

REGIONALIZÁCIA PARAMETROV SCS-CN METÓDY PRE VYBRANÉ OBLASTI SLOVENSKA

Romana Marková, Katarína Ďuranová

Abstract

The runoff regime is a set of natural and artificial conditions that affect surface and subsurface outflow from the basin. The watershed runoff is designed on the basis of different rainfall-runoff models, which have to be able to simulate the runoff process according to knowledge of rainfall amount or evapotranspiration. The runoff calculation is important information for a large number of engineering projects and studies and depend on several factors including the size and intensity of the total precipitation, infiltration capacity of the soil, soil moisture, the amount of impermeable and permeable surfaces.

The Soil Conservation Service Curve Number method (SCS-CN) is an empirical method based on experimental research in USA and is used for calculation of direct runoff for a given rainfall event depending on rainfall amount and landuse. Curve number method (SCS - CN) was developed by SCS (US Department of Agriculture) for its use on small agricultural watersheds and has since been extended and applied to rural, forest and urban watersheds. This method is used for small watersheds that are poorly gauged or when no recorded data exist for design flood estimation. The main parameters are CN-Curve number and initial abstract coefficient λ . The CN parameter depend on soil, land cover and land management conditions. The CN parameter is possible to estimate by 2 approaches-tabulated value or estimation from real rainfall-runoff data. The initial abstract coefficient is referred as a constant value 0.2 according to original methodology.

Initial abstract coefficient (λ) and curve number (CN), as proposed by the original methodology are questionable and therefore, for more reliable runoff determination, it is necessary to calibrate them on real rainfall-runoff datasets. The optimized parameters λ and CN achieved better results that the original method SCS-CN with a constant value.

Our study area was located on the Hron river watershed and western Flysch belt. Hron river basins were divided in to right-hand side tributaries and left-hand side tributaries. For analyzed watershed were available rainfall and flow data for the period 1989-2015 provided by Slovak Hydrometeorological Institute, digital maps (maps of land use maps of soil types, river network, Rain gauge and gauging stations). We analyzed 4 right-hand side tributaries in Hron river basin, 5 left-hand side tributaries in Hron river basin and 6 watershed in western Flysch belt. We analyzed 512 rainfall-runoff events. For each basin was calculated one theoretical CN number using the weighted average and one empirical CN number from measured rainfall-runoff data. Empirical and theoretical CN number were compared in results. Initial abstract coefficient (λ) relationship from measured rainfall-runoff data for 3 examined areas was created.

At the end the runoff curves for selected areas were made. The runoff curves were created for constant value $\lambda=0.2$ and for variable $\lambda=f(P)$ calculated from real rainfall-runoff events. The runoff curves with variable initial abstract coefficient and empirical CN variable derived from empirical data show better results for rainfall-runoff relationship in Slovak conditions. According to antecedent moisture conditions (AMC) all real selected rainfall-runoff events belong to AMC I, but the results show using AMC II as better possibility. By using AMC I runoff curves show no runoff, which does not correspondent to reality.

Anotácia

Príspevok je zameraný na analýzu zrážkovo-odtokového procesu pomocou metódy SCS-CN. Analýza bola spracovaná pre pravostranné prítoky Hrona, ľavostranné prítoky Hrona a pre flyšové pásmo. Výsledkom práce je grafické porovnanie reálnych zrážkovo-odtokových udalostí s odtokovými krivkami, ktoré reprezentujú tvorbu odtoku prostredníctvom metódy SCS-CN a odvodenie závislosti pre koeficient λ , v závislosti od zrážkového úhrnu P pre naše skúmané oblasti.

Kľúčové slová: odtok, SCS-CN, zrážkovo-odtokový proces

Annotation

The paper is focused on the analysis of rainfall-runoff process using SCS-CN method. The analysis was processed for Hron river basin (right-hand tributaries and left-hand tributaries) and Flysch belt. The result is a graphical comparison of real rainfall-runoff events with runoff curves that represent runoff amount according to SCS-CN method and derivation of variable initial abstract coefficient depending on the precipitation P.

Key words: drainage, SCS-CN, rainfall-runoff proces

Úvod

Proces tvorby odtoku na povodí patrí medzi základné hydrologické procesy, ktoré je dôležité poznať z hľadiska návrhov protipovodňových a hydromelioračných opatrení. Odtok z povodia je určovaný na základe rôznych predikčných zrážkovo-odtokových modelov, ktoré sa snažia nasimulovať reálny proces prebiehajúci na povodí. Jedna z pomerne jednoduchých empirických metód, v ktorej ako vstupné hodnoty figurujú zrážky a využitie územia je metóda SCS-CN.

SCS-CN (Soil conservation service-curve number) je jedna z populárnych a rozšírených metód, ktoré slúžia na výpočet priameho odtoku zo zrážkových udalostí na malých poľnohospodársky využívaných povodiach. Táto empirická metóda bola vyvinutá s cieľom poskytnúť základ na určenie množstva odtoku pre rôzne typy a využitie pôd (Rallison a Miller, 1982). Metóda SCS-CN vznikla v roku 1954 Úradom na ochranu pôdy (Soil conservation service-SCS) (Rallison, 1980) a jej podrobný opis sa nachádza napr. v Soil Conservation Service (SCS) National Engineering Handbook Section 4: Hydrology (NEH-4) (SCS, 1985). Ide o metódu založenú na experimentálnom výskume na malých povodiach v USA.

Vo svete sa metóda aplikuje na rôzne geografické oblasti s rôznym typom využitia územia a klimatickými podmienkami. Experimentovaním s touto metódou sa zaoberali napr. autori Hjermfelt (1991), Hawkins (1993), Bosznay (1989). Autori Baltas (2007), Hawkins a Khojeini (2000) sa zaoberali analýzou koeficientu λ na reálnych dátach, pričom cieľom bolo určenie regionálneho parametra λ pre ich skúmanú oblasť. Autori Bosznay (1989), Ramasastrí a Seth (1985) uvádzajú, že parameter λ by mohol byť interpretovaný ako regionálny parameter v závislosti od geologických a klimatických podmienok. V českej literatúre sa môžeme s metódou stretnúť u autorov Janeček a kol. (2002), Pasák a kol. (1984), kde sa táto metóda používa v súvislosti s výpočtom erózie.

Skúmaním metódy a jej aplikáciou na vybraných slovenských povodiach sa zaoberali autori Antal (1989), Szolgay et al., (2001), Mosný (2002), Spál a Danáčová, (2011), Karabová (2014).

Štúdia od autorov Spál a kol. (2011) ukázala, že metóda v našich podmienkach pri vyšších zrážkach priamy odtok nadhodnocuje a pri nízkych zrážkach podhodnocuje.

Antal (2002) vo svojej štúdií tvrdí, že CN metóda je vhodným nástrojom na vyčlenenie rizikových oblastí z hľadiska možného výskytu záplav vyvolaných zvolenými návrhovými dažďami.

Metodika a základné vzťahy metódy SCS-CN

SCS (Soil conservation service) metóda predpokladá, že pomer medzi aktuálnou (skutočnou) a maximálnou potenciálnou retenciou povodia je rovnaký ako pomer medzi objemom odtoku a objemom zrážky. Vychádza zo vzorca (Ponce a Hawkins, 1996):

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P} \quad (1),$$

kde $F=P-Q$ je aktuálna (skutočná) retencia, (2)

- S- maximálna potenciálna retencia povodia,
- Q- celková výška priameho odtoku zo zrážkového úhrnu P,
- P- zrážkový úhrn.

Po úpravách vzorca (1) sa výsledná výška priameho odtoku v [mm] metódou SCS-CN určí pomocou nasledovných vzorcov (3) alebo (4) podľa toho či je hodnota úhrnu zrážky (P) väčšia alebo menšia než počiatková strata (I_a):

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} \quad \text{ak } P > I_a \quad (3)$$

$$Q = 0 \quad \text{ak } P \leq I_a \quad (4)$$

$$I_a = \lambda S \quad (5)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 25 \quad (6),$$

- kde: Q- priamy odtok [mm],
 P- zrážkový úhrn [mm],
 S- potenciálna maximálna retencia povodia,
 λ - koeficient počiatkovej straty,
 I_a - počiatková strata.

Hlavné parametre metódy SCS-CN sú CN (Curve number) a λ (koeficient počiatkovej straty - initial abstraction coefficient).

CN číslo závisí od:

1) hydrologických vlastností pôd v závislosti od vsakovacích a drenážnych vlastností pôdy (rozlišujú sa 4 skupiny-A,B,C,D) uvedené v tabuľke 1,

Tab. 1 Hydrologické kategórie pôd pre „CN“-metódu (Ven Te Chow, 1964, upravené Antal, 2002)

Kat.	vsakovacie a drenážne vlastnosti pôd	charakteristické pôdne druhy	obsah pôdnych častíc $\varnothing < 0,01$ mm
A	pôdy s vysokou infiltračnou schopnosťou i pri ich úplnom nasýtení vodou	hlboké piesky a štrky	<10
B	pôdy so strednou vsakovacou/inflitračnou schopnosťou i pri ich úplnom nasýtení vodou a s dobrou	stredne hlboké až hlboké piesočnaté pôdy	10-45

	drenážou		
C	pôdy s malou vsakovacou schopnosťou pri úplnom nasýtení a s nízkou drenážou	ílovitohlinité až ílované plytké pôdy	45-75
D	pôdy s veľmi malou infiltračnou schopnosťou a bez drenáže	íly, alebo pôdy s ináč obmedzenou drenážou a infiltračnou schopnosťou	>75

2) využitia územia, vegetačného krytu a spôsobu obrábania pôdy (Tab. 2),

Tab. 2 Priemerné ročné hodnoty CN pre PVP II (Van Te Chow, 1964, upravené Muchová a Antal, 2013)

využívanie pôdy	Hydrologické charakteristiky					
	obrábania pôdy	kvalita pôdneho krytu	CN hodnota podľa hydrologických kategórií pôd			
			A	B	C	D
úhor, čerstvo kyprený	holá pôda		77	86	91	94
	pozberové zvyšky pokrývajú najmenej na 5 % povrchu počas celého roka	zlá dobrá	76 74	85 83	90 88	93 90
širokoriadkové plodiny (napr. kukurica siata)	v priamych riadkoch*	zlá	72	81	88	91
	v priamych riadkoch**	dobrá	67	78	85	89
	po vrstevnici*	zlá	70	79	84	88
	po vrstevnici**	dobrá	65	75	82	86
	po vrstevnici +pozberové zvyšky na 5 až 20 % povrchu počas celého roka +terasovanie, pásové pestovanie	zlá	65	73	79	81
	po vrstevnici +pozberové zvyšky na viac ako 20 % povrchu počas celého roka +terasovanie, pásové pestovanie	dobrá	61	70	77	80
úzkoriadkové plodiny (pšenica)	v priamych riadkoch*	zlá	65	76	84	88
	v priamych riadkoch**	dobrá	63	75	83	87
	po vrstevnici*	zlá	63	74	82	85
	po vrstevnici**	dobrá	61	73	81	84
	po vrstevnici +pozberové zvyšky na 5 až 20 % povrchu počas celého roka +terasovanie, pásové pestovanie	zlá	60	71	78	81
	po vrstevnici +pozberové zvyšky na viac ako 20 % povrchu počas celého roka +terasovanie, pásové pestovanie	dobrá	58	69	77	80
viacročné krmoviny, dočasné lúky strukoviny	v priamych riadkoch*	zlá	66	77	85	89
	v priamych riadkoch**	dobrá	58	72	81	85
	po vrstevnici*	zlá	64	75	83	85
	po vrstevnici**	dobrá	55	69	78	83
	po vrstevnici+terasovanie	zlá	63	73	80	83
	po vrstevnici+terasovanie	dobrá	51	67	76	80
pasienky s pokryvom	< 50 % alebo spásané, nemulčované	zlá	68	79	86	89
	50 % - 75 %, spásané	priemerná	49	69	79	84

	>75 %, nespásané, resp. zriedkavo spásané	dobrá	39	61	74	80
Lúky, trvalý trávny porast bez rozlíšenia	pokosené, nespásané		30	58	71	78
les	povrch bez opadu, bez kríkov, spásaný	zlá	45	66	77	83
	povrch čiastočne pokrytý opadom a kríkmi	priemerná	36	60	73	79
	povrch úplne pokrytý opadom, kríkmi, nespásaný	dobrá	30	55	70	77
komunikácie	poľné cesty - nespevnené, hlinené		72	82	87	89

*-ako súčasť osevného postupu s menej ako 50 % zastúpením plodín dlhodobu zlepšujúcich štruktúru pôdy a zvyšujúcich infiltračnú schopnosť pôdy (napr. lucerna, krmoviny, hustosiate strukoviny)

**-. ako súčasť osevného postupu s viac ako 50 % zastúpením plodín dlhodobu zlepšujúcich štruktúru pôdy a zvyšujúcich infiltračnú schopnosť pôdy (napr. lucerna, krmoviny, hustosiate strukoviny)

3) predchádzajúcej vlhkosti pôdy, ktorá sa určuje konceptom 5-dňových predchádzajúcich zrážok uvedené v tabuľke 3. Podľa celkového úhrnu zrážok za predchádzajúcich 5 dní zaradíme danú zrážkovo-odtokovú udalosť do PVP I, PVP II alebo PVP III a upravíme hodnotu CN čísla pomocou vzorcov (7) alebo (8) od autora Hawkins a kol. (1985), pretože tabuľkové CN čísla existujú len pre PVP II.

Tab. 3 Predchádzajúce vlhové podmienky na úpravu CN čísla (Van Te Chow, 1964)

PVP	Celkový úhrn predchádzajúcich zrážok za 5 dní	
	mimo vegetačného obdobia - pôda nesmie byť zamrznutá a ani pokrytá snehom	vo vegetačnom období
I	< 13 mm	<36 mm
II	13-28 mm	36-53 mm
III	>28 mm	>53 mm

$$CN I = \frac{CN II}{2,3 - 0,013CN II} \quad (7)$$

$$CN III = \frac{CN II}{0,43 - 0,0057CN II} \quad (8)$$

CN číslo vieme určiť aj na základe empirických údajov. Pre každú zachytenú prietokovú vlnu je možné určiť empirické CN číslo podľa nasledovného vzorca:

$$CN_{empII} = \frac{25400}{5(P+2Q-\sqrt{4Q^2+5PQ})+254} \quad (9),$$

kde: Q- priamy odtok [mm],

P- zrážkový úhrn, ktorý spôsobil prietokovú vlnu [mm],

CN_{empII}-empirické CN číslo pre stredný vlhkostný stav pôdy (PVP II).

V tejto štúdií bolo určené teoretické CN číslo (CN_{teorII}) na základe digitálnych mapových podkladov v prostredí GIS pomocou váženého priemeru, empirické CN číslo (CN_{empII}) ako priemerná hodnota zo všetkých zrážkovo-odtokových udalostí podľa vzorca (9). Teoretické a empirické CN čísla sú vstupom pre vytvorenie pôvodných teoretických a nových empirických kriviek na základe vzorcov (3) alebo (4) podľa zrážkového úhrnu (P).

Pre každé povodie bol na základe empirických údajov za pozorované obdobie (1989-2015 a 1989-2002) vypočítaný pre každú zachytenú zrážkovo-odtokovú udalosť (prietokovú vlnu)

koeficient počiatkovej straty - λ kombináciou vzorcov (3) a (5), pričom za CN bolo doplnené CN_{teorII} .

Vstupné údaje

V rámci analýzy metódy SCS-CN pre podmienky Slovenska sme sa sústredili na oblasti povodia toku Hron-l'avostranné a pravostranné prítoky (spolu deväť povodií) a povodia západného a severo-západného flyšového pásma (spolu šesť povodií). Údaje o prietokoch boli k dispozícii v hodinovom časovom kroku a údaje o zrážkach boli k dispozícii v dennom časovom kroku. Vybrané udalosti boli vybrané v rámci vegetačného obdobia (apríl - september).

Rieka Hron má dĺžku 279 km a plocha povodia predstavuje povodie toku Hron - 5465 km². Povodie toku Hron sa vyznačuje zložitou geologickou štruktúrou. Na l'avostranných prítokoch Hrona prevládajú z hľadiska geologického zloženia hlbinné magmatity, staršie paleozoikum, neogénne vulkanity a mezozoikum. Na pravostranných prítokoch Hrona prevláda mezozoikum, mladšie a staršie paleozoikum.

Na l'avostranných prítokoch Hrona prevládajú pôdy piesočnato-hlinité a hlinito-piesočnaté. Na pravostranných prítokoch Hrona prevládajú pôdy hlinito-piesočnaté, hlinité a v menšej miere piesočnato-hlinité.

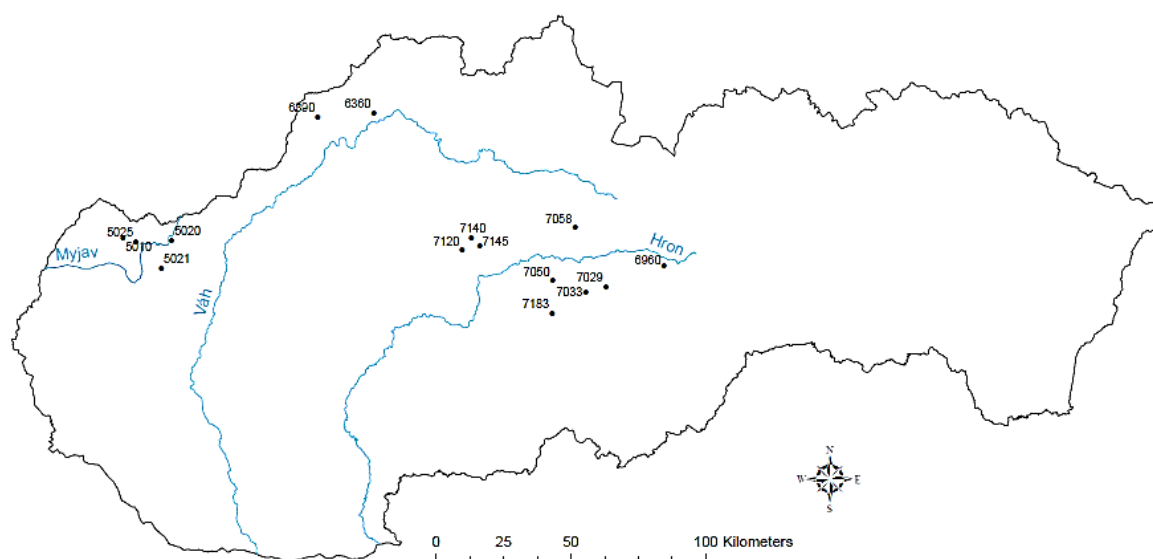
Na povodí Hrona sú charakteristiky ako výška zrážok a odtok len mierne navýšené oproti celému územiu Slovenska (Bačík, 2012). Pre toto povodie sú typické maximálne prietoky v mesiaci apríl a minimálne mesačné prietoky v mesiaci september (Bačík, 2012). Maximálne prietoky sa vyskytujú v apríli, júni, júli a auguste. Povodne na jar vznikajú predovšetkým v dôsledku topenia snehu (Bačík, 2012). Ide o povodňové vlny s väčším objemom (Bačík, 2012). Povodne v letnom období sú následkom prívalových dažďov s krátkym trvaním, zasahujúce menšie územia (Bačík, 2012). V tomto prípade ide o vlny s menším objemom (Bačík, 2012).

V rámci flyšového pásma boli spracované čiastkové povodia toku Váh a Myjavy. Rieka Váh má 351 km a plocha povodia predstavuje 10 640 km². Rieka Myjava má 79 km² a plocha povodia je 806 km². Flyšové pásmo je v prevažnej miere tvorené príkrovmi flyšu, t. j. striedajúcimi sa vrstvami morských usadenín ílovitých bridlíc, ílovcov a pieskovca. Z hydrogeologického hľadiska veľkú pozornosť treba venovať ílovcem, ktoré majú schopnosť zväčšovať svoj objem pri absorpcii vody, čo je častá príčina zmeny objemu ílovitých pôd po daždi. Vo flyšovom horninovom prostredí prevláda povrchový odtok vôd nad infiltráciou. Na vybraných povodiach prevládajú pôdy hlinité, ílovito-hlinité, hlinito-piesočnaté, ílované, ílovito-hlinité a piesočnato-hlinité. Na povodiach flyšového pásma sa vyskytujú všetky skupiny hydrologických skupín pôd A, B, C a D. Priemerný ročný úhrn zrážok pre flyšovú oblasť sa pohybuje od 500 mm - 1200 mm (Ďuranová, 2014). Priemerný ročný špecifický odtok sa pohybuje od 3 - 20 l s⁻¹km² (Ďuranová, 2014). Typ režimu odtoku je dažďovo-snehový, pričom akumulácia prebieha od novembra do konca februára (Ďuranová, 2014).

Tab. 4 Zoznam analyzovaných vodomerných staníc

Tok	Vodomerná stanica		Plocha povodia [km ²]	Nadmorská výška "0" VDČ [m n. m.]	Časové obdobie údajov	Povodie
	ID	názov				
Bystrianka	7058	Bystrá-Tále	22,48	-	1989-2002	pravostranné prítoky Hrona
Ramžiná	7140	Staré Hory	12,29	478,48	1989-2002	
Harmanec	712	Dolný Harmanec	23,01	507,87	1989-2002	

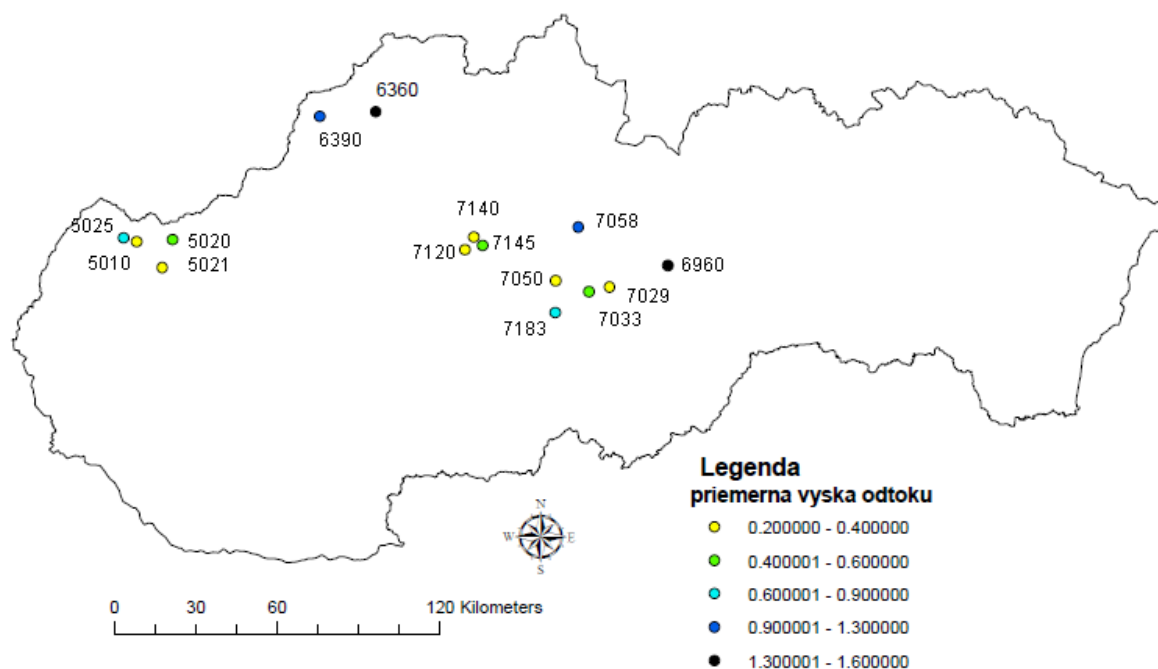
	0					
Starohorský potok	714 5	Staré Hory	62,61	465,95	1989-2002	ľavostranné prítoky Hrona
Hukava	718 3	Hriňová	9,96	568,83	1989-2002	
Šaling	702 9	Čierny Balog	24,98	582,03	1989-2002	
Osrblianka	705 0	Osrblie	27,77	583,91	1989-2002	
Havraník	696 0	Zlatno	16,72	479,65	1989-2002	
Brôtovo	703 3	Čierny Balog	9,28	625,89	1989-2002	
Chvojnica	501 0	Lopašov	31,13	272,7	1989-2015	Myjava
Myjava	502 0	Myjava	32,02	324,34	1989-2015	
Brezovský potok	502 1	Brezová pod Bradlom	35,86	259,37	1989-2015	
Sobotište	502 5	Teplica	85,58	236,29	1989-2015	
Petrovička	636 0	Bytča	65,1	311,81	1989-2002	Váh
Petrinovec	639 0	Vydrná	8,4	380,83	1989-2002	



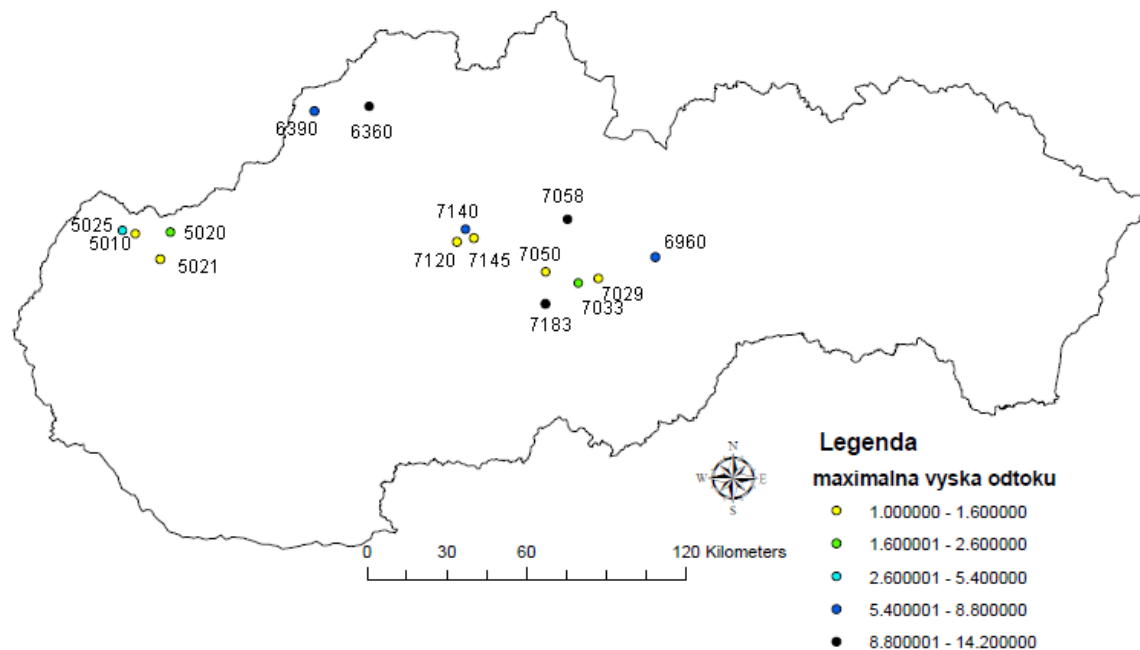
Obr.1 Mapa analyzovaných staníc

Tab. 5 Základné charakteristiky zrážkovo-odtokového procesu na základe reálnych zrážkovo-odtokových udalostí

TOK	ID	Priemerná výška odtoku [mm]	Maximálna výška odtoku [mm]	CN _{teor II}	CN _{emp II}	počet udalostí
Bystrianka	7058	1,2	14,2	58	76	36
Ramžiná	7140	0,3	8,0	79	77	54
Harmanec	7120	0,3	1,3	60	76	28
Starohorský potok	7145	0,5	1,4	73	76	26
Hukava	7183	0,9	11,3	77	78	27
Šaling	7029	0,4	1,3	78	76	45
Osrblianka	7050	0,3	1	77	71	23
Havraník	6960	1,6	8,8	84	79	31
Brôtovo	7033	0,6	2,2	83	78	44
Chvojnica	5010	0,8	5,4	64	76	20
Myjava	5020	0,55	2,6	74	74	21
Brezovský potok	5021	0,2	1,6	67	72	19
Sobotište	5025	0,3	1,2	70	73	31
Petrovička	6360	1,5	11,3	79	83	45
Petrinovec	6390	1,3	7,5	77	84	62



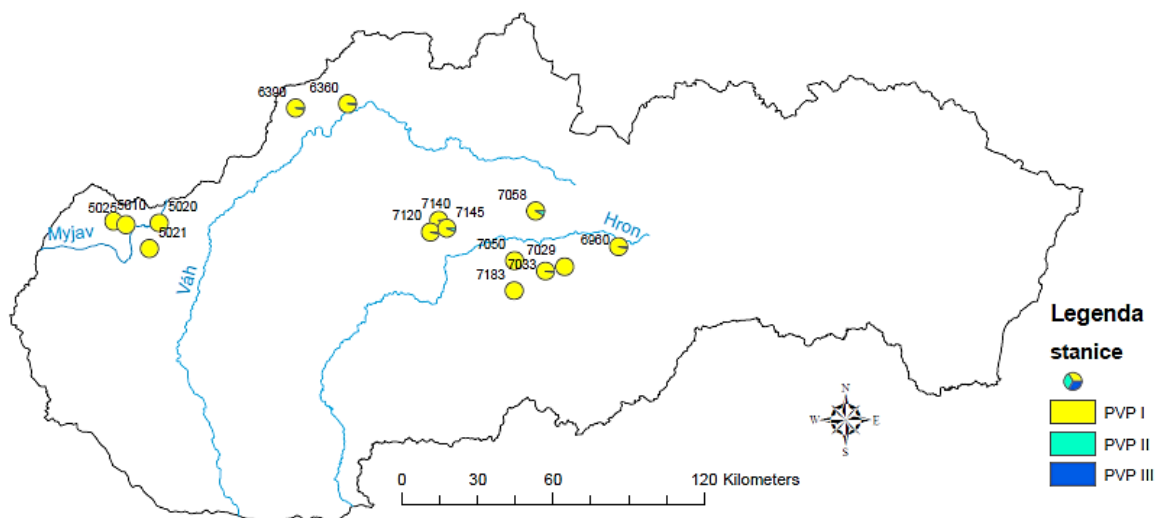
Obr.2 Mapa hodnôt priemernej skutočnej výšky odtoku [mm] pre analyzované povodia



Obr.3 Mapa hodnôt maximálnej skutočnej výšky odtoku [mm] pre analyzované povodia

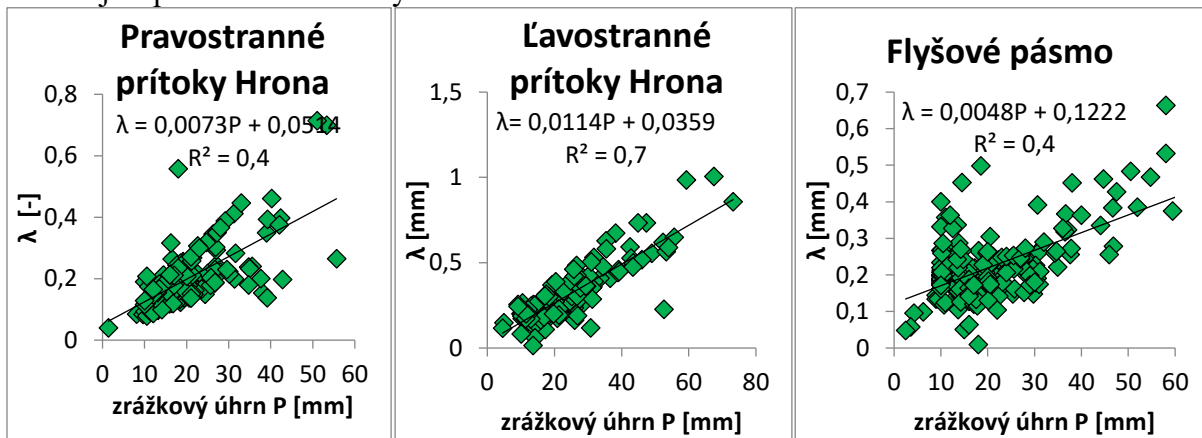
Výsledky analýzy

Povodia boli rozdelené do 3 skupín: pravostranné prítoky Hrona, ľavostranné prítoky Hrona a flyšové pásmo. Pre všetky povodia bolo grafickou metódou inflexného bodu vyseparovaných spolu 512 prietokových vln (zrážkovo-odtokových situácií), ktoré vznikli z jednodňových a dvojdňových zrážkových úhrnov v rámci vegetačného obdobia (apríl - september) a mali jeden vrchol – Q_{max} . Prietokové vlny boli vyberané pomocou programu „Vlny“, ktorý bol vytvorený Ing. Petrom Šúrekom na Katedre vodného hospodárstva krajiny v roku 2012. Pre každú zrážkovo-odtokovú udalosť boli určené predchádzajúce vlahové podmienky podľa Tab. 3. Na obrázku 4 je vidieť, že pre všetky povodia na základe reálnych dát prevládajú predchádzajúce vlahové podmienky PVP I podľa pôvodnej metodiky. Avšak pri použití CN I krivky (podľa PVP I) z obrázkov 6, 7, 8 je vidieť, že krivka nezodpovedá reálnemu odtoku, pretože podľa nej sa začne odtok tvoriť (Obr. 6) pri 60 mm zrážkovom úhrne, v Obr. 2 pri 30 mm zrážkovom úhrne a v Obr. 3 pri 50 mm zrážkovom úhrne, čo nezodpovedá našim reálnym údajom.

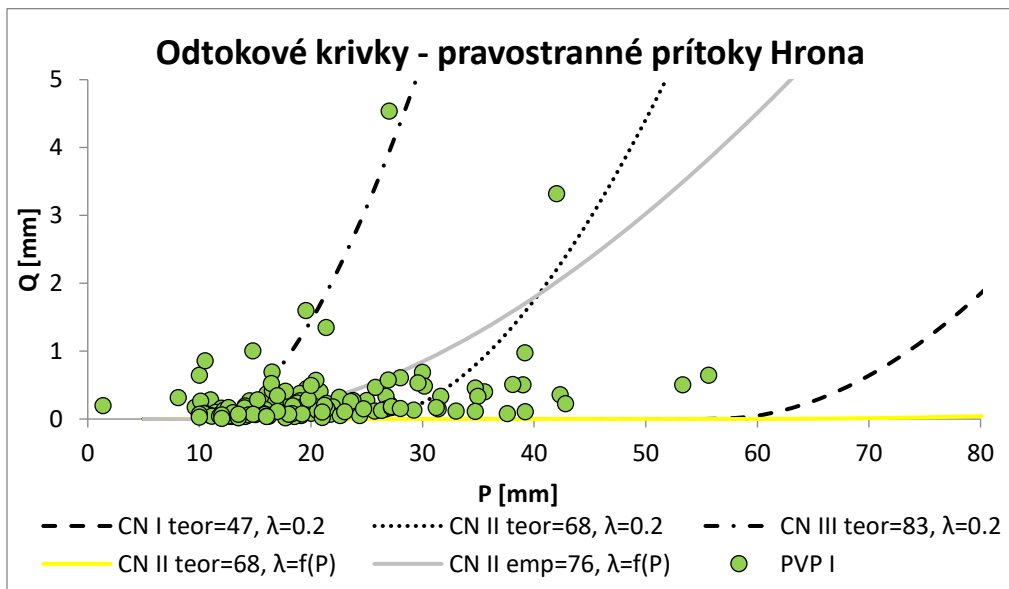


Obr.4 Mapa analyzovaných staníc

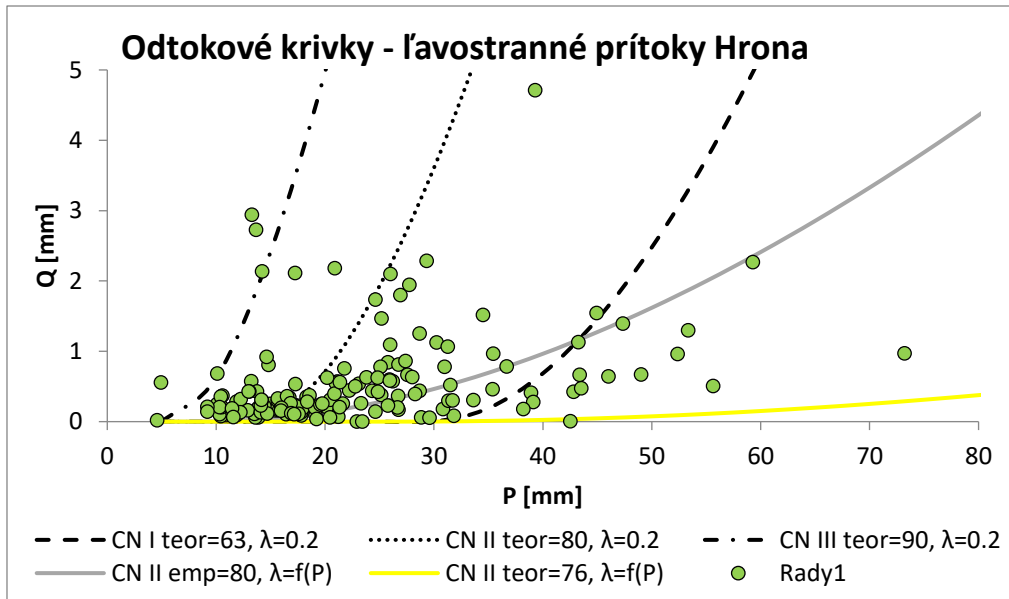
Pre každú skúmanú oblasť bola vytvorená závislosť $\lambda=f(P)$. Ľavostranné prítoky Hrona sa vyznačujú najsilnejšou závislosťou $\lambda=f(P)$. Použitie premenlivého koeficientu λ v závislosti od konkrétneho zrážkového úhrnu, odvodeného na základe reálnych dát, sa ukázalo ako vhodnejšie pri tvorbe odtokových kriviek.



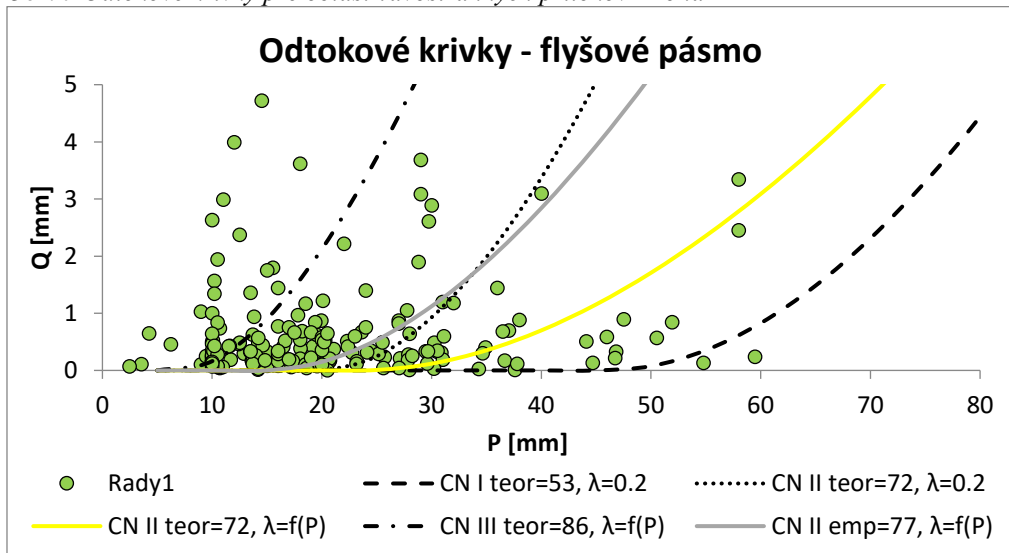
Obr. 5 Regionálne vzťahy pre výpočet koeficientu počiatočnej straty pre pravostranné, ľavostranné prítoky Hrona a flyšové pásmo na základe reálnych zrážkovo-odtokových udalostí



Obr. 6 Odtokové krivky pre oblasť pravostranných prítokov Hrona



Obr. 7 Odtokové krivky pre oblasť ľavostranných prítokov Hrona



Obr. 8 Odtokové krivky pre oblasť Flyšového pásma

Na obrázku 6, 7 a 8 sú znázornené odtokové krivky pre 3 skúmané oblasti. Odtokové krivky s použitím premenlivého koeficientu $\lambda=f(P)$ sa vyznačujú menšou strmosťou, než pôvodné odtokové krivky s použitím konštantného koeficientu $\lambda=0,2$ a preto je vhodnejšie použiť premenlivý koeficient na základe reálnych dát. Ako najlepšie sa javí pri analýze použitie empirického CN čísla pre triedu PVP II (stredné nasýtenie) a premenlivého koeficientu λ .

Záver

Cieľom príspevku bola analýza a odvodenie regionálnych parametrov metódy SCS-CN na ľavostranných a pravostranných prítokoch Hrona a západnej časti flyšového pásma, spolu pre 15 povodií. Priemerná skutočná výška priameho odtoku pre všetky povodia sa pohybovala medzi 0,2 - 1,6 mm. Hlavnými analyzovanými parametrami boli CN číslo a koeficient počiatkovej straty- λ . CN číslo bolo určené 2 spôsobmi: teoreticky a empiricky pre každé povodie. Koeficient počiatkovej straty- λ bol určovaný na základe zachytených zrážkovo-odtokových situácií a bola odvodená závislosť $\lambda=f(P)$ pre 3 skúmané oblasti a boli vytvorené

nové odtokové krivky s použitím empirického CN II a premenlivého koeficientu λ , ktoré sú menej strmé a viac zodpovedajú nameraným Z-O údajom. Väčšina údajov patrí podľa pôvodnej metodiky do triedy PVP I, ale ako vhodnejšie sa javí použitie triedy PVP II.

PodĎakovanie

Spracovanie článku bolo podporené projektom VEGA 1/0710/15 Autorka týmto ďakuje za podporu projektu.

Literatúra

ANTAL, J. (1989): Ochrana pôdy a lesotechnické meliorácie II. Návod na cvičenia. Bratislava : Príroda, 1989. 208 s. ISBN 80-07-00161-1.

ANTAL, J. (2002): Návrh postupu na vyčlenenie rizikových oblastí z hľadiska záplav. In Acta horticulturae et regiotechnae. ISSN 1335-2563, 2002, roč.5, č.1, s. 17-19

BALTAS, E. A., DERVOS, N.A., MIMIKOU, M.A. (2007) Research on the initial abstraction – storage ratio and its effect on hydrograph simulation at a watershed in Greece, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 4, doi: 10.5194/hessd-4-2169-2007, 2007. pp. 2169-2204

BOSZSNAY, M. (1989). "Generalization of SCS curve number method." *J. Irrig. and Drain. Engrg.*, ASCE, 115(1), 139-144.

ĎURANOVÁ, K. 2014 *Analýza prietokových vln na vybraných malých povodiach flyšového pásma SCS-CN* : bakalárska práca. Bratislava : STU, 2014. 65 s.

GRABAU, M. R., HAWKINS, R. H., VERWEIRE, K. E., SLACK, D. C. (2008): Curve numbers as random variables: empirical observations and implications for design and modeling. In review to Journal of American Society of Agricultural and Biological Engineering

HAWKINS, R.H., HJELMFELT, A.T., ZEVENBEGER, A.W. 1985. Runoff probability, storm depth, and curve number. In *Journal of Irrigation and Drainage Engineering (ASCE)*. ISSN 0733-9437, 1979, roč. 111, č. 4, s. 330-340

HAWKINS, R. H. (1993). "Asymptotic determination of runoff curve numbers from data." *J. Irrig. and Drain. Engrg.*, ASCE, 119(2), 334-345.

HAWKINS, R. H., KHOJEINI, A.V. (2000) Initial abstraction and loss in the curve number method. Proceedings of Arizona Hydrological society

HJELMFELT, A. T. (1991). "Investigation of curve number procedure." *J. Hydr. Engrg.*, ASCE, 117(6), 725-737.

CHOW, V. T. 1964 : Handbook of applied hydrology: A compendium of water-resources technology. New York : McGraw-Hill, 1964. 1418s. ISBN 0070107742

JANEČEK a kol. 2002. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. 1 vyd. Praha : ISV, 2002. 202s. ISBN 85866-85-8

KARABOVÁ, B. Testovanie možností regionalizácie vybraných parametrov metódy SCS-CN –oblasť nížin Slovenska. In *Acta Hydrologica Slovaca*. ISSN 1335-6291, 2014, roč.15, č. 1, s. 194-203

KARABOVÁ, B. 2014. *Analýza parametrov metódy SCS-CN v podmienkach Slovenska*: dizertačná práca. Bratislava : STU, 2014. 187 s.

MOSNÝ, V. (2002) Hydrológia-morfológia povodia a prietoky. STU. Bratislava. s. 66-67

MUCHOVÁ, Z., ANTAL, J. (2013): Pozemkové úpravy. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2013. 338s. ISBN 978-80-552-1130-5

PASÁK, V. 1984. Ochrana pudy pred erozí. 1.vydanie. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1984. 164 s.

PONCE, V. M., HAWKINS, E. R. H., 1996. Runoff curve number: Has it reached maturity?. In *J. Hydrol.Eng.* ISSN 1084-0699, 1996, roč 1,č.1, s. 11–19.

RALLISON, R. E., MILLER, N. (1982) "Past, present, and future SCS runoff procedure." *Rainfall-runoff relationship*, V.P. Singh, ed., Water Resources Publications, Littleton, Colo.

RALLISON, R. E. (1980). "Origin and evolution of the SCS runoff equation" *Proc.*, ASCE Irrig. and Drain. Div. Symp. on Watershed Mgmt., ASCE, New York, N.Y., Vol. II, 912-924

Ramasastri, K. S., and Seth, S. M. (1985). "Rainfall-runoff relationships." *Report RN-20*, National Institute of Hydrology, Roorkee, Uttar Pradesh, India.

SCS *national engineering handbook*. (1985). "Section 4: Hydrology" Soil conservation service, USDA, Washington, D.C.

SHARP, A. L., HOLTON, H. N., MUSGRAVE, F. W. (1940) Standard procedure for operation of type F infiltrometer. Soil Conservation Service.

SPÁL, P., DANÁČOVÁ, M. (2011): Význam určenia predchádzajúcich vlahových podmienok pri stanovení priameho odtoku metódou čísel odtokových kriviek (SCS CN). In: 23. konferencia mladých hydroológov., 10. konferencia mladých vodohospodárov : Zborník príspevkov. Bratislava, SR, 9.11.2011. - Bratislava : Slovenský hydrometeorologický ústav, 2011. - ISBN 978-80-88907-76-3.

SZOLGAY, J., HLAVČOVÁ, K., KOHNOVÁ, S., LUPTÁK, Ľ. (2001): Kvantifikácia N-ročných maximálnych prietokov na základe zrážok. Rozborová úloha pre tvorbu STN „Kvantifikácia povodňového režimu. " MŽP SR, Bratislava 2001, 82 s.

Ing. Romana Marková
Katedra vodného hospodárstva krajiny
Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave
Radlinského 11
813 68 Bratislava
E-mail: romana.markova@stuba.sk