



Program cezhraničnej spolupráce ENPI
Maďarsko-Slovensko-Rumunsko-Ukrajina

SK

Vladimír Čaboun • Ivan Sačkov • Ivan Barka
Vasil' Parpan • Volodymyr Koržov • Jurij Derbal'

Manažment lesa ako nástroj na zmierňovanie povodňovej hrozby



PRAKTICKÁ PRÍRUČKA

Partnerstvo bez hraníc

Vladimír Čaboun • Ivan Sačkov • Ivan Barka
Vasil Parpan • Volodymyr Koržov • Jurij Derbal'

Manažment lesa ako nástroj na zmierňovanie povodňovej hrozby

PRAKTICKÁ PRÍRUČKA



Tato publikácia vznikla s podporou Európskej únie v rámci projektu „HYDRO-FOR: Systémy optimálneho manažmentu lesa pre zlepšenie hydrických funkcií lesa v predchádzaní povodniám v povodí rieky Bodrog“.



Program cezhraničnej spolupráce ENPI
Maďarsko-Slovensko-Rumunsko-Ukrajina

Partnerstvo bez hraníc

Program je spolufinancovaný
z prostriedkov Európskej únie



Publikácia je zameraná na vplyv lesného hospodárstva na vodu a vodný režim krajiny. Prezentuje vzťahy medzi obhospodarovaním lesa, krajinou a vznikom povodní, obsahuje praktické rady pre zlepšenie plnenia hydrických funkcií lesa.

Publikácia je určená pre riadiacich pracovníkov, praktických lesníkov, študentov a učiteľov lesníckych disciplín a širokú verejnosť.

Tato publikácia vznikla s podporou Európskej únie v rámci projektu „HYDROFOR: Systémy optimálneho manažmentu lesa pre zlepšenie hydrických funkcií lesa v predchádzaní povodniám v povodí rieky Bodrog“.

Zodpovednosť za obsahovú náplň nesú partneri projektu: OZ Agentúra na podporu trvalo udržateľného rozvoja karpatského regiónu FORZA, Národné lesnícke centrum vo Zvolene a Ukrajinský výskumný ústav horských lesov v Ivano-Frankovsku. Názory autorov nemusia vyjadrovať názory Európskej únie.

Program cezhraničnej spolupráce Nástroja európskeho susedstva a partnerstva Maďarsko – Slovensko – Rumunsko – Ukrajina 2007–2013 (www.huskroua-cbc.net) je spolufinancovaný Európskou úniou. Cieľom tohto programu je prehĺbenie a intenzifikácia spolupráce medzi prihraničnými regiónmi na Ukrajine, Slovensku, v Maďarsku a Rumunsku trvalo udržateľnou formou v sociálnej, ekologickej a ekonomickej oblasti.



Vydavateľ: Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen 2015

Grafická úprava: L. Frič

Autor fotografií: V. Čaboun

Počet strán: 52

Náklad: 150 kusov

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou. Za obsah zodpovedajú autori.

ISBN 978-80-8093-212-1

Obsah

Úvod	5
Les a jeho funkcie v krajine	7
Špecifikum hydrogeologických pomerov flyšového pásma	18
Obhospodarovanie lesov vo vzťahu k vodnej bilancii povodia	20
Hodnotenie hydrických funkcií lesa	23
Lesná dopravná sieť vo vzťahu k hydrickým funkciám lesa	27
Zhrnutie a návrh vhodných metód obhospodarovania lesa z hľadiska plnenia protipovodňovej funkcie	35
Odporúčania inštitúciám ovplyvňujúcim hospodárenie v lese	42
Použitá a doplňujúca literatúra	47

Les plní v krajine množstvo funkcií. Okrem produkcie drevnej hmoty aj množstvo iných, tzv. mimoprodukčných funkcií. Vnímanie ich dôležitosti je častokrát značne odlišné z pohľadu lesného hospodára a iné z pohľadu verejnosti.

Pri otázkach vplyvu lesa na možnosť vzniku povodní bývajú verejnosťou najcitlivejšie vnímané spôsob obhospodarovania, najmä obnovy lesa, a stav lesnej dopravnej siete. Predkladaná publikácia sa preto zameriava najmä na tieto aspekty lesného hospodárstva a jeho vplyvu na vodu a vodný režim krajiny. Jej cieľom je prezentácia vzťahov medzi obhospodaraním lesa, krajinou a vznikom povodní a zvýšenie povedomia odbornej verejnosti o tejto problematike.

Keďže správny manažment lesa, a rovnako aj povodia, sa nezaobíde bez nevyhnutných teoretických poznatkov, príručka obsahuje aj stručné vedecké zákklady uplatňovania hydrických funkcií lesa v praktickom hospodárení. Podrobnejšie informácie a argumenty čitateľ nájde v použitej a odporúčanej literatúre, v slovenčine najmä v prácach prof. Valtýniho.

Nie je účelom príručky nahrádzať technické normy pri výstavbe lesnej dopravnej siete. Skôr podáva stručný prehľad nevyhnutných zásad, ktoré sú bohužiaľ častokrát porušované. Napr. odvodňovacie prvky na lesnej dopravnej sieti bývajú najčastejšie zanedbávanou zložkou jej výstavby a údržby. Pritom nevyhovujúci stav lesných odvodňovacích a približovacích ciest, poznačených očividnou eróziou, býva spolu so stopami po ťažbe tŕňom v oku laickej verejnosti a býva využívaný rôznymi združeniami na negatívnu kampaň voči lesnému hospodárstvu.

Príručka je výsledkom implementácie slovensko-ukrajinského projektu „HYDROFOR: Systémy optimálneho manažmentu lesa pre zlepšenie hydrických funkcií lesa v predchádzaní povodniám v povodí rieky Bodrog“ (www.nlcsk.sk/hydrofor). Hlavný koordinátor projektu, mimovládna organizácia FORZA – *Agentúra pre trvalo udržateľný rozvoj karpatskej oblasti* so sídlom v Užhorode, sa venuje vzdelávaniu odbornej verejnosti a medzinárodným projektom v oblasti lesníctva a ochrany pred povodňami. Projekt na slovenskej strane implementoval *Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen* (www.nlcsk.org). Lesníckou výskumnou organizáciou, ktorá zastrešovala odbornú stránku na ukrajinskej strane je *Ukrajinský výskumný ústav horských lesov* v Ivano-Frankovsku.

Projekt bol riešený v rokoch 2013 až 2015 v rámci cezhraničnej spolupráce ENPI (www.huskroua-cbc.net).

Záujmovým územím projektu Hydrofor bolo povodie Bodrogu na slovenskej i ukrajinskej strane, ktorého špecifikom je veľký podiel tzv. flyšového pásma (geologických súvrství ílovcov a pieskovcov) z plochy povodia a z toho vyplývajúca malá priepustnosť horninového podkladu, väčšia náchylnosť na vznik povodní a relatívne vyšší význam lesa v protipovodňovej ochrane. Odporúčania, vypracované v rámci tohto povodia pre inštitúcie na slovenskej a ukrajinskej strane, majú však všeobecnú platnosť.

Výsledky riešenia projektu Hydrofor jasne poukazujú na potrebu dôslednejšieho využívania funkcií lesov v krajine. Hydrické funkcie lesov patria medzi najznámejšie a najvýznamnejšie tzv. mimoprodukčné funkcie, ktoré sú v súčasnosti riešené ako ekosystémové služby a zabezpečujú ich lesní hospodári. Avšak bez reálneho ohodnotenia, ocenenia a následného financovania týchto služieb nie je možné zabezpečiť dlhodobý udržateľný rozvoj lesníctva, zvýšenie ekologickej stability krajiny, rozvoj vidieka i celej spoločnosti.

LES A JEHO FUNKCIE V KRAJINE

Hydrické funkcie lesov patria medzi najznámejšie a najvýznamnejšie tzv. mimoprodukčné funkcie. Rozumie sa tým v najširšom zmysle slova vplyv lesa na vodu a vodný režim v krajine. Interakcie medzi lesom, vodou a ostatnými zložkami prostredia sú veľmi premenlivé. Les je tiež iba jedným z činiteľov obehu vody v krajine, takže jeho vplyv na vodný režim je v rôznych podmienkach rozdielny. Všeobecne sa hodnotí z čiastkových kvantitatívnych i kvalitatívnych hľadísk v oblasti zrážok, odtoku, výparu, celkovej bilancie i kvality vody a komplexne z hľadiska rôznych potrieb v konkrétnych povodiach (ČABOUN 2003).

Z hľadiska ekosystémového prístupu k triedeniu funkcií lesov, mimo les rastúcich drevín a ich spoločenstiev v krajine ide o kvalitu a kvantitu vplyvu drevín a ich spoločenstiev na pôdu, klímu, vodu, horniny, rastliny, živočíchov, mikroorganizmy a na človeka.

Tieto funkcie sú ďalej členené na jednotlivé parciálne funkcie (ČABOUN 2009a). Konkrétne *hydrické funkcie* delíme na:

- *retenčnú*: vplyv na zadržiavanie zrážkovej vody
- *akumulačnú*: vplyv na hromadenie vody
- *retardačnú*: vplyv na spomaľovanie odtoku
- *regulačnú*: vplyv na vyrovnanosť odtoku vody
- *vodoochrannú*: vplyv na kvalitu a hygienu vody vrátane mútnosti tokov a následného zanášania nádrží
- *niválnu*: vplyv na kvalitu, kvantitu, distribúciu a pohyb snehu

Miera a intenzita vplyvu závisí od množstva faktorov, medzi ktorými zohrávajú dominantné postavenie ekologické podmienky a štruktúra lesa, resp. sledovaného ekosystému. Pritom máme na mysli štruktúru druhovú, vekovú a priestorovú, ktorá s ďalšími ukazovateľmi je tesne naviazaná na ekologickú rovnováhu a ekologickú stabilitu konkrétneho ekosystému.

V minulosti boli hydrické funkcie označované ako vodohospodárske, čo stále pretrváva. Z nášho pohľadu ide o možnosť využívania hydrických funkcií lesov vo vodohospodárstve, podobne ako v iných odvetviach, napr. v poľnohospodárstve (ČABOUN 2009b). Vzhľadom na tradičné úzke spojenie hydrických funkcií lesa s vodným hospodárstvom, bolo prirodzené, že sa vedci v súvislosti s tvorbou odtoku v minulosti sústredili na riešenie úloh súvisiacich s prioritami vodného hospodárstva. Záujem sa preto sústredil viac napr. na odhad a predpoveď prietokov v riekach (kulminačných prietokov, prípadne na objem povodňovej vlny a jej časový priebeh), ako na detailné skúmanie procesov a ciest, akými sa voda do toku dostane.

Prioritne sa riešili otázky s vodohospodárskym dosahom, napr. vplyv lesa na odtok z hladiska ochrany pred povodňami, problematiku erózneho zmyvu a odnosu látok z povodí z hladiska zanášania nádrží, určovanie vodných zásob v snehovej pokrývke v súvislosti s rizikom vzniku jarných povodní a potrebou dopĺňania zásob vody v nádržiach.

Zmenou vzťahu spoločnosti k životnému prostrediu a s ňou súvisiacou zmenou paradigmy hospodárenia s vodou na integrované hospodárenie s vodou a integrovaný manažment celého povodia, ako aj nový pohľad na hydrické funkcie lesa (nie iba vodohospodárske), podnietilo zvýšený záujem aj o odtokové procesy, ktorými sa voda zo zrážok alebo z roztopeného snehu a látky ňou transportované dostávajú do tokov.

Vodná bilancia lesných ekosystémov

Problematikou využívania hydrických funkcií lesov úzko súvisí problematika vodnej bilancie lesných ekosystémov. Bilancia vody v lesnom ekosystéme vyjadruje vzájomný vzťah medzi príjmovými zložkami vody (atmosférické zrážky) a výdajovými zložkami vody (evapotranspirácia, odtok do povrchových a podzemných vôd). V prípade, že atmosférické zrážky (Z) sú jediným zdrojom vody pre lesný porast môžeme všeobecnú rovnicu vodnej bilancie vyjadriť nasledovne:

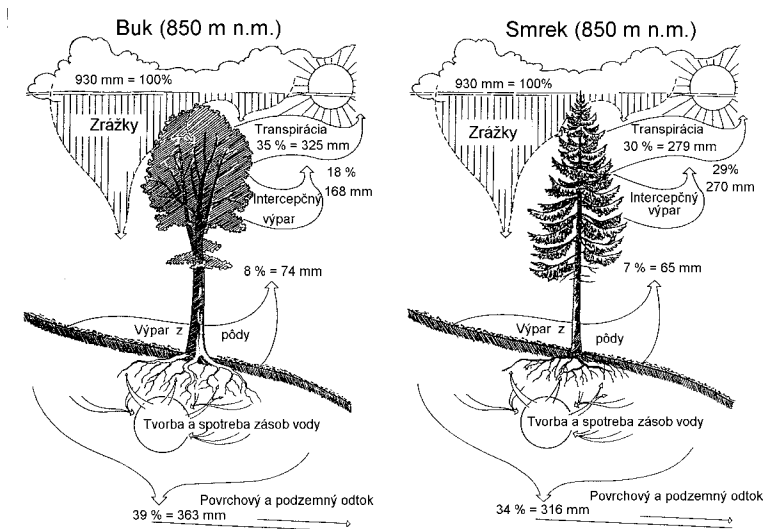
$$Z = \Delta W + ET + O$$

Z dlhodobého hladiska preto platí, že priemerný úhrn zrážok sa rovná evapotranspirácii (ET) a odtoku (priesaku) vody (O). ΔW je zmena zásob vody v pôde a fytomase (ČABOUN, MINĎÁŠ 2003).

KANTOR (1984) študoval v experimentálnom dospelom smrekovom a bukovom poraste v Orlických horách (890 m n. m.) všetky zložky vodnej bilancie. Z priemerných ročných zrážok voľnej plochy 1 296 mm pripadlo v smrekovom poraste na sumárny výpar 487 mm, t.j. 37,6 %. Z toho intercepcia 212 mm (16,3 %), transpirácia 195 mm (15,1 %) a evaporácia z pôdy 80 mm (6,2 %). V bukovom poraste to bolo 344 mm (26,5 %). Z toho intercepcia 86 mm (6,7 %), transpirácia 181 mm (13,9 %) a evaporácia z pôdy 77 mm (5,9 %) zrážok z voľnej plochy. Povrchový odtok bol v dôsledku značnej retenčnej schopnosti lesných pôd v oboch porastoch zanedbateľný. Rozhodujúca časť zrážkových vôd odtiekla v podzemnej forme. Zo smrekového porastu to bolo ročne priemerne 773 mm, z bukového 909 mm. Experimentálnym sledovaním v Orlických horách bola potvrdená nevýznamnosť rozdielu evaporačných hodnôt

medzi zrovnávanými porastami. Celoročný priemer pri smreku bol 80,2 mm (6,2 %), pri buku 76,8 mm (5,9 %) zrážok.

Kolobeh vody a vodná bilancia dospelého bukového a smrekového porastu na príklade stredohorskej lokality Poľana-Hukavský grúň sú zrejmé z obr. 1. Tabuľka 1 uvádza zložky vodnej bilancie rôznych ekosystémov pri porovnateľne vysokom ročnom úhrne zrážok.



Obrázok 1 Kolobeh vody a vodná bilancia dospelého bukového a smrekového porastu na príklade stredohorskej lokality Poľana-Hukavský grúň (STRĚLCOVÁ, MINĎÁŠ 2000)

Tabuľka 1 Vodná bilancia rôznych ekosystémov pri ročnom úhrne zrážok 930 mm

Zložka vodnej bilancie	nekosená lúka		smrekový porast		bukový porast	
	mm	%	mm	%	mm	%
Intercepčný výpar	65	7	270	29	168	18
Transpirácia	251	27	279	30	325	35
Výpar z pôdy	93	10	65	7	74	8
Povrchový a podzemný odtok	521	56	316	34	363	39

Retenčná hydrická funkcia lesných porastov

Retenčná funkcia lesa je funkcia, teda vplyv drevín a ich spoločenstiev na zadržiavanie zrážkovej vody. Ide o vplyv lesa na zachytávanie vertikálnych zrážok v korunách lesných porastov, v podrade a v lesnej pôde. Retenčná – zachytávací funkcia lesa závisí najmä od druhu, množstva a intenzity zrážok,

druhového zloženia porastov, ich štruktúry a veku a môže byť veľmi výrazná. Na podklade mnohých pokusov možno zostaviť pre naše lesné dreviny podľa intercepčných strát toto stúpajúce poradie: smrekovec – dub – borovica – buk – smrek – jedľa.

V zásade existujú dva hlavné mechanizmy, ktorými les znižuje množstvo vody odtekajúce z ekosystému: *intercepcia* a *evapotranspirácia* lesných ekosystémov. Intercepcia je zachytávanie časti zrážok korunami stromov a podrastom. Evapotranspirácia v sebe zahŕňa tri dôležité zložky, a to tzv. neproduktívny (intercepčný) výpar (výpar zachytenej zrážkovej vody najmä v korunách lesných drevín), ďalej výpar z pôdy a nakoniec výpar z lesných drevín, krovín a bylín (výdaj vody rastlinami prevažne cez prieduchy listov a ihlič – transpirácia).

Intercepcia dosahuje 15 – 30 % ročného zrážkového úhrnu, v hustých ihličnatých lesoch až 45 %. Kým z dlhodobého hľadiska ide o významné množstvo zachytených zrážok, jednorázová intercepcia zrážok je však obmedzená na hodnotu niekoľkých milimetrov, čo je v prípade privalových dažďov zanedbateľné.

Hoci niektorí autori uvádzajú, že v strednej Európe sa podiel evapotranspirácie z celkového množstva zrážok odhaduje na 40 – 90 %, v našich podmienkach sa pohyboval v rozmedzí 60 – 70 % celkového množstva zrážok.

Úhrny evapotranspirácie lesa, ktoré sú o 10 – 15 % vyššie ako z trávnych porastov, sú spôsobené predovšetkým vyparovaním intercepčne zachytenej vody (NOVÁK, 2001). V dôsledku vysokej intercepcie lesov sa znižuje množstvo vody, ktoré sa dostane do pôdy a je zdrojom vody pre porasty, povrchové a podpovrchové vody. Inými slovami, zalesnené povodie získa zo zrážok menej vody, ako keby bola pôda pokrytá nízkou vegetáciou. Lesy v porovnaní s inými povrchmi urýchľujú kolobeh vody v povodí. Ich veľký význam je v tom, že najlepšie chránia krajinu pred eróziou, vytvára sa v nich vrstva organickej pôdy, ktorá zvyšuje retenčnú kapacitu povodí.

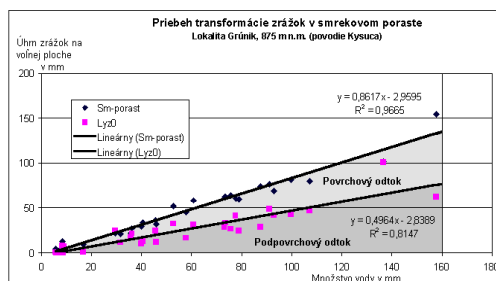
Infiltrácia zrážkovej vody do lesných pôd

Po prechode jednotlivými vrstvami nadzemnej časti lesného porastu sa zrážková voda dostáva do kontaktu s pôdnym prostredím, kde dochádza k výraznej transformácii jej ďalšieho pohybu. Značná vertikálna dynamika zrážok, podmienená voľným gravitačným pohybom (čiastočne zmierňovaný kontaktom s vegetačným krytom), sa v styku s pôdou výrazne spomaľuje. Zrážková voda po dopade na pôdu steká po jej povrchu alebo vsakuje do pôdy, kde sa transformuje do jednej z foriem pôdnej vody. Z hľadiska vodnej bilancie má najväčší význam kapilárna a gravitačná voda (odtok do hydrogeologických štruktúr).

Ako miera vsakovania vody do pôdy slúži koeficient infiltrácie. ŠÁLY (1988) uvádza hodnoty vsakovacích koeficientov v rozpätí 1 – 5 mm za hodinu pre ílovité pôdy, pre ílové hliny 10 – 50 mm.h⁻¹, pre hliny 50 – 100 mm.h⁻¹, pre piesčité hliny 100 – 150 mm.h⁻¹ a pre piesky viac ako 200 mm.h⁻¹.

Čiastkové výsledky hodnotenia procesu intercepcie a priesaku zrážkovej vody cez vrstvu nadložného humusu v horskom smrekovom poraste dokumentuje obr. 2. Rozdiel medzi tými dvomi regresnými priamkami nám určuje množstvo vody, ktoré je transformované do zásoby vody (zvýšenia obsahu vody) vo vrstve nadložného humusu a do povrchového odtoku.

Z tohto hľadiska sú zaujímavé výsledky pre dva odlišné prípady výskytu vysokého zrážkového úhrnu.



Obrázok 2 Priebeh transformácie zrážok v smrekovom poraste na TVP Grúnik (ČABOUN 2005)

Proces infiltrácie je ovplyvnený jednak intenzitou a časovým trvaním zrážok a jednak charakterom pôdneho prostredia, najmä zrnitosťným zložením pôdy a počiatočným vlhkosťným stavom. Priepustnosť pre vodu je dôležitou vodno-fyzikálnou vlastnosťou, ktorá sa pri rovnakej pôde mení podľa jej vlhkosti, čím je pôda vlhšia, tým je menšia jej priepustnosť pre vodu.

Retenčná a infiltračná kapacita lesných ekosystémov pri povodňových vlnách

Názory na vznik povodňovej vlny po výdatnejších zrážkach alebo topení snehu sa vyvíjali od začiatku minulého storočia. Podľa teórie označovanej ako *infiltračná teória* alebo *teória povrchového odtoku*, je povodňová vlna tvorená vodou z príčných zrážok (alebo z topenia snehu), ktorých značná časť sa do toku dostala ako povrchový odtok. Tvorca tejto teórie – Horton zaviedol pojem *infiltračná kapacita*, pod čím rozumel množstvo vody, ktoré je pôda schopná

za daných podmienok prijať. Pôda pôsobí ako separátor povrchového a podzemného odtoku, pričom podzemný odtok sa dominantne podieľa na prietoku v riekach iba v suchom období. Povrchový odtok z povodia vzniká v dôsledku prekročenia infiltračnej kapacity pôdy, ktorá však nie je v stave nasýtenia. Okrem tejto predstavy sa zaviedla aj schéma povrchového odtoku, ktorý vzniká z častí alebo z celého povodia v prípade, že sa pôdny profil nasýti. Povrchový odtok vzniká v dôsledku prekročenia schopnosti pôdy prijímať vodu. Prietoková vlna podľa tejto klasickej teórie je tvorená najmä z vody spadnutej na územie povodia tesne pred vznikom a počas priebehu udalosti a objem priameho odtoku sa považuje za rovný objemu efektívnych zrážok (HLAVČOVÁ, HOLKO, SZOLGAY 2001).

Povrchový odtok skutočne dominuje v odtokovom procese v arídnych a semiarídnych oblastiach a môže vzniknúť aj v zmenenom prírodnom prostredí, napr. na cestách, intenzívne využívaných pasienkoch, na škrupinatom povrchu silne vysušenej pôdy a pod. V malých zalesnených povodiach mierneho pásma sú intenzity zrážok alebo topenia snehu iba zriedkavo také vysoké, že prekročia infiltračnú kapacitu pôdy.

Na základe pokusov v malých zalesnených povodiach v humídnej oblasti predložil Hewlett teóriu tvorby odtoku z premenlivých zdrojových oblastí (HEWLETT, HIBBERT, 1967). Vychádzala zo základného predpokladu, že všetok odtok je podpovrchový, pokiaľ neexistuje dôkaz o inom druhu odtoku. Rýchly nárast prietoku počas povodňovej vlny sa pripisuje podpovrchovému odtoku alebo rýchlemu vytláčaniu skôr zadržanej vody vodou zo zrážkovej udalosti.

Podľa tejto teórie je časť priameho odtoku tvorená z prírodných zrážok, časť je tvorená vodou, ktorá bola v pôde už pred začiatkom dažďa alebo topenia snehu a je vytláčaná novou vodou; táto voda sa uvoľňuje vo veľkých množstvách len pri vlhkosti pôdy na úrovni poľnej vodnej kapacity alebo vyššej. Vytlačanie prebieha najmä v nižšej a strednej časti svahu; v najvyššej časti spôsobí nová voda zvýšenie pôdnej vlhkosti, ktorá sa pomaly presúva do nižšie položených oblastí. Počas zrážkovej udalosti sa riečna sieť rozširuje do oblastí, v ktorých bola z ľubovoľného dôvodu prekročená schopnosť pôdy absorbovať a viesť podpovrchový odtok.

Porovnanie izotopovými metódami potvrdilo predtým jednotlivo publikované názory, že prakticky vo väčšine sledovaných prípadov bol odtok počas prietokovej vlny vzniknutej z dažďa alebo topenia snehu dominantne tvorený vodou, ktorá sa v povodí nachádzala už pred začiatkom udalosti.

Odtok z povodia teda tvorí povrchový odtok spôsobený nasýtením pôdneho profilu už spomínanými mechanizmami prekročenia infiltračnej kapacity alebo prekročením stavu nasýtenia pôdneho profilu. Oblasti, na ktorých sa vytvára povrchový odtok, môžu však vzniknúť aj stúpnutím hladiny podzemnej

vody na povrch alebo vystúpením podpovrchového odtoku na povrch. Pôda sa môže dostať do stavu nasýtenia aj nad podzemnou vrstvou so zníženou priepustnosťou, čím môže vzniknúť vrstva v pôdnom profile, ktorá bude produkovať odtok zo svahu (pričom podzemný odtok môže súbežne existovať aj v nižšie položených vrstvách).

Z flyšového súvrstvia voda vyteká v podobe bariérových alebo puklinových prameňov, alebo skryto napája povrchový tok.

Kľúčovým faktorom, ktorý zohráva rozhodujúcu úlohu pri modifikovaní odtoku z lesných porastov aj pri vysokých úhrnoch zrážok, je retenčná kapacita a infiltrácia lesných pôd. Pokles retenčnej kapacity krajiny pri bežne sa vyskytujúcich pôdach s klesajúcim percentom lesnatosti klesá. Spôčiatku pomalšie, do hodnoty 50 – 60 %-nej lesnatosti, následne – pod touto hranicou je pokles s lesnatosťou oveľa výraznejší. Potrebné je však zohľadniť dôležité poznatky o vplyve celkovej lesnatosti povodia, ktoré uvádza VALTÝNI (1986). Najvýraznejšie je ovplyvnený maximálny špecifický odtok vo flyšových oblastiach, kde aj malý pokles v lesnatosti sa odrazí vo výraznom zvýšení maximálnych odtokových množstiev a ich rozkolísanosti. Najmenej je odtok ovplyvnený zmenou lesnatosti v povodiach na karbonátových podložiach, kde rozhodujúcu úlohu zohráva horninové prostredie a transformácia zrážok do podzemných vôd. Tam je účinok zmeny lesnatosti na odtok približne polovičný ako vo flyši.

Lesy nemôžu celkom zabrániť povodňovým vlnám, ale môžu výrazne zmierniť ich priebeh. Tu sa vo veľkej miere uplatňuje akumulácia, ale najmä spomaľovacia – retardačná funkcia lesa.

Retardačná hydrická funkcia lesov

Z hľadiska povodní, ale aj dlhodobej distribúcie vody do prameňov a tokov je najvýznamnejšia retardačná funkcia lesov – vplyv lesov na spomaľovanie odtoku. Podstatou tejto funkcie je vplyv, či *pôsobenie lesov na odtok zrážkových vôd*, čo sa prejavuje znižovaním povrchového odtoku a jeho transformáciou na podpovrchový – podzemný odtok. Priaznivé podmienky na znižovanie povrchového odtoku až na minimum je spôsobené zadržiavaním zrážok v korunách lesného porastu a v podraсте a teda zmešovaním ich množstva intercepciou. Z hľadiska negatívneho vplyvu najmä prudkých zrážok zohráva les významnú úlohu spomaľovaním dopadu vody na pôdu, ďalej tu hrá značnú úlohu drsnosť povrchu lesnej pôdy, jej priepustnosť a retencia, nehlboké a krátke premrzanie lesnej pôdy, spomaľené topenie snehu a tiež miestne pomery, charakterizované vlastnosťami lesného porastu, pôdy a nadložného humusu i reliéfom teré-

nu. Čím je oblasť zrážkovo bohatšia a podnebie vlhkejšie, pôda priepustnejšia a sklonitosť i členitosť terénu väčšia, tým výraznejšie sa znižuje povrchový odtok zrážkových vôd a pretvára sa na podzemný odtok, veľmi významný pre tvorbu podzemných vôd a ich vodohospodárske využívanie.

Akumulačná hydrická funkcia lesa – vplyv lesa na hromadenie vody sa často nesprávne stotožňujeme s hydrologickým využitím akumulačnej funkcie lesa z hľadiska vplyvu lesa na tvorbu vodných zdrojov.

Pôda ako rezervoár vody má úžasný potenciál a môže zadržiavať až 400 mm vody. V našich prírodných podmienkach je však pôda stále čiastočne nasýtená vodou. Ak sa pôda úplne nasýti, vzniká najnebezpečnejší odtok pre tvorbu povodne.

O pozitívnom vplyve lesa na podzemné vody sa možno presvedčiť na základe zásob vody v pôde, výšky hladiny podzemnej vody, podzemného odtoku ako aj výdatnosti prameňov v lesnatých oblastiach. Vplyv lesa na podzemné vody závisí od veku porastu, jeho štruktúry, prírastku biomasy, rozmiestenia lesných porastov vo vzťahu k reliéfu terénu ako aj vplyvu lesa na vodný režim pôdy.

Hydrická akumulačná funkcia lesov je dôležitá aj z hľadiska vodnatosti riek, optimálna lesnatosť povodí, ktorá je odlišná v rozličných oblastiach závisí od príslušných pôdných a klimatických podmienok.

Regulačná hydrická funkcia lesa

Regulačná hydrická funkcia lesa zabezpečuje vyrovnanie odtoku vody z povodia. Ide pri nej o priaznivý vplyv lesných porastov na zníženie maximálnych a zvýšenie minimálnych odtokov. Vyrovnávací regulačný účinok lesa znižuje výšku povodňových vĺn, znižuje frekvenciu ich výskytu a znižuje tak škody, ktoré povodne spôsobujú. Táto funkcia lesa sa vysvetľuje tým, že časť zrážok sa zachytáva na povrchu nadzemnej časti biomasy lesného ekosystému (tzv. interceptia zrážok), prevažná časť zrážkovej vody vniká do pôdy (infiltráciou), ktorá má so zreteľom na zvýšený obsah humusu a vyššiu pórovitosť aj väčšiu zadržiaciu schopnosť (retenciu). To, že v lesných porastoch je povrchový odtok veľmi nízky až zanedbateľný (MIDRIAK 1992), a že celý podpovrchový odtok aj pri nasýtení pôdy zrážkovou vodou spomaľuje, resp. na určitý čas zadržiava kvantum vody, ktoré z pôdy vyteká do tokov, už samo o sebe spôsobuje spomalenie odtoku vody v hydrografickej sieti, znižuje a časovo naťahuje a tým znižuje nebezpečenstvo povodňovej vlny.

Vodoochranná funkcia drevín

Patrí sem vplyv lesa a mimo les rastúcich drevín na kvalitu a hygienu vody, ako aj vplyv na mútnosť tokov a s tým spojené zanášanie nádrží. Z uvedeného vyplýva, že s *vodoochrannou funkciou úzko súvisí pôdoochranná funkcia*, teda vplyv drevín a ich spoločenstiev na ochranu pôdy. Táto funkcia spočíva v ochrane pôdy pred vonkajšími deštrukčnými procesmi, akými sú vodná (zrážková, plošná a ryhová vodná erózia), veterná erózia, snehové lavíny, zosuvy, kryogénne javy a pod. Na základe uvedeného môžeme pôdoochrannú funkciu členiť na protieróznú, protideflačnú, protizosuvnú a brehoochrannú.

Vodoochranná funkcia brehových porastov spočíva v zabraňovaní abrázie brehov a tým znečisťovaniu a zanášaniam tokov a nádrží. Okrem toho plnia brehové porasty aj funkciu čistenia povrchovej vody. Brehové porasty znižujú rýchlosť vodného toku, vytvárajú vhodné prostredie pre vodné organizmy nie len vytváraním trofických a topických podmienok, ale aj mikroklimatickým pôsobením (napr. zatienením vodnej hladiny, čo vytvára priaznivý tepelný režim).

Brehové porasty chápeme ako rôzne široké pásy, alebo skupiny stromov, krov a bylinnej vegetácie na brehoch prirodzených, upravených, alebo umelých vodných tokov a nádrží. Brehové porasty, ako súčasť krajiny plnia svoje funkcie tak, že ovplyvňujú svoje prostredie – vodný tok, jeho brehy i okolité územie. Brehové porasty zložené z drevín krovitého a stromovitého vzrastu prekoreňujú brehy, čím zvyšujú ich protieróznú odolnosť, zatieniajú vodnú hladinu, ovplyvňujú výpar, prúdenie vzduchu, ako aj mikroklimu, vytvárajú podmienky pre existenciu viacerých druhov živočíchov, čo pozitívne ovplyvňuje druhovú pestrosť krajiny.

Samostatnú skupinu tvoria *zasakovacie lesné pásy*, v ktorých sa spájajú mnohé hydrické funkcie.

Vodoochranná funkcia lesa vo vzťahu ku kvalite a hygiene vody súvisí jednak s pozitívnym vplyvom lesa na odtok podzemný, jednak s jeho vplyvom na obsah mikrobiocídnych látok. Les znižovaním množstva povrchového odtoku a erózných pôdnych strát predovšetkým znižuje mútnosť ako aj mineralizáciu povrchovo odtekajúcej vody. V lesnatých povodiach sa vyplavuje menej dusíka, ktorý je z hygienického hľadiska nežiadúci vo vode. Lesný ekosystém má priaznivý vplyv aj na bakteriálnu čistotu vody. Kvalita vody odtekajúcej z lesného porastu je vysoká a často sa pohybuje okolo hranice pitnej vody s koli-indexom nižším ako 100. Je to spôsobené tým, že lesné dreviny uvoľňujú značné množstvo mikrobiocídnych látok, ktoré sa pri styku s vodou absorbujú, čím ničia baktérie vo vode.

Les je z hľadiska ochrany kvality vôd jedným z najvhodnejších spôsobov využitia pôdy.

Vplyv lesa na odtok vody pri roztápaní sa snehu

Z hľadiska vplyvu vegetácie na odtokové pomery v povodí nie je možné zanedbať vplyv vegetácie na množstvo odtekajúcej vody z povodia pri roztápaní sa snehu. BRECHTEL (1970) uvádza výsledky meraní z horskej oblasti Vogelsberg (nad 600 m n. m.), kde je jasne vidieť, že les má dôležitú funkciu pri zabráňovaní rýchlemu topeniu snehu. Kým z lúk odtieklo za 1 deň 5,8 – 11,8 mm – vzhľadom na expozíciu svahu, zo smrekového lesa odtieklo 5,0 mm a z bukového 4,3 mm vody z topiaceho sa snehu bez ohľadu na expozíciu svahu. Ukázalo sa, že druhová skladba a vek porastu sú pre ukládanie snehu a jeho topenie veľmi dôležité. Kým porasty zložené z listnatých drevín môžu (vzhľadom na interepciu mnohých snežení) spôsobiť, že sa až o 20 % menej snehu dostane na pôdu ako v bezleší, ale väčšinou je to 5 – 10 %; ihličnaté porasty znižujú kvantitu snehových zrážok dopadajúcich na pôdu o 20 – 40 % (WISLER a BRATER 1959 *ex* BRECHTEL 1970). Táto skutočnosť tiež môže zohrávať veľmi dôležitú úlohu pri kvantitatívnom útlme jarných povodní. Je teda možné povedať, že v oblastiach s veľkými snehovými zrážkami má les rozhodujúci vodohospodársky význam tým, že znižuje maximálnu povodňových odtokov na jar a rozkladá odtok na dlhšie obdobie.

Zhrnutie funkcií lesa v krajine

Vplyv lesa na vodu v krajine nie je jednoduchý a je veľmi ťažké jeho všeobecne. Kľúčom k riešeniu je komplexné riešenie hydrických funkcií lesa, kde je základom pre objasnenie uvedených otázok znalosť bilancie vody v lesnom ekosystéme a v krajine (ČABOUN, PRIWITZER 2013). Ide o časové a priestorové riešenie kvantitatívnych a kvalitatívnych ukazovateľov vyjadrujúcich vzájomný vzťah medzi príjmovými zložkami vody (atmosférické zrážky) a výdajovými zložkami vody (evapotranspirácia (celkový výpar), odtok do povrchových a podzemných vôd).

Na záver je možné konštatovať, že:

- Veľké lesné komplexy zvyšujú celkový úhrn zrážok oproti bezlesiu maximálne o 5 – 6 %.
- Celkový ročný objem odtoku z lesov predstavuje v priemere 0,75 – 1,04 odtoku z poľnohospodárskych kultúr.
- Lesné komplexy znižujú extremity zrážok – znižujú veľkosť odtoku veľkých vôd a zvyšujú veľkosť odtoku malých vôd.
- V našich pomeroch môže lesný porast spôsobiť zníženie maximálneho odtoku až o 50 %

- V najsuchších mesiacoch bol odtok z lesa 1,43-krát vyšší než odtok z polí a 1,58-krát vyšší než odtok z trvalých trávnych porastov
- Veľmi dôležitý je poznatok, že bezlesie dáva oproti zalesnenej pôde o 47 % vyššiu kulmináciu veľkých vôd. Zalesnením bezlesia sa teda zníži kulminácia veľkých vôd približne 1,5-násobne.
- Extrémny vodný stav na bystrine s lesnatým povodím, aký je tam pravdepodobný raz za 100 rokov („storočná voda“), je možné v porovnávacom bezlesom povodí očakávať každých 16 rokov (MRÁČEK, KREČMER 1975).
- Les vďaka vlastnostiam lesnej pôdy umožňuje infiltráciu vody do pôdy a znižuje povrchový odtok, a teda aj riziko erózie. Pretože vrstva pôdy je relatívne tenká a vodivá s vysokým sklonom nepriepustného podložia, tvorí sa podpovrchový odtok, ktorým sa napájajú podzemné vody, pramene a povrchové toky.

ŠPECIFIKUM HYDROGEOLOGICKÝCH POMEROV FLYŠOVÉHO PÁSMA

Flyš, teda rytmické striedanie ílovcov a pieskocov, vytvára horninové prostredie, v ktorom prevláda povrchový odtok vôd nad infiltráciou. Napriek pomerne dobrej priepustnosti pieskocov, ovplyvňujú priepustnosť flyšu ílovcov, ktorých priepustnosť je veľmi nízka. Zdrojom väčšiny podzemnej vody sú atmosférické zrážky. Hlbší obeh vody umožňujú hlavne hlbšie zlomové poruchy, po ktorých z podložia vystupujú i artézske vody.

Flyš podlieha pomerne rýchlo erózii, hromadia sa tu preto pomerne hrubé deluviálne sedimenty, väčšinou s vysokým obsahom ílovitej zložky. Svahová erózia sa pri náhlých zmenách nasýtenia hornín vodou často prejavuje mimoriadne intenzívnym rozvojom plošných a prúdových zosunov. Na veľkú intenzitu zosunov v tejto oblasti okrem nepriaznivých geologických podmienok vplyvajú i vlastnosti reliéfu, hustota riečnej siete a vysoké atmosférické zrážky.

Na rozdiel od technických opatrení, ktorých účinok vieme s určitou presnosťou vypočítať, účinok netechnických opatrení môže byť v rôznych podmienkach rôzny, dokonca aj negatívny (napr. zvýšené nebezpečenstvo výskytu zosunov pri zamokrení svahov).

Opatrenia v malých povodiach preto vyžadujú individuálny prístup. Podrobná analýza povodňových udalostí, ktoré sa vyskytli na Slovensku v rokoch 1996 až 2006, ukázala, že povodne sa najčastejšie vyskytovali na územiach budovaných menej priepustnými horninami (paleogénny flyš) v oblastiach so zníženou priepustnosťou pôdy.

Väčšina z nich sa vyskytla v malých povodiach s plochou do 300 km² a najčastejšou príčinou boli krátke intenzívne dažde (tzv. bleskové povodne). Na stredných a veľkých tokoch prevládali povodne spôsobené topením snehu a dlhotrvajúcim dažďom.

Správne konštatuje HOLKO (2015), že neexistujú univerzálne, ľahké a jednoduché riešenia. Tejto problematike sa musí venovať neustála odborná a investičná pozornosť, na ktorú obyčajne zabúdame, ale aj pozornosť či uvedomelosť verejnosti – napríklad nestavať na inundačných územiach vodných tokov, kde je vysoká pravdepodobnosť, že budú skôr či neskôr zaplavené, alebo zabraňovať upchaniu koryt tokov odpadom skladovaným v ich blízkosti. Jednostranné riešenia, či už technické (priehrady, hrádze, poldre) alebo zelené v zmysle „zadržme vodu v krajine a vyriešime všetky problémy“ nie sú správne.

Každé z nich má svoje výhody aj obmedzenia. Aj v tejto oblasti platí známa pravda o zlatej strednej ceste. Zostáva dúfať, že sa podarí vytvoriť systém, kto-

rý využije existujúce poznatky a údaje, bude založený na odbornom konsenze ohľadne priorít a spôsobov realizácie protipovodňovej ochrany a zabezpečí jej dlhodobú podporu zo strany spoločnosti. Je to veľmi ťažká úloha, ktorá sa netýka len hydrologického cyklu a vodného hospodárstva, ale aj iných zložiek životného prostredia (napr. ekológie krajiny, geotechniky), legislatívy, samospráv či vlastníckych práv.

OBHOSPODAROVANIE LESOV VO VZŤAHU K VODNEJ BILANCIÍ POVODIA

Obhospodarovanie lesov vo vzťahu k vodnej bilancii povodia a celkovo k charakteru hydrickej účinnosti lesov prináša so sebou celý rad rizikových faktorov. Na druhej strane rozumne usmernená hospodárska činnosť vo vodohospodársky významných oblastiach (obr. 3) môže priniesť kladné, často aj priamo ekonomicky vyčísliteľné úžitky (napr. zlepšenie kvality vody, a tým zníženie nákladov na jej úpravu). Z tohto hľadiska najrizikovejším prvkom sa javí ťažbovo-obnovná činnosť, a to najmä holorubná forma rúbaňového hospodárskeho spôsobu. Je potrebné poznamenať, že existencia samotného holorubu ešte nemusí znamenať výraznejšiu zmenu odtokových pomerov. Negatíva tejto činnosti sa objavujú až v súvislosti s poškodzovaním a narušením kompaktnosti povrchu pôdy pri odvoze dreva. Nadväzujúcim faktorom, ktorého význam je ešte stále podceňovaný, je lesná sieť približovacích a odvozných ciest. Výsledky z oblasti moravskej časti Beskýd ukázali, že založenie pásových holorubov nespôsobilo badateľné zmeny v odtoku. Ale následné zriadenie prístupových komunikácií pre otváranie porastov k ťažbe viedlo okamžite k ohromnému zvýšeniu erózneho odnosu pôdných suspenzií z neupravených trás a nespvených násypov až o 300 %.



Obrázok 3 Z hľadiska plnenia hydrických funkcií priaznivý stav porastu po ukončení obnovnej ťažby

Vplyv holorubov na vodnú bilanciu

KANTOR (1992) uvádza, že na základe 10-ročných pozorovaní vodnej bilancie smrekového porastu v Orlických horách pred obnovou a po jeho obnove holorubom, že celkový výpar dospelého porastu bol v priemere 408 mm za vegetačné obdobie a nezaistená 1 až 5-ročná kultúra vykazovala 307 mm za vegetačné obdobie. Povrchový odtok bol úplne zanedbateľný nie len v dospelom poraste, ale aj v kultúre založenej na holorube. Už vo veku 15 – 20 rokov sa vodná bilancia smreku stabilizuje a dosahuje približne úroveň dospelých porastov.

V protiklade k dospelým porastom sú naše poznatky o hydrických účinkoch najmladších vývojových fáz lesných porastov dosiaľ veľmi malé. Nutnosť riešenia tejto otázky má veľký význam najmä v imisných oblastiach a na rozsiahlych kalamitných plochách, kde vznikajú nové pokolenia lesa.

Intercepcia a transpirácia kultúr v prvých rokoch po výsadbe je úplne zanedbateľná, takže z výdajových položiek ovplyvňuje vodnú bilanciu iba výpar z pôdy a z prízemnej vegetácie. Jeho hodnoty v úplne zaburinených kultúrach kolíšu od 270 do 390 mm za vegetačné obdobie (FEDOROV, MARUNICH 1989; RAEV a SERAFIMOV 1980 *ex* KANTOR 1987). Zvýšený odtok vody na odlesnenej časti povodia môže byť zaznamenaný v dôsledku nižšieho celkového výparu v prvých rokoch po ťažbe, čo však čoskoro zaniká vzhľadom k skorému zarastaniu plochy burinou a novým porastom (KANTOR 1981).

Závažnou otázkou hydrickej účinnosti holorubu, resp. mladých porastov založených po holoruboch a kalamitách je možnosť vzniku povrchového odtoku zrážkových vôd s následnou eróziou. Väčšinou sa povrchový odtok aj na odlesnených plochách koncentruje len na transportnú sieť (odvozné cesty, zväžnice, približovacie cesty a linky v miestach, kde bola ťažkými mechanizmami poškodená vrchná vrstva pôdy. Poznatky o vplyve transportnej siete vrátane približovacích liniek na odtokové pomery imisných holorubov zhrnul ŠACH (1990). Dlhodobý a intenzívny výskum síce priniesol množstvo výsledkov, aj kvalitatívne nových pohľadov. Napriek tomu sú naše znalosti o mimoriadne zložitých hydrických účinkoch lesa stále nedostatočné.

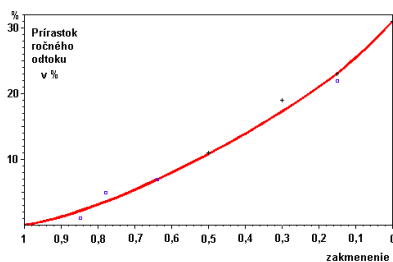
V súvislosti s odklonom od holorubnej formy rúbaňového hospodárskeho spôsobu v prospech podrastových foriem možno predpokladať najmä vo flyšovej oblasti kladné efekty na hydrické účinky lesov, čo však bude v značnej miere podmienené dodržiavaním technologickkej disciplíny a ekologického prístupu najmä v procese ťažby a odvoze dreva a sprístupňovaní porastov. Ináč nebude možné znižovať riziko erózných strát a rozkolísanosti prietokov.

Vplyv lesnatosti, ťažby a štruktúry lesného porastu na odtok vody

Pokles retenčnej kapacity krajiny s klesajúcim percentom lesnatosti klesá. Spočiatku pomalšie, do hodnoty 50 – 60 %-nej lesnatosti, následne – pod touto hranicou je pokles s lesnatosťou oveľa výraznejší.

Štúdie o odlesňovaní hovoria o tom, že maximálny prejav zmeny v odtoku sa objaví už po niekoľkých rokoch, v priemere už po 2 až 3 rokoch (KOSTKA, HOLKO, 2006). Podľa ANDREASSIANA (2004) majú lesy bezpochybné veľkú zásluhu na vodnej rovnováhe v povodí, ale majú väčšiu spotrebu vody ako iné typy vegetácie. Výsledkom odlesňovania je zvýšenie odtokov a naopak zalesňovanie vedie k ich zníženiu. Avšak, stále nie sú dostatočne známe dôsledky starnutia lesných porastov alebo zhusťovania lesnej pokrývky. VERTESSY *et al.* (1998, 2001) zdokumentoval, že 48 % zmien v odtoku je prisudzovaných zmenám v transpirácii, 45 % prináleží zmenám intercepcie a 7 % je vďaka vyparovaniu z pôdy v lesoch.

Vplyv ťažby a zakmenenia na ročný odtok z povodia bol sledovaný v ihličnatých aj listnatých porastoch najmä v USA. Na základe údajov WILMA a DUNFORDA (1948), REINHARTA, ESCHNERA a TRIMBLA (1963), ktoré uvádza BRECHTEL (1970) sme zostrojili graf (obr. 4) vplyvu ťažby a hustoty ihličnatého a listnatého porastu na prírastok ročného odtoku.



Obrázok 4 Vplyv hustoty (zakmenenia) lesných porastov na prírastok ročného odtoku

HODNOTENIE HYDRICKÝCH FUNKCIÍ LESA

Štruktúrne a priestorové charakteristiky lesného porastu sú formovateľné ľudskou činnosťou a cieľným hospodárením je možné dosiahnuť požadovaný vplyv na hydrické funkcie lesa. Možnosti ovplyvniť vodnú bilanciu povodí zmenou týchto parametrov sú však výrazne limitované ďalšími prírodnými podmienkami, najmä fyzikálnymi vlastnosťami pôd a geologického podložia.

Primárnou úlohou lesných porastov v povodí pri ovplyvňovaní hydrologického režimu je spomalenie povrchového odtoku, zadržanie vody v povodí a ochrana prameniskových oblastí a vodných tokov. Tieto vplyvy je možné formovať najmä distribúciou lesa v povodí a v závislosti od veľkosti povodí nadobúda význam výstavba a druhové zloženie porastov.

V rámci výskumnej úlohy Výskum, klasifikácia a uplatňovanie funkcií lesa v krajine sme hodnotili funkcie lesa z hľadiska priameho vplyvu lesa na hydrologický režim povodí.

Hodnotenie a klasifikácia hydrických funkcií lesa predstavuje zložitý komplexný problém, ktorého riešenie vyžaduje určité zjednodušenie tejto úlohy. Uvedená klasifikácia sa opiera o nasledovné atribúty:

1. Miera plnenia hydrickej funkcie lesa je daná relevantnými vlastnosťami lesného porastu, distribúciou a výmerou lesa v povodí.
2. Význam plnenia hydrických funkcií lesa je daný prírodnými podmienkami, najmä fyzikálnymi vlastnosťami pôd, geologického podložia a syntetickým ukazovateľom povodňovej aktivity.
3. Parametre lesa ovplyvňujúce hydrologický režim území rozdeľujeme na štruktúrne a priestorové. Kľúčové sú priestorové parametre ako výmera, distribúcia a fragmentácia lesa v povodí. Parametre štruktúry porastu (vertikálna výstavba, zakmenenie) majú v rámci základných povodí, na ktoré sa v tejto správe orientujeme, okrajový význam.
4. Charakter vplyvu porastových a štruktúrnych charakteristík lesných porastov na základné hydrické funkcie lesa (retenčná, akumulácia, retardačná) je v zásade totožný, preto klasifikáciu neriešime špecificky pre tieto funkcie, ale hovoríme súborne o hydrických funkciách lesa.
5. Význam plnenia hydrických funkcií lesa určuje spoločenská požiadavka po týchto funkciách, ktorá sa však mení v čase a aj priestorovo je značne variabilná. Z dôvodu prelínania sa komplexu spoločenských požiadaviek na hydrickú funkciu lesa je problematiku hodnotiteľná na úrovni SR, alebo desiatich čiastkových povodí. Naše analýzy boli realizované na úrovni

61 základných povodí, čo ale stále predstavuje príliš hrubú škálu na návrh konkrétnych lesohospodárskych opatrení. Pre potreby návrhov opatrení smerujúcich k zlepšeniu plnenia hydrických funkcií lesa je potrebné analýzy vykonať na úrovni menších celkov, ktoré umožňujú krátkodobé a strednodobé plánovanie.

Koncepcia riešenia je založená na sformulovaní vzťahu medzi mierou plnenia hydrických funkcií lesa, ktorá je determinovaná štrukturálnymi a priestorovými parametrami lesných porastov (interné faktory, formovateľné vhodným manažmentom lesa) a významom týchto funkcií, daných prírodnými podmienkami (externé faktory, prírodné danosti).

Externé faktory predstavujú faktory vonkajšieho prostredia (prírodné, spoločenské, ekonomické), ktoré sú dané a nemôžu byť lesníckou činnosťou kontrolované. Podmieňujú však význam, hodnotu a možnosti uplatnenia hydrickej funkcie lesa (priepustnosť geologického podložía, retenčná kapacita pôdy, priepustnosť pôdy, klimatická vodná bilancia, riziko povodní, priemerný sklon povodia, hustota cestnej siete).

Interné faktory predstavujú faktory, ktoré závisia priamo na charaktere lesného porastu a jeho priestorovej distribúcii (zakmenenie porastu, vertikálna štruktúra, stupeň zmiešania, lesnatosť povodia, fragmentácia lesa, distribúcia lesa v povodí). Vhodným manažmentom lesa môžu byť optimalizované za účelom zlepšenia plnenia hydrických funkcií lesa.

Na základe klasifikačnej schémy váh jednotlivých faktorov a vzťahov boli odvodené syntetické ukazovatele miery plnenia hydrických funkcií lesa v jednotlivých povodiach (syntéza interných faktorov), potreba hydrických funkcií lesa v povodiach (syntéza externých faktorov) a vzťah medzi týmito ukazovateľmi.

Rozdiel syntézy externých a interných faktorov (obr. 5) vyjadruje vzťah medzi mierou potreby hydrických funkcií lesa a mierou skutočného stavu, akým les plní tieto funkcie. Vysoké pozitívne hodnoty tohto rozdielu sa viažu k povodiám, v ktorých je dopyt po plnení hydrických funkcií lesa výrazne vyšší ako je skutočná miera uspokojovania tejto potreby lesom. Vysoké záporné hodnoty je možné interpretovať tak, že plnenie hydrických funkcií lesa v týchto povodiach vhodne odzrkadľuje potrebu týchto funkcií z hľadiska prírodných podmienok v povodiach.

Hodnotenie hydrických funkcií lesa bolo realizované na úrovni 61 základných povodí SR. Vytvorené modely poukazujú na rozdiely relevantných porastových a štrukturálnych charakteristík lesných porastov v povodiach, ako aj na rozdielne prírodné podmienky povodí, určujúce význam hydrických funkcií lesa. Z rozdielu externých a interných faktorov zahrnutých do klasifikácie bola vyjadrená miera, akou lesné porasty plnia hydrické funkcie a ako táto miera ko-

rešponduje s potrebou lesa plniaceho hydrické funkcie vyplývajúcou z vybraných prírodných a technických charakteristík jednotlivých povodí.

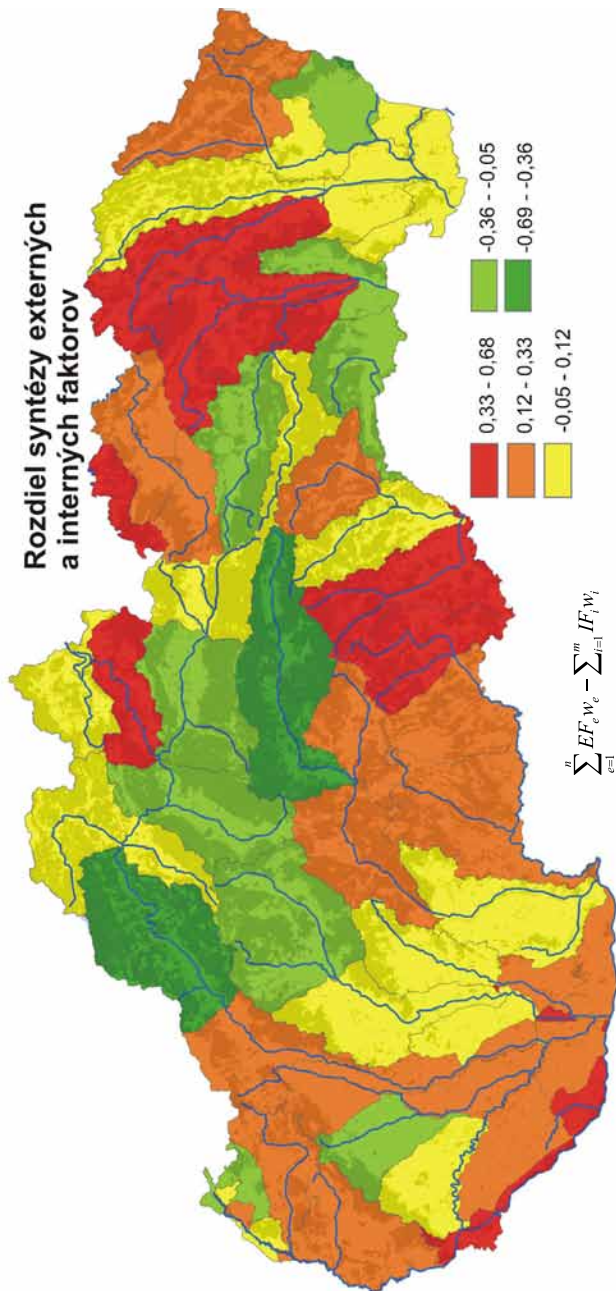
Mapové vyjadrenie všetkých čiastkových aj konečných výstupov umožňuje identifikovať problematické povodia, určiť príčiny nesúladu medzi plnením hydrických funkcií lesom a ich potrebou, a navrhnúť vhodné opatrenia na zlepšenie tohto vzťahu. Výsledky analýz je možné zhrnúť nasledovne:

1. Vo vysokom počte základných povodí SR je miera plnenia hydrických funkcií lesom približne v rovnováhe s ich potrebou.
2. Ako kritické je možné označiť povodia, v ktorých je buď z dôvodov mimo-riadne nepriaznivých prírodných podmienok výrazný potenciál pre narušený hydrologický režim (napríklad povodia severovýchodného Slovenska na flyši), a súčasne relevantné (najmä priestorové) charakteristiky lesných porastov neplnia hydrické funkcie vôbec, alebo len minimálne. V týchto oblastiach je dopyt po plnení hydrických funkcií lesa výrazne vyšší ako je skutočná miera uspokojovania tejto potreby lesom. Ak to podmienky dovoľujú je potrebné v uvedených prípadoch vhodnou úpravou interných faktorov vykompenzovať nepriaznivé prírodné či technické podmienky.
3. Dôležitým zistením je, že v rámci navrhovanej klasifikácie na úrovni základných povodí Slovenska je miera plnenia hydrických funkcií lesa relatívne komplementárna s ich potrebou v povodiach. Znamená to, že či už ako dôsledok prírodných podmienok alebo spôsobu manažovania lesa, sú štruktúra a distribúcia lesných porastov vzhľadom na potrebu hydrických funkcií lesa relatívne priaznivé.

Významným poznatkom je, že napriek tomu, že analýzy boli realizované na úrovni 61 základných povodí a nie iba 10 čiastkových povodiach, stále ide o príliš hrubú škálu na návrh konkrétnych lesohospodárskych opatrení. Pre potreby návrhov opatrení smerujúcich k zlepšeniu plnenia hydrických funkcií lesa je potrebné analýzy vykonať na úrovni menších celkov, ktoré umožňujú krátkodobé a strednodobé plánovanie.

Návrhy praktických opatrení na úrovni mikropovodí alebo lesníckych prevádzkových/administratívnych jednotiek je potrebné riešiť špecificky pre každé takéto územie formou menších účelových projektov. K vypracovaniu projektu je potrebná súčinnosť lesníka a hydrológa. Samostatnou časťou projektu, vyžadujúcou účasť ekonóma, môže byť ekonomické zhodnotenie nákladovosti realizovaných opatrení a prognóza návratnosti investícií.

Rozdiel syntézy externých a interných faktorov



Obrázok 5 Rozdiel syntézy externých a interných faktorov vyjadrujúci mieru, akou plnenie hydrických funkcie lesa zodpovedá potrebe týchto funkcií vyplývajúcej z prírodných a technických podmienok povodia. (HLÁSNY, SITKOVÁ in CABOUN *a kol.* 2010).

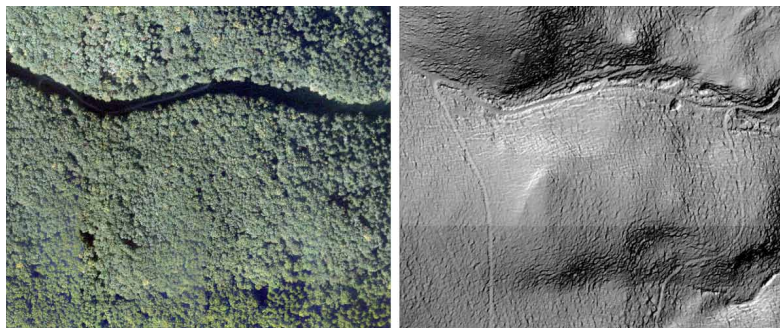
Interpretácia mapového výsledku: Kategória hodnôt okolo 0 (**žlté** oblasti na mape) predstavuje povodia, v ktorých je teoreticky vyvážený stav medzi potrebou a mierou plnenia hydrických funkcií lesa. Krajne negatívne hodnoty (**zelené** oblasti) dosahujú povodia, kde kombinácia hodnôt interných faktorov a ich váh je najpriaznivejšia ($EF < IF$), teda nevzniká naliehavá potreba zasahovať do existujúcej štruktúry porastových a priestorových faktorov. Vysoké pozitívne hodnoty (**červené** oblasti) sa naopak viažu k povodiam, v ktorých je stav kombinácie externých faktorov a ich váh nevyhovujúci ($EF > IF$), a teda dopyt po plnení hydrických funkcií lesa je výrazne vyšší ako je skutočná miera uspokojovania tejto potreby lesom. V týchto prípadoch je preto potrebné vhodnou úpravou interných faktorov vykompenzovať nepriaznivé prírodné či technické podmienky.

LESNÁ DOPRAVNÁ SIEŤ VO VZŤAHU K HYDRICKÝM FUNKCIÁM LESA

Optimalizácia sprístupnenia lesa dopravnou sieťou

Dopravný systém v lesnom hospodárstve predstavuje lesná dopravná sieť, ktorá prostredníctvom lesných ciest a lanových dráh lesníckych lanoviek profiluje koncepciu sprístupnenia lesných porastov. Úroveň sprístupnenia podstatne determinuje lesnícku dopravnú logistiku, teda systém toku surovín, materiálu, výrobkov a služieb v lesníctve. Zároveň významne vplyva na koncepciu protipožiarnej a protipovodňovej ochrany ako aj na verejnoprospešné využitie krajiny, ktorú sprístupňuje. Nevhodná štruktúra sprístupnenia ale môže na krajinu pôsobiť devastujúco, pričom v takom prípade výstavba, existencia a využívanie lesných ciest prináša viac negatívnych ako pozitívnych efektov (SAUNDERS *et al.* 2002). Týka sa to hlavne vplyvu na úroveň povodňových prietokov, resp. na rýchlosť povrchového odtoku do vodných tokov a následného zvýšeného rizika erózie najmä v malých povodiach (BOWLING *et al.* 1997, SCHRENER *et al.* 2003).

Dôležitou podmienkou pre zabezpečenie optimálneho sprístupnenia krajiny, ktoré spôsobuje žiadne alebo aspoň minimálne negatívne efekty, sú aktuálne a reprezentatívne informácie o súčasnom stave sprístupnenia. Základným spôsobom na získavanie informácií o stave a úrovni dopravného systému je terénny dopravný prieskum (KLČ *et al.* 2010). Týmto spôsobom je možné zabez-



Obrázok 6 Viditeľnosť lesnej cestnej siete na záznamoch diaľkového prieskumu Zeme. Na rozdiel od bežnej leteckej snímky (vľavo) je na modeloch terénu (vpravo) generovaných z dát leteckého laserového skenovania cestná sieť viditeľná aj pod korunami stromov

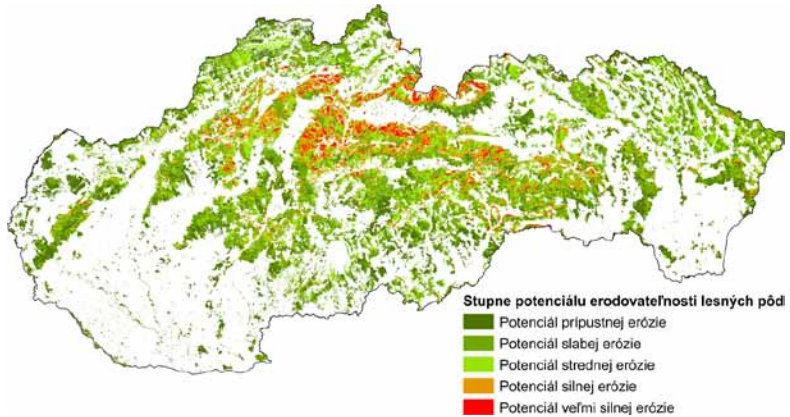
pečiť presné kvantitatívne aj kvalitatívne charakteristiky o lesnej dopravnej sieti. Zisťovanie je ale finančne a časovo náročné. Navyše informácie o polohe cesty v lesnom prostredí, ktorá sa v súčasnosti zisťuje technológiou GNSS, môžu byť značne zaťažené vertikálnou a horizontálnou nepresnosťou. Pre tieto dôvody je dnes viac používaný spôsob kombinácie terénneho zisťovania so zisťovaním bezkontaktným (obr. 6), ktorého základom sú údaje z diaľkového prieskumu Zeme (letecké snímkovanie, letecké laserové skenovanie).

Pri následnom rozhodovaní o optimalizácii sprístupnenia lesa cestnou sieťou je potrebné uvažovať so spektrom niekoľkých kritérií, ktoré jednoznačne determinujú potrebnosť výstavby nových ciest, resp. postačujúcu rekonštrukciu alebo asanáciu ciest existujúcich a zároveň určia aj naliehavosť jednotlivých aktivít. Vo vzájomnej synergii je pritom nutné zohľadniť najmä environmentálne, lesohospodárske, technické a legislatívne kritériá.

Environmentálne kritériá

Environmentálne kritériá majú pri posudzovaní optimalizácie sprístupnenia lesa cestnou sieťou prioritu hlavne v horských polohách, na územiach ohrozených zosuvmi pôdy ako aj v oblastiach spadajúcich pod druhý a vyšší stupeň ochrany prírody. Ich uplatnením sa zabezpečuje najmä minimalizácia negatívnych dopadov na krajinu, ktoré eventuálne vyplývajú z budovania, rekonštrukcie alebo samotného užívania cestnej siete.

Hlavným znakom, ktorý sa z hľadiska environmentálneho vplyvu lesných ciest na krajinu hodnotí, je potenciálna ohrozenosť lesných pôd eróziou. Pre tento účel sa lesné pozemky najprv klasifikujú podľa limitného sklonu terénu. Takto sa definujú oblasti, ktoré sa pre lesné cesty z environmentálneho pohľadu neodporúčajú (sklon > 70 %), odporúčajú po preverení lokálnych podmienok (sklon 50 – 70 %), a odporúčajú vo vzťahu k ostatným kritériám (sklon < 50 %). Následne sa územie, pozostávajúce z odporúčaných oblastí, klasifikuje podľa ich pôdnych (hĺbka pôdy, zrnitosť pôdy) a geomorfologických podmienok (sklon terénu, dĺžka svahu, expozícia k svetovej strane, dispozícia pôdnej jednotky k erózii). Získajú sa tak stupne potenciálnej ohrozenosti lesných pôd eróziou (obr. 7), z ktorých napokon vyplýva aj miera naliehavosti optimalizácie štruktúry lesných ciest. Logicky pritom platí pravidlo, že čím je väčšie riziko pôdnej erózie, tým vyššia je naliehavosť optimalizácie sprístupnenia lesa cestami.



Obrázok 7 Stupne potenciálu erodovateľnosti lesných pôd

Lesohospodárske kritériá

Lesohospodárske kritériá majú pri posudzovaní optimalizácie sprístupnenia lesa cestnou sieťou prioritu hlavne v geomorfologických podmienkach nížin a pahorkatín, kde sú limitujúce environmentálne kritériá priaznivejšie. Ich uplatnenie zabezpečuje najmä ekonomickú efektívnosť lesnej dopravy.

V rámci aplikácie lesohospodárskych kritérií sa hodnotí niekoľko charakteristík, ktoré majú podstatný vplyv na mieru opodstatnenosti sprístupnenia lesa cestami. Medzi hlavné charakteristiky patrí kategória lesa, ukazovatele sprístupnenia, technologický typ a špecifický prírode blízky spôsob hospodárenia. Logicky pritom platí pravidlo, že čím má územie vyššie hospodárske využitie, čím horšie sú ukazovatele jeho sprístupnenia (odporúčaná optimálna hustota ciest má dosahovať pre nížinné podmienky $15 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$, pahorkatiny a nižšie horské polohy $22,5 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$, pahorkatiny a vyššie horské polohy $27,5 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$), čím viac je v ňom terénov, ktoré majú ťažbovo-dopravné optimum kolesovej techniky a čím viac plochy z územia predstavujú lesné porasty obhospodarované tzv. prírode blízky spôsobom, tým vyššia je oprávnenosť zlepšovania sprístupnenia lesa cestami.

Technické kritériá

Technické kritériá pri posudzovaní optimalizácie sprístupnenia lesa cestnou sieťou dopĺňajú kritériá environmentálne a lesohospodárske, a to bez ohľadu na geomorfologické podmienky. Ich uplatnením sa teda zabezpečuje interakcia ekonomickej efektívnosti lesnej dopravy pri minimalizácii negatívnych efektov na krajinu, ktoré eventuálne vyplývajú z budovania, rekonštrukcie alebo samotného užívania cestnej siete.

Hlavným znakom, ktorý slúži k hodnoteniu technických kritérií je stav poškodenia lesných ciest. Logicky pritom platí pravidlo, že horší stav existujúcich lesných ciest znamená vyššiu naliehavosť optimalizácie sprístupnenia lesa cestami, či už budovaním nových ciest alebo rekonštrukciou ciest existujúcich.

Legislatívne kritériá

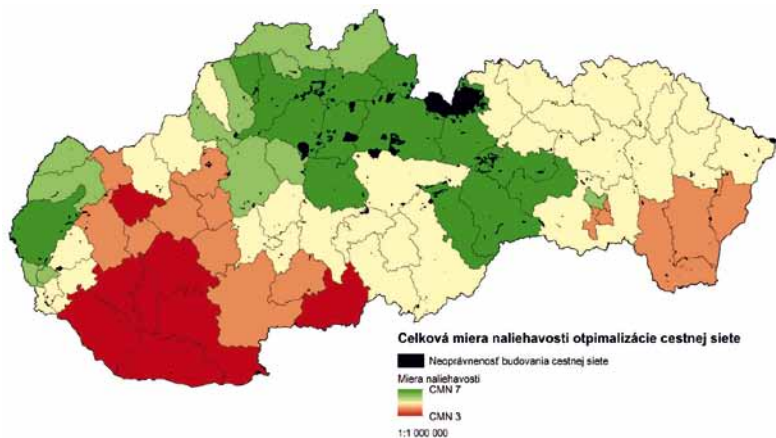
Zhodnotenie potrebnosti optimalizácie sprístupnenia lesa cestnou sieťou legislatívne usmerňuje niekoľko právnych predpisov vo forme zákonov a vyhlások. Medzi základné patrí zákon č. 326/2005 Z. z. o lesoch v znení neskorších predpisov, zákon č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny a vyhláška MPRV SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesa.

Jednoznačným legislatívnym usmernením sa vymedzuje hlavne neoprávnenosť optimalizácie cestnej siete na lesných pozemkoch, ktoré sa nachádzajú v piatom stupni ochrany prírody.

Syntéza kritérií

V rámci celkového hodnotenia optimalizácie sprístupnenia lesa cestnou sieťou sa na lesných pozemkoch hodnotí jej celková miera naliehavosti (CMN). Výpočet je založený na súčte hodnôt mier naliehavosti jednotlivých kritérií (environmentálne; lesohospodársko-technické; legislatívne), pričom každá hodnota je determinovaná váhou jej dôležitosti.

Na základe hodnoty miery naliehavosti (obr. 8) je zrejmé, ktoré oblasti sú pre optimalizáciu odvoznej cestnej siete neoprávnené. V oprávnených oblastiach sú zas jasne klasifikované územia s vyššou a nižšou naliehavosťou výstavby alebo rekonštrukcie odvozných ciest (čím vyššia hodnota CMN – tým vyššia je naliehavosť optimalizácie).



Obrázok 8 Celková miera naliehavosti optimalizácie cestnej siete

Lesné cesty a ich odvodňovanie

Dôležitosť stavu lesnej dopravnej siete a jej správneho návrhu býva majiteľmi aj správcami lesa častokrát podceňovaná. V mnohých prípadoch boli lesné cesty vybudované pred mnohými desaťročiami a správcovia nevidia dôvody na ich zmenu alebo úpravy. Mnohé z nich sú však umiestnené či vybudované nevyhovujúco. Komunikácie očividne problematické z hľadiska ich údržby alebo spôsobujúce environmentálne problémy by mali byť prehodnotené z pohľadu ich využiteľnosti a v prípade potreby preložené, prebudované (rekonštruované) či uzavreté, asanované a rekultivované.

Správne lokalizované a vybudované lesné cesty sú nevyhnutné pre moderné spôsoby obhospodarovania lesa a plnenie jeho hydrických funkcií. Cesty s kvalitným povrchom a prístupom umožňujú efektívny odvoz drevnej hmoty, znižujú spotrebu pohonných hmôt a uľahčujú ochranu porastov a prístup protipožiarnej techniky.

Do ceny potrebnej na vybudovanie lesnej cesty je potrebné zahrnúť aj náklady na jej budúcu údržbu. Častokrát sa náklady na údržbu považujú za niečo, čo sa bude riešiť až niekedy v budúcnosti. Zanedbanie tohto aspektu pri plánovaní a výstavbe však spravidla vedie k zvýšeniu prostriedkov potrebných na starostlivosť o samotnú cestu. Nesprávne navrhnuté a vybudované cesty sú často poškodzované, erodované, znižuje sa ich prejazdnosť a zhoršuje sprístupnenie porastov.

Voda tečúca po povrchu cesty je zdrojom kinetickej (pohybovej) energie. Táto energia je jednou z prvotných fyzikálnych príčin erózie pozorovanej na mnohých lesných cestách a zväžniciach. Kinetická energia vody tečúcej po svahu (naklonenom povrchu cesty) závisí od hmotnosti (objemu) vody a jej rýchlosti. Rýchlosť je zas funkciou sklonu povrchu. Pritom platí že rýchlosť prispieva k množstvu energie exponenciálne, preto aj malé zvýšenie sklonu (a tým rýchlosti) sa prejaví veľkým nárastom kinetickej energie a eróznej schopnosti tečúcej vody.

Primárnym prostriedkom na zníženie rýchlosti tečúcej vody je zmiernenie sklonu cesty, resp. jej výstavba na miernejších svahoch. Odporúčaná sklon svahov pre výstavbu ciest je 10 a menej percent. Mnohé lesné pôdy sú však erodovateľné už pri sklone 5 – 6 %, preto je problematické dať jednoznačné odporúčanie, navyše v horských podmienkach Karpát je toto pravidlo len málokedy aplikovateľné.

Hmotnosť tečúcej vody závisí od jej objemu, preto druhým nevyhnutným prostriedkom na zníženie erózneho potenciálu (kinetickej energie) je redukcia objemu tečúcej vody. Objem je možné znížiť odvedením vody tečúcej po povrchu cesty alebo popri nej do svahu, resp. do porastu. Najviac využívanými spôsobmi odvodnenia telesa cesty sú priekopy, rigoly, trativody, odrážky, zvodnice a priepusty. Náklady (finančné, časové a materiálové) nevyhnutné na ich výstavbu sa rôznia a pred samotnou výstavbou by mali byť vyhodnotené spolu s ich budúcim prínosom. Technické detaily výstavby rieši norma STN 73 6108 Lesná dopravná sieť. Pre navrhovanie odvodňovacích objektov sa využíva očakávaný prietok zrážkových vôd na základe redukovanej intenzity 15 minútového dažďa s periodicitou 2 roky podľa metódy odtokových kriviek (CN krivky) alebo intenzitných vzorcov.

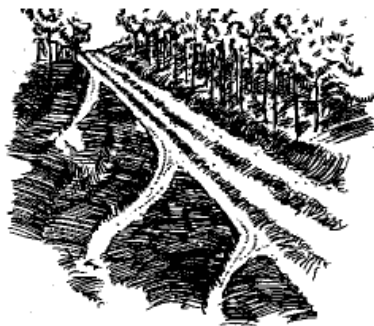
Pozdĺžne priekopy so sklonom do 7 – 8 % môžu mať nespevnené dno, pri vyššom pozdĺžnom sklone dochádza k vymieľaniu dna a je potrebné spevnenie kamennou dlažbou, prípadne betónovými tvárnicami. Minimálny pozdĺžny sklon priekopy pri spevnenom dne je 0,3 a pri nespevnenom 0,5 %. Priekopy so stálym prietokom je potrebné zaústiť do recipientu (vodného toku), priekopy s nestálym prietokom je možné navrhovať ako zasakovacie alebo s voľným odtokom do okolitého porastu (obr. 9).

Rigol je pozdĺžny plytký žlab najmenej 0,6 m široký a najviac 0,3 m hlboký, vydláždený, ktorý sa buduje zvyčajne pri nedostatku miesta na priekopu (skala a pod.). Tam kde nemožno odvieť vodu povrchovým odvodnením, používajú sa trativody, čo sú ryhy široké 0,30 m, hlboké 0,6 – 1 m, vyplnené štrkom, štrkopieskom, škarou, príp. sa na dno položí drenážna rúra od svetlosti 10 cm so spádom min. 0,5 %. Navrhujú sa z dôvodu odvodnenia podložia cesty.

Priepusty slúžia na odvedenie vody z priekopy nad cestou skôr ako prietok v nej dosiahne kritickú hranicu pre jej poškodenie. Priepusty sa zaraďujú medzi cestné objekty a môžu byť rôznych druhov: rúrové, doskové, rámové, klenbové. Zvyčajne sa pre stavbu priepustov používajú betónové, železobetónové rúry, prípadne rúry z iných dostupných materiálov. Na vtokovej časti sa buduje kalová jama. Sklon priepustu musí umožniť jeho samočistenie, v niektorých krajinách sa používajú sklony rúr až 30 stupňov.

Pre priečne odvodnenie telesa cesty je možné použiť opäť štrkové trativody s hĺbkou 0,60 – 1,00 m, široké 0,30 m vo vzájomnej vzdialenosti 5 – 20 m a spádom 1 %. Taktiež drenážne rúrky s priemer 100 mm, v hĺbke 0,6 – 1,2 m so spádom 0,5 %. Najčastejšie sa však používajú odrážky, zvodnice rôznych typov, pri asfaltových cestách zvyčajne kovové, inak najmä zo žrdoviny, prípadne narezaných hranolov.

Priehyby v pozdĺžnom profile približovacích ciest a zväznic účinne odvádzajú vodu najmä na mierne sklonených cestách (do 10 %). Dĺžka priehybov býva od 5 do 25 m. Pozdĺžny profil má v nižšie položenej časti opačný, asi 3 %



Obrázok 9 Odvedenie vody z priekopy do porastu v pravidelných rozstupoch. Sklon odvedenia by mal byť 2 – 3 % pre zaistenie trvalého odtoku, koniec nesmie byť zahradený materiálom vytlačeným pri budovaní cestného telesa. Zdroj: <http://www.aces.edu>



Obrázok 10 Prejazdy zväznic a menej využívaných ciest cez zamokrené miesta a drobné potôčiky je možné spevniť nekvalitnými kmeňmi vyťažených stromov a zakryť štrkom a zeminou. V prípade nutnosti sa dajú ľahko nahradiť betónovou rúrou. Príklad z lesnej správy Medzilaborce.



Obrázok 11 Odvodňovanie nevyužívaných zväžnic pomocou priečných zníženín.

Zdroj: <http://www.aces.edu>

sklon, dno priehybu je sklonené dolu svahom pre zabezpečenie odvodu vody.

Neaktívne zväžnice, ktoré sa plánujú využívať až po dlhšom období, je vhodné zabezpečiť proti erózii vytvorením prehrádzok a korýt na zvedenie vody v podobe 1,2 m širokých a 0,6 m hlbokých rýh s miernymi svahmi a s osou pod uhlom 30 stupňov voči smeru cesty (obrázok 11). Zníženina musí prechádzať celým profilom cesty aby účinne odvádzala tečúcu vodu do okolitého terénu.

Vzdialenosti medzi jednotlivými prvkami priečného odvodňovania

Vzdialenosti medzi prvkami odvodňovania závisia na sklone priečného profilu cesty a erozivite jej povrchu. So stúpaním sklonu klesá vzájomná vzdialenosť prvkov. Odporúčané vzdialenosti uvádzajú tabuľky 2 a 3.

Tabuľka 2 Odporúčané vzdialenosti prvkov priečného odvodnenia telesa odvoznej cesty

Pozdĺžny sklon cesty [%]	Vzdialenosť [m]
2	100
4	50
6	40
10	25

Tabuľka 3 Odporúčané vzdialenosti prvkov priečného odvodnenia telesa prbližovacej cesty

Pozdĺžny sklon cesty [%]	Vzdialenosť [m]
2	75
5	40
10	25
15	20
20	15
25	12
30	10
40	9

ZHRNUTIE A NÁVRH VHODNÝCH METÓD OBHOSPODAROVANIA LESA Z HĽADISKA PLNENIA PROTIPOVODŇOVEJ FUNKCIE

Značné množstvo experimentov z povodí s rôznym stupňom lesnatosti, rôznym drevinovým zložením, spôsobom obhospodarovania lesov a pod., umožnilo určitý stupeň generalizácie poznatkov vzťahu lesa a odtoku. Všeobecne sa potvrdilo, že lesy majú (MRÁČEK, KREČMER, 1975):

- mimoriadnu schopnosť zadržiavať zrážkovú vodu v odtoku (retenčnú schopnosť),
- hromadiť zrážkovú vodu na rozsiahlom povrchu drevín, v pôdnej pokrývke a v samotnej pôde (akumulačnú schopnosť),
- spomaľovať odtok vody premenou povrchového odtoku v odtok podzemný (retardačnú funkciu).

Konkrétny účinok lesných porastov v určitom povodí môže byť veľmi špecifický, nakoľko odtok je determinovaný komplexom faktorov, z ktorých viaceré môžu pôsobiť protichodne a komplikujú tak správanie sa celého zrážkovo-odtokového systému v danom povodí (MINĎÁŠ *a kol.*, 1998). Určujúcimi faktormi výsledného odtokového množstva a jeho časových zmien sú najmä:

- geomorfologická charakteristika reliéfu (sklonitosť, reliéfná členitosť a pod.),
- hydrogeologická stavba povodia (charakter priepustnosti hornín, prítomnosť zvodnených vrstiev a pod.),
- meteorologické podmienky (dĺžka trvania a intenzita zrážok, spolupôsobenie horizontálnych zrážok a pod.),
- vodná bilancia lesných porastov (intercepcia, zásoby pôdnej vody, stav lesnej cestnej siete vo vzťahu k povrchovému odtoku a pod.),
- celková lesnatosť povodia a štruktúra nelesnej krajiny povodia.

Z hľadiska obhospodarovania je dôležité uvedomiť si, hydrické funkcie lesa môže uspokojivo a dlhodobo plniť iba les zdravý, zodpovedajúci daným stanovištným podmienkam, teda les ekologicky stabilný. Dôležitá zásada pre vytvorenie ekologicky stabilného lesa je priblížiť ich štruktúru prirodzenej druhovej, vekovej a priestorovej štruktúre lesa.

Na základe doterajších poznatkov je možné uviesť niektoré všeobecne platné metódy manažmentu:

Tabuľka 4 Návrh vhodných metód obhospodarovania lesa z hľadiska plnenia protipovodňovej funkcie (ČABOUN, MINĐÁŠ 2006)

Druh opatrenia	Opatrenie	Účinok
Plánovacie	Prehodnotenie delimitácie pôd a ich priestorového rozdelenia v jednotlivých povodiach	Zlepšenie štruktúry krajiny, zvýšenie využitia hydrických funkcií lesov
Plánovacie	Zvýšenie zastúpenia listnatých drevín najmä buka a javora horského	Zlepšenie štruktúry nadložného humusu, zvýšenie množstva infiltrovanej vody do pôdy
Plánovacie	Zavedenie výlučne maloplošných foriem obnovy lesných porastov	Zníženie rizika výskytu a tvorby povrchového odtoku, zlepšenie vodnej bilancie
Plánovacie	Uplatňovanie komplexných leso-technických systémov protieróznej ochrany	Zníženie rizika výskytu erózie pôdy a jej následného odnosu
Hospodárske	Zmena ťažbových metód s preferenciou ekologických spôsobov približovania	Zníženie rizika výskytu a tvorby povrchového odtoku
Hospodárske	Sanácia pôdy v ťažbovom poli	Zníženie rizika výskytu a tvorby povrchového odtoku
Hospodárske	Sanácia lesných približovacích ciest	Zníženie rizika výskytu a tvorby povrchového odtoku
Hospodárske	Skvalitnenie budovania a zlepšenie údržby existujúcej lesnej dopravnej siete	Zníženie rizika výskytu a tvorby povrchového odtoku
Hospodárske	Odvodňovanie lesnej cestnej siete	Transformácia povrchového do podzemného odtoku
Hospodárske	Technické opatrenia na drobných vodných tokoch	Zníženie rizika výskytu a tvorby povodňových situácií

Nie je potrebné zdôrazniť, že musia byť dodržiavané všetky zákonné príkazy, zákazy a opatrenia, ako napr.:

Podľa zákona č. 326/2005 Z. z. o lesoch v znení neskorších predpisov sa zakazuje viesť cesty, zväžnice a približovacie linky korytami drobných vodných tokov v pozdĺžnom smere. Vykonávateľ ťažby je povinný ťažbu uskutočňovať takým spôsobom, aby sa minimalizovali negatívne dôsledky na pôdu a tiež je povinný po ukončení ťažby lesnú pôdu ošetriť takým spôsobom, aby nedochádzalo k jej ďalšiemu poškodeniu. Na miestach kde je to možné, je potrebné zabezpečiť ochranu nárazníkových zón v lesoch tak, aby sa v nich ťažba nere realizovala a aby sa v čase ťažby porastov nad nimi uplatňoval účelový a výberkový hospodársky spôsob:

- a) pri sklone pobrežných pozemkov do 40 % vrátane je nárazníková zóna minimálne 6 m,
- b) pri sklone pobrežných pozemkov nad 40 % je nárazníková zóna široká minimálne 10 m na jednej strane brehu.

Aby bol celý uvedený systém funkčný, bolo by potrebné zabezpečenie správnych a prevádzkových činností jednoduchou a kontrolovateľnou sústavou prísľušných fondov (napr. melioračný, revitalizačný, povodňový a pod.), prísne cieľených dotácií preferujúcich celospoločenské záujmy pre všetky zainteresované vlastnícke a užívateľské subjekty. Dôležitý je aj účinný systém sankcií a represii pri porušení vymedzených zásad. Rovnako by bolo možné hovoriť o nutnosti výchovy a vzdelávania, o medzirezortné prepojenia, ale to už presahuje tu požadovaný rámec.

Lesohospodárske opatrenia v meniacich sa klimatických podmienkach

Problém aké lesopestovateľské opatrenia, resp. pestovateľskú stratégiu obhospodarovania lesov je potrebné realizovať v podmienkach meniacej sa klímy je značne náročný vzhľadom k tomu, že rozsah klimatických zmien sa nedá s dostatočnou spoľahlivosťou predpovedať. Lesopestovateľskými opatreniami je potrebné podľa možnosti zabezpečiť značnú flexibilitu lesných ekosystémov vo vzťahu k predpokladaným zmenám klímy i k spoločenským požiadavkám na les. Táto flexibilita znamená dosiahnutie takého stavu, aby bolo možné podľa vyvíjajúcej sa situácie ovplyvňovať štruktúru lesa, najmä drevinové zloženie.

V budúcnosti bude prevládať tendencia prírode blízkeho pestovania lesa. Cieľom všetkých koncepcií a programov je trvalo zdravý, stabilný les optimálne zabezpečujúci komplex funkcií. V podstate pôjde o nerovnoveký les tvorený pôvodnými (stanovištne primeranými) drevinami, to znamená prevažne zmiešaný. Spravidla sa vyznačuje hlúčikovou až ostrovčekovou, t.z. nepravidelnou stupňovitou, prípadne viacvrstvovou výstavbou. Účinnou cestou v budúcnosti je uplatňovanie prírode blízkych hospodárskych foriem, t.z. maloplošnej podrastovej formy a oboch foriem výberkového hospodárstva.

Očakávané teplotné klimatické zmeny by sa mali buka ako druhu dotknúť podstatne menej ako iných druhov drevín. Vplyv klimatických zmien je na uvedenú drevinu menší nielen z hľadiska zníženia celkového úhrnu zrážok, ale aj z hľadiska nevyrovnanej distribúcie zrážok počas roka. Pestovanie buka má najväčšiu perspektívu v oblasti dnešného 4. až 7. lvs.

Vo 4. lvs nadobúda už buk absolútnu prevahu, pričom jeho kompetičná sila je veľká. Dub zimný sa tu vyskytuje len osamote a výraznejšie zastúpenie dosahuje jedľa, lipa a javor mliečny (HANČINSKÝ 1977). Čo sa týka výstavby porastov, väčšinou ide o dvojvrstvovú až trojvrstvovú, resp. výberkovú, ale vyskytujú sa aj jednovrstvové, výškovo nivelizované porasty.

V 5. lvs boli podľa HANČINSKÉHO (1977) v pôvodných porastoch základnými drevinami buk a jedľa a významné zastúpenie mal aj javor horský. Primiešaný bol aj jaseň štíhly a brest horský. V súčasnosti sa v tomto lvs nachádzajú na živných stanovištiach veľmi produkčné, zmiešané porasty smreka, jedle a buka (tzv. karpatská zmes). Z hľadiska výstavby porastov ide o 2 – 3 vrstvové porasty s dominantným postavením jedle a smreka v nadúrovni a buka v úrovni, resp. podúrovni.

Ekologicky orientované pestovanie lesa bude v budúcnosti tvoriť základ koncepcií obhospodarovania lesov nielen Slovenska, ale aj ostatných lesnícky vyspelých krajín Európy.

Pre pestovateľskú stratégiu obhospodarovania lesov zameraných na minimalizáciu rizík spojených s dôsledkami dopadu klimatických zmien na lesy možno odporučiť:

- Pestovanie druhovo pestrých zmiešaných porastov, pri ktorých je možné predpokladať väčšiu ekologickú plasticitu.
- Vytvorenie stabilných lesných porastov s vhodnou porastovou štruktúrou pri súčasnom zabezpečení požadovaných funkčných účinkov lesov.
- Pestovné zásahy zamerať na dosiahnutie diferencovanej hrúbkovej a výškovej štruktúry, resp. štruktúry prírode blízkeho lesa.
- Do úvahy prichádza najmä niektorá forma výberkového hospodárskeho spôsobu alebo maloplošná forma podrastového hospodárskeho spôsobu, ktorá je však prípustná len tam, kde sú závažné biologicko-ekologické ťažkosti pri uplatňovaní prírode blízkeho hospodárskych foriem.
- Najúčinnějšími nástrojmi na dosiahnutie a udržiavanie štruktúry stabilného výberkového lesa sú výberková prebierka a výberkový rub.
- Pestovné zásahy sú zamerané na zmenu homogénnej štruktúry s podporou primiešaných drevín a pomiestne odstupňovanou silou výchovných zásahov, aby sa vytvorili stromové skupiny, ktoré budú neskôr samostatnými obnovnými bunkami.
- Pri zásahu uplatňovať pozitívny výber v úrovni, so zameraním na silnejšie jedince s dlhšími korunami, ktoré budú tvoriť tzv. stromy kostry porastu aj vo fáze žŕdkovín až kmeňovín.
- Podobne v zmiešaných porastoch je žiadúce aplikovať úrovňový pozitívny výber zameraný na rastovo vyspelé jedince primiešaných drevín (smreko-vec, limba, jarabina) a zásahmi pripraviť predpoklady pre formovanie diferencovanej vertikálnej (stupňovitej) štruktúry.
- V porastoch so zmenenou štruktúrou (väčšie plochy viac-menej rovnových porastov), ktoré u nás prevládajú, je nutné pestovnými zásahmi podporovať hlúčikovú štruktúru vytváraním foriem nepravidelne zahustených bioskupín.

Udržanie priaznivého stavu lesa a infraštruktúry pri ťažbovej činnosti

Kvalita lesa nespočíva v maximálnej produkcii a dosiahnutí čo najkvalitnejšej drevnej hmoty, ale v dosiahnutí čo najstabilnejších lesných ekosystémov schopných optimálne plniť komplex funkcií ovplyvňujúcich abiotické a biotické zložky životného prostredia.

Ťažbová činnosť sa skladá z ťažby dreva, jeho priblíženia na určené odvozné miesto, manipulácie na odvozné dĺžky na odvoznom mieste, resp. určené sortimenty. Ťažba dreva spočíva vo vychovávaní lesných porastov výchovnými ťažbami, v obnove lesa obnovnými ťažbami, spracovávaní kalamít rôzneho druhu a rozsahu a mimoriadnymi ťažbami v súvislosti s rôznou inou ľudskou činnosťou a potrebami. Pri ťažbe dreva je dôležitý spôsob ťažby, technologické postupy a procesy, správne načasovanie, správny výber a intenzita zásahov.

Prvé výchovné ťažby, obdobne ako prečistky a prerezávky, majú za úlohu uvoľniť a preriediť prehustené skupiny stromov s vytvorením patričného priestoru na ďalší rast a vývoj ponechaných jedincov drevín.

Výchovné zásahy do 50 rokov sú ekonomicky náročnejšie, poskytujú tenšiu drevnú hmotu, ale patria k jedným z najdôležitejších zásahov z hľadiska výchovy lesa. Patričnými výchovnými zásahmi v nadväznosti na predchádzajúcu obnovu a pestovné zásahy s prihliadnutím na konkrétne stanovištné podmienky je možné docieľiť pestrú drevinovú, priestorovú a vekovú štruktúru lesa blízku prirodzeným lesom s možnosťou prirodzenej obnovy. Pri výchove porastov a výchovných zásahoch platí všeobecné pravidlo „častejšie zásahy menšej intenzity“.

Obnovná ťažba a rubná doba zohľadňuje druh dreviny, fyziologický vek a stav drevín v závislosti na technických a iných požiadavkách a potrebách ťažených stromov, zohľadňuje stanovištné podmienky, celkový zdravotný stav a štruktúru porastov, funkčnú potrebu, zaradenie lesa a priestorové usporiadanie porastov.

Osobitným typom ťažieb sú náhodné ťažby. Sú to ťažby vzniknuté z dôvodu negatívneho pôsobenia škodlivých činiteľov na lesné ekosystémy, porasty, či jednotlivé stromy. Náhodné ťažby sú v niektorých prípadoch súčasne i ťažby preventívne (včasné odstránenie hmoty ako možnosti na množenie hmyzu), alebo môžu byť i priamou ochranou a bojom proti niektorým, hlavne hmyzím škodcom (spracovanie kalamity s prítomnosťou hmyzu s následnou asanáciou napadnutej hmoty).

Mimoriadna ťažba sa vykonáva najčastejšie z dôvodu výstavby ciest, lesných skladov, zakladaní lesných škôlok, z dôvodu výstavby a realizácie rôznych inžinierskych a iných stavieb.

Pre udržanie priaznivého stavu lesa a infraštruktúry pri ťažbovej činnosti je potrebné:

- a) minimalizovať poškodenie stojacich stromov, prirodzeného zmladenia, nárastov a kultúr v porastoch používaním primeraných technologických postupov a technických pomôcok pre úpravu pohybu dreva (smerové kladky a pod.),
- b) ošetriť poranenia stromov vzniknuté odretím kôry schválenými fungicídny-
mi prípravkami najneskôr do 5 hodín po vzniku poranenia,
- c) prerušiť prácu počas dažďa a po daždi na dobu v závislosti od únosnosti
podlažia a vybavenia približovacieho prostriedku vhodnými (floatačnými)
pneumatikami,
- d) pokryť dopravné trasy približovania dreva v bahnitých alebo lanovkových
terénoch dostatočnou výškou pevného, miestne prístupného materiálu
(konáre, nehrubie, ležanina, kamene) pre zabránenie vzniku erózie alebo
kritickej hĺbke kolají (viac ako 30 cm),
- e) pri vzniku kolají hlbokých 30 cm zahrnúť ich miestnym materiálom (vytla-
čená zemina, konáre a pod.) V práci je možné pokračovať až po ich zahrnutí.
- f) vykonať poťažbovú úpravu pracovísk a to najmä:
 - denne, po skončení pracovnej zmeny vyčistiť odvozné cesty, približova-
cie cesty (vrátane ich odvodňovacích priekop), značené turistické trasy
a chodníky od ťažbových zvyškov
 - denne vyčistiť vodné toky a brehy (do vzdialenosti 5 m na obidve stra-
ny) od ťažbových zvyškov
 - denne vyčistiť všetky odrážky na trase približovania a odvieť zrážkové
vody
 - denne vyčistiť priekopy zanesené zeminou nahrnutou približovaním
 - stabilizovať narušené brehy vodných tokov (prinavrátanie do pôvodné-
ho stavu)
 - vyplniť erózne ryhy v dopravných trasách približovacích prostriedkov
hlbšie ako 15 cm vytlačenou zeminou alebo ťažbovými zvyškami
 - zvyšky po manipulácii na odvoznom mieste sústrediť na jednu hromadu
- h) použitie protišmykových reťazí je zakázané na lesných cestách s povrcho-
vou úpravou vozovky, pokiaľ nie sú pokryté ľadom alebo súvislou ujazde-
nou vrstvou snehu o hrúbke minimálne 5 cm.

Manipulácia s ropnými produktmi

- a) Pri manipulácii s ropnými produktmi vykonávať primerané opatrenia za za-
medzenie úniku týchto látok do prostredia. Pri úniku ropných látok okam-
žite vykonať asanačné opatrenia a udalosť ohlásiť objednávateľovi.
- b) Odstavovať (parkovať) stroje len na miestach na to určených, ktoré nie sú
v blízkosti vodných zdrojov. Motorovú časť a nádrže na pohonné hmoty za-
bezpečiť (podložiť) záchytnými nádobami (vaňami).
- c) Skladovať a tankovať pohonné hmoty a mazivá do mechanizmov len na
miestach na to určených za použitia primeraných technických pomôcok
(záchytné vane), vo vzdialenosti minimálne 25 m od brehovej čiary vodné-
ho toku, nádrže, studničky alebo prameňa.
- d) Tankovať pohonné hmoty a mazivá do JMP vo vzdialenosti minimálne
25 m od brehovej čiary vodného toku, nádrže, studničky alebo prameňa.
- e) Neutralizovať uniknuté nebezpečné látky (ropné látky) absorpčnými hmo-
tami k tomu určenými (Vapex, Perlit).

Zhrnutie

Záverom je potrebné zdôrazniť, že zo Zákona o lesoch vyplýva, že obhospoda-
rovateľ lesa je povinný zabezpečiť, aby sa ťažba uskutočňovala takým spôsobom,
aby sa minimalizovali negatívne dôsledky na pôdu, vodné toky, následný lesný
porast, príľahlé stromy a kvalitu ťaženého dreva. Najneskôr po ukončení ťažby
je obhospodarovateľ lesa povinný zabezpečiť bezodkladné ošetrovanie narušenej
lesnej pôdy, koryta vodného toku, lesného porastu a príľahlých stromov tak, aby
nedochádzalo k ich ďalšiemu poškodeniu.

K povinnostiam obhospodarovateľa lesa patrí pri sústreďovaní, preprave
a uskladňovaní dreva zabrániť nadmernému poškodzovaniu pôdy, okolitých
stromov, lesných ciest a vodných tokov; po ukončení činnosti vykonať opatre-
nia na zmiernenie alebo odstránenie negatívnych dôsledkov poškodenia a na
zabránenie ďalšieho poškodzovania, najmä vodnou eróziou. Zakazuje sa viesť
cesty, zväžnice a približovacie linky korytami drobných vodných tokov v po-
zdĺžnom smere.

ODPORÚČANIA INŠTITÚCIÁM OVPLYVNÚJÚCIM HOSPODÁRENIE V LESE

V rámci medzinárodného ukrajinsko-slovenského projektu Hydrofor, NGO FORZA, Národné lesnícke centrum a Ukrajinský výskumný ústav horských lesov vykonali harmonizovaný cezhraničný výskum vzťahov lesa a lesného hospodárstva v krajine k hydrickým funkciám lesa a vypracovali nasledovné odporúčania. Odporúčania sú určené pre široké spektrum inštitúcií ovplyvňujúcich hospodárenie v lese, vrátane štátnej a miestnej správy. Výsledkom aplikácie uvedených odporúčaní bude vytvorenie lepších podmienok pre plnenie funkcií lesných porastov v predchádzaní vzniku povodní, a to vzájomnou integráciou lesného a vodného hospodárstva, ako aj zlepšenie manažmentu lesov v horských povodiach.

Odporúčania pre štátnu a miestnu správu, inštitúcie aplikovaného výskumu

- Inicializovať prípravu konceptu integrovaného (komplexného) manažmentu prírodných zdrojov v krajine so zreteľom na hranice povodí a ich správu.
- Koordinovať spoluprácu lesného a vodného hospodárstva, poľnohospodárstva a ostatných dotknutých odvetví pri záležitostiach týkajúcich sa integrovaného (komplexného) manažmentu povodí v krajine. Formulovať hlavné zásady pri organizácii a rozvoji lesného hospodárstva, organizačných a rozvojových plánov lesného hospodárstva pre obhospodarovateľov lesa (lesných hospodárskych plánov) v karpatských oblastiach na základe princípov integrovaného manažmentu povodí.
- Inicializovať rozvoj metód pre:
 - identifikáciu základných povodí a priradiť im, ako elementárnym krajinným jednotkám, identifikačné čísla
 - hodnotenie a skúmanie stavu povodí a vypracovať klasifikáciu povodí z hľadiska lesníctva, vodného hospodárstva a ochrany prírody
- Na základe výsledkov výskumu a hodnotenia určiť povodia rizikové v zmysle vzniku povodní a vyznačiť ich v lesníckych mapách a podkladoch pre krajinné plánovanie.

- Vytvoriť regionálny sociálno-environmentálny Program zlepšenia plnenia hydrických funkcií lesa v horských oblastiach zvýšením lesnatosti rizikových povodí na optimálnu mieru (70 % a viac) a ďalšími lesohospodárskymi opatreniami.
- Iniciovať vývoj a schválenie kompenzačných mechanizmov pre podporu pestovania lesa a melioračných aktivít zameraných na plnenie hydrických funkcií lesa v horských oblastiach

Odporúčania pre štátnu správu a samosprávu, environmentálne organizácie, inštitúcie vodného hospodárstva a pôdohospodárstva, vedecko-výskumné inštitúcie

- Vypracovať, prípadne vylepšiť, vlastné komunikačné stratégie vo vzťahu s verejnosťou v otázkach efektívneho využitia miestnych prírodných zdrojov a spôsobov zlepšenia hydrologického režimu jednotlivých územných celkov na okresnej a krajskej úrovni.
- Zabezpečiť vzájomnú výmenu a šírenie nových poznatkov s cieľom zvýšiť povedomie zástupcov poľnohospodárstva, lesného a vodného hospodárstva a ďalších dotknutých odvetví o potrebe zlepšiť a podporovať využitie mimoprodukčných funkcií lesa, vrátane hydrických.
- Zdieľať informácie a podporovať vzájomnú komunikáciu pri príprave a efektívnej implementácii domácich a zahraničných projektov a aktivít pri zlepšovaní plnenia hydrických funkcií lesa a hydrologického režimu v predchádzaní vzniku povodní v lesných oblastiach.
- V prípade Ukrajiny, harmonizovať normatívnu bázu lesného a vodného hospodárstva s krajinami EÚ, so zreteľom na previazanosť týchto odvetví.
- Vykonať organizačno-technické opatrenia pre prípravu medzinárodných projektov riešených v pohraničných oblastiach Karpát, zameraných na praktické zlepšenie lesnej dopravnej infraštruktúry a využitie dopravných prostriedkov šetrných k životnému prostrediu ako efektívnych metód pre zlepšenie hydrologického režimu horských oblastí.

Odporúčania pre organizácie zodpovedné za prípravu lesných hospodárskych plánov a krajinné plánovanie

- Doplniť lesné hospodárske plány o informácie a ukazovatele charakterizujúce stav čiastkových povodí (lesnatosť, erózne procesy, hustota lesných dopravných ciest a zväžnic, atď.) podľa klasifikačných kritérií, lesnícke a melioračné opatrenia pre zlepšenie plnenia hydrických funkcií lesa (revitalizácia nepoužívaných ciest a zväžnic, jednoduché úpravy drobných vodných tokov, multifunkčné nádrže a pod.).
- V závislosti na stanovištných podmienkach a očakávanej zmene klímy zaradiť do lesných hospodárskych plánov zvýšenie podielu listnatých drevín v súčasných smrekových monokultúrach (predovšetkým buk, javor a iné cenné listnáče) s cieľom zlepšiť štruktúru humusu a absorbnú kapacitu lesných pôd.
- Využívať moderné nástroje pre simulácie vplyvu hospodárenia na krajinu.
- Využívať metódy leteckého laserového skenovania pre získanie spoľahlivých a kvalitných informácií o stave krajiny, založené na inventarizácii lesa a údajoch lesohospodárskych organizácií s využitím technológií geografických informačných systémov (GIS).

Odporúčania pre obhospodarovateľov lesa

- Plánovať pestovateľské zásahy, najmä obnovu lesa, na základe rozdelenia územia na základné povodia a ich hydrický režim a s ohľadom na stav porastov.
- Pri implementácii lesných hospodárskych plánov klásť dôraz najmä na opatrenia v hospodárskych lesoch a spolupracovať s vodohospodárskymi organizáciami na základe plánov manažmentu povodňového rizika.
- Pripraviť a aplikovať schémy dopravného využitia lesných pozemkov jednotlivých lesných hospodárskych celkov a povodí, v ktorých je potrebné optimalizovať sieť zväžnic a ich zabezpečenie po ukončení ťažby, vykonávať kvalitnú technologickú prípravu pracovišťa pred ťažbou, postupnú výstavbu nových odvozných lesných ciest a zväžnic, ako aj opravu a prestavbu existujúcich lesných ciest.

- Pri výbere spôsobu a technologického postupu ťažby je potrebné pamätať na to že lesný ekosystém by po ukončení ťažby mal zostať funkčný a z environmentálneho pohľadu stabilný. Efektívna a účinná organizácia technologického procesu ťažby v horských podmienkach by mala byť založená predovšetkým na vopred vybudovanej dopravnej sieti.
- Preferovať moderné, environmentálne šetrné lesné mechanizmy a technológie ťažby, vrátane lanovkových systémov pre dopravu dreva.
- Pohyb mechanizmov usmerniť výhradne na zväžnice a tak, aby nedochádzalo k splachovaniu pôdy (vrátane vegetácie, zvyškov po ťažbe a pod.) priamo do vodných tokov.
- Výstavbu nových lesných ciest lokalizovať do vzdialenosti najmenej 50 m od vodných tokov.
- Priame (rovné) úseky nových zväžnic by nemali byť dlhšie ako 200 m (na svahoch strmších ako 15 stupňov) aby sa predišlo vzniku intenzívnych erózných procesov, najmä ak je ťažba vykonávaná v daždivých obdobiach.
- Vybudovať funkčné premostenia (mosty, rúry, drenáže, upravené brody) na miestach križovania zväžnic s občasnými a trvalými vodnými tokmi pre zamedzenie deštrukcie brehov a ich erózie.
- Vybudovať technické opatrenia a brehovú zónu pre zamedzenie vtoku vody z telies dopravných ciest a zväžnic, ako aj odvodňovacích priekop priamo do vodných tokov.
- Zvýšiť kvalitu a technickú úroveň existujúcej lesnej dopravnej siete, povinne zabezpečovať rekultiváciu dočasných zväžnic a skladov dreva po ukončení ťažby.
- Vybudovať odvodňovací systém na lesnej dopravnej sieti pre transformáciu povrchového odtoku vody na podpovrchový.
- Pri plánovaní obnovy lesa počítať s podielom listnatých drevín v súčasných smrekových monokultúrach (predovšetkým buk, javor a iné cenné listnáče) s cieľom zlepšiť štruktúru humusu a absorpčnú kapacitu lesných pôd.
- Aplikovať komplexné technické systémy protieróznej ochrany pôd pre zníženie pôdnych strát na miestach plánovanej i náhodnej ťažby.
- Pri kalkulácii výnosov a nákladov počítať s optimalizáciou podielu lesnej pokrývky v čiastkových povodiach rizikových z hľadiska vzniku povodní, v nevyhnutných prípadoch aj zalesnením vhodných pozemkov nevyužitých poľnohospodárskych pôd.
- Vo vhodných podmienkach implementovať zásady prírode blízkeho pestovania lesa (najmä výberného lesa, postupných rubov), prispôsobiť manažment lesa na využitie prirodzeného zmladenia, konvertovať porasty s nevyhovujúcou štruktúrou na štruktúrne viac rozčlenené.

- Holorubný spôsob obnovy využívať výhradne pri kalamitných situáciách (vetrové kalamity, požiare, hynutie smrečín a pod.).
- Udržiavať korytá vodných tokov bez nánosov sedimentov, dreva, zvyškov po ťažbe a iných nečistôt ktoré obmedzujú ich funkčnosť.
- Usmerňovať povrchový odtok vody údržbovo nenáročnými technickými opatreniami.
- Využívať metódy hradenia bystrín pre výstavbu údržbovo nenáročných hrádzok, spevnení brehov a iných opatrení na drobných vodných tokoch v oblastiach so zvýšeným povodňovým rizikom.

POUŽITÁ A DOPLŇUJÚCA LITERATÚRA

- ANDREASSIAN, V. 2004: Water and forest: from historical controversy to scientific debate. *J. Hydrol.*, 291, p. 1–27.
- BOWLING L. C., LETTENMAIER D. P. 1997: Evaluation of the effects of forest roads on streamflow in Hard and Ware creeks, Washington. In: *Water Resources Series Technical Report: 202*. University of Washington, WA, USA, 378 p.
- BRECHTEL, H. M. 1970: Komplexní úprava povodí. Nová hlediska při obhospodařování krajiny. *Zprávy les. Výsk.* 16, 2, p. 1–8.
- BRINKER, R. W., TUFTS, R. A. 1995: Forest Roads And Construction Of Associated Water Diversion Devices. <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0916/>
- BYBLUK N., STYRANIVSKY O., KORZHOV V., KUDRA V. 2010: Timber harvesting in the Carpathians: Ecological problems and methods to solve them // *Jornal of forest science*. 56(7). p. 333–340.
- ČABOUN, V. 2003: Vplyv lesných ekosystémov na odtokové pomery z povodia. Výskum vplyvu antropogénnych faktorov na vodné systémy. VÚVH Bratislava. 17 s.
- ČABOUN, V. 2005: Vplyv lesných ekosystémov na hydrologiu malého povodia. *Hydrologie malého povodia, Ústav pro hydrodynamiku AVČR, Praha*, p. 31–36.
- ČABOUN, V. 2009a: Nový prístup k funkciám lesov a ich integrovanému využívaniu v krajine ako perspektíva lesníctva. In: *Lesy pre spoločnosť: 1. medzinárodná konferencia vlastníkov lesa a obhospodarovateľov lesov na Slovensku: Zborník príspevkov, Košická Belá 10. – 11. marec 2009, Rožňava, Bratislava: Gemerské regionálne združenie vlastníkov neštátnych lesov vo vydavateľstve Lesmedium SK, 2009, p. 9–11.*
- ČABOUN, V. 2009b: Význam a možnosti využitia hydrických funkcií drevín a ich spoločenstiev v poľnohospodársky využívanej krajine. In: *Sobocká, J., Hríbik, J. (eds.): Integrovaný management pôdy a vody v poľnohospodársky využívanej krajine: Zborník referátov a diskusných príspevkov z vedeckej rozpravy 35. valného zhromaždenia členov Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied, konaného 8. decembra 2009 v Centre výskumu živočíšnej výroby Nitra v Lužiankach, Nitra: Agentúra Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied, 2009, p. 57–70. (Zborník č. 66). ISBN 978-80-89162-42-0.*

- ČABOUN, V. et al. 2008: Výskum, klasifikácia a uplatňovanie funkcií lesov v krajine. Lesy a lesníctvo – riziká výzvy, riešenia. In: Recenzovaný zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie, 2. – 4. 9. 2008 Zvolen, Zvolen: NLC – Zvolen, 2008, p. 31–39.
- ČABOUN, V., MINĎÁŠ, J. 2003: Vodná bilancia a hydrické funkcie lesných ekosystémov v krajine. Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatických ekosystémoch. Zborník príspevkov, SPU v Nitre, 7 s.
- ČABOUN, V., MINĎÁŠ, J. 2006: Možnosti využitia lesa pri protipovodňovej ochrane územia. Aktuálne problémy v ochrane lesa 2006, zborník referátov z medzinárodného seminára (6. – 7. 4. 2006) Banská Štiavnica, NLC – LVÚ Zvolen, p. 59–63.
- ČABOUN, V., PRIWITZER, T. 2013: Hydrické funkcie lesa v krajine. In: Les + voda, zborník z odborného seminára, NLC Zvolen, p. 40–60.
- ČABOUN, V., TUTKA, J., MORAVČÍK, M. a kol. 2010: Uplatňovanie funkcií lesa v krajine. NLC Zvolen, 285 p. ISBN 978-80-8093-120-9.
- FEDOROV, S. F., MARUNICH, S. V. 1989: “Forest cut and forest regeneration effects on water balance and river runoff” in Roald L., Nordseth K. & Hassel K. A. 1989: FRIENDS in Hydrology, IAHS Publication No. 187, Published by the International Association of Hydrological Sciences, IAHS Press, Institute of Hydrology, Wallingford, Oxfordshire OX10 8BB, UK, p. 291–297.
- HANČINSKÝ, L., 1977: Lesnícka typológia v prevádzkovej praxi. Príroda, Bratislava, 223 s.
- HEWLETT, J. D., HIBBERT, A. R. 1967: Factors Affecting the Response of Small Watersheds to Precipitation in Humid Areas. In: Soper, E. E., Lull, H. W. (eds): Forest Hydrology. Pergamon Press, p. 275–290.
- HLAVČOVÁ, K., HOLKO, L., SZOLGAY, J. 2001: Tvorba a modelovanie odtoku na svahoch a z malých povodí. Život. Prostr., Vol. 35, No. 3, 126 p.
- HOLKO, L., 2015: Voda v krajine a povodne. <http://www.uzemneplany.sk/clanok/voda-v-krajine-a-povodne>.
- KANTOR, P., 1981: Intercepce horských smrkových a bukových porostů. Lesnictví, 27, 2, p. 171–192.
- KANTOR, P., 1984: Vodohospodářská funkce horských smrkových a bukových porostů. Lesnictví, 30, 6, p. 471–490.
- KANTOR, P., 1987: Kalamitní holiny a odtok vody z povodí. Zprávy lesn. Výzk., 32, 4, p. 15–18.
- KANTOR, P., 1992: Změny vodní bilance smrkového porostu po jeho obnově holou sečí. Lesnictví – Forestry, 38, 9–10, p. 823–838.

- KLČ, P., BRÁNKA, L., ŽÁČEK, J. 2010: Research of the structure of forest road network in chosen model area. In: Lesn. Čas. – Forestry Journal. 56, 3, p. 295–304. ISSN 0323-10468.
- КОРЖОВ, В. А. 2011: Вдосконалення лісокористування як чинник запобігання кліматичним змінам //Наукові праці Лісівничої академії наук України. Випуск 9. С. 189–193.
- КОРЖОВ, В. А. 2015: Особливості гідрологічної ролі гірських лісових територій при виникненні паводків //Науковий вісник НАТУ України. Випуск 25.3. С. 9–16.
- КОРЖОВ, В. А., ВОЛОШИНА, Н. М., ДЕРБАЛЬ, Ю. Ю. 2015: Итоги международного проекта «HYDROFOR» //Оборудование и инструмент для профессионалов, № 3. С. 60–65.
- КОСТКА, Z., HOЛКО, L. 2006: Role of forest in hydrological cycle – forest and runoff. Meteorologický časopis, 9, p. 143–148.
- МІДРІАК, R. 1992: Výskum povrchového odtoku a erózných pôdnych strát v lesných ekosystémoch. In: Ekologický a ekofyziologický výskum v lesných ekosystémoch. Zvolen: Polana, p. 32–36.
- МІНДАШ, J., ЧАВОН, V. 2002: Vplyv rastlinných spoločenstiev na odtokové pomery z povodia. ZS VTP 27 – 34. Výskum vplyvu antropogénnych faktorov na vodné systémy. LVÚ Zvolen, 25 p.
- МІНДАШ, J., МОРАВЧИК, M., СТАНОВСКИЙ, M. 1998: Význam lesov a ich obhospodarovania z hľadiska protipovodňovej ochrany krajiny. In: O povodniach v roku 1998. Zborník referátov. Bratislava: Práce a štúdie SHMÚ, p. 66–71.
- МІНДАШ, J., ШКВАРЕНИНА, J., СТРЕЛЦОВА, K. 2001: Význam lesa v hydrologickom režime krajiny. Ústav krajinej ekológie SAV Bratislava, Životné prostredie, 35, 3.
- МРАЧЕК, Z., КРЕЧМЕР, V. 1975: Význam lesa pro lidskou společnost. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 225 p.
- НОВАК, V., 2001: Evapotranspirácia a jej rozdelenie na území Slovenska. Život. Prostr., 35, 3, p. 133.
- Олійник, В. С. 2013: Гідрологічна роль лісів Українських Карпат. Івано-Франківськ: НАІР. 232 с.
- ПАРПАН, В. И. 2008: Вся правда о паводках //Оборудование и инструмент для профессионалов. № 6. С. 82–85.
- ПАРПАН, В. I., Олійник, В. С. 2008: Паводкорегулювальне значення гірських лісів Карпат та шляхи їх оптимізації //Наукові праці Лісівничої академії наук України. Випуск 6. С. 12–15.

- ПАРПАН, В. І., ОЛІЙНИК, В. С. 2009: Паводкорегулювальна роль гірських лісів Карпат та шляхи їх оптимізації. Екологія та ноосферологія. 20, № 1–2, С. 121–127.
- REINHART, K. G., ESCHNER, A. R., TRIMBLE, G. R. 1963: Effect on streamflow of four forest practices in the mountain of West Virginia. U. S. Forest Service Res. Paper NE – 1.
- SAUNDERS, S. C., MISLIVETS M. R., CHEN, J. Q. and CLELAND, D. T. 2002: Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the northern Great Lakes Region, USA. In Biological Conservation. 103, p. 209–225. ISSN 0006-3207.
- SCHRRERER, R., PIKE, R. G. 2003: Effect of forest management activities on streamflow in the Okanagan Basin: Outcomes of a literature Review and workshop, British Columbia, Forex, Kamploops, 52 p.
- STŘELCOVÁ, K., MINĎÁŠ, J. 2000: Transpirácia buka lesného vo vzťahu k meniacim sa podmienkam prostredia. Vedecké štúdie 2000, Technická Univerzita vo Zvolene.
- ŠACH, F. 1990: Vliv lesní dopravní sítě na odtokové poměry imisních holosečí. Lesnictví, 36, 2, p. 139–158.
- ŠÁLY, R. 1988: Pedológia. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene.
- VALTÝNI, J. 1986: Vodohospodársky a vodoochranný význam lesa. Lesnícke štúdie VÚLH vo Zvolene, 38, Bratislava: Príroda, 68 p.
- VERTESSY, R. A, WATSON, F., O’SULLIVAN, S. 2001: Factors determining relations between stand age and catchment water balance in mountain ash forest. Forest Ecology and Management 143, p. 13–26.
- VERTESSY, R., WATSON, F., O’SULLIVAN, S., DAVIDS, S., CAMPBELL, R., BENYON, R., HAYDON, S. 1998: Predicting water yield from Mountain Ash forest catchments. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology Industry Report, Report No. 98/4, Monash University, Victoria, Australia, 38 p.
- WEIHE, J. 1970: Proč zkoumat ztrátu skropné vody v lese? Zprávy lesnického výzkumu, 16, 2, p. 9–14.
- WILM, H. G., DUNFORD, E. G. 1948: Effect of timber cutting on water available for stream flow from a lodepole pine forest, U. S. Dep. Agr. Techn. Bull. 968.



ISBN 978-80-8093-212-1



9 788080 932121



Program je spolufinancovaný
z prostriedkov Európskej únie

ISBN 978-80-8093-212-1