

خصوصیات اندازه ذرات رسوبات معلق انتقالی در جریان پایه و سیلابی رودخانه

محبوبه کیانی هرچگانی^۱

سید حمیدرضا صادقی^۲

(دریافت ۸۹/۱/۱۲ پذیرش ۸۹/۷/۲۷)

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی خصوصیات اندازه ذرات رسوبات معلق انتقالی در جریان پایه و سیلابی رودخانه کجور واقع در حوزه آبخیز جنگلی کجور با مساحت حدود ۵۰۰۰۰ هکتار انجام پذیرفت. به منظور تعیین و آنالیز توزیع اندازه ذرات، پس از نمونه برداری رسوبات معلق از جریان طی مقاطع مختلف زمانی، از قانون استوکس و روش پیپت اصلاح شده و نیز نرم افزار GRADISTAT استفاده شد. نتایج حاصل از تحقیق نشانگر اختصاص به ترتیب ۸۱/۱، ۳/۴ و ۱۵/۳ درصد در جریان پایه و ۵۶/۵، ۱۷/۰ و ۲۶/۵ درصد در شرایط سیلابی برای ذرات ماسه، لای و رس بود.

واژه‌های کلیدی: توزیع اندازه ذرات، غلظت رسوبات معلق، جریان پایه، حوزه آبخیز کجور، مازندران

Particle Size Characteristics of Suspended Sediment Transported in River Base and Flood-Flows

Mahbobeh Kiani Harchegani¹

Seyed Hamid Reza Sadeghi²

(Received Apr. 1, 2010 Accepted Oct. 19, 2010)

Abstract

This present study was conducted to determine particle size characteristics of suspended sediments transported by base and flood-flows in the Kojur River in Kojur forest watershed with an area of 50000 ha. Sediment samples were analyzed based on Stokes' law using a modified pipette and applying the GRADISTAT software. Results showed 81.1, 3.4 and 15.3% for sand, silt, and clay, respectively, in base flow conditions while under flood conditions, the same values were 56.5, 17.0 and 26.5%.

Keywords: Particle Size Distribution, Suspended Sediment Concentration, Base Flow, Kojur Watershed, Mazandaran.

1. Graduated Student of Watershed Management, Dept. of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University, Noor
2. Assoc. Prof. of Watershed Management, Dept. of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University, Noor (Corresponding Author) (+98 122) 6253101 sadeghi@modares.ac.ir

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
- ۲- دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، (نویسنده مسئول) ۶۲۵۳۱۰۱ (۰۱۲۲) sadeghi@modares.ac.ir

امروزه بیشتر محققان، توزیع اندازه ذرات رسوبی موجود در سیستم‌های رودخانه‌ای را از دیدگاه‌های مختلفی از جمله برای درک رفتار هیدرودینامیکی رسوبات معلق و واسنجی مدل‌های انتقال و ته‌نشینی رسوبات در دشت‌های سیلابی و کانال‌ها مورد بررسی قرار می‌دهند [۱]. ووودارد^۱ و والینگ^۲ به بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و انتقال ذرات رسوبی معلق ترکیبی در سیستم‌های رودخانه‌ای پرداخته‌اند [۱]. آنها پس از تعیین توزیع اندازه ذرات رسوبی مؤثر^۳ و مجزا^۴ با استفاده از دستگاه WEA^۵ و SEM^۶ و آنالیز داده‌ها در چهار رودخانه حوزه آگزی^۷ به این نتیجه رسیدند که ذرات مجزا، کوچک‌تر از ۸ میکرومتر بوده و نمایان‌گر ذرات معدنی اولیه هستند و ذرات مؤثر، بزرگ‌تر از ۸ میکرومتر و بیشتر به صورت ترکیبی هستند. آنها نسبت بار رسوبی معلق که با ذرات مرکب بزرگتر از ۸ میکرومتر انتقال پیدا می‌کنند را در رودخانه جکموور بروک^۸، دارت^۹، کلم^{۱۰} و آگزی به ترتیب ۵۸، ۷۲، ۷۴ و ۴۵ درصد به دست آوردند. ویلیامز و همکاران^{۱۱} خصوصیات فیزیکی ذرات رسوبی مثل اندازه، چگالی، تخلخل و شکل ذرات را در دو حوزه مختلف دورست^{۱۲} و دون^{۱۳} با استفاده از قانون استوکس و در شرایط مختلف مکانی و زمانی مورد بررسی قرار دادند [۲]. آنها پس از آنالیز داده‌ها و با استفاده از روابط رگرسیونی نشان دادند که اندازه ذرات رسوبی، اثر کنترلی بیشتری نسبت به وزن مخصوص، شکل و تخلخل در سرعت ته‌نشینی ذرات در شرایط مختلف دارد. همچنین ویلیامز و همکاران در سال ۲۰۰۷، خصوصیات اندازه ذرات رسوبات معلق در رودخانه آگزی در ایستگاه تورورتون^{۱۴} و در مقیاس‌های زمانی مختلف را بررسی کردند [۳]. نتایج حاصل از تحقیق مذکور نیز تغییرپذیری زیاد توزیع اندازه ذرات رسوبی معلق در مقیاس‌های زمانی مختلف را نشان می‌دهد.

بررسی تحقیقات نشان داد که در ایران علی‌رغم اهمیت موضوعی توزیع اندازه رسوبات و به‌ویژه رسوبات معلق، مطالعه خاصی در این زمینه صورت پذیرفته است. از این رو تحقیق حاضر به بررسی خصوصیات اندازه ذرات رسوبات معلق انتقالی در جریان

پایه و سیلابی رودخانه کجور در سه بخش ماسه ریز (بزرگ‌تر از ۶۳ میکرون)، لای (۲ تا ۶۳ میکرون) و رس (کوچک‌تر از ۲ میکرون) در حوزه آبخیز جنگلی کجور پرداخت (۴ و ۵). دلیل انتخاب این حوزه، امکان دسترسی، داده‌برداری مناسب و برخورداری از اطلاعات پایه بود.

۲- مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوزه آبخیز کجور با مساحت حدود ۵۰۰۰ هکتار در جنوب شرقی شهرستان نوشهر بود. به‌منظور انجام مراحل مختلف تحقیق، ابتدا نمونه‌برداری رسوب معلق از کرانه چپ رودخانه در شرایط معمولی انجام گرفت و رخداد سیلاب به شیوه انتگرسیون عمقی در امتداد قائم، با ظروف پلاستیکی شسته شده دو لیتری صورت پذیرفت [۶، ۷ و ۸]. در مجموع تعداد ۶۰ نمونه در حد واسط دوره زمانی ۱۳۸۶/۸/۲۳ تا ۱۳۸۷/۴/۲ جمع‌آوری گردید. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در بشرهای یک لیتری به مدت ۴۸ ساعت به صورت یکنواخت قرار داده شدند تا عمل ته‌نشینی رسوبات صورت پذیرد. بعد از دو روز، آب روی نمونه‌ها خالی شده و باقیمانده رسوبات با آب مقطر شسته و در داخل ظروفی آلومینیومی با وزن اولیه مشخص ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک شد [۹]. رسوبات خشک همراه با ظروف آلومینیومی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم توزین و نهایتاً از وزن اولیه ظروف کسر و وزن رسوبات یادداشت شد.

به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌ها، به دلیل اینکه بیشتر کربنات‌ها، نمکهای محلول و مواد آلی بر اساس تحقیقات به‌عمل آمده با ذرات ریز مخصوصاً رس ترکیب می‌شوند و مسلماً اندازه ذره ترکیبی، بزرگ‌تر از اندازه واقعی خود ذره خواهد بود لذا به‌منظور از بین بردن خطا در تعیین اندازه ذرات، اقدام به حذف آنها شد [۱ و ۱۰]. در ادامه، پس از حذف اکسیدهای آهن و مواد معدنی اولیه، آماده‌سازی نهایی نمونه‌ها برای تبعیت از قانون استوکس و شیوه پیت اصلاح شده، صورت گرفت [۱۱]. در نهایت زمان نمونه‌برداری اول و دوم برای اندازه ذرات لای و رس ۶۳ و ۲ میکرون در دمای ۲۴ درجه سلسیوس با استفاده از قانون استوکس و در طول جابه‌جایی ۲/۵ سانتی‌متر در پیت به ترتیب ۶ ثانیه و ۱۰۶ دقیقه محاسبه شد [۱۲]. ۱۳ و ۲. سپس نمونه‌های برداشت شده درون ظروف آلومینیومی توزین شده، ریخته و در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه خشک و دوباره توزین شدند. از اختلاف وزن دو توزین صورت گرفته، وزن ماسه ریز و رس در ۲/۵ میلی‌لیتر نمونه به دست آمد. سپس با توجه به نسبت‌های حجمی مورد استفاده،

¹ Woodward

² Walling

³ Effective Particle Size Distribution

⁴ Absolute Particle Size Distribution

⁵ Water Elutriation Apparatus (WEA)

⁶ Scanning Electron Microscopy (SEM)

⁷ Exe

⁸ Jack moor Brook

⁹ Dart

¹⁰ Culm

¹¹ Williams et al.

¹² Dorest

¹³ Devon

¹⁴ Thorverton

جدول ۱- آماره‌های توصیفی و خصوصیات دانه‌بندی و ریخت‌شناسی رسوبات معلق در کل دوره مورد مطالعه، شرایط پایه و شرایط سیلابی در حوزه آبخیز کجور

دوره مورد مطالعه	ریخت‌شناسی پارامترهای غلظت رسوب معلق (گرم در لیتر)	ماسه (درصد)	لای (درصد)	رس (درصد)	نما (میکرون)	میانه (میکرون)	میانگین (میکرون)	جورشدگی (میکرون)	چولگی (میکرون)	کشیدگی (میکرون)	تعداد داده‌ها
کل دوره مورد مطالعه	حداکثر ۳۷/۹ میانگین* ۱۳/۷±۸ حداقل ۰/۰۸	۸۹/۹ ۷۴/۶±۱۶ ۱۴/۳	۵۰/۴ ۷±۹/۶ ۰/۱	۴۱/۷ ۱۸/۳±۸ ۹/۴	۷۶/۵ ۶۴±۲۰ ۳۲/۵	۲۶۵/۲ ۲۰۲/۷±۵۸ ۳۳/۷	۲۶۵/۲ ۱۸۵/۷±۶۵ ۲۳/۵	۶/۳ ۳/۹±۰/۸ ۳/۴	۰/۰۳ -۰/۲۶±۰/۰۹ -۰/۵۲	۱/۵ ۱/۳±۰/۲ ۰/۷	۶۰
شرایط پایه	حداکثر ۱/۴ میانگین* ۰/۴±۰/۳ حداقل ۰/۰۸	۸۹/۹ ۸۱/۱±۵ ۶۶/۱	۱۲ ۳/۴±۳/۱ ۰/۱	۲۴/۱ ۱۵/۵±۳/۵ ۴/۶	۷۶/۵ ۶۱/۵±۲۲/۱ ۳۲/۵	۲۶۵/۲ ۲۲۷±۲۲/۱ ۱۶۲	۲۶۵/۲ ۲۰۹/۶±۳۷/۹ ۱۲۸/۳	۵/۲ ۳/۷±۰/۶ ۲/۴	۰/۰۶ -۰/۲۷±۰/۰۷ -۰/۳۹	۱/۴ ۱/۳±۰/۱ ۰/۸	۴۴
شرایط سیلابی	حداکثر ۳۷/۹ میانگین* ۱۰/۵±۱۱/۶ حداقل ۰/۰۹	۸۶/۴ ۵۶/۵±۲۲ ۱۴/۳	۵۰/۴ ۱۷/۰±۱۳/۹ ۰/۳	۴۱/۷ ۲۶/۵±۱۰/۵ ۱۰/۹	۷۶/۵ ۷۱±۱۵ ۳۲/۵	۲۴۸ ۲۰۲/۷±۷۱/۷ ۳۳/۷	۲۴۸ ۱۱۹/۳±۷۷/۵ ۲۳/۵	۶/۳ ۴/۶±۱/۱ ۳/۳	۰/۰۳ -۰/۲±۰/۱ -۰/۵	۱/۵ ۱/۱±۰/۲ ۰/۷	۱۶

* میانگین ± انحراف معیار بیان شده است

شرایط پایه اتفاق افتاده و حداکثر مقدار لای و رس در شرایط سیلابی به وقوع پیوسته است. نمونه‌های شرایط پایه، دارای کشیدگی کمتر و جورشدگی بیشتری نسبت به شرایط سیلابی هستند در حالی که در میزان چولگی دو دوره، تغییرات چندانی مشاهده نمی‌شود. این امر بیانگر غلبه ذرات ماسه بر لای و رس در شرایط پایه است و با یافته‌های ویلیامز و همکاران مبنی بر تغییر توزیع اندازه ذرات رسوبات معلق در رودخانه توود و آگز در مقیاس‌های زمانی و همچنین یافته‌های وودوارد و والینگ و ویلیامز و همکاران مبنی بر اهمیت اندازه‌گیری اندازه ذرات رسوبات معلق در شرایط مختلف، مطابقت دارد [۱، ۲، ۳].

۴- نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی خصوصیات اندازه ذرات رسوبات معلق انتقالی در جریان پایه و سیلابی رودخانه کجور انجام شد. از نتایج به دست آمده می‌توان جمع‌بندی نمود که منبع تولید رسوبات معلق در شرایط مختلف زمانی، متفاوت و طبقاً دانه‌بندی رسوبات مذکور نیز متغیر است. با توجه به تغییرپذیری زیاد آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد بررسی، انجام مطالعات گسترده‌تر در سطح و نیز بازه زمانی بیشتر و ارزیابی سایر شیوه‌های اندازه‌گیری و دانه‌بندی رسوبات معلق برای دستیابی به نتایج جامع، ضروری به نظر می‌رسد.

درصد ماسه ریز، لای و رس در حجم ۴۰ میلی‌لیتر محاسبه گردید [۱۲].

پس از نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های مربوطه، بانک اطلاعاتی داده‌ها در نرم‌افزار Excel 2003 تهیه گردید. سپس اندازه‌گیری خصوصیات ریخت‌شناسی نمونه‌ها از قبیل میانه، میانگین، نما، چولگی، انحراف معیار، کشیدگی و جورشدگی با توجه به درصد وزنی به دست آمده از ماسه و سیلت و رس در نرم‌افزار GRADISTAT به روش اندازه‌گیری ترسیمی فولک و وارد (هندسی) صورت گرفت [۱۴]. نتایج مربوطه به صورت مجموعه آماره‌های توصیفی و خصوصیات ریخت‌شناسی رسوبات معلق در قالب دوره‌های مختلف در جدول ۱ خلاصه شده است. در این جدول برای تمامی پارامترهای ریخت‌شناسی، مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین به اضافه و منهای انحراف معیار آورده شده است.

۳- نتایج و بحث

بررسی روند و چگونگی تغییرات داده‌ها در جدول ۱، یک دوره آشفستگی در داده‌های غلظت و خصوصیات اندازه ذرات رسوبات معلق را نشان می‌دهد که بیانگر تغییرپذیری خصوصیات رسوبات معلق در شرایط مختلف زمانی (پایه و سیلابی) است. همچنین این جدول نشان می‌دهد که حداکثر مقدار ماسه، میانه و میانگین در

¹ Folk and Ward

۵- مراجع

- 1- Woodward, J. C., and Walling, D. E. (2007). "Composite suspended sediment particles in river systems: Their incidence, dynamics and physical characteristics." *J. Hydrological Processes*, 21, 3601-3614.
- 2- Williams, N. D., Walling, D. E., and Leeks, G. J. L. (2008). "An analysis of the factors contributing to the settling potential of fine fluvial sediment." *J. Hydrological Processes*, 22, 4153-4162

- 3-Williams, N. D., Walling, D. E., and Leeks, G. J. L. (2007). "High temporal resolution in situ measurement of the effective particle size characteristics of fluvial suspended Sediment." *J. Water Research*, 41, 1081-1093.
- 4- Beuselinck, L., Govers, G., Poesen, J., and Degraer Froyen, G. (1998). "Grain-size analysis by laser diffractometry: Comparison with the sieve-pipette method." *J. Catena.*, 32, 193-208.
- 5- Walling, D. E., Owens, Ph. N., Waterfall, B. D., Leeks, G. J. L., and Wass, P. D. (2000). "The particle size characteristics of fluvial suspended sediment in the Humber and Tweed catchments, UK." *J. The Science of the Total Environment*, 251/252, 205-222.
- 6- Mahdavi, M. (2002). *Applied hydrology*, University of Tehran Pub., Vol. 2, Tehran.
- 7- Edwards, T. K., and Glysson, G. D. (1999). *Field methods for measurement of fluvial sediment*, USGS Open-File Report, Book 3 Chapter 2, USA.
- 8- Fernández, S., Villanueva, U., de Diego, A., Arana, G., and Madariaga, J. M. (2008). "Monitoring trace elements (Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni and Zn) in deep and surface waters of the estuary of the Nerbioi-Ibaizabal River (Bay of Biscay, Basque Country)." *J. Marine Systems*, 72, 332-341.
- 9- Sadeghi, S. H. R., Aghabeigi, S., Vafakhah, M., Yasrebi, B., and Esmaili, S. A. (2006). "Suitable drying time for suspended sediment samples, Iran." *Proc., International Sediment Initiative Conference*, Khartoum, Sudan, 12-16.
- 10- Gasparotto, E., Malo, D. D., and Gelderman, R. H. (2003). "Impact of organic matter removal on particle size analysis by pipette and hydrometer." *Soil/Water Research*. Available at <http://plantsci.sdstate.edu/soiltest/REPORTSPAGE_CATEGORY.cfm> (May 2008).
- 11- Chaudhari, S. K., Singh, R., and Kundu, D. K. (2008). "Rapid textural analysis for saline and alkaline soils with different physical and chemical properties." *J. Soil Science Society of America*, 72, 431-441.
- 12- Gavlok, R., Horneck, D., Miller, R. O., and Kotuby-Amacher, J. (2003). *Soil, plant and water reference methods for the western region*, 2nd Ed., WCC-103 Pub., USA.
- 13- Mousavi Herami, R. (2004). *Sedimentology*, Astan Ghods Razavi Inc., Mashhad, Iran. (In Persian)
- 14- Blott, S. S., and Pye, K. (2001). "Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediment." *J. Earth Surface Processes Land Forms*, 10 (26), 1237-1248.