

مطالعه رسوبات و عوامل زمین شناسی مؤثر در بار رسوبی رودخانه پلرود، استان گیلان

عبدالحسین امینی و کاظم شعبانی گورجی
دانشگاه تهران، دانشکده علوم، گروه زمین شناسی
(دریافت: ۷۹/۶/۱۰؛ پذیرش: ۷۹/۸/۱۱)

چکیده

به منظور تعیین مشخصه های رسوب شناسی، میزان بار رسوبی و عوامل زمین شناسی مؤثر در بار رسوبی رودخانه پلرود حوزه آبخیز آن با وسعتی بالغ بر ۱۷۶۵ کیلومتر مربع مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس داده های مربوط به دبی جریان (Q_w) و دبی رسوب (Q_s) رابطه بین آنها برای شاخه اصلی رودخانه پلرود به صورت $Q_s = 10/299(Q_w)^{1/599}$ محاسبه گردیده است. میانگین سالانه بار رسوبی در محل در نظر گرفته شده برای احداث سد (منطقه دراز لات) بالغ بر ۳۰۰۰۰ تن بار معلق و بین ۱۵۰۰۰ تا ۷۵۰۰۰ تن بار بستردر سال به دست آمده است. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان می دهد که فراوانی سنگهای ولکانیکی با ترکیب حد واسط تا بازیک با قابلیت فرسایش قابل توجه، فراوانی ذرات دانه ریز همراه با خردشدگی شدید سنگهای منطقه در اثر فعالیت های تکتونیکی و دخالت انسان، به علاوه عدم وجود پوشش گیاهی مناسب و نحوه نامناسب کاربری اراضی از عوامل اصلی کنترل کننده رسوب زائی حوزه آبخیز چاکرود می باشند. در حوزه آبخیز پلرود فراوانی سنگهای مستعد فرسایش (سازند شمشک و دایکهای بشدت خرده شده بازیک) گسترش دامنه های پر شیب با زمین لغزه های فراوان و دخالت انسان در ناپایدار نمودن شیبها با جاده سازی یا از بین بردن پوشش گیاهی عوامل اصلی کنترل کننده رسوب زائی می باشند.

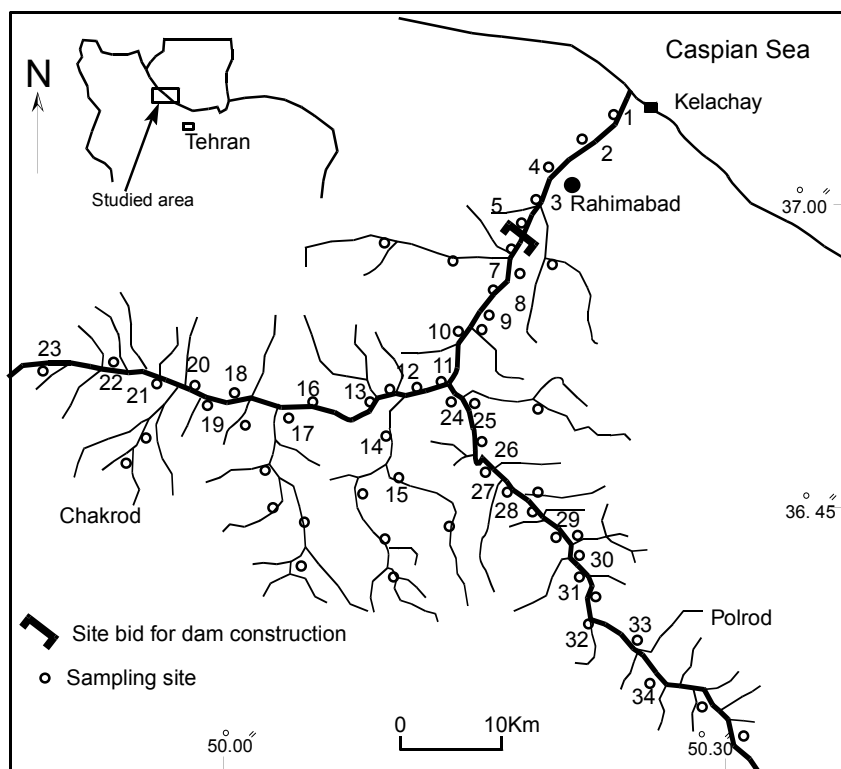
واژه های کلیدی: پلرود، استان گیلان، بار رسوبی، رسوبات رودخانه ای، مطالعات منشاء، رسوب زایی

مقدمه

رودخانه‌ها مهمترین سیستم‌های زهکشی سطح زمین هستند که مواد حاصل از تخریب سنگهای پوسته زمین را به صورت بار معلق و یا بار بستر به حوضه‌های مختلف رسوبی منتقل می‌نمایند. به طور متوسط سالانه ده میلیارد تن مواد رسوبی توسط رودخانه‌های دنیا حمل می‌گردد (Meybeck, 1976) و در حوضه‌های مختلف رسوبی از قبیل مخزن سدها، دریاچه‌ها، دریاها، پلایاها، کولابها و یا در زیر محیطهای مختلف خود سیستم رودخانه‌ای مانند درون کانال (Channel) کانالهای متروکه (Abandoned Channel)، خارج کانال (Overbank) دشت سیلابی (Flood plain)، باتلاقهای محلی (Local swamps) و خاکریزهای طبیعی (Levee) نهشته می‌گردند. رودخانه‌ها نقش بسیار اساسی در حمل ذرات رسوبی، فرسایش نهشته‌های قدیمی تر و رسوبگذاری در حوضه‌های مختلف رسوبی دارند، بر این اساس از عوامل بسیار مؤثر تغییر شکل پوسته زمین هستند و رفتار آنها از جنبه‌های مختلف نیازمند بررسی و مطالعه است. گاهی مطالعه رفتار رودخانه به منظور کنترل سیلاب، فرسایش و تخریب پوسته زمین صورت می‌گیرد و گاهی اهمیت آنها در رسوبگذاری نهشته‌های دانه ریز در دشتهای سیلابی و ایجاد پهنه‌های مناسب برای کشاورزی مد نظر است و زمانی نقش رودخانه‌ها در تجمع رسوبات در مخازن سدها هدف اصلی مطالعه است. لازمه هر گونه مطالعه و بررسی دقیق بر روی رفتار و ماهیت رودخانه‌ها برای اهداف مذکور، اطلاع دقیق از مشخصه‌های رسوب شناسی، نوع و میزان بار رسوبی و عوامل مؤثر در بار رسوبی آنها می‌باشد.

رودخانه پلرود به عنوان یکی از رودخانه‌های اصلی استان گیلان، با توجه به شرایط جغرافیائی و وضعیت پوشش گیاهی منطقه، دارای بار رسوبی بیشتر از رودخانه‌های با شرایط مشابه است. این امر تأثیر قابل ملاحظه‌ای در زمینهای کشاورزی، مناطق مسکونی و تأسیسات صنعتی و کشاورزی حاشیه رودخانه ایجاد می‌نماید. علاوه بر این احداث یک سد خاکی به منظور تأمین آب مورد نیاز کشاورزی بر روی این رودخانه در ۷ کیلومتری جنوب غربی رحیم آباد (دراز لات) در دست بررسی است. با توجه به موارد مذکور و نقش قابل ملاحظه مقدار بار رسوبی در کاهش ظرفیت مخزن سد و نهایتاً عمر سد، مطالعه رسوبات، تعیین مقدار بار رسوبی و عوامل زمین شناسی مؤثر در آن از ضروریات مسلم است. مطالعه حاضر به منظور تعیین مشخصه‌های دقیق رسوب شناسی بخشهای مختلف این رودخانه، محاسبه میزان بار رسوبی و عوامل زمین شناسی مؤثر در رسوب دهی (Sediment yield) حوزه آبخیز رودخانه پلرود صورت گرفته است. حوزه آبخیز پلرود با وسعتی بالغ بر ۱۷۶۵ کیلومتر مربع شامل دو شاخه چاکرود و پلرود می‌باشد. شاخه چاکرود از ارتفاعات جنوب و غرب دیلمان

سرچشمه گرفته و با شاخه های فرعی متعدد به سمت شرق جریان می یابد. شاخه پلرود از ارتفاعات شمال شرق قزوین سرچشمه گرفته و همراه با شاخه های متعدد فرعی به سمت شمال غرب جریان می یابد. ایندو شاخه در محل سی پل، روستای گرمابدشت، به هم پیوسته و با جریان به سمت شمال شرق شاخه اصلی پلرود را بوجود می آورند که در محل کلاچای به دریای خزر می ریزد (شکل ۱).



شکل ۱ - وضعیت حوزه آبخیز پلرود و موقعیت محل‌های اصلی نمونه برداری برای مطالعات رسوب شناسی. تنها محل‌های که در متن به آنها اشاره شده شماره گذاری شده اند.

روشها

میزان بار معلق بر حسب گرم در لیتر و کیلوگرم در تن و با نمونه گیری از جریان آب رودخانه در عمق های مختلف و عرض رودخانه و جدا نمودن ذرات رسوبی در آزمایشگاه و توزین آن صورت گرفته است. برای این منظور در امتداد های عمود بر جریان اصلی نمونه برداری از

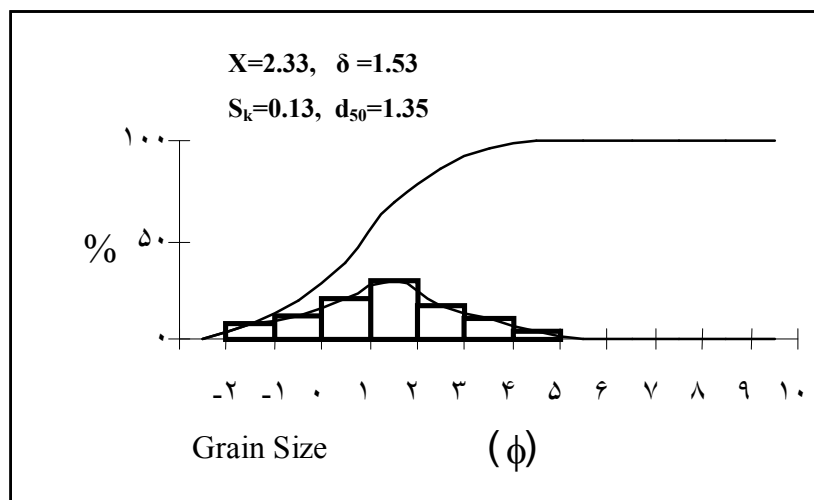
بخشهای مختلف بطوری که کل عرض کانال را پوشش دهد و به روش نقطه ای صورت پذیرفته است. در هر نقطه تعدادی ظرف نمونه برداری با فواصل معین به یک میله طوری بسته شده اند که در هنگام قرار گرفتن در آب دهانه آنها در مقابل جریان آب باشد. چون بطریها در ارتفاعات مختلف تعبیه شده اند، نمونه برداری از اعماق مختلف صورت می گیرد و چون تعدادی از این میله ها در عرض کانال تعبیه می شوند این امکان فراهم می گردد تا میانگین بار معلق در یک مقطع عرضی از رودخانه محاسبه گردد. با برداشت نمونه های مذکور غلظت مواد رسوبی به صورت گرم در لیتر و یا کیلو گرم در مترمکعب برای هر نقطه از رودخانه بدست می آید. با در دست داشتن غلظت و دبی جریان در زمان نمونه برداری، مقدار بار رسوبی بر حسب تن در روز و از ضرب نمودن مقدار غلظت در دبی جریان محاسبه می گردد (علیزاده ۱۳۶۷). دبی جریان و دبی رسوبات در یک دوره زمانی سی ساله بر مبنای داده های تهیه شده توسط مرکز تحقیقات منابع آب و امور دام جهاد سازندگی و سازمان آب استان گیلان تعیین گردیده است. برای مطالعات رسوب شناسی، نمونه برداری از کلیه شاخه های فرعی و کانالهای اصلی، از حاشیه ها و درون کانال، صورت گرفته است. فواصل نمونه برداری طوری تنظیم گردیده تا از بخشهای مختلف حوزه آبخیز نمونه تهیه شود و نمونه های تهیه شده نماینده واقعی رسوبات محل مورد نظر باشند (شکل ۱). این نمونه ها جهت بررسی مشخصه های اساسی بافت و ترکیب کانی شناسی مورد آزمایشهای دانه سنجی، مطالعات مورفوسکپی، پتروگرافی و پراش اشعه X قرار گرفته اند. دانه سنجی رسوبات در سه گروه گراول، ماسه و گل بطور جداگانه و به ترتیب با استفاده از روشهای مستقیم اندازه گیری، سری غربالهای استاندارد و اختلاف سرعت سقوط ذرات در آب (قانون استوکس) صورت گرفته است. به منظور تعیین نقش هر کدام از سنگهای موجود در حوزه آبخیز در رسوب زائی، ترکیب کانی شناسی و مشخصه های بافتی آنها با استفاده از مطالعات میکروسکپی مورد بررسی قرار گرفته اند. نمونه برداری از سنگ های رخنمون یافته در حوزه آبخیز بر مبنای تغییرات لیتولوژی و مشخصه های سنگ شناسی آنها در روی زمین صورت گرفته است. با مقایسه ترکیب کانی شناسی و فراوانی اجزاء تخریبی رسوبات و ترکیب کانی شناسی سنگهای رخنمون یافته در بخشهای مختلف حوزه آبخیز، منشاء اجزاء تخریبی رسوبات مشخص گردیده و نقش هر کدام از سنگهای رخنمون یافته در حوضه آبخیز در رسوب دهی تعیین گردیده است در مطالعه ترکیب کانی شناسی ذرات در حد ماسه و درشتتر، از روشهای متدوال پتروگرافی (Lewis & McConchie, 1994) استفاده گردیده است بدین صورت که ذرات در درون قالبهای مخصوصی به وسیله آپاکسی به یکدیگر سیمانی شده سپس از بخشهای مختلف قالب مقطع نازک تهیه گردیده است. فراوانی ذرات

سازنده رسوب با استفاده از دستگاه شمارنده (Point Counter) و با روش موسوم به - Gazzi Dickinson اندازه گیری شده است (Zuffa, 1985). مساحت بیرون زدگیهای هر کدام از واحد های سنگی در حوزه آبخیز (ناحیه منشاء) نسبت به مساحت کل منطقه از روی نقشه های زمین شناسی موجود و به صورت درصد تخمین زده شده است. برای مطالعه ترکیب کانی شناسی ذرات در حد سیلت و رس از روش پراش اشعه X استفاده گردیده است. آماده سازی نمونه ها برای مطالعات مذکور بر اساس روش پیشنهادی مور و رینالدز (Moore & Reynolds, 1989) صورت گرفته است.

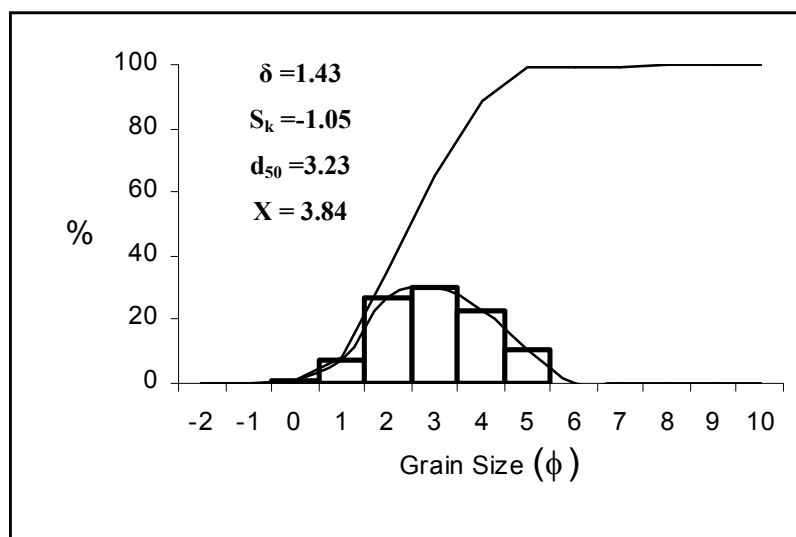
رسوب شناسی

در مطالعات رسوب شناسی بر روی دو مشخصه اصلی نمونه های تهیه شده از بخشهای مختلف حوزه آبخیز، بافت و ترکیب کانی شناسی، تکیه شده است. پارامترهای اصلی بافت شامل متوسط اندازه ذرات (X)، جورشدگی (δ)، کج شدگی (Sk) میان d_{50} با استفاده از روش لحظه ای (McBride, 1971) تعیین گردیده اند. گردشدگی و کرویت ذرات با استفاده از مقیاس پاورس (Powers, 1953) و بلوغ بافتی و کانی شناسی آنها بر اساس روش پیشنهادی فولک (Folk, 1983) تعیین گردیده است. برای سهولت مطالعه و بررسی اختلافهای احتمالی و بر اساس پراکندگی جغرافیائی، محللهای نمونه برداری رسوبات مورد مطالعه در سه گروه جداگانه، شاخه چاکرود، شاخه پلرود و شاخه اصلی (محل اتصال دو شاخه مذکور تا مصب رودخانه) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند. در شاخه چاکرود رسوبات بخشهای بالا دست جریان و شاخه های فرعی تر حوزه آبخیز با جورشدگی بد تا خیلی بد ($\delta = 1/0.7 \pm 0/16 \phi$)، فراوانی ذرات در حد ماسه و گل ($G/S+M = 0.4$) و با مدیان $d_{50} = 3/35 \pm 0/8 \phi$ و متوسط اندازه ذرات $X = 4/3 \pm 0/9 \phi$ مشخص هستند (جدول ۱). در این بخش از رودخانه رسوبات دارای کج شدگی مثبت ($Sk = 0/19 \pm 0/13$) هستند که منحنی فراوانی (Frequency Curve) آنها کج شدگی به طرف ذرات ریز را نشان می دهد (شکل ۲). در بخشهای پائین دست و در نزدیکی محل اتصال به شاخه اصلی جورشدگی بد تا خیلی بد رسوبات حفظ می گردد ($\delta = 1/48 \pm 0/36 \phi$) ولی افزایش قابل ملاحظه ای در اندازه ذرات مشاهده می گردد به طوری که برتری با ذرات در حد ماسه درشت تا گراول می گردد ($G/S+M = 1.44$). متوسط اندازه ذرات در این محدوده افزایش قابل ملاحظه ای نسبت به نمونه های بالا دست جریان نشان می دهد ($X = 3/08 \pm 1/09 \phi$). در بخشهایی از این محدوده، عمدتاً در زیر شاخه های اصلی، رسوبات دارای کج شدگی منفی هستند (شکل ۳)، بطوریکه ۸۵٪ نمونه

های تحت بررسی در بخشهای مختلف این محدوده از شاخه چاکرود کج شدگی مثبت و ۱۵ درصد آنها کج شدگی منفی نشان می دهند (جدول ۱).



شکل ۲ - برخی از پارامترهای اصلی رسوب شناسی در بخشهای بالا دست شاخه چاکرود. این شکل میانگین پارامترهای اصلی در نمونه های مورد مطالعه را نشان می دهد.



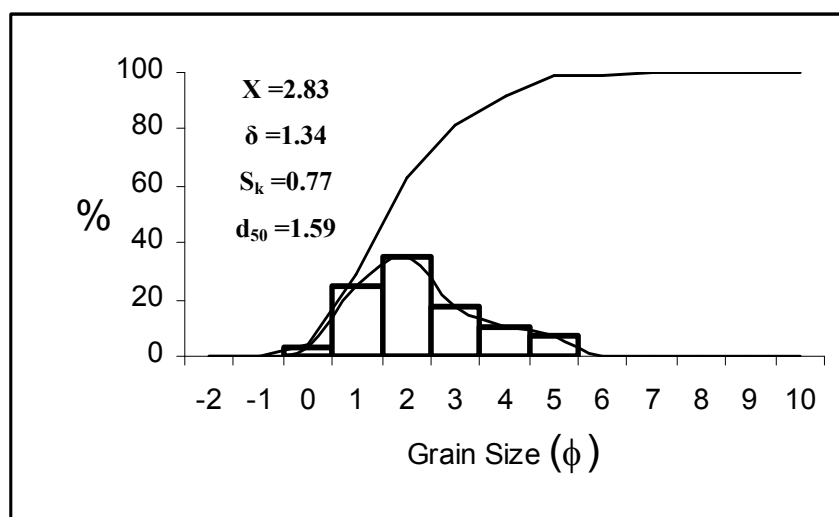
شکل ۳ - برخی از پارامترهای اصلی رسوب شناسی در بخشهای پایین دست شاخه چاکرود. این شکل میانگین پارامترهای اصلی در نمونه های مورد مطالعه را نشان می دهد.

جدول ۱ - پارامترهای اصلی بافتی تعدادی از نمونه های شاخه چاکرود.

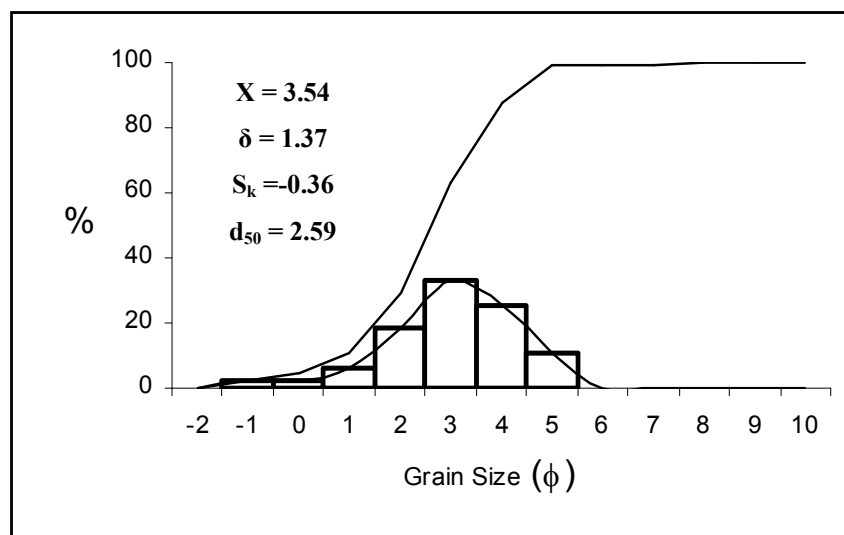
Sample site	X	δ	Sk	d_{50}	G/S+M
11	3.94	1.56	-0.22	3.03	2.33
12	2.43	1.8	-0.02	1.59	2.33
13	2.13	1.8	0.10	1.23	2.33
14	2.65	1.8	0.42	1.35	1.44
15	2.77	1.41	0.47	1.67	1.44
16	4.31	1.07	0.43	3.35	2.33
17	3.53	1.24	0.43	2.53	1.5
18	3.84	1.43	-1.05	3.23	3
19	3.49	1.72	-0.49	2.7	2.33
20	2.7	1.53	0.31	1.59	3
21	2.33	1.53	0.13	1.35	4
22	2.84	1.32	0.01	1.76	5.66
23	3.12	1.07	0.27	2.06	5.66

در شاخه پلرود ، رسوبات مربوط به سر شاخه های فرعی تر مربوط به بخشهای بالا دست جریان با جورشدگی بد تا بسیار بد ($\phi = 0.36 \pm 0.2/54 \delta$) و کج شدگی مثبت با برتری منحنی های کج شده به طرف ذرات ریز ($Sk = 0.17 \pm 0.24$) مشخص هستند (شکل ۴). در این محدوده از حوزه آبخیز رسوبات در حد ماسه ریز تا ماسه متوسط دارای فراوانی غالب هستند ($\phi = 1/7 \pm 3/51 X$) و متوسط مدیان رسوبات برابر $\phi = 0.77 \pm 2/71 d_{50}$ می باشد. در بخشهای پائین دست جریان و در محل اتصال به شاخه چاکرود ، میزان جورشدگی کاهش می یابد ولی جورشدگی بد تا بسیار بد رسوبات حفظ می گردد ($\phi = 0.23 \pm 1/52 \delta$). رسوبات مربوط به این محدوده از شاخه پلرود با برتری ذرات در حد گراول ، ماسه درشت ، و خیلی درشت مشخص می شوند ($G/S+M = 1.7$) لذا منحنی فراوانی آنها کج شدگی به طرف ذرات درشت نشان می دهند (شکل ۵). متوسط اندازه ذرات آنها افزایش قابل ملاحظه ای نسبت به نمونه های بالا دست جریان نشان می دهد ($\phi = 1/27 \pm 2/8 X$). متوسط مدیان برای این رسوبات برابر $\phi = 1/3 \pm 2/13 d_{50}$ بدست آمده است. بیش از ۴۵ درصد نمونه های مطالعه شده از بخشهای مختلف شاخه پلرود کج شدگی منفی ($Sk_{mean} = -0.25 \pm 0.11$) و ۵۵ درصد آنها کج شدگی مثبت ($Sk_{mean} = 0.13 \pm 0.08$) نشان می دهند (جدول ۲). رسوبات مطالعه شده از شاخه اصلی نیز دارای جورشدگی بد تا بسیار بد در قسمتهای بالا دست جریان ($\phi = 0.47 \pm 1/64 \delta$) و پائین دست جریان ($\phi = 0.24 \pm 1/28 \delta$) هستند، با این وجود، افزایش قابل ملاحظه ای در متوسط میزان جورشدگی به سمت پائین دست جریان

مشاهده می گردد. رسوبات این بخش از رودخانه با فراوانی ذرات در حد گراول در بالا دست جریان ($G/M+S = 2.33$) و فراوانی ذرات در حد سیلت و رس و ماسه ریز در پائین دست جریان ($G/M+S = 0.37$) مشخص هستند. متوسط اندازه ذرات در این بخش از رودخانه از حدود $X = 1/21 \pm 0/47 \phi$ در بالا دست جریان تا حدود $X = 3/24 \pm 0/48 \phi$ در پائین دست جریان تغییر می نمایند. بطور کلی حدود ۳۰ درصد رسوبات شاخه اصلی دارای کج شدگی مثبت ($Sk_{mean} = 0/19 \pm 0/04$) عمدتاً در بالا دست جریان و ۷۰ درصد آنها دارای کج شدگی منفی ($Sk_{mean} = -0/26 \pm 0/09$)، عمدتاً در پائین دست جریان، هستند. متوسط مدیان برای رسوبات شاخه اصلی برابر $d_{50} = 1/62 \pm 1/11 \phi$ بدست آمده است. میانگین اندازه ذرات و جورشدگی رسوبات از محل اتصال دو شاخه چاکرود و پلرود تا مصب رودخانه یک حالت افزایش نمائی غیر پیوسته ای (Discontinuous Exponential Increase) را نشان می دهد (شکل ۸).



شکل ۴ - برخی از پارامترهای اصلی رسوب شناسی در یخشهای بالا دست شاخه پلرود. این شکل میانگین پارامترهای اصلی در نمونه های مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۵ - برخی از پارامترهای اصلی رسوب شناسی در بخشهای پایین دست شاخه پلرود. این شکل میانگین پارامترهای اصلی در نمونه های مورد مطالعه را نشان می دهد.

جدول ۲ - پارامترهای اصلی بافتی تعدادی از نمونه های شاخه پلرود.

Sample site	X	δ	Sk	d_{50}	G/S+M
24	3.60	1.71	0.33	2.38	1.44
25	3.33	1.6	-0.72	2.59	1.5
26	3.54	1.37	-0.36	2.59	1.22
27	2.83	1.34	0.77	1.59	2.33
28	3.4	1.35	0.71	2.12	1.22
29	1.42	1.62	0.76	0.86	2.33
30	2.86	1.39	-0.21	1.88	2.33
31	2.53	1.8	0.07	1.51	0.43
32	3.57	1.37	-0.09	2.59	1.44
33	3.1	1.47	0.51	1.94	1.44
34	3.95	1.8	-0.29	3.47	2.33

دبی جریان و دبی رسوب

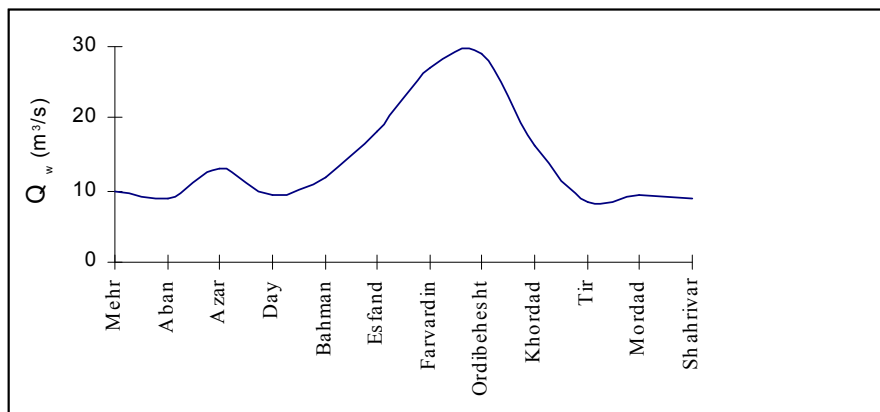
بطور کلی جریان آب رودخانه پلرود به ندرت عاری از رسوبات آواری است. ذرات رسوبی در بخشهای پائین دست جریان عمدتاً به صورت بار معلق و در جایی که شیب توپوگرافی بسیار ملایم است بار حمل شده عمدتاً شامل مواد آلی (بقایای گیاهان) و مقدار ناچیزی ذرات در حد

سیلت و رس می باشد. در بخشهای بالا دست ذرات رسوبی به صورت بار معلق و بار بستر حمل می گردند و گاهی قطر ذرات که توسط رودخانه حمل می گردند به ۳ متر هم می رسد. در رودخانه پلرود، میزان بار رسوبی علاوه بر ظرفیت حمل رودخانه و شدت جریان به مقدار زیاد تابع فرسایش دیواره های پرشیب کناره های رودخانه است. مطالعه حاضر نشان می دهد که ریزش دیواره ها و فرسایش سطحی آنها در اثر عوامل متعدد، حتی در فصول کم آبی، نقش قابل توجهی در تأمین بار رسوبی دارد. متوسط بار معلق برای این رودخانه برای یک دوره زمانی سی ساله برابر ۳۰۰۰۰۰ تن در سال در ایستگاه هیدرولیکی درازلات محاسبه گردیده است. مقدار بار بستر با توجه به روابط پیشنهادی سیمونز و سنتورک (Simons & Senturk, 1992) برای رودخانه هایی با شرایط مشابه پلرود، بین ۱۵ تا ۷۵ هزار تن در سال محاسبه گردیده است. تغییرات متوسط ماهانه دبی جریان بر اساس داده های یک دوره سی ساله در شکل ۶ نشان داده شده است. براساس میزان دبی جریان و بار رسوبی محاسبه گردیده از روشهای فوق الذکر تغییرات متوسط ماهانه بار معلق به صورت شکل ۷ بدست آمده است. به منظور تعیین رابطه کلی بین دبی جریان و بار رسوبی برای این رودخانه این رابطه برای ماهها و سالهایی که از آنها اطلاعات دقیقتر در دسترس بوده به طور تجربی محاسبه گردیده است (شعبانی، ۱۳۷۹). با استفاده از داده های مذکور و روش همبستگی لگاریتمی (Reid & Frostrick, 1994b) رابطه بین دبی جریان و بار معلق به صورت $Q_s = 10/299(Q_w)^{1/599}$ به دست آمده است. مقایسه ضرایب به دست آمده از رابطه مذکور با انواع مربوط به رودخانه های مطالعه شده در سطح دنیا از طرفی بعضی از مشخصه های رودخانه های دائمی (Lepold et al., 1984) و از طرفی برخی از مشخصه های رودخانه های فصلی (Reid & Frostrick, 1994a) را آشکار می سازد. رابطه بین دبی جریان و بار معلق همچنین از روش غلظت متوسط (Knighton 1984) نیز محاسبه گردید که تغییرات آن در طول سال و اختلافات آن با روش همبستگی لگاریتمی در جدول ۳ ارائه شده است.

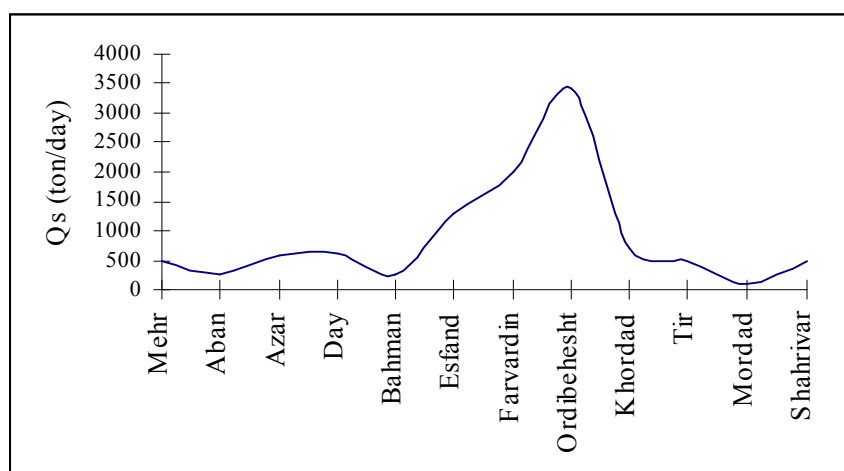
نقش سنگهای منشاء در رسوب دهی

ترکیب کانی شناختی (Mineralogical Composition) بخش تخریبی رسوبات آواری از دیر باز به عنوان مهمترین مشخصه در تعیین جنس سنگ منشاء، شرایط حاکم بر محیط حمل و نقل و شرایط حاکم بر حوزه آبخیز مورد استفاده قرار گرفته است (Zuffa, 1985; Pettijohn et al., 1987; Arribas et al., 1991). با توجه بر تأثیر بسیار جزئی دیاژنز در تغییر مشخصات کانی

شناسی رسوبات رودخانه پلرود، از این مشخصه می توان به عنوان عاملی قابل اطمینان در تعیین جنس سنگهای منشاء استفاده نمود. در مطالعه حاضر هدف اصلی از تعیین منشاء ذرات تخریبی درک نقش هر کدام از سنگهای رخنمون یافته در حوزه آبخیز در رسوب دهی و سهم آنها در تأمین باررسوبی سر شاخه ها ی مختلف رودخانه پلرود می باشد.



شکل ۶ - تغییرات متوسط ماهانه دبی جریان (Q_w) در رودخانه پلرود.



شکل ۷ - تغییرات متوسط ماهانه دبی رسوب (Q_s) در رودخانه پلرود.

بطور کلی واحد های سنگی رخنمون یافته در بخشهای مختلف حوزه آبخیز شامل ، کنگلومرا ، شیل ، گلسنگ ، ماسه سنگ همراه با رگه های محلی زغال (سازند شمشک) ، آهک های

دولومیتی تا آهک های متوسط تا نازک لایه (سازند های الیکا و روت ه) آهکهای اربیتولین دار (کرتاسه) ماسه سنگهای همراه با افقهای سیلتی (ژوارسیک فوقانی) ، توف و گدازهای بازالتی تا تراکیتی (اوسن) و دایکهای محلی آندزیتی تا بازالتی تزریق شده در واحد های قدیمی تر می باشد (شعبانی ۱۳۷۹). با تکیه بر مشخصه های پتروگرافی دانه های منفرد تخریبی شامل قطعات خرده سنگی ولکانیکی ، کربناته ، و شیلی و دانه های تخریبی کوارتز و فلدسپارها و با استفاده از روشهای فولک (Folk, 1983) و مورتون و دیگران (Morton et al., 1991) منشاء هر کدام از دانه های تخریبی مشخص گردیده اند. قطعات خرده سنگی ولکانیکی با بافت آفانتیک پرفیریک و شیشه های آتشفشانی با بافت میکروولیتی ، قطعات خرده سنگی کربناته با بقایای اسکلتی و میکروفسیل‌های کرتاسه ، و قطعات شیلی یا فراوانی میکاو گسترش محلی مواد آلی در آنها به عنوان نمایندگانی از سنگهای منطقه حوزه آبخیز بخوبی امکان تشخیص سنگ های منشاء را میسر می سازند (Zuffa , 1985). ذرات تخریبی کوارتز موجود در رسوبات با فراوانی رشد ثانویه (Over growth) ، عدم وجود انکلوزیون و خوردگیهای خلیجی و فراوانی خط غبار (Dust Line) در حاشیه گرد شده این ذرات نشان از منشاء سنگهای رسوبی قدیمی دارند (Folk, 1983). دانه های فلدسپار با فراوانی پلاژیو کلازهای کلسیک و ماکل تکراری و فراوانی زونینگ نوع Oscillatory و حضور ادخالهایی از شیشه های آتشفشانی همراه آنها ، نشان از منشاء ولکانیکی آنها دارد (Trevena & Nash, 1981 ; Pittman 1963). برای درک نقش هر کدام از سنگهای فوق در رسوب دهی مجموعه واحد های موجود در منطقه در سه گروه اصلی ولکانیکی ، کربناته و آواری طبقه بندی گردیده اند. در محدوده ای از حوزه که سنگهای ولکانیکی غالب هستند و سنگهای آواری (عمدتاً سازند شمشک) و سنگهای کربناته به نسبت تقریباً مساوی ولی با فراوانی کمتر حضور دارند ، با افزایش مساحت بیرون زدگی سنگهای ولکانیکی در حوزه های آبخیز فرعی ، از مقدار کوارتز تخریبی در رسوبات شاخه های مربوطه کاسته ولی بر مقدار فلدسپارها افزوده می شود. با افزایش مساحت سنگهای ولکانیکی مقدار قطعات خرده سنگی ولکانیکی و شیشه های آتشفشانی در رسوبات افزایش پیدا می کند ولی نرخ افزایش آن کمتر از نرخ افزایش فلدسپارهاست. این امر نشان می دهد که ذرات فلدسپار علاوه بر سنگهای ولکانیکی از سنگهای دیگری (ماسه سنگهای سازند شمشک) نیز منشاء گرفته اند. در بخشهایی از حوزه آبخیز که در آن فقط سنگهای آواری یا سنگهای کربناته همراه با سنگهای ولکانیکی رخنمون دارند نیز همین روابط برقرار است. در محدوده ای از حوزه آبخیز که سنگهای کربناته همراه با سنگهای ولکانیکی رخنمون دارند. با افزایش مساحت

سنگهای ولکانیکی افزایش شدیدی در مقدار فلدسپار موجود در رسوبات مربوطه مشاهده می گردد ولی قطعات خرده سنگی کاهش قابل ملاحظه ای را نشان می دهند.

جدول ۳ - مقدار بار رسوبی محاسبه شده از روشهای غلظت متوسط و همبستگی لگاریتمی برای فصول مختلف و سالانه (اعداد بر حسب تن).

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	روش
۳۱۰۳۸۸	۴۱۷۹۸	۳۳۵۳۴	۲۷۴۴۱	۲۰۷۵۱۵	غلظت متوسط
۳۱۴۰۷۴	۶۵۲۰۳	۳۹۶۸۲	۲۷۵۳۷	۱۹۰۶۵۲	همبستگی لگاریتمی
۳۱۲۲۳۱	۴۹۰۰۰/۵	۳۶۶۰۸	۲۷۴۸۹	۱۹۹۱۳۳/۵	میانگین دو روش
۱۰۰	۱۵/۷	۱۱/۷	۸/۸	۶۳/۸	درصد فصلی

با توجه به نتایج مربوط به مشخصه های دانه های تخریبی و رابطه بین فراوانی آنها در رسوبات و مساحت سنگهای اصلی رخنمون یافته در حوزه آبخیز بنظر میرسد که دانه های کوارتز عمدتاً از بخش ماسه سنگی و کنگلومراهای سازند شمشک منشاء گرفته اند. دانه های فلدسپار عمدتاً از سنگهای آندزیتی، تراکیتی موجود در حوزه آبخیز و دایکهای محلی تزریق شده در سنگهای قدیمی تر منشاء گرفته اند. قطعات خرده سنگی آتشفشانی و شیشه های آتشفشانی به سنگهای ولکانیکی موجود در منطقه، قطعات خرده سنگی کربتانه به آهکهای کرتاسه، و سازند های روته و الیکا نسبت داده شده اند. قطعات خرده سنگی شیلی نیز به بخش شیلی سازند شمشک منتسب می گردند. با توجه به فراوانی ذرات اصلی تخریبی در رسوبات بخشهای مختلف رودخانه پلرود (جدول ۴) می توان نتیجه گرفت که در شاخه چاکرود به ترتیب سنگهای ولکانیکی، آهکهای کرتاسه، و سازند های روته و الیکا نقش اساسی در تأمین ذرات رسوبی داشته اند. سازند شمشک به عنوان تأمین کننده بخشی از ذرات تخریبی در این بخش از حوزه آبخیز در رده سوم اهمیت قرار دارد. در شاخه پلرود سازند شمشک، به ویژه بخش ماسه سنگی، سیلت استونها و شیلها، نقش اصلی را در تأمین ذرات رسوبی ایفا می کنند. آهکهای گسترده در بخشهای مختلف منطقه و سنگهای ولکانیکی به ترتیب در رده های دوم و سوم اهمیت قرار دارند. این نتایج با محاسبه شاخص تولید ماسه (Sand Generation Index)

هر کدام از واحد های مذکور بر اساس روابط پیشنهادی کوک و دورنکامپ (Cooke and Doornkamp 1993) نیز قابل اثبات است. در بخشهایی از حوزه آبخیز که سنگهای ولکانیکی و سنگهای رسوبی (تخریبی + کربناته با نسبت تقریباً مساوی) گستردگی دارند شاخص تولید ماسه (SGI) برای سنگهای ولکانیکی برابر $SGI = 3/3 \pm 1/5$ و برای سنگهای رسوبی منطقه $SGI = 1/4 \pm 0/11$ است. این اعداد نشان میدهند که در این مناطق سنگهای ولکانیکی حدود $2/3$ برابر پتانسیل رسوب دهی بیشتری نسبت به سنگهای رسوبی دارند. در بخشهایی از منطقه که سنگهای ولکانیکی و سنگهای تخریبی گسترش دارند این مشخصه به ترتیب برابر $SGI_{vol} = 2/5 \pm 0/49$ و $SGI_{tr} = 1/7 \pm 0/25$ است، به عبارت دیگر در این مناطق نیز سنگهای ولکانیکی $1/5$ برابر سنگهای تخریبی در تولید رسوب نقش ایفا می کنند. در بخشهایی از حوزه که سنگهای ولکانیکی و سنگهای کربناته در حوزه آبخیز گسترش دارند این مشخصه به ترتیب برابر $SGI_{vol} = 2/2 \pm 0/32$ و $SGI_{Li} = 1/9 \pm 0/23$ است. لذا پتانسیل رسوب دهی سنگهای ولکانیکی حدود $1/15$ برابر بیشتر از سنگهای کربناته است. این امر از طرفی به سیمانی شدن پیشرفته در سنگهای کربناته که استحکام آنها را سبب شده و از طرف دیگر به فراوانی کانیه های ناپایدار در سنگهای ولکانیکی مربوط است. بر اساس مطالعه ترکیب کانی شناسی ذرات در حد سیلت و رس (بار معلق)، رسوبات شاخه چاکرود عمدتاً شامل مسکویت، آلبیت، کلسیت، کوارتز و کلریت می باشد. در شاخه پلرود این رسوبات عمدتاً شامل کوارتز، آلبیت، مسکویت، همتایت، کلسیت و کلریت هستند و در شاخه اصلی کلسیت، کوارتز، آلبیت، همتایت و کلریت از سازنده گان اصلی ذرات در حد سیلت و رس می باشند. این نتایج نیز نشان میدهند که بار معلق شاخه چاکرود عمدتاً از سنگهای ولکانیکی شامل گدازه های بازالتی و آهکهای کرتاسه منشاء گرفته است. در شاخه پلرود بخش شیلی و گل سنگهای سازند شمشک همراه با آهکهای پرمین تا کرتاسه نقش اصلی در تأمین بار معلق داشته اند.

جدول ۴ - فراوانی ذرات اصلی در بخشهای مختلف رودخانه.

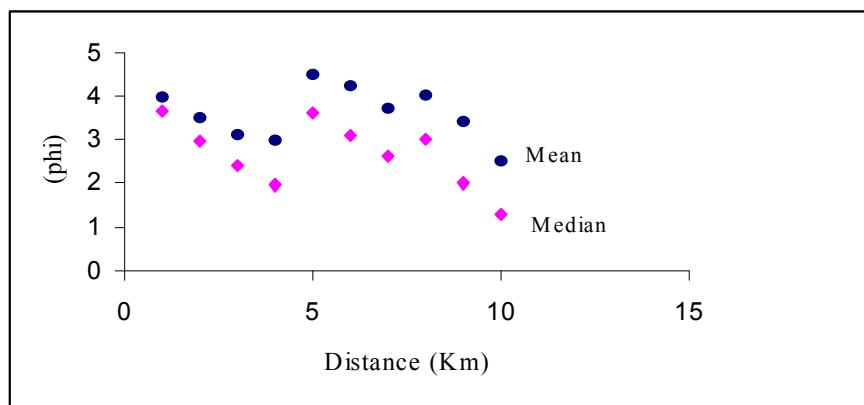
نوع ذره	اصلی	چاکرود	پلرود
Q	17.63 ± 5.4	11.78 ± 1.1	23.95 ± 2.6
F	6.99 ± 3.01	6.27 ± 4.9	5.85 ± 1.5
Ls	37.34 ± 2.2	31.19 ± 4.2	49.23 ± 1.2
Lv	38.04 ± 2.0	48.09 ± 3.4	20.88 ± 2.2
Lt	75.38 ± 8.3	80 ± 5.93	70.21 ± 1.1

بحث و نتیجه گیری

رابطه دبی جریان و دبی رسوب در رودخانه پلرود نشان از آشفته بودن وضعیت جریان در بیشتر فصول سال را دارد. آشفته بودن جریان عامل اصلی بالا بودن بار رسوبی در این رودخانه است که خود معلول عوامل متعددی چون گستردگی قابل ملاحظه دامنه های پرشیب در منطقه، فراوانی زمین لغزه و خزشهای محلی در کناره های پرشیب رودخانه، تغذیه مستمر رودخانه توسط شاخه های فرعی با مشخصات جریانهای متفاوت، خرد شدگی شدید سنگها در اثر فعالیتهای تکتونیکی و گسلش، عریان بودن زمین در بخش قابل توجهی از منطقه در اثر دخالت انسان و غیره است. حجم قابل توجه بار معلق و بار بستر محاسبه شده برای این رودخانه و نقش بسیار اساسی مقدار بار رسوبی در کاهش عمر مفید مخزن سد بخوبی مشخص می سازد که قبل از طراحی واحداث هر گونه سد باید پیش بینی های لازم در خصوص کاهش و یا جلوگیری از ورود حداقل بخش از بار رسوبی به مخزن سد به عمل آید. این مهم از طریق پایدار نمودن شیب های کناره های رودخانه، ایجاد حوضچه های رسوبگیر در مدخل هر کدام از شاخه های فرعی خصوصاً شاخه چاکرود و جلوگیری از فرسایش سریع خاک با گسترش پوشش گیاهی و طرحهایی چون متمرکز نمودن خانه های روستائی پراکنده در منطقه امکان پذیر است. جور شدگی بد تا خیلی بد رسوبات در بخشهای وسیعی از منطقه مورد مطالعه نیز موبد آشفته بودن جریان در بخشهای مختلف این رودخانه است. این وضعیت همراه با افزایش متوسط اندازه ذرات به سمت پائین دست جریان در شاخه های چاکرود و پلرود نشان از ورود مستمر مواد رسوبی از شیب های تند کناره در اثر لغزش یا رانش زمین و یا توسط شاخه های فرعی متعدد در منطقه است. از طرفی تغییر در وضعیت مورفولوژی دامنه های پر شیب کناره های رودخانه در بخش های پائین دست از عوامل دیگر کنترل کننده جورشدگی و تغییرات اندازه ذرات می باشد. تغییر میانگین اندازه ذرات و جورشدگی رسوبات به صورت افزایش نمائی غیر پیوسته (Discontinuous Exponential Increase) از محل اتصال دو شاخه چاکرود و پلرود تا مصب رودخانه (شکل ۸) بخوبی نقش شاخه های فرعی تغذیه کننده را در وضعیت رسوب شناسی شاخه اصلی نشان می دهد.

کج شدگی منفی در بخشهای پائین دست جریان در شاخه های چاکرود و پلرود، که امری غیر معمول در محیطهای رودخانه ای است، احتمالاً معلول شیب بسیار تند بستر جریان و بالا بودن شدت جریان در این مناطق است. جریان بسیار شدید در این بخش از مسیر رودخانه باعث شستگی ذرات دانه ریز، افزایش نسبت ذرات دانه درشت به دانه ریز و در نتیجه کج شدگی منفی رسوبات گردیده است. حدود ۱۵ درصد رسوبات شاخه چاکرود کج شدگی منفی

نشان می دهند در حالی که این مقدار در شاخه پلرود حدود ۴۵ درصد است. نتایج فوق نشان می دهند که بخشهای با بستر تند و شدت جریان بسیار زیاد در شاخه پلرود تقریباً سه برابر شاخه چاکرود می باشد. این امر نقش بیشتر شاخه پلرود را در آشفته بودن جریان و بار رسوبی رودخانه نشان می دهد. چنین نتایجی از روی اندازه درشتتر ذرات بار بستر در شاخه پلرود و مورفولوژی منطقه نیز قابل درک است.



شکل ۸ - روند تغییرات میانگین (Mean) و میانه (Median) نسبت به فاصله از منشأ در شاخه اصلی.

رابطه دبی جریان و بار رسوبی ، همچنین مشخصات بافتی رسوبات این رودخانه، نشان می دهد که میزان بار رسوبی بیشتر از فرسایش دیواره های پرشیب کناری و ریزش های متعدد کناره ها در اثر ناپایداری شیب ها ، زمین لغزه ها و رانش ها حاصل می گردد. از بین رفتن پوشش گیاهی در اثر دخالت انسان و ناپایدار نمودن دامنه های پرشیب با جاده سازی و ایجاد انبوهه های سست و قابل فرسایش خاک نقش بسیار اساسی در این رابطه داشته است. رابطه Q_s , Q_w نشان می دهد که شدت جریان در طول سال از تغییرات قابل ملاحظه ای برخوردار بوده است. بارندگی های شدید ناگهانی همراه با فرسایش شدید کناره ها و آشفته بودن جریان که بطور پیوسته در منطقه اتفاق می افتد باعث ظهور مشخصه های رودخانه های غیر دائمی در بخشی از نهشته های این رودخانه گردیده است. از طرفی وجود شرایط نسبتاً آرام در حد فاصل بین این ریزشهای ناگهانی به ویژه در بخشهای پائین دست رودخانه (محل اتصال دو شاخه چاکرود و پلرود تا مصب رودخانه) باعث ظهور مشخصه های رودخانه های دائمی در بخشی از نهشته های این رودخانه گردیده است.

تقش قابل ملاحظه سنگهای ولکانیکی در رسوب زائی به گسترش زیاد آنها در منطقه و ترکیب کانی شناسی آنها (حد واسط تا بازیگ) و فراوانی کانیه‌های ناپایدار و خردشدگی شدید سنگها در اثر فعالیت های تکتونیک و هوازدگی شدید آنها در منطقه مربوط است. وجود توپوگرافی پست و از بین بردن پوشش گیاهی جهت ایجاد زمینهای کشاورزی در روی سنگهای مذکور، عدم کاربری صحیح از اراضی کشاورزی مذکور ، ریزشهای جوی فراوان و نسبتاً شدید از عوامل تشدید کننده رسوب زایی در این بخش از حوزه آبخیز می باشد. نقش سازند شمشک در رسوب زائی ، به ویژه در حوزه آبخیز شاخه پلرود ، نیز عمدتاً معلول تنوع شدید لیتولوژی آن (تناوب شیل ، ماسه های سست خرده سنگی ، رگه های زغال و گل سنگ) و گستردگی قابل توجه آن در منطقه ، تکتونیزه بودن واحد مذکور در بخشهای وسیعی از حوزه آبخیز و خردشدگی آنها در اثر نفوذ دایکهای تزریفی و نهایتاً شرایط مورفولوژیکی منطقه می باشد. در حوزه آبخیز پلرود نیز دخالت انسان به صورت از بین بردن پوشش گیاهی به منظور ایجاد زمینهای کشاورزی و جاده سازی در تشدید رسوب زائی قابل توجه است.

تشکر و قدر دانی

مطالعه حاضر بخشی از طرح تحقیقاتی " مطالعه رسوب شناسی و عوامل زمین شناسی مؤثر در بار رسوبی رودخانه پلرود در استان گیلان " مصوب شورای پژوهشی دانشگاه تهران (طرح پژوهشی شماره ۵۱۲/۱/۳۸) می باشد. در این مطالعه از همکاری مسئولین محترم مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام جهاد سازندگی استان گیلان وسازمان آب این استان بهره مند بوده ایم که بدینوسیله از ایشان تشکر و قدردانی می نمایم.

References

- Arribas, J., Arribas, M.E., (1991) *Petrographic Evidence of Different Provenance in two Alluvial Fan systems (Palaeogene of the Northern Tajo Basin, Spain*. In: Morton, A.C., Todd, S.P. and Haughton, P.D.W.,(eds.) *Development in Sedimentary Provenance Studies*, Geo. Soc. Lon. Spec. Publs, 263-271.
- Cooke, R.U. and Doornkamp, J.C.,(1993) *Geomorphology in environmental management*, In: Johnsson, M.J., and Basu, A., (eds.) *Processes controlling the composition of clastic sediments*: Boulder, Colorado, Geol., Soc., Am., Special paper, 313-332.
- Folk, R. L., (1983) *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill pub., Austin, 182pp.
- Knighton, D., (1984) *Fluvial Forms and Processes*: Edward Arnold Ltd., 218pp.

- Leopold, L.B., Wolman, M.G., and Miller, J.P., (1984) *Fluvial processes in Geomorphology*. In: Knighton, D. (ed.) *Fluvial Forms and Processes*: Edward Arnold Ltd. 218pp.
- Lewis, D.W. and MacConchie, D., (1994) *Analytical Sedimentology*, Chapman and Hall, New York, 197pp.
- McBride, E.F. (1971) *Mathematical Treatment of Size Distribution Data*, In: Carver, R.E., (ed.) *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley Interscience, New York, 109-127.
- Meybeck, K.M., (1976) *Total Mineral Dissolved Transport by World Major Rivers*, In: Knighton, D., (ed.) *Fluvial Forms and Processes*: Edward Arnold Ltd. 218pp.
- Moore, D.M., and Reynolds, R.C., (1989) *X-Ray Diffraction and Identification and Analysis of Clay Minerals*, Oxford University press, 332pp.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., and Siever, R., (1987) *Sand and Sandstones*, 3rd ed., Springer-Verlag, New York, 533pp.
- Pitman, E.D., (1963) *Use of zoned plagioclase as an indicator of provenance*, Jour. Sed. Petrology, **33**, 380-386.
- Powers, M.C.m (1953) *A new roundness scale for sedimentary particles*. Jour. Sed. Petrology, **23**, 117-119.
- Reid, I. and Frostick, L.E., (1994a) *Particle interaction and its effect on the threshold of initial and final bed load motion in coarse alluvial channels*. In: Kenneth, P. (ed.) *Sediment transport and depositional processes*: Black well scientific publications. 76-89.
- Reid, I., and Frostick, L.E., (1994b) *Flow Dynamics and Suspended Sediment Properties in Arid Zone Flash Floods*, In: Kenneth, P., (ed.) *Sediment Transport and Depositional Processes*: Black well Scientific Publications, 89-155.
- Simons, D.B., and Senturk, F., (1992) *Sediment Transport Technology (Water and Sediment Dynamics)*: Water Resources Publications, Littleton, Colorado, 807pp.
- Trevena, A.S. and Nash, W.P., (1981) *An Electron Microscope Study of Detrital Feldspars*. Jour. Sed. Petrology, **51**, 137-150.
- Zuffa, G.G., (1985) *Optical Analyses of Arenites: Influence of Methodology on Compositional Results*. In: Zuffa, G.G. (ed.) *Provenance of Arenites*. NATO ASI Series 148, Reidel Dordrecht, 165-189.

شعبانی، ک. (۱۳۷۹) مطالعه رسوبشناسی و عوامل زمین شناسی موثر در بار رسوبی رودخانه پلرود در استان گیلان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده علوم، ۱۷۵ ص.

علیزاده، ا. (۱۳۶۷) اصول هیدرولوژی کاربردی، بنیاد فرهنگی رضوی، ۵۱۹ ص.