

## بررسی اثر سازه‌های مکانیکی در کنترل رواناب و رسوب در حوضه‌های آبخیز (مطالعه موردی حوضه آبخیز بودجان)

فرزاد حیدری مورچه خورتی<sup>۱</sup>، راضیه صبوچی<sup>۲</sup>، محمود متین<sup>۳</sup>

۱- مربی پژوهشی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران [farzad.heidari@gmail.com](mailto:farzad.heidari@gmail.com)

۲- دکتری مرتعداری، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران [razieh\\_saboohi@yahoo.com](mailto:razieh_saboohi@yahoo.com)

۳- کارشناس محقق، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران [mahmudmatin@yahoo.com](mailto:mahmudmatin@yahoo.com)

### چکیده

الزام دستیابی به توسعه پایدار منابع طبیعی و محیط زیست ایجاب می‌کند که مدیریت جامع آب و بهره‌برداری بهینه از آن مورد توجه قرار گیرد. این تحقیق با هدف بررسی تاثیر عملیات آبخیزداری بر ذخیره روانابها و اثرات مثبت و منفی سازه‌های احداث شده در رودخانه بر مدیریت بهتر و علمی تر حوضه انجام شد. حوضه بودجان از سرشاخه‌های رودخانه شور - دهاقان بوده که نقش مهمی در تامین منابع آب اراضی پائین دست دارد. در این تحقیق داده‌های هواشناسی، هیدرومتری و سایر اطلاعات و نقشه‌ها جمع‌آوری و حجم مخازن پشت بندهای احداثی و همچنین میزان بارندگی دو سال اجرای طرح در باران‌سنج‌های نصب شده در حوضه اندازه‌گیری و بیلان آبی منطقه با انجام مطالعات میدانی و ارزیابی شرایط هیدرولوژیکی حوضه محاسبه شد. مقایسه میزان آب دریافتی و مورد نیاز نشان داد که حجم آب دریافتی حوضه علاوه بر تامین آب مورد نیاز اراضی بالادست، قابلیت تامین آب اراضی زبردست را نیز داشته و احداث بندها با کاهش سرعت آب از ایجاد سیل و تخریب حاشیه رودخانه جلوگیری کرده و با نفوذ روانابها به آبخوان منطقه، سبب تغذیه بیشتر آن می‌گردد. حجم کم مخازن آب پشت بندهای احداثی تاثیری بر تامین آب مناطق زبردست ندارد.

**واژه‌های کلیدی:** مدیریت، بندهای کوچک، منابع آب، فرسایش، رسوب

## مقدمه

مدیریت حوضه‌های آبریز یکی از مهمترین وظایف دولت‌ها برای بهره‌برداری از منابع و دستیابی به توسعه پایدار به عنوان هدف نهایی برنامه‌ها می‌باشد. متأسفانه در ایران بدون توجه به هدف نهایی و تنها بر اساس نیازهای محلی و منطقه‌ای و فارغ از تاثیر اجرای هر پروژه بر سایر منابع، اقدام به مطالعه و اجرای طرح‌ها می‌گردد که در نهایت منجر به آبدی بخشی و بروز مشکل در بخشی دیگر از حوضه می‌شود. بروز این مشکلات در حوضه‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران نسبت به مناطق مرطوب شهودتر بوده و ادامه این روند، آیندگان را با مشکل ناپایداری و تخریب منابع روبه‌رو می‌نماید (۰).

اکوسیستم‌های آب‌های سطحی و زیرزمینی به نظر وابسته به هم و اجزاء جدایی‌ناپذیر در اکوسیستم‌ها هستند. پدیده‌ای بیوشیمیایی درون چند سانتی‌متری زیر رسوبات از سطح زمین (زون هیدرولیکی) روی تغییرات شیمیایی آب تاثیر عمیقی دارند و این در واقع محل یا زونی است که تحقیقات اخیر در آن متمرکز گردیده‌است

ژو و همکاران (۲۰۰۳) آب را فاکتور مهم کنترل اقتصادی توسعه پایدار و حفاظت از منابع و اکوسیستم‌های زیست محیطی در حوضه-های آبریز مناطق خشک غرب چین معرفی نموده و آب زیرزمینی را جزئی از منابع آب منطقه که نقش اساسی در توسعه غرب چین شناسایی کرده‌اند، زیرا کمیت و کیفیت تقریباً ثابتی دارد. (۱۵)

کوک و همکاران (۲۰۰۵) یک نظریه در مورد متدهای تخمین میزان تغذیه که بر پایه اطلاعات سطح آب زیرزمینی هستند را ارائه کردند. آن‌ها نشان دادند برآورد دقیق میزان تغذیه آب‌های زیرزمینی هر منطقه مهم می‌باشد و روش‌های زیادی برای برآورد تغذیه وجود دارد(۰).

سافوکلوس (۲۰۰۲) نشان دادند روابط پیچیده‌ای بین آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارد. برای فهمیدن این اثرات پارامترهای آب و هوایی، شکل زمین، زمین‌شناسی، فاکتورهای زیستی و یک چارچوب کامل از اکولوژی آب‌های زیرزمینی نیاز می‌باشد(۰).

در حال حاضر نقش سازه‌های کوتاه در نفوذ و ذخیره رواناب‌ها یکی از موضوعات مهم در بحث مدیریت عملیات اجرایی می‌باشد. در همین راستا اندازه‌گیری‌های صحرائی انجام شده در آمریکا نشان می‌دهد که نفوذ آب در طول مدت سیلاب قبل از پایان زمان ورود آب به مخزن سد، در بستر آن نفوذ کرده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که میزان نفوذ در یک مخزن به عوامل گوناگونی بستگی دارد، از جمله مهمترین عوامل عبارتند از: فاصله کف مخزن تا سطح ایستابی یعنی عمق لایه غیراشباع خاک زیر حوضچه اشاره نمود. در حالت معمول سطح ایستابی بسیار پایین‌تر از کف مخزن می‌باشد. با شروع نفوذ از حوضچه یک جبهه رطوبتی به صورت نفوذ یک بعدی غیراشباع غیرماندگار به سمت پایین حرکت می‌کند، در صورتی که تا پایان مدت ورود آب به حوضچه جبهه رطوبتی به سطح ایستابی نرسد، وجود لایه اشباع هیچ‌گونه تاثیری روی حداکثر سطح صعود آب در مخزن نخواهد داشت. با توجه به ویژگی آبراهه‌ها و مسیل‌ها و هم‌چنین نوع رسوبات برجای مانده از سیلاب‌ها در بستر آن‌ها، احداث سازه‌های کوتاه در این محل‌ها تاثیر مهمی در میزان نفوذ رواناب‌ها و تغذیه آب‌های زیرزمینی خواهد داشت. تحقیقات انجام شده در مورد بررسی نقش نفوذ در حوضچه‌های نفوذ نشان می‌دهد که اثر ضریب هدایت هیدرولیکی عمودی غیراشباع به عنوان عامل کنترل کننده، اثر مهمی در میزان نفوذ به عهده دارد. بر این اساس می‌توان استنباط نمود که با کاهش شیب حاصل از احداث سازه‌های کوتاه بر روی آبراهه‌ها و مسیل‌ها، مقدار نفوذ به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد (0 و 0). بررسی انجام شده بر مقدار نفوذ در خاک‌های مختلف بر اساس بافت خاک نشان می‌دهد که مقدار نفوذ در خاک‌های با بافت شنی و ماسه‌ای در حدود ۲۰۰ میلی‌متر در ساعت و یا ۰/۵۶ میلی‌متر بر ثانیه می‌باشد (۰ و ۱۳).

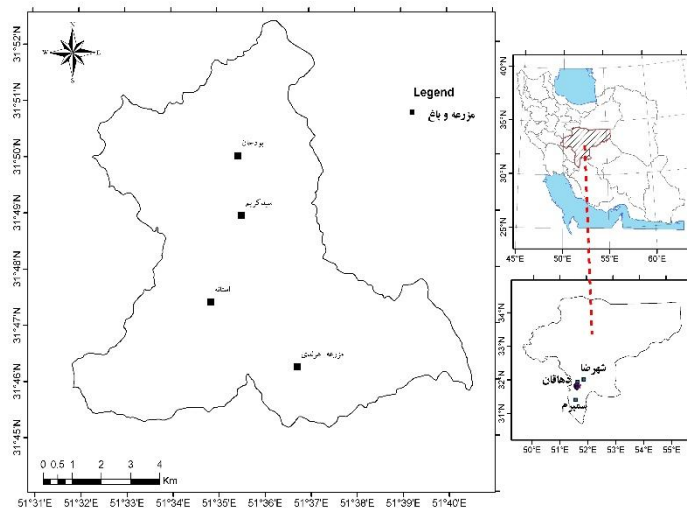
در تحقیق حاضر با بررسی سازه‌های احداث شده در آبراهه‌ها و رودخانه حوضه مورد مطالعه، تاثیر این سازه‌ها بر ذخیره رواناب‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### حوضه بودجان (حوضه مورد مطالعه)

این حوضه در سراب زیرحوضه شور - دهقان قرار داشته و یکی از شاخه‌های اصلی تامین آب رودخانه شور می‌باشد. مساحت آن ۹۲۷۹ هکتار، حداکثر و حداقل ارتفاع آن به ترتیب ۳۲۹۹ و ۲۱۹۰، و ارتفاع متوسط آن ۲۵۸۵ متر از سطح دریا و متوسط شیب حوضه ۰/۲۴٪

می باشد. سطح زیر کشت در این حوضه حدود ۴۵۰ هکتار می باشد. این حوضه به همراه حوضه هم جوار آن به نام همگین، سرشاخه های اصلی رودخانه شور - دهقان را تشکیل می دهند و آب آن ها منشأ منابع آب اراضی زیر دست می باشد. در زیر دست این حوضه شهر دهقان، مرکز سمیرم سفلی قرار دارد که منطقه ای بیلاقی و خوش آب و هوا بوده و در چند سال اخیر با رشد شهرنشینی در آن به خصوص جمعیت عشایری توسعه یافته است. شکل ۱ موقعیت حوضه نسبت به شهر دهقان را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه نسبت به شهرهای اطراف

اقلیم این حوضه در طبقه بندی گوسن، استپی سرد بوده و متوسط بارندگی آن ۳۱۸ میلی متر که در ارتفاعات بیشتر به صورت برف می باشد. با توجه به بارش نسبتاً مناسب، حوضه از منابع آبی خوبی برخوردار می باشد.

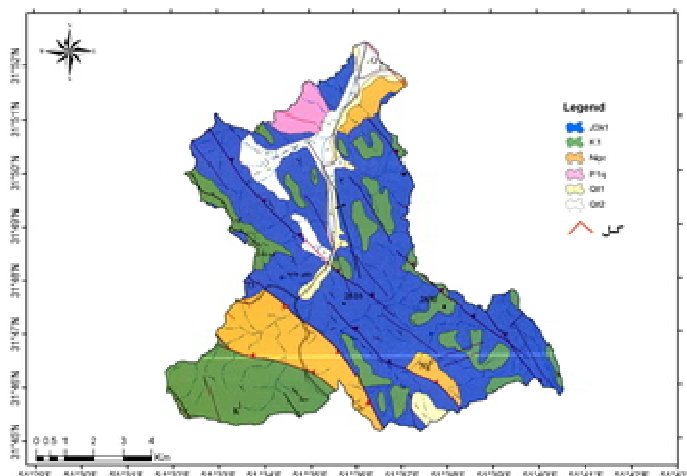
از نظر زمین شناسی قدیمی ترین سازند حوضه که سنگ بستر آن را تشکیل می دهد، سنگ های شیستی نفوذ ناپذیر ژوراسیک می باشند. رسوبات سازندهای آهکی دوران دوم (کرتاسه) و سازندهای دوران سوم (ترشیر نئوژن) بر روی آن به صورت متوالی قرار گرفته اند. گسل های منطقه منطبق با روند گسل های زاگرس (شمال غرب جنوب شرق) بوده و در قسمت های فوقانی حوضه و پایین دست (پایاب) رخنمون دارند. در قسمت خروجی حوضه گسلی معکوس دیده می شود که در رخساره های شیستی رخنمون دارد ولی در زیر رسوبات آبرفتی کواترنر مدفون گردیده است که به احتمال زیاد این روند در زیر آبرفت ها ادامه دارد. شکل (۲) سازندهای زمین شناسی حوضه را نشان می دهد.

به طور کلی منابع آبی منطقه تحت تاثیر زمین ساخت زون زاگرس با گسل های معکوس و سنگ کف نفوذ ناپذیر شیستی می باشد. چشمه های گسلی در نزدیکی رخنمون گسل ها و چشمه های تماسی بین آبرفت و سنگ کف شیستی، همگی بیانگر جریان آب بر روی سنگ کف منطقه می باشند. منابع آبی و محل تغذیه حوضه ناشی از پوشش برفی در ارتفاعات آهکی کرتاسه در بالادست حوضه می باشد که وجود شکستگی ها و گسترش گسل های مورب، زهکشی سریع برف های ذوب شده و حرکت بر روی سنگ کف منطقه را موجب می گردد. همچنین لازم به ذکر است با توجه به روند شمال غرب جنوب شرق خط واره ها و شیب شرقی لایه های زمین، امکان از دسترس خارج شدن بخشی از منابع آبی وجود دارد که این موضوع نیازمند تحقیق بیشتر می باشد.

لایه های آهکی کرتاسه و نئوژن با امتداد شمال غرب - جنوب شرق و شیب بین ۱۰ تا ۲۳ درجه به سمت شرق می باشند. با توجه به متوسط عرض آبرفت های کواترنر (۵۰۰ متر) و شیب متوسط لایه های زمین (۱۵ درجه)، ضخامت آبرفت حدود ۶۰ متر محاسبه گردید. از طرف دیگر شیب متوسط زمین در محل آبرفت های کواترنر حدود ۹ درجه می باشد، لذا حجم آبرفت با توجه به متوسط ۷ کیلومتر طول آن از رابطه زیر معادل ۳۳ میلیون متر مکعب برآورد گردید.

$$500 \times 7000 \times 60 \times \sin 9^\circ = 32851237$$

باتوجه به جنس ساختار آبرفت تخلخل مفید آن حدود ۵ درصد بوده و میزان پتانسیل ذخیره آبی در آبرفت معادل ۱/۶۴ میلیون متر مکعب خواهد شد که عمدتاً در قسمت‌های میانی تا خروجی حوضه گسترش دارد.



شکل ۲- سازندهای زمین شناسی حوضه بودجان

## روش تحقیق

برای اجرای این تحقیق ابتدا حوضه مورد نظر انتخاب و پس از جمع‌آوری آمار (شامل اطلاعات بارندگی و رواناب ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری)، اطلاعات (شامل نقشه‌های کاربری، خصوصیات فیزیوگرافی و زمین‌شناسی و طرح جامع اجرایی بندها)، نقشه‌ها و داده‌ها، گزارشات پایه بررسی گردید. با بازدیدهای صحرایی و کنترل تقسیم‌بندی زیرحوضه‌ها، ابعاد سازه‌های احداث شده و حجم مخزن بندها از طریق نقشه‌برداری تعیین گردید. به دلیل عدم وجود ایستگاه هواشناسی در حوضه دستگانه‌های باران‌سنجی در نقاط مختلف حوضه مستقر و برای برآورد حجم سیلاب احداث ایستگاه هیدرومتری در خروجی حوضه نصب شد و طی دو سال اجرای تحقیق این وقایع مورد پایش قرار گرفتند. در همین راستا نقشه کاربری اراضی، خصوصیات فیزیوگرافی حوضه و خصوصیات زمین‌شناسی حوضه در رابطه با منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی ارزیابی و نقش حوضه مورد مطالعه در تامین آب مناطق زبردست با تخمین بارش‌ها و رواناب‌ها و تعیین بیلان آبی حوضه تعیین شد. در نهایت ارتباط بین کنترل رواناب‌ها با میزان ذخیره آن‌ها در حوضه برای تعیین تاثیر عملیات آبخیزداری در میزان ذخیره رواناب‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج

با در نظر گرفتن فاکتورهایی مانند: وجود سازه‌های کنترل سیلاب در تعداد و حجم کافی به طوری که تاثیر ذخیره آب در پشت آن‌ها بر روی پدیده‌های مورد بررسی قابل ارزیابی باشد، فاصله منطقه تا مرکز استان یا نزدیک‌ترین شهر، شرایط مناسب و امکان دسترسی به آن در زمان اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز، وجود فعالیت‌های تولیدی در آن و قابل تعمیم بودن نتایج حاصل از تحقیق به حوضه‌های مشابه دیگر، حوضه بودجان برای تحقیق تعیین گردید. کاربری اراضی حوضه در شکل (۳) ارائه شده است. از کل مساحت حوضه، ۲۸۶ هکتار به زراعت آبی، ۱۰۶ هکتار به باغ و ۸۸۸۷ هکتار به مرتع و کوه اختصاص دارد. حدود ۵۰ هکتار از اراضی نیز باغات و زمین‌های کوچک کشاورزی پراکنده‌ای هستند که قابلیت تفکیک در محیط GIS را ندارند. بدین ترتیب کل اراضی تحت کشت حوضه مورد مطالعه در حدود ۴۵۰ هکتار برآورد گردید.

برخی از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه بودجان به همراه حوضه همگین که مجاور این حوضه بوده و دارای ایستگاه هیدرومتری و هواشناسی می‌باشد، جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- بعضی از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه های همگین و بودجان

نام حوضه	مساحت حوضه (هکتار)	ارتفاع حداقل حوضه (متر)	ارتفاع حداکثر حوضه (متر)	ارتفاع متوسط حوضه (متر)	شیب متوسط حوضه (درصد)
همگین	۷۹۷۴	۲۲۶۲	۳۲۳۸	۲۵۷۷	۲۰
بودجان	۹۲۷۹	۲۱۹۰	۳۲۹۹	۲۵۸۵	۲۴

همان طور که جدول ۱ نشان می دهد، دو حوضه از لحاظ ارتفاعی تقریباً مشابه و از لحاظ مساحت، حوضه بودجان ۱/۱۶ برابر حوضه همگین می باشد.

از خصوصیات اصلی این دو حوضه حجم کم آبرفت در آن ها به خصوص در سراب و در نتیجه توان کم ذخیره آب در آن ها علی رغم دریافت بارندگی بالا می باشد که با تکمیل ظرفیت آبرفت آن ها، بلافاصله آب اضافی از طریق جریانات زیرزمینی به رودخانه وارد می گردد.

### ریزش های جوی

نزدیک ترین ایستگاه های هواشناسی به حوضه مورد مطالعه، دو ایستگاه باران سنجی و کلیماتولوژی در روستای همگین وابسته به وزارت نیرو و سازمان هواشناسی است که آمار آن ها مورد استناد قرار گرفت. این ایستگاه ها در خروجی حوضه همگین در مجاورت حوضه مورد مطالعه می باشند. با توجه به اختلاف ارتفاع متوسط حوضه مورد مطالعه نسبت به ایستگاه همگین، اصلاحاتی در مقدار بارندگی ایستگاه همگین انجام و برای حوضه مورد مطالعه منظور شد.

جدول ۲- مقادیر بارندگی ایستگاه همگین در دوره های برگشت مختلف و ضرایب اصلاحی آن

دوره برگشت ها					
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲
۵۳۵	۵۰۷	۴۷۵	۴۲۵	۳۷۸	۲۹۰
۵۸۹	۵۵۸	۵۲۳	۴۶۸	۴۱۶	۳۱۹
۷۲۸	۶۹۰	۶۴۶	۵۷۸	۵۱۴	۳۹۴

به این ترتیب آمار بارندگی همگین در سال ها و ماه های مختلف در ضریب ۱/۱ ضرب گردید تا میانگین بارندگی حوضه مورد مطالعه در دوره زمانی مورد نظر به دست آمد. جدول ۳ مقدار بارش در دو باران سنج نصب شده در حوضه مورد مطالعه در دو سال متوالی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ و ۱۳۹۱-۱۳۹۰ و همچنین ایستگاه همگین و جدول ۴ مقدار بارش ماهانه و سالانه در ایستگاه همگین و مقادیر برآوردی آن برای حوضه مورد مطالعه را نشان می دهد.

جدول ۳- مقادیر بارندگی در باران سنج ها و ایستگاه همگین و تعیین ضریب اصلاح بارندگی همگین برای برآورد بارندگی حوضه بودجان

سال آبی ۱۳۹۱-۱۳۹۰	سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۸۹	محل اندازه گیری
۲۴۷	۱۸۸	باران سنج ۱
۳۹۲	۲۸۹	باران سنج ۲
۳۱۹/۵	۲۳۸/۵	میانگین دو باران سنج
۲۹۱	۲۱۵	ایستگاه همگین
۱/۱	۱/۱	نسبت میانگین آمار دو باران سنج ۱ و ۲ به بارش همگین

جدول ۴- بارش ماهانه ایستگاه همگین و حوضه بودجان (میلی متر)

سال	ماه های سال												محل
	دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	جولای	جون	می	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه	
۱۵	۴۸	۳۱/۱	۹	۰/۴	۰/۶	۴	۰/۸	۱۲/۴	۳۳/۹	۵۱/۹	۴۲/۵	۵۴/۹	ایستگاه همگین
۳۱۸	۵۲/۹	۳۴/۲	۹/۹	۰/۴	۰/۶	۴/۴	۰/۹	۱۳/۶	۳۷/۳	۵۷/۱	۴۶/۸	۶۰/۴	حوضه بودجان

### نقش حوضه مورد مطالعه در تامین آب مناطق زیردست

با توجه به این که میزان بارندگی حوضه، تعیین کننده حجم آب ورودی به آن است و این حوضه ورودی و یا خروجی آب از حوضه ها و یا به حوضه های دیگر ندارد، در این صورت مقدار حجم آب ورودی ناشی از نزولات آسمانی بر اساس متوسط بارندگی ۳۱۸ میلی متر سالانه برابر ۲۹/۵ میلیون مترمکعب می باشد. بخشی از این آب توسط تبخیر و تعرق از دسترس خارج می شود که بر اساس برآورد انجام شده، این مقدار تقریباً ۱۴ میلیون مترمکعب را به خود اختصاص می دهد. جدول ۵ میزان بارندگی، حجم بارش و حجم آب مازاد حوضه بودجان در دوره برگشت های مختلف را نشان می دهد.

جدول ۵- بارندگی، حجم بارش و حجم آب مازاد حوضه بودجان در دوره های برگشت مختلف

دوره برگشت (سال)						پارامتر هیدرولوژیک
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۵۸۹	۵۵۸	۵۲۳	۴۶۸	۴۱۶	۳۱۹	بارش حوضه (میلی متر)
۵۳۰	۵۰۲	۴۷۰	۴۲۱	۳۷۴	۲۸۷	بارش حوضه در ماه های سرد سال یا ۹۰٪ بارش (میلی متر)
۴۹/۱	۴۶/۶	۴۳/۶	۳۹	۳۴/۷	۲۶/۶	حجم بارش حوضه در ماه های سرد سال (میلیون متر مکعب)
۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	حجم تبخیر و مصرف آب حوضه (با فرض ثابت بودن میزان مصرف و تبخیر در سال های مختلف) میلیون متر مکعب
۳۲/۱	۲۹/۶	۲۶/۶	۲۲	۱۷/۷	۹/۶	آب مازاد حوضه (میلیون متر مکعب)

جدول ۶- پارامترهای بیلان آب حوضه بودجان (حجم ها به میلیون مترمکعب و باش به میلی متر)

سال های آماری									پارامتر مورد نظر
۹۰-۹۱	۸۹-۹۰	۸۸-۸۹	۸۷-۸۸	۸۶-۸۷	۸۵-۸۶	۸۴-۸۵	۸۳-۸۴	۸۲-۸۳	
۷/۲۵	۴/۸۳	۳/۲۵	۱/۸۰	۱/۴۸	۱/۹/۸۷	۲۳/۸۷	۹/۴۳	۱۴/۷۹	حجم سالانه آب خروجی حوضه همگین
۸/۴۴	۵/۶۱	۳/۷۸	۲/۰۹	۱/۷۲	۲۳/۱۲	۲۷/۷۸	۱۰/۹۷	۱۷/۲۱	حجم سالانه آب خروجی حوضه بودجان
۳۱۵	۲۳۷	۳۳۹	۲۴۷	۱۲۳	۴۸۸	۵۶۸	۳۴۴	۴۷۳	بارش سالانه حوضه بودجان
۲۸۳	۲۱۳	۳۰۵	۲۲۲	۱۱۱	۴۴۰	۵۱۱	۳۱۰	۴۲۶	بارش شش ماهه خنک و سرد سال حوضه بودجان
۲۶/۲۷	۱۹/۷۵	۲۸/۳۴	۲۰/۶۲	۱۰/۲۹	۴۰/۷۹	۴۷/۴	۲۸/۷۵	۳۹/۵	حجم بارش در شش ماه خنک و سرد سال حوضه بودجان
۱۳/۹۲	۱۳/۹۲	۱۳/۹۲	۱۳/۹۲	۱۳/۹۲	۱۳/۹۲	۱۳/۹۲	۱۳/۹۲	۱۳/۹۲	متوسط حجم تبخیر ماه های خنک و سرد سال حوضه
۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	متوسط حجم مصرف آب داخل حوضه
۱۶/۹۲	۱۶/۹۲	۱۶/۹۲	۱۶/۹۲	۱۶/۹۲	۱۶/۹۲	۱۶/۹۲	۱۶/۹۲	۱۶/۹۲	جمع تبخیر و مصرف حوضه بودجان
۹/۳۵	۲/۸۳	۱۱/۴۲	۳/۷	-۶/۶۳	۲۳/۸۷	۳۰/۴۸	۱۱/۸۳	۲۲/۵۸	آب مازاد حوضه

آب مازاد حوضه به صورت سطحی و زیرزمینی از حوضه خارج می گردد. عمده اراضی این حوضه بیشتر از نیازشان آب دریافت می کنند

به نحوی که حتی خارج از فصل رشد جریان آب در بعضی نهرها هنوز وجود دارد، لذا آب مصرفی برای کشاورزی بیشتر از سه میلیون مترمکعبی است که برآورد شده است و این آب باعث تغذیه منابع آب زیرزمینی می شود. آب تغذیه شده یا در اراضی پائین دست خود حوضه مصرف و یا از آن خارج می گردد. از زمان احداث بندهای پی در پی (عملیات مکانیکی کنترل رواناب) و افزایش زمان و فرصت نفوذ آب به لایه های آبخوان منطقه، حجم بیشتری از آب به این صورت از حوضه خارج می گردد. جدول ۵ نقش حوضه بودجان را در تامین آب اراضی زیردست نشان می دهد.

برای ارزیابی و تدقیق بیلان ارائه شده از آمار ایستگاه هیدرومتری حوضه همگین استفاده و با بیلان ارائه شده مقایسه گردید، تا مشخص شود اطلاعات جدید آب مازاد هم چنان نقش این حوضه را در تامین آب اراضی پائین دست تایید می کند یا باید در روش برآورد، تجدید نظر گردد. حوضه همگین در مجاورت حوضه مورد مطالعه بوده و دارای شباهت های هیدرولوژیک بسیار زیادی با این حوضه می باشد. هر دو حوضه دارای ارتفاع متوسط مساوی و بارش مشابه می باشند. به همین دلیل برای برآورد جریان آب سطحی حوضه مورد مطالعه از آمار ایستگاه هیدرومتری همگین که در خروجی این حوضه قرار دارد، استفاده شد و آمار بارش ایستگاه هواشناسی آن هم با اصلاحات لازم که در بخش ریزش های جوی به آن پرداخته شد ملاک آب ورودی به حوضه قرار گرفت. آمار هر دو ایستگاه هیدرومتری و هواشناسی بر اساس سال آبی از سال ۱۳۸۳-۱۳۸۲ تا سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در دسترس بود و از سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷ تا سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ که سازمان هواشناسی قادر به ارائه آمار نبود از آمار وزارت نیرو که توسط سازمان آب منطقه ای برداشت می شود، استفاده گردید. برای تعیین دقت داده ها از روش های مختلف آماری برای پردازش و تعیین همبستگی بین داده های بارش ایستگاه همگین در سال های اندازه گیری شده، با داده های متناظر حجم آب سطحی در خروجی ایستگاه هیدرومتری همگین استفاده شد. نتیجه آن نشان داد که همبستگی بسیار بالایی بین این دو پارامتر هیدرولوژیک وجود دارد (ضریب همبستگی بیش از ۰.۹۰). جدول ۶ پارامترهای بیلان آب حوضه بودجان (بر اساس ضریب اصلاح مساحت) را نشان می دهد. در جدول فوق مقدار آب مازاد حوضه در سال ۱۳۸۷-۱۳۸۶ منفی شده است که علت آن ثابت در نظر گرفتن متوسط تبخیر از سطح آزاد آب (۱۵۰ میلی متر) در شش ماه خنک و سرد سال بوده که ۰.۹۰ بارندگی ها در این شش ماه به وقوع می پیوندند. این در حالیست که بارندگی در این سال کمتر از تبخیر بوده و مصرف آب زراعی علیرغم کمبود بارندگی تغییری نداشته است. مطابق این جدول در ۸ سال از ۹ سال بررسی، آب مازاد بر مصرف حوضه به مقدار متوسط ۱۲/۲ میلیون متر مکعب وجود داشته که منبع تامین آب مناطق زیردست بوده است. برای تعیین نقش دراز مدت این حوضه در تامین آب مناطق زیردست، آب مازاد در دوره برگشت های مختلف محاسبه گردید که در جدول ۷ درج گردیده است.

جدول ۷- آب مازاد حوضه بودجان در دوره های برگشت مختلف

دوره برگشت (سال)					
۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
۱۲/۲	۲۲	۲۷/۲	۳۲/۷	۳۶/۳	۳۹/۵

رواناب سطحی کم حوضه بودجان نشان می دهد که انتقال آب در این حوضه از طریق آب های زیرزمینی به وقوع می پیوندد. محاسبه حجم مفید آبرفت نشان داد که جمعاً حدود ۱/۶ میلیون مترمکعب آب قابل استحصال از آبخوان وجود دارد که از مناطق میانی حوضه تا خروجی را در بر می گیرد. بنابراین چون حجم آبرفت در این حوضه به خصوص سراب حوضه کم می باشد، امکان استفاده از آب عمقی حوضه وجود نداشته و افزایش سطح زیر کشت نیز بر اساس آب مازاد سطحی در فصل بهار انجام می گیرد که آب پایدار برای کشاورزی و به خصوص توسعه باغات نمی باشد.

یکی از اهداف احداث ۴۱ بند چند منظوره در حوضه مورد مطالعه، ذخیره روانابها بوده و حجم ذخیره آب این بندها در مجموع حدود ۳۱۰۰۰ متر مکعب می باشد. جدول ۸ حجم ذخیره آب هر یک از بندهای حوضه را نشان می دهد.

جدول ۸- حجم مخازن بندهای احداثی حوضه بودجان (متر مکعب)

شماره بند	حجم مخزن	شماره بند	حجم مخزن	شماره بند	حجم مخزن	شماره بند	حجم مخزن
۱	۱۴۰	۲۳	۴۵	۳۴	۷۷۲	۲	۲۹۵
۲	۱۶۹	۲۴	۱۶۲	۳۵	۳۰۴	۳	۱۶۹
۳	۲۶۱	۲۵	۲۷۶	۳۶	۳۵	۴	۲۶۱
۴	۱۶۰	۲۶	۲۶۱	۳۷	۶۵۲	۵	۱۶۰
۵	۳۴۳	۲۷	۶۳۸	۳۸	۶۱۴	۶	۳۴۳
۶	۱۷۷	۲۸	۰	۳۹	۵۹۸	۷	۱۷۷
۷	۱۱۹	۲۹	۰	۴۰	۴۷۰	۸	۱۱۹
۸	۳۰۵	۳۰	۲۳۰۷۶	۴۱	۴۶۰	۹	۳۰۵
۹	۱۲۰	۳۱	۳۲۴	حجم کل ذخیره آب بندها ۳۱۲۲۰			
۱۰	۱۲۰	۳۲	۴۲۴				
۱۱	۱۰۷	۳۳	۶۹۱				

### نتیجه گیری

در نگاه اول و بدون توجه به آثار کلی سازه‌های احداث شده نتیجه‌گیری می‌شود که انجام عملیات آبخیزداری در این حوضه از موفقیت زیادی برخوردار بوده و حتی منجر به افزایش سطح زیر کشت در آن گردیده است. با مطالعه کلی حوضه شور-دهقان که زیر حوضه مورد مطالعه تنها بخشی از آن بوده، اما سهم قابل توجهی از منابع آب آن را تشکیل می‌دهد، نتایج دیگری بدست آمد این نتایج در راستای نتایج حاصل از بسیاری از تحقیقات داخل کشور می‌باشد به این نتیجه رسیده‌اند که عمده سازه‌های احداثی فقط مشکلات محلی را حل نموده و توجهی به کل حوضه و اثرات جنبی آن نداشته‌اند (، ، ، ، ، ). بدیهی است که با توجه به خشکسالی‌های چند سال اخیر و کنترل آب در حوضه مورد مطالعه، شرایطی به مراتب سخت‌تر از این حوضه، برای اراضی زیردست تا رسیدن به رودخانه زاینده‌رود که حاصلخیزتر از اراضی حوضه مورد مطالعه می‌باشد فراهم آمده است.  
نتایج اجرای این پروژه نشان می‌دهد که:

- ۱- آب تولیدی حوضه از نظر حجمی نقش قابل ملاحظه‌ای در منابع آبی زیردست از دورترین نقطه حوضه تا نقطه ورود به رودخانه زاینده‌رود حتی در دوره برگشت‌های کوتاه سیلاب دارد که با احداث این بندها به وقوع نمی‌پیوندد.
- ۲- نفوذپذیری زیاد بستر رودخانه که ناشی از بافت قلوه سنگی و سبک آن می‌باشد شرایط را برای تغذیه آبخوان فراهم کرده است، ولی حجم کم آبرفت به خصوص در سراب حوضه و اکثر محل‌های احداث بندها در مقایسه با آب تولیدی میزان تغذیه را محدود کرده است و همین عامل سبب شده که تاثیر کنترل آب این حوضه از طریق احداث بندهای پیاپی، بیشتر نقش مهار سیلاب و جلوگیری از خسارت سیل را داشته باشد.
- ۳- تاثیر ذخیره‌ای این رواناب‌ها به مقدار و طول بارندگی، زمان وقوع بارندگی موثر از نظر مصرف آب، اندازه حجم مخازن پشت بندها در طول زمان تخلیه کامل آب آن‌ها، میزان رسوب کف و ظرفیت خالی آبخوان می‌باشد.
- ۴- آنچه که در مدیریت حوضه‌های آبریز و از جمله حوضه مورد مطالعه فراموش شده و یا کمتر به آن بها داده می‌شود، کنترل سطوح زیردست و نظارت بر هر گونه تغییر کاربری در راستای مدیریت جامع منابع آب و توسعه پایدار می‌باشد. به نظر می‌رسد چنانچه حجم اعتبارات منابع طبیعی هر شهرستانی ثابت باشد، اگر بخشی از اعتبارات احداث سازه‌ها به مدیریت بهینه بهره‌برداری از اراضی و کنترل کشت تخصیص یابد، اثر بخشی آن به مراتب بیش از احداث سازه‌ها در بسیاری از مناطق کشور در شرایط کنونی باشد.  
در نهایت پیشنهاد می‌گردد با توجه به نقش حوضه مورد مطالعه در تامین آب مناطق زیردست، از هر گونه افزایش سطح زیر کشت و تغییر کاربری بخصوص از مرتع به کشاورزی جلوگیری و سیستم کشت و روش آبیاری، به روش‌هایی با راندمان بالاتر تبدیل شود.



## منابع

- امینی، ع. ۱۳۹۱. بررسی اثرات سازه‌های کنترل رواناب و رسوب بر ذخیره رواناب‌ها در حوضه گاو دره استان کردستان. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، نشریه شماره ۴۰۸۷۶.
- حیدری مورچه خورتی، ف. و آ. مهدی‌پور. ۱۳۸۳. بررسی تاثیر ضخامت رسوبات نهشته شده در عرصه پخش سیلاب بر میزان نفوذپذیری خاک. هشتمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر. ۹ص.
- صانعی، م. ۱۳۸۴. ارزیابی کیفی طرح‌های اجرا شده مهار سیلاب در رودخانه‌ها و مسیل‌ها، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، نشریه شماره ۸۴/۱۰۱۸۱.
- قدرتی، ع.ر. ۱۳۸۳. ارزیابی نتایج عملکرد آبخیزداری در پشت سد سفیدرود، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ۷۹ ص.
- متین، م. ۱۳۸۷. ارزیابی کیفی طرح‌های اجرا شده مهار سیلاب در رودخانه‌های استان اصفهان، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، نشریه شماره ۸۵/۵۸۶.
- محمدی گلرنگ، ب. ۱۳۸۲. ارزیابی نتایج عملیات آبخیزداری انجام شده در حوضه آبخیز سد لار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۴۸ تهران، ص.
- محمدی گلرنگ، ب. ۱۳۷۸. بررسی و ارزیابی نتایج عملیات آبخیزداری انجام شده در حوضه آبخیزداری سد کرج - زیر حوضه آزادبر، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.
- Brian, O. 2003. Soils, Infiltration, and on-site Testing. Geo Environmental Sciences and Environmental Engineering Department, Texas Council of Governments.
- Cook A. J., A. J. Fox, D. G. Vaughan and J. G. Ferrigno, 2005. Retreating glacier fronts on the Antarctic Peninsula over the past half-century. Science 308, doi:10.1126/science.1104235.
- Dowdeswell, J. A. 2006. The Greenland ice sheet and global sea level rise. Science, 311, doi:10.1126/science.1124190.
- Healy. Richard. W. & P.G. Cook. 2002. Using groundwater levels to estimate recharge, Hydrogeology Journal, 10: 91-109.
- Macpherson. G.L. and Sophocleous. M. 2004. Fast ground-water mixing and basal recharge in an unconfined, alluvial aquifer, Konza LTER Site, Northeastern Kansas, Journal of Hydrology, 286:271-299.
- Scanlon. Bridget, R. W. Healy. Richard. P.G. Cook. 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge, Hydrogeology Journal, 10:18-39.
- Sophocleous, M. 2002. Interactions between groundwater and surface water: the state of the science, Hydrogeology journal, 10: 52-67
- Zhu, Y. & Y. Wu, 2003. Water consumption of natural plant *Alhagi sparsifolia* in arid desert region. Bull. Soil Water Conserv. 23(4): 43-45.