Archive of SID

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال نهم- شماره ۳۰- پاییز ۱۳۹۴

Vol. 9, No. 30, Fall 2015

بررسی روند تغییرات مورفومتری رسوبات به سمت پائین‌دست تحت تاثیر عوامل هیدرولوژیک و سنگ‌شناسی در حوضه ورتوان قزوین

جمال مصا[1]، محمدرضا اختصاصی[2]، محمدتقی دستورانی[3]

تاریخ دریافت: تاریخ پذیرش:

چکیده

تغییر در اندازهٔ مواد بستر رودخانه اطلاعات مهمی را برای علوم مرتبط با حوزهٔ آبخیز فراهم می‌کند. یکی از باورهای اساسی در سیستم‌های رودخانه‌ای، ریز شدن اندازه رسوبات در جهت پایین‌دست می‌باشد که طی چند دهه اخیر مطالعات زیادی را نیز معطوف خود نموده است. هدف از انجام این پژوهش، تعیین و تحلیل روند تغییر اندازه ذرات رسوبات بستر در آبراهه‌های حوضه آبخیز ورتوان (۴۸۱۱ هکتار) قزوین می‌باشد. بدین منظور تعداد ۲۵ نمونه از رسوبات آبراهه‌های درجه ۱ تا ۶ و ۳۰ نمونه، از خاک روی واحدهای مختلف سنگ‌شناسی حوضه جمع‌آوری و پس از دانه‌بندی، شاخص‌های مختلف مورفومتری محاسبه گردید. نتایج نشان داد که مطابق با جورشدگی هیدرولیکی و بر اساس روند کاهشی شیب و افزایشی طول آبراهه اصلی و مساحت حوضه زهکشی، اندازه رسوبات به سمت پائین‌دست باید ریز شود ولی این روند تحت تاثیر سیلاب‌های اقلیم نیمه‌خشک و سنگ‌شناسی غیرهمگن حوضه قرار گرفته و اندازه رسوبات به سمت پائین‌دست درشت‌تر می‌شود. بنابراین روند تغییرات اندازه رسوبات حوضه ورتوان عمدتا توسط اقلیم و سنگ‌شناسی حوضه کنترل می‌شود و هیدرولیک جریان فقط تغییرات ثانویه‌ای را بر روی روند کلی ایجاد می‌نماید. انتظار می‌رود که نتایج این پژوهش در حوضه‌های مناطق نیمه‌خشک و بویژه دارای واحدهای سنگ‌شناسی غیرهمگن سبب درک بهتر روند ترکیب نهشته‌های رسوبی به سمت پایین‌دست شود.

واژه‌های کلیدی: جورشدگی هیدرولیکی، ریزشدن رسوبات، اقلیم نیمه‌خشک، سنگ‌شناسی غیرهمگن.

مقدمه

رودخانه یک سیستم دینامیکی است و متغیرهایی همچون شرایط اقلیمی، فیزیوگرافی، فعالیت‌های تکتونیکی و زمین‌شناسی بر روی سرعت و نوع جریان، عمق، میزان حمل و نقل رسوب و در نتیجه بر تشکیل رخساره‌های رسوبی نقش به سزایی ایفا می‌کنند [٤]. تغییر در اندازهٔ مواد بستر در جهت پایین‌دست رودخانه اطلاعات مهمی را برای علوم مرتبط با حوزهٔ آبخیز فراهم می‌کند که برای طراحی زیرساخت‌های مناسب، بازسازی بازه‌های تخریب شده کانال رودخانه و مدیریت کارآمد منابع آبی نظیر مخازن ضروری است. تغییر اندازه ذرات به سمت‌پایین دست عمدتا بر روی رسوبات بستر متمرکز است و این رسوبات در تعیین ریخت‌شناسی و هیدرولیک کانال رودخانه‌ای اهمیت بیشتری دارند [۲ و ٢٤]. مطالعات قبلی نشان داده که توزیع اندازهٔ ذرات بار بستر به شیب، شدت جریان، و حمل و نقل انتخابی ذرات بستگی دارد [١٤ و ١٥ و ٢٥]. حمل و نقل انتخابی ذرات در بستر رودخانه، سایش در طول حمل و نقل، و منابع رسوب جانبی از جمله فرآیندهای تأثیرگذار بر اندازه ذرات به سمت پایین دست می‌باشند [٦ و ٧]. حمل و نقل انتخابی زمانی غالب است که تنش برشی بستر کمی بالاتر از تنش برشی بحرانی برای حرکت ذرات باشد [٥]. بنابراین حمل و نقل انتخابی عمدتاً توسط قدرت هیدرولیکی نیروهای رودخانه کنترل می‌شود. برخی از مطالعات نقش حمل و نقل انتخابی را در روند ریز شدن ذرات رسوب به سمت پایین دست مهم‌تر از سایش مواد بستری دانسته‌اند [١٩ و ٢١]. شاخه‌های فرعی و منابع جانبی رسوب می‌توانند با وارد کردن رسوبات درشت‌تر باعث یک‌سری ناپیوستگی رسوبی در رسوبات بستری شوند [٢٠]. به‌طورکلی، پذیرفته شده است که توزیع اندازهٔ مواد بستر در جهت پایین دست کاهش می‌یابد، مگر آنکه موادی از رسوبات درشت از شاخه‌های فرعی یا کناره‌ها به رودخانه وارد شوند [٣ و ٢٣]. اما تغییر اندازه دانه‌ها در جهت پایین‌دست در رودخانه‌های با بستر گراولی معمولا بسیار نامنظم بوده و اغلب از یک مدل ریزشوندگی ساده پیروی نمی‌کند [٢٠]. ویژگی‌های رسوبات علاوه بر رژیم هیدرولیکی و شیب کانال به سنگ‌شناسی حوضه زهکشی رودخانه نیز بستگی دارد. تغییر پارامترهایی نظیر اقلیم، ساختار و ترکیب زمین‌شناسی باعث پیچیدگی فرآیندهای انتقال و توزیع رسوب در مقیاس حوضه آبخیز می‌شود. رودخانه‌های

۱- دانشجوی دکتری آبخیزداری ،دانشگاه یزد jamalmosaffaie@yahoo.com
۲-استاد گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه یزد lm_ekhtesasi@yahoo.com
۳-دانشیار ،گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی دانشگاه فردوسی dastorani@ferdowsi.um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مناطق خشک و نیمه‌خشک که رژیم جریان در آنها بسیار متغیر است نسبت به رودخانه‌های مناطق مرطوب، رسوبات بیشتری را به هنگام وقوع سیلاب‌های بزرگ و نادر حمل می‌کنند [۱ و ۸]. در چنین سیستم‌هایی که تاثیر سیلاب‌های بزرگ بیشتر است، مکانیسم‌های حمل و ترسیب نیز از نظر زمانی و مکانی متغیر بوده و از یکنواختی کمتری نسبت به مناطق مرطوب برخوردار است [۲۶]. این سیلاب‌ها با انرژی زیاد و فرسایش و رسوب شدید می‌توانند هندسه آبراهه را تغییر دهند. از طرفی سیلاب‌های این مناطق دارای توزیع زمانی یکنواختی نیز نیستند بطوریکه در یک سال دو یا چند سیلاب بزرگ و در چند سال بعد هیچ سیلابی رخ ندهد. بنابراین رودخانه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌توانند روند متفاوتی از تغییر معمول اندازه ذرات به سمت پایین‌دست داشته باشند [۹]. به علاوه اندازه ذرات متأثر از نوع بار رسوبی، زمین ساخت حوضه، تغییرات سطح اساس، تغییرات شیب کانال و هیدرولیک رودخانه است [۱۱]. جورشدگی هیدرولیکی به شکل، اندازه و چگالی ذرات بستگی دارد و در نتیجه حمل تدریجی ذرات دانه‌ریز و ته‌نشست ترجیحی ذرات درشت بوسیله نیروهای هیدرولیکی و خواص ژئومورفولوژی مانند کاهش شیب بستر رودخانه کنترل می‌شود [۱۹]. در زمینه تاثیر نسبی منابع بالادست بر رسوبات رودخانه‌ای، با هدف ایجاد ارتباط بین رسوبات بستر با سنگ‌شناسی بالادست نیز مطالعات معدودی انجام شده است [۱۷].

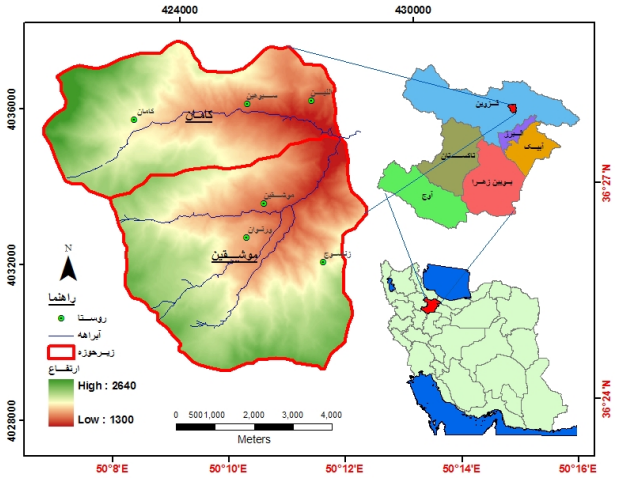
کاویان و همکاران [۱۳] روند تغییرات ویژگی‌های مورفومتری رسوبات بستر در جهت پایین‌دست رودخانه قلعه‌سر ساری را بررسی و نتیجه گرفتند که تغییرات اندازهٔ مواد بستر و ویژگی‌های شکلی آن‌ها در جهت پایین‌دست از نظم خاصی تبعیت نکرده و روندی پیچیده دارد که بستگی به عوامل متعددی از قبیل ورود رسوبات از شاخه‌های فرعی و حاشیهٔ کانال به رودخانه، وجود گسل، شیب آبراهه، تراکم آبراهه، وضعیت سنگ‌شناسی منطقه، و فاصله از بالادست دارد. پاسبان و همکاران [۱۶] پس از بررسی رخساره‌های رسوبی در حوضه سرغایه سرنیش، نتیجه گرفتند که روند ریزشوندگی ذرات به سمت پایین دارای ناپیوستگی‌هایی است که به دلیل ورود رسوبات درشت جانبی از شاخه‌های فرعی، افزایش شیب بستر، نمایان شدن سنگ بستر، تغییر در سنگ شناسی واحدهای زمین شناسی و فعالیت‌های تکتونیکی همچون وجود گسل در مسیر رودخانه است. آنها در بخش‌های پیوسته دارای روند ریزشونده به سمت پایین دست، دو عامل جورشدگی هیدرولیکی و سایش را به عنوان عوامل اصلی ریز شوندگی معرفی کردند.

مروری بر مطالعات گذشته نشان می‌دهد که روند تغییر اندازه ذرات رسوب در هر حوضه علاوه بر عوامل عمومی نظیر هیدرولیک جریان و سایش، می‌تواند متاثر از عوامل منطقه‌ای نظیر ویژگی‌های زمین‌شناسی، اقلیم و ورود رسوبات از کناره‌ها یا شاخه‌های جانبی باشد و در نتیجه مطالعات مورفومتری رسوبات بستر رودخانه برای هر حوضه می‌تواند باعث درک عمیق‌تر فرآیندهای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی حاکم بر حوضه و در نتیجه مدیریت بهتر آن شود. هدف از این پژوهش، تعیین و تحلیل روند تغییر اندازه ذرات رسوبات بستر و ارتباط آنها با خصوصیات فیزیوگرافی حوضه بالادست در حوضه سیلابی ورتوان استان قزوین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز ورتوان قزوین (۴۸۱۱ هکتار)، حوضه‌ای مستعد سیلاب و از نظر ترکیب سنگ‌شناسی بسیار غیرهمگن می‌باشد(شکل ۱). بطور کلی ارتفاعات بخش‌های میانی حوضه را سنگ‌های آهک شیلی و در قسمت‌هایی ماسه‌سنگ قرمز و توف‌های روشن پلاژیوکلاز (پالئوژن-سنوزوئیک) پوشش داده‌اند. واحدهای سنگی ارتفاعات میانی توسط ارتفاعات فوقانی محاط شده‌اند که شامل سنگ‌های آتشفشانی دوران سنوزوئیک بوده و در جنوب و غرب حوضه از آندزیت و در شمال شرق حوضه از توف‌های آتشفشانی تشکیل یافته‌اند. بخش‌های پایین‌دست

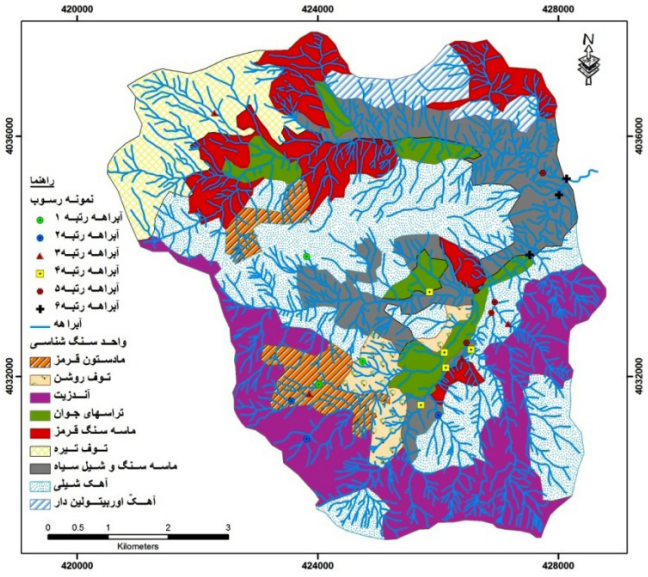


شکل ۱- موقعیت آبخیز ورتوان در استان قزوین و کشور ایران

Fig1. Location map of Vartavan catchment

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- سنگ‌شناسی حوضه ورتوان و نقاط نمونه‌برداری رسوب

Fig2. Lithology and sampling points map of Vartavan catchment

شکل۳- نمایی از آبراهه دارای رتبه ٦

Fig3. View of a stream with order of 6.

حوضه که در قسمت جنوب شرقی و در مجاورت آبراهه‌های اصلی و خروجی حوضه (رتبه‌های ٥ و ٦) قرار دارد از سازند شمشک (ژوراسیک- مزوزوئیک) تشکیل شده است. دمای متوسط سالانه ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد، گرم‌ترین ماه سال تیر با متوسط دمای ۲۵/٤ و سردترین ماه سال دی با متوسط دمای ۰/٤ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط بارش حوضه طی سال‌های ۱۳٦۹ تا ۱۳۹۰، ۳۷۲ میلی‌متر و توزیع بارش از تمرکز در فصول به ترتیب زمستان (۳٦٪)، بهار (۳۲٪) و پائیز (۳۰٪)، و خشکی منطبق بر تابستان (۲٪) تبعیت می‌کند. از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی دومارتن اصلاح شده، حوزه ورتوان دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌باشد. توزیع بسیار متغیر بارش در طی زمان باعث جایگزینی دوره‌های خشک با دوره‌های مرطوب و سیلابی می‌شود. علاوه بر استعدادهای اقلیمی، تیپ کوهستانی و شیب بالا (شیب متوسط حوضه ٤۰ درصد) باعث می‌شوند که در این حوضه تندسیلاب‌های زیادی رخ دهد که می‌توانند مقادیر زیادی رسوبات آبرفتی را حمل و هندسه آبراهه را تغییر دهند.

نمونه‌گیری از رسوبات بستر و واحدهای سنگ‌شناسی

در حوزه‌های آبخیز آبراهه‌های مناطق بالادست و سرشاخه‌ها دارای درجات پائین بوده و به سمت پائین‌دست و پس از اتصال آنها، رتبه آبراهه افزایش می‌یابد. بر اساس همین فرض و پس از تهیه نقشه آبراهه‌ها و رتبه‌بندی آنها به روش استراهلر، ابتدا نقشه نقاط نمونه‌برداری تهیه شد (شکل ۲). با درنظرگرفتن هر یک از نقاط نمونه‌برداری به عنوان خروجی، مشخصات فیزیوگرافی حوزهٔ آبخیز بالادست آن محاسبه شد. در مرحله بعد، از هر رتبه آبراهه حداقل سه نمونه (مجموعاً به تعداد ۲٥ نمونه) از رسوبات آبرفتی کف بستر در قسمتی که معرف آن مقطع از آبراهه باشد برداشت گردید. برای نمونه‌برداری از هر نقطه، ابتدا یک پلات یک متر مربعی را در نظر گرفته و رسوبات موجود در داخل آن به عمق ۱٥-۱۰ سانتی‌متر طوری برداشت شد که وزن بزرگ‌ترین ذره رسوبی در داخل نمونه بیشتر از پنج درصد وزن کل نمونه نباشد. در شکل ۳ نمایی از آبراهه دارای رتبه ٦ حوضه و رسوبات آن ارائه شده است.

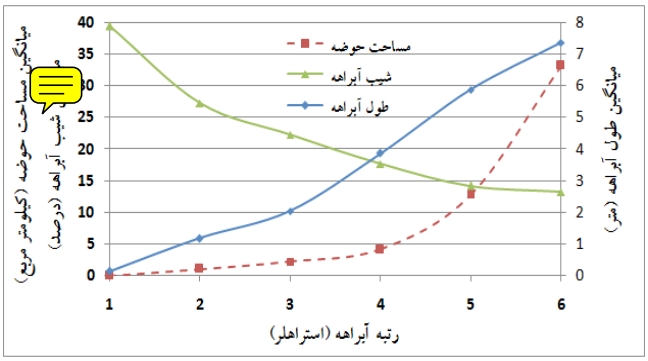
پس از تدقیق مرز واحدهای سنگ‌شناسی با استفاده از تصاویر Google earth و تجزیه و تحلیل تصاویر ETM^+ و کنترل گسترده صحرایی، از عمق ٥-۰ سانتی‌متری خاک موجود بر روی هر واحد سنگ‌شناسی نیز حداقل سه نمونه (مجموعاً به تعداد ۳۰ نمونه) برداشت گردید.

دانه‌بندی نمونه‌ها و تعیین شاخص‌های گرانولومتری

دانه‌بندی نمونه‌ها در دو مرحله صحرایی و آزمایشگاهی انجام گرفت. ابتدا اجزای بزرگتر از ٤ سانتی‌متر در صحرا دانه‌بندی شده و وزن آنها محاسبه شد. عناصر با قطر کوچک‌تر از ٤ سانتی‌متر نیز پس از انتقال به آزمایشگاه در هوای آزاد و دمای اتاق خشک و کلوخه‌های آن با استفاده از چکش پلاستیکی خرد شد و بعد دانه‌بندی آنها بر اساس استاندارد بین المللی به روش ASTM انجام شد. بدین منظور قطرهای کوچکتر از ۰/٥ سانتی‌متر بوسیله دستگاه شیکر (الک‌های ٦۳، ۱۲٥، ۲٥۰ میکرون و ۱، ۲ و ٤ میلیمتر) به مدت ۲۰ دقیقه و قطرهای بین ۰/٥ تا ٤ سانتیمتری هم توسط الک‌های تهیه شده در قطرهای ۰/٥، ۱، ۲ و ٤ سانتیمتر دانه‌بندی شدند و بعد وزن باقیمانده بر روی الک‌ها با کمک ترازوی دیجیتالی (با دقت یک دهم گرم) محاسبه شد. نرم‌افزار GR-graph (اختصاصی و صارمی، ۱۳۸۳) شاخص‌های آماری دانه‌بندی را به روش ترسیمی فولک محاسبه

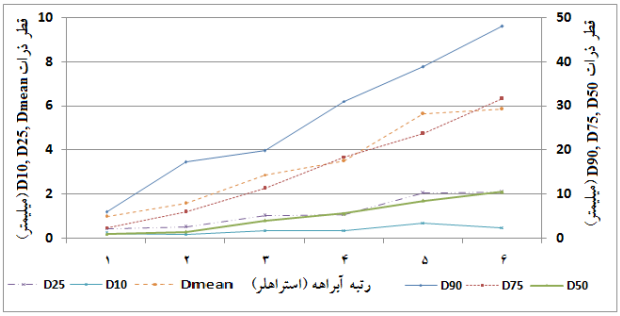
www.SID.ir

Archive of SID



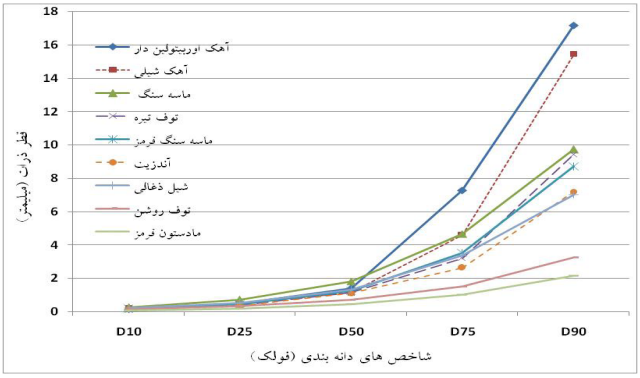
شکل٤- نمودار رابطه رتبه آبراهه نقاط نمونه‌برداری رسوب با مشخصات فیزیوگرافی حوضه بالادست

Fig4. Relationship diagram between stream order of sampling points and upstream catchment characteristics.



شکل ٥- نمودار رابطه رتبه آبراهه با میانگین شاخص‌های قطر ذرات رسوب

Fig5. Relationship diagram between stream order and diameter indices mean of sediment particles.



شکل٦- نمودار شاخص‌های دانه‌بندی واحدهای سنگ‌شناسی

Fig6. Granolometry indices diagram of lithological units.

می‌کند. در این برنامه کافیست که وزن هر دامنه قطری بدست آمده را وارد کرد تا محاسبات مربوط به شاخص‌های مختلف گرانولومتری از جمله قطر میانگین، قطر میانه (مد)، جورشدگی (ضریب یکنواختی)، چولگی و پخی انجام پذیرد. این نرم‌افزار همچنین نمودار دانه‌بندی نمونه‌ها و منحنی تجمعی فراوانی را ارائه می‌دهد.

نتایج

بررسی رابطه رتبه آبراهه نقاط نمونه‌برداری رسوب با ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه بالادست نشان می‌دهد که با افزایش رتبه آبراهه میزان طول آبراهه اصلی و مساحت حوضه زهکشی افزایش ولی میزان شیب ناخالص آبراهه اصلی کاهش یافته است (شکل ٤).

نتایج تجزیه و تحلیل مورفومتری برای کلیه نمونه‌های رسوب که در نرم‌افزار Gr-graph محاسبه گردید در جدول ١ ارائه شده است.

برای تحلیل آسان‌تر رابطه رتبه آبراهه با شاخص‌های مورفومتری رسوبات و روند تغییر قطر ذرات به سمت پایین‌دست، نمودار میانگین شاخص‌های مختلف قطر ذرات رسوب و رتبه آبراهه در شکل ٥ ارائه شده است. بر این اساس مشاهده می‌شود که با افزایش رتبه آبراهه به سمت پایین‌دست، یک روند افزایشی قطر ذرات برای تمامی شاخص‌های قطری وجود دارد.

میانگین شاخص‌های مورفومتری نمونه‌های خاک موجود بر روی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱ – شاخص‌های دانه‌بندی (mm) و ویژگی‌های حوضه بالادست نقاط نمونه‌برداری رسوب

Table1. Granolometry indices (mm) and upstream catchment characteristics of sampling points

نمونه	رتبه آبراهه	واحد سنگ‌شناسی	D_{median}	D_{mean}	D_{10}	D_{25}	D_{50}	D_{75}	D_{90}
Sample	Stream order	Lithology unit							
1	6	ماسه‌سنگ	5.6	4.7	0.3	0.9	5.6	26.6	41.8
2	6	ماسه‌سنگ	12.5	5.9	0.4	2	12.5	33.1	49.4
3	6	ماسه‌سنگ	13.2	6.9	0.7	3.3	13.2	34.9	53.1
4	5	ماسه‌سنگ	8.8	4.9	0.3	1.4	8.7	30.9	52.3
5	5	ماسه‌سنگ قرمز	11.6	7.4	1.1	2.8	11.6	32.4	49.4
6	5	ماسه‌سنگ	8.3	5.8	0.6	2.3	8.3	16.3	26.2
7	5	آهک شیلی	1.3	1.3	0.2	0.5	1.3	3.4	9.8
8	5	آهک شیلی	10.3	6.6	0.7	2.3	10.3	30.6	51.3
9	5	ماسه‌سنگ	3.4	3.4	0.7	1.4	3.4	8	15.3
10	4	ماسه‌سنگ	3.7	2.2	0.2	0.7	3.7	16.9	30.2
11	4	ماسه‌سنگ	8.2	5.1	0.3	1.3	8.2	29.3	53.2
12	4	ماسه‌سنگ	10.1	5.4	0.5	1.4	10.1	33	49.4
13	4	ماسه‌سنگ	1.7	1.7	0.3	0.7	1.7	3.6	7.3
14	4	تراس‌های جوان	3.8	3.1	0.4	1.1	3.8	9.1	15.1
15	3	مادستون قرمز	2	1.9	0.2	0.7	2	5.9	12.8
16	3	شیل ذغالی	11.5	6.4	0.6	2.4	11.4	32.5	51.2
17	3	آهک شیلی	2.7	2.5	0.3	0.9	2.7	7.6	14.9
18	3	توف تیره	4.9	3.2	0.2	0.7	4.9	13.7	24.1
19	2	آندزیت	1.4	1.8	0.1	0.5	1.4	8.4	24.6
20	2	مادستون قرمز	0.7	0.8	0.2	0.3	0.7	1.4	6.3
21	2	شیل ذغالی	2.3	2.4	0.6	1.1	2.3	6.2	9.9
22	1	مادستون قرمز	0.4	0.4	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6
23	1	توف روشن	1.5	1.4	0.3	0.7	1.5	2.9	6.4
24	1	آهک شیلی	1.1	1.5	0.2	0.5	1.1	4.8	13.7
25	1	توف روشن	0.5	0.5	0.2	0.3	0.5	1	1.9

واحدهای مختلف سنگ‌شناسی حوضه نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

شکل ٦ نشان می‌دهد که می‌توان خاک‌های موجود بر روی واحدهای سنگی آهکی و ماسه‌سنگی را جزو خاک‌های درشت‌دانه حوضه، خاک‌های واحدهای توف تیره و آندزیت را جزو خاک‌های متوسط‌دانه و خاک‌های واحدهای مادستون قرمز، شیل ذغالی و توف‌های روشن را جزو خاک‌های ریزدانه حوضه محسوب کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس قوانین حمل و نقل انتخابی و جورشدگی هیدرولیکی و مطابق با روند کاهشی شیب حوضه و برعکس روند افزایشی طول آبراهه اصلی و مساحت حوضه زهکشی، باید شاهد روند ریزشدن ذرات رسوب به سمت پائین‌دست باشیم ولی نتایج نشان داد که بطور کلی در حوضه ورتوان روند تغییرات ویژگی‌های رسوب متفاوت از سیستم‌های آبرفتی مناطق مرطوب و یا مناطق همگن از نظر زمین‌شناسی است و روند تغییرات اندازه رسوبات به سمت پایین دست (آبراهه‌های رتبه یک تا آبراهه‌های رتبه شش) عمدتا توسط سنگ‌شناسی حوضه کنترل می‌شود و تغییرات هیدرولیکی باعث ایجاد تغییرات ثانویه‌ای بر روی روند کلی می‌شود که هیتمولر و همکاران [۱۰] نیز به نتیجه مشابهی در خصوص تاثیر زمین‌شناسی بر روند ریز شدن ذرات رسیده بودند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- میانگین شاخص‌های دانه‌بندی (mm) واحدهای سنگ‌شناسی حوضه ورتوان

Table2. Granolometry indices mean (mm) of lithological units of Vartavan catchment

واحد سنگ‌شناسی Lithology unit	تعداد نمونه Number of samples	D_{median}	D_{mean}	D_{10}	D_{25}	D_{50}	D_{75}	D_{90}
توف اوربیتولین‌دار	3	1.39	16.9	0.17	0.5	1.39	7.28	17.18
آهک شیلی	6	1.14	1.45	0.24	0.46	1.14	4.62	15.46
ماسه‌سنگ	3	1.83	1.74	0.27	0.72	1.83	4.68	9.72
توف تیره	3	1.16	1.15	0.12	0.41	1.16	3.2	9.44
ماسه‌سنگ قرمز	3	1.25	1.18	0.17	0.45	1.25	3.54	8.71
آندزیت	3	1.11	0.98	0.13	0.38	1.11	2.64	7.21
شیل ذغالی	3	1.33	1.29	0.22	0.53	1.33	3.36	7.02
توف روشن	3	0.71	0.7	0.16	0.33	0.71	1.53	3.27
مادستون قرمز	3	0.47	0.45	0.09	0.2	0.47	1.01	2.14

حوضه ورتوان دارای اقلیم نیمه‌خشک است که بر اساس نتایج هادسون و هیتمولر [۱۲]، رودخانه‌های این مناطق می‌توانند روند متفاوتی از تغییر معمول اندازه ذرات به سمت پایین‌دست داشته باشند زیرا در چنین شرایطی که تنش برشی بیشتر جریانات، از آستانه حمل تمامی ذرات داخل بستر بیشتر است، انتقال ذرات ریز و درشت بستر به یک میزان صورت می‌پذیرد. از نقطه‌نظر سنگ‌شناسی و ژئومورفولوژی نیز نرخ و الگوهای تفریقی هوازدگی در حوضه ورتوان بر میزان حصر دره آبراهه و ترکیب رسوبات تاثیر گذاشته است. هوازدگی فیزیکی و شیمیایی زیاد واحدهای سنگی بالادست حوضه باعث ایجاد دره‌های عریض در بخش‌های فوقانی حوضه شده است. در حالیکه در بخش‌های پایینی حوضه، به دلیل مقاومت نسبتا زیاد ماسه‌سنگ، آبراهه‌های این بخش از حوضه با کاهش عرض دره و محدود شدن نهشته‌های آبرفتی و افزایش برونزدهای سنگی همراه است و از طرفی این واحد با وجود مقاومت نسبتا زیاد، بیشتر رسوبات در اندازه ماسه خیلی درشت تا سنگریزه را تحویل شبکه آبراهه‌ای می‌دهد. هوازدگی واحدهای سنگی مادستون قرمز، توف‌های روشن، شیل ذغالی و آندزیت که نقاط نمونه‌برداری رسوب از آبراهه‌های دارای رتبه ۱ و ۲ می‌باشند باعث ایجاد خاک‌های نسبتا ریز تا متوسط‌دانه (ماسه متوسط تا درشت) بر روی آنها می‌شود و در نتیجه رسوبات آبراهه‌های موجود در آنها نیز ریزدانه می‌باشد. از طرفی این رتبه‌های آبراهه در بخش‌های مرتفع حوضه ورتوان (ارتفاع بیشتر از ۱۸۰۰ متر) قرار گرفته‌اند که دارای بارش به شکل برف (عکس‌العمل کند هیدرولوژیکی) بوده و به دلیل رتبه پائین هنوز دارای دبی قابل توجهی نیستند که سبب جورشدگی هیدرولیکی رسوبات آنها شود. جریان آب در آبراهه‌های درجه ۵ و ٦ از واحدهای سنگ‌شناسی آهک شیلی و ماسه‌سنگ عبور می‌کند. واحدهای آهک شیلی و ماسه‌سنگ پس از هوازدگی مقادیر زیادی ذرات درشت‌دانه (ماسه خیلی درشت تا سنگریزه ریز) را وارد شبکه زهکشی می‌کنند. در آبراهه‌های درجه ۵ و ٦ کناره‌های آبراهه از ذرات ماسه درشت تا سنگریزه ریز تشکیل شده است که سبب افزایش قطر رسوبات بستر آبراهه می‌شوند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه جریان آبراهه و جورشدگی هیدرولیکی به مقدار زیادی بر فرآیندهای آبرفتی و هندسه آبراهه تاثیر می‌گذارند ولی سنگ‌شناسی سطح حوضه و ریزش ذرات درشت‌دانه از کناره‌ها به داخل بستر باعث افزایش روند اندازه ذرات در آبراهه‌های پایین دست شده است.

به عنوان نتیجه‌گیری کلی اگرچه جورشدگی هیدرولیکی (حمل و نقل انتخابی) و سایش جزو عوامل عمومی و اصلی در کاهش اندازه ذرات رسوب است، ولی در حوضه ورتوان این عوامل تحت تاثیر عوامل منطقه‌ای نظیر تفاوت واحدهای سنگ‌شناسی در بالادست و پائین‌دست حوضه و سیلاب‌های اقلیم نیمه‌خشک حوضه قرار گرفته‌اند. این شرایط باعث شده تا روند تغییر اندازه ذرات به سمت پائین‌دست، دارای شیب افزایشی باشد. انتظار می‌رود که نتایج این پژوهش در حوضه‌های مناطق نیمه‌خشک و بویژه دارای واحدهای سنگ‌شناسی متفاوت، سبب درک بهتر روند ترکیب نهشته‌های رسوبی به سمت پایین‌دست شود. به هر حال کاربرد مدل‌هایی که دارای فرض ریز شدن ذرات رسوب به سمت پایین‌دست هستند می‌تواند در حوضه ورتوان و حوضه‌های شبیه به آن (سنگ‌شناسی غیرهمگن و اقلیم نیمه‌خشک) که دارای روند درشت شدن ذرات به سمت پایین‌دست هستند یک چالش جدی باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از خانم زهرا فریدکیا که در تمامی مراحل تهیه مقاله و بخصوص جمع‌آوری نمونه‌ها، دانه‌بندی و تعیین شاخص‌های مورفومتری، کمک شایانی نمودند قدردانی می‌نمایند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1- Baker, V.R., 1977. Stream-channel response to floods, with examples from central Texas. Geological Society of America Bulletin 88, 1057–1071.

2- Church, M., 2006. Bed material transport and the morphology of alluvial river channels. Annual Rev. Earth Planet Sci., 34: 325-354.

3- Demir, T. 2003. Downstream changes in bed material size and shape characteristics in a small upland stream, Cwm Treweryn, in South Wales. Bulletin of Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University, Yerbilimleri, 28, 33-47.

4- Demoulin, A., 2011. Basin and river profile morphometry: A new index with a high potential for relative dating of tectonic uplift. Geomorphology, 126: 97-107.

5- Duan, J.G., & Scott, S., 2007. Selective bed-load transport in Las Vegas Wash,a gravel-bed stream. Journal of Hydrology, 342: 320-330.

6- Frings, R.M., 2008. Downstream fining in large sand-bed rivers. Earth Science Reviews, 87: 39-60.

7- Ghoshal, K., Mazumder, B.S., & Purkait, B., 2010. Grain-size distributions of bed load: Inferences from flume experiments using heterogeneous sediment beds. Sedimentary Geology, 223: 1-14.

8- Gupta, A., 1988. Large floods as geomorphic events in the humid tropics. In: Baker, V.R., Kochel, R.C., Patton, P.C. (Eds.), Flood Geomorphology.Wiley, New York, pp. 301–315.

9- Hassan, M.A., 2005. Characteristics of gravel bars in ephemeral streams. Journal of Sedimentary Research 75, 29–42.

10- Heitmuller, F.T. and Hudson, P.F. 2009. Downstream trends in sediment size and composition of channel-bed, bar, and bank deposits related to hydrologic and lithologic controls in the Llano River watershed, central Texas, USA. Geomorphology, 112, 246–260.

11- Hoey, T.B., & Bluck, B.J., 1999. Identifying the controls on downstream fining gravels. J. Sediment. Res. 69A: 40-50.

12- Hudson, P.F., Heitmuller, F.T., 2003. Local- and watershed-scale controls on the spatial variability of natural levee deposits in a large fine-grained floodplain: lower Pánuco basin, Mexico. Geomorphology 56, 255–269.

13- Kavian, A.A., Adineh, F., Vahabzadeh, Gh., Khaledi Darvishan, A.V. 2013. Spatial variation of bedload shape characteristic towards downstream (Case Study: Ghalesar watershed, Sari). Journal of Range and Watershed Management. (In Persian)

14- Muskatirovic, J. 2007. Analysis of bedload transport characteristics of Idaho streams and rivers. Earth Surface Processes and Landforms, 33, 1757-1768.

15- Nino, Y. 2002. Simple model for downstream variation of median sediment size in Chilean rivers. Journal of Hydraulic Engineering, 128(10), 934-941.

16- Paseban, E., Mahmoudi Gharaie, M.H., Mahboubi, A., Khanehbad, M., Taghdisi Nikbakht, S. 2013. Analysis of sedimentary facies and sediment fining in Sarghayeh- Sarnish watershed (South of Mashhad). Sedimentary Facies 5 (2): 153-168. (In Persian)

17- Phillips, J.D., Slattery, M.C., Musselman, Z.A., 2004. Dam-to-delta sediment inputs and storage in the lower Trinity River, Texas. Geomorphology 62, 17–34.

18- Pizzuto, J.E. 1995. Downstream fining in a network of gravel-bedded rivers. Water Resources Research, 31(3), 753-759.

19- Rengers, F., & Wohl, E., 2007. Trend of grain sizes on gravel bars in the Rio Chagres, Panama. Geomorphology, 83: 282-293.

20- Rice, S., & Church, M., 1998. Grain size along two gravel-bed rivers: statistical variation, spatial pattern and sedimentary links. Earth Surface Processes and Landforms, 23: 345-363.

21- Rice, S., 1999. The nature and controls on downstream fining within sedimentary links. Journal of Sedimentary Research 69, 32–39.

22- Rice, S.P., & Church, M., 2010. Grain-size sorting within river basin relation to downstream fining along a wandering channel. Sedimentology, 57: 232-251.

23- Sadeghi, S.H.R., Khaledi Darvishan, A., Vafakhah, M. and Gholami, L. 2007. Study on changes

www.SID.ir

Archive of SID

in morphometric characteristics of bed materials (case study: Vaz watershed, Mazandaran). Journal of the Iranian Natural Resources, 4, 1197-1185. (In Persian)

24- Surian, N. 2002. Downstream variation in grain size along an Alpine river: analysis of controls and processes. Geomorphology, 43, 137-149.

25- Whitaker, A. and Potts, C. 2007. Coarse bed load transport in an alluvial gravel bed stream, Dupuyer Creek, Montana. Earth Surface Processes and Landforms, 32(13), 1984-2004.

26- Wolman, M.G., Gerson, R., 1978. Relative scales of time and effectiveness of climate in watershed geomorphology. Earth Surface Processes 3, 189–208.

www.SID.ir