

رخساره‌های سنگی، پیوستگی رسوبی و ترکیب رسوبات در رودخانه صدخرو (غرب سبزوار)

سهیلا قلعه‌نویی، دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی دانشگاه فردوسی مشهد

محمد خانه‌باد، استادیار، گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد*

سید رضا موسوی حرمی، استاد، گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

اسداله محبوبی، استاد، گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

رودخانه صدخرو در شمال روستایی به همین نام و در غرب سبزوار از حوزه آبریزی به مساحت ۶۶/۳۲۱ کیلومتر مربع منشأ می‌گیرد و با طی مسافت ۱۶/۵ کیلومتر به دشت می‌رسد. این رودخانه از نوع بریده بریده و با بار بستر گراولی است. انواع رخساره‌های موجود از گراول ماتریکس پستیپیان (Gmm)، گراول دانه پستیپیان (Gcm)، ماسه توده‌ای (Sm)، ماسه با طبقه‌بندی مورب مسطح (Sp)، ماسه با طبقه‌بندی مورب عدسی (St)، گل لامیناسیون دار (Fl) و گل توده‌ای (Fm) تشکیل شده است. رخساره‌های موجود در چهار عنصر ساختاری کانال (CH)، جریان گراویته‌ای (SG)، بار گراولی و اشکال لایه‌ای (GB) و رسوبات ریز خارج از کانال (FF) شکل گرفته‌اند. به منظور بررسی تغییرات اندازه ذرات و عوامل مؤثر در ریزشوندگی در این رودخانه تعداد ۵۴ نمونه رسوب از کانال اصلی رودخانه برداشت، آنالیز و براساس آن پیوستگی رسوبی به سمت پایین‌دست تشخیص داده شد. این پیوستگی نشان می‌دهد که عواملی مانند شاخه‌های فرعی، افزایش شیب بستر، نمایان شدن سنگ بستر، تغییر در سنگ‌شناسی واحدهای زمین‌شناسی و فعالیت‌های تکتونیکی همچون وجود گسل در مسیر رودخانه نتوانسته‌اند نقش مهمی در ایجاد ناپیوستگی در این رودخانه داشته باشند. در این حوزه در مقایسه با سایش، جورشدگی هیدرولیکی نقش مؤثرتری در ریزشوندگی اندازه ذرات این پیوستگی رسوبی دارد. محاسبه پارامترهای اندازه ذرات نشان می‌دهد که رسوبات رودخانه مورد مطالعه عمدتاً دارای جورشدگی بد و بسیار بد، کج‌شدگی مثبت و کشیدگی پهن تا کشیده می‌باشد. درصد گراول، ماسه و گل در هر نمونه محاسبه و رسوبات نام‌گذاری شدند. به منظور بررسی جنس رسوبات و نقش لیتولوژی‌های اطراف در تولید رسوبات این حوزه آبریز، تعداد ۲۰ مقطع نازک و نیز ۱۰ مقطع صیقلی نازک برای شناسایی کانی‌های اپک، از رسوبات این رودخانه از بالادست به سمت پایین دست تهیه گردید و سپس در آزمایشگاه توسط میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند و مشخص شد بیشتر کانی‌های سازنده این رسوبات مربوط به سنگ‌های افیولیتی و سایر خرده‌ها حاصل از سنگ‌های رسوبی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: رخساره رسوبی، پارامترهای رسوبی، جورشدگی هیدرولیکی، سایش، رودخانه صدخرو

مقدمه

رودخانه یک سیستم دینامیکی است که متغیرهای اقلیمی، زمین‌شناسی، فیزیوگرافی و فعالیت‌های تکتونیکی بر روی سرعت و نوع جریان، عمق، میزان حمل و نقل رسوب و در نتیجه بر تشکیل رخساره‌های رسوبی در آن نقش بسزایی ایفا می‌کنند (Sear and Newson 2003; Friend and Dade 2005; Demoulin 2011). بررسی رودخانه‌ها به منظور مدیریت سیلاب‌ها، تأمین آب و ساخت کانال‌های مصنوعی، مطالعه فرسایش رودخانه‌ای و رسوب‌گذاری در مخازن سدها و مبارزه با آلودگی‌های آب‌های سطحی و زیرزمینی انجام می‌شود. چنین شناختی برای تفسیر رسوبات رودخانه‌ای قدیمه استفاده می‌شود و در اکتشاف، توسعه و مدیریت منابع اقتصادی مهم دربردارنده آب، نفت، گاز، کانی‌های پلاسور و زغال حائز اهمیت است (Thompson 2008; Uribelarra and Benito 2008; Lehotsky, et al. 2010; Mori 2010). مطالعات زیادی در خصوص تغییرات اندازه ذرات به سمت پایین دست صورت گرفته است که همگی کاهش اندازه ذرات به سمت پایین دست را تأیید نموده‌اند که خود حاصل فرآیندهای جورشدگی و سایش ذرات است (Parker 1991a,b; Ferguson et al. 1996; Lewin and Brewer 2002). اما ممکن است عواملی سبب پیچیدگی این الگو شوند (Rice and Church 2010). از جمله این عوامل می‌توان به تولید کم رسوب، منابع جانبی رسوب (Heller et al. 2001; Davey and Lapoigne 2007) و عوامل محلی تغییر کانال (Rice and Church 1996) از نظر تغییرات کانال توسط انسان (Surian 2002) و یا تأثیر سنگ‌شناسی در ریخت‌شناسی کانال (Constantine et al. 2003; Heitmuller and Hudson 2009) اشاره کرد. رخساره‌های

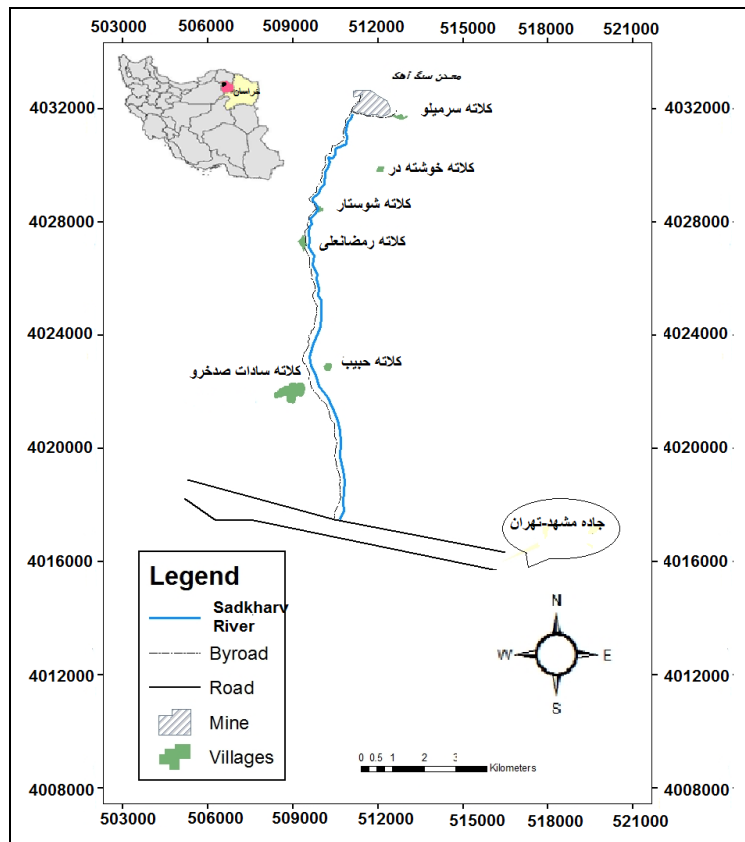
رسوبی که در کانال و خارج رودخانه نهشته می‌شوند (Kjemperud et al. 2008; Mannai-Taye and Otero 2005) می‌توانند در بازسازی محیط تشکیل آنها کاربرد داشته باشند (Kwon et al. 2002) این رخساره‌ها که در شرایط مختلف رسوبی بر جای گذاشته می‌شوند ناشی از تغییرات رژیم جریان و یا در مقیاس بزرگتر تغییرات در محیط رسوبی هستند (Kumar et al. 2007; Miall 2006).

هدف از این مطالعه بررسی رخساره‌های رسوبی و عناصر ساختاری، تغییرات اندازه ذرات، عوامل مؤثر در ریزشوندگی به طرف پایین‌دست، تعیین عوامل مؤثر در ایجاد ناپیوستگی‌های رسوبی و ارتباط آنها با مؤلفه‌های بافتی است. به دلیل احتمال وقوع سیلاب و نیز فرسایش نسبتاً بالا در این منطقه، بررسی‌های رسوب‌شناسی و نیز مطالعه واحدهای زمین‌شناسی ضرورت دارد.

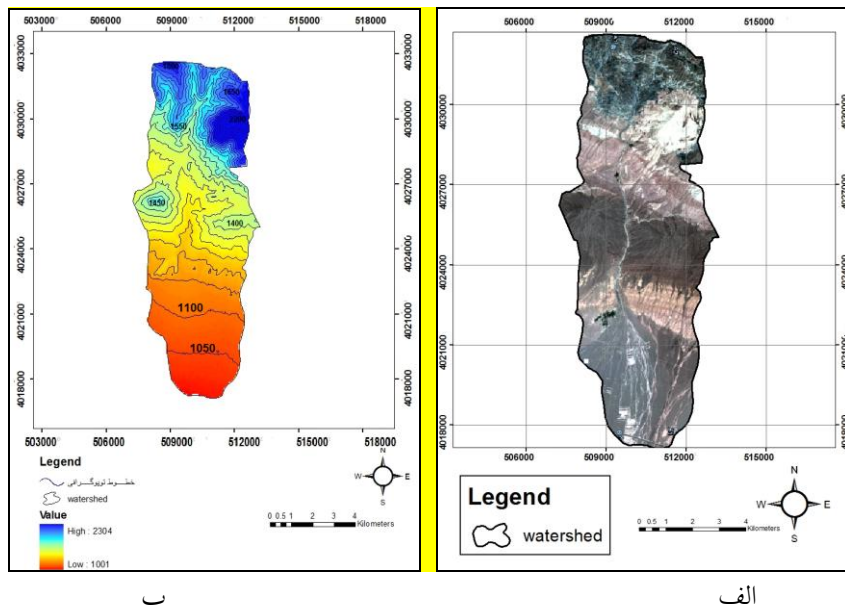
منطقه مورد مطالعه

حوضه رسوبی صدخرو در شمال روستای به همین نام واقع در غرب سبزوار با طول $42^{\circ} 7' 57''$ تا $19^{\circ} 5' 57''$ شرقی و عرض $10^{\circ} 26' 36''$ تا $16^{\circ} 17' 36''$ شمالی قرار دارد (شکل ۱). وسعت این حوزه آبریز $66/321$ کیلومتر مربع و به شکل کشیده است. تصویر ماهواره‌ای و ژئومورفولوژی آن مشخص شده است (شکل ۲).

قابل ذکر است که جاده آسفالتی و نیز جاده فرعی مشخص شده در نقشه تنها راه‌های دسترسی به حوضه رسوبی مورد مطالعه است و در قسمت شمال حوضه به علت کوهستانی بودن منطقه راه‌های دسترسی به این حوضه وجود ندارد.



شکل ۱- راه‌های دسترسی به حوزه آبریز صدخرو (سبزوار با رنگ قرمز و حوزه رسوبی صدخرو با رنگ مشکی در نقشه ایران مشخص شده است)



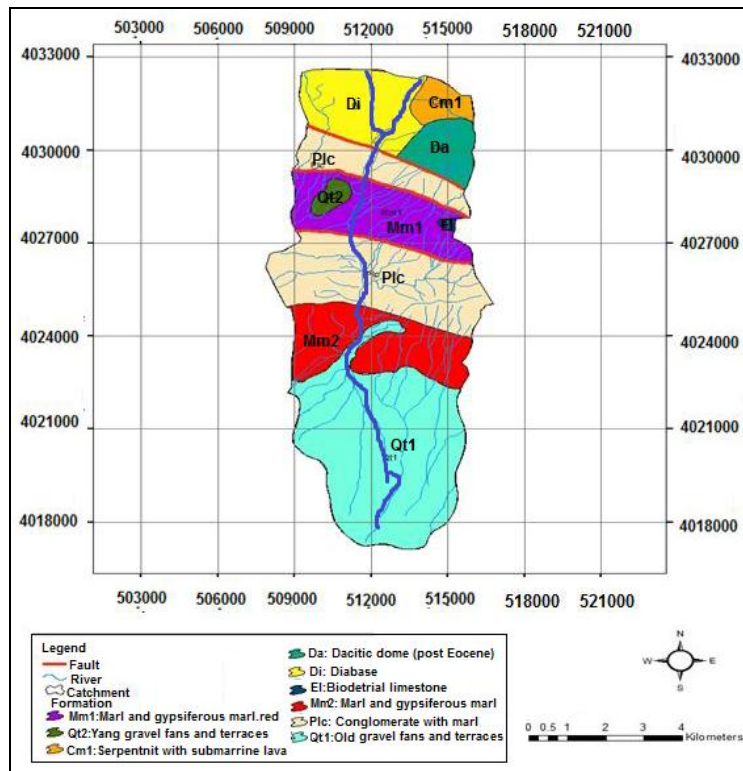
ب

الف

شکل ۲- الف) تصویر ماهواره‌ای حوزه آبریز صدخرو. ب) نقشه ژئومورفولوژی حوزه آبریز صدخرو که برخی ارتفاعات کلیدی روی آن مشخص شده است.

نوع نرمال بوده و در قسمت بالادست و میانه این حوضه واقع شده‌اند و دارای روند جنوب شرق-شمال غرب هستند (سهندی ۱۳۷۱) (شکل ۳).

واحدهای زمین‌شناسی این منطقه شامل افیولیت ملانژها و آهک که در بالادست وجود دارند، کنگلومرا و ماسه‌سنگ در قسمت میانی و شیل و مارن که در قسمت میانی و پایین‌دست حوضه قرار دارد. بیشتر گسل‌های این منطقه از



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی حوزه آبریز رودخانه صدخرو در غرب سبزوار با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سبزوار (برگرفته از سهندی ۱۳۷۱).

روش مطالعه

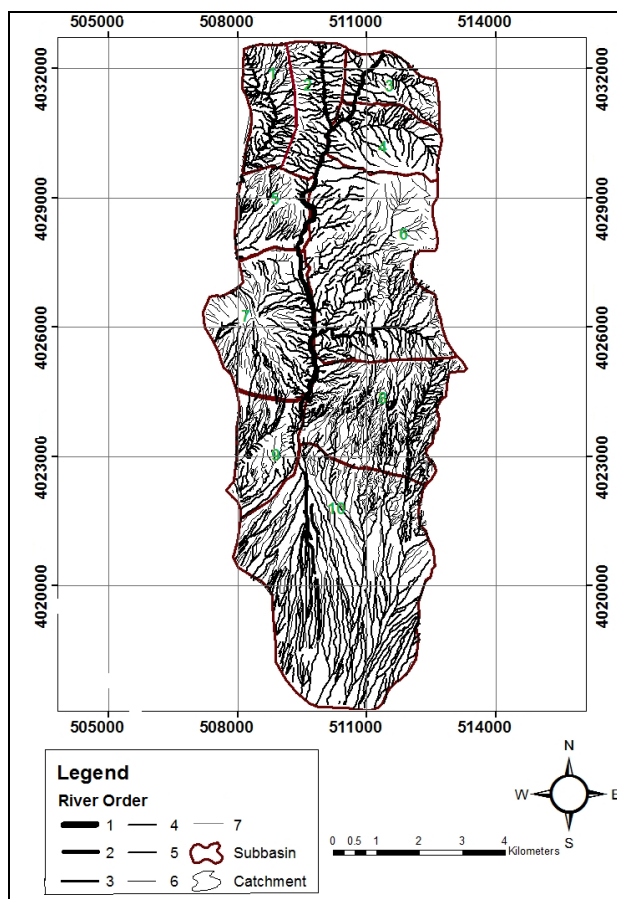
مواد آلی، سپس نمونه‌ها با استفاده از ترازوی Mettler PL62 با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. با استفاده از روش غربال خشک و با فواصل ۰/۵ فی (از ۶- فی تا ۴ فی) نمونه‌ها الک شده و درصد وزنی ذرات در اندازه‌های گراول، ماسه و گل محاسبه شد و سپس نام‌گذاری بافت رسوبات با استفاده از روش فولک (۱۹۷۴) انجام گرفت. مشخصه‌های اندازه ذرات شامل میانگین و میانه قطر ذرات، جورشدگی، کج‌شدگی و کشیدگی به روش ترسیمی جامع فولک (۱۹۷۴) محاسبه شد. همچنین براساس شواهد و مطالعات صحرایی که در طول مسیر حرکت از بالادست تا پایین دست رودخانه صدخرو انجام گرفت، رخساره‌های رسوبی موجود در دیواره رودخانه بررسی و براساس رده بندی (Miall 2006) نام‌گذاری شدند.

با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سبزوار (سهندی ۱۳۷۱)، آبراهه اصلی، آبراهه‌های فرعی و نیز زیرحوضه‌های موجود شناسایی و مساحت هر زیرحوضه محاسبه شد (شکل ۴ و جدول ۱).

تعداد ۵۴ نمونه رسوب در فاصله‌ای به طول ۱۶/۵ کیلومتر در مسیر کانال اصلی رودخانه از بالادست تا پایین دست از کف کانال اصلی برداشت و موقعیت هر یک از آنها با GPS مشخص گردید (شکل ۲). در نمونه‌گیری سعی شد نمونه‌ها از قسمت فعال کانال که رابطه نزدیکی با رژیم جریان‌های حاضر رودخانه دارند، برداشت شوند. پس از نمونه‌برداری مراحل آماده‌سازی شامل حذف رطوبت اولیه و

قسمت‌هایی که شاخه‌های آبراهه‌ای اصلی‌تر به یک نقطه جهت‌یابی شده‌اند به عنوان یک مرز زیر حوضه مشخص شدند. همچنین در نرم افزار GIS نقشه توپوگرافی رسم شد.

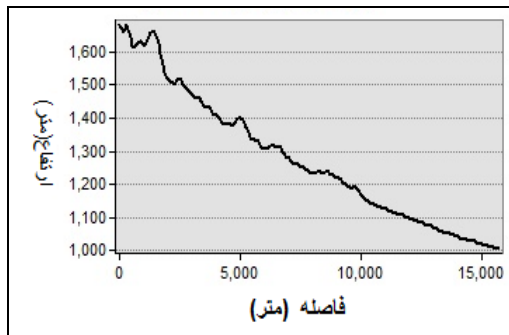
نقشه زمین‌شناسی حوزه آبریز رودخانه صدخرو نیز توسط نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سبزوار رسم شد (شکل ۳). در مرحله بعد با استفاده از نقشه زمین‌شناسی و عکس ماهواره‌ای، آبراهه‌های موجود در حوضه رسوبی رسم شده و سپس در



شکل ۴- نقشه واحدهای هیدرولوژیک یا زیر حوضه‌های حوزه آبریز صدخرو، آبراهه درجه یک کانال اصلی را مشخص می‌کند

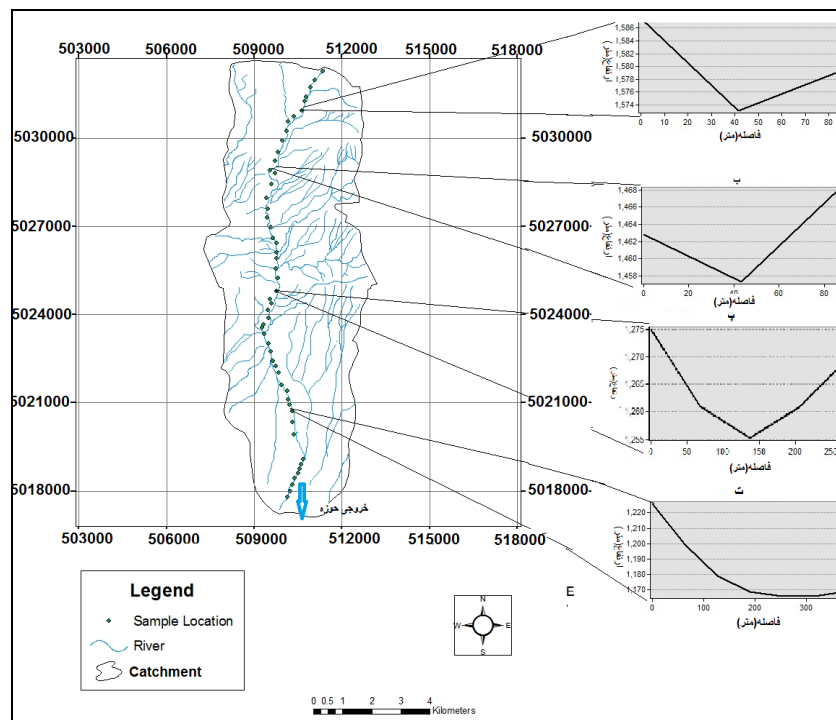
جدول ۱- مساحت زیرحوضه‌های موجود در رودخانه صدخرو

مساحت (Km ²)	زیرحوضه
۴/۰۲۱	زیرحوضه ۱
۳/۰۶	زیرحوضه ۲
۲/۵۵	زیرحوضه ۳
۳/۴۱	زیرحوضه ۴
۴/۱	زیرحوضه ۵
۱۰/۲۱	زیرحوضه ۶
۸/۶۵	زیرحوضه ۷
۸/۳۱	زیرحوضه ۸
۶/۱۵	زیرحوضه ۹
۱۵/۸۲	زیرحوضه ۱۰



شکل ۵- پروفیل طولی رودخانه صدخرو. همان‌طور که در شکل مشخص است به سمت پایین دست ارتفاع کم شده است.

پروفیل طولی و عرضی رودخانه در محیط GIS ترسیم شد (شکل ۵ و ۶). همان‌طور که در پروفیل طولی مشهود است از بالادست به سمت پایین دست ارتفاع کاهش یافته و نیز با توجه به مقاطع عرضی رسم شده که در روی تصویر ماهواره‌ای موقعیت آنها نشان داده شده است، مشخص می‌شود که در طول مسیر به سمت پایین دست شیب دیواره‌های کانال کاهش و عرض کانال افزایش می‌یابد. برای بررسی تغییر جنس رسوبات و نقش لیتولوژی‌های اطراف در تولید رسوب و نیز به منظور مطالعه کانی‌های اپیک موجود در رسوبات از آنها به ترتیب ۲۰ مقطع میکروسکوپی و ۱۰ مقطع صیقلی نازک تهیه گردید.



شکل ۶- پروفیل‌های عرضی رودخانه صدخرو در چند مقطع از رودخانه که در تصویر مشخص شده است. از تصویر الف تا تصویر ت عرض افزایش و شیب کانال کاهش یافته است (نقاط نمونه‌برداری در شکل مشخص شده است).

رسوبی تأثیرگذار است (Snelder et al. 2011). پس از آنالیز رسوبات و محاسبه درصد گل، ماسه و گراول، رسوبات نام‌گذاری شده و در مثلث فولک (۱۹۷۴) مشخص شدند (جدول ۲ و شکل ۷).

بحث و نتایج آنالیز ذرات

توزیع اندازه ذرات در رسوب به اختصاصات سنگ منشأ فرایندهای هوازدگی، ساییش و جورشدگی انتخابی آنها در هنگام حمل و نقل بستگی داشته و روی انواع رخساره‌های

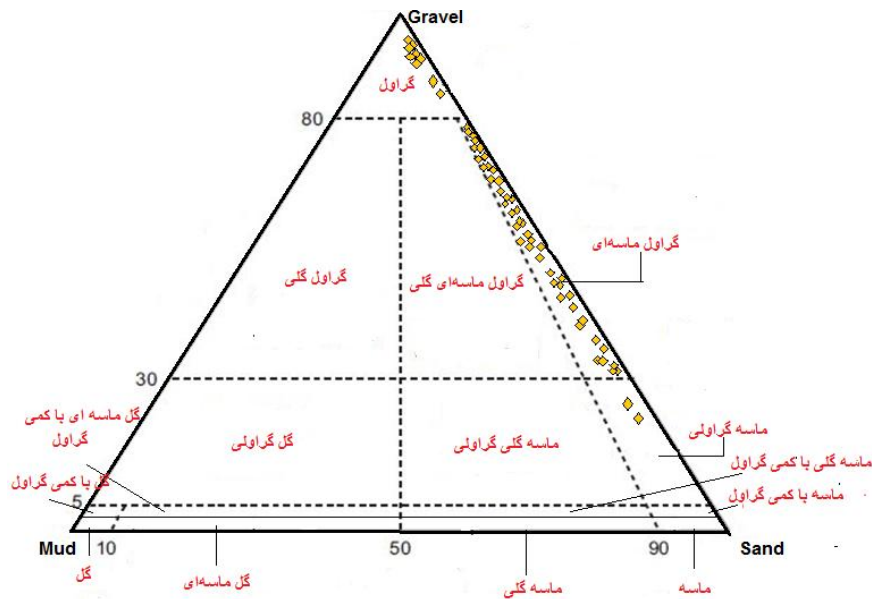
جدول ۲- مشخصات شیب، ارتفاع، نام‌گذاری رسوبات و پارامترهای اندازه ذرات در رودخانه صدخرو

شماره نمونه	فاصله تا نمونه ۱ (km)	ارتفاع (m)	شیب (%)	میانگین (mm)	میان (mm)	درصد گراول	درصد ماسه	درصد گل	نام‌گذاری رسوبات
۱	۰	۱۶۴۱	۵/۲	۱۳/۹۲	۱۳/۸۵	۹۹/۷۹	۰/۲۱	۰	گراول
۲	۰/۴	۱۶۲۴	۵	۱۱/۱۵	۱۱/۱۲	۹۹/۵	۰/۴۷	۰/۰۳	گراول
۳	۰/۶۷	۱۶۰۳	۳	۲/۷۹	۲/۷۷	۹۹/۲۵	۰/۷۳	۰/۰۲	گراول
۴	۱/۰۳	۱۵۸۱	۱۵	۱۴/۰۸	۱۴/۰۲	۹۳/۵۸	۶/۳۸	۰/۰۳	گراول
۵	۱/۱۹	۱۵۷۰	۷	۶/۴۴	۶/۵۱	۹۴/۳۵	۵/۶۱	۰/۰۳۱	گراول
۶	۱/۵۱	۱۵۴۶	۲/۲	۶/۴	۶/۴۲	۹۶/۴۷	۳/۴۹	۰/۲۹	گراول
۷	۱/۸۶	۱۵۲۳	۷	۵/۳۸	۵/۴۱	۹۶/۴۴	۳/۵۲	۰/۰۳	گراول
۸	۲/۱۷	۱۵۱۵	۶	۳/۵	۵/۴۵	۹۲/۵۲	۷/۳۸	۰/۰۹	گراول
۹	۲/۴۹	۱۴۹۳	۶	۳/۸۶	۱/۹۱	۸۰/۲۵	۱۹/۴۹	۰/۲۴	گراول
۱۰	۲/۸۵	۱۴۷۴	۱/۲	۵/۰۳	۳/۱۳	۵۶/۶۲	۴۲/۷۲	۰/۶۴	گراول ماسه‌ای
۱۱	۳/۲۶	۱۴۵۱	۷	۴/۸۱	۳/۸۰	۶۸/۳۲	۳۱/۳۴	۰/۳۲	گراول ماسه‌ای
۱۲	۳/۵۹	۱۴۴۶	۳/۴	۳/۷۷	۱/۷۹	۷۴/۵۶	۲۵/۲۲	۰/۱۷	گراول ماسه‌ای
۱۳	۳/۹۳	۱۴۲۳	۱۲	۲/۷۷	۱/۷۳	۵۹/۵۱	۴۱/۴۷	۰/۲۵	گراول ماسه‌ای
۱۴	۴/۱۴	۱۴۱۱	۵/۸	۵/۰۹	۳/۱۱	۴۸/۵۵	۵۱/۳۵	۰/۱۱	گراول ماسه‌ای
۱۵	۴/۵۲	۱۳۸۶	۰/۸	۲/۵۶	۲/۵۷	۴۸/۴۳	۵۰/۸۵	۰/۰۹	گراول ماسه‌ای
۱۶	۵/۰۲	۱۳۶۴	۱/۶	۲/۴۶	۲/۳۶	۶۷/۵۸	۳۲/۳۸	۱/۸۴	گراول ماسه‌ای
۱۷	۵/۳۹	۱۳۶۰	۸/۶	۱/۳۴	۱/۰۴	۶۵/۷۶	۳۳/۳۹	۲/۰۲	گراول ماسه‌ای
۱۸	۵/۶۸	۱۳۵۴	۲/۸	۱/۴۸	۳/۴۸	۵۴/۸	۴۴/۲۸	۰/۹۱	گراول ماسه‌ای
۱۹	۶/۰۳	۱۳۲۹	۲/۱	۱/۶۲	۱/۶۲	۵۳/۳۲	۴۷/۴۸	۰/۶۹	گراول ماسه‌ای
۲۰	۶/۴۱	۱۳۱۱	۵/۸	۱/۹۴	۱/۹۴	۶۷/۵۵	۳۱/۷۵	۰/۶۵	گراول ماسه‌ای
۲۱	۶/۶۳	۱۲۹۸	۳/۳	۲/۵۴	۱/۸۴	۴۵/۴۷	۵۴/۱۶	۰/۳۶	گراول ماسه‌ای
۲۲	۶/۹۳	۱۲۸۸	۵	۳/۵۴	۱/۵۴	۵۳/۹۴	۴۵/۴۸	۰/۵۷	گراول ماسه‌ای
۲۳	۷/۱۳	۱۲۷۸	۲/۸	۳/۹۷	۰/۹۷	۴۸/۷۸	۵۰/۵۳	۰/۷۲	گراول ماسه‌ای
۲۴	۷/۴۸	۱۲۶۸	۳/۵	۳/۰۳	۳/۰۳	۵۳/۷۷	۴۵/۸۴	۰/۳۸	گراول ماسه‌ای
۲۵	۷/۸۱	۱۲۵۶	۲/۸	۱/۴۷	۱/۴۷	۵۲/۹۹	۴۶/۴۴	۰/۵۶	گراول ماسه‌ای
۲۶	۸/۲۷	۱۲۴۳	۶/۶	۴/۳۴	۲/۳۹	۵۰/۶۴	۴۹/۵۱	۰/۶۶	گراول ماسه‌ای
۲۷	۸/۶۱	۱۲۲۰	۳/۱	۳/۹	۱/۹۹	۵۱/۵۸	۴۶/۳۱	۲/۱	گراول ماسه‌ای
۲۸	۸/۷۷	۱۲۱۵	۱/۱	۳/۸۱	۳/۸۳	۵۱/۳۲	۴۷/۵۹	۱/۲۴	گراول ماسه‌ای
۲۹	۹/۰۳	۱۲۱۲	۳/۶	۳/۶۳	۳/۶۷	۵۳/۷۳	۴۵/۱	۱/۱۶	گراول ماسه‌ای
۳۰	۹/۲۸	۱۲۰۳	۳/۹	۳/۹۴	۲/۹۳	۵۴/۷۸	۴۴/۴۳	۱/۸	گراول ماسه‌ای
۳۱	۹/۵۶	۱۱۹۲	۲/۵	۳/۱۹	۱/۲۳	۵۱/۸۶	۵۲/۷۱	۰/۹۸	گراول ماسه‌ای
۳۲	۹/۶۸	۱۱۸۹	۵/۱	۳/۳۹	۲/۲۹	۵۳/۳۳	۴۵/۴۹	۱/۴۵	گراول ماسه‌ای
۳۳	۹/۹۱	۱۱۷۷	۱/۵	۳/۰۳	۳/۱	۴۴/۵۳	۵۴/۳۱	۱/۲۳	گراول ماسه‌ای
۳۴	۱۰/۰۵	۱۱۷۳	۲/۸	۲/۸۸	۲/۸۳	۵۴/۱۱	۴۵/۳۸	۰/۵۹	گراول ماسه‌ای
۳۵	۱۰/۵۳	۱۱۶۵	۳/۵	۲/۱۸	۲/۲۱	۵۵/۲۱	۴۳/۵۱	۱/۰۵	گراول ماسه‌ای
۳۶	۱۰/۸۶	۱۱۵۳	۷	۲/۲۹	۲/۲۲	۵۷/۴۳	۴۱/۶۵	۰/۹۹	گراول ماسه‌ای
۳۷	۱۱/۰۶	۱۱۳۹	۵/۷	۲/۲۳	۲/۱۳	۵۱/۵۸	۴۱/۴۲	۱/۱۶	گراول ماسه‌ای
۳۸	۱۱/۳۱	۱۱۳۷	۰/۸	۲/۴۴	۱/۵۴	۵۴/۶۵	۴۴/۲۱	۱/۰۲	گراول ماسه‌ای
۳۹	۱۱/۷۶	۱۱۲۸	۲/۴	۱/۴۷	۱/۴۷	۵۶/۷۱	۴۳/۱۸	۰/۲۶	گراول ماسه‌ای
۴۰	۱۲/۰۶	۱۱۱۶	۴	۱/۳۷	۱/۳۷	۴۷/۶	۵۱/۵۳	۰/۹۵	گراول ماسه‌ای

۴۱	۱۲/۲۸	۱۱۰۵	۵	۱/۹۷	۱	۴۴/۶۵	۵۳/۳۱	۱/۸۹	گراول ماسه‌ای
۴۲	۱۲/۵۶	۱۰۹۹	۲/۱	۱/۲۳	۱/۲۳	۴۲/۴۳	۵۵/۱۳	۲/۲۹	گراول ماسه‌ای
۴۳	۱۲/۷۹	۱۰۹۵	۱/۷	۰/۷۷	۰/۷۷	۴۳/۱	۵۲/۳	۴/۹۹	گراول ماسه‌ای
۴۴	۱۳/۱۵	۱۰۸۱	۳/۸	۱/۰۸	۱/۰۷	۴۰/۸۶	۵۶/۱۴	۳/۰۱	گراول ماسه‌ای
۴۵	۱۳/۵۷	۱۰۷۳	۱/۸	۱/۱۴	۱/۱۲	۴۴/۳۲	۵۳/۵۸	۲/۸۷	گراول ماسه‌ای
۴۶	۱۴/۰۲	۱۰۴۸	۵/۵	۱/۰۱	۱/۰۱	۴۵/۸۹	۵۱/۳۷	۳/۰۳	گراول ماسه‌ای
۴۷	۱۴/۸۷	۱۰۴۵	۰/۳۵	۰/۹۸	۰/۹۸	۴۵/۵۴	۵۲/۳۴	۳/۴۱	گراول ماسه‌ای
۴۸	۱۵/۰۵	۱۰۳۹	۲/۳	۱/۰۳	۱/۰۳	۴۰/۹۱	۵۵/۱۱	۳/۶۵	گراول ماسه‌ای
۴۹	۱۵/۲۲	۱۰۳۶	۱/۸	۰/۹۷	۰/۹۷	۴۱/۵۹	۵۴/۴۳	۴/۰۴	گراول ماسه‌ای
۵۰	۱۵/۴۵	۱۰۳۰	۲/۵	۰/۸۹	۰/۸۹	۴۳/۷۶	۵۲/۸۷	۴/۱۴	گراول ماسه‌ای
۵۱	۱۵/۶۸	۱۰۲۵	۲/۱	۱/۰۹	۱/۰۹	۳۵/۷۹	۵۹/۱	۵/۱	گراول ماسه‌ای
۵۲	۱۵/۹۲	۱۰۲۱	۱/۷	۱/۲۹	۱/۲۹	۳۰/۸۶	۶۵/۳۴	۵/۷۳	گراول ماسه‌ای
۵۳	۱۶/۱۴	۱۰۱۶	۲/۲	۱/۱۸	۱/۱۳	۲۷/۹۷	۷۱/۱	۴/۱	ماسه گراولی
۵۴	۱۶/۲۴	۱۰۱۴	۲	۱	۱/۰۱	۲۸/۴۷	۷۰/۴۵	۳/۹	ماسه گراولی

درصد و ماسه گراولی ۳/۷ درصد می‌باشد که گراول ماسه‌ای بیشترین درصد را به خود اختصاص داده است.

با استفاده از نتایج به دست آمده در جدول ۲ گراول، گراول ماسه‌ای و ماسه گراولی به ترتیب ۱۶/۶۶ درصد، ۷۹/۶۲



شکل ۷- محل نمونه‌های برداشت شده بر روی مثلث نام‌گذاری (فولک ۱۹۷۴)

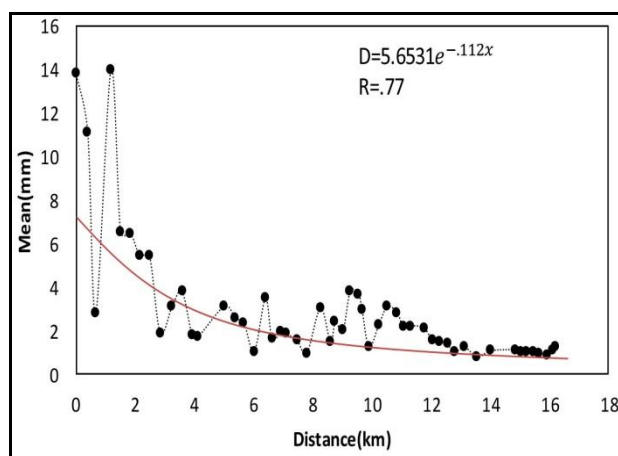
(جورشدگی، کج‌شدگی و کشیدگی) نیز در رودخانه مورد مطالعه تعیین شد (جدول ۳).

نمودار تغییرات میانه و میانگین ذرات با استفاده از داده‌های حاصل از آنالیز رسم گردید (شکل ۸). علاوه بر میانه و میانگین توزیع اندازه ذرات، سایر مؤلفه‌های بافتی

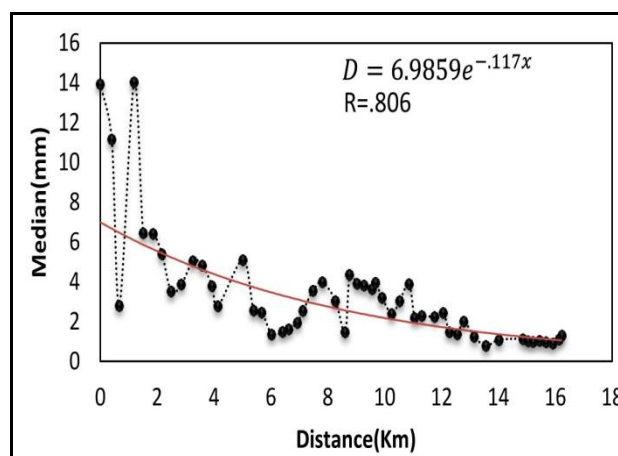
جدول ۳- پارامترهای کج شدگی، جورشدگی و کشیدگی در رودخانه صدخرو

شماره نمونه	کج شدگی	توصیف کج شدگی	کشیدگی	توصیف کشیدگی	جورشدگی (فی)	توصیف جورشدگی
۱	-۰/۸۵	بسیار منفی	۰/۳۱	خیلی پهن	۲/۰۲	خیلی ضعیف
۲	-۰/۸۶	بسیار منفی	۰/۴۸	خیلی پهن	۱/۹	ضعیف
۳	-۰/۳	منفی	۰/۳۲	خیلی چپن	۱/۸۷	ضعیف
۴	-۰/۲۳	منفی	۰/۲۵	خیلی پهن	۰/۹۹	متوسط
۵	-۰/۹	بسیار منفی	۰/۲۹	خیلی پهن	۱/۷۵	ضعیف
۶	-۰/۴	بسیار منفی	۰/۶۹	پهن	۱/۷۶	ضعیف
۷	۰/۱	تقریبا متقارن	۰/۱۲	خیلی پهن	۱/۷	ضعیف
۸	-۰/۴۳	بسیار منفی	۰/۹۷	متوسط کشیده	۰/۹۹	متوسط
۹	-۰/۸۶	بسیار منفی	۰/۹۵	متوسط کشیده	۱/۶	ضعیف
۱۰	-۰/۵۴	بسیار منفی	۰/۶۷	پهن	۱/۳۲	ضعیف
۱۱	-۰/۶۵	بسیار منفی	۰/۳۲	بسیار پهن	۱/۲۵	ضعیف
۱۲	-۰/۸۷	بسیار منفی	۰/۲۵	بسیار پهن	۱/۱۷	ضعیف
۱۳	-۰/۳۴	بسیار منفی	۰/۹۹	متوسط کشیده	۱/۲۶	ضعیف
۱۴	-۰/۷۵	بسیار منفی	۰/۹۷	متوسط کشیده	۱/۵۶	ضعیف
۱۵	۰/۲	مثبت	۱/۱	متوسط کشیده	۰/۶۹	متوسط
۱۶	-۰/۲۵	منفی	۰/۶۹	پهن	۱/۱۵	متوسط
۱۷	۰/۰۸	تقریبا متقارن	۰/۹	متوسط کشیده	۱/۲۷	ضعیف
۱۸	۰/۴	بسیار مثبت	۰/۸۵	پهن	۱/۱۵	ضعیف
۱۹	۰/۵	بسیار مثبت	۱/۰۶	متوسط کشیده	۱/۰۳	ضعیف
۲۰	۰/۱	تقریبا متقارن	۱	متوسط کشیده	۱/۱۹	ضعیف
۲۱	۰/۳	مثبت	۱/۱۷	کشیده	۱/۲۵	ضعیف
۲۲	۰/۴	بسیار مثبت	۱/۰۲	متوسط کشیده	۱/۵۵	ضعیف
۲۳	۰/۱	تقریبا متقارن	۱/۰۵	متوسط کشیده	۱/۱۹	ضعیف
۲۴	-۰/۰۱	تقریبا متقارن	۰/۸۵	پهن	۱/۱۷	ضعیف
۲۵	۰/۲	مثبت	۱/۱۷	متوسط کشیده	۱/۳۶	ضعیف
۲۶	۰/۱۵	مثبت	۱/۲۱	کشیده	۱/۱۵	ضعیف
۲۷	-۰/۱۲	منفی	۱/۱۲	کشیده	۲/۰۲	خیلی ضعیف
۲۸	۰/۱۳	مثبت	۱/۳۵	کشیده	۱/۲	ضعیف
۲۹	-۰/۳۴	بسیار منفی	۰/۷	پهن	۱/۲۵	ضعیف
۳۰	۰/۲۱	مثبت	۰/۸۷	پهن	۱/۶۵	ضعیف
۳۱	۰/۱۴	مثبت	۰/۶	بسیار پهن	۱/۰۴	ضعیف
۳۲	۰/۱	تقریبا متقارن	۰/۹	متوسط کشیده	۱/۲۸	ضعیف
۳۳	۰/۴	بسیار مثبت	۱/۵	کشیده	۰/۹۷	متوسط
۳۴	-۰/۵۳	بسیار منفی	۱/۰۲	متوسط کشیده	۱/۰۳	ضعیف
۳۵	-۰/۲۵	منفی	۱/۰۶	متوسط کشیده	۱/۱	ضعیف
۳۶	-۰/۱	منفی	۱/۱۴	کشیده	۰/۸۱	متوسط
۳۷	۰/۱	مثبت	۱/۰۷	متوسط کشیده	۱/۲۲	ضعیف
۳۸	-۰/۲	منفی	۱/۳۰	کشیده	۰/۹۵	متوسط
۳۹	۰/۱۱	مثبت	۱/۱۱	متوسط کشیده	۱/۱۴	ضعیف
۴۰	۰/۵۷	بسیار مثبت	۱/۲۲	کشیده	۰/۹۹	متوسط
۴۱	۰/۹	بسیار مثبت	۱/۶۵	بسیار کشیده	۰/۶۹	خوب متوسط
۴۲	۰/۸۷	بسیار مثبت	۱/۰۳	متوسط کشیده	۱	ضعیف

۴۳	۰/۸۰	بسیار مثبت	۱/۵۸	بسیار کشیده	۰/۵۵	خوب متوسط
۴۴	۰/۶۷	بسیار مثبت	۱/۵۰	بسیار کشیده	۰/۹۸	متوسط
۴۵	۰/۷	بسیار مثبت	۱/۶۱	بسیار کشیده	۰/۸۷	متوسط
۴۶	۰/۹	بسیار مثبت	۱/۵۸	بسیار کشیده	۰/۴۹۱	خوب متوسط
۴۷	۰/۹۱	بسیار مثبت	۱/۳۲	بسیار کشیده	۰/۷۱	خوب متوسط
۴۸	۰/۸۹	بسیار مثبت	۱/۳۵	کشیده	۱	متوسط
۴۹	۰/۷۶	بسیار مثبت	۱/۴۹	بسیار کشیده	۰/۹۲	متوسط
۵۰	۰/۳۸	بسیار مثبت	۱/۰۸	متوسط کشیده	۱/۰۱	ضعیف
۵۱	۰/۴۱	بسیار مثبت	۱/۵۹	بسیار کشیده	۰/۶۸	خوب متوسط
۵۲	۰/۶۵	بسیار مثبت	۱/۶۳	بسیار کشیده	۱/۲	متوسط
۵۳	۰/۲۱	مثبت	۱/۶۱	بسیار کشیده	۰/۹۹	متوسط
۵۴	۰/۵۶	بسیار مثبت	۱/۵۹	بسیار کشیده	۰/۶۱	خوب متوسط



(ب)



(الف)

شکل ۸- (الف): تغییرات میانه اندازه ذرات در رودخانه صدخرو. (ب): تغییرات میانگین اندازه ذرات در رودخانه صدخرو.

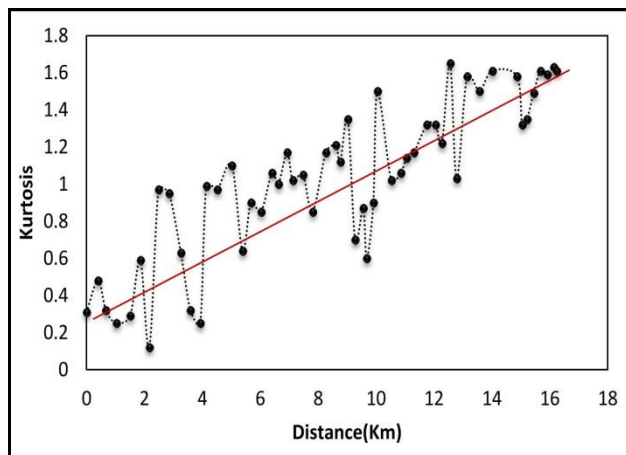
نمایی کاهش به سمت پایین دست پیروی می‌کند (شکل ۸). این پیوستگی رسوبی در طول رودخانه می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر نداشتن و یا به عبارتی تأثیر قابل چشم‌پوشی عوامل نامبرده شده در بالا باشد. حالت ریزشوندگی به طرف پایین دست که در بیشتر رودخانه‌های با باربستر گراولی حکم فرماست در اینجا نیز به خوبی قابل مشاهده است.

جورشدگی از کمیت‌های آماری است که می‌تواند در محیط‌های رسوبی جریانی، شاخص خوبی برای نشان دادن انرژی و تداوم جریان باشد. انتظار می‌رود میزان جورشدگی ذرات، از بالادست به سمت پایین دست رودخانه‌ها افزایش نشان دهد. کشیدگی منحنی، اطلاعات زیادی در رابطه با

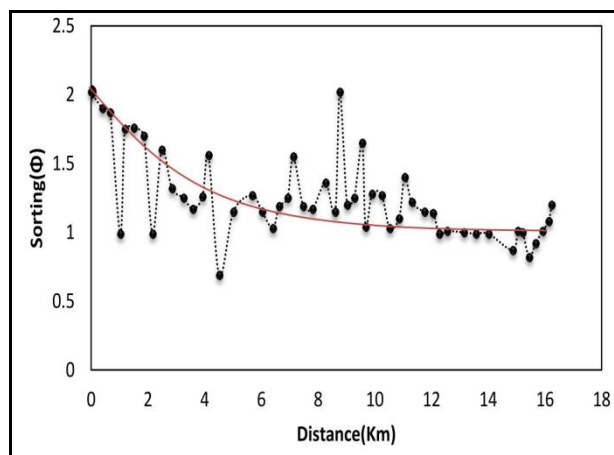
در اکثر رودخانه‌های با باربستر گراول، اندازه ذرات به سمت پایین دست به صورت نمایی کاهش می‌یابد. مطالعات زیادی در این خصوص صورت گرفته است و همه این اصل را تأیید کرده‌اند که این حاصل فرآیندهای جورشدگی هیدرولیکی و سایش ذرات است (Ferguson et al. 1996). سایش شامل فرآیندهایی از جمله ورقه‌ای شدن، ساییده شدن، شکستگی و برخورد ماسه‌ها به همدیگر است. مهم‌ترین عامل مؤثر بر نرخ سایش، جنس، اندازه و شکل اولیه ذرات است (Bertoldi et al. 2010). مطالعات رسوب‌شناسی در طول کانال اصلی این حوزه مشخص می‌کند که روند تغییر اندازه ذرات، به جز در موارد جزئی که قابل چشم‌پوشی می‌باشد، از الگوی

فرآیندهای رسوب‌گذاری از اهمیت خاصی برخوردار است (موسوی حرمی ۱۳۸۶) (شکل ۹).

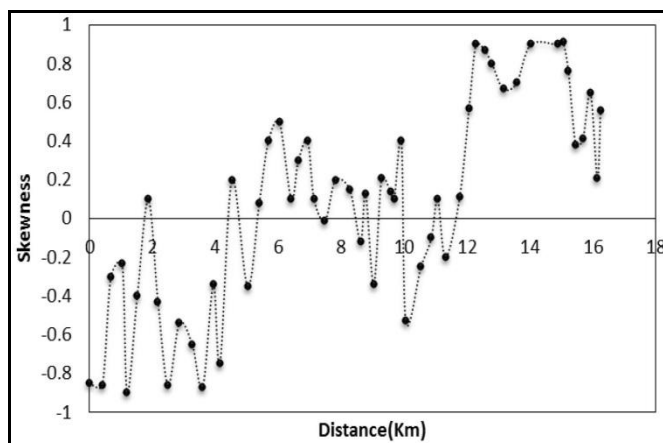
جورشدگی و اندازه دانه‌ها در اختیار قرار می‌دهد که این اطلاعات برای تعبیر و تفسیر محیط رسوبی و همچنین



(ب)



(الف)



(ج)

شکل ۹- تغییرات برخی از پارامترهای رسوبی در رودخانه مورد مطالعه (الف): تغییرات جورشدگی در مقابل افزایش مسافت (ب): تغییرات کشیدگی در مقابل افزایش مسافت (ج) - تغییرات کج‌شدگی رسوبات در طول رودخانه صدخرو.

این موضوع می‌تواند آشفتگی جریان را به دلیل تغییر شیب و خصوصیات سنگ‌شناسی در طول زمان نشان دهد. دامنه تغییرات کشیدگی در رسوبات رودخانه‌ای حوضه مورد مطالعه بین ۰/۱۲ تا ۱/۶۵ در تغییر است (شکل ۹ ب). به عبارتی نمونه‌ها دارای منحنی بسیار پهن تا کشیده هستند. رسوبات رودخانه‌ای غالباً دارای کج‌شدگی مثبت هستند؛ بدین معنا که ذرات دانه ریزتر، از فراوانی نسبی بیشتری

در طول رودخانه صدخرو نیز با بررسی‌های صورت گرفته مشخص شده هر چه به سمت پایین دست پیش برویم جورشدگی افزایش می‌یابد. اکثر نمونه‌ها در حوضه مورد مطالعه دارای جورشدگی ضعیف (دامنه تغییرات از ۰/۸۹ تا ۲/۰۲ فی) هستند و این دلالت بر این دارد که رژیم جریان در بخش‌های اصلی رودخانه به صورتی است که امکان جورشدگی بهتری در رسوبات وجود ندارد (شکل ۹ الف).

نسبت به ذرات دانه درشت‌تر نمونه رسوبی برخوردارند (شکل ۹ ج).

در رودخانه صدخرو نیز در قسمت بالادست که مقدار ذرات ریز کم می‌باشد کج شدگی رسوبات منفی بوده اما هر چه به سمت پایین دست برویم به علت حضور رسوبات دانه ریزتر که معمولاً از سازندهای اطراف، آبراهه‌های فرعی و نیز دشت سیلابی به کانال اصلی راه یافته‌اند کج شدگی مثبت شده است. دامنه تغییرات کج شدگی در رسوبات رودخانه مورد مطالعه با توجه به شکل ۱۱، از $-0/86$ تا $0/9$ در تغییر است. رسوبات با کج شدگی مثبت نشان‌دهنده فراوانی بیشتر ذرات

ریز در بین ذرات درشت‌تر می‌باشد. کج شدگی رسوبات عموماً مثبت است که این امر در محیط‌های رودخانه‌ای طبیعی بوده و حاکی از فرصت کافی نبودن برای شستن ذرات دانه ریز توسط جریان آب است (Rice 1999) (شکل ۱۰ الف و ب). عوامل دیگری مانند سایش و خرد شدن دانه‌های ناپایدار و نیز تغذیه کانال اصلی توسط آبراهه‌های فرعی به تولید رسوبات ریزتر کمک می‌کند. کج شدگی منفی در قسمت بالادست به وضوح دیده می‌شود که علت آن می‌تواند شسته شدن ذرات ریز، شیب تند بستر و یا ورود دانه درشت‌ها به داخل کانال اصلی است (شکل ۱۰ پ و ت).



شکل ۱۰- (الف) : ورود ذرات ریزدانه از آبراهه‌های فرعی به درون کانال که باعث کج شدگی مثبت می‌شود (کانال فرعی با فلش مشخص شده است). (ب) : ورود رسوبات ریزدانه از دشت سیلابی به درون کانال اصلی. برخی از عوامل که باعث کج شدگی منفی در رودخانه شده‌اند (پ) : وجود شیب تند در بستر رودخانه (ت) : ورود دانه درشت‌ها از سازندهای اطراف به درون کانال اصلی.

رخساره‌های رسوبی و عناصر ساختاری

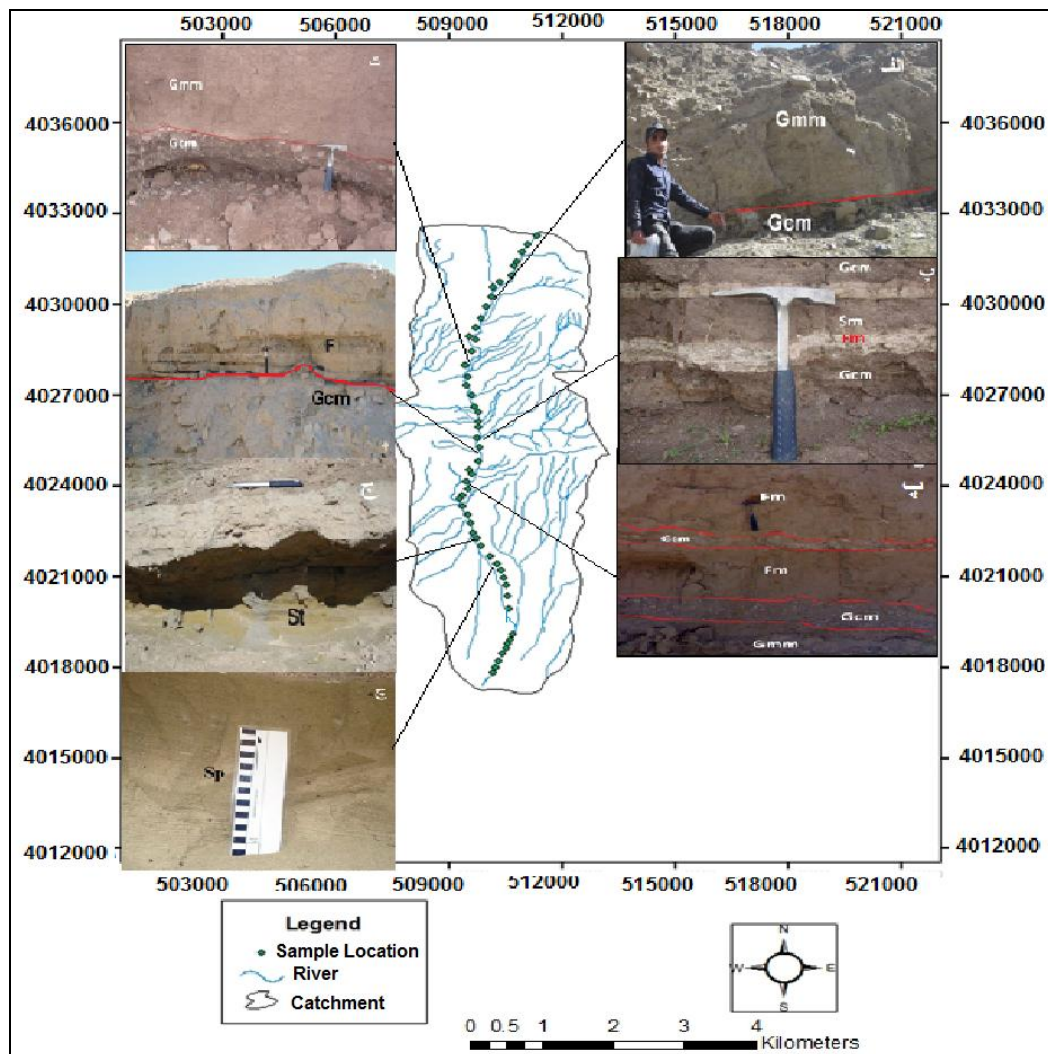
با توجه به شواهد و مطالعات صحرائی که در طول مسیر حرکت از بالادست تا پایین دست رودخانه‌های اصلی انجام

گرفت، رخساره‌های رسوبی براساس اندازه در سه گروه رخساره‌های گراولی (شامل Gmm و Gcm)، رخساره‌های ماسه‌ای (St, Sp, Sm) و رخساره‌های گلی (Fm و Fl)

شناسایی و نام‌گذاری شدند (شکل ۱۱).

رخساره‌های گراول توده‌ای با زمینه قطعات درشت (Gcm) و گراول توده‌ای با زمینه ماتریکس (Gmm) توسط جریان‌های خطی و آشفته و همچنین جریان‌های خرده‌دار با پلاستیسیته کاذب و ویسکوزیته و بار رسوبی بالا بر جای گذاشته می‌شود (Kosun et al. 2009). همان‌طور که در جدول ۲

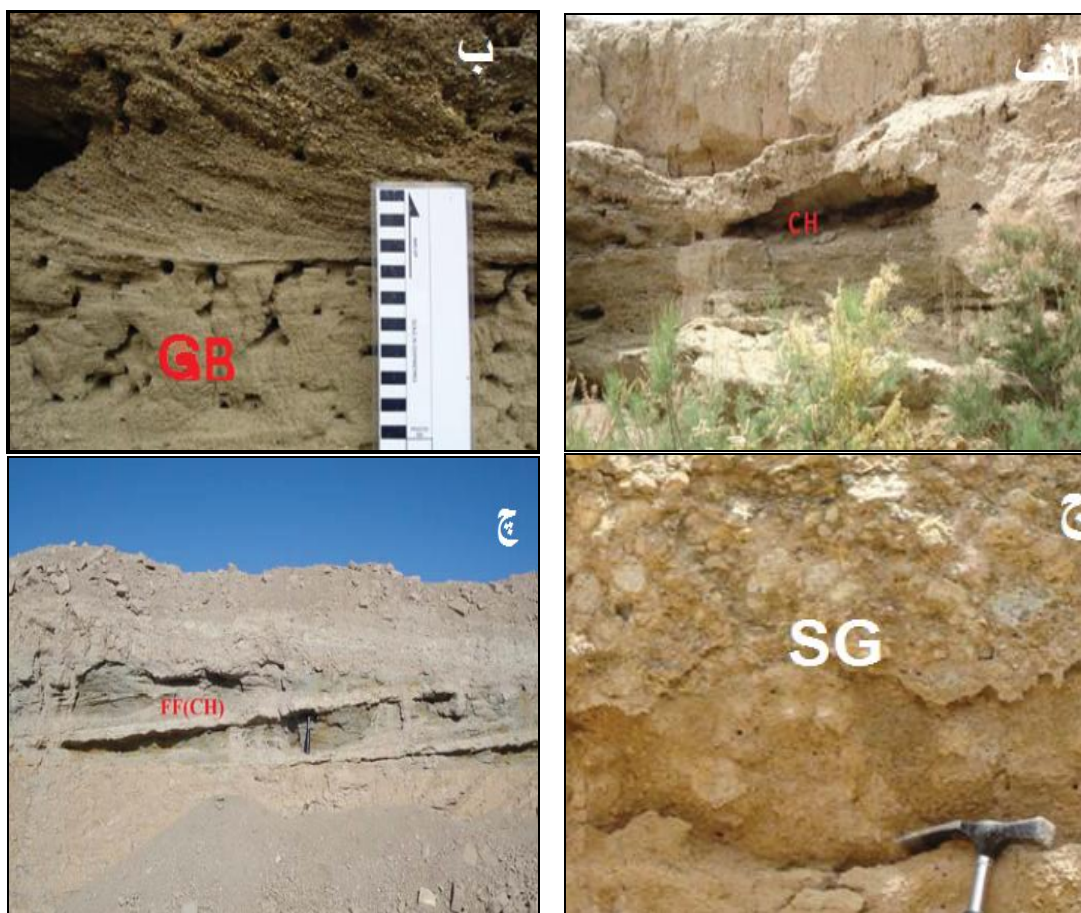
مشخص است رسوبات این رودخانه بیشتر در رده گراول ماسه‌ای و سپس گراول هستند. این ذرات غالباً نیمه زاویه‌دار تا نیمه گرد شده، با کرویت پایین تا متوسط و جورشدگی ضعیف هستند. در قطعات موجود هیچ نوع جهت یافتگی دیده نمی‌شود که معرف جریان خرده‌دار کانالی است (Kim et al. 2009).



شکل ۱۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبریز صدخرو که در آن موقعیت هر یک از اشکال رخساره نشان داده شده است. الف: رخساره‌های Gcm (گراول با طبقه‌بندی توده‌ای با زمینه کلاستی) و Gmm (گراول با طبقه‌بندی توده‌ای با زمینه ماتریکس). ب: رخساره‌های Gcm (گراول با طبقه‌بندی توده‌ای با زمینه کلاستی)، Sm (ماسه با طبقه‌بندی توده‌ای) و Gmm (گراول با طبقه‌بندی توده‌ای با زمینه ماتریکس). پ: رخساره‌های Sm (ماسه با طبقه‌بندی توده‌ای)، Fm (گل با طبقه‌بندی توده‌ای) و Gcm (گراول با طبقه‌بندی توده‌ای با زمینه کلاستی). ت: رخساره‌های Gcm (گراول با طبقه‌بندی توده‌ای با زمینه کلاستی) و Gmm (گراول با طبقه‌بندی توده‌ای با زمینه ماتریکس)، ث: رخساره FI (ماسه با طبقه‌بندی مورب عدسی) و Gcm (گراول با طبقه‌بندی توده‌ای با زمینه کلاستی)، ج: رخساره St (ماسه با طبقه‌بندی مورب عدسی)، چ: رخساره Sp (ماسه با طبقات مورب مسطح).

سیلابی در نظر گرفت و رخساره FI در دشت‌های سیلابی در سرعت‌های بسیار پایین جریان آب و در اثر رسوب‌گذاری ذرات معلق به وجود می‌آید (Miall 2006). با توجه به رخساره‌های رسوبی (شکل ۱۱) و عناصر ساختاری شناسایی شده (CH, SG, GB و FF) در منطقه مورد مطالعه که در شکل ۱۲ مشاهده می‌کنید و نیز براساس تقسیم‌بندی شکل ۱۲ (Schumm 1985, 1981) رودخانه صدخرو از نوع بریده بریده با بار بستر گراولی - ماسه‌ای بوده و برطبق رده‌بندی (Sensarma et al. 2008) جزو رودخانه‌های کوچک و دائمی است (جدول ۴ و ۵).

ذرات رخساره Sm دارای جورشدگی متوسط، کرویت پایین بوده و بیشتر حاصل از فرسایش واحدهای کنگلومرایی و ماسه‌سنگی حوضه است. این رخساره ممکن است در اثر میزان بالای رسوب‌گذاری و تحت تأثیر جریان‌های گراولته‌ای نهشته شده باشد (Khalifa and Catuneanu 2008). در منطقه مورد مطالعه به ترتیب بیشترین ضخامت مربوط به رخساره‌های Gcm, Gmm, Fm, FI, Sp, St و کمترین ضخامت هم مربوط به رخساره Sm می‌باشد. رخساره Fm با ضخامت نسبتاً کمی دیده می‌شود و می‌توان آن را مربوط به رسوب‌گذاری بار معلق در دشت



شکل ۱۲- الف: عنصر ساختاری CH متشکل از رخساره‌های ماسه‌ای و گراولی، ب: عنصر ساختاری GB، بار گراولی و اشکال لایه‌ای ج: عنصر ساختاری نهشته‌های جریان‌های گراولته‌ای SG متشکل از رخساره‌های گراولی، ج: عنصر ساختاری FF متشکل از رخساره‌های گلی و ماسه با طبقه‌بندی مورب مسطح

جدول ۴- اختصاصات رخساره‌های رسوبی شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه توسط کدهای رخساره‌ای (Miall 2006)

تفسیر	توصیف رخساره	کد رخساره	رخساره
جریان خرده‌دار به فرم پلاستیک کاذب	گراول توده‌ای با زمینه قطعات درشت	Gcm	گراولی
جریان خرده‌دار پلاستیک، انرژی بالا	گراول توده‌ای با زمینه ماتریکس	Gmm	
نهشته‌های جریانی گراول‌ای - رسوبی	ماسه دانه‌ریز تا دانه درشت توده‌ای	Sm	ماسه ای
مهاجرت دون‌های دو بعدی با خط‌الراس موجی در رژیم پایین جریان	ماسه با طبقه‌بندی مورب مسطح	Sp	
مهاجرت ریب‌ها و مگاریپل‌ها سه بعدی با خط‌الراس سینوسی	ماسه با طبقه‌بندی مورب عدسی	St	
رسوبات خارج از کانال، رسوبات کانال‌های متروکه یا رسوبات پوششی	گل و سیلت توده‌ای حاوی ریشه گیاهان	Fm	گلی
رسوبات کانال‌های متروکه و دشت‌های سیلابی	رخساره سیلتی-گلی حاوی لامیناسیون	Fl	

جدول ۵- اختصاصات عناصر ساختاری شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه توسط کدهای مربوط به آنها (Miall 2006)

تفسیر	مجموعه رخساره‌های رسوبی	عناصر ساختاری
رسوبات پرکننده کانال، مرز پایین فرسایشی، دارای شکل هندسی به صورت عدسی شکل و گسترده	Sm, Gmm	CH
جریان خرده‌دار در نواحی نزدیک به منشأ، وجود ساختارهای ورقه‌ای شکل ضخیم، مرزهای فرسایشی، ذرات درشت گراولی فراوان، جورشدگی ضعیف و عدم وجود چین‌بندی	Gcm, Gmm	SG
حاصل مهاجرت سدهای گراولی و یا به صورت رسوبات باقی مانده در کف کانال، معمولاً دارای شکل هندسی عدسی شکل و گسترده	Sp, St, Gmm	GB
حاوی رسوبات ریز خارج از کانال، فرم توده‌ای و ورقه‌ای	Sp, Fl, Fm	FF

ترکیب رسوبات

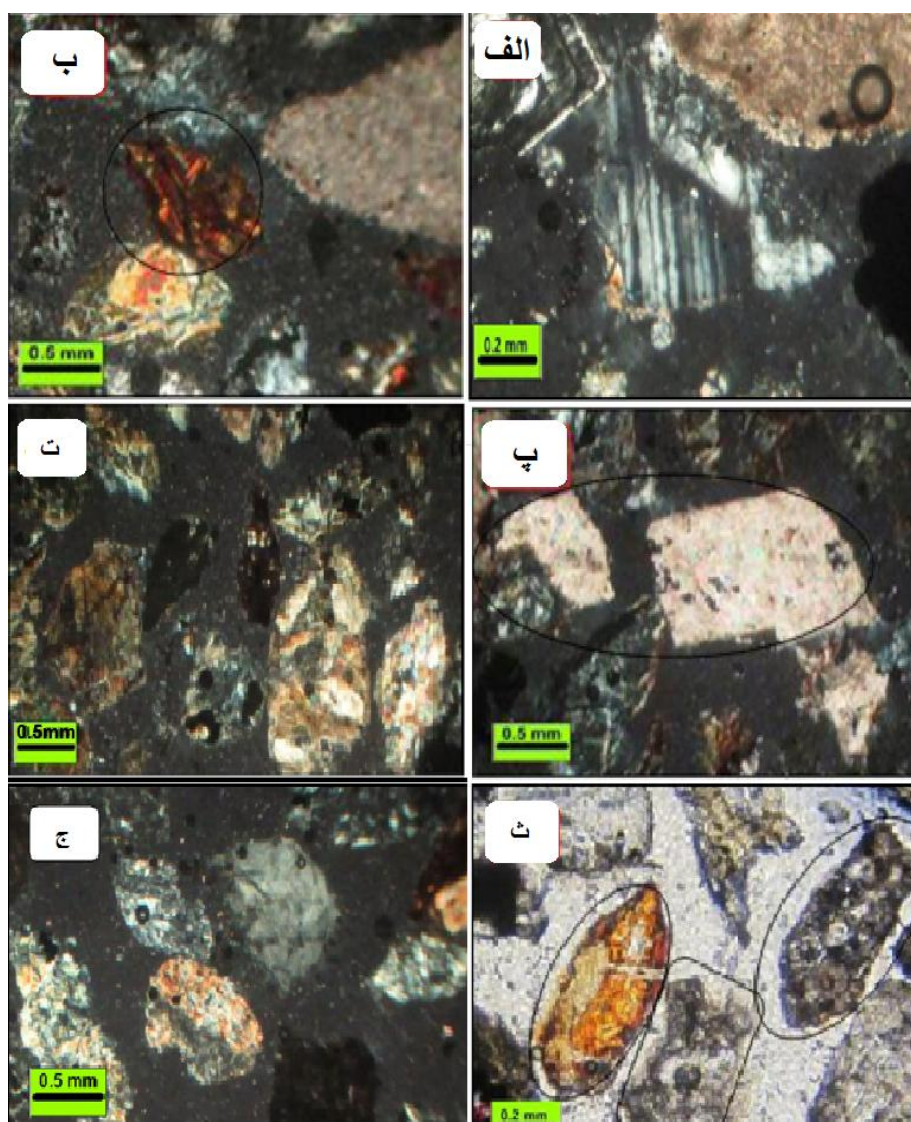
براساس مطالعات صورت گرفته مشخص شد این حوزه دارای دو تیپ لیتولوژی است. دسته اول مربوط به افیولیت‌ها است که نشان‌دهنده موقعیت برخورد صفحات توران در شمال و ایران در جنوب است. این دسته سنگ‌ها شامل مجموعه‌ای درهم از گدازه‌های آتشفشانی زیر دریایی گابرو و سرپانتینیت‌ها حاصل از دگرسانی دونیت و هارزبورژیت است. دسته دوم سنگ‌های رسوبی که شامل ماسه‌سنگ، مارن، شیل و کنگلومرا است که سن آنها ائوسن گزارش شده است (سهنلی ۱۳۷۱). برای بررسی تغییر جنس رسوبات و نقش

لیتولوژی‌های اطراف در تولید رسوب در طول رودخانه صدخرو، مقاطع میکروسکوپی از رسوبات موجود در کانال اصلی مورد مطالعه قرار گرفت و براساس این مطالعات مشخص گردید:

۱- در مجموع بیشتر کانی‌های سازنده رسوبات بستر رودخانه صدخرو مربوط به افیولیت‌ها بوده و شامل مقدار فراوانی پیروکسن، آمفیبول، الیون، کربنات، پلاژیوکلاز، کانی‌های اپیک و مقدار کمتری از کانی‌ها مربوط به سنگ‌های رسوبی بوده که بیشتر شامل کوارتز و خرده‌های آهکی می‌باشد. برای مطالعه کانی‌های اپیک موجود در رسوبات، از

می‌رویم این مقادیر تغییر می‌کند به طوری که میانگین آنها به ترتیب ۱۴ درصد، ۱۷ درصد ۶/۵ درصد، ۳۹/۸ درصد و ۲/۳ درصد می‌باشد (شکل ۱۳ الف، ب و پ). بیشتر کانی‌های اپک موجود در مقاطع، هماتیت بوده و مقدار بسیار اندکی مگنتیت و کالکوپیریت وجود دارد. به سمت پایین دست مقدار کانی‌های اپک کم می‌شود.

آنها مقاطع صیقلی نازک تهیه گردید و با مطالعه آنها مشخص شد که در قسمت بالادست رودخانه صدخرو میانگین پیروکسن، آمفیبول، کانی‌های اپک، کانی‌های سنگ‌های رسوبی (کوارتز و پلاژیوکلاز) و خرده‌های آهکی در مقاطع مختلف به ترتیب ۳۸ درصد، ۲۲ درصد، ۹ درصد، ۲۵ درصد و ۱۲ درصد است ولی هر چه به سمت پایین دست پیش



شکل ۱۳- الف : حضور پلاژیوکلاز در رسوبات (XPL)، ب : پیروکسن‌های هماتیته شده در رسوبات (XPL)، پ: خرده‌های کربناته موجود در رسوبات (XPL). ت: کانی‌ها دارای گردشگی ضعیفی هستند و کانی‌های اپک نسبت به سایر قسمت‌های رودخانه فراوانترند (XPL). ث: خرده افیولیتی (درون بیضی) شکل اولیه خود را حفظ کرده‌اند و پیروکسن (درون مستطیل) خرد شدگی کمی دارد (PPL). ج: پیروکسن‌ها خرد و دچار دگرسانی شده‌اند و گردشگی در کانی‌ها به وضوح دیده می‌شود (XPL).

قطر ذرات به سمت پایین دست کاهش یافته می‌یابد. دلیل اصلی ریزشوندگی به سمت پایین دست دو عامل جورشدگی هیدرولیکی و سایش می‌باشد.

۵- جورشدگی نیز به سمت پایین دست بهتر می‌شود که دلیل آن حمل رسوبات برای مدت بیشتری می‌باشد که باعث جدایش ذرات ریز از درشت شده و در نتیجه باعث افزایش جورشدگی می‌شود. از آنجایی که جورشدگی و کشیدگی رابطه مستقیم دارند به تبع در این رودخانه نیز کشیدگی به سمت پایین دست افزایش یافته است.

۶- کج شدگی در قسمت‌های بالادست منفی بوده ولی هر چه به سمت پایین دست پیش برویم، کج شدگی به سمت ریزدانه‌ها و یا به عبارتی کج شدگی مثبت می‌شود.

۷- براساس مطالعات انجام شده سه مجموعه رخساره‌های جریان خرده‌دار، جریانی رودخانه‌ای و حاشیه رودخانه‌ای و هفت رخساره اصلی که شامل Gmm, Gcm, Fm, Fl, Sm, St, Sp است، در منطقه مورد شناسایی قرار گرفتند.

۸- با استفاده از مطالعات ترکیب رسوبات توسط مقاطع نازک تهیه شده مشخص شد در قسمت بالادست کانی‌های ناپایدارتر بیشتر بوده که عمدتاً زاویه‌دار بوده اما هر چه به سمت پایین دست پیش برویم از تعداد کانی‌های ناپایدار مانند پیروکسن‌ها کم شده و نیز گردش‌دگی در کانی‌ها افزایش می‌یابد.

۹- با توجه به حساس بودن سازندهای اطراف، بررسی زمین‌شناسی منطقه برای جلوگیری از فرسایش و نیز بررسی رسوب‌شناسی جهت مدیریت سیلاب و ساخت سد حائز اهمیت است.

منابع

سهندی، م.ر.، ۱۳۷۱، نقشه زمین‌شناسی سبزوار با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۲- با توجه به مقادیر بالا مشخص می‌شود رسوبات بالادست رودخانه بیشتر حاوی پیروکسن، آمفیبول و کانی‌های اپک و کمتر شامل کوارتز و پلاژیوکلاز هستند. علت حضور کمتر کوارتز و سایر خرده‌های رسوبی نسبت به سایر کانی‌های نامبرده این است که لیتولوژی‌های موجود در بالادست افیولیت‌ها هستند. کانی‌ها شکل اولیه خود را تا حد زیادی حفظ کرده‌اند و خرد شدگی نیز در آنها کمتر است. قابل ذکر است که در رسوبات بالادست کانی‌های اپک نسبت به دیگر قسمت‌های رودخانه فراوانترند (شکل ۱۳ ت و ث).

۳- هر چه به سمت پایین دست رودخانه پیش برویم از تعداد کانی‌های ناپایدار کاسته شده و نیز در آنها خرد شدگی که در اثر حمل و نقل ایجاد شده‌اند بیشتر می‌شود به طوری که در رسوبات پایین دست پیروکسن درصد کمتری از عناصر را نسبت به آمفیبول‌ها و کوارتز که پایدارترند تشکیل داده است. پیروکسن‌ها در پایین دست به شدت خرد شده و دگرسان هستند و آمفیبول‌ها نیز به صورت نیمه شکل‌دار هستند (شکل ۱۳ ج).

نتیجه

۱- مطالعات رسوب‌شناسی در رودخانه صدخرو نشان می‌دهد که این حوزه توسط یک رودخانه اصلی و چند آبراهه فرعی تغذیه می‌شود.

۲- واحدهای زمین‌شناسی این منطقه شامل افیولیت ملانژها و آهک که در بالادست موجود می‌باشند، کنگلومرا و ماسه‌سنگ در قسمت میانی و شیل و مارن که در قسمت میانی و پایین‌دست حوضه قرار دارد.

۳- با توجه به نام‌گذاری رسوبات توسط مثلث فولک مشخص شد حدود ۷۹/۶۹ درصد رسوبات گراول ماسه‌ای، ۱۶/۶۶ درصد رسوبات گراول و ۳/۷ درصد رسوبات در رده ماسه گراولی قرار دارند.

۴- مطالعات رسوب‌شناسی صورت گرفته در رودخانه صدخرو نشان می‌دهد که براساس تغییرات میانه و میانگین

- 2008, Architecture and stratigraphy of alluvial deposits, Morinson Formation (Upper Jurassic), Utah: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 9(8), p. 1055-1076.
- Khalifa, M., and Q. Catuneanu, 2008, Sedimentary of the Bahariya Formation (Early Cenomanian), Bahariya Oasis: Western Desert, Egypt. Journal of African Earth Sciences, v. 51, p. 89-103.
- Kosun, E., A. Poisson, A. Ciner, R. Wernli, and O. Monod, 2009, Syn-tectonic sedimentary evolution of the Miocene Atallar Basin, southwestern Turkey: Journal of Asian Earth Sciences, v. 34, p. 466-479.
- Kumar, R., N. Suresh, J. Satish, Sangode and V. Kumaravel, 2007, Evolution of the Quaternary alluvial fan system in the Himalayan foreland basin, Implications for tectonic and climatic decoupling: Quaternary International, v.159, p. 6-20.
- Kwon, Y.K., S.K. Chough, D.K. Choi, and D.J. Lee, 2002, Origin of limestone conglomerates in the Choson Super group (Cambro-Ordovician), Mid east Korea: Sedimentary Geology, v. 146, p. 265-283.
- Lehotsky, M., J. Novotny, J.B. Szmanda, and A. Greskovs, 2010, A suburban inter-dike river reach of a large river: Modern morphological and sedimentary change (the Bratislava reach of the Danube River, Slovakia): Geomorphology, v.117, p. 298-308.
- Lewin, J., & Brewer, P.A., 2002, Laboratory simulation of clast abrasion: Earth Surface Processes and Landforms, v. 27, p.145-164.
- Mannai-Tayech, B., and O. Otero, 2005, Un nouveau gisement miocene a ichthyofaune au Sud de la chaine des C. hotts (Tunisie meridionale), paleoenvironnement et paleogeographie: Comptes Rendus Paleovol, v. 4, p. 405-412.
- Miall, A.D., 2006. The Geology of Fluvial Deposits-Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology: Springer-Verlag, Berlin, 4th printing, 582p.
- Mori, K., 2010, Can we avoid overdevelopment of river floodplains by economic policies?: A case study of the Ouse catchment (Yorkshire) in the UK: Land Use Policy, v. 27, p. 976-982.
- Parker, G., 1991a, Selective sorting and abrasion of river gravel: Theory (Part I). Journal of Hydraulic Engineering, v.117 (2), p. 131-149.
- Parker, G., 1991b, Selective sorting and abrasion of river gravel: Applications (Part II). Journal of Hydraulic Engineering, v.117(2), p. 150-171.
- موسوی حرمی، ر.، ۱۳۸۶، رسوب‌شناسی: انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۷۴ص.
- Bertoldi, W., L. Zanoni, and M. Tubino, 2010, Assessment of morphological changes induced by flow and flood pulses in a gravel bed braided river: The Tagliamento River (Italy): Geomorphology, v. 114, p.348-360.
- Constantine, C.R., M.F. Mount, & J.L. Florsheim, 2003, The effects of longitudinal differences in gravel mobility on the downstream fining pattern in the Cosumnes River: California. The Journal of Geology, v. 111, p. 233-241.
- Davey, C., and M. Lapointe, 2007, Sedimentary links and the spatial organization of Atlantic salmon (Salmosalar) Spawning habitat in a Canadian Shield River: Geomorphology, v. 83, p. 82-96.
- Demoulin, A., 2011, Basin and river profile morphometry: A new index with a high potential for relative dating of tectonic uplift: Geomorphology, v. 126, p. 97-107.
- Ferguson, R.I., T. Hoey, S. Wathen, and A. Werrity, 1996, Field evidence for rapid downstream fining of river gravels through selective transport: Geology, v. 24, p.179-182.
- Folk, R.L., 1974, Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company Austin: Texas, 182p.
- Friend, P.F., & W.B. Dade, 2005, Transport modes and grain size patterns in fluvial basins. In: Blum, M.D., Marriott, S.B., & Leclair, S.F., (Eds.), Fluvial sedimentology VII. Special Publication of International Association of Sedimentologists: Blackwell Publishing Ltd., v. 35, p.399-407.
- Heitmuller, F.T., and P.F. Hudson, 2009, Downstream trends in sediment size and composition of channel bed, bar and bank deposits related to hydrologic and lithologic controls in the Liano River Watershed. Central Texas, USA: Geomorphology, v.112, p. 246-260.
- Heller, P.L., P.E. Beland, N.F. Humphrey, S.K. Konrad, R.M. Lynds, M.E. McMillan, K.E. Valentine, Y.A. Widman, and D.J. Furbish, 2001, Paradox of downstream fining and weathering-rind formation in the lower Hoh River, Olympic Peninsula, Washington: Geology, v. 29, p. 971-974.
- Kim, S.B., Y.G. Kim, H.R. Jo, K.S. Jeang, and S.K. Cjough, 2009, Depositional facies, architecture and environments of the Sihwa Formation (Lower Cretaceous), mid-west Korea with special reference to dinosaur eggs: Cretaceous Research, v. 30, p. 100-126.
- Kjemperud, V.A., E.K. Schomacher, and T.A. Cross,

- p.17-23.
- Sensarma, S., V. Rajamani, and J.K. Tripathi, 2008, Petrography and geochemical characteristics of the sediments of the small River Hemavati, Southern India: Implications for provenance and Weathering processes: *Sedimentary Geology*, v. 205, p.111-125.
- Snelder, T.H., N. Lamouroux, and H. Pella, 2011, Empirical modelling of large scale patterns in river bed surface grain size: *Geomorphology*, v.127, p.189-197.
- Surian, N., 2002, Downstream variation in grain size along an Alpine River, analysis of controls and processes: *Geomorphology*, v. 43, p.137-149.
- Thompson, D.M., 2008, The influence of lee sediment behind large bed elements on bedload transport rates in supply- limited channels: *Geomorphology*, v. 99, p. 420-432.
- Uribelarra, D., and G. Benito, 2008, Fluvial changes of the Guadalquivir river during the Holocenein Cordoba (Southern Spain): *Geomorphology*, v.100, p.14-31.
- Rice, S., 1999, The nature and controls on downstream fining within sedimentary link. *Journal of Sedimentary Research* v. 69A: 32-39.
- Rice, S.P., and M. Church, 2010, Grain-size sorting within river basin relation to downstream fining along a wandering channel: *Sedimentology*, v. 57, p. 232-251.
- Rice, S.P., and M. Church, 1996, Bed material texture in low order streams on the Queen Charlotte Islands, British Columbia. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 21: 1-18.
- Schumm, S.A., 1981, Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implication: *SEPM special publication*, v. 31, p. 19-29.
- Schumm, S.A., 1985, Explanation and extrapolation in geomorphology, seven reasons for geologic uncertainty: *Geomorphological Japanese Union Transactions*, v. 6, p.1-18.
- Sear, D.A., and M.D. Newson, 2003, Environmental change in river channels: a neglected element. Towards geomorphological typologies, standard and monitoring: *The Science of the Total Environmental*, v. 310,

