

تعیین میزان سهم رسوبدهی اراضی مارنی در حوزه آبخیز حبله‌رود با مقیاس شبیه‌ساز باران

علیرضا حبیبی^{۱*}، امیر صفاری^۲ و امیر کرم^۳

^۱ دانشجوی دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران و کارشناس ارشد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران و ^۲ و ^۳ دانشیار، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۶

چکیده

فرایند فرسایش یکی از مهمترین فرایندهای تخریب سنگ‌ها در طبیعت به‌ویژه در اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. اولویت‌بندی پتانسیل رسوب‌زایی آن‌ها از مسائل پر اهمیت برای مدیران و برنامه‌ریزان حوزه‌های آبخیز است. این مطالعه در حوزه حبله‌رود و شمال شهر گرمسار با هدف بررسی و مقایسه سهم رسوبدهی سازندهای مارنی و غیر مارنی انجام شده است. برای این منظور نقشه واحدهای لیتولوژیکی به‌عنوان واحد کاری در سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. سپس، پتانسیل مقدار رسوب بر اساس رسوب جمع‌آوری شده از دستگاه شبیه‌ساز باران کامفورست با شدت چهار میلی‌متر در دقیقه و تداوم ۱۰ دقیقه در دو گروه لیتولوژی مارنی و غیر مارنی انجام شده است. نتایج نشان داد، در حوزه حبله‌رود سهم رسوبدهی، اراضی مارنی و غیر مارنی به‌ترتیب ۴۰/۶ و ۵۹/۴ درصد بوده است. در حالی که از لحاظ وسعت اراضی مارنی و غیر مارنی به‌ترتیب ۲۱/۴ و ۷۸/۶ درصد است. رسوب ویژه اراضی مارنی در کل حوزه ۲/۳۸ تن در هکتار بوده که دو برابر رسوب اراضی غیرمارنی است. تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران به‌منظور رتبه‌بندی سهم رسوبدهی حاصل از سازندها، برای پژوهشگران حوزه‌های آبخیز روشی مناسب، جهت برآوردی صحیح از میزان فرسایش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سازندهای مارنی و غیرمارنی، شبیه‌ساز باران، سهم پتانسیل رسوب، اقلیم نیمه‌خشک

مقدمه

می‌توان به Zare و Feiznia (۲۰۰۳)، Shariat Jafari و همکاران (۲۰۰۵)، Khaksar و همکاران (۲۰۰۶)، Yamani و همکاران (۲۰۱۱)، Peyrowan و همکاران (۲۰۱۳) و Sowers و همکاران (۲۰۰۳) و Mather و همکاران (۲۰۰۴) در مباحث مرتبط با لندفرم‌های فرسایشی سازندها و رسوب حاصل از آن توسط Olley و همکاران (۱۹۹۳)، Wallbrink و همکاران (۱۹۹۸)، Wasson و همکاران (۱۹۹۸)، Poesen و همکاران

تاکنون تحقیقات مختلفی توسط دانشمندان در زمینه فرسایش انجام شده که از آن جمله، می‌توان به مدل‌های تجربی (PSIAC و EPM) و فرایندی (SWAT و GEOWEPP) در برآورد شدت و میزان فرسایش اشاره نمود. تحقیقات ارزشمندی درباره حساسیت سازندها به فرسایش و امتیازدهی، توسط محققین در داخل و خارج کشور انجام شده، که

نهشته‌های کوتاه‌تر در مقابل فرسایش، بستگی به سرشت نهشته‌ها و محیط در بر گیرنده آن‌ها دارد (Zare و Feiznia, ۲۰۰۳).

میزان فرسایش‌پذیری سنگ‌ها به مقاومت آن‌ها وابسته است. در یک حوزه آبخیز، مقاومت سنگ‌ها و مساحتی که هر کدام به خود اختصاص می‌دهند، یکسان نیست. بدیهی است، حساسیت سازندها در برابر فرسایش و وسعت رخنمون آن‌ها تعیین‌کننده میزان تولید رسوب در آن حوضه می‌باشد (Yamani و همکاران، ۲۰۱۱).

Shariat Jafari و همکاران (۲۰۰۵)، طبقه‌بندی حساسیت ذاتی واحدهای سنگ و خاک به فرسایش (ایران مرکزی حوضه کویرهای در انجیر و ساغند) را ارائه داده‌اند و Shariat Jafari و همکاران در سال ۲۰۰۶ طبقه‌بندی حساسیت به فرسایش واحدهای سنگ و خاک بر مبنای ویژگی‌های ذاتی مواد شامل ترکیب کانی‌شناسی و بافت را در حوضه‌های واقع در پهنه رسوبی-ساختاری خرده قاره ایران مرکزی تدوین کرده‌اند.

Feiznia (۱۹۹۵)، مقاومت سنگ‌ها را با روش امتیازدهی در برابر فرسایش در اقلیم مختلف ایران، را ارائه کردند، همچنین Feiznia و Zare (۲۰۰۳)، از طبقه‌بندی سلبی روشی برای طبقه‌بندی مقاومتی سنگ‌ها در سال ۱۹۸۰ ارائه شده که معیارهای مانند فاصله بین درزه‌ها، جهت یافتگی درزه‌ها و چند عامل دیگر را بر اساس پنج طبقه بسیار نامقاوم تا بسیار مقاوم طبقه‌بندی می‌نماید. Feiznia از این روش به منظور بررسی حساسیت سازندهای زمین‌شناسی نسبت به فرسایش در حوزه آبخیز سد لتیان استفاده نموده است. Khaksar و همکاران (۲۰۰۶) در مورد تعیین حساسیت فرسایش‌سازندهای زمین‌شناسی حوزه آبخیز مهارلو، به مسئله فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی اشاره کرده‌اند. در این تحقیق شش عامل اصلی برای برآورد حساسیت سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش شامل استحکام سنگ، ناپیوستگی‌ها، اقلیم، پوشش گیاهی، شیب و هوازدگی در نظر گرفته شده است. در این حوضه ۱۲ سازند رخنمون دارد، به منظور برآورد به فرسایش از روش BLM استفاده شده است و نتایج آزمایش‌ها در GIS

(۲۰۰۳)، در جهان تحقیقات مختلفی ارائه شده است. باران‌سازها در اکثر مطالعات علمی برای دستیابی به اطلاعات مناسب در مدت زمان کوتاه و کنترل سایر شرایط در حین تحقیق، با هدف صرفه‌جویی در وقت و هزینه از گزینه‌های مناسب می‌باشند. با این وسیله می‌توان، میزان رواناب و تولید رسوب را به همراه سایر موارد دخیل در فرسایش، مورد پایش قرارداد (Fazlollahi, ۲۰۰۶). مرور منابع نشان داده است که مطالعات مختلفی با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران بر کیفیت خاک، کاربری‌ها، شیب‌ها و حتی مدل‌های تجربی انجام شده است. در ادامه چند نمونه از تحقیقاتی که توسط Orsham (۱۹۹۶)، Sheklabadi و همکاران (۲۰۰۳)، Hassanzadeh (۲۰۰۶)، Fazlollahi (۲۰۰۶)، Truman و Bradford (۱۹۹۰) و Rienks و همکاران (۲۰۰۰)، Yasser و همکاران (۲۰۰۲) انجام شده است. استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران به منظور برآورد سهم پتانسیل رسوبدهی در مقیاس حوضه‌ای با تاکید بر مقایسه سازندهای مارنی و غیرمارنی کار زیادی صورت نگرفته و تحقیقی نوآورانه محسوب می‌شود.

در کشور، بیش از ۷۰ درصد سازندهای زمین‌شناسی دارای مقاومت کم تا خیلی کم نسبت به عوامل فرسایش بوده و لذا پتانسیل رسوبدهی بالایی را نیز خواهند داشت. لذا، با در نظر گرفتن آب و هوای خشک حاکم بر گستره عظیمی از ایران و نرخ خاک‌زایی کم، بررسی میزان فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی برای ارزیابی نرخ فرسایش‌پذیری حوزه‌های آبخیز ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Peyrowan و همکاران، ۲۰۱۳). پدیده‌های زمین‌شناسی و زمین‌ساختی دوره کوتاه‌تر، به عنوان زمینه‌های اساسی ساختارهای ژئومورفولوژی و جغرافیای طبیعی در فضای زیست محیطی انسان مورد توجه قرار گرفته و در کلیه طرح‌های اقتصادی و گزینش سکونت‌گاه‌ها، قطب‌های صنعتی، کشاورزی تاسیسات زیر بنایی و پایه، گسترش جوامع شهری و کاربری زمین باید به دقت بررسی شدند، اما متأسفانه به علت عدم شناخت این اراضی و بهره‌برداری غیراصولی از آن‌ها، بخش مهمی از این اراضی بر اثر فرسایش خاک از دست می‌رود. رفتار

سازندهای مختلف واقع در حوزه آبخیز ابوالفارس رامهرمز را مقایسه کرد. در این تحقیق اثر شیب و سازند و اثر توامان شیب سازند بررسی شد، که بیشترین مقدار رواناب و رسوب مربوط به مارن‌های سازند میشان با شیب ۳۰ درصد است.

Sheklabadi و همکاران (۲۰۰۳)، میزان رواناب و رسوب در خاک‌های با مواد مادری متفاوت با استفاده از شبیه‌ساز باران را بررسی کردند و پس از تجزیه نمونه‌های خاک منطقه و با استفاده از آزمون t استیودنت بیشترین همبستگی را بین کاتیون‌های محلول (منیزیم، سدیم، کلسیم)، SAR و مقدار رس با فرسایش‌پذیری یافتند.

Hassanzadeh (۲۰۰۶)، ویژگی‌های موثر بر فرسایش‌پذیری مارن‌ها در منطقه ایوانکی را بررسی نمود، جهت مقایسه واحدهای مارنی از نظر فرسایش‌پذیری از یک شبیه‌ساز باران قابل حمل در صحرا استفاده و پس از اندازه‌گیری میزان رواناب و رسوب و همچنین تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مارن‌های منطقه به این نتیجه رسیده است که خصوصیات نظیر SAR، EC، K عامل تغییر میزان رسوب در واحدهای مختلف مارنی است و از طرفی این ویژگی‌ها در هر سه نوع فرسایش سطحی، شیاری، و آبراه‌های دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ است.

Fazlollahi (۲۰۰۶)، در بررسی وضعیت پادگانه‌های آبرفتی منطقه جاجرود با استفاده از شبیه‌ساز باران و تجزیه تحلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به این نتیجه رسیده است که بین میزان گل آلودگی، تولید رواناب و رسوب و فرسایش‌پذیری همبستگی خوبی وجود دارد. کارهای دیگری با دستگاه شبیه‌ساز باران، توسط Truman و Bradford (۱۹۹۰)، Rienks و همکاران (۲۰۰۰)، Yasser و همکاران (۲۰۰۲) انجام شده است.

هدف در این تحقیق با مشاهده اولیه میدانی و طرح یک سوال شکل گرفته است که سازندهای مارنی فرسایش‌پذیری بالاتر و حجم رسوبات بیشتری در سطح حوضه داشته، اما سهم آن‌ها در یک حوزه آبخیز به چه میزان است؟ مرور منابع مختلف نشان داده است که تحقیقات مختلفی بر کیفیت خاک، کاربری‌ها،

تلفیق و حساسیت هر سازند به فرسایش مشخص شده است.

Sowers و همکاران (۲۰۰۳)، بر اساس اطلاعات نهشته‌های کواترنری، ژئولوژی سنگ بستر و وضعیت خاک، نقشه فرسایش‌پذیری حوزه آبخیز سیلور کریک در کالیفرنیا را تهیه کردند. نتایج نشان داد که رسوبات پادگانه‌ای به دلیل سست بودن و محتوای رس کم بسیار فرسایش‌پذیر می‌باشند. Mather و همکاران (۲۰۰۴) به منظور بررسی میزان فرسایش نهشته‌های کواترنر در جنوب شرقی اسپانیا، از نقشه‌برداری مقاطع دره‌ها و بازسازی شکل دره‌ها قبل از فرسایش استفاده نمودند.

یکی از روش‌های بررسی میزان حساسیت به فرسایش سازندها، برداشت نمونه از رسوبات در پائین‌دست و تعمیم به کل حوضه به منظور پهنه‌بندی فرسایش می‌باشد. از آنجا که یکی از مهمترین مسائل حوزه‌های آبخیز، مسئله فرسایش می‌باشد. بنابراین، بحث فرسایش‌پذیری سازندهای حوضه و شناخت نوع و مقاومت آن‌ها اهمیت پیدا می‌کند. فرسایش خاک از مهمترین و گسترده‌ترین مسائل جهان است که هم تهدید محسوب می‌شود و هم به از بین رفتن زمین‌های حاصلخیز کشاورزی منجر می‌شود (Liu, ۲۰۰۸).

Peyrowan و همکاران (۲۰۱۳) به نقل از عرب‌خداری و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که محاسبه بار معلق حوزه‌های آبخیز کشور با بار رسوب معلق بالا عمدتاً دارای لیتولوژی حساس مارنی بوده که از آن جمله می‌توان به حوضه‌های میناب، سفیدرود، شاهرود، سرخاب، و حبله‌رود اشاره کرد. سازندهای حساس به ویژه اراضی مارنی مسئول رسوب‌دهی بالا در این حوضه‌ها هستند. به نظر می‌رسد که سازندهای رسی و مارنی بیشترین بار معلق را ایجاد نموده است. دومین عامل بافت سنگ‌های موجود در یک سازند می‌باشد. سنگ‌های منفصل و سست به راحتی بار معلق ایجاد می‌کنند، تکتونیک منطقه، شیب منطقه و انرژی آب از جمله مواردی هستند که در تولید بار معلق موثر هستند.

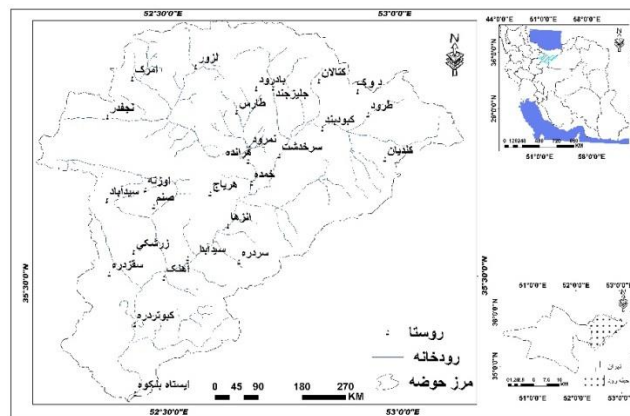
Orsham (۱۹۹۶)، با استفاده از شبیه‌ساز باران صحرائی از نوع قطره چکان، رواناب و رسوب در

تهران و شهرستان‌های فیروزکوه و نمرود قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت حوضه مورد مطالعه ۳۲۳۵۲۷ کیلومتر مربع است. بلندترین نقطه ارتفاعی این حوضه ۴۰۰۳ متر و حداقل ارتفاعی آن ۱۰۰۰ متر از سطح دریا است. واحدهای زمین‌شناسی این حوضه در محدوده زمانی پرکامبرین تا کواترنری قرار دارند و مربوط به سازندهای کهر، بایندر، زایگون، لالون، مبارک، الیکا، شمشک، دلپچای، لار، تیزکوه، کند، کرج، فاجان، زیارت، قرمز تحتانی، قم، قرمز فوقانی، کهریزک، آبرفت تهران و سنگ‌های ولکانیکی دوره چهارم می‌باشند. سنگ‌شناسی غالب عبارتست از آهک، مارن، شیل و ماسه‌سنگ، توف و آبرفت است.

شیب و مدل‌های تجربی با دستگاه شبیه‌ساز باران انجام شده، اما استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران به‌منظور برآورد سهم پتانسیل رسوبدهی در مقیاس حوضه‌ای با تاکید بر مقایسه سازندهای مارنی و غیرمارنی کار زیادی صورت نگرفته و تحقیقی نوآورانه محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

وضعیت زمین‌شناسی منطقه: حوضه حبله‌رود در حاشیه جنوبی البرز مرکزی بین $52^{\circ} 12'$ تا $53^{\circ} 9'$ طول شرقی و $35^{\circ} 17'$ تا $35^{\circ} 58'$ عرض شمالی واقع شده است. از نظر تقسیمات کشوری در استان



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه تحقیق و حوضه حبله‌رود



شکل ۲- اشکال فرسایش شیاری و سطحی در سمت راست و فرسایش خندقی در سمت چپ تصویر بر روی مارن‌ها

منحنی‌سنجه رسوب حتی در مقیاس ماهانه می‌تواند با عدم قطعیت همراه باشد، ولی با توجه به شرایط اندازه‌گیری بار معلق در رودخانه‌های ایران، روش منحنی‌سنجه رسوب را تنها راه برای تولید دبی رسوب ماهانه در حال حاضر دانستند. پژوهش حاضر، از روش

در بحث مرتبط با دبی رسوب روش منحنی‌سنجه رسوب (حد وسط دسته‌ها) به‌عنوان مناسب‌ترین روش برآورد بار معلق و تخمین دبی ماهانه رسوب پیشنهاد شده است. به عقیده محققین با توجه به عدم اندازه‌گیری در دبی‌های طغیانی، استفاده از روش

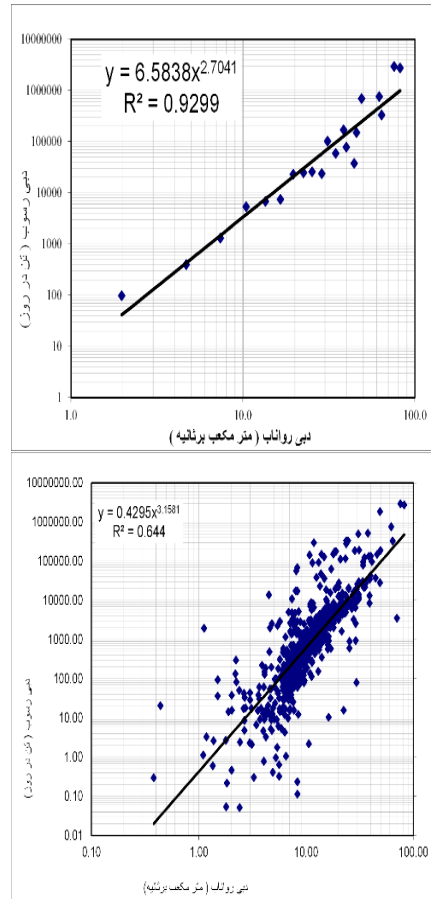
روش دفتر مدیریت اراضی Bureau of Land Management (BLM)

این مدل وضعیت فرسایش را بر حسب جمع نمرات عوامل هفت گانه در یک جدول امتیازدهی عوامل سطحی (جدول ۲)، عرضه کرده است و طبق این جدول وضعیت کلی فرسایش برای هر تیپ فرسایشی مشخص میشود. به طور کلی این روش که توسط سازمان مدیریت اراضی آمریکا ابداع شده است، و بر اساس ارزیابی هفت عامل به شرح زیر می‌باشد: حرکت خاک (به وسیله آب، باد، نیروی ثقل و غیره)، وجود لاشبرگ در سطح خاک، وضعیت سنگ‌ها (عمدتاً از نظر توزیع در سطح)، قطعات سنگی تحکیم یافته (برجستگی‌ها)، وجود فرسایش شیبی، فرم آبراهه‌ها، وجود فرسایش خندقی هر یک از عوامل بسته به میزان تاثیر در فرسایش بین صفر تا ۱۵ امتیاز کسب کرده و مجموع نمرات این هفت عامل به ۱۰۰ می‌رسد. این عوامل، امتیاز عامل سطحی خاک (S.S.F) را به دست می‌دهند.

روش پژوهش: روش کار در این تحقیق بر پایه روش تحلیلی محاسباتی و بررسی‌های میدانی استوار است. بر این اساس ابتدا آمار ایستگاه‌های هیدرومتری و رسوب سنجی، هواشناسی، بارانسنجی استخراج شده است. برای مشخص کردن واحدهای سنگ‌شناسی سطح حوضه از نقشه زمین‌شناسی تهران و سمنان ۱:۲۵۰۰۰۰ و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ گرمسار، کهن‌آباد، دماوند و فیروزآباد به همراه نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه دیجیتالی سازمان نقشه برداری برای ساختن DEM و شیب حوضه مورد استفاده قرار گرفته است. پس از تفکیک سازندهای زمین‌شناسی بر اساس ترکیب سنگی، ۱۲ گروه لیتولوژیکی مشخص شده است. در بازدید میدانی اولیه از سطح حوضه مشخص شده که سازندهای حساس مارنی در جنوب حوضه و سازندهای سخت در شمال حوضه قرار گرفته اند. واحدهای کاری بر اساس تلفیق نقشه شیب ۲۰ درصد و لیتولوژی بر روی دامنه فاقد پوشش گیاهی انجام شده است. سپس به منظور مقایسه سهم سازندها در زیرحوضه‌ها به دو گروه بزرگ سازندهای غیرمارنی و مارنی طبقه‌بندی شده است.

در این تحقیق در دو مرحله جداگانه اقدام به برداشت میدانی در جنوب حوضه (واحدهای مارنی و

حد وسط دسته‌ها به منظور صحت‌سنجی شبیه‌ساز باران استفاده شده است. بر اساس داده‌های رسوب ثبت شده در ایستگاه خروجی حوزه حبله‌رود (بنکوه) شامل ۱۳۱۴ نمونه در یک دوره (۱۳۸۹-۱۳۴۷) برابر با ۸/۰۳ تن در هکتار به دست آمده است.



شکل ۳- نمودار منحنی‌سنج رسوب ایستگاه حوضه حبله‌رود

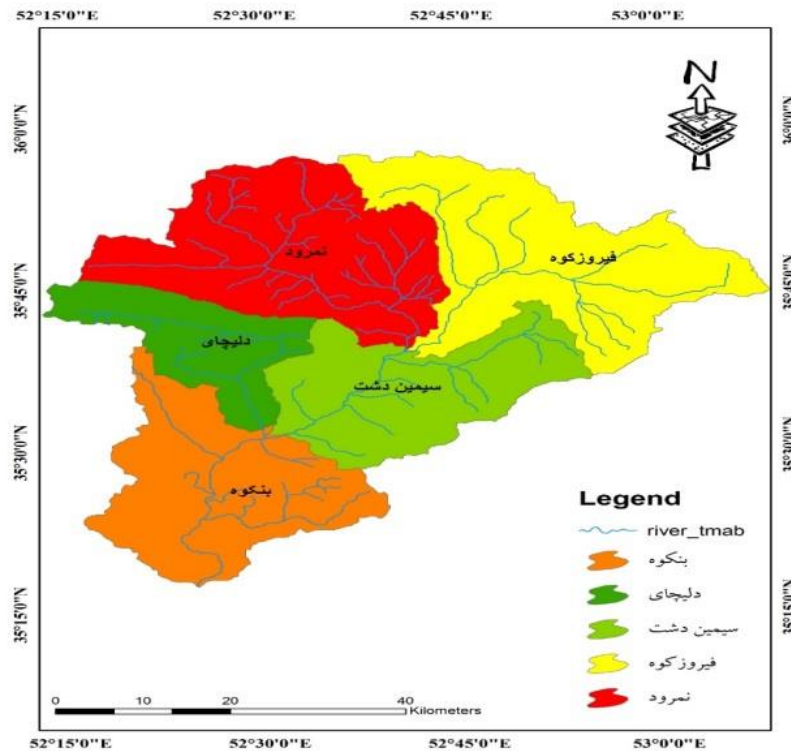
در این تحقیق از یک ماژول در اکسل برای محاسبه منحنی‌سنج رسوب استفاده شده است. حوضه حبله‌رود دارای پنج زیرحوضه اصلی (رده هفت تماب) است. اما داده‌های ایستگاه بنکوه که خروجی می‌باشد، دارای بیشترین نمونه برداشت و همچنین طول دوره آماری بلندمدت (۱۳۸۹-۱۳۴۷) است. ایستگاه‌های فیروزکوه، نمرود، دلپچای و سیمین دشت دارای آمار بلند مدت نبوده (۱۳۸۹-۱۳۷۶) است. می‌توان یک دید کلی از میزان رسوب در زیرحوضه‌ها داشته، به‌طوری‌که حوضه‌های شمالی یا فاقد سازندهای حساس به فرسایش نسبت به حوضه جنوبی میزان رسوب کمتری را نشان داده است.

میزان رواناب و رسوب واحدهای لیتولوژی در بطری‌های جمع‌آوری شده و نمونه‌ها جهت توزین میزان رسوب و رواناب به آزمایشگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری منتقل شده است. لازم به ذکر است، در محل اجرای آزمایش در واحد کاری ۱۵ گانه فرم BLM و امتیازدهی انجام شده است.

حساس) با مراجعه به سمت شمال حوضه در روستاهایی آرو و سیدآباد اقدام به انجام آزمایش میدانی (سازندهای سخت و غیرمارنی) با دستگاه شبیه‌ساز باران نوع کامفورست با شدت بارش چهار میلی‌متر در دقیقه با تداوم بارش متوسط ۱۰ دقیقه در سه تکرار با شیب دامنه ۲۰ درصد انجام شده است.

جدول ۱- برآورد رسوب بر اساس منحنی حد وسط دسته‌ها و یک خطی

ایستگاه بنکوه (۱۳۸۹-۱۳۴۷) بلند مدت			
Conventional	Mean Load	CF FAO	Method
۷۱۵۹۵۹۱۳/۵۳	۱۵۹۵۶۸۸۴۶/۵۴	۳۱۵۵۲۵۶/۹۵	Total sed (t)
۳۱۶۳/۶۲	۷۰۵۰/۹۰	۱۳۹/۴۲	average sed (t day ⁻¹)
۱۱۵۵۵۱۲/۶۸	۲۵۷۵۳۴۰/۰۷	۵۰۹۲۳/۸۵	yearly sed (t day ⁻¹)
۳۶۰/۰۸	۸۰۲/۵۴	۱۵/۸۷	t km ⁻² year ⁻¹
ایستگاه سیمین دشت (۱۳۸۹-۱۳۷۶)			
Conventional	Mean Load	CF FAO	Method
۴۷۱۸۲۸/۸۲	۴۵۶۵۰۴۰/۷۶	۱۴۳۳۷۰۷/۵۸	Total sed (t)
۸۶/۱۳	۸۳۳/۳۴	۲۶۱/۷۲	average sed (t day ⁻¹)
۳۱۴۵۹/۵۶	۳۰۴۳۷۷/۷۲	۹۵۵۹۳/۵۹	yearly sed (t year ⁻¹)
۱۳/۹۴	۱۳۴/۹۲	۴۲/۳۷	t km ⁻² year ⁻¹
ایستگاه نمروود (۱۳۸۹-۱۳۷۶)			
Conventional	Mean Load	CF FAO	Method
۲۰۴۶۴۰/۴۴	۳۶۰۷۶۱/۹۳	۶۹۳۹۳/۵۴	Total sed (t)
۳۷/۳۶	۶۵/۸۷	۱۲/۶۷	average sed (t day ⁻¹)
۱۳۶۴۷/۰۵	۲۴۰۵۸/۴۸	۴۶۲۷/۷۱	yearly sed (t day ⁻¹)
۲۳/۳۵	۴۰/۹۹	۷/۸۸	t km ⁻² year ⁻¹
ایستگاه فیروزکوه (۱۳۸۹-۱۳۷۶)			
Conventional	Mean Load	CF FAO	Method
۱۶۳۰۹/۸۸	۲۲۲۲۷/۳۵	۹۹۸۹/۷۴	Total sed (t)
۴/۰۶	۵/۵۳	۲/۴۹	average sed (t day ⁻¹)
۱۴۸۲/۶۲	۲۰۲۰/۵۴	۹۰۸/۱۱	yearly sed (t year ⁻¹)
۱/۸۵	۲/۵۳	۱/۱۴	t km ⁻² year ⁻¹
ایستگاه دلیچای (۱۳۸۹-۱۳۶۱)			
Conventional	Mean Load	CF FAO	Method
۳۳۱۷۳۶/۱۳	۷۸۹۴۲۰/۵۵	۱۰۰۱۸۷۷/۴۴	Total sed (t)
۳۳/۵۹	۷۹/۹۳	۱۰۱/۴۵	average sed (t day ⁻¹)
۱۲۲۶۸/۸۱	۲۹۱۹۵/۶۱	۳۷۰۵۳/۰۳	yearly sed (t year ⁻¹)
۳۶/۳۱	۸۶/۳۸	۱۰۹/۶۲	t km ⁻² year ⁻¹
ایستگاه بنکوه (۱۳۸۹-۱۳۷۶) (آمار کوتاه مدت)			
Conventional	Mean Load	CF FAO	Method
۱۵۳۵۴۱۲/۰۲	۷۰۹۶۸۷۹/۰۸	۴۸۵۶۸۹/۹۹	Total sed (t)
۲۹۵/۶۱	۱۳۶۶/۳۶	۹۳/۵۱	average sed (t day ⁻¹)
۱۰۷۹۷۲/۵۱	۴۹۹۰۶۳/۳۶	۳۴۱۵۴/۴۶	yearly sed (t year ⁻¹)
۳۳/۷۴	۱۵۵/۹۶	۱۰/۶۷	t km ⁻² year ⁻¹



شکل ۴- زیرحوضه‌های اصلی تمار در حوضه حبله‌رود

آزمایش‌های انجام شده توسط محققان قبلی با این دستگاه برای شدت بارش شش میلی‌متر در دقیقه بوده، Peyrowan و همکاران (۲۰۱۴) و لازم می‌باشد تا میزان رواناب و رسوب را با شدت بارش چهار میلی‌متر دقیقه که این دستگاه با آن کالیبره شده، تبدیل نمود تا تمامی برآوردها رواناب و رسوب حاصل از سازندها از لحاظ شدت بارش یکسان شود. با توجه به مشخص بودن سطح پلات ۶۲۵ سانتی‌متر مربع وزن رسوب بر حسب تن در هکتار محاسبه شده که همان رسوب ویژه می‌باشد. با تعمیم آن به مساحت هر سازند و رخنمون آن در دیگر مناطق حوضه، پتانسیل تولید رسوب هر سازند در کل حوضه مشخص شده است با ورود اطلاعات رسوب هر سازند در محیط ARC_GIS10.2 نقشه پتانسیل تولید رسوب ویژه برای کل حوضه تهیه شده است.

سپس نقشه رسوب ویژه ایجاد شده با استفاده از دستور تقاطع در نرم‌افزار GIS با نقشه زیرحوضه‌ها در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، برازش داده شده است. سپس میزان رسوب ویژه در دو گروه مارنی و غیرمارنی به تفکیک زیرحوضه‌ها به‌منظور تعیین میزان

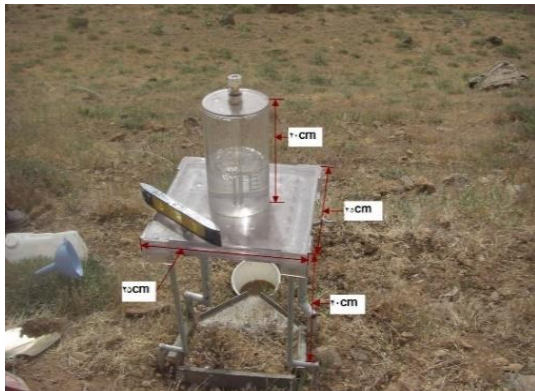
جدول ۲- امتیاز عامل سطحی خاک (S.S.F)

وضعیت فرسایش	جمع نمرات عوامل هفت‌گانه
جزئی	۰-۲۰
کم	۲۱-۴۰
متوسط	۴۱-۶۰
زیاد	۶۱-۸۰
خیلی زیاد	۸۱-۱۰۰

روش توزین در آزمایشگاه با استفاده از وزن تین‌ها اولیه و خشک کردن نمونه رسوب در اتوکلاو با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بعد از توزین مجدد، وزن رسوب بر حسب گرم محاسبه شده است. سپس با توجه به مشخص بودن سطح پلات میزان رسوب ویژه بر حسب تن در هکتار محاسبه شده است. نتایج حاصل به دیگر رخنمون این سازندها در کل حوضه تعمیم داده شده است.

برای بررسی تعداد دیگر از سازندها مانند سازندهای کند، تیزکوه، توفهای سازند کرج از تحقیقات مشابه در قالب پایان‌نامه‌ها و گزارش‌ها در البرز مرکزی با استفاده از همین دستگاه شبیه‌ساز باران انجام شده، استفاده شده است. لازم به ذکر است،

در این تحقیق ابتدا دستگاه در آزمایشگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کالیبره شد.



شکل ۵- دستگاه شبیه‌ساز باران و ابعاد آن در واحد کاری صحرائی

سهم رسوبدهی هر گروه ارائه شده است. مراحل اجرای آزمایش‌ها به تفکیک حوضه و زیرحوضه در ادامه آورده شده است.

شبیه‌ساز باران صحرائی: اساس کار شبیه‌ساز باران با حرکت دادن لوله هوادهی به سمت بالا، میزان فشار آب خروجی از لوله‌های موئین افزایش می‌یابد. لذا با همین عمل، یعنی بالا و پایین بردن لوله هوادهی می‌توان شدت‌های مختلف بارش را شبیه‌سازی نمود. مشخصات فنی دستگاه با ارتفاع سقوط قطرات در بالای شیب ۳۷۵ میلی‌متر و متوسط قطر قطرات ۵/۶ میلی‌متر با سطح کرت ۰/۰۶۲۵ متر مربع با جرم قطره ۰/۱۰۶ گرم و تعداد لوله‌های موئینه ۴۹ عدد می‌باشد.

جدول ۳- تفکیک سازندها مارنی و غیرمارنی در حوضه حبله‌رود

لیتولوژی	گروه
<p>واحد زیرین قرمز بالایی M1، واحد میانی قرمز بالایی M2، واحد بالایی قرمز بالایی M3، قرمز بالایی M، نمک قرمز زیرین Ols، واحد زیرین-میانی قرمز بالایی M1-2، واحد میانی سازند قرمز بالایی M2m، مارن و مارلستون با مقداری میان لایه آهک و توف ائوسن میانی Em، سازند کند EKn، گچ و مارن گچی ائوسن بالایی Eg، مارن سازند قم Omqm، مارن توفی سبز آبی با لنزهایی از گچ ائوسن بالایی Eomt</p>	سازندهای مارنی
<p>آندزیت و مارن سازند کرج زیر بخش کندر EaK، شیل ماسه‌سنگ و دولومیت باروت PCBt، سازند باروت PC Br/Kh، شیل سیاه زغال دار شمشک Jssh، ماسه‌سنگ و شیل و کمی آهک سازند شمشک Js، شیل پایینی سازند کرج Es1، شیل، ماسه‌سنگ و کنگلومرای کرتاسه Ks، ماسه‌سنگ و شیل قرمز رنگ سازند دورود Pd، ملافیر و ژیبس کرتاسه Km، سیل بازالتی ترشیری (الیگوسن) Tb، بازالت کواترنر QV، دیاباز به شدت دگرسان‌شده کرتاسه di، ولکانیک‌های ائوسن کرج EV، بازالت سازند شمشک JV، گچ قرمز زیرین Olg، لایه‌های گچی سازند کرج EKg، دیاپیر گچی الیگوسن g، گچ سازند قم omqg، آهک و گچ زیارت EZ، آهک روشن رنگ کرتاسه K12، آهک منظم لایه تیزکوه Kt، آهک نازک لایه ورمیکوله الیکا TR1e، دولومیت خاکستری لایه‌های الیکا TR2e، آهک متبلور سفید بالای الیکا TR3e، سازند الیکا TRe، دولومیت آهک، شیل و ماسه سنگ مبارک Cm، سازند قم شامل آهک و لایه‌های گچ Omq، آهک خاکستری لایه‌های کرتاسه K2، آهک و دولومیت ضخیم لار Al، آهک و آهک دلیچای Jd، آهک خاکستری روته Pr، لایه‌های آهکی سازند کرج EKL، آهک میکرایتی متوسط لایه قاعده سازند مبارک C1m، دولومیت و شیل سلطانیه PCs، دشت رسی کواترنر qc، آبرفت کواترنر Qal، آبرفت جدید کواترنر Q، تراس‌های میانی Qt2، تراس‌های قدیم Qt1، مخروط افکنه QF، رس ماسه‌ای پلیوکواترنر Sm، کنگلومرای پلیوپایوستوسن سازند کهریزک PL-Q، کنگلومرای سازند هزاردره M-PI، تراس‌های قدیم و میوسن پلیوسن Qt1/M-PI، ماسه‌سنگ و کنگلومرای آهکی قرمز سازند فجن PEscf، سازند فجن Pef، کنگلومرای قرمز رنگ سازند فجن PEcf، کنگلومرا و ماسه‌سنگ قرمز زیرین O1c، کنگلومرای کرتاسه بالایی Kc، سازند کرج Ek، توف میانی سازند کرج Et2، توف سیاه آهکی و مارن خاکستری ائوسن زیرین Etbk</p>	سازندهای غیرمارنی

۶۸۴۱۴ هکتار با رسوبی برابر با ۵۷۶۴۹ تن است. اراضی مارنی در این حوضه دارای مساحت ۱۴۹۴۳ هکتار و رسوب ۲۶۳۹۸/۷ تن بوده که با مساحتی ۱۷/۹ درصد به تنهایی ۳۱/۴ درصد از کل رسوب این زیرحوضه را شامل می‌شود. لیتولوژی در این زیرحوضه شامل کنگلومرای با مساحتی برابر با ۱۵۹۰۰ هکتار برابر با ۱۹ درصد از سطح حوضه را پوشش می‌دهد. آهک و دولومیت ضخیم سازند لار (J1)، سازندهای آذرآواری سازند کرج (EK) به ترتیب ۱۰۷۰۰ و ۱۰۵۰۰ هکتار را سازندهای غیر مارنی شامل می‌گردد. مارن‌های M1 و M2 برابر با ۳۲۸۰ و ۴۴۷ هکتار است.

ماسه‌سنگ و شیل و کمی آهک سازند شمشک (Js) با مساحتی برابر با ۵۳۲۰ هکتار ۱۵/۴ درصد از سطح حوضه را اشغال کرده‌اند. آهک و دولومیت ضخیم سازند لار (J1) با مساحتی برابر با ۳۶۸۰ هکتار ۱۰/۷ درصد از سطح حوضه را شامل می‌شود، این در حالی است که بخش بالایی قرمز بالایی (M3) و لایه‌های گچی سازند کرج (EKg) به ترتیب ۷/۳ و ۹/۷ هکتار را شامل می‌شود. در این زیرحوضه چیرگی با سازندهای غیرمارنی است. متوسط رسوب ویژه زیرحوضه ۱/۲۴ تن در هکتار است که کمتر از رسوب ویژه کل حوضه ۱/۷۳ تن در هکتار می‌باشد. در زیرحوضه فیروزکوه متوسط کل رسوب ویژه زیرحوضه ۱/۱ تن در هکتار است. مساحت سازندهای غیرمارنی

جدول ۵- نمونه جدول آزمایشگاهی نتایج آزمایش شبیه‌ساز باران بر روی سازندهای حساس و مقاوم حوضه

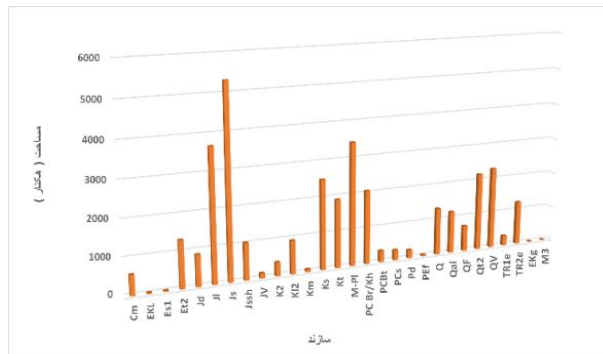
شماره	سازند	زمان (ثانیه)	عمق نفوذ (سانتی‌متر)	حجم رواناب جمع آوری شده (سی سی)	وزن تین رسوب (گرم)	وزن تین با رسوب (گرم)	وزن رسوب خالص (گرم)	رسوب ویژه (تن بر هکتار)
s1	کنگلومرای پیلوسن	۵۶۰	۵	۸۵۰	۴۰/۱۲	۴۱/۴۸	۱/۳۶	۰/۳۵۳
s2	مارن گچی قرمز زیرین Olg	۴۹۰	۳/۴	۸۱۰	۳۹/۸	۵۴/۳	۱۴/۴۲	۳/۵۳۶
s3	مارن M3	۴۸۷	۵/۳	۶۶۵	۳۹/۸۷	۵۴/۳۵	۱۴/۴۸	۲/۹۵۶
s4	مارن M2	۴۶۰	۲/۳	۱۰۵۰	۳۸/۸۷	۵۰/۰۵	۱۱/۱۸	۱/۷۸۸
s5	مارن M1	۵۱۰	۲/۵	۱۰۲۰	۳۷/۰۸	۵۷/۱۳	۲۰/۰۵	۳/۲۰۸
S6	شیل سازند کرج	۴۵۶	۸	۵۰۲	۴۲/۰۸	۵۳/۵۷	۱۱/۴۹	۱/۸۳۸
S7	شیل شمشک	۴۹۳	۱۰/۵	۳۵۰	۵۳/۷۸	۵۸/۰۳	۴/۲۵	۰/۶۸
S8	ملاقیهای بالای سازند شمشک	۴۷۷	۸	۸۹۰	۴۱/۱۸	۴۴/۸	۳/۶۲	۰/۵۷۹
S9	سازند الیکا	۴۹۴	۷/۸	۵۸۰	۴۰/۰۹	۴۷/۶۵	۷/۵۶	۱/۲۰۹
S10	سازند جیروود	۳۸۸	۶/۵	۷۶۰	۳۷/۱۲	۴۶/۴۹	۹/۳۷	۱/۴۹
S11	بازالت‌های قدیمی تیره رنگ (حداصل مبارک والیکا)	۴۵۲	۶/۲	۴۶۰	۳۸/۶۸	۴۳/۴۱	۴/۷۳	۰/۷۵۶
S12	ماسه‌سنگ لالون	۳۹۸	۱۰	۱۶۰	۵۲/۳۵	۵۵/۱۴	۲/۷۹	۰/۴۶۶
S13	سازند شیلی زاگون	۴۲۲	۷/۵	۱۲۵	۳۷/۲	۳۸/۸۶	۱/۶۶	۰/۲۶۵
S14	سازند باروت	۴۰۸	۵/۵	۴۹۰	۳۸/۹۳	۵۱/۵۶	۱۲/۶۳	۲/۰۲۱
S15	کوآرتز Qt2	۴۰۲	۵/۴	۵۸۰	۳۴/۸۹	۳۹/۹	۵/۰۱	۰/۸۰۱

می‌باشد. به عبارتی ۹۷/۹ درصد رسوب از ۹۸ درصد از اراضی غیرمارنی حاصل شده و تنها ۲/۰۵ درصد از کل رسوب مربوط به اراضی مارنی مربوط می‌باشد که متوسط کل رسوب ویژه زیرحوضه نمود ۱/۲۷ تن در

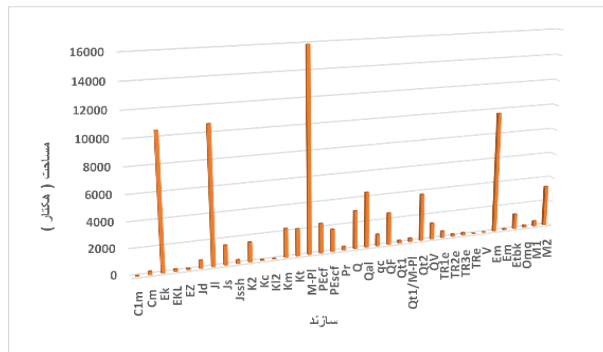
در زیرحوضه نمود (شکل ۱۰)، اراضی مارنی دارای وسعتی ۱۴۶۷/۸ هکتار و غیرمارنی‌ها برابر با ۷۹۴۱۱/۹ هکتار می‌باشند که رسوب حاصل از اراضی مارنی و غیرمارنی به ترتیب ۱۹۸۸ و ۹۴۹۷۶ تن

هکتار را آهک و دولومیت ضخیم سازند لار (J1) تشکیل داده است.

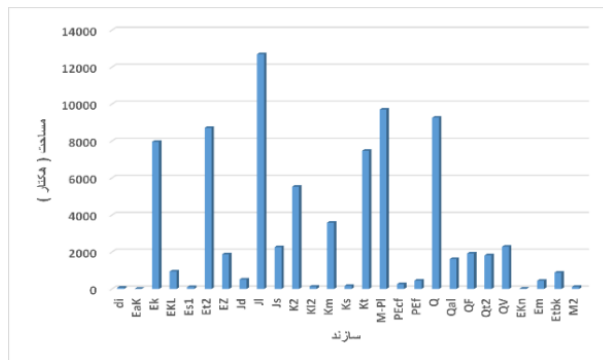
هکتار است. رسوب ویژه اراضی غیرمارنی و مارنی به ترتیب ۱/۲ و ۱/۷ تن در هکتار می‌باشد. بیشترین مساحت حوضه برابر با ۱۵/۷ درصد معادل ۱۲۷۰۰



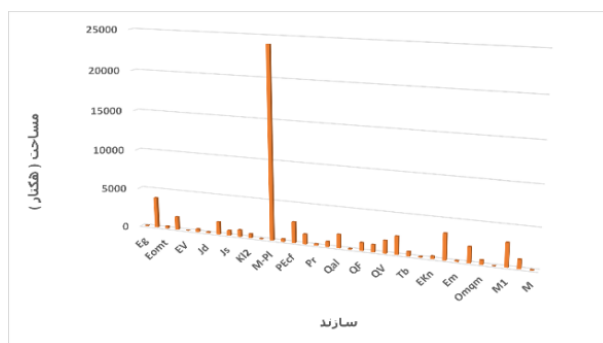
شکل ۸- مساحت سازندها در زیرحوضه دلیچای



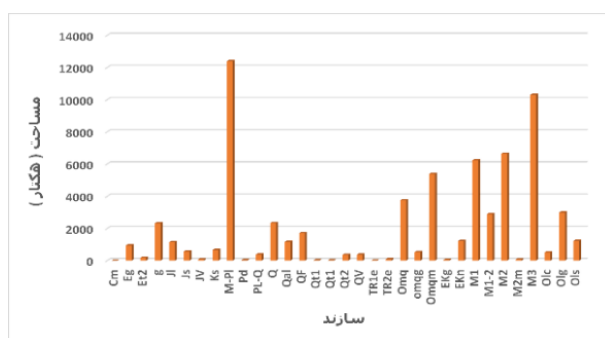
شکل ۹- مساحت سازندها در زیرحوضه فیروزکوه (هکتار)



شکل ۱۰- مساحت سازندها زیرحوضه نمروود (هکتار)



شکل ۱۱- مساحت سازندها زیرحوضه سیمین‌دشت (هکتار)



شکل ۱۲- مساحت سازندها زیرحوضه بنکوه (هکتار)

۶۹۵۵۳/۵ هکتار فقط ۲۱/۴۹ درصد از کل حوضه است. اراضی مارنی دارای توان رسوبزایی ۱۶۶۰۷۹/۴۹ تن می‌باشد. به عبارتی دیگر ۵۹/۴ درصد از رسوب حوضه از اراضی غیرمارنی ایجاد شده است. پراکنش اراضی غیرمارنی بیش از ۷۸ درصد حوضه است. در حالی که ۴۰/۶ درصد از رسوب مربوط به اراضی مارنی بوده است که از نظر پراکنش اراضی مارنی فقط ۲۱ درصد از مساحت حوضه می‌باشند.

این آمار به خوبی سهم سازندهای مارنی در تولید رسوب را مشخص کرده است. نتایج رسوب ویژه حوضه حبله‌رود نشان داد که اراضی مارنی ۲/۲۸ و غیرمارنی ۱/۰۶ تن در هکتار بوده است. این امر نشان می‌دهد که متوسط رسوب ویژه در اراضی مارنی بیش از دو برابر اراضی غیرمارنی است. متوسط رسوب ویژه کل حوضه حبله‌رود ۱/۶۷ تن در هکتار بوده است. روش حد وسط دسته‌ها (شکل ۶)، برای خروجی حوضه در ایستگاه بنکوه برابر با ۸/۰۳ تن در هکتار در سال محاسبه شده است.

با در نظر گرفتن چند بار بارش در سال و در نظر گرفتن سالیانه بودن رسوب اندازه‌گیری شده می‌توان اظهار داشت که دستگاه شبیه‌ساز باران با واقعیت انطباق قابل قبولی ارائه کرده است. میزان هدررفت خاک در اراضی مارنی در کرت‌های آزمایشی، ۱۷ تا ۵۱ تن در هکتار در سال اندازه‌گیری شده است. در برخی از کشورها از جمله آمریکا و چکسلواکی، حد مجاز فرسایش به ترتیب ۲/۵ و یک تن در هکتار در سال می‌باشد.

کشور ایران در اقلیم خشک واقع شده و با توجه به مورفولوژی ناهموار و پر شیب، عملاً تولید خاک بسیار کند است. مقایسه ارقام ذکر شده فرسایش کشور با

در زیرحوضه سیمین‌دشت به ترتیب اراضی غیرمارنی و مارنی دارای مساحت ۴۷۳۲۲/۷ و ۱۰۸۹۱/۲ هکتار را اشغال کرده است. رسوب حاصل از این اراضی به ترتیب برابر با ۳۳۵۶۵/۲ و ۲۵۷۲۵/۵ تن است. رسوب ویژه اراضی غیرمارنی و مارنی برابر با ۱/۱۳، ۲/۳۱ تن در هکتار می‌باشد. رسوب ویژه کل زیرحوضه برابر ۱/۵۳ است.

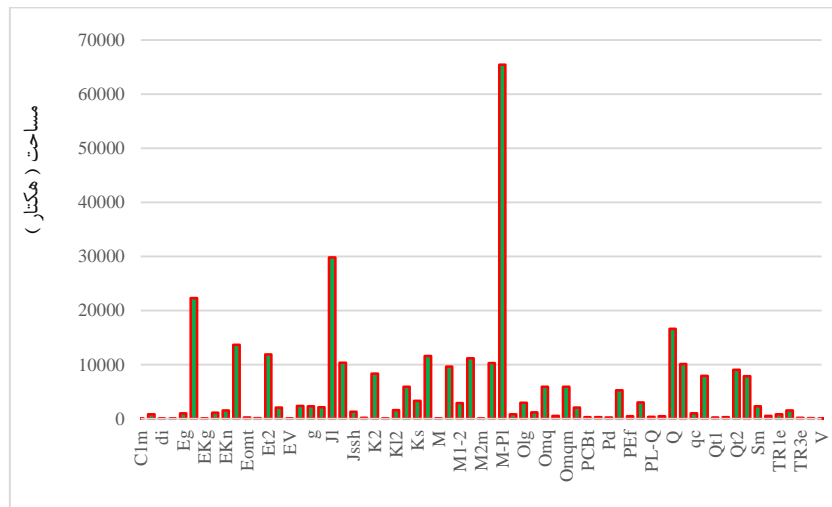
مساحت سازندهای زیرحوضه بنکوه برابر با ۶۶۶۲۶/۳ هکتار می‌باشد. اراضی غیرمارنی ۲۴۳۹۱/۷ هکتار معادل ۳۶/۶ درصد از کل است. در حالی که اراضی مارنی با مساحت ۴۲۲۳۴/۶ هکتار بیشترین مساحت این زیرحوضه برابر با ۶۳/۳۹ درصد را شامل شده است. رسوب حاصل از اراضی مارنی برابر با ۱۱۱۹۲۶ تن و اراضی غیرمارنی ۲۰۶۳۲ تن بوده است. در این زیرحوضه حاکمیت با مارن‌ها بوده بیش از ۸۴ درصد رسوب در این زیرحوضه مربوط به مارن‌ها می‌باشد. سازندهای غیرمارنی کنگلومرای برابر با ۱۲۴۰۰ هکتار ۱۸/۶ درصد است.

واحد بالایی قرمز بالایی (M3)، واحد میانی قرمز بالایی (M2) به ترتیب (۱۵/۵ درصد) و ۱۰۳۰۰ و ۱۰ درصد) ۶۶۴۰ هکتار بیشترین مساحت مارن حوضه است. واحد زیرین قرمز بالایی (M1) با مساحتی برابر با ۶۲۳۰ هکتار معادل ۹/۴ درصد حوضه می‌باشد. مارن سازند قم (Omqm) با ۸/۱ درصد برابر با ۵۳۸۰ هکتار در رده بعدی مارن‌های حوضه است.

نتایج تحقیق در کل حوضه حبله‌رود نشان داده است که مساحت اراضی غیرمارنی بر اساس سازندهای معرفی شده برابر با ۷۸/۵ درصد از کل حوضه است. ۲۵۳۹۹۷/۶ هکتار اراضی غیرمارنی توان رسوبزایی ۲۴۳۴۲۰ تن می‌باشد. اراضی مارنی با مساحتی برابر

حدهای مجاز اعلام شده به اندازه کافی نگران کننده

است (Parekar و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۱۳- حوضه حبله رود و مساحت سازندها (هکتار)

جدول ۶- تعیین پتانسیل سهم رسوبدهی به همراه مساحت سازندهای مارنی و غیر مارنی به تفکیک هر زیر حوضه

زیرحوضه	طبقه بندی	مساحت (هکتار)	رسوب ویژه (تن در هکتار)	زیرحوضه	طبقه بندی	مساحت (هکتار)	رسوب ویژه (تن در هکتار)
بنکوه	غیرمارنی	۲۴۳۹۱/۷	۲۰۶۳۲/۲	فیروزکوه	غیرمارنی	۶۸۴۱۴/۲	۵۷۶۴۹
	مارنی	۴۲۲۳۴/۶	۱۱۱۹۲۶		مارنی	۱۴۹۴۳	۲۶۳۹۸/۷
سیمین دشت	غیرمارنی	۴۷۳۲۲/۷	۳۳۵۶۵/۶	نمرود	غیرمارنی	۷۹۴۱۱/۹	۹۴۹۷۶/۳۶
	مارنی	۱۰۸۹۱/۷۵	۲۵۷۲۵/۵		مارنی	۱۴۶۷/۸	۱۹۸۷/۹
دلیچای	غیرمارنی	۳۴۴۵۷/۱	۳۶۵۹۶/۸	حبله رود کل حوضه	غیرمارنی	۲۵۳۹۹۷/۶	۲۴۳۴۲۰
	مارنی	۱۶/۳۷	۴۱/۱۱		مارنی	۶۹۵۵۳/۵۲	۱۶۶۰۷۹/۴۹
						(٪۷۸/۵)	(٪۵۹/۴)
					(٪۲۱/۵)	(٪۴۰/۶)	

نتیجه گیری

در این تحقیق فرض تحقیق که سهم رسوبدهی اراضی مارنی است به دقت آزموده شد. نتایج نشان داد که ۷۸/۵ درصد از سطح حوضه حبله رود را سازندهای غیرمارنی و مابقی را سازندهای مارنی اشغال کرده اند اما از نظر میزان تولید رسوب، سازندهای مارنی بیش از ۴۰ درصد با مساحت کم ۲۱/۵ درصدی دارند. تفکیک سهم رسوبات می تواند یک راه حل مناسب در مطالعات آبخیزداری محسوب شود.

از نتایج جدول ۶ می توان به نقش سازندهای مارنی در زیرحوضه های بنکوه و سیمین دشت با رسوب

ویژه ۱/۶۲ و ۱/۵۳ تن در هکتار و نزدیکی به رسوب ویژه حوضه حبله رود ۱/۶۷ تن در هکتار و نزدیکی رسوب ویژه در این دو زیرحوضه، اهمیت سهم بندی رسوبات در زیرحوضه ها مشخص شد. رسوب ویژه در زیرحوضه های شمالی فیروزکوه، دلیچای و نمرود به ترتیب ۱/۲۴، ۱/۲ و ۱/۱ تن در هکتار بوده است. در این زیرحوضه ها گسترش اراضی غیرمارنی بیشتر بوده اما اهمیت موضوع در این است که مارن ها در زیرحوضه های با مساحت کمتر، نیز دارای پتانسیل رسوبدهی بالایی است. به طور نمونه زیرحوضه دلیچای با مساحت ۱۶ هکتاری ۴۱ تن رسوب ایجاد

رسوبات در زیرحوضه‌ها اهمیت بیشتری بدهند و برنامه‌ریزان حوضه‌ها به‌منظور مبارزه با فرسایش قبل از عملیات آبخیزداری نقش و سهم رسوبزایی سازندها را مد نظر قرار دهند.

کرده است که ۲/۵ برابر مساحتش را رسوب ویژه شامل شده است. در زیرحوضه‌های دیگر مانند فیروزکوه و نمروود نیز نقش مارن‌ها کاملاً مشهود است. پیشنهاد می‌شود، محققین به تفکیک سهم

منابع مورد استفاده

1. Feiznia, S. 1995. Resistance to intergranular corrosion rocks in different climates of Iran. *Journal of Natural Resources*, 47: 116-127.
2. Feiznia, S. and M. Zare. 2003. Geological survey sensitivity to erosion and sediment yield in Latian Watershed. *Journal of Natural Resources*, 56: 365-381.
3. Fazlolahi. A. 2006. Erosion-supported formations quaternary with help Simulator. Master thesis Watershed Management, Department of Natural Resources, University Tehran, 55-40.
4. Hassanzadeh. M. 2006. Evaluation of characteristics affecting the Marl of erosion. Doctoral Dissertation, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran.
5. Khaksar. K, M. Goudarzi, M.R. Gharibreza and M. Rahmati. 2006. Determine the susceptibility of geological formations Maharlu erosion watershed, Tehran. *Earth sciences*, 16(62): 116-129.
6. Liu, Ch., J. Sui, and W. Zhao-Yin. 2008. Sediment load reduction in Chinese rivers. *International Journal of Sediment Research*, 23: 44-55.
7. Mather, A.E., M. Stokes and J.S. Griffiths. 2004. Quaternary landscape evolution: a framework for understanding erosion, Southeast Spain. *Land Degradation and Development*, 13(2): 89-109.
8. Olley, J.M., A.S. Murray, D.M. Mackenzie and K. Edwards. 1993. Identifying sediment sources in a gullied catchment using natural and anthropogenic radioactivity.
9. Orsham, A. 1996. Comparison of different geological formations sediment runoff using rainfall simulator. Watershed Master's Thesis. Natural Resources Faculty of Tehran University.
10. Peyrowan, H.R., A. Ardakani and M. Shariat Jafari. 2013. Geological effects on geometry of Ghezel-Ouzan River and lateral shifting trend in mountainous and flood plain basins. *Watershed Engineering and Management*, 6(4): 377-389.
11. Peyrowan, H.R., J. Ghayomiyan, A. Ardakani and R. Kazemi. 2014. Classification and determination erosion indicators of marls in Tehran Province. Final Report Soil Conservation and Watershed Management. 120 pages.
12. Parekar, M., H.R. Peyrowan, A. Ardakani and M. Shariat Jafari. 2009. Identification and assessment of erosion and deposition models. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute.
13. Poesen, J., J. Nachtergaele, G. Verstraeten and C. Valentin. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena*, 50(2-4): 91-133.
14. Shariat Jafari, M., J. Ghayomiyan and H.R. Peyrowan. 2005. The classification of intrinsic sensitivity to erosion of soil and rock units (Iran Central area Dranjyr deserts and SAGHAND). *Engineering Geology and the Environment Conference Tehran*, 23: 1180-1190.
15. Shariat Jafari. M., J. Ghayomiyan and H.R. Peyrowan. 2006. Geological inherent sensitivity to weathering and erosion in sedimentary basins located in Central Iran. *Publications Tarbiat Moalem University*, 6: 710 -722.
16. Rienks. S.M and J. Both. 2000. Some physical and chemical properties of sediments exposed in a gully in northern kwazula Natal, South Africa and their relationship to the erodibility of the colluvium layers. *Catena*, 40: 153-167.
17. Sowers, J.M., J.T. Pearce and W. Littis. 2003. Geomorphology of the Historical Silver Creek Watershed. *Walnut Creek*, 925: 256-607.
18. Sheklabadi, M. and A. Charkhab. 2003. Production and deposited in soils with different parent materials in the watershed Golabad Ardestan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 7: 58-100.
19. Truman, C.C., J.M. Bradford and J.E. Ferris. 1990. Antecedent water content and rainfall energy influence on soil aggregate breakdown. *Soil Science Society of America Journal*, 54: 1385-1392.
20. Wallbrink, P.J., A.S. Murray, J.M. Olley and L.J. Olive. 1998. Determining sources and transit times of suspended sediment in the Murrumbidgee River, New South Wales, Australia, using fallout ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb. *Water Resources Research*, 34: 879-887.
21. Wasson, R.J., R.K. Mazari, B. Starr and G. Clifton. 1998. The recent history of erosion and Water Resources Research. 29: 1037-1043.
22. Yamani, M., H. Amonia and H. Khyrizadeh. 2011. The assessment of erodible formations represent fluvial sediments through morphoscopy. *Journal research Environmental Erosion*, 7: 17-28.

23. Yasser, H., A. Jean, P. Yannick, A. Jean, N. Slah, Z. Patrick, B. Ronny and M. Balah. 2002. Comparison between rainfall simulator erosion and observed reservoir sedimentation in an erosion-sensitive semiarid catchment. *Catena*, 50(1): 1-16.