نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره1، جلد 11، فروردین - اردیبهشت 1396، ص. 45-35

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 11, Apr.-May. 2017, p. 35-45

بررسی تاثیر شیب بر ضریب رواناب سطوح با جنس‌های مختلف تحت بارندگی طبیعی

قربان مهتابی[1]، فرشید تاران[2*]

تاریخ دریافت: 1395/03/19 تاریخ پذیرش: 1395/6/16

چکیده

مطالعه فرایندهای تولید رواناب و ارزیابی عوامل موثر بر آن از نیازهای مدیریت صحیح منابع آب و خاک است. این پژوهش به منظور بررسی اثر شیب بر ضریب رواناب سطوح با جنس‌های مختلف انجام گرفت. به این منظور شش سطح سیمانی، چمن طبیعی، آسفالت، ایرانت، سنگ‌فرش و ایزوگام، هرکدام به مساحت 1 متر مربع در سه شیب 5، 10 و 15 درصد در محیط روباز در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان آماده گردید. پس از وقوع سه بارندگی بر روی این سطوح، حجم رواناب تولید شده بر روی آن‌ها اندازه‌گیری و مقدار ضریب رواناب سطوح محاسبه گردید. مقایسه نتایج هریک از سطوح با شیب یکسان در سه رخداد بارندگی مختلف تغییر قابل توجهی در مقادیر ضریب رواناب هر سطح نشان نداد. سطوح ایزوگام و ایرانت با مقادیر به ترتیب برابر 0/99-0/96 و 0/97-0/92 دارای بیش‌ترین ضریب رواناب بودند. هم‌چنین ضریب رواناب سطوح سنگی با مقدار 0/90-0/81 به طور متوسط 11 درصد بیش‌تر از سطوح سیمانی (0/82-0/67) بود. نتایج شیب‌های مختلف نشان داد که در سطوح چمن، سیمان و آسفالت، اختلاف قابل توجهی بین ضریب رواناب شیب‌های 5، 10 و 15 درصد وجود دارد. در سطح چمن، با افزایش شیب، مقدار ضریب رواناب افزایش قابل توجهی داشت (حدود 15 درصد). در سطح سیمان و آسفالت نیز با افزایش شیب، ضریب رواناب به ترتیب 7 و 9 درصد افزایش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بارندگی، جنس سطح، شیب سطح، ضریب رواناب

مقدمه

امروزه با توسعه روزافزون شهرها و احداث انواع تاسیسات شهری از قبیل اتوبان‌ها، فرودگاه‌ها، خیابان‌ها و معابر عمومی، شدت و حجم تولید رواناب در مناطق شهری به علت کاهش نفوذپذیری اراضی افزایش یافته است. افزایش حجم رواناب در اثر شهری شدن مناطق طبیعی می‌تواند علاوه بر ایجاد اختلال در فعالیت‌های عادی مردم، اماکن و تاسیسات شهری، مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی را با خطر مواجه کند. سطوح روکش شده شهری نظیر پشت بام ساختمان-ها، آسفالت خیابان‌ها و انواع پیاده‌روها مانعی در برابر نفوذ آب باران به داخل خاک و تغذیه آب‌های زیرزمینی بوده و بخش اعظمی از بارندگی را به رواناب سطحی تبدیل می‌کنند (مرادی، 1380). از این رو، چنان‌چه رواناب حاصل از بارندگی، جمع‌آوری شده و مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند علاوه بر کاهش مشکلات موجود، موجب صرفه-جویی در مصرف آب شهری شود. این موضوع به ویژه در کشورهای خشک مانند ایران که مسئله کمبود آب در پهنه وسیعی از آن وجود دارد، حایز اهمیت است.

در بیش‌تر مناطق ایران، رواناب حاصل از بارندگی از منابع اصلی آب محسوب شده و اهمیت خاصی در تامین آب مورد نیاز کشاورزی، صنعتی و شرب دارد. بر این اساس و با توجه به اهمیت مهار آب‌های سطحی، نیاز به شناسایی نحوه واکنش سطوح مختلف شهری به بارندگی جهت برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و استفاده بیش‌تر و بهتر از پتانسیل‌های آن‌ها به شدت احساس می‌شود (زینی‌وند، 1393). در واقع ایجاد یک مدیریت صحیح شهری جهت کنترل و استفاده بهینه از آب‌های سطحی ناشی از بارندگی و اعمال اقدامات پیش‌گیرانه در راستای کاهش خسارات ناشی از خشک‌سالی یا سیل، نیازمند شناختی دقیق از فرایند پیچیده تولید رواناب و آگاهی از واکنش سطوح مختلف شهری به شدت و مقدار بارندگی است.

رواناب به عنوان بخشی از نزولات آسمانی رسیده به سطح خاک، هنگامی به وجود می‌آید که شدت بارندگی بیش‌تر از سرعت نفوذ آب به خاک باشد (Gupta., 2002). بخشی از بارندگی که به طور مستقیم به رواناب تبدیل می‌شود، ضریب رواناب نامیده می‌شود. مفهوم ضریب رواناب در طرح و محاسبات شاخه‌های مختلف علوم مهندسی آب به کار می‌رود. از این ضریب به عنوان پارامتری برای نشان دادن میزان رواناب تولیدی استفاده می‌شود و کاربرد آن در

1- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان
2- دانشجوی دکترای گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: (E-mail: farshidtaran@gmail.com

دست‌یابی به مدل‌های فراوانی سیل است که در آن‌ها با استفاده از میزان بارندگی، فراوانی سیل تخمین زده می‌شود و در مهار آن به کار برده می‌شود (Sivapalan et al., 2005).

بر اساس مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که عوامل متعددی در تولید رواناب موثر هستند. بلانکو جانکی و لال اظهار داشتند که مقدار رواناب تحت تاثیر خصوصیات خاک (بافت، ساختمان، نفوذپذیری و رطوبت اولیه)، خصوصیات باران (شدت و مدت)، شیب و خصوصیات سطح قرار دارد (Blanco-Canqui and Lal., 2008). به طور کلی، شناخت این عوامل می‌تواند در ارایه پیشنهادهای مدیریتی مفید واقع شود. برای حصول چنین شناختی، تاکنون تحقیقات زیادی انجام گرفته است. ناواس با استفاده از شبیه‌ساز باران به مطالعه تولید رسوب در بوته‌زارهای نیمه‌خشک اسپانیا پرداخت و نتیجه گرفت که شیب، پوشش گیاهی و نوع خاک به طور قابل توجهی بر مقدار رواناب و رسوب تاثیر دارد و بیش‌ترین مقدار رواناب در کرت‌های با شیب تند ایجاد می‌شود (Navas., 1993). شارپلی و کلینمن از دو شبیه‌ساز باران که بارندگی را در دو پلات با مساحت‌های 2 و 36/6 متر مربع اعمال می‌کردند، برای برآورد جریان سطحی در سه کاربری پوشیده از علف، بدون کشت محصول و مزارعی که به تازگی تحت کنترل قرار گرفته بودند، استفاده نمودند. نتایج نشان داد که مقدار رواناب در پلات کوچک‌تر بیش‌تر از پلات بزرگ‌تر است، زیرا در پلات بزرگ‌تر مدت زمان بیش‌تری طول می‌کشد تا خاک به حد اشباع برسد (Sharply and Kleinman., 2003). کردان و همکاران رواناب حاصل از بارندگی را در سه حوضه با مساحت‌های مختلف در فرانسه جهت مطالعه تاثیرات مساحت حوضه بر فرایند تولید رواناب بررسی نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که با افزایش مساحت حوضه‌ها، میزان رواناب تولیدی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Cerdan et al., 2004). مرز و همکاران مقادیر ضریب رواناب را با استفاده از داده‌های ساعتی رواناب، بارندگی و هم‌چنین تخمین‌هایی از بارش برف محاسبه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که توزیع مکانی ضریب رواناب با میانگین بارش سالانه همبستگی زیاد و با نوع خاک و کاربری اراضی همبستگی اندکی دارد (Merz et al., 2006). وهابی و مهدیان به منظور مطالعه اثر شیب، پوشش گیاهی، بافت خاک و رطوبت اولیه خاک بر رواناب در حوضه طالقان از یک شبیه‌ساز باران در پلاتی به مساحت 1/2×0/89 مترمربع استفاده نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که پوشش گیاهی و رطوبت اولیه خاک به ترتیب بیش‌ترین تاثیر منفی و مثبت را بر رواناب دارد، ولی درصد شیب همبستگی اندکی با رواناب دارد (Vahabi and Mahdian., 2008). کلارستاقی و همکاران (1387) تولید رواناب و رسوب را در تیمارهای مختلف کاربری کشاورزی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج 9 رخداد بارش نشان داد که بیش‌ترین مقدار ضریب رواناب مربوط به تیمار شاهد بدون اعمال شخم (21/24 درصد) و کم‌ترین ضریب رواناب مربوط به تیمار کشت روی تراس (7/08 درصد) بوده است. گل‌محمدی و همکاران (1387) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های زمین آمار، تغییرات مکانی ضریب رواناب سالانه را در استان همدان مورد بررسی قرار داده و اقدام به منطقه‌ای نمودن ضریب رواناب در این استان نمودند. آن‌ها در مطالعه خود به دلیل وجود همبستگی بالا بین مقادیر ضریب رواناب و شیب متوسط حوضه‌ها، از شیب به عنوان متغیر کمکی در برآوردهای مربوطه استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ضریب رواناب در استان همدان بین 3/5 تا 85 درصد متغیر است. ارشم و همکاران (1388) با استفاده از شبیه‌ساز باران به بررسی اثر رطوبت‌های قبلی خاک بر مقادیر رواناب پرداختند. آن‌ها سه نوع خاک با بافت سنگین، متوسط و سبک با کاربری زراعی در چهار سطح رطوبتی و در دو شیب 5 و 15 درصد انتخاب کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بین دو شیب 5 و 15 درصد، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در رواناب تولیدی وجود ندارد. بخشی تیرگانی و همکاران (1390) در مقایسه تولید رواناب در دو کاربری مرتع و دیم با شیب‌های 5 درصد با استفاده از شبیه‌ساز باران نتیجه گرفتند که حجم رواناب در کاربری مرتع 2/3 برابر کاربری دیم‌زار است. آن‌ها دلیل این موضوع را شروع زودتر رواناب در اثر کاهش تخلخل ظاهری خاک در مرتع به علت چرای شدید دام بیان نمودند. جوادی و همکاران (1390) با استفاده از شبیه‌ساز باران به بررسی پتانسیل تولید رواناب در واحدهای کاری مختلف در حوضه آبخیز نومه‌رود در شهرستان نور در شمال ایران پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که از نظر مقدار رواناب، اختلاف معنی‌داری بین واحدهای کاری وجود دارد. تحقیق آن‌ها نشان داد که تولید رواناب در اراضی مرتعی بیش‌تر از اراضی کشاورزی رها شده است. عبدی‌نژاد و همکاران (1390) با استفاده از شبیه‌ساز باران به ارزیابی میزان تولید رواناب در واحدهای مارنی استان زنجان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در هر دو شیب 5 و 20 درصد، محدوده تغییرات حجم رواناب تولیدی در واحدهای مارنی مورد بررسی در یک سطح نزدیک به هم نوسان دارد و تاثیر شیب بر میزان رواناب تولیدی معنی‌دار نیست. زارع خورمیزی و همکاران (1391) با استفاده از شبیه‌ساز باران، اثر شیب و خصوصیات خاک را بر رواناب در حوضه آبخیز چهل‌چای استان گلستان بررسی کردند. آن‌ها از سه طبقه شیب 10-0، 30-10 و بیش از 30 درصد برای انجام آزمایش‌های بررسی پتانسیل تولید رواناب استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که میزان رواناب در شیب بیش از 30 درصد نسبت به سایر طبقات شیب بیش‌تر است. زنگنه اینالو و همکاران (1392) تاثیر شیب و تراکم کشت را بر تولید رواناب در آبیاری‌های گان و جویچه‌ای مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که مقدار شیب اثر کاملا معنی‌داری بر حجم رواناب دارد. به طوری که حجم رواناب تولید شده در شیب 1 درصد نسبت به شیب 3 درصد اختلاف معنی‌داری داشت و کم‌تر از آن بود. عباسی و همکاران (1393) برای بررسی پتانسیل استحصال آب باران در

حوضه‌های آبخیز شهری اقدام به نصب باران‌نگار و لیمنوگراف نموده و مقادیر حجم رواناب و ضریب رواناب ناشی از بارندگی‌های با عمق و شدت متفاوت را به دست آوردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که ضریب رواناب در فصل‌های بهار، پاییز و زمستان متفاوت از یکدیگر است.

با توجه به مطالعات اشاره شده، هنوز تاثیر قطعی عوامل مختلف بر رواناب تولیدی و ضریب رواناب سطوح مختلف به خصوص سطوح شهری به طور کامل مشخص نیست و نیاز به بررسی بیش‌تری در این باره وجود دارد. در این تحقیق، تاثیر شیب بر تولید رواناب سطوح با جنس‌های مختلف و ضرایب رواناب آن‌ها در شرایط بارندگی طبیعی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، از شش جنس مختلف برای ایجاد سطوح استفاده شد. هریک از این سطوح در سه شیب مختلف در شرایط میدانی قرار داده شدند و پس از وقوع سه رخداد بارندگی، تجزیه و تحلیل بر روی داده‌ها جهت محاسبه رواناب تولید شده و ضریب رواناب آن‌ها انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان با ارتفاع 1575 متر از سطح دریا، مختصات جغرافیایی ''44 '25 °48 طول شرقی و ''52 '01 °36 عرض شمالی و میانگین بارندگی 280 میلی‌متر انجام شد. ابتدا قطعه‌ای از زمین به مساحت 5×12 مترمربع تسطیح و ناهمواری‌های آن حذف گردید. سپس این قطعه به سه ردیف طولی تقسیم شد. در هریک از ردیف‌های طولی با استفاده از خاک مزرعه، 6 سطح به مساحت 1×1 متر مربع ایجاد شد. به طوری که شیب سطوح ایجاد شده در این ردیف‌ها به ترتیب برابر با 5، 10 و 15 درصد بود. در هر طبقه شیب (5، 10 و 15 درصد)، از شش جنس مختلف شامل سیمان، چمن طبیعی، آسفالت، ایرانت، سنگ‌فرش و ایزوگام برای روکش نمودن سطوح استفاده شد. این جنس‌ها متناسب با مساحت سطوح تهیه و در محل نصب شدند و در مجموع 18 سطح شیب‌دار ایجاد گردید. شکل 1 نمایی از محل آزمایش و سطوح مختلف را نشان می‌دهد. برای جمع‌آوری رواناب ایجاد شده بر روی سطوح مورد مطالعه، از ناودان‌هایی با جنس پلی‌اتیلن استفاده شد. جهت جلوگیری از خروج رواناب از سطوح به کناره‌ها، در اطراف تمام سطوح (به جز سمت منتهی به ناودان) با استفاده از سیمان، دیواره‌هایی به ارتفاع 2 سانتی‌متر ایجاد شد. در انتهای هر سطح و در کنار ناودان‌ها چاله‌ای برای قرار دادن قوطی حلبی جهت جمع‌آوری و اندازه‌گیری رواناب حفر گردید. برای این که رواناب تخلیه شده به ناودان‌ها بتواند به داخل قوطی‌ها هدایت شود، به ناودان‌ها نیز شیب اندکی در جهت قوطی‌ها داده شد. در شکل 2 شماتیکی از نحوه جمع شدن رواناب نشان داده شده است.

در طول اسفند ماه سال 1394 بارندگی منطقه رصد گردید و مقادیر رواناب بارندگی‌هایی اندازه‌گیری شد که در زمان وقوع آن‌ها، سطوح مورد مطالعه خشک بودند. به عبارت دیگر، طبق داده‌های بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی منطقه، حداقل 5 روز قبل از هر بارندگی، هیچ بارندگی دیگری رخ نداده بود. پس از سه رخداد بارندگی در تاریخ‌های 4، 9 و 26 اسفند، اقدام به جمع‌آوری و اندازه‌گیری وزن آب داخل قوطی‌ها و در نهایت حجم این آب‌ها شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بارندگی نیز از باران‌نگار موجود در مزرعه استفاده شد. ارتفاع سه رخداد بارندگی به ترتیب برابر 13/4، 11/8و 3/9 میلی‌متر بود. مدت این بارش‌ها نیز به ترتیب حدودا برابر با 5 ساعت، 4 ساعت و 20 دقیقه و 1 ساعت و 15 دقیقه بود. با استفاده از رابطه 1 و با در دست داشتن مساحت سطوح، ارتفاع بارندگی‌ها و حجم رواناب‌ها، ضریب رواناب برای تمام سطوح و تمام شیب‌ها محاسبه گردید.

$$V=CIA \quad (1)$$

که در آن، V حجم رواناب (لیتر)، I ارتفاع بارندگی (میلی‌متر)، A مساحت سطح (متر مربع) و C ضریب رواناب (بدون واحد) است.

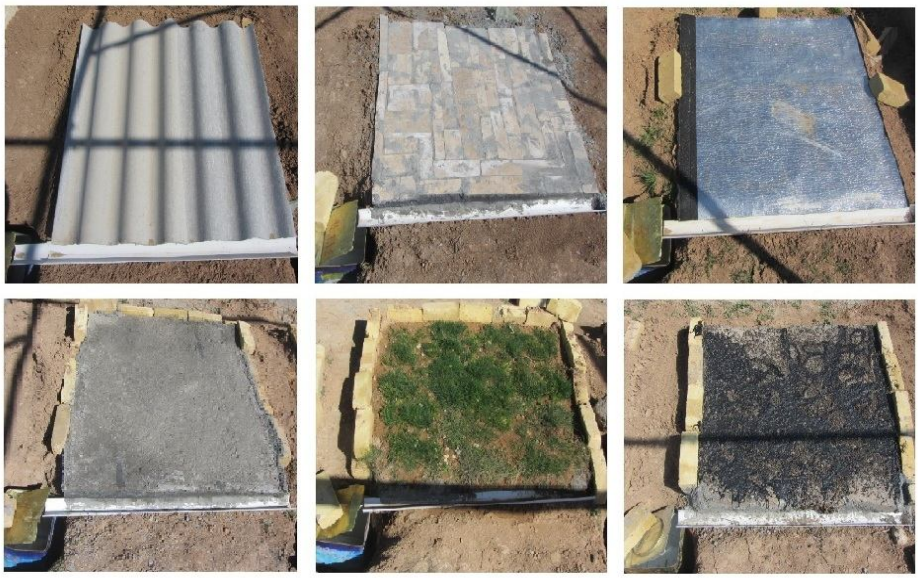
نتایج و بحث

با توجه به وجود 6 نوع سطح، 3 طبقه شیب و 3 رخداد بارندگی، در مجموع 54 مورد نمونه‌برداری از حجم رواناب ایجاد شده انجام گرفت و ضریب رواناب مربوط به هرکدام، با استفاده از رابطه 1 محاسبه شد. مقادیر ضریب رواناب انواع سطوح مورد بررسی به ازای سه ارتفاع مختلف بارندگی برای شیب‌های 5، 10 و 15 درصد به ترتیب در شکل‌های 3، 4 و 5 ارایه شده است. مقایسه مقادیر ضریب رواناب هر یک از سطوح در سه بارندگی مذکور نشان می‌دهد که ارتفاع بارندگی تاثیر قابل توجهی بر مقدار ضریب رواناب نداشته است. با توجه به مدت زمان سه بارندگی، این بارندگی‌ها تقریبا شدت یکسانی داشته و بنابراین تاثیر شدت بارندگی بر ضریب رواناب همانند ارتفاع آن، قابل توجه نبود.

همان‌طور که در شکل‌های 3، 4 و 5 دیده می‌شود، سطوح ایزوگام و ایرانت دارای بیش‌ترین ضریب رواناب به ترتیب برابر با 0/99-0/96 و 0/97-0/92 بودند. کویچلینگ و تامپسون مقدار ضریب رواناب را برای سطوح پشت بام‌ها بین 0/75 تا 0/95 توصیه کرده‌اند (Kuichling., 1889 و Thompson., 2006). هم‌چنین در طرح انجام شده توسط انجمن سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران (2012) در زمینه استحصال آب باران از سطح پشت بام برای استفاده در فلاش‌تانک توالت‌ها، مقدار ضریب رواناب ایزوگام برابر 0/80 در نظر گرفته شده است. سطح چمن نیز با مقادیر حدود 0/26-0/07 کم‌ترین ضریب رواناب را داشت. مقدار توصیه شده برای ضریب رواناب سطوح فضای سبز توسط کویچلینگ و تامپسون حدود 0/25-

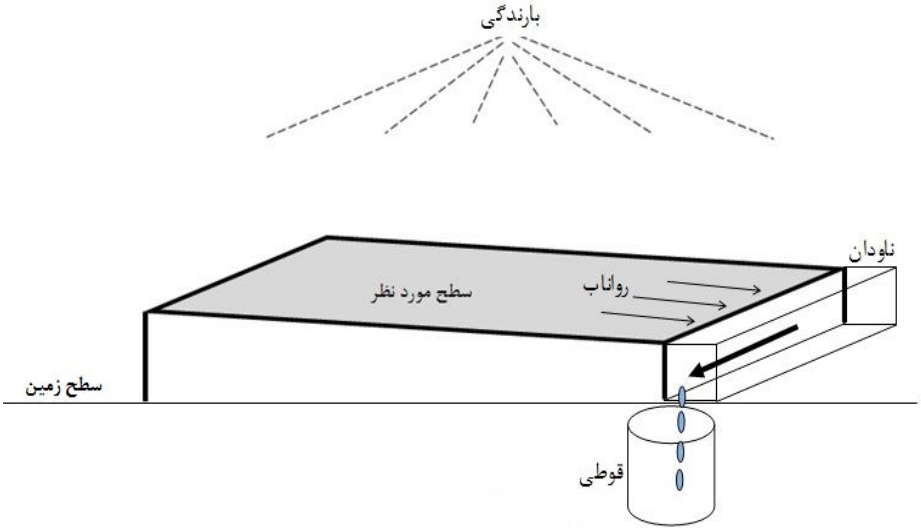
0/10 توصیه شده است (Kuichling., 1889 و Thompson., 2006) که نتایج این تحقیق نیز تقریبا در این محدوده قرار دارد. پوشش گیاهی از طریق دریافت باران موجب تبخیر بخشی از آن و انتقال آهسته بخش دیگر به سطح زمین می‌شود و در عین حال با ایجاد مانع در مقابل حرکت آب روی سطح زمین موجب افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌گردد. بدین ترتیب پوشش گیاهی تاثیر قابل ملاحظه‌ای روی رواناب سطحی به جای می‌گذارد (همت‌زاده و همکاران، 1388). مقایسه نتایج سطوح سنگ‌فرش و سیمان نیز نشان می‌دهد که ضریب رواناب سطوح سنگی با مقادیر 0/90-0/81 حدود 11 درصد بیش‌تر از سطوح سیمانی (0/82-0/67) بوده است. سطح سیمان به علت جذب بیش‌تر آب و خیس شدن در مراحل ابتدایی بارندگی، ضریب رواناب کم‌تری نسبت به سطح سنگی دارد. پاسی و کوللیس با مطالعه سطوح مختلف شهری در تولید رواناب، مقدار ضریب رواناب سطوح سنگی و سیمانی را به ترتیب 0/90-0/80 و0/80-0/60 توصیه کردند (Pacey and Cullis., 1989) که هم‌خوانی خوبی با نتایج این تحقیق دارد. البته برخی از محققین مانند کویچلینگ و تامپسون نیز ضریب رواناب سطوح سیمانی را بین 0/95-0/80 توصیه نموده‌اند (Kuichling., 1889 و Thompson., 2006).

الف) نمایی از محل آزمایش



ب) سطوح با جنس‌های مختلف

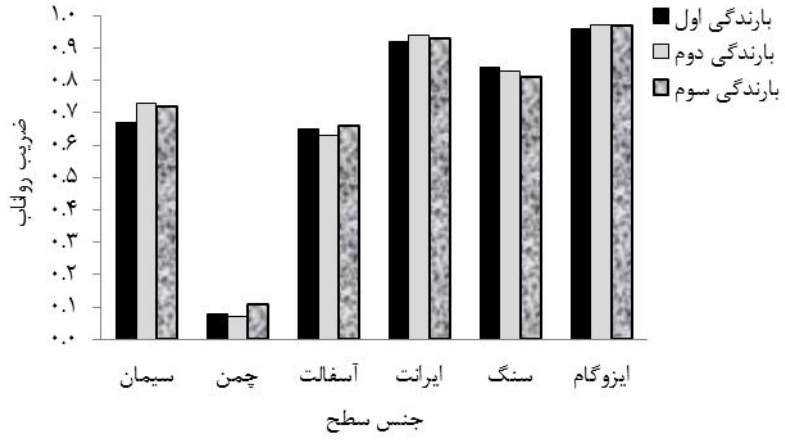
شکل 1- الف) نمایی از محل آزمایش ب) سطوح با جنس‌های مختلف



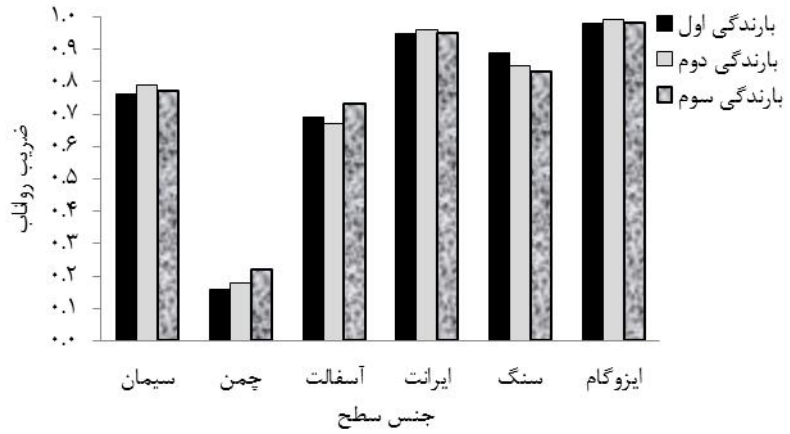
شکل 2- نحوه جمع‌آوری رواناب از هر سطح

در تحقیق حاضر، مقادیر ضریب رواناب برای سطح آسفالت تقریبا برابر با 0/74-0/63 به دست آمد. سطح آسفالت به علت داشتن خوردگی و درز و ترک‌های ناشی از کهنگی و در نتیجه وقوع تلفات در طول بارندگی، مقدار ضریب رواناب کم‌تری نشان داد. رامیر و همکاران با استفاده از لایسیمتر، میزان نفوذ آسفالت و رواناب آن را مورد بررسی قرار داده و ضریب رواناب آسفالت را برابر با 0/74 به دست آوردند (Ramier et al., 2004). دریلین و همکاران به بررسی ضریب رواناب در پارکینگ پوشیده شده از آسفالت پرداخته و نتیجه گرفتند که مقدار آن بین 0/35 تا 0/93 متغیر است (Dreelin et al., 2006). هم‌چنین ایمتیاز و همکاران ضریب رواناب را برای آسفالت برابر 0/85 بیان نمودند (Imteaz et al., 2012). مقدار ضریب رواناب توصیه شده توسط کویچلینگ و تامپسون برای سطح آسفالت نیز بین 0/70 تا 0/95 است (Kuichling., 1889 و Thompson., 2006).

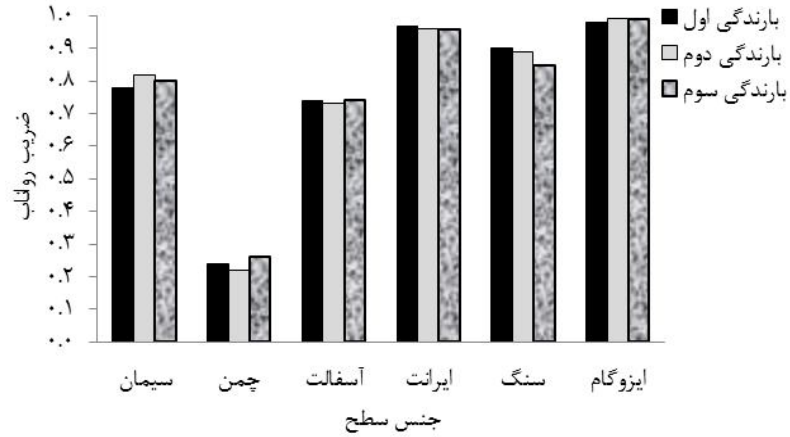
به منظور مقایسه تغییرات ضریب رواناب سطوح در شیب‌های مختلف و درک نحوه تاثیر شیب در مقادیر ضریب رواناب، مقادیر ضریب رواناب سطوح مختلف به ازای شیب‌های مختلف در شکل‌های 6، 7 و 8 به ترتیب برای بارندگی اول، دوم و سوم ارایه شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها مشخص است، در سطح چمن، با افزایش شیب، مقدار ضریب رواناب افزایش قابل توجهی داشته است. به طوری که مقدار متوسط آن از 0/09 در شیب 5 درصد به 0/24 در شیب 15 درصد رسیده است. به عبارت دیگر مقدار ضریب رواناب تقریبا 15 درصد افزایش یافته است. به طور کلی افزایش شیب موجب کاهش فرصت نفوذ و افزایش شدت رواناب می‌شود (ارشم و همکاران، 1388).



شکل 3- مقادیر ضریب رواناب سطوح مختلف در سه بارندگی به ازای شیب 5 درصد



شکل 4- مقادیر ضریب رواناب سطوح مختلف در سه بارندگی به ازای شیب 10 درصد



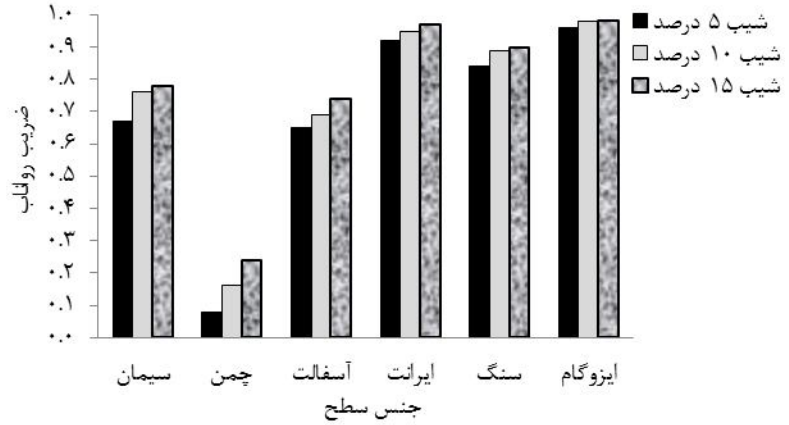
شکل 5- مقادیر ضریب رواناب سطوح مختلف در سه بارندگی به ازای شیب 15 درصد

در سطح سیمان، مقدار متوسط ضریب رواناب از 0/71 در شیب 5 درصد به 0/78 در شیب 10 رسید. به عبارتی حدود 7 درصد افزایش یافت. اما تفاوت فاحشی بین ضرایب رواناب مربوط به شیب‌های 10 و 15 درصد مشاهده نشد (اختلاف 2 درصد). در سطح سیمان، عمده تلفات آب در مرحله ابتدایی بارندگی (جذب آب و خیس شدن سیمان) رخ می‌دهد. به نظر می‌رسد با افزایش شیب از 5 درصد به 10 درصد، فرصت جذب آب و خیس شدن سیمان کاهش و میزان رواناب نیز افزایش یافته است. ولی در ادامه، اثر افزایش شیب تاثیر قابل توجهی در مقدار رواناب نداشته است. در دو سطح ایزوگام و ایرانت، افزایش شیب تاثیر فاحشی در افزایش ضریب رواناب نداشت. به طوری که مقدار متوسط ضریب رواناب ایزوگام از 0/97 تا 0/99 (اختلاف 2 درصد) و ایرانت از 0/93 تا 0/96 (اختلاف 3 درصد) برای شیب 5 تا 15 درصد تغییر داشت.

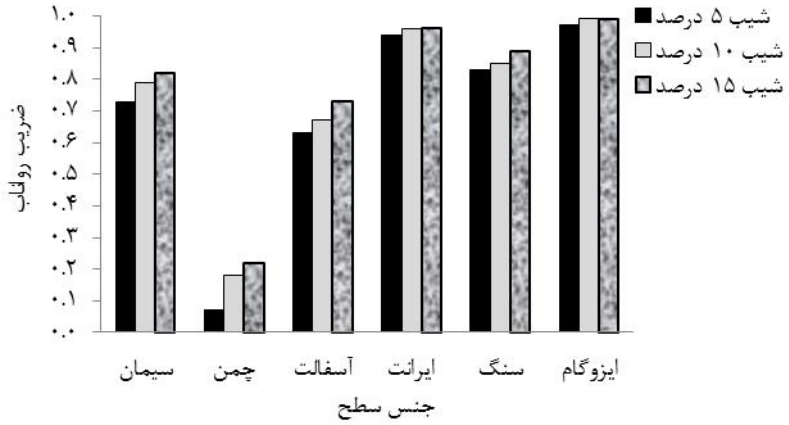
در سطح سنگ‌فرش، با افزایش شیب از 5 درصد به 15 درصد، مقدار متوسط ضریب رواناب از 0/83 به 0/88 رسید که افزایشی در حدود 5 درصد را نشان می‌دهد. با توجه به این که سطوح سنگی جذب کم‌تری دارند، افزایش شیب تاثیر مشهودی در تغییر ضریب رواناب نداشته است. در سطح آسفالت، با افزایش شیب به علت کاهش فرصت فرار آب از درزها و ترک‌ها و هم‌چنین کاهش ذخیره گودالی، مقدار ضریب رواناب افزایش نشان داد. مقدار متوسط ضریب رواناب آسفالت از 0/65 در شیب 5 درصد به 0/74 در شیب 15 رسید. به عبارتی ضریب رواناب در شیب 15 درصد نسبت به شیب 5 درصد حدود 9 درصد افزایش نشان داد. در معابر شهری، ترددهای گسترده وسایط نقلیه، وقوع پدیده‌های یخبندان و گرمای شدید در طول سال باعث کهنه شدن و خوردگی سطح آسفالت و هم‌چنین نشست، ایجاد ترک و ناهمواری در سطح آن می‌گردد. مجموعه این عوامل باعث افزایش تلفات آب و کاهش ضریب رواناب آسفالت می‌گردد.

قوامی و همکاران (1389) با بررسی مقدار رواناب ناشی از بارش باران در شهر سنندج نتیجه گرفتند که به دلیل شیب زیاد سطوح شهری، افزایش این سطوح در اثر توسعه شهر موجب ایجاد سیلاب-های ناگهانی خواهد شد. زارع خورمیزی و همکاران (1391) پتانسیل تولید رواناب طبقات شیب 10-0، 30-10 و بیش از 30 درصد را در

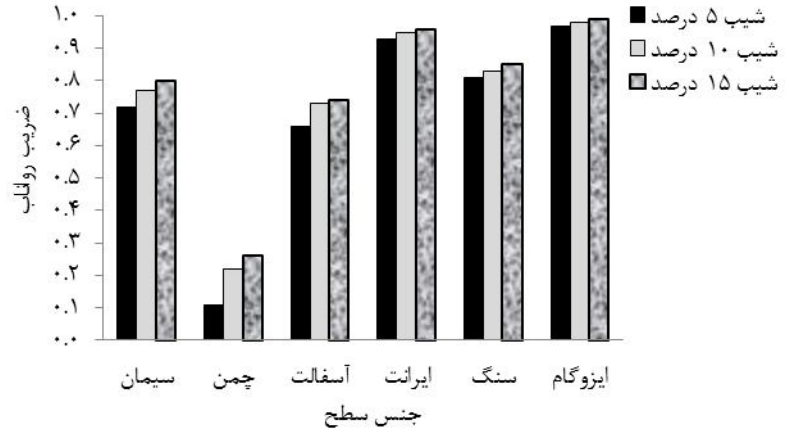
حوضه آبخیز چهل‌چای استان گلستان مـورد ارزیـابی قـرار دادنـد. در مطالعه آن‌ها، رواناب تولید شده در شیب بیش از 30 درصد نسـبت بـه شیب 10-0 درصد به طور متوسط 8 درصد افزایش نشان داد.



شکل 6- مقادیر ضریب رواناب سطوح مختلف به ازای شیب‌های مختلف در بارندگی اول



شکل 7- مقادیر ضریب رواناب سطوح مختلف به ازای شیب‌های مختلف در بارندگی دوم

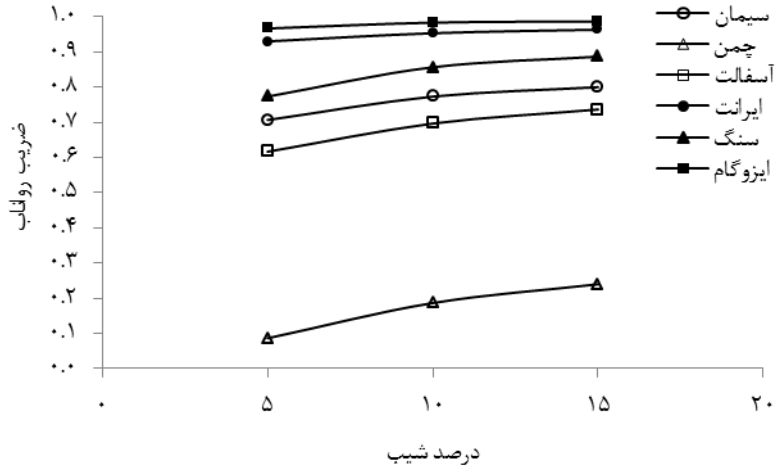


شکل 8- مقادیر ضریب رواناب سطوح مختلف به ازای شیب‌های مختلف در بارندگی سوم

تفاوت ضریب رواناب اعلام شده در مطالعـات مختلـف مـی‌توانـد ناشی از مواردی مانند تفاوت در رژیم بارندگی و ترکیب جنس، شـیب

و مساحت سطح باشد. هم‌چنین عدم تاثیر قابل توجه شیب بر میزان تولید رواناب در برخی سطوح می‌تواند ناشی از کم بودن طول کرت-های آزمایشی باشد. طول دامنه بر مقدار رواناب تولید شده نقش تعیین کننده‌ای داشته و باید مورد توجه قرار گیرد (Burns et al., 2001؛ Castillo et al., 2003 و Sheridan et al., 2003). با این وجود، با در نظر گرفتن نتایج حاصل از شیب‌های مختلف می‌توان به این نکته اشاره نمود که در سطوح چمن، سیمان و آسفالت، اختلاف قابل توجهی بین ضریب رواناب شیب‌های مختلف مشاهده می‌گردد.

در شکل 9 تغییرات متوسط ضریب رواناب به ازای شیب‌های 5، 10 و 15 درصد در سطوح مختلف نشان داده شده است. بر این اساس، با افزایش شیب در همه سطوح، مقدار ضریب رواناب افزایش نشان می‌دهد. البته این افزایش در سطوح ایزوگام و ایرانت به علت نبود ذخیره گودالی و عدم جذب آب توسط سطح، اندک بوده است. در حالی‌که در بقیه سطوح با افزایش شیب، مقدار ذخیره گودالی و فرصت نفوذ آب کاهش یافته و در نتیجه، ضریب رواناب سطح افزایش پیدا کرده است.



شکل 9- تغییرات متوسط ضریب رواناب به ازای شیب‌های 5، 10 و 15 درصد در سطوح مختلف

نتیجه‌گیری

این پژوهش به منظور بررسی اثر شیب در تولید رواناب در سطوح با جنس‌های مختلف تحت بارندگی طبیعی انجام گرفت. نتایج نشان داد که در هریک از سطوح با شیب یکسان، ارتفاع بارندگی تاثیر قابل توجهی بر میزان تولید رواناب و ضریب رواناب سطوح ندارد. سطوح ایزوگام و ایرانت دارای بیش‌ترین و سطح چمن دارای کم‌ترین ضریب رواناب بودند. مقایسه نتایج سطوح سنگ‌فرش و سیمان نشان داد که ضریب رواناب سطوح سنگی بیش‌تر است. برای سطح آسفالت به علت داشتن درز و ترک خوردگی سطح آن وقوع تلفات در طول بارندگی، مقدار ضریب رواناب کم‌تری به دست آمد. نتایج ضریب رواناب سطوح با شیب‌های مختلف نشان داد که در سطح چمن، افزایش شیب مقدار ضریب رواناب را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. در سطح سیمان، ضرایب رواناب شیب‌های 5 و 10 با یکدیگر تفاوت قابل توجهی داشتند، اما تفاوت فاحشی بین شیب‌های 10 و 15 درصد مشاهده نشد. هم‌چنین در دو سطح ایزوگام و ایرانت، افزایش شیب تاثیر زیادی در افزایش ضریب رواناب نداشت. در سطوح سنگ-فرش و آسفالت، با افزایش شیب، ضریب رواناب افزایش محسوسی داشت. به طور کلی، از آن‌جا که تنظیم مشخصه‌های بارش موثر بر تولید رواناب نظیر شدت و مدت بارش در اختیار انسان نیست، بنابراین مدیریت بر اراضی و طراحی و اجرای نظام‌های حفاظتی و مدیریتی مناسب می‌تواند به کاهش تولید رواناب در سطوح مختلف کمک کند. چنین مطالعاتی با در نظر گرفتن عوامل تاثیرگذار می‌تواند برای تعیین محدوده تغییرات ضریب رواناب در بخش‌های مختلف شهری به منظور دست‌یابی به راهکارهای عملی در استفاده مناسب از بارندگی به عنوان یکی از منابع آبی مفید باشد.

قدردانی

از کارکنان مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان جهت کمک و همکاری‌های ایشان در انجام کارهای میدانی این تحقیق تشکر می‌گردد.

منابع

ارشم،ع.، آخوندعلی،ع.م و بهنیا،ع. 1388. بررسی اثر رطوبت‌های قبلی خاک بر مقادیر رواناب و رسوب با استفاده از باران شبیه‌سازی شده. فصل‌نامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. 16. 4: 455-445.

انجمن سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران. 1391. پروژه شماره 1 طرح الگویی استحصال و بهره‌برداری از آب باران در آبخیزهای شهری.

بخشی تیرگانی،م.، مرادی،ح و صادقی،س.ح. 1390. مقایسه تولید رواناب و رسوب در دو کاربری مرتع و دیم. فصل‌نامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. 18. 2: 279-269.

جوادی،م.، زهتابیان،غ.، احمدی،ح.، ایوبی،ش. و جعفری،م. 1390. مقایسه و برآورد پتانسیل تولید رواناب و رسوب معلق در واحدهای کاری مختلف با استفاده از باران‌ساز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز نومه رود). فصل‌نامه علوم و فنون منابع طبیعی. 6. 2: 14-1.

زارع خورمیزی،م.، نجفی‌نژاد،ع.، نوران،ن. و کاویان،ع. 1391. اثر شیب و خصوصیات خاک بر رواناب و هدر رفت خاک با استفاده از شبیه-ساز باران، حوزه آبخیز چهل‌چای استان گلستان. مجله پژوهش-های حفاظت آب و خاک. 19. 2: 178-165.

زنگنه اینانلو،م.، قربانی،ب و صمدی بروجنی،ح. 1392. بررسی تاثیر شیب و تراکم کشت بر تولید رواناب تحت شرایط آبیاری گان و آبیاری جویچه‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. 7. 2: 204-194.

زینی‌وند،ح. 1393. تحلیل تاثیر مقادیر مختلف بارش روزانه بر مقدار رواناب در حوزه آبخیز قره‌سو در استان کرمانشاه. اکوهیدرولوژی.1. 2: 152-143.

عباسی،ع.، طباطبایی یزدی،ج و توکلی،ح. 1393. بررسی پتانسیل استحصال آب باران در حوزه‌های آبخیز شهری (مطالعه موردی: شهر مشهد). مجله سامانه‌های سطوح آبگیر باران. 3. 2: 24-17.

عبدی‌نژاد،پ.، فیض‌نیا،س.، پیروان،ح.، فیاضی،ف. و طباخ شعبانی،ا. 1390. ارزیابی میزان تولید رواناب در واحدهای مارنی سازندهای زمین‌شناسی استان زنجان با استفاده از دستگاه باران‌ساز. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. 5. 17: 46-33.

قوامی،ع.، رضایی،ر.، محوی،ا و امینی،ف. 1389. بررسی و تعیین مقدار رواناب ناشی از بارش باران در شهر سنندج. اولین کنفرانس ملی مدیریت سیلاب‌های شهری، تهران، 2-1 مرداد.

کلارستاقی،ع.، احمدی،ح.، اسمعلی عوری،ا.، جعفری،م و قدوسی،ج. 1387. مقایسه تولید رواناب و رسوب در تیمارهای مختلف کاربری کشاورزی. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. 2. 5: 52-41.

گل‌محمدی،گ.، معروفی،ص. و محمدی،م. 1387. منطقه‌ای نمودن ضریب رواناب در استان همدان با استفاده از روش‌های زمین آماری و GIS. فصل‌نامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. 12. 46: 514-501.

مرادی،ح. 1380. بررسی سینوپتیک سیلاب 21 آبان ماه سال 1357 در نواحی مرکزی استان مازندران. فصل‌نامه رشد آموزش جغرافیا. 16. 56: 41-33.

همت‌زاده،ی.، بارانی،ح و کبیر،آ. 1388. نقش مدیریت پوشش گیاهی بر میزان رواناب سطحی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کچیک، استان گلستان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. 16. 2: 33-19.

Blanco-Canqui,H and Lal,R. 2008. Principles of Soil Conservation and Management, Springer, Netherlands.

Burns,D.A., McDonnell,J.J., Hooper,R.P., Peters, N.E., Freer,J.E., Kendall,C and Beven,K. 2001. Quantifying contributions to storm runoff through end-member mixing analysis and hydrologic measurements at the Panola Mountain Research Watershed (Georgia, USA). Hydrological Processes. 15.10: 1903-1924.

Castillo,V.M., Gomez-Plaza,A and Martinez-Mena,M. 2003. The role of antecedent soil water content in the runoff response of semiarid catchments: a simulation approach, Journal of Hydrology 284.1-4: 114-130.

Cerdan,O., Le Bissonnais,Y., Govers,G., Lecomte,V., Van Oost,K., Couturier,A., King,C and Dubreuil,N. 2004. Scale effect on runoff from experimental plots to catchments in agricultural areas in Normandy. Journal of Hydrology 299.1-2: 4-14.

Dreelin,E.A., Fowler,L and Carrol,C.R. 2006. A test of porous pavement effectiveness on clay soils during natural storm events, Water Research 40.4: 799-805.

Gupta,O.P. 2002. Water in Relation to Soils and Plants, Agro-Bios, India.

Imteaz,M.A., Adeboye,O.B., Rayburg,S and Shanableh,A. 2012. Rainwater harvesting potential for southwest Nigeria using daily water balance model, Resources, Conservation and Recyling. 62: 51-55.

Kuichling,E. 1889. The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous districts, Transactions, American Society of Civil Engineers.

Merz,R., Bloschl,G and Parajka,J. 2006. Spatio-temporal variability of event runoff coefficients, Journal of Hydrology 331. 3-4: 591-604.

Navas,A. 1993. Soil losses under simulated rainfall in semi-arid shrublands of the Ebro Valley, Spain. Soil Use and Management 9 .4: 152-157.

Pacey,A and Cullis,A. 1989. Rain water Harvesting: the

Victorian erosivity map, Australian Journal of Soil Research. 41.1: 141-149.

Sivapalan,M., Bloschl,G., Merz,R and Gutknecht,D. 2005. Linking flood frequency to long-term water balance: incorporating effects of seasonality, Water Resources Research. 41 .6: 1-17.

Thompson,D.B. 2006. The Rational Method. Civil Engineering Department, Texas Tech University.

Vahabi,J and Mahdian,M.H. 2008. Rainfall simulation for the study of the effects of efficient factors on run-off rate, Current Science. 95.10: 1439-1445.

collection of rainfall and runoff in rural areas. Intermedate Technology Publication, London.

Ramier,D., Berthier,E and Andrieu,H. 2004. An urban lysimeter to assess runoff losses on asphalt concrete plates, Physics and Chemistry of the Earth 29 (11-12): 839-847.

Sharply,A and Kleinman,P. 2003. Effect of rainfall simulator and plot scale on overland flow and phosphorus transport, Journal of Environmental Quality. 32. 6: 2172-2179.

Sheridan,G.J and Rosewell,C.J. 2003. An improved

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 1, Vol. 11, Apr.-May. 2017, p. 35-45

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره1، جلد 11، فروردین - اردیبهشت 1396، ص. 45-35

Investigating the Effect of Slope on Runoff Coefficient of Surfaces with Different Materials under Natural Rainfall

Gh. Mahtabi[1] **and F. Taran**[2*]

Recived: Jun.08, 2016 Accepted: Des.06, 2016

Abstract

Studying the processes of runoff generation and assessing the factors affecting it are of the requirements of proper management of the soil and water resources. This study was conducted to investigate the effect of slope on runoff coefficient of surfaces with different materials. For conducting this research, six surfaces of cement, natural grass, asphalt, asbestos cement, pavement and roof insulation, each with an area of 1 square meters in three slopes of 5, 10 and 15 percent, outdoors in research farm of University of Zanjan were prepared. Following three rainfall events on these surfaces, the volumes of the runoffs produced on them were measured. The runoff coefficients of the surfaces and slopes were determined by using the surface area, depth of rain and volume of runoff. Comparison of the result of each surface in the same slope in three different rainfall events did not show significant change in value of the runoff coefficient. The roof insulation and asbestos cement surfaces had the highest runoff coefficients with values of 0.96-0.99 and 0.92-0.97, respectively. The runoff coefficient of the pavement with value of 0.81-.90 was on average 11% higher than that of the cement (0.67-0.82). The results of the various slopes in the grass, cement and asphalt showed that there is a significant difference between the runoff coefficients in the slopes of 5, 10 and 15 percent. In the grass, by increasing the slope, the runoff coefficient increased significantly (about 15%). As well, in the cement and asphalt, increasing the slope increased the runoff coefficient by 7 and 9 percent, respectively.

Key words: Rainfall depth, Runoff coefficient, Slope of surface, Type of surface material

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, University of Zanjan
2- Ph.D Student of Water Engineering, University of Tabriz
(*- Corresponding Author Email: farshidtaran@gmail.com)