

SCENÁRE VYUŽITIA KRAJINY PRE ZVÝŠENIE HYDRICKEJ VÝZNAMNOSTI POVODIA NA LOKÁLNEJ ÚROVNI

Barbora ŠATALOVÁ

Ústav krajinnej ekológie SAV, Štefánikova 3, P. O. Box 254, 814 99 Bratislava
e-mail: barbora.satalova@savba.sk

Abstract: *Categories of hydric significance are known from excellent, through good, average up to limited and they express spatially the possibility of the landscape in relation to water retention. In areas of low hydric significance, we can propose the properly land use, which was applied at the local level. L'ubica river basin, often threatened by floods, is in third category - average hydric significance. Based on four scenarios of land use (change of permanent grassland to forest, the change of arable land to forest, the change of arable land to permanent grassland and change of arable land to non-forest woody vegetation) we have submitted concrete proposals in the model area. Optimal space utilization of river basin is the base of knowledge and its characteristics, aim to the ecologisation of the environment and it's the prevention from floods.*

Key words: *hydric significance, land cover, land use, scenarios*

Úvod

Na pohyb vody v krajine vplývajú viaceré faktory, tzv. hydrické vlastnosti, z ktorých významne vystupuje práve krajinná pokrývka a využívanie krajiny ako takej.

Hydrické vlastnosti (funkcie) krajiny predstavujú schopnosť krajiny spomaľovať, zadržiavať atmosférické zrážky a podporovať ich vsakovanie do spodných vrstiev (retenčná, infiltračná, akumulácia funkcia) (Lepeška, 2010). Analýzou týchto vlastností vieme určiť hydrickú významnosť daného povodia. Následne je možné navrhnúť správny manažment územia z hľadiska zadržiavania vody v krajine, čo má hospodársky aj spoločenský význam.

Metodika

Metodika práce vychádzala z metodického postupu integrovaného manažmentu krajiny (Izakovičová et al., 2006) a z metodiky stanovenia hydrických funkcií krajiny (Lepeška, 2010). Oba metodické postupy čerpajú zo základov krajinnoekologického plánovania (LANDEP – LANDscape Ecological Planning) (Ružička, Miklós, 1982).

Spracovanie dát a podkladov prebiehalo v počítačovom prostredí, v programe ArcGIS 10.0 a bolo robené na úrovni rastra veľkosti 10 x 10 m. Jednotlivé vstupné údaje boli v ďalších krokoch analyzované podľa upraveného metodického postupu hodnotenia hydrických funkcií krajiny. Atribúty boli obodované a následne sme im priradili váhu

v súvislosti s hydrickou významnosťou (Šatalová, 2014). Určujúcimi faktormi, ktoré determinujú hydrické funkcie a vstupovali do hodnotenia sú:

- geomorfologické vlastnosti – sklon;
- hydrogeologické vlastnosti – transmisivita horninového prostredia;
- pôdne pomery – pôdne typy a pôdne druhy;
- meteorologické podmienky – úhrn zrážok, úhrn potenciálnej evapotranspirácie;
- charakteristiky krajinej pokrývky – súčasná krajinná štruktúra;
- charakteristiky lesných porastov – stupeň ohrozenia lesa.

Konečná významnosť krajiny vo vzťahu k hydrickým vlastnostiam sa určila ako súčin bodovej hodnoty faktora a jeho váhy. Povodie bolo následne klasifikované do štyroch kategórií hydrickej významnosti – výborná, dobrá, priemerná, obmedzená, kde platí, čím vyššia významnosť, tým lepšie schopnosti zadržiavať a infiltrovať vodu (Šatalová, 2014).

Výsledky

Na lokálnej úrovni sme pracovali s podrobným povodím Ľubice (na profile od Ruskinovského potoka po Ľubičku) s rozlohou 1081,05 ha (obr. 1). Hydrická významnosť v modelovom povodí dosahuje hodnotu 11,31 (kategória 3 – priemerná).

Ľubica je vodný tok na severovýchode Slovenska, v okrese Kežmarok, pramení v Levočských vrchoch a vlieva sa do rieky Poprad. Priemerné množstvo zrážok v tomto povodí je 681,3 mm. Potenciálne množstvo zrážok, ktoré je zadržateľné v krajine je pod 200 mm. Sklon povodia je približne 8° , transmisivita hornín je v blízkosti toku vysoká (fluviálne sedimenty), v ostatnom území stredná (pieskovce, ílovce). Z pôdnych subtypov je najviac zastúpená kambizem modálna (so strednou schopnosťou zadržiavať vodu), menej fluvizem modálna, kambizem pseudoglejová a čiernica modálna. Zrinitosť pôd je takmer všade prachovito-hlinitá, len na malých plochách je hlinitá, niečo málo ešte piesčito-hlinitá, čo sú pôdy lepšie z hľadiska infiltrácie vody. Krajinná štruktúra je vcelku pestrá, dominantne vystupujú veľké plochy lúk a pasienkov a tiež ornej pôdy. Povodie je silne využívané človekom. Zasahuje tu aj zastavané územie – sídelná zástavba, výroba, technické areály, tiež poloprírodné prvky ako sídelná vegetácia, záhrady. V okrajových častiach povodia je ihličnatý les.

Obr. 1: Povodie Ľubice s tokom tečúcim cez obec (foto: Šatalová, 2013)

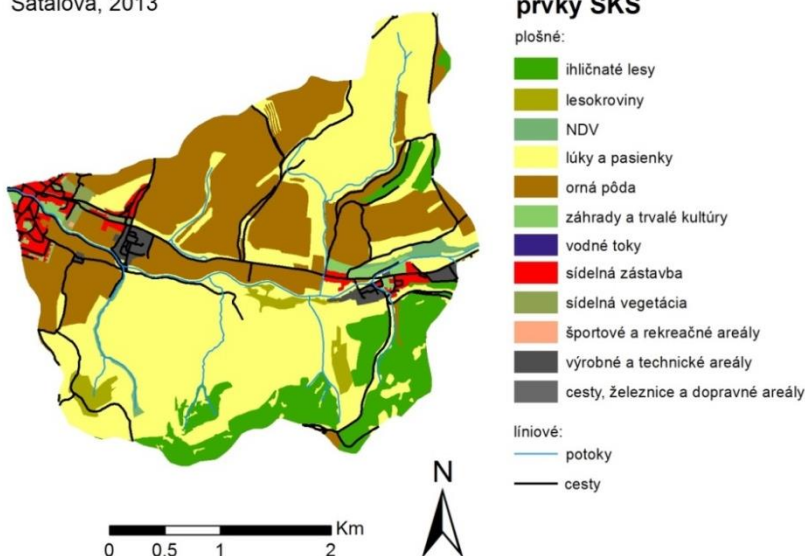


Následne sme uvažovali so scenármi zmien krajinej štruktúry pre zvýšenie hydrickej významnosti v krajine. Abiotické atribúty (sklon, pôdy, transmisivita a zrážky) sme ponechali ako podklad, ktorý človek nemôže ovplyvniť. Využívanie krajiny a tým krajinnú štruktúru však mení neustále. Zastúpenie prvkov súčasnej krajinej štruktúry (SKŠ) v povodí Ľubice (obr. 2) je nasledovné: lúky a pasienky (trvalé trávne porasty TTP) – 505,23 ha; orná pôda (OP) – 332,21 ha; ihličnaté lesy – 130,83 ha; sídelná zástavba – 32,93 ha; lesokroviny – 22,58 ha; výrobné a technické areály – 17,36 ha; záhrady a trvalé kultúry – 13,82 ha; nelesná drevinová vegetácia (NDV) – 12,40 ha; sídelná vegetácia – 9,06 ha; cesty, železnice a dopravné areály – 2,55 ha; vodné toky – 1,91 ha; športové a rekreačné areály – 0,16 ha.

Obr. 2: Súčasná krajinná štruktúra v povodí Ľubice

Povodie Ľubice - od Ruskinovského potoka po Ľubičku

Šatalová, 2013



Scenáre by mali pozmeniť krajinnú štruktúru tak, aby sa významnosť posunula do lepšej kategórie (kategória 2 – dobrá hydrická významnosť). To znamená zvýšiť množstvo tých prvkov krajiny, ktoré sa správajú pozitívne vo vzťahu k zadržiavaniu vody. Vychádzajúc z krajinej štruktúry v území, zmeny je možné realizovať na plochách lúk a pasienkov a ornej pôdy, nakoľko tieto tvoria najväčšiu rozlohu v povodí. Ihličnatý les je typom krajinej pokrývky, ktorý je vo vzťahu k zadržiavaniu vody najlepší, preto ho nemeníme. Na druhej strane, všetky technické a umelé prvky a zástavbu tiež nemeníme, môžeme uvažovať len s návrhmi na zvýšenie retenčnej kapacity v urbánnom priestore.

Priemerná hodnota abiotických faktorov v povodí je 9,52, na posun povodia do lepšej kategórie významnosti potrebujeme dosiahnuť hodnotu priemeru SKŠ minimálne 3,58, kedy sa kategória priemerná významnosť zmení na kategóriu dobrá.

Scenár A: zmena TTP → les

Pri zalesnení všetkých lúk a pasienkov v povodí sa zvýši hydrická významnosť krajinej pokrývky o 2,80.

Scenár B: zmena OP → les

Pri 100 % zalesnení ornej pôdy v povodí sa hydrická významnosť SKŠ zvýši o 4,32.

Scenár C: zmena OP → TTP

Pri zatrávení všetkej ornej pôdy by sa zvýšila významnosť SKŠ o 3,71.

Scenár D: zmena OP → NDV

Pri 100 % zmene ornej pôdy na nelesnú drevinovú vegetáciu by sa zvýšila významnosť SKŠ o 3,40.

Na základe týchto scenárov môžeme uvažovať o nich samostatne (A, B, C, D) alebo s kombináciami medzi nimi navzájom. Scenár A a D neprichádza do úvahy, zmena by nenastala. Zo samostatných scenárov prichádza do úvahy scenár B (zalesniť cca 83 % ornej pôdy v území) a scenár C, ktorý predstavuje zmenu ornej pôdy na trvalé trávne porasty (97 % ornej pôdy). Z kombinácií scenárov sme vyhodnotili kombinácie, ktoré vyjadrujú jednu zmenu v rámci ornej pôdy a jednu v rámci lúk a pasienkov. Uvažovali sme v dvoch variantoch – zmena štvrtiny a polovice plochy daného prvku (tab. 1).

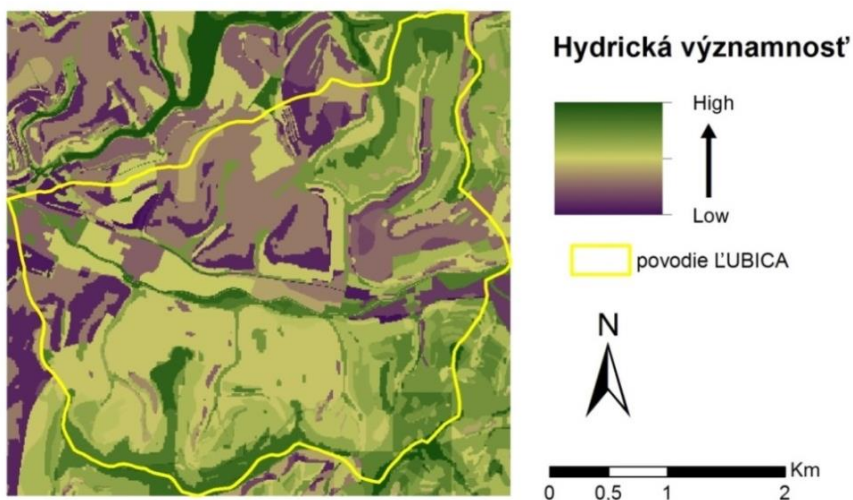
Tab. 1: Kombinácie scenárov pre zvýšenie hydrickej významnosti

Kombinácia AB/BA – zmeniť TTP na les a súčasne OP na les	
25 % A + 67 % B	25 % B + 89 % A
50 % A + 51 % B	50 % B + 51 % A
Kombinácia AC/CA – TTP na les a súčasne OP na TTP	
25 % A + 78 % C	25 % C + 95 % A
50 % A + 59 % C	50 % C + 62 % A
Kombinácia AD/DA – TTP na les a súčasne zvýšiť podiel NDV na OP	
25 % A + 85 % D	25 % D + 98 % A
50 % A + 64 % D	50 % D + 67 % A

Všetky tieto scenáre a ich kombinácie si vyžadujú veľký zásah do územia. Môžeme s nimi uvažovať hypoteticky, v súčasnosti sú tieto zmeny nereálne. Nakoľko toto územie je poľnohospodársky využívané, nemôžeme jeho väčšiu časť zalesniť. Nemôžeme totiž obmedziť činnosť ľudí na malú plochu, čo by v konečnom dôsledku bolo neúnosné.

Na obrázku 3 je rozloženie hydrickej významnosti v modelovom povodí. Na miestach s najnižšími hodnotami významnosti preto uvažujeme s konkrétnymi zmenami vo využívaní krajiny a s návrhmi pre zvýšenie možností zadržiavať vodu v krajine. V porovnaní s mapou SKŠ zisťujeme, že sú to najmä plochy ornej pôdy, zastavané územia, výrobné a technické areály, menej lúky a pasienky. Podstatne horšie hydrické vlastnosti má centrálna až severná časť povodia, kde sa na veľkých plochách nachádza orná pôda a tiež plochy intravilánu v západnom cípe územia.

Obr. 3: Hydrická významnosť v modelovom povodí Ľubica



Návrhy manažmentu povodia pre zvýšenie hydrickej významnosti (obr. 4):

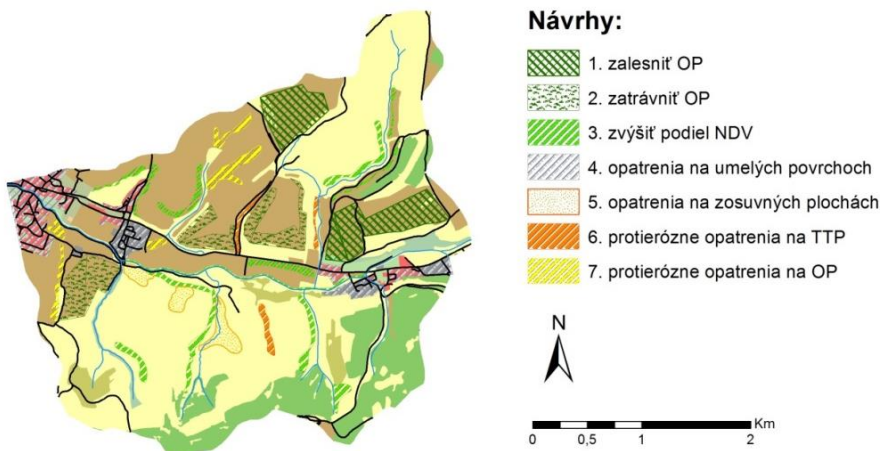
1. Plochy ornej pôdy s najmenšou hydrickou významnosťou a tiež s najväčším sklonom zalesniť, najmä východnú časť povodia a severnú hranicu.
2. Plochy ornej pôdy s najmenšou hydrickou významnosťou premeniť na lúky a pasienky, ktoré sa budú obhospodarovať. Sú to plochy v centrálnej až severnej časti (napravo od toku Ľubica) a v západnej časti v blízkosti intravilánu.
3. Zvýšiť podiel NDV a to na lúkach, pasienkoch aj na ornej pôde, tiež v líniiach okolo poľných ciest a okolo potokov (sprievodné brehovú porasty), na plochách s najväčšími sklonmi. NDV bude plniť funkcie:
 - retenčná funkcia – zadržiavanie vody, brzdenie odtoku v prípade intenzívnych dažďov;
 - protierózná funkcia – spevnenie svahov, zabránenie odnosu pôdy;
 - ekostabilizačná funkcia – vzniknú biokoridory, čím sa v neposlednom rade zvýši ekologická stabilita územia.
4. Opatrenia na umelých povrchoch – intravilán obce (západná časť povodia) a výrobné a technické areály (východná časť územia okolo toku), by mali zahŕňať opatrenia: nezvyšovať podiel umelých povrchov, zachovávať sídelnú vegetáciu a prírodné prvky, zadržiavať dažďovú vodu v záhradách, parkoch, neodvádzať ju rovno do kanalizácie.
5. Plochy ohrozené zosuvmi navrhujeme zalesniť alebo zvýšiť podiel NDV. Svahy ohrozené zosuvmi by mali byť trvale využívané ako les a tiež by tadiaľ nemali viesť cesty.
6. Na lúkach a pasienkoch s eróznym ohrozením (potenciálna vodná erózia) taktiež zvýšiť podiel NDV.

7. Na ornej pôde s eróznym ohrozením aplikovať protierózne opatrenia (vrstevnicová orba, protierózne oševné postupy, v prípade, že sa orná pôda nevyužíva zatravníť ju, stabilizovať, doplniť NDV).

Obr. 4: Návrhy manažmentu územia v povodí Ľubice

Návrhy manažmentu povodia Ľubice - od Ruskinovského potoka po Ľubičku

Šatalová, 2014



Reálne z hľadiska manažmentu územia sú zmeny týkajúce sa zatravnenia, tvorby NDV (líniová vegetácia, brehové porasty), opatrenia v intraviláne a podobne. V modelovom povodí Ľubice ďalej navrhujeme:

- zvýšiť podiel brehovej vegetácie okolo toku Ľubica v intraviláne obce, tam kde je to možné – spevnenie brehov, zabránenie erózií, posilnenie mikroklimatických funkcií, zvýšenie diverzity toku, zlepšenie estetickej hodnoty územia;
- na lúkach a pasienkoch vytvoriť zasakávacie pásy (po vrstevnici), ktoré slúžia na zachytávanie vody.

Problematické sú aj vyššie položené časti nad povodím. Ide o lesy v bývalom vojenskom pásme Javorina. Sú to lesy osobitného určenia, ktoré sú nevyhnutné pre potreby obrany štátu. Z hľadiska ekologickej stability dosahujú stupeň ohrozenia 3, čo sú silne ohrozené porasty. V takomto poraste by mali byť zabezpečené zásady hospodárenia orientované na nápravné opatrenia, rekonštrukciu lesa. Aj z tohto hľadiska navrhujeme pozmeniť funkčné typy lesa pre zlepšenie ich vodohospodárskej a protieróznej funkcie. Ďalším problémom sú lesné a poľné cesty, ktoré pôsobia v krajine ako línie sústreďujúce a urýchľujúce odtok vody z územia. Celkovo sú v modelovom povodí v dĺžke cca 40 km. V rámci lesa je ich hustota 40 m na hektár, čo nie je optimálne, prevyšuje odporúčaných 7-14 m na hektár (Klč, 2005). Navrhujeme lesnú sieť rekultivovať a nezvyšovať jej hustotu. Dôležitý je aj stav lesných ciest, preto tam kde je to potrebné, navrhujeme na nich vytvoriť odrážky, ktoré rozptýlia odtok vody. Prípadne navrhujeme odvádzať vodu do

terénnych depresí (napríklad poldrov). Po skončení ťažby je potrebné narušiť zhutnený povrch približovacích ciest.

Diskusia

Zmeny vo využívaní krajiny majú vplyv na vodnú bilanciu. Práve modelovanie zmien môže byť užitočné pre analýzu hydrologickej odozvy povodia na rôzne možnosti využitia danej krajiny. Problematike matematického modelovania zrážkovo-odtokových procesov v závislosti na zmenách krajinej pokrývky sa venuje veľká pozornosť. Rozhodujúci vplyv na veľkosť odtokovej odozvy majú práve pôdne a vegetačné podmienky (Karvonen et al, 1999). Výskumy sú zamerané predovšetkým na vplyv zmeny využívania v kultúrnej krajine ovplyvnenej človekom. Napríklad aj vplyv plodín a modelovanie zmien v poľnohospodárskej krajine pomocou modelu SWAT (Fohrer et al., 2001). Vplyv využívania krajiny na priebeh povodní hodnotila Poórová et al. (2005) pomocou fyzikálneho modelu WETSPA, ktorý predstavuje prenos vody a energie medzi pôdou, rastlinami a atmosférou. Model hodnotil účinky zmien vo využívaní krajiny (povodie Hornád) na povodne v dvoch scenároch. Jeden predpokladal rozšírenie urbanizovaného územia a nárast poľnohospodárskej pôdy, kde kulminálny prietok vzrástol o 3 %. Druhý scenár uvažoval so zväčšením zalesneného územia o 50 %, pričom kulminálny prietok tak poklesol o 12 %. Taktiež sa posunul čas kulminácie oproti súčasnému stavu, zatiaľ čo pre „urbanizačný“ scenár by kulminácia nastala skôr oproti súčasnému stavu. Zo zrážkovo-odtokového modelu WETSPA vychádza aj model FRIER, ktorý použili Kočický a Mareta (2011) pre modelovanie scenárov zmien využívania krajiny. Scenáre – prirodzený stav, zmena skladby lesa, zatrávenie lesa, zmena nepriepustných plôch, zatrávenie ornej pôdy a zalesnenie kritických hydrotopov hodnotili vo vzťahu k jednotlivých zložkám odtoku – povrchový, podpovrchový a podzemný odtok. Zníženie celkového odtoku najviac priniesol prvý scenár, pričom prirodzený stav znamená najbližší prirodzenej krajine (takmer celé územie je zalesnené). Na znížení odtoku sa tiež podieľajú scenáre zatrávenie ornej pôdy a zalesnenie kritických hydrotopov. V našom prípade to potvrdzuje zvýšenie hydrickej významnosti a teda zadržiavanie vody v krajine práve zalesnením a zatrávením. Rozdiely medzi retenčnou kapacitou poľnohospodárskej a lesnej pôdy sú značné a majú vplyv na schopnosť krajiny transformovať odtokovú vlnu počas povodne (Naef, Scherrer, Weiler, 2002). Na druhej strane urbanizácia a industrializácia krajiny predstavuje premenu prírodných štruktúr, ktoré ovplyvňujú odtokový proces. Kvôli spevneným povrchom majú prakticky nulovú retenčnú kapacitu a navyše kanalizácia akceleruje povrchový odtok.

Vplyv SKŠ na hydrické funkcie krajiny je značný, ale závisí od viacerých faktorov. Ako všetky ostatné atribúty aj krajinná štruktúra je ovplyvnená práve zrážkami – intenzitou, množstvom. Modelovaním vplyvu krajinej pokrývky metódou čísel odtokových kriviek – CN (Curve Number) (Jeniček, 2007) sa potvrdilo, že vplyv krajinej pokrývky na odtokové pomery v povodí klesá so vzrastajúcou extremitou vstupnej zrážky. Tiež pri vyššom nasýtení povodia predchádzajúcimi zrážkami má vegetácia na výslednú povodeň výrazne nižší vplyv.

Záver

Na základe zistenia hydrickej významnosti v modelovom povodí Ľubice a aj na základe scenárov sme podali návrhy pre manažment územia, ktoré zvýšia hydrický potenciál krajiny a predstavujú tak prevenciu pred povodňami. Výsledky nášho výskumu predstavujú zistenie schopnosti súčasnej krajinej štruktúry zadržiavať vodu. Jednotlivé hydrické vlastnosti majú svoje hranice a ináč budú reagovať pri rôznych zrážkových udalostiach, v jednotlivých ročných obdobiach a pri rôznom stave nasýtenia pôdy vodou. Na toto sa využívajú rôzne modely správania sa krajiny pri rôznych scenároch.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s podporou APVV-0669-11: Atlas archetypov krajiny Slovenska.

Literatúra

FOHRER, N. et al., 2001: Hydrologic response to land use changes on the catchment scale. *Physics and Chemistry of the Earth*, 26, p. 577 – 582.

IZAKOVIČOVÁ, Z. et al., 2006: Integrovaný manažment krajiny II. Ústav krajinej ekológie, SAV, Bratislava, 232 s.

JENÍČEK, M., 2007: Modelování vlivu krajinného pokryvu na srážko-odtokové procesy medotou CN křivek. In: *Změny v krajině a povodňové riziko*. PřF UK, Praha, s. 41 – 50.

KARVONEN, T. et al., 1999: A hydrological model for predicting runoff from different land use areas. *Journal of Hydrology*, 217, p. 253 – 265.

KLČ, P., 2005: Výskum zásad sprístupňovania horských lesov lesnou dopravnou sieťou. *Journal of Forest Science*, 51,3, p. 115 – 126.

KOČICKÝ, D., MARETTA, M., 2011: Možnosti zníženia povodňových rizík optimalizáciou využitia krajiny v povodí. *Manažment povodí a povodňových rizík*. VÚVH, 7 pp.

LEPEŠKA, T., 2010: Integrovaný manažment povodí v horských a podhorských oblastiach. *Technická univerzita, Zvolen*, 115 s.

NAEF, F., SCHERRER, S., WEILER, M., 2002: A process based assessment of the potential to reduce flood runoff by land use change. *Journal of Hydrology*, 267, p.74 – 79.

POÓROVÁ, J. et al., 2005: Hodnotenie vplyvu využívania krajiny na priebeh povodní pomocou modelu Wetspa. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 53, 4, p. 253–266.

RUŽIČKA, M., MIKLÓS, L., 1982: Landscape Ecological Planning (LANDEP) in the Process of Territorial Planning. *Ekológia (ČSSR)*, 1, 3, p. 297 – 312.

ŠATALOVÁ, B., 2014: Integrovaný manažment povodia na regionálnej a lokálnej úrovni (na príklade povodia rieky Poprad) (dizertačná práca). *Univerzita Konštantína Filozofa, Nitra*, 163 s. + prílohy.