

UKLÁDÁNÍ SNĚHU VE VZTAHU K DŘEVINÁM VYSAZENÝM NA KALAMITNÍ HOLINĚ V HŘEBENOVÉ PARTII HORSKÝCH POLOH

DISTRIBUTION OF SNOW COVER IN RELATION TO TREE SPECIES PLANTED IN CLEARING DUE TO SALVAGE CUTTING IN SUMMIT MOUNTAIN LOCATION

JAN BARTOŠ - ONDŘEJ ŠPULÁK - VLADIMÍR ČERNOŠOUS

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

Formation of the large clear-cut areas in a period of increased air pollution had significant impact on the micro- and mesoclimatic changes of the site. Hydrological function of stands is being renewed together with the growth of young plantations. Impact of each tree species on the accumulation and melting of snow can be different. Paper compares influence of five tree species at the age of 20 years (rowan, mountain pine, European larch, Norway spruce, and birch) on the snow accumulation on the former large clear-cut area at altitude of 1,080 m in the Krkonoše Mts. Dwarf pine has showed the largest snow accumulation, when the snow cover does not exceed 1 m height. Generally the largest snow accumulation was found in Norway spruce thicket. At the time of spring snowmelting Norway spruce thicket can keep nearly by 400 mm more water compared to dwarf pine or birch stands. The amount of snow water delayed in the stands was generally greater compared with clear-cut area.

Klíčová slova: sněhová pokrývka, vodní hodnota sněhu, odtávání sněhu, lesní dřeviny
Key words: snow cover, water equivalent, snow melting, tree species

ÚVOD

Plnění hydrických funkcí lesa má v horských ekosystémech nesmírný význam. Konkrétně zachycení co největšího množství srážek a jejich následné pozvolné uvolňování je jedním s významných faktorů pro tlumení povodňových situací. Sněhová pokrývka v horských polohách představuje v průměru 25 - 30 % ročního úhrnu srážek a ovlivňuje po dlouhou dobu vodní režim v jarních měsících (KANTOR 1979). V minulosti došlo vlivem rozvoje lidské společnosti k velkým škodám na přirozených ekosystémech, které se tvořily dlouhá tisíciletí. Tomuto poškození neunikly ani hřebenové partie Krkonoš. I zde musely být uměle obnovovány rozsáhlé imisní holiny (LOKVENC et al. 1992). Vznik rozsáhlých holin s sebou přinesl významné bioklimatické změny, mj. změnu režimu akumulace a tání sněhu oproti porostnímu i mýtinovému podnebí normálních obnovních sečí (KREČMER 1982) a celkovou změnu hydrologických poměrů (např. WOZNAK 1988). Už v době začátku likvidace imisní kalamity se předpokládalo, že odlišný režim tání bude charakterizován jeho dřívějším nástupem a jeho větší intenzitou při kratším trvání na pasekách, zvláště do doby zapojení následných porostů (KREČMER in PEŘINA et al. 1984). V současné době se velká část mladých porostů následné generace zapojuje.

Tento příspěvek uvádí nové dílčí poznatky k problematice, jak lze ovlivnit ukládání sněhové pokrývky, respektive akumulaci zimní srážkové vody v ekosystému využitím různých dřevin na kalamitních holinách v hřebenových partiích.

METODIKA

Sledování ukládání sněhové pokrývky v závislosti na růstu různých dřevin probíhalo v hřebenové partii Krkonoš. Oplocená trvalá výzkumná plocha (TVP) Lesní bouda se nachází ve vrcholové části Liščího hřebenu, jihovýchodně od Liščí hory, v nadmořské výšce 1 080 m. TVP byla založena v roce 1986 na rozsáhlé imisní holině vzniklé po vytěžení smrkového porostu (KRIEDEL 1995). Velikost výzkumné plochy je necelé 2 ha. Typologicky je lokalita zařazena do lesního typu 8K2. Svažité terén jihozápadní expozice má průměrný sklon 2 %. Půda je tvořena převážně humuso-železitým podzolem.

V letech 1986 a 1987 byly na výzkumnou plochu vysázeny ve třech různých sponech následující dřeviny: kleč horská, směs břízy bělokoré a karpatské, smrk ztepilý, modřín opadavý a jeřáb ptačí. Dřeviny byly vysázeny v 10 m širokých pruzích kolmo k valům těžebních zbytků, vzdálených od sebe 50 m. Pruhy dřevin jsou orientovány na severozápad (obr. 1).

Od založení TVP byla měřena výška sněhové pokrývky v závislosti na vzdálenosti od ručně vytvořených valů těžebních zbytků o výšce 185 - 250 cm. Po slehnutí valů na nevýznamnou výšku (20 až 40 cm) vůči odrůstajícím dřevinám byly v roce 2004 sněhoměrné latě přemístěny tak, aby bylo možné sledovat vliv vysazených dřevin na ukládání sněhové pokrývky. Transekt deseti sněhoměrných latí o výšce 2,7 m přibližně v 10metrovém rozestupu je umístěn uprostřed pruhu každé dřeviny. Jako kontrola byla vzata plocha s 10 sněhoměrnými latěmi umístěná ve vzdálenosti asi 30 m od TVP

**Obr. 1.**

Letecký pohled na trvalou výzkumnou plochu Lesní bouda v hřebenové partii Krkonoše v nadmořské výšce 1 080 m
Research plot Lesní bouda in the Krkonoše Mts at the altitude of 1,080 m

směrem na severovýchod mimo oplocení. Zde v důsledku vysokých ztrát po zalesnění roste pouze několik jedinců smrku z přirozeného zmlazení s maximální výškou do 1 m. Tuto variantu experimentu, v příspěvku dále označovanou jako „volná plocha“, lze přirovnat k sukcesnímu vývoji kalamitní holiny. Včetně kontroly je na ploše umístěno celkem 60 latí.

Četnost zimního ambulantního měření byla řádově ve čtrnáctidenních intervalech. Rychlost odtávání sněhové pokrývky byla hodnocena jako úbytek absolutní výšky sněhové pokrývky. Při každém ambulantním měření byl odebrán jeden vzorek sněhu pro zjištění aktuální vodní hodnoty a hustoty sněhu na TVP. Dne 19. 1. 2006 bylo provedeno vyhodnocení závislosti hmotnosti sněhového profilu ku jeho výšce průřezově po ploše. Maximální denní teploty byly pro daný den měření získávány z kontinuálně sledované teploty automatickou meteorostanicí umístěnou na TVP. Pro potřeby tohoto příspěvku jsou použita měření růstových charakteristik dřevin z jara 2008 (průměrná výška, výčetní kruhová základna, šířka korun). V každé dřevině byla dendrometrická data zjišťována na čtyřech zkusných ploškách o velikosti 5 x 5 m rozmístěných tak, aby v každé plošce byla alespoň jedna sněhoměrná latě.

Pro statistické vyhodnocení získaných veličin byla použita metoda ANOVA a následný Shefeho test v programovém vybavení MS Excel a NCSS.

Tab. 1.

Základní charakteristiky dvacetiletého porostu dřevin na TVP Lesní bouda na jaře 2008 (hodnoty v závorce udávají směrodatnou odchylku)
Basic stand characteristics of tree species on the research plot Lesní bouda in 2008 at the age of 20 years (standard errors in brackets)

Dřevina ¹	Počet ² /ks.ha ⁻¹	Výčetní průměr ³ /mm	Kruhová ⁴ zákl. /m ²	Pokryvnost korun ⁵ /%	Výška ⁶ /cm
Bříza ⁷	2 800 (282)	47,4 (4,8)	5,91 (1,5)	82 (31)	390 (118)
Jeřáb ⁸	4 100 (332)	25,7 (3,1)	2,80 (0,3)	41 (9)	287 (125)
Modřín ⁹	1 900 (173)	101,4 (16,5)	17,79 (5,1)	109 (28)	591 (176)
Smrk ¹⁰	3 200 (489)	44,0 (6,0)	5,90 (1,9)	80 (29)	295 (116)
Kleč ¹¹	x	x	x	x	227 (20)

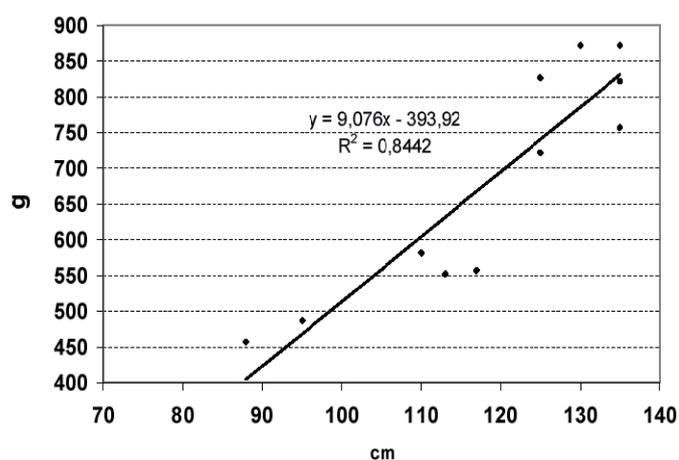
Note: ¹tree species, ²plantation density, ³diameter at breast height, ⁴basal area, ⁵crown cover (canopy), ⁶height, ⁷birch, ⁸rowan, ⁹larch, ¹⁰spruce, ¹¹mountain pine

VÝSLEDKY A DISKUSE

Po celou dobu sledování vysazených dřevin vykazoval nejlepší růstovou dynamiku modřín. Na jaře 2008 měl největší střední tloušťku a i při nízkém počtu stromů nejvyšší výčetní kruhovou základnu (tab. 1). Plocha korun přesáhla výměru plochy (108 %), u části korun tak dochází k vzájemnému překryvu. Porosty břízy a smrku mají srovnatelnou kruhovou základnu, tloušťku i sumu plochy korun. Počty smrků na ploše jsou mírně vyšší než u břízy, část smrků je však silně poškozena sněhovými zlomy obzvláště ze zimy 2004/2005. Porost jeřábu má ze všech sledovaných dřevin nejnižší tloušťku i pokryvnost korun, přes vyšší počet jedinců je kruhová základna nízká a i zde se vyskytuje přibližně u 25 % jedinců poškození sněhem, zlomení kmínku a odnožení od pařezu. Klečový porost vykazuje velmi dobrý zdravotní stav a je zapojen. Zde byla měřena pouze střední výška hlavních větví na transektu vymezeném sněhoměrnými latěmi. Její průměrná hodnota činila 227 cm. Příznivé stanovištní podmínky a vysoká hustota porostu kleče podmiňují vystoupavý růst větví, přesto je pokryvnost korun velmi vysoká a vegetace pod keři kleče se vyskytuje pouze sporadicky.

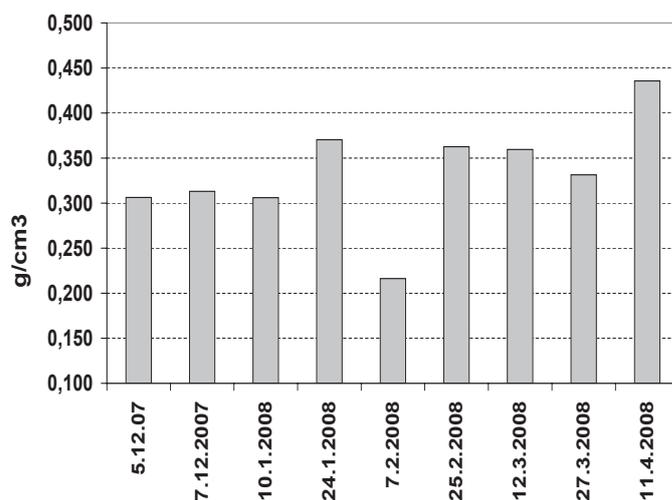
Ukládání sněhu v zimním období ovlivňuje kromě charakteru dřeviny i její dimenze a plošné uspořádání. Hustší koruny jehličnanů s vysokou intercepací ovlivňují ukládání sněhu i další vývoj jeho vlastností. Jednoznačně odlišný způsob ukládání sněhu s tvorbou mohutných sněhových návějí byl pozorován v okolí jedinců smrku. Následně kolísání výšky a změny charakteru sněhu ovlivňují přístup slunečního záření, sekundární transport sněhu i proces zhutňování sněhové pokrývky. Vystoupavé větve kleče způsobují v prvním období zachytávání sněhu a jeho nakypření. Tento efekt byl u kleče zjištěn na počátcích sledovaných období do výšky sněhu ca 1 m. S dalším nárůstem výšky a hlavně hmotnosti sněhu jsou větve přitlačovány k zemi. Obdobně fungují i spodní větve u smrku a modřínu.

Výsledky ambulantního měření závislosti hmotnosti odebraného válce sněhu na jeho výšce (hustota sněhu) ze dne 19. 1. 2006 potvrdily úzkou závislost (obr. 2). Hustota sněhu v uvedeném termínu takřka lineárně stoupá s výškou sněhové pokrývky. Proto předpokládáme, vzhledem k dimenzím porovnávaných mlazín, stejnou hustotu sněhové pokrývky na celé ploše. V dospělém porostu buku udává např. BRECHTEL (1970) zásobu vody ve sněhu o 20 - 25 % větší oproti porostu smrku. V budoucnu proto chceme rozšířit měření o pravidelnější hodnocení hustoty sněhu pod jednotlivými dřevinami.



Obr. 2.

Výsledky ambulantního měření závislosti hmotnosti sněhové pokrývky na její výšce ze dne 19. 1. 2006 na TVP Lesní bouda
Relation of snow height to its weight measured on January 19, 2006 on the Lesní bouda research plot



Obr. 3.

Průměrné hodnoty hustoty sněhu v zimní sezoně 2007/2008 na TVP Lesní bouda
Mean snow densities in the winter period 2007/2008 (Lesní bouda research plot)

Tab. 2.

Charakteristika sněhové pokrývky v zimním období 2004/2005 (TVP Lesní bouda)
Snow characteristics in winter period 2004/2005 (Lesní bouda research plot)

Datum ¹		1.12.2004	16.12.2004	13.1.2005	1.2.2005	15.2.2005	28.2.2005	29.3.2005	11.4.2005
Varianta ²									
Bříza ³	cm	41	a 38	a 83	ab 151	a 173	ab 162	a 140	a 92
	Sx	7,3	5,1	7,5	6,6	14,7	27,3	7,1	6,8
Jeřáb ⁴	cm	45	ab 46	ab 94	b 168	ab 199	bc 216	b 174	b 131
	Sx	5,5	4,9	5,8	12,1	9,7	19,8	10,2	12,8
Kleč ⁵	cm	69	c 62	bc 105	bc 156	a 170	a 187	ab 133	a 89
	Sx	6,6	5,1	8,4	3,7	8,4	10,8	2,4	3,7
Modřín ⁶	cm	48	ab 44	ab 91	b 204	b 207	c 264	c 229	c 180
	Sx	7,5	5,8	10,7	22,9	3,5	18,5	22,4	29,8
Smrk ⁷	cm	58	b 55	b 99	b 227	bc 235	d 286	c 242	d 192
	Sx	2,4	4,5	6,6	6,8	4,5	8,6	14,7	11,2
Volná plocha ⁸	cm	51	ab 44	a 71	a 147	a 176	b 184	ab 125	a 85
	Sx	5,4	4,2	8,4	13,4	13,0	14,2	7,5	9,4
MDT	°C	3,2	4,7	x	x	-3,7	-7,5	11,7	11,1
Hustota ⁹	g.cm ⁻³	x	0,29	0,19	0,16	0,28	x	x	0,44
Max VHS	mm	x	178 kleč	203 kleč	371 smrk	666 smrk	x	x	843 smrk
MinVHS	mm	x	109 bříza	160 bříza	247 bříza	482 kleč	x	x	391 kleč

¹date, ²treatment, ³birch, ⁴rowan, ⁵mountain pine, ⁶larch, ⁷spruce, ⁸free area, ⁹snow density, Sx - směrodatná odchylka/standard deviation, MDT – maximální denní teplota v den sledování/maximal daily temperature in the day of observation, VHS – vodní hodnota sněhu/water equivalent of snow, písmena udávají statistické odlišnosti/letters show significant differences

Charakteristika průběhu sněhové pokrývky v jednotlivých letech:

- zimní období 2004/2005

Rok 2005 lze popsat jako rok s vysokou sněhovou pokrývkou. Sněžit začalo relativně brzo v listopadu a díky absenci vyšších teplot, při kterých by docházelo k intenzivnějšímu tání sněhové pokrývky, se výška sněhu během celé zimy postupně zvyšovala. Při kulminaci

koncem února průměrná výška na ploše přesáhla 200 cm. Maximální výška sněhové pokrývky byla naměřena dne 28. 2. 2005 v porostu smrku, kde dosáhla 300 cm.

Do průměrné výšky sněhové pokrývky řádově 100 cm byly zaznamenány nejvyšší hodnoty v porostu kleče, nejnižší v porostu břízy (tab. 2). Se zvětšující se výškou sněhu byla největší vrstva

sněhu naměřena ve smrku, kde dosáhla při kulminaci průměrné hodnoty 286 cm. Naopak ze sledovaných dřevin nejnižší maximální průměrná výška sněhové pokrývky byla změřena v porostu břízy – 173 cm.

Zajímavé výsledky ukazuje porovnání modelové vodní hodnoty sněhu v jednotlivých dřevinách. Maximální hodnota 843 mm byla změřena v porostu smrku, v době jarního tání dne 11. 4. 2005, při průměrné hustotě sněhu 0,439 g.cm⁻³. Ve stejném termínu byla vodní hodnota v kleči pouze 391 mm a na volné ploše 374 mm. Dvacetiletý porost smrku tak zachytil o 452 mm srážek více oproti porostu kleče a o 469 mm více oproti volné ploše. Schopnost mladého smrkového porostu akumulovat v zimním období velké množství srážek uvádí také KANTOR a ŠACH (2002) a KANTOR et al. (2007). Odtávání nejvíce záviselo na maximální akumulované sněhové pokrývce a jejím zastínění před slunečním zářením. V první fázi odtával sníh nejrychleji na volné ploše (59 cm) a v kleči (54 cm), v další fázi odtávání nebyly mezi absolutními úbytky sněhové pokrývky mezi jednotlivými variantami významné rozdíly. Díky vyšší vrstvě naakumulovaného sněhu ve smrku a modřínu však sníh pod těmito dřevinami odtával o něco déle. Z výsledků je tedy zřejmé, že využitím různých dřevin při umělé obnově kalamitních holin lze tak relativně významně v horizontu 20 let ovlivnit vodní bilanci při jarním tání.

- zimní období 2005/2006

Ke konci roku 2005 napadla vysoká vrstva sněhu, absence sněhových srážek v následném období způsobila postupný pokles výšky sněhu. Teprve v únoru 2006 se sněhová pokrývka začala postupně zvyšovat a po kulminaci v polovině února odtávala pouze pomalu až do poloviny dubna.

V této sezoně se opět nejrychleji začala vrstvit sněhová pokrývka do výšky řádově jednoho metru v porostu kleče (tab. 3). Od této doby (konec první dekády prosince 2005) dosahovala nejvyšší hodnoty sněhová pokrývka v porostu smrku. Nejvyšší hodnoty výšky sněhové pokrývky v jeřábu zaznamenané po 31. 1. 2006 byly podle našeho názoru ovlivněny převládajícím vzdušným prouděním s převíváním sněhu. Proudění bylo zpomalováno relativně vysokým sousedícím porostem modřínu a tak vznikaly sněhové návěje dosahující až k sněhoměrným latím v jeřábu. Nejvyšší výška sněhové pokrývky byla změřena v porostu smrku dne 15. 2. 2006, a to 220 cm. Nejnižší akumulace sněhové pokrývky byla zaznamenána na volné ploše a z dřevin v porostu břízy.

Proces ukládání sněhu na rozsáhlých kalamitních holinách je na rozdíl od lesních porostů výrazně ovlivňován prouděním vzduchu (KREČMER in PEŘINA et al. 1984). Dochází zde ke značné nehomogenitě sněhové pokrývky způsobené návětrnými a závětrnými polohami, terénními zlomy, valy z těžebních zbytků či pruhy starších kultur (KANTOR 1988). Kantor dále uvádí, že v důsledku odlišného intercepčního procesu sněhových srážek v dospělých smrkových a bukových porostech je výška i vodní hodnota sněhu v celém období ukládání sněhu vždy vyšší v bezlistých listnatých porostech. Tyto od našich zjištění odlišné výsledky vysvětlujeme tím, že mladé porosty ve stadiu tyčkovin nezachytí na slabých větvích srovnatelné množství sněhu s dospělými jedinci a fungují pouze jako překážka vzdušného proudění, u které se ukládá sníh.

Největší rozdíl modelových vodních hodnot sněhu byl změřen 13. dubna mezi smrkem a břízou (252 mm). Odtávání sněhové pokrývky bylo nejrychlejší v porostu kleče a břízy. Nejpomaleji odtával sníh v modřínu, kde se za stejný časový úsek snížila sněhová

Tab. 3.

Charakteristika sněhové pokrývky v zimním období 2005/2006 na TVP Lesní bouda
Snow characteristics in winter period 2005/2006 (Lesní bouda research plot)

Varianta ¹		1.12.2005	15.12.2005	4.1.2006	19.1.2006	31.1.2006	15.2.2006	13.4.2006
Bříza ²	cm	57	a 118	a 116	b 104	a 114	ab 152	a 79
	Sx	2,1	2,2	9,7	4,9	3,7	6,8	7,3
Jeřáb ³	cm	51	a 110	a 122	bc 111	a 132	b 182	b 117
	Sx	3,4	12,6	8,1	9,2	12,9	18,1	7,5
Kleč ⁴	cm	78	b 130	ab 120	bc 111	a 122	ab 157	ab 84
	Sx	10,3	5,3	7,1	5,8	6,8	5,1	3,7
Modřín ⁵	cm	50	a 127	ab 123	bc 115	ab 120	ab 158	ab 113
	Sx	2,6	3,8	14,0	11,8	11,8	10,3	16,6
Smrk ⁶	cm	55	a 170	c 152	c 139	b 149	c 201	c 135
	Sx	3,7	5,5	17,2	8,0	13,2	12,4	12,6
Volná plocha ⁷	cm	54	a 110	a 95	a 121	a 103	a 139	a 84
	Sx	6,8	8,3	8,3	14,8	8,3	6,6	4,9
MDT	°C	-1,6	-1,5	-4,4		7,6	-4,3	4,3
Hustota ⁸	g.cm ⁻³			0,275		0,457	0,268	0,450
Max VHS	mm			418		682	539	607
				smrk		smrk	smrk	smrk
MinVHS	mm			319		521	408	355
				bříza		bříza	bříza	bříza

¹date, ²treatment, ³birch, ⁴rowan, ⁵mountain pine, ⁶larch, ⁷spruce, ⁸free area, ⁹snow density, Sx – směrodatná odchylka/standard deviation, MDT – maximální denní teplota v den sledování/maximal daily temperature in the day of observation, VHS – vodní hodnota sněhu/water equivalent of snow, písmena udávají statistické odlišnosti/letters show significant differences

pokrývka o třetinu. Zajímavým zjištěním je to, že na volné ploše odtával sníh pomaleji než v porostu břízy a kleče. U kleče to může být způsobeno vyšší absorpcí slunečního záření tmavými výhony a jehlicemi a jejich ohříváním způsobujícím zrychlené tání sněhu, který má sám vysoké albedo v okolí jedinců kleče.

- zimní období 2006/2007

Rok 2007 lze charakterizovat jako rok s nejnižší sněhovou pokrývkou za sledované čtyřleté období. V roce 2007 napadl sníh až v lednu a při kulminaci v polovině února dosáhl pouze ca 80 cm.

I v tomto období se potvrdila nejvyšší akumulace sněhové pokrývky do hodnot kolem 1 m v porostu kleče (tab. 4). Ve výrazně na sněhové srážky chudě zimě byla zaznamenána i maximální průměrná hodnota akumulace sněhu v porostu kleče (102 cm). Maximální absolutní naměřená hodnota byla zjištěna dne 22. 2. 2007 v porostu kleče (130 cm). Největší rozdíl ve vodní hodnotě sněhu byl změřen mezi porosty smrku a břízy 28. 3. (112 mm). Odtávání sněhové pokrývky, které bylo pozorováno od měření ze dne 22. 2., bylo ovlivněno nízkou výškou nahromaděného sněhu. Nejrychleji odtával sníh v porostu kleče a v jeřábu. Nejpomaleji odtával sníh v modřinu a ve smrku.

- zimní období 2007/2008

První sněhové srážky nastaly v listopadu 2007 a přes mírné kolísání se výška sněhu udržovala stejná až do počátku dubna, kdy během krátkého období sněhových srážek nastala poměrně značná kulminace sněhu a následně rychlé odtávání.

Do konce kalendářního roku 2007, kdy se výška sněhové pokrývky pohybovala okolo 1 m, byly opět nejvyšší průměrné hodnoty měřeny v porostu kleče (tab. 5). Maximální průměrná výška sněhové pokrývky (161 cm) byla změřena v jeřábu dne 27. 3. Tomuto maximu odpovídá i maximální modelová vodní hodnota sněhu (534 mm). Největší rozdíl v akumulovaných srážkách mezi hodnocenými dřevinami byl zaznamenán 11. 4. a činil 120 mm.

Z výsledků hodnocení rychlosti odtávání je zřejmé, že v dubnu nejrychleji odtával sníh v jeřábu, kde ubylo 49 a 64 cm sněhové pokrývky. Naopak nejpomaleji se snižovala zásoba sněhu v porostu modřinu (40 cm za dva týdny) a k datu 25. 4. v bříze (48 cm). V případě modřinu se tak projevil efekt hustoty porostu s vysokou pokrývností korun, který zabraňuje pronikání slunečních paprsků. Ke srovnatelným výsledkům dospěl i FIŠERA (1991), který uvádí, že v celistvějších porostních žebrech dochází k výraznější akumulaci sněhu a zpomalení jeho odtávání, přičemž rozdíl v mocnosti výsledné sněhové pokrývky není tak výrazný jako zpomalení odtávání, jež je zapříčiněno vyšším podílem stínu daného porostu.

Hustota sněhu závisí na poměru nově napadlého sněhu v celém profilu, na jeho slehávání a na teplotě vzduchu v periodě před provedením ambulantního měření. Ze získaných výsledků je zřejmé, že průměrná hustota sněhu se zvyšuje ke konci zimy s nárůstem teplot vzduchu, v období jarního tání a se změnou struktury sněhové pokrývky (obr. 3). Obdobné výsledky uvádí již například KANTOR (1979) z měření v dospělém smrkovém a bukovém porostu. V roce 2008 byla změřena nejnižší hodnota 8. února - 0,216 g.cm⁻³,

Tab. 4.

Charakteristika sněhové pokrývky v zimním období 2006/2007 na TVP Lesní bouda
Snow characteristics in winter period 2006/2007 (Lesní bouda research plot)

Varianta ¹		26.1.2007	7.2.2007	22.2.2007	13.3.2007	28.3.2007	11.4.2007
Bříza ²	cm	60	63	79	70	50	25
	Sx	7,1	8,7	9,5	7,1	7,1	7,2
Jeřáb ³	cm	57	70	92	79	69	22
	Sx	9,3	7,7	11,7	10,2	11,0	6,3
Kleč ⁴	cm	83	89	102	88	67	37
	Sx	13,1	15,1	15,5	10,0	8,1	10,0
Modřín ⁵	cm	53	65	81	74	58	25
	Sx	6,8	7,9	8,5	5,4	6,4	8,1
Smrk ⁶	cm	62	83	97	90	78	46
	Sx	7,4	19,4	16,8	13,7	23,0	22,0
Volná plocha ⁷	cm	43	49	73	61	45	11
	Sx	8,4	9,5	9,8	7,2	8,5	8,3
MDT	°C	-13,1	-5,1	-0,2	9,3	4,6	6,8
Hustota ⁸	g.cm ⁻³	0,542	0,274	0,300	0,362	0,409	
MaxVHS	mm	449	244	307	324	317	
		kleč	kleč	kleč	smrk	smrk	
MinVHS	mm	287	173	236	253	205	
		modřín	bříza	bříza	bříza	bříza	

¹date, ²treatment, ³birch, ⁴rowan, ⁵mountain pine, ⁶larch, ⁷spruce, ⁸free area, ⁹snow density, Sx – směrodatná odchylka/standard deviation, MDT – maximální denní teplota v den sledování/maximal daily temperature in the day of observation, VHS – vodní hodnota sněhu/water equivalent of snow, písmena udávající statistické odlišnosti/letters show significant differences

Tab. 5.
Charakteristika sněhové pokrývky v zimním období 2007/2008 na TVP Lesní bouda
Snow characteristics in winter period 2007/2008 (Lesní bouda research plot)

Variantal ¹	22.11. 2007	5.12. 2007	17.12. 2007	10.1. 2008	24.1. 2008	7.2. 2008	25.2. 2008	13.3. 2008	27.3. 2008	11.4. 2008	25.4. 2008															
Bříza ²	61	ab	67	ab	90	a	58	ab	86	ab	76	ab	82	ab	84	ab	129	ab	10,0	10,0	161	bc	112	c	48	bc
Sx	4,9	7,1	6,9	8,9	8,9	8,9	7,6	7,3	5,4	5,4	7,3	8,0	8,0	8,0	6,7	6,7	10,0	10,0	161	bc	112	c	48	bc		
Jeřáb ³	64	ab	85	b	107	b	83	cd	110	bc	99	cd	112	bc	112	c	161	bc	17,7	17,7	13,8	13,8	13,2	13,2	10,0	10,0
Sx	9,0	9,5	14,3	12,5	12,5	12,5	12,6	15,9	14,1	14,1	15,9	13,8	13,8	13,8	13,2	13,2	17,7	17,7	13,8	13,8	13,2	13,2	10,0	10,0		
Kleč ⁴	86	bc	98	b	112	b	86	cd	111	bc	101	c	106	b	102	bc	147	b	147	b	102	bc	102	bc	45	bc
Sx	14,2	12,7	15,9	17,5	17,5	17,5	13,3	11,9	11,4	11,4	11,9	12,0	12,0	12,0	11,3	11,3	13,5	13,5	12,0	12,0	11,3	11,3	4,5	4,5		
Modřín ⁵	52	a	73	ab	88	ab	65	ab	90	ab	81	b	87	ab	88	ab	129	ab	129	ab	88	ab	88	ab	35	b
Sx	3,9	5,6	5,2	8,1	8,1	8,1	5,7	6,1	6,1	6,1	6,1	8,5	8,5	8,5	7,5	7,5	12,9	12,9	8,5	8,5	7,5	7,5	8,1	8,1		
Smrk ⁶	69	b	83	c	120	b	81	ab	86	b	94	bc	101	b	104	bc	151	b	151	b	104	bc	104	bc	52	c
Sx	14,3	14,6	19,2	13,0	13,0	13,0	16,6	21,0	5,4	5,4	21,0	22,0	22,0	21,8	21,8	22,3	22,3	22,3	22,0	21,8	21,8	21,8	12,3	12,3		
Volná plocha ⁷	51	a	59	a	78	a	54	a	66	a	65	a	74	a	69	a	106	a	106	a	69	a	69	a	19	a
Sx	8,8	11,4	10,1	7,8	7,8	7,8	8,7	9,6	8,9	8,9	9,6	7,8	7,8	7,8	7,6	7,6	9,9	9,9	7,8	7,6	7,6	7,6	8,1	8,1		
MDT	1,8	-0,5	-5,9	0,3	0,3	0,3	1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	
Hustota ⁸	0,306	0,313	0,306	0,216	0,363	0,360	0,331	0,436	0,370	0,216	0,370	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	
Max VHS	342	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč	kleč
Min VHS	224	modřín	modřín	modřín	bříza	bříza	bříza	bříza	200	modřín	200	modřín	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	

¹date, ²treatment, ³birch, ⁴mountain pine, ⁵mountain pine, ⁶larch, ⁷spruce, ⁸free area, ⁹snow density, Sx – směrodatná odchylka/standard deviation, MDT – maximální denní teplota v den sledování/maximal daily temperature in the day of observation, VHS – vodní hodnota sněhu/water equivalent of snow, písmena udávají statistické odlišnosti/letters show significant differences

kdy byl zaznamenán výrazný nárůst výšky sněhové pokrývky (velká část profilu čerstvý sníh) a maximální denní teplota v den odběru činila pouze $-0,2$ °C. Zajímavé je i to, že v tomto období v důsledku charakteru počasí byla významná část sněhových srážek zachycena v korunách smrků, průměrná výška sněhové pokrývky tak odpovídala hodnotě březového porostu. Projevil se tak efekt intercepce srážek, o kterém hovoří například KREČMER (1971). Ten uvádí, že dospělý smrkový porost zadrží v korunách zhruba 40 % množství nového sněhu. Naopak nejvyšší hustota sněhu byla změřena v době jarního tání 11. dubna - $0,436$ g.cm⁻³. Před tímto termínem se již vyskytovaly relativně vysoké denní teploty vzduchu.

ZÁVĚRY

Z porovnání ukládání sněhové pokrývky v hřebenové partii modelové horské oblasti Krkonoš (1 080 m n. m.) v dvacetiletých porostech smrku ztepilého, břízy, modřinu opadavého a borovice kleče vyplývá, že:

- se začátkem ukládání sněhové pokrývky (řádově do výšky sněhu ca 1 m) byly za celé sledované období zaznamenány nejvyšší průměrné výšky sněhu v porostu kleče. Vystoupavé husté větve kleče v prvních fázích zimy zachycují sníh a zvyšují tak jeho zásobu na dané ploše. Nárůst výšky a hmotnosti sněhu v dalším období větve stlačuje a porost kleče z hlediska ukládání sněhu vykazuje spíše charakter porostu břízy či „volné plochy“, kde se akumuluje nejmenší zásoba sněhu.
- absolutně největší množství sněhové pokrývky zachycuje tyčkovina smrku ztepilého. Je to dáno výškou porostu, pokrývností v zimě olistěných korun a tvorbou návějí kolem jedinců smrku. Rozdíly ve výšce sněhové pokrývky vznikají klimatickými situacemi a zejména prouděním vzduchu v porostu.
- v tyčkovině smrku ztepilého se ukládá prokazatelně větší množství sněhové pokrývky oproti porostu břízy.

Při sledování rychlosti tání sněhové pokrývky v různých dřevinách a na holině bylo pozorováno, že:

- tání výrazně ovlivňuje absolutní množství akumulované sněhové pokrývky, její kvalita a struktura a průběh počasí (přístup tepla, slunečního záření a výskyt kapalných srážek). Přímá závislost na druhu dřeviny nebyla nalezena.

Z výsledků porovnání vodní hodnoty sněhu v závislosti na vysazené dřevině po 20 letech růstu na horské kalamitní holině vyplývá, že:

- dvacetiletá tyčkovina smrku ztepilého dokáže v období jarního tání v hřebenové partii Krkonoš dočasně zadržet až o 400 mm srážek více oproti stejnému starému porostu kleče, břízy a holině se sukcesí.

Z porovnání hustoty sněhu v daných podmínkách se potvrdily výsledky mnohých autorů, že:

- hustota sněhu kolísá v závislosti na vývoji meteorologických podmínek a maximálních hodnot dosahuje v období tání.

Každá zima má jiný charakter, proto se v porostech různých dřevin projevuje rozdílným způsobem. V horském prostředí modelové oblasti Krkonoš v nadmořské výšce nad 1 000 m hraje zpočátku roli zejména mikrorelief terénu a proudění vzduchu – vítr. Teprve v průběhu odrůstání dřevin a jejich porostů dochází na rozsáhlé imisní holině k odstupňované diferenciaci v ukládání a tání sněhu podle charakteru dřevin, včetně srážek usazených. S ohledem na vzrůst, hustotu a poškození mladých porostů se mění ukládání, přemísťování (odvívání) a tání sněhu během zimy a odráží se ve výšce sně-

hové pokrývky, její struktuře, souhrnně vyjádřené hustotou sněhu, a ve vodní hodnotě (water equivalent) sněhové vrstvy. Tato diferenciacie pak umožňuje zploštění a prodloužení hydrogramu jarního tání z kalamitních ploch, ať se jedná o tání radiální, advektivní či smíšené. Druhová diverzita lesních porostů na imisní holoseči i při věkové stejnorodosti tak může lépe kontrolovat ochranu níže položené krajiny před povodňovými epizodami i erozí půdy a zároveň poskytuje i lepší ochranu kvantity (i kvality) vodních zdrojů pro epizody sucha v pozdním jarním a začínajícím letním období.

Poznámka:

Příspěvek vznikl v rámci poskytnuté institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků jako výsledek řešení výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BRECHTEL H. M. 1970. Die Wasserwirtschaftliche Bedeutung des Waldes. Allgemeine Forstzeitschrift, 15: 78-80.
- FIŠERA J. 1991. Vliv ekologických žeber na ukládání sněhu a snížení vlivu mrazu na lesní kultury. Lesnická práce, 70: 274-277.
- JOST G., WEILER M., GLUNS D. R., ALILA Y. 2007. The influence of forest and topography on snow accumulation and melt at the watershed-scale. Journal of Hydrology (Amsterdam), 347: 101-115.
- KANTOR P. 1979. Vliv druhové skladby lesních porostů na ukládání a tání sněhu v horských podmínkách. Lesnictví, 25: 233-252.
- KANTOR P. 1988. Vliv sněhové pokrývky na hydrickou účinnost horských imisních oblastí. Práce VÚLHM, 72: 9-36.
- KANTOR P., KARL Z., ŠACH F. 2007. Water regime of a zouny mountain spruce and beech stand in extreme winter 2005/2006. In: Obhospodarovanie lasa v meniacich sa podmienkach prostredia. Zvolen, s. 17-24.
- KANTOR P., ŠACH F. 2002. Snow accumulation and melt in a spruce stand and on a clearcut in the Orlické hory Mts (Czech Republic). Ekológia (Bratislava), 21, Supplement 1: 122-135.
- KREČMER V. 1971. Mikroklimatický a vodní režim obnovných sečí ve smrkových porostech středohorské oblasti Orlických hor. Dílčí závěrečná zpráva. Jiloviště-Strnady, VÚLHM.
- KREČMER V. 1982. Bioklimatické změny na obnovných sečích v imisních oblastech. In: Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ: 63-68.
- KRIEGL H. 1995. Růst kultur na plochách rozčleněných valy z těžebních zbytků. Práce VÚLHM, 80: 53-63.
- LOKVENC T. et al. 1992. Zalesňování Krkonoš. Vrchlabí, Správa KRNAP; Opočno, VÚLHM-VS: 111 s.
- PEŘINA V. et al. 1984. Obnova a pěstování lesních porostů v oblastech postižených průmyslovými imisemi. Praha, Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR ve Státním zemědělském nakladatelství: 173 s.
- WODZNAK Z. 1988. Vliv odlesnění na změny hydrologického režimu v Krkonoších a Jizerských horách. In: Kolektiv: Vodohospodářské důsledky imisní kalamity v Jizerských horách. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS: 117-121.

DISTRIBUTION OF SNOW COVER IN RELATION TO TREE SPECIES PLANTED IN CLEARING DUE TO SALVAGE CUTTING IN SUMMIT MOUNTAIN LOCATION

SUMMARY

Climatic conditions on the large clear-cut areas which originated in the air pollution – ecological catastrophe during 1980s - 1990s in the mountain areas of the Czech Republic - were completely changed compared to forest stands. Changes occurred in the accumulation and melting regime of snow as well. The question is how can young forest stands composed of different species influence snow deposition and melting under conditions of large clearings. The study was conducted on the research plot of Lesní bouda situated in the summit part of the Krkonoše Mts. (1,080 m a. s. l., acidic spruce forest site type). The plot was established in 1986 within the extensive clear-cut area after the spruce forest was logged over. Strips 10 m wide and ca 150 m long oriented to NW planted with mountain pine, birches, Norway spruce, European larch and rowan were established in 1986 to 1987. In 2004, 10 snow stakes to measure snow height were placed in transects of each tree species. Series of 10 stakes was placed to the nearby open area with rare succession of spruce (control). Snow heights were measured for four years in 14-day intervals; in every term one sample of snow horizon was taken to define actual snow density and snow water equivalent. In January 2006, a transect investigation of snow density across tree species was done.

According to the results of the four-year observation can be stated, that in the first phase of snow accumulation (to the height of ca 1 m), the highest snow layer was accumulated in the mountain pine forest stand. Branches of the pine are catching snow and help to increase the snow reserve. Higher height and weight of snow in the next time press the branches and thereafter snow regime in mountain pine forest stand has character of birch stand or free area with minimal height of snow. The absolutely highest layer of snow was found in the spruce stand, which was the consequence of the height of the stand, character of the evergreen crowns and formation of the snow drifts behind them. There was significantly more snow in spruce forest stand compared to birch stand. Snow melting is connected with absolute height of the snow cover, its quality, structure and run of the weather; linear dependence on the tree species was not found. In a period of spring melting twenty-year-old Norway spruce forest stand can temporarily retain up to 400 mm more water compared to equally old stand of mountain pine, birch and free area with succession vegetation. Species diversity of the young forest stands on the former large clear-cut areas can, despite age homogeneity, help to control protection against flood and erosion and spring outflow quality and quantity.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jan Bartoš, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno,
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: bartosjan@vulhmop.cz