نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۸ شماره ۲صفحه‌های ۸۳ تا ۹۵ / سال ۱۳۹۷

تأثیر برداشت شن و ماسه بر روی میزان و دانه‌بندی بار بستر رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه زارم رود، استان مازندران)

سید حسین روشن*[۱]، قربان وهاب‌زاده کبریا[۲]، کریم سلیمانی[۳]، عبدالواحد خالدی درویشان[۴]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۴/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۱۰

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴- استادیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: H.Roshun@stu.sanru.ac.ir

چکیده

برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه‌های کشور در سال‌های اخیر افزایش یافته است که این عمل موجب تغییراتی در سامانه رودخانه‌ها می‌شود. برداشت بی‌رویه و بدون در نظر گرفتن ظرفیت تولید رسوب رودخانه، تغییرات مورفولوژی و تغییرات بیلان رسوبی رودخانه را منجر می‌شود. در این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه زارم رود بر روی میزان و دانه بندی بار بستر، با جاگذاری نمونه بردارهای چاله‌ای نمونه‌های بار بستر برداشت شد. تحلیل دانه‌بندی رسوبات به روش استاندارد ASTM به‌صورت جداگانه برای هر نوبت نمونه‌برداری در نمونه‌بردارها انجام گردید. همچنین وزن آن‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار GRADISTAT اندازه قطرهای D_{10}، D_{50}، D_{90}، میانگین و مقادیر معیارهای جورشدگی، چولگی و کشیدگی بر حسب میکرون و مقیاس Φ بدست آمد. سرانجام در محیط نرم افزار SPSS22 اختلاف معنی‌داری آماره‌های رسوبی اندازه‌گیری شده مقطع بالادست با مقطع پایین‌دست معدن شن و ماسه بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که اندازه قطرهای D_{10}، D_{50}، D_{90}، میانگین و جورشدگی در مقطع بالادست با مقطع پایین‌دست معدن شن و ماسه اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. با این وجود متغیرهای چولگی و کشیدگی ذرات رسوبی بار بستر در مقطع بالا دست و پایین‌دست معدن شن و ماسه اختلاف معنی‌داری ندارد. همچنین برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه در بازه مورد نظر موجب ایجاد فرسایش بستر، برهم ریختگی لایه‌های رسوبی و تغییر در بیلان رسوبی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: برداشت شن و ماسه، دانه بندی رسوبات، رودخانه زارم رود، نرم افزار GRADISTAT، نمونه بردار چاله‌ای

The Impact of Sand and Gravel Mining on River Bedload Amount and Gradation (Case Study: Zaremrood River, Mazandaran Province)

S H Roshun*[1], G Vahabzadeh Kebria[2], K Solaimani[2], A Khaledi Darvishan[3]

Received: 2017-06-23 Accepted: 2018-09-10
[1-]M.Sc. Graduate in Watershed Eng., Faculty of Natural Res., Sari Agric. Sci. and Natural Res. Univ., Iran
[2-] Assist. Prof., Dept. of Watershed Eng., Faculty of Natural Res., Sari Agric. Sci. and Natural Res. Univ., Iran
[3-] Prof., Dept. of Watershed Eng., Faculty of Natural Res., Sari Agric. Sci. and Natural Res. Univ., Iran
[4-] Assist. Prof., Dept. of Watershed Eng., Faculty of Natural Res., Tarbiat Modarres Univ., Iran
[*] Corresponding Author, Email: H.Roshun@stu.sanru.ac.ir

Abstract

Sand and gravel mining from the rivers bed in the country has been increased in the recent years which causes changes in the rivers systems. Irregular excavation of sand and gravel regardless of the river sedimentation capacity causes changes in river sediment balance and morphology. In this study to investigate the impacts of the sand and gravel mining on the bedload amount and gradation in Zaremrood river, the bedload was sampled by placing pit sampler in the river bed. Granulometric analysis of sediment was carried out for each sample separately using ASTM method. Their weights were measured in the laboratory, too. Then, the sizes of diameters D_{10}, D_{50}, D_{90}, mean grain size and the values of sorting, skewness and kurtosis were obtained in micron and Φ scale using GRADISTAT software. Finally, a significant difference between the sediment statistics of the upstream and downstream cross sections of sand and gravel mining in SPSS22 software was investigated. The results showed that the sizes of diameters D_{10}, D_{50}, D_{90}, and mean grain size, sorting showed a significant difference in the bedload samples of the upstream and downstream cross section of the mining place. However, skewness and kurtosis of bedload sediment particles size did not show significant difference in the mentioned samples. Also, sand and gravel mining from river bed in the study reach caused the bed erosion, dislocation of sedimentary layers and changes in the sediment balance.

Keywords: Bedload traps, GRADISTAT software, Sand and gravel mining, Sediment gradation, Zaremrood River

مقدمه

رودخانه‌ها سامانه‌های دینامیک مرتبط با محدوده‌ی وسیعی از تأثیرات هیدرولوژیکی و ژئومورفیکی هستند که تغییرپذیری زمانی و مکانی قابل توجهی را نشان می‌دهند (مونتگومری و بولتون ۲۰۰۳). این سامانه دینامیک، بوسیله هیدرولیک جریان و فرآیندهای حمل رسوب کنترل می‌شود. اغلب اوقات، عکس العمل رودخانه در نتیجه تغییر در مقطع عرضی کانال، ظرفیت حمل رسوب، فرسایش و رسوبگذاری در طول کانال، پایداری کناره‌ها و مورفولوژی رودخانه را دستخوش تغییر می‌کند (کیت و همکاران ۲۰۰۸). بنابراین درک دینامیک کانال رودخانه کاربرد مهمی در حفاظت تنوع زیستی سامانه رودخانه و به کمینه رساندن خسارات سیل و خسارات ناشی از مداخلات بشر (وارد

و همکاران ۱۹۹۹، نایمن و همکاران ۱۹۹۳، هوقز ۱۹۹۷) دارد. در طول دهها یا صدها سال گذشته، در بسیاری از سامانه‌های آبرفتی، دینامیک رودخانه‌ها بطور قابل توجهی بوسیله تعرضات و مداخلات بشری تحت تأثیر قرار گرفته، از جمله این مداخلات می‌توان به تغییرات استفاده از زمین، شهرسازی، سدسازی، انحراف مسیر رودخانه‌ها و برداشت شن و ماسه از رودخانه اشاره کرد (یه و همکاران ۲۰۰۳). این مداخلات سبب تغییر در رفتار دینامیک رودخانه‌ها، الگو و میزان انتقال بار رسوبی توسط جریان می‌شود (سوریان و سی سو تو ۲۰۰۷، باتالا ۲۰۰۳، جباری و فرضی ۱۳۸۹) و به تبع آن هیدرولیک جریان رودخانه، نسبت بین بار بستر و معلق و همچنین اندازه رسوبات انتقالی تغییر خواهد کرد (صادقی و خیرفام ۱۳۹۰). شن و ماسه رودخانه‌ای که در معرض انتقال ممتد در آب بوده، منابع مطلوبی از مصالح می‌باشند، زیرا مواد ضعیف و سست آن‌ها توسط سایش[1]حذف گردیده و شن و ماسه بادوام، گرد شده و با دانه بندی مناسب به جا مانده است (رویرا و همکاران ۲۰۰۵). همین امر باعث گردیده که این منابع نیاز به فرآوری کمتری داشته باشند. همچنین دردسترس بودن آن‌ها و نزدیکی به جاده‌های حمل و نقل و محل مصرف که در نهایت بالا بودن ارزش اقتصادی آن را رقم می‌زند، از جمله دلایلی هستند که استفاده روزافزون از این منابع ارزشمند را به دنبال داشته است (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ۱۳۸۴). در کشور ما نیز در استان‌های مختلف با برداشت بی‌رویه این منابع از سامانه‌های رودخانه روبرو هستیم که آثار مخربی را بر روی رودخانه‌ها و محیط زیست ایجاد کرده است. در مطالعاتی که در کشورهای مختلف دنیا انجام شده است، برداشت بی رویه شن و ماسه از بستر رودخانه‌ها می‌تواند منجر به تغییراتی مهمی در رژیم‌های جریان و رسوبی رودخانه (ویلیامز و ولمن ۱۹۸۴، وینترباتم ۲۰۰۰، وریکت و باتالا ۲۰۰۴)، تغییرات شکل کانال رودخانه‌ها (بروارد و همکاران ۲۰۱۳، کاندولف ۱۹۹۸، دیویس و همکاران ۲۰۰۰)، تخریب بستر رودخانه (مارستون و همکاران ۱۹۹۵، بروارد و همکاران ۲۰۱۳)، اثرات منفی بر روی اکولوژی رودخانه (پتی و همکاران ۱۹۹۶، لاندن و همکاران ۱۹۹۸) کاهش کیفیت آب (اشراف و همکاران ۲۰۱۱) آبشستگی پایه پل‌ها (کاندولف ۱۹۹۷) ایجاد گرد و غبار و آلودگی زیست محیطی (ویلیس و گارود ۱۹۹۹) تغییر مورفولوژی کناره شامل فرسایش کناری و عریض شدن کانال و کاهش سطح اراضی کشاورزی اطراف رودخانه (تورن ۱۹۹۷، لونس ۱۹۹۷) شود. در کشورمان اثرات برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه‌ها منجر به ایجاد فرسایش، افت بستر (یوسفوند و همکاران ۱۳۸۵، معماری و حبیب‌نژاد روشن ۱۳۸۵)، تغییر دانه‌بندی رسوبات بستر (خیرفام و صادقی ۱۳۹۳) و تخریب اراضی (زمانی و موسوی ۱۳۸۵)، افزایش غلظت رسوبات معلق (صادقی و همکاران ۱۳۹۳) کاهش ماهیان بومی در رودخانه (بوداقپور و جدیدی ۱۳۸۶) و تخریب محیط زیست رودخانه (نکوهی مهر ۱۳۷۹) شده است. در زمینه تأثیر برداشت بر میزان بار بستر و تغییر دانه‌بندی آن مطالعات کمتری انجام شده است. از آن جمله خیرفام و صادقی (۱۳۹۳) به بررسی تأثیر برداشت شن و ماسه بر میزان بار رسوبی و دانه بندی بار بستر در رودخانه کجور استان مازندران پرداختند. در این مطالعه ۱۲ نمونه رسوب معلق و ۳ نمونه رسوب بستر در شرایط بدون و با برداشت محلی شن و ماسه از بستر رودخانه نمونه برداری کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که پس از برداشت شن و ماسه از رودخانه، بار معلق بین ۳۰۰ تا ۵۴۷ درصد، بار بستر به طور متوسط ۱۱۳۰ درصد و نسبت بار بستر به معلق به طور متوسط ۱۲۰ درصد بیش‌تر از حالت بدون برداشت مصالح می‌باشد. قطر D_{10} بار بستر برای شرایط با برداشت کم، متوسط و شدید به طور متوسط به ترتیب ۱۷، ۲۴ و ۳۵ درصد افزایش داشت. قطر D_{50} نیز در شرایط با برداشت کم و متوسط و با دبی کم ۲۱ درصد افزایش و در شرایط با شدت برداشت زیاد در دبی مختلف رفتار پیچیده‌ای داشت. بار رسوبی در رودخانه به دو شکل بار بستر و بار معلق انتقال داده شود (شفاعی بجستان ۱۳۹۰). بار

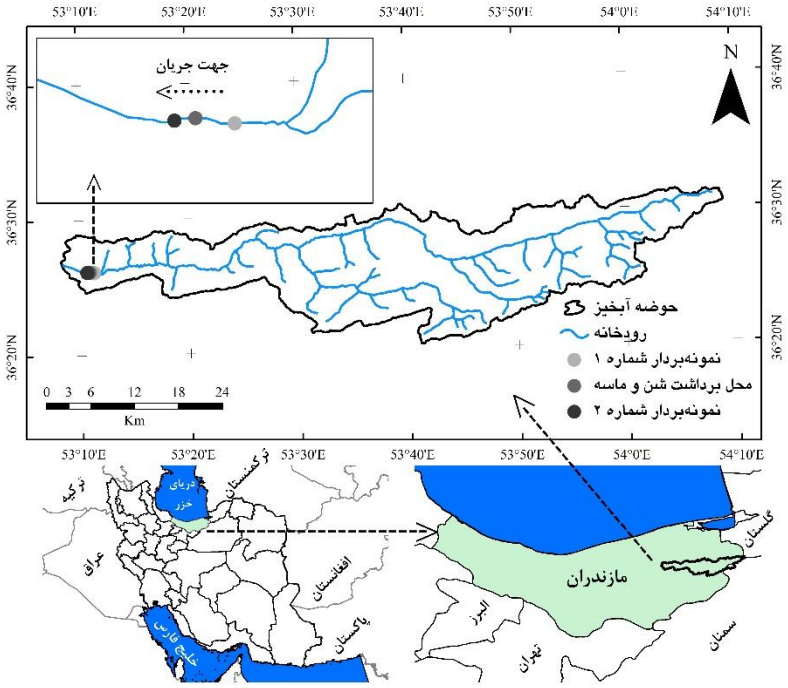
1 - Abrasion

معلق آن دسته‌ای از بار رسوبی است که در نتیجه آشفتگی جریان، به مدت قابل توجهی به صورت معلق بوده و به وسیله جریان انتقال می‌یابد (لیانگون و همکاران ۲۰۰۷) در صورتی که بار بستر آن قسمتی از بار رسوبی است که در تماس با بستر و به صورت غلتش، لغزش و گاهی به صورت جهش انتقال می‌یابد (کبیر و همکاران ۲۰۱۲). اندازه‌گیری بار رسوبی رودخانه بیشتر به‌صورت اندازه‌گیری بار معلق در ایستگاه‌های رسوب‌سنجی معمول بوده و به دلیل شرایط سخت اندازه‌گیری بار بستر مقدار آن به صورت درصدی از بار بستر کل در نظر گرفته می‌شود (شفاعی بجستان ۱۳۹۰). انتقال بار بستر رودخانه بسته به شرایط مکانی، زمانی، وضعیت جریان، جنس مواد بستری و دخالت در سیستم طبیعی رودخانه متغیر است (بروون و همکاران ۱۹۹۸، گوومی و همکاران ۲۰۰۴). همان طور که در فوق بیان گردید مطالعات انجام شده در دنیا در زمینه تأثیر برداشت مواد بستر رودخانه‌ها بیشتر به جنبه‌های مورفولوژی بستر، مورفومتری رسوبات، تغییر میزان بار معلق، تغییر شرایط هیدرولیک جریان و تغییر محیط زیست رودخانه‌ها انجام شده است. با توجه به این که مطالعات در زمینه تأثیر برداشت شن و ماسه بر روی میزان بار بستر و تغییرات دانه‌بندی آن کم و نادر می‌باشد. هدف این تحقیق تأثیر برداشت مواد بستر رودخانه بر روی میزان و دانه‌بندی بار بستر رودخانه در بازه پایین‌دست رودخانه زارم رود در استان مازندران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه زارم رود در استان مازندران قرار دارد که از دامنه‌های شمالی سلسله جبال البرز سرچشمه گرفته و پس از عبور از دامنه کوه‌های سردره، کمر پشت، سیاه خانی، سورت، چاله سرگاه، بادله، دراشه و گچ‌چال در محل روستای گرمرود وارد رودخانه تجن می‌شود. حوضه آبخیز آن نیز به همین نام می‌باشد. حوضه آبخیز زارم رود یکی از زیر حوضه‌های حوضه آبخیز بزرگ تجن محسوب می‌گردد. طول رودخانه زارم رود حدوداً ۱۰۰ کیلومتر بوده که منطقه‌ای به وسعت ۹۰۵۶۸ هکتار را زهکشی می‌کند. از نظر جغرافیایی بین طول شرقی "۱۱ '۸ °۵۳ الی "۲ '۱۷ °۵۳ و عرض شمالی "۴۲ '۲۴ °۳۶ الی "۱ '۹ °۳۶ قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت بازه و حوضه مورد مطالعه در استان و کشور.

حوضه آبخیز زارم رود دارای پوشش گیاهی و جنگلی انبوه با دامنه‌هایی با شیب متوسط می‌باشد که قسمت اعظم بارش در آن به‌صورت باران است ولی بارش برف در ماه‌های زمستانی سال به طور محلی به خصوص در بخش‌های جنوبی دیده می‌شود. بر اساس آمار ثبت شده در ایستگاه آب‌سنجی خروجی حوضه بیشترین میزان دبی متوسط سالیانه ۴/۸ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد که حجم آورد سالانه آن معادل ۱۵۲ میلیون متر مکعب است. برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه زارم رود در بازه پایین‌دست به طول ۳۸۰ متر انجام می‌شود.

روش تحقیق

در این تحقیق ضمن بازدید میدانی و تعیین محدوده برداشت، سعی شده در بازه مورد نظر برای انجام این تحقیق هیچ گونه دخل و تصرفی دیگری غیر از برداشت رسوبات بستر رودخانه وجود نداشته باشد، هیچ شاخه فرعی به بازه مورد مطالعه وارد نشده، هیچ گونه گسل فعالی نداشته باشد، فرسایش کناری در بازه مورد مطالعه شدید نباشد، بازه بالادست مکان برداشت دارای شرایط طبیعی بوده و عامل تأثیرگذاری بر روی رسوب ورودی به بازه وجود نداشته باشد. در ادامه با بررسی مقاطع عرضی در بالادست و پایین‌دست منطقه برداشت و در نظر گرفتن حداقل فاصله ممکن بین این دو مقطع، دارا بودن شرایط همگن هیدرولیکی دو مقطع، نمونه‌بردارهای بار کف که از نوع نمونه بردار چاله‌ای بوده در مقاطع مذکور کار گذاشته شد. نمونه‌برداری از بار بستر در دو مرحله، انتخاب مکان مناسب برای نمونه‌برداری و انتخاب نوع نمونه‌بردار انجام شد (سینگال و همکاران ۱۹۸۱) و برای این کار دو اصل مهم، انتخاب بستر پایدار به منظور اجتناب از شرایط غیر ماندگار در طول اندازه گیری رسوب و اندازه‌گیری واقعی شرایط هیدرولیکی نظیر عمق جریان، سرعت جریان، اندازه دانه‌بندی و شیب در نظر گرفته شد (تلوری ۱۳۸۳، شفاعی بجستان ۱۳۹۰). نمونه‌بردار چاله‌ای که نمونه‌بردار گودالی نیز نامیده می‌شوند، جهت به دام انداختن موادی که در تماس با بستر می‌توانند به حرکت در آیند طراحی می‌شوند. در این نوع نمونه‌بردارهای رسوبات بار کف در محفظه به دام انداخته شده و لازم است آن‌ها به طور دوره‌ای خالی شوند (استرلینگ و چارچ ۲۰۰۲). این نوع نمونه‌بردارها بوسیله بیل دستی یا مکانیکی نصب می‌شوند و برای جریان‌هایی کاربرد دارند که کاربر بتواند به آن دسترسی آسان داشته و آن را تخلیه نماید (بانت و همکاران ۲۰۰۳). در این تحقیق ضمن رعایت موارد ذکر شده، نمونه‌بردارها به صورت دستی در بستر رودخانه طوری جایگذاری گردیدند که تراز بستر با تراز نمونه‌بردار یکی بوده و اختلافی وجود نداشته باشد. دقت و کارایی بالای این نوع نمونه‌بردارها (حدود ۸۳ درصد) (استرلینگ و چارچ ۲۰۰۲) دلیل انتخاب این نوع نمونه‌بردارها در این تحقیق می‌باشد (شکل ۲).

شکل ۲- نمونه بردار چاله‌ای جاگذاری شده در بستر رودخانه.

بعد از جاگذاری نمونه‌بردارها به طور منظم و در ۱۰ نوبت رسوبات آن‌ها برداشت گردید و جهت آنالیز دانه‌بندی و وزن به آزمایشگاه منتقل شدند. وزن رسوبات با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت بالا اندازه‌گیری شد و دانه‌بندی رسوبات نیز با استفاده از روش ASTM با بکارگیری دستگاه لرزاننده[1]به‌صورت جداگانه برای هر نوبت نمونه‌برداری در نمونه‌بردارها انجام گردید. در نهایت با استفاده از نرم افزار GRADISTAT اندازه قطرهای D_{10}، D_{50}، D_{90}، میانگین، مقادیر آماره‌های جورشدگی[2] چولگی[3] و کشیدگی[4] به روش‌های ترسیمی و هندسی فولک و وارد (۱۹۵۷) و بر حسب میکرون و مقیاس Φ بدست آمد (بلات و پای ۲۰۰۱).

میانگین: شاخصی است که حد متوسط اندازه ذرات در رسوب را مشخص می‌کند. از سه نقطه بر روی منحنی دانه‌بندی برای پیدا کردن اندازه‌ی متوسط ذرات استفاده می‌شود و بر اساس رابطه ۱ محاسبه می‌گردد (بلات و پای ۲۰۰۱، اهری‌پور و مصدق، ۱۳۹۰).

$$M_Z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3} \qquad [۱]$$

جورشدگی یا انحراف استاندارد: شاخصی است که یکنواختی ذرات تشکیل دهنده رسوب و نزدیک بودن به قطر آن‌ها را نشان می‌دهد و بر اساس رابطه ۲ بر حسب فی محاسبه می‌شود (بلات و پای ۲۰۰۱، اهری‌پور و مصدق، ۱۳۹۰).

$$\sigma_1 = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6} \qquad [۲]$$

چولگی یا کج‌شدگی: این شاخص میزان تقارن منحنی تجمعی رسوب را نشان می‌دهد. اگر مقدار ذرات دانه‌ریز فراوان باشد دنباله منحنی به طرف راست و کج‌شدگی مثبت است ولی اگر فراوانی ذرات درشت بیشتر باشد دنباله منحنی به طرف چپ و کج‌شدگی منفی است. مقدار چولگی بر اساس رابطه ۳ بدست می‌آید (فتحی‌زاده و همکاران ۱۳۹۰، بلات و پای ۲۰۰۱).

$$SKI = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)} \qquad [۳]$$

کشیدگی: این شاخص توزیع اندازه ذرات را نشان می‌دهد که از نسبت جورشدگی دنباله منحنی به جورشدگی قسمت وسط منحنی به دست می‌آید. هر چقدر کشیدگی بیشتر باشد نشان می‌دهد جورشدگی بهتر است. مقدار این شاخص نیز از رابطه ۴ قابل محاسبه است (بلات و پای ۲۰۰۱، اهری‌پور و مصدق ۱۳۹۰).

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})} \qquad [۴]$$

در ادامه بررسی اختلاف معنی‌داری آماره‌های رسوبی اندازه‌گیری شده برای مقطع قبل و بعد از مکان برداشت در محیط نرم افزار SPSS22 انجام شد. همزمان با خالی کردن نمونه‌بردارها، سرعت جریان و سطح مقطع آن در هر دو مقطع اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری ذرات از دو مقیاس میلی‌متری ادن و ونت‌ورث[5] و مقیاس لگاریتمی Φ به نام مقیاس کرومبین[6] استفاده می‌شود (اهری‌پور و مصدق ۱۳۹۰، کرومبین ۱۹۳۸). در این مقاله نیز از هر دو مقیاس استفاده شده است. رابطه این دو مقیاس به صورت زیر است:

$$\phi = -\log_2^d = -\frac{Lnd}{Ln2} \qquad [۵]$$

d: قطر ذره بر حسب میلی‌متر

Φ: قطر ذره بر حسب فی

نتایج و بحث

نتایج آنالیز دانه‌بندی ۲۰ نمونه بار رسوبی بستر در مقاطع قبل و بعد از مکان برداشت شن و ماسه در آزمایشگاه در زیر ارائه شده است (جدول ۱).

1 - Shaker
2 - Sorting
3 - Skewness
4- Kurtosis
5 -Udden and Wentworth
6 - Krumbein

جدول ۱- متغیرهای اندازه‌گیری رسوبات بار بستر در مقطع قبل و بعد از مکان برداشت در نرم افزار GRADISTAT.

شماره نمونه	موقعیت نمونه‌بردار	خصوصیات رسوبات به روش ترسیمی(μ)						
		D_{10}	D_{50}	D_{90}	M_Z	σ_1	SKI	K_G
۱	قبل مکان برداشت	۳۱۵/۱	۷۲۸/۴	۳۸۶۷/۸	۱۳۴۸/۱	۱۴۰۳/۸	۱/۸۶۲	۵/۶۰۹
	بعد مکان برداشت	۳۱۹/۶	۷۶۷/۹	۴۲۶۲/۴	۱۵۲۲/۴	۱۵۶۵/۰	۱/۵۶۴	۴/۳۴۱
۲	قبل مکان برداشت	۲۹۷/۰	۸۱۹/۵	۴۲۲۲/۴	۱۵۸۷/۸	۱۵۵۶/۲	۱/۳۷۲	۳/۸۶۴
	بعد مکان برداشت	۳۰۱/۶	۹۱۰/۵	۴۳۵۷/۸	۱۷۰۹/۳	۱۶۲۰/۲	۱/۲۲۳	۳/۴۲۰
۳	قبل مکان برداشت	۱۷۲/۹	۱۳۷۳/۶	۸۵۳۶/۶	۲۲۴۱/۰	۲۶۹۴/۹	۱/۸۴۵	۵/۷۰۷
	بعد مکان برداشت	۲۰۰/۷	۱۶۸۷/۰	۷۹۰۴/۷	۱۸۲۱/۶	۱۸۶۲/۷	۰/۹۴۱	۲/۶۳۱
۴	قبل مکان برداشت	۱۴۷/۲	۱۰۷۲/۴	۴۶۳۷/۶	۱۹۰۴/۴	۱۷۶۷/۴	۰/۹۸۳	۲/۸۴۳
	بعد مکان برداشت	۲۳۸/۵	۳۵۴۱/۹	۴۳۶۳۰/۲	۱۰۳۰۷/۸	۱۵۴۴۱/۰	۱/۸۸۰	۵/۵۴۶
۵	قبل مکان برداشت	۱۴۵/۸	۱۰۴۱/۰	۴۵۱۱/۷	۱۸۸۳/۶	۱۷۲۶/۷	۰/۹۳۰	۲/۷۳۴
	بعد مکان برداشت	۲۵۳/۱	۴۳۶۳/۳	۴۳۸۶۱/۳	۱۰۳۶۸/۴	۱۵۱۰۵/۹	۱/۹۲۷	۵/۸۱۴
۶	قبل مکان برداشت	۱۵۲/۹	۱۱۴۴/۵	۱۳۶۴۴/۵	۵۵۴۷/۹	۱۰۶۷۵/۷	۳/۳۵۴	۱۵/۲۸
	بعد مکان برداشت	۲۵۰/۵	۴۷۳۸/۹	۸۸۶۸۳/۹	۹۹۹۳/۴	۱۶۵۳۱/۵	۱/۹۱۷	۵/۳۵۳
۷	قبل مکان برداشت	۱۲۶/۸	۷۳۱/۷	۴۳۹۸/۴	۱۵۵۹/۹	۱۷۱۳/۸	۱/۲۴۸	۳/۳۶۱
	بعد مکان برداشت	۳۴۲/۷	۴۰۴۹/۴	۵۴۷۶۹/۰	۱۱۰۶۲/۷	۱۷۰۶۰/۰	۱/۷۹۰	۴/۸۱۴
۸	قبل مکان برداشت	۱۴۵/۰	۷۶۲/۵	۴۱۹۵/۹	۱۵۶۲/۵	۱۶۱۹/۶	۱/۲۶۰	۳/۵۵۴
	بعد مکان برداشت	۳۱۲/۹	۵۵۶۲/۲	۸۸۷۴۷/۸	۱۰۵۶۸/۵	۱۷۲۶۹/۴	۱/۸۵۸	۴/۹۷۷
۹	قبل مکان برداشت	۱۵۸/۳	۱۲۰۸/۷	۴۶۶۳/۶	۲۰۵۷/۷	۱۸۱۸/۱	۰/۷۵۰	۲/۳۳۲
	بعد مکان برداشت	۳۷۱/۰	۷۱۷۹/۲	۷۸۰۹۲/۳	۱۱۲۰۳/۷	۱۶۱۱۸/۵	۱/۷۰۸	۴/۸۲۹
۱۰	قبل مکان برداشت	۱۴۰/۸	۱۲۵۸/۳	۸۱۴۴/۸	۳۱۰۲/۰	۳۹۰۷/۴	۱/۷۸۶	۵/۶۷۲
	بعد مکان برداشت	۱۸۲/۲	۳۱۶۶/۳	۳۰۵۶۳/۱	۹۸۲۴/۴	۱۴۸۱۰/۶	۲/۰۴۳	۶/۲۹۹

به منظور تجزیه و تحلیل آماری و جهت بررسی اختلاف میانگین‌های متغیرهای آماری در مقاطع قبل و بعد از معدن شن و ماسه از آزمون t جفتی در محیط نرم افزار SPSS22 استفاده گردید (جدول ۲).

با توجه به جدول ۲، اندازه قطرهای D_{10}، D_{50}، D_{90}، میانگین، مقادیر آماره جورشدگی در مقطع قبل و بعد معدن شن و ماسه اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد و مقایر آماره‌های چولگی و کشیدگی ذرات رسوبی بار بستر در مقطع قبل و بعد معدن شن و ماسه اختلاف معنی‌داری ندارد. مقدار قطرهای D_{10}، D_{50}، D_{90}، میانگین و جورشدگی بعد از افزایش دبی در نمونه‌بردار بعد از معدن بیشتر از قبل معدن بوده، البته چولگی و کشیدگی به جز در مرحله ششم بعد از افزایش دبی روندی مشابه دیگر متغیرها در نمونه‌بردارها دارد (شکل ۳).

جدول ۲- نتایج مقایسه آماری تغییرات دانه‌بندی رسوبات بار بستر با استفاده آزمون t در محیط نرم افزار SPSS.

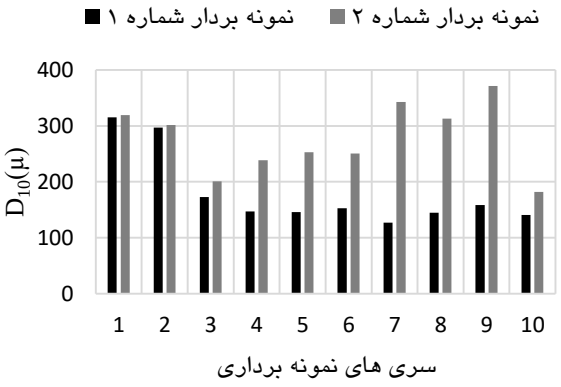
خصوصیات رسوب	قبل از مکان برداشت		بعد از مکان برداشت		Sig.
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
D_{10}	۱۸۰/۱۸۳	۶۷/۵۳۳	۲۷۷/۲۵۵	۶۱/۸۳۰	۰/۰۰۴
D_{50}	۱۰۱۴/۰۵۳	۲۳۸/۱۴۱	۳۵۹۶/۶۵۰	۲۰۵۰/۶۷۲	۰/۰۰۳
D_{90}	۶۰۸۲/۳۲۸	۳۱۴۰/۹۰۶	۴۴۴۸۷/۲۴۴	۳۳۱۸۱/۴۱۴	۰/۰۰۵
M_Z	۲۲۷۹/۴۸	۱۲۵۰/۹۹	۷۸۳۸/۲۲	۴۲۶۷/۷۳	۰/۰۰۲
σ_1	۲۸۸۸/۳۶	۲۸۳۶/۹۹	۱۱۷۳۸/۴۹	۶۹۸۳/۸۱	۰/۰۰۳
SKI	۱/۵۳۹	۰/۷۴۸	۱/۶۸۵	۰/۳۴۹	۰/۵۹۲
K_G	۵/۰۹۵	۳/۷۹۸	۴/۸۰۲	۱/۱۰۴	۰/۸۱۷

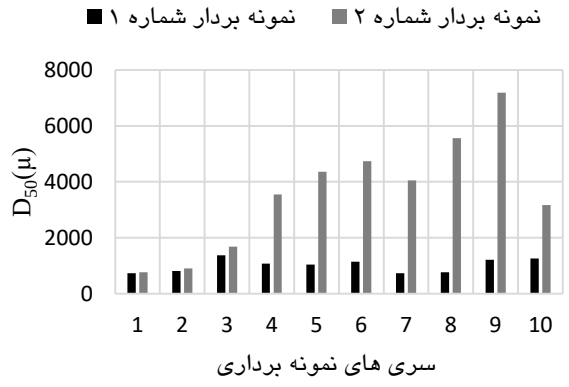
با هر بار نمونه‌برداری بار بستر در مقاطع مورد نظر سرعت جریان، سطح مقطع نیز محاسبه می‌شد که در نهایت میزان بار بستر به‌صورت روزانه نیز در دو نمونه‌بردار بار بستر محاسبه گردید (جدول ۳).

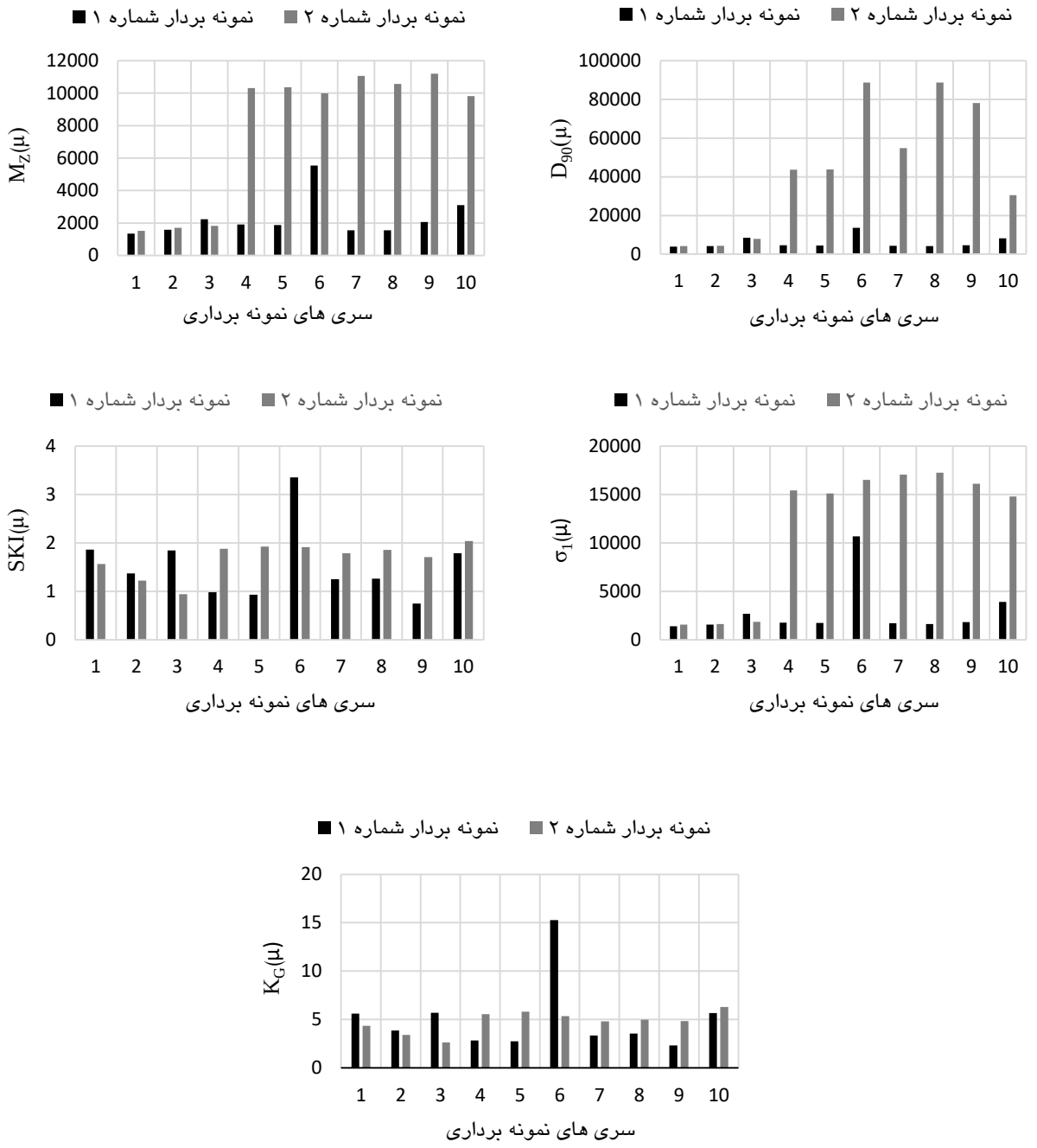
جدول ۳- وزن و آورد بار رسوبی بستر در مقاطع قبل و بعد از برداشت در طول دوره نمونه‌برداری.

نمونه برداری	فواصل بین نمونه-برداری(day)	دبی ($L\ S^{-1}$)	وزن بار رسوبی(g)		آورد روزانه بار بستر($g\ day^{-1}$)	
			نمونه بردار ش. ۱	نمونه بردار ش. ۲	نمونه بردار ش. ۱	نمونه بردار ش. ۲
۱	۹	۷۰/۳	۶۵۰/۳	۶۴۹/۱	۷۲/۲۶	۷۲/۱۲
۲	۸	۹۱/۵۴	۱۸۲/۸	۱۷۰/۷	۲۲/۸۵	۲۱/۳۴
۳	۶	۲۹۷۶	۳۴۳۱۰	۲۸۲۹۰	۵۷۱۸/۳۳	۴۷۱۵/۰۰
۴	۱۱	۲۶۹۸/۹۵	۲۳۳۰۰	۳۲۱۹۰	۲۱۱۸/۱۸	۲۹۲۶/۳۶
۵	۱۰	۲۳۴۶/۳	۱۹۷۸۰	۲۳۲۵۰	۱۹۷۸/۰۰	۲۳۲۵/۰۰
۶	۱۰	۲۴۷۵/۶۴	۴۶۹۴۳	۳۰۴۳۰	۴۶۹۴/۳۰	۳۰۴۳/۰۰
۷	۷	۲۳۱۰/۲	۱۴۵۷۰	۲۲۲۶۰	۲۰۸۱/۴۳	۳۱۸۰/۰۰
۸	۹	۲۴۵۷/۸	۲۶۴۷۰	۲۹۲۱۰	۲۹۴۱/۱۱	۳۲۴۵/۵۶
۹	۹	۲۹۸۷/۹	۳۱۵۲۰	۳۳۷۳۰	۳۵۰۲/۲۲	۳۷۴۷/۷۸
۱۰	۶	۲۷۴۱/۲	۳۲۷۰۰	۳۰۵۵۰	۵۴۵۰/۰۰	۵۰۹۱/۶۷

با توجه به جدول ۱ اندازه قطرهای D_{10}، D_{50}، D_{90}، میانگین، و مقادیر آماره‌های جورشدگی، چولگی و کشیدگی برای مقاطع قبل و بعد از معدن شن و ماسه با در نظر گرفتن مقدار دبی بدست آمده در محل نمونه‌گیری، تغییرات آن‌ها به‌صورت زیر قابل مشاهده است (شکل ۳).





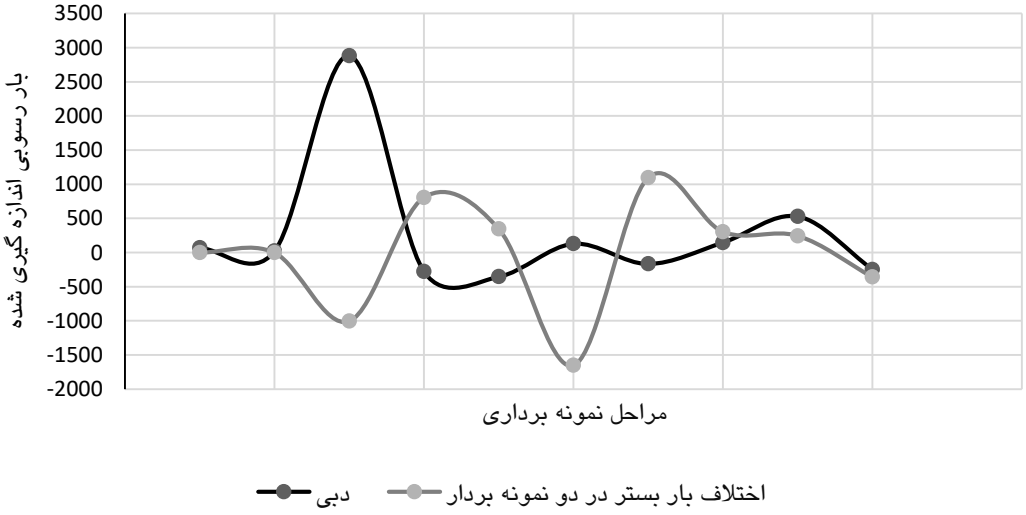


شکل ۳- نمودار تغییرات آماره‌های رسوبی در نمونه‌بردارهای قبل و بعد از مکان برداشت.

با توجه به نتایج مندرج در شکل ۳ مشاهده می‌شود که D_{10} و چولگی رسوبات در سری‌های نمونه برداری اول و دوم دارای بیشترین مقادیر در بین سایر متغیرها می‌باشد. از طرفی با در نظر گرفتن مقدار پایین دبی (جدول ۳) می‌توان این‌طور استنباط کرد که جریان ذرات ریزتری را انتقال داده و تغییرات جزئی در نمونه بردار قبل و بعد از مکان برداشت شن و ماسه ناشی از ترسیب رسوبات در محل برداشت شن و ماسه می‌باشد. با توجه به جدول ۳ و شکل ۳ با افزایش میزان دبی در مرحله سوم نمونه‌برداری میزان بار رسوبی نیز زیاد شده و مقدار آن در بعد از معدن کمتر از قبل معدن بوده، در این حالت نیز جریان انتقالی مقداری از رسوب حمل

شده را در نتیجه کاهش قدرت حمل خود در محل چاله‌های و گودال‌های ایجاد شده در بستر رودخانه توسط بهره‌برداران از دست داده است، که با این عمل پیوستگی انتقال رسوب به پایین‌دست دچار اختلال شده و جریانی که بعد از این مکان تشکیل می‌شود را اصطلاحاً Hungry Water می‌نامند که ممکن در پایین‌دست بدلیل استعداد بالا در حمل، موجب کف‌کنی رودخانه بعد از بازه مورد نظر شود. همچنین با عریض شدن رودخانه در مکان برداشت بدلیل تعرض بهره‌برداران به منابع رسوبی کناره‌های رودخانه موجب کاهش مقدار رسوب در مقطع بعد از محل برداشت شن و ماسه می‌شود. همان طور که در شکل ۳ دیده می‌شود این عمل برای مراحل شش و دهم نمونه‌برداری نیز به همین منوال بوده است. ولی در مراحل نمونه‌برداری چهارم، پنجم، هفتم، هشتم و نهم مشاهده می‌شود که میزان بار بستر در بعد از محل برداشت شن و ماسه بیشتر از قبل آن بوده است. با توجه به این که میزان رسوب ورودی به بازه (فاصله بین دو نمونه‌بردار) کمتر از میزان رسوب خروجی از آن بوده نشان دهنده بر هم خوردگی لایه‌های بستر رودخانه و به نوعی فرسایش در بازه مورد نظر می‌باشد که در این حالت تجهیزات سنگین از جمله لودر و کامیون برای حمل مواد ته نشین شده در چاله‌ها به بستر رودخانه وارد شده و با به هم زدن سطح لایه‌های بستر رودخانه، مواد بستر را در معرض حمل قرار داده و با تغییرات در شرایط هیدرولیکی جریان رودخانه که اغلب افزایش سرعت بوده موجب تسهیل در حمل مواد کنده شده از لایه‌های رسوبی بستر شده‌اند که در نتیجه آن نمونه‌بردار بعد از محل برداشت شن و ماسه رسوبات بیشتری را به تله انداخته است. شایان ذکر است که بسته به هدف مطالعه در بازه مورد نظر شاخه فرعی وجود نداشته و می‌توان این تغییرات در مقدار بار رسوبی در پایین‌دست را مختص مداخلات در سیستم رودخانه و برداشت شن و ماسه از بستر دانست.

نتایج تغییرات بار بستر اندازه‌گیری شده ($gr\ day^{-1}$) و همچنین دبی ($L\ s^{-1}$) در طول دوره نمونه‌برداری نیز جهت بررسی میزان تغییرات آورد رسوبی نیز با توجه به جدول ۳ به صورت زیر قابل ارائه است (شکل ۴).



شکل ۴- میزان اختلاف دبی و بار رسوبی اندازه‌گیری شده در دو نمونه‌بردار در طی مدت نمونه‌برداری.

با توجه به شکل ۴ در سری‌هایی که اختلاف بار بستر در دو نمونه بردار قبل و بعد از محل برداشت منفی می‌باشد بیان کننده این است که مقدار رسوبات حمل شده توسط جریان با یک کاهشی مواجه شدند که در نتیجه ترسیب رسوبات در محل برداشت در چاله‌هایی است که توسط ماشین آلات در بستر رودخانه حفر شدند. در حالتی که این اختلاف مثبت می‌باشد بار رسوبی در نمونه بردار بعد از مکان برداشت بیشتر از نمونه‌بردار قبل مکان

برداشت می‌باشد که در نتیجه برهم‌زدگی لایه‌های رسوبی بستر رودخانه و در معرض قرار گرفتن رسوبات جهت حمل به پایین‌دست می‌باشند. اختلال در دبی رسوب رودخانه نیز با توجه به شکل ۴ قابل مشهود است و می‌توان آن را در نتیجه اثرات برداشت شن و ماسه از رودخانه در بازه مورد نظر دانست. ظرفیت حمل رسوب نیز دستخوش تغییر شده به طوری که در حالی که مقدار رسوب تله اندازی شده در نمونه‌بردار بعد از محل برداشت بیشتر شده نتیجه فرسایش بستر رودخانه در بازه ۳۸۰ متری برداشت می‌باشد. بنابراین برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه در رودخانه زارم‌رود موجب فرسایش بستر شده که با یافته‌های مارستون و همکاران (۱۹۹۵)، بروارد و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. از طرفی برداشت شن و ماسه از این رودخانه نیز موجب برهم‌ریختگی لایه‌های رسوبی کف رودخانه شده و دانه‌بندی رسوبات را دستخوش تغییرات کرده که با یافته‌های خیرفام و صادقی (۱۳۹۳) مطابقت دارد. با انجام این مطالعه به سازمان‌های مرتبط با سامانه رودخانه پیشنهاد گردید که ظرفیت برداشت رسوبات از بستر رودخانه زارم‌رود در بازه مورد مطالعه با توجه به فرسایش و کف کنی برای مدتی متوقف شود و استراحتی به رودخانه داده تا ضمن بازسازی محیط خود از فرسایش بستر و برهم خوردن سامانه آن جلوگیری شود، که این منجر به حفظ تعادل طبیعی سامانه رودخانه می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به یافته‌های حاصل از این تحقیق، برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه زارم‌رود موجب تغییر در برخی خصوصیات فیزیکی رسوبات از جمله قطرهای D_{10}، D_{50}، D_{90}، میانگین و آماره رسوبی جورشدگی شده و همچنین با ایجاد چاله‌های رسوب‌گیر در محل برداشت بیلان رسوبی در بازه مورد مطالعه دچار تغییرات شده است. با برهم زدن لایه‌های رسوبی بستر رودخانه توسط ماشین آلات سنگین، مقدار موادی که برای حمل در اختیار جریان قرار گرفته افزایش یافته که منجر به افزایش قدرت جریان در کنش در پایین‌دست شده بنابراین مقدار رسوب تولیدی در پایین‌دست محل برداشت افزایش می‌یابد. با افزایش برداشت و زیاد شدن ابعاد چاله‌های حفر شده در بستر رودخانه مقدار رسوب تله اندازی شده در این چاله‌ها نیز بیشتر خواهد شد و جریانی که بعد از چاله حرکت می‌کند دارای پتانسیل بالایی در حمل ذرات بوده که می‌تواند در بازه‌ی بعد از محل برداشت موجب تغییرات مورفولوژیکی رودخانه مورد نظر شود.

منابع مورد استفاده

Aharipour R and Mosadegh H, 2011. Principles of sedimentology. Second edition, Alavi publication.

Ashraf MA, Maah MJ, Yusoff I, Walid A and Mahmood K, 2011. Sand mining effects, causes and concerns: A case study from Bestari Jaya, Selangor, Peninsular Malaysia. Scientific Research and Essays 6(6): 1216-1231.

Batalla RJ, 2003. Sediment deficit in rivers caused by dams and instream gravel mining. A review with examples from NE Spain. Revista Cuaternario and Geomorphologia 17 (3-4): 79-91.

Blott SJ and Pey K, 2001. GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediment. Earth Surface Processes and Landforms 26(11): 1237-1248.

Bravard JP, Goichot M and Gaillot S, 2013. Geography of sand and gravel mining in the lower Mekong River. EchoGéo 26: 1-18.

Brown AV, Littly MM and Brown KB, 1998. Impacts of gravel mining on gravel bed streams. Transactions of the American Fisheries Society 127: 979–994.

Budagupour S and Jadidi A, 2007. Investigation of the environmental impacts of basin erosion and uncontrolled excavation in Gorganroud River catchments using the PSIAC model. MSc. Thesis Watershed Management, Khajeh Nasir Toosi University of Technology.

Bunte K, Potyondy JP and Abt SR, 2003. Development of an improved bedload trap for sampling gravel and cobble bedload in coarse mountain streams. [Online Article]. http://water.usgs.gov//html.

Davis J, Bird J, Finlayson B and Scott R, 2000. The management of gravel extraction in alluvial rivers: a case study from the Avon River, southeastern Australia. Physical Geography 21(2): 133–154.

Fathizadeh H, Tazeh M and Hemyali Y, 2012. Investigation of sediment granulation from geomorphological viewpoint. The 11th National Conference on Irrigation and Evaporation, 7-9 Feb. Shahid Bahonar University of Kerman.

Folk RL and Ward WC, 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology 27: 3–26.

Gomi T, Sidle RC and Swanston DN, 2004. Hydrogeomorphic linkages of sediment transport in headwaters streams, Maybeso Experimental Forest, southeast Alaska. Hydrological Processes 18: 667-683.

Hughes FMR, 1997. Flood plain biogeomorphology. Progress in Physical Geography 21(4): 501–529.

Iran Water Resources Management CO. Deputy of Research, Office of Standard and Technical Criteria, 2005. Guideline of flood plain zoning and determination of flood way and flood fringe. Publication No. 307.

Jabari E and Farzi H, 2010. The Gravel Production and Their Effects on the Change of Sediment Transport Pattern in the Razavar River. Geographical Research 24(2): 145-160.

Kabir MA, Dutta D, Hironaka S and Pang A, 2012. Analysis of bed load equations and river bed level variations using basin-scale process-based modelling approach. Water Resource Management 26(5): 1143-1163.

Kheirfam H and Sadeghi SHR, 2014. Effect of Sand and Gravel Mining on among of Sediment Load and Bed Load Granulometery in Kojour River. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering 8(26):27-34.

Kiat Ch, Ghani AA, Abdullah R and Zakaria NA, 2008. Sediment transport modeling for Kulim River-A case study. Journal of Hydro-environment Research 2(1): 47-59.

Kondolf GM, 1997. Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. Environmental Management 21(4): 533–551.

Kondolf GM, 1998. Environmental effects of aggregate extraction from river channels and floodplains. In: Aggregate resources: a global perspective (P.T. Bobrowsky, ed). Pp. 113–129. A. A. Balkema, Rotterdam. 470.

Krumbein WC, 1983. Size frequency distributions of sediment and the normal phi curve. Journal of Sedimentary Petrology 8(3): 84-90.

Landon N, Piégay H and Bravard JP, 1998. The Drôme river incision (France): from assessment to management. Landscape and Urban Planning 43: 119-131.

Liangwen J, Zhangren L, Qingshu Y, Shuying O and Yaping L, 2007. Impacts of the large amount of sand mining on riverbed morphology and tidal dynamics in lower reaches and delta of the Dongjiang River. Journal of Geographical Sciences 17(2): 197-211.

Lohnes RA, 1997. Stream channel degradation and stabilization: The Iowa experience. Proceedings of the Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision. University of Mississippi, Oxford, MS: 35–41.

Marston RA, Girel J, Pautou G, Piegay H, Bravard JP and Arneson C, 1995. Channel metamorphosis, floodplain disturbance and vegetation development: Ain River, France. Geomorphology 13: 121–131.

Memari A and Habibnejad Roshan M, 2007. Comparison of sedimental regime with the amount of withdrawing of sand and gravel of Faroub river of Naishabour and the effect of withdrawing from river frontage. 7th International River Engineering Conference Shahid Chamran University, 13-15Feb, Ahvaz.

Montgomery DR and Bolton SM, 2003. Hydrogeomorphic variability and river restoration. American Fisheries Society. 39-80.

Naiman RJ, Decamps H and Pollock M, 1993. The role of riparian vegetation in maintaining regional biodiversity. Ecological Applications 3(2): 209–212.

Nekohimehr M, 2000. Evaluation of developmental project effect on environment (Gravel extraction of River beds). Third National Conference on Environmental Health 10-12 Nov. Kerman University of Medical Sciences and Health Services.

Petit F, Poinsart D and Bravard JP, 1996. Channel incision, gravel mining and bedload transport in the Rhône river upstream of Lyon, France ("canal de Miribel"). Catena 26(3-4): 209-226.

Rovira A, Batalla RJ and Sala M, 2005. Response of a river sediment budget after historical gravel mining (the lower Tordera, NE Spain). River Research and Applications 21(7): 829-847.

Sadeghi SHR and Kheirfam H, 2012. Effect of Sand and Gravel Mining on Suspended and Bed load in Kojour River. The 5th National Conference on Watershed Management and Water Resources Management in the country, 28-29 Feb. Shahid Bahonar University of Kerman.

Sadeghi SHR, Gharemahmudli S, Khaledi Darvishan A, Kheirfam H, Kiani Harchegani M and Saeidi P, 2014. Effect of river sand and gravel mining on monthly changeability of suspended sediment concentration. Journal of Water and Soil Resources Conservation 3(3): 65-77.

Shfaee-Bajestan M, 2011. Theoretical and practical principles of hydraulic transmission of sediment, second edition, Shahid Chamran University Publication.

Singhal HSS, Joshi GC and Verma RS, 1981. Sediment sampling in rivers and canals. Erosion and Sediment Transport Measurement (Proceedings of the Florence Symposium). Florence, Italy. IAHS Publ. NO. 133: 169-175.

Sterling ShM and Church M, 2002. Sediment trapping characteristics of a pit trap and the Helley-Smith sampler in a cobble gravel bed river. Water Resources Research 38(8):1-19.

Surian N and Cisotto A, 2007. Channel adjustments, bedload transport and sediment sources in a gravel-bed river, Brenta River, Italy. Earth Surface Processes and Landforms 32(11): 1641-1656.

Telvari A, 2004. Fundamentals of river training and engineering. Soil conservation and watershed management research institute. First Edition.

Thorne CR, 1997. Fluvial processes and channel evolution in the incised river of north-central Mississippi. Proceedings of the Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision. University of Mississippi, Oxford, MS: 23–34.

Vericat D and Batalla RJ, 2004. Downstream effects of dams in the fluvial dynamics of the Lower Ebro River. Journal of Quaternary and Geomorphology 18(1-2): 37–50.

Ward JV, Tockner K and Schiemer F, 1999. Biodiversity of flood plain river ecosystems: ecotones and connectivity. Regulated Rivers: Research and Management 15(1-3): 125– 139.

Williams GP and Wolman MG, 1984. Downstream effects of dams on alluvial rivers, US Geological Survey Professional Paper, NO. 1286, USGS: 94.

Willis KG and Garrod GD, 1999. Externalities from extraction of aggregates regulation by tax or land-use controls. Resources Policy 25(2): 77–86.

Winterbottom SJ, 2000. Medium and short-term channel planform changes on the Rivers Tay and Tummel, Scotland. Geomorphology 34(3-4): 195–208.

Ye B, Yang D and Kane DL, 2003. Changes in Lena River stream flow hydrology: human impacts versus natural variations. Water Resources Research 39 (7): 8–14.

Yousefvand F, Ziatabar-Ahmadi M, Ghaminnia H and Golmaei H, 2007. Estimation of sediment load and determination of sewage sand capacity of Razavar River. 7th International River Engineering Conference Shahid Chamran University, 13-15Feb, Ahvaz.

Zamani E and Mousavi M, 2007. Sand and gravel mining effects on river morphology case study on khoshkehroud, Farsan. 7th International River Engineering Conference Shahid Chamran University, 13-15Feb, Ahvaz.