

STANOVENÍ POTENCIÁLNÍ RETENCE POVODÍ ŘEKY FRYŠÁVKY

T. Mašíček, F. Toman

Došlo: 17. března 2010

Abstract

MAŠÍČEK, T., TOMAN, F.: *Determination of potential retention of the Fryšávka River basin*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2010, LVIII, No. 5, pp. 263–270

Hydrological models provide design parameters for the design of flood control measures. Runoff from the river basin is primarily determined by the amount of rainfall and water retention of the river basin. The Fryšávka River basin was chosen to determine the potential water retention of the river basin. Before the determination of potential retention preparatory work was carried out: description of the current state of land cover based on a detailed field survey, the representation of hydrological soil groups in the basin found in BPEJ (Bonitované půdně ekologické jednotky – Valuated land–ecological units) maps, delimitation of basin parts by the digital vector layer ZABAGED altimetry (Základní báze geografických dat – Fundamental base of geographic data) – 3D contour and evaluation of basin parts by the runoff curve numbers (CN). The processing of background data was performed by the program ArcGIS 9.2 of ArcView software products using a set of integrated software applications ArcMap, ArcCatalog and ArcToolbox. To assess the potential retention, as part of the hydrologic characteristics of the Fryšávka River basin, the curve number method, a modification of the deterministic episode model DesQ–MAXQ, was used. The average numbers of runoff curves and the data about potential retention of river basin parts are presented in the form of map outputs.

landscape cover, water retention, hydrologic soil groups, runoff curve numbers, GIS, model DesQ–MAXQ

Dříve opomíjená problematika retence vody v krajině se dostala do popředí zájmu odborné i laické veřejnosti až s výskytem katastrofálních povodní v letech 1997 a 2002 a s dalšími nepravidelně, ale poměrně často se opakujícími povodněmi. Ty už sice nebyly plošně tak rozsáhlé, ale v žádném případě v daném místě ne méně závažné jako ty, které proběhly právě ve zmíněných letech. V souvislosti s povodněmi a s tím spojenou problematikou retenční schopnosti krajiny se nesmí, kromě nevhodné organizace půdního fondu a využívání krajiny, zapomínat na skutečnost související s častějším výskytem extrémních klimatických situací, které jsou často považovány za projev globálních klimatických změn.

Retence povodí, charakterizovaná jako schopnost krajiny zadržet vodu, je velmi složitý komplex dějů od srážky až po odtok. Autoři Spitz, Prudký (2001) definují celkovou přirozenou vodní retenci povodí

jako vodu dočasně zdrženou na povrchu terénu, v půdě, v korytě toku aj. přirozeným způsobem, tj. bez retence v umělých vodních nádržích a v inundacích.

Cílem práce bylo posoudit retenční potenciál povodí řeky Fryšávky v závislosti na aktuálním stavu krajinného pokryvu. S daným cílem bylo spojeno podrobné zmapování současného stavu krajinného pokryvu, zjištění zastoupení hydrologických skupin půd (HSP) v povodí, vymezení dílčích částí povodí a ohodnocení každého dílčího povodí číslem odtokové křivky CN.

Významnost oblasti povodí Fryšávky je potvrzena tím, že koncem 70. let minulého století sestavil prof. Vaníček (VŠZ Brno) interdisciplinární tým odborníků přírodovědného i praktického zaměření, který začal povodí Fryšávky systematicky sledovat v rámci tehdy nově formulované Světové strategie ochrany (World Conservation Strategy) jako její re-

gionální model. Díky tomu byla do té doby neznámá krajina povodí Fryšávky zařazena do „Zelené knihy 44 význačných evropských krajín“, vydané v roce 1978 IUCN (dnes Světový svaz ochrany přírody) (Trnka, 2004, 2007).

MATERIÁL A METODY

Postup při stanovení potenciální retence povodí byl metodicky rozdělen na tři části. První zahrnovala shromáždění všech dostupných digitálních podkladových materiálů nutných k postihnutí charakteristik povodí z hlediska retence. Ve druhé části byly provedeny přípravy a analýzy shromážděných zdrojových dat v programu ArcGIS 9.2 v softwarovém produktu ArcView pomocí sady integrovaných softwarových aplikací ArcMap, ArcCatalog a ArcToolbox. Všechny operace v prostředí GIS vedly k tvorbě výstupů vstupujících ve třetí části do modelu DesQ-MAXQ (Hrádek, Kuřík; 2001) sloužícího k výpočtům hydrologických charakteristik malých povodí. Jednou z hydrologických charakteristik byla právě potenciální retence.

Vzhledem k charakteru modelu DesQ-MAXQ založeného na metodice CN muselo být povodí Fryšávky rozděleno na dílčí části o velikosti do 10 km². Hranice celého povodí byla vykreslena v prostředí GIS editačními nástroji na podkladu digitální vrstvy ZABAGED výškopis – 3D vrstevnice s korekcí průběhu hranice dle vrstvy hydrologického členění – povodí IV. řádu z DIBAVOD (digitální báze vodohospodářských dat). Na podkladu vrstvy vrstevnic, vykreslené hydrografické sítě, vymezených drah soustředěného povrchového odtoku a délek odtoku generovaných ze směrů odtoků a digitálního modelu terénu vytvořeného z konvertované vektorové digitální vrstvy ZABAGED výškopis – 3D vrstevnice byly vykresleny rozvodnice, které vymezyly 35 dílčích povodí ve tvaru „otevřené knihy“ s pravou a levou stranou svahu (subpovodí LP) a 60 dílčích povodí s jedním svahem (subpovodí S).

Nezbytným podkladem pro stanovení potenciální retence každého dílčího povodí bylo zachytit současný stav krajinného pokryvu, zjistit zastoupení hydrologických skupin půd v povodí a ohodnotit každé subpovodí číslem odtokové křivky CN. Mapa krajinného pokryvu (druhů pozemků) byla vyhotovena na podkladu rastrové základní mapy (RZM) 1:10 000 a barevné digitální ortofotomapy SMO 5 v konfrontaci se záznamem skutečného stavu provedeným podrobným terénním průzkumem. Hydrologické skupiny půd na zemědělské půdě byly odvozeny z hlavních půdních jednotek (HPJ), tj. druhé a třetí číslice kódu BPEJ pomocí převodní tabulky *Hydrologické skupiny zemědělských půd podle HPJ* (Janeček, 2007). Čísla CN byla jednotlivým kategoriím krajinného pokryvu přiřazena podle využití půdy, způsobu obdělávání a hydrologických podmínek pro jednotlivé hydrologické skupiny půd dle tabulky *Průměrná čísla odtokových křivek – CN pro index předchozích srážek IPSII* (Janeček, 2007). Hydrologické skupiny půd v lesních porostech byly odvo-

zeny z typu vodního režimu půd dle metodiky „Systém komplexního hodnocení lesních půd“ (Macků, 2000) a čísla odtokových křivek CN byla stanovena dle metodiky „Analýza lesních porostů pro hydrologické výpočty“ (Macků, 2004).

Aby bylo možné v rámci modelu DesQ-MAXQ vypočítat potenciální retenci jednotlivých subpovodí, musela být pro každé dílčí povodí zjištěna výsledná průměrná hodnota CN. Nejprve byla v prostředí GIS vytvořena vektorová vrstva nesoucí informaci o čísle CN každé dílčí plošky krajinného pokryvu převedena na vrstvu rastrovou, z níž byly posléze zonální statistikou vypočítány průměrné hodnoty CN pro každé subpovodí. Průměrná hodnota CN se odvozuje váženým průměrem dle plošného zastoupení jednotlivých druhů pozemků v povodí.

Pro stanovení potenciální retence, jako dílčí hydrologické charakteristiky povodí Fryšávky, byla použita metoda čísel odtokových křivek CN v modifikaci modelu DesQ-MAXQ (DesignQ-MAXQ) dle Hrádka a Kuříka (2001). Jedná se o deterministický model epizodní, s částečně dělenými vstupními parametry, průměrnými pro levý a pravý svah povodí. Model je využitelný pro výpočet maximálních průtoků vyvolaných přívalovými dešti v nepozorovaných profilech malých povodí do 10 km², kde nejsou k dispozici přímá hydrometrická pozorování. Povodí lze schematizovat buď jednou odtokovou plochou (svah) nebo „modelovým povodím“. Modelové povodí je definováno jako povodí ve tvaru „otevřené knihy“, jehož svahy tvoří elementární odtokové plochy, které mají společnou patu v údolnici (Hrádek, Kuřík; 2001). K výpočtu hydrologických charakteristik vstupují do modelu hodnoty maximálních denních úhrnů srážek s pravděpodobností opakování za *n* roků pro místa na území České republiky (Šamaj, Valovič, Brázdil; 1985, in Janeček, 2007). V našem případě se jednalo o maximální 24hodinový srážkový úhrn s dobou opakování 100 let nejbližší stanice zájmovému území, a to Nového Města na Moravě.

Potenciální retence R_p byla stanovena dle metodiky US SCS (Soil Conservation Service) rovnicí:

$$R_p = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right),$$

kde

R_p potenciální retence povodí [mm],
 CN číslo odtokové křivky.

Kompletní popis metodiky hydrologického modelu DesQ-MAXQ uvádějí Hrádek a Kuřík (2001).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Nejvýznamnější plochu v povodí Fryšávky zaujímají lesní porosty (52,79 %). Plošné a procentuální zastoupení všech druhů pozemků v zájmovém území je uvedeno v Tab. I. Z hydrologických skupin půd jsou v zájmovém území zastoupeny skupiny půd B, C a D. Mapa s rozložením hydrologických sku-

I: Zastoupení jednotlivých druhů pozemků v povodí Fryšávky
 I: The representation of land kinds of the Fryšavka basin

Druhy pozemků	Výměra [km ²]	%
les	35,08	52,79
orná půda	8,27	12,44
louka	14,00	21,07
pastvina	1,90	2,86
travnatá plocha	0,81	1,22
travnatý pás	0,11	0,17
mokřad	0,13	0,19
plošná zeleň	1,26	1,90
liniová zeleň	0,92	1,38
vodní plocha	0,51	0,77
intravilán	1,55	2,33
rozptýlená zástavba	1,04	1,56
silnice	0,37	0,56
zpevněná cesta	0,17	0,26
polní cesta	0,33	0,50
lom	0,002	0,003
Celkem	66,45	100,00

pin půd v povodí, poukazující na potenciál půdy k retenci vody, je uvedena na Obr. 1.

Přes použitou metodu čísel odtokových křivek (Janeček, 2007) při přiřazování čísel CN jednotlivým druhům pozemků si daný postup vyžádal individuální přístup vzhledem k určitému nutnému zjednodušení a zároveň k největší přesnosti postihnouti charakteru jednotlivých kategorií krajinného

pokryvu. Tab. II uvádí přehled čísel CN přiřazených kategoriím krajinného pokryvu vyskytující se v zájmovém území.

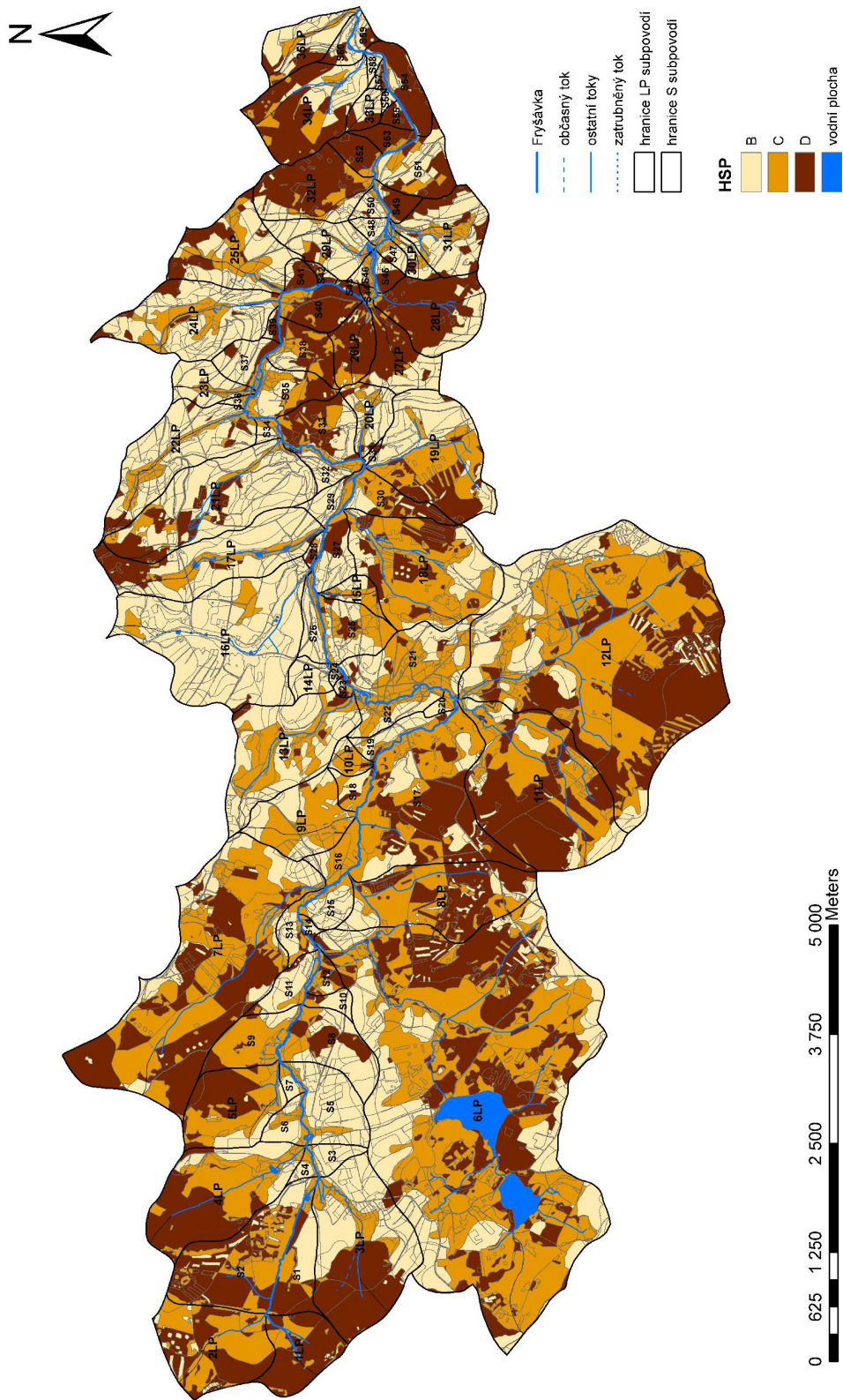
Čísla odtokových křivek dílčích povodí jsou zobrazena v mapě na Obr. 2. 0,7 % plochy povodí se vyznačuje nejvyšším číslem CN, a to v intervalu 77 až 80, 95,8 % území je charakterizováno číslem CN 68 až 76 a subpovodí s nejmenšími čísly CN v intervalu 63 až 67 tvoří 3,5 % plochy celého povodí. Rozložení čísel CN v rámci celého povodí odráží zastoupení krajinného pokryvu (druhů pozemků) v kombinaci s hydrologickými skupinami půd (HSP). Les je soustředěn téměř výhradně na HSP D a C a ostatní druhy pozemků se vyskytují převážně na HSP B a méně na C. Vzhledem k úzkému rozpětí jednotlivých intervalů čísel CN není příliš velký rozdíl mezi jednotlivými subpovodími spadajícími právě do sousedních intervalů.

Nejnižšími čísly CN v intervalu 63 až 67 se vyznačují subpovodí s významnějším zastoupením luk a pastvin v rozmezí 38,96 až 82,68 % plochy subpovodí na HSP B. Nejvyšší čísla CN v intervalu 77 až 80 byla zaznamenána u dílčích povodí zasahujících do intravilánu obce, u subpovodí s převahou orné půdy na HSP B nebo lesních porostů na HSP D.

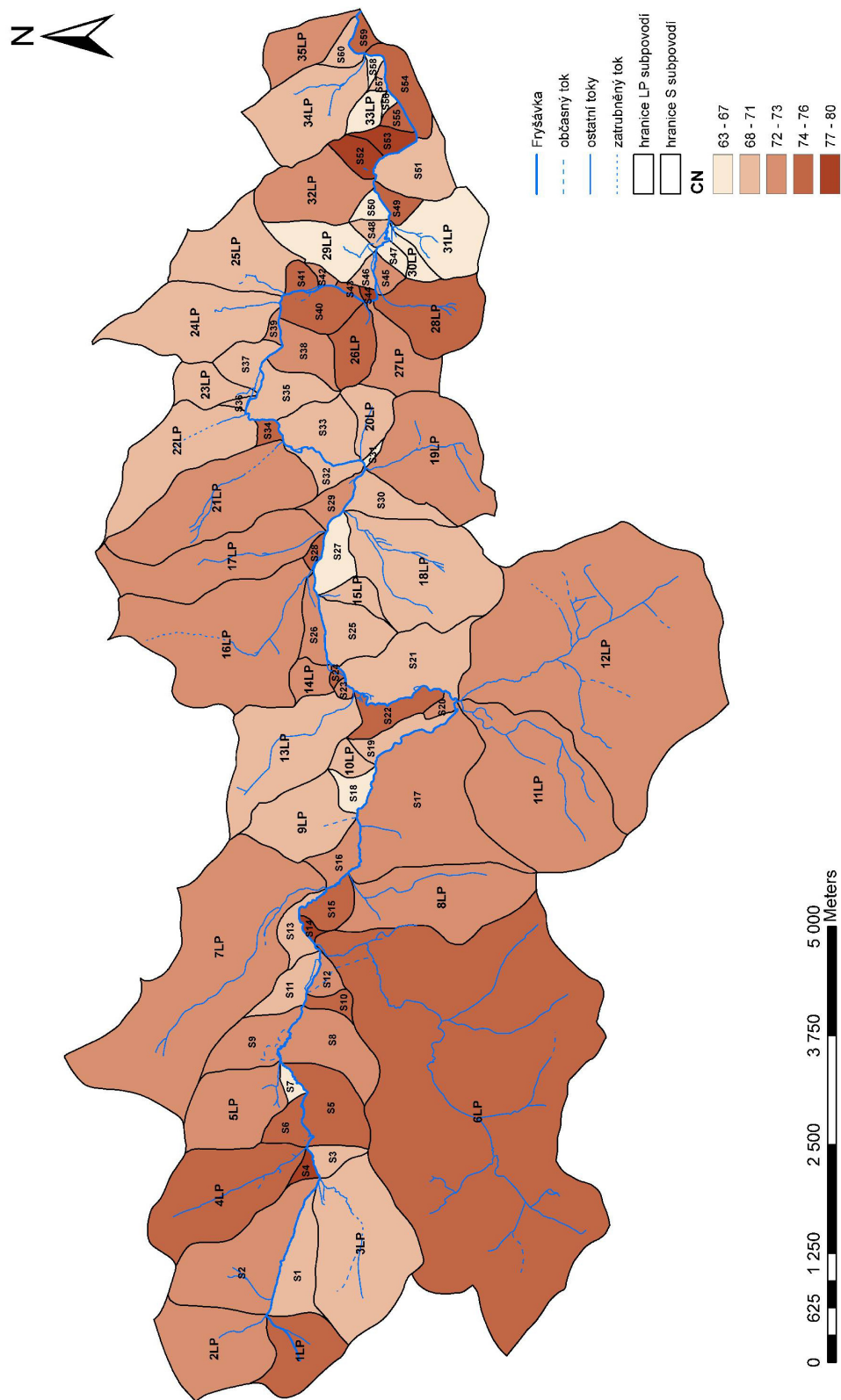
Mapa znázorňující potenciální retenci [mm] dílčích povodí řešeného území je uvedena na Obr. 3. Stanovení potenciální retence, vyjadřující maximálně možné množství vody, které je schopné povodí potenciálně zachytit, vychází z krajinného pokryvu a zastoupení hydrologických skupin půd v každém dílčím povodí souhrnně vyjádřené číslem odtokové křivky CN (dle metodiky SCS). Hodnoty potenciální retence byly zjištěny v rozsahu 63,5 až

II: Čísla odtokových křivek pro jednotlivé druhy pozemků
 II: The numbers of runoff curves of land kinds

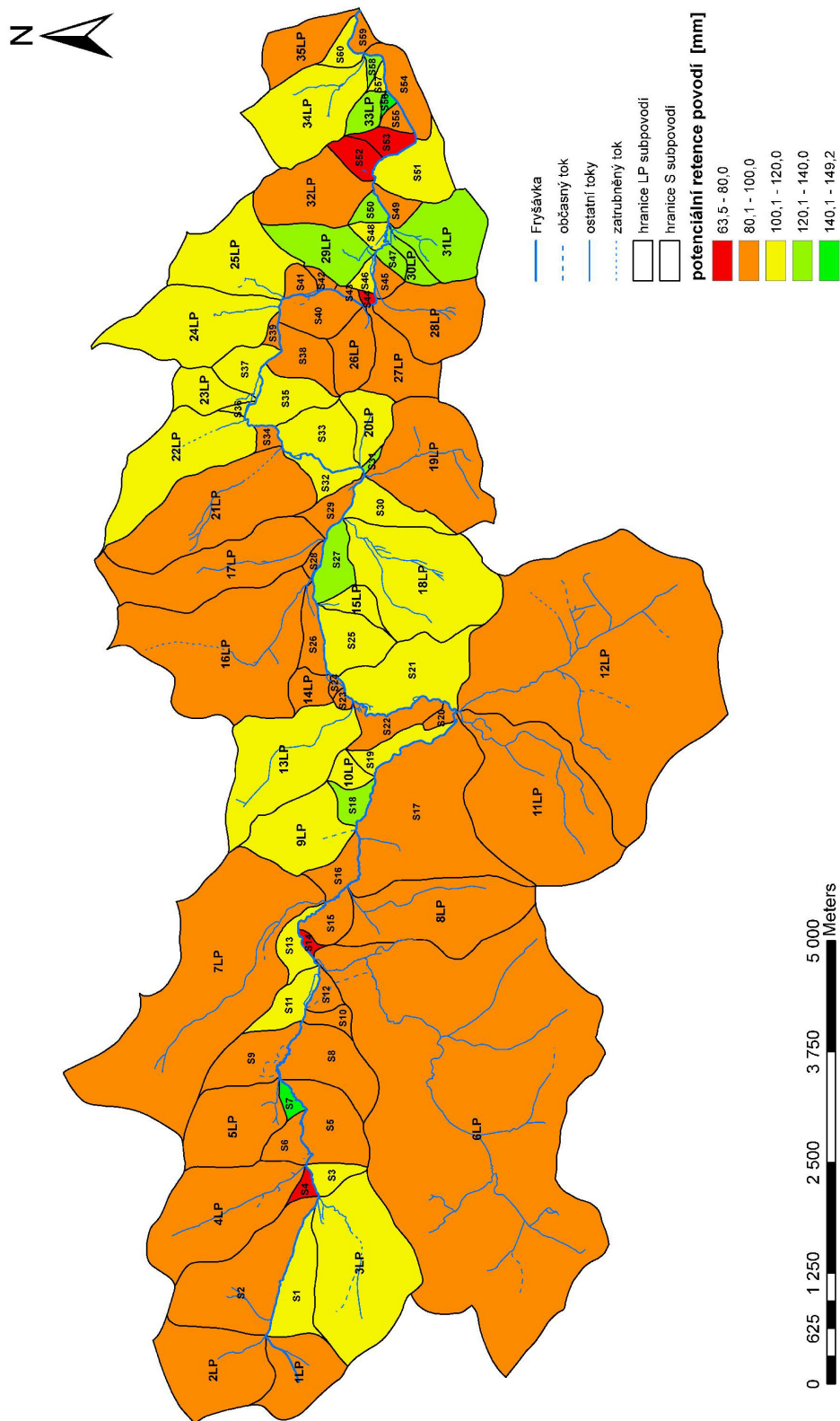
Druh pozemku	Kód	Využití půdy, způsob obdělávání a hydrologické podmínky dle metody CN	CN pro B	CN pro C	CN \emptyset
les	10	(metodika Macků 2004)	/	/	/
orná půda	2	\emptyset úz. (66,31 %) + šir. (6,16 %) + píc a lusk (27,53 %) (Vř + Šp)	75	82	79
louka	7	louky	58	71	/
pastvina	7	louky	58	71	/
travnatá plocha	7	louky	58	71	/
travnatý pás	7	louky	58	71	/
mokřad	9	křoviny s pokryvem < 50 %	67	77	/
plošná zeleň	10	lesy (Šp)	66	77	/
liniová zeleň	10	lesy (Šp)	66	77	/
vodní plocha	11	nepropustné plochy	98	98	/
intravilán (\emptyset zast.plocha + zahrady)	13	\emptyset nepropustné plochy (49,5 %) + sady se zatr. meziřadím (50,5 %) (Šp)	86	90	88
rozptýlená zástavba (\emptyset zast.plocha + zahrady)	13	\emptyset nepropustné plochy (49,5 %) + sady se zatr. meziřadím (50,5 %) (Šp)	86	90	88
silnice	32	nepropustné plochy	98	98	/
zpevněná cesta	32	nepropustné plochy	98	98	/
polní cesta	33	komunikace s příkopy – nezpevněné, hliněné (horší varianta pro C)	87	87	/
lom	71	nepropustné plochy	98	98	/



1: Hydrologické skupiny půd v povodí Fryšávky
 1: Hydrologic soil groups of Fryšávka basin



2: Povodí Fryšávky z hlediska čísel odtokových křivek CN
 2: Fryšávka basin in term of the numbers of runoff curves CN



3: Potenciální retence v povodí Fryšávky
 3: Potential retention of Fryšávka basin

149,2 mm. Subpovodí s nejmenší potenciální retencí v intervalu 63,5 až 80,0 mm jsou subpovodí s nejvyšším číslem CN 77 až 80 a zaujímají 0,7% plochy povodí. Jedná se o subpovodí výhradně svahová. Největší plochu povodí 95,8% tvoří subpovodí s potenciální retencí v rozmezí 80,1 až 120,0 mm s číslem CN 68 až 76. Největší potenciální retencí 120,1 až 149,2 mm se vyznačují dílčí povodí s nejnižším číslem CN 63 až 67. Tato subpovodí zaujímají 3,5% plochy povodí Fryšávky. Přímá souvislost mezi potenciální retencí a číslem odtokové křivky CN, z kterého je potenciální retence modelem DesQ-MAXQ vypočítána, je vidět také ze vzájemného porovnání map znázorňující uvedené charakteristiky (Obr. 2 a 3). Rozdíly v zařazení některých dílčích povodí do intervalů CN a potenciální retence jsou způsobeny pouze vymezením intervalů.

Z velikosti návrhové přívalové srážky $H_{1,100} = 78,1$ mm (jednodenní maximální srážkový úhrn stanice Nové Město na Moravě s dobou opakování 100 let), na kterou byly výpočty hydrologických charakteristik prováděny, a vypočítané potenciální retence dílčích povodí je patrné, že kromě subpovodí s potenciální retencí v intervalu 63,5 až

80,0 mm vykazovala všechna ostatní subpovodí potenciální retencí vyšší, než činil úhrn návrhové přívalové srážky. Z uvedeného by vyplývalo, že kromě subpovodí s nejnižší potenciální retencí by z ostatních subpovodí byl odtok nulový. Na výslednou retenci, tedy množství vody, které je schopno každé dílčí povodí zachytit, mají ovšem kromě krajinného pokryvu a hydrologických skupin půd vliv další faktory (sklon, IPS, srážkové úhrny), které neumožňují sto procentní využití potenciální retence.

Zjištěné hodnoty potenciální retence jednotlivých subpovodí dokládají, že krajina povodí Fryšávky se svým zastoupením druhů pozemků (52,79% lesních porostů soustředěných převážně na HSP D a C, 23,93% luk a pastvin a pouze 12,44% orné půdy na HSP B popřípadě C) není náchylná na výskyt extrémních hydrologických jevů způsobených přívalovými srážkami a má velkou potenciální schopnost zachytit významné srážkové úhrny. Získané výsledky by mohly být příkladem vhodného využití krajiny z hlediska schopnosti zadržení vody pro oblasti s obdobnými fyzikogeografickými podmínkami.

SOUHRN

Každá krajina se v závislosti na přírodních podmínkách, způsobu využívání a hospodaření vyznačuje určitou schopností zadržet vodu. Zvláště v souvislosti s častými povodněmi posledních let je problematika retenční schopnosti krajiny aktuálním tématem. K posouzení retenčního potenciálu krajiny bylo vybráno povodí řeky Fryšávky nacházející se v jižní části CHKO Žďárské vrchy. Aby mohla být retenční schopnost povodí vyhodnocena, bylo potřeba zmapovat současný stav krajinného pokryvu v zájmovém území, z map BPEJ zjistit zastoupení hydrologických skupin půd (HSP) v povodí a ohodnotit dílčí části povodí průměrným číslem odtokové křivky CN. Přípravy a analýzy shromážděných zdrojových dat byly provedeny v programu ArcGIS 9.2 v softwarovém produktu ArcView pomocí sady integrovaných softwarových aplikací ArcMap, ArcCatalog a ArcToolbox. Všechny operace v prostředí GIS vedly k tvorbě výstupů vstupujících do modelu DesQ-MAXQ (Hrádek, Kuřík; 2001), jehož pomocí byla potenciální retence dílčích částí povodí Fryšávky vyhodnocena. Vzhledem k charakteru modelu DesQ-MAXQ založeného na metodice CN muselo být povodí rozděleno na dílčí části (subpovodí) o velikosti do 10 km². Celkem bylo generováno 35 dílčích povodí ve tvaru „otevřené knihy“ s levou a pravou stranou svahu (subpovodí LP) a 60 dílčích povodí s jedním svahem (subpovodí S). Potenciální retence vyjadřující maximálně možné množství vody, které je schopno každé dílčí povodí zachytit, byla zjištěna v rozsahu 63,5 až 149,2 mm. Subpovodí s nejmenší potenciální retencí v intervalu 63,5 až 80,0 mm jsou subpovodí s nejvyšším číslem CN 77 až 80 a zaujímají 0,7% plochy povodí. Jedná se o subpovodí výhradně svahová. Největší plochu povodí 95,8% tvoří subpovodí s potenciální retencí v rozmezí 80,1 až 120,0 mm s číslem CN 68 až 76. Největší potenciální retencí 120,1 až 149,2 mm se vyznačují dílčí povodí s nejnižším číslem CN 63 až 67. Tato subpovodí zaujímají 3,5% plochy povodí Fryšávky. Zjištěné hodnoty potenciální retence jednotlivých subpovodí v porovnání s velikostí jednodenního maximálního srážkového úhrnu 78,1 mm pro danou oblast s dobou opakování 100 let dokládají, že krajina povodí Fryšávky se svým zastoupením druhů pozemků (52,79% lesních porostů soustředěných převážně na HSP D a C, 23,93% luk a pastvin a pouze 12,44% orné půdy na HSP B popřípadě C) není náchylná na výskyt extrémních hydrologických jevů způsobených přívalovými srážkami a má velkou potenciální schopnost zachytit významné srážkové úhrny.

krajinný pokryv, zadržení vody, hydrologické skupiny půd, čísla odtokových křivek, GIS, model DesQ-MAXQ

SUMMARY

Each landscape, depending on natural conditions, land use and management practices, is characterized by a capacity to retain water. Especially in the context of frequent floods in recent years, the re-

tention capacity of the landscape is a crucial issue. To assess the retention potential of the landscape, the Fryšávka River basin located in the southern part of the CHKO Žďárské vrchy (Žďárské vrchy Protected Landscape Area), was chosen. It was necessary to describe the current state of land cover in this area, to find the representation of hydrologic soil groups (HSP) in the river basin on the basis of the BPEJ (Bonitované půdně ekologické jednotky – Valuated land–ecological units) maps and to evaluate basin parts by the average runoff curve numbers (CN). The preparation and analyses of collected data were made in the program ArcGIS 9.2 of ArcView software products using a set of integrated software applications ArcMap, ArcCatalog and ArcToolbox. All operations in the GIS led to the formation of outputs that served as inputs to the DesQ–MAXQ model (Hrádek, Kuřík; 2001), which was used to assess the potential retention of the Fryšávka River basin parts. Given the characteristics of model DesQ–MAXQ based on the CN methodology, the basin had to be divided into parts (sub-basins) of up to 10 km² in size. A total of 35 sub-basins in the form of „open book“ with the left and right sides of the slope (sub-basins LP) and 60 sub-basins with one slope (sub-basins S) were generated. Potential water retention, expressing the maximum possible amount of water that each sub-basin is able to capture, was in the range of 63.5 to 149.2 mm. Sub-basins with the smallest possible retention in the range of 63.5 to 80.0 mm are sub-basins with the highest curve number (CN) from 77 to 80 and occupy 0.7% of the basin area. They are just slope sub-basins. The sub-basin with potential retention ranging from 80.1 to 120.0 mm with the curve number (CN) of 68 to 76 covers the largest area of the basin (95.8%). Sub-basins with the highest potential retention from 120.1 to 149.2 mm are characterized by the lowest curve number (CN) of 63 to 67. These sub-basins occupy 3.5% of the Fryšávka River basin area. The values for potential retention of the particular sub-basin, compared with the maximum rainfall sum in one day totaling 78.1 mm of the area with a 100-year recurrence interval, show that the landscape of the Fryšávka River basin with its land representation (52.79% is covered by forest stands focused mainly on HSP D and C, 23.93% by meadows and pastures, and only 12.44% by arable land on HSP B or C) is not prone to the occurrence of extreme hydrological events caused by torrential rainfall and has a great potential to capture significant amounts of rainfall.

Poděkování

Príspevek byl zpracován s podporou Výzkumného záměru č. MSM6215648905 *Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu* uděleného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

LITERATURA

- HRÁDEK, F., KUŘÍK, P., 2001: *Maximální odtok z povodí. Teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAXQ*. 1. vyd. Praha: ČZU v Praze, 44 s. ISBN 80-213-0782-X.
- JANEČEK, M. a kol., 2007: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Metodika. 1. vyd. Praha: VÚMOP, 76 s. ISBN 978-80-254-0973-2.
- MACKŮ, J., 2004: *Analýza lesních porostů pro hydrologické výpočty*. Metodika. ÚHUL Brno, 2 s.
- MACKŮ, J., 2000: *Systém komplexního hodnocení lesních půd*. Metodika. Projekt VaV/640/3/00. ÚHUL Brno, 17 s.
- SPITZ, P., PRUDKÝ, J., 2001: *Metodika výpočtu retence vody v povodí při povodních*. 1. vyd. Praha: VÚMOP Praha, č. 27, 41 s. ISSN 1211-3972.
- TRNKA, P., 2004: Landscape microstructures and their fate in the central part of the Bohemian-Moravian Upland. *Moravian Geographical Reports*, Brno, Vol. 12, 46–56. ISSN 1210-8812.
- TRNKA, P., 2007: Krajina v povodí Fryšávky se představuje. *Krajina Fryšávky a její proměny v zrcadle času*. Žďár nad Sázavou: Pracovní skupina ERC – Prameny Vysočiny, o. p. s.

Adresa

Ing. Tomáš Mašíček, prof. Ing. František Toman, CSc., Ústav aplikované a krajinné ekologie, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: tomas.masicek@mendelu.cz