مطالعه حساسیت واحدهای سنگی به فرسایش با به‌کارگیری روش پتانسیل رسوب‌دهی در حوضه آبریز سُرهه، شمال کرج

شهین بلوطی[۱] و پرویز غضنفری[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی وسنگ شناسی رسوبی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
۲- هیأت علمی دانشگاه بین المللی امام خمینی

Shirinbaluti@yahoo.com

دریافت:۹۰/۶/۱۶ پذیرش: ۹۱/۲/۱۸

چکیده

فرسایش یکی از مهم‌ترین فرآیندهای فعال در روی زمین است. عدم پیشگیری از فرسایش می‌تواند سبب فرسایش خاک، اُفت تراز آب زیرزمینی، از میان‌رفتن پوشش مراتع، و سرانجام واردشدن آسیب‌های بسیار به کشاورزی و دامداری منطقه شود. حوضه آبریز سُرهه، با مساحت ۳۹/۴ کیلومتر مربع، در شمال کرج قرارگرفته است. منطقه بیشتر از سنگ‌های رسوبی و آذرآواری تشکیل شده است. سازند کهر به سن پرکامبرین کهن‌ترین سنگ‌های این حوضه هستند و جوان‌ترین واحدهای سنگی نیز به نهشته‌های کواترنر تعلق دارد. واحدهای سنگی سازند کرج مساحتی بیش از ۵۰ درصد از کل گستره کاری را شامل می‌شود. شش عامل اصلی زمین‌شناسی، اقلیم، تکتونیک، شیب، پوشش گیاهی، و هوازدگی بر میزان فرسایش‌پذیری واحدهای سنگی اثرگذار هستند. از میان آن‌ها عوامل تکتونیک و شیب در فرسایش منطقه مهم‌تر هستند. افزون‌بر انجام مطالعات رسوب‌شناسی و بررسی‌های پتروگرافی واحدهای سنگی، با به‌کارگیری روش تجربی پتانسیل رسوبدهی (SYP)، مقدار حساسیت سازندهای منطقه در ۵ رده به‌دست آمد که بر پایه آن، سازند سلطانیه مقاوم‌ترین و در رده حساسیت به فرسایش کم قرارگرفت و نهشته‌های کواترنر Q_{al} و Q_t حساس‌ترین واحدهای سنگی نسبت به فرسایش شناخته شدند. میزان رسوب‌دهی این حوضه ۸۸۹/۲۷ تن در هکتار در سال برآوردشد. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده و با به‌کارگیری نرم‌افزار Arc GIS نقشه‌های تیپ فرسایش، حساسیت سازندها به فرسایش و سرانجام نقشه پتانسیل رسوب‌دهی (SYP) در حوضه آبخیز سُرهه تهیه شد.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبخیز سُرهه، حساسیت واحدهای سنگی، پتانسیل رسوب‌زایی

مقدمه

برآورد میزان تولید رسوب و تهیه‌ی نقشه‌های عامل رسوب‌دهی به روش‌های گوناگون صورت می‌پذیرد. میزان تولید رسوب نتیجه تأثیر متقابل قدرت فرسایندگی عامل فرساینده، حد فرسایش‌پذیری مواد زمین‌شناسی، شیب و کاربردی زمین‌ها و ... می‌باشد[۳]. در بین عامل‌های مؤثر به فرسایش، مواد زمین‌شناسی دارای شدت فرسایش متفاوتی می‌باشند و میزان فرسایش‌پذیری آن‌ها به ویژگی‌های سنگ‌شناسی و ساختمان زمین‌شناسی نظیر چین‌خوردگی بستگی دارد [۹]. میزان رسوب‌دهی در مناطق گوناگون با لحاظ نمودن بارکل رسوب و بارمعلق ارائه می‌شود. به طور کلی مدل‌های تجربی برآورد رسوب مقادیر واقعی رسوب را تعیین ننموده و لذا برای محاسبه دقیق رسوب لازم است از برداشت‌های میدانی و روش‌های مرتبط به آن نیز استفاده نمود [۱].

در بررسی به حساسیت فرسایش سنگ‌ها در درجه اول باید به ویژگی‌های کانی‌شناسی، دانه‌بندی، ساخت و بافت، خصوصیات مکانیکی و شیمیایی توجه داشت [۱۰]. در درجه دوم بر اساس شاخص‌هایی چون زمین ریخت شناسی عمومی طبقات و اشکال فرسایش متداول و در درجه سوم با توجه به جایگاه زمین‌ساختی آن‌ها است[۱۱] بر اساس بررسی‌های به عمل آمده و بازدیدهای میدانی و مطالعه مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقلیم مختلف ایران [۱۱]، سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در ۵ رده طبقه‌بندی شده است.

پیشینه مطالعاتی منطقه

در منطقه مورد بررسی مطالعاتی در راستای اهداف یادشده صورت نگرفته است، با این وجود می‌توان به پژوهش‌های مشابه در مناطق دیگر اشاره نمود از جمله:

۱- فیض‌نیا [۱۰] پژوهش بنیادی در زمینه بررسی مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقلیم مختلف ایران انجام داده است.

۲- فیض‌نیا و همکاران [۱۱] حساسیت به فرسایش پادگان‌های کواترنر حوضه آبخیز طالقان بررسی نموده‌اند.

۳- فیض‌نیا و همکاران [۱۲] پژوهش تاثیر تغییر کاربری اراضی و حساسیت سازندها به فرسایش در رسوب‌دهی حوضه‌های‌آبخیز (مطالعه موردی در حوضه‌آبخیز دریاچه نمک) مورد مطالعه قرار داده‌اند.

۴- طاهری [۸] رسوب‌شناسی رودخانه طالقان با نگرشی ویژه بر حساسیت به رسوب‌زایی سازندها را بررسی نموده است.

۵- ثابث‌قدم [۶] رسوب‌شناسی بخشی از حوضه آبخیز رودخانه کرج (حوضه‌ها کسیل-نسا، ملک‌فالیز و آزادبر) با نگرش ویژه بر فرسایش‌پذیری سازندها را مورد مطالعه قرار داده است.

روش کار

در این پژوهش ابتدا عوامل مؤثر در فرسایش مورد بررسی قرار گرفت است. سپس با استفاده از جدول‌های ارائه شده از مقاومت مکانیکی سنگ‌های مختلف [۱۰] واحدهای سنگی منطقه به ۵ رده تقسیم شده است. سپس برای تعیین پتانسیل رسوب‌زایی هر سازند در منطقه و حساسیت رسوب‌زایی در زیر حوضه‌ها درصد دانه‌های رسوبی (گراول، در بخش شمالی و ماسه‌ای در بخش جنوبی منطقه) با استفاده از میکروسکوپ بینوکولر محاسبه شده است. روند اصلی کار با مطالعه تصادفی دانه های الک شماره ۴ میلی‌متر در ۲۰ نمونه مشخص شد. در این روش از هر نمونه الک شده، حدود ۲-۱ گرم نمونه به صورت تصادفی (Random) انتخاب گردید،که به طور متوسط در هر مورد حدود ۲۵ دانه مورد بررسی قرار گرفت. برای شناسایی جنس دانه‌ها مراحل زیر انجام گرفت:

حدود ۲۳ نمونه از کل منطقه (سر شاخه‌ها و رودخانه اصلی) برداشت شد (شکل ۷ الف). پس از تفکیک دانه‌ها به اندازه گراول، ماسه، شیل و رس با استفاده از ویژگی های مورفوسکوپی و کانی‌شناسی دانه‌ها [۶] فراوانی آن‌ها محاسبه شد (جدول۴).

سپس با به کارگیری نرم‌افزار Arc GIS نقشه‌های تیپ فرسایش، حساسیت سازندها به فرسایش و در نهایت نقشه پتانسیل رسوبزایی (Syp)[1] در حوضه آبخیز سرهه تهیه گردید.

اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

استفاده نادرست و پی‌درپی انسان از منابع آب و خاک سبب افزایش فشار به زمین‌ها شده است. کاهش حاصل خیزی زمین‌ها، شور شدن زمین‌های کشاورزی، افزایش فرسایش خاک، افت سطح آب‌های زیرزمینی از جمله اثرات منفی این روند هستند. علاوه بر آن اگر جلوی فرسایش‌پذیری گرفته نشود ممکن است سبب از بین رفتن پوشش مرتعی و در نهایت وارد شدن خسارات زیادی بر خاک که سرمایه ملی است، هم‌چنین به کشاورزی و دامداری منطقه گردد. پس در راستای حل این معضلات ضروری است مناطق حساس به فرسایش‌پذیری شناسایی و با توجه به پارامترهای اصلی و مؤثر در این پدیده عملیات کنترل فرسایش در این منطقه اجرا شود. به نظر می‌رسد با توجه به سازندهای موجود در منطقه که سازند کرج، سازند زاگون، سلطانیه، کهر است و از آنجایی که لیتولوژی برخی از آن‌ها شیل و شیل آهکی است و این نوع لیتولوژی نسبت به فرسایش بسیار حساس است در نتیجه باید در این راستا مطالعاتی صورت گیرد تا حدالامکان جلوی فرسایش‌پذیری آن‌ها و خسارت‌های ناشی از آن‌ها گرفته شود.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی به منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز سرهه با مساحت ۳۹/۴ کیلومتر مربع در بین عرض جغرافیایی ″۰۰و '۴۸ و °۳۰ تا '۰۰ و °۳۰ شمالی و طول جغرافیایی '۲۹ و °۵۰ تا '۴۰ و °۵۰ طول خاوری این حوضه در ارتفاعات جنوبی البرز مرکزی در شمال

[1] Sdiment yield Potential

باختری شهر کرج واقع شده است (شکل۱). این حوضه از شمال به حوضه آبخیز طالقان، از خاور به حوضه آبخیز درووان، از باختر به حوضه آبخیز ورده و از جنوب به حوضه آبخیز برغان (رودخانه کردان)، منتهی می‌شود. راه اصلی ارتباطی به منطقه از بزرگ‌راه کرج - قزوین است. پس از گذر از شهر کردان وارد بخش جنوبی منطقه و سپس به سوی روستای سُرهه و بخش‌های شمالی حوضه مسیر ادامه دارد. برای شناخت بهتر حوضه مورد مطالعه به ۵ واحد آب شناختی S، S_{int}، S_{1-int}، S_{1-2}، S_{1-1} تقسیم شده است (شکل ۲ الف). تقسیم‌بندی حوضه بر اساس عواملی چون مساحت، شکل، تراکم آبراهه‌ها، شیب، وضعیت شبکه رودخانه‌های فرعی و آبراهه‌های اصلی و فرعی و توپوگرافی [۱۷] بوده است.

بحث

عوامل موثر بر فرسایش

به طورکلی عوامل مختلفی بر فرسایش و رسوب‌دهی مؤثر هستند به طوری که انرژی باران، رواناب و باد نقش مهمی دارند. که از جمله آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: زمین‌شناسی، اقلیم، شیب، هوازدگی (هوازدگی فیزیکی، شیمیایی و زیستی)، پوشش گیاهی و تکتونیک [۳]. در منطقه مورد مطالعه به علت اختلاف نسبتاً زیاد آب و هوایی، اختلاف زیاد شیب در بخش‌های شمالی و جنوبی منطقه، وجود راندگی‌های باغستان، تهران و گسل سنج و پوشش فشرده گیاهی در منطقه مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فرسایش، زمین‌شناسی، شیب و تکتونیک منطقه است [۱۳].

۱- زمین‌شناسی و تکتونیک

ضخامت لایه‌ها، ویژگی کانی‌شناسی و تورق‌پذیری از عوامل مؤثر در فرسایش‌پذیری سنگ‌ها هستند [۲]. شدت تراکم آبراهه در حوضه بیانگر وضعیت مقاومت سطح و لایه‌های زیرین خاک در مقابل فرسایش است [۱۵]. در منطقه مورد مطالعه در بخش جنوبی به علت وجود رسوبات کواترنری (Q_{al} و Q_t)، واحدهای سنگی عموماً نسبت به فرسایش مقاومت کم‌تری دارند بنابراین فرسایش‌پذیری بیش‌تر است [۹]. در جدول ۱ چکیده‌ای از لیتولوژی و همچنین شکل ۲ ب نقشه زمین‌شناسی منطقه و شکل ۳ نمائی کلی از واحدهای سازند کرج، شمال روستای سنج، را نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه از نظر ساختار زمین‌شناسی در زون تکتونیکی البرز مرکزی واقع شده است [۲]. دراین زون طبق آنچه که از شرح نقشه کرج و نقشه شکران بدست آمده است [۱۶]. گسل‌های مهم و بزرگی وجود دارند که در لرزه‌خیزی منطقه مؤثرند. هر چند برخی از این گسل‌ها از محدوده حوضه مورد مطالعه فاصله دارند ولی به نوعی با حرکات تکتونیکی منطقه، در ارتباط هستند. این گسل‌ها عبارتند از ۱- راندگی شمال تهران ۲- راندگی باغستان، در منطقه مورد مطالعه در بخش‌های شمالی و میانی وجود گسل‌های مشاء فشم و سنج، شکستگی‌های فراوانی را در سازندهای لالون و کرج ایجاد کرده است [۱۴].

۲- شیب

شیب نقش اصلی در میزان رواناب ایجاد شده و میزان نفوذ و شدت سیلاب‌ها بر عهده دارد [۶]. شیب زمین در میزان فرسایش خاک مؤثر است، افزایش شیب جابجایی و عمل ذرات تخریب شده را افزایش می‌دهد، در نتیجه قدرت ساینگی بیش‌تر می‌شود [۵]. در حوضه آبخیز سرهه میزان شیب به سمت بخش‌های شمالی بیش‌تر می‌شود (شکل‌های ۴ و ۵). این روند همراه با پدیده واریزه در منطقه مورد مطالعه است.

بررسی حساسیت به فرسایش واحدهای سنگی و ارائه نقشه حساسیت به فرسایش

در مطالعات فرسایش و حفاظت خاک، ویژگی‌های سنگ شناسی حوضه آبخیز از اهمیت قابل توجهی برخوردار است [۸]. مقاومت سنگ‌های مختلف در مقابل فرسایش متفاوت می‌باشد و بعضی از واحدهای سنگی بسیار مستعد برای فرسایش و تولید رسوب هستند. بنابراین در بسیاری از طرح‌های آبخیزداری برای اندازه‌گیری شدت فرسایش، نیاز به این می‌باشد که مقاومت سنگ‌های مختلف حوضه آبخیز در مقابل فرسایش مشخص شود و سنگ‌ها از این نظر طبقه‌بندی و ترتیب‌بندی گردد [۱۲].

رفتار سنگ‌ها در مقابل هوازدگی و فرسایش بستگی به عوامل چندی دارد که بعضی از عوامل مربوط به سرشت خود سنگ و عوامل دیگر در ارتباط با محیط خارجی در

بر گیرنده سنگ می‌باشد [۱۰]. در بررسی به حساسیت فرسایش سنگ‌ها در درجه اول بایستی به ویژگی‌های کانی‌شناسی، دانه‌بندی، ساخت و بافت، خصوصیات مکانیکی و شیمیایی توجه داشت در درجه دوم بر اساس شاخص‌هایی چون زمین ریخت‌شناسی عمومی طبقات و اشکال فرسایش و بر اساس بررسی‌های به عمل آمده و بازدیدهای میدانی و مطالعه مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقلیم‌های مختلف ایران [۱۱]. سنگ های منطقه در ۵ رده طبقه‌بندی شده است (جدول‌های ۲ و۳). در اینجا می‌بایست به این نکته توجه داشت که رده‌های در نظر گرفته شده به طور مقایسه‌ای بوده و صرفاً واحدهای درون حوضه با یکدیگر به طور نسبی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. نکته دیگر این که این نوع طبقه‌بندی از دیدگاه زمین‌شناسی بوده و بدیهی است که شاخص‌های دیگری نیز در فرسایش‌پذیری مؤثر خواهند بود (شکل۶ الف). در ادامه گروه‌های پنج گانه مزبور مورد بررسی قرار می‌گیرند:

گروه فرسایش پذیری خیلی زیاد

این گروه شامل نهشته‌های ناپیوسته کواترنر می‌باشند که در کف بستر مسیل‌ها و آبراهه‌ها دیده می‌شوند، این رسوبات دارای کمترین پیوستگی بوده و به راحتی قابل جابجایی و حمل می‌باشند و همچنین دارای دانه‌بندی متفاوت بوده و میزان جابجایی آن‌ها بستگی به انرژی جریان سیلابی و اندازه دانه‌ها دارد[۷]. پراکنش این واحد در بخش‌های مختلف حوضه و منطبق بر بستر مسیل‌ها و آبراهه‌ها می‌باشد. به طور کلی رسوبات کواترنری جوان(Qal)در این گروه قرار می‌گیرند.

گروه فرسایش‌پذیری زیاد

این گروه نیز شامل رسوبات کواترنری است که دارای به هم پیوستگی کمی می‌باشند. رسوبات کواترنری کهن (Qt) در این گروه قرار می‌گیرند. علت تفکیک رسوبات کواترنری Q_{al} و Q_t، این است که رسوبات کواترنری کهن (Q_t) دارای به هم پیوستگی است (به علت وجود سیمان در بین دانه‌های رسوبات کواترنری کهن)، اما رسوبات کواترنری جوان (Q_{al}) دارای کم‌ترین پیوستگی یا بدون پیوستگی بوده و به راحتی قابل جابجایی و حمل می‌باشند و هم‌چنین دارای دانه‌بندی متفاوت بوده است [۱۱].

گروه فرسایش‌پذیری متوسط

این گروه به لحاظ سنگ‌شناسی شامل شیل‌ها، گلسنگ‌ها، توربیدایت‌ها، سیلتستون‌ها و توف سبز می‌باشد. فرسایش این سنگ‌ها در ارتباط با تخلخل، درجه تراکم، سیمانی شدن و سخت شدن، تورق و خردشدگی شدید آن‌ها است [۱].

گروه فرسایش‌پذیری کم

این گروه شامل سنگ‌های مقاوم تا نسبتاً مقاوم که در حوضه دارای گسترش قابل ملاحظه‌ای هستند می‌باشد. ماسه‌سنگ‌های توفی، توف‌های لایه‌ای سازند لالون، سازند کهر و زاگون در این گروه قرار می‌گیرند[۷].

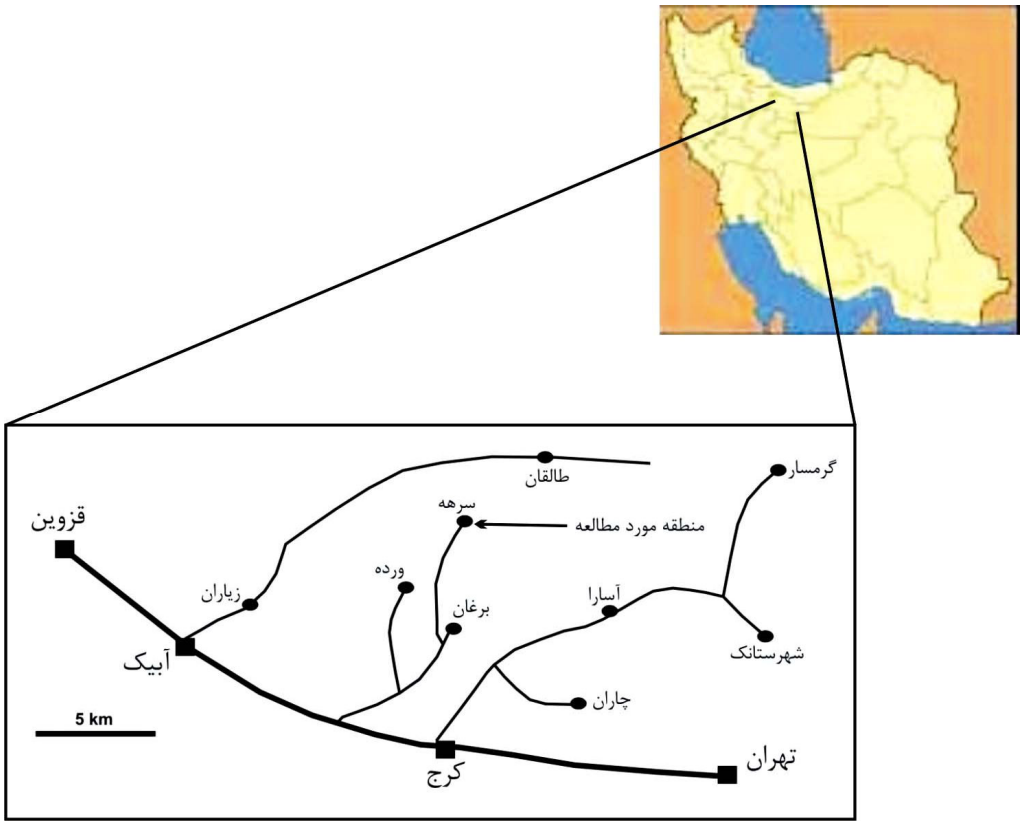
گروه فرسایش‌پذیری خیلی کم

سنگ‌های با مقاومت خیلی زیاد و فرسایش‌پذیری خیلی کم در این گروه قرار می‌گیرند، عموماً به مناطق شمالی حوضه محدود می‌شود. سازند سلطانیه وتوده‌های نفوذی در این گروه قرار می گیرند (شکل ۶ ب).

مطالعات سنگ‌شناسی

مطالعه دانه‌های درشت (D›2mm)

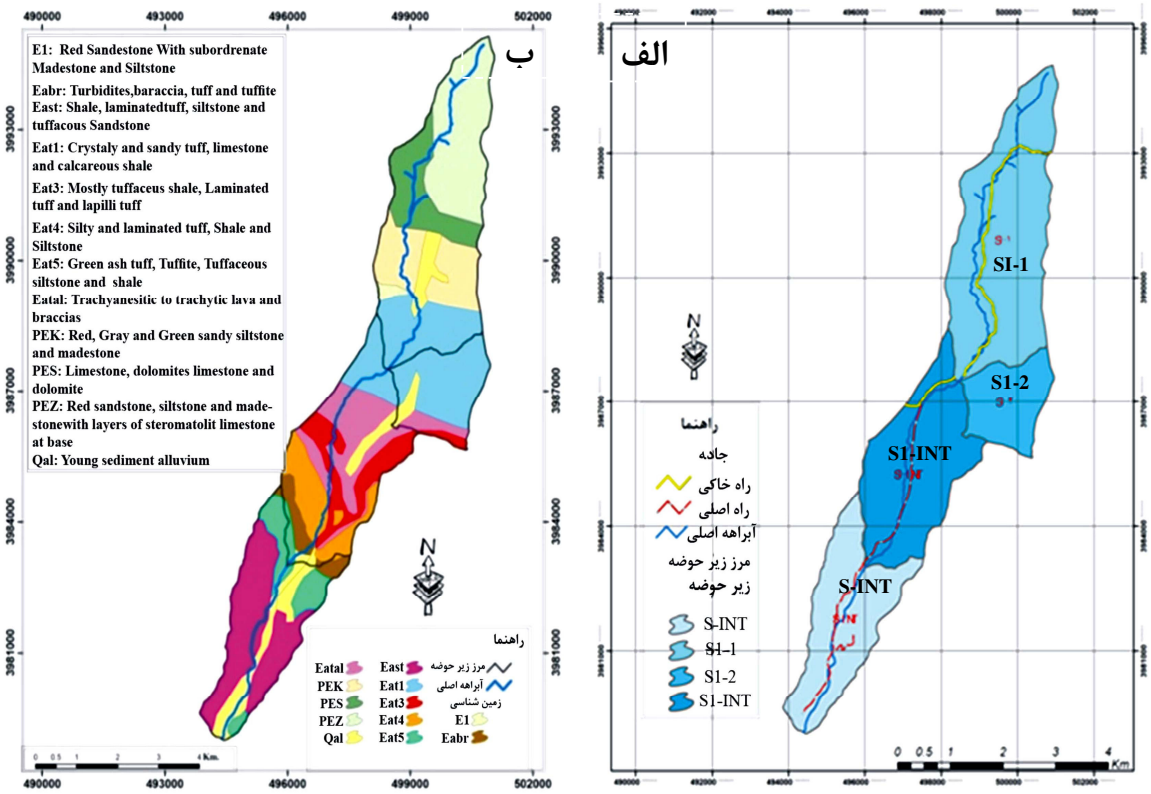
غالباً یکی از اهداف مطالعات رسوب‌شناسی در حوضه‌های آبخیز رودخانه‌ها به خصوص رودخانه‌های بزرگی که در بسیاری موارد به سدهای ذخیره‌ای که با اهداف متفاوتی احداث گردیده‌اند منتهی می‌شود [۸]. بررسی نوع و میزان رسوب حاصل از بخش‌های مختلف حوضه آبخیز و تعیین نقش هر لیتولوژی یا سازند در میزان تولید رسوبات حمل شده به وسیله آن رودخانه انجام می‌گیرد. مطالعات کانی شناسی بر روی رسوبات رودخانه‌ای به روش‌های مختلف صورت می گیرد [۶]. یکی از این روش‌ها شناسایی سنگ ها و کانی‌ها با استفاده از بینوکولر است، که در دیگر زیر حوضه‌ها نیز از همین روش استفاده شده است [۱۱].



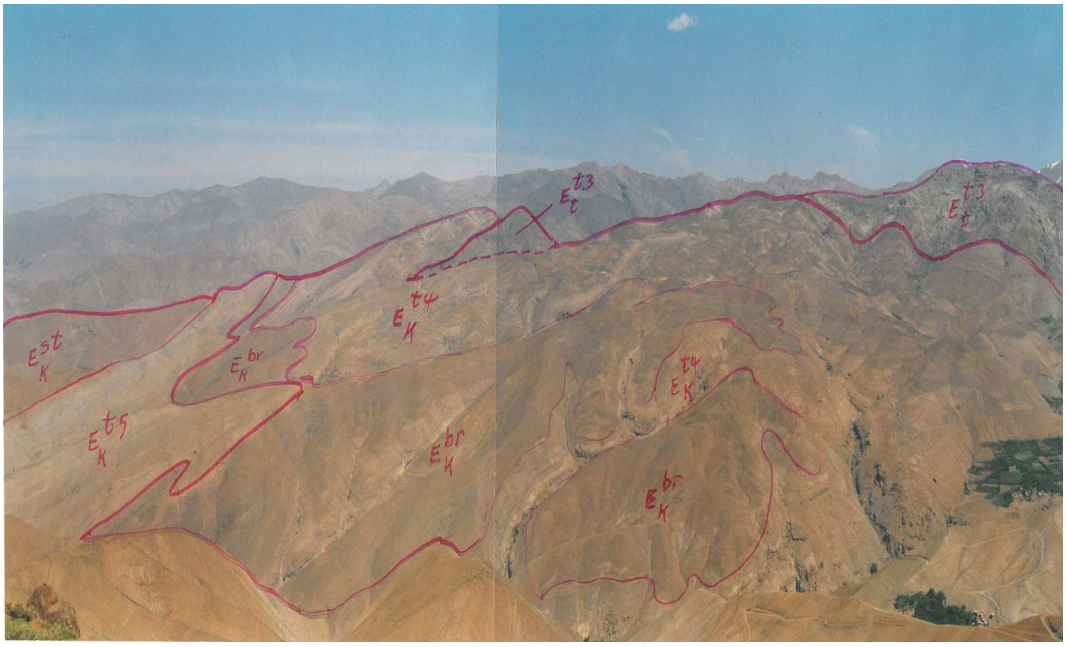
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. چکیده‌ای از لیتولوژی سازندها و واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه (با تغییراتی از منبع ۱۶)

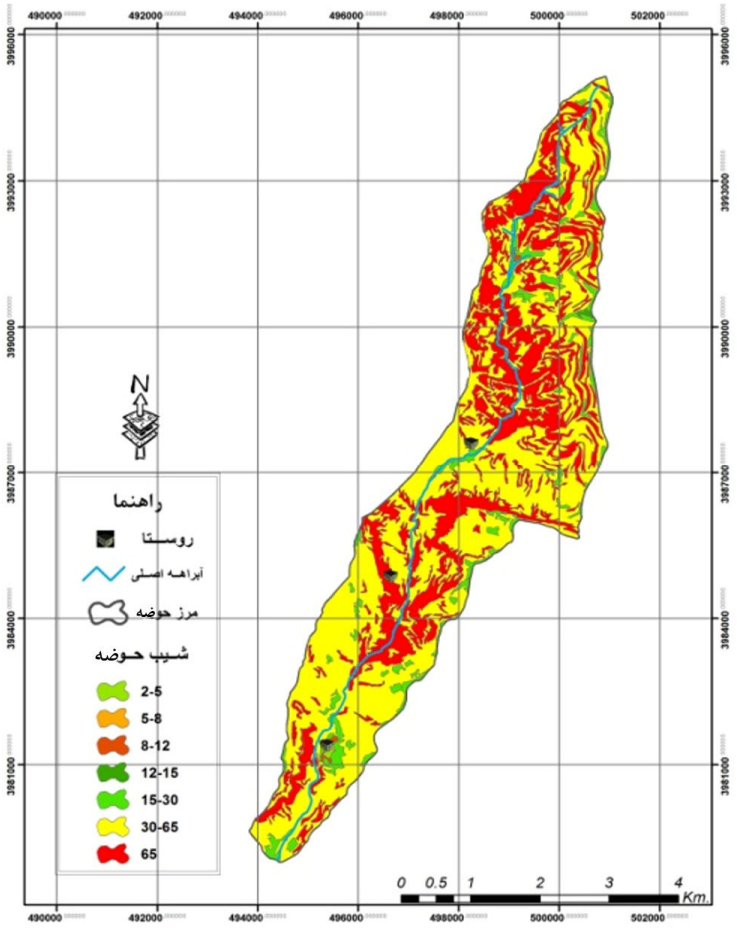
دوران	دوره	سازند		سنگ شناسی
نوزیستی	کواترنر	کواترنر جوان (Q_{al})		رسوبات آبرفتی جوان
		کواترنر کهن(Qt)		تراس‌های آبرفتی قدیمی
	ائوسن میانی	E_a^{st}	کرج	شیل،توف لایه‌ای، سیلتستون و ماسه‌سنگ توفی
		E_a^{t5}		خاکستر توف سبز، توفیت، سیلتستون، شیل توفی
		E_{t4}^{br}		توربیدایت (برش، توف، توفیت)
		E_a^{t4}		توف آهکی فسیل دار، توف شیلی، توف سیلتی نازک لایه تا متوسط لایه
		E_a^{t3}		شیل توفی، توف لامینه ولاپیلی توف
		E_a^{ta1}		تناوبی از آگلومرای توف
		E_a^{t1}		توف شیشه‌ای و ماسه‌ای، آهکی و شیل آهکی
دیرینه زیستی	کامبرین	لالون El		ماسه‌سنگ صورتی، سیل قرمز و ماسه‌سنگ کوارتزیتی سفید رنگ
		زاگون P_{Ez}		شیل‌های سیلتی میکادار، ماسه‌سنگ ریزدانه و شیل آهکی
		سلطانیه P_{Es}		آهک، آهک دولومیتی و دولومیت
پرکامبرین	پره کامبرین	کهر P_{Ek}		شیل‌های سیلتی، ماسه‌ای و ماسه‌سنگ‌های کوارتزیتی



شکل ۲: الف) زیرحوضه‌های منطقه سرهه، ب) نقشه واحدهای سنگی حوضه‌آبخیز سرهه



شکل۳. نمائی کلی از واحد های سازند کرج، شمال روستای سنج، نگاه به شمال



شکل۴. نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

شکل۵. پدیده واریزه در شمال روستای سرهه، نگاه به شمال، واحد E_a^{st}

جدول۲. رده‌بندی سنگ‌ها و نهشته‌های بر پایه میزان سختی [۱۰]

نام سازند	نماد	سنگ شناسی	ضریب سختی	رده
کواترنر	Q_{al}	نهشته‌های آبرفتی جوان	۱	۱
کواترنر	Q_t	پادگانه‌های آبرفتی کهن کمی سیمان شده	۱/۵	۲
کرج	E_a^{ta1}	گدازه های تراکی آندزیتی و برش ها	۶	۴
کرج	E_a^{st}	شیل، توف لایه‌ای، سیلت‌سنگ و ماسه‌سنگ توفی	۵	۴
کرج	E_a^{br}	برش، توف، توفیت		
	E_a^{t4}	توف آهکی، توف شیلی، توف سیلتی		
	E_a^{t5}	توف، توفیت، سیلت‌سنگ و شیل توفی		
کرج	E_a^{t1}	توف شیشه‌ای، آهکی، ماسه‌ای و شیل آهکی	۴	۵
	E_a^{t3}	شیل توفی، توف لامینه‌های و لاپیلی توف		
لالون	E1	ماسه سنگ همراه با میان لایه هایی از گل سنگ و سیلت سنگ	۸	۳
زاگون	P_{Ez}	شیل سیلتی، ماسه‌سنگ ریز و شیل آهکی	۴	۵
سلطانیه	P_{Es}	سنگ آهک و دولومیت	۶	۳
کهر	P_{Ek}	شیل سیلتی ماسه ای، ماسه‌سنگ کوارتزیتی	۵	۴

جدول ۳: گروه‌بندی فرسایش پذیری واحدهای منطقه مورد مطالعه

سازند	نماد	سنگ شناسی	گروه فرسایشی
کواترنر	Q_{al}	نهشته های آبرفتی جوان	فرسایش پذیری خیلی زیاد
کواترنر	Q_t	پادگانه های آبرفتی کهن کمی سیمان شده	فرسایش پذیری زیاد
کرج	E_a^{st}	شیل، توف لایه ای، سیلت سنگ و ماسه سنگ توفی	فرسایش پذیری متوسط
	E_a^{br}	برش، توف، توفیت	
	E_a^{t4}	توف آهکی، توف شیلی،توف سیلتی	
	E_a^{t5}	توف، توفیت، سیلت سنگ و شیل توفی	
	E_a^{t3}	شیل توفی،توف لامینه های و لاپیلی توف	
	E_a^{ta1}	گدازه های تراکی آندزیتی و برش ها	
کرج	E_a^{t1}	توف شیشه ای، آهکی، ماسه ای و شیل آهکی	فرسایش پذیری کم
لالون	€	ماسه سنگ همراه با میان لایه هایی از گل سنگ و سیلت سنگ	
زاگون	P_{Ez}	شیل سیلتی، ماسه سنگ ریز و شیل آهکی	
کهر	P_{Ek}	شیل سیلتی-ماسه ای، ماسه سنگ کوارتزیتی	
سلطانیه	P_{Es}	سنگ آهک و دولومیت	فرسایش پذیری خیلی کم

پتانسیل رسوب‌زایی(Syp) سازندها و اندیس فرسایش در زیر حوضه‌ها

برای تعیین پتانسیل رسوب‌زایی هر سازند در منطقه و حساسیت رسوب‌زایی در زیر حوضه‌ها درصد دانه‌های رسوبی که با استفاده از میکروسکوپ بینوکولر مورد مطالعه سنگ‌شناسی قرار گرفته‌اند، به صورت وزنی به سازندهای مختلف حوضه نسبت داده شده است، این نتایج در جدول ۵ قابل مشاهده است. در این روش که در آن از رابطه ۱ استفاده شده است [۸]. با در نظر گرفتن نتایج مطالعات سنگ‌شناسی در بخش‌های قبل، ضمن نسبت دادن درصد فراوانی مشخص از دانه به هر واحد همگن X (منظور از واحد همگن، سازند یا لیتولوژی است که پتانسیل رسوب‌زایی در آن محاسبه می شود)، Syp اندیس فرسایش برای هر یک از سازندهای منطقه محاسبه گردید. در صورتی‌که این شاخص بیش از یک باشد نشانگر پتانسیل رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری پایین (حساسیت کم)، مقادیر ۱ تا ۵ بیانگر پتانسیل رسوب‌زایی و فرسایش پذیری متوسط (حساسیت متوسط)، مقادیر ۵ تا ۱۰ بیانگر پتانسیل رسوب‌زایی و فرسایش‌پذیری و حساسیت نسبتاً بالا و میزان بیش از ۱۰ نشانگر پتانسیل رسوب‌زایی، فرسایش‌پذیری و حساسیت بالا است[۱۱]. با توجه به جدول۶ نقشه پتانسیل رسوب‌زایی تهیه گردید (شکل۷ ب).

$$Syp=\frac{\frac{\text{فراوانی رسوب حاصل از واحد همگن } x}{\text{فراوانی کل رسوب}}}{\frac{\text{مساحت واحد همگن } Km2}{\text{مساحت کل حوضه } Km2}}$$

تذکر این نکته ضروری است که مقدار عددی محاسبه شده برای سازند کرج واحد E_a^{t1} و نهشته‌های کواترنر جوان کمی پایین‌تر از مقدار مورد انتظار به دست آمده لیکن با توجه به مواردی مانند وضعیت لیتولوژی این سازند، تقسیم‌بندی مقاومت سنگ‌ها در برابر فرسایش [۱۰] و آنچه از مطالعات و بازدیدهای میدانی و وضعیت رخسارهای فرسایش در آن نمونه‌های برداشت شده به دست می‌آید به واحد سنگی E_a^{t1} عدد ۰/۶۷ و به عنوان فرسایش‌پذیری خیلی پایین در منطقه معرفی شده است و به نهشته‌های کواترنری جوان عدد ۸/۹۹ نسبت داده شده است. مطالعات پتانسیل رسوب‌زایی (Syp) به توجه به نتایج جدول ۶ نیز نشان می‌دهد که سازند سلطانیه دارای رسوب‌زایی کم در نتیجه در رده حساسیت پایین و واحدهای سنگی سازند کرج، سازند لالون، سازند زاگون و سازند کهر در رده حساسیت متوسط و نهشته‌های کواترنر در رده حساسیت بالا قرار گرفته‌اند.

همان طور که در بالا اشاره شد، در منطقه طالقان، برای تعیین پتانسیل رسوب‌زایی Syp هر سازند و حساسیت رسوب‌زایی در زیرحوضه‌ها درصد دانه‌های رسوبی که مورد مطالعه کانی‌شناسی قرار گرفته‌اند، به صورت وزنی به سازندهای مختلف منطقه نسبت داده شده است. برای رسیدن به این هدف، دو روش مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه نهایی از مقایسه نتایج حاصل از این دو روش، به دست آمد. در روش اول که در آن از همان رابطه ۱ استفاده شده است، با در نظر گرفتن نتایج مطالعات کانی‌شناسی در بخش‌های قبل، و نسبت دادن فراوانی‌های مشخص از دانه‌ها به هر واحد همگن X، واحد همگن سازند یا لیتولوژی است که پتانسیل رسوب‌زایی در آن محاسبه می‌شود و در نظر گرفتن مساحت‌های مرتبط SYP برای هر یک از سازندهای منطقه محاسبه گردید. نتایج حاصل گردیده است. در این رابطه SYP ‹۱، نشانگر پتانسیل رسوب‌زایی پایین، ۱‹SYP‹۵ پتانسیل رسوب‌زایی متوسط، ۵‹SYP‹۱۰ پتانسیل رسوب‌زایی نسبتا بالا و ۱۰ ‹ SYP پتانسیل رسوب‌زایی بالا است.

در روش دوم که محاسبات آن طبق رابطه۱ صورت گرفت، با در نظر گرفتن فراوانی اجزای مقاوم و نامقاوم که در نمونه رسوب مربوط به هر زیرحوضه به دست آمده است و مساحت واحدهای تولیدکننده این رسوبات در هر زیر حوضه اندیس حساسیت به فرسایش Syc[1] برای هر یک از زیرحوضه‌های مورد مطالعه، به دست آمده است.

$$Syc=\frac{\sum Ai\ sai}{\sum Bj\ sbj}$$

Ai: تعداد هر یک از اجزای مقاوم رسوب

Sai: مساحت هر یک از واحدهای مقاوم Km^2

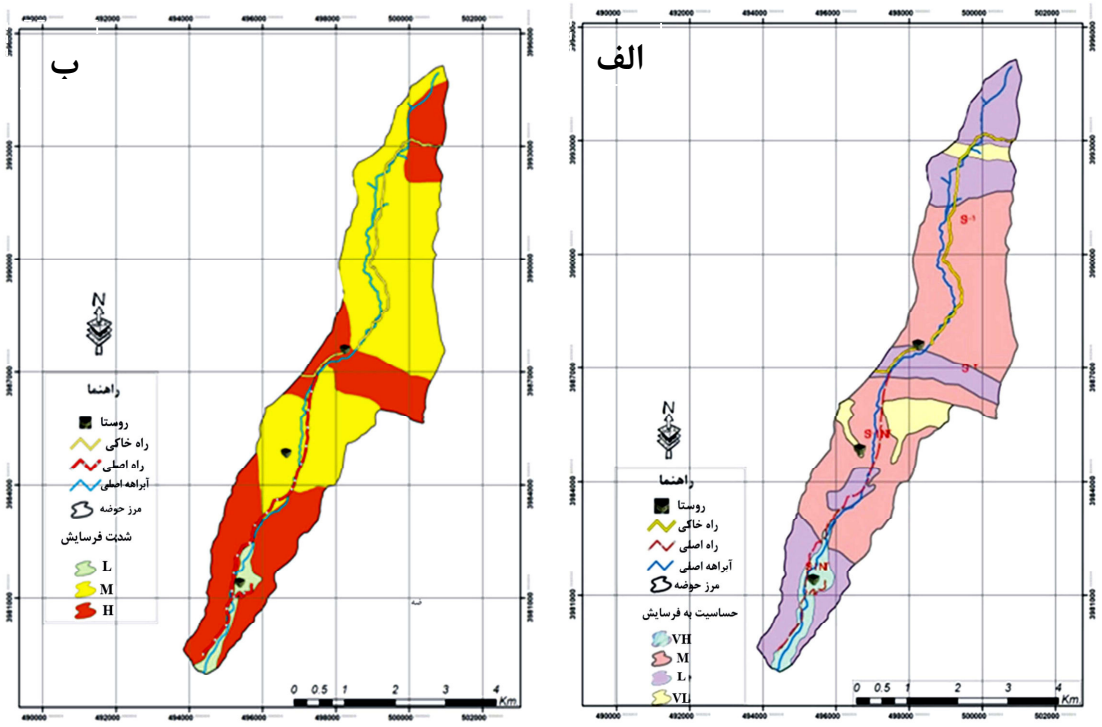
Bj: تعداد هر یک از اجزای نامقاوم رسوب

Sbj: مساحت هر یک از واحدهای نامقاوم Km^2

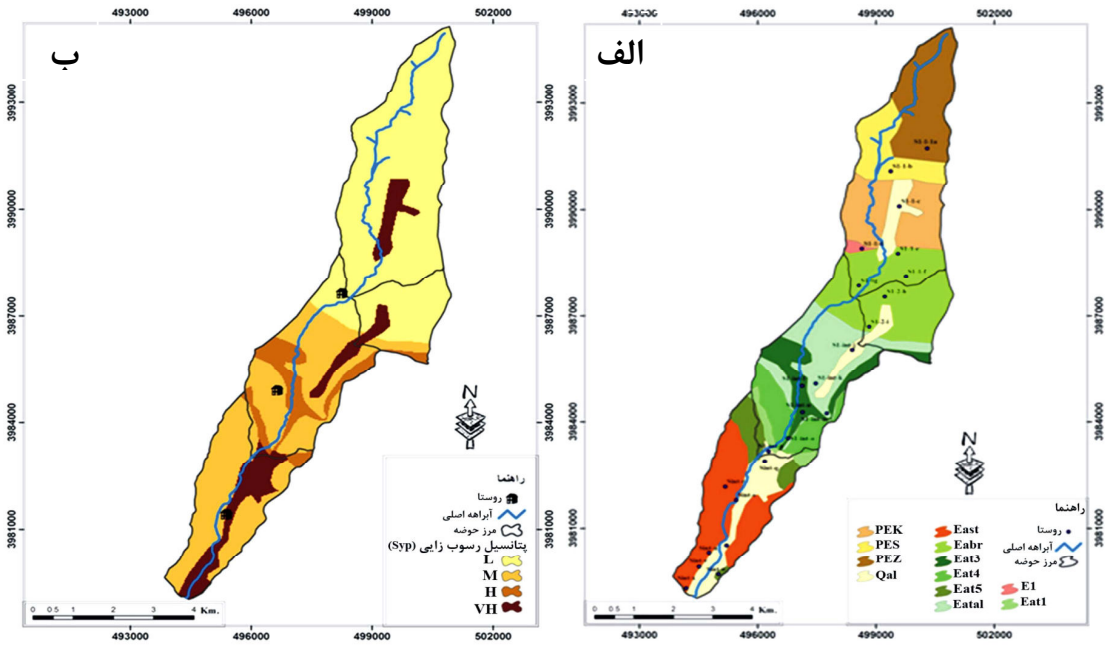
[1].Suspended Sediment Yield Coefficient

که در این رابطه قطعات سنگ‌های آذرین، کوارتز، ماسه‌سنگ، توف و کانی‌های سنگین از اجزای مقاوم و سنگ‌آهک، مارن و گل‌سنگ‌ها جزء اجزای نامقاوم در نظر گرفته شده‌اند.

از نظر عددی $syc<10$ نشانگر حساسیت زیاد، $45<syc<10$ حساسیت نسبتا زیاد، $65<syc<45$ حساسیت متوسط، $65<syc$ حساسیت کم است.



شکل ۶: الف) نقشه حساسیت به فرسایش منطقه مورد مطالعه، ب) نقشه شدت فرسایش منطقه مورد مطالعه



شکل ۷: الف) نقشه محل نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه، ب) نقشه پتانسیل رسوب‌زایی(Syp) منطقه مورد مطالعه

جدول۴. درصد فروانی دانه های مختلف حاصل از مطالعه کانی شناسی دانه های درشت (D›2mm)

زیر حوضه ها	شماره نمونه	رسوبی سخت(درصد)		رسوبی نرم(درصد)			آذرین(درصد)		
		سنگ آهک	ماسه سنگ%	سیلت سنگ	شیل	مادستون	توف	آذرین حد واسط	آذرین بازیک%
S1-1	$S1\text{-}1_a$	۲۰	۴۸	۱۶	-	-	۱۶	-	-
	$S1\text{-}1_b$	۱۶	۵۲	۱۲	۸	-	۸	-	۴
	$S1\text{-}1_c$	۸	۴۴	۲۰	۱۲	-	۱۲	۴	-
	$S1\text{-}1_d$	۸	۴۰	۳۲	۲۰	-	-	-	-
	$S1\text{-}1_e$	۱۶	۴۰	۲۰	۱۲	-	۱۲	-	-
	$S1\text{-}1_g$	۱۲	۶۴	۱۲	-	-	-	-	۸
S1-2	$S1\text{-}2_h$	۱۶	۳۲	۴	۸	-	۴۰	-	-
	$S1\text{-}2_i$	۲۰	۵۲	۴	-	-	۲۴	-	-
S1-int	$S1\text{-}int_j$	-	۶۰	۴	۱۲	-	۲۴	-	-
	$S1\text{-}int_k$	-	۶۴	-	۲۸	-	-	-	۸
	$S1\text{-}int_L$	۱۶	۶۸	۸	۴	-	-	۴	-
	$S1\text{-}int_m$	-	۷۲	۸	۲۰	-	-	-	-
	$S1\text{-}int_n$	۲	۷۶	۸	۱۲	-	-	-	-
Sint	$Sint_q$	۱۶	۶۸	۸	۴۸	-	-	-	-
	$Sint_r$	۳۲	۴۸	۸	۴	-	۸	-	-
	$Sint_s$	-	۴۰	۲۴	۳۲	۴	-	-	-
	$Sint_t$	۸	۳۶	۱۲	۳۲	-	۱۲	-	-
	$Sint_u$	-	۹۶	۴	-	-	-	-	-
	$Sint_v$	۴	۶۴	۴	۲۴	-	۴	-	-
	$Sint_w$	۴	۵۲	۸	۳۲	-	-	-	-

جدول۵: نتایج حاصل از محاسبه پتانسیل رسوب‌زایی سازندهای منطقه بر اساس رابطه *1* (اندیس فرسایش)

سازند	نماد	فراوانی کل دانه در رسوب مورد بررسی	فراوانی واحد رسوب همگن	مساحت کل حوضه km^2	مساحت واحد همگن km^2	Syp	محدوده Syp	حساسیت
کواترنر	Q_t	۱۷۲۲	۱۷۰	۳۶/۴۳	۱/۰۷	۵/۹۲	Syp‹۱۰	حساسیت بالا
	Q_{al}	۱۷۲۲	۳۰۰	۳۶/۴۳	۰/۴	۸/۹۹		
کرج	E_a^{t4}	۱۷۲۲	۱۸۹	۳۶/۴۳	۱/۸۹	۲/۱۱	۵‹ Syp ‹۱	حساسیت متوسط
	E_a^{st}	۱۷۲۲	۲۶۶	۳۶/۴۳	۲/۵۴	۲/۲۱		
	E_a^{ta1}	۱۷۲۲	۲۹۷	۳۶/۴۳	۲/۸۲	۲/۲۲		
	E_a^{t5}	۱۷۲۲	۱۰۵	۳۶/۴۳	۰/۷۹	۲/۸۱		
	E_a^{br}	۱۷۲۲	۹۲	۳۶/۴۳	۰/۶۱	۳/۱۹		
	E_a^{t3}	۱۷۲۲	۵۰	۳۶/۴۳	۰/۳	۳/۵۲		
کهر	PE_k	۱۷۲۲	۱۰۰	۳۶/۴۳	۱/۲	۱/۷۶		
لالون	ε	۱۷۲۲	۱۱	۳۶/۴۳	۰/۲	۱/۱۶		
زاگون	PE_z	۱۷۲۲	۲۰۲	۳۶/۴۳	۲/۸۵	۱/۴۹		
کرج	E_a^{t1}	۱۷۲۲	۶۳۴	۳۶/۴۳	۱۹/۸۷	۰/۶۷	۱›Syp	حساسیت کم
سلطانیه	PE_s	۱۷۲۲	۶۰	۳۶/۴۳	۰/۶	۰/۷۹		

نتیجه‌گیری

با توجه به مجموع مطالعات عوامل فرسایش، جدول‌های ارائه شده از مقاومت مکانیکی سنگ‌های مختلف [۱۰]، پتانسیل رسوب‌زایی که با استفاده از نتایج کانی‌شناسی بر روی هر یک از نمونه‌های منطقه انجام گرفت و با توجه به مساحت و درصد مساحت هر یک از سازندها در زیر حوضه‌های گوناگون و با در نظر گرفتن مجموع بار رسوبی به دست آمده نتایج زیر قابل ذکراند:

- عوامل مؤثر بر فرسایش در منطقه مورد مطالعه زمین شناسی، شیب و تکتونیک است.
- در مجموع درصد توف، شیل و ماسه‌سنگ در تمام نمونه‌ها نسبت به سایر جنس‌های رسوبی حمل شده بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده است، که این امر نشانگر فرسایش‌پذیری بالای این لیتولوژی در بخش‌های گوناگون حوضه است گسترش سازند کرج و ۷ واحد سنگی آن با لیتولوژی، توف شیشه‌ای، توف لایه‌ای ماسه ای، شیل، علت اصلی این نوع رسوبات است.
- در زیر حوضه‌ها درصد دانه‌های رسوبی گراول، در بخش شمالی و ماسه‌ای در بخش جنوبی منطقه بیش‌تر به چشم می‌خورد.
- با توجه جدول‌های ارائه شده از مقاومت مکانیکی سنگ های مختلف [۱۰] و با تفسیر داده‌ها و اطلاعات موجود، واحدهای سنگی و نقشه حساسیت سازندها به فرسایش در حوضه آبخیز سُرهه می‌توان چنین نتیجه گرفت، واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه در ۵ گروه فرسایش‌پذیری قرار دارند، نهشته‌های کواترنری جوان(Q) به دلیل ناپیوستگی دانه‌ها در گروه فرسایش‌پذیری بسیار زیاد و در نتیجه حساس به فرسایش و بار رسوبی بالا، ماسه‌سنگ‌های توفی، توف‌های لایه‌ای سازند لالون، کهر و زاگون در گروه فرسایش‌پذیری متوسط، بار رسوبی متوسط و سنگ آهک های سازند سلطانیه در گروه فرسایش‌پذیری کم قرار می‌گیرند.
- با توجه به پتانسیل رسوب‌زاییSyp، سازند سلطانیه دارای۱<Syp رسوب‌زایی کم در نتیجه در رده حساسیت پایین و واحدهای سنگی سازند کرج، سازند لالون، زاگون و سازند کهر دارای ۵<Syp<۱۰ رسوب‌زایی متوسط، در رده حساسیت متوسط و نهشته‌های کواترنرSyp>۱۰ رسوب‌زایی زیاد در رده حساسیت بالا قرار گرفته‌اند.
- در زیر حوضه S_{int}، به علت شیب کم نسبت به دیگر زیر حوضه‌ها و با توجه به لیتولوژی آن (رسوبات کواترنر، توف شیشه‌ای، توف لایه‌ای ماسه‌ای، شیل و شیل ماسه‌ای) در این زیر حوضه، رسوب سالیانه بیش‌تر از دیگر زیر حوضه‌ها است.
- میزان رسوب‌دهی در کل حوضه ۸۸۹/۲۷ تن در هکتار در سال است.

سپاسگزاری

در راستای انجام این پژوهش از اعتبار پژوهشی شماره ۷۵۱۵۸۴- ۱۳۹۱ دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) استفاده شد که بدین‌وسیله از مسئولان مربوطه ساسپگزاری می‌شود.

منابع

[۱] اداره آبخیزداری استان تهران (۱۳۸۶) گزارش فرسایش و رسوب جهاد کشاورزی استان تهران، ۳۸۹ص.
[۲] آقانباتی، ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۸۶ ص.
[۳] احمدی، ح (۱۳۷۸) ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول (فرسایش آبی)، دانشگاه تهران، ۶۷۱ص.
[۴] اطلس راه‌های ایران (۱۳۸۱) موسسه کارتوگرافی، انتشارات گیتاشناسی.
[۵] افتخارنژاد، ج (۱۳۵۹) تفکیک بخش‌های مختلف ایران ازنظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی- نشریه انجمن نفت- شماره ۸۲، ص، ۲۸-۱۹.
[۶] ثابت قدم، م (۱۳۸۳) مطالعه رسوب‌شناسی بخشی از حوضه آبخیز رودخانه کرج (حوضه‌ها کسیل-نسا، ملک فالیز، آزادبر) با نگرش ویژه بر فرسایش‌پذیری سازندهای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۲۷۶ص.
[۷] رفاهی، ح (۱۳۷۵) فرسایش آبی و کنترل آن، دانشگاه تهران، چاپ چهارم، ۶۷۱، ص، ۲۸۴-۳۰۷.
[۸] طاهری، آ (۱۳۸۳) رسوب‌شناسی رودخانه طالقان با نگرشی ویژه بر حساسیت به رسوب‌زایی سازندها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم، ۲۸۷ص.
[۹] عکس‌های هوایی به مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ برداشت شده در سال ۱۳۳۴، سازمان جغرافیایی مسلح کشور.
[۱۰] فیض نیا، س (۱۳۸۶) مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقلیم‌های مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، ۴۷، ۹۵-۱۱۶.
[۱۱] فیض‌نیا، س.، محمدیان بهبهانی، ع.، زکی‌خانی، م (۱۳۸۶) حساسیت به فرسایش پادگان‌های کواترنر حوضه آبخیز

طالقان.
[۱۲] فیض‌نیا، س.، محمدی، ع.، محسنی، م.، قدیمی عروس محله، ف (۱۳۸۷) تاثیر تغییر کاربری اراضی و حساسیت سازندها به فرسایش در رسوب‌دهی حوضه‌های‌آبخیز (مطالعه موردی در حوضه‌آبخیز دریاچه نمک)، مجله منابع طبیعی.
[۱۳] تماب (۱۳۸۶) مطالعات آب وهوا شناسی، وزارت نیرو، ۵۴ص.
[۱۴] محمودی، ف (۱۳۸۷) ژئومورفولوژی ساختمانی، انتشارات پیام نور، ۲۸۴ص.
[۱۵] موسوی‌حرمی، ر (۱۳۸۴) رسوب‌شناسی، انشارات آستان قدس رضوی، چاپ یازدهم، ۴۸۱ص.
[۱۶] آنلز آر. ان.، آرتورتون آر. اس.، بازلی آر. ای. بی.، دیویس آر. جی.، حامدی م. ع. ر.، و فهیم زاده ف. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شکران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
[۱۷] نقشه توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰)، کرج، فشند و آسارا، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

[18] Summer, W., Klagh, E., and Hinter Steiner, K (1996) Treads in soil erosion and sediment yield in the alpine basin of the Austrian Danube, In: Walling, D.E., and Webb, B.V.(Eds), Erosion and sedimend yield. Global IAHS, Pub., NO. 236, PP. 473-479.
[19] Taken, I., Beuselinck, L., Nachter Gaele, J., Govers, G., Poesen, J., and Degraer, G (1999) Spatial evaluation of aphysically based distributed erosion mode (LISEM) Catena 37: 182 PP.431-447.
[20] Venden Berghe, J (2003) Climate forcing of fluvial system development: an evolution of ideas, Quaternary Science Reviews, 22. PP, 2053-2060.