

VPLYV PORASTOVEJ MIKROKLÍMY KLIMAXOVEJ SMREČINY NA UKLADANIE A DYNAMIKU SNEHOVEJ POKRÝVKY NA VÝSKUMNEJ PLOCHE ČERVENEC - TANAP V SEZÓNACH 2008/09 A 2009/10

The Microclimate influence of climax spruce stands on the culmination and the dynamic of snow cover in the research area Červenec – Západne Tatry Mts.

Hríbik M., Škvarenina J., Bartík M.

Katedra prírodného prostredia, Lesnícka fakulta, TU vo Zvolene

Abstrakt: Táto práca podáva prehľad vplyvu lesného porastu na základné hydrologické charakteristiky snehovej pokrývky a ich dynamiku v rokoch 2009 a 2010 na výskumnej ploche Červenec (1420m n. m.). Medzi parametre, ktoré sme zisťovali patrili hustota snehu, jeho výška a vodná hodnota. Meranie prebiehalo v čase kulminácie a topenia snehovej pokrývky približne v mesačných intervaloch od februára 2009 do apríla roku 2010. Výsledky zistené v smrekovom lesnom poraste 7. vegetačného stupňa boli porovnávané z voľnou plochou. Sledovali sme zmenu hydrologických charakteristík v závislosti od charakteru stavby porastu na 30 metrov dlhom tranzekte. Zistili sme, že na ukládanie snehu má veľký význam vplyv vetra a zároveň aj stavba porastu, pričom množstvo snehovej pokrývky ovplyvňuje aj zosuv más snehu z korún stromov. Pri hustých mladých ihličnatých porastoch dochádza k výraznej intercepcii zrážok, z dôvodu čoho tieto porasty obsahujú menej vody obsiahnutej v snehovej pokrývke ako je tomu na voľnej ploche. Počas topenia snehovej pokrývky sa tieto rozdiely vyrovnávajú a neskôr sa vyskytujú vyššie zásoby vody v mladinách. Príliš rýchle topenie snehovej pokrývky a následné prudké uvoľnenie niekoľko mesačných zrážok do pôdy má výrazný vplyv na hospodárenie vody v krajine. Tým, že lesný porast intercepciou a následným topením, vyparovaním a sublimáciou snehu v korunách znižuje objem vody dopadajúcej na povrch pôdy, resp. ho zvyšuje vplyvom horizontálnych zrážok, mení bilanciu vody v porovnaní s plochami bezlesia. To má nezanedbateľný vplyv na vodohospodárske funkcie krajiny ako aj na stabilitu ekosystémov.

Kľúčové slová: vodná hodnota snehu, výška snehu, lesné porasty, Západné Tatry

Abstract: This work provides an overview of the impact of forest stands and individual tree species to basic hydrological parameters of snow and their dynamics between 2009 and 2010 in the research area Cervenec (1420 m above sea level). The measured parameters were the density, the depth and the water equivalent of snow cover. Measurements took place at the time of culmination and the melting snow from February 2009 to April 2010. Findings in the spruce stand growing 7 degrees were compared from the open space. We observed hydrological characteristics change depending on the building stand 30 meters long horizontal transect. We found that the snow storage is very important effects of wind and another important factor which makes the storage of building snow cover the quantities of snow cover affects the landslide masses of snow from the crowns of trees. In dense young coniferous stands differ significantly interception clashes with the result that these crops contain less

water contained in the snow as it is an open area. During the time of snow melting to compensate for these differences and later are more supplies of water in the wort. This has a significant impact on the supply of soil water during the spring period. Too fast melting of snow and followed by a sudden release of several months to land clashes have a significant impact on water management in the country. By interception forest vegetation and subsequent melting evaporation and sublimation of snow in the crowns decreases the volume of water striking the surface respectively: it increases the impact of horizontal precipitation chance the balance of water in comparison with treeless are.

Key words: snow water equivalent, snow depth, forest stands, Západne Tatry Mts.

Úvod:

Snehová pokrývka, aj keď si to nie vždy uvedomujeme, ovplyvňuje každého z nás. Vďaka zrážkam vo forme snehu vzniká oceánsky ale aj pevninový ľadovec. Snehové zrážky a trvanie snehovej pokrývky ovplyvňuje druh, typ a formy organizmov vyskytujúcich sa na príslušnom území.

Platí to aj v našich horských oblastiach. S narastajúcou nadmorskou výškou, tak ako rastie počet dní so snehovou pokrývkou, znižuje sa priemerná teplota vzduchu a rastie celoročný úhrn zrážok, sa mení aj druh a typ lesnej vegetácie. V dubovom lesnom vegetačnom stupni je maximálne 50 dní so snehovou pokrývkou, zatiaľ čo v smrekovom 70 až 100 dní (HANČINSKÝ 1972). Na zvýšené snehové zrážky nie sú adaptované len kryofyty, ale aj organizmy, ktoré sa v nich vyvíjali a za ich pôsobenia sa im prispôbovali (napr. formy smreka s úzkymi korunami vyskytujúce na hornej hranici lesa).

Preto poznáme organizmy rôzne adaptované na pôsobenie snehu a s rôznou toleranciou naň. Okrem toho sneh môže na lesné porasty pôsobiť pozitívne i negatívne. Pri zime s výskytom bohatej snehovej pokrývky môže dôjsť k vývratom a poškodeniu porastov. Najviac ohrozené sú porasty v polohách od 500 do 800 m. n. m. V horských oblastiach obmedzujú pohyb osôb a ohrozujú ich bezpečnosť lavíny, ktoré pri páde môžu zasiahnuť aj nižšie položené súvisle plochy lesných porastov. Medzi ďalšie negatívne pôsobenie snehovej pokrývky patria jarno-zimné povodne, ku ktorým dochádza pri prudkom oteplení sprevádzanom dažďovými zrážkami (SHMÚ 2003). Prízemná vegetácia môže byť poškodzovaná vyležaním a zvýšeným výskytom hubových a plesňových ochorení pri zvýšenej vlhkosti pôdy.

Priaznivý vplyv snehovej pokrývky zaručujú hlavne jeho tepelnoizolačné vlastnosti. Pri jej dostatočnej výške nedochádza k hlbšiemu premrzaniu pôdy, čo zaručuje činnosť pôdnych mikroorganizmov aj v zimnom období (ŠÁLY 1978). Ďalej chráni pôdu i vegetáciu pred vetrom. V neposlednom rade predstavuje významnú zásobu vody pre pôdu a vodné toky (ŠPÁNIK *a kol.* 2004).

V lese môžeme sledovať viacej alebo menej zachytenej vody v snehovej pokrývke, pričom záleží od konkrétnych podmienok na lokalite a meteorologickej situácie v priebehu zimného obdobia. Viacej snehovej pokrývky v lese môžeme zaznamenať pri výskyte horizontálnych zrážok, ktoré sú zachytávané korunami stromov ako aj pri veternom počasí, kedy je sypký sneh sfukovaný z otvorených priestranstiev a navievaný do porastu, kde sa prúdenie vzduchu spomalí a dôjde k jeho ukladaniu.

Väčšinou sa však v lese vyskytuje menej snehu ako na ploche bezlesia. Je to spôsobené hlavne zachytávaním tuhých zrážok v korunách. Najvyššiu intercepciou majú mladé ihličnaté porasty (HRÍBIK, ŠKVARENINA 2007, PECÚŠOVÁ, HOLKO 2002, KANTOR *a kol.* 2007).

Pri topení snehu nastáva v závislosti od druhu drevín v lesnom poraste pomalšie alebo rýchlejšie uvoľňovanie vody do pôdy zo snehovej pokrývky. V listnatých porastoch nastáva voči ihličnatým rýchlejšie topenie snehovej pokrývky (HRÍBIK, ŠKVARENINA 2005). Keďže v lese sa nachádza celkovo menej snehu vplyvom intercepce, uvoľňuje sa zo snehovej pokrývky menej vody ako z plochy bezlesia. Tým les uvoľňuje pri jarnom topení menej vody do pôdy, čo má výrazný vplyv pri jarnom topení snehu a výrazne ovplyvňuje množstvo vody v krajine v jarnom období .

Problematika:

Na našom území snehová pokrývka narastá s nadmorskou výškou, pričom sa výrazne prejavuje účinok náveternej a záveternej strany našich pohorí. V určitej nadmorskej výške, nad hornou hranicou lesa, dochádza vplyvom vetra k transportu snehu do nižších polôh. Daný proces označujeme ako snehový drift (HRÍBIK 2005). Kumulácia snehovej pokrývky a intercepčia tuhých zráž. Na kvalitatívne a kvantitatívne charakteristiky snehovej pokrývky majú rozhodujúci vplyv dva druhy činiteľov (MINĎAŠ, In ČABOUN *a kol.*, 1993):

-činitele pôsobiace v čase padania snehových zráží

-činitele pôsobiace počas trvania snehovej pokrývky

Medzi činitele pôsobiace počas padania zrážok zaraďujeme:

-meteorologická situácia: tvar snehových vločiek
rýchlosť prúdenia vzduchu

-štruktúra lesného porastu: drevinové zloženie
vek
zápoj

Ich výsledkom je stav snehovej pokrývky a zachytávanie snehu v korunách stromov až po ukončenie sneženia.

Počas trvania snehovej pokrývky pôsobia činitele:

-meteorologická situácia: radiačný režim
teplotný režim
rýchlosť prúdenia vzduchu

-štruktúra lesného porastu: prejavuje sa v modifikácii meteorologických činiteľov

Na kumuláciu snehu pôsobí : -intercepčia

-porastová klíma

-hospodársky spôsob

-kontinentalita a oceánickosť zimy

Intercepčia je proces zachytávania zrážok nadzemnými časťami rastlín. V lesných porastoch prebieha zachytávaním snehu v korunách ako vidíme na obrázku 1. Podľa Oreňaka (2009) závisí výška intercepce v lese od nižšie uvádzaných činiteľov:

-lesného porastu- veľkosť zachytného povrchu jeho charakter

-výparnosti - schopnosť atmosféry získavať vodu z povrchu rastlín

-zrážok- intenzita zrážok, celkové množstvo zrážok, ich charakter

Intercepčný proces pri snehových zrážkach má odlišný charakter, ktorý je spôsobený hlavne nasledujúcimi faktormi:

-sneh je dlhodobo akumulovaný

-evapotranspirácia snehu zachyteného snehu v korunách prebieha pomalšie vplyvom nízkych teplôt

-výrazné intercepčné straty vplyvom vetra a teplôt

Tabuľka 1: Hodnoty intercepce vybraných druhov drevín

Drevina	Vek	Zápoj	Intercepcia %	Stok po kmeni mm	Autor
Listnaté dřeviny					
Hrab	65	0.9	21.2	5.1	Intribus 1977
	50-60	0.9	16.9	8.2	Koníček, Rončák 1992
Dub	65	0.9	25.6	1.1	Intribus 1977
Buk	120	1	6.7		Kantor 1984
	130	0.9	25.1	6	Olejník 1994
	25	0.9	24.5	6.3	
Ihličnaté dřeviny					
Smrek	105	1	16.4	-	Kantor 1984
	100	-	29	-	Zelený 1967
	30	-	10	-	
	40	1	32.3	-	
	66	0.8	30.6	-	Krečmer, Fojt, Hynčina 1981
	113	0.9	37.5	-	
Zmiešané porasty					
Jedla, Buk, Smrek, Smrekovec	49 - 50	0.8	28 - 33	-	Kantor, Klíma 1964
Smrek		0.4	32.9	0.1	Tužinský 1988
Jedla ,Buk		0.6	38.7	0.1	
Borovica		80 - 100	0.9	52.4	

Z hľadiska faktorov, ktoré pôsobia na intercepčný proces v čase, by bolo vhodné rozlišovať medzi okamžitou intercepciou (v čase padania zrážok) a celkovou (faktory pôsobiace aj v dlhšom časovom horizonte). Celková intercepcia je spravidla vždy menšia ako intercepcia okamžitá, lebo časť zachyteného snehu v korunách stromov sa vplyvom vetra a teploty dostáva na povrch pôdy (MINĎÁŠ 1999).V tabuľke 1 vidíme

hodnoty intercepce vybraných druhov drevín od rôznych autorov ktoré spracoval Tužinský (2007).



Obrázok 1: Zachytávanie snehových zrážok v korunách stromov

Les výrazne pôsobí na ukládanie snehovej pokrývky. Sú situácie, kedy pod ochranou lesného porastu sa udrží výrazne dlhšie ako na voľnej ploche. To má významný vplyv na vodohospodárstvo krajiny, keďže v snehu sú akumulované zrážky za dlhodobé obdobie a pri ich rýchlom roztopení dochádza k zvýšeniu prietoku riek a k prípadným povodňam. Obvyklejší však býva jav, kedy sa snehová pokrývka rýchlejšie roztopí práve v lesných porastoch. Zvlášť tento jav môžeme pozorovať na južne exponovaných svahoch a v starších porastoch. Hříbika kol. (2007) uvádzajú poradie topenia snehu na severných svahoch Poľany v čase abnormálne na sneh bohatej zimy takto: buková žrd'ovina- voľná plocha- smreková mladina. Rovnaké výsledky z Orlických hôr publikoval aj Kantor et al. (2007). V zimách s nízkou snehovou pokrývkou a v nižších nadmorských výškach, intercepcia smrekových korún môže zabraňovať snehu preniknúť na pôdu (Pobedinskij, Krečmer 1984).

Z mikroklimatického hľadiska záleží výška snehovej pokrývky na ploche porastu hlavne od usporiadania korún, ich tvaru a druhu drevín. Čím vyššia je rozrôznenosť výšky porastu, tým aj rozdiely výšky snehu a množstva vody v ňom obsiahnutej sú na ploche viac premenlivejšie. Nezanedbateľný vplyv na rozloženie snehu v podrastovom priestore má aj vplyv vetra, ktorý sfukuje sneh s korunového priestoru.

Materiál, metódy a opis územia:

Západné Tatry so svojou rozlohou 29 177 ha, sa tiahnu v smere východ-západ medzi Chočskými vrchmi a Vysokými Tatrami. Územie zaraďujeme podľa Tremboša a Minára (2002) medzi veľhornatiny so silne až extrémne členitým reliéfom. Podcelok Západné Tatry rozdeľujeme na časti: Osobitá, Sivý vrch, Liptovské Tatry, Červené vrchy a Roháče. Naša výskumná plocha sa nachádza v časti Sivého vrchu. Asymetrický zdvih Tatier a zmena polohy hlavného rozvodnia zapríčinili, že hlavné končiare nie sú na hlavnom hrebeni, ale na rázsochách, pričom severné rázsochy sú podstatne nižšie ako južné. Táto skutočnosť sa odráža aj v sklonostných pomeroch dolín južného svahu, ktoré sú priemerne o 2 ° strmšie ako na severnej strane pohoria (Kňazovický 1970).

Územie patrí z geologického hľadiska k vonkajšiemu oblúku Západných Karpát. Z južnej strany sa vysokotatranské i subtatranské mezozoikum a vysokotatranské kryštalinikum stýka tektonicky s paleogénom Liptovskej kotliny. Paleogén leží na mezozoiku chočského príkrovu, alebo dokonca na žule. Vlastné Západné Tatry sú zložené z granitoidných hornín, ako aj kryštalických bridlíc a migmatitov. Pri ich severnom a západnom ukončení sa v menšej miere nachádzajú aj mezozoické komplexy obalovej, krížskej a chočskej jednotky (Kňazovický 1970).

Podľa Šályho a Šurinu (2002) sa na území Západných Tatier v najvyšších častiach nachádzajú modálne silikátové litozeme a rankre, ktoré v nižších polohách striedajú kambizemné podzoly. Na podhorí by sme našli pseudoglejné nasýtené kambizeme, modálne kyslé až stagnoglejové pseudogleje. Na západe pristupujú kambizemné redziny a rendzinové kambizeme. V predhorí ešte nájdeme úzky pás podzolovaných kambizemí. Pôdy sú z hľadiska pôdnej reakcie väčšinou extrémne kyslé s pH pod 4,5 (Čurlík, Šefčík 2002).

Oblasť patrí do klimateckej oblasti chladnej. Najvyššia časť územia patrí do okrsku C3 studený horský, okolo ktorého sa nachádza pás chladného horského územia C2. Nižšie polohy zaraďujeme do okrsku C1 mierne chladného s priemernou júlovou teplotou od

12 do 16 °C (Lapin a kol. 2002). Podľa Tomlaina a Hrvol'a (2002) dopadá na územie Západných Tatier priemerne 1100 až 1150 kWh.m-2.

Z hydrologického hľadiska je to územie z nízkou hydrogeologickou produktivitou (Malík a kol. 2002). Spadá do úmoria Čierneho mora a povodia Váhu. Vrcholové časti patria do vysokohorskej oblasti s prechodne snehovým režimom odtoku. Ostatné polohy sa nachádzajú v stredohorskej oblasti so snehovo-dažďovým režimom odtoku s najvyšším priemerným mesačným prietokom v mesiacoch máj- apríl, a minimálnym vo januári až februári (Šimo, Zaťko 2002).

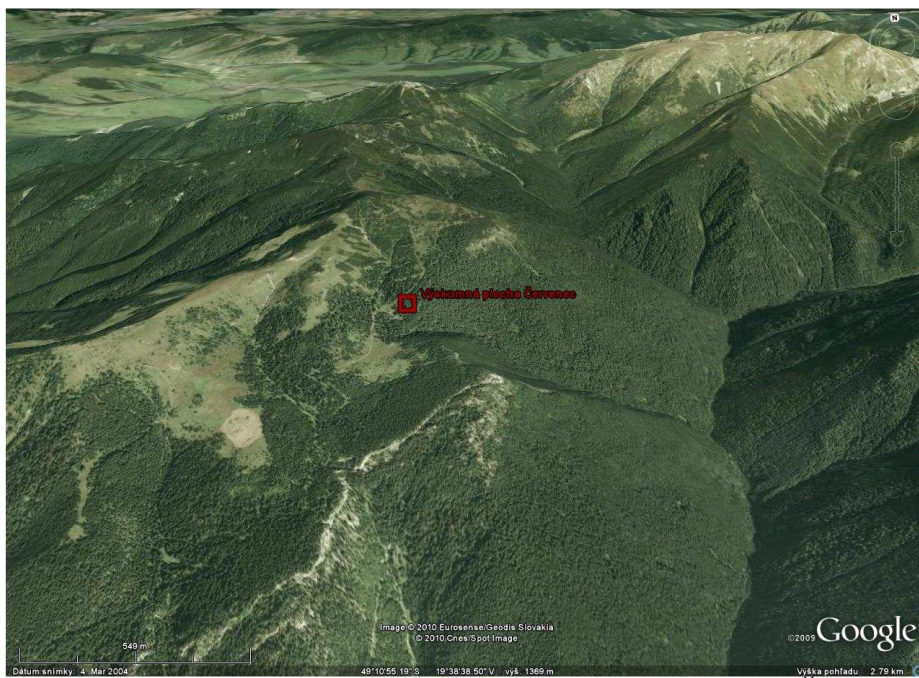
Výskumná plocha Červenec leží medzi Sivým vrchom a Babkami (obr. 2.) v nadmorskej výške 1420 m. n. m. Nachádza sa v presvetlenom prestárlom smrekovom poraste, ktorý sa v spodnej časti prirodzene zmladzuje (obr. 3). Podrast tvorí čučoriedka v hornej časti malina. Tranzekt bol založený v spodnej časti výskumnej plochy (obr.4). V tabuľkách 2 a 3 podávame stručný opis výskumnej plochy a hodnoty intercepcie podľa Oreňáka (2009), a v tabuľke 4 charakteristiku snehových pomerov (Konček, Briedoň 1964).

Tabuľka 2: Popis výskumnej plochy Červenec v Západných Tatrách

Dátum založenia	21.8.2006
JPRL	DIELEC 214
Nadmorská výška	1420 m. n. m.
Expozícia	E – SE
Prevládajúci sklon	65 %
Zakmenenie	0,6
Priemerná hrúbka $d_{1,3}$ / Výška	28,9 cm / 16,18 m
Drevinové zloženie	SMREK 100%
Výmera	0,1 ha
Počet stromov na ploche	62
Priemerný vek stromov na ploche	110 r.
Priemerný vek stromov v mladine	20 r.

Tabuľka 3: Hodnoty intercepcie zistené na výskumnej ploche Červenec

Miesto	Intercepcia (%)
Porastové okno	27
Zóna odkvapů	27
Mladina	39
Zóna pri kmeni	62



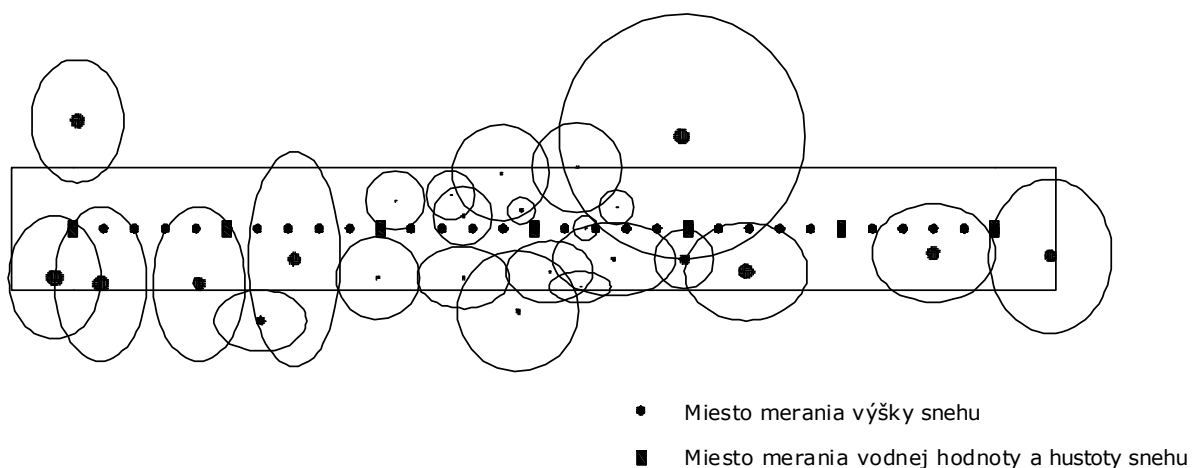
Obrázok 2: Vizuálna lokalizácia výskumnej plochy Červenec v Západných Tatrách

Tabuľka 4: Charakteristika snehových pomerov

Výskumná plocha Červenec- TANAP 1420 m. n. m.	
Priemerný dátum prvého dňa so snežením	1.10
Priemerný dátum posledného dňa so snežením	11.-21.5
Priemerné trvanie obdobia so snežením	150-200 dní
Priemerný počet dní so snežením	80 a viac
Priemerný dátum prvého dňa so snehovou pokrývkou	1.-11.11
Priemerný dátum posledného dňa so snehovou pokrývkou	21.4.- 1.5
Priemerný dátum nástupu trvalej snehovej pokrývky	10.-20.11.
Priemerná dĺžka obdobia s trvalou snehovou pokrývkou	100-120 dní
Priemerný dátum konca trvalej snehovej pokrývky	1.-11.4
Priemerný počet dní so snehovou pokrývkou vyjadrený v % všetkých dní roka	40 %
Priemerné maximálne výšky snehovej pokrývky	100-140 cm
Priemerný dátum maximálnej výšky snehovej pokrývky	11.-21.2
Váha maximálnej snehovej pokrývky v kg/m ² pri predpokladanej priemernej hustote snehu	400



Obrázok 3: Výskumná plocha Červenec- spodná časť so zmladením



Obrázok 4: Schematické znázornenie korunovej projekcie nad miestami našich meraní v spodnej časti výskumnej plochy

Metodika monitoringu snehovej pokrývky:

Prvé meranie na výskumnej ploche sme uskutočnili 12.02.2009. Ďalšie merania nasledovali približne mesačných intervaloch až do apríla 2010. Merali sme hydrofyzikálne vlastnosti snehu, a to výšku snehu pravidelne každý meter lavínovou

sondou o délce dva metre a každých 5 metrov sme uskutočňovali meranie vodnej hodnoty snehu váhovým snehomerom. Celkovo sme v lese uskutočňovali 31 meraní výšok a 7 meraní vodnej hodnoty snehu a hustoty. Na voľnej ploche sme merali na 20-tich miestach výšku snehovej pokrývky a na troch miestach jej vodnú hodnotu s hustotou. V zime 2008/09 bol použitý na zisťovanie hustoty a vodnej hodnoty snehomer typu VS-43 (obr.5) Je tvorený sústavou váh s posuvnými závažiami a odmerným valcom o priereze 50 cm² a dĺžkou 60 cm. Pred meraním sme snehomer nakalibrovali a následne zatlačili cez snehovú prikrývku až po povrch pôdy (obr.6). Potom sme valec opatrne vytiahli, pretočili a zavesili na ramennú váhu, kde sme následne odčítali vodnú hodnotu v milimetroch. Počas zimy 2009/10 sme používali modernejší laminátový snehomer (obr.7), ktorý bol dlhý 90 cm a jeho plošný prierez je 50 cm². Tu už prebiehalo odváženie pomocou digitálnej váhy Kern. Ako v predchádzajúcom prípade, tak i tu bola potrebná kalibrácia snehomeru pred začatím prác. Odmerný valec sme pretlačili snehovým profilom až po povrch pôdy a priloženou prítlačnou palicou sme zhutnili objem snehu a tak zabezpečili jeho stabilitu pri vyťahovaní valca. Následne sme odvážili valec s odobratou vzorkou snehu na digitálnej váhe, pričom bol ešte potrebný prepočet hmotnosti snehu v kg na mm vodného stĺpca.



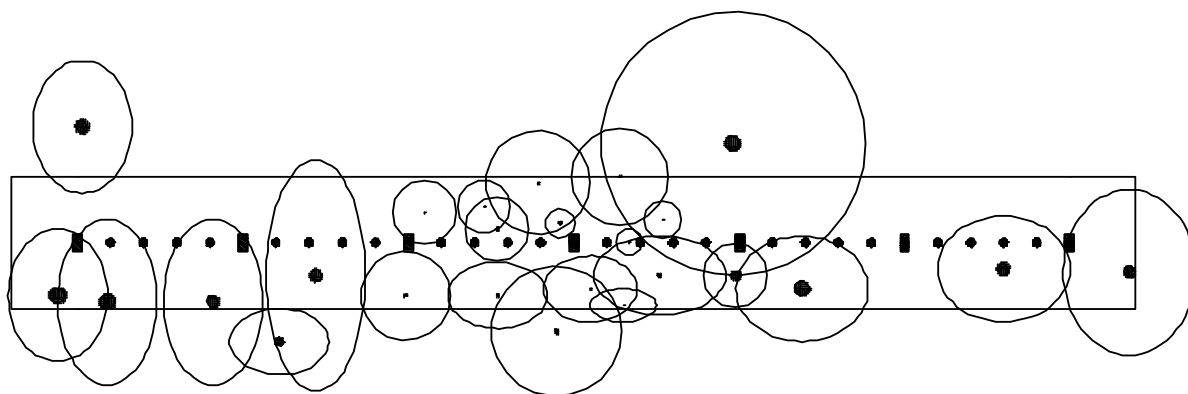
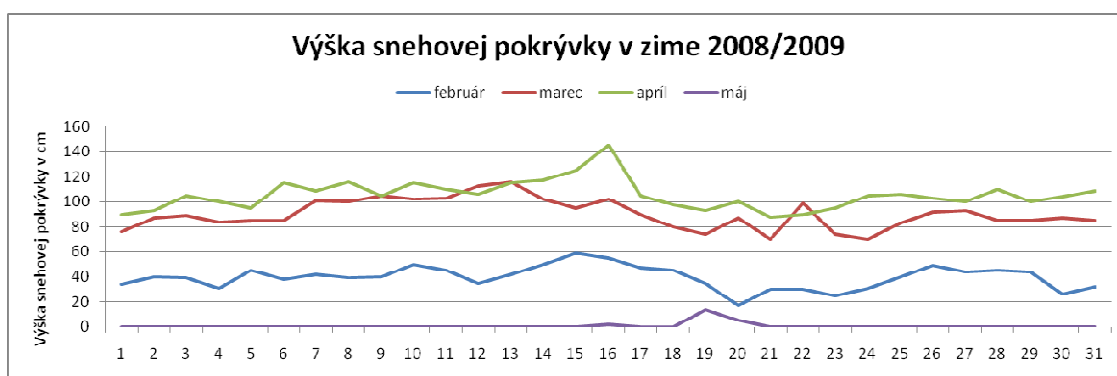
Obrázok 5: Snehomer VS-43

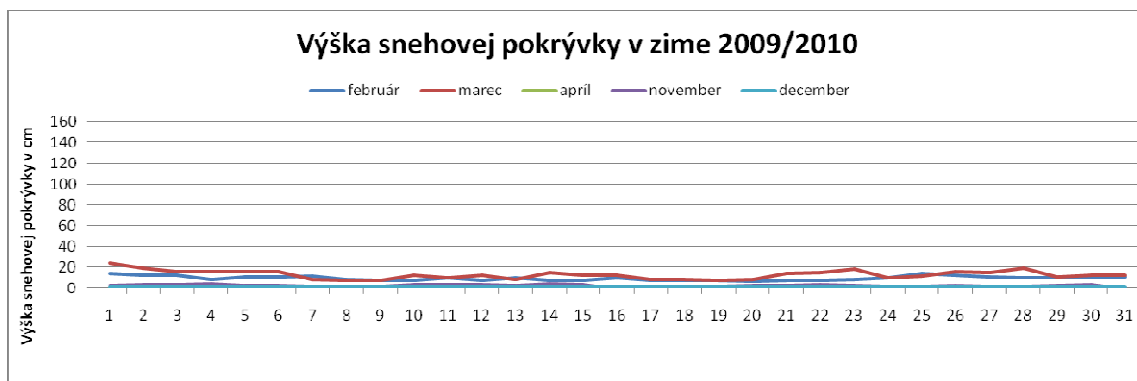


Obrázok 7: Laminátový snehomer

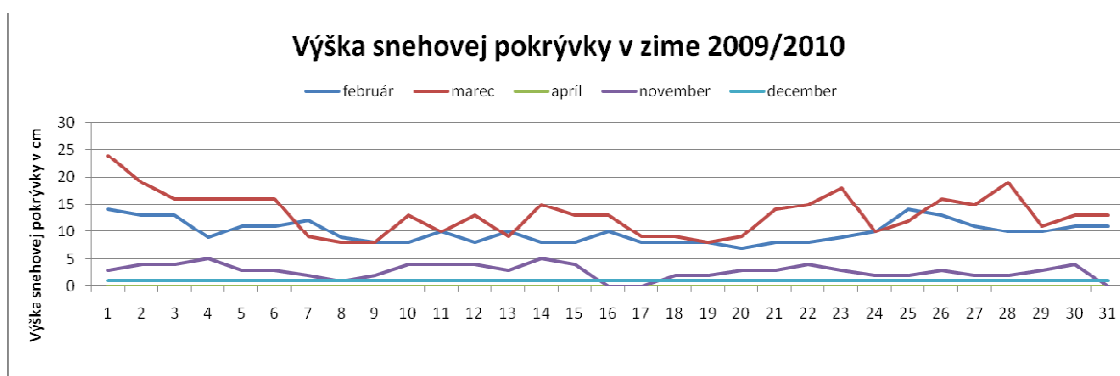


Obrázok 6: Odoberanie vzoriek snehomermom typu VS-43





Obrázok 8: Výška snehovej pokrývky



Obrázok 9: Detailný prehľad výšky snehu v zime 2009/10

Výsledky a diskusia:

Výška snehu patrí medzi najjednoduchšie merateľný parameter snehu. Z dôvodu úzkej korelácie výšky snehu s jeho vodnou hodnotou, bližšie vysvetlenie možných faktorov podávame v stati pri vodnej hodnote.

Priebeh výšky snehu pod korunami porastu v zime 2008/2009 na výskumnej ploche vidíme na obrázku 9. Najvyššia hodnota výšky snehu bola odmeraná 2. 4. 2009 v mladine až 145 cm. Vo februári bola priemerná výška snehu v lese 39 cm. Pričom maximálne hodnoty sa vyskytujú pri mladine v porastovej medzere, kde mohlo dôjsť k zastaveniu snežného driftu a následnému ukladaniu snehu unášaného vetrom.

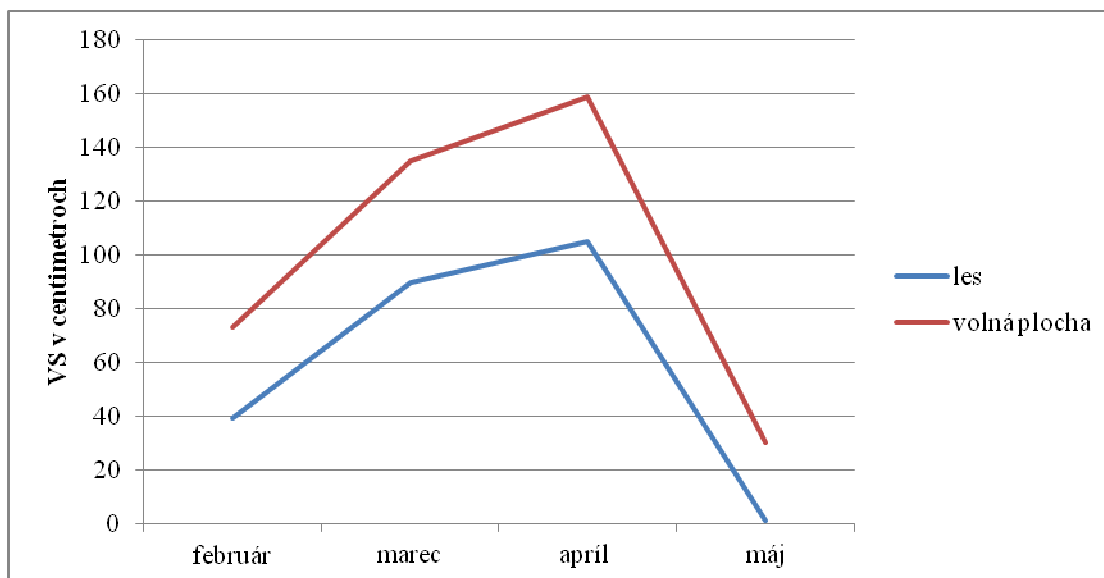
V 12.3.2009 sledujeme priemernú výšku snehu v lese 90 cm. Jej najvyššie hodnoty sú pri okraji mladiny, čo by sme mohli odôvodniť taktiež previatím snehu z okolitého staršieho porastu a jeho kumuláciu pri spomalení prúdenia vetra cez mladinu.

Meranie 2.4. 2009 vykazuje najvyššiu priemernú výšku snehu až 105 cm. Takisto sa pri tomto meraní zachytila maximálna hodnota až 145 cm. Jej výskyt v mladine odôvodňujeme možným zosunom snehu z korún stromov v mladine ako aj jeho naviatie vetrom.

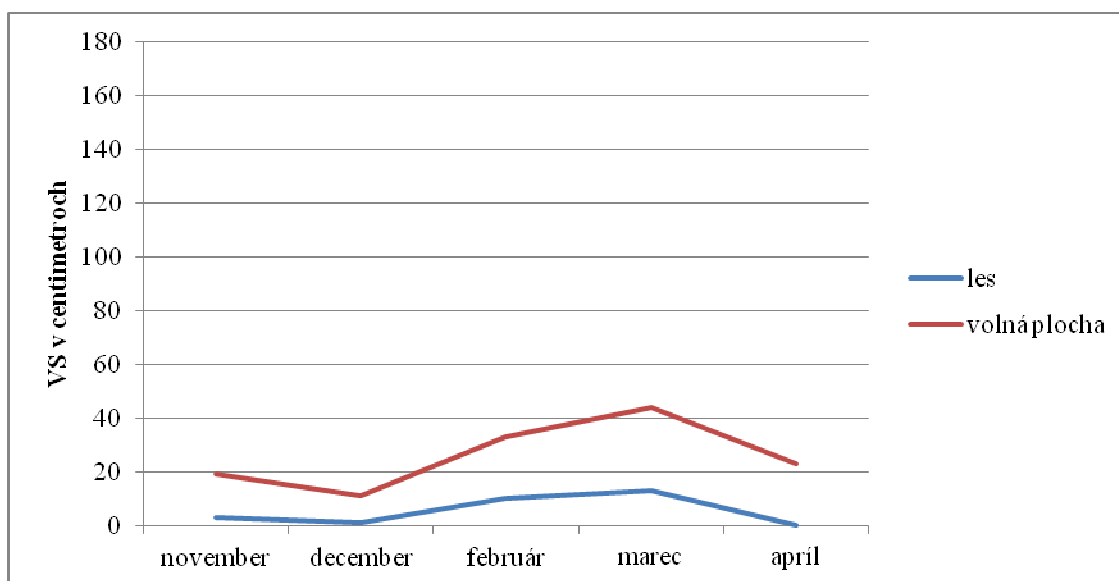
Začiatkom mája sme na ploche našli už len fragmenty snehu. Tieto sa nachádzali pod ochranou hustého zápoja v mladine, kde boli pri predchádzajúcich meraniach za celú zimu zaznamenávané najnižšie hodnoty výšky snehu.

Na obrázku 9. sledujeme detailný priebeh zmeny výšky snehovej pokrývky v zime 2009/10. Pri prvom meraní 16. 11. 2009 nachádzame v lese jej nízku hodnotu iba

maximálne 5 cm, pričom na voľnej ploche v niektorých miestach dosahovala aj 30 cm. Rozdiely sú nepatrné a pre naše hodnotenie zanedbateľné.



Obrázok 10: Výška snehovej pokrývky v zime 2008/09



Obrázok 11: Výška snehovej pokrývky v zime 2009/10

Pri meraní 29. 12. 2009 nachádzame na ploche súvislí poprašok snehu o mocnosti 1 cm. Rozdiely na tranzekte sa vymykali našej miere presnosti zisťovania výšky snehovej pokrývky t.j. 1 centimetru.

12. 2. 2010 vzhľadom na príliš nízku snehovú pokrývku nemôžeme objektívne zdôvodniť vplyv porastu na ukladanie snehovej pokrývky. Zistený rozdiel medzi maximálnou (14 cm) a minimálnou hodnotou (8 cm) tvorí len 6 cm, takže v našom bádani ho neberieme na zreteľ, keďže môže byť len dielom náhody.

Pri hodnotení údajov z 3. 4 .2010 by sme mohli rozdiely v ukladaní snehu pripísať na rub zosunu snehu z korún stromov. Najnižšiu snehovú pokrývku pozorujeme v hustejšej časti- mladine, čím sa prejavuje vplyv intercepce.

Dňa 1.4. 2010 sme v lese už nezaznamenali snehovú pokrývku, pričom na voľnej ploche bola nameraná maximálna výška 32 cm.

Pri pohľade na obrázok 10 môžeme konštatovať, že ku kulminácii výšky snehovej pokrývky v zime 2008/09 došlo v mesiaci apríl. Maximálna výška bola zaznamenaná 2. 4. 2009 na voľnej ploche 175 cm. V lese sme zaznamenali v ten istý deň maximálnu hodnotu 145 cm.

V zime 2008/09 sme zistili kulmináciu v marci, pričom maximálna odmeraná výška bola na voľnej ploche a to 54 cm zatiaľ čo v lese maximum dosahovalo 24 cm. Ako môžeme sledovať na obrázku 11 v decembri došlo k poklesu snehovej pokrývky pričom v lese došlo k jej úplnému roztopeniu.

Zima 2009/10 sa vyznačovala malým množstvom snehových zrážok a zvýšenou teplotou oproti predchádzajúcej. V tabuľke 5 a 6 vidíme priemerné výšky snehovej pokrývky v lese a na voľnej ploche za sledované obdobie.

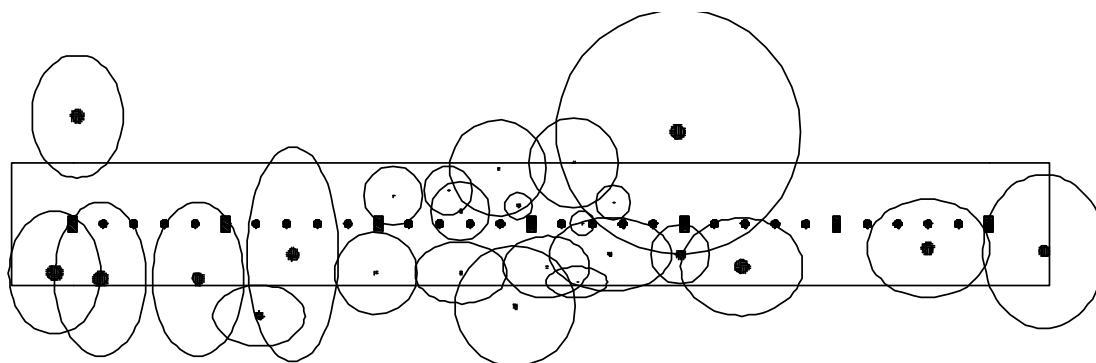
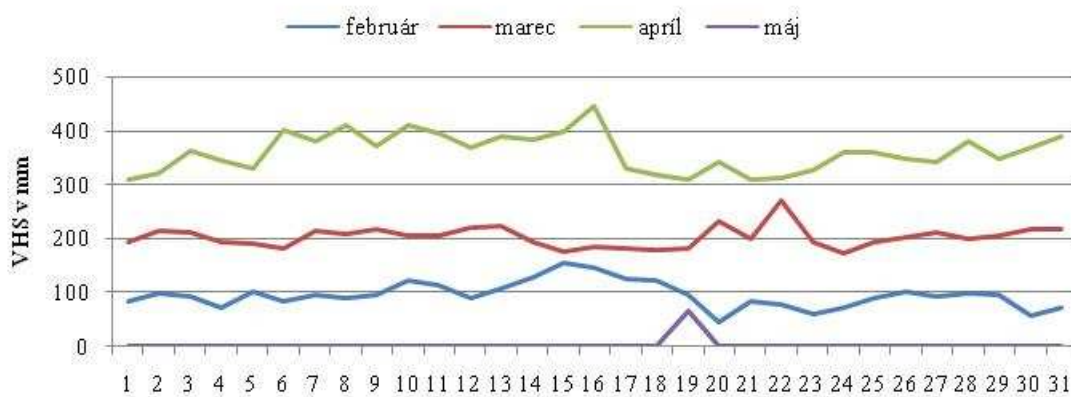
Tabuľka 5: Priemerné výšky snehovej pokrývky v zime 2008/09

Dátum merania	Lesný porast	Voľna plocha
12. 2. 2009	39	73
12. 3. 2009	90	135
2. 4. 2009	105	159
2.5.2009	1	30

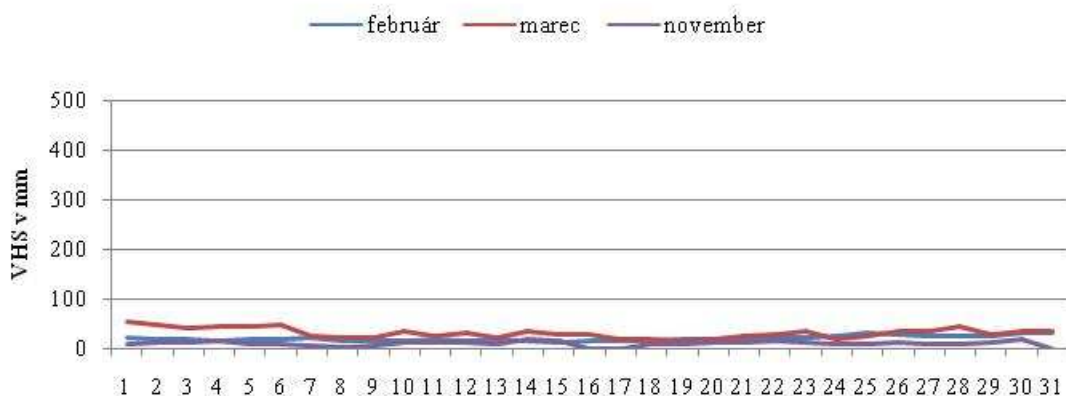
Tabuľka 6: Priemerné výšky snehovej pokrývky v zime 2009/10

Dátum merania	Lesný porast	Voľna plocha
16.11. 2009	3	19
29.12. 2009	1	11
12.2. 2010	10	33
4. 3. 2010	13	44
1. 4. 2010	0	23

Vodná hodnota snehovej pokrývky v zime 2008/09



Vodná hodnota snehovej pokrývky v zime 2009/10



Obrázok 12: Vodná hodnota snehovej pokrývky



Obrázok 13: Detail na vodnú hodnotu v zime 2009/10

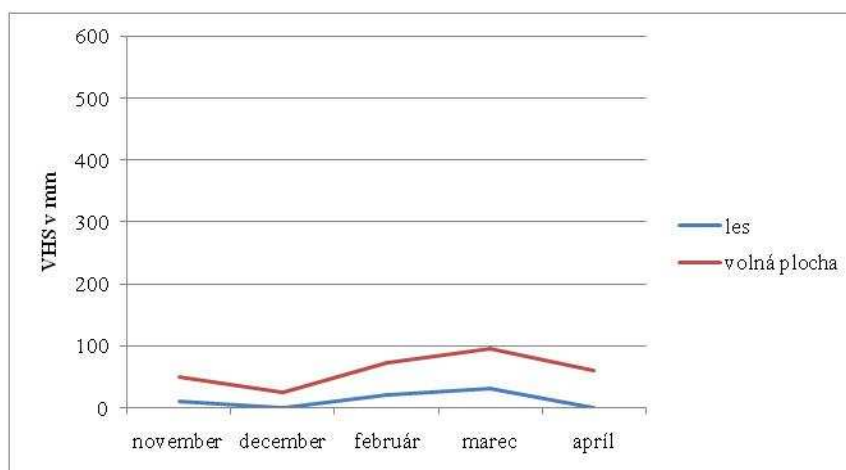
Vodná hodnota snehovej pokrývky:

Vodná hodnota je najvýstižnejšia charakteristika snehovej pokrývky. Udáva nám množstvo vody, ktoré by vzniklo roztopením snehovej pokrývky.

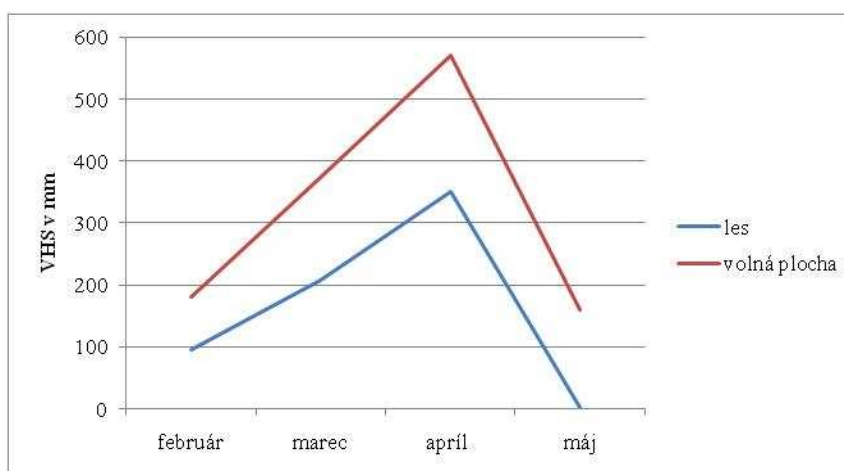
Vodná hodnota ako najdôležitejšia charakteristika snehovej pokrývky, bola zisťovaná na 7 bodoch transektu a ostatné hodnoty pre každý meter transektu, kde sa merala len výška boli získané pomocou interpolácie hustoty a nameranej výšky.

Na obrázku 12 sledujeme vodnú hodnotu snehu počas jednotlivých meraní. Maximum v lese sme zistili 2. 4. 2009 a to 445 mm kedy sme odčítali aj najvyššiu priemernú vodnú hodnotu na úrovni 350 mm. V tom období sa voľnej ploche nachádzalo v snehovej pokrývke priemerne 571 mm vody.

Pri prvom meraní 12. 2. 2009 zaznamenávame zvýšenú vodnú hodnotu snehovej pokrývky v mladine, spôsobenú možným presunom snehu z okolitých častí porastu vetrom, prípadne zosunom snehových más z okolitých stromov. Podobný vývoj môžeme sledovať aj 12. 3.2009 a 2. 4. 2009.



Obrázok 14: Vodná hodnota snehovej pokrývky v zime 2008/09



Obrázok 15: Vodná hodnota snehovej pokrývky v zime 2009/10

2. 5. 2009 sme sledovali len fragmenty snehovej pokrývky, s maximálnou vodnou hodnotou 67 mm zachované pod ochranou korún v mladine, kde sa v ostatných mesiacoch vyskytovali jej najnižšie hodnoty. V zime 2009/10, ako môžeme sledovať na obrázku 13 dochádza pri nízkej intenzite snehových zrážok k opačnému javu a stredná časť sledovaného územia, mladina, ktorá sa vyznačuje zvýšenou hustotou, vykazuje nižšie hodnoty ako okolitý presvetlený porast. V novembri došlo k špecifickej situácii, keď na krátkom úseku sme nezaznamenali snehovú pokrývku čo mohlo byť spôsobené úplným zachyteným snehu v korunách pri nízkej intenzite snehových zrážok. Čo vo svojej práci potvrdzujú aj Pobedinskij a Krčmer (1984).

Pri pohľade na obrázok 14 môžeme konštatovať, že najväčšie zásoby vody v zime 2008/09 dosahovala snehová pokrývka v apríli. Zima v danom roku sa vyznačovala bohatosťou snehových zrážok. Celkové maximum bolo zaznamenané na voľnej ploche 2.4.2009 a to s hodnotou 630 mm.

V zime s nízkou intenzitou snehových zrážok a vyššou priemernou teplotou sledujeme presun najvyšších zásob vody v snehovej pokrývke na mesiac marec (obr.15).

V tabuľkách 7 a 8 vidíme priemerné vodné hodnoty za jednotlivé merania. V zime bohatej na snehové zrážky 2008/09 zistujeme, že sa v lese nachádza priemerne o 50% menej vody vo forme snehu ako na voľnej ploche. Pri zime s malou intenzitou zrážok, 2009/10, je dané množstvo nižšie až o 80 %, čo by sme odôvodnili tým, že pri malých intenzitách snehových zrážok sa veľká časť zachytí v korunách stromov a nedochádza k ich presunu k pôde ale k sublimácii z korún. Naopak pri veľkom množstve snehu sa tento nedokáže udržať v korunách a vplyvom vetra sa za určitý čas dostáva k povrchu pôdy.

Tabuľka 7: Priemerné vodné hodnoty snehovej pokrývky v zime 2008/09

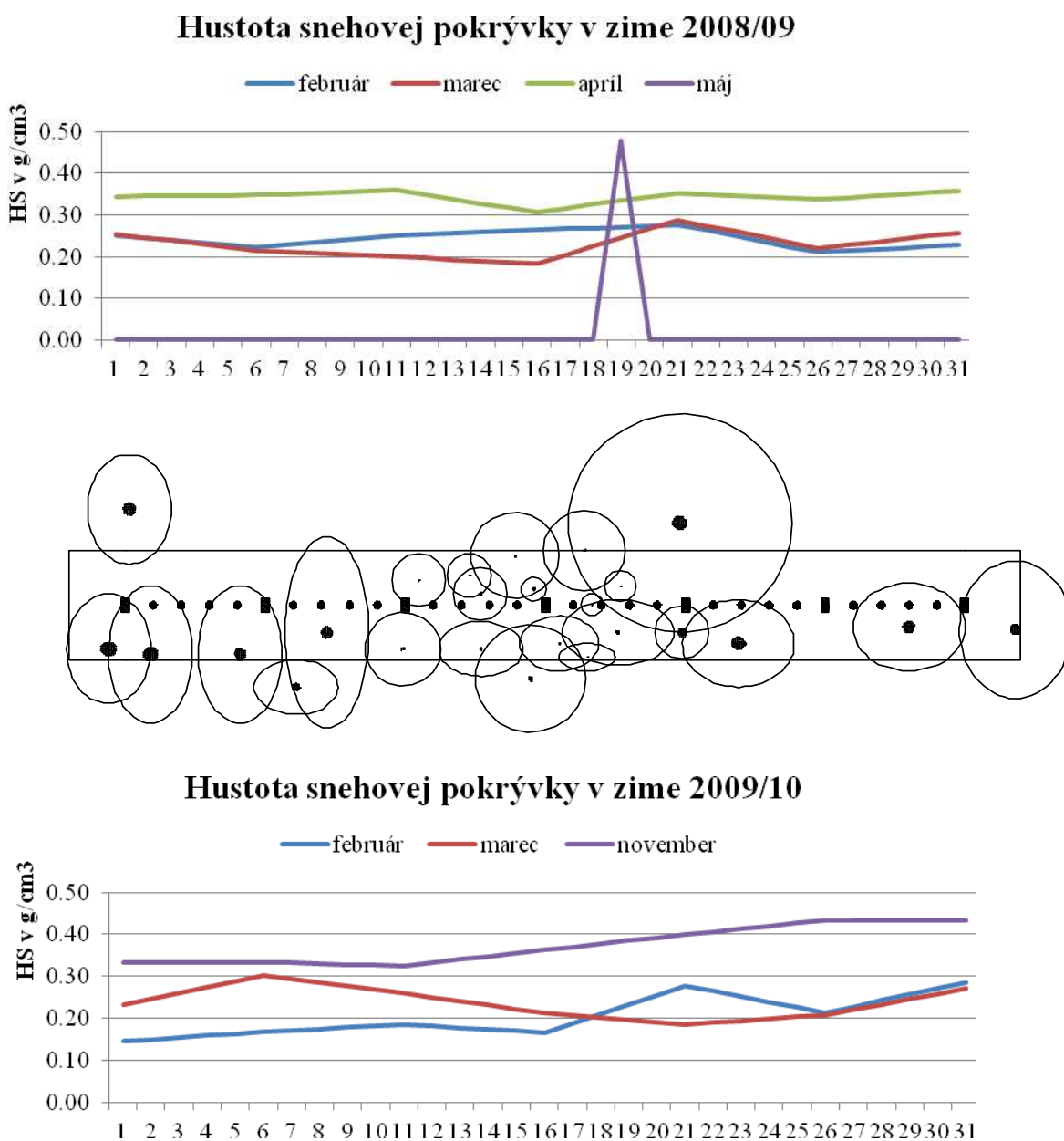
Dátum merania	Lesný porast	Voľna plocha
12. 2. 2009	96	179
12. 3. 2009	208	373
2. 4. 2009	350	571
2.5.2009	2	159

Tabuľka 8: Priemerné vodné hodnoty snehovej pokrývky v zime 2009/10

Dátum merania	Lesný porast	Voľna plocha
16.11. 2009	10	50
29.12. 2009	0	24
12.2. 2010	20	72
4. 3. 2010	31	96
1. 4. 2010	0	60

Hustota snehu:

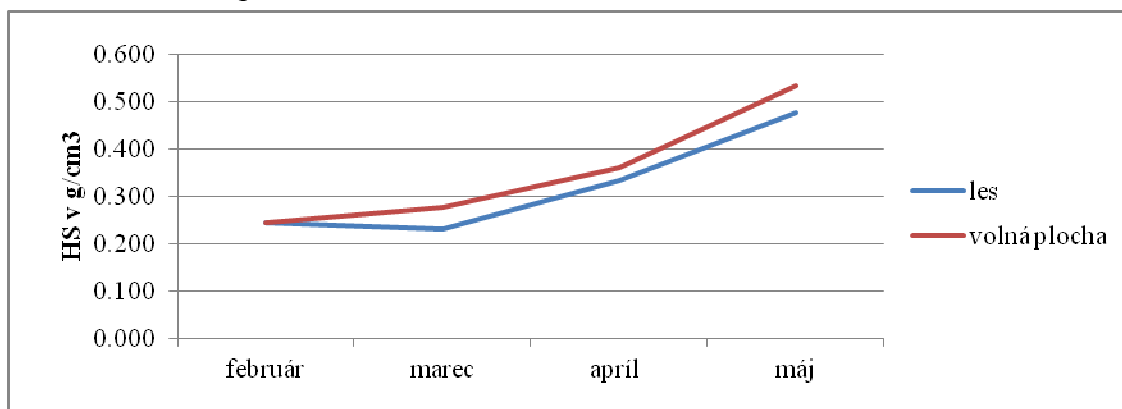
Meniace sa vlastnosti snehovej pokrývky v priebehu zimy veľmi dobre charakterizuje hustota snehu. Pri novom snehu sa pohybuje v rozmedzí 0,01- 0,20 g/cm³. Po zhutnení, pri premene snehových kryštálikov na ľadové zrníčka, dosahuje hodnôt v rozsahu 0,15-0,25 g/cm³. Pri starom snehu sa zvyšuje až do 0,6 g/cm³ (KŇAZOVICKÝ 1967).



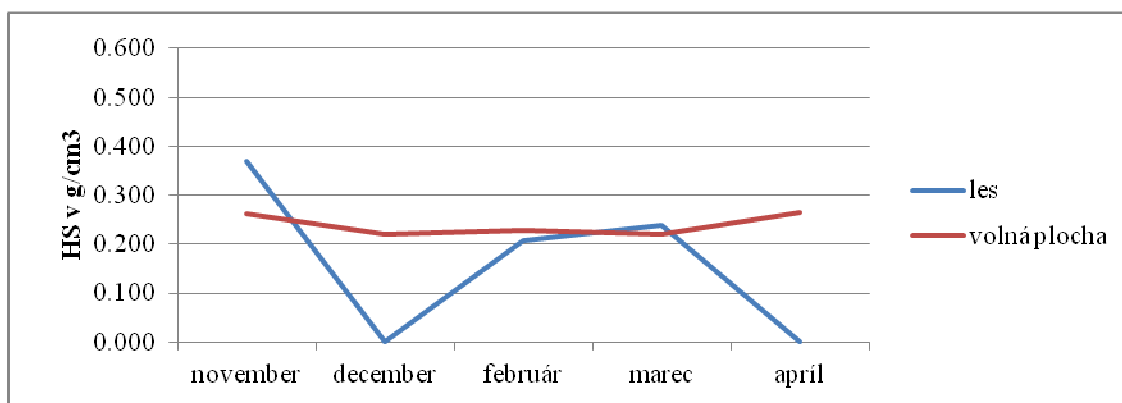
Obrázok 16: Hustota snehovej pokrývky

Na obrázku 16 sledujeme priebeh hustoty snehu na danej ploche v zimách 2008/09 a 2009/10. Zima 2008/09 sa vyznačovala bohatosťou snehovej pokrývky, preto porovnanie hustoty z ďalším rokom je odlišné. Dňa 12. 2.2009 vidíme zvýšenie hustoty pod korunami stromov v mladine, čo mohlo byť spôsobené zhutnutím pri zosuve z korún ako aj vyššou snehovou pokrývkou nachádzajúcou sa na týchto miestach. Pri meraní v marci zaznamenávame približne rovnakú hustotu snehovej pokrývky ako vo februári, pričom jej zvýšené hodnoty sledujeme v najhustejšej časti. 1. 4. 2009 zaznamenávame pokles hustoty v strede mladiny a jej vzostup na jej okrajoch. Pri zisťovaní hustoty fragmentov snehovej pokrývky 2. 5.2009 sme namerali najvyššiu hustotu až $0,477 \text{ g/cm}^3$.

Zima 2009/10 bola príznačná nízkou intenzitou snehových zrážok. 19.11.2009 zaznamenávame zvýšenie hustoty v porastovej medzere. V tento deň sme namerali aj maximálnu hustotu snehu, nami zaznamenanú v lese počas tejto zimy, práve v porastovej medzere s hodnotou $0,427 \text{ g/cm}^3$. Dňa 2.4.2010 sme jej najvyššie hodnoty namerali práve v mladine, zatiaľ čo v marcovom meraní sa jej maximá vyskytujú v redšom staršom poraste.



Obrázok 17: Hustota snehovej pokrývky v zime 2008/09



Obrázok 18: Hustota snehovej pokrývky v zime 2009/10

V tabuľke 9 môžeme porovnať priemerné hustoty snehovej pokrývky v lese s voľnou plochou. Na voľnej ploche bola hustota vždy vyššia ako v lese dôsledkom vyššej snehovej pokrývky, ktorá sa zhutňuje svojou hmotnosťou. Celkovo na obrázku 18 sledujeme vzostup hustoty snehu z $0,24 \text{ g/cm}^3$ zaznamenaného 12.2.2009 až na $0,53 \text{ g/cm}^3$ nameranej 2.5. 2009.

V zime 2009/10 sme v decembri a apríli nenašli odmerateľnú snehovú pokrývku v lese. Z vyhodnotenia ostatných hodnôt môžeme na voľnej ploche sledovať vyrovnanjší priebeh hustoty počas zimy, bez výrazného vzostupného trendu. Čo by sme mohli odôvodniť nízkou intenzitou snehových zrážok a vyššími priemernými teplotami, pri ktorých mohlo dôjsť až k úplnému roztopeniu snehovej pokrývky počas sledovaného obdobia.

V lese sme zaznamenali v mesiacoch november a marec vyššiu hustotu v porovnaní z voľnou plochou (obr.18), čo mohlo byť spôsobené, podľa nášho názoru, roztopením časti snehovej pokrývky na voľnej ploche a napadnutím nového, ľahšieho snehu. V lese

k danému javu nemuselo dôjsť, lebo pri nízkej intenzite snehových zrážok sa tento zdržal z veľkej časti v korunách stromov. V tabuľke 10 uvádzame priemerné hustoty snehu v lese a na voľnej ploche.

Tabuľka 9: Priemerné hodnoty hustoty snehovej pokrývky v zime 2008/09

Dátum merania	Lesný porast	Voľna plocha
12. 2. 2009	0,243	0,245
12. 3. 2009	0,231	0,277
2. 4. 2009	0,334	0,360
2.5.2009	0,479	0,533

Tabuľka 10: Priemerné hodnoty hustoty snehovej pokrývky v zime 2009/10

Dátum merania	Lesný porast	Voľna plocha
16.11. 2009	0,370	0,261
29.12. 2009	nemerateľné	0,222
12.2. 2010	0,206	0,229
4. 3. 2010	0,239	0,220
1. 4. 2010	nemerateľné	0,264

Záver: Snehová pokrývka predstavuje významnú zložku v kolobehu vody v krajine. Veľký význam má hlavne pre ekosystémy v horských oblastiach. Počas zimných mesiacov sa v nej akumulujú niekoľkomesačné snehové zrážky, ktoré poskytujú pri svojom topení na jar prebúdajúcej sa prírode. Postupným topením bráni vzniku povodní a reguluje odtokové pomery oblastí. V lesných ekosystémoch má veľa pozitívnych vlastností, ktoré vyplývajú hlavne z jej nízkej tepelnej vodivosti a vysokého albeda. Tým, okrem zásobovania lesných porastov vodou, ochraňuje lesnú pôdu, zabraňuje premrzaniu a usmerňuje prízemnú mikroklimu v lese, čím chráni stromy pred skorým pučaním.

V našej práci sme sledovali zmeny jej hydrofyzikálnych vlastností od februára 2009 do apríla 2010 na výskumnej ploche Červenec (1420 m. n. m.) v Západných Tatrách. Zistené údaje z lesného porastu v 7. lesnom vegetačnom stupni sme porovnávali s neďaleko ležiacou voľnou plochou. Zistené výsledky z monitoringu môžeme zhrnúť do nasledovných bodov:

V zimnej sezóne 2008/09 bola maximálna kumulácia snehovej pokrývky zaznamenaná v mesiaci apríl. V zime 2009/10, ktorá sa vyznačovala malým množstvom snehovej pokrývky v mesiaci marec.

Maximálne hodnoty výšky snehu sme zaznamenali na voľnej ploche a to 175 cm. V lese dosahovalo maximum 145 cm. Tieto údaje boli odmerané 2. 4. 2009.

Pre porovnanie maximum v ďalšom roku, odmerané 4. 3. 2010, dosahovalo len 54 cm na voľnej ploche a 24 cm v lese.

Na voľnej ploche sme zaznamenali vždy vyššiu snehovú pokrývku.

V zime 2008/09 tvorilo množstvo snehovej pokrývky v lese 50% jeho hodnoty na voľnej ploche. O rok neskôr bol tento rozdiel ešte vyšší a dosahoval priemerne až 80%.

Pre rozloženie snehovej pokrývky v lese má výrazný vplyv pri bohatej snehovej pokrývke vietor a zosun más snehu z korún. Pri zime s malou intenzitou snehových zrážok (2009/10) dochádza k vyššej intercepčii v korunách stromov. Dané procesy sú podmienené stavbou porastu.

Najvyššia vodná hodnota snehu bola zaznamenaná na voľnej ploche 2. 4. 2009 a to 630 mm.

V zime 2009/10 dosahovalo množstvo vody viazané v snehovej pokrývke iba 15 % z množstva pred rokom.

Hustota v zime 2008/09 bola na voľnej ploche vždy vyššia ako v lese. Počas celého trvania snehovej pokrývky mala vzostupný charakter.

Pod'akovanie:

Autori ďakujú za podporu projektom VEGA MŠ SR No. 1/0557/10, 1/0642/10, a 1/0257/11 a projektu "Centrum excelentnosti: Integrovaný manažment povodí v meniacich sa podmienkach prostredia", na základe podpory OP Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja na základe zmluvy č. 26220120062.

Zoznam použitej literatúry

ČABOUN, V., a kol. 1993. Ekologický a ekofyziologický výskum v lesných ekosystémoch VDO Poľana- Hukavský Grúň. Zvolen: LVÚ. 1993. 191 s.

ČURLÍK, J., ŠEFČÍK, P. 2002. Pôdna reakcia. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: MŽP SR. 2002. ISBN 80-88833-27-2. 108 s.

HANČINSKÝ, L., 1972. *Lesné typy Slovenska*, Bratislava: Príroda, 1972. 307s.

HOLKO, L., KOSTKA, Z., PECUŠOVÁ, Z., 2005. Sneh. In.: Pekárová, P., Szolgay, J., 2005. *Scenáre zmien vybraných zložiek hydrosféry a biosféry v povodí Hrona v dôsledku klimateckej zmeny*. Veda, Bratislava, 2005, 494 s.

HRÍBIK, M. 2005. Vplyv nadmorskej výšky na hydrofyzikálne vlastnosti snehovej pokrývky horských lesných ekosystémov v Biosférickej rezervácii Poľana: diplomová práca. Zvolen: LF TU. 2005. 53s.

HRÍBIK, M., ŠKVARENINA, J., 2005. Príspevok k štúdiu mikroklimy snehovej pokrývky v bukovom a smrekovom lesnom poraste BR Poľana. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., (eds): *Bioklimatologie současnosti a budoucnosti*. Brno – Křtiny 12.-14.9. 2005, ISBN 80-86 690 31-08, CD nosič a zborník abstraktov 4 s.

HRÍBIK, M., ŠKVARENINA, J. 2007. Vplyv bukového a smrekového lesa v rastovej fáze žrdoviny na vytváranie snehových zásob. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I. (eds): „*Klima lesa*“, Křtiny 11.-12.4. 2007, ISBN 978-80-86690-40-7, CD nosič a zborník abstraktov, 10 s.

HZS. 2010. *Sneh a lavíny* (ročienka SLP). Dostupné na internete: <http://www.hzs.sk/data/Rocenska_08_09_Verzia_5.pdf>

KANTOR, P., KARL, Z., ŠACH, F., 2007. Ukládání a intenzita tání sněhu v mladém smrkovém porostu v zimním období 2005/2006 In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I., (eds): „*Klima lesa*“, Křtiny 11.-12.4. 2007, ISBN 978-80-86690-40-7, CD nosič a zborník abstraktov 10 s.

KŇAZOVICKÝ, L., 1967. *Lavíny*. Bratislava: Vydavateľstvo SAV. 1967. 264 s.

KŇAZOVICKÝ, L., 1970. *Západné Tatry*, Bratislava: Vydavateľstvo SAV. 1970. 216 s.

- KONČEK, M., BRIEDOŇ, V., 1959. Snehov pomery Vysokých Tatier. In: *Geografick časopis*, 11, 1.
- KONČEK, M., BRIEDOŇ, V., 1964. *Sneh a snehov pokrývka na Slovensku*. Bratislava: SAV. 1964.
- LAPIN, M., a kol. 2002. Klimatick oblasti. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: MŹP SR. 2002. ISBN 80-88833-27-2. 95 s .
- MALÍK, P., a kol. 2002. Hydrogeologick pomery. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: MŹP SR. 2002. ISBN 80-88833-27-2. 102 s.
- MINDŠ, J. 1999. Kvantitatívna a kvalitatívna charakteristika zrŹkovho reŹimu jedľovo-bukového ekosystému. dizertan práca, Zvolen: LF TU 1999, 128 s.
- MP SR, NLC. 2008. *Zelen správa*. Bratislava: MP SR. 2008, 168 s. ISBN 978-80-8093-064-6
- OREŇK, M. 2009. ZrŹkovo intercepny proces horských smren Západných Tatier, Diplomov práca, LF TU Zvolen 2009.70 s.
- PECUŠOV, Z., HOLKO, L., 2002. Vplyv vegetácie na gradient vodnej hodnoty snehovej pokrývky a urcovanie priemernej hustoty snehu na snehomernom profile. In: *Acta Hydrologica Slovaca*, roč. 3, . 1, 2002, s. 3-9.
- POBEDINSKIJ, A. V., KREČMER. V., 1984. *Funkce les v ochrane vod a pôdy*. Praha: Státní zemdlsk nakladatelství, . 1984. 256 s.
- SHMÚ. 2003. *Povodne pred, počas, po....* Bratislava: SHMÚ. 2003. 44 s. ISBN 80-88907-38-1
- ŠÁLY, R., 1978. *Pda, základ lesnej produkcie*. Bratislava: Príroda. 1978. 240 s.
- ŠÁLY, R., ŠURINA, B.2002. Pôdy. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: MŹP SR. 2002. ISBN 80-88833-27-2. 106-107s.
- ŠIMO, E., ZATKO, M., 2002. Odtokov reŹimy riek. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: MŹP SR. 2002. ISBN 80-88833-27-2. 103 s.
- ŠPÁNIK, F., a kol., 2004. *Biometeorolgia*. Nitra: SPU v Nitre.2004. 228s.ISBN 80-8069-315-3
- TOMLAIN, J., HRVOJ, J. 2002. Globálne Źiarenie a relatívne trvanie slnečného svitu. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: MŹP SR. 2002. ISBN 80-88833-27-2. 96 s.
- TREMBOŠ, M., MINÁR, J.2002. Morfologicko-morfometrick typy reliéfu. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: MŹP SR. 2002. ISBN 80-88833-27-2. 90-91s.

Kontaktn adresa 1. autora:

Ing. Matúš Hřibik PhD., Katedra porodnho prostředia, Lesnícka fakulta, TU vo Zvolene, Masarykova 24, 96053, Zvolen, hribik@vsld.tuzvo.sk