

POROVNÁNÍ RŮSTU DOUGLASKY TISOLISTÉ A SMRKU ZTEPILÉHO PODLE DAT LESNÍCH HOSPODÁŘSKÝCH PLÁNŮ A OSNOV

COMPARISON OF DOUGLAS-FIR AND NORWAY SPRUCE GROWTH ACCORDING TO DATA FROM FOREST MANAGEMENT PLANS AND OUTLINES

KAREL MATĚJKA¹⁾✉ - JAN MONDEK²⁾

¹⁾IDS, Na Komořsku 2175/2a, 143 00 Praha 4, Czech Republic

²⁾Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka České Budějovice, 373 71 Rudolfov, Czech Republic

✉ e-mail: matejka@infodatasys.cz

ORCID: [K. Matějka 0000-0002-1202-1947](https://orcid.org/0000-0002-1202-1947)

ABSTRACT

Forest management documents related to the whole Czech Republic contain detailed information about the state of forest stands and tree species. A subset of the data was prepared for stands of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*; 46,929 records) and Norway spruce (*Picea abies*; 37,761 records from stands where Douglas-fir was also present). Growth models for both species were constructed in the form of simplified Korf's function. The data set was divided into subsets according to forest vegetation (altitudinal) zones (FAZ) and groups of edaphic categories. On acidic habitats, both tree species reached maximum growth rate in the 5th FAZ. However, on habitats affected by water this occurred in the 4th FAZ. In the model example at the age of 140 years, Douglas-fir shows an average of 4% higher stand volumes in comparison to Norway spruce, while the felling volume as part of thinning, or left in the stand to decay, is about 32% higher in Douglas-fir.

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

Klíčová slova: lesní hospodářský plán; růstový model; introdukované dřeviny; Korfova růstová funkce

Key words: forest management plan; growth modelling; introduced tree species; Korf's growth function

ÚVOD

Introdukované druhy dřevin jsou v lesním hospodářství českých zemí využívány dlouhodobě, stejně jako v jiných zemích Evropy (AUGUSTO et al. 2002; WOHLGEMUTH et al. 2022). V našich podmínkách měly pomoci vyřešit řadu problémů. V případě některých dřevin bylo primárním cílem zalesnění extrémních stanovišť. Od 19. století tak byl využíván například trnovník akát (*Robinia pseudacacia*), dnes doložený jako invazivní neofyt (DANIHELKA et al. 2012; KUNEŠ et al. 2019; ÁBRI et al. 2021; ÁBRI, RÉDEI 2022), nebo borovice černá (*Pinus nigra*) (PODRÁZSKÝ et al. 2020a; AYAN et al. 2021). Některé introdukované druhy pak měly alespoň částečně nahradit druhy domácí, postižené kalamitním hynutím – duby (*Quercus rubra*, invazivní neofyt podle DANIHELKA et al. 2012) nebo jedle (*Abies grandis*) (FULÍN et al. 2017). Specificky českou záležitostí byly porosty náhradních dřevin s masivním uplatněním smrku pichlavého (*Picea pungens*) (PODRÁZSKÝ et al. 2005), který je uváděn jako pěstovaný druh (DANIHELKA et al. 2012).

Jiné druhy pak byly zaváděny vyloženě z produkčních důvodů, jako tomu bylo například u ořešáku černého (*Juglans nigra*), srv. HRIB et al. (2017) či NOROCEL et al. (2020), a pak především u douglasky. V současné době je pak aktuální i v souvislosti s evropskou dokumentací řešit vliv již zavedených introdukovaných dřevin na životní prostředí, s maximální opatrností přistupovat k zavádění nových a řešit druhy již dnes prokázané jako invazivní. Řada problémů je spojena s invazivním chováním akátu, ovlivňujícího silně stanoviště (KUNEŠ et al. 2019), tendence nekontrolovatelného šíření ve vhodných podmínkách dokládají autoři i u dalších dřevin, včetně douglasky (BINDEWALD et al. 2021). Předběžná opatrnost je jednoznačně na místě (WOHLGEMUTH et al. 2022).

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) je řazena mezi naturalizované neofyty (DANIHELKA et al. 2012). Kromě vysoké produkce kvalitního dřeva je s ní uvažováno jako s částečnou potenciální náhradou domácího smrku ztepilého v environmentálních pod-

mínkách nevhodných pro smrk (PODRÁZSKÝ et al. 2016). Vzhledem ke svému potenciálu přirozeného zmlazování v různých typech i polo-přirozených lesů vykazuje znaky invazivního druhu (FREI et al. 2022). Jiní autoři však jeho invazivnost zpochybňují (LANGE et al. 2022). Tento druh původem ze západu Spojených států je v Evropě pěstován dlouhodobě a existují snahy o jeho zavádění do lesů v Evropě (THOMAS et al. 2022) i v České republice stále intenzivněji (SLODIČÁK et al. 2014; NOVÁK et al. 2018; VIEWEGH 2020). V posledních letech těmto snahám nahrávají stále zřetelnější klimatické změny, které vedou k výraznému fyziologickému stresu u naší nejvýznamnější hospodářské dřeviny, již je smrk ztepilý, jenž je tak výrazně napadán lýkožroutem smrkovým. Existují tedy snahy o náhradu smrku jinými dřevinami. Douglaska byla proto i zařazena mezi takzvané meliorační a zpevňující dřeviny (KACÁLEK et al. 2017). Bylo dokumentováno, že z hlediska mechanické stability (pevnost dřeva, tvar kořenového systému) a vlivu na stav půd může potenciálně plnit stabilizační a meliorační funkci (ULBRICHOVÁ et al. 2014; NOVÁK et al. 2018).

Bylo poukázáno na následující problémy spojené s pěstováním tohoto druhu:

- *P. menziesii* zvyšuje aktivitu dusíku v ekosystému, čímž potencuje nepříznivý vliv zvýšené antropogenní depozice dusíku (PODRÁZSKÝ et al. 2020b).
- Druhovému složení vegetace pod porostem *P. menziesii* se mění ve srovnání s porosty původních dřevin, nová společenstva vykazují určité známky ruderalizace (např. PODRÁZSKÝ et al. 2014; MATĚJKA et al. 2015).
- *P. menziesii* se spontánně zmlazuje prakticky na všech stanovištích, někde dokonce masivně. V dalších generacích tak může vytlačovat původní druhy dřevin. Naplňuje tak minimálně některé znaky invazivních druhů.

Informace o pěstování tohoto druhu v ČR shrnuje MONDEK (2022), přičemž následující text vychází právě z této práce. Těž je možno upozornit na monografie, a sice SLODIČÁK et al. (2014) a NOVÁK et al. (2018), dále práce KUBEČEK et al. (2014) a MONDEK, BALÁŠ (2019). Další informace lze nalézt na stránce <https://www.infodatasy.cz/proj009/>.

Starší práce dokládají vysokou produkční schopnost douglasky (např. HOFMAN 1964; VINŠ, ŠIKA 1980; BERAN, ŠINDELÁŘ 1996; PAGAN 1999; KUBEČEK et al. 2014; MONDEK, BALÁŠ 2019; REMEŠ et al. 2020). Výrazné zvýšení produkce porostů zavedením douglasky do porostní směsi dokládají další studie (KANTOR et al. 2001a, 2001b), podle nichž ve věku 100 let lze očekávat objem jednoho stromu až 6 m³. Vysoká produkce kvalitního dřeva je tak základním důvodem pro zavádění douglasky do porostů. Dále se jedná o potřebu nahradit stanovištně nevhodný smrk ztepilý, jehož vývoj a pěstování jsou v důsledku oteplování a sucha v posledních desetiletích stále problematictější. Již v úvodu je potřeba upozornit i na problémy pěstování tohoto druhu z hlediska biodiversity a ochrany přírody (BÄRMANN et al. 2023).

Na základě porovnání výsledků letokruhových analýz smrku a douglasky na výzkumných plochách v jižních Čechách bylo prokázáno, že obě dřeviny reagují jinak na různé klimatické faktory (VEJPUSTKOVÁ, ČIHÁK 2019; MONDEK et al. 2021), lze tedy předpokládat, že mohou mít různou dynamiku růstu v různých podmínkách prostředí, přičemž takové porovnání dosud nebylo v rámci ČR k dispozici. Cílem tohoto článku je porovnat produkční charakteristiky obou druhů na základě dat dostupných v lesních hospodářských plánech (LHP) a osnovách (LHO), a to i při vědomí problematiky těchto dat. Otázkou je, jak může vypadat růstový model pro obě dřeviny, který by byl sestaven na základě dat LHP/O.

MATERIÁL A METODIKA

Zpracovávaná data

Pro analýzu produkčních charakteristik douglasky a s ní společně rostoucích dřevin na území České republiky byl pořízen výběr údajů z Datového skladu Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem (ÚHŮL), obsahující data z lesních hospodářských plánů a osnov k 31. 12. 2020. Data etáží ze všech porostních skupin z České republiky, v nichž se douglaska vyskytuje, byla získána ve formě tabulky, ve které byly veličiny etáž, plocha etáže, věk, zakmenění, lesní typ, druh dřeviny, zastoupení, plocha dřeviny, střední tloušťka dřeviny, střední výška dřeviny a zásoba dřeviny celkem. V dalším kroku byly zpracovávány ty řádky, které odpovídají *Pseudotsuga menziesii* nebo *Picea abies*.

Vyhodnocení dat

Pro statistické výpočty byl použit program Statistica, ver. 8 (StatSoft Inc.).

Pro analýzu produkčních charakteristik byly vytvořeny modely růstu ve formě nelineárních regresních modelů v závislosti na věku. Použita byla zjednodušená Korfova růstová funkce pro objem (V)

$$V = \exp\left(a + \frac{b}{vek^c}\right) \quad (1)$$

s konstantní hodnotou $c = 1,0$. Použití konstantní hodnoty exponentu c bylo odůvodněno nespolehlivostí jeho odhadu při vysokém rozptylu hodnocených dat, jak se ukázalo při jejich zpracování. Navíc lze dobře interpretovat a porovnávat parametry a a b modelu při stejné hodnotě c . Derivace této funkce při $c = 1,0$ odpovídá ročnímu objemovému přírůstu

$$V' = -V \times b \times vek^{-2} \quad (2)$$

Proto byla věnována pozornost porovnání koeficientů b .

Hektarová zásoba dřeviny (přepočítaná na plné zastoupení) pro statistické výpočty byla získána přepočtem veličiny „zásoba dřeviny celkem“ pomocí veličin „zastoupení“ a „plocha etáže“. Parametry a a b byly získány nelineárními odhady pomocí Gauss-Newtonovy metody s použitím sumy čtverců reziduí jako optimalizačního kritéria. Pro vyhodnocení spolehlivosti modelu byly uvedeny hodnoty koeficientu determinace (r^2), počet vstupních bodů (n) a směrodatná odchylka (σ) a proměnná RMSE (Root Mean Square Error) určující střední chybu modelu $y = f(x)$ dle vzorce

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f(x_i) - y_i)^2}{n - p}}$$

kde n je počet případů, p je počet stupňů volnosti (v tomto případě je $p = 2$).

Parametry modelu růstu byly hledány pro *Pseudotsuga menziesii* nebo *Picea abies*, což umožnilo porovnání produkce těchto dřevin podle stanovišť (použit typologický systém ÚHŮL, viz VIEWEGH et al. 2003), zvláště pak v závislosti na lesním vegetačním stupni (LVS; tab. 1). LVS 0 (borový) byl vynechán jednak z důvodu problematickosti jeho vymezení, jednak proto, že nemá vztah ke klimatickým podmínkám na stanovišti. Pro nízké zastoupení záznamů v 7. a 8. LVS nebyla příslušná data analyzována.

Dále bylo provedeno porovnání v závislosti na stanovišti podle edafické kategorie. Edafické kategorie byly sdruženy do skupin stanovišť podle extremity, zásobení půdy vodou a živinami (tab. 2). Skupiny 0 a 5 byly vyřazeny ze zpracování pro jejich nízké zastoupení v datech.

Původně vymezené skupiny 3 a 4 byly spojeny do jedné skupiny 3. V 1. a 6. LVS nebyla provedena samostatně analýza podle jednotlivých skupin edafických kategorií, protože v těchto stupních je zaznamenáno pouze méně porostních skupin.

Pro porovnání celkové objemové produkce (COP) ve 140 letech byla využita stejná regresní rovnice (1) pro modelování závislosti střední výšky (*h*) a střední tloušťky (DBH; *d*) na věku. Střední kmen (kmen s parametry střední výška [*h* v *m*] a střední tloušťka – DBH [*d* v *cm*] má objem V_{tree} , který byl počítán podle objemové rovnice pro příslušnou dřevinu.

Tab. 1.

Zpracovávaný počet záznamů (porostních skupin) a výskytem smrku (*Picea abies*; SM) a douglasky (*Pseudotsuga menziesii*; DG) podle lesních vegetačních stupňů (LVS)
 Number of processed records (stands) with growing Norway spruce (*Picea abies*; SM) and Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*; DG) according to the forest altitudinal zones (FAZ)

LVS FAZ	Počet záznamů pro/ Number of records for	
	DG	SM
0	659	475
1	765	316
2	4 561	2 701
3	16 231	12 707
4	12 839	11 009
5	9 483	8 510
6	2 285	2 123
7	103	97
8	3	2
Celkem/Total	46 929	37 761

Tab. 2.

Zpracovávaný počet záznamů (porostních skupin) s výskytem smrku (*Picea abies*; SM) a douglasky (*Pseudotsuga menziesii*; DG) podle skupin edafických kategorií a jejich vymezení
 Number of processed records (stands) with growing Norway spruce (*Picea abies*; SM) and Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*; DG) according to the groups of edaphic categories including their definition

Skupina/Group	Vymezení/Definition	Počet záznamů pro/ Number of records for	
		DG	SM
0	extrémní (extreme) – X, Z, Y	95	72
1	kyselé (acidophilous) – M, K, N, I, S	31 257	25 495
2	živné (nutrient rich) – F, C, B, W, H, D, A, J	9 141	6 870
3	ovlivněné vodou (influenced by water):		
	– vlhké (moist) – L, U, V (former group 3)	891	765
	– oglejené (gleyed) – O, P, Q (former group 4)	5 160	4 396
5	mokré (wet) – G, T, R	385	342
Celkem/Total		46 929	37 761

Pro DG byl použit vztah (2) podle Remeš et al. (2020), opravený, protože původní publikovaná rovnice obsahuje chybu, která byla identifikována při vlastních výpočtech:

$$V_{tree} = \pi \frac{(d/100)^2}{4} h \left[0,10798 + \frac{0,71858}{\log(10d)} + 0,04065 \frac{h}{d} - \frac{10^{5,947-2,174 \log(10d)} - \frac{5,228}{\log(10h)} - \frac{11,867}{\log(10d) \log(10h)}}{1000} \right] \tag{3}$$

Pro SM byla užitá rovnice (3) podle Petráš, Pajtík (1991):

$$V_{tree} = 0,00004013841 (d+1)^{1,821816} h^{1,132062} - 0,00928540767 (d+1)^{-1,02037409} h^{0,896100664} \tag{4}$$

Pomocí modelové střední tloušťky a výšky byl k příslušnému věku dopočítán objem kužele (4) a objem středního kmene pomocí objemových rovnic (3) a (4):

$$V_0 = (\pi(d/200)^2)h/3 \tag{5}$$

Objem kužele (4) je aproximací objemu středního kmene u menších jedinců, kdy je objemová rovnice (3) či (4) nepřesná, respektive nebyla pro tyto menší jedince validována. Pro další výpočty je použit objem kužele do věku, kdy objem dle příslušné objemové rovnice neposkytuje odpovídající hodnoty (většinou méně než 20 let). Podílem hektarové zásoby a objemu středního kmene (kužele) v příslušném věku byl získán hektarový počet jedinců. Výchozí hodnota hektarového počtu jedinců (teoretické maximum) pro danou dřevinu a stanoviště byla vždy převzata z vyhlášky č. 456/2021, tj. pro douglasku 2500 ks/ha a pro smrk ztepilý 3000 ks/ha. Součinem poklesu hektarového počtu jedinců mezi jednotlivými roky a objemu středního kmene byl odhadnut maximální objem probírek v jednotlivých letech. Takto modelovaná hodnota však může být nadhodnocena, protože v rámci probírek jsou většinou odstraňováni jedinci s nižším růstem nebo s poškozením. Součtem sumy objemu probírek s hektarovou zásobou (konečnou zásobou) k příslušnému věku byla získána celková objemová produkce.

Vypočtené regresní koeficienty pro zásobu porostu, střední výšku a střední tloušťku společně s dalšími statistickými charakteristikami byly shromážděny v souboru MS Excel, kde na jejich základě je počítán model vývoje zásob, velikosti středního stromu a COP. Soubor je dostupný na adrese www.infodatasy.cz/proj009/modelrustu.xlsx.

VÝSLEDKY A DISKUSE

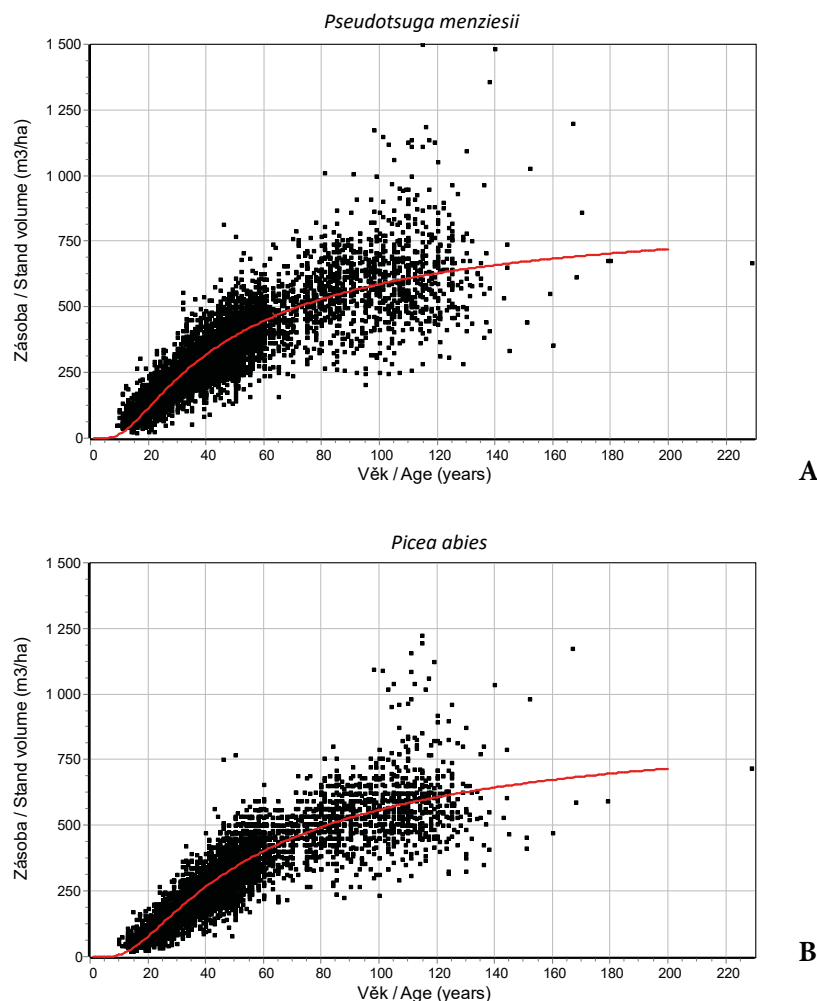
Data obsahují celkem 46 929 záznamů o douglascce rostoucí v porostních skupinách celkem na 78 998 ha při průměrném věku 41,1 let, maximální stáří bylo 229 let, maximální DBH 80 cm, maximální výška 36 m. Obdobné údaje pro smrk činily 37 761 záznamů ze 72 404 ha porostní půdy, průměrný věk 40,8 roků, maximálně 229 roků, maximální DBH 75 cm, maximální výška 42 m. Tyto dendrometrické veličiny jsou pro obě dřeviny tedy srovnatelné.

Realizace všech modelů včetně jejich vypočtených parametrů je zřejmá v dokumentu MS Excel (v elektronickém souboru na adrese www.infodatasys.cz/proj009/modelrustu.xlsx jsou dostupné kompletní výsledky, které jsou zde shrnuty v příloze 1). Příklady dat a vypočteného růstového modelu pro obě dřeviny v 5. LVS je uveden na obr. 1. Patrná je vyšší rychlost růstu přibližně do 100 let věku u douglasky, přičemž konečné zásoby jsou obdobné, přestože u douglasky se vyskytuje více porostů s velmi vysokými zásobami. Všechny vypočtené regresní modely poskytují statisticky vysoce signifikantní výsledky (při $p < 0,1\%$). Parametr b vypočtených modelů je porovnán na obr. 2, 3 a 4. Patrné je, že obě dřeviny vykazují obdobné charakteristiky růstu v závislosti na nadmořské výšce (LVS) a charakteru stanoviště. Minimální rychlosti je dosahováno v 1. LVS (DG: $b = -23,77$; SM: $b = -29,08$), snížená

je i v 2. LVS, tedy v místech, kde by pěstování obou druhů mělo být vyloučeno pro jejich nevhodnost. Maximální rychlost růstu, tedy minimální hodnota parametru b , je dosahována u obou dřevin v 5. LVS na kyselých stanovištích (DG: $b = -41,75$; SM: $b = -50,75$), na stanovištích ovlivněných vodou je to však již v 4. LVS. Střední výška a střední tloušťka se chovají obdobně jako celková zásoba, avšak s několika odchylkami, které jsou patrné zvláště pro střední tloušťku smrku; na vodou ovlivněných stanovištích nejrychleji roste smrk již ve 3. LVS, na živných stanovištích se koeficient b mírně zvyšuje (tedy růst smrku mírně klesá) od 2. do 5. LVS (obr. 4).

Trochu intuitivnější pohled může přinést porovnání celkových zásob v jednotném porovnávaném věku 140 let, které jsou pro douglasku průměrně 599 m³/ha (tab. 3) a pro smrk 575 m³/ha (tab. 4). Douglaska vykazuje tedy průměrně o 4 % vyšší zásoby, přičemž však objem hmoty vytěžené v rámci prořezávek a probírek, případně ponechané v porostu k zetlení je u douglasky vyšší o cca 32 %. Poměr zásoby douglasky a smrku se mění s nadmořskou výškou, přičemž ve 3. LVS je zásoba douglasky o 7,5 % vyšší, v 6. LVS je její zásoba vyšší pouze o 1,5 %.

Pro porovnání s klasickými růstovými tabulkami (HALAJ et al. 1987) byla vybrána varianta 5. LVS a skupin edafických kategorií 1 (kyselé) ve srovnání se smrkem horských poloh, zásobová úroveň 2, bonita 30 (tab. 5). Nutno poznamenat, že HALAJ et al. (1987) uvádí objem bez kůry,



Obr. 1.

Data hektarové zásoby v porostech (A) douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) a (B) smrku ztepilého (*Picea abies*) v závislosti na věku v 5. lesním vegetačním stupni; červená linie zobrazuje vypočtený růstový model Douglas-fir (A) and (B) Norway spruce stand volume related to stand age in 5th FAZ; red line is calculated growth model

Tab. 3.

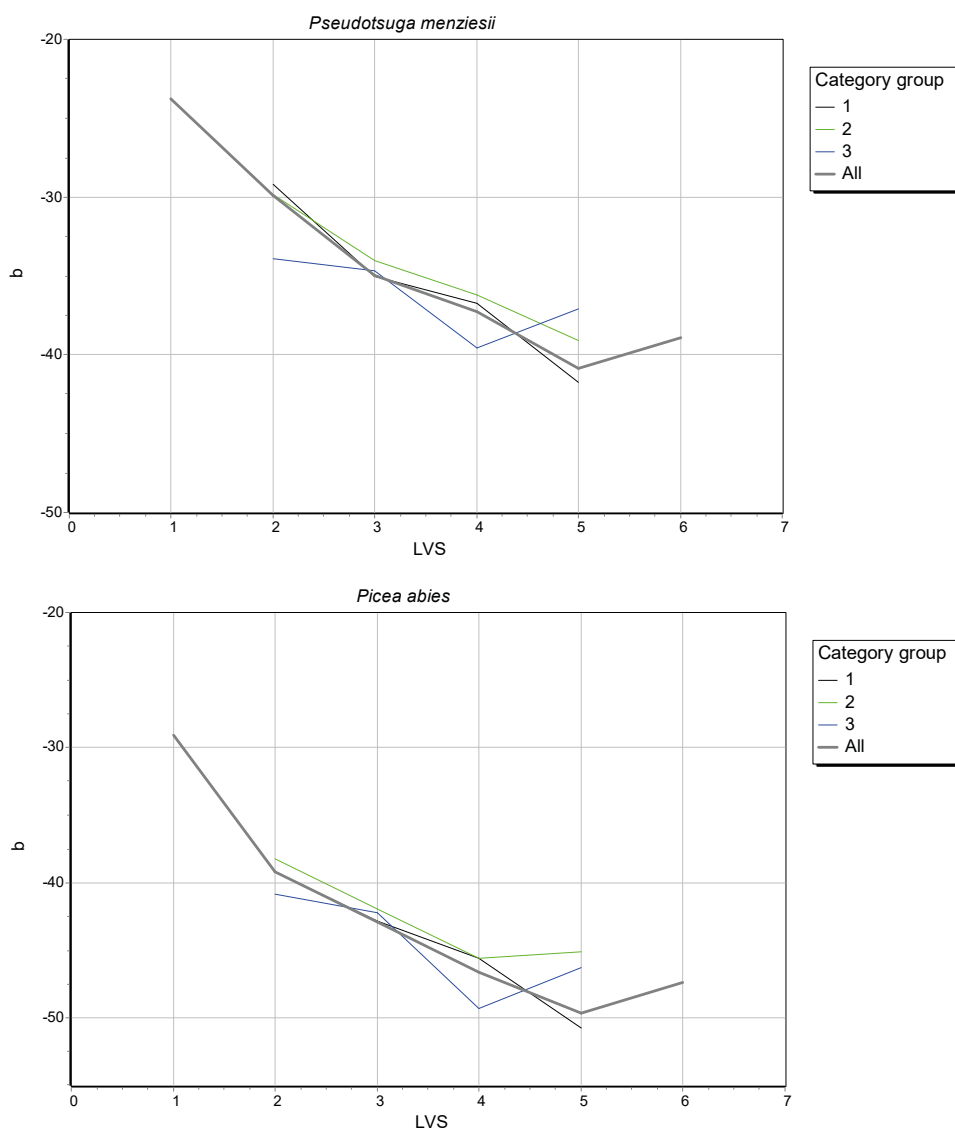
Produkce porostů douglasky (*Pseudotsuga menziesii*) ve 140 letech; V – zásoba, C – celkové výchovné těžby [m³/ha]
Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) stand production at 140 years; V – stand volume, C – sum of management felling volume

LVS/ FAZ	Skupina edafických kategorií/Group of edaphic categories							
	1		2		3		vše/all	
	V	C	V	C	V	C	V	C
1							436	573
2	501	609	520	673	559	732	512	643
3	585	705	604	798	579	774	591	739
4	627	758	622	772	618	735	625	762
5	663	759	670	828	621	781	659	776
6							628	736
Vše/All	601	718	594	762	600	748	599	736

Tab. 4.

Produkce porostů smrku (*Picea abies*) ve 140 letech; V – zásoba, C – celkové výchovné těžby [m³/ha]
Norway spruce (*Picea abies*) stand production at 140 years; V – stand volume, C – sum of management felling volume

LVS/ FAZ	Skupina edafických kategorií/Group of edaphic categories							
	1		2		3		vše/all	
	V	C	V	C	V	C	V	C
1							406	462
2	476	488	488	543	511	504	484	510
3	542	519	567	597	542	584	550	547
4	597	564	610	595	592	546	601	572
5	646	580	655	651	612	602	644	596
6							619	574
Vše/All	575	542	574	590	576	560	575	558



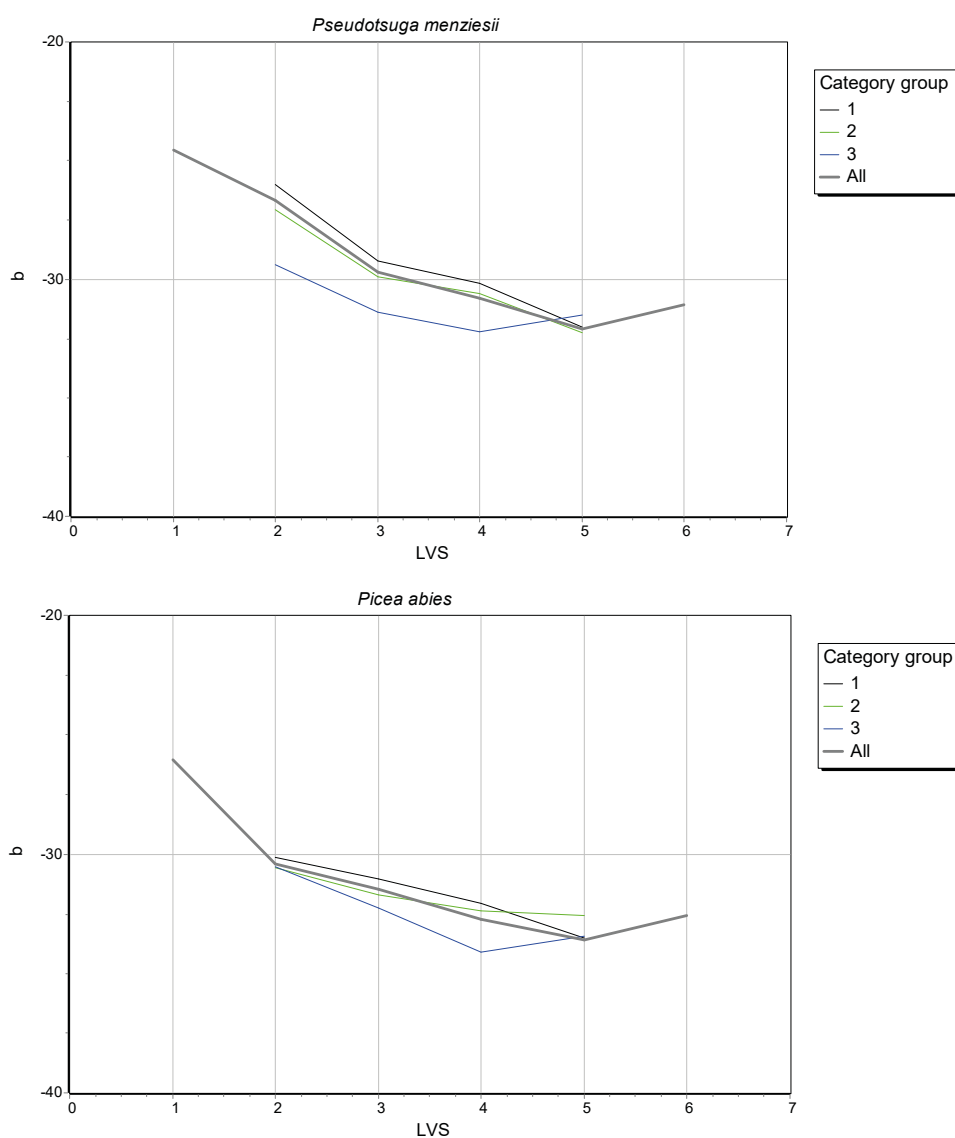
Obr. 2.

Regresní koeficient *b* Korfovy funkce pro zásobu porostu (V) douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) a smrku ztepilého (*Picea abies*) v závislosti na LVS a skupiny stanovišť (1 – kyselý; 2 – živný; 3 – ovlivněné vodou)
Regression coefficient *b* of the Korf's function for stand volume (V) for Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and Norway spruce (*Picea abies*) in relation to forest altitudinal zone (LVS) and category group (1 – acidic; 2 – nutrient rich; 3 – influenced by water)

Tab. 5.

Srovnání produkčních charakteristik smrkových porostů podle prezentovaného modelu (5. LVS, skupina edafických kategorií 1; model SM) s růstovými tabulkami (horské polohy, zásobová úroveň 2, bonita 30; uvedeno srovnání s modelem pro douglasku tisolistou (model DG) Production comparison of the Norway spruce stands according to the presented model (5th FAZ, group of edaphic categories 1; model SM) and growth tables (mountain localities, growing stock level 2, yield class 30; values are compared with the model for Douglas-fir (model DG)

Věk/Age	Parametr/Parameter	model SM	HALAJ et al. (1987)	model DG
100 let	h [m]	29,4	30,2	32,5
140 let	h [m]	32,3	35,3	35,7
	DBH [cm]	38,2	46,6	52,2
	počet stromů/tree count (n)	394	361	284
	zásoba/volume (V [m ³ /ha])	646	860	663
	suma těžeb = podružný porost/felled volume (C [m ³ /ha])	580	472	759
	COP = V+C [m ³ /ha]	1 226	1 322	1 422



Obr. 3.

Regresní koeficient b Korfovy funkce pro střední výšku (h) douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) a smrku ztepilého (*Picea abies*) v závislosti na LVS a skupiny stanovišť (1 – kyselá; 2 – živná; 3 – ovlivněná vodou)

Fig. 3.

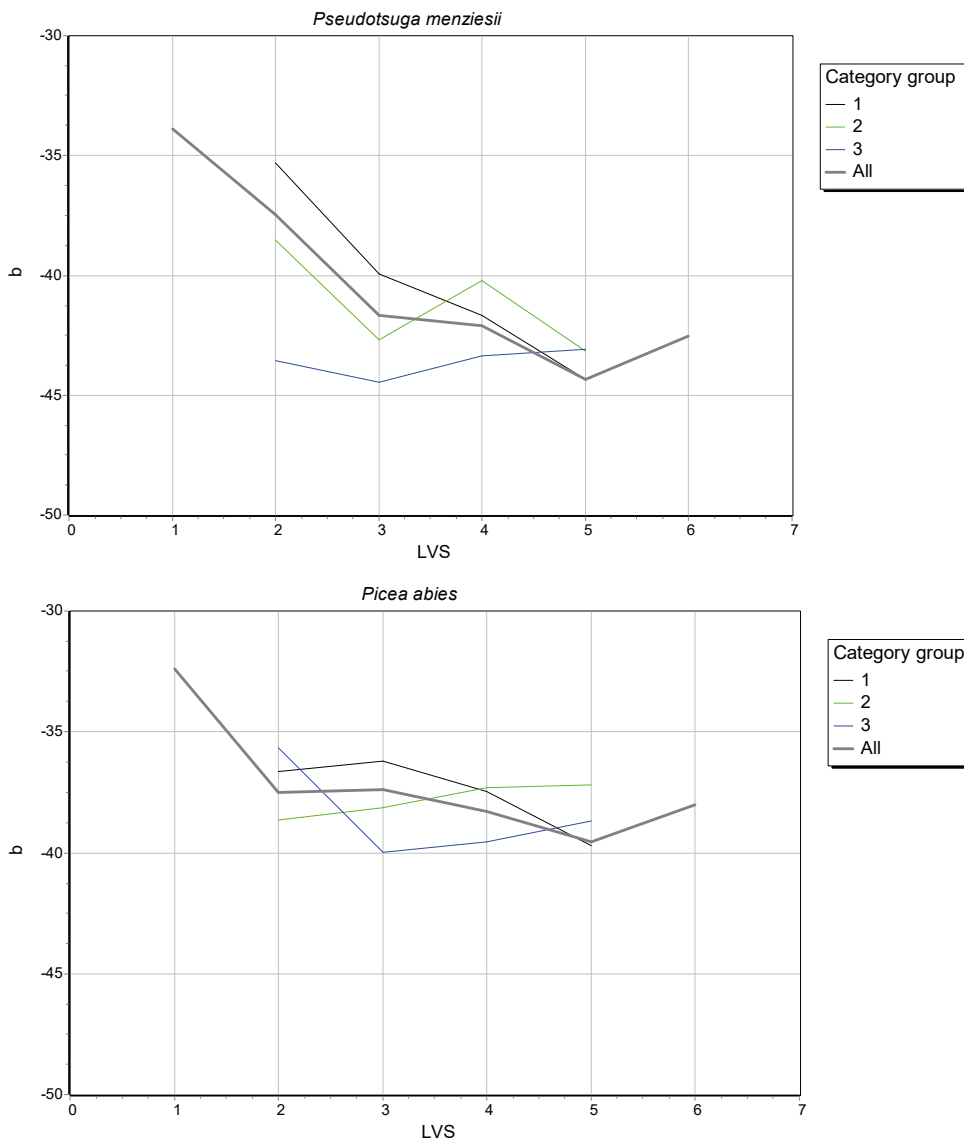
Regression coefficient b of the Korf's function for mean tree height (h) for Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and Norway spruce (*Picea abies*) in relation to forest altitudinal zone (LVS) and category group (1 – acidic; 2 – nutrient rich; 3 – influenced by water)

kdežto náš model počítá objem celkový. Celkově však náš model počítá nižší zásobu a vyšší sumu výchovných těžeb. To může mít příčinu v zastoupení porostů s neúplným zakmeněním v databázi LHP/O. Obecně se v současnosti doporučuje provádět intenzivnější výchovné zásahy, které vedou ke zvýšení stability porostů. Poslední sloupec tabulky 5 uvádí porovnání výsledků modelu pro douglasku, kde je vidět její vyšší produkční potenciál, zvláště pak při započtení podružného porostu.

Pěstování douglasky v Evropě z hlediska lesnického aktuálně shrnují NICOLESCU et al. (2023), kteří vyzdvihují vysokou produktivitu tohoto druhu. Je otázkou, jestli vysoké zásoby zjišťované v některých studiích jsou výsledkem selekce stanovišť extrémně výhodných pro tento druh nebo aplikací pěstebních postupů výrazně podporujících produkci této dřeviny, která v takových studiích bývá vyšší, než odpovídá zásobám podle výše uvedeného modelu.

Zde prezentovaný model je založen na průměrném stavu porostů na území ČR a současně je ovlivněn způsobem sberu dat pro tvorbu lesních hospodářských plánů, které nemusí plně odpovídat situaci, a to zvláště pro takovou dřevinu, jakou je douglaska, která v podmínkách ČR nemá ani zpracované taxační a růstové tabulky. To je pravděpodobně hlavním důvodem, proč zde vypočtený rozdíl v zásobách douglasky a smrku nedosahuje takové výše, jako tomu může být při porovnání vybraných výzkumných ploch, které navíc bývají lokalizovány tak, aby odpovídaly optimálním podmínkám pro douglasku (viz KANTOR et al. 2001a, 2001b; KOUDELA 2013; MONDEK 2022). Objem a produkce počítané výše uvedenými modely by tedy bylo vhodné verifikovat na základě taxačních měření na řadě ploch, čímž by bylo možné takové modely dále zpřesňovat. Příklad takové datové sady uvádí publikace MONDEK (2022).

Byla použita data z porostů s různým zastoupením smrku a douglasky, přičemž ani typ smíšené není v datech LHP/O zahrnut, což



Obr. 4.

Regresní koeficient b Korfovy funkce pro střední tloušťku (d) douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) a smrku ztepilého (*Picea abies*) v závislosti na LVS a skupiny stanovišť (1 – kyselé; 2 – živné; 3 – ovlivněné vodou)

Regression coefficient b of the Korf's function for mean tree diameter (d) for Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and Norway spruce (*Picea abies*) in relation to forest altitudinal zone (LVS) and category group (1 – acidic; 2 – nutrient rich; 3 – influenced by water)

může mít vliv na celkovou výši produkce, protože efekt smíšení je dokládán v literatuře u různých dřevin (PRETZSCH 2005). Zároveň je třeba zmínit, že se nejednalo jen o směsi těchto dvou dřevin, ale v některých případech byly přítomny i další druhy dřevin, což může potenciálně ovlivnit růstový potenciál sledovaných druhů. Bylo by tedy jistě zajímavé pokusit se na tuto otázku zaměřit v budoucích analýzách, kde by se vzal v úvahu faktor zastoupení dřevin, případně typ jejich smíšení.

ZÁVĚR

Na základě zpracování dat LHP/O z ČR byly vytvořeny růstové modely pro douglasku tisolistou a smrk ztepilý pěstované na stejných stanovištích. Ukazuje se, že douglaska oproti smrku ve stáří 140 let má průměrně o 4,2 % vyšší zásobu, ale výrazně vyšší je objem hmoty vytěžené během prořezávek a probírek, a to o 32 %. Obě dřeviny mají nejvyšší produkční potenciál v 5. lesním vegetačním stupni, tam pak speciálně ve skupině živých stanovišť, přičemž však nejvyšší rychlost objemového růstu (nejnižší hodnoty koeficientu *b*) jsou zaznamenávány na stanovištích kyselých. Vzhledem k rozdílnému chování dřevin podle skupin stanovišť v různých vegetačních stupních nelze říci, že produkce těchto dřevin byla obecně vyšší na některých stanovištích (bez ohledu na vegetační stupeň), jak bylo doloženo například rozdíly na obr. 2, 3 a 4 a v tabulkách 3 a 4.

Růstový model pro douglasku tisolistou lze použít místo chybějících růstových tabulek pro tuto dřevinu.

Produkční potenciál douglasky tisolisté je v lesích ČR sice vysoký, ale dřevina může nevhodně ovlivňovat společenstva (rostlin a zřejmě i jiných organismů), má vysoký potenciál samovolného zmlazení (tedy i potenciál dalšího spontánního šíření v rámci daného ekosystému i mimo něj) a ovlivňuje dynamiku živin, zvláště dusíku. Proto je potřeba zvláštní opatrnosti při jejím zavádění do porostů. Náhrada stanovištně nevhodného smrku ztepilého by proto měla být primárně prováděna geograficky a stanovištně původními druhy dřevin.

LITERATURA

- ÁBRI T., KESERU Z., RASO J., REDEI K. 2021. Stand structure and growth of *Robinia pseudoacacia* 'Jaszskiseri' – 'Jaszskiseri' black locust. *Journal of Forest Science*, 67: 489–497. DOI: 10.17221/57/2021-JFS
- ÁBRI T., RÉDEI K. 2022. Analyses of periodic annual increment by diameter and volume in differently aged black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) stands: Case study. *Journal of Forest Science*, 68: 213–219. DOI:10.17221/25/2022-JFS
- AUGUSTO L., RANGER J., BINKLEY D., ROTHE A. 2002. Impact of several common tree species 252 of European temperate forests on soil fertility. *Annales of Forest Science*, 59: 233–253.
- AYAN S., YÜCEDAĞ C., SIMOVSKI B. 2021. A major tool for afforestation of semi-arid and anthropogenic steppe areas in Turkey: *Pinus nigra* JF Arnold subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe. *Journal of Forest Science*, 67: 449–463. DOI: 10.17221/74/2021-JFS
- BÄRMANN L., KAUFMANN S., WEIMANN S., HAUCK M. 2023. Future forests and biodiversity: Effects of Douglas fir introduction into temperate beech forests on plant diversity. *Forest Ecology and Management*, 545: 121286. DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121286
- BERAN F., ŠINDELÁŘ J. 1996. Perspektivy vybraných cizokrajných dřevin v lesním hospodářství České republiky. *Lesnictví – Forestry*, 42: 337–355.
- BINDEWALD A., MIOCIC S., WEDLER A., BAUHUS J. 2021. Forest inventory-based assessments of the invasion risk of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco and *Quercus rubra* L. in Germany. *European Journal of Forest Research*, 140: 883–899. DOI: 10.1007/s10342-021-01373-0
- DANIHELKA J., CHRTEK J. JR., KAPLAN Z. 2012. Checklist of vascular plants of the Czech Republic. *Preslia*, 84: 647–811.
- FREI E.R., MOSER B., WOHLGEMUTH T. 2022. Competitive ability of natural Douglas fir regeneration in central European close-to-nature forests. *Forest Ecology and Management*, 503: 119767. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119767
- FULÍN M., NOVOTNÝ P., PODRÁZSKÝ V., BERAN F., DOSTÁL J., JEHLIČKA J. 2017. Evaluation of the provenance plot "Hrubá Skála" (Northern Bohemia) with grand fir at the age of 36 years. *Journal of Forest Science*, 63: 75–87. DOI: 10.17221/79/2016-JFS
- HALAJ J., GRÉK J., PÁNEK F., PETRÁŠ R., ŘEHÁK J. 1987. Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR. Bratislava, *Príroda*: 361 s.
- HOFMAN J. 1964. Pěstování douglasky. Praha, SZN: 253 s.
- HRIB M., PODRÁZSKÝ V., MATĚJKA K., VIEWEGH J. 2017. Effect of black walnut (*Juglans nigra*) on the understorey vegetation – A case study of South Moravian forests (Czech Republic). *Journal of Forest Science*, 63: 136–148. DOI: 10.17221/68/2016-JFS
- KACÁLEK D., MAUER O., PODRÁZSKÝ V., SLODIČÁK M. et al. 2017. Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin [Soil improving and stabilising functions of forest trees]. *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*: 300 s.
- KANTOR P., KNOTT R., MARTINÍK A. 2001a. Production capacity of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in a mixed stand. *Ekológia (Bratislava)*, 20 (Supplement 1): 5–14.
- KANTOR P., KNOTT R., MARTINÍK A. 2001b. Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands. III. A single tree mixed stand with Douglas fir on a eutrophic site of the Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 47: 45–59.
- KOUDELA J. 2013. Pěstební a ekonomický potenciál douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirbel/Franco.) ve vybraných oblastech ČR. Diplomová práce. Praha, ČZU: 67 s.
- KUBEČEK J., ŠTEFANČÍK I., PODRÁZSKÝ V., LONGAUER R. 2014. Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb./ Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 60: 120–129.
- KUNEŠ I., BALÁŠ M., GALLO J., ŠULITKA M., SURAWEEA C. 2019. Trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) a jeho role ve střeoevropském a českém prostoru: review. [Black locust (*Robinia pseudoacacia*) and its role in Central Europe and Czech Republic: review]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 64: 181–190.
- LANGE F., AMMER C., LEITINGER G., SELIGER A., ZERBE S. 2022. Is Douglas fir [*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco] invasive in Central Europe? A case study from South-West Germany. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5: 844580. DOI: 10.3389/ffgc.2022.844580
- MATĚJKA K., PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J., MARTINÍK A. 2015. Srovnání bylinné etáže v porostech douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) a v porostech jiných dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60: 201–210.
- MONDEK J. 2022. Potenciál pěstování douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) na území jižních Čech. [Dizertační

- práce]. Praha, ČZU v Praze: 135 s. Dostupné na/Available on: https://www.infodatasys.cz/proj009/Mondek_2022.pdf
- MONDEK J., BALÁŠ M. 2019. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb./ Franco) and its role in the Czech forests. *Journal of Forest Science*, 65: 41–50. DOI: 10.17221/9/2019-JFS
- MONDEK J., MATĚJKA K., GALLO J., PROKŮPKOVÁ A., HÁJEK V. 2021. *Picea abies* and *Pseudotsuga menziesii* radial growth in relation to climate: case study from South Bohemia. *Austrian Journal of Forest Science*, 138: 209–244.
- NICOLESU V.-N., MASON W.L., BASTIEN J.-C., VOR T., PETKOVA K., PODRÁZSKÝ V., ĐODAN M., PERIĆ S., LA PORTA N., BRUS R., ANDRAŠEV S., SLÁVIK M., MODRANSKÝ J., PÁSTOR M., RÉDEI K., CVJETKOVIC B., SIVACIOGLU A., LAVNY V., BUZATU-GOANTĂ C., MIHĂILESCU G. 2023. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Europe: an overview of management practices. *Journal of Forestry Research*, 34: 871–888. DOI: 10.1007/s11676-023-01607-4
- NOROCEL V.-N., RÉDEI K., VOR T., BASTIEN J.-C., BRUS R., BENČAĚ T., DODAN M., CVJETKOVIC B., ANDRAŠEV S., LA PORTA N., LAVNY V., PETKOVA K., PERIĆ S., BARTLETT D., HERNEA C., PÁSTOR M., MATARUGA M., PODRÁZSKÝ V., SFECIA V., ŠTEFANČÍK I. 2020. A review of black walnut (*Juglans nigra* L.) ecology and management in Europe. *Trees*, 34: 1087–1112. DOI: 10.1007/s00468-020-01988-7
- NOVÁK J., KACÁLEK D., PODRÁZSKÝ V., ŠIMERDA L. et al. 2018. Uplatnění douglasky tisolisté v lesním hospodářství ČR. [Applying Douglas-fir in forest management of the Czech Republic]. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 216 s.
- PAGAN J. 1999. Lesnícka dendrológia. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 378 s.
- PETRÁŠ R., PAJTÍK J. 1991. Systava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, 37: 49–56.
- PODRÁZSKÝ V., ULBRICHOVÁ I., MOSER W.K. 2005. Využití břízy a smrku pichlavého při obnově porostů na plochách s nenarušenou vrstvou nadložního humusu. [Use of white birch and blue spruce at the forest restoration on plots with intact soil surface]. *Zprávy lesnického výzkumu*, 50: 75–77.
- PODRÁZSKÝ V., MARTINÍK A., MATĚJKA K., VIEWEGH J. 2014. Effects of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) on understorey layer species diversity in managed forests. *Journal of Forest Science*, 60: 263–271.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., SLOUP R., PULKRAB K., NOVOTNÝ S. 2016. Douglas-fir – partial substitution for declining conifer timber supply – review of Czech data. *Wood Research*, 61: 525–530.
- PODRÁZSKÝ V., VACEK Z., VACEK S., VÍTÁMVÁS J., GALLO J., PROKŮPKOVÁ A., D'ANDREA G. 2020a. Production potential and structural variability of pine stands in the Czech Republic: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) vs. introduced pines – case study and problem review. *Journal of Forest Science*, 66: 197–207. DOI: 10.17221/42/2020-JFS
- PODRÁZSKÝ V., KŮPKA I., PRKNOVÁ H. 2020b. Substitution of Norway spruce for Douglas-fir: changes of soil microbial activities as climate change induced shift in species composition, a case study. *Central European Forestry Journal*, 66: 71–77.
- PRETZSCH H. 2005. Diversity and productivity in forests: Evidence from long-term experimental plots. In: Scherer-Lorenzen M. et al. (eds.): *Forest diversity and function: Temperate and boreal systems*. Ecological Studies, Vol 176. Berlin, Springer: 41–64.
- REMEŠ J., PULKRAB K., BÍLEK L., PODRÁZSKÝ V. 2020. Economic and production effect of tree species change as a result of adaptation to climate change. *Forests*, 11 (4): 431. DOI: 10.3390/f11040431
- SLODIČÁK M., NOVÁK J., MAUER O., PODRÁZSKÝ V. et al. 2014. Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR. [Silvicultural approaches for introduction of Douglas-fir into the forest mixed stands in conditions of the Czech Republic]. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 272 s.
- THOMAS F.M., RZEPECKI A., WERNER W. 2022. Non-native Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) in Central Europe: Ecology, performance and nature conservation. *Forest Ecology and Management*, 506: 119956. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119956
- ULBRICHOVÁ I., KŮPKA I., PODRÁZSKÝ V., KUBEČEK J., FULÍN M. 2014. Douglaska jako meliorační a zpevňující dřevina. *Zprávy lesnického výzkumu*, 59: 72–78.
- VEJPUŠTKOVÁ M., ČIHÁK T. 2019. Climate response of Douglas fir reveals recently increased sensitivity to drought stress in Central Europe. *Forests*, 10: 97. DOI: 10.3390/f10020097
- VIEWEGH J. (ed.) 2020. Douglas-fir. Tree of the year 2014. Conference proceedings held by Czech Forestry Society [online]. [cit. 2023-07-15]. Dostupné na/Available on: <https://www.infodatasys.cz/proj009/Douglasfir2014tr.pdf>
- VIEWEGH J., KUSBACH A., MIKESKA M. 2003. Czech forest ecosystem classification. *Journal of Forest Science*, 49: 85–93.
- VINŠ B., ŠIKA A. 1980. Růst douglasky v lesních porostech ČSR. *Práce VÚLHM*, 57: 73–95.
- WOHLGEMUTH T., GOSSNER M.M., CAMPAGNARO T., MARCHANTE H., VAN LOO M., VACCHIANO G., CASTRO-DÍEZ P., DOBROWOLSKA D., GAZDA A., KEREN S., KESERŮ Z., KOPROWSKI M., LA PORTA N., MAROZAS V., NYGAARD P.H., PODRÁZSKÝ V., PUCHAŁKA R., REISMAN-BERMAN O., STRAIGYTE L., YLIOJA T., PÖTZELBERGER E., SILVA J.S. 2022. Impact of non-native tree species in Europe on soil properties and biodiversity: a review. *NeoBiota*, 78: 45–69. DOI: 10.3897/neobiota.78.87022

Příloha 1.

Souhrn výsledků vypočtených parametrů modelu růstu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*) a smrku ztepilého (*Picea abies*) dle (1) pro zásobu porostu (*V*), střední tloušťku (*d*) a střední výšku (*h*). Kompletní výsledky jsou v souboru www.infodatasy.cz/proj009/modelrustu.xlsx. STD – směrodatná odchylka, *t* – *t*-test, *n* – počet případů, *r* – korelační koeficient

Appendix 1. Summary of the results of the calculated parameters for Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and Norway spruce (*Picea abies*) growth models according to (1) for the stand stock volume (*V*), mean tree thickness (*d*) and mean height (*h*). The complete results are in the file www.infodatasy.cz/proj009/modelrustu.xlsx. STD – standard deviation, *t* – *t*-test, *n* – number of cases, *r* – correlation coefficient

Model	Druh/Species LVS / FAZ	douglaska tisolistá (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)															smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>)																									
		1	2	3	4	5	5	5	5	5	6	all	1	2	3	4	5	5	5	5	5	6	all																			
V	a	6.247	6.453	6.631	6.704	6.795	6.786	6.697	6.783	6.721	6.652	6.213	6.462	6.616	6.731	6.833	6.807	6.747	6.822	6.766	6.674	0.0288	0.0100	0.0052	0.0060	0.0084	0.0184	0.0172	0.0070	0.0145	0.0032	0.0390	0.0129	0.0057	0.0062	0.0085	0.0190	0.0181	0.0072	0.0136	0.0035	
	t	216.8	642.4	1285.7	1118.8	805.0	369.7	389.3	965.7	463.6	2071.3	159.1	501.9	1169.9	1089.3	804.1	359.1	373.6	953.2	497.7	1918.7	-23.8	-29.9	-35.0	-37.3	-41.8	-39.1	-37.1	-40.8	-38.9	-35.9	-29.1	-39.2	-42.9	-46.6	-50.7	-45.1	-46.3	-49.6	-47.4	-44.7	
b	Odhad/ Estimation	1.46	0.55	0.28	0.32	0.44	1.04	0.81	0.37	0.74	0.17	2.22	0.78	0.33	0.36	0.48	1.15	0.90	0.40	0.74	0.20	-16.2	-54.5	-124.2	-116.9	-94.2	-37.7	-45.8	-111.2	-52.7	-209.3	-13.1	-50.1	-129.5	-131.2	-105.9	-39.3	-51.4	-123.4	-64.3	-223.7	
	t	482	3261	11248	8918	4876	829	923	6628	1566	32103	207	2044	8938	7722	4369	738	850	5957	1460	26328	0.492	0.624	0.707	0.724	0.741	0.757	0.760	0.746	0.727	0.699	0.573	0.677	0.763	0.790	0.795	0.795	0.814	0.797	0.809	0.759	
d	a	82.3	81.6	97.9	78.9	77.7	86.1	67.1	77.8	75.2	87.7	70.7	67.1	63.4	64.3	64.9	77.4	57.4	66.2	60.3	67.1	3.96	4.09	4.21	4.24	4.27	4.32	4.26	4.28	4.23	4.21	3.68	3.80	3.84	3.89	3.93	3.97	3.92	3.94	3.90	3.87	
	t	0.0236	0.0086	0.0047	0.0053	0.0077	0.0157	0.0169	0.0064	0.0128	0.0028	0.0257	0.0087	0.0037	0.0042	0.0062	0.0134	0.0141	0.0053	0.0092	0.0023	167.6	472.6	889.4	801.6	554.2	274.8	253.0	666.8	331.1	1482.2	143.2	436.3	1037.0	918.6	637.2	296.0	278.5	747.8	422.9	1651.6	
b	Odhad/ Estimation	-33.9	-37.5	-41.7	-42.1	-44.3	-43.2	-43.1	-44.3	-42.5	-41.5	-32.4	-37.5	-37.4	-38.3	-39.7	-37.2	-38.7	-39.6	-37.7	-37.7	1.31	0.50	0.27	0.29	0.41	0.92	0.83	0.34	0.67	0.16	1.49	0.52	0.21	0.23	0.32	0.76	0.66	0.28	0.47	0.13	
	t	-25.8	-74.4	-152.9	-144.3	-107.7	-46.9	-51.9	-128.7	-63.7	-262.1	-21.7	-71.9	-179.6	-167.1	-122.9	-49.3	-58.3	-143.6	-81.1	-295.1	490	3298	11344	8993	4931	834	928	6693	1571	32389	210	2061	8989	7767	4384	746	853	5983	1467	26477	
h	a	0.697	0.745	0.772	0.786	0.774	0.818	0.785	0.782	0.780	0.770	0.767	0.793	0.844	0.841	0.824	0.839	0.831	0.825	0.856	0.827	5.11	5.35	5.45	5.28	5.38	5.79	5.03	5.42	5.05	5.43	3.51	3.39	3.12	3.26	3.48	3.91	3.23	3.55	3.07	3.36	
	t	3.54	3.64	3.75	3.79	3.80	3.85	3.80	3.81	3.76	3.76	3.46	3.57	3.65	3.70	3.72	3.76	3.72	3.73	3.69	3.67	0.0137	0.0049	0.0024	0.0029	0.0044	0.0092	0.0099	0.0037	0.0071	0.0016	0.0191	0.0058	0.0025	0.0027	0.0041	0.0084	0.0094	0.0035	0.0065	0.0015	
b	Odhad/ Estimation	259.0	746.1	1547.7	1308.5	862.8	417.5	383.5	1027.9	531.3	2406.0	181.9	618.5	1483.8	1354.9	909.9	446.1	394.6	1075.7	569.9	2373.1	-24.6	-26.7	-29.7	-30.8	-32.0	-32.2	-31.5	-32.1	-31.1	-30.0	-26.0	-30.4	-31.5	-32.7	-33.5	-32.6	-33.4	-33.6	-32.6	-32.0	
	t	0.66	0.25	0.12	0.14	0.21	0.47	0.43	0.17	0.33	0.08	1.01	0.32	0.13	0.14	0.20	0.44	0.42	0.17	0.31	0.08	-37.4	-108.3	-246.5	-220.3	-155.3	-68.3	-72.5	-184.4	-94.7	-395.8	-25.8	-95.7	-249.7	-241.2	-170.9	-74.0	-80.0	-201.4	-106.6	-413.6	
RMSE	a	635	4144	14973	11749	6490	1036	1122	8648	1994	42143	252	2523	11850	10260	5907	925	1040	7872	1880	34637	0.887	0.905	0.928	0.924	0.912	0.925	0.913	0.914	0.924	0.918	0.895	0.920	0.942	0.942	0.932	0.941	0.932	0.942	0.932	0.942	0.935
	t	2.96	2.94	2.76	2.82	2.94	3.05	2.68	2.93	2.62	2.90	2.60	2.35	2.17	2.21	2.34	2.46	2.15	2.36	2.12	2.31	2.96	2.94	2.76	2.82	2.94	3.05	2.68	2.93	2.62	2.90	2.60	2.35	2.17	2.21	2.34	2.46	2.15	2.36	2.12	2.31	

COMPARISON OF DOUGLAS-FIR AND NORWAY SPRUCE GROWTH ACCORDING TO DATA FROM FOREST MANAGEMENT PLANS AND OUTLINES

SUMMARY

Introduced tree species have been used in the forestry of the Czech Republic for a long time, as well as in other European countries. In our conditions, they were supposed to help solve a number of problems. Some species were introduced purely for production reasons, such as Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco). At present, it is relevant to solve the effect of introduced tree species on the environment. Douglas-fir is classified among naturalized neophytes. In addition to the high production of quality wood, it is considered as a partial potential replacement for domestic Norway spruce (*Picea abies* L.), which has been split in environmental (mainly climate) conditions unsuitable for spruce. Information on the cultivation of this species in the Czech Republic is summarized by MONDEK (2022), and this text is based just on this work.

On the basis of a comparison of tree ring analyses of Norway spruce and Douglas-fir on research plots in southern Bohemia, it was shown that both tree species respond differently to various climatic factors (MONDEK et al. 2021), so it can be assumed that both tree species can have different growth dynamics in various environmental conditions, while such a comparison has not yet been available in the Czech Republic. The aim of this article is to compare both species on the basis of data available in forest management plans and outlines, even while being aware of the features of these data.

For the analysis of production characteristics, growth models were created in the form of non-linear regression models depending on age. A simplified Korf's function (equation 1) was used for the change in volume, mean height and mean thickness. Modelling was carried out separately for individual forest altitudinal zone (FAZ; Tab. 1) and groups of edaphic categories (Tab. 2). Calculated regression coefficients for stand stock, mean height and mean diameter at breast height (DBH, data variable *d*) together with other statistical characteristics were collected in an MS Excel file, where a model of stock development, mean tree size and total volume production is calculated based on them. The file is available at www.infodatasys.cz/proj009/modelrustu.xlsx. All calculated regression models provide statistically highly significant results (at $p < 0.1\%$).

Both species show similar growth characteristics depending on the altitude (FAZ) and the group of edaphic categories. The minimum growth speed is reached in the 1st FAZ, it is also reduced in the 2nd FAZ, i.e. in places where the cultivation of both species should be excluded due to their unsuitability. The maximum growth rate is reached for both tree species in the 5th FAZ on acidic habitats, but it is already in the 4th FAZ on habitats affected by water. A comparison of the production of both species was made for the age of 140 years (Tab. 3 and 4). Therefore, Douglas-fir shows an average of 4% higher stock, while the volume of felling material as part of thinning, or left in the stand to decay, is about 32% higher in Douglas-fir. The ratio of Douglas-fir and Norway spruce stock changes along altitudinal gradient, while in the 3rd FAZ the Douglas-fir stock is 7.5% higher, and in the 6th FAZ its stock is only 1.5% higher.

Zasláno/Received: 01. 08. 2023

Přijato do tisku/Accepted: 11. 11. 2023