DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwmse.2016.106455

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 8, Issue 2, 2016, Pages 182-192

نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۸، شماره ۲، ۱۳۹۵، صفحات ۱۸۲-۱۹۲

تأثیر پوشش گیاهی بستر آبراهه بر هیدرولیک جریان و فرم بستر

نادر قلی ابراهیمی*[۱]، عظیم شیردلی[۲]، ابراهیم نیکخواه جوان[۳] و مجید حسینی[۴]

[۱ و ۴] استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، [۲] استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان و [۳] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۱۸

چکیده

پوشش گیاهی در بستر و حاشیه رودخانه موجب افزایش زبری مسیر و کاهش میانگین سرعت جریان، کاهش انرژی آب و تغییر توزیع سرعت لایه‌ای و به‌عبارتی پروفیل سرعت جریان در مقطع عرضی رودخانه می‌شود. در این پژوهش آزمایشگاهی، تأثیر پوشش گیاهی شاخه‌ای بر جریان و فرم بستر در آبراهه بررسی شد. شبیه‌سازی جریان در کانال آزمایشگاهی به طول هفت متر، عرض و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر با دبی‌های سه، پنج و هفت لیتر بر ثانیه و شیب‌های یک، سه و پنج در هزار و پوشش گیاهی مصنوعی از نوع شاخه‌ای با تراکم‌های ۵۰، ۲۵ و ۱۲ درصد در شرایط مستغرق مورد آزمایش قرار گرفت. با توجه به داده‌برداری انجام شده، می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف بین رقوم سطح جریان و بستر جریان و همچنین، دبی جریان، تحت تأثیر انواع تراکم پوشش گیاهی قرار دارد. وجود پوشش باعث ایجاد مقاومت در برابر جریان و افزایش عمق می‌شود. در تمامی آزمایش‌ها، با افزایش تراکم پوشش مقدار فرسایش بستر نسبت به شرایط اولیه بیشتر شد، به‌صورتی که در تراکم ۵۰ درصد بیشترین و در تراکم ۱۲ درصد کمترین تغییر مشاهده شد. در شرایط دبی یکسان با افزایش تراکم، عمق جریان افزایش می‌یابد. جابه‌جایی ذرات بستر در منطقه دارای پوشش گیاهی با افزایش تراکم، افزایش می‌یابد که در تراکم ۵۰ درصد، سطح جریان نسبت به تراکم‌های ۱۲ و ۲۵ درصد بیشتر و همچنین در این تراکم، بستر جریان نسبت به سطح اولیه دچار فرسایش و تغییر فرم بیشتری شده و ته‌نشینی و تجمع ذرات در انتهای پوشش در شرایط با تراکم کمتر، بیشتر مشاهده شده است.

واژه‌های کلیدی: بستر جریان، پوشش گیاهی، تراکم، فرسایش، کانال آزمایشگاهی

مقدمه

پوشش گیاهی در جداره و بستر رودخانه‌ها یا کانال‌ها باعث ناپایداری‌های برشی مهمی می‌شود که تبادل جرم و مومنتوم را بین لایه‌های داخل و بالای پوشش گیاهی افزایش می‌دهد. استفاده از پوشش گیاهی، کاهش میانگین سرعت جریان، کاهش عرض رودخانه، افزایش رسوب‌گذاری در بستر رودخانه و در نتیجه کاهش دبی جریان عبوری رودخانه را به همراه دارد و در مواردی ممکن است، باعث بالا آمدن سطح آب و افزایش عمق جریان شود (Nikmanesh، ۲۰۱۱).

سرعت‌های متوسط و نوسانی، تنش‌های رینولدز، آبشستگی نمونه‌ای از پارامترهای تلاطمی جریان آشفته بوده که می‌تواند تغییرات قابل توجهی در نزدیکی پوشش گیاهی داشته باشد. آنچه واضح است، تراکم، نوع، میزان نفوذپذیری و شکل پوشش گیاهی از جمله پارامترهای مهم تأثیرگذار در تغییر مشخصات

* مسئول مکاتبات: nebrahimi81@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

جریان است که باید مدنظر قرار گیرد. با افزایش سرعت جریان در رودخانه‌های با پوشش گیاهی در بستر، تنش برشی جریان در بستر رودخانه افزایش یافته و امکان ایجاد آبشستگی را در اطراف پوشش گیاهی فراهم می‌سازد. پایین آمدن بستر رودخانه در اثر عمل گودشدن آن باعث خواهد شد تا ظرفیت حمل رودخانه برای مواقع سیلابی زیاد شود که در نتیجه باعث کاهش سطح آب می‌شود (Nehal و همکاران، ۲۰۱۲).

پوشش‌های گیاهی در حاشیه و صفحات پهن رودخانه‌ها باعث کاهش سرعت جریان و تشدید شرایط سیلابی می‌شوند. تأثیر شرایط و ویژگی‌های مختلف پوشش گیاهی در رودخانه‌ها بر مقاومت جریان، موضوعی است که در مقالات و پژوهش‌های متعددی به آن اشاره شده است. در سال‌های اخیر، به‌علت وقوع سیل به‌ویژه در اروپا، پروژه‌های بازسازی رودخانه‌ها و آبراهه‌ها اهمیت زیادی پیداکرده است. بازسازی رودخانه و کانال‌های خاکی به بررسی تأثیر پوشش گیاهی، بوته و درخت بر عملکرد هیدرولیکی آبراهه دارد. در کانال‌های طبیعی، پوشش گیاهی از طریق ایجاد آشفتگی در اطراف ساقه‌ها و برگ‌های گیاه موجب افت انرژی شده و در مقابل حرکت آب مقاومت ایجاد می‌کند. به‌طور کلی، موفقیت استفاده از پوشش گیاهی بستگی به شرایط رودخانه و شدت تخریب‌پذیری دیواره‌ها، موقعیت سه‌گانه سطح دیواره، نوع گیاه، تنوع و آرایش گیاهی، روش کاشت و تثبیت بیولوژیکی و مدیریت نگهداری پوشش گیاهی دارد (Ebrahimi و همکاران، ۲۰۰۸).

با توجه به واقع شدن ایران در منطقه خشک و همچنین، افزایش نیاز آبی کشور و افزایش روزافزون خسارات ناشی از فرسایش و رسوب و وقوع سیل در کشور، بحث مدیریت و حفاظت رودخانه‌ها، آبراهه‌ها و مسیل‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. در این راستا، ارائه الگوها و استانداردهای مناسب کاشت پوشش گیاهی برای مدیریت و استفاده بهینه از آبراهه‌ها، مسیل‌ها و رودخانه‌ها به‌منظور کاهش خطرات وقوع سیل، مهار فرسایش‌های نامطلوب و بهره‌برداری بهینه از منابع آب، به‌نحوی‌که پاسخگوی نیازهای فعلی و نسل‌های آینده باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از مهمترین مسائل در مدیریت و حفاظت رودخانه‌ها، آبراهه‌ها و مسیل‌ها، پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی آن‌ها با الگوهای کاشت متفاوت و شناخت مؤثرترین و اقتصادی‌ترین الگوی کاشت گیاهان برای کاهش اثرات مخرب ناشی ازرسوب و آبشستگی است.

پژوهش‌های مختلفی در خصوص شرایط هیدرولیکی جریان تحت تأثیر شرایط بستر انجام شده که در این بخش به بعضی از موارد مرتبط با موضوع پژوهش اشاره شده است. اولین پژوهش برای تعیین رابطه‌ای بین زبری هیدرولیکی جریان با عمق و سرعت جریان و همچنین، نوع و ارتفاع پوشش گیاهی در آزمایشگاه سازمان حفاظت خاک ایالت کارولینای جنوبی واقع در شهر اسپارتارگ ایالات متحده شروع شد (Nehal و همکاران، ۲۰۱۲).

Drikvaandi و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از مدل آزمایشگاهی روی سه نوع پوشش گیاهی پده، گز و مخلوط مساوی آن‌ها در چهار حالت تراکم، اثر تراکم و انعطاف‌پذیری پوشش گیاهی روی ضرایب زبری در سواحل رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی در حالت غیرمستغرق به این نتیجه رسیدند که درخت گز نسبت به درخت پده از انعطاف‌پذیری بیشتری برخوردار است، لذا در سرعت‌های بالا، مقاومت در مقابل جریان پوشش گیاهی گز بیشتر از پده خواهد بود. در شرایط یکسان جریان و نوع گیاه در حالت غیرمستغرق، ضرایب زبری منینگ و دارسی ویسباخ با کم شدن میزان تراکم کاهش می‌یابند و روند کاهش آن‌ها به‌صورت خطی است.

Ebrahimi (۲۰۰۸)، پژوهش‌هایی را به‌منظور تعیین روابطی برای تعیین ضریب زبری بستر انجام داد. در این تحقیق با استفاده از یک سری روابط ریاضی (به‌دست آمده از مدل‌های فیزیکی که ضریب زبری تابعی از عمق، سرعت ونوع پوشش گیاهی می‌باشد) از مدل ریاضی (FASTER) برای شبیه‌سازی سطح و دبی آب رودخانه کارون استفاده شده است. به‌طوری که امکان مدل کردن سطح، دبی آب و ضریب زبری مانینگ با در نظر گرفتن پارامترهای عمق، سرعت و نوع پوشش گیاهی فراهم شود. بر حسب انواع پوشش گیاهی، عمق آب، سرعت جریان، شیب‌خط انرژی جریان، در چند مقطع ضریب زبری منینگ را

Archive of SID

www.SID.ir

در آزمایشگاه و رودخانه کارون اندازه‌گیری، کالیبره و روابط ریاضی مربوطه را ارائه نمود. Gholinezhad و همکاران (۲۰۱۲)، با بررسی بر روی داده‌های اندازه‌گیری شده در یک کانال مرکب آزمایشگاهی به تأثیر پوشش گیاهی بر روی هیدرولیک جریان در مقاطع مرکب پرداخته و به این نتیجه رسید که از تأثیرات مهم پوشش گیاهی می‌توان به کاهش ظرفیت انتقال جریان کانال اشاره نمود.

Jarvela (۲۰۰۲)، مقاومت جریان ناشی از ترکیبات مختلف پوشش‌های طبیعی علف و بوته زنبق و درخت بید را در شرایط مستغرق و غیرمستغرق در فلوم آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار داد. نتایج به‌دست‌آمده، اختلاف زیادی را در ضریب اصطکاکی با عمق جریان، سرعت، عدد رینولدز و تراکم پوشش گیاهی نشان دادند. برگ‌های روی درخت بید ضریب اصطکاکی را دو یا سه برابر در مقایسه با حالت بی‌برگی، افزایش می‌دهد.

Ruei و همکاران (۲۰۱۴)، در پژوهشی به بررسی تأثیر پوشش گیاهی کناره بر تغییرات بستر رودخانه، خصوصیات جریان و تغییرات بستر رودخانه را زمانی که آب از پوشش گیاهی کناره عبور می‌کند، پرداختند و به این نتیجه رسیدند که وقتی جریان از پوشش گیاهی عبور می‌کند، جریان ورودی در منطقه پوشش گیاهی در طول دیواره کانال کندتر و در قسمت کانال اصلی شتاب می‌گیرد. سرعت جریان در پایین‌دست منطقه دارای پوشش گیاهی کاهش می‌یابد. همچنین، در پایین‌دست منطقه پوشش گیاهی، تراز رسوب و ته‌نشینی با افزایش تراکم پوشش گیاهی کاهش یافت و در نزدیکی پوشش گیاهی، چاله آبشستگی با افزایش تراکم پوشش گیاهی افزایش می‌یابد.

Nehal و همکاران (۲۰۱۳)، در ادامه مطالعات قبلی خود به بررسی تأثیر تراکم و الگوی کاشت گیاهان بر مقاومت و عمق جریان و پروفیل سرعت پرداختند. آزمایش‌های آن‌ها در فلوم مستطیلی با دیواره‌های شیشه‌ای به طول ۲۶ متر، ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر و عرض ۵۰ سانتی‌متر و شیب ۰/۰۷۶۹ انجام شد. نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که برای دبی یکسان، عمق آب با افزایش تراکم پوشش گیاهی افزایش می‌یابد. همچنین، افزایش در تراکم گیاهی منجر به افزایش مقاومت جریان و کاهش ضریب دراگ می‌شود. پوشش گیاهی مقاومت بالایی در جریان ایجاد می‌کند و در نتیجه تراز آب را افزایش داده و ظرفیت جریان را کاهش و جریان را کند می‌کند. وجود شاخ و برگ در پوشش گیاهی سرعت متوسط را کاهش می‌دهد. پوشش گیاهی به‌صورت شطرنجی در کند کردن جریان مؤثرتر است.

Nehal و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی آزمایشگاهی تأثیر پوشش گیاهی غیرمستغرق بر مقاومت جریان با استفاده از گیاه *Acorus Calmus* پرداختند. این پژوهش در یک فلوم آزمایشگاهی مستطیلی شکل و شیشه‌ای به طول ۲۶ متر، ارتفاع ۰/۷ متر و عرض ۰/۵ متر و شیب کف هفت درصد انجام شد. برای زبر کردن کف فلوم از یک لایه ضخیم پی‌وی‌سی به طول ۱۲ متر و ضخامت دو سانتی‌متر استفاده شد. نتایج پژوهش حاکی از آن است که رابطه بین عمق جریان و دبی به‌طور قابل ملاحظه‌ای به تراکم پوشش گیاهی بستگی داشته، به‌طوری که پوشش گیاهی مقاومت زیادی برای جریان ایجاد می‌کند و در نتیجه تأثیر زیادی در سطح آب دارد. ضریب زبری منینگ با عمق جریان متغیر است و به تراکم پوشش گیاهی بستگی دارد. سرعت متوسط با جریان کاهش پیدا می‌کند و به‌دنبال آن زبری رویشی با کاهش سرعت افزایش پیدا می‌یابد.

Xia و Nehal (۲۰۱۳)، به بررسی خصوصیات هیدرولیکی جریان عبوری از پوشش گیاهی مستغرق در منطقه ساحلی با استفاده از گیاه *Acorus calami* پرداختند. پس از انجام آزمایش‌ها آن‌ها به این نتیجه رسیدند که قسمت‌های ساقه و شاخ و برگ گیاه *Acorus calami* تأثیرهای متفاوتی بر شکل هیدرولیکی دارد. ضریب زبری منینگ در جریان با پوشش گیاهی از جریان بدون پوشش گیاهی بیشتر است و با افزایش نسبت h/hs (عمق آب h به ارتفاع ساقه h_s) افزایش می‌یابد. مقدار سرعت متوسط در ناحیه شاخ و برگ کمتر از ناحیه ساقه بوده و نقطه حداکثر سرعت دورتر از بستر است. عمده تحقیقات انجام شده با هدف بررسی اثر پوشش گیاهی بر

Archive of SID

www.SID.ir

هیدرولیک و مقاومت جریان انجام شده است.

در خصوص بحث آبشستگی در شرایط کانل مستطیلی با پوشش گیاهی، Copeland (۲۰۰۰) با انجام پژوهش، پدیده آبشستگی موضعی در اطراف ساقه گیاهان را در شرایط مختلف بررسی نمود. آنچه از بررسی روند تحقیقات در گذشته قابل بیان است، مشخص شدن پارامترهای بیشتری از شرایط پوشش بر هیدرولیک جریان هست به‌طوری که در ابتدا تحقیقات با تمرکز بر نوع و خصوصیات گیاهان و پارامترهای مربوطه شامل انعطاف‌پذیری و مدول الاستیسیته گیاهان مختلف شروع و سپس تأثیر پارامترهای دیگر نظیر تراکم گیاه، درصد استغراق، آرایش و نحوه استغراق آن‌ها در برابر جریان ادامه یافت.

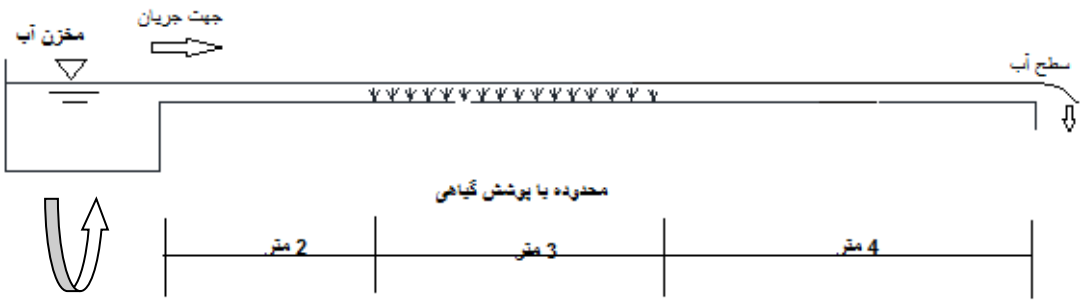
از سوی دیگر، در آزمایشگاه معمولاً از زبری مصنوعی و گاهاً از پوشش‌های طبیعی خاص برای شبیه‌سازی پوشش گیاهی جداره‌ها و کف استفاده شده و جریان نیز عموما یکنواخت فرض می‌شود. با توجه به شرایط رودخانه‌های طبیعی و نیمه کوهستانی بودن اکثر رودخانه‌های ایران و به‌دلیل متغیر بودن دبی و شیب بستر، جریان همیشه در حال تغییر بوده و نمی‌توان تخمین درستی از شرایط جریان را با در نظر گرفتن سایر شرایط در نظر گرفت. بر این اساس هدف این پژوهش، بررسی آزمایشگاهی تأثیر پوشش گیاهی مصنوعی بر تغییرات هیدرولیک جریان و فرم بستر کانال‌های باز در تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی و دبی‌های جریان است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تغییرات جریان و فرم بستر در آبراهه‌های با پوشش گیاهی در بستر، آزمایش‌هایی در یک فلوم به طول هفت متر، عرض و ارتفاع ۰/۲۵ متر با شیب متغیر در آزمایشگاه هیدرولیک پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام شد. فلوم از قاب فلزی و دیواره‌ها و کف آن با مصالح با جنس پلکسی گلاس شفاف ساخته شده است.

مصالح کف بستر به‌صورت یکنواخت بر اساس مصالح موجود در آزمایشگاه با قطر متوسط ۱/۹ میلی‌متر استفاده شد. در شکل ۱ به‌طور شماتیک مقطع عرضی مدل و فلوم این پژوهش نشان داده شده است. پوشش گیاهی شاخه‌ای مصنوعی با ارتفاع هفت تا هشت سانتی‌متر در فواصل مشخص به طول سه متر در بستر فلوم و به فاصله دو متر از ابتدای آن نصب و آرایش شد.

آزمایش‌ها در سه نوع تراکم ۵۰، ۲۵ و ۱۲ درصد و با سه دبی (سه، پنج و هفت لیتر بر ثانیه) و سه شیب (۰/۰۰۱، ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵) انجام و در مجموع با احتساب آزمایش در شرایط بدون پوشش گیاهی و تکرار، ۳۶ آزمایش انجام شد. در تمامی حالات پوشش گیاهی شاخه‌ای مستغرق بود. شکل ۲ شمایی از چیدمان پوشش گیاهی در فلوم آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- شکل شماتیک مدل و فلوم در آزمایشگاه

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۲- نحوه چیدمان پوشش گیاهی در فلوم با تراکم ۵۰ درصد

در هر آزمایش پس از نصب و آرایش پوشش گیاهی، آب مورد نیاز برای ورود به داخل فلوم از یک مخزن زیرزمینی پمپاژ، پس از عبور از یک سطح آرام کننده، به‌صورت یکنواخت و به آرامی وارد فلوم شد. در ابتدای فلوم یک صفحه یونولیت برای جلوگیری از ورود امواج سطحی آب به داخل فلوم قرار داده شد. برای اندازه‌گیری دبی جریان از یک سرریز مثلثی که در انتهای کانال قرار دارد، استفاده شد. جریان پس از عبور از فلوم و دریچه تنظیم کننده عمق جریان، وارد یک آرام کننده شد. دبی جریان با استفاده از یک عمق‌سنج[1] با دقت ۰/۰۱ سانتی‌متر که در فاصله ۳۰ سانتی‌متر بالادست لبه سرریز قرار گرفته بود و همچنین، جدول موجود در آزمایشگاه در خصوص هد آب و دبی مورد نیاز، تنظیم شد.

در هر آزمایش برای اندازه‌گیری سرعت جریان سرعت‌سنج الکترومگنت و تراز سطح جریان و رقوم بستر از دستگاه پروفایلر از نوع PV-09 استفاده شد. پس از برقراری جریان ارتفاع سطح آب در فواصل پنج سانتی‌متر در عرض و طول منطقه مورد آزمایش با استفاده از دستگاه پروفایلر اندازه‌گیری و ثبت شد. سرعت جریان نیز در فواصل ۵۰ سانتی‌متر در طول و سه نقطه در عرض فلوم و در مجموع در ۲۱ نقطه قرائت و ثبت شد. با تحلیل ابعادی و استفاده از روش π (باکینگهام) و تحلیل ابعادی پارامترها، معادله زیر برای پارامترهای بی‌بعد به تعداد پنج پارامتر به‌دست می‌آید.

$$d_s = f\left(\frac{\sqrt{gy}}{\nu}\right), \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{d_{50}}{y}, \frac{\mu}{\rho V y}) \qquad (۱)$$

(۲)

$$d_s = f\ (F_r, y, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{d_{50}}{y}, \mathrm{Re})$$

که در آن‌ها، y عمق جریان، F_r عدد فروید، Re عدد رینولدز، $\frac{d_{50}}{y}$ نسبت دانه‌بندی ذره به عمق جریان، $\frac{\rho_s}{\rho}$ نسبت جرم واحد حجم مواد رسوبی به جرم واحد حجم آب است. لذا، برای تعیین روابط کاربردی، اعداد بدون بعد نسبت استغراق (y/y_{veg}) و نسبت سرعت جریان و عدد فروید بررسی شد.

نتایج و بحث

تأثیر پوشش گیاهی بر پروفیل سطح جریان: در شکل ۳ تغییرات سطح جریان در اثر پوشش گیاهی در دبی پنج لیتر بر ثانیه و شیب ۰/۰۰۵ در تراکم‌های ۱۲، ۲۵ و ۵۰ درصد در مقایسه با شرایط بدون پوشش نشان داده شده است. پوشش گیاهی به‌دلیل ایجاد مقاومت بیشتر در برابر جریان و همچنین، زبری بیشتر نسبت به حالتی که پوشش گیاهی وجود ندارد، باعث کاهش ظرفیت انتقال آب شده و تراز سطح آب نسبت به حالت بدون پوشش کاهش می‌یابد. با توجه به شکل ۳، در تراکم ۵۰ درصد میزان افزایش سطح جریان بیشترین حالت و در تراکم درصد کمترین مقدار را دارا است.

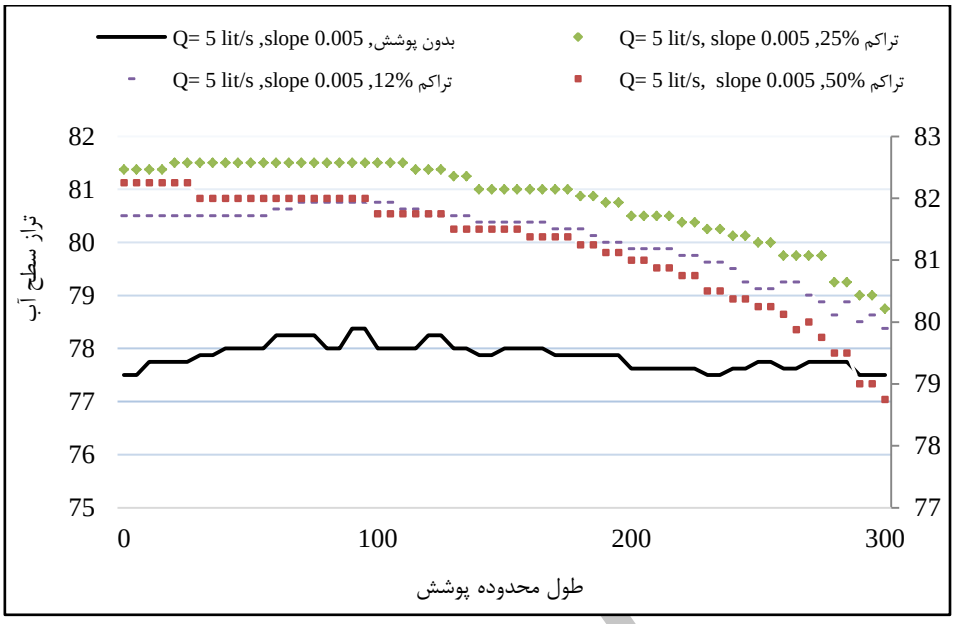
تغییرات سرعت جریان در تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی: در شکل ۴، تغییرات سرعت جریان در دبی پنج لیتر بر ثانیه تحت تراکم‌های ۱۲، ۲۵ و ۵۰ درصد نسبت به حالت بدون پوشش مورد مقایسه قرار گرفته شده است. بر اساس نمودار ارائه شده جریان در شرایط تحت پوشش گیاهی دارای سرعت کمتری نسبت به حالت بدون پوشش شده و با افزایش تراکم پوشش این کاهش به‌صورت چشم‌گیری ملاحظه می‌شود. افزایش سرعت جریان، منجر به کاهش زبری گیاهی می‌شود. عبور جریان با سرعت زیاد باعث فرسایش بستر در فضاهای خالی مابین پوشش گیاهی می‌شود. آبشستگی موضعی (در نتیجه ایجاد جریان

[1] Point gauge

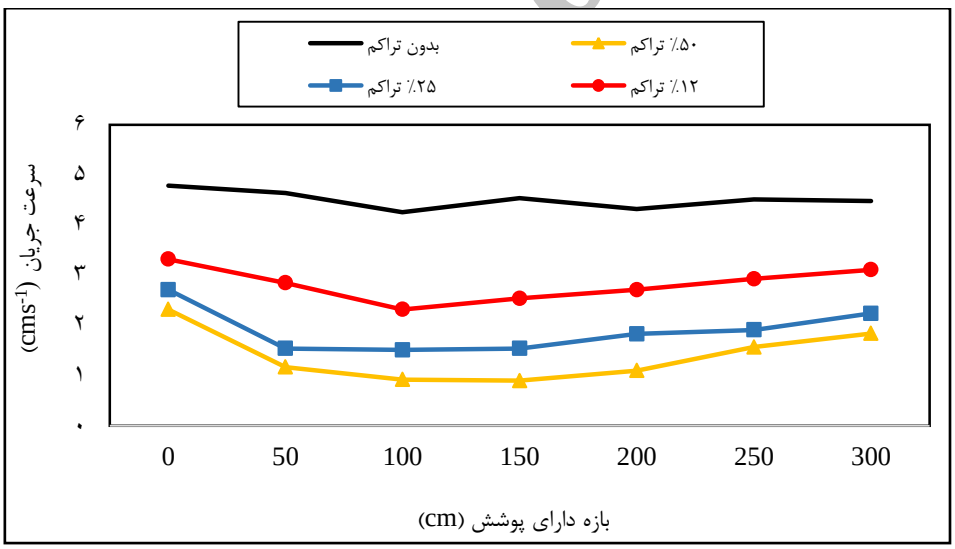
Archive of SID

www.SID.ir

گردابی سه‌بعدی) در اطراف ساقه گیاهان با شاخ و برگ زیاد می‌شود. ایجاد این نوع آبشستگی یا فرسایش گردابی در اطراف ساقه گیاهان دقیقاً مشابه آبشستگی ایجاد شده در اطراف پایه پل‌ها به‌دلیل ایجاد جریان گردابی است.



شکل ۳- رقوم ارتفاعی جریان در دبی پنج لیتر بر ثانیه و شیب ۰/۰۰۵ در تراکم‌های ۵۰، ۲۵ و ۱۲ درصد و بدون پوشش



شکل ۴- تغییرات سرعت جریان در دبی پنج لیتر بر ثانیه و شیب ۰/۰۰۵ و تراکم‌های ۱۲، ۲۵ و ۵۰ درصد

تغییرات عدد فروید جریان: عدد فروید[1] که بر مبنای تقسیم نیروی اینرسی بر نیروی ثقل است، یک معیار مناسب برای تعیین نوع جریان در کانال است. این عدد یک مقدار بدون بعد است که رژیم‌های مختلف جریان در کانال‌های باز را تشریح و طبقه‌بندی جریان به وجود آمده در فلوم با محاسبه عدد فروید تعیین می‌شود. تغییرات عدد فروید جریان در دبی پنج لیتر بر ثانیه و شیب ۰/۰۰۵ در شرایط تراکم‌های مختلف نسبت به حالت بدون پوشش در شکل ۵ نشان داده شده است. آنچه از این شکل مشاهده می‌شود، با وجود پوشش گیاهی در بستر آبراهه‌ها، عدد فروید جریان کمتر شده و جریان آرام‌تری نسبت به حالت

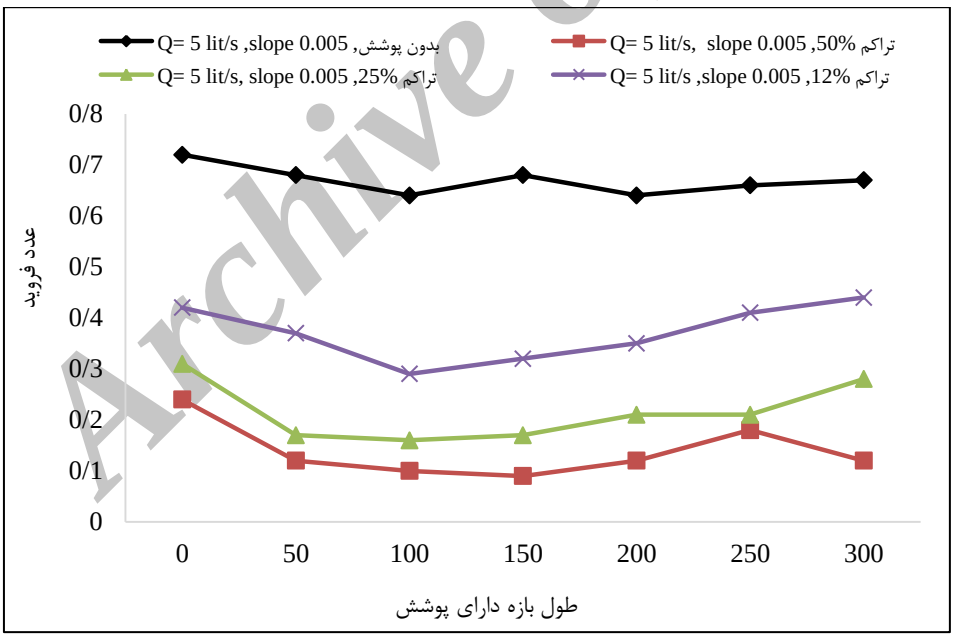
[1] Froude number

www.SID.ir

بدون پوشش مشاهده می‌شود. با کاهش تراکم پوشش و افزایش سرعت جریان، عدد فروید افزایش می‌یابد. پوشش گیاهی مقاومت بالایی در جریان ایجاد می‌کند و در نتیجه تراز آب را افزایش می‌دهد که باعث کاهش سرعت و ظرفیت جریان شده و جریان را کند می‌کند. همچنین، وجود شاخ و برگ در پوشش گیاهی سرعت متوسط را کاهش می‌دهد. جدول ۱ تغییرات سرعت متوسط جریان در طول محدوده پوشش گیاهی و در دبی پنج لیتر بر ثانیه و شیب پنج در هزار را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، حداکثر سرعت جریان در شرایط بدون پوشش و حداقل آن در شرایط حداکثر پوشش رخ می‌دهد. شکل ۶ تغییرات رقوم بستر کانال و سطح جریان آب را در آزمایش با دبی پنج لیتر بر ثانیه و شیب پنج در هزار در شرایط بدون پوشش و سه تراکم ۱۲، ۲۵ و ۵۰ درصد را به‌طور مقایسه‌ای نشان می‌دهد.

جدول ۱- سرعت متوسط جریان در طول منطقه پوشش در دبی پنج لیتر بر ثانیه، شیب پنج در هزار و تراکم‌های مختلف

نقاط (سانتی‌متر)	بدون تراکم	تراکم (۵۰ درصد)	تراکم (۲۵ درصد)	تراکم (۱۲ درصد)
۰	۴/۷۹	۲/۳۲	۲/۷۱	۳/۳۲
۵۰	۴/۶۴	۱/۱۷	۱/۵۴	۲/۸۵
۱۰۰	۴/۲۶	۰/۹۲	۱/۵۱	۲/۳۲
۱۵۰	۴/۵۴	۰/۹۰	۱/۵۴	۲/۵۴
۲۰۰	۴/۳۲	۱/۱۰	۱/۸۳	۲/۷۱
۲۵۰	۴/۵۱	۱/۵۷	۱/۹۱	۲/۹۳
۳۰۰	۴/۴۸	۱/۸۴	۲/۲۴	۳/۱۱



شکل ۵- تغییرات عدد فروید در شرایط با و بدون پوشش در تراکم‌های مختلف، دبی پنج لیتر بر ثانیه و شیب ۰/۰۰۵

استخراج رابطه تعیین ضریب زبری: داده‌های آزمایشگاهی مورد استفاده در مدل با تراکم پوشش گیاهی ۵۰ درصد در جدول ۲ ارائه شده است. در این پژوهش، با استفاده از نتایج کلیه داده‌های آزمایشی، به‌منظور استخراج روابط ضریب زبری مشاهده‌ای تحلیل رگرسیون چند متغیره و حداقل کردن مجموع مربعات بین مقادیر ضریب زبری منینگ با پارامترهای بدون بعد نسبت استغراق، عدد فروید و نسبت سرعت جریان صورت گرفته است. این تحلیل به تفکیک نوع تراکم برای دبی‌های سه، پنج و هفت لیتر بر ثانیه و

Archive of SID

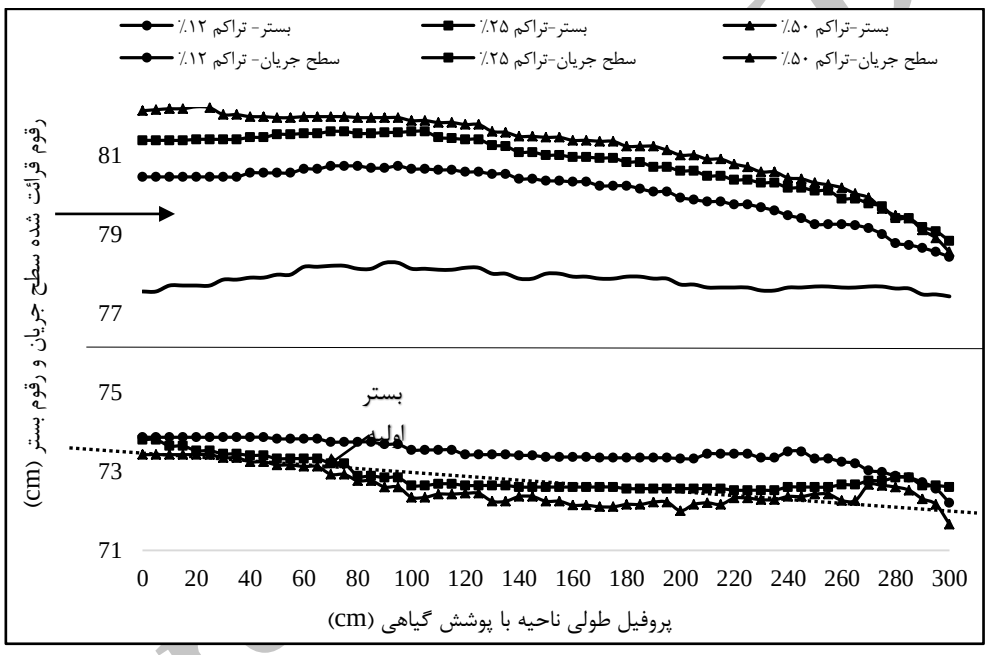
www.SID.ir

شیب‌های یک، سه و پنج در هزار انجام شد که نتیجه آن به‌صورت مدل پیشنهادی برای پوشش با تراکم ۵۰ درصد در روابط (۳) و (۴) ارائه شده است. در این روابط، y عمق جریان و y_{veg} ارتفاع پوشش گیاهی، u سرعت متوسط جریان، u^* سرعت برشی جریان، fr عدد فروید و n ضریب زبری منینگ می‌باشد. روابط با مجموع مربعات، خطای کمتر از $۶/۹\times۱۰^{-۹}$ حداقل تفاوت بین ضریب زبری مشاهده‌ای و محاسبه‌ای را نشان می‌دهد که بر این اساس روابط با اطمینان بالایی در شرایط مشابه قابل کاربرد هستند.

$$n = 0.19\left(y / y_{veg}\right)^{0.093}\left(u/u^*\right)^{-0.99} \qquad (۳)$$

$$n = 0.2\left(y / y_{veg}\right)^{0.088}\left(u/u^*\right)^{-1.01} fr^{0.017} \qquad (۴)$$

در جدول ۲ پارامترها به‌ترتیب، Q دبی جریان، S_0 شیب بستر، y عمق جریان، S_f شیب‌خط انرژی، n_{obs} ضریب زبری منینگ مشاهده‌ای و n_{cal} ضریب زبری منینگ محاسباتی است. در این پژوهش برای تراکم پوشش گیاهی ۵۰ درصد مجموع مربع خطاها برای محاسبه ضریب زبری منینگ و مقایسه با ضریب زبری مشاهده‌ای برابر $۶/۹\times۱۰^{-۹}$ با ضریب همبستگی ۰/۹۸ و متوسط مطلق خطا برابر با ۱۰/۸۸ درصد به‌دست آمده است.



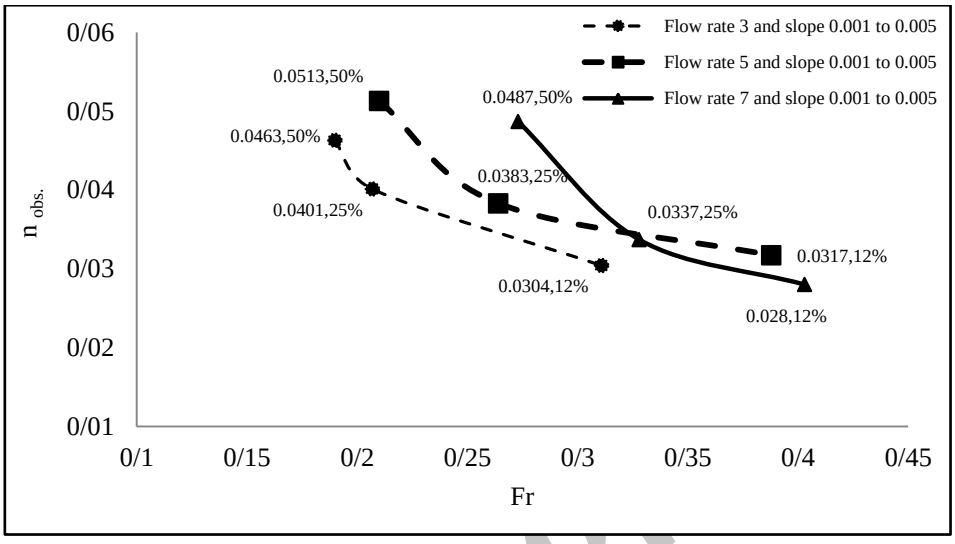
شکل ۶- تغییرات رقوم بستر و سطح جریان در آزمایش با دبی پنج لیتر بر ثانیه، شیب ۰/۰۰۵ در شرایط با و بدون پوشش گیاهی

جدول ۲- داده‌های آزمایشگاهی در مدل با تراکم پوشش ۵۰ درصد

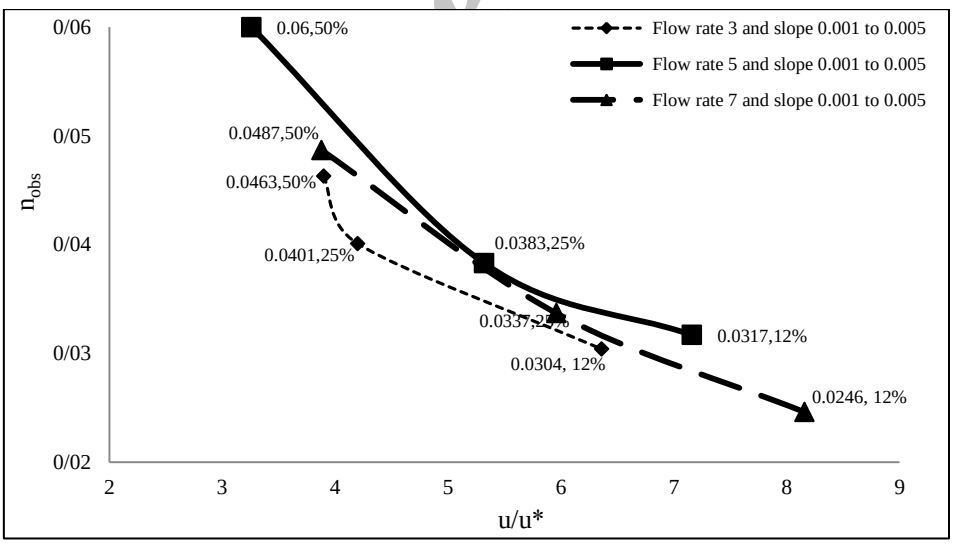
Q (Ls^{-1})	S_0	y (m)	S_f	n_{obs}	n_{cal}
۳	۰/۰۰۱	۰/۰۷۲	۰/۰۰۴۴	۰/۰۵۰۳	۰/۰۴۸۶
۳	۰/۰۰۳	۰/۰۶۸	۰/۰۰۳۷	۰/۰۴۳۵	۰/۰۴۷۶
۳	۰/۰۰۵	۰/۰۶۶	۰/۰۰۴۳	۰/۰۴۵۴	۰/۰۴۷۰
۵	۰/۰۰۱	۰/۰۹۵	۰/۰۰۹۰	۰/۰۶۵۸	۰/۰۵۴۱
۵	۰/۰۰۳	۰/۰۹۱	۰/۰۰۸۳	۰/۰۶۰۱	۰/۰۵۳۴
۵	۰/۰۰۵	۰/۰۸۸	۰/۰۰۸۷	۰/۰۵۸۱	۰/۰۵۲۵
۷	۰/۰۰۱	۰/۱۰۴	۰/۰۰۹۳	۰/۰۵۶۳	۰/۰۵۶۰
۷	۰/۰۰۳	۰/۱۰۱	۰/۰۰۷۲	۰/۰۴۷۰	۰/۰۵۵۴
۷	۰/۰۰۵	۰/۰۹۶	۰/۰۰۷۱	۰/۰۴۲۹	۰/۰۵۴۴

www.SID.ir

شکل ۶ تغییرات ضریب زبری منینگ با عدد فروید را در شیب‌های یک تا پنج در هزار و دبی سه تا پنج لیتر بر ثانیه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، در همه دبی‌های جریان و شیب‌ها با کاهش تراکم پوشش گیاهی ضریب زبری کاهش و عدد فروید افزایش می‌یابد. شکل ۷ تغییرات ضریب زبری منینگ با نسبت سرعت به سرعت برشی را که با افزایش نسبت سرعت ضریب زبری روند کاهشی دارد و با افزایش تراکم ضریب زبری روند افزایشی دارد را نشان می‌دهد. شکل ۸ تغییرات ضریب زبری منینگ را در شرایطی که با افزایش نسبت استغراق و تراکم پوشش گیاهی ضریب زبری افزایش می‌یابد، را نشان می‌دهد.



شکل ۶- تغییرات ضریب زبری منینگ نسبت به عدد فروید



شکل ۷- تغییرات ضریب زبری منینگ با نسبت سرعت

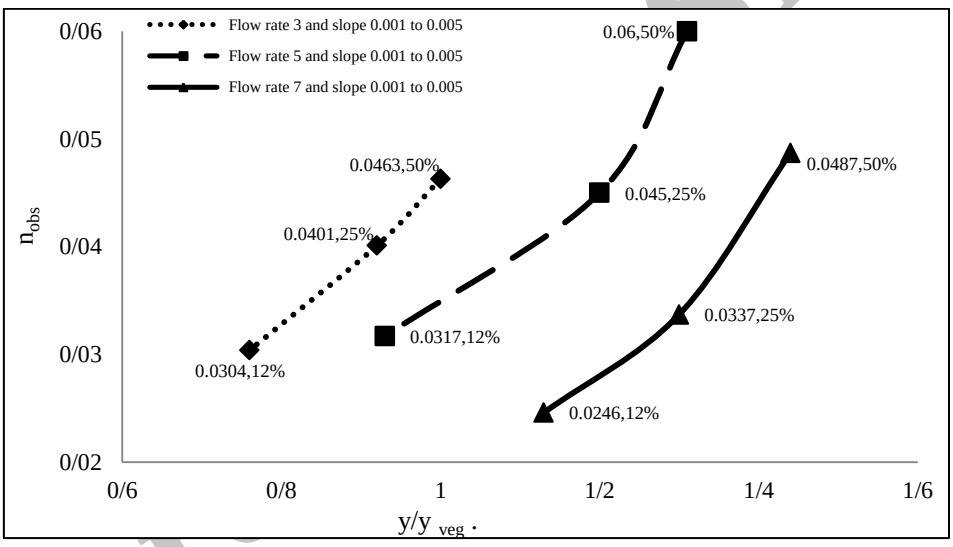
نتیجه‌گیری

- شناخت عوامل تشدیدکننده فرسایش و رسوب‌گذاری در کانال‌ها و رودخانه‌ها از جمله پوشش گیاهی از مسائل مهم در مدیریت شبکه‌ها است. افزایش سرعت جریان و نهایتا کاهش زبری گیاهی باعث می‌شود تا نقش پوشش گیاهی در نگهداری جریان کمتر شده و عبور جریان با سرعت زیاد باعث فرسایش بستر در فضاهای خالی مابین پوشش گیاهی می‌شود.
- رابطه بین عمق جریان و دبی به تراکم

www.SID.ir

پوشش گیاهی بستگی دارد، به‌طوری که برای دبی یکسان، عمق آب با افزایش تراکم پوشش گیاهی افزایش می‌یابد.

- افزایش در تراکم گیاهی منجر به افزایش مقاومت جریان و کاهش ضریب فشار عمودی می‌شود.
- پوشش گیاهی ظرفیت جریان را کاهش و جریان را کند می‌کند. وجود شاخ و برگ در پوشش گیاهی سرعت متوسط را کاهش می‌دهد.
- تراز سطح جریان به‌صورت کاهشی در طول منطقه پوشش پیش می‌رود، به‌طوری که بیشترین اختلاف سطح جریان در ابتدا و انتهای مسیر در شرایط دبی هفت لیتر بر ثانیه در شیب پنج در هزار و در تراکم ۵۰ در صد صورت گرفته است.
- اختلاف بین سطح جریان و بستر (عمق جریان) و همچنین دبی جریان، تحت تأثیر تراکم پوشش گیاهی قرارگرفته که وجود پوشش باعث ایجاد مقاومت در برابر جریان و افزایش عمق می‌شود.
- ته‌نشینی (تجمع ذرات) در انتهای پوشش در شرایط با تراکم کمتر، بیشتر مشاهده شده است.
- در تراکم۵۰ درصد هر چند سطح جریان نسبت به تراکم‌های ۱۲ و ۲۵ درصد بیشتر شده، ولی علی‌رغم تصور که با افزایش عمق، سرعت و فرسایش کمتر می‌شود. داده‌برداری در کل آزمایش‌ها نشان می‌دهد که بستر جریان دچار فرسایش بیشتری شده که عامل مهم آن‌ها می‌توان در ایجاد جریان‌های کوچک چرخشی با سرعت بسیار زیاد در محدوده بازه ۷۰ تا ۲۲۰ سانتی‌متری و ایجاد چاله در محدوده با پوشش گیاهی دانست.



شکل ۸- تغییرات ضریب زبری منینگ با نسبت استغراق

- بیشترین مقدار ضریب زبری دارسی و منینگ به‌ترتیب برابر با ۰/۸۶۵ و ۰/۰۶۵۸ مربوط به تراکم ۵۰ درصد بوده است. کمترین مقدار ضریب دارسی و منینگ به‌ترتیب برابر با ۰/۰۸۱ و ۰/۰۱۹۶ برای تراکم ۱۲ درصد است.
- با افزایش تراکم مقدار ضریب زبری افزایش و به‌تبع آن عدد فروید کاهش می‌یابد. با افزایش تراکم و همچنین، افزایش نسبت استغراق (عمق جریان) مقدار ضریب زبری منینگ افزایش پیدا می‌کند. آنچه در این پژوهش به آن پرداخته شد، تأثیر پوشش گیاهی در تراکم‌ها و دبی‌های مختلف بر هیدرولیک جریان و تغییر فرم بستر کانال‌های باز و رودخانه‌ها و تخمین میزان آبشستگی تحت شرایط مختلف با استفاده از فلوم آزمایشگاهی است.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی روابط و مدل پیشنهادی برآورد ضریب زبری و شرایط هیدرولیکی این پژوهش در بازه‌ای از رودخانه با شرایط مشابه و با داده‌های میدانی مورد بررسی در یک مدل آزمایش فیزیکی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از نتایج طرح تحقیقاتی بررسی آزمایشگاهی اثر پوشش درختی و درختچه‌ای بر

www.SID.ir

فرسایش و رسوب در بستر مسیل‌ها می‌باشد، بدین‌وسیله از همکاری ارزشمند مدیریت و کارشناسان محترم پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به‌ویژه کارکنان آزمایشگاه هیدرولیک به‌دلیل همکاری ارزشمندی که در انجام این پژوهش داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Copeland, R.R. 2000. Determination of flow resistance coefficients due to shrubs and woody vegetation. US Army Corps of Engineers, ERDC/HCL CHETN-VIII-3.
2. Drikvaandi, Kh., M. Fatehi Moghadam, A. Masjedi and M. Bina. 2012. Evaluation effect of density and flaxibility of non-submerged vegetation on river banks and floodplains on the friction factors. Iran-Water Resources Research, 8(2): 24-35 (in Persian).
3. Ebrahimi, N.Gh. 2008. The effect of vegetation on the flow strength and determination of roughness. PhD Thesis, Chamran University, Ahvaz, 125 pages (in Persian).
4. Ebrahimi, N.Gh., M. Fathi Moghadam, M. Kashefipour, M. Saneie and K. Ebrahimi. 2008. Effect of flow and vegetation states on river roughness coefficients. Journal of Applied Sciences, 8(11): 2118-2123.
5. Gholinezhad, J., A. Zahiri, A. Dehghani, E. Mahdavi and J. Khandoozi. 2012. The effect of vegetation on the floodplains hydraulic flow. First National Conference on Civil Engineering, Zibakenar, Iran (in Persian).
6. Jarvela, J. 2002. Flow resistance of flexible and stiff vegetation: a flume study with natural plants. Journal of Hydrology, 269: 44-54.
7. Nehal, L., A. Hamimed and A. Khaldi. 2013. Experimental study on the impact of emergent vegetation on flow. 7th International Water Technology Conference, IWTC 14. 5-7 November 2013, Istanbul, Turkey.
8. Nehal, L., Z.M. Yan, J.H. Xia and A. Khaldi. 2012. Flow through non-submerged vegetation: A flume experiment with artificial vegetation. 6th International Water Technology Conference, IWTC 16 2012, Istanbul, Turkey.
9. Nikmanesh, M. 2011. Predict the impact of vegetation on the banks and riverbed hydraulic roughness coefficient in Shiraz River. Journal of Science and Water Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Khozestan (in Persian).
10. Ruei, K., Ch. Hsun-Chuan, Ch. You-Cheng. 2014. Influence of the bank vegetation on the river bed variations. Affiliation. EGU General Assembly, in Vienna, Austria, id.10571.
11. Xia, J. and L. Nehal. 2013. Hydraulic features of flow through emergent bending aquatic vegetation in the riparian zone. Journal of Water, 5: 2080-2093.

Archive of SID

www.SID.ir

The impact of waterways bed's vegetation on flow hydraulic and bed form

Nadergholi Ebrahimi[*1], Azim Shirdeli[2], Ebrahim Nikkhah Javan[3] and Majid Hosseini[4]
[1 and 4] Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, [2] Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran and [3] MSc Student, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran

Received: 07 October 2015 Accepted: 07 February 2016

Abstract

The riverbed and margin vegetation cause to increase in roughness against flow, decrease in average flow velocity, reduce water-energy, and alterations in layer velocity distribution (the flow velocity profile) across the river. In current experimental research, the effect of branching vegetation on the stream flow and bed formation is analyzed. The flow conditions are examined in experimental channel with seven meter length, 25 cm width and height through different flow rates (3,5,7 $L.s^{-1}$) and slopes of 0.001, 0.003, 0.005 percent and densities of vegetation of 50, 25 and 12 percent. According to the processed data, it can be implied that the difference between flow level, substrate, and rate is affected by vegetation density; thereby existence of vegetation causes resistance to flow and depth increment. In all experiments, through the vegetation density increment, the bed erosion increases compared with the primary condition in which the most and least alterations are observed in 50 and 12 percent densities, respectively. In the condition of equal flow rate with density increment, the flow depth is increased. The bed particle displacement in the section covered by vegetation is increased through density increment in which flow level in 50 is more than 25 and 12 percent, as well as, at this density, the bed has been more eroded and more changed in form, compared to earlier surface and sedimentation at the end of section covered by vegetation is appeared frequent under less density.

Keywords: Erosion, Experimental channel, Density, Flow substrate, Vegetation

Archive of SID

[*] Corresponding author: nebrahimi81@yahoo.com

www.SID.ir