

METODIKA HODNOCENÍ POTENCIÁLNÍHO RIZIKA PLYNOUCÍHO Z NEGATIVNÍHO VLIVU ABIOTICKÝCH ČINITELŮ (SNÍH, VÍTR) NA SMRKOVÉ A BOROVÉ POROSTY



Ing. DAVID DUŠEK, Ph.D.

Ing. ELIŠKA FRIEDLOVÁ, Ph.D.

Ing. DUŠAN KACÁLEK, Ph.D.

Ing. ŠTĚPÁN KŘÍSTEK

Ing. VRATISLAV MANSFELD, Ph.D.

Ing. JIŘÍ NOVÁK, Ph.D.



11/2021

Metodika hodnocení potenciálního rizika plynouceho z negativního vlivu abiotických činitelů (sníh, vítr) na smrkové a borové porosty

Certifikovaná metodika

Ing. David Dušek, Ph.D.

Ing. Eliška Friedlová, Ph.D.

Ing. Dušan Kacálek, Ph.D.

Ing. Štěpán Křístek

Ing. Vratislav Mansfeld, Ph.D.

Ing. Jiří Novák, Ph.D.

Lesnický průvodce 11/2021

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

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na:

http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-226-7

ISSN 0862-7657

METHOD FOR ASSESSMENT OF POTENTIAL RISK RESULTING FROM A NEGATIVE IMPACT OF ABIOTIC AGENTS (SNOW, WIND) ON SPRUCE AND PINE STANDS

Abstract

Forest damage due to snow and wind are an important factor deteriorating wood quality and also provision of their services. New-level estimates of dangerous meteorological events occurrence and parameters of stand stability were calculated using a data from National forest inventory, Regional Plans of Forest Development and other databases. The guide provide information for different level planning and assess risks in conditions of Natural Forest Areas in the Czech Republic.

Key words: snow; wind; h/d ratio; risk

Oponenti: prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.
Česká zemědělská univerzita v Praze, FLD, Katedra pěstování lesů
Ing. Václav Tomášek, Ministerstvo zemědělství

Adresy a podíl autorů:

David Dušek	20 %
Eliška Friedlová	15 %
Dušan Kacálek	5 %
Štěpán Křístek	25 %
Vratislav Mansfeld	20 %
Jiří Novák	15 %

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady
Výzkumná stanice Opočno
Na Olivě 550
517 73 Opočno
dusek@vulhmop.cz

Obsah:

1 ÚVOD	7
2 CÍL METODIKY	8
3 METODIKA	9
3.1 Diferenciace na úrovni provozních souborů	9
3.2 Živelní abiotičtí škodliví činitelé negativně ovlivňující stav smrkových a borových porostů	10
3.2.1 Sníh	10
3.2.3 Vítr	14
3.3 Štíhlostní kvocient	18
3.3.2 Vývoj h_g/d_g smrkových porostů	20
3.3.3 Vývoj h_g/d_g borových porostů	25
4 ZÁVĚR	25
5 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	27
6 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	28
7 EKONOMICKÉ ASPEKTY	29
8 DEDIKACE	30
9 LITERATURA	31
9.1 Seznam použité související literatury	31
9.2 Seznam publikací předcházející metodice	33
11 PŘÍLOHA	37

1 ÚVOD

Disturbance lesních ekosystémů živelními abiotickými faktory (sněhem, námrazou a především větrem) je velice častým fenoménem v zemích, kde je lesnictví založeno na umělé obnově s jednou převažující dřevinou v nepříznivých klimatických podmínkách. Tato situace je běžná ve všech střeoevropských zemích, stejně jako ve Velké Británii, Austrálii, na Novém Zélandě či v Japonsku (SLODIČÁK 1995). V České republice jsou abiotičtí činitelé dlouhodobě hlavní příčinou narušení lesních ekosystémů (RYCHTECKÁ, URBAŇCOVÁ 2008). Z ekonomického hlediska narušení hospodářských lesů snižuje výnos z těžby dříví, a naopak zvyšuje náklady na nahodilé těžby i obnovu a způsobuje problémy v lesním hospodářství (SAVILL 1983). Každoročně je v Evropě vytěženo 35 milionů m³ dříví jako důsledek přirozených disturbancí, způsobených především vichřicemi (SCHELHAAS et al. 2003). Informace o míře rizika působení abiotických činitelů (vítr, sníh) na smrkové a borové porosty vztažené k oblastní úrovni lze použít pro ekosystémové analýzy, které podpoří řešení koncepčních úkolů lesnického sektoru.

2 CÍL METODIKY

Metodika přináší informace jako podklad pro tvorbu rámcových směrnic v oblastních plánech rozvoje lesů (OPRL) se zaměřením na zmírňování negativního vlivu abiotických činitelů (sníh, vítr) v lesních porostech. Kromě informací pro rozhodování na koncepční úrovni při podpoře státní lesnické politiky prostřednictvím OPRL přináší předkládaná metodika i výsledky potenciálně využitelné pro plánování a rozhodování na detailní úrovni.

3 METODIKA

3.1 Diferenciace na úrovni provozních souborů

Provozní soubory (PS) seskupují určité cílové hospodářské soubory (CHS) s orientací na cílové hospodářství (tab. 1). Tři CHS (13,29 a 59) jsou natolik specifické, že i na této úrovni tvoří samostatné provozní soubory. Cílové hospodářství prostřednictvím PS představuje výchozí rámec pro adaptaci lesů na měnící se podmínky v důsledku probíhající klimatické změny (KZ). To znamená, že provozní soubory poskytují východisko pro trvale udržitelné obhospodařování lesních porostů s důrazem na řešení problémů spojených s KZ. PS je jednotka vytvořená především za účelem zhodnocení rizik a je nadstavbou lesnicko-typologického klasifikačního

Tab. 1: Uspořádání provozních souborů ve vazbě na cílové hospodářství

Cílové hospodářství	Kód PS	Název provozního souboru	Pozice v ekologické síti	CHS
Smrkové	11-SM	Cílové SM (přirozené) hospodářství horských poloh	Horské polohy	71; 73; 75; 77; 79
	12-SM	Cílové BK-SM (JD a smíšené) hospodářství vyšších poloh	Vyšší polohy	51; 53; 55; 57
	13-SM	Cílové SM (JD, BO) hospodářství na glejových a rašelinných stanovištích	Nižší, střední i vyšší polohy	59
Borové	31-BO	Cílové BO hospodářství na přirozených borových stanovištích	Bory	13
	32-BO	Cílové BO (SM, DB, JD) hospodářství na chudých zamokřených stanovištích	Nižší a střední polohy	27; 39
Dubové	51-DB	Cílové DB hospodářství nižších poloh	Nižší polohy	19; 25
	52-DB	Cílové DB (BO, smíšené) hospodářství nižších poloh	Nižší polohy	23; 21
Bukové	6-BK	Cílové BK (SM, BO, DB a smíšené) hospodářství středních poloh	Střední polohy	41; 43; 45; 47
Olšové	7-OL	Cílové OL (JS) hospodářství na trvale zamokřených a lužních stanovištích	Nižší, střední i vyšší polohy	29

systému Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. Východiskem pro jejich vymezení jsou soubory lesních typů (SLT), které charakterizují lesní stanoviště (MANSFELD et al. 2020).

Mapové zpracování Provozních souborů je dostupné na mapovém portálu Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem (ÚHÚL) a tyto informace lze kombinovat s obrysovou mapu v měřítku 1:10 000 (předpoklad souhlas vlastníka se zveřejněním). Takto je umožněno danou problematiku využít jako podklad pro podrobné plánování a rozhodovací procesy v konkrétních porostech.

3.2 Živelní abiotičtí škodliví činitelé negativně ovlivňující stav smrkových a borových porostů

Riziko poškození lesních porostů je úměrné intenzitě působení škodlivého činitele, kvantifikované pomocí meteorologických parametrů (rychlost a směr větru, velikost sněhové srážky, vlhkost a teplota vzduchu atp.). Geografické rozmístění odpovídá typickým, často mezním, synoptickým situacím, a uspořádání exponovaných, či naopak chráněných lokalit.

3.2.1 Sníh

Sníh zachycený na povrchu vegetace představuje mechanickou zátěž, která přirozeně vegetaci narušuje, jednak gravitačními svahovými pohyby: plazivý sníh, laviny; rovněž při přirozeném gravitačním sesedání sněhu ve vertikálním směru spojeném se zvyšováním hustoty sněhu a jeho metamorfózou dochází k utlačování těl zakrytých vytrvalých rostlin, především dřevin. U vyšších dřevin (keřů a stromů) zvyšuje sníh zachycený v korunách vertikální polohu jejich těžiště a zároveň zatěžuje kmeny a větve; zvyšuje tak celkové mechanické namáhání a snižuje stabilitu dřeviny. Pokud síly působící na dřevo stromu (keře) překročí mez pevnosti, dojde k poškození (PELTOLA et al. 1999): prasknutí, zlomu, ohnutí, příp. vyvrácení stromu. Série těchto poškození v lesním porostu znamená sněhový (námrazový, větrný, kombinovaný) polom (VICENA 2003). Se sněhovými polomy se lesníci setkávají od počátku cílevědomého lesního hospodářství. V současnosti je sníh druhým nejvýznamnějším abiotickým škodlivým činitelem v ČR a třetí nejčastější příčinou nahodilých těžeb, na kterých se podílí v dlouhodobém průměru přibližně 10 % (RYCHTECKÁ, URBAŇCOVÁ 2008).

Intenzita působení bořivého sněhu na lesní porost je přímo úměrná množství sněhu zachyceného na povrchu vegetace. Toto množství závisí na parametrech sněhové srážky, především množství sněhu, jeho vlhkosti, teplotě, ale také teplotě vzduchu a jejím vývoji, proudění vzduchu, teplotě povrchu vegetace, velikosti vegetačního povrchu (zjednodušeně listové ploše), či hustotě porostu vyjádřené kruhovou výčetní základnou (KŘÍSTEK et al. 2008). Velikost sněhové srážky se mění v prostoru podle synoptické situace a orografie terénu: množství sněhu zpravidla stoupá s nadmořskou výškou a na návětrných – srážkově bohatších – expozicích, ale vlivem anemo-orografických systémů může docházet ke zvýšenému ukládání sněhu i na závětrném svahu (JENÍK 2008). Množství sněhu při konkrétní sněhové srážce je možné zjistit přímým měřením a zátěž sněhu zachyceného v korunách stromů odvodit z rozdílu množství sněhu na volné ploše a pod porostem (KŘÍSTEK et al. 2011). ČHMÚ měří množství sněhu vyjádřené výškou sněhové pokrývky (SCE) a vodní hodnotou sněhu (SVH) v síti klimatických stanic a během zimní sezóny pravidelně publikuje interpolované mapy sněhové pokrývky: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/OMK/mapy/prohlizec.html?map=SCE_ST.

Pro predikci rizika (pravděpodobnosti) vzniku sněhových polomů jsou důležitější výsledky dlouhodobých měření, ze kterých lze odvodit pravděpodobnost překročení kritické hodnoty sněhové zátěže. Průměrné hodnoty sezónního maxima vodní hodnoty sněhu publikuje ČHMÚ v podobě Mapy zatížení sněhem na zemi: <https://clima-maps.info/snehovamapa/>. Na základě statistického rozdělení lze odvodit pro každou hodnotu pravděpodobnost překročení kritické hodnoty sněhové zátěže vyjádřené vodní hodnotou sněhu. Kritické hodnoty pro smrk byly stanoveny empiricky ve studii KŘÍSTKA a HOLUŠI (2014) na SVH 100 mm (počínající pravidelné škody) a 220 mm (kritická kalamita). Na základě pravděpodobnosti překročení uvedených kritických hodnot byla provedena klasifikace území na sedmibodové škále (1 = nejmenší riziko, 7 = největší riziko) – viz tab. 2, obr. 1.

Pro hodnocení rizika na regionální úrovni PLO a PS byla použita průměrná hodnota stupně potenciálního rizika za příslušnou územní jednotku (PLO, PS). Do hodnocení byly zahrnuty pouze PS, pro které je v dané PLO ve sněhové mapě (grid 100 × 100 m) více než 35 hodnot. Počty hodnot a průměry byly vypočteny pomocí modulu Zonální statistika v sw QGIS 3.10.10; pořadová statistika (dolní a horní kvartily) byly vypočteny v sw R 4.1.0. K přepočtu pravděpodobnosti překročení kritických hodnot SVH byla využita funkce NORM.S.DIST v sw Microsoft Excel 2019 a rovnice tříparametrického lognormálního rozdělení odvozená ČHMÚ (NĚMEC, STRÍŽ 2011). Průměrné stupně potenciálního rizika a pravděpodobnosti překročení kritických hodnot viz tab. 4 a 5 v příloze.

Průměrné stupně potenciálního rizika byly validovány na úrovni PLO údaji o nahodilých těžbách způsobených sněhem a námrazou, publikovaných za jednotlivé

roky v Supplementech Zpravodaje ochrany lesa: <https://www.vulhm.cz/aktivity/vydavatelska-cinnost/zpravodaj-ochrany-lesa-supplementum/>. Objem nahodilých těžeb byl přepočten z úrovně okresů na jednotlivé PLO pomocí vážení plochou smrkových a borových porostů, které jsou k živelním škodám nejnáchylnější (Křístek 2020). Výsledky byly sumarizovány za období 2000–2020. Data o nahodilých těžbách z údajů LOS zachycují pouze výši škod nahlášenou přímo respondenty bez dopočtu na celkovou plochu lesa daného okresu. Data LOS přitom pokrývají cca 70 % plochy lesa v ČR.

Jako ukazatel intenzity nahodilých těžeb byl použit podíl objemu nahodilé těžby živelní způsobené sněhem a námrazou na jednotku porostní plochy. Vztah mezi intenzitou nahodilých těžeb jako vysvětlovanou proměnnou a průměrným stupněm rizika pro danou PLO jako prediktoru byl analyzován pomocí funkce LINREGRESE v sw Microsoft Excel 2019. Pearsonův korelační koeficient vypočtený pomocí funkce CORREL: $r = 0,373$, což naznačuje slabou korelaci mezi stupněm potenciálního rizika (sněhové zátěže) a objemem nahodilých těžeb způsobených sněhem a námrazou. To dokládá, že velikost sněhové zátěže je pouze jednou, nikoliv jedinou veličinou, která ovlivňuje intenzitu sněhových polomů. Ve větší míře se na poškození podílejí další faktory, jako je druh dřeviny nebo dendrometrické parametry (tloušťka kmene, stíhlostní kvocient – viz dále kap. 3.3); stupeň potenciálního rizika sněhové zátěže vysvětluje při použití jednoduché lineární regrese intenzitu nahodilé těžby cca ze 14 %.

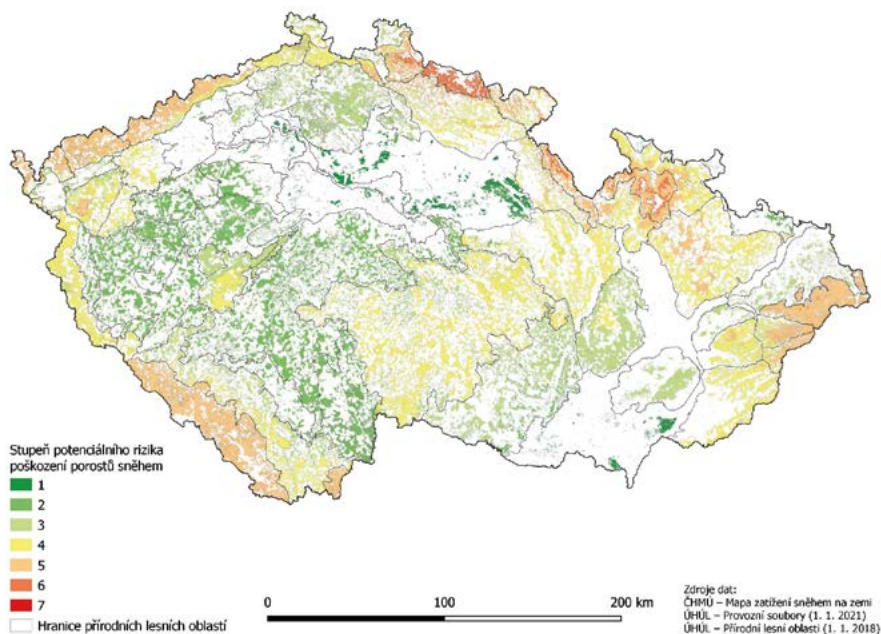
Prostorové rozložení průměrného stupně rizika za přírodní lesní oblast (PLO) i provozní soubor (PS) ukazuje dominantní vliv nadmořské výšky na množství sně-

Tab. 2: Stupnice potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH		Popis
	100 mm	220 mm	
1	< 0,0036	< 0,000008	Bez ohrožení
2	0,0036 – 0,02	0,000008 – 0,00012	Minimální ohrožení
3	0,02 – 0,1	0,00012 – 0,002	Mírné ohrožení
4	0,1 – 0,4	0,002 – 0,0367	Střední ohrožení
5	0,4 – 0,9	0,0367 – 0,51	Silné ohrožení
6	0,9 – 0,99	0,51 – 0,95	Velmi silné ohrožení
7	≥ 0,99	≥ 0,95	Extrémní ohrožení

hu, a tím i stupeň rizika sněhové zátěže. Částečně se také promítá kontinentalita/oceanita klimatu. Nejvyšší hodnoty SVH a průměrného stupně potenciálního rizika poškození porostů sněhem dosahují nejvyšší a srážkově nejbohatší horské oblasti (Krkonoše, Hrubý Jeseník, Orlické a Jizerské hory), následují nižší pohoří nebo pohoří s menšími sněhovými srážkami (Moravskoslezské Beskydy, Šumava, Krušné hory, Novohradské hory), hodnoty klesají směrem do podhůří (Sudetské mezihoří, Předhoří Hrubého Jeseníku, Podkrkonoší) přes výškové stupně pahorkatin (např. Hostýnsko-vsetínská vrchovina, Český les, Nízký Jeseník, Českomoravská vrchovina, Bílé Karpaty, Doupovské hory, Dražanská vrchovina, Brdy) až po pánve, úvaly a nížiny (Slezská Nížina, Českobudějovická a Třeboňská pánev, Podkrušnohorské pánve, Hornomoravský úval), nejnižších průměrných hodnot rizika dosahují PLO Polabí a Jihomoravské úvaly.

Obdobně se vegetační stupňovitost promítá do průměrného stupně rizika podle PS, i když jsou zde rozdíly mezi jednotlivými PLO (viz tab. 5 v příloze). Největšího potenciálního ohrožení dosahují nejvyšší horské polohy PS 11-SM: průměrný stupeň



Obr. 1: Stupeň potenciálního rizika poškození porostů sněhem podle provozních souborů

potenciálního rizika až 6 v rámci 7bodové škály (Krkonose, Jizerské hory, Orlické hory, Beskydy); naopak v Lužické pískovcové vrchovině dosahuje PS 11-SM pouze průměrné hodnoty 4,4. Maximu se blíží průměrný stupeň potenciálního rizika také v PS 12-SM a 13-SM v Krkonoších (5,8 resp. 5,7), v ostatních pohořích již přesahuje hodnotu 5 pouze mírně (5,1–5,3), naopak není v PS 13-SM klesá průměrná hodnota v Polabí (1,1), což odpovídá výskytu smrkového PS 13 pouze na azonálních stanovištích v této oblasti. V PS 6-BK jsou průměrné hodnoty mezi 2,1 (Český kras a Křivoklátsko) a 4,9 (Hrubý Jeseník). V PS 52-DB je nejnížší průměrná hodnota potenciálního rizika v Jihomoravských úvalech (1,2), nejvyšší pak v Krušných horách (3,3). Podobně PS 31-BO má nejnížší průměrný stupeň potenciálního rizika v Polabí (1,1) a nejvyšší (5,0) v Sudetském mezihoří, příp. v předhůří Hrubého Jeseníku (4,8); PS 32-BO má nejnížší průměrný stupeň potenciálního rizika v Jihomoravských úvalech (1,2) a nejvyšší v Podkrkonoší (3,9). PS 51-DB a 7-OL nebyly z důvodu omezeného výskytu smrkového a borového hospodářství do hodnocení zahrnuty.

3.2.3 Vítr

Vítr je pohyb vzduchu vůči zemskému povrchu. Vzniká především působením rozdílných tlaků a teplot vzduchových mas, a také působením Coriolisovy síly. Při měření rozlišujeme rychlost a směr větru (ČMES 2019).

Se zvyšující se rychlostí se zvyšuje síla působení větru a riziko vzniku škod. Kinetická energie vzduchové masy působí na nadzemní část stromu a při překročení odolnosti způsobuje zlomy jednotlivých částí (větví, kmene) nebo vývrat celého stromu. Větrné polomy způsobuje převážně nárazový vítr, při kterém dochází k prudkým změnám síly a směru. Od přibližně $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vítr láme větve stromů, od cca $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vyvrací nebo láme celé stromy; při vyšších rychlostech vznikají plošné polomy porostů i celých rozsáhlých oblastí. Orkány nad $33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dokáží pohybovat i těžkými hmotami a odnášet předměty jako auta, střechy domů apod. (WMO 2011).

Rychlost a směr větru se mění podle reliéfu a typu povrchu a výskytu překážek. Všeobecně narůstá s nadmořskou výškou a výškou nad povrchem. Pro hodnocení rizika větrných polomů je vhodná meteorologická veličina rychlosti větru ve výšce 10 m nad zemským povrchem. Konfigurace terénu se projevuje nárůstem rychlosti na horských hřebenech, v sedlech a při přepadavých větrech v údolích na závětrných stranách (STOLINA 1985). Pro klasifikaci rizika větrných polomů byla využita Mapa extrémních nárazů větru publikovaná Ústavem fyziky atmosféry Akademie věd ČR (ÚFA 2016, POP et al. 2016): <http://vitr.ufa.cas.cz/extremni-vitr/>. Mapa zobrazuje maximální rychlosti nárazu větru (doba trvání cca 2 s) ve výšce 10 m nad

povrchem podle vybrané doby opakování (pravděpodobnosti) s periodou 5, 10, 20, 50 a 100 let. Území bylo klasifikováno podle 20letého maxima rychlosti nárazu větru do sedmibodové škály (1 = nejnižší riziko, 7 = největší riziko) s využitím Beaufortovy stupnice síly větru (WMO 2011) rozšířené o Saffir-Simpsonovu stupnici hurikánů (SCHOTT et al. 2019) – viz tab. 3. Zatímco metodiky mezinárodní meteorologické organizace (WMO) počítají s 10min průměrem rychlosti větru, mapa extrémních rychlostí větru zachycuje krátkodobé (< 2 s) nárazy větru, kterým mohou stromy dynamicky odolávat i při mnohem vyšších rychlostech.

Tab. 3: Stupnice potenciálního rizika větrných polomů podle maximální rychlosti nárazu větru

Stupeň rychlosti větru	20leté maximum rychlosti větru [m·s ⁻¹]	Beaufortova rozšířená stupnice	Název	Popis účinků
1	méně než 28,5	10	silná vichřice	vyvrací stromy, působí škody na infrastruktuře
2	28,5 – 31	11	mohutná vichřice	rozsáhlé polomy
3	31 – 32,7	11		pustošivé účiny
4	32,7 – 37	12		
5	37 – 41,5	13	orkán	ničivé účinky, hýbe těžkými hmotami
6	41,5 – 51	14-15		
7	51 a více	16-17		

Rychlosti nárazů větru jsou velmi proměnlivé v čase i prostoru. Kromě nadmořské výšky hraje významnou roli i členitost terénu. Proto je ve výškově členitých reliéfech (hornatinách) prostorová variabilita maximálních rychlostí větru daleko větší než v rovinatých reliéfech nížin či plochých pahorkatin. Nejvyšších rychlostí dosahují nárazy větru na osamělých vrcholech nebo horských hřebenech, naopak nejnižší maxima jsou v chráněných částech horských údolí, často vzdálených pouze stovky metrů. V plochých otevřených terénech se extrémní nárazy větru vyskytují středně často a jejich hodnoty jsou zpravidla někde mezi maximy horských vrcholů a nízkými hodnotami horských údolí, ačkoliv tato údolí mohou ležet ve vyšší nadmořské výšce. Pro regionalizaci za větší území jednotky (více než jednotky km²) tak nevystačíme pouze s průměrnými hodnotami rychlostí extrémních nárazů větru a je potřeba vzít v úvahu také prostorovou variabilitu maxim rychlosti nárazů větru. Pro hodnocení stupně potenciálního rizika větrných polomů na úrovni PLO a PS

je proto použit přepočít, který kromě průměru počítá i se směrodatnou odchylkou výběrového souboru maxim rychlostí nárazů větru:

$$St = 1 + \frac{\mu + \sigma - 30}{3,5} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N})^2}{N}} - 26,5}{3,5}$$

kde St je stupeň potenciálního rizika větrných polomů; x_i je lokální hodnota 20letého maxima rychlosti nárazu větru v 10 m nad zemí [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]; μ je průměrná hodnota 20letého maxima rychlosti nárazu větru v 10 m nad zemí [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]; σ je směrodatná odchylka výběrového souboru 20letých maxim rychlosti nárazů větru v 10 m nad zemí [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]; N je počet hodnot.

Do hodnocení byly zahrnuty pouze PS, pro které je v dané PLO v Mapě extrémních nárazů větru (grid 100×100 m) více než 35 hodnot. Průměrná maxima rychlosti nárazů větru a odpovídající směrodatné odchylky byly vypočteny pomocí modulu Zonální statistika v sw QGIS 3.10.10. Modul Zonální histogramy byl použit pro sestavení histogramů maximálních rychlostí nárazů větru. Stupně potenciálního rizika pro PLO a PS byly vypočteny v sw Microsoft Excel 2019. Stupně potenciálního rizika větrných polomů, průměrná maxima rychlosti větru a směrodatné odchylky pro PLO a PS viz tab. 7, 8 a obr. 2 v příloze.

Stupně potenciálního rizika větrných polomů byly validovány na úrovni PLO pomocí *plochy* větrných polomů (VEPO) z oblastních plánů rozvoje lesů (<http://geoportal.uhul.cz/mapy/MapyOpri.html>). Z vrstvy VEPO byl vypočten tzv. Index VEPO (I_{VEPO}) podle vzorce:

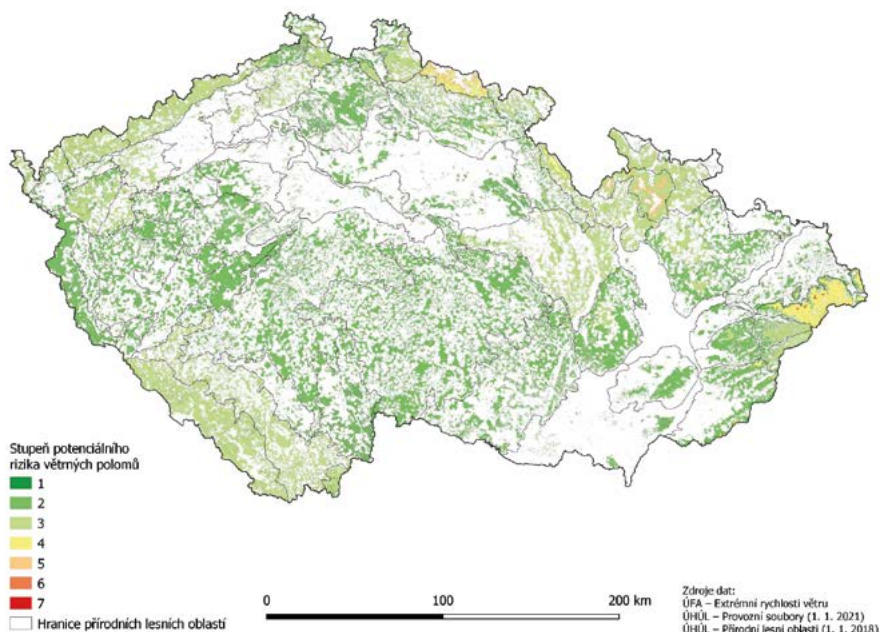
$$I_{VEPO} = \frac{P_{VEPO} + 0,5 \cdot R_{VEPO}}{P_{Les}}$$

kde I_{VEPO} je Index VEPO; P_{VEPO} je plocha plošných větrných polomů, R_{VEPO} je plocha rozptýlených větrných polomů; P_{Les} je plocha lesa (ZLATNÍK, KRÍSTEK 2021).

Vztah mezi Indexem VEPO jako vysvětlovanou proměnnou a stupněm rizika pro danou PLO jako prediktoru byl analyzován pomocí funkce LINREGRESE v sw Microsoft Excel 2019. Pearsonův korelační koeficient vypočtený pomocí funkce CORRREL: $r = 0,431$ naznačuje slabou korelaci mezi stupněm potenciálního rizika (extrémními nárazy větru) a plochou větrných polomů. To dokládá, že rychlost větru je sice zásadní, ale nikoliv jedinou veličinou, která ovlivňuje plošný rozsah větrných polomů. Ve větší míře se na poškození podílejí další faktory, jako je druh dřeviny, výskyt porostních stěn nebo dendrometrické parametry (výška porostu, stíhlostní kvocient – viz dále kap. 3.3); stupeň potenciálního rizika větrných polomů vysvětluje při použití jednoduché lineární regrese rozsah nahodilé těžby cca z 19 %.

Z výsledků jsou patrné velké rozdíly mezi jednotlivými PLO, které se promítají i do hodnocení podle PS. Nejvyššího stupně potenciálního rizika větrných polomů dosahují nejvyšší pohoří (Krkonoše 5,3), nejnižší hodnocení pak mají úvaly a pánve: Hornomoravský úval (2,1), Českobudějovická a Třeboňská pánev a Podkrušnohorské pánve stejně jako Polabí (2,3).

U PS se opět projevuje vegetační stupňovitost, ovšem regionalita vyjádřená příslušností k PLO zde hraje neméně zásadní roli. Nejvyšší hodnoty jsou v PS 11-SM na vrcholcích Moravskoslezských Beskyd (6,8), zatímco v Krkonoších nejsou nejvyšší vrcholy v PS zahrnuty a PS 11-SM se tak vyskytuje v porostech pod horní hranicí lesa a dosahuje stupně 4,9, podobně jako v Hrubém Jeseníku (4,6). Nejnižší hodnota v PS 11-SM je v Předhůří Šumavy a Novohradských hor (1,9). V PS 12-SM je nejnižší hodnota v Podkrušnohorských pánvích (1,9) a Západočeské pahorkatině (2,0) a nejvyšší v Bílých Karpatech (4,2). V PS 13-SM je nejnižší hodnota v Polabí



Obr. 2: Stupeň potenciálního rizika větrných polomů podle provozních souborů

(1,5) a nejvyšší v Krkonoších (3,2). Celkově jsou hodnoty potenciálního rizika větrných polomů v PS 13-SM významně nižší než u výše položených PS 11-SM a 12-SM a jsou dokonce podobné jako u borových, dubových a bukových PS: 31-BO od 1,6 v Jihomoravských úvalech po 3,2 v Předhůří Hrubého Jeseníku, PS 52-DB od 2,0 v Jihomoravských úvalech po 3,1 v Českém středohoří, v PS 6-BK od 1,8 v Polabí až po 3,0 v Doupovských horách a v Severočeské pískovcové plošině a Českém ráji. Celkově nejnižší hodnoty stupně potenciálního rizika větrných polomů jsou v PS 32-BO: od 1,6 v Severočeské pískovcové plošině a Českém ráji po 2,4 na Křivoklátsku a v Českém krasu.

3.3 Štíhlostní kvocient

Štíhlostní kvocient je definován jako poměr výšky a výčetní tloušťky stromu a do určité míry vyjadřuje stabilitu stromu proti zatížení sněhem a větrem (ŠMELKO et al. 1992). Štíhlostní kvocient závisí na hustotě porostu (intenzitě výchovných zásahů především v mladých porostech), charakteru výchovných zásahů (podúrovňové vs. úrovňové zásahy), věku, dřevině, provenienci a růstové oblasti. Právě vztah mezi štíhlostním kvocientem a růstovými oblastmi (na úrovni PS a PLO) zůstává v podmínkách ČR doposud nedostatečně popsán. V současné době lze za nejobsáhlejší zdroj relevantních dat v ČR pro tento účel považovat údaje z Národní inventarizace lesů (NIL). Údaje z NIL pokrývají mnohem větší rozsah území a v mnohem větším počtu inventarizačních ploch na širší škále přírodních podmínek, než je možné získat z údajů pěstebních a provenienčních ploch lesnického výzkumu. Limitujícími faktory pro analýzu a interpretaci dat NIL jsou neznalost pěstební historie inventarizovaných porostů, neznalost provenience, absence údajů o poškození porostů abiotickými a biotickými činiteli v minulosti a z toho vyplývající velmi limitované možnosti konstatování kauzálních vztahů mezi růstovými veličinami a prostředím. Kromě toho je nutno vzít v úvahu mikrorelief (mozaiku) stanovištních podmínek v rámci vylišené typologické jednotky a její velikost ve srovnání s velikostí inventarizační plochy. Ani datové údaje z NIL však nepokrývají v dostatečném množství inventarizačních ploch všechny kombinace přírodních lesních oblastí a provozních souborů napříč věkovým gradientem. Proto bylo nutné přikročit k určité redukci, kdy pro smrk byly vyhodnoceny údaje o štíhlostním kvocientu pro tři PS: 11-SM, 12-SM a 6-BK a jim odpovídající dvě, dvanáct a dvanáct PLO. V případě borovice bylo z důvodu nedostatku dat nutno opustit podrobnější dělení podle PLO a vyhodnotit pouze šest PS: 12-SM, 6-BK, 32-BO, 52-DB, 51-DB a 31-BO.

3.3.1 Metodika výpočtu štíhlostního kvocientu středního kmene z dat NIL

Pro výpočet štíhlostního kvocientu středního kmene (dále h_g/d_g) v rámci provozních souborů a přírodních lesních oblastí byla využita data z Národní inventarizace lesů NIL 1 z let 2001–2004. Vzhledem k použití dat z jednoho cyklu NIL byl zvolen postup na základě nepravých časových řad, kdy dendrometrické veličiny inventarizačních ploch uspořádaných podle věku byly analyzovány podle provozních souborů a vybraných PLO. Byly vybrány inventarizační plochy, kde se nacházelo minimálně 15 stromů stejné dřeviny (SM, BO) shodného věku, u nichž byla změřena výška a nešlo o vrcholkové zlomy, stromy s náhradním vrcholem, dvojáky apod. Relativně malý počet stromů byl zvolen s ohledem na konstantní velikost inventarizačních ploch NIL (500 m²) tak, aby u starších porostů nedocházelo k systematickému výběru pouze atypicky přehoustlých porostů. Tloušťka středního kmene byla vyjádřena jako střední kvadratická tloušťka pro danou dřevinu stejného věku v rámci inventarizační plochy. Výška středního kmene byla určena na základě vypočtené výškové křivky podle Levakovičovy funkce (LEVAKOVIČ 1935) samostatně pro danou dřevinu a inventarizační plochu. Výpočet výškových křivek byl proveden v prostředí statistického jazyka R (R CORE TEAM 2021) s využitím knihovny *nlme* (PINHEIRO, BATES 2000). Následně byly z výběru vyloučeny inventarizační plochy s nekvalitním výpočtem výškové křivky, identifikovaným zjednodušeně na základě statisticky nesignifikantní hodnoty některého z regresních parametrů (tj. $p\text{-value} > 0,05$). Celkově tak bylo do analýzy zahrnuto 3 655 inventarizačních ploch SM a 1 055 ploch BO.

Pro výpočet semiparametrické regresní závislosti h_g/d_g na věku, porostním souboru (PS) a přírodní lesní oblasti (PLO – pouze u SM) byl použit zobecněný aditivní model (GAM), kde závislost h_g/d_g na věku je modelována neparametricky podle splinové funkce a závislost na kategorických proměnných PS a PLO je modelována parametricky. Model byl sestaven samostatně pro každou dřevinu v prostředí statistického jazyka R s využitím knihovny *mgcv* (WOOD 2017).

U smrku byl použit model se smíšenými efekty, kde závislost h_g/d_g na věku je modelována pomocí neparametrického splinu, diferencovaně podle PŠ (pevný faktor). PLO byla do modelu zahrnuta jako náhodný efekt se samostatným odhadem absolutního členu a směrnice. Do výsledků jsou zahrnuty pouze PLO, které byly v kombinaci s daným PS zastoupeny minimálně padesáti inventarizačními plochami.

```
Model_SM1 <- gam(h.d ~ s(AGE, by=PS, bs="tp") + PS + s(PLO, bs="re") + s(PLO, AGE, bs="re"), method = „REML“)
```

Pravděpodobnost překročení určité hodnoty h_g/d_g byla modelována samostatně pro konkrétní PS s nezávisle proměnou „Věk“ a PLO modelovanou jako náhodný efekt. Vzhledem k tomu, že vysvětlující (závislá) proměnná má v tomto případě Bernoulliho rozdělení (1 – pokud inventarizační plocha překročí určitou hodnotu h_g/d_g a 0 – pokud ji nepřekročí), byl použit zobecněný aditivní model s binomickým rozdělením a logitovým transformačním linkem.

```
Model_SM2 <- gam (plus_h.d ~ s(AGE, bs="tp") + s(PLO,bs="re") + s(PLO,AGE,b-
s="re"), family=binomial (link=logit), method="REML")
```

V případě borovice nebyl k dispozici dostatečný počet inventarizačních ploch pro diferenciaci podle jednotlivých PLO, a proto byl použit zjednodušený model s vysvětlující proměnou „Věk“ a „PS“. Do výsledků jsou zahrnuty pouze PS s minimálním počtem padesáti inventarizačních ploch.

```
Model_BO1 <- gam (h.d ~ s(AGE, by=PS, bs="tp") + PS, method = „REML“)
```

Pravděpodobnost překročení určité hodnoty h_g/d_g byla v případě borovice modelována pro konkrétní PS, analogicky jako u smrku, s vypuštěním PLO jako náhodného efektu.

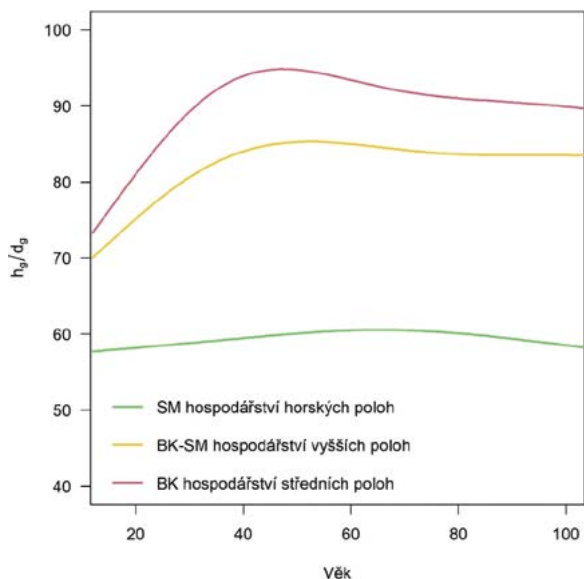
```
Model_BO2 <- gam (plus_h.d ~ s(AGE, by=PS, bs="tp"), family=binomial (lin-
k=logit), method="REML")
```

3.3.2 Vývoj h_g/d_g smrkových porostů

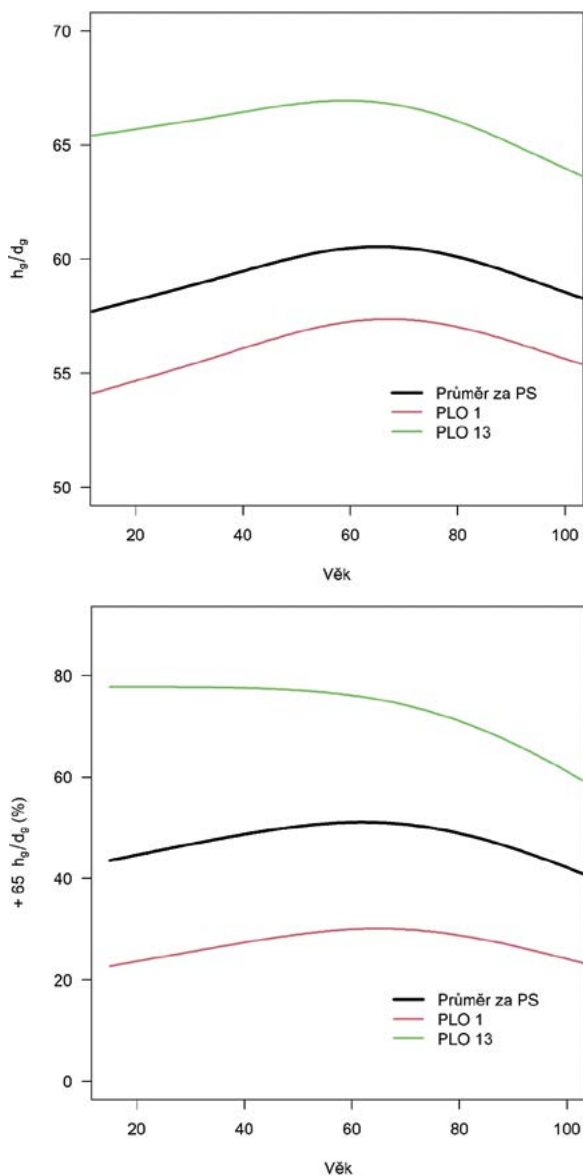
Dynamika vývoje nepravých časových řad h_g/d_g smrku podle PS odráží pozici daného PS v rámci ekologické sítě (obr. 3., tab. 1). Nejnižší hodnoty h_g/d_g vykazuje PS 11-SM (horské polohy) s velmi pozvolným nárůstem hodnot s věkem a jejich kulminací mezi 60–70 lety věku porostů. Je zde však patrný i výrazný rozdíl mezi jednotlivými hodnocenými PLO (obr. 4), který naznačuje, že stanovení optimální hodnoty h_g/d_g pro PS je pouze rámcové a pro jednotlivá PLO se může mírně lišit. Vzhledem k vysoké zátěži abiotickými činiteli lze považovat za žádoucí hodnoty h_g/d_g do 65 (± 5 podle PLO).

V PS 12-SM (vyšší polohy) je dynamika nárůstu h_g/d_g s věkem porostů strmější v porovnání s horskými polohami, s kulminací kolem 50 let věku. Je opět patrná značná diferenciacie podle jednotlivých PLO (obr. 5). Vzhledem k mírnější intenzitě působení abiotických činitelů lze považovat za žádoucí hodnoty h_g/d_g do 80 (± 5 podle PLO).

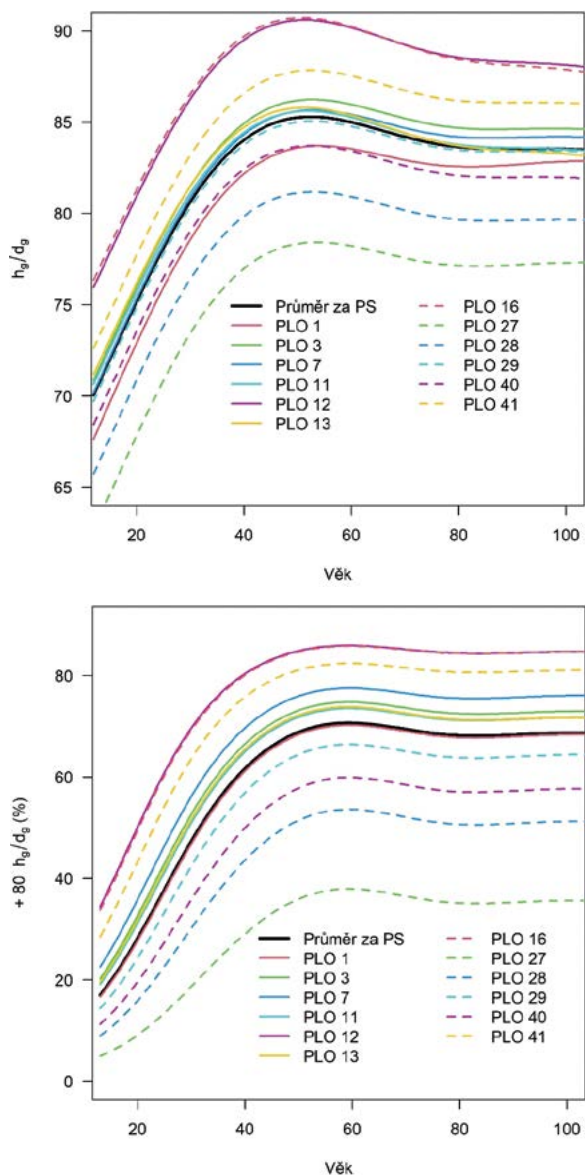
V PS 6-BK (střední polohy) je zaznamenána největší dynamika změny h_g/d_g s prudkým nárůstem hodnot do věku ca 45 let a následným mírným poklesem. I zde je patrná značná diferenciacce podle PLO (obr. 6), kterou je třeba zohlednit. Za žádoucí lze považovat hodnoty h_g/d_g do 90 (± 5 podle PLO). Dynamika rychlého nárůstu h_g/d_g v mladých smrkových porostech, zvláště na bonitně dobrých stanovištích středních poloh, podtrhuje význam časných výchovných zásahů ve smrkových porostech již od stádia mlazin. Modelové průměrné hodnoty štíhlostního kvocientu mladých smrkových porostů ve věku 30 let podle PS a vybraných PLO jsou uvedeny na obr. 8 přílohy.



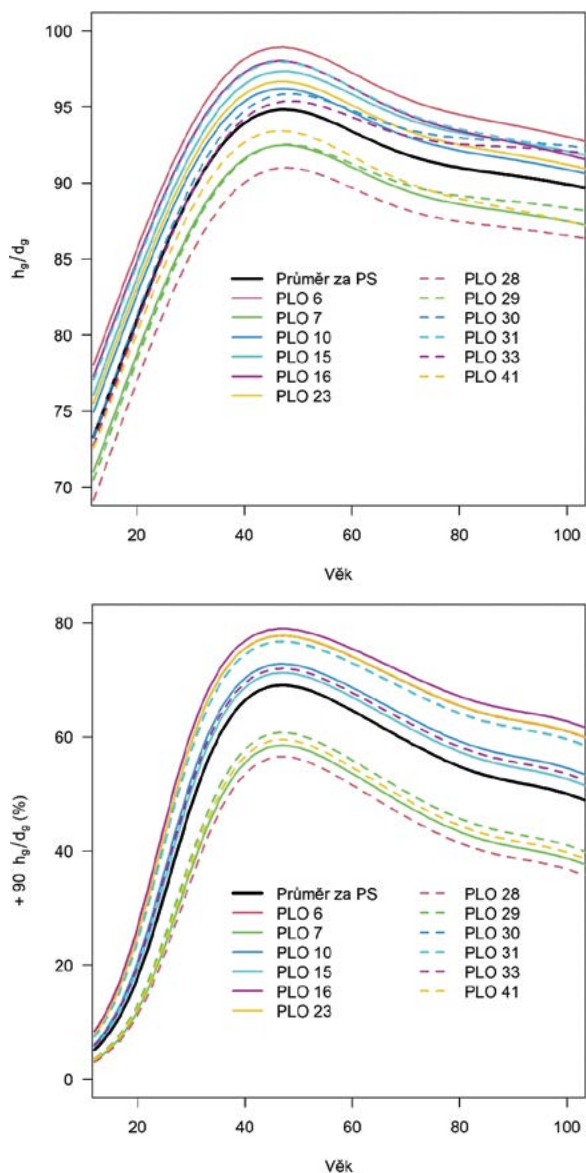
Obr. 3: Vývoj průměrného štíhlostního kvocientu středního kmene smrku v závislosti na věku podle provozních souborů



Obr. 4: Vývoj průměrného štíhlostního kvocientu středního kmene (nahore) a pravděpodobnost překročení hodnoty 60 štíhlostního kvocientu středního kmene (dole) smrku v PS 11-SM „Cílové SM (přirozené) hospodářství horských poloh“ v závislosti na věku podle PLO



Obr. 5: Vývoj průměrného štíhlostního kvocientu středního kmene (nahoře) a pravděpodobnost překročení hodnoty 80 štíhlostního kvocientu středního kmene (dole) smrku v PS 12-SM „Cílové BK-SM (JD a smíšené) hospodářství vyšších poloh“ v závislosti na věku podle PLO



Obr. 6: Vývoj průměrného štíhlostního kvocientu středního kmene (nahore) a pravděpodobnost překročení hodnoty 90 štíhlostního kvocientu středního kmene (dole) smrku v PS 6-BK „Cílové BK (SM, BO, DB a smíšené) hospodářství středních poloh“ v závislosti na věku podle PLO

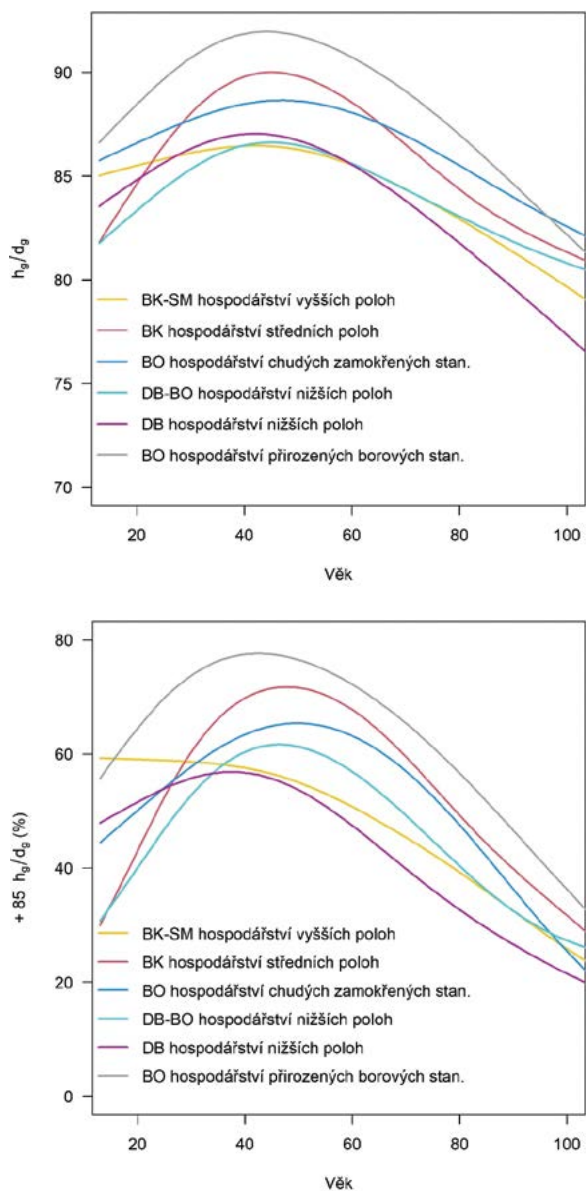
3.3.3 Vývoj h_g/d_g borových porostů

Dynamika vývoje nepravých časových řad h_g/d_g borovice ukazuje na generální trend nárůstu hodnot do věku 40–50 let s následným poměrně výrazným poklesem. Je zde také patrná diferenciaci podle jednotlivých PS, která na rozdíl od smrku není jednoduše vysvětlitelná pozicí v ekologické síti, resp. výškovým gradientem (obr. 7). Diferenciaci podle PLO nebylo možné z dat NIL provést, ale lze předpokládat, že rozdíly v h_g/d_g budou kromě růstové oblasti také silně ovlivněny proveniencí. Stanovení optimální hodnoty h_g/d_g pro borové porosty je proto obtížné a nutně pouze rámcové. Za žádoucí lze považovat hodnoty do 85 (± 10 podle PS). Podobně jako u smrku podtrhuje dynamika nárůstu h_g/d_g borovice do věku ca 40–50 let význam časných výchovných zásahů od stádia mlazin. Modelové průměrné hodnoty štihlостního kvocientu mladých borových porostů ve věku 30 let podle PS jsou uvedeny na obr. 9 přílohy.

4 ZÁVĚR

Dosažené výsledky z hlediska rozboru štihlостního kvocientu potvrzují správnost diferenciaci lesních stanovišť podle přírodních lesních oblastí. Rovněž se potvrdil záměr danou problematiku zpracovat prostřednictvím provozních souborů, které reagují na problémy spojené s extrémními projevy klimatické změny a jsou východiskem pro zpracování rámcových směrnic hospodaření (RSH) potažmo hospodářských souborů (HS) v OPRL.

Získané informace ovšem nelze zúžit pouze na hodnocení štihlостního kvocientu a impaktu analyzovaných abiotických činitelů. Řešená problematika si vyžaduje komplexní přístup, který zohlední vliv stanoviště (lokality ovlivněné vodou), zápoj, délka a nasazení koruny, poškození stromů (výskyt hniloby, škody zvěří), absence vhodného ekotypu, porыв větru a další parametry ovlivňující stabilitu porostů. Původní záměr tyto míry hodnotit na oblastní úrovni z dat NIL nebyl umožněn z hlediska povahy datového zdroje. V tomto směru se nabízí zhodnocení dané problematiky propracovat při řešení na úrovni detailní v podmínkách LHP. Výstup na oblastní úrovni má výchozí indikační charakter, který **vyjadřuje potenciální riziko**,



Obr. 7: Vývoj průměrného štíhlostního kvocientu středního kmene (nahore) a pravděpodobnost překročení hodnoty 85 štíhlostního kvocientu středního kmene (dole) borovice v závislosti na věku podle PS.

kteře by mělo být upřesněno na základě šetření v podmínkách konkrétního porostu při obhospodařování lesního majetku.

Jak bylo uvedeno, výsledky neumožňují hodnotit veškeré varianty výskytu SM a BO ve vztahu k PS. Tato situace je v pořádku, neboť výskyt inventarizačních ploch smrčkových a borových odráží reálný rámec pro řešení dané problematiky. Pokud nastane nutnost situaci hodnotit (heuristicky) i v případech nepokrytých touto analýzou, lze použít odborný názor založený na výsledcích získaných předkládaným metodickým postupem v kontextu s ostatními aktuálními poznatky.

5 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Předkládaná metodika představuje originální postupy, a to s ohledem na koncept zvoleného řešení, který z hlediska vstupních dat nemá v lesnickém sektoru srovnání. Tento bezprecedentní přístup je založen na kombinaci dendrometrických veličin z dat NIL a informací o lesních stanovištích z OPRL. Z uvedeného vyplývá kromě jiného podstata řešení, které je založeno na ekologickém základu; tj. zarámování dané problematiky provozními soubory, které jsou nadstavbou vzniklou jako aplikace Lesnického typologického klasifikačního systému ÚHÚL.

Kromě toho se ukazuje nový směr v oblasti využití databází (tzv. data mining) i ve vztahu k datům garantovaných jinými subjekty než je ÚHÚL. Uvedený styl práce je perspektivní, neboť otvírá a dokládá možnost zpracování heterogenních informací za účelem získání informace nové. Tato by byla klasickými (doposud známými) postupy jen obtížně zjistitelná na srovnatelné kvalitativní úrovni. Efektivní propojování vhodných podkladů je podmínkou pro úspěšnou realizaci ekosystémové analýzy. Tímto aspektem je podpořena otevřenost předkládaného řešení, které může být vylepšeno i výsledky získanými z dálkového průzkumu země – identifikace holin. V tomto případě se jedná o posílení kontrolních mechanismů z hlediska evidence negativního vlivu abiotických činitelů – větru a sněhu.

Dosažené výsledky systematicky přispějí k upřesnění názoru na kritickou mez stíhlostního kvocientu, který doposud byl řešen bez ohledu na přírodní lesní oblast a stanovištní podmínky lesních porostů v ní obsažených.

6 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Výsledky metodiky budou podkladem pro vymezení pěstebních postupů zaměřených na zvýšení stability lesních porostů. Informace tohoto druhu podporují bezpečnou produkci lesů. Předkládané řešení je založeno na pochopení potenciálních rizik plynoucích z nepříznivého vlivu abiotických činitelů (vítr, sníh) v kontextu klimatické změny.

Výsledky lze aplikovat na úrovni koncepční, při podpoře státní lesnické politiky prostřednictvím oblastních plánů rozvoje lesů (OPRL), a podrobné, ve vztahu ke konkrétním lesním majetkům. Informace tohoto druhu naleznou uplatnění při realizaci vládou schváleného *Národního akčního plánu* (NAP) adaptace na změnu klimatu, *Strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR* (NAS¹) a klíčových akcí *Národního lesnického programu* (NLP).

V konečném důsledku výsledky předpokládané metodiky nabízí uplatnění při podpoře adaptačních opatření, respektive jako podkladů pro cílenou a pozitivní motivaci vlastníků lesů realizovat doporučení typu zásad dobré praxe vedoucí k trvale udržitelnému obhospodařování lesů.

Ve vztahu k OPRL byl touto metodikou položen spolehlivý základ pro aktualizaci pracovních postupů a indikátorů v OPRL. Na zmíněné koncepční úrovni dosažené výsledky mohou kvalitativně vylepšit sadu indikátorů ve vztahu k hodnocení adaptačních opatření v procesu NAP a NAS. Doposud byly používány zástupné – náhradní indikátory (tzv. proxy), které nepřímou a nedostatečně podchycovaly kauzalitu sledovaného jevu. Tento dosavadní způsob ověřování účinnosti adaptačních opatření mnohdy zahrnuje i procesy, které s řešenou problematikou kauzálně nesouvisí. V důsledku toho existuje reálné riziko ve smyslu zkresleného hodnocení účinnosti lesnických adaptačních opatření s odkazem na extrémních projevy klimatické změny.

Kromě vylepšení uvedených indikátorových sad lze výsledky předkládaného metodického postupu uplatnit v RSH při zpřesnění základních hospodářských doporučení. Nad rámec předmětu zájmu předkládané metodiky použité postupy umožní správné zacílení doporučení k obhospodařování lesů také v případech, kdy se smrkové a borové porosty nacházejí mimo vhodné cílové hospodářství – aplikace provozních souborů. V tomto případě bude zřejmé, s odkazem na detekci současné dřevinné skladby, kde porosty s převahou smrku a borovice nejsou trvale udržitelné z hlediska bezpečné produkce celého spektra očekávaných lesnických ekosystémových služeb.

Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR; 1. aktualizace pro období 2021–2030 dostupná na stránkách MŽP; schválená usnesením vlády ČR ze dne 13. září 2021 č. 785 *o aktualizaci Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách České republiky a Národního akčního plánu adaptace na změnu klimatu.*

7 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Kromě informací pro rozhodování na koncepční úrovni při podpoře státní lesnické politiky prostřednictvím OPRL (národní a evropské) budou výsledky předkládané metodiky využity i na detailní úrovni. V tomto případě podpoří plánování a obhospodařování lesů v podmínkách konkrétních lesních majetků. Určité vyčíslení zmíněného benefitu by bylo vzhledem k uvedeným procesům obtížné, a proto se tento aspekt uvádí jen v obecné rovině pro úplnost jako základní rámec očekávaných přínosů.

Spojení mezi plánováním koncepčním a podrobným zajišťují oblastní plány rozvoje lesů. Ty tematicky řeší v sekci ochrany lesů danou problematiku. Doposud šetření abiotických škodlivých činitelů (vítr a sníh) probíhalo tradičně, na základě venkovního popisu lesních porostů, doplňováno nepřímo z dalších evidencí. Tento přístup z hlediska omezené vhodnosti přebíraných podkladových dat, subjektivity zařízení OPRL, a především náročnosti terénního šetření (podrobně monitorovat všechny lesní porosty při venkovním šetření) byl v posledních letech neudržitelný nejen z finančního, ale i věcného (odborného) hlediska. V tomto směru předkládaná metodika nabízí jednoznačné přínosy ve smyslu standardního uchopení (eliminace subjektivity) dané problematiky napříč lesy v ČR prostřednictvím tzv. souvislého zobrazení jak při řešení, tak i z hlediska dosažených výsledků; v neposlední řadě umožní zhodnocení prostředků vložených do monitoringu lesů prostřednictvím Národní inventarizace lesů, lesnické typologie a příslušných témat sekce ochrany lesů v OPRL. V tomto případě jsou benefity z hlediska ekonomických aspektů odhadovány v řádu 0,5 milionu Kč ročně při zásadním zpřesnění výstupů OPRL.

Je nutné zdůraznit, že prostředky vynaložené na řešení tohoto projektu budou zhodnocovány i v následujících letech při údržbě a aktualizaci dat OPRL; nejedná se o jednorázový efekt, ale o systematickou podporu zhodnocení výsledků monitoringů, které má ÚHÚL v předmětu činnosti.

Kromě toho další předpokládané ekonomické přínosy spočívají především ve vyšším zhodnocení dřeva vytěženého úmyslně ve srovnání se dřevem z těžeb nahodilých (NT), které převažují v porostech bez odpovídající pěstební péče. Ze Zelené zprávy MZe (2015) je zřejmé, že v ČR bylo vytěženo v roce 2015 ca 8 mil. m³ nahodile. Každé 1 % tohoto objemu, tj. 80 tis. m³ vytěžených díky uplatnění doporučených postupů úmyslně (a ne nahodile) představuje celkově vyšší tržbu za dřevo o ca 40 mil. Kč. (Pozn.: Z mýtní úmyslné těžby je převážná většina dřeva realizována na trhu jako III.(A/B/C) tř. jakosti. Naopak dřevo z NT lze většinou uplatnit jen v V. tř. jakosti. Rozdíl v tržbách činí při současných cenách ca 500 Kč za m³.).

Tento ekonomický přínos je samozřejmě ovlivněn poměrně dlouhým průměrným obmýtím, tj. opatření se pozitivně projeví na nižších škodách sněhem a větrem v dlouhodobém horizontu (desítky let).

8 DEDIKACE

Metodika byla vypracována v rámci grantové podpory MZe projektu NAZV QK1810443: „Postupy pro minimalizaci škod způsobených větrem a sněhem na lesních porostech v návaznosti na klimatickou změnu.“

9 LITERATURA

9.1 Seznam použité související literatury

- ČESKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST 2019. Elektronický meteorologický slovník (eMS). [online: <http://slovník.cmes.cz>, cit. 4. 11. 2021]
- JENÍK J. 2008. Anemo-orografické systémy v evropských pohoří. Geografické rozhledy, 18(2): 4-7.
- KŘÍSTEK Š. (ed.) 2020. Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast 40 – Moravskoslezské Beskydy. Analýza stavu a vývoje. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Frýdek-Místek. [on-line: http://www.uhul.cz/images/oprl/plo_40/nove1/2020_6_24_AN_PLO_40_EXPORT.pdf; cit. 16. 11. 2021]
- KŘÍSTEK Š., SAMEC P., RYCHTECKÁ P., HOLUŠA J. 2008. Numerická analýza časové a prostorové distribuce sněhové pokrývky v povodí Ostravice (Moravskoslezské Beskydy) v zimách 2005/2006 a 2006/2007. Meteorologický časopis 11(3): 107-117.
- KŘÍSTEK Š., URBAŇCOVÁ N., HOLUŠA J., TOMEČEK P. 2011. Měření vlastností sněhové pokrývky v lese a mimo les. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce 2/2011. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady.
- LEVAKOVIČ A. 1935. An analytical form of growth law. Glasnik za sumske pokuse. Zagreb 4: 189-282.
- MANSFELD V., TAUBR K., NOVÁK J. 2020. Metodické uplatnění provozních souborů a pracovní postup jejich vymezení. ÚHÚL.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR 2015. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015. Ministerstvo zemědělství, Praha. 132 s. [online: https://eagri.cz/public/web/file/576970/ZZ_2015.pdf, cit. 19. 11. 2021]
- NĚMEC L., STRÍŽ M. 2011. Mapa zatížení sněhem v České republice. Meteorologické zprávy 64(5): 137-141
- PELTOLA H., KELLOMÄKI S., VÄISÄNEN H., IKONEN VP. 1999. A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch. Can. J. For. Res., 29: 647-661.

- PINHEIRO J.C., BATES D.M. 2000. Mixed-Effects Models in S and S-PLUS“, Springer.
- POP L., SOKOL Z., HANSLIAN D. 2016. A new method for estimating maximum wind gust speed with a given return period and a high areal resolution. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 158: 51-60.
- R CORE TEAM 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- RYCHTECKÁ P., URBAŇCOVÁ N. 2008. Škodliví činitelé lesa v letech 1996–2006 – I. část Abiotičtí a antropogenní činitelé. *Lesnická práce*, 6:14-15.
- SAVILL P. S. 1983. Silviculture in windy climate. *For. Abs.*, 44: 473-488.
- SCHELHAAS M. J., NABUURS G. J., SCHUCK A. 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9:1620-1633.
- SCHOTT T. et al., 2019. The Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale. National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane Center, National Oceanic and Atmospheric Administration. [on-line: <https://www.nhc.noaa.gov/pdf/sshs.pdf>, cit. 30. 10. 2019]
- ŠLODIČÁK. M. 1995. Thinning regime in stands of Norway spruce subjected to snow and wind damage. In: Coutts, M.P., Grace, J. (eds.), *Wind and Trees*. Cambridge University Press, 436-447.
- STOLINA M. (ed.) 1985. Ochrana lesa. *Príroda*, Bratislava.
- ŠMELKO Š., WENK G., ANTANAITIS V. 1992. Rast, štruktúra a produkcia lesa. *Príroda*.
- ÚFA 2016. Extrémní rychlosti větru. Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Praha. [on-line: <http://vitr.ufa.cas.cz/extremni-vitr/>, cit. 30. 10. 2019]
- VICENA I. 2003. Námraza v našich lesích. [Ice damage in Czech forests]. *Matice lesnická*, Písek: 129 p.
- WMO 2011. Manual on Codes. International Codes. Volume I.1. Annex to the WMO Technical Regulations. Part A – Alphanumeric Codes. World Meteorological Organization, Geneva. s. 377-380. [on-line: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5708, updated in 2018, cit. 30. 10. 2019]
- WOOD, S.N. 2017. Generalized Additive Models: an introduction with R (2nd edition), CRC Press.
- ZLATNÍK V., KRÍSTEK Š. 2021. Oblastní plán rozvoje lesů. Syntéza a návrhy. Dílčí pracovní postupy pro ochranu lesů. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.

9.2 Seznam publikací předcházející metodice

- DUŠEK D., NOVÁK J., KACÁLEK J., SLODIČÁK M. 2021. Norway spruce production and static stability in IUFRO thinning experiments in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 67(4): 185–194. DOI: 10.17221/188/2020-JFS (výstup za QK1810443)
- KŘÍSTEK Š., HOLUŠA J. 2014. Abiotické poškození smrkových porostů ve střední Evropě: příkladová studie sněhových polomů z let 2005–2011 v Moravskoslezských Beskydech Abiotic damage of spruce stands in central Europe: case study of snow damage from the period 2005–2011 in the Moravian-Silesian Beskids. *Lesn. Cas. For. J.* 60: 214–222. (výstup za QH81334)
- KŘÍSTEK Š. 2020. Perspektiva smrkového hospodářství středních poloh z hlediska bezpečnosti produkce. *Lesnická práce*, 99(10): 648–651. (výstup za QK1810443)
- MANSFELD V., TAUBR K., NOVÁK J. 2020. Metodické uplatnění provozních souborů a pracovní postup jejich vymezení. (Externí aplikační garant: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem) Brandýs nad Labem, ÚHÚL. 20 s. Dostupné na: http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/publikace/nove/Metodika_PS_v_OPRL.pdf, (výstup za QK1810443)
- NOVÁK J., DUŠEK D., SLODIČÁK M. 2018. Možnosti ovlivnění stability smrkových porostů výchovou – dlouhodobý experiment Polom. [Possible effect of thinning on stability of spruce stands – long-term experiment Polom]. In: *Pěstování lesů ve střední Evropě. Sborník vědeckých prací u příležitosti 19. mezinárodního setkání pěstitelů lesa střední Evropy*. Doksy, 4.–5. 9. 2018. Ed. M. Baláš, V. Podrázský, J. Gallo. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 87–93. *Proceedings of Central European Silviculture*. Vol. 8. ISBN 978-80-213-2866-2 (výstup za QK1810443, RO0118)
- NOVÁK J., DUŠEK D., SLODIČÁK M. 2019. Modely výchovy jehličnatých porostů pro harvestorové technologie. [Coniferous stands thinning models for harvester technologies]. *Certifikovaná metodika*. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2019. 28 s. *Lesnický průvodce* 8/2019. ISBN 978-80-7417-196-3 (výstup za RO0118)
- NOVÁK J., MANSFELD V., KŘÍSTEK Š., FRIEDLOVÁ E. 2019. Podkladové mapy pro hodnocení stability lesních porostů v PLO 40 a na LHC Ostravice (Biskupství ostravsko-opavské). [Specializované mapy s odborným obsahem]. (výstup za QK1810443)
- NOVÁK J., ŠPULÁK O., ČERNÝ J. 2020. Problematika zakládání a pěstování porostů borovice lesní v měnících se podmínkách prostředí. In: *Škodliví činitelé v lesích*

Česka 2019/2020 – Krize zdravotního stavu borovice lesní. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. 22. 10. 2020. F. Lorenc, J. Liška (ed.). Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 48–54. – Zpravodaj ochrany lesa, Svazek 23/2020. (výstup za RO0118, TH02030823, QK1810415)

METHOD FOR ASSESSMENT OF POTENTIAL RISK RESULTING FROM A NEGATIVE IMPACT OF ABIOTIC AGENTS (SNOW, WIND) ON SPRUCE AND PINE STANDS

Summary

Disturbances due to abiotic agents such as snow and wind are frequent in countries where monospecific stands are planted in unfavorable site conditions. This harms a sustained yield and increases renewal costs. The guide contains information on mitigation of negative impacts of these agents on forest stands. Besides support of forestry policy through the Regional Plans of Forest Development (RPF), the guide is also utilizable on local level. Recommendations are based on National Forest Inventory (NFI) data analysis. Particular guidelines focus on superordinate management units that are based on forest site units and as such provide an adaptation-measure framework for coping with changing environmental conditions. These superordinate units aim at spruce (mountains, highlands, lowland to highland waterlogged sites), pine (sites where it is native and lowland to middle altitudes), oak (lowlands), beech (middle altitudes) and alder (waterlogged and floodplain lowlands, middle sites, highlands). Probability exceedance of both snow and wind risks were estimated in particular natural forest areas. The snow load depends on the snow water equivalent (SWE) and the impact of wind gusts depends on their speed and time. Besides the two meteorological factors, there are also mensurational characteristics such as tree height/DBH ratio, which help estimate the capability of a tree to cope with the snow and wind risks. These three do not provide a thorough information. However, this approach based on data analysis from NFI and RPDFs is new and as such has never been done before. The guidelines have also economic benefits. They are expected to precise RPDFs and their long-term benefit consists in reduction of salvage-cut timber, which price is lower compared to timber harvested deliberately.

11 PŘÍLOHA

Tab. 4: Klasifikace PLO podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Přírodní lesní oblast		Stupeň		Praviděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH			
		100 mm		220 mm			
		Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
1	Krušné hory	4,6	0,5943	0,3205	0,7476	0,1066	0,0217
2	Podkráňnohorské pánev	1,8	0,0073	0,0007	0,0195	0,0000	0,0001
3	Karlovarská vrchovina	3,9	0,1930	0,1093	0,2663	0,0072	0,0024
4	Doupovské hory	3,3	0,1203	0,0334	0,2515	0,0028	0,0003
5	České středohoří	2,6	0,0345	0,0038	0,0960	0,0003	0,0000
6	Západočeská pahorkatina	2,0	0,0101	0,0025	0,0220	0,0000	0,0000
7	Brdská vrchovina	3,1	0,0716	0,0283	0,1182	0,0011	0,0002
8	Křivoklátsko a Český kras	1,7	0,0053	0,0022	0,0096	0,0000	0,0000
9	Rakovnicko-kladenská pahorkatina	1,9	0,0073	0,0029	0,0113	0,0000	0,0000
10	Středočeská pahorkatina	2,3	0,0140	0,0061	0,0245	0,0001	0,0000
11	Český les	3,9	0,2171	0,0966	0,3287	0,0092	0,0019
12	Předhoří Šumavy a Novohradských hor	3,1	0,0604	0,0210	0,1047	0,0008	0,0001
13	Šumava	4,9	0,7222	0,3637	0,8356	0,2011	0,0291
14	Novohradské hory	4,6	0,4614	0,3065	0,5690	0,0526	0,0196
15	Jihočeské pánev	2,1	0,0111	0,0048	0,0190	0,0000	0,0001
16	Českomoravská vrchovina	3,7	0,1573	0,0780	0,2307	0,0048	0,0013
17	Polabí	1,2	0,0018	0,0007	0,0027	0,0000	0,0000
18	Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	2,9	0,0508	0,0152	0,0886	0,0006	0,0001
19	Lužická pískovcová vrchovina	3,8	0,1927	0,0977	0,2986	0,0072	0,0019
20	Lužická pahorkatina	3,4	0,1145	0,0425	0,2104	0,0026	0,0004

Tab. 4. Klasifikace PLO podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Přírodní lesní oblast	Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH					
		100 mm		220 mm			
		Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
21 Jizerské hory a Ještěd	5,2	0,8520	0,4641	0,9397	0,3922	0,0535	0,6668
22 Krkonoše	5,9	0,9583	0,9138	0,9753	0,7600	0,5627	0,8618
23 Podkrkonoší	4,2	0,4027	0,1574	0,5212	0,0373	0,0048	0,0730
24 Sudetské mezihoří	4,4	0,4140	0,2090	0,5746	0,0399	0,0085	0,0964
25 Orlické hory	5,2	0,8372	0,6837	0,8974	0,3619	0,1662	0,5087
26 Předhoří Orlických hor	3,7	0,2406	0,0338	0,4261	0,0115	0,0003	0,0429
27 Hrubý Jeseník	5,3	0,8729	0,7386	0,9239	0,4410	0,2180	0,6003
28 Předhoří Hrubého Jeseníku	4,3	0,4405	0,1640	0,6348	0,0467	0,0052	0,1305
29 Nizký Jeseník	3,7	0,1894	0,0557	0,3435	0,0070	0,0007	0,0254
30 Drahanská vrchovina	3,2	0,0667	0,0299	0,1162	0,0009	0,0002	0,0027
31 Českomoravské mezihoří	3,3	0,0971	0,0321	0,1677	0,0019	0,0003	0,0054
32 Slezská nížina	2,4	0,0186	0,0113	0,0193	0,0001	0,0000	0,0001
33 Předhoří Českomoravské vrchoviny	2,8	0,0342	0,0124	0,0576	0,0003	0,0001	0,0007
34 Hornomoravský úval	1,7	0,0061	0,0026	0,0090	0,0000	0,0000	0,0000
35 Jihomoravské úvaly	1,1	0,0018	0,0012	0,0024	0,0000	0,0000	0,0000
36 Středomoravské Karpaty	2,4	0,0189	0,0086	0,0325	0,0001	0,0000	0,0003
37 Kelečská pahorkatina	2,6	0,0250	0,0111	0,0444	0,0002	0,0000	0,0005
38 Bílé karpаты a Vizovické vrchy	3,4	0,1609	0,0205	0,2845	0,0050	0,0001	0,0165
39 Podbeskydská pahorkatina	2,9	0,0497	0,0169	0,0787	0,0006	0,0001	0,0013
40 Moravskoslezské Beskydy	4,9	0,7289	0,5334	0,8299	0,2078	0,0779	0,3481
41 Hostýnsko-vsetínská vrchovina a Javorníky	4,0	0,3516	0,1175	0,5180	0,0269	0,0027	0,0718

Tab. 5: Klasifikace PS podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH					
			100 mm			220 mm		
			Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
11-SM	1	5,0	0,8026	0,7682	0,8381	0,3016	0,2529	0,3637
	3	4,9	0,4845	0,4506	0,5102	0,0599	0,0495	0,0689
	4	5,0	0,4759	0,4636	0,5017	0,0571	0,0533	0,0658
	7	4,1	0,2747	0,1942	0,3624	0,0153	0,0073	0,0289
	11	4,6	0,4689	0,3259	0,5830	0,0549	0,0225	0,1006
	13	5,3	0,8806	0,7396	0,9364	0,4608	0,2191	0,6519
	14	4,9	0,5511	0,4641	0,6357	0,0854	0,0535	0,1311
	16	4,5	0,3756	0,2837	0,4566	0,0315	0,0165	0,0512
	19	4,4	0,3804	0,3090	0,4292	0,0324	0,0199	0,0437
	21	6,0	0,9625	0,9532	0,9716	0,7833	0,7323	0,8383
	22	6,0	0,9678	0,9521	0,9765	0,8151	0,7269	0,8695
	24	5,0	0,6780	0,5964	0,7291	0,1616	0,1077	0,2080
	25	6,0	0,9537	0,9459	0,9608	0,7352	0,6957	0,7741
	27	5,9	0,9373	0,9173	0,9506	0,6557	0,5753	0,7191
	40	6,0	0,9558	0,9485	0,9614	0,7462	0,7084	0,7772

Tab. 5: Klasifikace PS podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH					
			100 mm			220 mm		
			Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
12-SM	1	4,8	0,6156	0,4749	0,7186	0,1186	0,0568	0,1975
	2	2,8	0,0363	0,0188	0,0505	0,0003	0,0001	0,0006
	3	4,0	0,2188	0,1406	0,2926	0,0094	0,0038	0,0176
	4	4,3	0,3469	0,2884	0,4181	0,0260	0,0171	0,0409
	5	3,9	0,2476	0,1486	0,3614	0,0122	0,0043	0,0287
	6	3,1	0,0747	0,0634	0,0927	0,0012	0,0009	0,0017
	7	3,9	0,1981	0,1345	0,2505	0,0076	0,0035	0,0125
	9	3,3	0,0618	0,0441	0,1055	0,0008	0,0005	0,0022
	10	3,3	0,0889	0,0577	0,1096	0,0016	0,0007	0,0024
	11	4,2	0,3174	0,2005	0,4301	0,0212	0,0078	0,0440
	12	3,6	0,1379	0,0774	0,1924	0,0037	0,0012	0,0072
	13	4,8	0,6579	0,4156	0,7827	0,1463	0,0403	0,2722
	14	4,7	0,4774	0,3645	0,5722	0,0576	0,0293	0,0952
	15	3,1	0,0672	0,0585	0,0714	0,0010	0,0008	0,0011
	16	4,0	0,2341	0,1459	0,3084	0,0108	0,0041	0,0198
	18	4,2	0,2883	0,1679	0,4445	0,0170	0,0055	0,0478
	19	4,2	0,3110	0,2184	0,4108	0,0202	0,0093	0,0392
	20	4,0	0,2522	0,2202	0,2936	0,0127	0,0095	0,0178
	21	5,3	0,8511	0,6402	0,9295	0,3902	0,1341	0,6227
	22	5,8	0,9323	0,8983	0,9516	0,6343	0,5116	0,7241
	23	5,0	0,7024	0,5190	0,7989	0,1823	0,0722	0,2958
	24	4,9	0,6002	0,4993	0,6691	0,1097	0,0649	0,1547

Tab. 5: Klasifikace PS podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH					
			100 mm			220 mm		
			Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
12-SM	25	5,3	0,8473	0,7391	0,9026	0,3823	0,2186	0,5251
	26	4,8	0,6069	0,4675	0,7372	0,1135	0,0545	0,2165
	27	5,2	0,8437	0,7693	0,8891	0,3749	0,2543	0,4842
	28	5,0	0,7368	0,6523	0,7999	0,2161	0,1424	0,2973
	29	4,6	0,4171	0,3461	0,4810	0,0407	0,0259	0,0587
	30	4,0	0,1829	0,1572	0,2095	0,0065	0,0048	0,0086
	31	4,0	0,2442	0,1842	0,2828	0,0119	0,0066	0,0163
	33	3,7	0,1454	0,1019	0,2123	0,0041	0,0021	0,0088
	38	5,0	0,6580	0,4965	0,7469	0,1464	0,0640	0,2273
	40	5,1	0,8151	0,7367	0,8624	0,3219	0,2161	0,4156
	41	5,0	0,6974	0,5745	0,7853	0,1778	0,0964	0,2759
13-SM	1	4,7	0,5147	0,3487	0,6302	0,0706	0,0263	0,1276
	2	2,7	0,0412	0,0180	0,0719	0,0004	0,0001	0,0011
	3	4,1	0,2483	0,1607	0,3410	0,0123	0,0050	0,0250
	4	4,1	0,2803	0,1791	0,3762	0,0160	0,0062	0,0316
	5	3,8	0,2002	0,1026	0,2912	0,0078	0,0021	0,0174
	6	2,5	0,0277	0,0125	0,0538	0,0002	0,0001	0,0006
	7	3,6	0,1264	0,0809	0,1737	0,0031	0,0014	0,0058
	8	2,2	0,0152	0,0103	0,0155	0,0001	0,0000	0,0001
	9	2,4	0,0229	0,0105	0,0502	0,0002	0,0000	0,0006
	10	2,7	0,0320	0,0115	0,0478	0,0003	0,0000	0,0005
	11	4,3	0,3229	0,1780	0,4667	0,0220	0,0061	0,0542

Tab. 5. Klasifikace PS podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH					
			100 mm			220 mm		
			Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
13-SM	12	3,4	0,1027	0,0535	0,1627	0,0021	0,0006	0,0051
	13	4,7	0,6165	0,3110	0,7756	0,1191	0,0202	0,2626
	14	4,2	0,3119	0,2516	0,4122	0,0204	0,0126	0,0395
	15	2,4	0,0192	0,0114	0,0292	0,0001	0,0000	0,0002
	16	4,0	0,2551	0,1365	0,3815	0,0130	0,0036	0,0327
	17	1,4	0,0033	0,0020	0,0049	0,0000	0,0000	0,0000
	18	3,0	0,0678	0,0169	0,1015	0,0010	0,0001	0,0021
	19	4,1	0,2439	0,1517	0,3180	0,0118	0,0045	0,0213
	20	3,8	0,1963	0,1518	0,2763	0,0075	0,0045	0,0155
	21	5,0	0,8094	0,3395	0,9398	0,3123	0,0248	0,6671
	22	5,7	0,9309	0,8946	0,9534	0,6285	0,5005	0,7336
	23	4,8	0,6473	0,4044	0,8005	0,1389	0,0377	0,2982
	24	4,6	0,4838	0,2660	0,6148	0,0596	0,0143	0,1181
	25	5,2	0,8615	0,8032	0,8954	0,4136	0,3025	0,5028
	26	4,4	0,5060	0,1423	0,7333	0,0673	0,0039	0,2124
	27	5,1	0,8137	0,7358	0,8466	0,3195	0,2150	0,3808
	28	4,8	0,6372	0,5222	0,7306	0,1321	0,0734	0,2096
	29	4,6	0,4252	0,3576	0,4677	0,0427	0,0280	0,0546
	30	3,9	0,1654	0,1350	0,2091	0,0053	0,0035	0,0085
	31	3,9	0,1870	0,1072	0,2793	0,0068	0,0023	0,0159
	33	3,2	0,0617	0,0357	0,0992	0,0008	0,0003	0,0020
	40	5,0	0,7821	0,6258	0,8437	0,2714	0,1248	0,3748

Tab. 5: Klasifikace PS podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH					
			100 mm			220 mm		
			Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
31-BO	2	2,8	0,0376	0,0200	0,0626	0,0003	0,0001	0,0008
	3	4,3	0,2957	0,1334	0,4250	0,0180	0,0035	0,0426
	5	3,0	0,0410	0,0242	0,0385	0,0004	0,0002	0,0004
	6	2,2	0,0152	0,0040	0,0367	0,0001	0,0000	0,0003
	8	1,3	0,0025	0,0012	0,0066	0,0000	0,0000	0,0000
	9	1,9	0,0080	0,0037	0,0129	0,0000	0,0000	0,0001
	10	2,0	0,0108	0,0059	0,0159	0,0000	0,0000	0,0001
	12	2,4	0,0195	0,0133	0,0213	0,0001	0,0001	0,0001
	15	2,2	0,0153	0,0100	0,0194	0,0001	0,0000	0,0001
	16	3,4	0,1092	0,0414	0,1643	0,0024	0,0004	0,0052
	17	1,1	0,0013	0,0007	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000
	18	2,8	0,0444	0,0182	0,0578	0,0005	0,0001	0,0007
	19	3,7	0,1222	0,1062	0,1640	0,0029	0,0022	0,0052
	20	2,9	0,0387	0,0298	0,0475	0,0004	0,0002	0,0005
	23	4,2	0,3218	0,1923	0,3925	0,0219	0,0072	0,0350
	24	5,0	0,6005	0,5061	0,6650	0,1099	0,0674	0,1515
	28	4,8	0,4300	0,3846	0,4359	0,0439	0,0333	0,0455
	31	3,6	0,1074	0,0860	0,1309	0,0023	0,0015	0,0033
	33	2,4	0,0225	0,0095	0,0214	0,0001	0,0000	0,0001
	35	1,5	0,0036	0,0029	0,0045	0,0000	0,0000	0,0000

Tab. 5. Klasifikace PS podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH					
			100 mm			220 mm		
			Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
32-BO	1	3,5	0,1300	0,0871	0,1819	0,0033	0,0015	0,0064
	2	1,9	0,0100	0,0010	0,0295	0,0000	0,0000	0,0002
	6	1,9	0,0081	0,0024	0,0123	0,0000	0,0000	0,0001
	7	3,0	0,0648	0,0403	0,0915	0,0009	0,0004	0,0017
	8	1,5	0,0031	0,0009	0,0060	0,0000	0,0000	0,0000
	9	1,8	0,0083	0,0036	0,0133	0,0000	0,0000	0,0001
	10	2,4	0,0179	0,0088	0,0268	0,0001	0,0000	0,0002
	11	3,2	0,1015	0,0592	0,0800	0,0021	0,0008	0,0013
	12	3,1	0,0674	0,0204	0,1472	0,0010	0,0001	0,0042
	15	2,3	0,0160	0,0109	0,0204	0,0001	0,0000	0,0001
	16	3,6	0,1377	0,0465	0,1472	0,0037	0,0005	0,0042
	17	1,5	0,0035	0,0010	0,0066	0,0000	0,0000	0,0000
	18	2,3	0,0204	0,0138	0,0230	0,0001	0,0001	0,0002
	19	3,8	0,1519	0,1227	0,1666	0,0045	0,0029	0,0054
	20	3,6	0,1192	0,1015	0,1668	0,0028	0,0021	0,0054
	23	3,9	0,2047	0,1122	0,3355	0,0082	0,0025	0,0241
	26	2,7	0,0316	0,0121	0,0350	0,0003	0,0001	0,0003
	30	3,0	0,0477	0,0419	0,0557	0,0005	0,0004	0,0007
	31	2,7	0,0304	0,0160	0,0514	0,0002	0,0001	0,0006
	32	2,9	0,0223	0,0214	0,0230	0,0001	0,0001	0,0002
	33	3,1	0,0624	0,0465	0,0999	0,0008	0,0005	0,0020
	35	1,2	0,0021	0,0016	0,0031	0,0000	0,0000	0,0000

Tab. 5: Klasifikace PS podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH					
			100 mm			220 mm		
			Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
52-DB	1	3,3	0,0794	0,0461	0,1028	0,0013	0,0005	0,0021
	2	1,6	0,0045	0,0008	0,0119	0,0000	0,0000	0,0001
	4	2,5	0,0289	0,0111	0,0584	0,0002	0,0000	0,0007
	5	2,4	0,0244	0,0050	0,0556	0,0002	0,0000	0,0007
	6	1,6	0,0048	0,0023	0,0072	0,0000	0,0000	0,0000
	7	2,2	0,0134	0,0069	0,0239	0,0001	0,0000	0,0002
	8	1,6	0,0044	0,0020	0,0068	0,0000	0,0000	0,0000
	9	1,8	0,0066	0,0034	0,0098	0,0000	0,0000	0,0000
	10	1,8	0,0064	0,0035	0,0098	0,0000	0,0000	0,0000
	12	2,0	0,0103	0,0062	0,0135	0,0000	0,0000	0,0001
	15	1,4	0,0036	0,0025	0,0047	0,0000	0,0000	0,0000
	16	2,8	0,0297	0,0194	0,0351	0,0002	0,0001	0,0003
	17	1,4	0,0030	0,0009	0,0057	0,0000	0,0000	0,0000
	18	2,3	0,0187	0,0090	0,0280	0,0001	0,0000	0,0002
	23	3,1	0,0602	0,0355	0,0921	0,0008	0,0003	0,0017
	26	2,4	0,0187	0,0122	0,0266	0,0001	0,0001	0,0002
	28	3,0	0,0425	0,0322	0,0523	0,0004	0,0003	0,0006
	29	2,7	0,0277	0,0181	0,0399	0,0002	0,0001	0,0004
	30	2,7	0,0322	0,0185	0,0486	0,0003	0,0001	0,0005
	31	2,3	0,0147	0,0072	0,0234	0,0001	0,0000	0,0002
	32	2,4	0,0194	0,0141	0,0235	0,0001	0,0001	0,0002
	33	2,2	0,0137	0,0069	0,0209	0,0001	0,0000	0,0001
	34	2,2	0,0157	0,0093	0,0223	0,0001	0,0000	0,0001

Tab. 5. Klasifikace PS podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH					
			100 mm			220 mm		
			Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
52-DB	35	1,2	0,0025	0,0017	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000
	36	2,5	0,0224	0,0097	0,0366	0,0001	0,0000	0,0003
	38	3,2	0,0747	0,0238	0,1093	0,0012	0,0002	0,0024
	39	2,2	0,0162	0,0142	0,0201	0,0001	0,0001	0,0001
6-BK	1	4,2	0,2863	0,1551	0,3868	0,0168	0,0047	0,0338
	2	3,0	0,0565	0,0276	0,0857	0,0007	0,0002	0,0015
	3	3,3	0,0861	0,0597	0,1137	0,0015	0,0008	0,0025
	4	3,7	0,1403	0,0771	0,2017	0,0038	0,0012	0,0079
	5	3,5	0,1025	0,0647	0,1501	0,0021	0,0009	0,0044
	6	2,3	0,0178	0,0061	0,0351	0,0001	0,0000	0,0003
	7	3,0	0,0530	0,0312	0,0793	0,0006	0,0003	0,0013
	8	2,1	0,0119	0,0070	0,0186	0,0001	0,0000	0,0001
	9	2,2	0,0150	0,0070	0,0256	0,0001	0,0000	0,0002
	10	2,4	0,0191	0,0094	0,0302	0,0001	0,0000	0,0002
	11	3,6	0,1287	0,0776	0,1796	0,0032	0,0012	0,0062
	12	2,8	0,0417	0,0197	0,0656	0,0004	0,0001	0,0009
	13	4,1	0,2605	0,1915	0,3279	0,0136	0,0071	0,0228
	15	2,4	0,0183	0,0105	0,0294	0,0001	0,0000	0,0002
	16	3,2	0,0771	0,0490	0,1044	0,0012	0,0005	0,0022
	17	2,2	0,0111	0,0060	0,0174	0,0000	0,0000	0,0001
	18	3,3	0,0949	0,0410	0,1506	0,0018	0,0004	0,0044
	21	4,2	0,2993	0,1725	0,4288	0,0185	0,0058	0,0436

Tab. 5: Klasifikace PS podle potenciálního rizika poškození porostů sněhem

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Pravděpodobnost překročení kritické hodnoty SVH					
			100 mm			220 mm		
			Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil	Průměr	Dolní kvartil	Horní kvartil
6-BK	19	3,6	0,1262	0,0664	0,1770	0,0031	0,0009	0,0061
	20	3,3	0,0967	0,0329	0,1768	0,0019	0,0003	0,0060
	22	5,1	0,8437	0,8259	0,8829	0,3749	0,3407	0,4671
	23	4,3	0,3457	0,2294	0,4385	0,0258	0,0104	0,0462
	24	4,2	0,3207	0,2253	0,3971	0,0217	0,0100	0,0360
	25	4,8	0,4814	0,4302	0,5174	0,0589	0,0440	0,0716
	26	4,0	0,2593	0,1324	0,3979	0,0135	0,0034	0,0362
	27	4,9	0,5697	0,4979	0,6246	0,0940	0,0644	0,1240
	28	4,3	0,3549	0,1811	0,5132	0,0275	0,0063	0,0700
	29	3,7	0,1571	0,0749	0,2454	0,0048	0,0012	0,0120
	30	3,3	0,0761	0,0496	0,1118	0,0012	0,0006	0,0025
	31	3,7	0,1514	0,0740	0,2009	0,0044	0,0011	0,0079
	32	2,5	0,0252	0,0166	0,0228	0,0002	0,0001	0,0001
	33	3,1	0,0587	0,0314	0,0920	0,0008	0,0003	0,0017
	34	3,0	0,0394	0,0271	0,0460	0,0004	0,0002	0,0005
	35	2,0	0,0095	0,0077	0,0127	0,0000	0,0000	0,0001
	36	3,0	0,0528	0,0360	0,0747	0,0006	0,0003	0,0012
	37	3,0	0,0480	0,0295	0,0687	0,0005	0,0002	0,0010
	38	4,1	0,2910	0,1509	0,4185	0,0174	0,0044	0,0410
	39	3,4	0,0964	0,0328	0,1722	0,0019	0,0003	0,0057
	40	4,7	0,5024	0,3906	0,6026	0,0660	0,0346	0,1111
	41	4,0	0,2529	0,1658	0,3396	0,0128	0,0053	0,0248

Tab. 6: Klasifikace PLO podle potenciálního rizika větrných polomů

Přírodní lesní oblast	Stupeň	Maximální náraz větru		
		Průměr	Směrodatná odchylka	
		μ [m·s ⁻¹]	σ	
1 Krušné hory	3,2	34,9	2,83	
2 Podkrušňohorské pánve	2,3	33,2	1,22	
3 Karlovarská vrchovina	2,8	34,1	2,08	
4 Doupovské hory	3,0	34,5	2,55	
5 České středohoří	2,7	33,7	2,33	
6 Západočeská pahorkatina	2,4	33,6	1,32	
7 Brdská vrchovina	2,4	33,4	1,53	
8 Křivoklátsko a Český kras	2,6	33,7	1,71	
9 Rakovnicko-kladenská pahorkatina	2,6	34,0	1,53	
10 Středočeská pahorkatina	2,5	33,6	1,45	
11 Český les	2,5	33,4	1,96	
12 Předhoří Šumavy a Novohradských hor	2,6	33,7	1,86	
13 Šumava	3,0	34,4	2,73	
14 Novohradské hory	2,8	33,8	2,48	
15 Jihočeské pánve	2,3	33,2	1,19	
16 Českomoravská vrchovina	2,7	34,5	1,61	
17 Polabí	2,3	33,5	1,13	
18 Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	2,3	32,9	1,62	
19 Lužická pískovcová vrchovina	2,6	33,1	2,42	
20 Lužická pahorkatina	2,5	33,6	1,53	
21 Jizerské hory a Ještěd	3,1	34,2	3,12	
22 Krkonoše	5,3	38,5	6,64	
23 Podkrkonoší	2,4	33,1	1,85	
24 Sudetské mezihoří	2,5	33,0	2,19	
25 Orlické hory	3,1	34,5	2,71	
26 Předhoří Orlických hor	2,6	33,8	1,74	
27 Hrubý Jeseník	4,0	35,6	4,83	
28 Předhoří Hrubého Jeseníku	2,9	33,8	2,74	
29 Nízký Jeseník	2,8	34,2	2,03	
30 Drahanská vrchovina	2,6	33,6	1,97	
31 Českomoravské mezihoří	2,7	34,1	1,81	
32 Slezská Nižina	2,4	34,0	1,05	
33 Předhoří Českomoravské vrchoviny	2,7	34,2	1,71	
34 Hornomoravský úval	2,1	33,1	0,88	
35 Jihomoravské úvaly	2,5	33,8	1,27	
36 Středomoravské Karpaty	2,5	33,4	1,70	
37 Kelečská pahorkatina	2,4	33,6	1,31	
38 Bílé karpaty a Vizovické vrchy	2,5	33,1	2,07	
39 Podbeskydská pahorkatina	2,4	33,3	1,43	
40 Moravskoslezské Beskydy	3,3	33,9	4,17	
41 Hostýnsko-vsetínská vrchovina a Javorníky	2,6	33,0	2,72	

Tab. 7: Klasifikace PS podle potenciálního rizika větrných polomů

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Maximální náraz větru		
			Průměr	Směrodatná odchylka	
			μ	σ	
			[m·s ⁻¹]		
11-SM	1	3,4	35,9	2,50	
	3	2,6	34,0	1,67	
	4	4,4	39,3	2,44	
	7	2,3	32,9	1,73	
	11	2,1	32,6	1,31	
	12	1,9	32,0	1,09	
	13	3,2	34,7	3,02	
	14	2,3	32,7	1,85	
	16	2,1	32,9	0,94	
	19	2,2	32,2	2,06	
	21	3,3	35,1	3,10	
	22	4,9	39,0	4,70	
	24	2,9	32,9	3,87	
	25	3,6	36,5	2,74	
	27	4,6	38,3	4,37	
	40	6,8	45,6	4,67	
12-SM	1	3,2	34,8	2,81	
	2	1,9	32,4	0,75	
	3	2,6	33,6	2,00	
	4	3,5	35,9	2,80	
	5	3,2	34,7	3,04	
	6	2,0	32,6	0,96	
	7	2,4	33,4	1,59	
	9	2,3	33,8	0,92	
	10	2,5	33,5	1,69	
	11	2,5	33,1	2,11	
	12	2,8	33,8	2,33	
	13	2,9	34,1	2,72	
	14	2,8	33,8	2,53	
	15	2,2	33,1	0,98	
	16	2,5	33,8	1,58	
	18	3,1	33,5	3,78	
	19	2,7	33,4	2,61	
	20	2,6	33,8	1,63	
	21	3,2	34,5	3,03	
	22	3,7	35,5	3,99	
	23	2,6	33,1	2,44	
	24	2,8	33,4	2,87	
	25	2,8	33,8	2,59	
	26	2,6	33,4	2,16	
	27	3,2	34,3	3,57	
	28	3,5	35,2	3,39	

Tab. 7: Klasifikace PS podle potenciálního rizika větrných polomů

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Maximální náraz větru		
			Průměr	Směrodatná odchylka	
			μ	σ	
			[m·s ⁻¹]		
	29	2,7	34,2	1,78	
	30	2,6	34,1	1,50	
	31	2,7	34,0	2,07	
	33	2,6	33,5	1,91	
	38	4,2	37,0	4,07	
	40	3,6	34,8	4,46	
	41	3,2	34,2	3,57	
13-SM	1	2,4	33,0	1,82	
	2	1,8	32,1	0,63	
	3	2,3	33,0	1,66	
	4	2,8	33,9	2,56	
	5	2,2	32,6	1,77	
	6	1,9	32,0	1,03	
	7	2,0	32,5	1,03	
	8	2,0	32,5	0,86	
	9	1,9	32,2	1,02	
	10	2,0	32,3	1,20	
	11	1,9	31,7	1,33	
	12	2,0	32,3	1,29	
	13	2,3	32,9	1,68	
	14	2,3	32,7	1,97	
	15	1,7	31,8	0,73	
	16	2,2	33,1	1,22	
	17	1,5	31,4	0,47	
	18	1,7	31,5	0,97	
	19	2,0	31,9	1,67	
	20	2,1	32,6	1,10	
	21	2,4	33,0	1,85	
	22	3,2	34,2	3,32	
	23	2,0	31,9	1,50	
	24	2,0	31,7	1,78	
	25	2,3	32,7	1,83	
	26	2,0	32,0	1,43	
	27	2,2	32,2	2,03	
	28	2,0	32,1	1,53	
	29	2,2	33,1	1,24	
	30	2,2	33,2	1,20	
	31	2,0	32,1	1,23	
	33	2,1	32,8	1,01	
	40	2,2	31,3	2,72	

Tab. 7: Klasifikace PS podle potenciálního rizika větrných polomů

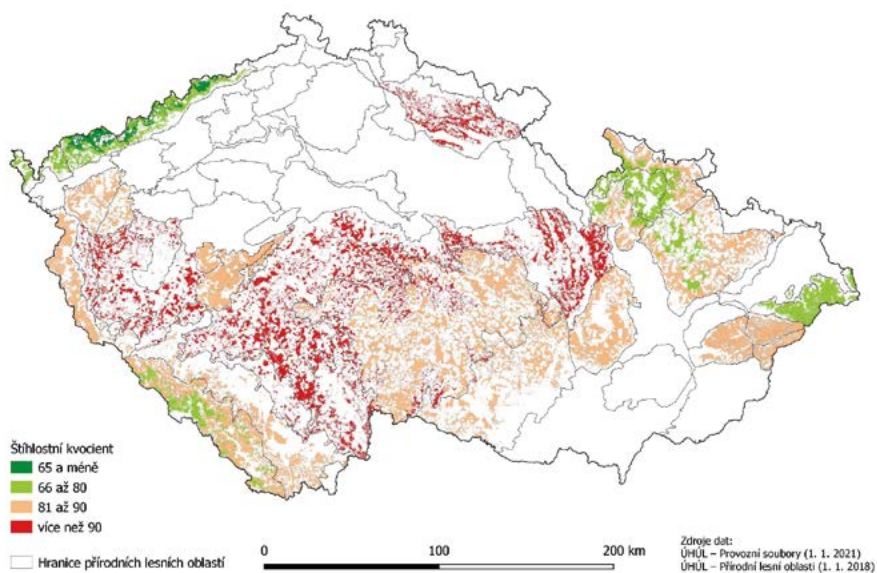
Provozní soubor	PLO	Stupeň	Maximální náraz větru		
			Průměr	Směrodatná odchylka	
			μ [m·s ⁻¹]	σ	
31-BO	2	2,1	32,7	1,03	
	3	2,5	33,4	1,75	
	5	2,2	32,7	1,34	
	6	2,1	32,8	1,07	
	8	2,3	33,1	1,26	
	9	2,2	32,9	1,15	
	10	2,0	32,4	0,89	
	12	1,8	31,6	1,12	
	15	1,8	32,0	0,77	
	16	2,2	32,6	1,46	
	17	1,8	32,0	0,84	
	18	2,0	32,0	1,48	
	19	2,7	33,9	1,88	
	20	2,2	33,0	1,05	
	23	2,3	33,1	1,32	
	24	2,7	33,9	2,05	
	28	3,2	34,9	2,84	
	31	2,6	33,5	1,98	
	33	2,4	33,3	1,59	
	35	1,6	31,6	0,44	
32-BO	1	2,3	32,9	1,65	
	2	1,9	32,1	0,96	
	6	1,9	32,5	0,80	
	7	2,1	32,9	0,99	
	8	2,4	33,6	1,22	
	9	2,0	32,9	0,79	
	10	1,9	32,5	0,73	
	11	1,8	32,3	0,68	
	12	1,8	32,0	0,92	
	15	1,7	31,8	0,67	
	16	2,1	32,8	1,02	
	17	1,7	31,7	0,60	
	18	1,6	31,5	0,62	
	19	2,2	32,8	1,42	
	20	2,1	32,8	0,98	
	23	1,9	32,3	0,88	
	26	2,0	32,6	1,01	
	30	1,9	32,4	0,89	
	31	2,1	32,9	0,93	
	32	1,9	32,7	0,55	
	33	2,3	33,7	0,91	
	35	1,7	31,9	0,70	

Tab. 7: Klasifikace PS podle potenciálního rizika větrných polomů

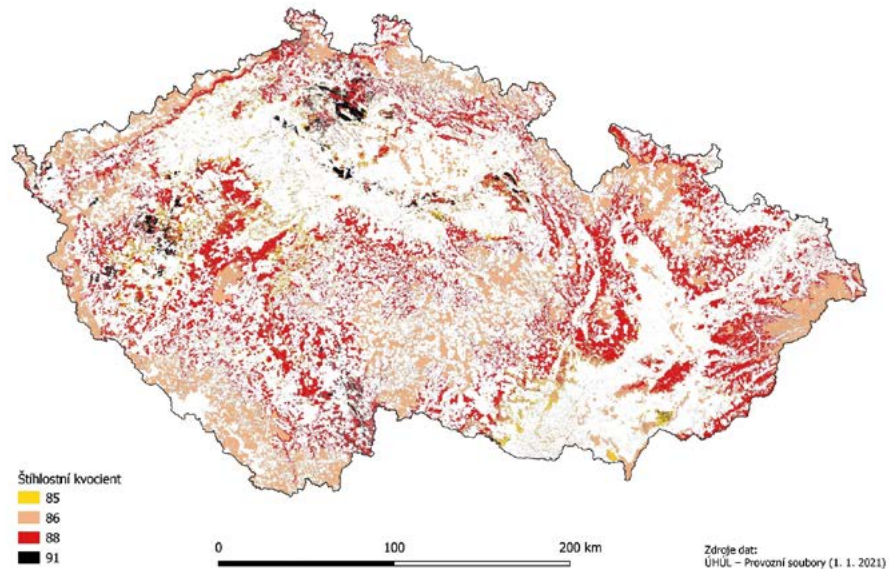
Provozní soubor	PLO	Stupeň	Maximální náraz větru		
			Průměr	Směrodatná odchylka	
			μ	σ	
[m·s ⁻¹]					
52-DB	1	2,3	32,8	1,90	
	2	2,1	32,3	1,42	
	4	2,9	34,5	2,19	
	5	3,1	34,3	2,85	
	6	2,2	33,0	1,31	
	7	2,2	32,7	1,55	
	8	2,5	33,5	1,80	
	9	2,5	33,7	1,47	
	10	2,3	33,1	1,55	
	12	2,6	33,4	2,04	
	15	2,4	33,8	1,26	
	16	2,3	32,9	1,76	
	17	2,1	32,5	1,18	
	18	2,2	32,5	1,59	
	23	2,2	33,1	1,07	
	26	2,2	33,1	1,16	
	28	2,6	34,1	1,56	
	29	2,1	32,4	1,38	
	30	2,4	32,9	1,83	
	31	2,3	32,9	1,65	
	32	2,3	33,3	1,14	
	33	2,5	33,6	1,81	
	34	2,2	33,0	1,31	
	35	2,0	32,3	1,27	
	36	2,4	33,1	1,83	
	38	2,4	33,0	1,81	
	39	2,1	32,9	1,03	
6-BK	1	2,7	33,4	2,53	
	2	2,1	32,7	1,14	
	3	2,5	33,0	2,20	
	4	3,0	34,1	2,93	
	5	3,0	34,1	2,79	
	6	2,3	33,0	1,51	
	7	2,2	32,9	1,36	
	8	2,3	32,9	1,52	
	9	2,4	33,1	1,62	
	10	2,2	32,8	1,50	
	11	2,5	33,4	1,88	
	12	2,6	33,5	2,04	
	13	2,7	33,8	2,31	
	15	1,9	32,2	0,94	
	16	2,4	33,3	1,57	

Tab. 7: Klasifikace PS podle potenciálního rizika větrných polomů

Provozní soubor	PLO	Stupeň	Maximální náraz větru		
			Průměr	Směrodatná odchylka	
			μ [m·s ⁻¹]	σ	
6-BK	17	1,8	32,0	0,91	
	18	2,2	32,3	1,86	
	19	2,4	32,8	2,16	
	20	2,4	33,2	1,58	
	21	2,3	32,4	2,27	
	23	2,2	32,4	1,69	
	24	2,3	32,4	2,02	
	25	2,4	32,7	2,06	
	26	2,4	33,1	1,94	
	27	2,3	32,3	2,39	
	28	2,7	33,4	2,66	
	29	2,5	33,2	2,02	
	30	2,4	33,0	1,90	
	31	2,6	33,4	2,16	
	32	2,1	33,0	1,05	
	33	2,5	33,4	1,77	
	34	2,2	33,3	1,07	
	36	2,4	32,6	2,16	
	37	2,3	32,9	1,57	
	38	2,4	32,7	2,31	
	39	2,4	33,0	1,83	
	40	2,4	32,6	2,48	
	41	2,5	32,9	2,50	



Obr. 8: Průměrný (modelový) štíhlostní kvocient středního kmene smrkových porostů ve věku 30 let diferencovaně podle PS a PLO



Obr. 9: Průměrný (modelový) štíhlostní kvocient středního kmene borových porostů ve věku 30 let diferencovaně podle PS



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

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 11/2021