

Geoinformační model rizikových růstových podmínek pro smrkové porosty v Podbeskydském a Beskydském bioregionu (Česká republika)

Geoinformatic model of risk growth conditions for Norway spruce stands in the Podbeskydský and Beskydský biogeographical regions (Czech Republic)

Pavel SAMEC^{1,2)}, Petra RYCHTECKÁ²⁾, Matěj HORÁČEK³⁾,
Kamil TUREK²⁾ & Veronika VLČKOVÁ⁴⁾

¹⁾ Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, tř. Svobody 26,
CZ-771 46 Olomouc (www.geoinformatics.upol.cz), e-mail: samec.pavel@uhul.cz

²⁾ Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, Nádražní 2811,
CZ-738 25 Frýdek-Místek, e-mails: petra.rychtecka@seznam.cz, turek.kamil@uhul.cz

³⁾ Ostravská univerzita v Ostravě, Přírodovědecká fakulta, Chittussiho 10,
CZ-710 00 Ostrava, e-mail: matej.horacek@osu.cz

⁴⁾ České vysoké učení technické, Dopravní fakulta, Konviktská 20,
CZ-110 00 Praha 1, e-mail: vlckova@fd.cvut.cz

Keywords: *Picea abies*, forest decline, GIS overlay, spatial modelling, bark-beetles, Honey fungus

Abstract. Rapid large-areal dieback of Central-European Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands is increasingly becoming consequential problem of present European forestry. According to empirical approaches, the three main zones of different *Picea abies* risk growth condition were estimated in the Podbeskydský and Beskydský biogeographical regions (Outer Western Carpathians, the Czech Republic). The theory about the risk growth conditions for spruce was suggested according to observations of forest dieback upto fir-beech vegetation tier (VT) after occurrences of dry episodes and bark-beetle expansion. The model was made by geoinformatic overlay of empirical site characteristics (soil and tiers) and forest stand differentiation according to refuges of biodiversity and managed forests. The zone of very heavy risk growth conditions for spruce silviculture (RGCSS) (125 km²; 7 %) was defined predominantly upto beech VT on conglomerates where present spruce stands are mostly affected by bark-beetles, drought and rots. The zone of heavy RGCSS was defined upto beech VT on other soil substrates (770 km²; 45 %) predominantly in the Podbeskydský biogeographical region. The zone of medium RGCSS was defined predominantly in the Beskydský biogeographical region at fir-beech and spruce-fir-beech VT (805 km²; 47 %). At the medium RGCSS the forest stands are predominantly affected by insects and significantly less by rots. Inside the medium RGCSS the localities of favourable sites for spruce silviculture occur also mainly at biocenters and small-areal protected territories. The health status of spruce stands at the medium RGCSS zone depends on genetic quality of local spruce population on one hand, on changes in activities of bark-beetles and/or Honey fungus on the other hand.

ÚVOD

Rychlé plošné hynutí smrkových porostů v několika středoevropských zemích se stává stále závažnějším problémem, proti němuž jsou vyvíjeny strukturované systémy lesnických opatření (KULLA et al. 2009). Současná vlna plošného hynutí začala po roce 1995 navzdory souběžnému odsiřování velkých průmyslových zdrojů znečištění životního prostředí. Nejříve postihla průmyslovou Slezskou nížinu v Polsku, odkud se přesouvala na jihovýchod do Vnějších Západních Karpat a Nízkého Jeseníku (WAWRZONIAK et al. 2000; STANOVSKÝ 2002). Plošné chřadnutí smrkových porostů v Beskydech začalo přibližně v roce 2002 (HLÁSNÝ & SITKOVÁ 2010). Mezi příčiny tak rychlého chřadnutí v souvislé části střední Evropy patří vedle zbytkových projevů okyselování ekosystémů i celková ztráta autoregulace hospodářsky změněných geobiocenóz (MODRZYŃSKI 2003). Průběh kalamity nastolil otázky ke způsobům dostatečně rychlé a efektivní přestavby lesů

tak, aby nebyly trvale narušeny jejich přirozené, ani hospodářsky významné funkce (KOŠULIČ 2003).

V systému přírodě blízkého lesnictví je stanovištní diferenciace nezbytnou podmínkou předcházející návrhům pěstebních záměrů. Zpravidla je zaměřena na odhad potenciálu růstového prostředí nebo na odhad predispozic omezujících růstový potenciál. Mezi základní parametry potenciálu růstového prostředí patří zejména stanovení vegetační stupňovitosti šetřeného území (BUČEK & LACINA 1999). V případě stanovištní diferenciace rizikových růstových podmínek pro porosty smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) v Beskydech a Podbeskydí jsme kombinovali údaje o vegetačních stupních a údaje o predispozicích k symptomům chřadnutí. Cílem naší studie bylo pomocí empirických poznatků odhadnout ve vybraném území části relativně vhodné nebo nevhodné k dalšímu pěstování smrkových porostů.

MATERIÁL

Zájmové území pro koncepci prostorového modelu rizikových růstových podmínek smrkových porostů jsme vymezili Beskydským a Podbeskydským bioregionem. Tyto bioregiony patří k flyšovým Vnějších Západních Karpatům, v obou došlo k rychlému chřadnutí většiny smrkových porostů od pahorkatinných do vrchovinných poloh (JANKOVSKÝ 2001; JANKOVSKÝ & CUDLÍN 2002; ČERMÁK et al. 2010), oba sousedí s kalamitními oblastmi v jižním Polsku a na Slovensku (HLÁSNÝ & SITKOVÁ 2010) a dohromady pokrývají poměrně široký rozsah růstových podmínek od úvalových luhů po smrkový **vegetační stupen (VS)** 237–1324 m n. m. (HOLUŠA et al. 1999, 2000; HOLUŠA & HOLUŠA 2010, 2011). Na poznatky z flyšových karpatských pohoří jsme se zaměřili, protože v těchto regionech je charakter rozpadu smrkových porostů odlišný vzhledem k jiným středoevropským oblastem (KONÓPKA et al. 2008). Materiál k dosažení výsledků byl rozčleněn na původní data z terénních průzkumů lesů v Moravskoslezských Beskydech a vybrané výsledky mezinárodních šetření lesů v různých flyšových pohořích Západních Karpat.

Terminologie

Při formulacích rámců rizikových růstových podmínek pro smrkové porosty v Podbeskydském a Beskydském bioregionu jsme využili terminologii pěstování lesů podle TESÁŘE (1996) a terminologii hodnocení přirozenosti lesů (VRŠKA & HORT 2003):

- **Přírodní les** se aktuálně vyvíjí přírodními procesy, avšak v jeho ekologii nelze vyloučit minulé lidské působení toulavou sečí nebo pastvou. V přírodních lesích ovšem druhová skladba nebyla ovlivněna sadbou ani sítí. U přírodních lesů jsou přípustné odchylky ve struktuře, způsobené sukcesním návratem ovlivněných částí k vyrovnanému stavu.
- **Přirozený les** se vyznačuje přírodní skladbou, avšak jeho prostorová i věková struktura nesou znaky antropického vlivu. Přirozené lesy mají nižší prostorovou rozrůzněnost než lesy přírodní. Obnovují se výhradně přirozeně.
- **Přírodě blízký les** se vyznačuje dominancí přirozených druhů, avšak jejich zastoupení a uspořádání byly přímo nebo nepřímo člověkem změněny. Zpravidla počet druhů i patrovitost jsou nižší než v lesích přírodních. V některých případech byla druhová skladba přírodě blízkých lesů zvýšena vtroušením nepůvodních (ale biogeograficky blízkých) druhů, které zdomácněly (smrkem (*Picea* spp.), modřínem (*Larix* spp.), třešní (*Prunus* spp.), jeřábem oskeruší (*Sorbus domestica* L.), hrušní (*Pyrus* spp.)). Probíhá zde přirozená obnova, často doplňovaná sadbou většinou původních dřevin.
- **Přírodě vzdálený les** má umělou strukturu a nepřirozenou skladbu dřevin (MÍCHAL 1994). Udržení tohoto stavu závisí výhradně na lidských zásazích. Díky podmíněné skladbě a její umělé stabilizaci jsou takové lesy náchylné ke gradacím škůdců a plošně se u nich vyskytují predispozice vůči chřadnutí a rozpadu.
- **Genová základna (GZ)** je územně souvislé uspořádání lesních porostů s významným podílem původních populací dřevin, určené jako zdroj reprodukčního materiálu pro širší okolí. Na území GZ se smí hospodařit pouze způsoby, které podporují biologickou rozmanitost a přirozenou obnovu lesů. Nesmí se zde vnášet reprodukční materiál lesních dřevin z jiných území (NOVOTNÝ et al. 2008).
- **Biotop** je prostředí jednotlivých organismů tvořené vymezeným organizovaným společenstvem (biocenózou) (SAMEC & FORMÁNEK 2007), které společně s vymezeným souborem neživých činitelů podmiňuje výskyt jednotlivých druhů (LAŠTŮVKA & KREJČOVÁ 2000).
- **Biocentrum (BC)** je omezené území, které svou velikostí a stavem ekologických podmínek umožňuje trvalou existenci všech druhů přirozeného genofondu typického pro (přírodní) společenstva biogeograficky ohraničeného širšího okolí, nebo je to shromaždiště regionálně významných druhů (cf. MÍCHAL 1994).

- **Biochora** je územní jednotka geoeologického členění bioregionu. Je charakterizována kombinací vegetačního stupně, typu georeliéfu a půdního substrátu, které umožňují svébytné zastoupení, uspořádání, kontrastnost a složitost kombinace lesních typů (CULEK 2005). Významově je totožná s termínem hospodářský soubor lesích typů (cf. PITKO & PLÍVA 1967).

Terénní podklady

Původní terénní data o stavu lesů ve sledovaném území byla pořízena v jihozápadních částech Slezských Beskyd, Jablunkovském mezihoří a v jádrových částech Moravskoslezských Beskyd v letech 2007–2008 (obr. 1). Terénní šetření byla složena ze základního průzkumu **porostních typů (PT)** (SAMEC et al. 2007, 2008) a ze specializovaného průzkumu **zdravotního stavu lesů (ZSL)** (TUREK et al. 2009).

Průzkum PT byl proveden s cílem získat soustavu trénovacích polygonů pro validace regionálních modelů ekologie krajiny (WESTLING et al. 2005). Porosty vhodné pro tuto soustavu byly hledány po celé severní Moravě a ve Slezsku. Byly vymezeny v typických částech Hrubého Jeseníku, Slezské nížiny, Podbeskydské pahorkatiny a Moravskoslezských Beskyd. V široce zastoupených hospodářských souborech byly hledány duplexy přírodě blízkých a přírodě vzdálených porostů. Tento průzkum obsahoval zjištění defoliace šetřených porostů a půdní analýzy (SAMEC et al. 2012). Pro koncepci modelu rizikových růstových podmínek smrkových porostů byly využity pouze poznatky z Moravskoslezských Beskyd a blízkých lokalit ve Slezské nížině. Specializovaný průzkum v Těšínských Beskydech byl zaměřen na pozemní charakteristiku zdravotního stavu smrkových porostů v síti 400×400 m (tab. 1), charakteristiku půd ve vybraných vzorových porostech, analýzu vztahů mezi půdními vlastnostmi, ZSL (SAMEC et al. 2010) a letokruhové analýzy (SAMEC et al. 2011).

Tab. 1. Základní charakteristiky lesů zahrnutých v soustavách pozemních šetření

Tab. 1. Average characteristics of forests used for the systems of field survey

Úroveň	Veličina	Průzkum PT v Podbeskydách a Beskydech		Průzkum ZSL v Těšínských Beskydech	
		Smrk ztepilý	Buk lesní	Smrk ztepilý	Buk lesní
Stav porostů	Věk (rok)	90±33	96±42	54±34	67±5
	Zápoj (%)	74,00±15,60	76,12±18,32	-	-
	Defoliace (%)	25,58±8,42	22,18±10,17	23,84±26,46	21,25±6,25
	Četnost BZJ	-	-	8,38	-
	Počet ročníků	-	-	4±1	-
	Poškozené	33,33	12,50	40,82	-
Stav půdy	Počet PST	10	8	6	4
	Nejčtenější PST	KAm	KPm	KAm	KAm
	O	pH/H ₂ O	3,83±0,16	4,37±0,34	3,79±0,16
		BS (%)	34,56±16,99	70,50±16,92	29,73±13,13
		Bc/Al	1,02±1,17	10,68±14,57	0,71±1,04
		Mg/Al	0,13±0,14	1,13±1,64	0,10±0,14
	SH	pH/H ₂ O	3,79±0,16	4,17±0,33	3,77±0,24
		BS (%)	12,75±6,19	21,73±14,76	13,35±12,25
		Bc/Al	0,18±0,11	0,42±0,62	0,23±0,41
		Mg/Al	0,03±0,01	0,05±0,04	0,03±0,02
		D _d (g/cm ³)	-	-	1,07±0,20
		MKK (%)	-	-	44,21±6,54
		P (%)	-	-	55,90±7,22
	DH	pH/H ₂ O	4,26±0,25	4,48±0,24	4,17±0,32
		BS (%)	10,49±5,37	16,00±13,16	12,98±12,28
		Bc/Al	0,13±0,08	0,25±0,32	0,20±0,37
		Mg/Al	0,01±0,00	0,03±0,01	0,71±1,04
		D _d (g/cm ³)	-	-	1,23±0,22
		MKK (%)	-	-	39,88±7,26
		P (%)	-	-	51,58±8,05

PT – porostní typ/stand type; ZSL – zdravotní stav lesů/forest health status; BZJ – barevné změny jehličí (diskolorace)/colour changes of needles (discoloration); PST – půdní subtyp/soil subtype; O – nadložní humus/surface humus; SH – svrchní půdní horizonty/top-soil horizons; DH – diagnostické půdní horizonty/diagnostic soil horizons; BS – bazická saturace/base saturation; Bc/Al – poměr výměnných bazí a hliníku/ratio of exchangeable bases and aluminium; Mg/Al – poměr výměnného hořčíku a hliníku/ratio of exchangeable magnesium and aluminium; D_d – objemová hmotnost redukováná/bulk density; MKK – maximální kapilární kapacita/waterholding capacity; P – pórovitost/porosity; KAm – kambizem modální/Haplic Cambisol; KPm – kryptopodzol modální/Entic Podzol

V tab. 1 jsou shrnuty hlavní společné poznatky z obou šetření. V základním průzkumu byla zaznamenána větší rozrůzněnost půdních podmínek než při speciálním šetření ZSL. Obecně nejčastějšími půdními jednotkami obou průzkumů byly kambizemě modální. Smrkové porosty se vždy vyznačovaly nižšími poměry Bc/Al a Mg/Al , jejichž hodnoty v žádném ze zaznamenaných případů nepřekročily hraniční optimální hodnotu 1. Rovněž **bazická saturace (BS)** a pH byly pod smrkovými porosty vždy nižší než pod bukovými porosty. Tento jev nastal, ačkoli v základním průzkumu byl nejčastější půdní jednotkou pod bukovými porosty kryptopodzol modální. Avšak i bukové porosty měly indikátory odolnosti vůči půdní acidifikaci optimální pouze v nadložním humusu.

Ze shromážděných poznatků jsme pro modelování využili zejména konstatování:

- Vyšší podíl poškození stromů václavkou (*Armillaria* sp.) se vyskytuje do bukového VS; od jedlo-bukového VS vzrůstá podíl poškození stromů kůrovci (Scolytinae) a sekundárními hnilobami, což se odráží ve vyšším podílu celkově poškozených stromů.
- Smrkové porosty do 40 let věku jsou relativně méně poškozené. Uspokojivý zdravotní stav byl zjištěn u smrků s dlouhou korunou. V základním průzkumu porostních typů v Beskydech a Podbeskydí byla u smrkových porostů zjištěna průměrná defoliace 26 % a u bukových porostů 22 %. Při specializovaném průzkumu Těšínských Beskyd byla zjištěna průměrná defoliace smrkových porostů 24 % a bukových porostů také 22 %.
- V minerálních půdních horizontech dosahovala BS průměrně 10–13 % pod smrkovými porosty a 16–23 % pod porosty bukovými. BS pod bukovými porosty byla obecně vyšší, avšak společně s ostatními fyzikálně-chemickými půdními vlastnostmi nenaznačovala potenciál ke zpomalení přirozených procesů acidifikace. Bez ohledu na úživnost půdní jednotky podporují bukové porosty optimalizaci indikátorů náchylnosti vůči acidifikaci pouze v nadložním humusu. Smrkové porosty svými vlastnostmi nijak pozitivně neovlivňují přirozeně chudé půdní poměry. V půdách na slepencích se zpravidla vyskytovaly společně nízká půdní BS a relativně vyšší defoliace a diskolorace smrkových porostů.
- Přírůst smrků může v současnosti být vážně postižen epizodami sucha, ale zároveň mírně pozitivně reaguje na pozvolné oteplování karpatského klimatu (SAMEC et al. 2011). Období poklesu může odpovídat období hlavního imisního zatížení Moravskoslezských Beskyd, při němž v důsledku trofického efektu biogenních polutantů došlo nejprve ke krátkodobému zvýšení přírůstků, následovaném ovšem delším obdobím poklesu.

Literární podklady

Literární podklady pro tvorbu zájmového modelu byly shromažďovány tak, aby umožnily potvrdit nebo vyvrátit přímání výsledky vlastních terénních šetření a aby umožnily rozšířit znalosti o průběhu chřadnutí smrkových porostů ve Vnějších Západních Karpatech. Soustředili jsme se zejména na studie pořízené v okolních regionech Slovenska a jižního Polska. Pro tvorbu modelu byly důležité tyto poznatky:

- V oblastech Kysuckých vrchů a Oravy jsou kritické zátěže depozice síry a dusíku překračovány zejména v geobiocenózách na kryptopodzolech a dysrických kambizemích. Relativně významnější je plocha vystavená zvýšené depozici dusíku. Je pravděpodobné, že ekologická rizika vyplývající z depozice dusíku budou stále jedním z důležitých predispozičních činitelů, který se může závažně odrážet v chřadnutí i kalamitním rozvratu karpatských lesů (SITKOVÁ & KUNCA 2008).
- V krizových oblastech Slezských a Żywieckých Beskyd se nízké hodnoty půdní BS vyskytují i pod smrkovými porosty s nevyhovujícím stavem výživy jehličí. V silně poškozených porostech dochází k výrazným rozdílům v chemickém složení jednotlivých ročníků jehličí a vychýlení optimálních hodnot poměrů S/Ca , S/Mg , N/Ca , N/Mg , K/Ca a K/Mg (BARSZCZ & MALEK 2008).
- V letech 1993–2003 bylo na území Národního parku Bieszczady pozorováno zvýšení podílu buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) ve zmlazení přirozených smíšených bučin o 14,5 %, zatímco podíl zmlazení jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) klesl o 4,6 % (SUGIERO et al. 2009).
- Klima Karpat se v období 1971–2000 oteplilo průměrně o 0,6 °C. Největší vzrůst teplot byl zachycen především od dubna do června, naopak během zimy se více ochladilo. Tyto trendy naznačují kontinentalizaci klimatu Karpat (FELIKSIK et al. 2001).
- V generaci karpatských lesů v mezidobí 2030–2100 je očekávána změna skladby současných středohorských smíšených a horských jedlových bučin ve prospěch buku lesního a zánik současných hranic vegetačních stupňů (cf. BUČEK & KOPECKÁ 2004).

Geoinformační podklady

Vstupní mapový materiál pro výsledný prostorový model byl rozčleněn podle obsažených informací o růstovém prostředí lesů a o vybraných funkcích lesů. Základní informace o růstovém prostředí lesů byly vzaty z biohorického členění zájmového území (CULEK 2005). VS byly převzaty ze standardní vrstvy registru biogeografie (BUČEK et al. 1997) (obr. 2). Z biochor byly databázovým dotazem separovány typy georeliéfu a půdních substrátů.

Základní informace o deklarovaných funkcích lesů byly převzaty z vrstev **oblastních plánů rozvoje lesů (OPRL)**. Lesy byly účelově rozděleny na porosty bez zvláštního funkčního potenciálu (**produkční biotopy – PB**)

a porosty se zvláštním funkčním potenciálem (refugia biodiverzity). Za **refugia biodiverzity (RB)** byly označeny jednak GZ, jednak lokální a regionální BC mimo **maloplošná zvláště chráněná území (MZCHÚ)** a jednak MZCHÚ. Lesnatost zájmových bioregionů a RB byla zjištěna prostorovým průnikem s vektory inventarizačních okrajů lesů (ÚHÚL, in litt.).

METODIKA

Postup tvorby prostorového modelu rizikových růstových podmínek pro smrk ztepilý v Podbeskydském a Beskydském bioregionu na území ČR byl rozdělen do dvou etap: (1) navržení koncepce modelování; (2) sestavení prostorového vektorového modelu pomocí GIS v souřadnicovém systému S-JTSK.

Koncepci modelu jsme založili na metaanalýze společných závěrů vlastních terénních průzkumů a vybraných literárních podkladů. Metaanalýza je souborem kvantitativních metod zaměřených na sledování shod a neshod mezi různými soubory statisticky vyhodnocených dat. Jejím smyslem je získat informace, pomocí nichž jsou definovány rámce modelování (MONDELAERS et al. 2009). Shromážděné poznatky byly rozděleny tak, aby poskytl kritéria modelu: způsob zohlednění edatopu (půdního substrátu), způsob zohlednění výškových stupňů a růstový trend (tab. 2). Pomocí shod ve vztazích mezi půdními vlastnostmi a ZSL jsme odlišili jednotlivé půdní substráty biochor. Rozdíly ve znacích ZSL a intervalech nadmořských výšek jsme vztáhli ke sledu VS (BUČEK et al. 1997).

Tab. 2. Výběr shod výsledků terénního průzkumu v Beskydech a literárních podkladů

Tab. 2. Assessment of conjunctions between results from field survey in the Beskids and literature

Kritérium modelu	Zdroj	Poznatek	Přejatý výsledek
Výšková expozice klimatu	šetření	vyšší podíl poškození stromů václavkou do bukového VS; od jedlo-bukového VS vzrůstá podíl poškození stromů kůrovci a sekundárními hnilobami, což se odráží ve vyšším podílu celkově poškozených stromů	odlišení podmínek do bukového VS a od následujícího jedlo-bukového VS
	literatura	v bukovém VS je stále pozorována stabilní existence bučin; v jedlo-bukovém VS dochází k úbytkům zmlazení jedle a expanzi stejnorodých bučin	
Expozice edatopu	šetření	v půdách na slepencích se zpravidla vyskytují nízké hodnoty <i>BS</i> a relativně vyšší hodnoty defoliace a diskolorace smrkových porostů	odlišení hrubozrného pískovcového flyše od ostatních půdních substrátů
	literatura	nízké hodnoty <i>BS</i> lesních půd se vyskytují převážně v poškozených smrkových porostech	
Růstový trend	šetření	smrkové porosty do 40 let věku jsou relativně méně poškozené; uspokojivý zdravotní stav byl zjištěn u smrků s dlouhou korunou; průměrná defoliace 23,84 % nebyla s věkem stromů rozdílná	preferenze jednotlivého smíšení a pěstování smrku ve volném zápoji, přizpůsobení porostní struktury přirozeným lesům v BC a MZCHÚ
	literatura	nejefektivnější přirozená obnova smrkových porostů probíhá pod porostním pláštěm, ale v porušeném zápoji; souběžně s pokračujícím oteplováním karpatského klimatu dochází k přirozenému zvyšování podílu buku v lesích	

Podklady o funkcích biocenóz jsme rozčlenili podle jejich významového vztahu k přirozenosti vegetace (KULLA et al. 2009). Současná skladba lesů v zájmové oblasti byla vzata z charakteristik bioregionů (CULEK 1996), současná skladba RB byla zjištěna dotazem v databázi OPRL IDC ÚHÚL. Referenční potenciální přirozená dřevinná skladba v oblasti byla odvozena z vážených průměrů orientačního stanovení přirozené dřevinné skladby jednotlivých hospodářských souborů v obou bioregionech (ŠINDELÁŘ 1995). Pomocí lineární korelace při $P < 0,05$ jsme testovali, do jaké míry odhad potenciální přirozené skladby lesů koresponduje se současnými RB i PB.

Návrh modelu rizikových růstových podmínek pro smrkové porosty byl získán překryvnou analýzou vektorových vrstev. Schéma pro překryvnou analýzu bylo získáno kombinací stanovištní diferenciace různě nepříznivých podmínek a vybrané funkční diferenciace současných lesních porostů. Nomenklatura dřevin je převzata podle Kubáta et al. (2002).

VÝSLEDKY

Koncepce modelu byla sestavena tak, aby umožnila vymezit cílový model pomocí vlastností ekotopu. Názvy vymezených zón byly vytvořeny pomocí pozorovaných znaků v chřadnutí smrkových porostů a trendů jejich růstu v zájmové oblasti a širším okolí Vnějších Západních Karpat. Mezi shromážděnými poznatky byly shledány shody v označení chudých substrátů jako predispozičních činitelů míry defoliace smrkových porostů a v označení poloh do bukového VS jako potenciálně rizikových pro smrkové porosty (tab. 2). Ve vyhodnocení růstových poměrů smrkových porostů se jeví, že smrky s dlouhou korunou jsou nejvíce odolné vůči chřadnutí. Z literárních podkladů bylo odvozeno, že v Beskydech dochází k pozvolnému oteplování, které se krátkodobě může odrážet ve zvětšení tloušťkového přírůstu smrku, ale obecně podporuje přirozenou obnovu bučin. Pěstování smrku ztepilého se jako perspektivní jeví pouze v polohách nad 800 m n.m. Vzhledem k fyzické dostupnosti GIS vrstev jsme ale intervaly vhodných a nevhodných nadmořských výšek přizpůsobili deklarovanému sledu VS.

Hodnocené bioregiony nemají společný ani jeden z vymezených typů biochor. V Podbeskydském bioregionu jsou nejvíce zastoupeny pahorkatiny na vápnitém flyši (4PC) (196 km²) a vlhké plošiny na kyselých horninách (4Ro) (157 km²) představující dohromady 37 % území bioregionu. V Beskydském bioregionu jsou relativně nejvíce zastoupeny svahy na pískovcovém flyši převážně v bukovém VS (4SK) (178 km²) a hřebety na pískovcovém flyši (5ZK) (196 km²) představující 43 % území bioregionu (tab. 3).

V obou bioregionech je zjevné rozdílné zastoupení VS, avšak téměř žádný se v jednom nebo druhém bioregionu nevyskytuje výhradně, s výjimkou smrko-jedlo-bukového a izolovaných lokalit smrkového VS na vrcholu Lysé hory. Okrajový výskyt smrko-jedlo-bukového VS v Podbeskydském bioregionu je způsoben pouze generalizací registru biogeografie, nemá fyzické opodstatnění. V Podbeskydském bioregionu převládají bukový a dubo-jehličnatý VS, zatímco jedlo-bukový VS je přítomen pouze okrajově. V Beskydském bioregionu výrazně převládá jedlo-bukový VS, zatímco nižší bukový i vyšší smrko-jedlo-bukový jsou zastoupeny mnohem méně. Bukový VS se v Podbeskydském bioregionu vyskytuje na ploše téměř 578 km² (61 %). Jedlo-bukový VS se v Beskydech vyskytuje na ploše 632 km² (73 %). V obou bioregionech společně bukový stupeň zaujímá 37 % a jedlo-bukový 40 % území; dohromady zaujímají plochu 1 405 km².

V typech půdních substrátů i georeliéfu je opět patrná nesourodost vlastností půd v obou bioregionech (tab. 4). Dominantní typy jsou zpravidla výhradně nebo převážně zastoupeny právě v jednom ze sledovaných území. Z typů georeliéfu se společně v obou bioregionech vyskytují pouze sníženiny (D) zaujímající necelá 4 % celkového území. Z půdních substrátů se společně v obou bioregionech vyskytují slínité flyše (C) (28 %), pískovcový flyš (K) (29 %) a oligotrofní podmáčené sedimenty (o) (15 %). Pískovcový flyš zároveň tvoří soubor nejhudších substrátů zájmové oblasti. V zájmovém území tvoří asociaci s výchozy slepenců. Proto byl pro potřeby modelování vymezen zvlášť vzhledem k souhrnu zbývajících substrátů.

Růstové podmínky pro pěstování smrkových porostů v zájmovém území byly rozděleny na stanoviště velmi silně riziková (do bukového VS převážně na pískovcovém flyši), stanoviště silně riziková (do bukového VS na nespecifických substrátech), stanoviště středně riziková (v jedlo-bukovém a smrko-jedlo-bukovém VS) a stanoviště příznivá (ve smrkovém VS). Protože okrajově se vyskytující biochory smrkového VS jsou zcela zahrnuty v mapovaných RB, byly začleněny k dominantním RB v polohách od jedlo-bukového stupně.

Tab. 3. Zastoupení biochor v Podbeskydském a Beskydském bioregionu na území ČR

Tab. 3. The representation of biochores in the Podbeskydský and Beskydský biogeographical regions in the Czech Republic territory

Biochora	Rozloha (km ²)			Zastoupení (%)		
	Bioregion		Celkem	Bioregion		Celkem
	Podbeskydský	Beskydský		Podbeskydský	Beskydský	
3BC	64,39	-	64,39	6,79	-	-
3PI	7,41	-	7,41	0,78	-	0,54
3PK	15,84	-	15,84	1,67	-	1,16
3RB	5,07	-	5,07	0,53	-	0,37
4BE	68,04	-	68,04	7,17	-	4,98
4BN	71,39	-	71,39	7,52	-	5,22
4Do	44,35	-	44,35	4,67	-	3,24
4HK	24,52	-	24,52	2,58	-	1,79
4Nh	9,58	-	9,58	1,01	-	0,70
4Nk	63,34	-	63,34	6,67	-	4,63
4PC	195,94	-	195,94	20,65	-	14,33
4PI	22,16	-	22,16	2,33	-	1,62
4PK	9,13	-	9,13	0,96	-	0,67
4RE	24,06	-	24,06	2,54	-	1,76
4RN	62,33	-	62,33	6,57	-	4,56
4Ro	156,81	-	156,81	16,52	-	11,47
4SC	-	155,28	155,28	-	17,95	5,49
4SK	-	178,16	178,16	-	20,60	6,30
4VA	6,73	-	6,73	0,71	-	0,49
4VC	25,45	-	25,45	2,68	-	1,86
4VI	32,79	-	32,79	3,46	-	2,40
4VK	39,67	-	39,67	4,18	-	2,90
5Do	-	11,81	11,81	-	1,37	0,42
5Dr	-	5,16	5,16	-	0,60	0,18
5SC	-	48,69	48,69	-	5,63	1,72
5SK	-	143,09	143,09	-	16,54	5,06
5ZK	-	195,65	195,65	-	22,62	6,92
6ZK	-	121,00	121,00	-	13,99	4,28
7ZK	-	6,15	6,15	-	0,71	0,22

3BC – rozřezané plošiny na vápnitém flyši 3.VS; 3PI – pahorkatiny na bazických vulkanitech 3.VS; 3PK – pahorkatiny na pískovcovém flyši 3.VS; 3RB – plošiny na slínech 3.VS; 4BE – rozřezané plošiny na spraších 4.VS; 4BN – rozřezané plošiny na zahliněných štěrcích 4.VS; 4Do – podmačené sníženiny na kyselých horninách 4.VS; 4HK – hornatiny na flyšových pískovcích 4.VS; 4Nh – širší převážně hlinité nivy 4.VS; 4Nk – široké kamenité nivy 4.VS; 4PC – pahorkatiny na vápnitém flyši 4.VS; 4PI – pahorkatiny na bazických vulkanitech 4.VS; 4PK – pahorkatiny na převážně pískovcovém flyši 4.VS; 4RE – plošiny na spraších 4.VS; 4RN – plošiny na zahliněných štěrkopiscích 4.VS; 4Ro – vlhké plošiny na kyselých horninách 4.VS; 4SC – svahy na jílovitěm vápnitém flyši 4.VS; 4SK – svahy na pískovcovém flyši 4.VS; 4VA – vrchoviny na vápencích 4.VS; 4VC – vrchoviny na vápnitém flyši 4.VS; 4VI – vrchoviny na bazických vulkanitech 4.VS; 4VK – vrchoviny na flyšových pískovcích 4.VS; 5Do – podmačené sníženiny na kyselých horninách 5.VS; 5Dr – podmačené sníženiny na kyselých horninách s rašeliništi 5.VS; 5SC – svahy na jílovitěm flyši 5.VS; 5SK – svahy na pískovcovém flyši 5.VS; 5ZK – hřbety na pískovcovém flyši 5.VS; 6ZK – hřbety na pískovcovém flyši 6.VS; 7ZK – hřbety na pískovcovém flyši 7.VS

Podle využitého odhadu přirozené druhové skladby lesů v zájmovém území dominovaly buk lesní (50 %), jedle bělokora (17 %), dub (*Quercus* sp.) (13 %), smrk ztepilý (10 %) a lípa (*Tilia* sp.) (6 %), zatímco přirozené populace modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill.) a borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) zřejmě chyběly.

V Podbeskydském bioregionu se relativně významněji uplatňovaly i dřeviny niv: vrby (*Salix* spp.), olše (*Alnus* spp.), jilmy (*Ulmus* spp.) a bříza bělokora (*Betula pendula* Roth). V současné skladbě lesů výrazně převládá smrk ztepilý (70 %), zatímco buk lesní

Tab. 4. Zastoupení nadstavbových geobiocenologických jednotek v Podbeskydském a Beskydském bioregionu na území ČR

Tab. 4. The representation of generalized geobiocenological units in the Podbeskydský and Beskydský biogeographical regions in the Czech Republic territory

Nadstavbová jednotka		Rozloha (km ²)			Zastoupení (%)		
		Bioregion		Celkem	Bioregion		Celkem
		Podbeskydský	Beskydský		Podbeskydský	Beskydský	
Vegetační stupeň	dubo-bukový	7,83	0,04	7,74	0,83	0,01	0,43
	dubo-jehličnatý	275,49	0,02	270,57	29,03	0,00	14,92
	bukový	578,33	106,53	676,57	60,94	12,32	37,30
	jedlo-bukový	84,94	632,04	727,91	8,95	73,07	40,13
	smrko-jedlo-bukový a vyšší	2,41	126,36	131,22	0,25	14,61	7,23
Georeliéf	V	104,64	-	138,82	11,03	-	7,65
	B	203,83	-	270,41	21,48	-	14,91
	D	44,35	16,97	69,73	4,67	1,96	3,84
	H	24,52	-	32,53	2,58	-	1,79
	N	72,93	-	96,75	7,68	-	5,33
	P	250,47	-	332,30	26,39	-	18,32
	R	248,27	-	329,37	26,16	-	18,16
	S	-	525,23	336,98	-	60,72	18,58
	Z	-	322,80	207,11	-	37,32	11,42
Půdní substrát	I	62,36	-	82,73	6,57	-	4,56
	A	6,73	-	8,92	0,71	-	0,49
	B	5,07	-	6,73	0,53	-	0,37
	C	285,78	203,98	510,02	30,11	23,58	28,12
	E	92,10	-	122,19	9,70	-	6,74
	h	9,58	-	12,71	1,01	-	0,70
	k	63,34	-	75,73	6,67	-	4,17
	K	89,15	644,05	531,49	9,39	74,46	29,30
	N	133,72	-	177,40	14,09	-	9,78
	o	201,16	11,81	274,45	21,20	1,37	15,13
	r	-	5,16	3,31	-	0,60	0,18

Georeliéf: V – vrchoviny; B – rozřezané plošiny; D – deprese (sníženiny); H – hornatiny; N – užší nivy; P – pahorkatiny; R – plošiny (roviny); S – svahy; Z – hřbety; Půdní substrát: I – bazické neovulkanity; A – vápence; B – slíny; C – slinité flyše; E – spraše; h – hlinité nivní sedimenty; k – kamenité nivní sedimenty; K – pískovcový flyš; N – zahliněné štěrkopisky; o – kyselé (oligotrofní) podmačené sedimenty; r – kyselé podmačené sedimenty s rašeliníšti

má zastoupení necelých 15 % a duby jen 2 %. Okrajově jsou rovněž zastoupeny modřín a borovice. Naproti tomu světlomilné dřeviny, vrby, olše i bříza, mají v zájmovém území řádově vyšší zastoupení než mohly mít v přirozené skladbě (tab. 5). PB pokrývají 16 % vymezeného území; lokální a regionální BC přes 2 %; GZ téměř 5 % a MZCHÚ přes 2 %. Lesnatost Podbeskydského bioregionu je 21 % a Beskydského bioregionu je 81 %.

Z tohoto členění lesních biotopů sledovaného území dřevinná skladba MZCHÚ statisticky nejlépe odpovídá odhadům potenciální přirozené skladby lesů. Celková skladba lesů v zájmovém území obecně neodpovídá předpokladům o přirozené skladbě. V Podbeskydí je více odlišná od přírodního stavu než v Beskydech (tab. 6). V Beskydském bioregionu skladbu se statistickými podobnostmi vůči přirozené poměrně dobře zachovávají kromě rezervací i zájmová BC. Některé PB vykazují větší podobnosti s přirozenou skladbou než GZ.

Tab. 5. Zastoupení dřevin v přirozených poměrech a v současných funkčně rozčleněných lesích zájmové oblasti (%)
Tab. 5. The tree-species composition at potential natural ecosystems and at contemporary functionally divided forests in the investigated area (%)

Vegetace	Bioregion	VR	OL	BR	JS	JL	DB	HB	LP	BK	KL	JD	SM	BO	MD
Potenciální	Beskydský	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,44	0,00	3,85	51,54	0,56	17,82	21,78	-	-
	Podbeskydský	0,10	0,71	0,10	2,79	1,35	16,71	0,82	6,41	49,10	1,54	15,99	4,37	-	-
	Celkem	0,07	0,49	0,07	1,93	0,93	12,94	0,57	5,63	49,85	1,24	16,56	9,73	-	-
Lesy celkem	Beskydský	0,10	0,30	0,90	0,20	0,00	0,20	0,00	0,30	17,50	0,90	1,80	75,80	1,10	0,50
	Podbeskydský	1,10	7,30	4,00	3,50	0,00	7,00	2,80	6,90	4,40	2,40	1,90	46,60	5,70	3,40
	Celkem	0,32	1,85	1,59	0,93	0,00	1,71	0,62	1,77	14,59	1,23	1,82	69,31	2,12	1,14
GZ	Beskydský	0,00	0,31	0,04	0,76	0,00	0,00	0,00	0,03	26,40	1,12	1,53	69,50	0,02	0,13
	Podbeskydský	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Celkem	0,00	0,31	0,04	0,76	0,00	0,00	0,00	0,03	26,40	1,12	1,53	69,50	0,02	0,13
BC	Beskydský	0,01	0,30	1,16	0,78	0,01	0,20	0,09	0,50	30,65	1,72	2,15	60,90	0,76	0,45
	Podbeskydský	0,85	5,46	4,08	9,63	0,12	9,57	4,17	10,88	9,32	6,82	1,42	29,15	3,66	2,73
	Celkem	0,40	2,72	2,54	4,94	0,06	4,60	2,00	5,37	20,63	4,11	1,80	46,00	2,13	1,52
MZCHÚ	Beskydský	0,08	0,02	0,07	0,66	0,01	0,01	0,00	0,12	47,62	3,61	1,66	43,97	0,01	0,09
	Podbeskydský	0,05	0,98	2,27	7,48	0,02	8,81	7,82	19,35	26,44	5,72	1,10	11,19	1,55	1,39
	Celkem	0,01	0,06	0,16	0,93	0,01	0,36	0,31	0,87	46,78	3,70	1,63	42,67	0,07	0,14
Lesy ostatní	Beskydský	0,00	0,21	0,48	0,28	0,00	0,20	0,07	0,27	29,32	1,16	5,72	56,69	0,35	4,32
	Podbeskydský	0,54	5,17	3,31	7,24	0,10	12,99	3,80	10,82	12,21	6,34	1,42	27,92	3,18	2,75
	Celkem	0,08	0,93	0,90	1,30	0,02	2,06	0,62	1,81	26,82	1,92	5,09	52,50	0,76	4,09

GZ – genové základny/gene platforms; BC – lokální a regionální biocentra/local and regional biocenters; MZCHÚ – maloplošná zvláště chráněná území/small-areal protected territories; VR – vrby (*Salix* spp.); OL – olše lepkavá (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.); BR – břiza bělokora (*Betula pendula* Roth); JS – jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior* L.); DB – dub letní (*Quercus robur* L.); HB – habr obecný (*Carpinus betulus* L.); LP – lípa srdčitá (*Tilia cordata* Mill.); BK – buk lesní (*Fagus sylvatica* L.); KL – javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.); JD – jedle bělokora (*Abies alba* Mill.); SM – smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karsten); BO – borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.); MD – modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.)

Tab. 6. Lineární korelace potenciální přirozené dřevinné skladby a současné skladby funkčně rozčleněných lesů (**tučně** statisticky významná podobnost při $P<0,05$)

Tab. 6. The linear correlations between potential natural tree-species composition and contemporary functionally divided forests (**bold** statistically significant correspondence at $P<0.05$)

Potenciální přirozená skladba		Beskydský	Podbeskydský	Celkem
Lesy celkem	Beskydský	0,47	0,12	0,24
	Podbeskydský	0,28	-0,05	0,06
	Celkem	0,45	0,10	0,22
GZ	Beskydský	0,59	0,25	0,37
	Podbeskydský	-	-	-
	Celkem		0,59	0,25
BC	Beskydský	0,67	0,34	0,37
	Podbeskydský	0,35	0,10	0,46
	Celkem	0,60	0,29	0,19
MZCHÚ	Beskydský	0,87	0,64	0,40
	Podbeskydský	0,70	0,72	0,73
	Celkem	0,88	0,65	0,73
PB	Beskydský	0,69	0,37	0,74
	Podbeskydský	0,45	0,25	0,48
	Celkem	0,68	0,36	0,33

GZ – genové základny/gene platforms; BC – lokální a regionální biocentra/local and regional biocenters; MZCHÚ – maloplošná zvláště chráněná území/small-areal protected territories; PB – produkční (lesní) biotopy/commercial forest habitats

Stanoviště velmi silně riziková pro pěstování smrku ztepilého byla vymezena na 125 km² (7 %) a silně riziková na 770 km² (45 %) (obr. 3). Nejvíce zastoupeným typem biochory jsou ve všech zónách růstových podmínek pro smrk svahy na pískovcovém flyši převážně v jedlo-bukovém stupni (5SK). Konsekventně i pískovcový flyš představuje nejvíce zastoupený půdní substrát všech zón růstových podmínek. V zónách velmi silně, ale i středně rizikových růstových podmínek, představuje pískovcový flyš (K) až 65 % rozlohy. Již méně zastoupenými půdními substráty v jednotlivých zónách růstových podmínek pro smrk jsou slinité flyše (C) (13–24 %) a kyselé podmaččené sedimenty (o) (7–13 %) (obr. 4). Z typů georeliéfu v zájmovém území výrazně převažují svahy (S). Relativně významnějších rozloh dosahují i plošiny (R), pahorkatiny (P) a rozřezané plošiny (B) (obr. 5).

Z rozlohy velmi silně nepříznivých podmínek 5SK zaujímají 45 % a vyskytují se podél okrajů Moravskoslezských Beskyd a masivů Lysé, Bahence, Filipky a Prašivé hory ve Slezských Beskydech. Z ostatních biochor této zóny již žádná svým zastoupením nedosahuje 10 %; relativně se tomuto hraničnímu zastoupení blíží jen svahy na jílovitém vápnitém flyši (4SC) (necelých 8 %) a 4SK (necelých 5 %). Výskyt velmi silně rizikové zóny v jedlo-bukovém VS je způsoben jeho rozdílným vymezením v biochorické klasifikaci a v registru biogeografie. Z rozlohy silně rizikových podmínek 5SK představují 30 %. Dále je nejvíce zastoupeným typem biochory 4PC (necelých 13 %). Hraničnímu zastoupení 10 % se blíží jen 4Ro v Jablunkovské brázdě a v povodí Morávky. Díky nižšímu zastoupení K-substrátů (40 %) mají stanoviště silně riziková pro růst smrku nejpestřejší zastoupení půdních substrátů i typů georeliéfu. C- a o-substráty jsou téměř kodominantní; zahliněné šterkopisky (N), spraše (E) a kamenité nivní sedimenty (k) lze považovat až za subdominantní. Z rozlohy středně rizikových podmínek 5SK představují 42 %. Kodominantní rozšíření na těchto stanovištích nedosahuje žádný další typ biochory samostatně, ale soubor 4Ro (téměř 10 %), 4SC (8 %), 5ZK (necelých 8 %) a 4SK (7 %) dohromady zahrnuje 32 % zóny (tab. 7). Středně riziková stanoviště se přitom jeví jako nejchudší v počtu půdních substrátů. Oproti níže ležícím zónám mají o čtyři typy půdních substrátů méně.

Tab. 7. Zastoupení biochor v zónách rizikových růstových podmínek pro *Picea abies*
 Tab. 7. The representation of biochores in risk growth condition zones for *Picea abies*

Jednotka	Plocha diferencovaných podmínek (km ²)			Zastoupení diferencovaných podmínek (%)		
	Velmi silně	Silně	Středně	Velmi silně	Silně	Středně
3BC	25,37	59,26	7,02	2,51	4,11	0,62
3PI	3,62	6,82	-	0,36	0,47	-
3PK	14,57	14,57	-	1,44	1,01	-
3RB	4,67	4,67	-	0,46	0,32	-
4BE	12,29	62,61	11,83	1,21	4,34	1,04
4BN	22,03	65,69	35,88	2,18	4,56	3,15
4Do	24,38	40,81	13,62	2,41	2,83	1,19
4HK	22,56	22,56	14,85	2,23	1,57	1,30
4Nh	4,26	8,82	-	0,42	0,61	-
4Nk	29,42	58,29	33,80	2,91	4,04	2,97
4PC	41,08	180,30	16,12	4,06	12,51	1,41
4PI	17,87	20,39	-	1,77	1,41	-
4PK	8,40	8,40	1,74	0,83	0,58	0,15
4RE	11,25	22,14	-	1,11	1,54	-
4RN	17,46	57,36	40,67	1,72	3,98	3,57
4Ro	47,03	141,68	109,26	4,65	9,83	9,58
4SC	77,04	77,04	90,71	7,61	5,35	7,96
4SK	48,57	48,57	78,18	4,80	3,37	6,86
4VA	6,19	6,19	-	0,61	0,43	-
4VC	13,08	23,42	11,84	1,29	1,62	1,04
4VI	16,46	30,17	-	1,63	2,09	-
4VK	36,51	36,51	21,99	3,61	2,53	1,93
5Do	-	-	5,25	-	-	0,46
5Dr	-	-	2,30	-	-	0,20
5SC	1,17	1,17	21,67	0,12	0,08	1,90
5SK	455,11	429,56	479,57	44,96	29,80	42,07
5ZK	37,46	14,30	87,07	3,70	0,99	7,64
6ZK	14,48	-	53,85	1,43	-	4,72
7ZK	-	-	2,74	-	-	0,24

3BC – rozřezané plošiny na vápnitém flyši 3.VS; 3PI – pahorkatiny na bazických vulkanitech 3.VS; 3PK – pahorkatiny na pískovcovém flyši 3.VS; 3RB – plošiny na slínech 3.VS; 4BE – rozřezané plošiny na spraších 4.VS; 4BN – rozřezané plošiny na zahliněných štěrcích 4.VS; 4Do – podmačené sníženiny na kyselých horninách 4.VS; 4HK – hornatiny na flyšových pískovcích 4.VS; 4Nh – širší převážně hlinité nivy 4.VS; 4Nk – široké kamenité nivy 4.VS; 4PC – pahorkatiny na vápnitém flyši 4.VS; 4PI – pahorkatiny na bazických vulkanitech 4.VS; 4PK – pahorkatiny na převážně pískovcovém flyši 4.VS; 4RE – plošiny na spraších 4.VS; 4RN – plošiny na zahliněných štěrkopiscích 4.VS; 4Ro – vlhké plošiny na kyselých horninách 4.VS; 4SC – svahy na jílovitěm vápnitém flyši 4.VS; 4SK – svahy na pískovcovém flyši 4.VS; 4VA – vrchoviny na vápencích 4.VS; 4VC – vrchoviny na vápnitém flyši 4.VS; 4VI – vrchoviny na bazických vulkanitech 4.VS; 4VK – vrchoviny na flyšových pískovcích 4.VS; 5Do – podmačené sníženiny na kyselých horninách 5.VS; 5Dr – podmačené sníženiny na kyselých horninách s rašeliništi 5.VS; 5SC – svahy na jílovitěm flyši 5.VS; 5SK – svahy na pískovcovém flyši 5.VS; 5ZK – hřbety na pískovcovém flyši 5.VS; 6ZK – hřbety na pískovcovém flyši 6.VS; 7ZK – hřbety na pískovcovém flyši 7.VS

Lesnatost velmi silně rizikových podmínek činí 67 %, lesnatost silně rizikových podmínek 20 %. Plošné zastoupení RB v zóně velmi silně rizikových podmínek dosahuje 7 % a v zóně silně rizikových podmínek představuje 3 %. Více než polovinu celkové rozlohy lesů v zájmovém území představují PB na stanovištích silně rizikových pro pěstování smrku ztepilého. PB na velmi silně rizikových stanovištích potenciálně pokrývají 28 % lesních půd vymezené oblasti. Stanoviště velmi silně a silně nepříznivá představují na území Beskydského bioregionu 10 % lesních půd, v Podbeskydském bioregionu však představují takřka 92 % lesních půd (tab. 8). Až u 41 % lesních půd

Tab. 8. Klasifikace rizikových růstových podmínek pro *Picea abies* v zájmové oblasti
 Tab. 8. The classification of risk growth conditions for *Picea abies* in the investigated area

Území	Bioregion	Rozloha (km ²)	Lesnatost (%)	Plocha diferencovaných podmínek (km ²)		Zastoupení diferencovaných podmínek (%)			
				Velmi silně rizikových	Silně rizikových	Středně rizikových	Velmi silně rizikových	Silně rizikových	Středně rizikových
GZ	Beskydský	41,45	98,36	0,00	0,00	41,45	0,00	0,00	4,84
	Podbeskydský	-	-	-	-	-	-	-	-
	Celkem	41,45	98,36	0,00	0,00	41,45	0,00	0,00	4,84
	Beskydský	22,31	98,21	1,74	2,02	18,56	0,20	0,24	2,16
BC	Podbeskydský	29,79	73,33	6,71	21,47	1,61	0,78	2,50	0,19
	Celkem	52,10	83,98	8,45	23,49	20,17	0,99	2,74	2,35
	Beskydský	23,04	98,75	0,36	0,66	22,01	0,04	0,08	2,57
	Podbeskydský	1,32	73,59	0,39	0,93	0,00	0,05	0,11	0,00
MZCHÚ	Celkem	24,35	97,39	0,75	1,59	22,01	0,09	0,19	2,57
	Beskydský	588,57	100,00	42,73	21,69	523,56	4,98	2,53	61,08
	Podbeskydský	159,01	100,00	31,69	106,18	13,39	3,70	12,39	1,56
	Celkem	747,58	100,00	74,43	127,91	536,91	8,68	14,92	62,64
Lesy celkem	Beskydský	673,41	100,00	44,79	24,33	604,30	2,63	1,43	35,55
	Podbeskydský	181,82	100,00	38,67	128,17	14,98	2,27	7,54	0,88
	Celkem	855,23	100,00	83,47	152,54	619,22	4,91	8,97	36,42
	Beskydský	153,37	-	7,29	25,18	120,90	0,43	1,48	7,11
Bezlesí	Podbeskydský	691,45	-	34,33	591,72	65,40	2,02	34,81	3,85
	Celkem	844,83	-	41,63	617,13	186,06	2,45	36,29	10,96

vymezeného území se jeví žádoucí změna druhové skladby s výrazným omezením pěstování smrku ztepilého. Tento nepoměr je podmíněn zejména rozsahem výskytu pískovcového flyše, který však buduje převážnou část Moravskoslezských Beskyd.

Podle získaných poznatků jsou smrky v polohách do bukového VS ohrožovány nejvíce václavkou (*Armillaria* sp.), zatímco v jedlo-bukovém stupni dosahovala maxima přítomnost kůrovců (Scolytinae) i aktivita václavek. Na zvyšování aktivity kůrovců i václavek se podílí zejména dopady suchých epizod. Ve vyšších horských polohách měly obě tyto skupiny organismů nižší četnosti výskytu. V těchto polohách narůstá význam abiotického poškození porostů, avšak významný je zde výskyt stanovišť jen středně rizikových pro pěstování smrku. V jejich rámci sice vzrostl počet celkově poškozených smrků, ale intenzita poškození stromů jednotlivými činiteli byla nižší. Pěstování smrkových porostů v zóně středně rizikových stanovišť se jeví jako závislé jak na kvalitě vlastní smrkové populace, tak i na četnosti epizod výskytu škodlivých činitelů.

DISKUSE

V přirozených poměrech je smrk ztepilý troficky indiferentní dřevinou. Jeho pěstování v souvislých monokulturách nicméně podmínilo biogeochemické změny jeho růstového prostředí, které se začaly podílet na zvýrazňování dopadů acidifikace na fyziologii kořenů (BINKLEY 1992). Změny rhizosféry vyvolané neefektivním metabolismem půdních dvoumocných bází zapříčinily zvýšení vnímavosti smrkových porostů vůči průmyslovému znečištění (BINKLEY & GIARDINA 1998). Během převažující imisní zátěže evropských lesů sírou se začal nejprve maloplošně (od Schwarzwaldu) a posléze velkoplošně (od západoevropských variských pohoří po Beskydy) objevovat symptom nedostatečné výživy smrkového jehličí hořčíkem. Jeho projev závisel na přirozené dostupnosti hořčíku z půdního prostředí a na tom, že rychlost jeho vymývání při zrychleném rozkladu organické hmoty a snížené sorpční schopnosti kořenů nebyla stejně rychle vyrovnávána uvolňováním při zvětrávání. V přirozeně kyselém prostředí kyselá depozice dále snižovala poměr Mg/Al v půdním roztoku. Střídání klimatických epizod způsobovalo kolísání symptomů nedostatečné výživy lesů. Během suchých let 1975–1976 a 1981–1984 se výživa hořčíkem zhoršovala a naopak zdánlivě se zlepšovala během vlhkých let v mezidobí 1986–1988 (ROBERTS et al. 1989).

Vzrůst globálních průměrných teplot po roce 1980 se projevil jako činitel, který výrazně rozrůznil odezvu lesů na znečištění ovzduší (KARNOSKY et al. 2005). Ačkoli kyselá depozice stále zůstává jedním ze spouštěcích činitelů chřadnutí lesů, klimatická změna způsobila, že chřadnutí se může projevit i v oblastech, kde dosud úroveň znečištění nevzrostla, nebo dokonce poklesla pod kritické úrovně (WOO 2009). HOLUŠA & LIŠKA (2002) poprvé charakterizovali hynutí smrku v Beskydech a ve Slezsku jako důsledek kumulativního působení několika stresorů. Spouštěcím činitelem hynutí podle autorů byl neadaptovaný genom nepůvodních monokultur. Půdní kyselost zejména na území Beskydského bioregionu se pohybuje na hranici optimálních hodnot pro smrk, takže trvale nebrání mobilizaci Al^{3+} , který blokuje příjem ostatních živin z půdního sorpčního komplexu. Přirozený obsah živin pro pěstování kulturních smrkových porostů nedosahuje optimálních hodnot, i když v asimilačním aparátu nebyl zjištěn výrazný nedostatek. Přesto i nevýrazné deficity živin podporují náchylnost vůči chřadnutí po výskytu mrazů i bodu vadnutí. Periodické vodní deficity ohrožily mnoho smrkových porostů v nižších a středních polohách. Mortalitními činiteli hynutí smrku byly aktivita václavky a značné rozšíření lýkožrouta severského (*Ips duplicatus* Sahlberg, 1836) (HOLUŠA et al. 2006).

Vlastnosti půdního prostředí se na chřadnutí smrkových porostů podílejí v širokém pásmu Beskyd. Nedostatečný obsah přístupného hořčíku nicméně v současnosti již není podmiňován přímými vlivy kyselé depozice. Úrovně znečištění ovzduší sírou na většině zájmového území nepřekračují kritické zátěže, ale úrovně znečištění prostředí dusíkem a celkovou potenciální kyselou depozicí zůstaly nad úrovněmi kritických zátěží i po odsíření stacionárních zdrojů znečištění (ZAPLETAL 2006). I nižší celkové znečištění ovzduší se v oblasti projevuje tzv. zbytkovou acidifikací ekosystémů, která znamená, že ekosystémy mají rozdílnou schopnost tlumit nebo vyplavovat znečišťující látky z půd v závislosti na minerální síle půdotvorných substrátů (PURDON et al. 2004).

Jednou z příčin heterogenity půd v zájmovém území byly nevyhnutelně čtvrtohorní transformace půdotvorných substrátů, které způsobily změny v rychlosti uvolňování živin. V oblasti převažují směsné svahoviny s výrazně diferencovanými trofickými poměry (SAMEC et al. 2010). Počet půdních substrátů klesá směrem do vyšších poloh. Jejich výskyty korespondují se změnami četností typů georeliéfu. Zatímco stanoviště velmi silně riziková pro růst smrku byla úzce definována jedním půdním substrátem K, stanoviště silně riziková pro růst smrků zahrnují soubor pestrého výskytu typů georeliéfu i půdních substrátů. Zdejší rychlé hynutí smrkových porostů je vázáno na flyšové podklady jemnějších frakcí i na čtvrtohorní překryvná tělesa, nicméně v rámci celého zájmového území jsou nejvýraznější predispozice k chřadnutí smrku spojovány stále s pískovcovým flyšem. Již v zóně středně rizikových růstových podmínek pískovcový flyš opět dominuje, celkový počet typů půdních substrátů klesá a mění se poměr zastoupených typů georeliéfu ve prospěch svahů. Půdy na flyši jsou relativně náchylnější ke změnám vododržnosti po odlesnění a obecně po poklesu zásoby humusu, a zároveň rychleji reagují na změny srážek a povětrnostní situace v Evropě (REJŠEK 2004).

Oslabené nepřírozené smrkové porosty na nepřírozených stanovištích se staly mnohem citlivějšími na další stresory. V souvislosti s oteplením karpatského klimatu vzrostla nejprve aktivita václavky. Na základě vyhodnocených podkladů předpokládáme, že dostatečně vyvinutá koruna se silným asimilačním aparátem je jednou z podmínek pro dostatečnou produkci asimilátů, které mohou sloužit jako činitel ekologické substituce, a tak do určité míry stabilizovat stav smrku. Zachování dlouhé koruny smrku ovšem rovněž předpokládá jeho pěstování ve volném zápoji a zpravidla ve smíšeném porostu (SAMEC et al. 2011).

Prostorové modely jsou zpravidla vytvořeny pomocí geografických interpolací. Interpoláčnické přístupy při tvorbě našeho modelu nemohly být efektivně použity, protože rozmístění dat ze základního a speciálního průzkumu lesů v Beskydech bylo silně nerovnoměrné. Výhodnější byla metaanalýza založená na srovnávání shod a neshod mezi různými statisticky zpracovanými podklady. Metanalýza byla úspěšně využita při řešení otázek ekologie globální změny (CUDLÍN et al. 2007) nebo při řešení otázek funkcí ekosystémů (DIELEMAN et al. 2010). Jejím nevyhnutelným jevem je, že zpravidla nepoukazuje na konkrétní vývoj sledovaného systému, ale na tendence, které tento vývoj mohou ovlivňovat. Navržený model poukázal na teoretické difference v ekologii smrkových monokultur. Stanovištní diferenciaci jsme založili na předpokladu, že některé půdní vlastnosti mohou predisponovat smrkové porosty vůči chřadnutí (BARSZCZ & MALEK 2008). Půdy na slepencích sice byly označeny za nejrizikovější pro místní chřadnutí smrku, ale v bukových porostech na těchto chudých půdách žádné příznaky chřadnutí zjištěny nebyly. Proto je patrné, že změna druhové skladby může potenciálně odstranit problémy s výživou dřevin, neboť řada listnáčů přirozeně stimuluje půdní biologickou melioraci a rychlost zpřístupňování živin (cf. ŠINDELÁŘ et al. 2007; MENŠÍK et al. 2009).

Porostní diferenciace byla zjednodušena na odlišení obhospodařovaných lesů a souhrn různých RB. RB mohou potenciálně zastat roli matrice pro optimalizaci dřevinné skladby lesů. Představám o přirozené skladbě lesních dřevin v zájmové oblasti nejlépe odpovídají lesní MZCHÚ, naopak nejméně optimální skladbu mají GZ. KULLA et al. (2009) navrhli diferencovat rekonstrukci hynoucích smrkových porostů v Kysuckých vrších a Oravských Beskydech podle jejich sukcesního potenciálu. Nosnými dřevinami většiny RB zde zůstávají buk lesní a vtroušená jedle bělokorá (KORPEL 1989). Pro extenzivní obhospodařování autoři doporučili vybudovat soustavu přirozených multifunkčních lesů (PML) a polopřirozených výnosových lesů (PPVL) s diferencovaným zastoupením douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* Engelm.) a modřínu opadavého. Zatímco v refugiích přirozených lesů se předpokládá úplná eliminace přítomnosti smrku a široké zastoupení buku a jedle, v PML je již zastoupení buku a smrku vyrovnanější a doplněno modřínem. V PPVL může být modřín někdy nahrazen douglaskou.

Srovnávané GIS vrstvy i nerovnoměrný rozsah výchozích empirických dat předznamenal nejistoty v aplikacích navrženého modelu. Zatímco zóna velmi silně rizikových podmínek pro smrkové porosty byla vymezena na základě jednoduchých kritérií s jedním půdním substrátem (K), okolní zóny již zahrnuly mnohem širší rozsah růstových podmínek. V okolních zónách lze předpokládat, že zdravotní stav smrkových porostů je usměrňován jinou růstovou dynamikou nebo jinými projevy chřadnutí v závislosti na místní diverzitě růstových podmínek. Zóny silně i středně rizikových podmínek nejsou vnitřně jednotné a nebyly u nich zjištěny jednotné růstové podmínky. Jejich vzájemné hranice nemohou mít podobu linie, ale pásma neurčitostí. Šířku tohoto pásma na jedné straně podmiňuje kvalita místních smrkových populací, na druhé straně skutečná exponovanost půdních substrátů i skutečná podoba vertikálních gradientů VS. Ze zohledněných podkladů byla stanovena spodní nadmořská výška vhodná k pěstování smrkových porostů 800 m. Tato izolinie byla přizpůsobena dostupné GIS vrstvě na rozhraní mezi bukovým (400–700 m n.m.) a jedlo-bukovým VS (700–900 m n.m.) (cf. HOLUŠA et al. 2000). Mezi oběma přístupy k vymezení vertikálních hranic se vyskytuje potenciální přechodové pásmo 700–800 m n.m., které v navrhované verzi modelu není blíže analyzováno. Stejně tak vymezení vertikálních limitů rizik chřadnutí smrku podmiňuje kvalita kombinovaných GIS vrstev. Registr biogeografie byl generalizován podél katastrálních hranic. Jiné způsoby vymezení VS v zájmové oblasti způsobí výskyt rozdílných oblastí neurčitostí (cf. CULEK et al. 2005; HOLUŠA & HOLUŠA 2010).

Za situace měnícího se klimatu může ve stanovištní diferenciaci získat značný význam i změna teplotních nebo srážkových gradientů, která následně ovlivní nejen aktivitu vybraných škodlivých činitelů, ale může ovlivnit i skladbu přirozené obnovy lesů. Pokračující výskyty sucha mohou v nižších polohách podmínit chřadnutí buku (HLÁSNÝ et al. 2011). K ohrožení populací buku lesního při pokračujícím oteplování může teoreticky dojít v navrhované zóně silně rizikových růstových podmínek. Buk lesní může být ohrožen zejména zvýšením aktivity svého hmyzu nebo plísní *Phytophthora* sp. (ČERMÁK & HOLUŠA 2012). V Podbeskydském bioregionu se skladba lesů jeví ekologicky méně vhodná než v Beskydském bioregionu, především zde chybí GZ. Nicméně při teoretickém předpokladu rizika chřadnutí bučin se současné širší zastoupení habru obecného (*Carpinus betulus* L.), javoru horského (*Acer pseudoplatanus* L.), jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior* L.) a lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.) může jevit jako indikátor výhodnější ekologické stability. Změny klimatických gradientů v souvislosti s regionální změnou klimatu mohou dosáhnout zániku dosud vymezených vertikálních ekologických gradientů. Za tohoto předpokladu jsou teoretické hranice zvláště mezi silně a středně rizikovými růstovými podmínkami pro smrkové porosty i jejich předpokládané rozsahy nejisté.

ZÁVĚR

Podbeskydský a Beskydský bioregion patří k územím, kde došlo k plošnému chřadnutí kulturních smrkových porostů. V Podbeskydském bioregionu teoreticky převládají silně rizikové podmínky pro růst smrkových porostů, které tvoří 76 % území bioregionu a zahrnují 70 % rozlohy zdejších lesů. Jako východiska pro rekonstrukci lesů chybí v bioregionu genové základny a celková dřevinná skladba se jeví jako vzdálená odhadovanému přirozenému stavu, nicméně v bioregionu je relativně větší zastoupení vrb, olší, bříz, jasanu ztepilého, javoru horského, lípy srdčité a habru obecného.

V Beskydském bioregionu teoreticky převládají středně rizikové podmínky pro růst smrkových porostů, které ale přímo navazují na velmi silně rizikové růstové podmínky. Jako ukazatele teoretických velmi silně rizikových růstových podmínek pro smrkové porosty byly využity údaje o lokalizaci pískovcového flyše a bukového vegetačního stupně. Středně nepříznivé podmínky na území Beskydského bioregionu tvoří 84 % jeho rozlohy a zahrnují 90 % zdejších lesů. Pěstování smrku ve středně rizikových podmínkách závisí jednak na genetické kvalitě celé populace, jednak na proměnlivosti aktivity škodlivých činitelů. Genetickou kvalitu porostů v Beskydském bioregionu do jisté míry předurčují místní genové základny, jejichž skladba se relativně liší od odhadovaného přirozeného stavu, zato dřevinná skladba zdejších maloplošných zvláště chráněných území významně koresponduje s odhady přirozené skladby.

Poděkování. Vznik této studie byl podpořen z Operačního programu vzdělání pro konkurenceschopnost – Evropského sociálního fondu (projekt CZ.1.07/2.3.00/20.0170 MŠMT ČR).

LITERATURA

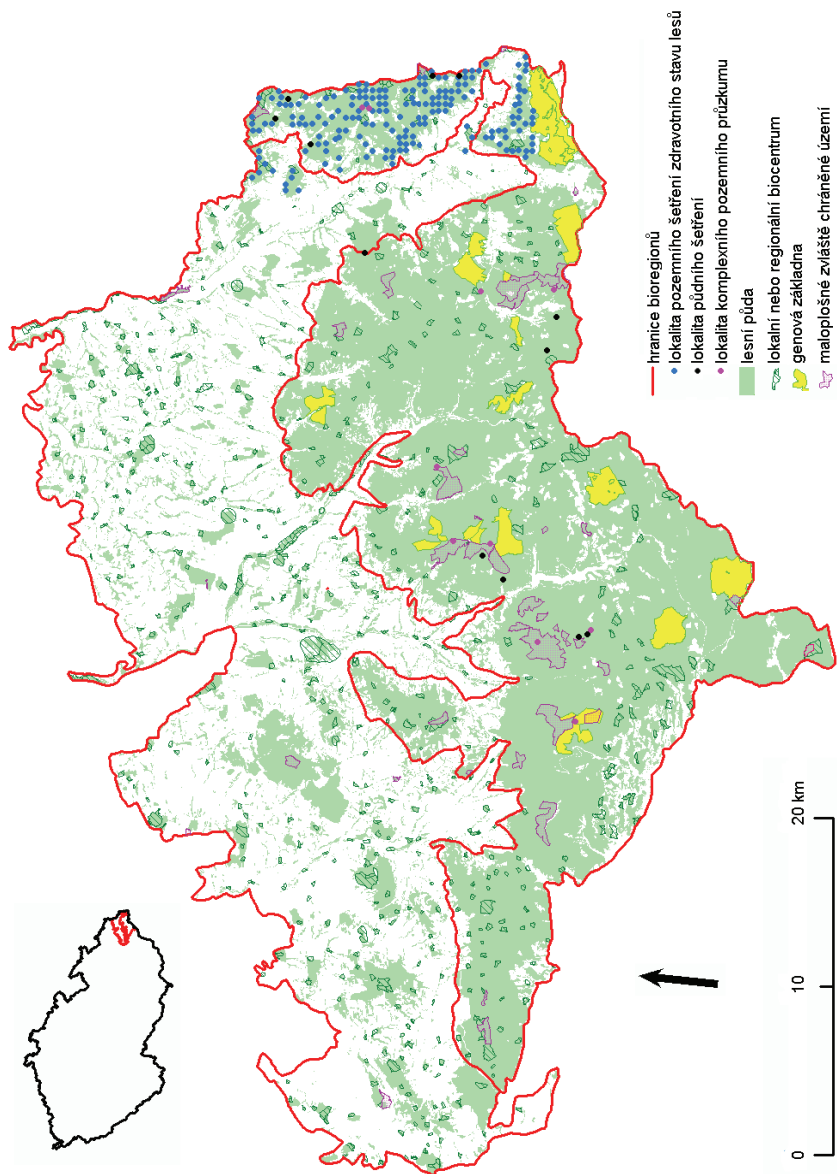
- BARSZCZ J. & MALEK S. 2008: Stability of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in the Beskid Śląski and Beskid Żywiecki Mts. from the aspect of their nutrition status. *Journal of Forest Science*, 54: 41–48.
- BINKLEY D. 1992: Effects of acid deposition on forest ecosystems. In: LIM S. K. (ed.): *The development of natural resources and environment preservation*. Korea University, Seoul, pp. 219–230.
- BINKLEY D. & GIARDINA C. 1998: Why do tree species affect soil? The Warp and Woof of tree/soil interactions. *Biogeochemistry*, 42: 89–106.
- BUČEK A. & KOPECKÁ V. 2004: Možná globální změna klimatu a vegetační stupně. In: POLEHLA P. (ed.): *Hodnocení stavu a vývoje lesních geobiocenóz. Geobiocenologické Spisy 9*, pp. 73–88.
- BUČEK A., LACINA J. & VLČKOVÁ V. 1997: Registr biogeografie [vrstva geodat pro GIS]. Geografický ústav ČSAV, TERPLAN – Státní ústav pro územní plánování, Brno – Praha.
- BUČEK A. & LACINA J. 1999: *Geobiocenologie II. Mendelova lesnická a zemědělská univerzita, Brno*, 249 pp.
- CUDLÍN P., KIELISZEWSKA-ROKICKA B., RUDAWSKA M., GREBENC T., ALBERTON O., LEHTO T., BAKKER M. R., BØRJA I., KONOPKA B., LESKI T., KRAIGHER H. & KUYPER T. W. 2007: Fine roots and ectomycorrhizas as indicators of environmental change. *Plant Biosystems*, 141: 406–425.
- CULEK M. (ed.) 1996: *Biogeografické členění České republiky*. Enigma, Praha, 347 pp.
- CULEK M. (ed.) 2005: *Biogeografické členění České republiky. II. díl. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR*, Praha, 589 pp.
- ČERMÁK P. & HOLUŠA O. 2012: Návrhy změn hospodaření ve Slezských Beskydech. *Lesnická Práce*, 81: 20–21.
- ČERMÁK P., RYBNÍČEK M., ŽID T., KOLÁŘ T., BOČKOVÁ H. & KOŇASOVÁ E. 2010: The effects of climatic factors on radial growth of Norway spruce (*Picea abies*) in the Silesian Beskids. *Beskydy*, 3: 9–18.
- DIELEMAN W. I. J., LUYSSAERT S., REY A., DE ANGELIS P., BARTON C. V. M., BROADMEADOW M. S. J., BROADMEADOW S. B., CHIGWEREWE K. S., CROOKSHANKS M., DUFRENE E., JARVIS P. G., KASURINEN A., KELLOMAKI S., LE DANTEC V., LIBERLOO M., MAREK M. V., MEDLYN B., POKORNÝ R., SCARASCIA-MUGNOZZA G., TEMPERTON V. M., TINGEY D., URBAN O., CEULEMANS R. & JANSSENS I. A. 2010: Soil [N] modulates soil C cycling in CO₂-fumigated tree stands: a meta-analysis. *Plant, Cell and Environment*, 133: 2001–2011.
- FELIKSIK E., WILCZYŃSKI S. & DURLO G. 2001: Variability of air temperatures of the temperate climatic belt of the Beskid Sądecki Mountains in the period 1971–2000 as exemplified by the climatological station in Kopciowa. *Electronical Journal of Polish Agricultural Universities*, 4 (Forestry): #02.

- HLÁSNÝ T., BARCZA Z., FABRIKA M., BALÁSZ B., CHURKINA G., PAJTÍK J., SEDMÁK R. & TURČÁNI M. 2011: Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. *Climate Research*, 47: 219–236.
- HLÁSNÝ T. & SITKOVÁ Z. (eds.) 2010: Spruce forests decline in the Beskids. National Forest Centre, Zvolen, 181 pp.
- HOLUŠA J. st., HOLUŠA O., TELECKÝ M., KAZICKÁ H., URBÁŠKOVÁ H. & URBÁŠEK J. 1999: Oblastní plán rozvoje lesů (OPRL), Přírodní lesní oblast 39 – Podbeskydská pahorkatina (platnost 1999–2018). Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Frýdek-Místek, 189 pp.
- HOLUŠA J. st., HOLUŠA O., TELECKÝ M., KAZICKÁ H., URBÁŠKOVÁ H. & URBÁŠEK J. 2000: Oblastní plán rozvoje lesů (OPRL), Přírodní lesní oblast 40 – Moravskoslezské Beskydy (platnost 2001–2020). Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Frýdek-Místek, 229 pp.
- HOLUŠA J. & LIŠKA J. 2002: Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). *Zprávy Lesnického Výzkumu*, 47: 9–15.
- HOLUŠA J., VOIGTOVÁ P., KULA E. & KRÍSTEK Š. 2006: Výskyt lýkožrouta severského (*Ips duplicatus* Sahlberg, 1836) (Coleoptera: Scolytidae) na LS Bruntál LČR, s. p., v roce 2004–2005. *Zpravodaj Ochrany Lesa*, 13: 1–46.
- HOLUŠA O. & HOLUŠA J. st. 2010: Characteristics of the 5th (*Abieti-fageta* s.lat.) and 6th (*Picei-fageta* s.lat.) vegetation tiers of the northeastern Moravia and Silesia (Czech Republic). *Acta Musei Beskidensis*, 2: 49–62.
- HOLUŠA O. & HOLUŠA J. st. 2011: Characteristics of 7th (*Fageti-piceeta* s.lat.), 8th (*Piceeta* s.lat.) and 9th (*Pineta mugo* s.lat.) vegetation tiers of northeastern Moravia and Silesia (Czech Republic). *Acta Musei Beskidensis*, 3: 1–15.
- JANKOVSKÝ L. 2001: Rizika aktivizace houbových patogenů a hmyzích škůdců lesních dřevin v souvislosti s předpokládanou klimatickou změnou. *Zprávy Lesnického Výzkumu*, 45: 18–26.
- JANKOVSKÝ L. & CUDLÍN P. 2002: Dopad klimatické změny na zdravotní stav smrkových porostů středohor. *Lesnická Práce*, 81: 106–109.
- KARNOSKY D. F., PREGITZER K. S., ZAK D. R., KUBISKE M. E., HENDREY G. R., WEINSTEIN D., NOSAL M. & PERCY K. E. 2005: Scaling ozone responses of forest trees to the ecosystem level in a changing climate. *Plant, Cell and Environment*, 28: 965–981.
- KONÓPKA J., KONÓPKA B. & NIKOLOV C. 2008: Rozbor náhodných ťažieb dreva na Slovensku podľa škodlivých činiteľov a lesných vegetačných stupňov. *Zprávy Lesnického Výzkumu*, 53: 308–317.
- KORPEL Š. 1989: *Pralesy Slovenska*. Veda, Bratislava, 328 pp.
- KOŠULIČ M. st. 2003: „Malé populácie“ melioračných a zpevňujících dřevin (MZD) I. *Lesnická Práce*, 82: 15–16.
- KULLA L., PETRÁŠ R., TUTKA J., ŠTEFANCÍK I., TUČEKOVÁ A., KAMENSKÝ M. & VAKULA J. 2009: Návrh vybraných zložiek modelov hospodárenia pre nepôvodné smrečiny a rekonštruované lesné porasty (ciele, základné rámce a zásady hospodárenia). In: ŠEBEN V. (ed.): *Rekonštrukcie nepôvodných lesných spoločenstiev ohrozených zmenou prírodných podmienok (najmä klímy) na ekologicky stabilnejšie ekosystémy*. Národné lesnícke centrum. Lesnícky výskumný ústav, Zvolen, pp. 1–27.
- LAŠTŮVKA Z. & KREJČOVÁ P. 2000: *Ekologie*. Konvoj, Brno, 185 pp.
- MENŠÍK L., FABIÁNEK T., TESAŘ V. & KULHAVÝ J. 2009: Humus conditions and stand characteristics of artificially established young stands in the process of the transformation of spruce monocultures. *Journal of Forest Science*, 55: 215–223.
- MÍCHAL I. 1994: *Ekologická stabilita*. Veronica, Brno, 275 pp.
- MODRZYŃSKI J. 2003: Defoliation of older Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in the Polish Sudety and Carpathian mountains. *Forest Ecology & Management*, 181: 289–299.
- MONDELAERS K., AERTSENS J. & VAN HUYLENBROECK G. 2009: A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British Food Journal*, 111: 1098–1119.
- NOVOTNÝ P., FRÝDL J. & ČÁP J. 2008: Metodické postupy pro navrhování, vyhlašování a management genových základů v lesním hospodářství České republiky. *Lesnický Průvodce*, 8/2008: 1–80.
- PITKO J. & PLIVA K. 1967: Hospodárske súbory lesných typov a ich využitie. *Lesnícky Časopis*, 13: 905–924.
- PURDON M., CIENCIALA E., METELKA V., BERANOVÁ J., HUNOVÁ I. & ČERNÝ M. 2004: Regional variation in forest health under long-term air pollution mitigated by lithological conditions. *Forest Ecology and Management*, 195: 355–371.
- REJŠEK K. 2004: Globální klimatická změna a lesní půdy České republiky: koncepční úvaha o očekávaných interakcích. *Soil and Water*, 3: 312–223.
- ROBERTS T. M., SKEFFINGTON R. A. & BLANK L. W. 1989: Causes of Type 1 Spruce Decline in Europe. *Forestry*, 62: 179–222.
- SAMEC P. & FORMÁNEK P. 2007: Mikrobiologie lesních půd. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 126 pp.
- SAMEC P., FRIEDL M., LIPOWSKI M. & ŽÁRNÍK M. 2008: Půdní průzkum základních porostních typů Jeseníků a Beskyd. In: SAMEC P. (ed.): *Metody zpracování dat v lesnickém monitoringu*. Folia Forestalia Bohemica (Proceedings), 2: 63–77.

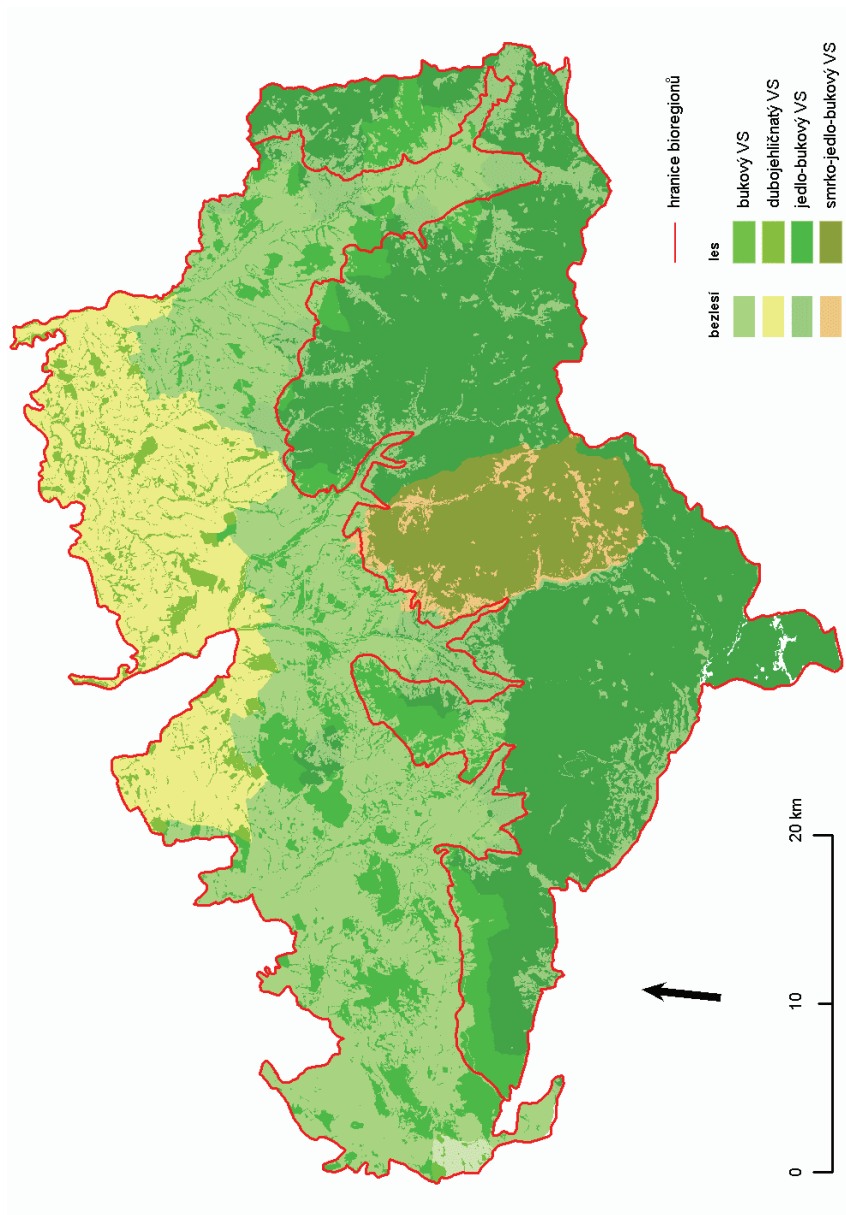
- SAMEC P., TUČEK P., BOJKO J., JANOŠKA Z., RYCHTECKÁ P., HÁJEK F., ZAPLETAL M., SIROTA I., MIKLOŠ L., MLČOUŠKOVÁ P., ZEMAN M., SMEJKAL J., MACH S. & PODRÁČKÁ O. 2012: Modelování růstových podmínek lesů v České republice. Univerzita Palackého, Olomouc, 310 pp.
- SAMEC P., TUREK K., RYCHTECKÁ P., VAVŘÍČEK D., MIFKOVIČOVÁ M., VICHER M. & KYNICKÝ J. 2011: The prospects for forests in the Western Carpathians. Forest ecology in global perspective. Univerzita Palackého, Olomouc, 124 pp.
- SAMEC P., VAVŘÍČEK D., SKOTÁK V., FORMÁNEK P. & KISZA L. 2007: Aktivita katalázy v lesních půdách Moravskoslezských Beskyd. Práce a Studie Muzea Beskyd (Přírodní Vědy), 19: 237–248.
- SAMEC P., VAVŘÍČEK D., BOJKO J. & ŽID T. 2010: Soil component vectors in the southwestern Silesian Beskids. Electronical Journal of Polish Agricultural Universities, 13 (Forestry): #14.
- SITKOVÁ Z. & KUNCA V. 2008: Mapovanie kritických záťaží acidity v lesných ekosystémoch Kysúc a Oravy. Zprávy Lesnického Výzkumu, 83: 147–160.
- STANOVSKÝ J. 2002: The influence of climatic factors on the health condition of forests in the Silesian Lowland. Journal of Forest Science, 48: 451–458.
- SUGIERO D., JASZCZAK R., RĄCZKA G., STRZELINSKI P., WĘGIEL A. & WIERZBICKA A. 2009: Species composition in low mountain beech (*Fagus sylvatica*) stands in the Bieszczady National Park under the global warming. Journal of Forest Science, 55: 244–250.
- ŠINDELÁŘ J. 1995: Orientační představa o původním druhovém složení lesů na území České republiky. Lesnictví-Forestry, 41: 293–299.
- ŠINDELÁŘ J., FRÝDL J. & NOVOTNÝ P. 2007: Příspěvek k problematice druhové skladby lesních porostů se zvláštním zřetelem k dřevinám melioračním a zpevňujícím. Zprávy Lesnického Výzkumu, 52: 160–165.
- TESAŘ V. (ed.) 1996: Pěstování lesa v heslech, Studijní příručka. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 95 pp.
- TUREK K., RYCHTECKÁ P., SAMEC P. & KŘÍSTEK Š. 2009: Průzkum zdravotního stavu lesů v Těšínských Beskydech (Závěrečná zpráva). [ms.]. Depon in: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem, 74 pp.
- VRŠKA T. & HORT L. 2003: Terminologie pro lesy v chráněných územích. Lesnická Práce, 82: 585–587.
- WAWRZONIAK J., MAŁACHOWSKA J., SOLON J., FAŁTYNOWICZ W., ZAJĄCZKOWSKI S., WYRZYKOWSKI S., WÓJCIK J., ADAMSKI L., KLUZIŃSKI L., SIROTA Z., LECH P., ZAŁĘSKI A. & KOLK A. 2000: Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 1999 roku na podstawie badań monitoringowych. Inspektorat Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 56 pp.
- WESTLING O., FAGERLI H., HELLSTEN S., KNULST J. C. & SIMPSON D. 2005: Comparison of modelled and monitored deposition fluxes of sulphur and nitrogen to ICP – forest sites in Europe. Biogeosciences Discussions, 2: 933–975.
- WOO S. W. 2009: Forest decline of the world: A linkage with air pollution and global warming. Africal Journal of Biotechnology, 8: 7409–7414.
- ZAPLETAL M. 2006: Atmospheric deposition of nitrogen and sulphur in relation to critical loads of nitrogen and acidity in the Czech Republic. Journal of Forest Science, 52: 92–100.

Obr. 1. Umístění vybraných průzkumných lokalit ve vztahu k funkčnímu rozčlenění lesů v Podbeskydském a Beskydském bioregionu na území České republiky (podklady IDC ÚHÚL a registr biogeografie)

Fig. 1. Location of selected investigated plots in relation to forest functional differentiation in the Podbeskydský and Beskydský biogeographical regions in the Czech Republic (source: FMI and biogeography register)

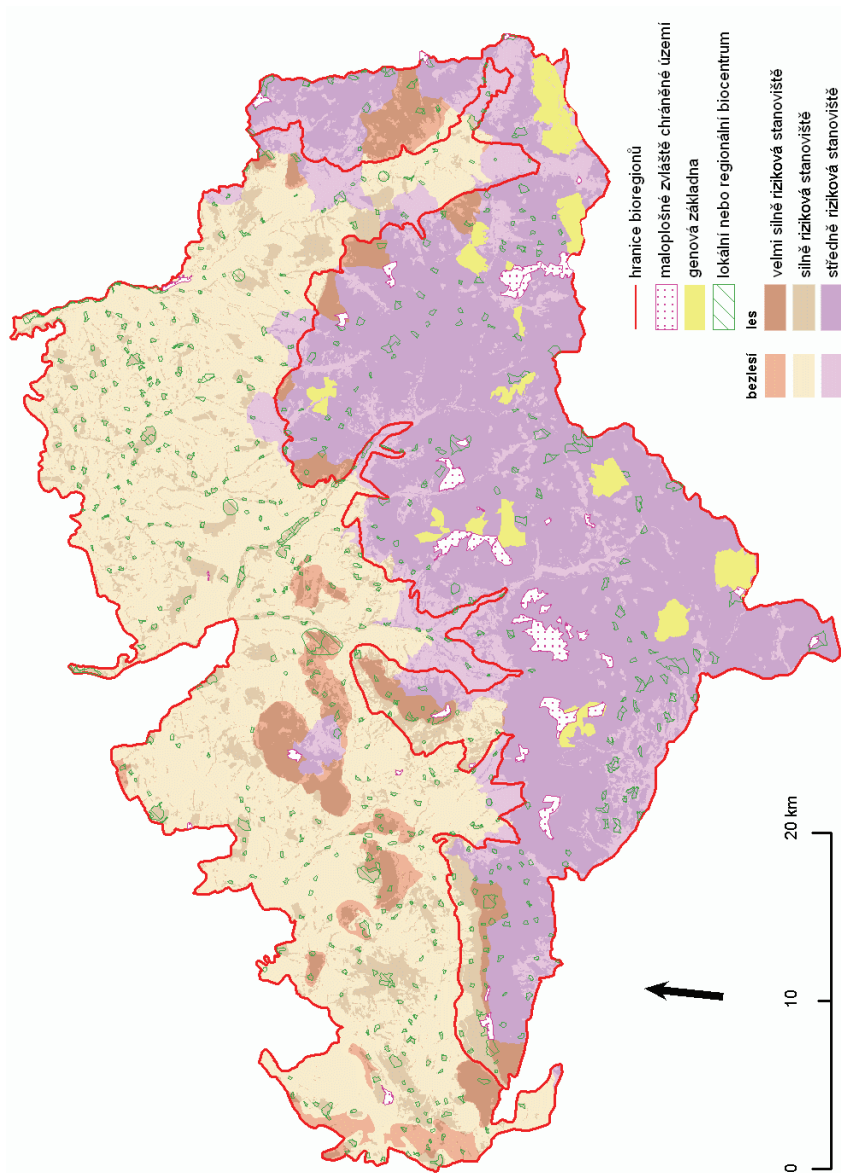


Obr. 2. Vegetační stupňovitost Podbeskydského a Beskydského bioregionu na území České republiky (upraveno podle BUČEK et al. 1997)
 Fig. 2. Vegetational tiers in the Podbeskydský and Beskydský biogeographical regions in the Czech Republic (according to BUČEK et al. 1997)

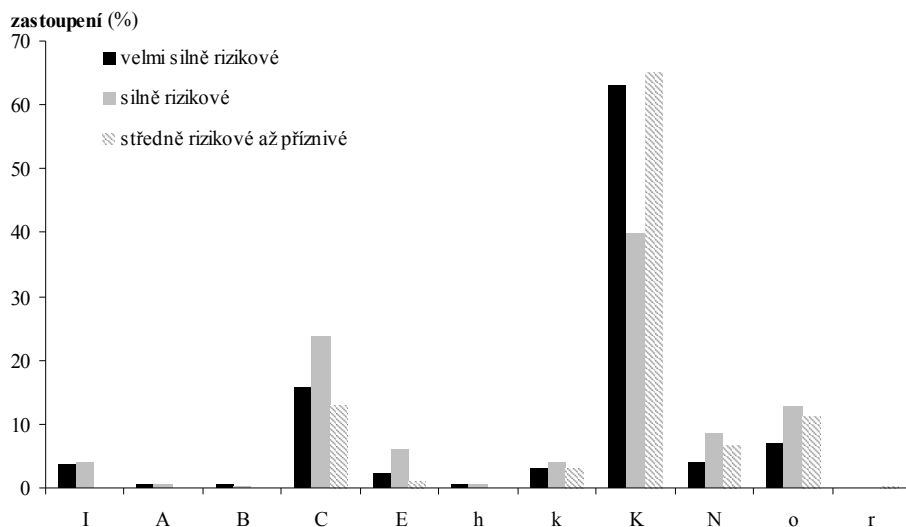


Obr. 3. Klasifikace rizikových růstových podmínek pro kulturní smrkové porosty ve vztahu k funkčnímu rozčlenění lesů v Podbeskydském a Beskydském bioregionu na území České republiky

Fig. 3. The classification of the spruce stand risk growth conditions in relation to forest functional differentiation in the Podbeskydský and Beskydský biogeographical regions in the Czech Republic

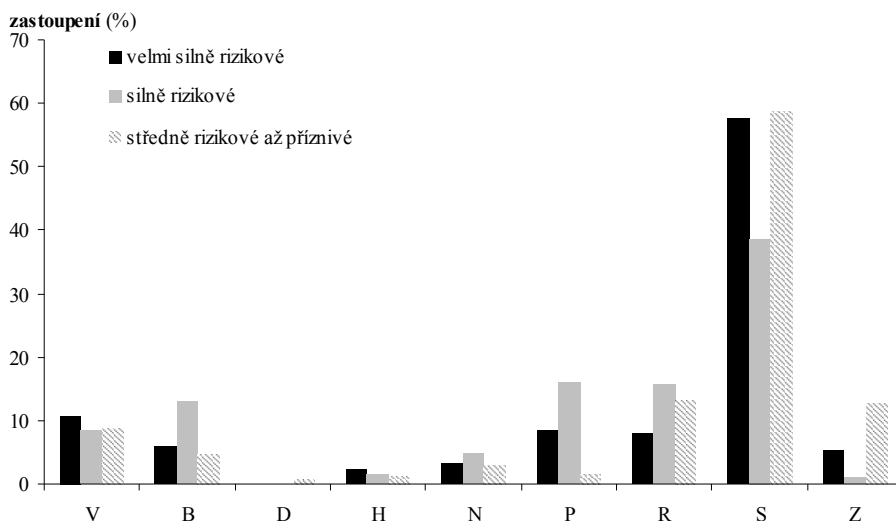


Obr. 4. Zastoupení půdních substrátů v zónách různých růstových podmínek pro smrkové porosty
Fig. 4. The representation of soil substrates in the zones of different growth conditions for spruce stands



Půdní substrát: I – bazické neovulkanity; A – vápence; B – slíny; C – slinité flyše; E – spraše; h – hlinité nívní sedimenty; k – kamenité nívní sedimenty; K – pískovcový flyš; N – zahliněné štěrkopísky; o – kyselé (oligotrofní) podmáčené sedimenty; r – kyselé podmáčené sedimenty s rašeliništi

Obr. 5. Zastoupení typů georeliéfu v zónách různých růstových podmínek pro smrkové porosty
Fig. 5. The composition of georeliefs in the zones of different growth conditions for spruce stands



Georeliéf: V – vrchoviny; B – rozřezané plošiny; D – deprese (sníženiny); H – hornatiny; N – užší nívy; P – pahorkatiny; R – plošiny (roviny); S – svahy; Z – hřbety