

از گونه‌های مرغوب، عدم ایجاد پشته در شیب‌های بالا، وجود آفات و آبیاری نامناسب استقرار پیدا نکرده‌اند. مطالعه مقایسه‌ای عملکرد چکدم‌ها در مهار رسوب با بندهای بتن غلتکی نشان داد که بندهای مذکور نسبت به چکدم‌ها به مراتب موفق عمل نموده و توانسته است در مهار رسوب نقش مهمی ایفا نماید.

واژه‌های کلیدی: اقدامات آبخیزداری، تخریب آب و خاک، عملیات اصلاحی، مدیریت حوزه آبخیز، مهار فرسایش خاک

مقدمه

بهره‌برداری پایدار از محیط پیرامون مشروط به اتخاذ برنامه‌ای می‌باشد که توان بوم‌شناختی محیط را شناسائی کرده و آستانه‌های توان بازسازی و احیای طبیعی را تعیین نموده باشد [۸، ۹]. متأسفانه برخورد غیر مسئولانه با محیط طبیعی که خود ناشی از آگاهی پائین بهره‌برداران از محیط طبیعی پیرامون خود است و نیز اولویت منافع فردی بر منافع ملی باعث شده تا منابع طبیعی ایران در شرایط بحرانی قرار گیرد [۳]. از طرفی با توسعه و گسترش فناوری نه تنها از وابستگی تمدن بشری به منابع طبیعی کاسته نشده، بلکه باعث شده با تسلط بیش‌تر بر طبیعت بهره‌کشی از محیط پیرامون با شدت بیش‌تری نسبت به سابق انجام شود. طی قرن بیستم با وقوع بحران‌های محیطی، نگرش به طبیعت مورد بازنگری قرار گرفت و انسان متمدن سده اخیر به این درک عمیق رسید که هر چند طبیعت دیرگیر است، اما سخت‌گیر می‌باشد و قبل از رسیدن به نقطه غیر قابل بازگشت باید چاره‌اندیشی‌های لازم صورت پذیرد [۱۶، ۱۹]. در کشورهای در حال توسعه، رسیدن به باور مذکور با تأخیر زمانی زیادی همراه می‌باشد [۱۹]. نشست کپنهاک و رایزنی جهانی برای مهار نمودن بحران اقلیمی نقطه عطفی بود که جهانیان را متوجه این موضوع ساخت که تنها یک زمین برای زیست وجود دارد و بحران‌های زیست محیطی می‌تواند آینده تمدن بشری را تحت تأثیر خود قرار دهد [۶].

در کشورمان ایران با توجه به سیاست‌های جمعیتی که باعث شد بار جمعیتی افزایش یابد، افزایش فشار مضاعف بر منابع طبیعی نیز امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد [۱]. فشارهای محیطی ناشی از افزایش جمعیت که فراتر از توان اکولوژیک منابع طبیعی بوده، موجب تحلیل منابع موجود شده است. وقوع این امر باعث شده تا آب و خاک در شرایط بحرانی قرار گیرد و در میان کشورهای جهان، ایران از نظر

ارزیابی اثر طرح تفصیلی اجرایی حوزه آبخیز دختر برجی، شهرستان اندیمشک با تأکید بر تجربه موفق بندهای بتنی غلتکی برای اولین بار در آبخیزداری ایران

حسن حمدان دریس^{۱*}، زینب حزایوی^۲ و محمد فرجی^۳
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۰۵

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تحلیل ارزیابی اثر طرح تفصیلی اجرایی حوزه آبخیز دختر برجی واقع در بالادست سد بزرگ مخزنی کرخه انجام شده است. بدین‌منظور نتایج محاسبه متغیرهای محیطی مطالعه شده در شرایط قبل از اجرای طرح شامل متغیرهای فیزیوگرافی، هواشناسی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، آب زیرزمینی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی، اقتصادی- اجتماعی و فرسایش و رسوب مد نظر قرار گرفته و با مقایسه نتایج محاسبه متغیرهای محیطی در شرایط بعد از اجرای طرح، به ارزیابی اثرات بر متغیرهای محیطی دو واحد کاری مورد مطالعه پرداخته شد. طبق برآوردهای اولیه، فرسایش منطقه بین ۱۷ تا ۲۱ تن بر هکتار برآورد شده است. وجود سازند فرسایش‌پذیر لهری و رسوبات کواترنری در گستره وسیعی از حوضه مورد مطالعه درصد بالایی از خاک فرسایش‌یافته را وارد مخزن سد کرخه نموده و از حجم مفید سد می‌کاهد. لذا این شرایط مدیران حوزه آبخیز دختر برجی را ملزم به اجرای عملیات منطبق با شرایط طبیعی منطقه نموده است. عملیات اجرا شده در حوزه آبخیز دختر برجی شامل عملیات بیولوژیک از نوع نهال‌کاری، بذرپاشی و کپه‌کاری و نیز احداث چکدم از نوع کیسه‌ای، کیسه‌ای گابیونی، خشکه‌چین، گابیونی و بتن غلتکی بوده است. طبق بررسی‌های میدانی و ارزیابی میزان موفقیت عملیات انجام شده، در حالت کلی ۸۰ درصد گونه‌های کشت شده استقرار پیدا کرده‌اند و ۲۰ درصد از این نهال‌ها به دلیل عدم رعایت اصول فنی کاشت، استفاده نکردن

۱- معاون آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خوزستان، نویسنده مسئول: Email: deris_5939@yahoo.com

۲- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس و مسئول کمیته دانشجویی انجمن آبخیزداری ایران.

۳- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست امام حسن مجتبی (ع) دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیا بهبهان.

تحلیل منابع آب و خاک در رتبه‌های نخستین واقع شود [۴، ۱۵، ۱۷]. با برهم خوردن تعادل حاکم، پوشش گیاهی در معرض نابودی قرار گرفته که به دنبال خود فرسایش خاک و فقر مواد آلی را در پی دارد. با این روند به‌واسطه نابودی خاک و از دست رفتن مواد آلی موجود در آن، تخریب اکوسیستم حوزه‌های آبخیز به مرز غیر قابل بازگشت می‌رسد [۱۱، ۱۲، ۱۳]. علاوه بر آنچه بیان شد، رسوب حاصل از فرسایش به تأسیسات واقع در پایاب حوزه‌های آبخیز صدمات جبران‌ناپذیری وارد می‌کند. انباشت رسوب در مخزن سد سفیدرود یکی از موارد بارز این موضوع می‌باشد. برای جلوگیری از تکرار آنچه رخ داده، انجام عملیات آبخیزداری در حوزه آبخیز سدهای کشور و با هدف بهره‌برداری پایدار، در دستور کار ادارات کل منابع طبیعی و آبخیزداری کشور قرار گرفته است. اما برای اطلاع از میزان تأثیرگذاری عملیات آبخیزداری، نیازمند انجام مطالعات ارزیابی می‌باشد. در واقع مطالعات ارزیابی، سطح اثرات عملیات آبخیزداری برای دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده را مشخص می‌سازد. این امر به‌خوبی توسط پژوهش‌گران داخلی و خارجی بیان شده و مورد تأکید قرار گرفته است [۲، ۵، ۷، ۱۰، ۱۴، ۱۸، ۲۰].

با توجه به مقوله‌های فوق‌الذکر پژوهش حاضر با هدف تحلیل ارزیابی اثر طرح تفصیلی اجرایی حوزه آبخیز دختر برجی، شهرستان اندیمشک انجام شده است. طبق برآوردهای اولیه توسط مدل PSIAC، فرسایش منطقه بین ۱۷ تا ۲۱ تن بر هکتار برآورد شده و با توجه به نزدیکی حوزه مورد مطالعه به دریاچه سد کرخه و وجود سازند بسیار فرسایش‌پذیر لهری و رسوبات کواترنری در گستره وسیعی از حوزه مورد مطالعه درصد بالایی از خاک فرسایش‌یافته وارد مخزن سد کرخه شده و از حجم مفید سد می‌کاهد. به‌همین منظور، با توجه به هزینه زیاد و نیز مشکلات فنی و اجرایی لایروبی دریاچه سدها، با انجام اقدامات آبخیزداری می‌توان از هدررفت لایه غنی خاک جلوگیری نمود و بالطبع موجب حفاظت آب و خاک شد. هم‌چنین با این امر می‌توان پایداری محیط زیست و پویایی اقتصاد منطقه را تضمین کرد. به‌همین دلیل مطالعه و اجرای عملیات آبخیزداری برای حوزه مورد مطالعه ضروری تلقی می‌شود. زیرا غایت مطالعات صورت گرفته اجرای عملیات بیولوژیک و سازه‌ای منطبق با شرایط طبیعی منطقه بوده که در پژوهش حاضر به معرفی و تشریح آن‌ها پرداخته شده است. هم‌چنین تعیین میزان موفقیت طرح‌های آبخیزداری مزبور در دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده، موضوعی است که به کمک مطالعات ارزیابی قابل تشخیص می‌باشد که یکی دیگر از اهداف مورد توجه در پژوهش حاضر بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

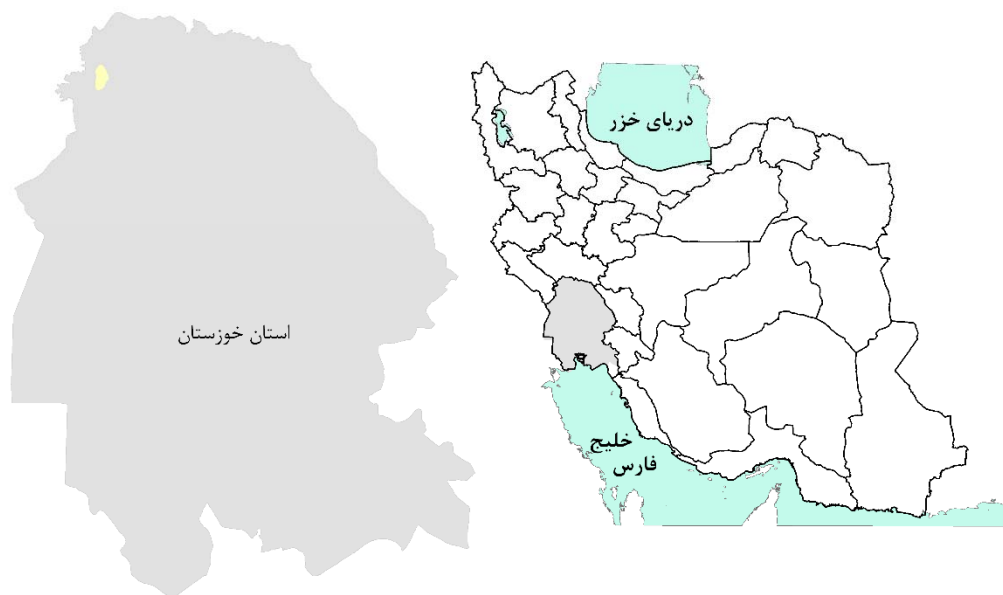
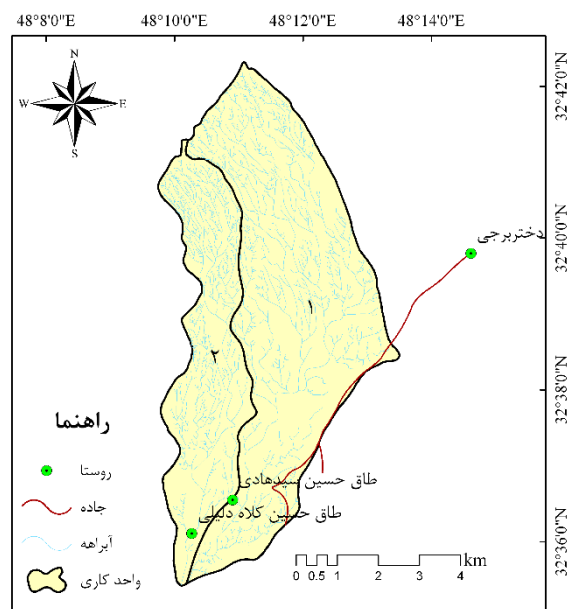
حوزه آبخیز دختر برجی با مساحت ۴۷/۵ کیلومتر مربع یکی از زیرحوضه‌های سد کرخه می‌باشد که در شهرستان اندیمشک و در حدود سه کیلومتری غرب روستای دختر برجی واقع شده است. این

حوضه از نظر مختصات جغرافیایی در موقعیت طول ۴۲° ۰۹' ۴۸" تا ۴۴° ۱۳' ۴۸" شرقی و عرض ۱۹° ۳۵' ۳۲" تا ۲۰° ۴۲' ۳۲" شمالی قرار دارد (شکل ۱). بر اساس منابع اطلاعاتی درج شده در گزارش طرح، منابع اطلاعاتی بهره گرفته شده در مطالعات طرح تفصیلی اجرایی حوزه آبخیز دختر برجی اندیمشک شامل نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ از سازمان جغرافیایی کشور، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ (تبدیل مقیاس نقشه از ۱/۵۰۰۰۰ به ۱/۲۰۰۰۰ به‌وسیله پانتوگراف)، عکس‌های هوایی منطقه با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای Google Earth از شرکت نفت بوده است. هم‌چنین گزارش‌های مطالعاتی طرح‌های آبخیزداری انجام شده، آلبوم نقشه‌های طرح، اطلاعات دریافت شده از واحد آبخیزداری اداره منابع طبیعی شهرستان اندیمشک، اطلاعات دریافت شده از آرشیو مدیریت آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان و نتایج بازدید میدانی و مطالعات صحرایی از دیگر منابع مورد استفاده در انجام پژوهش حاضر بوده است. با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و با توجه به خطوط میزان و تقسیم آب، مرز حوضه به دو واحد کاری مجزا برای مطالعات تقسیم‌بندی شده و مشخصات فیزیوگرافی هر زیرحوضه به‌طور مجزا بررسی شده است.

مشخصات طرح‌های آبخیزداری اجرا شده در منطقه

همان‌طور که در بخش مقدمه توضیح داده شد غایت مطالعات صورت گرفته در حوزه آبخیز دختر برجی اجرای عملیات بیولوژیک و سازه‌ای منطبق با شرایط طبیعی منطقه بوده است. عملیات اجرا شده در حوزه آبخیز دختر برجی شامل عملیات بیولوژیک و نیز عملیات احداث چکدم از نوع کیسه‌ای، کیسه‌ای گابیونی، خشکه‌چین، گابیونی و بند بتن غلتکی بوده است. در منطقه مورد مطالعه سه عملیات بیولوژیکی شامل نهال‌کاری توأم با احداث چاله‌های فلسی شکل، کپه‌کاری با بادام کوهی و بذریاشی انجام پذیرفته است. عملیات نهال‌کاری و بذریاشی در سطح بسیار کوچکی انجام گرفته که بر اساس نقشه زمین‌شناسی، شیب، هیسومتری و خاک‌شناسی و در نهایت شرایط فنی طرح، شناسنامه عملیات نهال‌کاری و بذریاشی و کپه‌کاری به شرح جدول ۱ می‌باشد. هم‌چنین جدول ۲ نوع عملیات بیولوژیکی پیشنهادی در کتابچه مطالعاتی جهت اجرا را نشان می‌دهد.

با توجه به شیب، آورد هیدرولوژیک و جنس بستر و دیواره آبراهه و نیز شرایط پایداری سازه، محل احداث بندهای چپری در سرشاخه‌های آبراهه‌های درجه ۱ پیشنهاد شده است. بندهای خشکه‌چین در آبراهه‌های درجه ۱ پایین‌دست بندهای چپری و در ابتدای آبراهه درجه ۲ احداث شدند. هم‌چنین بندهای خشکه‌چین در ادامه آبراهه درجه ۲ به همراه بندهای گابیونی کوچک احداث شدند. محل احداث بندهای گابیونی بزرگ نیز در آبراهه‌های درجه ۳ و ۴ بوده است. تیپ‌بندی بندهای گابیون طراحی شده در جدول ۳



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز دختر برجی، شهرستان اندیمشک، استان خوزستان

جدول ۱: شناسنامه عملیات بیولوژیکی پیشنهادی در کتابچه مطالعاتی جهت اجرا در حوزه آبخیز دختر برجی

سال کاشت	درصد کشت شده در هکتار	تعداد نهال یا کیلوگرم بذر در هکتار	میانگین درصد شیب	ارتفاع	بافت خاک	نوع سازند زمین شناسی	مساحت (هکتار)	نوع عملیات اجرا شده
۱۳۸۵-۸۷	۹۰	۸۰	تقریباً ۱۰۰ اصله	۰-۲۰	۳۰۰-۳۵۰	خیلی سنگین- متوسط	کنگلومراهای تراس قدیم- بخش لهری	۹/۸۶
۱۳۸۵-۸۸	۹۰	۳۰	۲-۳ کیلوگرم در هکتار	۰-۲۰	۳۰۰-۳۵۱	خیلی سنگین- متوسط	کنگلومراهای تراس قدیم- بخش لهری	۹/۸۶
۱۳۸۰-۸۱	بسیار ناچیز	بسیار ناچیز	نامشخص	۱۰-۲۰	۶۰۰-۷۰۰	خیلی سنگین- متوسط	بخش لهری (سازند آغا جاری)	نامشخص

جدول ۲: نوع سازه‌های پیشنهادی در کتابچه مطالعاتی جهت اجرا در حوزه آبخیز دختر برجی

واحد کاری	نوع سازه	فاصله بین سازه‌ها	تعداد سازه	نوع آبراهه	متوسط طول آبراهه (متر)
۱	خشکه‌چین	۳۰ متر	۱۸۸۶	درجه ۱	۸۰/۸
۱	خشکه‌چین	۳۰ متر	۱۳۷۷	درجه ۲	۵۹
۱	چپری	۳۰ متر	۴۷۲	درجه ۱	۲۰/۲
۱	گابیون تیپ G	طبق بررسی‌های میدانی	۲۰۶	درجه ۱ و ۲	۸۵
۱	گابیون تیپ A تا F	طبق بررسی‌های میدانی	۲۳	درجه ۳	۲۸
۲	خشکه‌چین	۳۰ متر	۱۲۳۲	درجه ۱	۵۲/۸
۲	خشکه‌چین	۳۰ متر	۷۴۷	درجه ۲	۳۲
۲	چپری	۳۰ متر	۳۱۰	درجه ۱	۱۳/۲
۲	گابیون تیپ G	طبق بررسی‌های میدانی	۱۴۱	درجه ۱ و ۲	۵۳
۲	گابیون تیپ A تا F	طبق بررسی‌های میدانی	۱۴	درجه ۳	۱۲

جدول ۳: تیپ‌بندی بندهای گابیون اجرا شده در حوزه آبخیز دختر برجی

عنوان	عرض آبراهه (متر)	عرض سرریز (متر)	ارتفاع تاج سرریز (متر)	ارتفاع بند (متر)	عمق پی (متر)	طول ریپرپ (متر)	دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت ۲۵ ساله (مترمکعب بر ثانیه)
تیپ A	۱۰	۷	۰/۸	۴	۱/۵	۲	۴/۳
تیپ B	۱۵	۱۲	۰/۸۳	۴	۱/۵	۲	۷
تیپ C	۱۰	۹	۱	۳	۲	۳	۹/۴
تیپ D	۱۶	۱۵	۰/۹۵	۳	۲	۳	۱۴
تیپ E	۱۷	۱۵	۱	۳	۲	۳	۱۶/۸۸
تیپ F	۲۵	۲۳	۱/۴	۴	۲	۴	۳۱/۲
تیپ G	۷	۵	۰/۷۹	۲	۱/۵	۱/۵	۳

ارائه شده است. بند یا سد بتنی غلنگی نیز یکی از ابداعات سازه‌ای برای حوضه دختر برجی محسوب می‌شود. استفاده از سازه مذکور در طرح‌های آبخیزداری متداول نبوده و با توجه به فقر مصالح قرضه سنگ و نیز اثر مخرب سازندهای زمین‌شناسی منطقه بر سازه‌های کوچک (چکدم‌ها)، اجرای بند بتنی غلنگی به عنوان سازه رسوب‌گیر در دستور کار قرار گرفت. اثر مخرب سازند زمین‌شناسی را می‌توان به این گونه تحلیل نمود که به علت سست بودن سازند منطقه در برخی بخش‌های منطقه مطالعاتی، از محل پی و دستک‌های طبیعی و محل احداث بندها انحلال صورت می‌گیرد. این در حالی است که خود سازه مشکل تخریبی ندارد و مقاوم است.

بهره‌برداری از بندهای بتنی غلنگی در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ شروع شده است. در واقع بتنی غلنگی سازه‌ای متشکل از مصالح سنگی، آب و سیمان است که همانند خاک‌ریزی اجرا می‌شود و با غلنگ مترکم می‌شود. این نوع سازه برای بندهای حجیم کاربرد دارد و برای اجرای آن از ماشین‌آلات راه‌سازی و عملیات خاکی

استفاده می‌شود. بتنی غلنگی مانند تمامی انواع موجود بتن، مخلوطی از مصالح سنگی خنثی، مواد سیمانی و آب است. آنچه که بندهای بتنی غلنگی را از بندهای بتنی متمایز می‌کند روش تراکم بتنی غلنگی است، که در بندهای بتنی غلنگی از غلنگ‌های لرزاننده استفاده می‌شود. هم‌چنین نمایی از بند بتنی غلنگی ساخته شده در حوزه آبخیز مطالعاتی در شکل ۲ ارائه شده است. مشخصات بندهای بتنی غلنگی دختر برجی در جدول ۴ ارائه شده‌اند. بند بتنی غلنگی ساخته شده در واحد کاری شماره یک، در شهرستان اندیمشک واقع در حوضه سد کرخه می‌باشد و بند بتنی غلنگی طاق حسین در واحد کاری شماره دو در شهرستان اندیمشک نزدیک روستای طاق حسین واقع در حوضه سد کرخه و بیرون از حوضه مورد مطالعه می‌باشد. قابل ذکر است که کل بدنه بندهای احداث شده در حوزه آبخیز دختر برجی از نوع بتنی غلنگی می‌باشد و هیچ‌گونه مصالح سنگی در این سازه‌ها استفاده نشده است.

نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری



شکل ۲: نمایی از بند بتنی غلتکی ساخته شده در حوزه آبخیز دختر برجی، شهرستان اندیمشک، استان خوزستان

الف - متغیرهای مورفومتری

عملیات بیولوژیک اجرا شده بر متغیرهای مورفومتری حوضه تأثیری نداشته و در واقع مشخصات ثبت شده برای متغیرهای مورفومتری در شرایط قبل و بعد از اجرای طرح ثابت می‌باشد. عملیات سازه‌ای اجرا شده در منطقه عمدتاً شامل احداث چکدم‌های زنجیره‌ای در سر شاخه‌ها می‌باشد. از مشخصه‌های چکدم‌های احداث شده، استقرار آن‌ها بر آبراهه‌های فرعی و عدم وجود آن بر آبراهه‌های اصلی حوضه می‌باشد. با توجه به آنچه توضیح داده شد، مهم‌ترین تأثیر عملیات اجرایی کاهش شیب وزنی آبراهه‌ای است که چکدم در آن احداث شده است. عملیات اجرا شده در حوزه آبخیز دختر برجی بر متغیرهای فیزیکی از قبیل شرایط ارتفاعی منطقه، وضعیت شیب حوضه، نحوه آرایش آبراهه‌ها و مشخصات آبراهه شامل دانسیته زهکشی، رتبه‌بندی، طول آبراهه و غیره، تأثیر نداشته و مقادیر عددی هر یک از متغیرهای مذکور در شرایط قبل و بعد از اجرای طرح ثابت می‌باشد.

ب- متغیرهای هواشناسی و اقلیمی

متغیرهای اقلیمی، متغیرهایی هستند که نحوه تشکیل شدن آن‌ها به شرایط سیاره‌ای و وضعیت بزرگ اقلیم منطقه مرتبط می‌باشد. (برای مثال وقوع دوره گرم و خشک طولانی) با توجه به این موضوع، متغیرهای جوی مستقل از عملیات آبخیزداری بوده و از عملیات

متغیرهای مطالعاتی برای ارزیابی اثر عملیات اجرایی طرح

مهم‌ترین متغیرهای محیطی مطالعه شده طرح شامل متغیرهای مورفومتری، هواشناسی، هیدرولوژی، اقتصادی اجتماعی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، آب زیرزمینی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و فرسایش و رسوب می‌باشد. در ادامه به تشریح و تعیین تأثیر و عدم تأثیرپذیری متغیرهای محیطی از انجام طرح پرداخته شده است.

جدول ۴: مشخصات اجرایی بند بتنی غلتکی شماره یک و دو در حوزه آبخیز دختر برجی

بند بتنی غلتکی شماره یک (درون واحد کاری شماره یک)		بند بتنی غلتکی شماره دو (در خروجی واحد کاری شماره دو)	
مختصات جغرافیایی		مختصات جغرافیایی	
x	۲۳۶۷۳۳	x	۲۳۴۴۴۴
y	۳۶۱۳۴۰۴	y	۳۶۰۹۸۰۹
ارتفاع نهایی بند	۱۰ متر	ارتفاع نهایی بند	۱۲ متر
ارتفاع مفید بند	۸ متر	ارتفاع مفید بند	۱۰ متر
طول تاج	۶۸ متر	طول تاج	۹۴ متر
عرض تاج	۴ متر	عرض تاج	۴ متر
شیب شیروانی‌ها	بالادست: ۱ : ۰/۸ پایین‌دست: ۱ : ۱/۵	شیب شیروانی‌ها	بالادست: ۱ : ۰/۵ پایین‌دست: ۱ : ۱/۵
نوع سرریز: پلکانی بتنی در وسط بند		نوع سرریز: پلکانی بتنی در وسط بند	
ارتفاع سرریز: ۲ متر	طول سرریز: ۲۵ متر	ارتفاع سرریز: ۲ متر	طول سرریز: ۱۲ متر
حجم خاک‌برداری: ۹۰۰ مترمکعب	حجم بتن غلتکی: ۷۲۰۰ مترمکعب	حجم بتن غلتکی: ۱۰۶۰۰ مترمکعب	حجم مصالح رودخانه‌ای: ۷۰۰۰ مترمکعب
حجم بتن‌ریزی معمولی	۵۰۰ مترمکعب	حجم بتن‌ریزی	۳۳۲ مترمکعب
حجم خشکه‌چینی	۱۰۴ مترمکعب	حجم خشکه‌چینی	۹۴ مترمکعب
حجم ذخیره آب	۳۵۰۰۰۰ مترمکعب	حجم شفته بتنی	۱۰۰۰ مترمکعب
مساحت حوضه بالادست	۲۰۰۰ هکتار	حجم سنگ و ملات	۲۹۰ مترمکعب
		حجم ذخیره آب	۶۰۰۰۰۰ مترمکعب
		سیستم تخلیه تحتانی: ۲ ردیف پلی‌اتیلن ۱۲ اینچ به طول ۳۵ متر	

اجرایی متأثر نمی‌شود. به این لحاظ ارزیابی اثرات عملیات اجرایی بر متغیرهای هواشناسی نیز مقدور نمی‌باشد.

ج- متغیرهای هیدرولوژی

متغیرهای هیدرولوژیکی از مجموعه متغیرهای محیطی می‌باشد که از عملیات سازه‌ای تأثیر می‌پذیرند. عملیات آبخیزداری بر حجم و شدت سیلاب اثر گذاشته و رفتار هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز را تغییر می‌دهد. با توجه به این موضوع در مطالعات ارزیابی در مورد تغییرات حادث شده در هیدرولوژی حوضه مذکور به واسطه عملیات اجرایی به تفصیل بحث خواهد شد.

د- متغیرهای اقتصادی اجتماعی

تغییرپذیری متغیرهای اقتصادی و اجتماعی جوامع انسانی از تغییرات محیطی امری بدیهی می‌باشد. مهم‌ترین موضوع شدت تأثیرپذیری متغیرهای اقتصادی از تغییرات محیطی می‌باشد. در فصل ارزیابی اثرات، به بررسی تأثیر طرح بر متغیرهای اقتصادی پرداخته شده است.

ه- متغیرهای زمین‌شناسی

سنگ‌شناسی و تشکیلات زمین‌شناسی، ماهیت ثابتی داشته و عملیات آبخیزداری قادر به تغییر در تشکیلات و مشخصات سازندهای زمین‌شناسی منطقه نیست. معمولاً طرح‌های اجرا شده از مشخصات سازندهای زمین‌شناسی تأثیر می‌پذیرند که در مبحث فرسایش و رسوب در خصوص نحوه متأثر شدن عملیات اجرایی از تشکیلات زمین‌شناسی منطقه بحث شده است.

و- متغیرهای ژئومورفولوژی

معماری محیطی منطقه و اشکال توسط نیروهای شکل‌زا، نیروهای درونی (فعالیت‌های تکتونیکی، ساختمانی) و نیروهای بیرونی (عوامل اقلیمی) به وجود آمده‌اند. عملیات آبخیزداری اجرا شده در منطقه تغییری بر ژئومورفولوژی منطقه در شرایط قبل و بعد از اجرای طرح ندارد.

ز- متغیرهای آب زیرزمینی

به واسطه این‌که حوضه مورد بررسی فاقد آبخوان می‌باشد، عملیات اجرایی بر آب زیرزمینی منطقه نیز اثری ندارد.

ت- متغیرهای خاک‌شناسی

عوامل تولید کننده خاک با عملکرد بلندمدت خود تغییرات بطئی را در شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک فراهم می‌آورد. با توجه به این‌که عملیات بیولوژیکی در سطح محدودی از حوضه صورت پذیرفته و عملیات حفاظتی خاک از قبیل عملیات بیومکانیک، کوددهی و غیره صورت نگرفته است. تغییرات فیزیکی و شیمیایی در ریزموجودات خاک‌زی حادث نشده و ارزیابی اثرات عملیات اجرایی بر متغیرهای خاک، نتایج معناداری را حاصل نمی‌نماید.

ث- پوشش گیاهی

پوشش گیاهی به واسطه تأثیری که بر CN، ضرائب نگهداشت و رواناب دارد، نقش مهمی را در جذب بارش و جلوگیری از حرکت آب بر سطح خاک ایفا می‌نماید. مضاف بر این‌که پوشش گیاهی

در برابر فرسایش حاصل از ضربه قطرات باران بر سطح خاک، به صورت محافظ عمل نموده و بدین ترتیب نقش غیر قابل انکاری در مهار فرسایش و حفاظت خاک دارد. انجام عملیات آبخیزداری به خصوص عملیات بیولوژیکی می‌تواند در تیپ‌های گیاهی، تاج پوشش و توان اکولوژیکی مراتع تأثیر زیادی داشته باشد.

ر- متغیرهای فرسایش و رسوب

یکی از مهم‌ترین متغیرهای محیطی، فرسایش و رسوب می‌باشد. علت اصلی ایجاد چکدم‌های زنجیره‌ای و نیز بندهای بتن غلتکی، جلوگیری از انتقال رسوب به پائین دست و حمل رسوب توسط آب از حوضه مورد مطالعه به دریاچه سد کرخه می‌باشد.

بر اساس آنچه توضیح داده شد، از مجموع عوامل محیطی، اثرات طرح بر متغیرهای هیدرولوژی، پوشش گیاهی، اقتصادی اجتماعی و فرسایش رسوب فقط محرز شده می‌باشد.

روش ارزیابی اثر عملیات اجرایی طرح در حوزه آبخیز دختر برجی

در این روش نتایج محاسبه متغیرهای محیطی مطالعه شده در شرایط قبل از اجرای طرح مد نظر قرار گرفته و با مقایسه نتایج محاسبه متغیرهای محیطی در شرایط بعد از اجرای طرح، به ارزیابی اثرات بر متغیرهای محیطی پرداخته شد.

برای ارزیابی اثر عملیات آبخیزداری حوزه آبخیز دختر برجی بر وضعیت پوشش گیاهی منطقه، در شرایط قبل از اجرا، طراحی بیولوژیکی و نقشه تیپ‌بندی گیاهی که در خود تنوع گیاهی، تاج پوشش، وضعیت و گرایش مرتع را شامل می‌شود، مد نظر قرار گرفت. هم‌چنین در شرایط پس از اجرای طرح، عملیات بیولوژیکی و تیپ‌بندی گیاهی مد نظر قرار گرفت. مطالعه مقایسه‌ای طراحی عملیات بیولوژیکی، ارزیابی میزان انطباق طرح مطالعه شده با طرح اجرا شده را مقدور می‌سازد. با مطالعه مقایسه‌ای تیپ‌بندی گیاهی در شرایط قبل و پس از اجرای طرح امکان ارزیابی تغییرات حادث شده در تیپ‌بندی، تاج پوشش، گرایش و وضعیت مراتع بر اثر اجرای عملیات بیولوژیکی را مقدور نمود. سپس با انجام مطالعات میدانی علل موفقیت و عدم موفقیت طرح بیولوژیکی تبیین و راهکارهای پیشنهادی بهینه شدن مطالعه، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری از طرح بیولوژیکی مشخص شده است. در شرایط قبل از اجرای طرح، نقشه کاربری اراضی، نقشه شیب، گروه هیدرولوژیکی خاک، تاج پوشش، نقشه شماره منحنی CN، رژیم بارشی و شرایط اقلیمی در تعیین رفتار هیدرولوژیکی حوضه مؤثر است. در شرایط بعد از اجرای طرح از مجموعه اطلاعات مورد نیاز، نقشه تاج پوشش و کاربری اراضی به واسطه انجام عملیات بیولوژیکی تغییر یافته است. با تلفیق نقشه‌های مذکور با نقشه شیب، گروه هیدرولوژیکی خاک و شرایط کليماتولوژی منطقه که در شرایط قبل و بعد از اجرای پروژه وضعیت ثابتی دارند، نقشه CN تهیه شد. نقشه تولید شده مبنای محاسبات هیدرولوژی قرار گرفت. با لحاظ نمودن حجم سازه‌های ایجاد شده و میزان تله‌اندازی جریان‌ات سطحی توسط سازه‌های اجرا

رسوب، راهکارهای سازه‌ای و بیولوژیک مد نظر قرار گرفته است. در مطالعه تلفیق به تحلیل نتایج پرداخته شده و موفقیت طرح برای تأمین اهداف از پیش تعیین شده مورد بررسی قرار گرفته است.

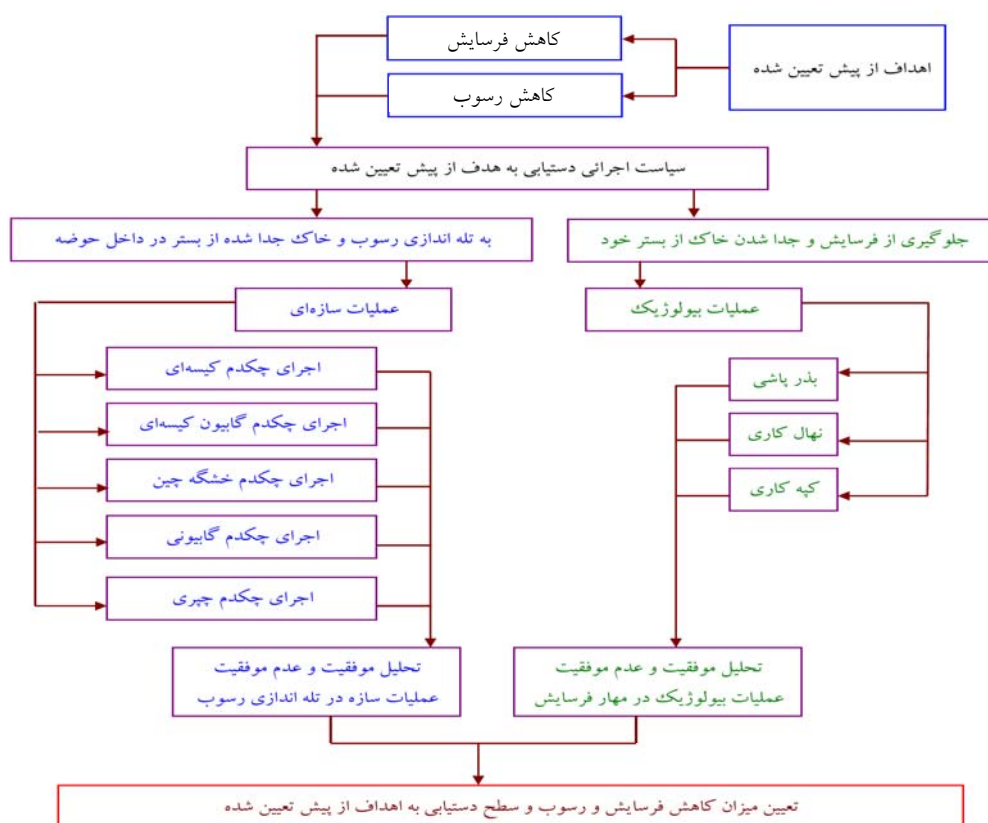
نتایج و بحث

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی میزان دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده در اثر اجرای طرح‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز دختر برچی انجام شده است. بدین منظور اثرات حاصل از اجرای طرح بر هر یک از متغیرهای محیطی بررسی و در یک تحلیل نهائی میزان و سطح دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده مشخص شد. هدف از پیش تعیین شده، اتخاذ راهکارهایی با هدف کاهش بار رسوبی خارج شده از منطقه بوده است. مهم‌ترین متغیرهای محیطی مطالعه شده طرح شامل متغیرهای مورفومتری، هواشناسی، هیدرولوژی، اقتصادی اجتماعی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، آب زیرزمینی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و فرسایش و رسوب بوده است. قابل ذکر است که صحت تمام نتایج از طریق مشاهدات صحرایی [۱۷] مورد آزمون قرار گرفته است.

الف) ارزیابی اثر عملیات آبخیزداری بر وضعیت پوشش گیاهی
در عملیات نهال‌کاری انجام گرفته شده، تقریباً ۸۰ درصد نهال‌های کشت شده رشد و بقیه خشک شده‌اند. نهال‌های رشد نموده در

شده، تغییرات حادث شده در ابعاد هیدروگراف سیل تعیین شد. در این روش ابتدا سازه‌های اجرایی جانمایی شدند و سپس با توجه به مخزن سازه‌ها، روندیابی سیل با استفاده از HEC-HMS انجام شد. بر همین اساس مطالعه مقایسه‌ای جریانات سطحی در شرایط قبل و بعد از اجرای طرح گویای تغییر رفتار هیدرولوژیک حوضه در قبال عملیات اجرایی می‌باشد. برای ارزیابی اثر سازه‌های ایجاد شده بر کمیت فرسایش و رسوب، در شرایط قبل از اجرای طرح سیمای فرسایش، شدت فرسایش و میزان رسوب خروجی از حوضه محاسبه شده است. سپس سیمای شدت فرسایش به همراه میزان رسوب خروجی پس از اجرای طرح محاسبه و با مطالعه مقایسه‌ای امکان ارزیابی اثرات طرح بر متغیرهای فرسایشی فراهم شد. قابل ذکر است که شدت فرسایش و رسوب تا قبل از محل مخزن از روش PSIAC در مطالعات استفاده شد و برای مکان‌های پس از محل مخزن با توجه به حجم مخزن و مقدار رسوب تله‌اندازی شده محاسبه‌ها و مقایسه‌های لازم انجام شد.

تحلیل نهائی برای تعیین سطح دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده در مطالعه تلفیق صورت گرفته است. شکل ۳ روش تحلیل نتایج به منظور تعیین دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده را نشان می‌دهد. در روش مورد بحث اهداف اصلی طرح مهار فرسایش و کاهش رسوب می‌باشد. از بین کلیه روش‌های مقابله فرسایش و



شکل ۳: روش تحلیل تلفیقی نتایج و تعیین سطوح دستیابی به اهداف طرح عملیات آبخیزداری در حوزه آبخیز دختر برچی



شکل ۴: نمایی از مناطق نهال کاری شده در مهر (راست) و اسفند (چپ) سال ۱۳۸۸

در ادامه به مطالعه اثرات طرح بر تاج پوشش، وضعیت و گرایش به شرح ذیل پرداخته شده است.

- **تاج پوشش:** همان طور که در مباحث پیشین بیان شد، عملیات اجرا شده بیولوژیکی شامل، عملیات کپه کاری با بادام کوهی، بذرپاشی و نهال کاری بوده است. مطالعات میدانی نشان داد که اجرای عملیات کپه کاری با موفقیت همراه نبوده و هیچ گونه تاثیری در روند وضعیت پوشش گیاهی منطقه نداشته است. بدین لحاظ ارزیابی عملیات مذکور و بررسی اثرات آن بر تاج پوشش مقدور نمی باشد. هم چنین عملیات بذرپاشی تنها در سطوحی که عملیات نهال کاری انجام گرفته شده، صورت پذیرفته است. درصد موفقیت این پروژه ۳۰ درصد (درون گوده های نهال کاری) می باشد. بنابراین این عملیات تاج پوشش خاصی را در منطقه ایجاد ننموده است. با این توصیف عملیات بذرپاشی اثری در بهبود درصد تاج پوشش منطقه نگذاشته است.

از طرفی عملیات نهال کاری اجرا شده در واحد کاری یک و دو به ترتیب ۵۴ و ۲۲۶ هکتار پیش بینی شده بود. به هنگام تهیه گزارش ارزیابی حاضر، سطح عملیات انجام گرفته شده ۹/۸۶ هکتار در داخل واحد کاری یک بوده است. نهال های کشت شده شامل نهال کهور، اکالیپتوس و کنار بوده است. در محدوده اجرا شده، تقریباً ۵۰ درصد نهال کهور، ۳۰ درصد نهال اکالیپتوس و ۱۰ درصد نهال کنار کشت شده است. با توجه به توضیحات داده شده تراکم نهال تقریباً ۷۲ اصله در هکتار بود. در صورتی که قطر متوسط تاج پوشش هر یک از نهال های کهور، اکالیپتوس و کنار به طور میانگین تقریباً ۱/۶ متر (شعاع ۰/۸ متر) در نظر گرفته شود، مساحت تاج پوشش هر یک از نهال ها تقریباً ۲/۱ متر مربع ($0/8 \times 0/8 \times 3/14$) بود که در هر هکتار تاج پوششی تقریباً ۱۵۱ متر مربع را ایجاد نموده است. در نهایت درصد تاج پوشش نهال کاری انجام گرفته شده تقریباً ۱/۵۱ درصد بود. بنابراین این درصد تاج پوشش و سطوح پایین آن تاثیر بسزایی

اطراف UTM ۲۳۶۴۰۵، ۳۶۱۱۹۰۰ و UTM ۲۳۶۳۹۷، ۳۶۱۱۵۸۷ به دلیل آبیاری و وجود جاده دسترسی و مراقبت تقریباً خوب جواب داده است. شکل ۴ نمایی از مناطق نهال کاری شده در مهر و اسفند ۱۳۸۸ را نشان می دهند. همان طور که اشاره شد، در مناطقی که نهال کاری به صورت انبوه بوده و جاده دسترسی برای آبیاری وجود داشته، طرح های بیولوژیک موفق بوده و در نقاطی که پراکنده در سطوح پایین کار کرده اند این عملیات جواب نداده است که دلیل اصلی عدم استقرار نهال ها، عدم آبیاری و قرق نکردن این سطوح ارزیابی شد. در سطوحی که نهال ها استقرار پیدا کرده اند، توانسته اند در مهار فرسایش، عمل کرد بسیار خوبی داشته باشد. گسترش سطح این عملیات در بهبود وضعیت فعلی منطقه می تواند نقش مهمی را ایفا نماید.

به طور خلاصه می توان به این نتیجه رسید که عملیات نهال کاری تا ارتفاع حداکثر ۳۵۰ متر، میانگین کلاس شیب ۲۰-۲ درصد و در تراس قدیم و قسمتی از سازند لهری انجام گرفته است. با بررسی های میدانی و ارزیابی و تحلیل عملیات بیولوژیکی می توان این نتیجه را گرفت که اجرای این پروژه با موفقیت ۸۰ درصد همراه بوده است. بدین معنی که در حالت کلی ۸۰ درصد نهال های کشت شده استقرار پیدا کرده اند و ۲۰ درصد از این نهال ها به دلیل عدم رعایت اصول فنی کاشت، استفاده نکردن از گونه های مرغوب، عدم ایجاد پشته در شیب های بالا، وجود آفات و آبیاری نامناسب استقرار پیدا نکرده اند. بنابراین می توان با رعایت اصول کاشت، آبیاری مناسب، استفاده از گونه های مرغوب و افزایش سطح کشت شاهد استقرار این گونه ها در سطح وسیع تری شد.

۱- این اشکال نمای زیبایی از سطوح نهال کاری شده در اسفند ۱۳۸۸ را نشان می دهد. شایان ذکر است که پوشش علفی رشد کرده مربوط به اواخر فصل بارندگی می باشد و در فصل بارندگی اغلب اطراف نهال ها عاری از پوشش گیاهی می باشد (شکل سمت راست). لذا این عملیات در سطوح کم نمی تواند در مهار فرسایش نقش مهمی را ایفا نماید.

بر پوشش گیاهی منطقه نداشته و نمی‌تواند در بهبود وضعیت پوشش گیاهی نقش مؤثری را ایفا نماید.

- وضعیت پوشش گیاهی: برای تعیین وضعیت پوشش گیاهی منطقه از روش چهار فاکتوره استفاده شد که در آن مجموع نمرات مربوط به عامل خاک (با تکیه بر وضع فرسایش خاک و بقایای گیاهی)، پوشش گیاهی (درصد تاج پوشش زنده)، ترکیب جامعه گیاهی و بنیه و شادابی گیاه (سلامتی و قدرت گیاه) مؤثر می‌باشد. با توجه به این که در حوضه مورد مطالعه عملیات نهال‌کاری و بذرپاشی انجام گرفته است، عملیات بذرپاشی به دلیل کم بودن سطح عملیات و موفقیت کم آن هیچ گونه تأثیری بر وضعیت پوشش گیاهی منطقه نمی‌گذارد. با اجرای عملیات نهال‌کاری، تغییرات نمرات هر یک از عامل‌های چهار فاکتوره بررسی شد و نتایج نشان داد که با انجام عملیات نهال‌کاری، در وضعیت پوشش گیاهی منطقه، تغییری حادث نشده است.

- گرایش وضعیت پوشش گیاهی: با توجه به اینکه عملیات انجام گرفته شده در درصد پوشش گیاهی و وضعیت پوشش گیاهی تأثیری نگذاشته است، طبعاً نمی‌تواند در گرایش وضعیت پوشش گیاهی نیز تاثیر بگذارد. با این توصیف در گرایش وضعیت پوشش گیاهی نیز تغییری حادث نشده است.

- تعیین میزان تغییرات ظرفیت دام، تولید علوفه سالانه: با توجه به این که در عملیات بیولوژیک اجرا شده از گونه کهور، کنار و اکالیپتوس استفاده شده است و این گونه از نظر تولید علوفه، حائز اهمیت نمی‌باشد و علوفه قابل توجهی نیز تولید نمی‌کند. از طرفی سطوح عملیات نیز بسیار پایین می‌باشد. لذا عملیات نهال‌کاری انجام گرفته شده نمی‌تواند تأثیری بر ظرفیت دام و تولید علوفه سالانه داشته باشد.

- تعیین میزان تغییر تیپ‌بندی، تنوع، خوشخوراکی و ارزش ژنتیکی گونه‌ها: یکی از اهداف عملیات نهال‌کاری مشجر نمودن منطقه می‌باشد و از طرفی با توجه به استانداردهای موجود در مورد جنگل‌های خارج از شمال، بایستی میزان تاج پوشش توده جنگلی (درختی و درختچه‌ای) از یک درصد بیش‌تر باشد تا بتوان آن منطقه را جزء توده جنگلی به حساب آورد (تیپ جداگانه). اصولاً در مطالعات پوشش گیاهی مخصوصاً پوشش مرتعی، درصد پوشش جنگلی صفر تا پنج درصد را مرتع مشجر در نظر می‌گیرند. از طرف دیگر بایستی سطح تیپ نیز با توجه به منطقه معنی‌دار باشد. حال با توجه به توضیحات داده شده در بندهای گذشته، به‌طور تقریبی درصد تاج پوشش منطقه با انجام این عملیات، تقریباً ۱/۵۱ درصد در سطوح پراکنده (۹/۸۶ هکتار) افزایش پیدا کرده است. بنابراین این میزان درصد با این سطوح نمی‌توان تشکیل تیپ گیاهی خاصی را در منطقه دهد و در تیپ‌بندی منطقه تغییری حادث نشد. هم‌چنین کاشت این گونه، در تنوع، خوشخوراکی و ارزش ژنتیکی سایر گونه‌های موجود در منطقه تأثیری نگذاشته است. به‌طور کلی می‌توان ادعان نمود که عملیات نهال‌کاری و بذرپاشی

با حجم پایین و پراکنده در سطوح کم انجام گرفته شده، و با توضیحاتی که در بندهای گذشته داده شد، این نتیجه حاصل می‌شود که عملیات نهال‌کاری و بذرپاشی انجام گرفته، در این سطح، تأثیری روی بهبود وضعیت پوشش گیاهی منطقه نگذاشته است.

(ب) ارزیابی اثر عملیات آبخیزداری بر وضعیت خاک
طرح تفصیلی اجرایی و مهار رسوب حوضه دختر برجی با هدف مهار فرسایش و کاهش بار رسوبی ضرورت اجرا یافته است. اثر عملیات اجرایی بر متغیرهای خاک‌ساز، فرسایش خاک و رسوب مد نظر قرار گرفت.

- متغیرهای خاک‌ساز: متغیرهای خاک‌ساز شامل هوا و اقلیم، ماده مادری، موجودات زنده، زمان و توپوگرافی می‌باشد. در واقع در محیط اقلیمی ماده مادری دچار هوازدگی فیزیکی و شیمیایی شده و با صرف زمان و عملکرد ریزموجودات خاک‌زی و شرایط توپوگرافی مناسب که اجازه ماندگاری را فراهم نماید، خاک تشکیل می‌شود. به عبارتی عملیات سازه‌ای با تغییر شیب موضعی در بستر آبراهه در محل احداث سازه بر عملکرد توپوگرافی که ماندگاری خاک را فراهم می‌نماید، اثرگذار است. عملیات بیولوژیک نیز بر عملکرد موجودات زنده اثرگذار بوده و محیط مناسبی را برای فعالیت موجودات زنده خاک‌ساز فراهم می‌نماید. در خصوص اثر عملیات بیولوژیک بر موجود زنده باید یادآور شد که عملیات بیولوژیک اجرا شده در منطقه شامل عملیات بذرپاشی و عملیات نهال‌کاری در سطحی نزدیک به ۱۰ هکتار می‌باشد. بر اساس مطالعه خاکشناسی انجام شده در حوزه آبخیز دختر برجی تیپ‌های کوه، تپه و اراضی مخلوط دشت دامنه‌ای و تپه شناسایی شد. با توجه به مشخصات فیزیکی و شیمیایی عملیات سازه‌ای و بیولوژیک تأثیری بر متغیرهای خاک‌ساز ندارد.

- فرسایش بادی: شکل‌زائی باد بر سطح زمین در دو ناحیه حادث می‌شود. یک در منطقه برداشت، جایی که نیروی باد قدرت کنش داشته و بخشی از خاک را با خود همراه می‌سازد، دو بخش نهشت، جایی که باد قدرت حمل نداشته و آنچه با خود همراه دارد، نهشته می‌سازد. مطالعات میدانی نشان داد، اشکال تیپیک فرسایش و رسوب بادی منطقه به چشم نمی‌خورد و در مطالعات و طراحی اولیه نیز در این خصوص راهکاری ارائه نشده است.

- فرسایش آبی: یکی از مهم‌ترین ضروریات عملیات اجرایی مهار فرسایش آبی بوده و کلیه عملیات اجرایی نیز در این جهت تنظیم شده است. در واقع روش‌های بیولوژیک، مکانیکی و سازه‌ای به‌عنوان روش‌های مطرح کاهش فرسایش می‌باشند. از بین راهکارهای مورد بحث حدود ۱۰ هکتار عملیات بیولوژیکی انجام شده و از بین راهکارهای سازه‌ای از ۴۷۰ چکدم و دو بند بتن غلتکی برای مهار فرسایش و رسوب بهره گرفته شده است. در ادامه به بررسی نحوه تأثیر عملیات اجرایی در کاهش فرسایش و رسوب پرداخته شده است. همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد، در حوضه

مطالعاتی ۱۰ هکتار عملیات بیولوژیک اجرا شده است. سطح مذکور با توجه به وسعت بیش از چهار هزار هکتار محدوده مورد ارزیابی، تأثیر چندانی بر کاهش فرسایش نداشت. جدول‌های ۵ و ۶ وضعیت فرسایش و رسوب را قبل و پس از اجرای طرح نشان می‌دهد.

همان‌طور که انتظار می‌رفت عملیات بیولوژیک نتوانسته در مهار فرسایش و مهار رسوب خروجی مفید فایده باشد. مقایسه شرایط قبل و بعد از اجرای عملیات بیولوژیک نشان می‌دهد که در واحد کاری شماره یک حدود ۱/۷۶ درصد از رسوب خروجی کاسته شده است. در واحد کاری شماره دو در مقادیر فرسایش و رسوب تغییری حادث نشده است.

عملیات سازه‌ای حوزه آبخیز دختر بر جی شامل ۴۷۰ چکدم و دو بند بتن غلتکی می‌باشد. به‌منظور ارزیابی اثرات عملیات سازه‌ای بر فرسایش لازم بود تا حجم سازه‌های مذکور محاسبه و نیز به لحاظ پر، نیمه‌پر و خالی بودن نیز اطلاعات لازم کسب شود. بدین‌لحاظ بازدید میدانی گسترده‌ای به‌عمل آمد و با مطالعات میدانی اطلاعات مورد نیاز تولید شد. نتایج مطالعه صحرایی نشان داد که میزان تولید رسوب به‌حدی می‌باشد که تمامی چکدم‌های احداث شده در همه سازندها پر از رسوب می‌باشد. به‌نوعی می‌توان گفت حجم قابل ملاحظه‌ای از رسوب در پشت سازه‌ها به تله افتاده، اما به‌تدریج آثار تخریب در چکدم‌های احداث شده به‌خصوص در چکدم‌های احداث شده در رسوبات عهد حاضر و سازند لهری آشکار شده و با تخریب سازه، بخشی از رسوب یا تمامی رسوب به تله افتاده تخلیه شده است.

مطالعات میدانی نشان داد درصد تخریب سازه‌های احداث شده با سازندهای زمین‌شناسی ارتباط دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، تعداد ۴۷۲ چکدم در داخل مرزهای هیدرولوژیک حوضه دختر بر جی احداث شده است. بندهای خشکه‌چین حدود ۶۲ درصد این چکدم‌ها را تشکیل داده است. هم‌چنین قابل ذکر است که بیش‌ترین

سازه‌های احداث شده در سازند لهری واقع شده که حدود ۵۵ درصد حجم عملیات سازه‌ای را تشکیل می‌دهد و نزدیک به ۴۴ درصد آن از نوع خشکه‌چین بوده است. هم‌چنین مطالعه میدانی گسترده‌ای برای تعیین وضعیت سازه‌های اجرا شده به لحاظ عملکرد سازه، میزان رسوب‌گیری، درجه سلامت آن، علت تخریب‌های حادث شده و تعیین نوع سازه‌های احداث شده انجام شد.

با توجه به گذشت زمان کمی از احداث بندهای مذکور ارزیابی اثرات سازند زمین‌شناسی در تخریب سازه‌های مذکور مقدور نبوده است. مطالعات میدانی نشان داد که بندهای بتن غلتکی به‌خوبی عملکرد داشته و آثاری از تخریب مشاهده نشد. بندهای بتن غلتکی در پادگانه‌های قدیمی منطقه احداث شده است. با توجه به این‌که از عمر سازه‌های مذکور مدت زمان زیادی نمی‌گذرد، اما بررسی‌های صحرایی نشان داد که حدود سه متر از کل ارتفاع مفید سازه از رسوب انباشته شده است. برای مثال استفاده از خاک به‌جای ترکیب شن، ماسه و سیمان در چکدم‌های کیسه‌ای یا ربوده شدن توری‌ها در چکدم‌های گابیونی، با توجه به این موضوع علل تخریب سازه‌ها دسته‌بندی شد. دلایل نوزده‌گانه تخریب تعدادی از سازه‌های حوضه دختر بر جی با توجه به بازدیدهای به‌عمل آمده به شرح جدول ۷ ارزیابی شد. مطالعه علل تخریب نشان داد که در مجموع سازه‌های احداث شده بیش‌ترین کد تخریب با ۱۱۶ مورد مشاهده شده مربوط به استفاده از سنگ‌های با قطر کم می‌باشد.

بر اساس مشاهده صحرایی تنها دلیل تخریب چکدم‌های چیری ربوده شدن میله‌های نگهدارنده چکدم بوده است. با توجه به نتایج محاسبه شده تخریب برای چکدم خشکه‌چین تخریب شده، استفاده از سنگ‌های با قطر کم یکی از دلایل مهم تخریب را به خود اختصاص داده است و در ۴۶/۱ درصد از چکدم‌های تخریب شده این موضوع به چشم می‌خورد. عدم درگیری مناسب خشکه‌چین با دیواره کناری یکی دیگر از دلایل تخریب بوده که در ۱۴/۵ درصد

جدول ۵: نتایج محاسبه فرسایش در شرایط قبل از اجرای طرح بیولوژیکی بر اساس روش PSIAC

واحد کاری	مساحت (هکتار)	درجه رسوب‌دهی (R)	حجم رسوب‌دهی ویژه (مترمکعب بر کیلومتر مربع در سال)	وزن رسوب‌دهی ویژه (تن بر هکتار در سال)	رسوب کل (تن در سال)	نسبت تحویل رسوب (SDR)	فرسایش ویژه (تن بر هکتار در سال)	فرسایش کل (تن در سال)
۱	۲۹۱۲/۳۱	۷۱/۳۰	۴۸۰/۲۸۵۰	۶/۲۴۳۷	۱۸۱۸۳/۶۰۳۷	۰/۵۲	۱۱/۸۹۳۸	۳۴۶۳۸/۴۱۰۲
۲	۱۵۲۱/۳۵	۷۱/۴۲	۴۸۲/۳۳۲۷	۶/۲۷۰۳	۹۵۳۹/۳۵۹۷	۰/۵۸	۱۰/۸۴۲۳	۱۶۴۹۴/۹۰۲۷

جدول ۶: نتایج محاسبه فرسایش در شرایط پس از اجرای طرح بیولوژیکی بر اساس روش PSIAC

واحد کاری	مساحت (هکتار)	درجه رسوب‌دهی (R)	حجم رسوب‌دهی ویژه (مترمکعب بر کیلومتر مربع در سال)	وزن رسوب‌دهی ویژه (تن بر هکتار در سال)	رسوب کل (تن در سال)	نسبت تحویل رسوب (SDR)	فرسایش ویژه (تن بر هکتار در سال)	فرسایش کل (تن در سال)
۱	۲۹۱۲/۳۱	۷۰/۷۹	۴۷۱/۸۱۲۷	۶/۱۳۳۶	۱۷۸۶۲/۸۴۱۴	۰/۵۲	۱۱/۶۸۴۰	۳۴۰۲۷/۳۸۲۰
۲	۱۵۲۱/۳۵	۷۱/۴۲	۴۸۲/۳۳۲۷	۶/۲۷۰۳	۹۵۳۹/۳۵۹۷	۰/۵۸	۱۰/۸۴۲۳	۱۶۴۹۴/۹۰۲۷

از چکدم‌های بررسی شده مشاهده شد. تحلیل فراوانی تخریب چکدم‌های گابیونی نشان داد که در حدود ۶۵ درصد از چکدم‌های تخریب شده، بریدن شدن گابیون بوده است. هم‌چنین بر پایه تحلیل فراوانی تخریب چکدم‌های گابیونی، استفاده از کلسنگ به جای سنگ مقاوم، یکی دیگر از دلایل تخریب سازه با ۱۸/۸ درصد فراوانی می‌باشد. در خصوص نتایج تحلیل فراوانی تخریب گابیون کیسه‌ای، اجرای سازه بر روباره‌های رسوبی و عدم برداشت روباره‌های مذکور باعث تخریب سازه شده است. فراوانی وقوع تخریب اخیر حدود ۶۰ درصد می‌باشد. یکی از دلایل مهم تخریب استفاده از مصالح نامناسب نیز می‌باشد. استفاده از خاک به جای ماسه و شن در چکدم‌های گابیون کیسه‌ای موجب شده تا با فرسوده شدن کیسه‌ها چکدم مذکور تخریب شود، فراوانی تخریب اخیر حدود ۸۰ درصد می‌باشد. علاوه بر این عبور آب از روی دستک‌ها و اجرای سازه بر روباره‌ها بالاترین فراوانی وقوع تخریب چکدم‌های کیسه‌ای را با ۴۶/۸ درصد فراوانی به خود اختصاص داده است. هم‌تراز بودن و دیواره کناری نیز یکی از مهم‌ترین دلایل تخریب سازه‌های کیسه‌ای بود.

با مطالعه دلایل تخریب مشخص شد که در بسیاری از چکدم‌ها

دلایل مشابهی به شرح زیر باعث تخریب سازه شده است.

- ماهیت و سنگ‌شناسی سازند زمین‌شناسی که سازه بر آن اجرا شده است.
- مشکل ناشی از جانمائی نامناسب سازه
- استفاده از منابع قرضه نامناسب
- مشکلات فرهنگی و تخریب انسانی
- اجرای سلیقه‌ای سازه بدون توجه به استانداردها و توصیه‌های ارائه شده نقشه‌های اجرایی و گزارش سازه.

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌توان اذعان نمود که بندهای بتن غلتکی به سبب کاهش زمان ساخت با توجه به حجم بسیار کم تر بدنه، امکان احداث سرریز روی بدنه سد، کاهش طول مسیر و مدت زمان انحراف رودخانه، کاهش الزامات ساخت فرازبند، امکان احداث برج‌های آبگیر متصل به بدنه سد، کاهش مسائل زیست محیطی از طریق کاهش حجم مصالح ساخت، امکان روگذری ایمن سد در حین ساخت و نیز کاهش و یا قابل مقایسه بودن بندهای بتن غلتکی در مقایسه با بندهای خاکی و سنگ‌ریزه‌ای از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند.

جدول ۷: تعداد و درصد فراوانی تخریب برای کل سازه احداث شده در حوضه مورد مطالعه

شرح تخریب	کد تخریب	تعداد کد تخریب ثبت به ازای کل سازه‌های احداث شده	درصد کد تخریب ثبت به ازای کل سازه‌های احداث شده
استفاده از سنگ‌های با قطر کم‌تر از ۲۰ سانتی‌متر منجر به ناپایداری سازه خواهد شد.	۱	۱۱۶	۲۴/۶
بریده شدن گابیون‌ها توسط عشایر و تخریب دستک‌ها	۲	۵۱	۱۰/۸
احداث سازه در آبراهه با شیب بیش از ۳۰ درصد که باعث لغزیدن سازه می‌شود.	۳	۲۴	۵/۱
درگیری نداشتن مناسب دستک‌ها با دیواره کناری که منجر به تخریب دیواره کناری در اثر شسته شدن خاک دیواره می‌شود.	۴	۹۲	۱۹/۵
هم‌تراز بودن تاج سرریز و دیواره کناری که آب امکان دور زدن سرریز را پیدا خواهد کرد.	۵	۶۳	۱۳/۳
نبود پی در برخی از سازه‌ها منجر به عبور آب از زیر سازه می‌شود و باعث سوراخ شدن زیر دستک‌ها خواهد شد.	۶	۳۶	۷/۶
استفاده از سنگ‌های گردگوشه باعث لغزیدن سنگ‌ها روی هم شده است.	۷	۵	۱/۱
شیب زیاد آبراهه و در نتیجه سرعت زیاد آب	۸	۲۴	۵/۱
سازه بر روباره احداث شده است و آب از دوره این لایه حرکت می‌کند و باعث شسته شدن رسوبات می‌شود و در نهایت منجر به خالی شدن زیر سازه می‌شود.	۹	۹۲	۱۹/۵
عدم انطباق دبی و سرریز	۱۰	۲۴	۵/۱
خشکه‌چین‌های کیسه‌ای و هم‌چنین کیسه‌ای به جای استفاده از شن و سیمان با خاک پر شده‌اند که پس از فرسوده شدن الیاف کیسه‌ها، خاک درون کیسه‌ها شسته می‌شود.	۱۲	۲	۰/۴
نداشتن کات‌آف زیر سازه باعث لغزیدن سازه می‌شود.	۱۲	۲	۰/۴
ارتفاع آزاد دستک کنار سرریز برخی از سازه‌ها کم می‌باشد که منجر به عبور آب از روی دستک و نهایتاً تخریب آن خواهد داشت.	۱۳	۸۱۳۲	۱۷/۴
استفاده از سنگ‌های با سطوح صاف و پهن در سازه، در اثر درگیری نامناسب سنگ‌ها با یکدیگر منجر به لغزیدن سنگ‌ها روی هم در اثر فشار آب پشت چکدم خواهد شد.	۱۴	۲۲	۴/۷
استفاده از سنگ‌های با استحکام کم (مادستون) در سرریز منجر به انحلال سنگ‌ها خواهد شد.	۱۵	۱۹	۴/۰
اجرا شدن سازه‌ها در پیچان رود منجر به تخریب سازه خواهد شد.	۱۶	۷	۱/۵
ربوده شدن میلگردهای چپری باعث تخریب سازه شده است.	۱۷	۵۱	۱۰/۸
سرریز دست ندارد و آب دیواره کنار سرریز را تخریب خواهد کرد.	۱۸	۱۵	۳/۲
سرریز زیر آبراهه جانبی اجرا شده است. به طوری که آب روی دستک جاری و منجر به تخریب سازه‌ها خواهد شد.	۱۹	۲	۰/۴

2. Ahmadi, H., Nazari Samani, A.A., Ghoddousi, J., Ekhtesasi, M.R., 2004. A model for evaluation of watershed management projects. *Iranian Journal of Natural Resources* 56(4), 337-351 (in Persian).

3. Feizi, M., Bemanian, M.R., Ahmadi, F., Asadpour, A., 2015. Sustainable design process in natural landscapes with emphasis on ecological approach. *International Journal of Sustainable Development and Planning* 1(4), 35-46. (In Persian)

4. Garizi, A.Z., Talebi, A., 2016. Identification of critical sediment source areas across the Gharehrou Watershed, Northeastern Iran, using hydrological modeling. *Environmental Resources Research* 4(1), 1-26.

5. Ghaffari, G., Ahmadi, H., Bahmani, O., Nazari Samani, A.A., 2015. Evaluation of watershed plan on the rate of erosion and sediment in Kan Basin. *Journal of Range and Watershed Management* 68(3), 607-624 (in Persian).

6. Gholampour M., 2014. A look at the goals of the Copenhagen Environment Summit: Increasing the hope of saving the earth. *Etemad newspaper*. No. 2124 on 21/9/88, page 7 (Science). magiran.com/n2002216 (in Persian).

7. Hajibigloo, M., Rashidi, M., Mohabati, M., 2017. Hydrological assessment of watershed management on flood characteristics (Case Study: watershed upstream of the dam Vushmgir). *Journal of Natural Ecosystems of Iran* 8(2), 67-82 (in Persian).

8. Kabite, G., Gessesse, B., 2018. Hydro-geomorphological characterization of Dhidhessa River Basin. *International Soil and Water Conservation Research* 6(2), 175-183.

9. Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z., Cerdà, A., 2018. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of the Total Environment* 610-611, 997-1009.

10. Kerr, J., Chung, K., 2001. Evaluating watershed management projects. CAPRI Working Paper NO. 17, CGIAR Systemwide Program on Collective Action and Property Rights, International Food Policy Research Institute 2033 K Street, N.W. Washington, D.C. 20006 U.S.A., 45 p.

11. Kerr, J., Pangare, G., Pangare, V.L., 2017. Watershed development projects in India: An evaluation. Research report 127 International food policy researches institute,

نتیجه گیری

در مرحله مطالعه، احداث ۶۴۰۸ چکدم به عنوان راهکار مهار فرسایش در حوزه آبخیز دختر برجی مد نظر قرار گرفته بود. متأسفانه در زمینه تعداد سازه‌های پیشنهاد داده شده، مطالعات امکان‌سنجی صورت نگرفته بود. با توجه به عدم وجود منابع قرضه سنگ مناسب و نیز وجود مشکلات اجتماعی (برای مثال ربوته شدن گابیون‌ها)، اجرای چکدم در آبراهه‌های منطقه با مشکلات اجرایی و نگهداری پس از اجرا همراه بوده، و نیز با در نظر گرفتن مهار موفقیت‌آمیز رسوب توسط بندهای بتن غلتکی، اجرای بندهای مذکور در طول آبراهه اصلی می‌تواند در کاهش رسوب خروجی از منطقه نقش مهمی داشته باشد. در واقع اجرای عملیات بیولوژیک و بیومکانیک توانسته است ضرائب رواناب را کاسته و کاهش قابل ملاحظه‌ای را در فرسایش خاک موجب شود و بندهای بتن غلتکی نیز به‌خوبی رسوب را در طول آبراهه اصلی مهار نموده است. با توجه به وجود جریانات پایه در طول فصل بارندگی در آبراهه اصلی، اجرای عملیات نهال‌کاری در حاشیه آبراهه‌های با شیب کم‌تر از ۱۰ درصد توانست در مهار فرسایش دیواره‌ای نقش مهمی ایفا نماید که این مهم در سال‌های نخست از طریق آب موجود در بند برای آبیاری تا مرحله تثبیت نهال‌ها حائز اهمیت است.

مطالعه مقایسه‌ای عملکرد چکدم‌ها در مهار رسوب با بندهای بتن غلتکی نشان داد که بندهای مذکور نسبت به چکدم‌ها به‌مراتب موفق عمل نموده و می‌توان در مهار رسوب نقش مهمی ایفا نماید. در بررسی‌های به‌عمل آمده در خصوص کاربرد موفق بندهای بتن غلتکی چنین بر می‌آید که تا به حال احداث این نوع از سازه‌ها در کشور تجربه نشده است. به‌همین منظور در گزارش حاضر به نمونه اجرایی ساخت بندهای بتن غلتکی برای اولین بار در کشور که دارای نتایج موفقیت‌آمیز بوده است پرداخته شد. از طرفی شرایط جریان‌های سطحی رودخانه‌های جنوب غربی کشور که معمولاً با دبی پایه کم ولی سیلاب‌های با دبی بسیار زیاد همراه هستند، احداث این نوع از بندها را توجیه‌پذیر نموده است. بتنی غلتکی به‌دلیل تفاوت در شیوه اجرای آن نسبت به بتن‌های معمولی دارای مقدار آب کم در حجم واحد آن بوده و در مناطق گرم‌سیری از تأثیرپذیری زیادی برخوردار است.

منابع

1. Abbasi Shavazi, M.J., Kosheshi, M., Sadeghi, R., Hosseini Chavoshi, M., Mirzaei, M., Razaghi Nasrabad, H.B., Mahmudian, H., Farjadi, G.H.A., Torabi, F., Asgari Nodushan, A., Alimandazgari, M., Pourasghar Sangachin, F., Razaghi Nasr Abad, R.S., Ghasemi Ardehaei, A., Salavati, B., Souri, D., 2017. Alterations and population status in the Islamic Republic of Iran (Second Edition). National Population Studies Comprehensive Management Institute.

17. Sadeghi, S.H.R., 2005. A semi-detailed technique for soil erosion mapping based on blm and satellite image applications. *Journal of Agricultural Sciences and Technology (JAST)* 7(3&4), 133-142.
18. Sadeghi, S.H.R., Forootan, E., Sharifi, F., 2006. Performance evaluation of watershed management measures using qualitative method (Case Study: Part of Kan Watershed, Iran). *Geographical Research* 79(4), 37-47. (in Persian)
- 19.. Scherr, S.J., Yadav, S., 1996. Land degradation in the developing world: implications for food, agriculture, and the environment to 2020. International Food Policy Research Institute. 1200 Seventeenth Street, N.W. Washington, D.C. 20036-3006 U.S.A. 1-35.
20. Sundaram, A., 2012. Empirical study on impact of integrated watershed development project in Mizoram State of north east India. *IOSR Journal of Humanities and Social Science (JHSS)* 5(3), 7-13.
- Washington, D.C., 103 p.
12. Khatibi, S.A., Golkarian, A., Mosaedi, A., Sojasi Qeidari, H., 2017. Evaluation biological and biomechanical watershed management activities, Case study: Mahvid Catchment. *Extension and Development of Watershed Management* 5(16), 45-53. (in Persian)
13. Kondolf, G.M., Micheli, E.R., 1995. Evaluating stream restoration projects. *Journal of Environmental Management* 19(1), 1-15.
14. Kumar, A., 2014. Integrated watershed management projects and its evaluation strategy. Internship Report, IIT Kharagpur, Action for Food Production, 43 p.
15. Mohseni Saravi, M., Hoseini, S.H., Ahmadi, H., Najafinejad, A., 2008. Assessment of watershed management projects (Case study: Ramian Watershed, Golestan Province). *Journal of the Iranian Natural Resources* 61(2), 335-348. (in Persian)
16. Newton, A., Icely, J., Cristina, S., Brito, A., Cardoso, A.C., Colijn, F. et al., 2014. An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 140, 95-122.



Abstract

Evaluation of the Effect of Detailed Implementation Project of the Dokhtar Borji Watershed, Andimeshk County, with an Emphasis on the Successful Experience of Roller Compacted Concrete Dams for the First Time in Iran's Watershed Management

H. Hamdan Deris^{1*}, Z. Hazbavi² and M. Faraji³

Received: 2019/02/12 Accepted: 2019/05/26

The present study was conducted to analyze the detailed implementation project of the Dokhtar Borji Watershed where located at the upstream of Karkheh Dam. To this end, the results of calculating of study environmental variables at before project implementation including physiography, climate, hydrology, lithology, groundwater, pedology, vegetation, socio-economic, erosion and sediment was considered. Thence, via comparing these results with results of calculating of study environmental variables after project implementation, the effect evaluation on the environmental of two study units was done. The erosion of the area is estimated between 17 and 21 t ha⁻¹. Erodible formation of Lahbary and quaternary sediments in the study watershed entering a high percentage of eroded soil into the reservoir of Karkheh Dam. Therefore, these conditions insisted the managers of the watershed to implement different operations in accordance with the natural conditions of the region. The carried out operations were included biological activities viz., transplanting, seeding and pit- seeding and the check dam construction with types of bag, bag-gabion, dry-stone, gabion and roller compacted concrete (RCC). According to anecdotal observations and project assessment, 80 % of the cultivated species have been established, and due to the failure to application of the technical principles of planting, the lack of high quality species, the lack of stacking in high slopes, the presence of pests and inappropriate irrigations, 20 % of adapted seedlings have not been established. A comparative study on the performance of check dams in sediment controlling with RCC dams showed that the mentioned dams were successful and could play an important role in sedimentation mitigation.

Keywords: Management of watershed, Restoration operations, Soil erosion control, Water and soil degradation, Watershed Practices

1- Deputy of Watershed Management, Department of Natural Resources and Watershed Management of Khuzestan Province, Corresponding author, Email: deris_5939@yahoo.com

2- Former Ph.D. Student of Watershed Management Engineering and Sciences, Tarbiat Modares University and Chair of Student Committee of Watershed management Society of Iran

3- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment of Imam Hasan Mojtaba, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology