

# VÝCHOVA POROSTŮ BOROVICE LESNÍ A POŠKOZENÍ SNĚHEM

## THINNING OF SCOTS PINE STANDS AND SNOW DAMAGE

Jiří NOVÁK - DAVID DUŠEK - MARIAN SLODIČÁK

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

### ABSTRACT

Effect of thinning on snow damage in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands was studied in three long-term experiments located in Polabí Lowland in the Eastern Bohemia. High snowfall occurred in January 2010 and damage in differently thinned (and planted with different spacing) 25-, 48- and 80-year-old pine stands was analysed. It was confirmed that h/d ratio is good indicator of individual stability of tree against snow damage. Values of h/d ratio over 100 were found for all damaged trees. Results showed that lower initial density itself is not a guarantee of stand stability without subsequent thinning. For studied sites, early thinning (to the top height 5 m) is applicable as a measure to reduce the risk of snow damage. In middle-aged pine stands, the effect of thinning on stability has decreased. Furthermore, this effect is minimal in mature pine stands.

**Klíčová slova:** borovice lesní, *Pinus sylvestris* L., škody sněhem, výchova porostů, štíhlostní kvocient

**Key words:** Scots pine, *Pinus sylvestris* L., snow damage, thinning, quotient of slenderness

### ÚVOD

Mokrý sníh patří mezi nejvýznamnější abiotické škodlivé činitele nejen v České republice, ale i v celé Evropě. Z hlavních dřevin je v ČR sněhem nejvíce poškozován smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.), který je pěstován v polohách s častým výskytem mokrého sněhu, tj. 300–900 m n. m. (VICENA et al. 1979). Naproti tomu druhá nejvíce zastoupená dřevina – borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) – je lesnic-ky využívána zejména v nižších polohách, kde je výskyt sněhu méně častý. Když se však zde tato klimatická situace vyskytne, je většinou spojená s poměrně velkými škodami v borových porostech. Tak tomu bylo i v lednu 2010, kdy postihla nižší polohy východočeského regionu sněhová kalamita a byly poškozeny borové porosty různého věku. Situace započala napadnutím většího množství mokrého sněhu, následným poklesem teplot pod bod mrazu a dalším sněžením. V dalších dnech pak byly v borových porostech zaznamenány vrcholové a kmenové zlomy, ohnuté kmeny a na stanovištích ovlivněných vodou vývraty.

Výše škod se projevila v celkových ukazatelích sledovaných ve Zprávě o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2010 (ZPRÁVA 2011), kde se uvádí, že mokrý sníh způsobil v tomto roce 20 % všech abiotických škod na lesích, tj. 820 tis. m<sup>3</sup>. Královéhradecký kraj s vysokým podílem borových porostů pěstovaných na chudých písčitých půdách patřil s 185 tis. m<sup>3</sup> nahodilě těžby způsobené mokřím sněhem mezi tři nejpostiženější oblasti v ČR.

V souvislosti s výše uvedeným nárůstem škod v borových porostech je opět aktuální otázka, zda a do jaké míry lze riziko těchto škod minimalizovat péstebními opatřeními, tj. výchovou.

Na našem území se touto problematikou zabývala celá řada autorů (např. VICENA et al. 1979; MRÁČEK 1981; CHROUST 1978) a dodnes jsou v evropských podmínkách zkoumány možnosti snižování rizik škod sněhem v borových porostech (např. ZAJACZKOWSKI 1984; VALINGER et al. 1993; POLLEY 1995; MONTERO et al. 2001; MÄKINEN et al. 2005; SOCHA 2007; VACCHIANO et al. 2008 a další).

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. (dále VÚLHM), Výzkumná stanice Opočno, provozuje na území ČR dlouhodobé experimenty s porostní výchovou borovice lesní. V oblasti dotčené sněhovou kalamitou v roce 2010 jsou lokalizovány tři experimentální objekty zaměřené na dlouhodobé (desítky let) sledování vlivu výchovy na růst a vývoj borových porostů. Také v těchto experimentálních porostech byly zaznamenány škody sněhem na začátku roku 2010. Předkládaný příspěvek je zaměřen na vyhodnocení poškození sněhem vzhledem k původním sponům a dlouhodobě uplatňovaným výchovným režimům ve sledovaných porostech borovice lesní.

### MATERIÁL A METODIKA

Výzkum probíhal na třech dlouhodobých experimentech s výchovou borovice lesní – Týniště, Bědovice I a Bědovice II, které byly založeny v Přírodní lesní oblasti 17 – Polabí na šterkopískové terase velké moci- nosti s chudou, vysychavou písčitou půdou (tab. 1). Rovinaté stanoviš- tě odpovídá SLT 1M – *Pineto-Quercetum oligotrophicum (arenosum)* v nadmořské výšce 260 m. Průměrná roční teplota za období 1961–2000 dosahovala 8,1 až 8,5 °C a průměrný roční srážkový úhrn činil 601 až 650 mm.

Tab. 1.

Popis experimentů; všechny lokality jsou na SLT 1M (borová doubrava), na rovině v nadmořské výšce 260 m  
Description of experiments; each locality is classified as *Pineto - Quercetum oligotrophicum (arenosum)*, plain ground at an elevation of 260 m

Lokalita <sup>1</sup>	Založeno <sup>2</sup>	Věk při založení <sup>3</sup>	Původní hustota <sup>4</sup> (tis. ks.ha <sup>-1</sup> )	Označení varianty <sup>5</sup>	Typ zásahu <sup>6</sup>	Stav porostu v roce 2010 – před poškozením sněhem <sup>7</sup>				
						Věk <sup>8</sup>	N <sup>9</sup> (ks.ha <sup>-1</sup> )	G <sup>10</sup> (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	d <sup>11</sup> (cm)	h <sup>12</sup> (m)
<b>Týniště</b> 50° 11' 36" N 16° 03' 47" E	1991	6	10	TynK	Kontrola		4822	39,1	9,8	13,4
				TynZ	4+1	25	3422	33,3	10,9	13,9
				Bed1	Kontrola	48	2100	54,4	17,5	21,4
				Bed2	2+2	48	1683	50,5	19,0	21,5
<b>Bědovice II</b> 50° 11' 51" N 16° 02' 14" E	1972	10	10	Bed3	3+1	48	2125	47,2	16,4	19,6
				Bed4	4+1	48	2125	46,7	16,1	19,4
				Bed5	9+1	48	1942	47,8	17,2	19,9
				Bed6	Kontrola	48	2378	51,5	16,0	20,0
				Bed22	Ú silná		1070	44,6	22,6	23,5
				Bed23	Kontrola	80	1030	39,5	21,8	24,2
<b>Bědovice I</b> 50° 11' 49" N 16° 02' 14" E	1952	22	15**	Bed24	Pů slabá		830	40,3	24,4	24,9
				Bed25	Pů silná		750	39,2	25,4	24,6

\* Bližší popis zásahů viz metodika/See Methods for detailed description of treatments

\*\* Kombinace umělé a přirozené obnovy/Combination of artificial and natural regeneration

N – počet stromů, G – výčetní základna, d – střední tloušťka, h – střední výška

<sup>1</sup>Locality; <sup>2</sup>Established; <sup>3</sup>Age at establishment of experiment (years); <sup>4</sup>Initial density (thousand trees per ha); <sup>5</sup>Treatment designation, <sup>6</sup>Treatment (Kontrola – control without thinning, 4+1 – each fifth line was removed, 2+2 – each two lines were removed, 3+1 – each fourth line was removed, five year later middle line was removed, 9+1 – each tenth line was removed and high thinning was used later, Ú silná – heavy high thinning, Pů slabá – light low thinning, Pů silná – heavy low thinning); <sup>7</sup>Stands in 2010 before snow damage; <sup>8</sup>Age; <sup>9</sup>Number of trees per hectare; <sup>10</sup>Basal area in m<sup>2</sup> per ha; <sup>11</sup>Mean diameter at breast height; <sup>12</sup>Mean height

Experiment Týniště byl založen v roce 1991 v tehdy šestiletém borovém porostu vzniklém výsadbou v řadovém sponu s hustotou 10 000 sazeňic na 1 ha. Sérii tvoří původně dvě srovnávací plochy (2 × 0,09 ha). Srovnávací plocha TynK je ponechána bez zásahů jako kontrola. Na srovnávací ploše TynZ (zásah) se ve fázi zapojené kultury ve věku 7 let redukovala původní hustota na přibližně polovinu schematickým odstraněním každé páté řady (systém 4 + 1) a selektivním negativním výběrem v podúrovni ve zbylých řadách. Výchovným zásahem bylo odstraněno 46 % jedinců a výčetní kruhová základna poklesla o 31 %. Druhý zásah byl proveden o devět let později (věk 16 let) a bylo při něm odstraněno pozitivním výběrem v úrovni 16 % jedinců představujících 17 % výčetní základny (SLODIČÁK et al. 2011).

Výzkumná řada Bědovice I byla založena v porostu vzniklém v letech 1929–1931 z přirozené okrajové obnovy (CHROUST 1978, 1979, 2001). První experimentální zásahy byly provedeny v roce 1952 (věk porostu 22 let). Sledují se zde různé varianty výchovy: úrovně silnější intenzity (Bed22), kontrola bez zásahů (Bed23), podúrovně střední intenzity (Bed 24) a podúrovně silnější intenzity (Bed25).

Výzkumná řada Bědovice II byla založena v roce 1972 v desetiletém borovém porostu vzniklém výsadbou v různém sponu. Řadu tvoří šest srovnávacích ploch. Plochy Bed1 a Bed2 byly založeny ve sponu 0,8 ×

0,8 m (ca 15 000 sazeňic na 1 ha), plochy Bed3 a Bed4 ve sponu 1 × 1 m (10 000 sazeňic na 1 ha) a plochy Bed5 a Bed6 ve sponu 1,3 × 1,3 m (tj. ca 5000 sazeňic na 1 ha). Původně sponový pokus pokračoval jako pokus s porostní výchovou od roku 1972, kdy byly provedeny první experimentální zásahy (CHROUST 1989):

- Srovnávací plocha Bed1 byla ponechána přirozenému vývoji jako kontrolní plocha.
- Na srovnávací ploše Bed2 se ve fázi zapojené kultury ve věku 10 let redukovala původní hustota na 50 % schematickým odstraněním vždy dvou sousedních řad (systém 2 + 2). Další zásahy se prováděly individuálním výběrem v pěti a desetiletých intervalech.
- Na srovnávací ploše Bed3 se ve stejné době jako na ploše 2, tj. v desetileté kultuře schematicky odstranila každá čtvrtá řada (systém 3 + 1) a původní hustota se redukovala o 25 %. Po deseti letech se za účelem stabilizace porostu odstranily individuálním výběrem labilní stromy v podúrovni s vysokým štihlостním koeficientem. Po zpevnění porostu po pěti letech se ze zbývajících trojřad odstranila každá prostřední. Tím se hustota porostu redukovala o 30 %.
- Na srovnávací ploše Bed4 se první výchovný zásah provedl až po dosažení horní porostní výšky 10 m tím, že se odstranila každá

pátá řada (systém 4 + 1) a ve stávajících čtyřech řadách se z okrajových řad odstranily labilní podúrovňové stromy, z vnitřních řad naopak stromy nekvalitní. Další zásahy byly již podúrovňové s opakováním po pěti až deseti letech.

- Na srovnávací ploše Bed5 se první výchovný zásah provedl stejně jako na ploše Bed4 po dosažení horní porostní výšky 10 m. Odstranila se přitom každá desátá řada (systém 9 + 1). V takto vzniklých pracovních polích se negativním výběrem vytěžili ustupující jedinci a vyznačily se cílové stromy v počtu ca 400 ks na 1 ha.
- Srovnávací plocha Bed6 je vysázená v širokém sponu a je ponechávána přirozenému vývoji bez zásahu jako kontrolní plocha.

Na všech řadách jsou v pravidelných 1–5letých intervalech měřeny v době vegetačního klidu dendrometrické parametry a zaznamenávána mortalita. Výčetní tloušťka všech stromů se měří s přesností na 1 mm ve dvou na sebe kolmých směrech na trvale označených měřístích. Výškový růst experimentálních porostů je měřen na souboru stromů (30 jedinců na každou variantu reprezentujících zastoupené tloušťkové stupně) výškoměrnými tyčemi s přesností na 5 cm (mladší porosty) a výškoměrem Blume-Leiss s přesností na 0,5 m (starší porosty). Pro výpočet výškových křivek byla použita funkce NÄSLUNDA (1937).

V prvních dvou měsících roku 2010 byl zaznamenán nepříznivý souběh meteorologických faktorů, který byl příčinou kalamity v borových porostech nižších poloh ve východních Čechách. V dotčené oblasti (klimatická stanice VÚLHM je umístěna na experimentu Týniště) bylo postupně od 18. 12. 2009 do 5. 2. 2010 akumulováno ca 110 mm SVH (vodní hodnota sněhu). Od 2. 1. 2010 došlo k ochlazení a v následujících dnech se teplota pohybovala mírně pod bodem mrazu. V tomto období byly také zaznamenány první sněhové srážky, kdy od 18. 12. do 15. 1. činila suma srážek ca 68 mm. Díky tomu, že teplota neklesala příliš pod bod mrazu, vytvořil sníh na vegetaci krustu zadržující další sněhové srážky. V následujícím období došlo k výraznému poklesu teplot a k dalšímu silnému sněžení. Sněhová vrstva se dále kumulovala

na vegetaci a k 5. 2. 2010 připadlo dalších 45 mm SVH (vodní hodnota sněhu). V tomto období byly zaznamenány největší škody v borových porostech.

Na výše uvedených experimentech byla v období následujícím po sněhové kalamitě provedena revize poškození, přičemž byly rozlišeny tři typy poškození: OH – ohnutý kmen, ZV – zlomený vrchol a ZK – zlomený kmen. Naměřené údaje byly potom ještě revidovány spolu se zjišťováním dendrometrických charakteristik po růstové sezóně 2010.

Pro statistický odhad pravděpodobnosti ohnutí stromu v závislosti na jeho štíhlostním kvocientu byl použit logistický regresní model (FARAWAY 2006). Pro vlastní výpočet byl použit zobecněný lineární model se smíšenými efekty (jednotlivé plochy zde vystupují jako náhodný faktor) z knihovny lme4 v prostředí programovacího jazyka R 2.15.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008). Modelování závislosti štíhlostního kvocientu a pravděpodobnosti výskytu zlomů nevedlo k jednoznačně interpretovatelným výsledkům, proto je v práci neuvádíme.

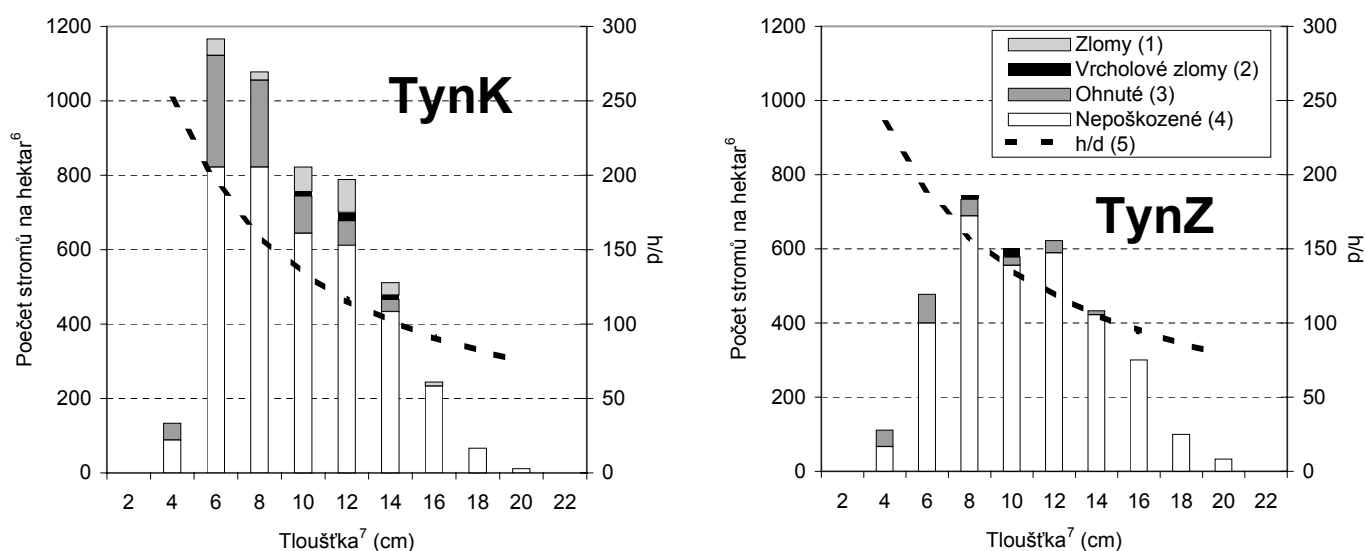
Dále bylo porovnáváno zastoupení labilních stromů se štíhlostním kvocientem  $h/d > 100$  a 120. Zahrnutí třech sérií, které byly poškozeny sněhem v různém věku, umožnilo provést šetření závislosti míry a typu poškození na stáří porostu a jeho hustotě.

## VÝSLEDKY

### Tloušťková struktura a poškození sněhem

#### Experiment Týniště

V roce 2010 dosáhly experimentální porosty věku 25 let a tloušťková struktura byla na obou variantách pokusu poměrně široká – byly zde zastoupeny stromy s výčetní tloušťkou 4 až 20 cm (obr. 1). Celkem bylo sněhem poškozeno v kontrolním porostu 23 % původního počtu



**Obr. 1.**

Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient borových porostů na dílčích variantách experimentu Týniště ve věku 25 let v roce 2010 s vyznačením podílu sněhem poškozených jedinců (podrobnosti viz tab.1)

**Fig. 1.**

Diameter structure (number of trees per hectare) and h/d ratio of pine stands on partial variants of experiment Týniště at the age of 25 in 2010 with portions of trees damaged by snow (1 – stem break, 2 – top break, 3 – bending stem, 4 – without damage, 5 – h/d ratio, 6 – number of trees per hectare, 7 – diameter; for more explanation see Tab. 1)

(N) stromů (z toho 16 % ohnuté – OH, 1 % se zlomeným vrcholem – ZV a 6 % se zlomením kmene – ZK) odpovídajících 18 % výčetní základny G (z toho 11 % OH, 1 % ZV a 6 % ZK). V porostu s výchovou bylo poškozeno pouze 8 % původního počtu (N) stromů (z toho 7 % ohnuté – OH a 1 % se zlomeným vrcholem – ZV) odpovídajících 4 % výčetní základny G (z toho 3 % OH a 1 % ZV).

Poškození sněhem bylo zaznamenáno na kontrolní ploše TynK v tloušťkových stupních 4 až 16 cm a na ploše s výchovou TynZ ve stupních 4 až 14 cm. Z průběhu hodnot štíhlostního kvocientu (h/d) je patrné, že až na výjimku u tloušťkového stupně 16 cm na kontrolní ploše měly všechny tyto stromy hodnotu h/d vyšší než 100. V uvedených tloušťkových stupních se nestabilita jedinců při působení sněhu projevila ohnutím až zlomením kmene. Z analýzy vyplývá, že zlomením vrcholu nebyly postiženy stromy v nejnižších tloušťkových stupních, ale spíše stromy kolem středního kmene, tj. na kontrolní ploše s tloušťkou 10–14 cm a na ploše s výchovou s tloušťkou 8–10 cm.

### Experiment Bědovice II

V roce 2010 dosahovaly experimentální porosty 48 let a rozpětí tloušťkové struktury se pohybovalo od stupně 6 cm do stupně 32 cm (obr. 2). Největší poškození sněhem bylo zaznamenáno v porostu Bed6, který byl založen v původně nejnižším sponu (5 tis. ks. ha<sup>-1</sup>), avšak byl ponechán bez výchovy. Bylo zde poškozeno 21 % stromů (9 % OH, 2 % VZ a 10 % ZK) odpovídajících 17 % výčetní základny G (6 % OH, 2 % ZV a 9 % ZK).

Druhé nejvyšší poškození (15 % N odpovídající 11 % G) bylo zjištěno na ploše Bed3. Zde byl porost založen v hustotě 10 tis. jedinců na hektar a ve věku 10 let odstraněna každá čtvrtá řada (systém 3 + 1). Celkem bylo ve věku 48 let na této variantě poškozeno ohnutím 8 % N (6 % G), zlomením vrcholu 2 % N (1 % G) a zlomením kmene 5 % N (4 % G).

Na ploše Bed2, kde se původní hustota ještě před zahájením výchovy samovolně snížila z 15 na 10 tis. jedinců na hektar a kde byl proveden silný zásah odstraněním každých dvou řad (systém 2 + 2), bylo poškozeno sněhem ve věku 48 let celkem 12 % stromů (6 % OH, 1 % VZ a 5 % ZK) odpovídajících 9 % výčetní základny G (4 % OH, 1 % ZV a 4 % ZK).

Na kontrolní ploše Bed1, založené v porostu s původní hustotou 15 tis. jedinců (se samovolným snížením na 10 tis. jedinců do věku 10 let) byly škody sněhem ještě menší (obr. 2). Ve věku 48 let bylo poškozeno celkem 10 % stromů (5 % OH, 1 % VZ a 4 % ZK) odpovídajících 7 % výčetní základny G (3 % OH, 1 % ZV a 3 % ZK).

Nejmenší škody 8 % N (odpovídajících 6–7 % G) byly zaznamenány na variantách Bed4 (původní hustota 10 tis. ks. ha<sup>-1</sup> a zásah odstraněním každé páté řady – systém 4 + 1) a Bed5 (původní hustota 5 tis. ks. ha<sup>-1</sup> a zásah odstraněním každé desáté řady v kombinaci s úrovnovým výběrem – systém 9 + 1). Celkem bylo ve věku 48 let na těchto variantách poškozeno ohnutím 3 % N (2 % G), zlomením vrcholu 2–3 % N (2 % G) a zlomením kmene 2–3 % N (2–3 % G).

Prakticky všechny poškozené stromy bez ohledu na variantu pokusu měly štíhlostní kvocient h/d vyšší než 100. Výjimku tvořilo pouze několik jedinců z tloušťkového stupně 22 cm na variantě Bed3 (h/d 96) a na variantě Bed6 (h/d 98). Podobně jako u mladšího porostu na experimentu Týniště byly zlomením vrcholu postiženy spíše stromy středních tloušťek. Stromy nejtenčí (tloušťkové stupně 6–8 cm) byly poškozeny minimálně, i když vykazovaly štíhlostní kvocienty 190 až 230.

### Experiment Bědovice I

V roce 2010 dosahovaly experimentální porosty 80 let a rozpětí tloušťkové struktury se pohybovalo od 10 do 40 cm (obr. 3). Na této sérii

bylo ve srovnání s mladšími porosty zaznamenáno nejmenší poškození sněhem nepřesahující 7 % N a 5 % G. Na variantě kontrolní Bed23 a na variantě se slabší podúrovnovou výchovou Bed 24 bylo poškozeno 6–7 % počtu stromů N (2–4 % OH, 1 % VZ a 2–4 % ZK) odpovídajících 5 % výčetní základny G (1–2 % OH, 1 % VZ a 2–4 % ZK). Nepatrně nižší škody byly zaznamenány na variantě Bed25 se silnou podúrovnovou výchovou. Sněhem zde bylo poškozeno celkem 5 % N (1 % OH a 4 % ZK) odpovídajících 4 % G (1 % OH a 3 % ZK). Nejmenší škody byly zjištěny na variantě Bed22 se silnou úrovnovou výchovou. Bylo zde poškozeno 5 % N (1 % ZV a 4 % ZK), a to v těch nejtenčích tloušťkových stupních, což se projevilo na hodnotě celkem poškozené výčetní základny – pouze 2 % (0,5 % VZ a 1,5 % ZK).

Podobně jako u mladších hodnocených porostů, také v tomto dospělém porostu měly téměř všechny poškozené stromy bez ohledu na variantu pokusu štíhlostní kvocient h/d vyšší než 100. Výjimku tvořilo pouze několik jedinců z tloušťkového stupně 26 cm na variantě Bed25 (h/d 95).

Trend menšího poškození úplně nejtenčích stromů (s nejhorším h/d) zaznamenaný v mladším porostu experimentu Bědovice II, byl na této sérii zjištěn pouze u varianty Bed23 (tloušťkový stupeň 10 cm) a Bed24 (tloušťkový stupeň 14 cm). Naopak na variantách Bed22 (tloušťkový stupeň 10 cm) a Bed 25 (tloušťkový stupeň 18 cm) došlo k poškození těchto nejtenčích stromů.

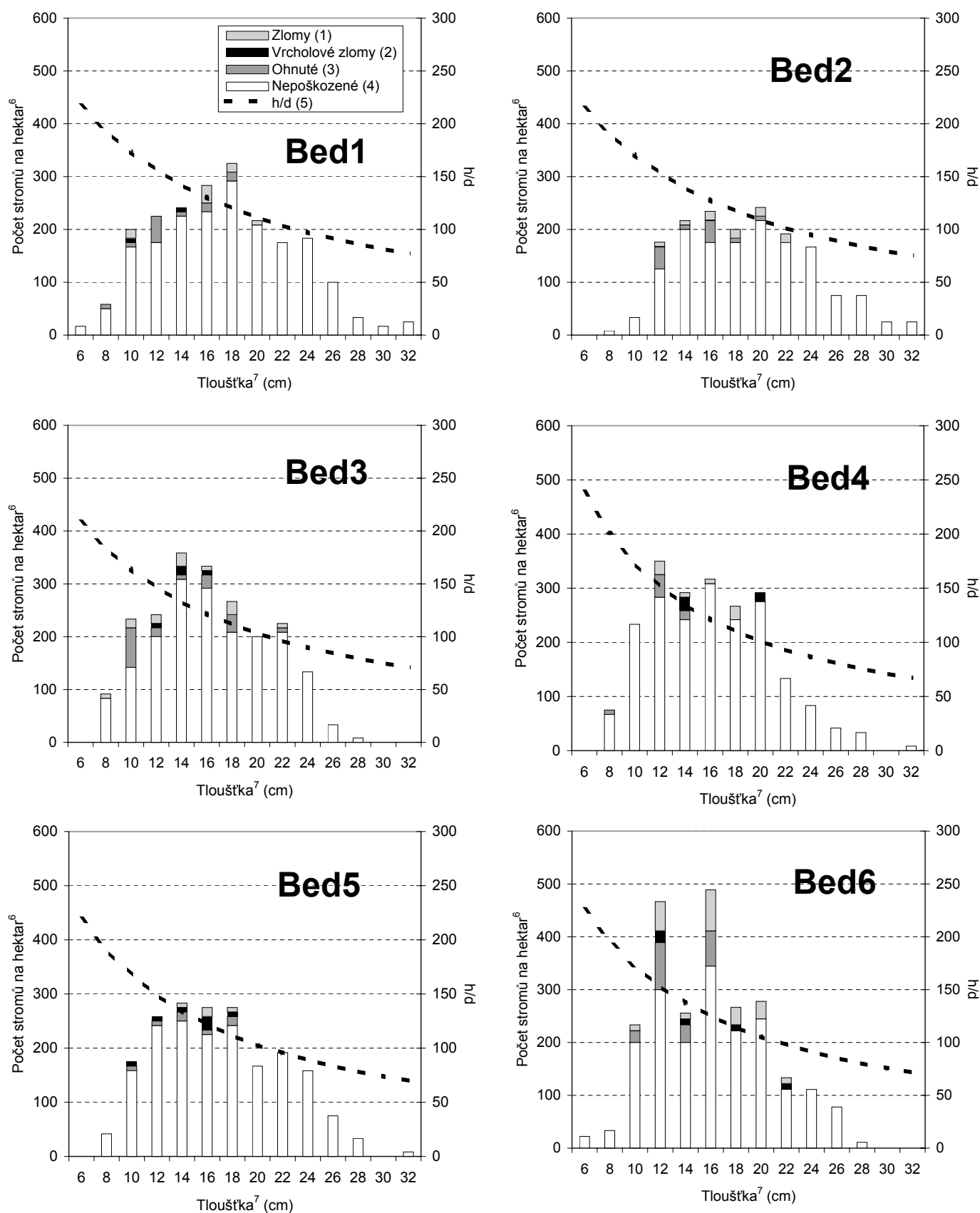
### Podíl labilních stromů

Z výše uvedené analýzy je zřejmé, že poškození sněhem podléhá v borovém porostu stromy s nepříznivým štíhlostním kvocientem h/d > 100. Takových stromů je přirozeně nejvíce v nejnižších porostech s vyšší hustotou (obr. 4 vlevo). Na kontrolní ploše experimentu Týniště (TynK) bylo stromů s h/d > 100 ve věku 25 let celkem 4500 na hektar (z toho 3200 stromů mělo h/d > 120). Naproti tomu na ploše se zásahem bylo těchto stromů o 34 % méně (pro h/d > 120 o 40 % méně).

Ve starším porostu experimentu Bědovice II byl ve věku 48 let počet jedinců s h/d > 100 (respektive h/d > 120) nejvyšší na kontrolní ploše Bed6, a to 2044, resp. 1500 ks. ha<sup>-1</sup>. V porostu varianty Bed5 založeném ve stejném sponu (5 tis. ks. ha<sup>-1</sup>) bylo těchto jedinců výrazně méně (1475 a 1033 ks. ha<sup>-1</sup> v kategorii h/d > 100 a 120). V této sérii bylo nestabilních stromů zaznamenáno nejméně (1317 a 683 ks. ha<sup>-1</sup> v kategorii h/d > 100 a 120) na variantě Bed2 se silným zásahem s odstraněním každých dvou řad ve věku 10 let. Na ostatních plochách s výchovou Bed3, Bed4, včetně kontrolní plochy Bed1 se hektarový počet stromů s h/d > 100 (resp. h/d > 120) pohyboval v rozmezí 1725 až 1825, respektive 1258 až 1350.

Nejstarší sledovaný porost, tj. série Bědovice I (věk 80 let) vykazoval přirozeně i nejnižší zastoupení nestabilních jedinců. V porovnání sledovaných variant byl počet jedinců s h/d > 100 (respektive h/d > 120) nejvyšší na kontrolní ploše Bed23, a to 830, resp. 340 ks. ha<sup>-1</sup>. Na ploše s úrovnovými zásahy Bed22 bylo těchto jedinců méně (710 a 250 ks. ha<sup>-1</sup> v kategorii h/d > 100 a 120). Na plochách s podúrovnovými zásahy Bed 24 (slabší) a Bed25 (silnější) bylo labilních stromů výrazně méně (480 a 390 ks. ha<sup>-1</sup> v kategorii h/d > 100). Dokonce stromy s velmi nepříznivým štíhlostním kvocientem h/d > 120, kterých bylo na ploše Bed24 celkem 140 ks. ha<sup>-1</sup>, se na ploše se silnými zásahy v podúrovni (Bed25) v tomto věku vůbec nevyskytovaly.

Postupný výrazný pokles hektarového počtu labilních stromů spolu s narůstajícím věkem (obr. 4 vlevo) není zcela totožný při hodnocení procentického zastoupení těchto jedinců ve sledovaných porostech (obr. 4 vpravo). S věkem zastoupení labilních stromů klesá, avšak méně výrazně. Na kontrolní ploše TynK bylo ve věku 25 let v kategorii h/d > 100 celkem 93 % stromů. V kategorii h/d > 120 jich bylo dvě třetiny

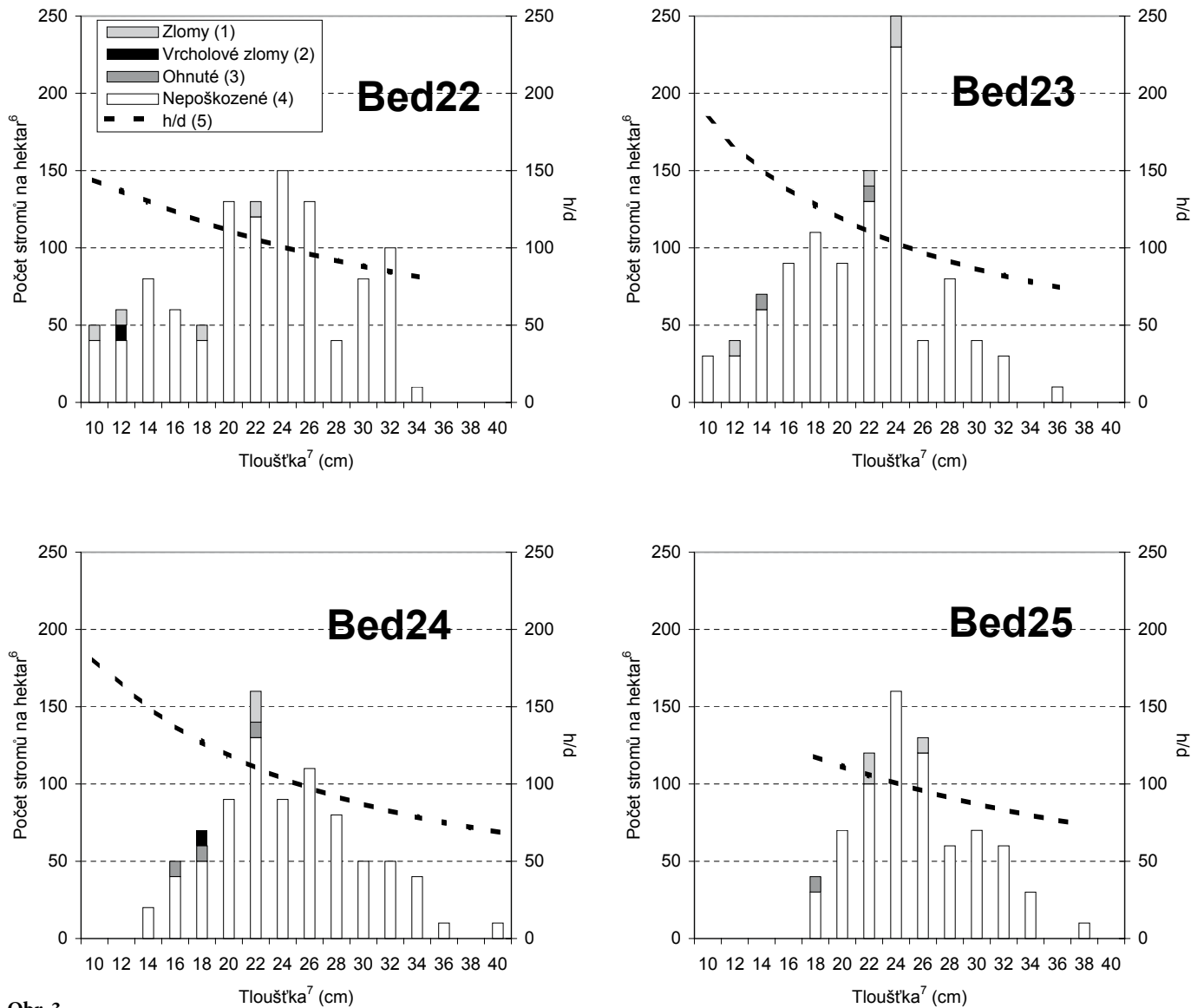


Obr. 2.

Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient borových porostů na dílčích variantách experimentu Bědovice II ve věku 48 let v roce 2010 s vyznačením podílu sněhem poškozených jedinců (podrobnosti viz tab. 1)

Fig. 2.

Diameter structure (number of trees per hectare) and h/d ratio of pine stands on partial variants of experiment Bědovice II at the age of 48 in 2010 with portions of trees damaged by snow (1 – stem break, 2 – top break, 3 – bending stem, 4 – without damage, 5 – h/d ratio, 6 – number of trees per hectare, 7 – diameter; for more explanation see Tab. 1)

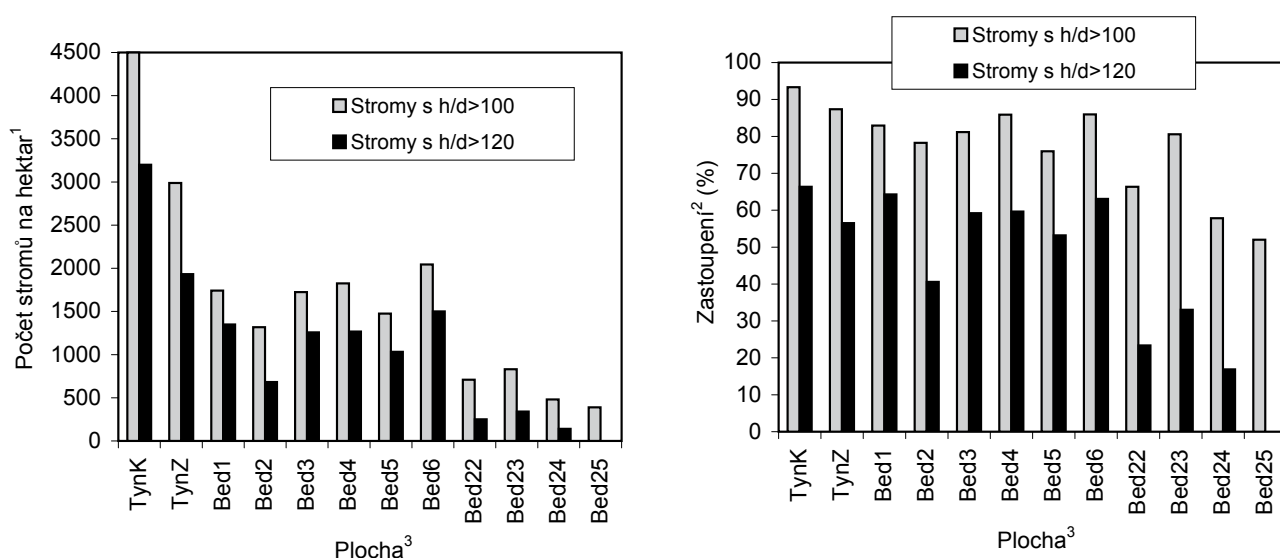


Obr. 3.

Tloušťková struktura a štíhlostní kvocient borových porostů na dílčích variantách experimentu Bědovice I ve věku 80 let v roce 2010 s vyznačením podílu sněhem poškozených jedinců (podrobnosti viz tab. 1)

Fig. 3.

Diameter structure (number of trees per hectare) and h/d ratio of pine stands on partial variants of experiment Bědovice I at the age of 80 in 2010 with portions of trees damaged by snow (1 – stem break, 2 – top break, 3 – bending stem, 4 – without damage, 5 – h/d ratio, 6 – number of trees per hectare, 7 – diameter; for more explanation see Tab. 1)



Obr. 4.

Počet stromů (vlevo) s  $h/d > 100$  a  $h/d > 120$  a jejich zastoupení (vpravo) na dílčích plochách experimentů Týniště, Bědovice II a Bědovice I ve věku 25, 48 a 80 let v roce 2010 (podrobnosti viz tab. 1)

Fig. 4.

Number of trees per hectare (left) with  $h/d$  ratio  $>100$  a  $h/d$  ratio  $>120$  and their percentage (right) on partial variants of experiments Týniště, Bědovice II and Bědovice I Bědovice I at the age of 25, 48 and 80, respectively in 2010 (1 – number of trees per hectare, 2 – percentage, 3 – plot; for more explanation see Tab. 1)

(66 %). Kontrolní bezzásahové porosty ve středním věku 48 let Bed1 (založeno v hustotě 15 tis. ks.ha<sup>-1</sup>) a Bed6 (založeno v hustotě 5 tis. ks.ha<sup>-1</sup>) tvořily z 83 až 86 % stromy s  $h/d > 100$ . Jedinců s  $h/d > 120$  bylo na těchto plochách 63 až 64 %. V nejstarším sledovaném porostu (věk 80 let) bylo na kontrolní ploše Bed23 celkem 81 % stromů v kategorii  $h/d > 100$  a 33 % stromů v kategorii  $h/d > 120$ .

Na všech sledovaných sériích byl vždy podíl těchto nejlabilnějších stromů nižší na plochách s výchovou ve srovnání s příslušnými kontrolními plochami bez zásahů.

#### Závislost stavu porostů a výše škod sněhem

Z výše uvedených zjištění vyplývá, že výše škody sněhem vykazuje závislost na hustotě porostu před poškozením (obr. 5 vlevo). Spolu s věkem se přirozeně snižuje hustota a tomu do jisté míry odpovídá i míra poškození sněhem. Podíl poškozených stromů byl v nejřidších (nejstarších – Bědovice I) porostech 5 až 7 %, ve středně hustých (středně starých – Bědovice II) porostech 8 až 21 % a v nejhustších (nejmladších – Týniště) porostech 8 až 23 %.

V porostech s vyšší hustotou je i vyšší počet stromů labilních, tj. s vysokou hodnotou štíhlostního kvocientu. Z obr. 5 (vpravo) je patrná přímá úměra hektarového počtu labilních stromů s  $h/d > 120$  a počtu poškozených stromů (v %) na sledovaných experimentálních sériích.

Pokud jde o typ poškození, bylo zjištěno, že ohnutí kmene (OH) je nejvíce zaznamenaným typem škody v nejmladším porostu, a naopak zlomení kmene je nejčastější škodou v porostu nejstarším (obr. 6). Zastoupení škody „vrcholový zlom“ v celkovém poškození sněhem nevykazovalo závislost na věku porostu.

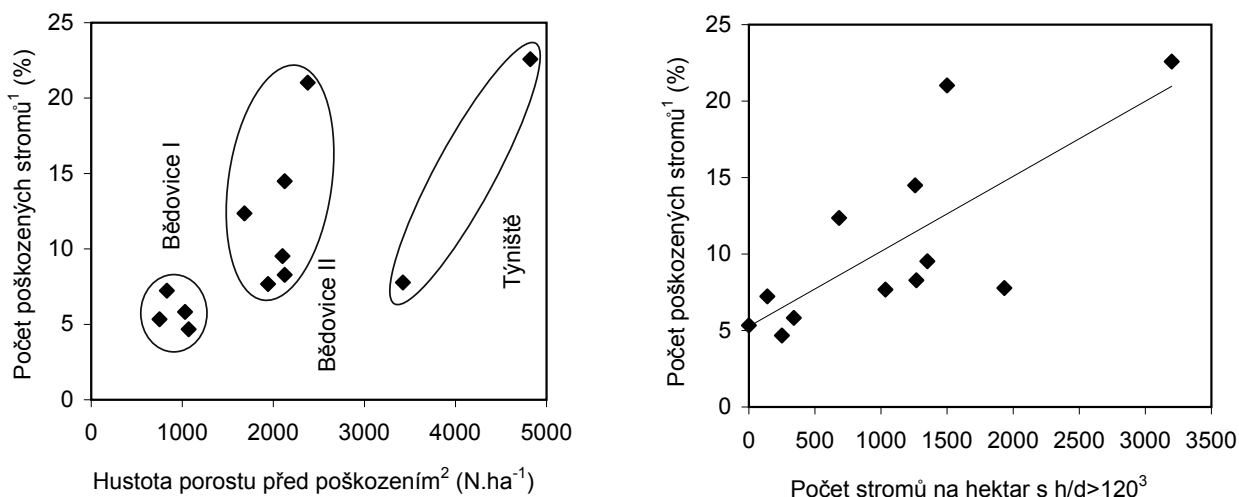
Pro nejvíce zastoupenou škodu – ohnutí kmene (OH) – byl proveden statistický odhad pravděpodobnosti ohnutí stromu v závislosti na

jeho štíhlostním kvocientu na plochách Týniště a Bědovice II (obr. 7). Pravděpodobnost, že bude strom ohnutý stoupá spolu s narůstajícím štíhlostním kvocientem od ca 5 do 45 %. Nejvyšší hodnoty pravděpodobnosti byly zjištěny na kontrolní ploše TynK v nejmladším porostu. Generální model pak vykazuje pro  $h/d$  100 až 250 pravděpodobnost, že bude strom ohnutý v důsledku poškození sněhem v rozmezí 3 až 27 %.

#### DISKUSE

V souvislosti s předpokládanými změnami klimatu (zejména zvyšování průměrných teplot) by se mělo riziko škod sněhem logicky snižovat. Tento předpoklad je však zpochybněn již dnes zaznamenaným zvýšeným výskytem epizod extrémního počasí, a proto je účelné připravit postupy hospodaření v lesích ke zvyšování odolnosti vůči škodám sněhem (KILPELÄINEN et al. 2010). Nové poznatky jsou žádány také z důvodů absence zkušeností současných praktických lesníků s poškozením borových porostů sněhem kalamitních rozměrů (FRIDMAN, VALINGER 1998).

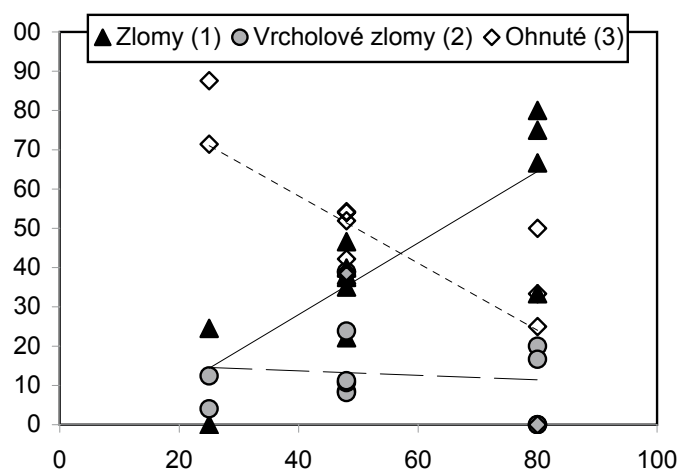
Míra odolnosti jednotlivých stromů vůči poškození sněhem je obvykle posuzována štíhlostním kvocientem  $h/d$ , jako poměrem výšky a výčetní tloušťky. Hodnoty  $h/d$  nad 95 ukazují na nestabilní kmene a  $h/d$  nad 120 na kmene velmi nestabilní (POLLEY 1995; PELTOLA et al. 2000; ZHU et al. 2006). Za kritické se považuje zatížení sněhem 60 kg.m<sup>-2</sup>, což odpovídá 60 mm vodní hodnoty sněhu. Při tomto zatížení je uváděna kritická rychlost větru potřebná ke zlomení stromu s  $h/d$  120 pouze 7 až 8 m.s<sup>-1</sup> pro stromy uvnitř porostu a jenom 2 až 3 m.s<sup>-1</sup> pro stromy na jeho okraji (PÄÄTALO et al. 1999). V našem případě byla v roce 2010 hodnota sněhových srážek a s tím spojeného zatížení výrazně překročena (akumulováno více jak 100 mm vodní hodnoty sněhu).

**Obr. 5.**

Vztah mezi hustotou porostu před poškozením a počtem (v %) poškozených stromů (vlevo) a vztah mezi počtem stromů s  $h/d > 120$  a počtem (v %) poškozených stromů (vpravo) na dílčích plochách experimentů Týniště, Bědovice II a Bědovice I ve věku 25, 48 a 80 let v roce 2010 (podrobnosti viz tab.1)

**Fig. 5.**

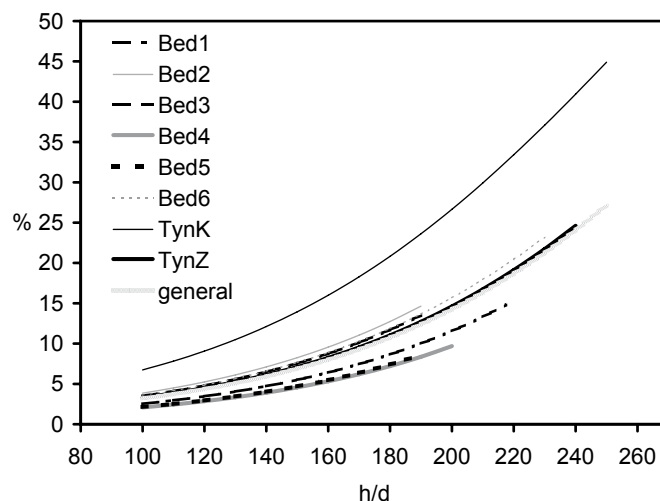
Relationship between stand density (number of trees per hectare) and number (%) of damaged trees (left) and between number of trees (per hectare) with  $h/d$  ratio over 120 and number (%) of damaged trees (right) on partial variants of experiments Týniště, Bědovice II and Bědovice I at the age of 25, 48 and 80, respectively in 2010 (1 – number of damaged trees, 2 – stand density before damage, 3 – number of trees with  $h/d$  ratio over 120; for more explanation see Tab. 1)

**Obr. 6.**

Vztah mezi věkem porostu a typem škody (v % poškozených stromů) způsobené sněhem (podrobnosti viz tab. 1)

**Fig. 6.**

Relationship between age and type of snow damage in % of damaged trees (1 – stem break, 2 – top break, 3 – bending stem, 4 – age; for more explanation see Tab. 1)

**Obr. 7.**

Pravděpodobnost poškození (ohnutí) stromu sněhem podle stíhlostního kvocientu na dílčích plochách experimentů Týniště, Bědovice II a Bědovice I ve věku 25, 48 a 80 let v roce 2010 (podrobnosti viz tab. 1)

**Fig. 7.**

Probability of snow damage (bending stem) of trees by  $h/d$  ratio on partial variants of experiments Týniště, Bědovice II and Bědovice I Bědovice I at the age of 25, 48 and 80, respectively in 2010 (for more explanation see Tab. 1)



V naší studii se ukázalo, že největší počet labilních stromů s h/d přesahujícím hodnotu 100 případně 120 je právě na kontrolních plochách bez výchovy. Intenzivní výchova borových porostů eliminuje nižší tloušťkové třídy s přirozeně vysokým h/d (DEL RIO et al. 1997; MONTERO et al. 2001) a odstraňováním této nestabilní složky lze redukovat škody sněhem až o 40 % (VALINGER et al. 1993). Výše uvedené kritické zatížení sněhem kolem 60 kg.m<sup>-2</sup> platí podle PÄÄTALO (2000) pro porosty vychovávané. V borových porostech bez výchovy je zatížení kritické již při hodnotách 10 až 40 kg.m<sup>-2</sup>.

I když na námi sledovaných experimentech nedosáhlo poškození sněhem kalamitních rozměrů (největší škody do 20 % výčetní základny), je zřejmé, že výchovné zásahy měly pozitivní vliv na výši škod. Naopak negativní vliv výchovy na následné poškození borových porostů sněhem a větrem zaznamenali např. VALINGER, LUNDQUIST (1992) a MÄKINEN, ISOMÄKI (2004). Šlo však zejména o porosty, kdy byla výchova prováděna až ve středním věku. Naopak vhodnost časných zásahů v mladých porostech pro zvýšení jejich stability byla potvrzena ve více studiích (CHROUST 1958; ZAJACZKOWSKI 1984; POLLEY 1995 a další).

Otázkou zůstává, jaká má být počáteční hustota porostů, jak intenzivní výchovné zásahy a v jakém věku mají být provedeny, aby bylo riziko poškození sněhem minimalizováno.

Z materiálu zpracovaného v naší studii nelze přímo stanovit optimální spon s ohledem na škody sněhem. Pouze z experimentu Bědovice II, kde byly použity tři různé spony, lze poukázat na některé trendy. Na původně nejhustších variantách Bed 1 a Bed2 (15 tis. ks.ha<sup>-1</sup>) se počet snížil zvýšenou mortalitou způsobenou pravděpodobně václavkou na ca 10 tis. ks.ha<sup>-1</sup> ještě před provedením prvních výchovných zásahů. Lze tedy vzájemně posuzovat hektarové počty 10 tis. ks (Bed1 až Bed4) a 5 tis. ks (Bed5 a 6). Z výsledků vyplývá, že nižší spony při výsadbě nejsou samy o sobě zárukou stability a bez navazujících výchovných zásahů se v takovýchto porostech, kde přežívá dlouhodobě větší množství jedinců, zvyšuje riziko poškození sněhem. Širší spon jako předpoklad budoucí stability borových porostů uvádí např. VALINGER a LINDQUIST (1992), VALINGER et al. (1994) a VEPERDI (1997). Důležitým faktorem při volbě sponu je také genetická kvalita vysazovaných jedinců. V našem případě se jedná o vysoce hodnocený ekotyp tzv. „týništské“ borovice. S ohledem na zjištěné výsledky o škodách sněhem lze pro CHS 13 na těchto stanovištích doporučit minimální počty uvedené ve vyhlášce č. 139/2004 Sb., tj. 9 tis. ks.ha<sup>-1</sup>.

Borovice lesní ve srovnání se smrkem ztepilým obecně méně reaguje na uvolnění zvýšením tloušťkového přírůstu. Přesto je po zásazích zaznamenáván vyšší tloušťkový přírůst ponechaných stromů, a to zejména ve spodní části kmene borovic (VALINGER 1992). Pokud je však výchova příliš intenzivní, může docházet zejména v porostech od středního věku ke ztrátám na celkové produkci (CHROUST 2001; MÄKINEN, ISOMÄKI 2004; LINDGREN et al. 2007; ROUTA et al. 2011). V porostech bez výchovy je sice maximalizována kvantita produkce (a potažmo ukládání uhlíku), avšak ta může být zcela zničena působením abiotických i biotických škodlivých činitelů (ERIKSSON 2006).

Těžiště výchovy v borových porostech je tedy směřováno především do mladších porostů, kde lze ovlivnit budoucí stabilitu zejména vůči sněhu a kde lze také podpořit některé ekologické efekty zásahů, např. zvýšení sumy podkorunových srážek po zásahu (CHROUST 1973, 1994; LLORENS et al. 1997; ŠLODIČÁK et al. 2011). Jako nejvhodnější se ze sledovaných variant jeví systém 4 + 1 použitý na experimentech Týniště (TynK) a Bědovice II (Bed4), kdy se odstranila každá pátá řada a ve stávajících čtyřech řadách byl zásah dokončen podúrovňovým výběrem na požadovanou hustotu. Zásah by měl být proveden do horní výšky 5 m, které je dosaženo v našich podmínkách na nejlepších bonitách do věku 10 let a na nejhorších do věku 20 let a hustota po zásahu by měla dosahovat ca 5500 ks. ha<sup>-1</sup> (ŠLODIČÁK, NOVÁK 2007).

Bylo také zjištěno, že použití schematických (poloschematických) zásahů v této růstové fázi v borových porostech nevede k průkazným růstovým ztrátám a nezvyšuje riziko následných škod (např. CHROUST 1989; MÄKINEN et al. 2006).

## ZÁVĚR

Na základě vyhodnocení škod způsobených sněhem v roce 2010 na dlouhodobých experimentech v PLO 17 Polabí, lze pro pěstování borových porostů vysoké genetické kvality v této oblasti doporučit:

- Nižší spony výsadby nejsou samy o sobě zárukou stability a bez navazujících výchovných zásahů se v takovýchto porostech, kde přežívá dlouhodobě větší množství labilních jedinců, zvyšuje riziko poškození sněhem.
- Po klasickém odstraňování předrostlíků a obrostlíků v období od zapojování kultur do fáze mlazin je v borových porostech založených v obvyklých sponech kolem 9000 ks na hektar nezbytné provést včas (do horní výšky 5 m) první výchovné zásahy, které přispějí ke stabilizaci ponechaných jedinců vůči sněhu.
- Pro danou oblast je vhodným způsobem výchovy těchto vysoce geneticky kvalitních borových porostů odstranění až 50 % jedinců při prvních zásazích. Výčetní základna tak poklesne o ca 30 %. V řadových výsadbách lze výhodně použít systém 4 + 1, tj. odstranění každé páté řady plus selektivní negativní výběr v podúrovni ve zbylých řadách.
- V porostech středního věku se snižuje význam výchovy jako prostředku zvyšování stability porostu. V dospělých porostech je pak efekt výchovy na stabilitu vůči sněhu minimální a zásahy jsou podřizovány potřebám produkce, zdravotního stavu a obnovy.

## Poděkování:

Publikace vznikla v rámci řešení výzkumného záměru MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

## LITERATURA

- DEL RIO M., MONTERO G., ORTEGA C. 1997. Effects of different thinning regimes on the snow damage in *Pinus sylvestris* L. stands in the Sistema Central. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, 6: 103–117.
- ERIKSSON E. 2006. Thinning operations and their impact on biomass production in stands of Norway spruce and Scots pine. *Biomass and Bioenergy*, 30: 848–854.
- FARAWAY J.J. 2006. Extending the linear model with R : generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. Boca Raton, Chapman & Hall/CRC: 301 s.
- FRIDMAN J., VALINGER E. 1998. Modelling probability of snow and wind damage using tree, stand, and site characteristics from *Pinus sylvestris* sample plots. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13: 348–356.
- CHROUST L. 1958. Vliv hustoty na vývoj a růst borové tyčkoviny. *Práce VÚL*, 15: 92–117.
- CHROUST L. 1973. Vliv schematických výchovných zásahů na mikroklima borové mlaziny. *Lesnictví*, 19: 567–582.
- CHROUST L. 1978. Výškový vývoj a růst mladých borových porostů neovlivněných výchovou. *Práce VÚLHM*, 52: 193–214.

- CHROUST L. 1979. Thinning experiment in Scots pine forest stand after 20 years investigation. *Communicationes Instituti Forestalis Cechosloveniae*, 11: 61–75.
- CHROUST L. 1989. Vliv řadových a kombinovaných výchovných zásahů na stabilitu mladých borových porostů. *Lesnictví*, 35: 723–738.
- CHROUST L. 1994. Vliv hustoty a výchovných sečí na intercepci kapalných srážek v borových porostech. *Lesnictví – Forestry*, 40: 409–416.
- CHROUST L. 2001. Thinning experiment in a Scots pine forest stand after 40-year investigations. *Journal of Forest Science*, 47: 356–365.
- KILPELÄINEN A., GREGOW H., STRANDMAN H., KELLOMÄKI S., VENÄLÄINEN A., PELTOLA H. 2010. Impacts of climate change on the risk of snow-induced forest damage in Finland. *Climatic Change*, 99: 193–209.
- LINDGREN P.M.F., SULLIVAN T.P., SULLIVAN D.S., BROCKLEY R.P., WINTER R. 2007. Growth response of young lodgepole pine to thinning and repeated fertilization treatments: 10-year results. *Forestry*, 80: 587–611.
- LLORENS P., POCH R., LATRON J., GALLART F. 1997. Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area I. Monitoring design and results down to the event scale. *Journal of Hydrology*, 199: 331–345.
- MÄKINEN H., ISOMÄKI A. 2004. Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. *Forest Ecology and Management*, 201: 311–325.
- MÄKINEN H., HYNYNEN J., ISOMÄKI A. 2005. Intensive management of Scots pine stands in southern Finland: First empirical results and simulated further development. *Forest Ecology and Management*, 215: 37–50.
- MÄKINEN H., ISOMÄKI A., HONGISTO T. 2006. Effect of half-systematic and systematic thinning on the increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. *Forestry*, 79: 103–121.
- MONTERO G., CAÑELLAS I., ORTEGA C., DEL RIO M. 2001. Results from a thinning experiment in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration stand in the Sistema Ibérico Mountain Range (Spain). *Forest Ecology and Management*, 145: 151–161.
- MRÁČEK Z. 1981. Zakládání a výchova porostů smrku a borovice lesní v oblastech ohrožovaných sněhovými polomy. In: *Hospodaření v lesích postižených sněhovou kalamitou*. České Budějovice, Dům techniky ČSVTS: 33–46.
- NÄSLUND M. 1937. Die Durchforstungsversuche der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. In: *Meddelanden fran Statens Skogsforsoksanstalt. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens*. Stockholm. Heft 29: 121–169.
- PÄÄTALO M-L., PELTOLA H., KELLOMÄKI S. 1999. Modelling the risk of snow damage to forests under short-term snow loading. *Forest Ecology and Management*, 116: 51–70.
- PÄÄTALO M-L. 2000. Risk of snow damage in unmanaged and managed stands of Scots pine, Norway spruce and birch. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15: 530–541.
- PELTOLA H., KELLOMÄKI S., HASSINEN A., GRANANDER M. 2000. Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. *Forest Ecology and Management*, 135: 143–153.
- POLLEY H. 1995. Assessing the mechanical stability of forest trees on the basis of the German forest inventory. *Forst und Holz*, 50: 594–597.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna [on-line]. [cit. 18. 09. 2012]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.R-project.org>.
- ROUTA J., KELLOMÄKI S., PELTOLA H., ASIKAINEN A. 2011. Impacts of thinning and fertilization on timber and energy wood production in Norway spruce and Scots pine: scenario analyses based on ecosystem model simulations. *Forestry*, 84: 159–175.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2007. Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin. [Recenzovaná metodika]. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 46 s. *Lesnický průvodce* 4/2007.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J., DUŠEK D. 2011. Canopy reduction as a possible measure for adaptation of young Scots pine stand to insufficient precipitation in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 262: 1913–1918.
- SOCJA J. 2007. Estimation of the effect of stand density on Scots pine stem form. *Acta Scientiarum Polonorum. Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 6: 59–70.
- VACCHIANO G., MOTTA R., LONG J.N., SHAW J.D. 2008. A density management diagram for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.): A tool for assessing the forest's protective effect. *Forest Ecology and Management*, 255: 2542–2554.
- VALINGER E. 1992. Effects of thinning and nitrogen fertilisation on stem growth and stem form of *Pinus sylvestris* (L.) trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 7: 219–228.
- VALINGER E., LUNDQVIST L. 1992. The influence of thinning and nitrogen fertilization on the frequency of snow and wind induced stand damage in forests. *Scottish Forestry*, 46: 311–320.
- VALINGER E., LUNDQVIST L., BONDESSON L. 1993. Assessing the risk of snow and wind damage from tree physical characteristics. *Forestry*, 66: 249–260.
- VALINGER E., LUNDQVIST L., BRANDEL G. 1994. Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 129–134.
- VEPERDI G. 1997. Studies on snow damage in thinning and spacing trials in 27-yr old Scotch pine stands at sandy site in Nyírség. *Erdészeti Kutatások*, 86/87: 101–113.
- VICENA I., PAŘEZ J., KONÓPKA J. 1979. *Ochrana lesa proti polomům*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 244 s.
- Vyhlaška č. 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa.
- ZAJACZKOWSKI J. 1984. Silvicultural methods and resistance of Scots pine stands to snow damage. *Sylvan*, 128: 19–27.
- ZHU J., LI X., LIU Z., CAO W., GONDA Y., MATSUZAKI T. 2006. Factors affecting the snow and wind induced damage of a montane secondary forest in northeastern China. *Silva Fennica*, 40: 37–51.
- ZPRÁVA. 2011. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 128 s.

## THINNING OF SCOTS PINE STANDS AND SNOW DAMAGE

### SUMMARY

In the Czech Republic, snow damage in Scots pine stands is not so frequent compared to Norway spruce stands. One of the reasons is that the pine forests are managed mostly at lower altitudes with lower incidence of snowfall. However, when such a situation occurs, it has a disastrous dimension. This case appeared in January 2010 when snow damage created about 20% of total abiotic salvage cut in this year in the Czech Republic. Therefore, importance of thinning in the frame of stand stability formation is still topical. We used three long-term experimental series with thinning of Scots pine stands which were established in Polabí Lowland in the Eastern Bohemia (Tab. 1). Regular measurement of dendrological characteristics (diameter at breast height, height, h/d ratio) was done each 1–5 year in the period of dormancy.

High amount of wet snow was monitored at the beginning of 2010. Totally about 110 mm of snow (water equivalent) was accumulated from 18th December 2009 to 5th February 2010. Pine stands were damaged in following days and we detected three types of damage: bending stem (OH), top break (ZV) and stem break (ZK). Effect of thinning on level of snow damage was analysed by evaluation of diameter structure (Figs. 1–3), h/d ratio and mortality in partial plots of mentioned experimental series.

We confirmed that h/d ratio is a good indicator of individual stability of tree against snow damage. Values of h/d ratio over 100 were found for all damaged trees. Amount of these unstable trees is naturally high in younger stands with higher density (Fig. 4). Proportion of unstable trees with h/d ratio over 100 or 120 was always lower in thinned plots (irrespective of type of thinning) compared to relevant control plots.

Consequently, we observed trends of positive correlations between stand density before damage and number (%) of damaged trees (Fig. 5 left) or between number of trees with h/d ratio over 120 and number (%) of damaged trees (Fig. 5 right). Bending stem (OH) is the main type of damage in the youngest stand. On the other hand, stem break (ZK) is the main type of damage in the oldest stand (Fig. 6). Amount of trees with top break (ZV) was independent of age. Probability of stem bending due to snow damage increased with increasing h/d ratio (Fig. 7). General model shows probability of stem bending between 3–27% for h/d ratio values from 100 to 250.

The results showed that lower initial density itself is not a guarantee of stand stability without subsequent thinning. For studied sites and stands (Scots pine stands with high genetic quality), early thinning (to the top height 5 m) is applicable as a measure to reduce the risk of snow damage. System 4+1 is optimal in this case. Each fifth row is removed and additionally low thinning is applied in the frame of left four rows. In middle-aged pine stands, the effect of thinning on stability decreases. Furthermore, this effect is minimal in mature pine stands.

Recenzováno

---

#### ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jiří Novák, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno  
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika  
tel.: +420 494 668 391; e-mail: novak@vulhmop.cz