

PŘÍSPĚVEK KE STANOVENÍ VLIVU LESNÍCH POROSTŮ NA SNIŽOVÁNÍ KULMINACE VELKÝCH VOD

CONTRIBUTION TO ASSESSMENT OF FOREST STAND IMPACT ON DECREASE OF FLOOD PEAKFLOW DISCHARGE

VLADIMÍR ČERNOHOUS¹⁾ - VLADIMÍR ŠVIHLA²⁾ - FRANTIŠEK ŠACH¹⁾ ✉

¹⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

²⁾Fügnerova 809, 266 01 Beroun, Czech Republic

✉ e-mail: sach@vulhmop.cz

ABSTRACT

Forestry practice uses for determining a proposal 100-year-flood discharge the Dub-Němec model. Coefficients of the model, i.e. n , A , are usually assessed by the graphical method, and no theoretical calculating procedure for x coefficient has been elaborated so far. The study gives a new hydrologic procedure of n , A , x parameters calculation by the Dub empiric method determining peakflow discharge of floods in watersheds with mixed types of vegetation. The study comes from analogous catchments, i.e. from the catchments with the close or the same physical and geographical conditions. The main result was presented by forest influence on decrease of flood peakflow discharge in comparison with other non-forest areas. The reliable value of that decrease equals to 10–20%, the submitted study refers to 15%. Choice of analogous watersheds in special geographical region is difficult, and it requires sizeable selective work. The model has a great practical importance for proposing dimensions of torrent-control constructions and forestry water structures. The paper also shows that forest influences on flood discharge cannot be leaved out either in forestry-structures projection or regional water management studies in agriculture-forestry landscape.

Klíčová slova: lesnická hydrologie; velké vody; lesní porosty; snižování kulminací; model Dub-Němec

Key words: forest hydrology; stormflow; forest stands; peakflow decrease; Dub-Němec model; Czech Republic

ÚVOD

Lesnická praxe používá ke stanovení návrhových stoletých velkých vod model autorů DUB, NĚMEC (1969). Parametry tohoto modelu n , x , A jsou pro velké vodní toky běžně tabelovány v hydrologických publikacích. V praktickém hrazení bystřin se pro povodí do plochy 5 km² používá v projekční praxi k výpočtu specifického odtoku velké vody z lesa [$Vq(L)$] Dub-Němcův empirický vzorec ve tvaru

$$(1) \quad Vq(L) = \frac{A}{F(c)^n} [1 - x \cdot f(L)]$$

kde $F(c)$ je celková plocha povodí a $f(L)$ podíl lesní plochy na ploše povodí. V těchto malých povodích však parametry Dub-Němcovy rovnice obvykle nabývají odlišných hodnot. Koeficienty vzorce (n , A) se obvykle určují grafickou metodou, koeficient x nemá zpracovaný teoretický výpočetní postup. Cílem předloženého příspěvku je, při návržení nové metody stanovení všech tří parametrů n , x , A rovnice Dub-Němec hydrologickým modelem, prezentovat důkaz vlivu lesů na tlumení velkých vod ve srovnání s bezlesím.

Model má velký praktický význam při navrhování dimenzí objektů hrazení bystřin a lesnických vodohospodářských staveb. Svůj význam má i při globálních vodohospodářských studiích. Z výsledků práce (DUB, NĚMEC 1969) je patrné, že v navrhování lesnických staveb i regionálních vodohospodářských studií nelze vliv lesa na režim velkých vod v zemědělsko-lesní krajině zanedbávat.

Ze zahraničí shrnuli modelování odtokových extrémů např. EISENBIES et al. (2007) či BLAŽKOVÁ (1991). K modelování kulminací velkých vod je však třeba přistupovat na základě výběru modelů a jejich působení konkrétním poměrům v domácích regionech.

MATERIÁL A METODIKA

Experimentální materiál vybrali autoři z publikace Hydrologické poměry ČSSR (HMÚ 1970), kde ho prezentoval L. Horský a z publikace Příspěvek k určení návrhového průtoku při hrazení bystřin a úpravách toků (ZLATUŠKA, DRÁPELA 2012). Soupis dat o povodích je v tab. 1.

Základ nového řešení vychází z odvození rovnice (1):

$$(1a) \quad VQ(c,s) = VQ(c,o) - VQ(c,o) \cdot f(L) + VQ(c,o) \cdot f(L) \cdot \frac{Vq(L)}{Vq(O)} =$$

$$= VQ(c,o) \left[1 - f(L) + f(L) \cdot \frac{Vq(L)}{Vq(O)} \right] = VQ(c,o) [1 - f(L) + f(L)(1-x)] =$$

$$(1b) \quad VQ(c,s) = VQ(c,o) [1 - x \cdot f(L)]$$

když $\frac{Vq(L)}{Vq(O)} = 1 - x$

$$x = 1 - \frac{Vq(L)}{Vq(O)}$$

- $VQ(c,o)$ velká voda stoletá na dotčeném povodí bezlesém
- $VQ(c,s)$ velká voda stoletá v zemědělsko-lesním povodí
- $f(L)$ podíl lesní plochy na ploše povodí
- $Vq(L)$ specifický odtok velké vody z lesa
- $Vq(O)$ specifický odtok velké vody z nelesních částí povodí.

Další postup vychází ze dvou bilančních rovnic:

$$(2) \quad VQ(c,s,1) = F(L,1) \cdot Vq(L,1) + F(O,1) \cdot Vq(O,1)$$

$$(3) \quad VQ(c,s,2) = F(L,2) \cdot Vq(L,2) + F(O,2) \cdot Vq(O,2)$$

z povodí analogických, tedy s přibližně stejnými parametry A , n , x .
Potom platí:

$$Vq(L,2) = Vq(L,1) \left[\frac{F(c,2)}{F(c,1)} \right]^n$$

$$Vq(O,2) = Vq(O,1) \left[\frac{F(c,2)}{F(c,1)} \right]^n$$

a řešení rovnic (2) a (3) dává:

$$(4) \quad Vq(L,1) = \frac{VQ(c,s,2) \cdot \left[\frac{F(c,2)}{F(c,1)} \right]^n - \frac{F(O,2)}{F(O,1)} \cdot VQ(c,s,1)}{F(L,2) - \frac{F(O,2)}{F(O,1)} \cdot F(L,1)}$$

$$(5) \quad Vq(O,1) = \frac{VQ(c,s,2) \cdot \left[\frac{F(c,2)}{F(c,1)} \right]^n - \frac{F(L,2)}{F(L,1)} \cdot VQ(c,s,1)}{F(O,2) - \frac{F(L,2)}{F(L,1)} \cdot F(O,1)}$$

- $VQ(c,s,1)$ napozorovaná velká voda stoletá v zemědělsko-lesním povodí 1
- $VQ(c,s,2)$ napozorovaná velká voda stoletá v zemědělsko-lesním povodí 2
- $F(L,1), F(L,2)$ plocha lesů v povodí 1, resp. 2
- $F(O,1), F(O,2)$ plocha zemědělských a ostatních ploch v povodí 1, resp. 2
- $F(c,1), F(c,2)$ celková plocha povodí 1, resp. 2
- $Vq(L,1), Vq(L,2)$ specifický odtok velké vody z lesa v povodí 1, resp. 2
- $Vq(O,1), Vq(O,2)$ specifický odtok velké vody z nelesních ploch povodí 1, resp. 2

V rovnicích (4) a (5) se volí postupným přibližováním parametr n tak, aby $Vq(L)$ a $Vq(O)$ splnily rovnice (2) a (3).

Dále:

$$(6) \quad VQ(c,o) = Vq(O) \cdot F(c)$$

a rovnicí (1a) zkontrolujeme výsledek výpočtů:

$$VQ(c,s,1) = A \cdot F(c,1)^{1-n} [1 - x \cdot f(L,1)]$$

$$(7) \quad A = \frac{VQ(c,s,1)}{F(c,1)^{1-n} [1 - x \cdot f(L,1)]}$$

Výsledky výpočtů pro vybraná analogická povodí obsahuje tab. 2.

Tab. 1.

Závěrečné profily zájmových toků
Outlet sections of concerned streams

č./ no.	Název toku/ Stream name	ČHP/ Hydrologic arrangement number	Plocha povodí/ Catchment area (km ²)	Lesnatost/ Forest cover (%)	Průtok 100leté v. v./ 100-year flood peakflow discharge (m ³ /s)	Území/Region	Poznámka/Note
1.	Klabava	11-01-06-040	188,00	70	105,00	střední Brdy	vrchovina ¹
2.	Litavka	1-11-04-013	154,00	40	113,00	střední Brdy	vrchovina
3.	Klanečnice	4-21-09-023	9,82	47	44,04	Bílé Karpaty	hornatina ²
4.	Sviňárský potok	4-21-09-024	8,08	96	34,99	Bílé Karpaty	hornatina
5.	Zlejškorský potok	4-13-02-035	0,76	23	10,03	Bílé Karpaty	hornatina
6.	Rychlíčka	4-13-03-037	0,72	87	6,41	Bílé Karpaty	hornatina
7.	Lhotský potok	4-13-02-035	3,01	10	20,29	Bílé Karpaty	hornatina
8.	Potok Zřídla	4.13-02-039	3,11	87	19,00	Bílé Karpaty	hornatina
9.	Lhotský potok	4-13-02-035	0,60	47	6,00	Bílé Karpaty	hornatina
10.	Rychlíčka	4-13-03-037	0,72	87	6,40	Bílé Karpaty	hornatina
11.	Šiberna 1	1-11-04-023	6,15	7	11,70	podhůří Brd	pahorkatina ³
12.	Šiberna 2	1-11-04-023	7,52	6	13,10	podhůří Brd	pahorkatina

Analogy/Analogues: 1 - 2; 3 - 4; 5 - 6; 7 - 8; 9 - 10; 11 - 12; ¹highland; ²mountains; ³hilly area

VÝSLEDKY A DISKUSE

Stochastické modelování extrémů s využitím fyzikálně založených hydrologických modelů je předmětem numerického modelování odtokových extrémů. Simulaci povodňového odtoku na bázi používání indexu předchozích srážek zpracovali do modelu např. FEDORA a BESCHTA (1989). Průměrná chyba mezi napozorovanými a modelem odhadovanými hodnotami kulminačního průtoku, resp. povodňového odtoku, činila pouze -1 %, resp. 4%. Model tří lineárních nádrží (tank model) využila k modelování N-letých povodňových vln na povodí Smědě v Jizerských horách KREJČOVÁ (1994). Celkem použila ke stochastickému hodnocení maximálních průtoků 45 povodní z let 1957–1987 roztríděných do čtyř skupin podle stavu porostů, jak se měnil v důsledku imisní kalmity a jejího zpracování. Vliv mýcení porostů a technologického zpracování dřeva se, na rozdíl od povodňového odtoku, mezi skupinami neprojevil. K obdobnému závěru směřovala i BLAŽKOVÁ (1991) při modelování změn kulminačních průtoků z deště vlivem kalamitních imisních těžeb a jejich zpracování metodou scénářů.

V našem případě největším problémem odvozeného modelu výpočtu odtoku velkých vod ze zemědělsko-lesních povodí je výběr analogických povodí – rovnice (2) a (3). Z 25 vybraných povodí pouze 6 dvojic vyhovělo požadavkům modelu (tab. 2). Model musí dávat běžné hodnoty parametrů n , A , x v mezích $0,33 \leq n \leq 0,5$; $1,0 \leq A \leq 15$; $0,1 \leq x \leq 0,5$ (ČERMÁK 1962; DUB, NĚMEC 1969). Malé rozdíly parametrů x , n , A mezi vybranými analogy (10–15 %) jsou zanedbatelné a výpočet modelu podstatně neovlivňují. Analogy si musejí zkrátka fyzicko-geograficky odpovídat. Vždy musí platit:

$$Vq(L) \leq Vq(c) \leq Vq(O),$$

aby analogie vedla ke správným výsledkům výpočtu parametrů n , x , A , t. j. splnění základního poznatku z odvozeného modelu, že ve srovnání s půdami ostatními lesní půda tlumí odtok velkých vod. Modely, které určují parametr A bez uvažování vlivu lesa na tlumení velkých vod, t. j. neuvažují parametr x , dávají vždy nižší hodnoty parametru A než předpokládaný model. Uvažováním parametru x

Tab. 2.
Výsledky výpočtů pro vybraná povodí
Results of calculations for chosen catchments

Tok/Stream	$VQ(c,s)^1$	$VQ(c,o)^2$	$VQ(L,p)^3$	$VQ(L)^4$	$\Delta VQ(c)^5$	$Vq(L)^6$	$Vq(O)^7$	$\frac{VQ(L)^8}{VQ(O)}$	x	A	n	Území/ Region
	m ³ /s				m ³ /s/km ²		–	–	–	–		
Klabava	105,00	157,09	109,96	57,90	52,09	0,440	0,836	0,526	0,474	6,76	0,40	střední Brdy
Litavka	113,00	139,48	55,79	29,31	26,48	0,476	0,906	0,525	0,475	6,72	0,40	střední Brdy
Klanečnice	44,04	48,35	22,72	18,41	4,31	3,989	4,924	0,810	0,190	11,48	0,37	Bílé Karpaty
Sviňárský potok	34,99	42,78	41,07	33,27	7,79	4,289	5,295	0,810	0,190	11,47	0,37	Bílé Karpaty
Zlejšorský potok	10,03	11,22	2,51	1,32	1,19	7,781	14,757	0,527	0,472	12,78	0,54	Bílé Karpaty
Rychlíčka	6,41	10,94	9,52	5,01	4,53	8,013	15,198	0,527	0,472	12,65	0,54	Bílé Karpaty
Lhotský potok	20,29	20,51	2,05	1,83	0,22	6,065	6,815	0,890	0,110	9,127	0,265	Bílé Karpaty
Potok Zřídla	19,00	21,08	18,34	16,26	2,08	6,011	6,780	0,887	0,113	9,152	0,265	Bílé Karpaty
Lhotský potok	6,00	6,28	2,95	2,67	0,28	9,464	10,467	0,904	0,096	8,471	0,41	Bílé Karpaty
Rychlíčka	6,40	6,99	6,08	5,49	0,59	8,777	9,710	0,904	0,096	8,479	0,41	Bílé Karpaty
Šiberna 1	11,70	11,73	0,82	0,79	0,03	1,851	1,908	0,970	0,030	4,248	0,44	podhůří Brd
Šiberna 2	13,10	13,13	0,79	0,76	0,03	1,694	1,746	0,970	0,030	4,240	0,44	podhůří Brd

¹ $VQ(c,s)$ – voda stoletá v zemědělsko-lesním povodí; 100-year flood discharge on a agric-forest watershed; ² $VQ(c,o)$ – velká voda stoletá na dotčeném povodí bezlesém; 100-year flood discharge on a concerned watershed without forest; ³ $VQ(L,p)$ – velká voda z plochy o výměře lesa s velikostí odtoku z ostatních ploch [$VQ(c,o):f(L)$]; $VQ(L,p)$ – flood peakflow discharge from area with forest cover equivalent to flood peakflow discharge from other areas [$VQ(c,o):f(L)$]; ⁴ $VQ(L)$ – odtok velké vody stoleté z lesa na dotčeném povodí; 100-year flood discharge from the forest on a concerned watershed; $VQ(O)$ – odtok velké vody stoleté z nelesních ploch na dotčeném povodí; 100-year flood discharge from non-forest areas on a concerned watershed; ⁵ $\Delta VQ(c)$ – Δ velké vody stoleté na dotčeném povodí; Δ 100-year flood discharge on a concerned watershed; ⁶ $Vq(L)$ – specifický odtok velké vody z lesa v povodí; specific flood peakflow discharge from the forest in a watershed; ⁷ $Vq(O)$ – specifický odtok velké vody z nelesních ploch povodí; specific flood peakflow discharge from non-forest areas of a watershed; ⁸poměr odtoků velkých vod; proportion of flood peakflow discharges

Tab. 3.
Hodnoty parametrů modelů velkých vod
Values of model parameters of flood peakflow discharge

Kategorie/Category	Nový/New model			Dub–Němec model		
	A	n	x	A	n	x
hornatina/mountains	8,5–13	0,27–0,54	0,10–0,47	10–15	0,44–0,5	0,5
vrchovina a podhůří/highland and foothills	6,7–8,5	0,40	0,47	5–10	0,49	0,5
pahorkatina/hilly area	4,2–6,7	0,44	0,03	2–5	0,36–0,4	0,5
nížina/lowland	–	–	–	1–2	0,36	0,5

se mění vstupní hodnota $VQ(c,s)$ na $VQ(c,o)$ a parametr A se tím zvyšuje:

$$VQ(c,s) = VQ(c,o) \cdot [1 - x \cdot f(L)]$$

$$A = \frac{VQ(c,o)}{F(c)^{1-n}} > \frac{VQ(c,s)}{F(c)^{1-n}}$$

$$VQ(c,o) = \frac{VQ(c,s)}{[1 - x \cdot f(L)]} = A \cdot F(c)^{1-n}$$

Rozdíly se pohybují mezi 1–33 %, průměrně 9,5 %. Dle tab. 2 a publikace DUB, NĚMEC (1969) se dostanou hodnoty parametrů uvedené v tab. 3.

Blížší vysvětlení vyžaduje hodnota parametru x . Na velikost tohoto parametru má základní vliv vlhkostní stav lesní půdy. Je-li půda suchá – 40 % retenční kapacity půdy – pak hodnota parametru $x \rightarrow 0,5$, protože lesní půda může zachytit a transformovat podstatnou část stoleté přivalové srážky. Je-li naopak půda vlhká po období dešťů nebo tání sněhu, může zachytit a transformovat maximálně 15 % velké vody stoleté, jak vyplývá z podrobného hydropedologického průzkumu lokalit „U Dvou louček“ a „Deštná stráž“ v Orlických horách (ŠVIHLA et al. 2005, 2007). Je tedy možno uzavřít, že bezpečná hodnota pro navrhování objektů hrzení bystřin a lesnických staveb je $0,1 \leq x \leq 0,2$, průměrně $x = 0,15$. Je zajímavé, že NĚMEC (1964) uvádí pro parametr x tytéž hodnoty. Hodnoty $x = 0,5$, které udávají DUB a NĚMEC (1969) a $x = 0,4$, jenž zmiňuje ČERMÁK (1962) odpovídají možným maximům a pro běžné výpočty velkých vod je nelze použít.

Výsledkem předložené práce je poznatek, že při správném výběru analogických povodí lze dokázat, že lesní porosty snižují kulminace velkých vod ve srovnání s pozemky nezalesněnými, srv. rovnice (1b). Důvodem je skutečnost, že les tlumí velikost ovzdušných srážek dopadajících na povrch půdy intercepčí a lesní půda jednak vyšším obsahem pórů gravitačních než půdy nelesní tlumí velikost průsaku ovzdušných srážek, jednak je v pórech kapilárních akumuluje ve větším měřítku než půdy nelesní (ŠVIHLA 2010). Tlumení velkých vod lesními porosty je proměnlivé (parametr x), a nesmí se proto přeceňovat.

Hodnoty parametru n , A , vypočtené předloženým modelem, jsou srovnatelné s publikovanými hodnotami (ČERMÁK 1962; DUB, NĚMEC 1969) a dokazují správnost předloženého modelu. Menší rozdíly (tab. 3) zřejmě vyplývají z faktu, že údaje publikované různými autory jsou zobecněním širších oblastí, než zachycuje předložený model a odlišnými modely výpočtu. Cílem práce tak není předložení obecných hodnot parametrů modelu pro různé oblasti, nýbrž důkaz vlivu lesů na tlumení velkých vod ve srovnání s bezlesím.

Poděkování:

Výzkum byl financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0116 (č. j. 10462/2016-MZE-17011).

LITERATURA

- BLAŽKOVÁ Š. 1991. Zhodnocení světových zkušeností s vlivem odlesnění na povodňový odtok z deště. *Vodohospodářský časopis*, 39 (1): 69–94.
- BLAŽKOVÁ Š. 1991. Modelování změn kulminačních průtoků z deště vlivem odlesnění metodou scénářů. *Vodohospodářský časopis*, 39 (2): 97–115.
- ČERMÁK M. 1962. Opakování velkých vod na malých povodích. *Vodohospodářský časopis*, 10 (3): 233–266.
- DUB O., NĚMEC J. 1969. *Hydrologie*. Praha, Státní nakladatelství technické literatury: 379 s.
- EISENBIES M.H., AUST W.M., BURGER J.A., ADAMS M.B. 2007. Forest operations, extreme flooding events, and considerations for hydrologic modeling in the Appalachians – a review. *Forest Ecology and Management*, 242: 77–98.
- FEDORA M.A., BESCHTA R.L. 1989. Storm runoff simulation using an antecedent precipitation index (API) model. *Journal of Hydrology*, 112 (1/2): 121–134.
- HMÚ. 1970. *Hydrologické poměry Československé socialistické republiky*. Díl III. Ed. J. Zitek. Praha, Hydrometeorologický ústav: 305 s.
- KREJČOVÁ K. 1994. Modelování N-letých povodňových vln na povodí Smědě v Jizerských horách. In: Blažková Š. et al. (eds.): *Vliv odlesnění na hydrologický režim Jizerských hor. Výzkum pro praxi*. Sešit 28. Praha, Výzkumný ústav vodohospodářský: 36–46.
- NĚMEC J. 1964. *Inženýrská hydrologie*. Praha, Státní nakladatelství technické literatury: 235 s.
- ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., KULHAVÝ Z., ŠACH F. 2005. Příspěvek k hydrologické analýze povodí U Dvou louček v Orlických horách. *Soil and Water*, 4/2005: 95–105.
- ŠVIHLA V., ŠACH F., KULHAVÝ Z., KANTOR P. 2007. Vyhodnocení hydropedologického průzkumu na experimentálním lesohydrologickém objektu Deštná stráž v Orlických horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52, (1): 27–36.
- ŠVIHLA V. 2010. Ceny hydrických funkcí lesa. In: Šišák L. et al.: *Metodika hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa*. Recenzovaná metodika. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 15–18.
- ZLATUŠKA K., DRÁPELA K. 2012. Příspěvek k určení návrhového průtoku při hrzení bystřin a úpravách toků. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (4): 314–326.

CONTRIBUTION TO ASSESSMENT OF FOREST STAND IMPACT ON DECREASE OF FLOOD PEAKFLOW DISCHARGE

SUMMARY

The empirical Dub-Němec formula is used in projection practice for assessment of 100-year flood peakflow discharge for maximum watershed area equal 5 square km, as follows

$$Vq(L) = \frac{A}{F(c)^n} \cdot [1 - x \cdot f(L)]$$

where $Vq(L)$ – specific flood peakflow discharge from forest; $F(c)$ – total watershed area; $f(L)$ – proportion of forest area to watershed area; n , x , A – model parameters.

Parameters of the formula are named n , x , A , and they are usually tabularized in hydrologic publications for great streams. Nevertheless, for small catchments, the Dub-Němec equation parameters commonly acquire different values.

The submitted article gives a new hydrologic method of the n , x , A parameters calculation of the Dub-Němec equation. It comes out from the balance equations (2) and (3) for chosen analogous catchments. Accuracy of calculation depends on the right choice of analogues, i.e. catchments with the close or the same physical and geographical conditions. Choice of analogous watersheds in special geographical region is difficult and it requires sizeable selective work (Tab. 1).

The paper unambiguously proves that the forest stands in an agricultural and forest watershed attenuate flood peakflow discharge (Tab. 2). It is caused by forest interception, higher infiltration rate of forest soils than agricultural ones, and greater retention ability (retaining capacity) of forest soils to catch precipitation water than agricultural soils. In the Dub-Němec equation the inhibiting effect is represented by the formula $f(L) \cdot x$. Decreasing of flood peakflow discharges by woods thus depends on forest percentage in a watershed and on x parameter, which represents water holding efficiency (retaining capacity) of the special forest stand. Mean value of x parameter stated by Dub-Němec equals 0.5 and that stated by Čermák equals 0.4. Our analysis shows that mean value of x equals 0.22 (Tab. 3). Safety average value of parameter x is possible to determine $0.1 \leq x \leq 0.2$. In reality, the formula

$$x \cdot f(L) = \frac{w(L)}{w(HS)}$$

is, by the method of stormflow wave simplification, a triangular schematization ($w(L)$, $w(HS)$ represent volume of retention by forest stand or effective precipitation making stormflow).

The derived method proves usage in landscape planning because it makes possible to assess forest influence in a landscape relating to depth of flood peakflow discharge. It proves the non-substitutable role of forests in a landscape comparing influence of forests with forest-free area on mitigation of flood flows.

Zasláno/Received: 18. 02. 2016

Přijato do tisku/Accepted: 13. 09. 2016