VODNÁ BILANCIA A HYDRICKÉ FUNKCIE LESNÝCH EKOSYSTÉMOV V KRAJINE.
VATER BALANCE AND HYDRIC FUNCTIONS OF FOREST ECOSYSTEMS IN LANDSCAPE

Čaboun, Vladimír, Minďáš, Jozef

Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Abstrakt

In the Article are briefly introduced existing knowledge of vater balance, hydric functions and influences of forest ecosystems and its structure on basin flow condition. Special attention is addicted of individual components of vater balance, forest influence on evapotranspiration, interception, infiltration, retention and of results raised on modeling basin Kysuca and Predmieranka. Key factor for vater flow by heavy rain is infiltation.

Key words: Vater balance, forest ecosystems, functions

Úvod

Už prvé výsledky výskumu vzťahu medzi lesom a odtokom vody z povodia, získané už počiatkom 20. storočia, potvrdili priaznivý vplyv lesa na odtok vody, prejavujúci sa vo vyrovnávaní odtokových extrémov, predovšetkým v znižovaní extrémne veľkých, povodňových prietokov. Rozdielnosť stanovištných podmienok i samotných lesných porastov a rôzne metódy skúmania však podmienili rozdielnosť názorov na niektoré výsledky lesnícko-hydrologického výskumu i rozdielne názory na ovplyvňovanie jednotlivých zložiek kolobehu vody lesom.

V súčasnosti prevláda názor, že lesné hospodárstvo môže vhodným obhospodarovaním lesov, teda cieľavedomou činnosťou zameranou na plnenie vodohospodárskej a vodoochrannej funkcie lesa, priaznivo ovplyvniť proces odtoku zo zalesneného povodia, i akosť vody v tokoch a vodných nádržiach. Ale môže zapríčiniť aj opačný efekt.

Materiál a metódy

V zmysle schválenej metodiky riešenia etapy VTP „Vplyv rastlinných spoločenstiev na odtokové pomery z povodia“ bolo hlavným cieľom získanie informácií a experimentálnych podkladov pre hodnotenie vplyvu rastlinných (hlavne lesných) spoločenstiev na vodnú bilanciu a odtokové pomery na príklade modelového povodia rieky Kysuca.

Predmieranka patrí do povodia rieky Kysuce. Po stránke geomorfologickej patrí do oblasti Západných Beskýd, celku Turzovská vrchovina. Nadmorská výška je v rozmedzí od 550 m n. m. do 1100 m n. m. Priemerná nadmorská výška územia je 850 m n. m. Z hľadiska geologického, záujmové územie je súčasťou paleogénu Magurského flyša, jednotky račianskej. Z pôd prevládajú piesčito-hlinité pôdy (70 %-né zastúpenie), menej sa vyskytujú hlinito-piesčité (22 %) event. hlinité a ílovito-hlinité pôdy (8 %). Z pôdnych typov prevládajú podzoly (90 %), zvyšok reprezentujú kambizeme (6 %), gleje (3 %) a fluvizeme (1 %).

Záujmové územie patrí do mierne chladnej klimatickej oblasti s priemernými ročnými zrážkami 950 mm a s priemernou ročnou teplotou 8,7 °C.

Pre potreby inventarizácie stavu a plošnej distribúcie vegetácie povodia rieky Kysuca sa na báze satelitných snímok družice LANDSAT vytvorila GIS-ovská vrstva drevinového zloženia v rozlíšení 30x30 m. Táto vrstva je v prostredí ArcInfo využiteľná pre ďalšie aplikácie.

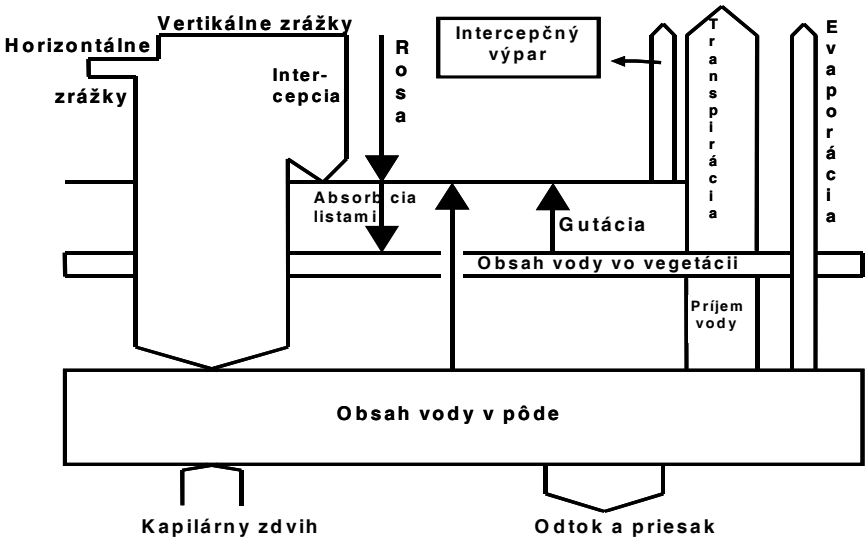
Za účelom hodnotenia kvantitatívneho a kvalitatívneho vplyvu lesných porastov v povodí rieky Kysuca sme na lokalite Grúnik zriadili meranie atmosférických a podkorunových zrážok a sledovanie lyzimetrických vôd v profile 0-50 cm. Tieto zložky vodnej bilancie lesného porastu boli sledované po kvantitatívnej aj kvalitatívnej stránke. Detailnejšie merania pre potreby tohto výskumného projektu započali v máji roku 2000. V tejto časti územia sme vykonali aj hodnotenia stavu obhospodarovania lesov (používané ťažbovo-obnovné postupy) a stav lesnej cestnej siete z hľadiska možných eróznych účinkov.

Výsledky a diskusia

Vodná bilancia 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: $Z = \Delta W + ET + O$

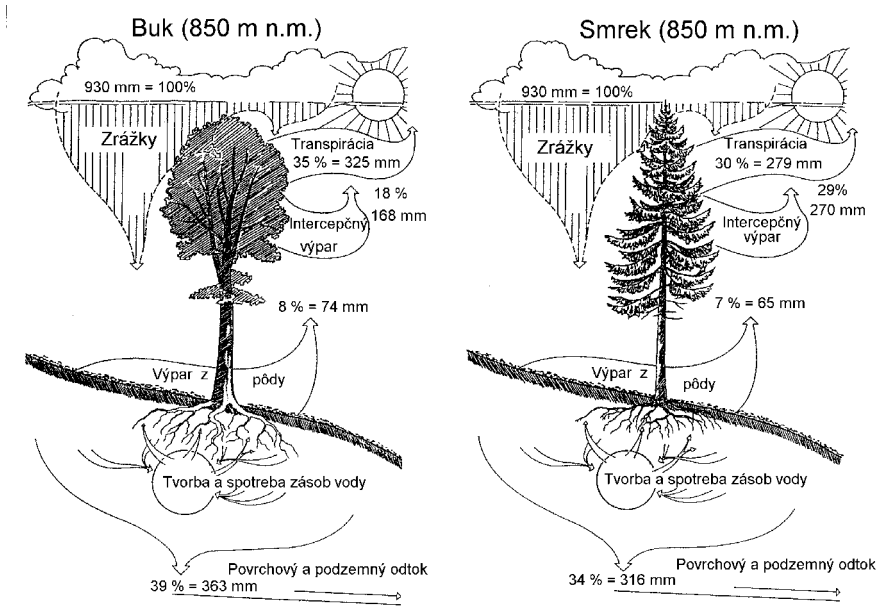
Z dlhodobého hľadiska preto platí, že priemerný úhrn zrážok sa rovná evapotranspirácii (ET) a odtoku (priesaku) vody (O). ΔW je zmena zásob vody v pôde a fytomase.



Obr.1 Schéma vodnej bilancie lesného ekosystému

Z hľadiska posudzovania účinku lesov na transformáciu zrážok do povrchového (hydrologického) odtoku musíme osobitne zohľadňovať dva prípady. V prvom prípade ide o hodnotenie vplyvu lesa na celkovú vodnosť povrchových tokov, kedy rozhodujúcu úlohu zohráva veľkosť celkovej evapotranspirácie (celkový výpar) lesných ekosystémov, ktorá vo vzťahu k množstvu spadnutých zrážok udáva koľko vody opúšťa lesný ekosystém vo forme povrchového resp. podzemného odtoku. V druhom prípade ide o hodnotenie vplyvu lesa z hľadiska jeho protipovodňovej účinnosti, a to najmä vo vzťahu k tvorbe povrchového odtoku (stekanie zrážkovej vody po povrchu pôdy), kedy rozhodujúci

význam má hodnotenie okamžitého záchytu zrážok v korunách lesných porastov (intercepcia) a stav bylinnej vrstvy a vrstvy nadložného humusu, ktoré majú rozhodujúci podiel na infiltráciu padajúcich dažďových kvapiek do pôdneho prostredia.



Obr.2 Kolobeh vody a vodná bilancia dospelého bukového a smrekového porastu na príklade stredohorskej lokality Poľana – Hukavský grúň (STŘELCOVÁ & MINĎÁŠ 2000)

Evapotranspirácia lesných ekosystémov

Pojem evapotranspirácia lesných ekosystémov v sebe zahŕňa tri dôležité zložky, a to tzv. neproduktívny výpar (intercepčný výpar zachytenej zrážkovej vody najmä v korunách lesných drevín), ďalej je to výpar z pôdy a nakoniec výpar z lesných drevín, krovín a bylín (výdaj vody rastlinami prevažne cez prieduchy listov a ihlíc - transpirácia).

Ako uvádza KANTOR (1990), v strednej Európe sa podiel evapotranspirácie z celkového množstva zrážok odhaduje na 40–90 %. Podiel evapotranspirácie na vodnej bilancii povodia, či ekosystému závisí prevažne od:

1) klimatických pomerov stanovišťa, tj. od množstva a rozloženia zrážok, vlhkosti pôdy a od tzv. evaporačných požiadaviek ovzdušia, ktoré predstavujú spolupôsobenie viacerých meteorologických prvkov (teplota, vlhkosť, prúdenie a tlak vzduchu),

2) vegetačného krytu a jeho vlastností, nakoľko výpar z vegetácie (transpirácia) je určovaný nielen fyzikálnymi zákonitosťami, ale i anatomickými, morfologickými a fyziologickými vlastnosťami rastlín.

Intercepčný proces v lesných porastoch

Skropné straty závisia od veľkosti zmočiteľného povrchu. Pre svoj väčší povrch spôsobujú smrekové porasty väčšiu skropnú stratu než bukové porasty. Z publikovaných výsledkov vyplýva, že v teplejšej oblasti pri 6 mm zrážkach dochádza k úplnému zmočeniu korún smreka, pričom sa na pôdu dostane 3

mm zrážok. V chladnejšej horskej oblasti je skropná strata o 1 mm väčšia a predstavuje 4 mm. K úplnému zmočeniu je potrebných 8 mm zrážok.

Úplne iná situácia je v bukových porastoch. Kým celkové skropné straty pri smreku boli 4 mm, pri buku boli iba 0,5 mm a zmáčanie bukov je ukončené už pri 1 mm zrážke. Pri bukových porastoch steká zrážková voda po kmeni, v smrekových porastoch sa dostáva na pôdu odkvapkávaním z ihličiek pdstatne rovnomernejšie po pocelej ploche.

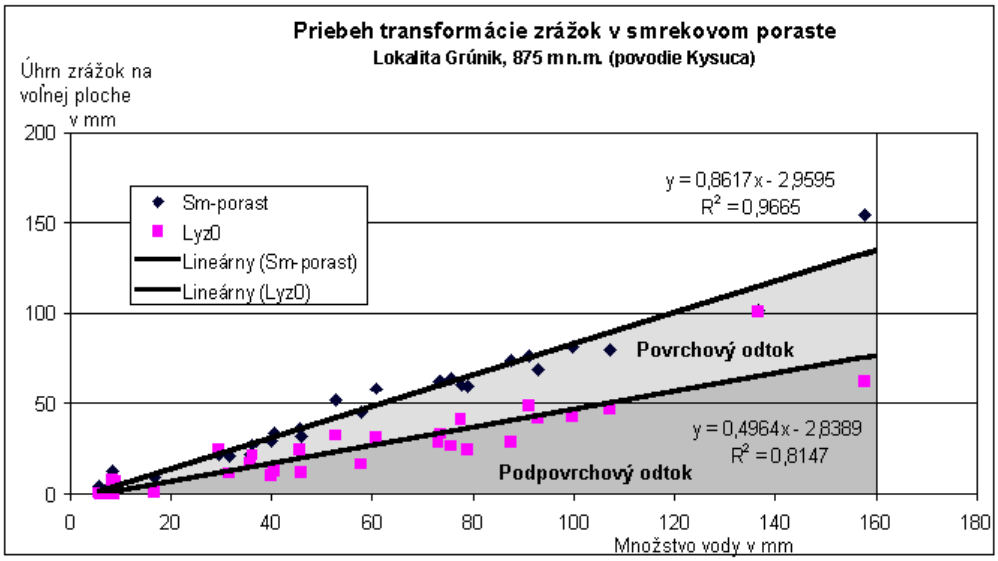
Skropná kapacita korún sledovaného smrekového porastu na Grúniku predstavuje hodnotu 3 mm. Priemerná intercepcia tohto porastu reprezentuje hodnotu 14% z úhrnu zrážok voľnej plochy, 86% zrážok teda preniká korunovou vrstvou lesného porastu. Táto hodnota intercepcie je v porovnaní s hodnotami pre smrekové porasty (20-50%) pomerne nízka a dokladuje nezanedbateľný význam horizontálnych zrážok v tejto hrebeňovej časti Moravsko-sliezskych Beskýd.

Infiltrácia zrážkovej vody do lesných pôd

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 $mm.h^{-1}$.

Obr.3 dokumentuje doterajšie výsledky hodnotenia procesu intercepcie a priesaku zrážkovej vody cez vrstvu nadložného humusu v horskom smrekovom poraste. 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.



Obr.3 Priebeh transformácie zrážok v smrekovom poraste na TVP Grúnik.

Prvý prípad je zo začiatku augusta 2000, kedy v priebehu 2 týždňov spadlo 137 mm zrážok, toto množstvo zrážok však bolo spojené s cyklonálnymi zrážkami, preto dochádzalo k plynulému zasakovaniu zrážok do pôdy. Rozdiel medzi podkorunovými zrážkami a hodnotou priesaku na hornej hranici minerálnej vrstvy pôdy bol len 1,5 mm, zvyšných 102 mm sa dostalo do pôdy. Odlišný prípad

bol z júla 2001, kedy v druhej polovici mesiaca spadlo 158 mm, avšak prevažne vo forme intenzívnych zrážok búrkového charakteru, čo spôsobilo, že rozdiel medzi hodnotou podkorunových zrážok a množstvom priesakovej vody pod vrstvou nadložného humusu bol až 92 mm, z čoho cca 85-90 mm sa transformovalo do povrchového odtoku a zapríčinilo vznik lokálnych povodní.

Retenčná schopnosť lesných ekosystémov

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, dažďová voda odteká po jej povrchu a vzniká najnebezpečnejší odtok pre tvorbu povodne.

Extrémný dážď v krátkom časovom intervale s výdatnosťou napr. 100 mm, zadržali lesné porasty 68 mm vody, kým lúky a pasienky len 46 mm vody, teda približne 67 % z množstva vody zadržaného lesom Výrazne horšiu schopnosť zadržiavania vody má však najmä orná pôda v období bez vegetačného krytu. Všeobecne je možné povedať, že retenčná kapacita lesa môže byť 40-70 mm.

Vplyv lesa na odtok vody pri roztápani sa snehu

Les zabraňuje 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.

V oblastiach s veľkými snehovými zrážkami má les významnú funkciu pri znižovaní maxím jarných povodňových odtokov a pri predlžovaní odtoku na dlhšie obdobie.

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. Zo satelitných snímok bolo zistené, že zalesnené územie povodia Kysuce v momente snímkovania bolo 62,2 % a povodia Predmieranky 64,5 %. Drevinové zloženie lesov bolo mapované na úrovni druhov, na základe obrazových údajov zo satelitných snímok LANDSAT Thematic Mapper.

Tab.2 Plošné pecentuálne zastúpenie drevín v povodí Predmieranky

Povodie Predmieranky	Smrek	Jedľa	Boro-vica	Smre-kovec	Buk	Jelša	Breza
% plochy povodia	51,5	0,8	7,3	0,2	0,7	0,9	3,0
% plochy lesa	79,9	1,3	11,4	0,2	1,1	1,4	4,7

Napriek tomu, že z hľadiska drevinového zloženia by bolo žiadúce väčšie zastúpenie buka a jedle, hydrická funkcia porastov by sa výraznejšie nezmenila.

Kľúčovým faktorom utvárania odtoku pri prívalovom daždi je vsak (infiltrácia), ktorý rozhoduje o retencii a tým aj o veľkosti efektívneho dážďa, ako aj o tom, či bude zrážková voda odtekať pomaly pôdou, alebo rýchlo po povrchu.

Konkrétny účinok lesných porastov na odtok vody 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 výsledého odtokového množstva a jeho časových zmien je najmä:

- *geomorfologická charakteristika reliéfu* (sklonitosť, reliéfova 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.),
- *celková lesnatosť povodia a štruktúra nelesnej krajiny povodia*
- *štruktúra lesných porastov a ich zdravotný stav* (druhová štruktúra,veková a priestorová štruktúra
- *vodná bilancia lesných porastov* (intercepcia, zásoby pôdnej vody, stav lesnej cestnej siete vo vzťahu k povrchovému odtoku a pod.),

Záver

❖ 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 extrémity 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 zrovnávacom bezlesom povodí očakávať každých 16 rokov (MRÁČEK, KREČMER 1975).

Súhrn

V príspevku sú uvedené stručné súhrnné poznatky o vodnej bilancii, hydrických funkciách a vplyve lesných ekosystémov a ich štruktúry na odtok vody z povodia. Samostatná pozornosť je venovaná vplyvu lesa na jednotlivé zložky vodnej bilancie, vplyvu lesa na evapotranspiráciu, intercepciu, infiltráciu, retenciu a výsledkom získaným na modelovom povodí Kysuce a Predmieranky.

Kľúčovým faktorom utvárania odtoku pri prívalovom daždi je vsak (infiltrácia), ktorý rozhoduje o retencii a tým aj o veľkosti efektívneho dážďa, ako aj o tom, či bude zrážková voda odtekať pomaly pôdou, alebo rýchlo po povrchu.

Kľúčové slová: Vodná bilancia, lesné ekosystémy, funkcie

Literatúra

KANTOR, P. 1990: Základní vazby celkového výparu a odtoku vody ze smrkových a bukových lesů. Vodohosp. Čas. 38:327—348

MINĎÁŠ,J.-MORAVČÍK,M.-STANOVSKÝ,M., 1998: Význam lesov a ich obhospodarovania z hľadiska protipovodňovej ochrany krajiny. *In:* O povodniach v roku 1998. Zborník referátov. Práce a štúdie SHMÚ, Bratislava, 1998: 66-71.

MINĎÁŠ,J – ČABOUN, V., 2002: Vplyv rastlinných spoločenstiev na odtokové pomery z povodia. ZS VTP 27-34 Výskum vplyvu antropogénnych faktorov na vodné systémy. LVÚ Zvolen, 25 str text, 10 str. príl.

MRÁČEK, Z.-KREČMER, V., 1975: Význam lesa pro lidskou společnost. Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1975, 225 s

STŘELCOVÁ, K. & MINĎÁŠ, J., 2000: Transpirácia buka lesného vo vzťahu k meniacim sa podmienkam prostredia. Vedecké štúdie 2000, Technická Univerzita vo Zvolene

ŠÁLY, R., 1988: Pedológia a mikrobiológia. VŠLD Zvolen, 376 s.

Kontaktná adresa

Doc. Ing. Vladimír Čaboun, CSc.

Lesnícky výskumný ústav

T.G.Masaryka 22

960 92 Zvolen

tel: 045 5314205, fax: 045 5314192, e mail: Caboun@fris.sk