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

علی اسماعیلی‌نامقی و علی مراد حسن‌لی[۱]

## چکیده

یکی از روش‌های ساده برای کنترل فرسایش، مهار سیلاب و کاهش خسارات سیل در آبراهه‌های حوضه‌های آبخیز، احداث سدهای اصلاحی خشکه‌چین است. برای بررسی عملکرد این نوع سدها در ترسیب رسوبات ریزدانه در آبراهه‌ها، تعدادی آبراهه در حوضه سد درودزن که دارای سدهای اصلاحی خشکه‌چین تثبیت 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 ریزبافت‌تر 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 پایین‌دست 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 حتی‌الامکان در پایین دست آبراهه‌ها احداث شوند.

**واژه‌های کلیدی:** آبراهه، حوضه سد درودزن، رسوبات ریزدانه، سدهای اصلاحی، سدهای خشکه‌چین

---

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

**مقدمه**

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 عمده 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 تسریع در بیابان‌زایی است. آلاینده‌هایی که به همراه رسوبات، به ویژه رسوبات ریزدانه در مخازن سدها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و کف 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 تشدید 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 کنترل فرسایش در خندق‌ها، آبراهه‌ها و مسیل‌ها که نقش عمده‌ای در رسوب‌دهی ایفا می‌کنند استفاده کرد. یکی از روش‌های سازه‌ای که به صورت گسترده در سطح جهان برای کنترل فرسایش و رسوب‌زایی، مهار سیلاب 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 گیاهی باعث ترسیب ذرات ریز همراه جریان شده و منجر به اصلاح نیم‌رخ طولی آبراهه‌ها می‌شوند. به همین دلیل این گونه سازه‌ها به سدهای اصلاحی شهرت یافته‌اند. این سدها دارای کاربردهای متفاوتی هستند از آن جمله: کنترل رسوبات حمل شده در شبکه آبراهه های یک آبخیز، کنترل فرسایش‌های کناری و بستر آبراهه‌ها، کنترل لغزش‌های موضعی، کاهش سرعت جریان آب و دبی حداکثر، افزایش زمان تمرکز آبخیزها، اصلاح نیم‌رخ طولی آبراهه‌ها، بهبود کیفیت آب در پایین دست آبخیزها، فراهم نمودن زمینه لازم برای اجرای عملیات بیولوژیکی در کناره‌های آبراهه‌ها، ذخیره موقت آب و انحراف جریان آب را می‌توان نام برد. بر پایه گزارش هادسون (۹) هدف اصلی از احداث این سدها نگه‌داشتن 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 کنترل آبراهه‌ها به وسیله سازه‌های ساخته شده از لاستیک‌های مستعمل در شمال تایوان، گزارش کرد که سدهای مزبور شیب 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 گابیونی 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. ژیانگ‌زو و

همکاران (۱۲) پـژوهش‌هـایی در چـین بـا هـدف بررسـی اثـر روش‌های مختلف کنتـرل رسـوب انجـام دادنـد. آنهـا احـداث سدهای اصلاحی در خندق‌ها را مؤثرترین روش برای حفاظـت آب و خاک در منطقـه مـورد مطالعـه اعـلام کردنـد و گـزارش نمودند روش‌های بیولوژیک به‌رغم کارآمدی بـه خـاطر شـرایط آب و هوایی خشک و خاک فقیر منطقه مـورد مطالعـه مناسـب نیستند. هون ژونگ (۸) با مطالعه سدهای سیلت‌گیر در حوضـه رودخانه زینگزی در منطقه نیمه‌خشک فلات رسی چـین نتیجـه گرفت به دلیل عملکرد سدهای سیلت‌گیر، دبی حداکثر سـیلاب و دبی رسوب به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت و رسـوب کنترل شده توسط سدهای اصلاحی، ۱۱۴۰۰ تـن در کیلـو متـر مربع برآورد شد. در این مطالعه این مقـدار رسـوب حـدود ۸٪ میانگین تولید رسوب سالانه حوضه اعلام شد.

با توجه به بررسی‌های انجـام شـده در ایـن تحقیـق، نقـش سدهای اصلاحی خشکه چین (رسوبگیر) به دلیل مانعی کـه در مسیر آبراهه‌ها ایجاد می‌کننـد در کنـد کـردن سـرعت جریـان و ترسیب رسوبات انکارناپذیر است ولی اطلاعات کافی در دست نیست که محل قرار گرفتن این نوع سازه‌ها در طول آبراهه‌ها بـا توجه بـه تعـداد نـسبتاً زیـاد آنهـا در یـک آبراهـه، در ترسـیب رسوبات ریزدانه چگونه است. به همین دلیل تحقیق حاضـر بـه هدف بررسی عملکرد این گونه سدها با توجـه بـه محـل قـرار گرفتن آنها در طول آبراهه‌هـا در ترسـیب رسـوبات ریزدانـه در منطقه حوضه سد درودزن انجـام شـد. یکـی از دلایـل انتخـاب حوضه سد درودزن برای ایـن مطالعـه وجـود تعـداد زیـادی از این‌گونه سازه‌ها با قدمت بیش از ۲۷ سال می‌باشد که بی گمـان به حالت تعادل رسیده باشند.

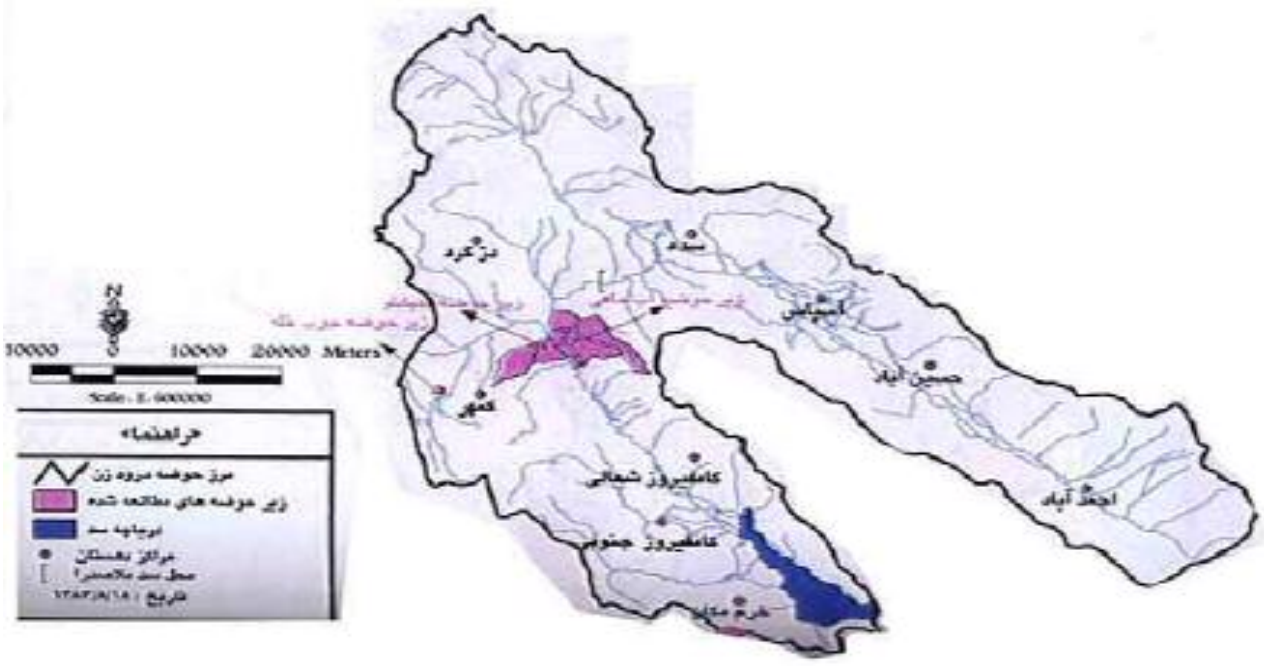
## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب ایـران و در قـسمت شـمال غـــرب اســـتان فـــارس، بـــین طـــول‌هـــای جغرافیـــایی ′۴۰ °۵۱ تـا ′۵۵ °۵۲ شـرقی و عـرض‌هـای جغرافیـایی ′۷ °۳۰ تا ′۵۵ °۳۰ شمالی قـرار گرفتـه اسـت. ایـن منطقـه بخش‌هایی از حوضه آبخیز رودخانه کر تا مقطع ورودی به سـد درودزن با مساحت کل ۴۵۲۲ کیلومتر مربع است که خود جزئی از حوزه آبخیز مهـارلو- بختگـان بـه حـساب مـی‌آیـد. پـس از بررسی‌های میدانی و مشاهده تعداد زیادی از سدهای اصـلاحی با قدمت نسبتاً بالا در نقاط مختلف حوضه سد درودزن تعداد ۵ آبراهه که تقریباً در سراسر طول خود دارای سـدهای اصـلاحی تثبیت شده با عمر بیش از ۲۷ سال بودند به ترتیب زیر انتخـاب شدند:

۱ - آبراهه تنگ خرسون(اطراف روستای آب ماهی)، ۲- آبراهه گرمـه (اطـراف روسـتای گرمـه)، ۳- آبراهـه قمیـشلو (اطـراف روستای تل زری)، ۴- آبراهه چـشمه ریـزی (اطـراف روسـتای جوبخله) و ۵- آبراهه تنگ تیر. در شکل ۱ موقعیت حوضه سـد درودزن در اسـتان فـارس و شـکل ۲ حوضـه سـد بـا زیـر حوضه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهند.

سه آبراهه اول در قسمت مرکزی حوضـه سـد درودزن (دو آبراهه اول در قسمت شرقی رودخانه کر اصـلی و آبراهـه سـوم در قسمت غربی رودخانه کر) قرار گرفته‌اند. این سـه آبراهـه از نظر خصوصیات زمین شناسی، خاک‌شناسی، پوشـش گیـاهی و شرایط آب و هوایی تقریباً یکسان هستند. این منطقـه از اراضـی تپه‌ای از جنس شیل و مارن با پوشش گیاهی نسبتاً کـم تـشکیل شده است. آبراهه چشمه ریزی نیز دارای تیپ اراضی با تپه‌های مرتفع می‌باشد. مهم‌ترین تفاوت این آبراهه با بقیـه را مـی‌تـوان جریان نسبتاً دائمی آب در قـسمت انتهـایی آبراهـه (محـل سـد سوم) ذکر کرد. آبراهه تنگ تیر نیز متفـاوت از سـایر آبراهـه‌هـا می‌باشد. مهم‌ترین تفاوت آن در پوشش گیاهی منطقه است کـه به صورت جنگل‌هایی از درختان بلوط نمایـان مـی‌باشـد. تیـپ اراضی آن نیز به صورت تپه‌های مرتفع یا کوه می‌باشـد. در هـر آبراهـه سـه سـد اصـلاحی بـه ترتیـب در بالادسـت آبراهـه (سد شماره ۱)، میانه آبراهـه (سـد شـماره ۲) و انتهـای آبراهـه (سد شماره ۳) انتخاب و از رسوبات جمع شده در پشت آنها، و هم‌چنین خاک طبیعی کنار آنها، نمونه‌هایی از عمق صـفر تـا ۵۰ سـانتی‌متـر، بـه صـورت مخلـوط تهیـه شـد. روی رسـوبات و

**شکل ۱. موقعیت حوضه سد درودزن در گستره استان فارس**




**شکل ۲. حوضه سد درودزن و زیر حوضه‌های مورد مطالعه**

نمونه‌های خاک، آزمایش‌های تعیین بافت و دانه بندی صورت گرفت. تعیین بافت به روش هیدرومتری و دانه‌بندی به روش سرند 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 گابیونی 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 پایین‌دست 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 پایین‌دست دارد. این تفاوت قابل ملاحظه در عملکرد سد پایین دست نسبت به سدهای میانی و ابتدایی در 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 پایین‌دست 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 بر قرار است، با این تفاوت که برای ذرات کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر عملکرد سد میانی کمی بهتر از سد پایین دست می‌باشد. در آبراهه جوبخله (چشمه‌ریزی) نیز عملکرد سد میانی همان‌گونه که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود در ترسیب رسوبات ریزدانه به مراتب بهتر از سد بالادست آبراهه 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 قبلاً ذکر شد در محل این سد در پایین‌دست آبراهه جوبخله، تقریباً جریان دائمی آب به دلیل چشمه‌ریزی 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).

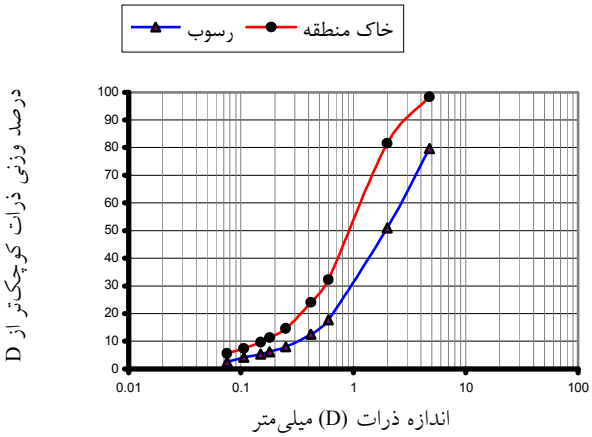
**ب) مقایسه منحنی‌های دانه بندی رسوبات و خاک هر سد**

به منظور بررسی تأثیر محل سدهای اصلاحی در گرفتن رسوبات ریزدانه، منحنی‌های دانه‌بندی رسوبات پشت هر سد با خاک منطقه مربوط به همان سد مقایسه شدند. اصولا دانه‌بندی رسوبات انباشته شده در پشت یک سد متاثر از دو عامل: نوع رسوباتی که همراه جریان به پشت سد می‌رسند و عملکرد سد در گرفتن و به دام انداختن 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، قاعدتاً باید رسوبات جمع شده در پشت آن ریزبافت‌تر از خاک منطقه باشند. چون رسوبات ریزتر برای انتقال نیاز به انرژی کمتری دارند و در بارندگی‌های با شدت کم هم این انرژی تأمین می‌گردد. در صورتی که رسوبات درشت‌تر برای انتقال نیاز به انرژی بیشتری دارند که ممکن است در بارندگی‌های با شدت کم تأمین نشود. نتایج مقایسه منحنی‌های دانه‌بندی رسوبات و خاک طبیعی نشان داد که برای تمام سدهای اصلاحی، به استثنای سدهای آبراهه تنگ تیر و سد میانی آبراهه قمیشلو، منحنی‌های دانه‌بندی خاک منطقه بالاتر از منحنی‌های دانه‌بندی رسوبات قرار می‌گیرند که به مفهوم ریزبافت‌تر بودن خاک منطقه نسبت به رسوبات می‌باشد در حالیکه هر دو مربوط به یک منطقه هستند. این نتیجه حکایت از عملکرد نه چندان خوب سدهای فوق دارد. به عنوان نمونه منحنی‌های دانه بندی رسوبات و خاک منطقه در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ به ترتیب برای سد شماره ۱ تنگ خرسون، شماره ۲ قمیشلو و شماره ۳ تنگ تیر نشان داده شده‌اند. شکل ۴ نشان می‌دهد که سد شماره ۱ واقع در آبراهه تنگ تیر در ترسیب رسوبات ریزدانه عملکرد خوبی ندارد زیرا منحنی دانه‌بندی خاک منطقه ریزتر از رسوبات انباشته شده پشت این سد می‌باشد و رسوبات ریزدانه به راحتی از خلل‌فرج بین سنگ‌ها عبور کرده‌اند. در سد میانی آبراهه قمیشلو (سد شماره ۲) منحنی دانه بندی رسوبات و خاک طبیعی تقریباً بر هم منطبق می‌باشند (شکل ۵)، که حاکی از عملکرد بهتر این سد نسبت به سدهای قبلی است. این نتیجه می‌تواند ناشی از خلل و فرج ریزتر موجود در بدنه سد شماره ۲ آبراهه قمیشلو به دلیل استفاده از سنگ‌های گوشه‌دار باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهند برخلاف نتایج حاصل از عملکرد سدهای واقع در چهار آبراهه مورد بررسی، منحنی‌های دانه بندی رسوبات هر سه سد واقع در آبراهه تنگ تیر به طور محسوسی بالاتر از منحنی‌های دانه‌بندی خاک کنار منطقه مربوطه قرار گرفته‌اند. به عنوان نمونه عملکرد سد شماره ۳ آبراهه تنگ‌تیر در شکل ۶ نشان داده شده است. این نتیجه متفاوت از بقیه آبراهه‌ها است و بیانگر ریزبافت‌تر بودن رسوبات انباشته شده نسبت به خاک منطقه می‌باشد که می‌تواند متأثر از دو عامل باشد: اولاً در آبراهه تنگ‌تیر برای ساختن سدهای اصلاحی از سنگ‌های گوشه‌دار استفاده شده است. این نوع سنگ‌ها باعث می‌شوند خلل و فرج موجود در بدنه سد ریزتر باشند و سد عملکرد بهتری داشته باشد. ثانیاً زیرحوضه مربوط به آبراهه تنگ‌تیر بر خلاف بقیه آبرهه‌ها دارای پوشش جنگلی از نوع بلوط می‌باشد. برگ‌های ریزشی درختان بلوط در فصل خزان همراه جریان آب به پشت سدها انتقال می‌یابند. برگ‌های انتقال یافته به صورت فیلتر عمل کرده و باعث بهبود عملکرد سدهای این آبراهه شده‌اند. وضعیت پوشش گیاهی و سنگ‌های مورد استفاده در ساختمان این سد، در شکل ۳ نشان داده شده است. سنگ‌های گوشه‌دار و درختان جنگلی در بالادست، موجب عملکرد بهتر سدها در گرفتن رسوبات ریزدانه شده است.

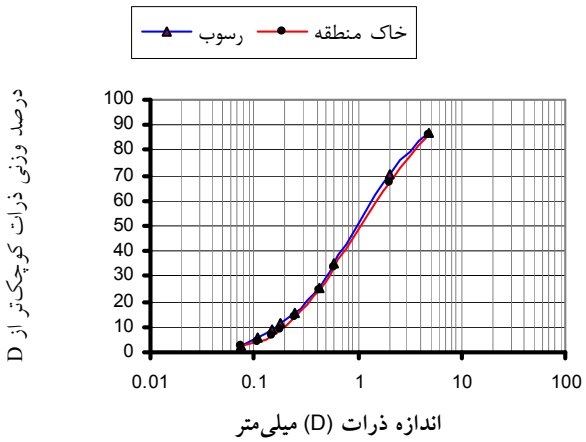
**ج) عملکرد سدها در ترسیب رسوبات ریزدانه براساس معیار درصد ماسه، سیلت و رس**

به منظور بررسی بیشتر و مقایسه عملکرد سدهای مستقر در هر آبراهه، در انباشت رسوبات ریزدانه، افزون بر منحنی‌های دانه‌بندی، درصد ماسه، سیلت و رس موجود در رسوبات پشت

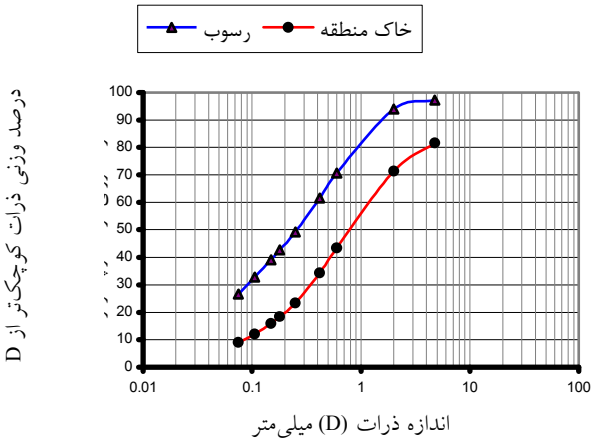
شکل ۳. یکی از سدهای اصلاحی آبراهه تنگ تیر



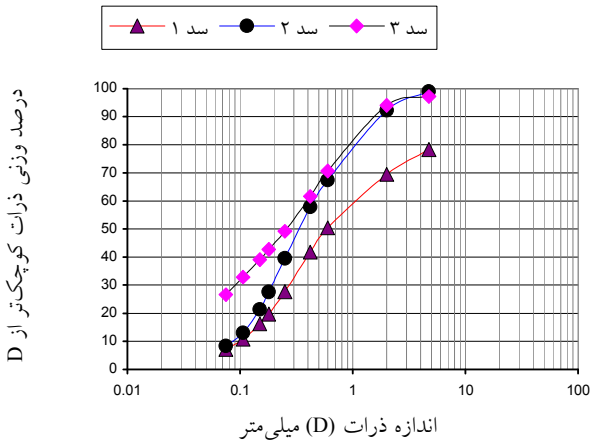

شکل ۴. منحنی دانه‌بندی رسوبات و خاک کنار سد ۱ تنگ خرسون



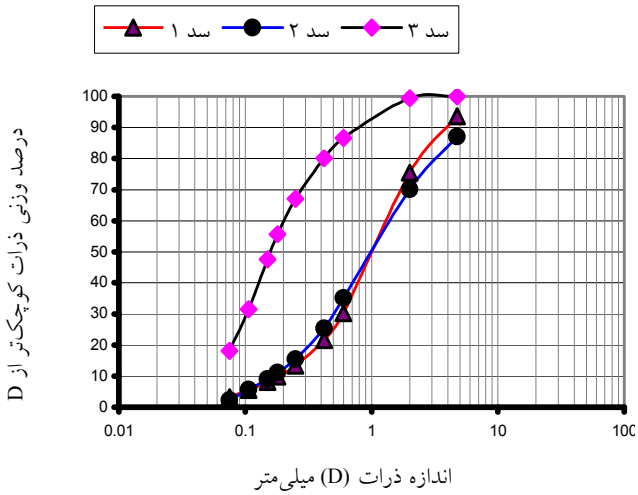

شکل ۵ . منحنی دانه‌بندی رسوبات و خاک منطقه سد ۲ قمیشلو



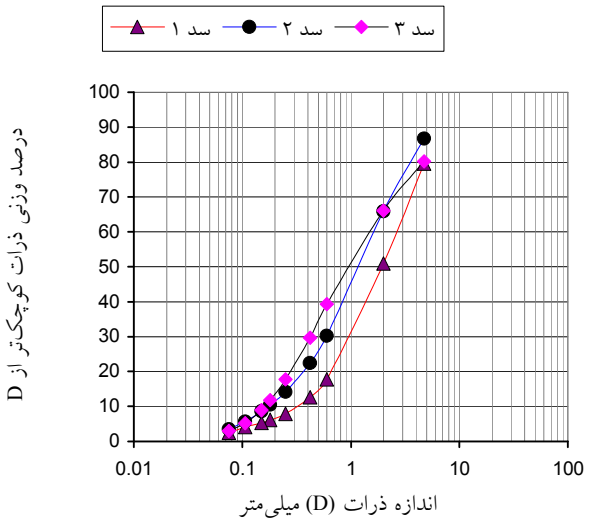

شکل ۶. منحنی دانه‌بندی رسوبات و خاک کنار سد ۳ تنگ تیر



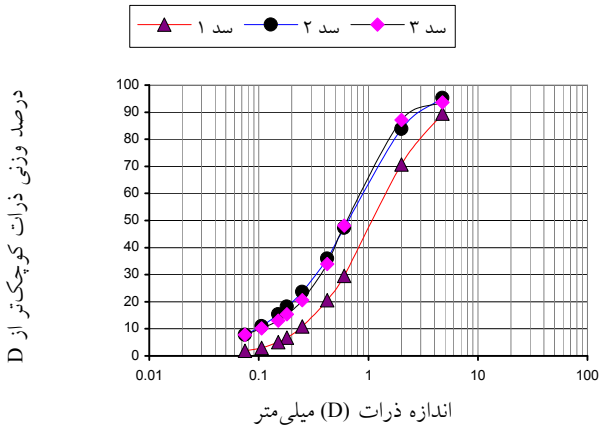

شکل ۷. منحنی دانه‌بندی سه سد آبراهه تنگ تیر



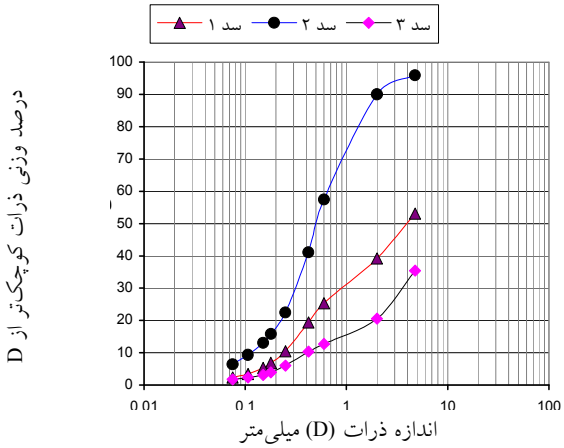

**شکل ۸. منحنی دانه‌بندی سه سد آبراهه قمیشلو**




**شکل ۹. منحنی دانه‌بندی سه سد آبراهه تنگ خرسون**

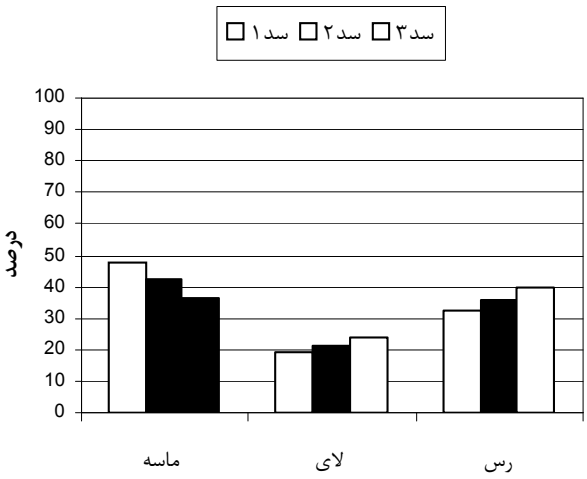



**شکل ۱۰ . منحنی دانه‌بندی سه سد آبراهه گرمه**

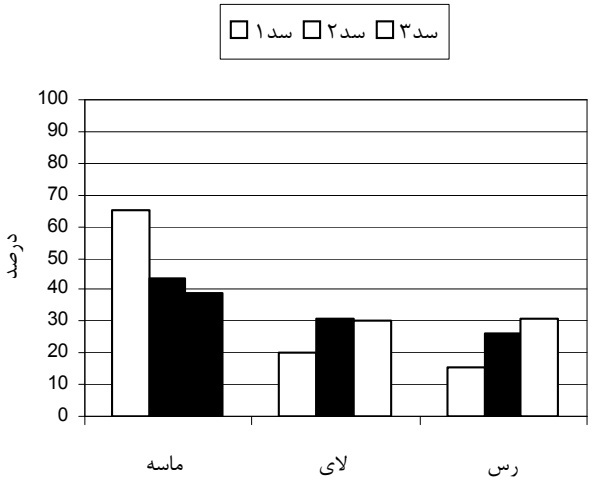



**شکل ۱۱. منحنی دانه‌بندی سه سد آبراهه جوبخله**

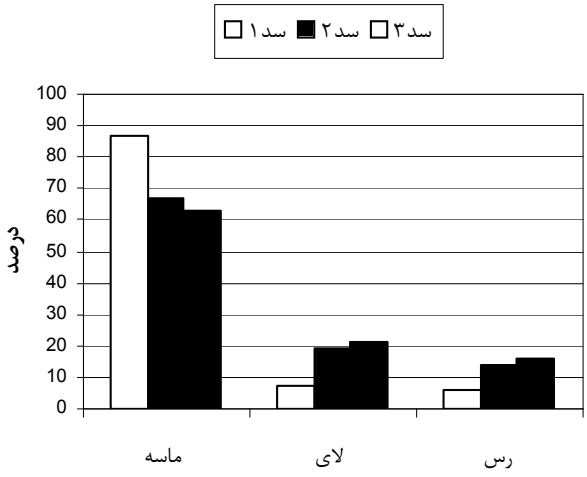
سدهای هر آبراهه نیز با هم مقایسه شدند. همان‌گونه که در شکل‌های ۱۲ تا ۱۵ مشاهده می‌شود در چهار آبراهه تنگ تیر، قمیشلو، تنگ خرسون و تنگ گرمه، درصد رس و سیلت در سدهای پایین دست بیشتر از سدهای میانی و در سدهای میانی بیشتر از سدهای بالادست می‌باشد. در حالی که درصد ماسه در سدهای بالادست بیشترین و در سدهای پایین دست کمترین مقدار است این مشاهدات نشان از عملکرد سدهای پایین‌دست 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 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 پایین‌دست 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 می‌باشد ولی درصد ماسه در سدهای بالادست از همه بیشتر می‌باشد و سدهای میانی و پایین دست به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. تنها سد پایین دست آبراهه



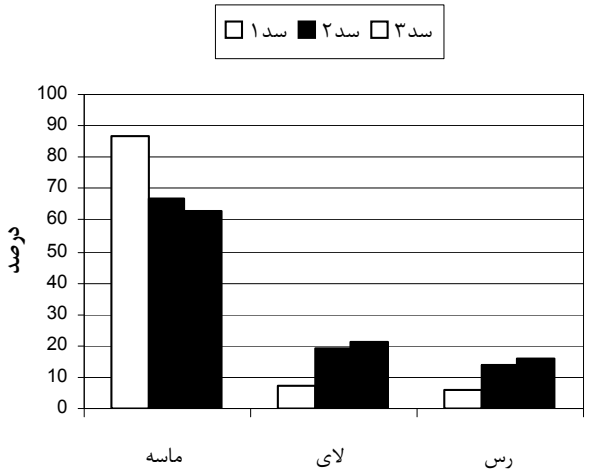

**شکل ۱۲. درصد ماسه، سیلت و رس رسوبات آبراهه تنگ تیر**




**شکل ۱۳. درصد ماسه، سیلت و رس رسوبات آبراهه قمیشلو**




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




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

جوبخله، آن هم به دلیل وجود دبی پایه استثنا 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 جوبخله 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 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 پهنای آبراهه‌ها نسبت به ارتفاع سد، درجهت پایین دست باشد. به طوری که در جهت جریان و در پایین‌دست، آبراهه‌ها بازتر شده و با احداث سدی با یک ارتفاع مشخص، پهنای گذر رواناب بیشتر می‌شود. این باعث می‌شود که جریان با دبی مشخص در مقطع پهن‌تری عبور کند و شعاع هیدرولیکی جریان به میزان بیشتری کاهش پیدا کند. کاهش بیشتر شعاع هیدرولیکی جریان، همراه با شیب کمتر باعث می‌شود که

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 شیب آبراهه کم باشد. بنابراین اگر در احداث سدهای اصلاحی رسوب‌گیر هدف گرفتن رسوبات ریزدانه باشد بهتر است سدهای اصلاحی در آبراهه‌هایی که دبی پایه ندارند احداث شوند. با توجه به عملکرد بهتر سدهای واقع در آبراهه تنگ تیر که در آنها از سنگ‌های گوشه‌دار استفاده شده و هم‌چنین وجود برگ‌های درختان موجود در مسیر این آبراهه که به صورت فیلتر عمل می‌کنند، توصیه می‌شود برای بهبود عملکرد سدها در به دام انداختن رسوبات ریزدانه از سنگ‌های گوشه‌دار 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 این‌گونه سدها در آبراهه‌های موقت و فصلی ساخته شوند تا آبراهه‌های دائمی و آبدار.

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 منتهی به آبراهه‌های اصلی. بررسی‌های میدانی نشان داد بسیاری از سدهای اصلاحی مورد بررسی به علت زیرشویی، 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 درشت دانه به صورت فیلتر عمل کرده و مانع فرسایش کناره سده شوند. این توصیه حاصل برداشت نگارندگان از بررسی حدود ۲۰۰۰ سد اصلاحی خشکه چین درحوضه 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.

## 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. خرم آباد، دانشگاه لرستان،شهریور ۱۳۷۹، صفحات ۲۵۷-۲۶۴.

۲. دهقان، ع. ۱۳۶۳. فرسایش خاک در ایران و لزوم جلوگیری از آن. زیتون ۴۱ : ۳۶-۴۱.

۳. شفاعی بجستان، م. ۱۳۷۳. *هیدرولیک 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.