسبتاً زیاد است، میانگین ضریب برف برای این حوزه برابر با ۶۰ درصد است. این عدد نشان می‌دهد که این کوه‌ها نسبتاً سرد هستند و بخش زیادی از آب حوزه را برف تأمین می‌کند.

تعیین بیلان آبی منطقه:

- روان آب مستقیم یا هرزآب واقعی (Overland flow, Surface flow):

روان آب مستقیم آب‌هایی هستند که در سطح زمین جاری شده و فوری خود را به شبکه هیدروگرافی رسانده، از حوزه خارج می‌شوند و در نتیجه، عامل مهمی در تشکیل سیلاب و ایجاد فرسایش به شمار می‌آیند. در مناطق با نفوذ پذیری کم و یا در خاک اشباع از آب، بارندگی با شدت کم تا متوسط می‌تواند هرزآب سطحی زیادی به وجود آورد در حالی که در مناطق با نفوذپذیری زیاد، مقدار روان آب مستقیم ناچیز بوده و تنها در بارندگی‌های شدید و یا طولانی مدت است که می‌تواند هرزآب زیادی به وجود آید.

- جریان زیرقشری یا هیپودرمیک (Interflow, Subsurface flow):

آب‌های زیرقشری آب‌هایی هستند که پس از نفوذ در خاک و رسیدن به لایه‌ی غیرقابل نفوذ، در عمق کمی از سطح زمین به صورت مایل تا افقی حرکت کرده و در شبکه‌ی هیدروگرافی تخلیه می‌گردند.

- آب های زیرزمینی یا آب پایه (Groundwater flow, Base flow):

آب پایه با نفوذ عمقی خود به سفره های آب زیرزمینی رسیده و با افزایش سطح این سفره ها، چنانچه با شبکه ی هیدروگرافی ارتباط داشته باشند آب های اضافی خود را از این راه تخلیه می کند. مسلم است طی چنین مسیری طولانی، نیاز به زمان زیادی داشته که گاهی بیشتر از یک سال می باشد. همین آب ها هستند که مدت ها پس از قطع بارندگی می توانند رودخانه ها را تغذیه نمایند. میزان جریان آب های زیرزمینی خروجی از این راه، بستگی به وسعت آب خانه ها و نفوذپذیری سطح حوزه داشته و عمل انحلال و تکتونیک نیز می توانند نقش اساسی ایفا کنند؛ همانند آن چه که در مناطق کارستیک در سرتاسر زاگرس مشاهده می شود. بخشی از آب های ناشی از نزولات در داخل شکاف سنگ ها پایین رفته و خود را به سفره های آب زیرزمینی می رساند، سپس به تدریج وارد شبکه هیدروگرافی سطحی می گردد. همین آب ها هستند که دبی رودخانه های دز، کرخه و کارون را در مواقع بدون بارش تأمین می کنند.

- جریان مستقیم ناشی از بارندگی بر سطح آب:

هر چند حجم این آب ها غالباً ناچیز می باشد ولی به طور سریع در افزایش دبی دخالت دارند. در حوزه هایی که قسمت قابل توجهی از آن ها، توسط سطوح آزاد آب، مانند دریاچه های واقع در مسیر رودخانه ها و باتلاق پوشیده شده اند، اهمیت این نوع جریان را نباید نادیده گرفت. بارش (I) و آب های ورودی به وسیله ی جریانات به حوزه با علامت مثبت، و جریانات خروجی از حوزه، آب های نفوذی، و تبخیر و تعرق با علامت منفی نشان داده می شوند. با این حساب اگر متوسط بارش یک حوزه در مساحت آن ضرب شود، از آن جا که در اغلب حوزه های آبخیز جریانی غیر از بارش به حوزه وارد نمی شود، میزان ورودی حوزه را نشان می دهد. با توجه به مساحت ۸۲ کیلومتر مربعی و بارش متوسط ۴۰۰ میلی متر، میزان آب ورودی این حوزه برابر با ۳۲۸۰۰۰۰۰ متر مکعب است.

برآوردی از جریان زیرسطحی:

سهم عمده در تأمین آب سدهای زیرزمینی را این آب ها بر عهده دارند. در طبیعت جداسازی کامل و دقیق جریان های سطحی و زیرقشری و زیرزمینی از یکدیگر میسر نیست. بنابراین از روش های تجزیه ی هیدروگراف استفاده می شود. در این بخش سعی شده است تا با تکیه بر دبی های متوسط روزانه در یک سیل معمول در رودخانه ی دهبکری، مقدار آب زیرقشری تعیین شود. با توجه به مواردی که گفته شد این مقدار میا نگین مقادیر است. بنابراین سعی می شود آن را به صورت نسبتی از بارش بیان نمود. از آن جا که این رودخانه فصلی است تعیین آب پایه در آن مشکل است. بنابراین کمترین مقدار بلند مدت به عنوان آب پایه در نظر گرفته شد. این مقدار حدود ۰/۰۴۵ متر مکعب بر ثانیه، از ماکزیمم و مینیمم ارتفاع حوزه و مساحت حوزه، ضریب افت (Kr) ۰/۸، و با توجه به بافت خاک و جداول مربوطه، ضریب افت آب زیرقشری ۰/۵۵ به دست آمد. بنا براین با توجه به آب ورودی و مساحت حوزه می توان چنین برآورد کرد که در هر سال مقدار آب زیرقشری حدود ۶۲۰۰۰۰۰ متر مکعب است.

نتیجه گیری

از آنجا که سازه های سد زیرزمینی معمولاً برای مدیریت آب های زیرقشری استفاده می شوند و کمیت و کیفیت این آب ها نیز به منابع آب های سطحی (روان آب و سیل) ارتباط مستقیم دارد، بنابراین، مطالعه آب های سطحی برای مکان یابی، طراحی و اجرای آن ها، نیاز است. در این زمینه کسب اطلاع از کمیت و کیفیت آب سطحی و اثر آن بر آب زیرزمینی ضروری است. از سوی دیگر کمیت و کیفیت روان آب و سیل با ویژه گی های فیزیکی و هواشناسی حوضه نیز مرتبط است. بنابراین، دستورالعملی برای انتخاب مکان از نظر انجام مطالعات تکمیلی هواشناسی و هیدرولوژی حوضه و شناخت ارتباط آن ها با یکدیگر و سپس طراحی و اجرا، ضروری است. مهمترین دستورالعمل در هر بخش به تفکیک عبارتند از:

- هواشناسی شامل، بارش، دما، رطوبت، باد، تبخیر و تعرق

- هیدرولوژی شامل، میزان و کیفیت روان آب و سیل

بنابراین، برای درک صحیح از تاثیر آن ها بر آب زیرزمینی و استفاده کاربردی مطالعات، لازم است ابتدا تک تک این ویژه گی ها را به طور مستقل، عمیق و همراه با جزئیات شناخت، آنگاه رابطه آن ها بر یکدیگر را بررسی کرد. برای این کار نیاز به شیوه نامه مطالعه با شرح خدماتی کارا است به گونه ای که قادر باشد هر ویژه گی را با جزئیات کامل و اثرات آن بررسی کند.

هواشناسی

استخراج اطلاعات مورد نیاز ایستگاه های هواشناسی در حوضه و اطراف آن و گردآوری آمار و اطلاعات آن ها بررسی همگنی و صحت داده های گردآوری شده، با روش های مناسب علمی تصحیح داده ها و حذف آمارهای مشکوک با روش های مناسب علمی انتخاب دوره ی آماری مشترک و مناسب برای همه ایستگاه ها تجزیه و تحلیل داده های گردآوری شده و استخراج نتایج برای حوضه، شامل:

تعیین رژیم بارش، سهم هر نوع بارش و تعداد روزهای همراه با بارش و نوع آن به تفکیک باران (تهیه معادله و نمودار گرادیان بارندگی؛ تهیه نقشه همباران، میزان روزانه؛ میانگین ماهانه، فصلی و سالانه؛ میانگین ۲۴ ساعته؛ میانگین کوتاه مدت؛ شدت با دوره بازگشت های مختلف، توزیع زمانی و مکانی) برف (ضریب، میانگین و ماندگاری)

دما (تهیه معادله و نمودار گرادیان ماهانه و سالانه دما؛ میانگین، میان بیشینه ها و میانگین کمینه های ماهانه و سالانه، میانگین بیشینه و کمینه مطلق و دوره های یخبندان)

تعیین دوره های ترسالی و خشکسالی

پتانسیل تبخیر و تعرق (تعیین گرادیان تبخیر، میانگین تبخیر و تعرق ماهانه و سالانه)

رطوبت (میانگین درصد رطوبت ماهانه و سالانه)

باد (سرعت و جهت باد چیره)

اقلیم (تعیین اقلیم به روش های معمول و بیان مناسب ترین روش با استدلال)

تذکر: لازم است خروجی مطالعات به اشکال نقشه، جدول، نمودار و تحلیل نتایج با توجه به کاربرد، ارایه گردد.

هیدرولوژی

تهیه اسناد مورد نیاز (مانند مطالعات فیزیوگرافی و هواشناسی تایید شده حوضه، مطالعات و گزارش های پیشین و...)

بررسی مطالعات فیزیوگرافی و هواشناسی تایید شده حوضه و استخراج اطلاعات مورد نیاز از آن ها

بررسی گزارش ها و مطالعات پیشین حوضه و استخراج اطلاعات مورد نیاز از آن ها

بررسی شواهد تاریخی و محلی سیل

تعیین زمان تمرکز حوضه

شناسایی ایستگاه های هیدرومتری در حوضه و اطراف آن و گردآوری آمار و اطلاعات آن ها در صورت وجود بررسی همگنی و صحت داده های گردآوری شده، با روش های مناسب علمی تصحیح داده ها و حذف آمارهای مشکوک با روش های مناسب علمی انتخاب دوره ی آماری مشترک و مناسب برای همه ایستگاه ها تجزیه و تحلیل داده های گردآوری شده و استخراج نتایج برای حوضه، شامل:

روان آب (سهم انواع بارش در تولید روان آب، برآورد ضریب، برآورد توان تولید در بخش های مختلف حوضه)

سیلاب در آبراهه اصلی (بررسی کیفیت، بررسی پهنه سیل گیر، میانگین تعداد وقوع در سال، برآورد بده و حجم با دوره بازگشت های مختلف)

محاسبه بیلان هیدرولوژیکی و تخمین جریان زیر سطحی در آبراهه اصلی براساس شواهد و اطلاعات موجود

بررسی رابطه آب های سطحی (روان آب، سیل و آب پایه) با آب زیرزمینی

تعیین نیاز آبی حوضه

با توجه دستورات عمل ضروری داده شده برای انجام مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی، در اجرای سدهای زیرزمینی عدم اطمینان خاطر از مراحل ذکر شده ممکن است اجرای سد زیرزمینی با مشکلات عمده ای مواجه گردد.

منابع:

- ۱ خیرخواه.ا.م.۱۳۸۴. بهره برداری از سیلاب و توسعه منابع آبی کوچک . کارگاه آموزشی مدیریت اراضی خشک حاشیه ای. گربایگان فسا.
- ۲- شفیعی.ع و لشکری.م. ۱۳۸۵. سد زیرزمینی تکنولوژی جدید برای توسعه منابع آب زیرزمینی . دومین همایش منطقه ای زمین شناسی و محیط زیست.
- ۳ - صفی نژاد، جواد و دادرس، بیژن. ۱۳۷۹. سد زیرزمینی قنات و ذروان میمه اصفهان، مؤسسه ملی گنجینه آب ایران.
- ۴- ناصری.ح و همکاران.۱۳۸۵. سدهای زیرزمینی و کاربردهای آن. دومین همایش منطقه ای زمین شناسی و محیط زیست.
- 5- Aol et al . 1992. A construction of subsurface dam at Nakajima island, IRCSA, Regional.
- . Underground dams in Brazil . 8-Everardo R. P. et al. 2002
- 6- Leslie Pearlman .1999. Subsurface contaminant and monitoring systems : Barriers and Beyond, U.S.Environmental protection agency, Washington, DC.