INSO
20210
1st.Edition
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۰۲۱۰
چاپ اول
۱۳۹۴

هیدرومتری- روش‌های اندازه‌گیری دبی بار بستر

Hydrometry — Methods of measurement of bedload discharge

ICS:17.120.20

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران،مصوب بهمن ماه۱۳۷۱تنها مرجع رسمی کشوراست که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهایملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد(ISO)[1]،کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی(OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی(CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت میکند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4-Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«هیدرومتری- روش‌های اندازه‌گیری دبی بار بستر»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
فضایلی، حمید (دکترای مهندسی عمران- آب)	شرکت سهامی آب منطقه‌ای اردبیل
دبیر:	
شعبانی، حمید (کارشناس ارشد مهندسی عمران - سازه)	اداره‌کل استاندارد استان اردبیل
اعضاء:(اسامی به ترتیب حروف الفباء)	
امانی، بهنام (کارشناس ارشد مهندسی عمران- خاک)	اداره‌کل استاندارد استان اردبیل
خیاط رستمی،بابک (کارشناس ارشد مهندسی عمران- آب)	شرکت سهامی آب منطقه ای اردبیل
ساجد اردبیلی، فرزین (کارشناس ارشد شیمی کاربردی)	اداره‌کل استاندارد استان اردبیل
شرافتخواه آذری، شهین (کارشناس ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی)	اداره‌کل استاندارد استان اردبیل
طالبی، مهدی (کارشناس مهندسی صنایع)	اداره‌کل استاندارد استان اردبیل
یونسی، سید شهاب الدین (کارشناس ارشد مهندسی عمران - سازه)	اداره‌کل استاندارد استان اردبیل

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش‌گفتار و
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۱
۴ اندازه گیری بار بستر ۲
۴-۱ کلیات ۲
۴-۲ روش‌های اندازه گیری مستقیم ۲
۴-۳ روش‌های اندازه گیری غیر مستقیم ۲
۵ طراحی و راهبرد اندازه‌گیری دبی بار بستر ۲
۶ انتخاب محل ۳
۷ نمونه‌بردارها و نمونه‌گیرهای بار بستر ۴
۷-۱ نمونه بردارهای بار بستر ۴
۷-۱-۱ الزامات یک نمونه‌بردار آرمانی بار بستر ۴
۷-۱-۲ نمونه‌بردارهای زنبیلی یا جعبه ای ۵
۷-۱-۳ نمونه بردارهای قابی و شبکه‌ای ۵
۷-۱-۴ نمونه‌بردار با فشار تفاضلی ۶
۷-۱-۵ مزایا و معایب ۷
۷-۱-۶ مشخصات نمونه‌بردارهای بار بستر ۱۱
۷-۲ اندازه گیری با استفاده از نمونه‌گیر بار بستر ۱۵
۷-۲-۱ نمونه‌گیر لوله گردابی ۱۵
۷-۲-۲ نمونه‌گیر pit و Trough ۱۵
۷-۲-۳ مزایا و معایب ۱۶
۸ روش‌های اندازه‌گیری دبی بار بستر با استفاده از نمونه‌بردارهای بار بستر ۱۶
۸-۱ کلیات ۱۶
۸-۲ شناسایی نمونه ۱۷
۸-۳ محاسبات ۱۸
۸-۴ خطاها ۲۰

عنوان صفحه

۹ اندازه‌گیری غیر مستقیم بار بستر ۲۰
۹-۱ کلیات ۲۰
۹-۲ اندازه‌گیری تفاضلی ۲۰
۹-۳ اندازه‌گیری حجمی ۲۱
۹-۴ روش ردیابی تلماسه‌ای ۲۲
۹-۴-۱ قایق متحرک ۲۲
۹-۴-۲ بازتاب سنج صدا در محل ۲۲
۹-۴-۳ درستی روش‌های ردیابی تلماسه‌ای ۲۳
۹-۵ ردیاب‌ها ۲۳
۹-۶ سنجش از دور LiDAR ۲۴
۹-۷ تجهیزات صوتی ۲۴
۹-۸ ترسیم کننده پروفیل جریان از نوع داپلر صوتی(ADCP) ۲۵
پیوست الف(اطلاعاتی) فناوری‌های جایگزین پایش بار بستر ۲۶
پیوست ب(اطلاعاتی) کتابنامه ۳۰

پیش‌گفتار

استاندارد«هیدرومتری-روش‌های اندازه‌گیری دبی بار بستر»که پیش‌نویس آن درکمیسیون‌های مربوط تهیه وتدوین شده است و در دویست و هفتاد و سومین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۴/۱۲/۴ مورد تصویب قرارگرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوّب بهمن ماه۱۳۷۱،به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحوّلات وپیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مآخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO / TR 9212:2015, Hydrometry - Methods of measurement of bedload discharge

هیدرومتری- روش‌های اندازه‌گیری دبی بار بستر

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش‌های اندازه‌گیری دبی بار بستر می‌باشد.

در این استاندارد وضعیت کنونی فنون اندازه‌گیری مستقیم و غیرمستقیم بار بستر مرور خواهد شد. روش‌ها اساسا بر پایه توزیع اندازه ذرات بار بستر، عرض کانال، عمق و سرعت شارش می‌باشد. در این استاندارد، چندین روش مستقیم و غیر مستقیم اندازه‌گیری بار بستر در آب‌راهه‌ها توضیح داده خواهد شد که شامل انواع مختلفی از دستگاه‌های نمونه‌برداری می باشد.

اهداف اندازه‌گیری نرخ انتقال بار بستر به شرح زیر می‌باشد:

الف- افزایش درستی تخمین بار کل رسوبات در رودخانه‌ها
ب- کسب آگاهی از انتقال بار بستری که نمی‌توان آن را به طور کامل از روش‌های مرسوم جمع‌آوری رسوبات معلق به دست آورد.
پ- تامین داده برای کالیبراسیون و یا تصدیق روش‌های تئوری انتقال و
ت- تامین اطلاعات لازم برای طراحی سازه‌های انحرافی و آب‌گیری در رودخانه‌ها.

یادآوری- یکاهای اندازه‌گیری مورد استفاده در این استاندارد مطابق با یکاهای SI می‌باشد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 772 Hydrometry – Vocabulary and symbols

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد بین المللی ISO 772 به‌کار می‌رود.

۴ اندازه گیری بار بستر

۴-۱ کلیات

بار بستر می‌تواند توسط روش‌های اندازه‌گیری مستقیم با نمونه‌بردارها و یا روش‌های غیر مستقیم اندازه‌گیری گردد.

۴-۲ روش‌های اندازه گیری مستقیم

الف- نمونه بَردار[1]های بار بستر

در این روش، دستگاه مکانیکی یا نمونه بردار برای اندازه‌گیری آهنگ انتقال بار بستر لازم می باشد. نمونه‌بردار بار بستر چنان طراحی شده است که به‌طور مستقیم روی بستر کانال در جریان جاگذاری گردد تا نمونه‌ای از باربستر را در بازه زمانی خاص جمع‌آوری نماید. نمونه به دست آمده، جرم متوسط زمانی را در یکای عرض و در یکای زمان نشان می‌دهد.

ب- نمونه گیر[2]های بار بستر

بهترین حالت اندازه‌گیری بار بستر وقتی اتفاق می‌افتد که کل بار بستر عبوری در عرض رودخانه اندازه‌گیری شده باشد. کارائی نمونه‌بردار یا نمونه‌گیرهای چاله‌ای یا شیاری حدود ٪۱۰۰ این هدف را برآورده می‌کند.

۴-۳ روش‌های اندازه‌گیری غیرمستقیم

تمامی روش‌های دیگر اندازه‌گیری بار بستر که در آن از هیچ دستگاه مکانیکی و یا نمونه‌بردار استفاده نمی‌شود، روش غیر مستقیم می‌باشند. این روش‌ها شامل اندازه‌گیری تفاضلی بار کل و معلق، اندازه‌گیری حجمی تناوبی ته‌نشست‌های رسوبیِ تجمع یافته، انتقال تلماسه، ردیاب‌ها، سنجش از دور و اندازه‌گیری‌های صوتی رسوبات انتقالی می‌باشد.

۵ طراحی و راهبرد اندازه‌گیری دبی بار بستر

اندازه‌گیری باربستر به دلیل ماهیت بسیار متغیر آن نسبت به زمان و مکان دشوار می‌باشد. بار بستر معمولا هم به صورت طولی و هم عرضی در مقطع آب‌راهه تغییر می کند. این تغییرات توسط چندین عامل ایجاد می‌شود و پیش‌بینی آن‌ها دشوار است. طراحی نمونه‌برداری بار بستر نیاز به اندازه‌گیری مکانی و زمانی تغییرات موجود در فرآیندهای انتقال بار بستر می باشد.

نمونه‌بردارهای چاله‌ای، لوله گردابی یا سایر نمونه‌بردارها که در دوره زمانی طولانی، نمونه‌برداری می‌کنند و بخش قابل توجهی از عرض سطح مقطع آب‌راهه را پوشش می‌دهند، آهنگ نوسانات انتقال بار بستر در مقطع عرضی را

1 -Sampler
2 -Trap

در برمی‌گیرند. در اغلب موارد، زمان، محدودیت‌های مالی یا موانع تدارکاتی باعث انتخاب یکی از نمونه‌بردارها می‌شود.

استفاده از نمونه‌بردارهای قابل حمل که اساساً تنها در یک نقطه برای مدت کوتاهی از زمان، نمونه‌ها را جمع‌آوری می‌کنند اغلب تنها راه عملی برای جمع‌آوری نمونه‌های باربستر می‌باشند. برای استفاده مؤثر از نمونه‌بردارهای قابل حمل، تعداد و محل نمونه‌ها باید به دقت طراحی گردد. برای انجام این کار، اطلاعات کافی در مورد تغییرات مکانی و زمانی جمع‌آوری می‌شود. برای طراحی یک استراتژی نمونه‌برداری مناسب، مقیاس‌های طولی وزمانی، باید حداقل به صورت تقریبی قبل از تعریف روش نمونه‌برداری، مشخص شود.

شارش در بسیاری از رودخانه‌ها و آب‌راهه‌ها برای دوره های ساعتی و روزانه ماندگار نیستند. در رودخانه‌هایی که شارش متغیر رایج است، نمونه بردارهای قابل حمل کارا نیستند مگر اینکه بیشتر رویدادهای شارش را بتوان نمونه برداری کرد. هیچ طرح نمونه‌برداری منحصر بفردی برای تمامی مکان‌ها قابلیت استفاده ندارد. برای هر مکان نمونه‌برداری بهتر است یک طرح نمونه برداری استخراج گردد. نمونه‌های اولیه جمع آوری شده می‌تواند برای توسعه طرح نمونه‌برداری مبنای اطلاعاتی فراهم آورد.

۶ انتخاب محل

الف- بر اساس روش اندازه‌گیری، محل اندازه‌گیری بار بستر می‌تواند بازه[1] و یا مقطع رودخانه باشد. این محل بهتر است به موقعیت جغرافیایی، که درآن اطلاعات مربوط به آهنگ حمل باربستر مورد نیاز است نسبتا نزدیک باشد. هیچ شارش ورودی و یا خروجی بهتر است بین محل اندازه گیری و محلی که قرار است تخمین‌های انتقال بار بستر استفاده شوند، وجود نداشته باشد.

ب- هنگامی که از روشی مانند ردیابی تلماسه‌ای[2] استفاده می شود، بازه مستقیمی که در آن مقطع عرضی و طولی در طول بازه، نسبتاً یکنواخت می‌باشند مطلوب است. شارش بهتر است در طول بازه و در زمان اندازه‌گیری بار بستر، یکنواخت و ماندگار باشد(بند ۹-۴ را ببینید).

پ- هنگامی که از روش اندازه‌گیری، توسط نمونه بردارهای بار بستر استفاده می‌شود تنها بهتر است یک محل مقطع عرضی انتخاب گردد. عرض آب‌راهه و عمق میانگین مقطع عرضی بهتر است بیانگر عرض متوسط کانال و عمق بالادست و پایین دست باشد. بهتر است یک مقطع عرضی که در اندازه‌گیری بار بستر توسط نمونه‌بردارها استفاده می‌شود در وسط بازه مستقیم انتخاب شده برای اندازه‌گیری بار بستر توسط روش ردیاب تلماسه‌ای قرار داشته باشد.

ت- اگر جانمائی محل مقطع عرضی در وسط یک بازه مستقیم و یکنواخت ایده‌آل امکان پذیر نباشد، مقطع عرضی بهتر است حداقل در محلی با عرض ۱۰ تا ۲۰ برابر عرض پایین دست کانال از هر پیچ باشد. این محل بهتر است در یک مقطع خیلی باریک مثلا مانند محل پل یا در مقطع بسیار عریض جانمائی نگردد.

---

1 -Reach
2 -Dune-tracking

۷ نمونه‌بردارها و نمونه‌گیرهای بار بستر

۷-۱ نمونه‌بردارهای بار بستر

۷-۱-۱ الزامات یک نمونه‌بردار آرمانی بار بستر

برای این‌که نمونه‌های برداشته شده در نقطه نمونه‌گیری به‌طور واقعی نشان دهنده مصالح بار بستر یک رودخانه باشد، یک نمونه‌بردار آرمانی بار بستر بهتر است دارای مشخصات زیر باشد:

الف- برای کارایی، بهتر است نمونه‌بردار بار بستر در اندازه ذرات رسوبات خاص، کالیبره شود.

ب- بهتر است برای به حداقل رساندن آشفتگی حرکت طبیعی باربستر، طراحی شوند. به ویژه بهتر است از فرسایش محلی در نزدیکی دهانه نمونه‌بردار جلوگیری گردد تا حفره آبشستگی تشکیل نشود.

پ- لبه پایینی نمونه‌بردار و نازل بهتر است در تماس با بستر رودخانه باشد.

ت- سرعت شارش ورودی در دهانه نمونه بردار، صرفنظر از مقدار سرعت بهتر است تا حد ممکن نزدیک به سرعت محیطی رودخانه در نقطه نمونه‌گیری باشد. این امرجهت جلوگیری از ایجاد خطاهای بزرگ نمونه‌برداری بسیار مهم می‌باشد.

ث- دهانه نمونه‌بردار بهتر است همواره مماس بر جریان باشد و نمونه‌ها موازی با جهت شارش در نقطه نمونه‌گیری و داخل یک محفظه طراحی شده مخصوص جمع‌آوری شود.

ج- دهانه نمونه‌بردار بهتر است بیرون از ناحیه آشفتگی شارش که توسط بدنه نمونه‌بردار و ادوات بهره‌برداری از آن ایجاد شده است، قرار داشته باشد، وخطوط شارش بهتر است کمترین آشفتگی ممکن را به ویژه درنزدیکی دهانه داشته باشند.

چ- نمونه‌بردار بهتر است قادر به جمع‌آوری ذرات رسوبات در حال حرکت بار بستر بدون اختلاط با رسوبات معلق باشد.

ح- نمونه‌بردار بهتر است قابل حمل باشد، و از طرفی برای کم کردن انحنای کابل‌های تکیه‌گاهی نسبت به امتداد قائم به دلیل نیروی دراگ جریان به اندازه کافی سنگین باشد. در صورت امکان یک مهار جداگانه برای نمونه‌بردار توصیه می‌گردد.

خ- نمونه‌بردار بهتر است از نظر طراحی ساده و از نظر ساخت مقاوم بوده و به حداقل تعمیر و نگهداری نیازمند باشد.

د- بهتر است قابلیت جمع‌آوری نمونه‌ها در انواع ترکیبات بار بستر را داشته باشد.

ذ- نمونه‌بردار بهتر است چنان طراحی شود که انتقال مصالح نمونه از نمونه‌بردار به ظرف جهت حمل به آزمایشگاه آسان باشد.

ر- حجم نمونه جمع‌آوری شده بهتر است کافی باشد تا تعیین جرم و دانه‌بندی ذرات آن به‌خوبی انجام شود.

ز- کارآیی نمونه‌بردار بهتر است مستقل از طول مدت نمونه‌برداری طی یک زمان معقول باشد.

ژ- کارآیی نمونه‌بردار بهتر است مستقل از اندازه ذرات بار بستر و سرعت شارش باشد.

۷-۱-۲ نمونه بردارهای زنبیلی یا جعبه‌ای

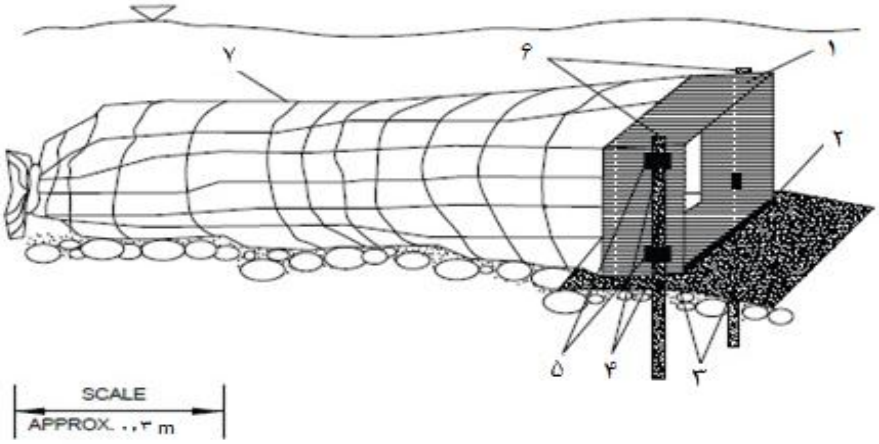
این نوع از نمونه‌بردارها از یک زنبیل یا جعبه تشکیل شده‌اند، که از جنس توری در همه وجوه به جز روبرو و پایین استفاده شده است. وجه پایینی ممکن است از حلقه‌های فلزی که به صورت سفت یا شُل بافته شده یا توری‌های فولادی باشد تا امکان مطابقت با اشکال نامنظم بستر جریان وجود داشته باشد. نمونه‌بردار بر روی بستر آب‌راهه با کمک قاب‌ها و کابل‌های تکیه‌گاهی جاگذاری می‌گردد. به منظور اطمینان از قرارگیری دستگاه‌ها در جهت شارش، پره‌های پیشرو بر روی زنبیل نصب می‌گردند. با کاهش سرعت شارش، رسوبات در زنبیل جمع‌آوری می‌شوند و یا در دوره زمانی اندازه‌گیری، رسوبات از شارش جمع‌آوری می‌گردند.

از آنجایی که بخشی از بار بستر در جلوی نمونه‌بردار، از دست می‌رود، کارایی نمونه‌بردارهای زنبیلی تنها در حدود ٪۴۵ برای رسوبات با اندازه متوسط بین میلی‌متر۱۰ تا ۵۰ میلی‌متر می‌باشد. اما به خاطر حجم بالای آن‌ها، نمونه‌بردارهای نوع زنبیلی برای اندازه‌گیری آهنگ رسوبات با اندازه‌های بزرگ مناسب است[۷].

۷-۱-۳ نمونه‌بردارهای قابی و شبکه‌ای

این نمونه‌بردارها، قابل حمل هستند و از قاب‌های آلومینیومی و یا فولادی تشکیل شده‌اند، و دارای شبکه انتهایی، برای جمع‌آوری رسوبات می‌باشند. نمونه‌بردار می‌تواند در آب‌راهه‌های کوچک لایه‌گذار مورد استفاده قرار گیرد. نمونه‌بردار توسط میلگردهای فولادی کوبیده شده در قاب‌ها در بستر جریان مهار می‌گردد. این نمونه‌بردارها بر اساس آهنگ انتقال می‌توانند برای یک ساعت یا بیشتر استفاده شوند.

نمونه‌بردار نشان داده شده در شکل ۱ برای استفاده در آب‌راهه‌های کوهستانی کوچک طراحی شده است. قاب از آلومینیوم ساخته شده و دارای عرض ۰٫۳ متر، ارتفاع ۰٫۲ متر و عمق ۰/۱ مترمی‌باشد. توری می‌تواند تا حدود یک متر از قاب تا پایین جریان ادامه یابد و از جنس نایلون مقاوم با سوراخ ۳٫۵ میلی‌متری می‌باشد. نمونه‌بردار قادر است تا ذرات شن با اندازه کمتر از ۴ میلی‌متر و قلوه سنگ‌ها با اندازه بیش از ۱۲۸ میلی‌متر را به دام بیندازد.



راهنما:

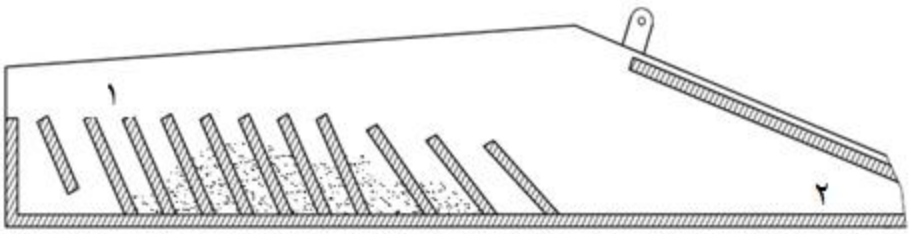
۱- قاب آلومینیومی
۲- قطعه پایینی، پخ دار
۳- صفحه گرد آلومینیومی، مورب در جلو، با سوراخ ها
۴- نوارهای نایلونی قابل تنظیم
۵- شکاف های موجود در بالا و پایین هر طرف از قاب
۶- میخ چوبی یا فولاد نوردشده
۷- شبکه نایلونی

شکل ۱- شمای طرحی از قاب قابل حمل و نمونه‌بردار شبکه‌ای[۲]

۷-۱-۴ نمونه‌بردار با فشار تفاضلی

این نوع از نمونه‌بردارها طوری طراحی شده‌اند که در آن سرعت آب ورودی به نمونه‌بردار و سرعت جریان تقریباً با یکدیگر برابر می‌شود. یکسان سازی سرعت در اثر ایجاد افت فشار در خارج کـه بـه دلیـل پیکربنـدی واگـرا بـین ورودی و خروجی می باشد، اتفاق می‌افتد. جریان‌های داخل نمونه‌بردار باعث گیر افتادن مصالح درشـت در پشـت سپر موج‌گیر یا داخل کیسه‌های توری نصب شده در وجه بیرونی یا محفظه‌های خاص می‌شود. موسسه تحقیقاتی علمی هیدروتکنیک (SRIH[1]) و نمونه‌گیرهای Sphinx (به شکل ۲ و ۵ مراجعه شود) مثال‌هایی از نمونه‌بردارهای با سپرهای موج‌گیر داخلـی هسـتند. نمونـه‌گیرهـایArnhem ، Helley-Smith ، USBLH-84 و US BL-84 مثال‌هایی از نمونه‌بردارهای با کیسه توری هستند(شکل۳، ۴، ۶ و ۷) .

1 -The Scientific Research Institute of Hydrotechnics



راهنما:

۱- اجزای مورب

۲- ورودی

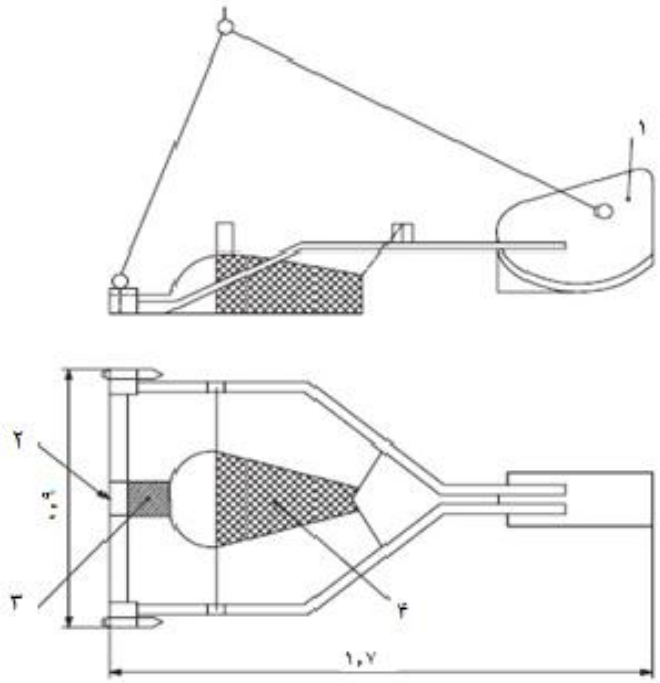
یادآوری- این یک نمونه‌بردار با فشار تفاضلی می‌باشد، نمونه‌بردارهای SRIH اولین نوع از این نمونه‌بردارها بودند که ساخته شدند. این نمونه‌بردارها می‌توانند نمونه‌هایی با اندازه ماسه ریز تا اندازه‌های به درشتی ۲۰۰ میلی‌متر را بردارند. کارایی این نمونه‌بردارها بسیار متغیر می‌باشد.

شکل ۲- نمونه‌بردار موسسه تحقیقاتی علمی هیدروتکنیک (SRIH)[۱۰]

۷-۱-۵ مزایا و معایب

نمونه‌بردارهای قابل حمل به‌طور کلی ارزان می‌باشند اما می‌توانند هزینه‌های بهره‌برداری بالایی داشته باشند و عدم قطعیت در کالیبراسیون، از معایب آن‌ها است.

ابعاد بر حسب متر



راهنما:

۱- پره پیشرونده

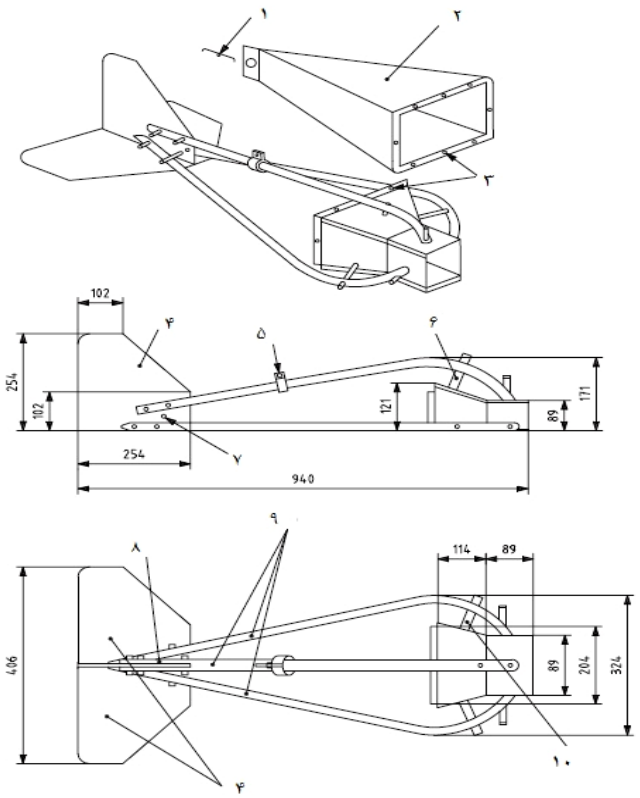
۲- ورودی

۳- اتصال لاستیکی

۴- کیسه توری

یادآوری- این یک نمونه‌بردار بار بستر با فشار تفاضلی می‌باشد. نمونه‌بردارهای Arnhem یا Dutch شامل یک ورودی صلب مستطیلی شکل هستند که توسط یک گلویی لاستیکی واگرا به سبدی با مش بندی ۰٫۲ میلی‌متر تا ۰٫۳ میلی‌متر متصل می‌شوند. کارائی این نمونه‌بردارها متفاوت می‌باشد اما معمولاً در حدود ٪۷۰ است. این نمونه‌بردارها برای جمع آوری مصالح ریز بار بستر مناسب می‌باشند، زیرا در صورت مسدود شدن شبکه ریز نمونه‌بردار، کارائی آن کاهش خواهد یافت.

شکل ۳- نمونه بردار Arnhem[۱۴]



راهنما:

۱- فنر متصل کننده دم به کیسه

۲- توری پلی استر تاب نخورده، ۰٫۲ میلی متر

۳- سوراخ بست

۴- آلیاژ آلومینیومی جوش خورده به اجزا به جز ریل‌های کناری که به دم متصل هستند

۵- حلقه لغزشی

۶- پیچ اتصالی ریل

۷- سوراخ برای اتصال فنر به کیسه

۸- شیار بالای ریل برای محکم شدن به دم

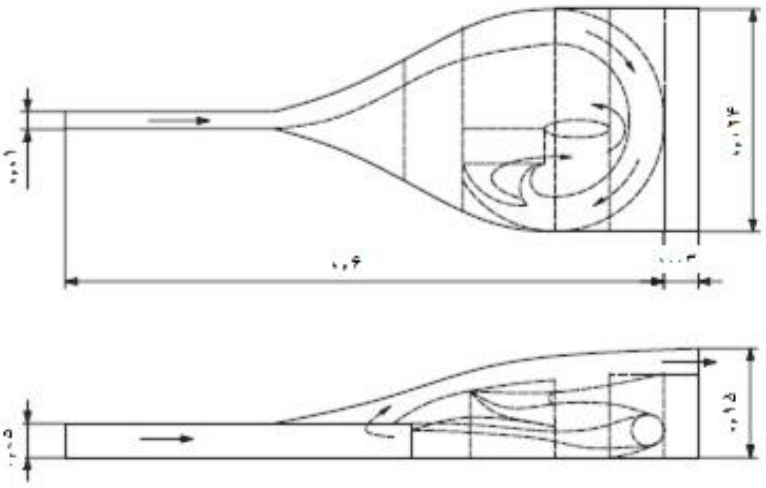
۹- لوله آلومینیومی پرشده با سرب

۱۰- جداکننده‌های لوله‌ای، در صورت نیاز

یادآوری- این یک نمونه‌بردار بار بستر با فشار متغیر است که دارای نازل ورودی با اندازه ۷۶ میلی‌متر مربع و ناحیه انبساطی با نسبت ۳٫۲۲ می‌باشد[۹]. تجربیات میدانی نشان داده که برای اندازه‌های ۰٫۵ میلی‌متر تا ۱۶ میلی‌متر می‌توان به کارائی ٪۱۰۰رسید[۶]. مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهد کارائی نمونه‌برداری با تغییر اندازه ذرات و نرخ حمل، تغییر می‌کند برای ماسه و شن‌های ریز می‌تواند در حدود ٪۱۵۰ و برای شن‌های درشت نزدیک به ٪۱۰۰ باشد[۱۱].

شکل ۴- نمونه بردار بار بستر Helly-Smith[۹]

ابعاد به متر



یادآوری- این یک نمونه‌بردار با اندازه‌گیری مستقیم است که توسط Vinckers, Bijkerو Schijft ساخته شده است[۲۲]. کارائی هیدرولیکی از حدود ۱٫۰۹ برای جریان زلال تا مقدار ۱ برای شرایط حدی و کارائی نمونه‌برداری از مقدار ٪۹۳ برای ذرات با ابعاد ریزتر از ۰٫۲ میلی‌متر تا مقدار ٪۸۵ برای ذرات با ابعاد بیشتر از ۰٫۰۹ تغییر می‌کند.

شکل ۵- نمونه بردار Sphinx [۲۲]

یادآوری- US BLH-84 یک نمونه‌بردار با حمل دستی و وزن ۴٫۵ کیلوگرم می‌باشد که برای گرفتن نمونه از اعماق لایه‌ها بکار می‌رود. نمونه‌بردار از یک نازل گسترش پذیر، یک کیسه نمونه‌بردار، و یک میلگرد مونتاژ لایه‌ای تشکیل شده است. اندازه ذرات کمتر از ۳۸ میلی‌متر و سرعت‌های متوسط بیشتر از ۳ متر برثانیه توسط این نمونه‌بردار اندازه‌گیری می‌شود. این نمونه‌بردار در مرجع [۲۱] توضیح داده شده است. اندازه نمونه بردار: طول:۷۱۱ میلی‌متر، عرض: ۱۴۰ میلی‌متر، جرم : ۴٫۵ کیلوگرم.

شکل ۶- نمونه بردار بار بستر US BLH-84 از نوع لایه‌ای [۵]

یادآوری- UB BL-84 یک نمونه‌بردار آویزان از کابل دارای وزن ۱۴٫۴ کیلوگرم می‌باشد، نمونه بردار برای جمع‌آوری نمونه‌های بار بستر در هر عمقی از جریان بکار می‌رود. نمونه‌بردار از یک نازل گسترش پذیر چفت شده در قاب، و یک کیسه نمونه‌برداری تشکیل شده است. ذرات با ابعاد کمتر از ۳۸ میلی‌متر و سرعت متوسط بیشتر از ۳ متر برثانیه توسط این نمونه بردار قابل اندازه گیری می‌باشد. این نمونه‌بردار در مرجع [۲۱] توضیح داده شده است. ابعاد نمونه بردار: طول: ۹۲۱ میلی‌متر، عرض: ۳۸۱ میلی‌متر، جرم: ۱۴٫۴ کیلوگرم.

شکل ۷- نمونه‌بردار بار بستر آویزان از کابل US BL-84 [۲۱]

۷-۱-۶ مشخصات نمونه‌بردارهای بار بستر

از آنجایی‌که شرایط نمونه‌برداری در جریان‌ها بسیار متفاوت می‌باشد، یک نمونه‌بردار برای تمامی شرایط قابل توصیه نیست. عواملی نظیر هزینه، در دسترس بودن، و نیاز های خاص نمونه برداری نیز بر روی انتخاب نمونه بردار تاثیر می گذارند. جدول ۱ مشخصات چندین نمونه بردار رایج را خلاصه کرده است که می تواند به انتخاب نمونه بردار کمک کند.

از آنجایی‌که داده‌های به‌دست آمده تحت تاثیر عمل نمونه‌برداری و مکانیزم نمونه‌بردار قرار می‌گیرند، هر تغییری در نمونه‌بردار یک متغیر را معرفی می‌کند. بنابراین نتایج به‌دست آمده از نمونه‌بردارهای مختلف ممکن است با یکدیگر قابل مقایسه نباشند.

جدول ۱- نمونه‌بردارهای رایج مورد استفاده در اندازه‌گیری بار بستر

نوع	تعریف	مشخصه‌های آشفتگی جریان	پایداری هیدرولیکی	کارائی نمونه-بردار	قابلیت پذیرش برای شرایط میدانی مختلف
قاب و شبکه	نمونه گیر قابل حمل با چشمه ۰٫۳ میلی متر در ۰٫۲ میلی‌متر و شبکه نایلونی دنباله‌دار با ابعاد چشمه‌های ۳٫۵ میلی‌متری	در جریان مجاور بستر، سرعت تا حدود ٪۳۰ افزایش می یابد.	به بستر آب‌راهه مهار شده است.	متغیر از ٪۵۰- تا ٪۲۰+	برای اندازه‌های درشت مناسب است(بزرگتر از ۴ میلی‌متر) در آب‌راهه‌هایی که در جریان‌های با دبی بالا قابلیت لایه‌بندی دارند.
SRIH	یک نمونه‌بردار بار بستر با فشار تفاضلی می‌باشد.			کارائی به شدت متغیر است.	نمونه‌بردار برای اندازه گیری ذرات به کوچکی ماسه ریز یا درشتی ۲۰۰ میلی‌متر طراحی شده است.
Arnhem	از یک ورودی مستطیلی صلب تشکیل شده است که توسط یک گلویی لاستیکی واگرا به توری با مش ۰٫۲ میلی‌متر تا ۰٫۳ میلی متر متصل شده و این توری توسط فنرهایی به قابی بزرگ محکم شده است به طوری‌که ورودی در تماس با پایین نمونه بردار که به سمت بستر می‌رود، می‌باشد.	متغیر	متغیر	در حدود ۷۰درصد	محدود به جمع‌آوری مصالح ریزدانه بار بستر (۲میلی‌متر) شده است؛ قابل حمل

جدول ۱- نمونه‌بردارهای رایج مورد استفاده در اندازه‌گیری بار بستر(ادامه)

نوع	تعریف	مشخصه‌های آشفتگی جریان	پایداری هیدرولیکی	کارائی نمونه‌بردار	قابلیت پذیرش برای شرایط میدانی مختلف
Helly-Smith	قاب لوله‌ای آلومینیومی به شکل قطره اشک که ورودی برنجی گسترش پذیر را به پره آلومینیومی دم متصل می‌کند، لوله آلومینیومی برای افزایش وزن با سرب پر می‌شود، ذرات بار بستر در کیسه توری از جنس پلی استر که به بیرون متصل شده است، به دام می‌افتند.	سرعت آبگیری بیش‌تر از سرعت محیط می‌باشد.	در سرعت های بیش‌تر از ۳ متر بر ثانیه پایدار است.	از حدود ٪۱۰۰برای شن تا بیشتر از ٪۱۵۰ برای ماسه متغیر است.	در ابعاد مختلف، از نمونه گیرهای لایه‌ای با حمل دستی تا نمونه بردارهای سنگین آویزان شده از کابل ها؛ کاهش نسبی مقاومت در برابر جریان؛ قابل حمل
Sphinx	در این نمونه‌بردار، جریان از میان یک نازل مستطیلی که به تدریج به شکل دایره درمی‌آید وارد می‌شود، سپس از میان چندین محفظه ترسیب عبور کرده و سپس در انتها از یک خروجی عریض خارج می‌شود.	کارائی هیدرولیکی از حدود ۱٫۰۹ برای شارش زلال تا حدود ۱ برای شرایط حدی تغییر می‌کند.		کارائی نمونه برداری از حدود ٪۹۳ برای ذرات با ابعاد ریزتر از ۰٫۲ میلی‌متر تا ٪۸۵ برای ذرات با ابعاد ریزتر از ۰٫۰۹ میلی‌متر متغیر می‌باشد.	
US BLH-84 نمونه بردار نوع لایه ای	نمونه‌بردار از آلومینیوم ساخته شده و دارای طول ۷۱۱ میلی‌متر می‌باشد. از یک نازل گسترش پذیر، کیسه نمونه‌برداری و یک میلگرد مونتاژ لایه ای تشکیل شده است. سطح مقطع نازل ۷۶ میلی‌متر مربع می‌باشد، و نازل و نسبت ناحیه گسترش پذیر (نسبت مساحت خروجی نازل به مساحت ورودی) در حدود ۱ به ۴۰ می‌باشد، یک کیسه توری از جنس پلی استر با سوراخ‌های ۰٫۲۵ میلی‌متری به پشت نازل توسط اورینگ لاستیکی متصل شده است.		سرعت متوسط بیشتر از ۳ متر بر ثانیه است(این سرعت بیشتر از سرعت لایه‌ای مطمئن می‌باشد).	از حدود ٪۱۰۰برای ذرات با ابعاد ۱۱ میلی‌متر تا ۳۲ میلی‌متر و حدود ٪۱۲۵ تا ٪۱۶۰ برای ذرات ریزتر متغیر است[۱۰و۱۱].	طراحی نمونه بردار، جمع‌آوری ذرات با ابعاد کمتر از ۳۸ میلی‌متر در سرعت متوسط ۳ متربرثانیه را ممکن می‌سازد.

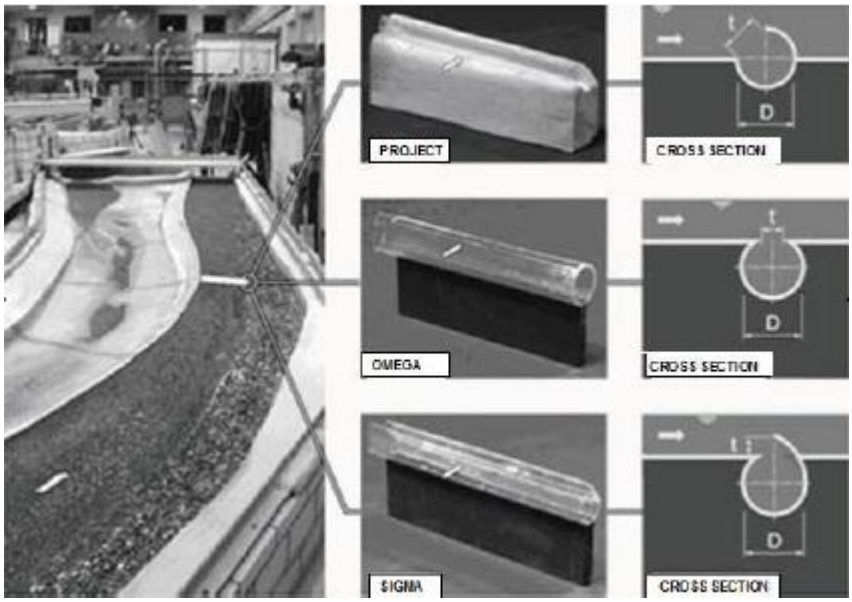
جدول ۱- نمونه‌بردارهای رایج مورد استفاده در اندازه‌گیری بار بستر(ادامه)

نوع	تعریف	ویژگی های آشفتگی جریان	پایداری هیدرولیکی	کارائی نمونه‌بردار	قابلیت پذیرش برای شرایط میدانی مختلف
US BL-84 نمونه بردار کابلی معلق	نمونه‌بردار از یک نازل گسترش پذیر که به قاب چفت شده است، و یک کیسه نمونه‌برداری تشکیل شده است. نمونه‌برداری دارای نازل ورودی با مساحت ۷۶ میلی‌متر مربع است و نسبت ناحیه گسترش پذیر ۱ به ۴۰ است. نمونه‌گیر US BL-84 از فولاد ضدزنگ و آلومینیوم که با پره‌های دنباله‌دار مجهز شده است، ساخته شده است. و دارای طول ۹۲۱ میلی‌متر و عرض ۳۸۱ میلی‌متر می باشد. نمونه بردار باید توسط یک کابل فولادی و قرقره مهار گردد تا برای نمونه‌برداری از بار بستر به پایین‌ترین بخش در رودخانه یا آب‌راهه پائین رود.		سرعت متوسط بالاتر از ۳ متربرثانیه است.	از حدود ٪۱۰۰برای ذرات با ابعاد ۱۱ میلی‌متر تا ۳۲ میلی‌متر و حدود ٪۱۶۰ برای ذرات ریزتر متغیر است[۱۰و۱۱].	طراحی نمونه بردار، جمع آوری ذرات درشت‌تر از ۳۸ میلی‌متر در سرعت متوسط ۳ متربرثانیه را ممکن می‌سازد.

۲-۷ اندازه‌گیری با استفاده از نمونه‌گیر بار بستر

۱-۲-۷ نمونه‌گیر لوله گردابی[1]

این نمونه‌گیر از یک بند بتنی تاج دار عریض با ایجاد ٪۴۵ شکاف قطری در آن تشکیل شده، که در محل اندازه‌گیری داخل کانال ساخته شده است. یک گردابه در داخل شکاف‌های قطری تشکیل می‌شود و جریان در حدود ٪۵ تا ٪۱۵رسوبات بار بستر را به نمونه‌گیر کنار کانال حمل می‌کند. سپس رسوبات وزن و نمونه‌برداری می‌شوند و دوباره به جریان پایین دست بند، باز گردانده می‌شوند.([۱۸] ، [۱۵] و [۲۰])



یادآوری۱-این یک نمونه‌گیر بار بستر از نوع لوله گردابی میباشد که توسط موسسه تکنولوژی فدرال زوریخ سوییس ساخته شده است. آزمون‌های هیدرولیکی نشان داده است که اصول لوله های گردابی برای استخراج رسوبات حمل شده مناسب می‌باشند. نتایج نشان داده، که نرخ استخراج تحت شرایط هیدرولیکی مناسب در حدود ٪۹۵ می‌باشد. هندسه لوله بستگی به اندازه رسوبات، عرض کانال و جنبه‌های اقتصادی دارد.

یادآوری۲- چپ: کانال آب آور (راست) و بازه جریان مازاد (چپ)، وسط: انواع لوله‌های گردابی مورد بررسی، راست: مقاطع عرضی لوله‌های گردابی، پیکان‌ها جهت جریان را نشان می‌دهند.

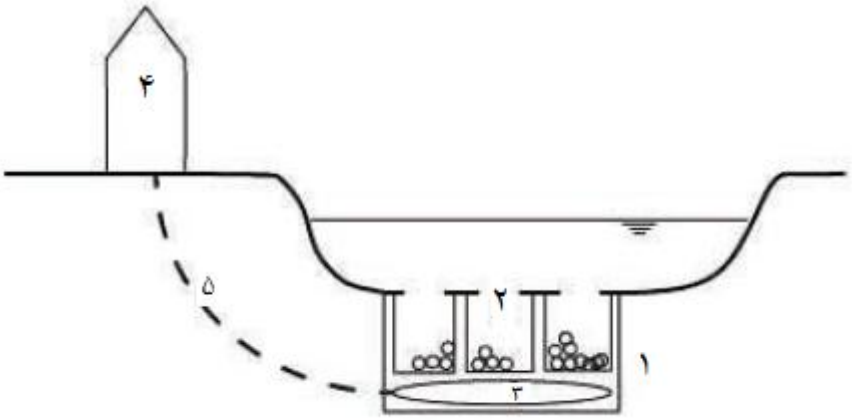
شکل ۸- نمونه‌گیر بار بستر نوع لوله گردابی

۲-۲-۷ نمونه‌گیر Pit و Trough

این نمونه‌بردارها در تندرودها جایی که بار بستر حین سیلاب از آنجا عبور می‌کند، استفاده می‌شوند. نمونه‌بردارها با دفن شدن در بستر کانال نصب می‌شوند به طوری که بالای آن با سطح بستر در یک تراز قرار می‌گیرد. این نمونه‌گیرها شامل نگه‌دارنده‌های کوچک می‌باشند که کل رسوبات بار بستر را گرفته و نگه‌داری می‌کنند تا به نمونه‌بردار منتقل کنند[۱۰]. بعد از رویداد سیل بار بستر تخلیه شده و وزن می‌شود یا این‌که توسط یک بالشتک

1 -Vortex

فشاری در زیر نمونه‌گیر به طور پیوسته وزن می‌گردد [۱۳ و ۱۶]. یک نوع دیگر از نمونه‌گیرهای نوع Pit از یک تسمه نقاله پیوسته استفاده می‌کنند که بار بستر را به ایستگاه توزین در ساحل آب‌راهه می‌برد[۶].



راهنما :

۱- جعبه بیرونی از جنس بتن مسلح
۲- جعبه داخلی فولادی با پوشش شیاردار
۳- بالشتک فشاری
۴- اتاقک سامانه هواساز
۵- لوله‌های متصل از سامانه هواساز به بالشتک

شکل ۹- مثالی از نمونه‌گیرهای رسوبی Pit و Trough که رسوبات را در زمان اندازه گیری بار بستر گرفته و وزن می‌کنند(بر طبق مرجع [۱۳] و [۱۶])

۷-۲-۳ مزایا و معایب

نمونه‌گیرهای بار بستر در مسیل‌های کوچک با بستر شنی عملکرد قابل قبولی دارند، اما قابل حمل نیستند و هزینه اولیه ساخت آن‌ها بالا می‌باشد.

۸ روش‌های اندازه گیری دبی بار بستر با استفاده از نمونه بردارهای بار بستر

۸-۱ کلیات

بسیاری از مسائل مربوط به تخلیه بار بستر که با گستره زیادی از رسوبات و شرایط هیدرولیکی در طبیعت یافت می‌شوند، هنوز حل نشده‌اند. در میان این مسائل، باید توجه داشت:

الف- کمّی سازی روابط فیزیکی برای تخمین دبی بار بستر کافی نمی‌باشد.

ب- اندازه‌گیری‌های کمّی تنها درمطالعات محل‌های خاص در زمان اندازه‌گیری قابل اِعمال هستند.

پ- وسایل اندازه‌گیری مستقیم تنها برای محدوده کوچکی از اندازه رسوبات و شرایط هیدرولیکی مناسب هستند.

در نتیجه، هیچ وسیله و یا روش اجرائی منحصر بفرد به طور عام به عنوان یک راهکار کامل و مناسب برای تعیین دبی بار بستر در محدوده‌ی وسیعی از رسوبات و شرایط هیدرولیکی موجود در طبیعت، پذیرفته نشده است.

نوع نمونه بردار و تکنیک نمونه‌برداری مورد استفاده، بستگی به تعداد زیادی از عوامل همچون سرعت جریان، عمق، عرض، اندازه ذرات، آهنگ انتقال، پایداری کانال و شرایط بستر دارد. آهنگ انتقال بار بستر نه تنها از نقطه‌ای به نقطه دیگر در مقطع عرضی تغییر می‌کند، بلکه در یک نقطه خاص دارای نوسانات زیادی می‌باشد. این تغییرات در اندازه‌گیری منجر به این شود که یک مقدار اندازه‌گیری شده در زمان کوتاه در یک نقطه خاص، نشان دهنده مقدار واقعی مربوط به آن نقطه نباشد. بنابراین، هر نقطه بهتر است به دفعات در یک دوره زمانی طولانی نمونه‌برداری گردد تا درستی قابل قبول به‌دست آید. تعداد نقاط نمونه‌برداری در یک مقطع معمولاً بستگی به نیروی انسانی و بودجه موجود دارد. بهتر است توجه داشت که هرچه نقاط نمونه‌برداری بیشتر باشد، درستی حاصله نیز بیشتر خواهد بود.

بازه‌های زمانی نمونه‌برداری، باید با توجه به حجم مصالحِ بار بسترِ حمل شده و گنجایش نمونه‌بردار مورد استفاده، تعیین گردد. عموما مقدار مصالح جمع‌آوری شده نباید بیشتر از دو سوم گنجایش نمونه‌بردار باشد.

یکی از مشکلات بالقوه در استقرار دستی نمونه‌بردارهای باربستر، جهت‌گیری نمونه‌بردار با توجه به جهت شارش، حرکت نمونه‌بردار مستقر شده وجمع‌آوری ناخواسته مصالح بستر می‌باشد. هر گونه جهت‌گیری نمونه‌بردار بار بستر به جز قرار گرفتن مستقیم آن در بالادست ممکن است باعث جمع‌آوری بار بستر از مقطعی از آب‌راهه گردد که کمتر از پهنای نازل است و در نتیجه منجر به خطای منفی سیستماتیک درگرفتن بار بستر شود.

علاوه بر این، اگر نمونه‌بردار حین پائین رفتن به سمت بستر به سمت بالادست تاب بخورد، می‌تواند در بستر گیر کند و مصالح بستری را جمع‌آوری کند که ممکن است به صورت غیر واقعی لحاظ شوند. این مشکلات بیشتر در استقرار کابل ایجاد می‌گردد. استفاده از آرایش خطی و کمندی[۴] مسایل و مشکلات گفته شده را به حداقل می‌رساند و یا از بین می برد. این تمهیدات، نمونه‌بردار را قادر می‌سازد تا به طور عمود پایین آورده شده و از هرگونه حرکت اضافی جلوگیری شود.

صرفنظر از روش استقرار نمونه‌بردارهای دستی بار بستر، بدون نظارت بر نمونه‌بردار بار بستر در زمان به‌کارگیری آن نمی‌توان از جهت گیری و یا جابجایی نمونه‌بردار بار بستر زمانی که روی بستر است مطمئن بود، و نمی‌توان تایید یا ردکرد که نمونه‌بردار مواد بستر را با گیر کردن به بستر جمع‌آوری می‌کند. هنگامی‌که نمونه‌بردار مستقیماً قابل مشاهده نیست، اضافه نمودن دوربین فیلم برداری و منبع نور در بالا و پشت نازل نمونه‌بردار با تصویربرداری از بار بستر نزدیک شونده به نازل، اپراتور را قادر می‌سازد تا بهتر بتواند قابلیت اطمینان نمونه بار بستر جمع‌آوری شده را ارزیابی کند.

۸-۲ شناسایی نمونه

به منظور ارزیابی صحیح نمونه‌های بار بستر، موارد زیر باید بر روی هر محفظه محتوی نمونه‌ها ثبت گردد:

الف- نام و موقعیت رودخانه

ب- تاریخ جمع‌آوری

پ- زمان شروع جمع‌آوری

ت- موقعیت مقطع عرضی

ث- ایستگاه گذاری بر روی مقطع عرضی

ج- مدت زمان نمونه‌برداری

چ- عمق آب

ح- دمای آب

خ- دبی آب

د- نوع نمونه‌بردار مورد استفاده

۸-۳ محاسبات

محاسبات مربوط به دبی بار بستر به‌دست آمده از روش‌های اندازه‌گیری مستقیم با استفاده از رابطه (۱) انجام می‌گیرد، که در تمامی شرایط، برای تعیین دبی رسوبات کل، مربوط به هر دامنه از اندازه ذرات قابل کاربرد است:

رابطه (۱) $T = (D/e) + Q_{sM} + Q_{usM1} - FQ_{sM} + (1-E/e)\, Q_{ts2}$

که در آن:

T دبی رسوبات کل مربوط به محدوده اندازه ذرات مورد نظر می‌باشد؛

D دبی مربوط به دامنه اندازه‌ای است که توسط نمونه‌بردار اندازه‌گیری شده است، اگر نمونه‌بردار بیشتر از دبی بار بستر را اندازه‌گیری کند، D شامل برخی از رسوبات معلق نیز می‌باشد، اگر نمونه‌بردار تنها دبی بار بستر را اندازه‌گیری کند، D=B (B آهنگ انتقال بار بستر) می‌باشد؛

e کارایی نمونه بردار باربستر در اندازه‌گیری دبی باربستر در محدوده اندازه موردنظر می‌باشد؛

Q_{sM} دبی رسوبات معلق اندازه‌گیری شده در دامنه اندازه مورد نظر است. این مقدار معادل است با حاصل‌ضرب دبی کل آب، در یک ضریب تبدیل واحد، و میانگین وزنی سرعت محاسبه شده در ناحیه نمونه گیر؛

Q_{usM1} مقدار دبی رسوبات اندازه‌گیری نشده در دامنه ذرات، در عمق بین پایین ترین نقطه و بالاترین نقطه اندازه‌گیری شده توسط نمونه‌بردار بار بستر می‌باشد. این مقدار، معادل است با حاصل‌ضرب دبی آب در این عمق، در یک ضریب تبدیل واحد، و تفاوت بین میانگین وزنی سرعت محاسبه شده در ناحیه نمونه‌گیری و این ناحیه.

F برابر با کسری از جریان کل در عمق اندازه‌گیری شده با نمونه‌بردار بار بستر می‌باشد.

E کارایی نمونه‌بردار بار بستر در اندازه‌گیری دبی رسوبات معلق، مربوط به دامنه اندازه ذراتی است که از عمق اندازه‌گیری شده توسط نمونه‌بردار عبور می‌کند.

Q_{ts2} مقدار کل دبی رسوبات معلق مربوط به اندازه ذراتی که از عمق اندازه‌گیری شده توسط نمونه‌بردار، عبور می‌کند.

ساده سازی رابطه (۱) می‌تواند برای ترکیبات مختلفی از دامنه اندازه ذرات(بعنوان بار بستر یا بار معلق)، توزیع عمودی شدت رسوب معلق، و نوع دستگاه اندازه‌گیری بار بستر اعمال شود. جدول ۲ رابطه ساده شده برای هریک از ترکیبات پارامترهای وابسته را نشان می‌دهد.

جدول ۲- روابط محاسبه دبی رسوبات کل برای گستره‌ای از اندازه‌ها

اندازه ذراتی که منتقل می شوند(**a**)	نوع تجهیزات مورد استفاده در اندازه گیری بار بستر(**b**)	معادل					رابطه ساده شده
		D/e	**Q_{sM}**	**Q_{usM1}**	**F**	**Q_{ts2}**	
s	W	0	Q_{sM}	0	0	0	$T=Q_{sM}$
s	Y	$(E/e)Q_{ts2}$	Q_{sM}	0	F	FQ_{sM}	$T=Q_{sM}$
s	Z	$(E/e)Q_{ts2}$	Q_{sM}	0	F	FQ_{sM}	$T=Q_{sM}$
σ	W	0	Q_{sM}	Q_{usM1}	0	0	$T=Q_{sM} + Q_{usM1}$
σ	Y	$(E/e)Q_{ts2}$	Q_{sM}	0	F	Q_{ts2}	$T=(D/e) +Q_{sM}- FQ_{sM}+(1-E/e)Q_{ts2}^{c}$
σ	Z	$(E/e)Q_{ts2}$	Q_{sM}	Q_{usM1}	F	Q_{ts2}	$T=(D/e)+Q_{sM}+ Q_{us}M_1- FQ_{sM}+(1-E/e)\ Q_{ts2}^{c}$
β	W	B/e	0	0	0	0	$T=(D/e)$
β	Y	B/e	0	0	F	0	$T=(D/e)$
β	Z	B/e	0	0	F	0	$T=(D/e)$
β ، s	W	B/e	Q_{sM}	0	0	0	$T=(D/e) + Q_{sM}$
β ، s	Y	(B/e)+(E/e) Qts2	Q_{sM}	0	F	FQ_{sM}	$T=(D/e) + Q_{sM} – (E/e)\ Q_{ts2}$
β ، s	Z	(B/e)+(E/e) Qts2	Q_{sM}	0	F	FQ_{sM}	$T=(D/e) + Q_{sM} – (E/e)\ Q_{ts2}$
β ، σ	W	B/e	Q_{sM}	Q_{usM1}	0	0	$T=(D/e) + Q_{sM} + Q_{us}M_1$
β ، σ	Y	(B/e)+(E/e) Qts2	Q_{sM}	0	F	Q_{ts2}	$T=(D/e)+ Q_{sM}– FQ_{sM} +(1-E/e)Q_{ts2}$
β ، σ	Z	(B/e)+(E/e) Qts2	Q_{sM}	Q_{usM1}	F	Q_{ts2}	$T=(D/e) + Q_{sM} + Q_{us}M_1 _ FQ_{sM} + (1-E/e)\ Q_{ts2}$

الف- β: بار بستر، s: رسوبات معلق که توزیع قائم یکنواخت دارند، σ: رسوبات معلق که توزیع قائم غیر یکنواخت دارند.

ب- W: تنها بار بستر را اندازه می‌گیرد، Y: بار بستر و رسوبات معلق را در تمامی اعماقی که نمونه‌گیری نشده اندازه می‌گیرد، Z: بار بستر و رسوبات معلق در بخشی از اعماق که نمونه‌گیری نشده را اندازه می‌گیرد.

پ- $Q_rQ_{sM} + Q_{usM}$ که در آن Q_{usM} دبی رسوبات معلق اندازه‌گیری نشده در اعماق نمونه‌گیری نشده است.

۸-۴ خطاها

دبی بار بستر به ویژه در دوره دبی های بسیار زیاد و در محل عوارض توپوگرافی بزرگ، جایی‌که شیب رودخانه بسیار تند است (مانند مناطق کوهستانی)، اهمیت دارد. اندازه‌گیری بار بستر بسیار مشکل می‌باشد. بیشتر حرکت بار بستر در زمان دبی بالا در شیب‌های تند، به هنگام تراز آب بالا و شارش بسیار آشفته اتفاق می‌افتد. همچنین این شرایط باعث بروز مشکلاتی در هنگام اندازه‌گیری‌های صحرایی می‌گردد.

علیرغم سال‌ها آزمون و بررسی، سازمان‌های متولی پایش رسوبات همچنان قادر به ارائه یک نمونه‌بردار استاندارد که بتوان آن را بدون کالیبراسیون پیچیده صحرایی و در شرایط مختلف بار بستر به کار برد، نیستند.

حتی با کالیبراسیون، خطای اندازه‌گیری می‌تواند بسیار بزرگ باشد، زیرا ویژگی‌های هیدرولیکی ذاتی نمونه‌بردارها متفاوت بوده و نمونه‌برداری از دامنه‌های مختلف ذرات در بار بستر بیشتر رودخانه‌ها بسیار مشکل است.

با وجود این‌که احتمالاً بار بستر مهم‌ترین نگرانی مهندسان می‌باشد (به دلیل پر کردن مخازن)، سازمان‌های ذی‌ربط نباید آن را به عنوان بخشی از برنامه معمول پایش اندازه‌گیری رسوبات تلقی کنند. به‌دلیل این‌که اقدامات مهندسان نیازمند شناخت بار بستر می‌باشد، سازمانهای ذی‌ربط بایستی تخصص فنی لازم برای تدوین برنامه صحرایی واقعی را کسب کنند تا بتوانند خطاهای همراه با اندازه‌گیری بار بستر را شناسایی نمایند. خطاهای موجود در اندازه‌گیری آهنگ انتقال بار بستر در آب‌راهه توسط بسیاری از عوامل ایجاد می‌گردد، حرکت متغیر بار بستر، کارایی نمونه‌گیر بار بستر، و محدود بودن تعداد نمونه‌های قائم در هر مقطع به همراه خطاهای کارور از عوامل ایجاد خطا به هنگام اندازه‌گیری می‌باشند.

۹ اندازه‌گیری غیرمستقیم بار بستر

۹-۱ کلیات

برخی از روش‌ها (بر اساس جمع‌آوری نمونه) شامل اندازه‌گیری دبی جرمی حمل بار بستر نمی‌شوند. این روش‌ها بیشتر پارامترهای مرتبطی را که آهنگ حمل بار بستر را تخمین می‌زنند، اندازه می‌گیرند. یکی از راهکارها، روش اندازه‌گیری تفاضلی می‌باشد که در برخی از محل‌ها که از مصالح بار بستر با ذرات با ابعاد کمتر از ۲ میلی‌متر تشکیل شده‌اند، قابل کاربرد می‌باشد.

جدول ویرایش شده توسط Gray، Laronne و Mart [۸] در مورد فناوری جانشین پایش بار بستر می‌باشد که در جدول الف-۱ارائه شده است.

۹-۲ اندازه‌گیری تفاضلی

روش تفاضلی اندازه‌گیری بار بستر نیازمند اندازه‌گیری دبی رسوبات معلق در دو مقطع عرضی رودخانه می‌باشد. نمونه‌ها از هر دو مقطع آشفته و نرمال با فن استاندارد نمونه‌گیری رسوبات معلق جمع‌آوری می‌شوند. تفاوت بین دبی کل رسوبات که در مقطع آشفته اندازه گیری شده و دبی رسوبات معلق که در مقطع نرمال اندازه‌گیری شده، باید به عنوان تخمین مناسبی از دبی بار بستر در این مقطع نرمال مورد نظر قرار گیرد.

هر دو محل بهتر است معیارهای زیر را برآورده سازند:

الف- ذرات حمل شده نباید دارای ابعاد بیشتر از ۲ میلی‌متر باشند.

ب- آهنگ انتقال متوسط بار بستر در هر دو مقطع در زمان کوتاه باید مشابه باشند.

پ- مقطع بالادست نشان دهنده مقطع نرمال می‌باشد که در آن مصالح بار بستر در طول بستر و مصالح ریزتر به طور معلق حرکت می‌کنند.

ت- مقطع پایین دست، مقطعی است که بار رسوبات کل به طور معلق از آن عبور می‌کند، این مقطع می‌تواند یک مقطع مصنوعی باشد که در آن جریان آشفته توسط سامانه پره‌ها ایجاد و حفظ می‌شود.

هـ- نمونه‌های مقطع منتخب در هر دو محل می‌تواند با استفاده از نمونه‌بردارهای رسوبات معلق جمع‌آوری گردند.

۹-۳ اندازه‌گیری حجمی

ممکن است برای تخمین دبی بار بستر از اندازه‌گیری حجمی دوره ای مربوط به تغییر فرم نهشته‌های دلتا شکل مانند رسوبات در دهانه رودخانه‌ها استفاده شود. در زمان‌های طولانی برای اندازه‌گیری دبی بار بستر ممکن است از اندازه‌گیری حجمی دوره‌ای رسوبات انباشته شده در پشت سدها یا سازه‌های انحرافی استفاده شود.

بر اساس اندازه‌گیری دوره‌ای حجم افزایش یافته رسوباتِ ته‌نشین شده در تالاب‌ها، دریاچه‌ها، مخازن و ساختار دلتاها، گاهی می توان از اندازه‌گیری حجمی برای تخمین متوسط آهنگ انتقال بار بستر استفاده کرد. این روش شامل استفاده از روش‌های بررسی ظرفیت نیز می‌شود. فنون اندازه گیری ارتفاع رسوبات انباشته شده متفاوت بوده و شامل روش‌های وزنی صوتی در تالاب های کوچک تا روش‌های انعکاس صدا در دریاچه‌های بزرگ، مخازن و دلتاها می‌باشد.

اگر حجم رسوبات انباشته شده از رسوبات معلق قابل تخمین باشد، اندازه‌گیری حجمی دوره ای رسوبات انباشته شده نشان دهنده آهنگ انتقال بار بستر خواهد بود. در کل، چنان‌چه بارهای معلق، رسوباتی که وارد ناحیه ته‌نشینی می‌شود در طی دوره مطالعه اندازه گرفته شود، بخش معلق از حجم ته‌نشین شده از بار کل، می‌تواند تخمین زده شود.

برای تعیین دقیق آهنگ انتقال بار بستر در ناحیه ته‌نشینی داخل یک رودخانه، موارد زیر باید به دقت در نظر گرفته شود:

الف- رودخانه مورد مطالعه باید سهم اصلی در رسوبات منطقه ته‌نشینی را داشته باشد، در غیر این‌صورت باید تمامی منابع تامین کننده نسبی رسوبات تعیین گردند.

ب- بهتر است یک یکای جرم جهت رسوبات انباشته شده برای تبدیل اندازه گیری حجمی به اندازه گیری‌های جرمی تعیین شود.

پ- دوره زمانی بین بازرسی‌ها بهتر است به اندازه کافی طولانی باشد تا تفاوت‌های قابل اندازه‌گیری در عمق ناحیه ته‌نشینی قابل تعیین باشد، بر اساس اندازه ذرات حوضه نگه‌دارنده و حوضه زهکشی این مقدار می‌تواند بـه انـدازه یک تا پنج سال، فاصله زمانی بین بازرسی‌ها باشد.

ت- آهنگ تراکم مصالح ته‌نشین شده بین بازدیدها بهتر است تخمین زده شود.

۹-۴ روش ردیابی تلماسه‌ای

یک روش پیمایش هیدروگرافیکی است که وقتی شکل بستر به شکل تلماسه باشد، مورد استفاده قـرار مـی‌گیـرد. این روش شامل نقشه‌برداری از بازه نسبتاً کوتاه و مستقیم از یک کانـال تحـت شـرایط جریـان پایـدار مـی‌باشـد. میـانگین پارامترهـای اشـکال تلماسـه ای انـدازه‌گیـری مـی‌شـود و سـرعت متوسـط حرکـت تلماسـه تعیـین می‌گردد[۱۷و۲۳]. هدف این رویکرد اندازه گیری مقدار آب‌شستگی از وجـه بالادسـت تلماسـه‌هـا در زمـان‌هـای مختلف می‌باشد[۱].

روش ردیابی تلماسه‌ای شامل پایش آهنگ حرکت اشکال تلماسـه‌ای در جهـت پـایین دسـت مـی‌باشـد. دو روش استفاده شده در این رویکرد، روش قایق متحرک و انعکاس سنج صدا در محل هستند.

۹-۴-۱ قایق متحرک

انعکاس سنج صدا یا داپلرصوتی روی قایق سوار شده و در طول مسیر مستقیم حرکت می‌کند و مسیرهای تکراری در امتداد طولی مشخص از بازه مستقیم را طی می‌کند. طول بازه پیموده شده باید کافی باشد به نحوی که ۲۰ تا ۲۵ شکل تلماسه‌ای مشخص را در بربگیرد.

در روش قایق متحرک، بهتر است یک بازه مستقیم انتخاب گردد. طول بازه را می‌تـوان ابتـدا بـا فرسـتادن پـالس طولی، تقریبا در خط وسط کانال برای تعیین طول بازه لازم، شامل تقریبا ۲۰ تا ۲۵ شکل تلماسه ای تعیین کرد. برای مثال اگر تلماسه‌ها تقریبا دارای طول ۳ متر باشند، بازه‌ای در حدود ۷۵ الی ۱۰۰ متر برای اطمینان از در بر گرفتن ۲۰ تا ۲۵ تلماسه لازم است. بهتر است در حدود پنج تا هفت خط طولی موازی با یکدیگر در ناحیـه فعـال بستر در بازه ایجاد گردد. قایق تولید کننده صدا، در امتداد هر یک از خط‌ها با سرعت یکنواخت حرکت می‌کنـد و پروفیل بستر بر روی یک ثبت کننده قیاسی یا رقومی به طور دقیق ثبت می‌گردد. هر خط بایـد دو تـا چهـار بـار صداگذاری گردد تا زمان متوسط حرکت هر یک از اشکال تلماسه‌ای مشخص شود. رکوردهای درسـت زمـان‌هـا و فواصل بهتر است در هر یک از خطوط نگه‌داشته شوند. برای تعیین آهنگ تقریبی جابجـایی تلماسـه‌هـا، دومـین برداشت در طی۳۰دقیقه تا ۴۰ دقیقه بعد از اولین برداشت ادامه یابد. بهتر است زمان آخرین برداشت طوری باشد که اولین و آخرین برداشت‌ها بیشترین شکل‌های تلماسه‌ای را از فراز تا نشیب در بربگیرند.

۹-۴-۲ بازتاب سنج صدا در محل

بازتاب سنج صدا بر روی یک نقطه در مقطع عرضی شارش نصب می‌گردد. آهنگ زمان حرکت بهتر اسـت طـوری باشد که حداقل در حدود ۲۰ تا ۲۵ تلماسه در نقطه مورد نظر پایش گردند.

بهتر است معیارهای مشابهی برای این روش در محل در نظر گرفته شود. بازتاب سنج می تواند در ۵ نقطه تا ۷ نقطه در مقطع عرضی جاگذاری گردد تا تعداد بیشتری از شکل‌های تلماسه‌ای را در برگیرد. می‌توان پنج نقطه تا هفت نقطه، بازتاب سنج صدا را جداگانه تنظیم کرد تا همزمان کار کنند.

۹-۴-۳ درستی روش‌های ردیابی تلماسه‌ای

درستی روش‌های ردیابی تلماسه‌ای به عوامل زیر بستگی دارد:

الف- توانایی تجهیزات صوتی در ثبت فاصله بین مبدل تا بستر؛

ب- درستی در تعیین موقعیت قایق در هر بازه زمانی؛

پ- درستی ثبت همه داده ها؛

۹-۵ ردیاب‌ها

روش ردیاب بر پایه شناسایی حرکت رسوبات توسط ردیاب‌ها استوار است. این روش برای اندازه‌گیری دبی بار بستر و انتشار رسوبات قابل استفاده می‌باشد. به هر حال تفاوت‌های بسیاری در فنون مورد استفاده وجود دارد. انتخاب یک فن درست به هدف تحقیق و شرایط رودخانه در مسیر مورد مطالعه بستگی دارد. روش اجرائی و فنون مورد نظر شامل انتخاب و برچسب گذاری ذرات رسوبی ردیاب، روش تعریف ردیاب در سامانه جریان و روش شناسایی می‌باشد.

جمع‌آوری داده‌های صحرایی، شامل ردیابی ذرات برچسب‌گذاری شده، نمونه‌گیری مواد بستر و اندازه‌گیری عناصر هیدرولیکی در مسیر رودخانه مورد بررسی است. اندازه‌گیری دو مورد آخر معمولا با روش‌های متداول انجام می‌گیرد. در روش ردیاب می توان از چهار روش برچسب‌گذاری استفاده کرد.

ردیاب فلورسنت و ردیاب ایزوتوپ پایدار می‌توانند در روخانه‌هایی که از مصالح درشت مانند شن و ماسه تشکیل شده‌اند استفاده گردند. هم چنین این ردیاب‌ها می توانند در آزمایشگاه‌ها برای شناسایی نمونه‌هایی که از صحرا آورده شده‌اند مورد استفاده قرار گیرند.

همچنین می‌توان از روش مغناطیسی استفاده کرد. مشخصات مغناطیسی رسوبات می‌تواند (توسط گرما دادن، تزریق آهن یا استفاده از بوبین الکتریکی) بهبود یابد. سپس ذرات با استفاده از شناساگرهای فلزات یا شناساگرهای خاص، ردیابی می‌شوند. در تمامی موارد، بهتر است ذرات برچسب‌گذاری شده رفتار هیدرولیکی یکسانی قبل و بعد از برچسب‌گذاری داشته باشند و در مقابل آبشویی، سایش و زوال قابلیت ردیابی، مقاوم باشند.

روش ردیابی نباید شارش را تحت تاثیر قرار دهد، اندازه‌گیری مستقیم بوده و پاسخ آن سریع می‌باشد. برای رسوبات ریزدانه با تحرک زیاد ممکن است مناسب نباشد.

۹-۶ سنجش از دور LiDAR

سنجش از دور، عبارت است از کسب اطلاعات در مورد اشیاء یا پدیده‌ها بدون تماس فیزیکی با شیء. این اصطلاح به استفاده از فناوری سنجش هوائی برای شناسایی و طبقه‌بندی اشیاء روی زمین اشاره می‌کند.

دو روش اصلی برای سنجش از دور وجود دارد: سنجش از دور غیر فعال و فعال. سنجنده‌های غیر فعال، پرتوهای طبیعی را که از شیء یا نواحی پیرامون پراکنده و یا بازتاب می‌شوند، شناسایی می‌کنند. فیلم عکاسی، مادون قرمز، دستگاه کوپل- شارژ و رادیومترها نمونه‌هائی از سنجنده راه دور غیر فعال می‌باشند. مجموعه‌های فعال، از خود انرژی ساطع می‌کنند تا اشیاء و نواحی را اسکن کنند، سپس سنجنده، پرتوهای منعکس شده از هدف مورد نظر را شناسایی و اندازه‌گیری می‌کند. RADAR و LiDAR نمونه‌های سنجنده راه دور فعال می‌باشند، تاخیر بین ساطع شدن و برگشت امواج در آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود، و محل، ارتفاع، سرعت و جهت شیء مورد نظر شناسایی می‌گردد. همچنین فرآیند سنجش از دور برای مطالعات زمین شناختی مناسب است.

امتیازات این روش شامل درستی بالا، توانایی پوشش سریع و بالای نواحی، بازگشت سریع و کاربردی بودن داده‌ها و توجیه اقتصادی آن می‌باشد(در مقایسه با درنظر گرفتن منابع و زمان برای به‌دست آوردن اطلاعاتی با این درستی و با روش‌های متداول فنون زمین شناختی دیگر). این روش می‌تواند با روش سنتی عکسبرداری هوایی ترکیب گردد.

معایب این روش، ناتوانی آن در نفوذ در جنگل‌های با تاج پوشش گیاهی درهم فشرده و بدون گسستگی، ناتوانی در ترسیم دقیق کانال آب‌راهه‌ها، خط ساحلی و خط الراس که معمولا در تصاویر عکاسی شده قابل مشاهده هستند(برای خطوط شکست نامناسب می‌باشد که نیاز می‌باشد به طور مستقل و یا از شدت تصویر تولید شوند)، و منحنی‌های میزان که از لحاظ هیدرولیکی تصحیح نشده‌اند، می‌باشد.

۹-۷ تجهیزات صوتی

برای تعیین حرکت بار بستر از صدای ایجاد شده از برخورد ذرات استفاده می‌شود. سامانه‌های صوتی غیرتهاجمی اجازه می‌دهند آهنگ انتقال بار بستر بصورت یکپارچه با مکان اندازه گیری شود. این سامانه‌ها شامل سنجنده‌های صوتی، داپلرهای صوتی، میکروفون‌های آبی و زمینی هستند که در طول بازه مستقر شده‌اند، و داده‌ها بعد از فرستادن سیگنال روی دیسک ثبت می‌شوند. سنجنده‌ها بر روی سنگ بستر در نزدیکی مخازن و روی تخته سنگ‌های بزرگ در وسط جریان نصب می‌شوند. سنجنده‌ها، انرژی صوتی برخوردهای بار بستر را روی صفحه‌ای که بر بستر رودخانه ثابت شده است ثبت می‌کنند. ضرورت دارد سیگنال‌های ناشی از آشفتگی سیل، کاویتاسیون[1]، و جوشش حباب‌ها حذف گردند. بهتر است سامانه با استفاده از آهنگ انتقال بار بستر اندازه‌گیری شده توسط فنون قراردادی کالیبره گردد. این سامانه‌ها بهتر است امکان اندازه‌گیری بار بستر ایجاد شده در مقطع عرضی را در بازه‌های زمانی کوتاه فراهم کنند. این امر باعث می شود تا تغییرات زمانی انتقال بار بستر پایش شده و به این وسیله اطلاعات اضافی در مورد فرایند انتقال به‌دست آید. تمامی تجهیزات الکتریکی در اتاقک‌های

1 -Cavitation

فولادی محکم و ضدآب نگه‌داری می‌شوند. نتایج به‌دست آمده با استفاده از این فن، ارتباط خوبی را با روش‌های کلاسیک نشان می‌دهد. سامانه‌ها باید برای نمونه‌های مستقیم به دست آمده از بار بستر در هر محل کالیبره شوند. سامانه‌ها امکان مشاهده تغییرات زمانی در آهنگ انتقال بار بستر را که روش‌های قدیمی قادر به رکورد آن نیستند، فراهم می‌کنند. این روش پتانسیل خوبی برای استفاده در کانال‌های شارش با بستر شنی دارد.

روش صوتی در بستر ماسه‌ای و کانال های بزرگ با بستر شنی قابل کاربرد بوده و شارش را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد. امور تدارکاتی نصب این سامانه‌ها و لوازم تبدیل داده‌ها پیچیده می‌باشد.

۹-۸ ترسیم کننده پروفیل جریان از نوع داپلر صوتی[1]

حرکت لایه رسوبات بار بستر را می توان با دستگاه‌های نوع داپلر صوتی شناسایی نمود. این کار را می‌توان با اندازه‌گیری سرعت سطحی لایه بار بستر انجام داد. مقدار دبی بار با استفاده از سرعت سطحی لایه بار بستر، ضخامت تخمینی لایه بار بستر (توسط تنش برشی محاسبه شده از توزیع سرعت قائم برآورد می‌شود) و ویژگی‌های مصالح بستر تخمین زده می‌شود[۲۴]. ADCP از نوع داپلرصوتی، توسط قایق بسته شده یا قایق کنترل شده توسط انسان استقرار می یابد. هر چند اندازه‌گیری ساکن پیشنهاد می‌شود، اما اگرADCP ازنوع داپلرصوتی در یک ایستگاه اندازه‌گیری یا قایق، دارای سامانه GPS[2] تفاضلی باشد، اندازه‌گیری‌های عرضی قابل قبول است. روش مذکور را می‌توان برای اغلب شرایط موجود در رودخانه‌ها مانند فرم بستر، از موج‌دار تا تلماسه معکوس، بکار برد زیرا معادله تخمین ضخامت لایه بار بستر در این گستره معتبر است.

1 -Acoustic Doppler current profiler(ADCP)
2 -Global Positioning System(GPS)

پیوست الف

(اطلاعاتی)

فناوری‌های جایگزین پایش بار بستر[۸]

فناوری	توصیف فناوری	عملکرد پیوسته (بله/خیر)	نوع بهره برداری	نوع رسوبات	مراحل توسعه	سهولت کاربرد a	دوام b	قابلیت حمل c	قابلیت اطمینان d	پوشش مکانی e	هزینه f
سنجنده های فعال (همگی نیازمند کالیبراسیون صحرایی هستند)											
ترسیم کننده پروفیل جریان از نوع داپلر صوتی (ADCP)	یک دستگاه تجاری که از ردیاب صوتی و داپلر ها برای تعیین سرعت قائم پروفیل استفاده می کند. دستگاه همچنین اطلاعاتی از حرکت بار بستر می دهد (سرعت).	بله	دستگاه ردیاب صوتی به صورت ثابت	ماسه و شن	نسبتاً خوب توسعه یافته است. در مراحل اولیه کاربرد	۲	۴	۲	۱	نقطه/ بازه مقطع عرضی	بالا
ردیاب صوتی منعکس کننده	ردیاب صوتی فرستنده و گیرنده با فرکانس بالا که نوسانات زمانی و مکانی در تجمعات رسوبات ماسه ای روی بستر را نشان می دهد.	بله	ردیاب صوتی به صورت ثابت	ماسه	نیاز به کار بیشتر برای کمّی سازی مشخصات زمانی و مکانی انتقال رسوبات معلق دارد. کاربرد در ابعاد کوچک. مراحل اولیه	۴	۴	۲	۳	نقطه/ مقطع عرضی	پایین
ردیاب صوتی تفاضلی	روشهائی برای محاسبه تغییرات زمانی مطالعات مشخص آبنگاری خاص بازه رودخانه یا آبراهه برای تعین شار بار بستر کل.	خیر	ردیاب صوتی چند فرکانسه سوار بر قایق و پس پردازش	ماسه	نسبتاً خوب توسعه یافته است. کاربرد در رودخانه های بزرگ	۴	۵	۵	۱	بازه	بالا
رادار	امواج الکترومغناطیسی با پالس کوتاه به کانالی با جریان سطح آزاد فرستاده می شود. امواج توسط ذرات معلق منعکس و با آنتن دریافت می شوند.	خیر	بازگشت موج الکترومغناطیس که به دلیل حضور دانه‌ها ایجاد می شود.	شن	در آزمایشگاه تست شده است نه در صحرا، مراحل اولیه توسعه	۴	۴	۳	۴	بازه	متوسط

الف: سهولت استفاده، ۱ آسان، ۵ مشکل.

ب: دوام، ۱ بادوام، ۵ شکننده.

پ: قابلیت حمل، ۱ قابل حمل، ۵ غیر قابل حمل.

ت: قابلیت اطمینان، ۱ نیاز به نگه داری پایین دارد، ۵ نیاز به نگه داری بالایی دارد.

ث: پوشش مکانی، نقطه- اندازه گیری با یک نقطه، مقطع عرضی- اندازه گیری با مقطع عرضی، مسیر، اندازه گیری کل یک مسیر.

ج: هزینه، پایین- نسبتا غیر گران، بالا- نسبتا گران.

جدول الف ۱(ادامه)

فناوری	توصیف فناوری	عملکرد پیوسته (بله. خیر)	نوع بهره برداری	نوع رسوبات	مراحل توسعه	سهولت کاربرد[a]	دوام [b]	قابلیت حمل [c]	قابلیت اطمینان [d]	پوشش فضایی [e]	هزینه [f]
ردیاب‌های هوشمند	فرستنده های میکرو- رادیو، شناسایی با فرکانس رادیویی، و سایر ردیاب های پیشرفته برای ردیابی ذرات در کانال یا حوضه آبریز.	بله	ردیاب در سیستم جاگذاری و با استفاده از تکنیک های گوناگون محل مورد نظر پایش می‌شود.	شن	تستهای آزمایشگاهی و صحرایی کامل شده، برای کاربردهای خاص مناسب است. سیستم تواناست اما می تواند نسبت به بهره برداری حساس باشد.	۴	۳	۲	۳	بازه	متوسط
سنجنده های غیر فعال (همگی نیازمند کالیبراسیون صحرایی هستند)											
لوله‌های ضربه‌ای	لوله های پرشده با هوا در بستر رودخانه همراه با سنجنده مقاوم(ژئوفون یا میکروفون آبی یا زمینی)ضربات ذرات را برروی لوله ثبت می‌کنند.	بله	سیگنال ها توسط ضربه ذرات یا لوله ایجاد می شود.	شن بزرگتر از ۴ میلی متر	نسبتاً خوب توسعه یافته است. در آزمایشگاه و صحرا تست شده است. نیاز به کالیبراسیون محلی دارد.	۲	۲	۴	۲	مقطع عرضی	پایین
صفحات ضربه‌ای	صفحات فولادی در بستر رودخانه همراه با سنجنده مقاوم(ژئوفون یا میکروفون آبی یا زمینی)ضربات ذرات را برروی صفحه ثبت می‌کنند.	بله	سیگنال ها توسط ضربه ذرات بر روی صفحه ایجاد می‌شود.	بزرگتر از ۱۰ میلی متر	نسبتاً خوب توسعه یافته است. در آزمایشگاه و صحرا تست شده است. نیاز به کالیبراسیون محلی دارد.	۲	۲	۴	۲	مقطع عرضی	پایین
ستون‌های ضربه‌ای	سنجنده حمل شن(GTS)،سنجنده پیزوالکتریک یا سنجنده لرزشی اندازه حرکت	بله	سیگنال ها توسط ضربه ذرات بر روی ستون ایجاد می‌شود.	۱۰ تا ۱۲۸ میلی متر	توسعه اولیه آن تنها با تستهای آزمایشگاهی انجام شده است. نیاز به کالیبراسیون محلی دارد.	۳	۳	۲	۲	مقطع عرضی	متوسط
ردیاب‌های مغناطیسی: بوبین‌ثبات	از مغناطیس طبیعی یا تعبیه شده در ذرات استفاده می شود تا شار یا خط سیر ذرات باربستر تعیین گردد. از القاگرهای موازی نصب شده در بستر برای اندازه گیری عبور مغناطیسی ذرات استفاده می شود.	بله	سیگنال ها با عبور ذرات از روی القاگرها ایجاد می‌شود.	شن مغناطیسی	توسعه اولیه تا متوسط. این تکنولوژی برای کاربردها و محل های خاصی است که در آنجا ذرات مغناطیسی یافت می‌شود.	۳	۳	۴	۴	مقطع عرضی	پایین

الف: سهولت استفاده، ۱ آسان، ۵ مشکل.

ب: دوام، ۱ بادوام، ۵ شکننده.

پ: قابلیت حمل، ۱ قابل حمل، ۵ غیر قابل حمل.

ت: قابلیت اطمینان، ۱ نیاز به نگه داری پایین دارد، ۵ نیاز به نگه داری بالایی دارد.

ث: پوشش مکانی، نقطه- اندازه گیری با یک نقطه، مقطع عرضی- اندازه گیری با مقطع عرضی، مسیر، اندازه گیری کل یک مسیر.

ج: هزینه، پایین- نسبتا غیر گران، بالا- نسبتا گران.

جدول الف ۱ (ادامه)

فناوری	توصیف فناوری	عملکرد پیوسته (بله/خیر)	نوع بهره برداری	نوع رسوبات	مراحل توسعه	سهولت کاربرد[a]	دوام [b]	قابلیت حمل[c]	قابلیت اطمینان[d]	پوشش فضایی[e]	هزینه[f]
ردیاب مغناطیسی: آشکار ساز حرکت بار بستر	در تکنولوژی ردیاب از مغناطیس طبیعی یا تعبیه شده در ذرات، استفاده می‌شود تا شار یا خط سیر ذرات باربستر تعیین گردد. شناساگر حرکت بار بستر دارای القاءگری به اندازه تقریباً ۱ سانتی متر است که حرکت ذرات مغناطیسی را شناسایی می‌کند.	بله	تعداد \ زمان	سنگ‌های مصنوعی با ضخامت ۸ میلی متر تا ۹۰ میلی متر	توسعه اولیه در آزمایشگاه ایجاد شده است. این تکنولوژی برای کاربردهای خاص در جاییکه ذرات مغناطیسی یافت می‌شوند، می باشد.	۲	۲	۲	۳	نقطه/ مقطع عرضی	پایین
غیر فعال آبی- صوتی	صدای طبیعی ایجاد شده توسط برخورد سنگ به سنگ را در انتقال بار بستر در کانال ها با استفاده از یک میکروفون آبی و سیستم دریافت داده ها، ثبت می‌کند.	بله	سیگنال ها توسط ضربه ذرات بر روی یکدیگر ایجاد می‌شود.	شن و بزرگتر.	نیاز به کار بیشتر برای تبدیل شدن به یک روش پایش کاربردی دارد.	۲	۳	۱	۳	بازه	پایین

الف: سهولت استفاده، ۱ آسان، ۵ مشکل.

ب: دوام، ۱ بادوام، ۵ شکننده.

پ: قابلیت حمل، ۱ قابل حمل، ۵ غیر قابل حمل.

ت: قابلیت اطمینان، ۱ نیاز به نگه داری پایین دارد، ۵ نیاز به نگه داری بالایی دارد.

ث: پوشش مکانی، نقطه- اندازه گیری با یک نقطه، مقطع عرضی- اندازه گیری با مقطع عرضی، مسیر، اندازه گیری کل یک مسیر.

ج: هزینه، پایین- نسبتا غیر گران، بالا- نسبتا گران.

پیوست ب
(اطلاعاتی)
کتابنامه

[1] Abraham D., Kuhnle R.A., Odgaard A.J. Validation of bedload transport measurements withtime-sequenced bathymetric data. J. Hydraul. Eng. 2011, 137 (7) pp. 723–728

[2] Bunte K., Abt S.R., Potyondy J.P., Ryan S.E. Measurement of coarse gravel and cobble transportusing portable bedload traps. J. Hydraul. Eng. 2004, 130 (9) pp. 879–893

[3] Bunte K., Swingle K.W., Abt S.R. 2010, Necessity and diffiulities of field calibrating signals

from surrogate techniques in gravel-bed streams: Possibilities for bedload trap samplers: U. S.Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5091, p. 107-129

[4] Childers D. 1999, Field comparison of six-pressure-difference bedload samplers in highenergy flow: U.S. Geological Survey, Water Resource Investigations Report 92-4068, Vancouver,Washington,59 p

[5] Edwards T.K., & Glysson G.D. 1999, Field Methods for Measurement of Fluvial Sediment: U.S.Geological Survey Techniques of Water Resources Investigations, book 3 chapter C2, 89 p

[6] Emmett W. 1980, field calibration of the sediment-trapping characteristics of the Helley-Smithbedload sampler: U. S. Geological Survey Professional Paper 1139, 44 p.

[7] Engel. P. and Lau, Y.L. Calibration of bed-load samplers. J. Hydraul. Div., 106 () pp. 1676–1685

[8] Gray J.R., & Laronne J.B. and Marr, J. D. G., 2010, Bedload-Surrogate Monitoring Technologies:U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5091, 37 p

[9] Helley E. J. and Smith, Winchell, 1971, Development and calibration of a pressure-difference

bedload sampler: U. S. Geological Survey Open-File Report 73-108, 38 p

[10] Hubbell D.W. Apparatus and Techniques for Measuring Bedload. .,Vol. 1748, 1964, pp. 10.

[11] Hubbell D.W., Stevens H.H., Skinner J.K., Beverage J.P. New approach to calibrating bedloadsamplers: American Society of Civil Engineers. J. Hydraul. Eng. 1985, III (4) pp. 677–694

[12] Hubbell D.W., & Stevens H.H. 1986, Factors affecting accuracy of bedload sampling: Proceedingsof the Fourth Federal Interagency Sedimentation Conference, v. 1, p. 4/20-29

[13] Kuhnle R.A. 1991, Bed load transport on two small streams: Proceedings of the Fifth FederalInteragency Sedimentation Conference, v. 1, p. 4/131-138

[14] Meyer-Peter E. 1937, Discussion of “Appareil pour le jaugeage du debit solide entraine surle fond du cours d’eau [An instrument for the measurement of the bedload in rivers]”: Berlin,Internat. Assoc. Hydraulic Structures Research, 1st mtg., Berlin 1937, p. 109-110. Translation,Iowa Univ., Inst. Hydraulic Research

[15] Milhous R.T. Sediment transport in a gravel-bottomed stream: Ph.D. dissertation, Oregon StateUniver-sity, Corvallis. 1973

[16] Reid I., Layman J.T., Frostick L.E. The continuous measurement of bedload discharge. J.Hydraul. Res. 1980, 18 (3) pp. 243–249

[17] Rennie C.D., Millar R.G., Church M .A. M easurement of bedload velocity using a n acousticDoppler current profiler. J. Hydraul. Eng. 2002, 125 (5) pp. 473–483

[18] Robinson A.R. Vortex tube sand trap: American Society of Civil Engineers. Transactions. 1962,127 (part III) pp. 391–425

[19] Schmidt A.P., & Bezzola G.R. 2002: Geschiebeabzug in Kraftwerkskanälen mit Hilfe vonWirbelröhren – Fallbeispiel Kraftwerk Schiffmühle (Bed-load extraction in headrace channels using vortex tubes – case study hydropower plant Schiffmühle). Proc. Int. Symposium 'Modernmethods and concepts in hydrauic engineering', VAW-Mitteilung 175 (H.-E. Minor, ed.),Laboratoryof Hydraulics, ETH Zurich, Switzerland, p. 67 – 76 (in German)

[20] Tacconi P., & Billi P. . In: Sediment Transport in Gravel-Bed Rivers, (Thorne C.R., Bathurst J.C., Hey R.D. eds.). Wiley, Chichester, Great Britain, 1987, pp. 583–615.

[21] The Federal Interagency Sedimentation Project, Vicksburg, USA, Report on "Sampling with the US BL-84 sampler", MS 39180-6199 (601) 634-2721

[22] Vinckers J.B., Bijker E.W., Schijf J .B. 1953, Bed-load transport meter for fine sand "Sphinx":Minneapolis, Minnesota Internat. Hydraulics Convention, Proc., p. 105-108

[23] Wilbers A. The development and hydraulic roughness of subaqueous dunes: NetherlandsGeographical Studies 323. The Royal Dutch Geographical Society, Utrecht, Netherlands, 2004, p.

[24] Yorozuya A., Kanno Y., Fukami K., Okada S . 2 010, B ed-load d ischarge b y A DCP i n a ctualrivers, in Dittrich, Koll, Aberle, and Geisenhainer (eds): River Flow 2010, p.1687-1692