

ODVODENIE PARAMETROV METÓDY SCS-CN NA VYBRANÝCH POVODIACH MYJAVY

Romana Marková

Abstract

The runoff process of the river basin is a fundamental hydrological process that is important to know in terms of proposals hydromelioration and flood protection. The runoff depends 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 SCS curve number method is a simple, widely used and efficient method for determining the approximate amount of runoff from a rainfall even in a particular area. Curve number method (SCS - CN) was developed for its use on small agricultural watersheds and has since been extended and applied to rural, forest and urban watersheds. The SCS-CN method was first published in 1956 in Section-4 of the National Engineering Handbook of Soil Conservation Service (now called the Natural Resources Conservation Service-NRCS), U.S. Department of Agriculture.

Parameters of the method, 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 article describes basic methodology and relationships for the SCS-CN method, input data, results of analysis and regionalisation.

Our study area was located on the Myjava river watershed. For analyzed watershed were available rainfall and flow data for the period 1989-2013 provided by Slovak Hydrometeorological Institute, digital maps (maps of land use maps of soil types, river network, Rain gauge and gauging stations). For each basin was created a map of CN numbers and for each basin was calculated one theoretical CN number using the weighted average. For each basin was also calculated empirical number as a average value of all rainfall-runoff events. Empirical and theoretical CN number were compared in results. Histograms for initial abstract coefficient (λ), relationship for calculation initial abstract coefficient (λ) according to rainfall were created for each analyzed watershed and are displayed in results.

At the end the regionalisation for selected catchments was made. The regionalisation was possible because the basins are similar in formation of rainfall-runoff process so we merged them into one region. Within new regionalization was created a new sorting of all captured empirical rainfall-runoff events. The new classification (Classification K) is formed on the basis of collected rainfall-runoff events and their percentile. On the basis of new regionalisation new empirical curve was created. For the analyzed catchments it is preferable to use the optimized parameters λ and CN which have been derived from empirical data and represent the rainfall-runoff relationship better than the original parameters of the SCS-CN method.

Anotácia

Príspevok je zameraný na metódu SCS-CN a hlavným cieľom bola analýza jej hlavných parametrov (CN číslo a λ -koeficient počiatočnej straty). Analýza bola spracovávaná na povodiach ktoré sa nachádzajú na Myjave. V závere článku je spracovaná regionalizácia pre povodia, ktorá bola uskutočnená na základe podobnosti zrážkovo-odtokového procesu na vybraných povodiach.

Kľúčové slová: odtok, SCS-CN, zrážky

Anotation

The contribution is directed to a method SCS-CN and the main objective was to analyze the main parameters (CN number and λ -factor initial loss). The analysis was processed on river watersheds that are located on the Myjava river. At the end of the article is executed the regionalization for selected watersheds, which was carried out on the basis of similarity of rainfall-runoff process in selected watersheds.

Key words: drainage, SCS-CN, rainfall

Úvod

Proces tvorby odtoku na povodí patrí medzi základné hydrologické procesy, ktoré je dôležité poznať z hľadiska návrhov protipovodňových a hydromelioračných opatrení. Odtok závisí od viacerých faktorov, medzi ktoré patria veľkosť a intenzita zrážkového úhrnu, infiltračná schopnosť pôdy, vlhkosť pôdy, množstvo nepriepustných a priepustných plôch. Modelovanie tvorby odtoku patrí k zložitým procesom, ktoré je náročné simulovať.

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).

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 štúdii tvrdí, že CN metóda je vhodným nástrojom na vyčlenenie rizikových oblastí z hľadiska možného výskytu záplav vyvolaných zvolenými návrhovými dažďami.

S parametrami metódy SCS-CN sa spája veľa neistôt, a preto je vhodná ich štatistická analýza na pozorovaných empirických zrážkovo-odtokových udalostiach vybraných pre konkrétne povodie a ich následná regionalizácia.

Príspevok sa zaoberá analýzou a regionalizáciou CN čísiel a λ -koeficientom počiatočnej straty na vybraných povodiach Myjavy. V príspevku je opísaná metodika, základné vzťahy metódy SCS-CN, vstupné údaje, výsledky analýzy a regionalizácia, záver.

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 počiatočná 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 počiatočnej straty,
 I_a - počiatočná strata.

Hlavné parametre metódy SCS-CN sú CN (Curve number) a λ (koeficient počiatočnej 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 $\phi < 0,01$ 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 drenážou	stredne hlboké až hlboké piesočnaté pôdy	10-45
C	pôdy s malou vsakovacou schopnosťou pri úplnom nasýtení a s nízkou drenážou	ílovitohlinité až ílovité plytké pôdy	45-75

D	pôdy s veľmi malou infiltračnou schopnosťou a bez drenáže	íly, alebo pôdy s inak obmedzenou drenážnou 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		CN hodnota podľa hydrologických kategórií pôd			
	obrábania pôdy	kvalita pôdneho krytu				
			A	B	C	D
úhor, čerstvo kyprený	holá pôda		77	86	91	94
	pozberové zvyšky pokrývajú najmenej 5 % povrchu počas celého roka	zlá	76	85	90	93
		dobrá	74	83	88	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, nespášaný	dobrá	30	55	70	77
komunikácie	poľné cesty-nespevnené, hlinené		72	82	87	89

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

**_- ako súčasť osevného postupu s viac ako 50 % zastúpením plodín dlhodobo 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

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

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

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).

Sporný parameter, s ktorým sa spája veľa neistôt je koeficient počiatočnej straty - λ . Podľa pôvodnej metodiky sa uvádza konštantná hodnota $\lambda=0,2$. V článku od autora Mockus (1972) sa uvádzajú hodnoty medzi $\lambda_{min}=0,013$ až $\lambda_{max}=2,1$. Autor Jiang (2001) analyzoval 307 povodí. a zistil, že 90 % hodnôt λ bolo menej než hodnota 0, 2. Preto navrhol použiť hodnotu $\lambda=0,05$, ktorá lepšie korešponduje s nameranými dátami.

Pre každé povodie bol na základe empirických údajov za pozorované obdobie (1989-2013) 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 analýze boli skúmané tri povodia nachádzajúce sa na povodí Myjavy, konkrétne povodia tokov Myjava, Brezovský potok a Teplica.

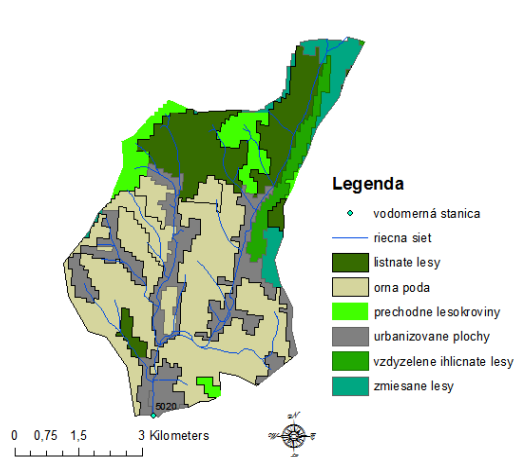
Pre analyzované povodia boli k dispozícii zrážkové a prietokové údaje za obdobie 1989-2013 poskytnuté Slovenským hydrometeorologickým ústavom (Tab. 4), digitálne mapové podklady (mapy využitia územia, mapy pôdných druhov, riečnej siete, zrážkomerných a vodomerných staníc). Z mapy pôdných druhov bola vytvorená pomocou reklasifikácie mapa hydrologických skupín pôd. Prekrytím mapy využitia územia a mapy hydrologických skupín pôd vznikla mapa teoretických CN. Pre každé povodie bolo určené jedno teoretické CN číslo na základe váženého priemeru z mapy teoretických CN čísiel uvedené v tabuľke 5 (označenie CN_{teorII}).

Tab. 4 Analyzované povodia na Myjave

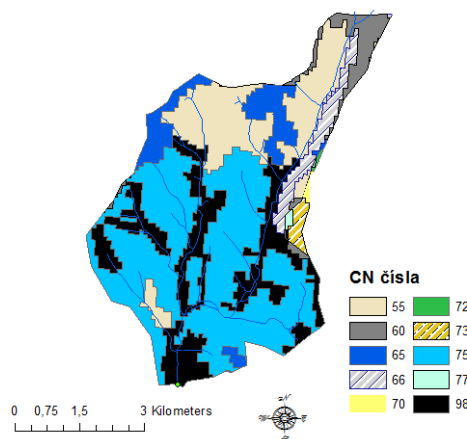
Tok	Vodomerná stanica		Zrážkomerná stanica		Plocha povodia (km ²)	doba pozorovania	údaje (časový krok)
	ID	názov	ID	názov			
Myjava	5020	Myjava	15020	Myjava	32,02	1989-2013	hod.
			15040	Turá Lúka			
			15100	Vrbovce			
Brezovský potok	5021	Brezová pod Bradlom	15020	Myjava	35,86	1989-2013	hod.
			15040	Turá Lúka			
			15060	Brezová pod Bradlom			
			18140	Košariská			
Teplica	5025	Sobotište	14050	Holíč	85,58	1989-2013	hod.
			16010	Moravský Svätý Ján			
			15020	Myjava			
			15120	Sobotište			
			15040	Turá Lúka			
			15100	Vrbovce			

Tab. 5 Teoretické CN čísla (CN_{teorII})

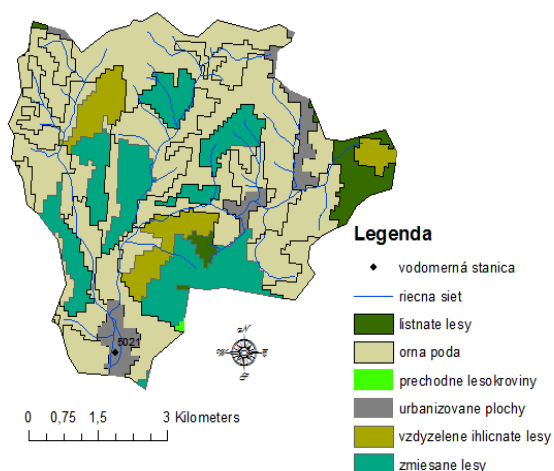
Povodie	Teoretické CN (CN_{teor})
5020	74
5021	67
5025	70



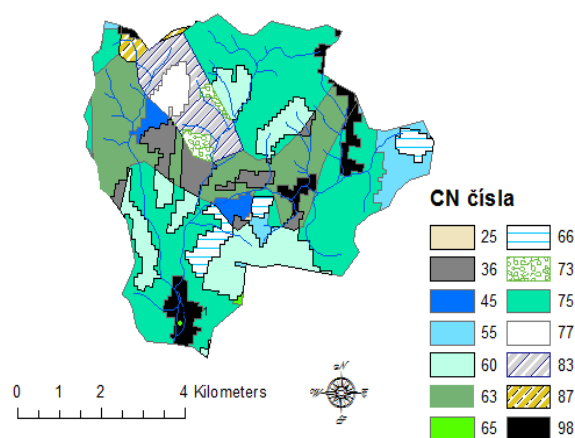
Obr. 1 Mapa využitia územia pre povodie 5020



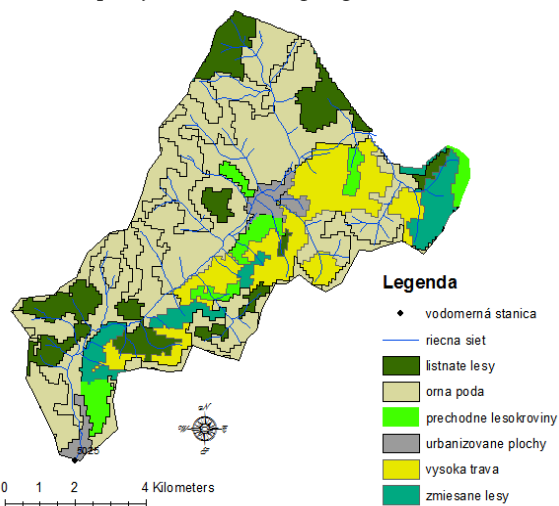
Obr. 2 Mapa CN_{teorII} pre povodie 5020 Myjava



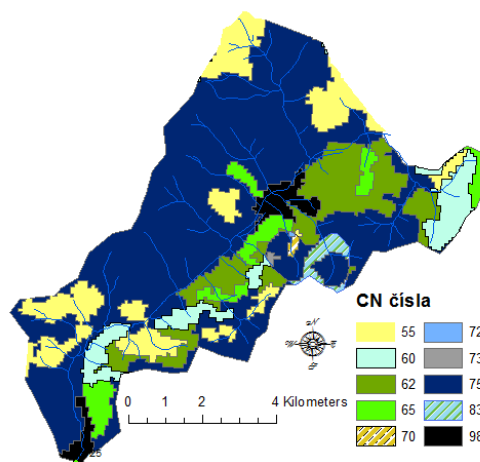
Obr. 3 Mapa využitia územia pre povodie 5021



Obr. 4 Mapa CN_{teorII} pre povodie 5021



Obr. 5 Mapa využitia územia pre povodie 5025



Obr. 6 Mapa CN_{teorII} pre povodie 5025

Výsledky analýzy

Pre povodia 5020, 5021 a 5025 bolo grafickou metódou inflexného bodu vyseparovaných spolu 62 prietokových vln (zrážkovo-odtokových situácií), ktoré vznikli z jednoduchých a dvojdnových 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 každé povodie bolo vypočítané empirické CN číslo na základe zrážkovo-odtokových údajov za obdobie 1989-2013 podľa vzorca (9) pre každú prietokovú udalosť (zrážkovo-odtokovú udalosť) a následne priemerná hodnota pre celé povodie (Tabuľka 6). Empirické CN číslo bolo vypočítané z výstupov z programu „Vlny“.

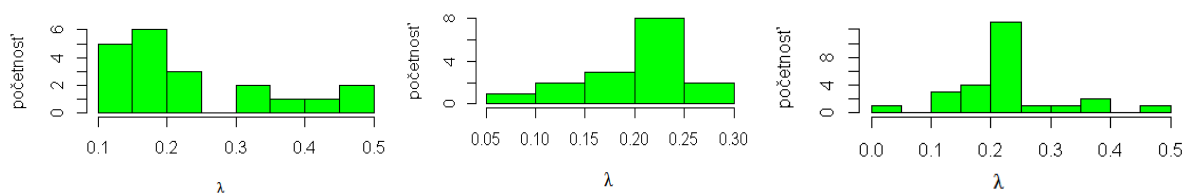
Tab. 6 Priemerné empirické a teoretické CN čísla (CN_{empII})

Povodie	Empirické CN (CN_{empII})	Teoretické CN (CN_{teorII})
5020	75	74
5021	71	67
5025	73	73

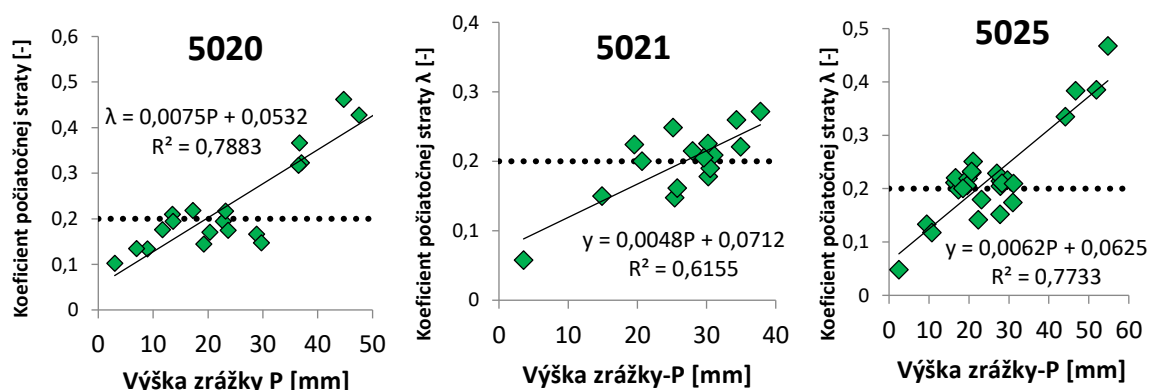
Na obrázku 7 sú znázornené histogramy početnosti koeficientu počiatkovej straty pre analyzované povodia. Koeficient počiatkovej straty bol počítaný na základe empiricky nameraných zrážkovo-odtokových údajov za obdobie 1989-2013 na základe vzorcov (3) a (5).

Na histogramoch vidieť, že hodnota koeficientu počiatkovej straty pre empirické údaje na vybraných povodiach sa pohybuje v najväčšom počte okolo hodnôt $\lambda=0,15-0,25$ (uvažovaná hodnota podľa pôvodnej metodiky je $\lambda=0,2$).

Keďže koeficient počiatkovej straty nie je pre žiadne analyzované povodie konštantný, všetky hodnoty boli znázornené do grafu (Obr. 8), pričom sa jedná o závislosť zrážky, ktorá spôsobila prietokovú vlnu a k nej príslušný koeficient počiatkovej straty. Následne boli určené závislosti $\lambda=f(P)$ pre analyzované povodia.



Obr. 7 Početnosť koeficientu počiatkovej straty λ pre povodie 5020,5021,5025

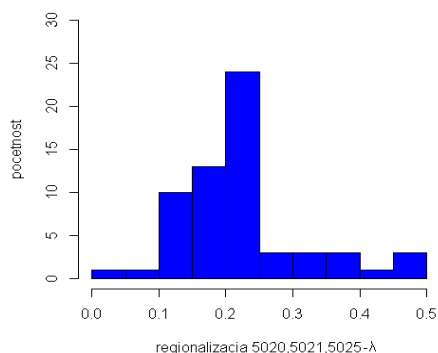


Obr. 8 Vzťah pre výpočet koeficienta počiatkovej straty pre povodie 5020, 5021 a 5025 na základe zachytených prietokových vln.

Regionalizácia λ pre povodia 5020,5021 a 5025

V rámci regionalizácie boli následne spojené povodia s podobnými teoretickými a empirickými CN číslami. Na obrázku 9 je zobrazený histogram početnosti koeficientu počiatkovej straty - λ . Najpočetnejší výskyt λ pre všetky analyzované povodia je medzi $\lambda=0,20-0,25$. Keďže koeficient λ má premenlivú hodnotu, bola odvodená pre tieto povodia závislosť $\lambda=0,0065P+0,0553$ (Obr. 10). Na obrázku 11 je zobrazený krabicový graf

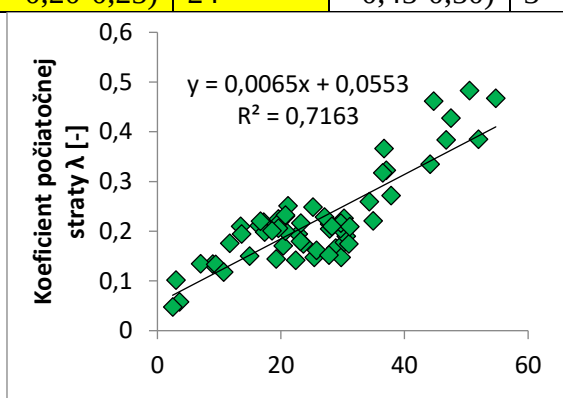
pre analyzované povodia a štatistické charakteristiky koeficientu počiatocnej straty – λ , sú uvedené v tabuľke 8.



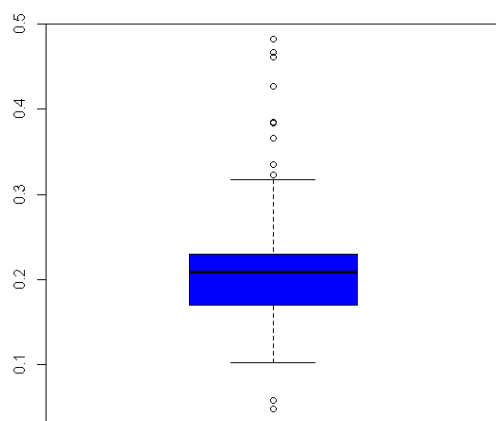
Obr. 9 Histogram početnosti koeficientu počiatocnej straty- λ pre povodia 5020,5021,5025

Tab. 7 Početnosti v histograme pre povodia 5020,5021,5025

POČETNOSTI V HISTOGRAME			
rozsah λ	početnosť	rozsah λ	početnosť
<0-0,05)	1	<0,25-0,30)	3
<0,05-0,1)	1	<0,30-0,35)	3
<0,1-0,15)	10	<0,35-0,40)	3
<0,15-0,20)	13	<0,40-0,45)	1
<0,20-0,25)	24	<0,45-0,50)	3



Obr. 10 Vzťah pre výpočet koeficientu počiatocnej straty - λ pre povodia 5020,5021,5025



regionalizacia 5020,5021,5025

Obr. 11 Krabicový graf koeficientu počiatocnej straty – λ pre povodia 5020,5021,5025

Tab. 8 Štatistické hodnoty koeficientu počiatkovej straty v rámci regionalizácie pre povodia 5020,5021,5025

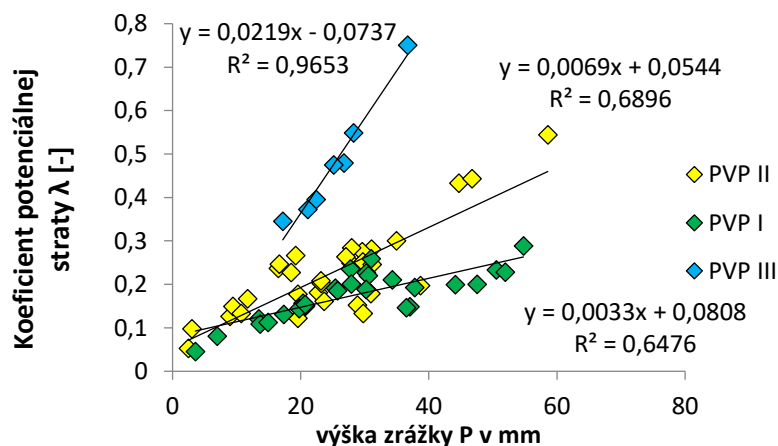
$\lambda_{\min}$	0,10
$\lambda_{\max}$	0,32
λ_{median}	0,21
λ_{priemer}	0,22
$\lambda_{75-3.\text{kvarťil}}$	0,23
$\lambda_{25-1.\text{kvarťil}}$	0,17

Regionalizácia pre povodia 5020, 5025 a 5021 bola možná aj kvôli tomu, že povodia sú si podobné v tvorbe odtokového procesu, a preto sme ich zlúčili do jedného regiónu. V rámci novej regionalizácie bolo vytvorené nové roztriedenie všetkých zachytených empirických zrážkovo-odtokových udalostí. Nové zatriedenie (Klasifikácia K) je vytvorené na základe zachytených zrážkovo-odtokových udalostí a ich percentilov (Karabová, 2014).

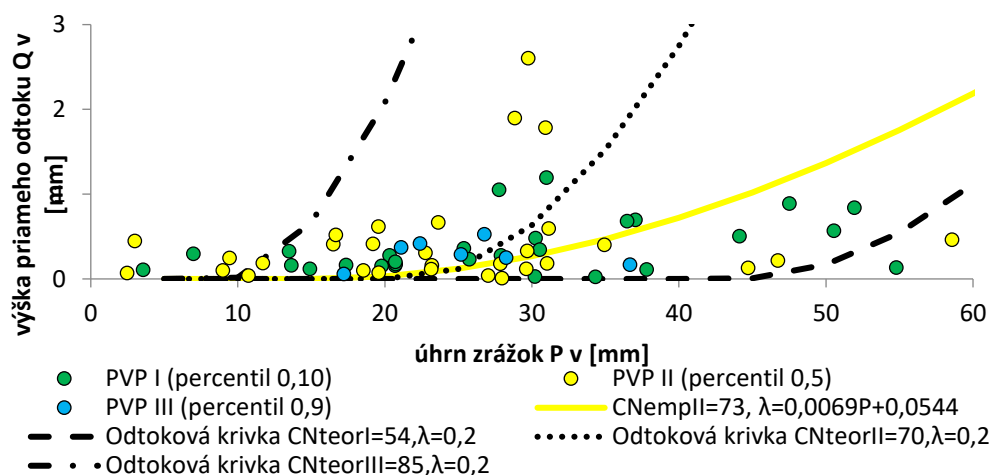
V klasifikácii K sa Z-O udalosti triedili podľa celkového úhrnu zrážok za predchádzajúcich 5 dní na základe prahových hodnôt. Prahové hodnoty sa určili na základe reálnych údajov, pričom platí, že percentil 0,90 zodpovedá PVP III, percentil 0,5 zodpovedá PVP II a percentil 0,1 zodpovedá PVP I (Grabau et al., 2008).

Tab. 9 Klasifikácie predchádzajúcich vlhových podmienok (PVP) podľa pôvodnej metodiky a podľa novej klasifikácie K

Triediaci parameter	celkový úhrn predchádzajúcich 5-dňových zrážok [mm] vo vegetačnom období	
Klasifikácie:	Pôvodná metodika (USDA, 1954)	Nová klasifikácia K
PVP I _{percentil 0,10}	<36	≤1
PVP II _{percentil 0,50}	36-53	1-19,7
PVP III _{percentil 0,90}	>53	≥19,7



Obr. 16 Rozdelenie zrážkovo-odtokových udalostí na základe klasifikácie K pre povodia 5020, 5021, 5025



Obr. 17 Pôvodné teoretické odtokové krivky a empirická odtoková krivka pre $CN_{empII}=73$ na základe premenlivého koeficientu počiatkovej straty podľa rovnice $y=0,0069x+0,0544$ pre klasifikáciu K

Nová klasifikácia K sa vyznačuje silnou lineárnou závislosťou $\lambda=f(P)$ tak ako to je aj v pôvodnej metodike, avšak reálne zachytené zrážkovo-odtokové situácie úplne nezodpovedajú pôvodným teoretickým odtokovým krivkám. Pri porovnaní empirických a teoretických odtokových kriviek je vidieť, že teoretické krivky, zostrojené podľa pôvodnej metodiky sú strmšie, než empirická odtoková krivka zostrojená podľa novej regionalizácie a táto empirická krivka lepšie zohľadňuje namerané zrážkovo-odtokové situácie a výška priameho odtoku vypočítaná pomocou tejto krivky sa viac približuje k reálnym nameraným zrážkovo-odtokovým údajom.

Záver

Cieľom príspevku bola analýza a odvodenie parametrov metódy SCS-CN na vybraných povodiach Myjavy. 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. V regionalizácii bola testovaná nová metodika K podľa ktorej sme zatriedili zrážkovo-odtokové údaje na základe percentilov a bola vytvorená nová odtoková krivka, ktorá je menej strmá a viac zodpovedá nameraným Z-O údajom.

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 regionechnae. ISSN 1335-2563, 2002, roč.5, č.1, s. 17-19

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

HAWKINGS, R.H., HJEMFELD, 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

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

JIANG, R. (2001) Investigation of runoff curve number initial abstraction ratio. MS thesis, Watershed Management, University of Arizona, Tucson, AZ p. 120

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.

MOCKUS, V. (1972): Estimation of direct runoff from storm rainfall. SCS National Engineering Handbook, Sekcia 4, Kapitola č. 10, s.24

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

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*

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 vlhových 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