

Možnosti hodnotenia a znižovania povodňového rizika zvyšovaním retencie v krajine

J. Szolgay, L. Holko, K. Hlavčová, V. Novák, S. Kohnová: Possibilities of Flood Prevention, Protection and Mitigation by Increasing the Retention Capacity of the Landscape. Život. Prostr. Vol. 44, No. 5, p. 232 – 236, 2010.

The paper reviews the basic possibilities and potential of flood prevention protection and mitigation by increasing the retention capacity of the landscape with regard to environmental protection, physical planning, land use and urban development. It is stressed, that mitigation and non-structural measures tend to be potentially efficient and sustainable solutions to flood-related problems. Their application should be enhanced, but it must be kept in mind that their potentially positive effects are highly variable, site dependent and limited to small and medium floods. Integrated approaches therefore also need to include structural measures, which will remain important elements of flood protection. These should primarily focus on the protection of human health and safety, and property without scarifying requirements of nature conservation and landscape management.

O protipovodňovej ochrane sa v súčasnosti veľa diskutuje. Povodeň je výslednicou pôsobenia množstva procesov a faktorov. Iniciačné meteorologické príčiny, ktoré majú rad priestorových a časových mierok a v rámci nich veľmi veľkú časovú a priestorovú premenlivosť, pritom spolupôsobia s prostredím. Najčastejšími meteorologickými príčinami vzniku povodní na Slovensku sú krátkodobé intenzívne dažde alebo dažde s nižšou intenzitou, ale dlhým trvaním. Za určitých podmienok sú nebezpečné aj dažde dopadajúce na topiacu sa snehovou pokrývkou. Procesy tvorby odtoku a faktory prostredia majú silne heterogénne vlastnosti na jeho povrchu (spôsob využívania územia, skladba, druhy, vek a stav porastov a pod.), pod ním (vlastnosti koreňovej zóny, v čase a priestore premenlivé hydrofyzikálne vlastnosti pôd, preferované cesty a mechanizmy prúdenia vody v pôde a na svahoch a pod.) a aj v odvodňovacej kostre krajiny (sezónne zmeny podmienok prúdenia na povrchu, pod ním a v tokoch, nestabilné korytá riek a pod.). Prírodné prostredie (povodie) navyše v sebe integruje pôsobenie procesov podieľajúcich sa na tvorbe odtoku z nedávnej i dávnej minulosti – môžeme to nazývať pamäťou prostredia (vplyv predchádzajúcich udalostí

na zásoby povrchovej, pôdnej a podzemnej vody, meniace sa preferované cesty povrchového a podpovrchového odtoku a pod.). Antropogénne zmeny krajiny (ako nárast urbanizácie a úprava odtokových pomerov leso- a agrotechnickými a melioračnými opatreniami, úpravy koryt tokov spojené s urbanizačným, priemyselným, poľnohospodárskym či turistickým využitím ich nív) majú tiež vplyv na zmeny v povodňovom režime riek. K príčinám povodní môžeme ešte zaradiť aj hydraulické príčiny záplav (nedostatočná kapacita mostných otvorov, zanedbaná údržba koryt a pod.), ktoré sa tiež významnou mierou podieľajú na vzniku povodňových škôd. Týmito príčinami sa v príspevku nebudeme zaoberať.

Ochrana ľudských sídiel pri riekach sa rieši tzv. neštruktúrnymi protipovodňovými opatreniami v rámci čiastočnej alebo komplexnej revitalizácie krajiny v povodiach tokov (zmena využívania územia, otváranie zahradených inundačných prietokov a pod.), alebo tzv. štruktúrnymi (technickými) opatreniami, akými sú rôzne retenčné priestory (nádrže, suché nádrže a poldre) a líniové riešenia (hrádze, odľahčovacie kanály a pod.). Biotechnické, agrotechnické, lesnícko-melioračné a organizačné opatrenia v krajine majú

popri zvyšovaní retenčnej schopnosti krajiny zvyšovať aj jej ekologickú stabilitu a odolnosť proti suchu.

Myšlienka, aby sa pri znižovaní negatívnych dôsledkov povodní integrované používali všetky spoločensky (politicky, ekonomicky a technicky) a vedecky (meteorologicky, hydrologicky a ekologicky) akceptované riešenia, nie je nová. Odporúča to množstvo medzinárodných dokumentov (Szolgay, 2010), ako aj vládny návrh Programu revitalizácie krajiny a integrovaného manažmentu povodí Slovenskej republiky schválený vládou SR 27. 10. 2010.

V názoroch na príčiny povodní a riešenia protipovodňovej ochrany sa niekedy do zdanlivého rozporu dostávajú hydroológovia a vodohospodári s odborníkmi z oblasti náuk o krajine i s názormi niektorých mimovládnych organizácií činných v oblasti ochrany životného prostredia. V diskusiách o tom, ktoré riešenia, kedy, kde a ako preferovať, ide často len o to, akú reálnu účinnosť môžu mať na danom území jednotlivé prvky ochrany pred vznikom povodní. Kým v prípade štruktúrálnych opatrení je posúdenie ich účinnosti dobre zvládnuteľné pomocou matematických a fyzikálnych modelov, pri ostatných opatreniach ide o veľmi zložitú úlohu, ktorá často nemá jednoznačné riešenie.

V článku sa preto pokúsime stručne zhrnúť súčasné moderné pohľady na zložitú a diverzitu hydrologických procesov, ktoré sa na tvorbe povodňového odtoku podieľajú a upozorniť na neistoty, s ktorými sa pri aplikácii protipovodňových opatrení v krajine a hodnotení ich účinnosti stretávame.

Hydrologické procesy v pôde a povodňový odtok

Povrchová vrstva pôdy je oblasťou transformácie zrážok na povrchový a podpovrchový odtok. V diskusiách o príčinách povodní a následne aj pri návrhu protipovodňových opatrení sa často mylne predpokladá, že hlavnou zložkou extrémneho odtoku je vždy povrchový odtok. Podstatná časť zrážok väčšinou infiltruje do pôdneho profilu a len ich menšia časť môže za určitých podmienok spôsobiť povrchový odtok. Všeobecne platí, že rizikovou situáciou pre tvorbu povrchového odtoku sú zrážky s vysokou intenzitou (dážď, topenie snehu a ich kombinácia), dopadajújúce na pôdu s vysokou vlhkosťou, na zmrazenú alebo vodoodpudivú (repelentnú) pôdu. Porasty a ich zloženie nemôžu v takých situáciách významne ovplyvniť tvorbu povrchového odtoku, môžu však znížiť riziko erózie pôdy a rýchlosť odtoku. Vyššie sklony svahov a neporastená pôda riziko tvorby povrchového odtoku zvyšujú. V ostatných prípadoch sa, na rozdiel od všeobecne prijatých predstáv, odtok tvorí zväčša pod povrchom (Holko, 2010).

Názory a vedomosti o úlohe pôdy a porastu v mechanizme tvorby odtoku sa prejavili v teóriách o formo-

vaní celkového odtoku v povodiach. Podľa Hortonovej teórie (Hlavčová, Holko, Szolgay, 2001), ktorá dominovala niekoľko desaťročí, je povodňová vlna tvorená vodou z prírodných zrážok, ktorých značná časť sa do toku dostala ako povrchový odtok. Povrchový odtok z povodia vzniká v dôsledku prekročenia infiltračnej kapacity pôdy (*infiltration excess overland flow*), alebo ako ukázali neskoršie poznatky, v dôsledku nasýtenia pôdneho profilu (*saturation-excess overland flow*). Podľa Hortonovej teórie vznik odtoku je odtoková vlna tvorená najmä z vody spadnutej v povodí počas priebehu udalosti a tesne pred jej vznikom.

Na vývoji neskorších teórií o mechanizme odtoku sa významne podieľal experimentálny výskum, a tiež rozvoj izotopových metód v hydrologii. Vznikla Hewlettova teória tvorby odtoku z premenlivých zdrojových oblastí (Hlavčová, Holko, Szolgay, 2001), ktorá je založená na predpoklade, že všetok odtok je podpovrchový, pokiaľ neexistuje dôkaz o inom druhu odtoku. Rýchly nárast prietoku počas povodňovej vlny sa pripisuje priamemu (povrchovému a podpovrchovému) odtoku z príčinnej zrážkovej udalosti a rýchlemu vytlačaniu v povodí už skôr zadržanej vody práve vodou z príčinnej zrážkovej udalosti. Len časť povodňového odtoku je teda tvorená z prírodných zrážok. Druhá časť je tvorená vodou, ktorá bola v pôde už pred začiatkom dažďa (tzv. stará voda) a je rôznymi mechanizmami „vytláčaná“ tzv. novou vodou. Stará voda sa uvoľňuje vo veľkých množstvách len pri vlhkosti pôdy na úrovni poľnej vodnej kapacity. Vytlačanie prebieha najmä v nižších a stredných častiach svahov, v najvyšších častiach svahov spôsobí nová voda vzrast pôdnej vlhkosti, ktorá sa pomaly presúva do nižších oblastí. V priemere sa pritom zdrží v povodí podstatne dlhšie, ako je časová mierka povodní (hodiny, dni). V niektorých prípadoch (v malých povodiach) môže ísť dokonca aj o niekoľko rokov. Niektoré mechanizmy tvorby odtoku na svahoch v povodí sú uvedené na obr. 1. Podrobnejšie ich popisujú Hlavčová, Holko, Szolgay (2001) a Holko (2010).

Na rýchlosť infiltrácie vody do pôdy, retenciu vody v pôde a na tvorbu povrchového a podpovrchového odtoku vplyva celý súbor vlastností systému porast – pôda. Porast intercepciou zrážok znižuje množstvo vody dopadajúcej na povrch pôdy a naopak, existencia tzv. preferovaných ciest infiltrácie, čo sú makropóry (pukliny, šmykové plochy, otvory po odumretých koreňoch a po živočíchoch), môže významne zvýšiť rýchlosť infiltrácie vody do suchej pôdy. Preferované cesty sú pre vodu rádovo vodivejšie ako pórový priestor medzi časticami pôdy. Počas dlhotrvajúceho zamokrenia pôdy (rádovo niekoľko dní) sa môžu v dôsledku napučievania ílových minerálov v pôde makropóry zatvárať a znížiť hydraulickú vodivosť pôdy tak, že sa obmedzí na vodivosť mikropórov, ktorá je podstatne nižšia. Nielen zhutnenie vrchnej vrstvy pôdy, ale napr.

aj vysoký obsah organických látok, môžu v relatívne suchej pôde znížiť infiltračnú rýchlosť zrážkovej vody, ide o tzv. zníženú hydrofilnosť a repelenciu.

Ak je pôdny profil relatívne suchý, potom je rýchlosť infiltrácie vody do pôdy niekoľkonásobne vyššia, ako je rýchlosť infiltrácie do vodou nasýtenej pôdy (ktorá je charakterizovaná súčiniteľom hydraulikkej vodivosti vodou nasýtenej pôdy K – koeficient filtrácie). Táto rýchlosť ustálenej infiltrácie je relatívne malá a môže viesť k tvorbe povrchového odtoku. Pre možnosť vzniku povrchového odtoku je však najvýznamnejšia minimálna rýchlosť infiltrácie do pôdy v podmienkach vysokých vlhkostí pôdy $v_{i, \min}$ (Kutílek, Nielsen, 1994). V tab. 1 sú uvedené retenčné kapacity piatich druhov pôdohospodársky využívaných pôd: maximálna retenčná kapacita charakterizovaná vrstvou vody v mm, ktorá sa môže zadržať v metrovej vrstve pôdy (táto kapacita je však v prírode vždy sčasti obsadená vodou) a priemerná retenčná kapacita, ktorá v letnom období býva k dispozícii. Z tab. 1 vyplýva, že napr. v prípade hlinitých a ílovitých pôd je rýchlosť infiltrácie nižšia ako bývajú intenzity privalových zrážok, ktoré môžu byť aj väčšie ako $20 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, v dôsledku čoho môže dôjsť k tvorbe povrchového odtoku. Disponibilná retenčná kapacita pôdy v takomto prípade nie je významným faktorom. Inou príčinou vzniku povrchového odtoku môže byť to, že zrážky dopadajú na pôdu, ktorá je už nasýtená, premrznutá alebo hydrofóbná (prípadne na pevný povrch).

Pôsobenie lesa

Úloha vegetácie a najmä lesa pri formovaní odtoku z povodia je často diskutovanou otázkou. Les má okrem iných dôležitých funkcií aj vplyv na hydrologický cyklus a činnosti spojené s lesným hospodárstvom, ktoré môžu významne vplývať na zmeny vodnej bilancie povodia, a tým aj na zmeny v objeme a časovom priebehu odtoku z nich. V priebehu 20. storočia sa v rôznych častiach sveta uskutočnilo množstvo experimentálnych štúdií, zameraných nielen na zmeny odtokových pomerov po odlesnení a zalesnení, ale aj na podstatu a rozsah zmien odtoku v závislosti od rôznych druhov činností v lesnom hospodárstve. Mindáš a kol. (2001), Kostka a Holko (2006) sa pokúsili zhrnúť výsledky publikované v tejto oblasti so snahou o zovšeobecnenie vedomostí o vplyve lesa, účinkoch lesného hospodárstva a poškodenia lesa na hydrologický cyklus, najmä s ohľadom na veľkosť odtoku, ale taktiež na evapotranspiráciu a intercepciu. Do povedomia verejnosti z týchto vedomostí však vo väčšej miere prenikla skutočnosť, že po odlesnení dochádza k zvýšeniu odtoku (zvyčajne len krátkodobému, po niekoľkých rokoch sa odtokové pomery v povodiach obvyčajne vracajú na pôvodný stav), ako to, do akej miery je vplyv lesa v protipovodňovej ochrane významný.

Tab. 1. Maximálna a priemerná retenčná kapacita metrovej vrchnej vrstvy pôdohospodársky využívaných pôd a rýchlosť infiltrácie vody do vodou nasýtenej pôdy

Pôdne druhy	Maximálna retenčná kapacita [mm]	Priemerná retenčná kapacita [mm]	$v_{i, \min}$ [$\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$]
Piesočnatý	300	100	> 20
Piesočnato-hlinitý	350	150	10 – 20
Hlinitý	400	200	5 – 10
Ílovito-hlinitý	450	230	1 – 5
Ílovitý	500	250	< 1

Poznámka: Minimálna rýchlosť infiltrácie sa rovná súčiniteľu hydraulikkej vodivosti vodou nasýtenej pôdy K .

Zdroj: Výsledky meraní ÚH SAV, Kutílek, Nielsen, 1994

Tu chceme upozorniť najmä na to, že aj názory založené na experimentoch a vyhodnocovaní reprezentatívnych povodí sa niekedy rozchádzajú a neumožňujú jednoznačne generalizovať zložité a od stanovišť závislý vplyv lesa na tvorbu povodní. V súčasnosti existujú dve protichodné školy vo vzťahu lesa a vody (Jewitt, 2005). Jedna z nich chápe funkciu lesa ako „špongie“, ktorá nasáva vodu a postupne ju uvoľňuje. Iné merania podporujú predstavu lesa ako „pumpy“, ktorá vodu z povodia vysáva. Mnohé štúdie upozorňujú aj na to, že vplyv lesa na povodne je obmedzený, pričom dôležitú úlohu má lesná pôda. Retenčná kapacita lesných porastov (intercepcia, opadanka a pôda) je v podmienkach Slovenska za ideálneho stavu odhadovaná približne na 45 až 70 mm (Mindáš a kol., 2001). Úvahy o vplyve lesa na povodne by sa mali odvíjať od týchto poznatkov a konfrontovať ich so zrážkovými úhrnmi, ktoré sa môžu vyskytnúť v rôznych častiach nášho územia. Práve pri významných povodniach majú často dominantnú úlohu meteorologické javy (množstvo zrážok) a vlastnosti krajiny ovplyvňujú odtok len čiastočne. Experimentálny výskum naznačuje, že je to skôr spôsob hospodárenia v lesoch, ktorý môže byť spojený so zhutňovaním pôdy, odvodňovaním lesa, nesprávnym budovaním lesných ciest a pod., ktorý môže lokálne zvýšiť povodňové riziko. Poznanie obmedzenej úlohy lesa v protipovodňovej ochrane pritom nepopiera vplyv lesa na hydrologickú bilanciu (pomer evapotranspirácie a odtoku v dlhšom časovom úseku), ktorý je obvyčajne väčší, ako vplyv inej krajinej pokrývky.

Transformácia odtoku v riečnej sieti

Povodňová vlna postupujúca v riečnej sieti sa v dôsledku hydraulických zákonov prúdenia a existencie retencie v riečnej sieti prirodzene sploštuje (znižuje sa vrcholový prietok a základňa vlny sa „rozťahuje“). Platí

to pre prirodzené aj umelé retenčné priestory (riečny úsek s inundáciou, retenčná nádrž, protipovodňový polder a pod.), pričom ich funkcia v transformácii povodňového odtoku je podobná. Počas nárastu prítoku na stúpajúcej vetve povodne je zvyčajne prítok do retenčného priestoru vyšší, ako je možnosť odtoku z neho a priestor sa postupne plní. Po vyrovnaní prítoku do neho a odtoku z neho (ktorý je priamo úmerný akumulovanému objemu, a teda v dôsledku rastu akumulovaného objemu rastie) sa priestor začne vyprázdňovať. Preto napr. aj postupová rýchlosť vrcholov povodňových vln na tokoch s inundáciami najprv stúpa s rastúcim prítokom (prítok sa nachádza v koryte toku, vplyv retencie je obmedzený), po vystúpení prítoku z koryta do inundácie nasleduje prechodnej pokles (plní sa retenčný priestor) a následne, po zapojení celého inundačného priestoru do odtoku (inundačné územie pôsobí ako široké koryto), nastáva jej opätovný vzrast. Pomocou zvyšovania retenčnej kapacity riečnej siete je preto možné rýchlosť postupu povodne spomaľovať (a tiež znižovať jej vrcholový prítok).

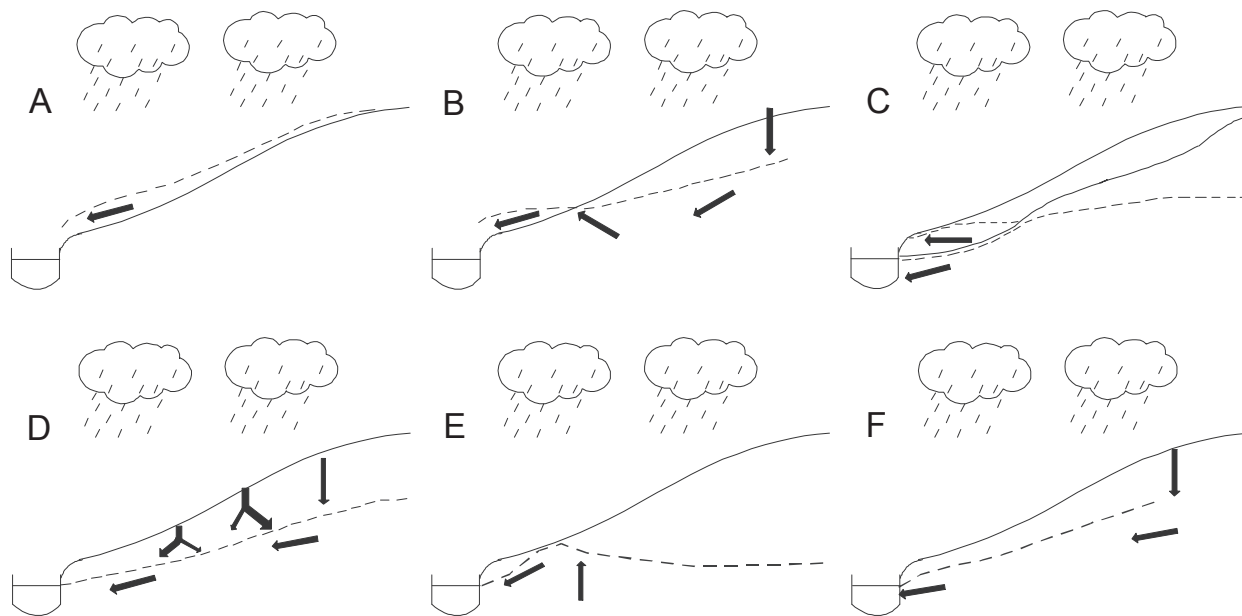
V skutočnosti je vplyv transformačnej funkcie retencie na znižovanie a spomaľovanie povodní zložitejší a každá povodeň sa transformuje inak. Závisí to najmä od jej tvaru, bočného prítoku, predchádzajúceho stavu

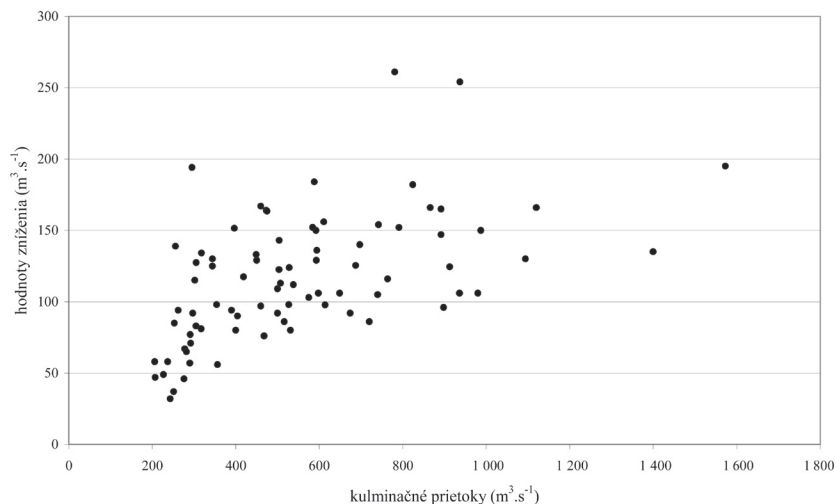
koryta, disponibilného objemu retencie a premenlivých hydraulických vlastností retenčných objemov (napr. stav vegetácie, zámraz a pod.). Príklad rozptylu miery zníženia vrcholov povodní pri prechode poldrom pri rovnakom kulminačnom prítoku na obr. 2. jasne ilustruje, že sa každá vlna transformuje rozdielne (pričom uvedené platí aj pre prirodzenú retenciu). Relatívna miera zníženia vrcholového prítoku pritom zväčšovaním objemu a trvania povodní klesá. Povodňový režim toku pod retenčným priestorom (a teda skutočné zníženie povodňového rizika pozdĺž toku) sa nedá jednoducho predpovedať a dá sa vyhodnotiť len na základe simulácie jeho účinku na dlhom rade rôznorodých povodní. Inými slovami, nedá sa paušálne očakávať, že zvyšovanie retencie bude mať vždy výrazný vplyv na zníženie povodňového rizika.

* * *

Každá povodeň má vlastnú genézu a každé povodie má svoje osobitosti tvorby povodňového odtoku. Je zložité paušálne kvantitatívne hodnotiť účinnosť (najmä neštrukturálnych) protipovodňových opatrení, najmä pokiaľ ide o lokálne záplavy v malých povodiach. Práve povodne v malých povodiach boli v posledných rokoch najčastejšie (Solín, 2008). Pozornosť treba

Obr. 1. Niektoré mechanizmy vzniku odtoku zo svahov. A – povrchový odtok spôsobený prekročením infiltračnej kapacity alebo nasýtením pôdy; B – povrchový odtok v dôsledku vzostupu hladiny podzemnej vody alebo podpovrchového odtoku na povrch terénu; C – odtok zo svahu cez vrstvu pôdy v stave nasýtenia nad podzemnou vrstvou so zníženou priepustnosťou; D – prenos vody zo zrážok makropórmí (preferenčné prúdenie); E – prenos vody do povrchového odtoku prechodom kapilárnej zóny do stavu nasýtenia; F – laterálne podpovrchové prúdenie vody, ktorá sa nachádzala v pôde pred príčinnými zrážkami a jej uvoľňovanie do povrchového toku je spôsobené vytláčaním. Zdroj: Hlavčová, Holko, Szolgay, 2001





Obr. 2. Ilustrácia rozptylu zníženia kulmináčného prietoku po prechode poldrom. Os x – kulmináčny prietok 80 najväčších ročných povodní na rieke Morave v období 1923 – 2002, os y – hodnoty simulovaného zníženia ich vrcholových prietokov po transformácii poldrami Gajary a Záhorská Ves, navrhovanými na Morave. Obdobný výsledok môžeme očakávať pre prirodzené retenčné priestory.

sústrediť na malé povodia, ale aj na to, že opatrenia vo veľkých povodiach boli pri minulých povodňových situáciách väčšinou efektívne. Pausálne hodnotenie opatrení môže viesť až k všeobecnému preceňovaniu ich účinnosti. Očakávať, že jednostranné opatrenia (či už neštruktúrne alebo štruktúrne) budú dostatočne účinné pre všetky typy povodní, nie je vhodné. Aj keď sa pri návrhu opatrení na zmiernenie rizík povodní v území budeme snažiť predvídavo využívať všetky spoločensky a vedecky akceptované riešenia v povodiach a na tokoch, príroda nás vždy môže prekvapiť doteraz nepoznanou kombináciou príčin (iniciačných javov a stavov prírodných systémov v povodiach), ktoré k povodniam povedú, a to aj pri predpoklade stacionárneho správania sa klimatického systému. Treba pamätať na to, že historické skúsenosti s povodňovým režimom sa nedajú celkom uplatniť v období rýchle sa meniacich klimatických podmienok.

V každom prípade však protipovodňové opatrenia treba robiť aj naďalej. Nie je ich však možné uplatňovať schematicky a je potrebné uvážiť súčasné požiadavky spoločnosti na využívanie zdrojov vody a ochranu ekosystému ako celku. Pre zaručenie účinnosti opatrení by preto bolo vhodné zosúladiť, resp. priamo koordinovať viacero oblastí, ktoré sa vo svojich výstupoch dotýkajú ako hydrologického režimu, tak odvodňovania krajiny. Vo vertikálnom smere by sa tá časť integrovanej ochrany proti povodniam, ktorá je založená na zásahoch do krajiny, mohla napr. stať súčasťou krajinného a územného plánovania a mala by podliehať posudzovaniu vplyvov na

životné prostredie. Bolo by vhodné výrazne posilniť horizontálnu operatívnu koordináciu medzi existujúcim sektorálnym plánovaním v lesnom a vodnom hospodárstve, a tiež posilniť ochranu pôdneho fondu. Navyše opatrenia pre znižovanie rizík musia mať aj organizačnú a výchovnú zložku, ktoré nás naučia účinnejšej prevencii, t. j. vyhýbaniu sa rizikovému správaniu v každodennom živote s povodňami.

Autori ďakujú grantovej agentúre VEGA za podporu projektov 1/0894/10 a 2/0079/08.

Literatúra

- Hlavčová, K., Holko, L., Szolgay, J.: Tvorba a generovanie odtoku na svahoch a z malých povodí. *Život. Prostr.*, 35, 2001, 3, s. 126 – 132.
- Holko, L.: Voda v krajine a povodne. *Urbanita*, 22, 2010, 4, s. 20 – 24.
- Jewitt, G.: Water and Forests. In: Anderson, M. G., McDonnell, J. J. (eds.): *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. John Wiley & Sons, Ltd., 2005, p. 2 895 – 2 909.
- Kostka, Z., Holko, L.: Role of Forest in Hydrological Cycle – Forest and Runoff. *Meteorologický časopis*, 9, 2006, 3 – 4, p. 143 – 148.
- Kutílek, M., Nielsen, D. R.: *Soil Hydrology*. Cremlingen-Destedt : Catena, 1994, 370 p.
- Mindáš, J., Škvarenina, J., Štrelcová, K.: Význam lesa v hydrologickom režime krajiny. *Život. Prostr.*, 35, 2001, 3, s. 146 – 150.
- Solín, L.: Analýza výskytu povodňových situácií na Slovensku v období rokov 1996 – 2006. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 56, 2008, 2, s. 95 – 115.
- Szolgay, J.: Princípy ochrany pred povodňami v medzinárodných dokumentoch. *Urbanita*, 22, 2010, 4, s. 12 – 15.

Prof. Ing. Ján Szolgay, PhD., jan.szolgay@stuba.sk
Doc. Ing. Kamila Hlavčová, PhD., kamila.hlavcova@stuba.sk
Doc. Ing. Silvia Kohnová, PhD., silvia.kohnova@stuba.sk
Katedra vodného hospodárstva krajiny Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava
RNDr. Ladislav Holko, PhD., holko@uh.savba.sk
Experimentálna hydrologická základňa Ústavu hydrologie Slovenskej akadémie vied, Ondrašovecká 16, 031 05 Liptovský Mikuláš
Ing. Viliam Novák, DrSc., novak@uh.savba.sk
Ústav hydrologie Slovenskej akadémie vied, Račianska 75, 831 02 Bratislava