

## بررسی عملکرد سدهای اصلاحی رسوب گیر خشکه چین در طول آبراهه‌ها در ترسیب مواد ریزدانه ( مطالعه موردی: حوضه سد درودزن)

علی اسماعیلی نامقی و علی مراد حسن‌لی<sup>۱</sup>

### چکیده

یکی از روش‌های ساده برای کنترل فرسایش، مهار سیلاب و کاهش خسارات سیل در آبراهه‌های حوضه‌های آبخیز، احداث سدهای اصلاحی خشکه چین است. برای بررسی عملکرد این نوع سدها در ترسیب رسوبات ریزدانه در آبراهه‌ها، تعدادی آبراهه در حوضه سد درودزن که دارای سدهای اصلاحی خشکه چین ثبت شده با عمر بیش از ۲۷ سال بودند، بررسی شدند. در هر آبراهه سه سد اصلاحی مشابه (از نظر اندازه و نوع سنگچین) به ترتیب در بالادست آبراهه (شماره ۱)، میانه آبراهه (شماره ۲) و پایین دست آبراهه (شماره ۳) انتخاب شدند. از رسوبات ترسیب شده پشت این سدها و هم‌چنین خاک طبیعی کنار آنها، نمونه‌هایی از عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متری، به صورت مخلوط تهیه و با آزمایش‌های هیدرومتری و دانه بندی، تعیین بافت گردیدند. بر اساس نتایج، غالب خاک مناطق حاشیه آبراهه‌ها نسبت به رسوبات پشت سدهای مربوطه ریز بافت تر به دست آمد. مقایسه منحنی‌های دانه بندی رسوبات پشت سدها نشان داد که در بیشتر آبراهه‌ها سدهای شماره ۳ (انتهایی) از عملکرد نسبی بهتری برخوردار هستند و سدهای شماره ۲ و ۱ (میانی و ابتدایی) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. هم‌چنین مقایسه درصد ماسه، سیلت و رس سدهای هر آبراهه نشان داد که در غالب آبراهه‌ها درصد رس و سیلت در سدهای انتهایی بیشتر از میانی و در سدهای میانی بیشتر از سدهای ابتدایی می‌باشد. درصد ماسه در سدهای ابتدایی بیشترین و در سدهای انتهایی کمترین مقدار است. به طور کلی نتایج بیانگر آن است که خاک منطقه برای غالب آبراهه‌ها نسبت به رسوبات ریز بافت تر است که نشانگر عملکرد نه چندان خوب این نوع سدها در ترسیب رسوبات ریزدانه است. مقایسه منحنی‌های دانه‌بندی رسوبات پشت سدهای هر آبراهه نیز نشان داد در غالب آبراهه‌ها سدهای واقع در پایین دست آبراهه‌ها از عملکرد بهتری در ترسیب رسوبات ریزدانه برخوردار بوده و سدهای شماره ۲ و ۱ که در موقعیت میانی و ابتدایی آبراهه‌ها قرار دارند به ترتیب در رتبه‌های بعدی می‌باشند. این بررسی‌ها و نتایج نشان می‌دهند وقتی هدف اصلی از احداث این گونه سازه‌ها ترسیب رسوبات ریزدانه باشد بهتر است حتی الامکان در پایین دست آبراهه‌ها احداث شوند.

واژه‌های کلیدی: آبراهه، حوضه سد درودزن، رسوبات ریزدانه، سدهای اصلاحی، سدهای خشکه چین

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

## مقدمه

گیاهی باعث ترسیب ذرات ریز همراه جریان شده و منجر به اصلاح نیم رخ طولی آبراهه‌ها می‌شوند. به همین دلیل این گونه سازه‌ها به سدهای اصلاحی شهرت یافته‌اند. این سدها دارای کاربردهای متفاوتی هستند از آن جمله: کترل رسوبات حمل شده در شبکه آبراهه‌های یک آبخیز، کترول فرسایش‌های کناری و بستر آبراهه‌ها، کترول لغزش‌های موضعی، کاهش سرعت جریان آب و دبی حداکثر، افزایش زمان تمرکز آبخیزها، اصلاح نیم رخ طولی آبراهه‌ها، بهبود کیفیت آب در پایین دست آبخیزها، فراهم نمودن زمینه لازم برای اجرای عملیات بیولوژیکی در کناره‌های آبراهه‌ها، ذخیره موقعت آب و انحراف جریان آب را می‌توان نام برد. بر پایه گزارش هادسون (۹) هدف اصلی از احداث این سدها نگهداشت رسوبات و کاهش سرعت جریان آب است.

برای بررسی نقش سازه‌های اصلاحی در کاهش بار رسوب پایین دست حوضه‌ها، در حوضه آبخیز غار محله کردکوی مطالعه‌ای توسط پارسامهر (۱) انجام شد. نتایج نشان داد که میانگین رسوب سالانه این حوضه حدود ۹۰ درصد نسبت به دوره قبل از احداث سدهای اصلاحی کاهش یافته است. نتایج مطالعه هید (۷) روی حوضه‌ای در غرب کلرادوی مرکزی نشان داد که احداث سدهای رسوب‌گیر بر روی آبراهه اصلی و شاخه‌های مهم آن، میزان رسوب را در طول ۱۱ سال در حدود ۹۰ درصد کاهش داد.

توان (۱۱) با بررسی کترول آبراهه‌ها به وسیله سازه‌های ساخته شده از لاستیک‌های مستعمل در شمال تایوان، گزارش کرد که سدهای مزبور شبیه متوسط خندق و انتقال رسوب را به ترتیب به مقدار ۸ و ۱۲/۷ درصد کاهش می‌دهند. گول و همکاران (۵) با بررسی عملکرد سدهای گایپونی بونگای هند نتیجه گرفتند به خاطر رسوب‌گذاری در طول دو سال، بیش از ۵۰ درصد از ظرفیت ۶ سازه مورد بررسی از دست رفته و ۲۳۰۰۰ متر مکعب رسوب پشت آنها ترسیب یافته که در صورت فقدان این سازه‌ها انتقال رسوبات ظرفیت ذخیره ارزشمند سد پایین دست را کاهش می‌داد. زیان‌گزو و

خاک و آب به عنوان منابع پایه طبیعی، نقش حیاتی در زندگی انسان‌ها و به طور کلی در تغییر و تحولات طبیعت ایفا می‌کنند. به همین دلیل در طول تاریخ آب فراوان و خاک مرغوب از دلایل عمدۀ به وجود آمدن تمدن‌های بزرگ، و از بین رفتن این منابع موجب نابودی و یا عقب ماندگی برخی جوامع بشری بوده است (۲). فرسایش به عنوان یک عامل تخریب محیط علاوه بر از بین بردن خاک و کاهش حاصلخیزی اراضی، باعث آلودگی منابع آب سطحی و کاهش نفوذ آب در خاک می‌شود که حاصل آن تخریب اراضی مرتعی و جنگلی، کاهش پوشش گیاهی، کاهش تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و تسريع در بیابان‌زایی است. آلاینده‌هایی که به همراه رسوبات، به ویژه رسوبات ریزدانه در مخازن سدها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و کفر رودخانه‌ها تجمع پیدا می‌کنند، خطری برای آینده محسوب می‌شوند (۱۰). رسوب گذاری در مخازن سدها و کاستن ظرفیت ذخیره مخازن از ملموس‌ترین خساراتی است که در اثر پدیده فرسایش و حمل رسوبات ریزدانه ایجاد می‌گردد. متأسفانه امروزه بسیاری از فعالیت‌های بشری سبب تشديد فرسایش و رسوب گذاری می‌گردد (۳). گزانی (۴) با انجام مطالعه‌ای در ایران، میزان رسوب‌گذاری در سدهای مخزنی موجود را نزدیک به ۱۲۰ میلیون مترمکعب در سال برآورد کرده است. با توجه به اهمیت حفاظت منابع آب و خاک می‌توان علاوه بر اعمال مدیریت صحیح در حوضه‌ها، از روش‌های سازه‌ای و بیولوژیک برای کترول فرسایش در خندق‌ها، آبراهه‌ها و مسیل‌ها که نقش عمدۀ ای در رسوب‌دهی ایفا می‌کنند استفاده کرد. یکی از روش‌های سازه‌ای که به صورت گسترده در سطح جهان برای کترول فرسایش و رسوب‌زایی، مهار سیلان و کاهش خسارات سیل، در آبراهه‌ها و مسیل‌ها استفاده می‌شود، احداث سدهای اصلاحی است. این سازه‌ها، سدهای کوچکی هستند که در عرض یک آبراهه یا خندق به منظور کاهش سرعت جریان‌های متمرکز ساخته می‌شوند (۶). این نوع سازه‌ها علاوه بر جلوگیری از فرسایش بستر، قبل از استقرار پوشش

بخش‌هایی از حوضه آبخیز رودخانه کر تا مقطع ورودی به سد درودزن با مساحت کل ۴۵۲۲ کیلومتر مربع است که خود جزئی از حوزه آبخیز مهارلو- بختگان به حساب می‌آید. پس از بررسی‌های میدانی و مشاهده تعداد زیادی از سدهای اصلاحی با قدمت نسبتاً بالا در نقاط مختلف حوضه سد درودزن تعداد ۵ آبراهه که تقریباً در سراسر طول خود دارای سدهای اصلاحی تثبیت شده با عمر بیش از ۲۷ سال بودند به ترتیب زیر انتخاب شدند:

۱- آبراهه تنگ خرسون(اطراف روستای آب ماهی)، ۲- آبراهه گرمه (اطراف روستای گرمه)، ۳- آبراهه قمیشو (اطراف روستای تل زری)، ۴- آبراهه چشمہ ریزی (اطراف روستای جوبخله) و ۵- آبراهه تنگ تیر. در شکل ۱ موقعیت حوضه سد درودزن در استان فارس و شکل ۲ حوضه سد با زیر حوضه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهند.

سه آبراهه اول در قسمت مرکزی حوضه سد درودزن (دو آبراهه اول در قسمت شرقی رودخانه کر اصلی و آبراهه سوم در قسمت غربی رودخانه کر) قرار گرفته‌اند. این سه آبراهه از نظر خصوصیات زمین شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و شرایط آب و هوایی تقریباً یکسان هستند. این منطقه از اراضی تپه‌ای از جنس شیل و مارن با پوشش گیاهی نسبتاً کم تشکیل شده است. آبراهه چشمہ ریزی نیز دارای تیپ اراضی با تپه‌های مرتفع می‌باشد. مهم‌ترین تفاوت این آبراهه با بقیه را می‌توان جریان نسبتاً دائمی آب در قسمت انتهایی آبراهه ( محل سد سوم) ذکر کرد. آبراهه تنگ تیر نیز متفاوت از سایر آبراهه‌ها می‌باشد. مهم‌ترین تفاوت آن در پوشش گیاهی منطقه است که به صورت جنگلهایی از درختان بلوط نمایان می‌باشد. تیپ اراضی آن نیز به صورت تپه‌های مرتفع یا کوه می‌باشد. در هر آبراهه سه سد اصلاحی به ترتیب در بالادست آبراهه (سد شماره ۱)، میانه آبراهه (سد شماره ۲) و انتهای آبراهه (سد شماره ۳) انتخاب و از رسوبات جمع شده در پشت آنها، و هم‌چنین خاک طبیعی کنار آنها، نمونه‌هایی از عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متر، به صورت مخلوط تهیه شد. روی رسوبات و

همکاران (۱۲) پژوهش‌هایی در چین با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف کنترل رسوب انجام دادند. آنها احداث سدهای اصلاحی در خندق‌ها را مؤثرترین روش برای حفاظت آب و خاک در منطقه مورد مطالعه اعلام کردند و گزارش نمودند رسوب‌های بیولوژیک به رغم کارآمدی به خاطر شرایط آب و هوایی خشک و خاک فقیر منطقه مورد مطالعه مناسب نیستند. هون ژونگ (۸) با مطالعه سدهای سیلت‌گیر در حوضه رودخانه زینگزی در منطقه نیمه‌خشک فلات رسی چین نتیجه گرفت به دلیل عملکرد سدهای سیلت‌گیر، دبی حداقل سیلان و دبی رسوب به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت و رسوب کنترل شده توسط سدهای اصلاحی، ۱۱۴۰۰ تن در کیلو متر مربع برآورد شد. در این مطالعه این مقدار رسوب حدود ۷/۸ میانگین تولید رسوب سالانه حوضه اعلام شد.

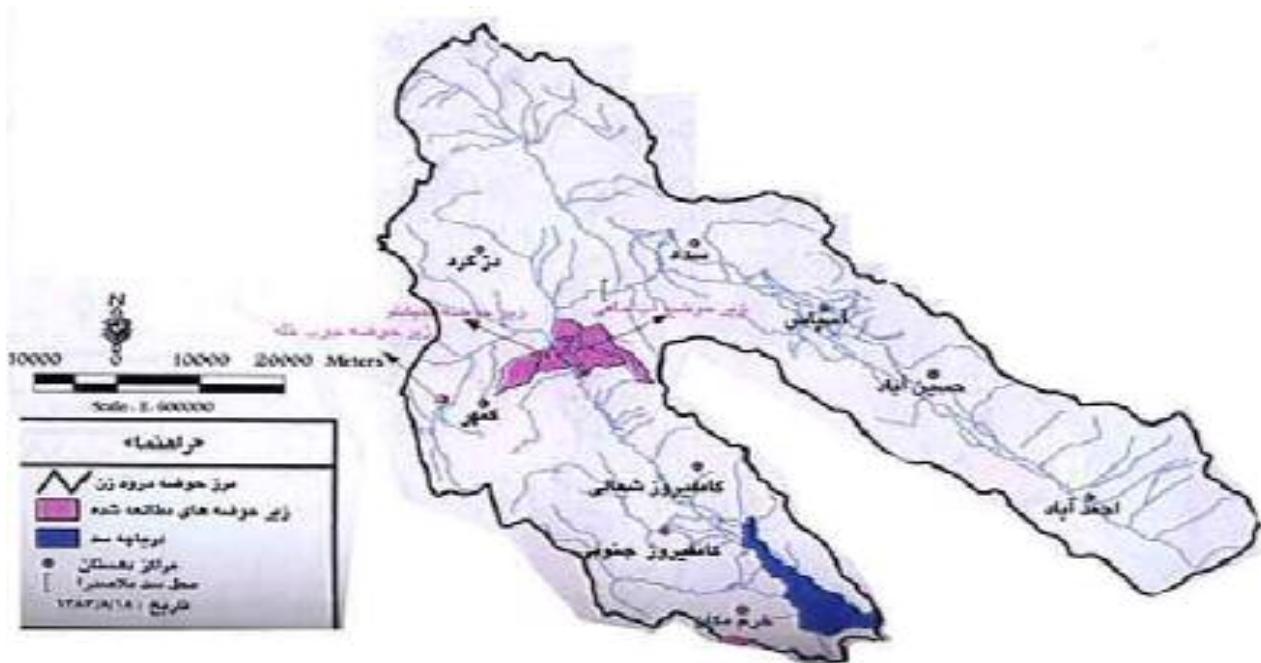
با توجه به بررسی‌های انجام شده در این تحقیق، نقش سدهای اصلاحی خشکه چین (رسوب‌گیر) به دلیل مانعی که در مسیر آبراهه‌ها ایجاد می‌کند در کند کردن سرعت جریان و ترسیب رسوبات انکارناپذیر است ولی اطلاعات کافی در دست نیست که محل قرار گرفتن این نوع سازه‌ها در طول آبراهه‌ها با توجه به تعداد نسبتاً زیاد آنها در یک آبراهه، در ترسیب رسوبات ریزدانه چگونه است. به همین دلیل تحقیق حاضر به هدف بررسی عملکرد این گونه سدها با توجه به محل قرار گرفتن آنها در طول آبراهه‌ها در ترسیب رسوبات ریزدانه در منطقه حوضه سد درودزن انجام شد. یکی از دلایل انتخاب حوضه سد درودزن برای این مطالعه وجود تعداد زیادی از این گونه سازه‌ها با قدمت بیش از ۲۷ سال می‌باشد که بی‌گمان به حالت تعادل رسیده باشند.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب ایران و در قسمت شمال غرب استان فارس، بین طول‌های جغرافیایی  $۳۰^{\circ}$  تا  $۵۱^{\circ}$  و عرض‌های جغرافیایی  $۵۲^{\circ}$  تا  $۵۵^{\circ}$  شرقی و شمالی قرار گرفته است. این منطقه



شکل ۱. موقعیت حوضه سد درودزن در گستره استان فارس



شکل ۲. حوضه سد درودزن و زیر حوضه‌های مورد مطالعه

این آبراهه به دلیل پوشش گیاهی انبوه در بالادست این سد در بخش انتهایی آبراهه قمیشلو است که به صورت یک نیزار متراکم همراه با درختان بید جلوه گر می‌باشد. این پوشش گیاهی متراکم باعث شده سرعت جریان و در نتیجه قدرت انتقال رسوب به مقدار زیادی کاهش یافته و منجر به رسوب ذرات ریزدانه گردد. نتایج نشان می‌دهد در این آبراهه عملکرد سد میانی برای ذرات کوچک‌تر از یک میلی‌متر بهتر از سد بالادست آبراهه می‌باشد. ولی برای ذرات بزرگ‌تر از یک میلی‌متر عملکرد سد بالادست بهتر از میانی است. شکل ۹ نشان می‌دهد در آبراهه تنگ خرسون نیز روند کلی بالا بر قرار است. به گونه‌ای که سدهای پایین دست برای رسوبات ریزدانه دارای عملکرد بهتری هستند ولی برای ذرات ریز بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر عملکرد سد میانی بهتر از پایین دست می‌باشد. بر اساس شکل ۱۰ در آبراهه گرمه نیز به طور کلی روند فوق برقرار است، با این تفاوت که برای ذرات کوچک‌تر از ۵٪ میلی‌متر عملکرد سد میانی کمی بهتر از سد پایین دست می‌باشد. در آبراهه جوبخله (چشممه‌ریزی) نیز عملکرد سد میانی همان‌گونه که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود در ترسیب رسوبات ریزدانه به مراتب بهتر از سد بالادست آبراهه رسوبات ریزدانه می‌باشد. ولی عملکرد سد پایین دست بر خلاف انتظار چندان مناسب نیست. این نتیجه خلاف انتظار با سایر آبراهه‌ها می‌تواند ناشی از موقعیت خاص این سد باشد. همان‌طور که قبلًا ذکر شد در محل این سد در پایین دست آبراهه جوبخله، تقریباً جریان دائمی آب به دلیل چشممه‌ریزی وجود دارد. وجود دبی پایه و جریان دائمی آب باعث می‌شود رسوب گذاری در پشت این سد بر خلاف سایر سدها بر اثر جریان‌های سیلابی منفرد صورت نگیرد. جریان دائمی در این آبراهه باعث می‌شود که رسوبات ریزدانه کمتر رسوب پیدا کنند و ذرات ریز رسوب یافته از سیلاب‌ها نیز پس از اتمام جریان سیلابی و کاهش بار رسوب و صاف شدن به دلیل افزایش پتانسیل انتقال جریان ناشی از کاهش بار رسوب توسط دبی پایه شسته شده و خارج شوند (۳).

نمونه‌های خاک، آزمایش‌های تعیین بافت و دانه بندی صورت گرفت. تعیین بافت به روش هیدرومتری و دانه‌بندی به روش سرنند کردن خشک انجام گردید. به منظور بررسی عملکرد سدها در ترسیب رسوبات ریزدانه و هم‌چنین بررسی تأثیر محل استقرار سدها در طول آبراهه‌ها، در ترسیب رسوبات ریزدانه، منحنی‌های دانه بندی رسوبات پشت هر سد با خاک طبیعی محل همان سد و هم‌چنین منحنی‌های دانه بندی رسوبات سدهای واقع در هر آبراهه و درصد ماسه، سیلت و رس آنها با هم مقایسه شد. تمام سدهای مورد بررسی (به استثنای یک مورد که که گاییونی است) از نوع سدهای سنگی خشکه چین می‌باشند. به همین دلیل تمام سدهای انتخابی تراوا بوده و آب و مواد رسوبی می‌توانند از منافذ سد عبور کنند، مگر اینکه منافذ سد کوچک باشند و به واسطه برگ و خار و خاشاک مسدود شده باشند.

## نتایج و بحث

### الف) تأثیر محل استقرار سدهای موجود در یک آبراهه در انباشت مواد ریزدانه

به منظور مقایسه عملکرد محل استقرار سدهای هر آبراهه در گرفتن رسوبات ریزدانه، منحنی دانه بندی رسوبات پشت هر سه سد از هر آبراهه (واقع در ابتدای آبراهه، میانه و انتهای آن) با هم مقایسه شدند. نتایج در شکل‌های ۷ تا ۱۱ نشان داده شده است. بررسی نمودارهای مربوط به آبراهه تنگ تیر حاکی از برتری نسبی عملکرد سد پایین دست این آبراهه می‌باشد.

همان‌گونه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود سدهای واقع در موقعیت میانی و ابتدایی در آبراهه مذکور از لحاظ ترسیب رسوبات ریزدانه به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. ارزیابی نمودارهای مربوط به آبراهه قمیشلو نیز همان‌گونه که در شکل ۸ مشاهده می‌شود حکایت از برتری قابل ملاحظه عملکرد سد پایین دست دارد. این تفاوت قابل ملاحظه در عملکرد سد پایین دست نسبت به سدهای میانی و ابتدایی در

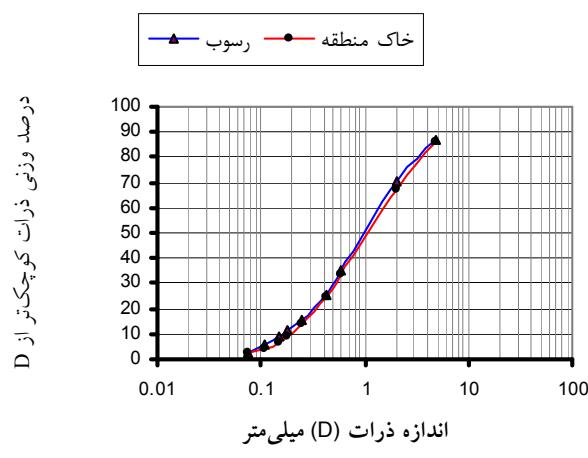
هم منطبق می باشند (شکل ۵)، که حاکی از عملکرد بهتر این سد نسبت به سدهای قبلی است. این نتیجه می تواند ناشی از خلل و فرج ریزتر موجود در بدنه سد شماره ۲ آبراهه قمیشلو به دلیل استفاده از سنگ های گوشیدار باشد. بررسی ها نشان می دهند برخلاف نتایج حاصل از عملکرد سدهای واقع در چهار آبراهه مورد بررسی، منحنی های دانه بندی رسوبات ابتداء شده در پشت یک سد متاثر از دو عامل: نوع رسوباتی که همراه جریان به پشت سد می رسد و عملکرد سد در گرفتن و به دام اندختن رسوبات است. اگر یک سد صلب (غیر تراوا) در مسیر جریان قرار گیرد و هیچ جریانی از سد خارج نشود به طوری که تمام مواد رسوبی در پشت سد رسوب پیدا کند، قاعده تراوا باید رسوبات جمع شده در پشت آن ریزبافت تر از خاک منطقه باشند. چون رسوبات ریزتر برای انتقال نیاز به انرژی کمتری دارند و در بارندگی های با شدت کم هم این انرژی تأمین می گردد. در صورتی که رسوبات درشت تر برای انتقال نیاز به انرژی بیشتری دارند که ممکن است در بارندگی های با شدت کم تأمین نشود. نتایج مقایسه منحنی های دانه بندی رسوبات و خاک طبیعی نشان داد که برای تمام سدهای اصلاحی، به استثنای سدهای آبراهه تنگ تیر و سد میانی آبراهه قمیشلو، منحنی های دانه بندی خاک منطقه بالاتر از منحنی های دانه بندی رسوبات قرار می گیرند که به مفهوم ریزبافت تر بودن خاک منطقه نسبت به رسوبات می باشد در حالیکه هر دو مربوط به یک منطقه هستند. این نتیجه حکایت از عملکرد نه چندان خوب سدهای فوق دارد. به عنوان نمونه منحنی های دانه بندی رسوبات و خاک منطقه در شکل های ۴، ۵ و ۶ به ترتیب برای سد شماره ۱ تنگ خرسون، شماره ۲ قمیشلو و شماره ۳ تنگ تیر نشان داده شده اند. شکل ۴ نشان می دهد که سد شماره ۱ واقع در آبراهه تنگ تیر در ترسیب رسوبات ریزدانه عملکرد خوبی ندارد زیرا منحنی دانه بندی خاک منطقه ریزتر از رسوبات ابتداء شده پشت این سد می باشد و رسوبات ریزدانه به راحتی از خلل فرج بین سنگ ها عبور کرده اند. در سد میانی آبراهه قمیشلو (سد شماره ۲) منحنی دانه بندی رسوبات و خاک طبیعی تقریباً بر

ج) عملکرد سدها در ترسیب رسوبات ریزدانه براساس معیار درصد ماسه، سیلت و رس  
به منظور بررسی بیشتر و مقایسه عملکرد سدهای مستقر در هر آبراهه، در ابتداء رسوبات ریزدانه، افزون بر منحنی های دانه بندی، درصد ماسه، سیلت و رس موجود در رسوبات پشت

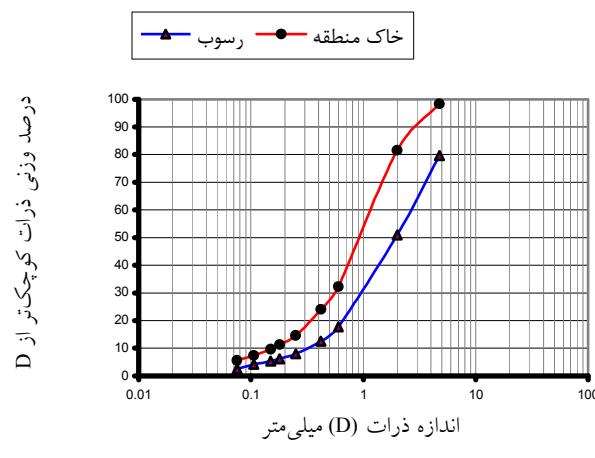
ب) مقایسه منحنی های دانه بندی رسوبات و خاک هر سد به منظور بررسی تأثیر محل سدهای اصلاحی در گرفتن رسوبات ریزدانه، منحنی های دانه بندی رسوبات پشت هر سد با خاک منطقه مربوط به همان سد مقایسه شدند. اصولاً دانه بندی رسوبات ابتداء شده در پشت یک سد متاثر از دو عامل: نوع رسوباتی که همراه جریان به پشت سد می رسد و عملکرد سد در گرفتن و به دام اندختن رسوبات است. اگر یک سد صلب (غیر تراوا) در مسیر جریان قرار گیرد و هیچ جریانی از سد خارج نشود به طوری که تمام مواد رسوبی در پشت سد رسوب پیدا کند، قاعده تراوا باید رسوبات جمع شده در پشت آن ریزبافت تر از خاک منطقه باشند. چون رسوبات ریزتر برای انتقال نیاز به انرژی کمتری دارند و در بارندگی های با شدت کم هم این انرژی تأمین می گردد. در صورتی که رسوبات درشت تر برای انتقال نیاز به انرژی بیشتری دارند که ممکن است در بارندگی های با شدت کم تأمین نشود. نتایج مقایسه منحنی های دانه بندی رسوبات و خاک طبیعی نشان داد که برای تمام سدهای اصلاحی، به استثنای سدهای آبراهه تنگ تیر و سد میانی آبراهه قمیشلو، منحنی های دانه بندی خاک منطقه بالاتر از منحنی های دانه بندی رسوبات قرار می گیرند که به مفهوم ریزبافت تر بودن خاک منطقه نسبت به رسوبات می باشد در حالیکه هر دو مربوط به یک منطقه هستند. این نتیجه حکایت از عملکرد نه چندان خوب سدهای فوق دارد. به عنوان نمونه منحنی های دانه بندی رسوبات و خاک منطقه در شکل های ۴، ۵ و ۶ به ترتیب برای سد شماره ۱ تنگ خرسون، شماره ۲ قمیشلو و شماره ۳ تنگ تیر نشان داده شده اند. شکل ۴ نشان می دهد که سد شماره ۱ واقع در آبراهه تنگ تیر در ترسیب رسوبات ریزدانه عملکرد خوبی ندارد زیرا منحنی دانه بندی خاک منطقه ریزتر از رسوبات ابتداء شده پشت این سد می باشد و رسوبات ریزدانه به راحتی از خلل فرج بین سنگ ها عبور کرده اند. در سد میانی آبراهه قمیشلو (سد شماره ۲) منحنی دانه بندی رسوبات و خاک طبیعی تقریباً بر



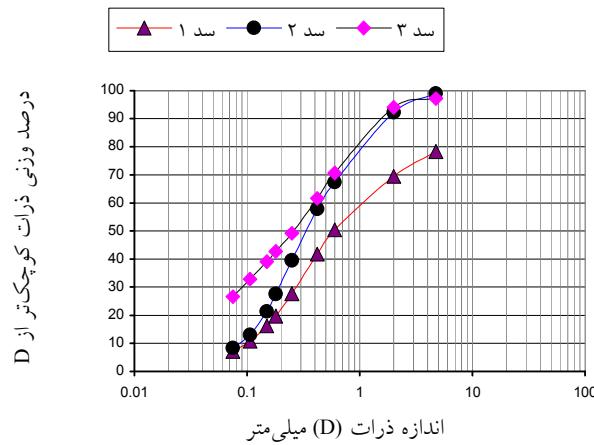
شکل ۳. یکی از سدهای اصلاحی آبراهه تنگ تیر



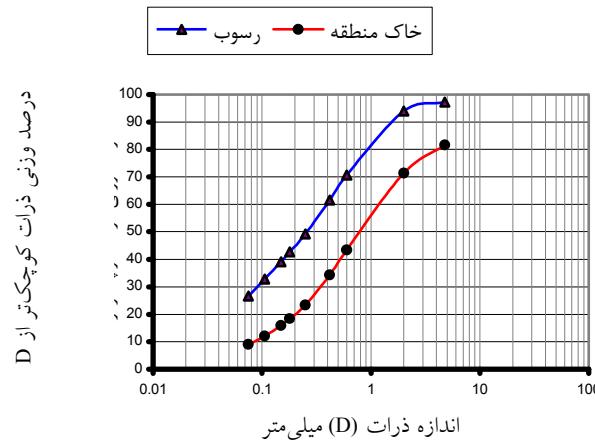
شکل ۵. منحنی دانه‌بندی رسوبات و خاک منطقه سد ۲ قمیشلو



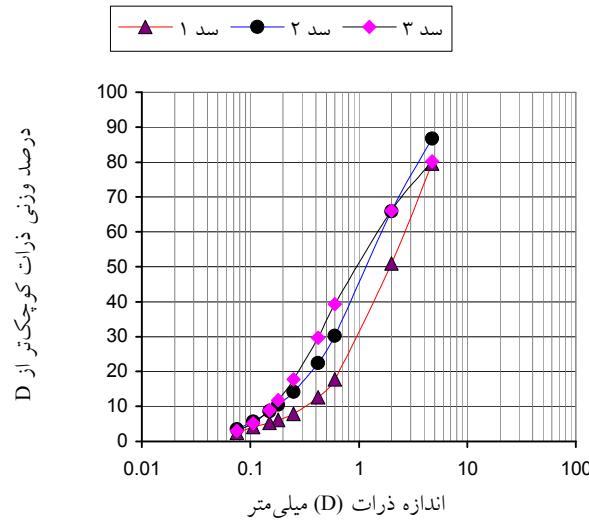
شکل ۴. منحنی دانه‌بندی رسوبات و خاک کنار سد ۱ تنگ خرسون



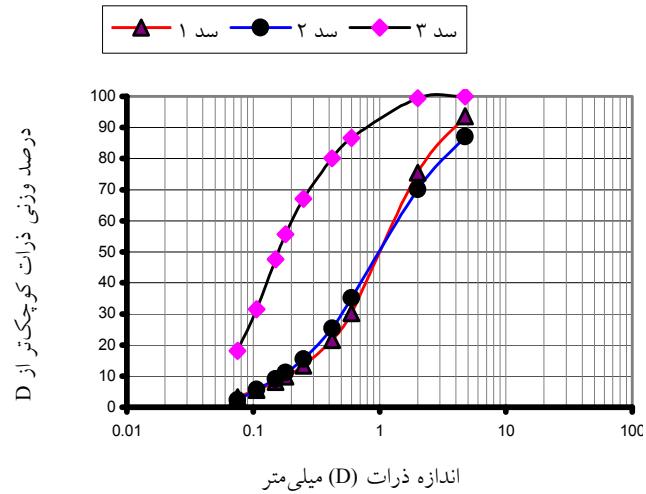
شکل ۷. منحنی دانه‌بندی سه سد آبراهه تنگ تیر



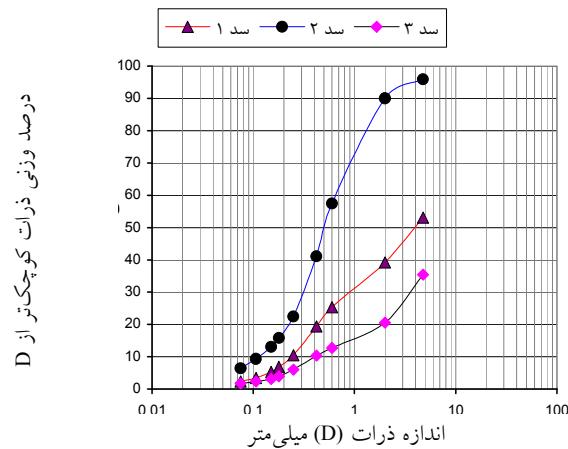
شکل ۶. منحنی دانه‌بندی رسوبات و خاک کنار سد ۳ تنگ تیر



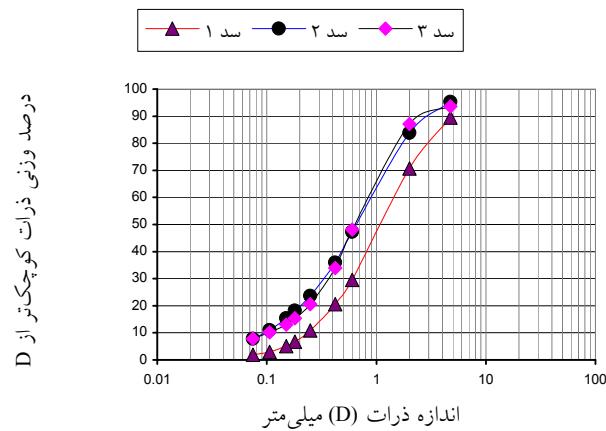
شکل ۹. منحنی دانه‌بندی سه سد آبراهه تنگ خرسون



شکل ۸. منحنی دانه‌بندی سه سد آبراهه قمیشلو



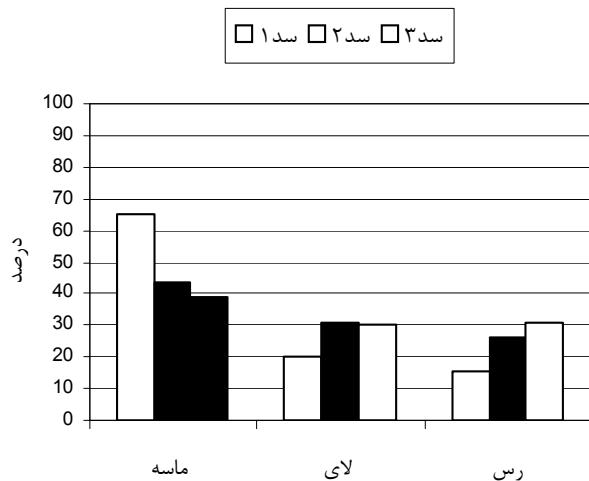
شکل ۱۱. منحنی دانه‌بندی سه سد آبراهه جوبخله



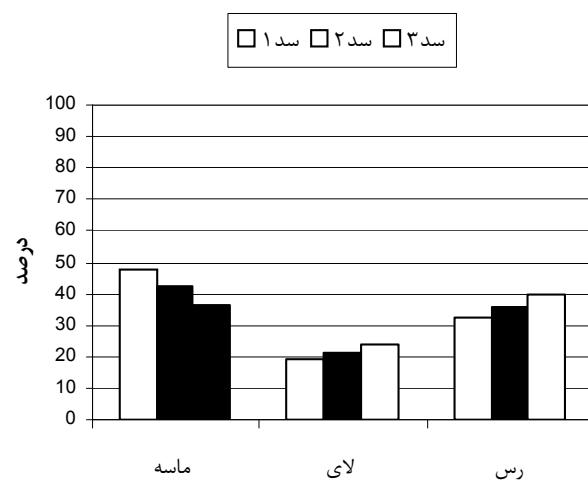
شکل ۱۰. منحنی دانه‌بندی سه سد آبراهه گرمه

کمتر می‌باشد. درصد ماسه نیز بر خلاف بقیه آبراهه‌ها در سد پایین دست از همه بیشتر می‌باشد. این تفاوت همان گونه که در منحنی‌های دانه‌بندی ملاحظه گردید می‌تواند ناشی از وضعیت خاص سد پایین دست در آبراهه جوبخله به دلیل وجود دبی پایه و آب دائمی باشد. به طور کلی بر اساس آزمایش‌های انجام شده می‌توان گفت درصد رس و سیلت در سدهای پایین دست بیشتر از سدهای میانی و در سدهای میانی بیشتر از سدهای بالادست است. در حالی که درصد ماسه در سدهای بالادست بیشترین و در سدهای پایین دست کمترین مقدار است این مشاهدات نشان از عملکرد سدهای پایین دست در گرفتن بیشتر رس و لای نسبت به ماسه در مقایسه با سدهای بالادست می‌باشد. در آبراهه جوبخله، درصد رس و سیلت پشت سد میانی از همه بیشتر و در سد پایین دست از همه

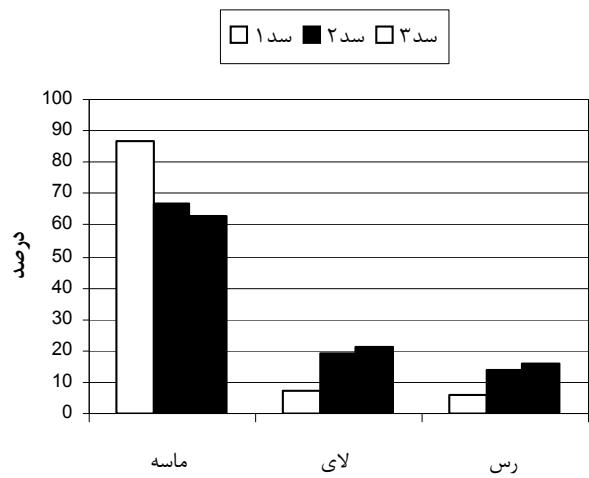
سدهای هر آبراهه نیز با هم مقایسه شدند. همان‌گونه که در شکل‌های ۱۲ تا ۱۵ مشاهده می‌شود در چهار آبراهه تنگ تیر، قمیشلو، تنگ خرسون و تنگ گرمه، درصد رس و سیلت در سدهای پایین دست بیشتر از سدهای میانی و در سدهای میانی بیشتر از سدهای بالادست می‌باشد. در حالی که درصد ماسه در سدهای بالادست بیشترین و در سدهای پایین دست کمترین مقدار است این مشاهدات نشان از عملکرد سدهای پایین دست در گرفتن بیشتر رس و لای نسبت به ماسه در مقایسه با سدهای بالادست می‌باشد. در آبراهه جوبخله، درصد رس و سیلت پشت سد میانی از همه بیشتر و در سد پایین دست از همه



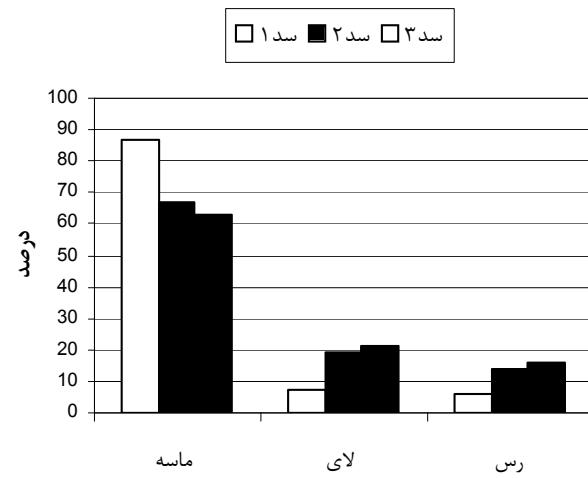
شکل ۱۳. درصد ماسه، سیلت و رس رسوبات آبراهه قمیشو



شکل ۱۴. درصد ماسه، سیلت و رس رسوبات آبراهه تنگ تیر



شکل ۱۵. درصد ماسه، سیلت و رس رسوبات آبراهه گرمه



شکل ۱۶. درصد ماسه، سیلت و رس رسوبات آبراهه تنگ خرسون

دست و بهبود عملکرد سدها از لحاظ ترسیب رسوبات ریزدانه در پایین دست، می‌توان نتیجه گرفت که یکی از عوامل موثر در عملکرد سدها شیب آبراهه‌ها می‌باشد. عامل دیگر می‌تواند افزایش پهنه‌ای آبراهه‌ها نسبت به ارتفاع سد، درجهت پایین دست باشد. به طوری که در جهت جریان و در پایین دست، آبراهه‌ها بازتر شده و با احداث سدی با یک ارتفاع مشخص، پهنه‌ای گذر رواناب بیشتر می‌شود. این باعث می‌شود که جریان با دبی مشخص در مقطع پهن تری عبور کند و شعاع هیدرولیکی جریان به میزان بیشتری کاهش پیدا کند. کاهش بیشتر شعاع هیدرولیکی جریان، همراه با شیب کمتر باعث می‌شود که

جویخله، آن هم به دلیل وجود دبی پایه استثنای بوده و از روند کلی فوق تبعیت نمی‌کند. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه درصد ماسه، سیلت و رس و همچنین منحنی‌های دانه‌بندی رسوبات سدهای هر آبراهه می‌توان گفت سدهای شماره ۳ در تمام آبراهه‌های مورد بررسی به استثنای جویخله از عملکرد نسبی بهتری در گرفتن ذرات ریزدانه برخوردار بوده‌اند و سدهای شماره ۲ و ۱ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

### نتیجه‌گیری

با توجه به روند کلی کاهش شیب آبراهه‌ها در جهت پایین

با توجه به عملکرد بهتر سدهای اصلاحی در بخش‌های انتهایی آبراهه‌ها در ترسیب رسوبات ریزدانه توصیه می‌شود، در مواردی که هدف اصلی ترسیب رسوبات ریزدانه است و در ساخت سدهای اصلاحی نیز محدودیت وجود دارد، سدهای اصلاحی خشکه چین در آبراهه‌های اصلی احداث شوند تا آبراهه‌های فرعی و سرشاخه‌های متنهٔ به آبراهه‌های اصلی بررسی‌های میدانی نشان داد بسیاری از سدهای اصلاحی مورد بررسی به علت زیرشوابی، از کناره‌ها (محل دستک‌ها) تخریب شده‌اند. برای کاهش اثرات این مشکل به نظر می‌رسد می‌توان هر از چند سالی رسوبات درشت‌دانه وسط آبراهه را به کناره‌ها انتقال داد تا مقطع عرضی آبراهه‌ها از حالت محدب خارج شود به طوری که جریان آب به وسط آبراهه هدایت شود و مواد درشت‌دانه به صورت فیلتر عمل کرده و مانع فرسایش کناره سده شوند. این توصیه حاصل برداشت نگارندگان از بررسی حدود ۲۰۰۰ سد اصلاحی خشکه چین در حوضه سد درودزن می‌باشد که البته نیازمند تحقیق بیشتری است.

### سپاسگزاری

انجام این تحقیق با همکاری و حمایت مدیریت محترم آبخیزداری استان فارس و همکاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز صورت گرفته است که بدین وسیله قدردانی می‌گردد.

سرعت جریان به ترتیب در محل سدهای میانی و پایین دست، کمتر از سدهای بالادست باشد، در نتیجه رسوبات ریزدانه بهتر رسوب پیدا کنند. این ادعا بر اساس فرمول مانینگ و شزی نیز قابل توجیه است. نتایج وضعیت تجمع رسوبات در آبراهه جوبخله در مقایسه با بقیه آبراهه‌ها نشان می‌دهد که سدهای اصلاحی احداث شده در آبراهه‌های دائمی (با دبی پایه) مناطق کوهستانی، نقش موثری در گرفتن رسوبات ریزدانه ندارند، مگر اینکه شبی آبراهه کم باشد. بنابراین اگر در احداث سدهای اصلاحی رسوب‌گیر هدف گرفتن رسوبات ریزدانه باشد بهتر است سدهای اصلاحی در آبراهه‌های دائمی که دبی پایه ندارند احداث شوند. با توجه به عملکرد بهتر سدهای واقع در آبراهه تنگ تیر که در آنها از سنگ‌های گوشیده‌دار استفاده شده و هم‌چنین وجود برگ‌های درختان موجود در مسیر این آبراهه به صورت فیلتر عمل می‌کنند، توصیه می‌شود برای بهبود عملکرد سدها در به دام انداختن رسوبات ریزدانه از سنگ‌های گوشیده‌دار و فیلتر استفاده شود. با توجه به این که سدهای واقع در آبراهه‌های دائمی (آبدار) مناطق کوهستانی نقش چندانی در گرفتن رسوبات ریزدانه ندارند، توصیه می‌شود برای افزایش کارآمدی سدهای اصلاحی در ترسیب رسوبات ریزدانه، ترجیحاً این گونه سدها در آبراهه‌های موقت و فصلی ساخته شوند تا آبراهه‌های دائمی و آبدار.

### منابع مورد استفاده

۱. پارسامهر، م. ر. ۱۳۷۹. بررسی کارآیی سازه اصلاحی در جمع‌آوری رسوب، مطالعه موردی حوزه آبخیز غار محله شهرستان کردکوی. مجموعه مقالات دومین همایش ملی فرسایش و رسوب. خرم‌آباد، دانشگاه لرستان، شهریور ۱۳۷۹، صفحات ۲۶۴-۲۵۷.
۲. دهقان، ع. ۱۳۶۳. فرسایش خاک در ایران و لزوم جلوگیری از آن. زیتون ۴۱: ۳۶-۴۱.
۳. شفاعی بختستان، م. ۱۳۷۳. هیارولیک و رسوب. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
۴. گزانی، م. ۱۳۷۹. مجموعه مقالات دومین همایش ملی فرسایش و رسوب. شهریور ۱۳۷۹، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد.
5. Goel, P. K . J. S. Samra and R. C. Bansal. 1996. Sediment retention by gabion structures in Bunga watershed. Indian J. Soil Conserv. 24 (2): 107-110 .
6. Gray, D. H. and A. T. Leiser. 1982. Biotechnical Slope Protection and Erosion Control. Van Nostrand Reinhold Co. Pub., New York.
7. Heede, B. H. 1979. Deteriorated watersheds can be restored: A case study. Environ. Manag. 3: 271-281.

8. Honxiong, Z. 1998. The use of silt trap dams in Zingzi river basin. Trans. ASAE 1064-1069.
9. Hudson, N. W. 1976. Soil Conservation. B. T. Batsford Ltd. , London.
10. Paul, B. A. and H. W. Norman. 1971. Sediment yield reduction on watersheds treated with flood-retarding structures. Trans. ASAE 814-817.
11. Tuan, C. H. 1988. Study on the gully control by used-tire structure in northern Taiwan. Proceedings of the Fifth International Symposium on Land Slides, Rotterdam, The Netherlands 2: 1001-1006.
12. Xiangzhou, X. and Z. Hongwu and S. Z. Ouyang. 2004. Development of check-dam systems in gullies on the Loess Plateau, China. Environ. Sci. and Policy 7: 79-86.