ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

Katedra pěstování lesů

Studijní program: Lesní inženýrství

Potenciál pěstování douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) na území jižních Čech

Potential of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) cultivation on the territory of South Bohemia

Disertační práce

Autor: Ing. Jan Mondek

Školitel: prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Počet příloh: 3

Praha 2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Jan Mondek

Lesní inženýrství
Pěstování lesa

Název práce

Potenciál pěstování douglasky tisolisté (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) na území jižních Čech

Název anglicky

Potential of Douglas-fir (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) cultivation on the territory of South Bohemia

---

Cíle práce

- Zjištění, ve kterých souborech lesních typů dosahuje douglaska tisolistá nejvyšší produkci.
- Porovnání produkce douglasky tisolisté s ostatními hospodářskými dřevinami na stejných stanovištích.
- Zjištění, ve kterých souborech lesních typů douglaska tisolistá ještě výrazně toleruje (a dosahuje vyšší produkce) nepříznivé vláhové poměry stanovišť.

Metodika

Popis řešení:

Shromáždit dostupné údaje o současném výskytu douglasky tisolisté v ČR (literární prameny, lesní hospodářské plány a lesní hospodářské osnovy). Na území Jihočeského kraje vyhledání významných lokalit s porosty douglasky tisolisté a paralelních, srovnávacích ploch smrku ztepilého (příp. buku lesního, dubů a borovice lesní) se zastoupením dominantní dřeviny min. 60 % v různých souborech lesních typů. Srovnávací plochy budou vybírány v blízkosti douglaskových porostů za podmínek stejné expozice, sklonu, souborů lesních typů a pokud možno i věku (Matějka et al. 2014).

V terénu bude provedeno posouzení správnosti typologické klasifikace, dále pak dendrometrická měření (výšky, průměry) a odebrány vývrty. Poté vyhodnocení produkčních charakteristik a porovnání produkce douglasky tisolisté s ostatními hospodářskými dřevinami na stejných stanovištích.

Harmonogram řešení:

- 2017 – 2018: vyhledání porostů douglasky tisolisté a paralelních, srovnávacích ploch, dendrometrická měření, odběr vývrtů

- 2019: dílčí hodnocení, dokončení odběrů a sběru dat

- 2020: závěrečné vyhodnocení, uzavření prací

Přínosy řešení a možnosti využití výsledků:

Práce by měla stanovit potenciál pěstování douglasky tisolisté dle vybraných souborů lesních typů při srovnání s ostatními hospodářskými dřevinami a určit, na jakých stanovištích dosahuje nejvyšší produkce. Dalším přínosem by mělo být stanovení souborů lesních typů, kde má smrk ztepilý problémy s nedostatkem vláhy a výsadby douglasky tisolisté by mohly být lepší variantou.

Doporučený rozsah práce

min. 70 s. odborného textu

Klíčová slova

Douglaska, pěstování, jižní Čechy, produkce, vliv na prostředí

Doporučené zdroje informací

KANTOR P., MARTINÍK A, SEDLÁČEK T., 2002: Douglaska tisolistá na školním lesním podniku. In: Lesnická práce, 81(5), 210-212.

MATĚJKA K., PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J., 2014: Vliv douglasky na stav lesních fytocenóz. In: Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR. Lesnická práce s.r.o., Kostelec nad Černými lesy, 214-231.

PODRÁZSKÝ V., ZAHRADNÍK D., PULKRAB K., KUBEČEK J., PENA J.F.B., 2013: Hodnotová produkce douglasky tisolisté (Psedotsuga menziesii (Mirb.) Franco) na kyselých stanovištích Školního polesí Hůrky, Písecko. In: Zprávy lesnického výzkumu, 58(3), 226-232.

SERGENT A.S., ROZENBERG P., MARCAIS B., LEFEVRE Y., BASTIEN J.C., NAGELEISEN L.M., BREDA N., 2010: Vulnerability of Douglas-fir in a changing climate: study ob decline in France after the extreme 2003´s drought. In: Opportunities and risks for Douglas-fir in a changing climate. Abstracts, Freiburg, 18-20.

SCHMID M., PAUTASSO M., HOLDENRIEDER O., 2014: Ecological cosequences of Douglas-fir cultivation in Europe. In: European Journal of Forest Rresearch 133, 13-29.

URBAN J., ČERMÁK J., KANTOR P., 2011: Srovnání radiálního růstu a transpirace douglasky tisolisté a smrku ztepilého. In: Aktuality v pěstování méně častých dřevin v České republice. Sborník referátů konference v Kostelci nad Černými lesy 21.10.2011, ČZU, Praha, 77-81.

Předběžný termín

2019/20 ZS – FLD – SDZ

Vedoucí práce

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 9. 12. 2019

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Předseda oborové rady

Elektronicky schváleno dne 30. 4. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 25. 06. 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Potenciál pěstování douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) na území jižních Čech“ vypracoval samostatně na základě konzultací se školitelem a s použitím literárních pramenů, které náležitě cituji.

Souhlasím, aby tato práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

V Praze dne 25. června 2022 Ing. Jan Mondek

Poděkování

Za odborné vedení a rady děkuji svému školiteli prof. Ing. Vilému Podrázskému, CSc., za pomoc v terénu Ing. Karlu Matějkovi, CSc., Ing. Anně Prokůpkové, Ing. Zdeňku Vackovi, Ph.D. a Ing. Bc. Vojtěchu Hájkovi. Děkuji pracovníkům Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem a Lesů České republiky, s.p. za poskytnutí dat a dále pracovníkům Lesní správy Vodňany za spolupráci. Také děkuji všem mým nejbližším za podporu, trpělivost a pochopení, kterou mi po celou dobu studia poskytovali.

Dizertační práce byla finalizována v rámci výzkumného projektu NAZV QK22020045: Potenciál geograficky nepůvodních druhů dřevin v lesním hospodářství ČR

Abstrakt

Předkládaná práce se zabývá problematikou pěstování douglasky tisolisté v České republice, jejím produkčním potenciálem, působením na přízemní vegetaci a porovnáním reakcí růstu na historické klimatické extrémy se smrkem ztepilým, který v poslední době v důsledku klimatické změny přestává být vitální a pomalu mizí z lesů nižších a středních poloh. Z Datového skladu Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů byly pořízeny numerické údaje o porostních skupinách, v nichž se douglaska tisolistá vyskytuje. Pro douglasku tisolistou a některé hlavní hospodářské dřeviny České republiky byla vypočítána upravenou Korfovou funkcí (Korf 1939) jejich hektarová zásoba v závislosti na věku na různých stanovištích a tyto dřeviny byly rovněž porovnány mezi sebou. Postupně bylo zjištěno, že douglaska tisolistá dosahuje nejvyšší produkce na stanovištích živných a kyselých v 5. LVS. Nezanedbatelná je však její produkce i v ostatních LVS (3., 4. a 6.) a rovněž na stanovištích vlhkých. Vybrané 4 lokality (Sedlice, Vodňany, Vráž a Kamýk) v jižních Čechách v porostech s různou směsí douglasky tisolisté a smrku ztepilého (v několika případech i jiných dřevin) byly podrobně analyzovány, počínaje přízemní vegetací, dále se práce zabývá průchodem světla zápojem, základními taxačními veličinami včetně radiálních přírůstů. Ve sledovaných porostech, které měly obecně uzavřenou strukturu, bylo zjištěno, že douglaska tisolistá ovlivňuje složení společenstev přízemní vegetace méně negativně než smrk ztepilý. Rovněž v tomto případě byla vypočítána a porovnána produkce douglasky tisolisté a smrku ztepilého, kdy douglaska tisolistá ukázala jasnou produkční převahu. Na základě analýzy radiálních přírůstů obou dřevin lze konstatovat, že douglaska tisolistá lépe snáší suchá období během letní sezóny.

Klíčová slova: *Pseudotsuga menziesii*, *Picea abies*, produkce porostů, LVS, SLT, klimatická změna, rostlinná společenstva, světelné poměry, přírůst, Písecko.

Abstract

Presented dissertation thesis is focused on Douglas-fir silviculture in the Czechia, its production potential, effects on understorey vegetation and comparing growth responses to historical climate extremes with Norway spruce, which has recently ceased to be vital due to climate change and is slowly disappearing from forest of lower and middle vegetation altitudinal zones. Data on stand groups in which Douglas-fir is present were obtained from the Data Bank of the Forest Management Institute. Their hectare stock was calculated according to the age at different habitats by modified Korf's function (Korf 1939) for the Douglas-fir and some of the main commercial tree species of the Czechia and these tree species were also compared to each other. It was gradually found that Douglas-fir reaches the highest production on nutrient rich and acid habitats in the 5th FVZ. However, its production is also not negligible in other FVZs (3rd, 4th and 6th) and on wet habitats as well. Selected 4 localities (Sedlice, Vodňany, Vráž and Kamýk) in southern Bohemia on stands with various mixtures of Douglas-fir and Norway spruce (in several cases also with other tree species) were analyzed in detail, starting by understorey vegetation, the canopy light transmission, basic taxonomy data including radial increments. Douglas-fir affects the composition of ground vegetation communities less negatively than Norway spruce in the monitored stands, which had a generally closed structure. The production of Douglas-fir and Norway spruce was calculated and compared here too, when Douglas-fir showed a clear production advantage. Based on the analysis of radial growths of both tree species, Douglas-fir better tolerates dry periods during the summer vegetation season.

Keywords: *Pseudotsuga menziesii*, *Picea abies*, stands production, Forest Vegetation Zone, Group of Forest (Site) Type, climate change, plant communities, light properties, increment, Písek region.

Obsah

1. Úvod 23

2. Cíle práce 25

3. Rozbor problematiky 26

3.1 Rozšíření douglasky tisolisté 26

3.1.1 Původní rozšíření douglasky tisolisté 26

3.1.2 Introdukce do Evropy 27

3.1.3 Situace v České republice 29

3.2 Produkce douglasky tisolisté 30

3.3 Využití dřeva douglasky tisolisté 34

3.4 Vliv douglasky tisolisté na půdu 35

3.5 Vliv douglasky tisolisté na prostředí a biodiverzitu 38

3.6 Reprodukční zdroje douglasky tisolisté 40

3.7 Použití douglasky tisolisté v souvislosti s klimatickými změnami 41

3.8 Potenciál pěstování douglasky tisolisté v České republice 42

3.8.1 Negativní vliv a rizika pěstování douglasky tisolisté v České republice 43

3.8.2 Pozitivní přínos pěstování douglasky tisolisté v České republice 44

4. Metodika 45

4.1 Celostátní data o douglasce tisolisté v České republice 45

4.1.1 Vyhodnocení zastoupení douglasky tisolisté v lesích ČR 45

4.1.2 Vyhodnocení vývoje zásob v čase (růstová analýza podle dat LHP a LHO). 46

4.2 Trvalé výzkumné plochy 48

4.2.1 Výběr vhodných porostů 48

4.2.2 Založení trvalých výzkumných ploch 49

4.2.3 Sběr dat na trvalých výzkumných plochách 61

4.2.3.1 Pořízení fytocenologických snímků 61

4.2.3.2 Pořízení hemisférických fotografií 61
4.2.3.3 Měření struktury stromového patra 62
4.2.3.4 Odběr vývrtů 63
4.2.4 Vyhodnocení dat z trvalých výzkumných ploch 63
4.2.4.1 Vyhodnocení fytocenologických snímků 63
4.2.4.2 Vyhodnocení světelných poměrů pod porostem 64
4.2.4.3 Vyhodnocení struktury stromového patra 65
4.2.4.4 Vyhodnocení vývrtů 66
5. Výsledky 70
5.1 Celostátní data a jejich analýza 70
5.1.1 Analýza výskytu douglasky tisolisté v lesích České republiky 70
5.1.2 Analýza vybraných produkčních charakteristik v lesích ČR 74
5.1.2.1 Produkce hlavních hospodářských dřevin ČR 74
5.1.2.2 Produkce vybraných dřevin dle lesních vegetačních stupňů 75
5.1.2.3 Produkce vybraných dřevin dle skupiny stanoviště 81
5.1.2.4 Produkce vybraných hospodářských dřevin na vybraných skupinách stanovišť v jednotlivých LVS 85
5.1.2.5 Produkce douglasky tisolisté a smrku ztepilého dle vybraných SLT 98
5.1.2.5.1 Celková objemová produkce a konečná zásoba ve vybraných SLT 106
5.1.2.5.2 Simulace hektarových zásob při různém zastoupení DG, SM, BK a JD ve 120 letech ve vybraných SLT 106
5.2 Měření na trvalých výzkumných plochách 108
5.2.1 Charakteristika rostlinných společenstev 108
5.2.1.1 Klasifikace procedurou TWINSPAN 109
5.2.1.2 Ordinační analýza procedurou DCA – variabilita rostlinných společenstev 110
5.2.1.3 Ordinační analýza procedurou CCA – vliv dřevin na strukturu společenstva 112

5.2.2 Světelné poměry pod porostem 114
5.2.3 Struktura stromového patra na trvalých výzkumných plochách 117
5.2.3.1 Porovnání hektarových zásob DG a SM na trvalých výzkumných plochách s modelovými 135
5.2.4 Porovnání růstu douglasky tisolisté a smrku ztepilého na trvalých výzkumných plochách 136
6. Diskuse 150
6.1 Vhodnost pěstování douglasky tisolisté v lesích ČR 150
6.2 Douglaska tisolistá na vybraných stanovištích v jižních Čechách 152
7. Závěr 158
8. Literatura 160
9. Přílohy 185

Seznam použitých zkratek

A	lesní humusový půdní horizont
COP	celková objemová produkce
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
E_0	mechové patro
E_1	bylinná etáž (vegetace do 1 m)
E_2	keřová etáž (vegetace od 1 m do 3 m)
E_3	stromová etáž (vegetace nad 3 m)
GPS	globální polohový systém
IFER	Ústav pro výzkum lesních ekosystémů, s.r.o.
KM	kambizem typická
KM luv	kambizem luvická
KM mod	kambizem modální
LHC	lesní hospodářský celek
LHO	lesní hospodářská osnova
LHP	lesní hospodářský plán
LM mod	luvizem modální
LVS	lesní vegetační stupeň
PDOP	**P**osition **D**ilution **o**f **P**recision (polohové ředění přesnosti)
pH	vodíkový exponent (viz Wikipedia)
S-JTSK	systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SIL	souhrnné informace o stavu lesa
SLT	soubor lesních typů
SNR	**s**ignal-to-**n**oise **r**atio (odstup signálu od šumu)
ŠLP	školní lesní podnik
ŠP	školní polesí
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem
VÚLHM, v.v.i.	Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti
WGS-84	**W**orld **G**eodetic **S**ystem 1984 (Světový geodetický systém)

Zkratky dřevin:

BK	buk lesní (*Fagus sylvatica*)
BO	borovice lesní (*Pinus sylvestris*)
DB	dub letní (*Quercus robur*); v některých případech také dub zimní (*Quercus petraea*) – v numerických datech LHP a LHO mnohdy není rozlišováno
JD	jedle bělokorá (*Abies alba*)
DG	douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*)
MD	modřín opadavý (*Larix decidua*)
SM	smrk ztepilý (*Picea abies*)

Seznam tabulek

Tab. 1. Klimatická data pro 5 podoblastí přirozeného výskytu douglasky tisolisté – *str. 27*

Tab. 2. Parametry jednotlivých stromů a porostů DG a SM na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy ve věku 100 let – *str. 34*

Tab. 3a. Souřadnice středů jednotlivých trvalých výzkumných ploch – *str. 51*

Tab. 3b. Základní porostní údaje dle LHP – *str. 52*

Tab. 3c. Základní parametry stanoviště na jednotlivých trvalých výzkumných plochách – *str. 52*

Tab. 4. Kombinovaná stupnice abundance a dominance podle Zlatníka – *str. 61*

Tab. 5. Počet analyzovaných vývrtů s příslušností k trvalé výzkumné ploše – *str. 67*

Tab. 6. Průměrné hektarové zásoby ve 100 letech podle růstového modelu (data z LHP porostních skupin, kde roste douglaska tisolistá společně s porovnávanými dřevinami) – *str. 75*

Tab. 7. Hektarová zásoba DG a SM ve 100 letech v LVS 1.-7. – *str. 76*

Tab. 8. Hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 100 letech v 2.-7. LVS – *str. 80*

Tab. 9. Hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 100 letech ve skupinách stanovišť – *str. 84*

Tab. 10. Hektarové zásoby DG ve 100 letech ve skupinách stanovišť v 3.-6. LVS – *str. 96*

Tab. 11. Hektarové zásoby SM ve 100 letech ve skupinách stanovišť v 3.-6. LVS – *str. 96*

Tab. 12. Hektarové zásoby JD ve 100 letech ve skupinách stanovišť v 3.-6. LVS – *str. 97*

Tab. 13. Hektarové zásoby BK ve 100 letech ve skupinách stanovišť v 3.-6. LVS – *str. 98*

Tab. 14a. Hektarové zásoby DG ve 100 letech ve vybraných SLT – *str. 104*

Tab. 14b. Hektarové zásoby SM ve 100 letech ve vybraných SLT – *str. 105*

Tab. 15. Celková objemová produkce ve 140 letech ve vybraných SLT v m^3 ha^{-1} – *str. 106*

Tab. 16. Model celkové hektarové zásoby ve smíšených porostech (DG, SM, BK, JD) ve 120 letech ve vybraných SLT v m^3 ha^{-1} – *str. 107*

Tab. 17. Pokryvnosti jednotlivých pater na trvalých výzkumných plochách světla a výsledky analýzy hemisférických fotografií (HF) v programu CanopyPhotos – *str. 115*

Tab. 18. Lokalita Sedlice – struktura stromového patra – *str. 118*

Tab. 19. Lokalita Vráž – struktura stromového patra – *str. 123*

Tab. 20. Lokalita Vodňany – struktura stromového patra – *str. 126*

Tab. 21. Lokalita Kamýk – struktura stromového patra – *str. 131*

Tab. 22. Porovnání terénních dat produkce DG a SM s modelovými podle modelu vývoje zásob dřeviny ve vztahu k věku dle vybraných SLT z dat z celé ČR v m^3 ha^{-1} – *str. 135*

Tab. 23. Počet jedinců *Pseudotsuga menziesii* jednotlivých klasifikačních skupin na trvalých výzkumných plochách – *str. 138*

Tab. 24. Počet jedinců *Picea abies* jednotlivých klasifikačních skupin na trvalých výzkumných plochách – *str. 138*

Seznam obrázků

Obr. 1. Přirozený areál variet a formy druhu *Pseudotsuga menziesii* podle Burns et Honkala (1990) a Harlow et al. (1996) – *str. 26*

Obr. 2. Rozšíření douglasky tisolisté v Evropě – *str. 28*

Obr. 3. Lokalizace výzkumné oblasti v České republice – *str. 49*

Obr. 4. Nadmořská výška ve studovaném regionu s lokalizací jednotlivých trvalých výzkumných ploch (lokalit) – *str. 53*

Obr. 5. Průměrná teplota ve studovaném regionu s lokalizací jednotlivých trvalých výzkumných ploch (lokalit) – *str. 54*

Obr. 6. Umístění trvalých výzkumných ploch 1-8 (lokalita Sedlice) na podkladu ortofota z roku 2019 – *str. 55*

Obr. 7. Umístění trvalých výzkumných ploch 9-11 (lokalita Vráž) na podkladu ortofota z roku 2019 – *str. 56*

Obr. 8. Umístění trvalých výzkumných ploch 12-14 (lokalita Vodňany) na podkladu ortofota z roku 2019 – *str. 57*

Obr. 9. Umístění trvalých výzkumných ploch 15-19 (lokalita Vodňany) na podkladu ortofota z roku 2019 – *str. 58*

Obr. 10. Umístění trvalých výzkumných ploch 20-22 (lokalita Kamýk) na podkladu ortofota z roku 2019 – *str. 59*

Obr. 11. Umístění trvalých výzkumných ploch 23-25 (lokalita Kamýk) na podkladu ortofota z roku 2019 – *str. 60*

Obr. 12. Sestava pro pořízení hemisférických fotografií – *str. 62*

Obr. 13. Ukázka hemisférické fotografie pořízené v terénu a klasifikované hemisférické fotografie – *str. 64*

Obr. 14. Umístění 4 výzkumných lokalit (Sedlice, Vráž, Vodňany, Kamýk) spolu s hlavními meteorologickými stanicemi ČHMÚ (Kocelovice, Nadějkov, Vráž, Strakonice, Temelín) – *str. 68*

Obr. 15. Meteorologická stanice Vráž (C1VRAZ01) – *str. 69*

Obr. 16. Vývoj porostní plochy douglasky tisolisté v ČR v letech 2000 až 2020 – *str. 70*

Obr. 17. Zastoupení porostní plochy douglasky tisolisté v ČR ve věkových stupních v roce 2020 – *str. 71*

Obr. 18. Porostní plocha douglasky tisolisté v jednotlivých krajích ČR v roce 2020 – *str. 71*

Obr. 19. Relativní zastoupení porostní plochy douglasky tisolisté v jednotlivých krajích ČR v roce 2020 – *str. 72*

Obr. 20. Zastoupení porostní plochy douglasky tisolisté v ČR v lesních vegetačních stupních v roce 2020 – *str. 72*

Obr. 21. Zastoupení porostní plochy douglasky tisolisté v ČR v ekologických řadách v roce 2020 – *str. 73*

Obr. 22. Model vývoje hektarové zásoby hlavních hospodářských dřevin ČR ve vztahu k věku – *str. 74*

Obr. 23. Model vývoje hektarové zásoby douglasky tisolisté v LVS 1.-7. ve vztahu k věku – *str. 75*

Obr. 24. Model vývoje hektarové zásoby smrku ztepilého v LVS 1.-7. ve vztahu k věku – *str. 76*

Obr. 25. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 2. LVS ve vztahu k věku – *str. 77*

Obr. 26. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 3. LVS ve vztahu k věku – *str. 78*

Obr. 27. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 4. LVS ve vztahu k věku – *str. 78*

Obr. 28. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 5. LVS ve vztahu k věku – *str. 79*

Obr. 29. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 6. LVS ve vztahu k věku – *str. 79*

Obr. 30. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 7. LVS ve vztahu k věku – *str. 80*

Obr. 31. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve skupině extrémních stanovišť (edafické kategorie X, Z, Y) ve vztahu k věku – *str. 81*

Obr. 32. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve skupině kyselých stanovišť (edafické kategorie M, K, N, I, S) ve vztahu k věku – *str. 82*

Obr. 33. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve skupině živných stanovišť (edafické kategorie F, C, B, W, H, D, A, J) ve vztahu k věku – *str. 82*

Obr. 34. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve skupině vlhkých stanovišť (edafické kategorie L, U, V) ve vztahu k věku – *str. 83*

Obr. 35. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve skupině oglejených stanovišť (edafické kategorie O, P, Q) ve vztahu k věku – *str. 83*

Obr. 36. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 3. LVS a ve skupině kyselých stanovišť (edafické kategorie M, K, N, I, S) ve vztahu k věku – *str. 85*
Obr. 37. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 3. LVS a ve skupině živných stanovišť (edafické kategorie F, C, B, W, H, D, A, J) ve vztahu k věku – *str. 86*
Obr. 38. Model vývoje hektarové zásoby JD a BK ve 3. LVS a ve skupině vlhkých stanovišť (edafické kategorie L, U, V) ve vztahu k věku – *str. 86*
Obr. 39. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 3. LVS a ve skupině oglejených stanovišť (edafické kategorie O, P, Q) ve vztahu k věku – *str. 87*
Obr. 40. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 4. LVS a ve skupině kyselých stanovišť (edafické kategorie M, K, N, I, S) ve vztahu k věku – *str. 88*
Obr. 41. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 4. LVS a ve skupině živných stanovišť (edafické kategorie F, C, B, W, H, D, A, J) ve vztahu k věku – *str. 88*
Obr. 42. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 4. LVS a ve skupině vlhkých stanovišť (edafické kategorie L, U, V) ve vztahu k věku – *str. 89*
Obr. 43. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 4. LVS a ve skupině oglejených stanovišť (edafické kategorie O, P, Q) ve vztahu k věku – *str. 89*
Obr. 44. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 5. LVS a ve skupině kyselých stanovišť (edafické kategorie M, K, N, I, S) ve vztahu k věku – *str. 90*
Obr. 45. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 5. LVS a ve skupině živných stanovišť (edafické kategorie F, C, B, W, H, D, A, J) ve vztahu k věku – *str. 91*
Obr. 46. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 5. LVS a ve skupině vlhkých stanovišť (edafické kategorie L, U, V) ve vztahu k věku – *str. 91*
Obr. 47. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 5. LVS a ve skupině oglejených stanovišť (edafické kategorie O, P, Q) ve vztahu k věku – *str. 92*
Obr. 48. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 6. LVS a ve skupině kyselých stanovišť (edafické kategorie M, K, N, I, S) ve vztahu k věku – *str. 93*
Obr. 49. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM a BK v 6. LVS a ve skupině živných stanovišť (edafické kategorie F, C, B, W, H, D, A, J) ve vztahu k věku – *str. 93*
Obr. 50. Model vývoje hektarové zásoby BK v 6. LVS a ve skupině vlhkých stanovišť (edafické kategorie L, U, V) ve vztahu k věku – *str. 94*
Obr. 51. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 6. LVS a ve skupině oglejených stanovišť (edafické kategorie O, P, Q) ve vztahu k věku – *str. 94*
Obr. 52. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 3K, 4K, 5K a 6K ve vztahu k věku – *str. 99*

Obr. 53. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 3S, 4S, 5S a 6S ve vztahu k věku – *str. 99*
Obr. 54. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 3B, 4B a 5B ve vztahu k věku – *str. 100*
Obr. 55. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 3H, 4H a 5H ve vztahu k věku – *str. 100*
Obr. 56. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 4D a 5D ve vztahu k věku – *str. 101*
Obr. 57. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 4V a 5V ve vztahu k věku – *str. 101*
Obr. 58. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 4O, 5O a 6O ve vztahu k věku – *str. 102*
Obr. 59. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 4P, 5P a 6P ve vztahu k věku – *str. 102*
Obr. 60. Klasifikace trvalých výzkumných ploch procedurou TWINSPAN – *str. 109*
Obr. 61. Rozmístění trvalých výzkumných ploch v ordinačním prostoru prvých dvou os DCA – *str. 110*
Obr. 62. Rozmístění druhů v ordinačním prostoru prvých dvou os DCA – *str. 111*
Obr. 63. CCA analýza vlivu dřevin v E_3 a E_2 na složení bylinného patra ve vztahu k jednotlivým trvalým výzkumným plochám – *str. 112*
Obr. 64. Rozmístění druhů patra E_1 v ordinačním prostoru prvých dvou os CCA ve vztahu k patrům E2 a E3 – *str. 114*
Obr. 65. Porovnání provedených odhadů zápoje v terénu (cover E3) s vypočítanou hodnotou z hemisférických fotografií (CanopyPhoto cover) – *str. 116*
Obr. 66. Porovnání množství difusního záření v podrostu (L) s relativním zastoupením *Pseudotsuga menziesii* ve stromovém patře – *str. 116*
Obr. 67. Závislost celkové pokryvnosti bylinného patra (E_1) na množství difusního záření v podrostu (L) – *str. 117*
Obr. 68. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 1, lokalita Sedlice – *str. 119*
Obr. 69. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 2, lokalita Sedlice – *str. 119*
Obr. 70. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 3, lokalita Sedlice – *str. 120*

Obr. 71. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 4, lokalita Sedlice – *str. 120*
Obr. 72. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 5, lokalita Sedlice – *str. 121*
Obr. 73. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 6, lokalita Sedlice – *str. 121*
Obr. 74. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 7, lokalita Sedlice – *str. 122*
Obr. 75. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 8, lokalita Sedlice – *str. 122*
Obr. 76. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 9, lokalita Vráž – *str. 124*
Obr. 77. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 10, lokalita Vráž – *str. 124*
Obr. 78. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 11, lokalita Vráž – *str. 125*
Obr. 79. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 12, lokalita Vodňany – *str. 127*
Obr. 80. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 13, lokalita Vodňany – *str. 127*
Obr. 81. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 14, lokalita Vodňany – *str. 128*
Obr. 82. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 15, lokalita Vodňany – *str. 128*
Obr. 83. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 16, lokalita Vodňany – *str. 129*
Obr. 84. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 17, lokalita Vodňany – *str. 129*
Obr. 85. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 18, lokalita Vodňany – *str. 130*
Obr. 86. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 19, lokalita Vodňany – *str. 130*
Obr. 87. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 20, lokalita Kamýk – *str. 132*

Obr. 88. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 21, lokalita Kamýk – *str. 132*
Obr. 89. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 22, lokalita Kamýk – *str. 133*
Obr. 90. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 23, lokalita Kamýk – *str. 133*
Obr. 91. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 24, lokalita Kamýk – *str. 134*
Obr. 92. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 25, lokalita Kamýk – *str. 134*
Obr. 93. Klasifikace průměrných růstových křivek Wardovou metodou – *str. 137*
Obr. 94. Meziroční variabilita přírůstu smrku ztepilého v jednotlivých hlavních klasifikačních skupinách jedinců – *str. 139*
Obr. 95. Meziroční variabilita přírůstu douglasky tisolisté v jednotlivých hlavních klasifikačních skupinách jedinců – *str. 139*
Obr. 96. Postavení jedinců smrku ztepilého a douglasky tisolisté v ordinačním prostoru PCA na základě korelací jejich růstu – *str. 140*
Obr. 97. Pozice jedinců douglasky tisolisté v ordinačním prostoru PCA na základě korelací jejího růstu s příslušností k výzkumné lokalitě – *str. 141*
Obr. 98. Pozice jedinců smrku ztepilého v ordinačním prostoru PCA na základě korelací jeho růstu s příslušností k výzkumné lokalitě – *str. 142*
Obr. 99. Korelace mezi průměrnou teplotou vzduchu a indexem radiálního přírůstu smrku ztepilého – *str. 145*
Obr. 100. Korelace mezi průměrnou teplotou vzduchu a indexem radiálního přírůstu douglasky tisolisté – *str. 145*
Obr. 101. Korelace mezi průměrným denním minimem teploty vzduchu a indexem radiálního přírůstu smrku ztepilého – *str. 146*
Obr. 102. Korelace mezi průměrným denním minimem teploty vzduchu a indexem radiálního přírůstu douglasky tisolisté – *str. 146*
Obr. 103. Korelace mezi průměrným denním maximem teploty vzduchu a indexem radiálního přírůstu smrku ztepilého – *str. 147*
Obr. 104. Korelace mezi průměrným denním maximem teploty vzduchu a indexem radiálního přírůstu douglasky tisolisté – *str. 147*

Obr. 105. Korelace mezi srážkovým úhrnem a indexem radiálního přírůstu smrku ztepilého – *str. 148*
Obr. 106. Korelace mezi srážkovým úhrnem a indexem radiálního přírůstu douglasky tisolisté – *str. 148*
Obr. 107. Korelace mezi průměrnou vlhkostí vzduchu a indexem radiálního přírůstu smrku ztepilého – *str. 149*
Obr. 108. Korelace mezi průměrnou vlhkostí vzduchu a indexem radiálního přírůstu douglasky tisolisté – *str. 149*

1. Úvod

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), dále jen douglaska, patří k nejrozšířenějším komerčně využívaným dřevinám nejen v oblasti svého původního rozšíření, ale i v mnoha zemích na jiných kontinentech (Hermann et Lavender 1999, Kubeček et al. 2014, Podrázský et al. 2011, Podrázský et Kupka 2011). Díky své schopnosti vysoké produkce, adaptabilitě a široké ekologické valenci v rámci velké části spektra evropských podmínek se stala jednou z nejdůležitějších introdukovaných dřevin v Evropě (Essl 2005, Schmid et al. 2014, Ulbrichová et al. 2014).

V našich hospodářských lesích je spíše méně zastoupenou dřevinou, protože z celé rozlohy lesů zaujímá pouhých 0,22 % (Remeš et al. 2010). Naproti tomu v evropských podmínkách mají její vyšší relativní i absolutní podíly lesy Francie, Německa a Itálie (Schmid et al. 2014). Nicméně douglaska je potenciálně důležitou introdukovanou dřevinou v lesním hospodářství ČR a její význam v následujících letech bude pravděpodobně dále narůstat (Kubeček et al. 2014, Mondek et Baláš 2019, Novák et al. 2018, Slodičák et al. 2014, Vašíček 2014).

Řada především domácích, ale i zahraničních prací dokládá výraznou, respektive superiorní produkční funkci této dřeviny, ale i vliv na stanoviště, který je méně nepříznivý ve srovnání s jinými (domácími) jehličnany (např. Augusto et al. 2003, Martiník 2003, Matějka et al. 2015, Menšík et al. 2009, Podrázský et al. 2001a, 2001b, 2002, 2009a, 2009b, 2010, 2011, 2014b, 2016a, Podrázský et Remeš 2005, Viewegh et al. 2014). I z tohoto hlediska zasluhuje douglaska značnou pozornost lesnického výzkumu.

V souvislosti s vyššími průměrnými teplotami a očekávanými i registrovanými periodami sucha je pro naše území atraktivní i další vlastnost této dřeviny – odolnost k přísuškům v mladších porostech a dlouhodobějšímu suchu v porostech dospělých (Urban et al. 2011). V zahraničí je často označována jako „suchý smrk“ nebo „smrk pro sucho“ (Podrázský et al. 2011). Může tedy být důležitou dřevinou při náhradě smrku ztepilého (*Picea abies*) ve stanovištně odpovídajících hospodářských lesích střední Evropy (Fischer et Neuwirth 2012, Kubeček et al. 2014, Novák et al. 2019, Podrázský 2016, Podrázský et al. 2016b, Remeš et al. 2020, Sergent et al. 2010, Vitali et al. 2017), pomoci tak zmírnit předpokládaný pokles nabídky jehličnatého dříví v blízké budoucnosti (Palátová et al. 2017, Podrázský et al. 2014a, Pulkrab et al. 2015) a zmírnit dopady současné situace na lesnický sektor (Riedl et al. 2019). V lesnickém provozu pak

zásadně chybí informace o možnostech hospodářského využití této dřeviny (Podrázský et al. 2013b), i když se první porostní výsadby uvádějí již v roce 1844 (Kantor et al. 2002).

Jak uvádí Vašíček (2014), douglaska zaujímá největší porostní plochu v 5. věkovém stupni, následuje 1. a 2. věkový stupeň. Největší zastoupení má pak v Jihočeském kraji. V porovnání celkového běžného přírůstu a celkového průměrného přírůstu douglasky a smrku ztepilého uvádí Vašíček (2014) jednoznačnou převahu douglasky.

Z těchto důvodů je komplexní posouzení role douglasky v lesních ekosystémech vysoce aktuální.

2. Cíle práce

- Zjištění, ve kterých souborech lesních typů dosahuje douglaska nejvyšší produkce.
- Porovnání produkce douglasky s ostatními hospodářskými dřevinami na stejných stanovištích.
- Zjištění, ve kterých souborech lesních typů douglaska ještě výrazně toleruje (a dosahuje vyšší produkce) nepříznivé vláhové poměry stanovišť.

Na základě analýzy literatury bylo možno formulovat hypotézy:

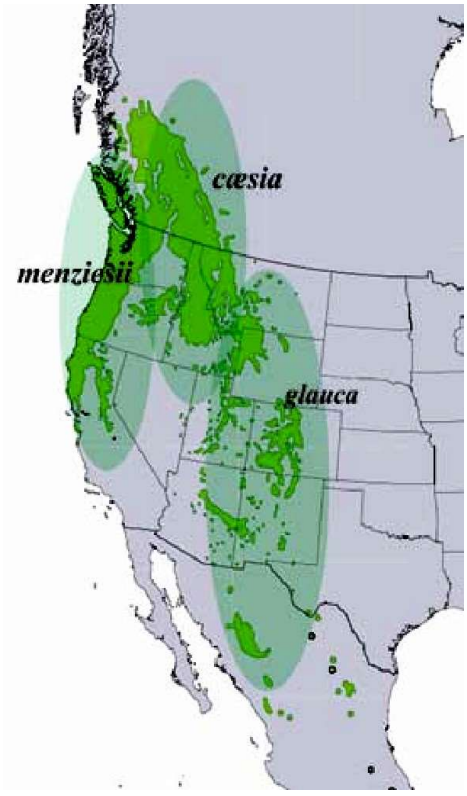
1. Douglaska tisolistá poskytuje výrazně vyšší produkci dřeva ve srovnání s domácími dřevinami na většině stanovišť, kde byla uplatněna.
2. Douglaska tisolistá bude vysokou produkci vykazovat na bohatších a vodou dobře zásobených stanovištích, relativní rozdíly vůči domácím dřevinám zde boudou vyšší.
3. Douglaska tisolistá ovlivňuje složení společenstev přízemní vegetace méně negativně než smrk ztepilý.
4. Douglaska tisolistá výrazně méně negativně reaguje na výkyvy klimatických podmínek, a tedy i na potenciální klimatickou změnu.

3. Rozbor problematiky

3.1 Rozšíření douglasky tisolisté

3.1.1 Původní rozšíření douglasky tisolisté

Douglaska je původní dřevinou pacifického pobřeží severoamerického kontinentu od Britské Kolumbie po Mexiko. Je považována za jednu z komerčně nejvýznamnějších dřevin světa s rozsáhlým přirozeným areálem v Severní Americe (Obr. 1) i s úspěšnými výsadbami po celém světě (Evropa, Argentina, Nový Zéland, Írán aj. – Kubeček et al. 2014). Američtí lesníci Burns et Honkala (1990) a Harlow et al. (1996) uvádějí douglasku jako jeden druh se dvěma varietami: *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii,* (douglaska zelená) rostoucí v pacifické příbřežní oblasti Skalistých hor (coastal Douglas-fir) a *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (douglaska sivá), rostoucí v horské oblasti vnitrozemské části Skalistých hor (inner Douglas-fir). Případně v oblasti plynulého přechodu obou variet rozlišují hybridní formu *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* f. *caesia* (douglaska modrá).



Obr. 1. Přirozený areál variet a formy druhu *Pseudotsuga menziesii* podle Burns et Honkala (1990) a Harlow et al. (1996). (zdroj: Pianka 2012)

Douglaska představuje případ jedné z nejúspěšnějších introdukcí v rámci světového lesnictví. Důvodem je její bezkonkurenční produkční potenciál a značná stabilita jejích porostů. Ve Spojených státech amerických roste douglaska na 14,3 milionech hektarů a v Kanadě na 4,5 milionech hektarech porostní půdy (Hermann et Lavender 1999).

Podle evropských a potažmo i českých taxonomů je druh *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco výhradně samostatným druhem a *Pseudotsuga glauca* Mayr zase též druhem samostatným (Musil et Hamerník 2007).

Musil et Hamerník (2007) uvádějí, že douglaska se přirozeně vyskytuje v pobřežní oblasti západní části Severní Ameriky, tj. západní okraj USA a jihozápadní část Kanady, kde směrem na východ vytváří různé stupně kříženců s *P. glauca* (Obr. 1). V severní části areálu roste od pobřeží do nadmořské výšky 760 až 1250 m. V jižní části pak od nadmořské výšky 240 m, ale nejvíce od 630 do 1830 m s malými místními přesahy až do 2300 m. Pobřežní část areálu má přímořské klima s mírnou, vlhkou zimou, s chladným relativně suchým létem. Teploty mají malou amplitudu. Mrazivé období je krátké. Bohaté srážky (i přes 2000 mm.rok^{-1}) jsou soustředěny na zimní měsíce. Ve východněji položeném Kaskádovém pohoří je již klima drsnější (Tab. 1).

Tab. 1. Klimatická data pro 5 podoblastí přirozeného výskytu douglasky tisolisté (zdroj: https://dendro.cnre.vt.edu/dendrology/USDAFSSilvic/105.pdf)

oblast	průměrná teplota		nemrazové období	průměrné srážky	
	červenec	leden		roční	sněhové
	°C	°C	dny	mm	cm
Severozápadní pacifická					
pobřežní	20 až 27	-2 až +3	195 až 260	760 až 3400	0 až 60
Kaskádové pohoří a Sierra Nevada	22 až 30	-9 až +3	80 až 180	610 až 3050	10 až 300
Skalisté hory					
severní	14 až 20	-7 až +3	60 až 120	560 až 1020	40 až 580
střední	14 až 21	-9 až -6	65 až 130	360 až 610	50 až 460
jižní	7 až 11	0 až +2	50 až 110	410 až 760	180 až 300

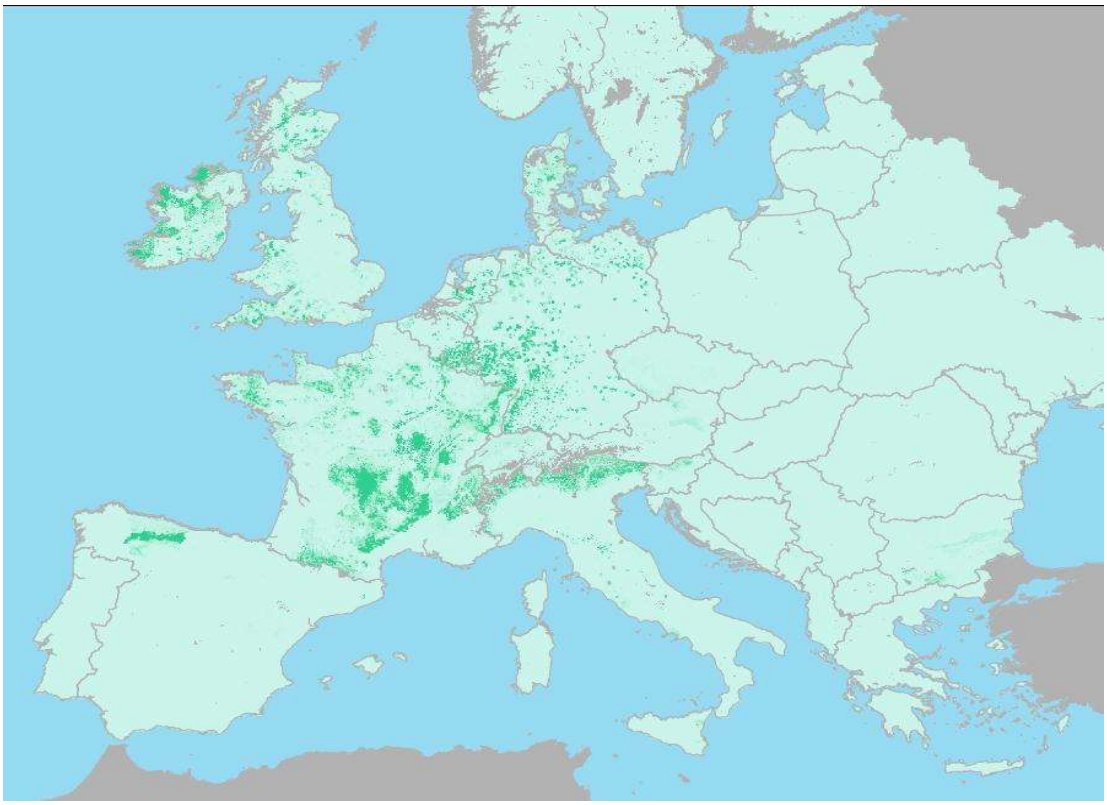
3.1.2 Introdukce do Evropy

Ještě v třetihorách patřila douglaska (rod) ke dřevinám vyskytujících se v Evropě. Nástupem doby ledové (čtvrtohor) patřila ke dřevinám, které z Evropy vymizely. V moderní době byly do Evropy první sazenice doglasky dovezeny Davidem Douglasem

v r. 1827 a vysazeny v parku Dropmore v Anglii, kde se nachází dodnes jako nejstarší exempláře v Evropě. Nejprve byla vysazována do alejí a koncem 19. století pak do lesních porostů. Prospívá díky své značné ekovalenci v nejrůznějším prostředí a tvoří zde stabilní porosty (Larson 2010).

Největší rozmach zalesňování douglaskou nastává v západní Evropě po 2. světové válce. 80 % z těchto výsadeb nalezneme ve třech zemích – Francie (polovina evropských výsadeb), Německo a Velká Británie (Da Ronch et al. 2016). Ve druhé polovině 20. století patří ve Francii k nejdůležitějším hospodářským dřevinám, využívaných k zalesňování a obnově lesa. Roste zde na více než 400 tis. ha s roční výsadbou kolem 5 mil. sazenic (Ferron et Douglas 2010).

Situace je podobná ve většině zemí západní Evropy. Dobré zkušenosti s ní a její značné využití je charakteristické pro již zmiňované Německo, dále Itálii, Belgii či Nizozemí. V Itálii je hlavně využíván její velký potenciál v produkci dřeva a toleranci k suchu (Castaldi et al. 2017). Na Britských ostrovech jsou pro ni jako pro dřevinu pacifického přímořského klimatu velmi dobré podmínky. V rámci Evropy dominuje Francie s 400 tisíci ha a Německo s 300 tisíci ha porostní půdy (Slodičák et al. 2014). Rozšíření douglasky na evropském kontinentu je znázorněno na Obr. 2.



Obr. 2. Rozšíření douglasky tisolisté v Evropě (zdroj: http://www.forestry.gov.uk/forestry/infd-8qnk35)

V roce 2018 rostla v Evropě na ploše 0,83 mil. hektarů (Brus et al. 2019). Rozsah vhodných lokalit se může v budoucnosti dokonce rozšířit, zejména v horských a podhorských oblastech (Pötzelsberger et al. 2019).

3.1.3 Situace v České republice

Zejména v minulém období a ze strany soukromých vlastníků byla douglasce věnována veliká pozornost také na území bývalého Československa. Podobně jako další introdukované dřeviny se především v posledních dekádách setkává s odporem orgánů ochrany přírody a environmentalistických organizací (Podrázský et al. 2009a, Podrázský et al. 2013b, Ťavoda 2007, Ťavoda et Lengyelová 1996).

V posledních desetiletích tedy klesaly roční výsadby douglasky, na druhé straně roste střední věk porostů a výrazně pak jejich zásoba (Kouba et Zahradník 2011, Podrázský et al. 2013c). V České republice tak v současné době (k 31. 12. 2020) dosahuje plocha porostů douglasky 6 893,42 ha (zdroj: https://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/Default.cshtml), na Slovensku zhruba 1200 ha (Chlepko et al. 1996) a další výsadby pak v menší míře probíhají každý rok. Zejména soukromí vlastníci pak v souvislosti se současnými problémy se smrkem ztepilým mají v posledních letech mimořádný zájem o výsadbu této dřeviny.

I v České republice a na Slovensku je tedy douglaska dlouhodobě považována za jednu z nejperspektivnějších dřevin (Hofman 1964, Mondek et Baláš 2019, Petráš et Mecko 2008, Podrázský et al. 2009a, Ťavoda 2007). Ve druhé polovině 20. století bylo ke studiu proměnlivosti této dřeviny založeno několik provenienčních pokusů, které prokázaly značný význam výběru místa původu a značnou endogenní variabilitu douglasky. Jsou potvrzeny regiony, odkud lze odebírat osivo z původního areálu s nejvyšší pravděpodobností úspěchu následných výsadeb (Beran 1993, 1995, Cafourek 2006, Hofman 1964, Kšír et al. 2015, Šika 1974, 1975, 1985, Šika et Heger 1972, Šika et Páv 1990, Ťavoda et Krajňáková 1993, Ťavoda et Lengyelová 1996). Úspěšná introdukce a šlechtění může pak na této bázi nadále pokračovat (Martiník et Palátová 2012).

Zhruba od počátku milénia opětovně roste zájem o douglasku z důvodu stabilizace lesních porostů a produkce cenného dříví. Tyto změny souvisí s vyšším zájmem o ekonomiku lesního hospodářství a dále s problémy, které se začínají projevovat v oblasti vitality a stability porostů smrku ztepilého zejména v nižších nadmořských výškách (Podrázský et al. 2013d). Pěstování smrku ztepilého je považováno za příčinu snížené stability lesních porostů a poklesu biodiverzity lesů ve značné části Evropy

(Augusto et al. 2003, Máliš et al. 2010), v případě sledovanosti rozdílů mezi přirozenými bukovými a smrkovými porosty (Vacek et Matějka 2010). Je doloženo, že vliv smrku ztepilého roste s dobou uplynulou od zavedení na nepůvodní stanoviště, tedy od doby změny druhové skladby (Hadač et Sofron 1980), a byl dokumentován v řadě českých a slovenských studií (Ambroz 1990, Poleno 2001, Šomšák 2003, Šomšák et Balkovič 2002). Náhrada dřevin přirozené druhové skladby smrkem ztepilým je rovněž považována za příčinu rozsáhlé acidifikace lesních půd (Oulehle et Hruška 2005). Z domácích pramenů pak shrnují problematiku douglasky v komplexnější podobě mezi mnoha jinými např. práce Kubeček et al. (2014), Mondek et Baláš (2019), Novák et al. (2018) a Slodičák et al. (2014).

3.2 Produkce douglasky tisolisté

Produkci dřevní hmoty douglasky byla vždy věnována největší pozornost. V současnosti se navazuje na starší práce. Ty dokladují vhodnost této dřeviny a její vysokou produkční schopnost (např. Beran et Šindelář 1996, Hofman 1964, Pagan 1999). Výrazné zvýšení produkce porostů zavedením douglasky do porostní směsi dokladují také studie novějšího data. Například Kantor et al. (2001a, 2001b) doložili ve smíšených porostech (douglaska, borovice lesní, modřín opadavý, dub letní, buk lesní, habr obecný, lípa srdčitá) středního věku (68 let) dominantní produkční postavení douglasky. V tomto věku činil objem jednotlivých stromů až 2,9 m^3, ve věku 100 let lze očekávat objem jednoho stromu až 6 m^3. Příměs douglasky v porostních směsích autoři doporučují ve výši 10-30 %.

Kantor (2008) provedl na živných stanovištích ŠLP Mendelovy univerzity ve Křtinách podrobnou růstovu analýzu 29 smíšených porostů ve věku 85 až 136 let. V jednotlivých porostech s jednoznačnou převahou douglasky studoval parametry 10 nejvzrostlejších jedinců douglasky a smrku ztepilého. Při stanovení objemu jednotlivých stromů dosahovala douglaska dvou až třínásobného objemu. V jednom případě dosáhl střední objem 10 nejvzrostlejších jedinců v porostu hodnoty 9,12 m^3 u douglasky, 3,17 m^3 u smrku ztepilého a 3,70 m^3 u modřínu opadavého. Pomocí letokruhové analýzy stanovil roční objemový přírůst jednoho jedince douglasky ve výši 0,12 až 0,16 m^3. To může znamenat přírůst u jedince až 1,5 m^3 během jednoho decennia.

Pomocí stejné metodiky byla na stejném pracovišti analyzována produkční schopnost douglasky na kyselých stanovištích ŠP Vyšší odborné školy lesnické a Střední

lesnické školy Bedřicha Schwarzenberga Písek v Hůrkách (Kantor et Mareš 2009). Studováno bylo celkem 17 smíšených porostů s výrazným zastoupením douglasky ve věku 88 až 121 let. V jednotlivých porostech studovali opět parametry 10 nejvzrostlejších jedinců douglasky, smrku ztepilého, borovice lesní a modřínu opadavého. Opět byl jednoznačně prokázán nejvyšší produkční potenciál u douglasky, jak již prokázal Kantor (2008). V jednom případě dosáhl střední objem 10 nejvzrostlejších jedinců v porostu hodnoty 6,30 m^3 u douglasky, 1,93 m^3 u smrku ztepilého a 2,25 m^3 u modřínu opadavého. Pomocí letokruhové analýzy stanovili autoři roční objemový přírůst jednoho jedince douglasky ve výši 0,06 až 0,10 m^3.

Martiník et Kantor (2007, 2009) analyzovali na bohatých stanovištích ŠLP Mendelovy univerzity ve Křtinách nadzemní biomasu douglasky ve dvou porostech středního věku (69 a 75 let). V prvním případě pouze z hlediska množství biomasy, ve druhém případě také z hlediska obsahu živin. Dokládají vysoký význam pozice stromu v porostní struktuře pro růstové parametry, utváření asimilačního aparátu a poutání živin nadzemními složkami biomasy. Za výrazné riziko při pěstování douglasky považují její vysokou schopnost čerpat živiny z půdního prostředí. To může v konečném důsledku vést až k ochuzení stanoviště. Jako prevenci doporučují pěstovat douglasku ve směsi se stanovištně původními dřevinami a s ponecháním maxima nevyužitelné biomasy po těžbě na místě.

Vysoký produkční potenciál douglasky byl doložen i na území ŠLP České zemědělské univerzity v Kostelci nad Černými lesy. Tato dřevina je zde vysazována od 80. let 19. století. V současné době zde dosahuje porostní plochy zhruba 10,5 ha. Nejstarší studovaný porost se nachází v nadmořské výšce 410 m, průměrný roční úhrn srážek činí 650 mm a průměrná roční teplota 8 ºC. Porostní zásoba byla stanovena ve věku 97 let. Dle poměru douglasky a smrku ztepilého v zastoupení se pohybovala zásoba porostu na trvalých výzkumných plochách mezi 830 až 1030 $m^3\ ha^{-1}$. Douglaska zde představovala 14-30 % počtu zastoupení jedinců, 32,4-42,4 % výčetní kruhové základny a 36,6 až 58,3 % zásoby. Počet jedinců zmlazení douglasky po chemické přípravě půdy dosahoval 16-31 tis. jedinců na 1 ha. Toto zmlazení v dosud zapojeném porostu s výraznou příměsí smrku ztepilého však rychle mizí (Remeš et al. 2006, 2010).

Další lokalita na území ŠLP České zemědělské univerzity v Kostelci nad Černými lesy reprezentuje změnu porostu od stanovištně původních dřevin (dub letní, habr obecný, lípa srdčitá) ve věku 69 let k monokulturám smrku ztepilého (61 let) a douglasky (45 let). Tato lokalita se nachází v nadmořské výšce 420 m, průměrný roční úhrn srážek činí

550-650 mm a průměrná roční teplota 8,5 ºC. Stanoviště lze charakterizovat souborem lesních typů 3K (kyselá dubobučina – *Querceto-Fagetum acidophylum*), půdním typem jsou luvizemě. Zásoba zde dosahuje hodnoty 266 m^3 ha^{-1} u listnáčů, 507 m^3 ha^{-1} u smrku ztepilého a u nejmladší douglasky 579 m^3 ha^{-1}. Průměrný roční přírůst byl stanoven na 4,43 m^3 ha^{-1} rok^{-1} pro listnáče, 8,45 m^3 ha^{-1} rok^{-1} pro smrk ztepilý a 12,87 m^3 ha^{-1} rok^{-1} pro douglasku (Podrázský et al. 2009a, Podrázský et Remeš 2010).

Zatím poslední zveřejněná studie na území ŠLP České zemědělské univerzity v Kostelci nad Černými lesy dokládá produkční a půdotvornou funkci porostů různých dřevin na zalesněné zemědělské půdě. Byla srovnávána zásoba porostů smrku ztepilého, borovice lesní, břízy bělokoré a douglasky ve věku 39 let. Tato lokalita se nachází v nadmořské výšce 430 m, průměrný roční úhrn srážek činí 600 mm a průměrná roční teplota 7,5 ºC. Půdním typem je oglejená luvizem až pseudoglej. Zde dosáhly hodnoty středních kmenů u borovice lesní výšky 20,6 m a výčetní tloušťky 19,5 cm, analogicky u smrku ztepilého 20,1 m a 19,5 cm, u břízy bělokoré 24 m a 21,4 cm a u douglasky 21,6 m a 23,8 cm, což při počtu kmenů 1408, 1157, 440 a 928 ks/ha činilo 352,1; 349,4; 157,1 a u douglasky 438,6 m^3 ha^{-1}, která tak představovala jednoznačně nejproduktivnější dřevinu v daných poměrech (Podrázský et al. 2009a, 2009b, 2010).

Dále například Bartoš et Kacálek (2011) doložili na různých lokalitách Podorlicka, že při zalesňování zemědělských půd jednotlivými dřevinami je vždy potřeba respektovat vhodnost stanoviště. Prokázali, že v prvních letech po výsadbě je růst smrku ztepilého a douglasky téměř rovnocenný. Dle vlhkostních a obecně půdních podmínek může douglasku předrůstat modřín opadavý.

Prozatím ojedinělý je výzkum hodnotové produkce douglasky. V českém prostoru je zatím jedinou výraznější publikací práce Podrázský et al. (2013a). Hodnocena byla objemová a hodnotová produkce z údajů LHP na ŠP Vyšší odborné školy lesnické a Střední lesnické školy Bedřicha Schwarzenberga Písek v Hůrkách s platností 2010-2019. K analýze byly vybrány porosty na stanovišti charakterizovaném souborem lesních typů 3K (kyselá dubobučina – *Querceto-Fagetum acidophylum*). Celkem bylo takto analyzováno 372 porostních skupin: 92 skupin se zastoupením douglasky ve věku 30-124 let, 130 skupin se zastoupením buku lesního ve věku 30 - 160 let, 164 skupin se zastoupením dubů (nerozlišen druh) ve věku 34-160 let a 120 skupin se zastoupením modřínu opadavého ve věku 32-160 let. Porostní zásoba analyzovaných dřevin byla přepočítána na hodnotu při plném zakmenění na ploše jednoho hektaru. Ke studiu průběhu produkčních parametrů byla využita Korfova funkce (Korf 1939). V době

kulminace byl běžný hodnotový přírůst douglasky roven hodnotě 26 622 Kč ha^{-1} rok^{-1}, dubu 19 926 Kč ha^{-1} rok^{-1}, smrku ztepilého 19 494 Kč ha^{-1} rok^{-1}, modřínu opadavého 14 427 Kč ha^{-1} rok^{-1} a buku lesního 9 360 Kč ha^{-1} rok^{-1}. Průměrný hodnotový přírůst byl pro jednotlivé dřeviny stanoven ve výši: pro douglasku 13 098 Kč ha^{-1} rok^{-1}, pro smrk ztepilý 10 698 Kč ha^{-1} rok^{-1}, pro modřín opadavý 7 831 Kč ha^{-1} rok^{-1}, pro duby 7 751 Kč ha^{-1} rok^{-1} a pro buk lesní 5 293 Kč ha^{-1} rok^{-1}. Kvůli nedostatku reálných dat (např. ceny sortimentů douglasky byly počítány dle cen smrku ztepilého) byla produkce douglasky podceněna. Přesto při srovnání s ostatními sledovanými dřevinami byla objemová i hodnotová produkce výrazně vyšší. Vyšší potenciální hodnotová produkce byla doložena také u mýtně zralých porostů (Remeš et al. 2010). Smrk ztepilý zde dosahoval úrovně zhruba 70 % hodnotové produkce douglasky.

Výrazně vyšší hodnotová produkce douglasky než u jiných sledovaných dřevin byla také v porostech středního věku. V již výše zmiňovaném porostu (Podrázský et al. 2009a, Podrázský et Remeš 2010) uvádějí Remeš et al. (2010) průměrný roční hodnotový přírůst u smrku ztepilého 66 % a u smíšeného porostu listnáčů 34 % vzhledem k hodnotové produkci douglasky.

Studie, které porovnávají produkci douglasky s hlavními dřevinami, dokládají, že při zavádění této dřeviny do porostních směsí dochází k podstatnému zvýšení produkční funkce lesních porostů. Významně se navyšuje nejen objemová, ale i hodnotová produkce, a to také při srovnání s naší nejvýznamnější domácí hospodářskou dřevinou, smrkem ztepilým. Schelhaas (2008) uvádí, že použití směsí douglasky a buku lesního změnilo konkurenční tlak na douglasku, a tedy i poměr výšky k tloušťce a riziko větrných škod. Výsledky této studie naznačují, že současný trend k více přírodě orientovanému řízení by mohl vést nejen ke snížení větrných kalamit, ale také ke zvýšení celkové produkce.

Pokud hodnotíme produkční funkci douglasky, je potřeba uvažovat rozdíly mezi jednotlivými dřevinami, které se mohou významně lišit, hodnotíme-li jednotlivé stromy, například nejvzrostlejší, nebo celé porosty (Koudela 2013). Při této studii, která hodnotila parametry douglasky a smrku ztepilého na souboru všech porostů daných dřevin na území ŠLP České zemědělské univerzity v Kostelci nad Černými lesy na různých stanovištích (vodou ovlivněná, kyselá, svěží a bohatá) byly dosaženy výsledky uvedené v Tab. 2:

Tab. 2. Parametry jednotlivých stromů a porostů DG a SM na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy ve věku 100 let (Koudela 2013)

Stanoviště / počet porostů	Výčetní tloušťka [cm]		Výška [m]		Průměrná hmotnatost [m^3]		Zásoba porostu [m^3 ha^{-1}]	
	DG	**SM**	**DG**	**SM**	**DG**	**SM**	**DG**	**SM**
Vodou ovlivněná / DG 14, SM 359	53,0	33,0	39,4	28,9	3,57	1,13	893,7	653,5
[%]	*160*	*100*	*136*	*100*	*316*	*100*	*150*	*100*
Kyselá / DG 17, SM 658	47,4	32,7	32,0	28,0	2,50	1,10	698,6	631,0
[%]	*145*	*100*	*114*	*100*	*227*	*100*	*111*	*100*
Svěží a bohatá / DG 46, SM 987	50,1	35,3	34,5	29,3	3,20	1,40	768,8	669,8
[%]	*142*	*100*	*162*	*100*	*229*	*100*	*115*	*100*

Z výše uvedené tabulky je patrné, že největší nepoměr mezi objemem středního kmene a zásobou porostu v porovnání se smrkem ztepilým je na vodou ovlivněných stanovištích. Objem středního kmene douglasky dosahuje 316 % a zásoba porostu vychází na 150 % hodnot smrku ztepilého. Důvodem je, že douglaskové porosty mají nižší hustotu, větší světlost a vyrovnanější produkci na jednotku plochy korunových projekcí. V douglaskových porostech tato skutečnost ještě navyšuje význam volby vhodné příměsi a určení optimálního stupně smíšení.

Také z práce Petráš et Mecko (2008) vyplývá veliký význam vhodné směsi, aby byl plně využit pěstební potenciál douglasky. Hodnotili objemovou i hodnotovou produkci čistých porostů jednotlivých dřevin při srovnatelných bonitních ukazatelích na základě modelů růstových tabulek.

Z výše provedených analýz vyplývá vyšší objemový i hodnotový produkční potenciál douglasky při porovnání s jinými dřevinami na stejném stanovišti ve srovnatelném věku. Tento potenciál může být ještě zvýšen pěstováním douglasky ve vhodné směsi. Z hlediska objemové i hodnotové produkce má pěstování douglasky značný přínos.

3.3 Využití dřeva douglasky tisolisté

Douglaska je jedním z nejcennějších a nejdůležitějších druhů pro produkci dřevní hmoty ve světě. Kombinace vysoce kvalitního dřeva s vysokou produkcí ji řadí na vrchol světové produkce (Perić et al. 2011).

Při pěstování douglasky je jedním z problémových aspektů, stejně jako u jiných introdukovaných dřevin, využitelnost dřevní suroviny a její uplatnění na trhu. Přitom se jedná o kvalitní a všestranně upotřebitelné jádrové dřevo (Zeidler 2013). Běl je poměrně úzká, má bělavou až světle žlutou barvu. Barva jádra je velmi variabilní, od žlutohnědé až po červenou. Závisí na stanovišti a rychlosti růstu (Bormann 1984, Wagenführ 2004, Wiemann 2010). Letokruhy jsou výrazné, přechod z jarního do letního dřeva je náhlý (Panshin et De Zeeuw 1980). Dřevo je pevné, středně tvrdé a houževnaté. Dobře se suší a opracovává. Je středně odolné proti hnilobám, ale špatně se impregnuje (Bormann 1984). Využívá se při výrobě řeziva, překližek a vlákniny. Jedná se o vynikající dřevo stavební a konstrukční (Alden 1997; Bormann 1984). Je považováno za výborný materiál pro výrobu lepených nosníků (Rendle 1969). Ve Spojených státech amerických je douglaska nejdůležitější dřevinou pro výrobu řeziva (Bormann 1984).

Výrazně odlišná je situace v České republice a na Slovensku. Na západ od našich hranic je douglaska vysoce hodnocena (Thomas et al. 2022). Ceny tohoto dřeva jsou přinejmenším na úrovni smrku ztepilého či modřínu opadavého. Naši producenti, kteří mají napojení na německý či rakouský trh, této skutečnosti využívají (Podrázský et al. 2013a). Ostatní vlastníci lesa v České republice mají veliké potíže s odbytem a často je douglaskové dříví prodáváno hluboko pod cenou, která je běžná v jiných evropských zemích. Na Slovensku je situace obdobná. Poptávka je prakticky nulová a vypěstované douglaskové dříví ve slovenských lesích se většinou exportuje (Šmidriak 2010).

Tuto situaci velice zhoršuje neschopnost adaptace dřevozpracujícího průmyslu. Větší část produkce českých lesů je pak exportována do zahraničí bez jakéhokoliv pokusu o zpracování. Tato situace se mění pouze velmi pomalu. Je nutné zmínit, že douglaskové dříví je po stránce mechanického a chemického zpracování a následného využití srovnatelné s dřívím bežných jehličnanů, toto potvrzují i evropské prameny. Například podle Riegler (2008) překonává douglaska svojí kvalitou a upotřebitelností smrk ztepilý. Částečná náhrada smrku ztepilého douglaskou by tak z pohledu zpracování a využití dřeva neměla být významným problémem. Naopak by mohla být příležitostí a přínosem.

3.4 Vliv douglasky tisolisté na půdu

Douglaska má vyšší nároky na půdní živiny, ale také má příznivější rozklad a transformaci opadu zejména ve srovnání se smrkem ztepilým (Thomas et al. 2022). Tuto skutečnost prokázaly již první studie Podrázský et al. (2001a, 2001b, 2002), které se

zabývaly vlivem douglasky na půdní prostředí. Studie probíhaly na stanovištích charakterizovaných soubory lesních typů 3K (kyselá dubobučina – *Querceto-Fagetum acidophylum*) a 3S (svěží dubobučina – *Querceto-Fagetum oligo-mesotrophicum*) na území ŠLP České zemědělské univerzity v Kostelci nad Černými lesy. Při porovnání s přirozenou druhovou skladbou (dub letní, habr obecný, lípa srdčitá) probíhá u douglasky výraznější akumulace humusu s vyššími charakteristikami půdní acidity. Ale při porovnání se smrkovými porosty na stejném stanovišti byl vliv na stav lesních půd, zejména humusových forem, značně příznivější.

Podobné závěry publikoval i Martiník (2003). Na území ŠLP Mendelovy univerzity ve Křtinách studoval 73letý smíšený porost na SLT 3B. (bohatá dubobučina – *Querceto-Fagetum trophicum*). V závislosti na zastoupení douglasky v porostní směsi byla sledována minerální výživa a pedochemické vlastnosti. Se zvyšujícím se podílem douglasky v listnaté porostní směsi dochází ke změnám půdních vlastností. Dochází zejména ke snížení obsahu bazických kationtů (Ca, Mg) v A horizontu. Jedná se o důsledek intenzivního přírůstu porostu, který tak poutá značné množství živin v biomase. Dle evropských standardů se minerální výživa blížila optimu. Autor tak doporučuje v lesních porostech individuální až skupinovitou příměs douglasky.

Menšík et al. (2009) studovali lesní porosty na území ŠP Vyšší odborné školy lesnické a Střední lesnické školy Bedřicha Schwarzenberga Písek v Hůrkách a ŠLP Mendelovy univerzity ve Křtinách. Porovnávali stav půd na kyselých (SLT 3K kyselá dubobučina - kyselá dubobučina – *Querceto-Fagetum acidophylum*) a středně bohatých (SLT 4H hlinitá dubobučina – *Querceto-Fagetum illimerosum trophicum*) stanovištích ve smíšeném porostu smrku ztepilého a buku lesního a v porostech smrku ztepilého a douglasky. Porosty douglasky akumulovaly 25,0 t ha^{-1} nadložního humusu a porosty smrku ztepilého 79,4-79,6 t ha^{-1}. Při porovnání jednotlivých dřevin na stejných stanovištích tak byly v holoorganických i organominerálních horizontech douglaskových porostů hodnoty půdní reakce příznivější. Hodnoty C/N byly douglaskou také ovlivněny příznivě.

Ve výše popisovaném porostu na území ŠLP České zemědělské univerzity v Kostelci nad Černými lesy (např. Podrázský et al. 2010) byly rovněž doloženy příznivé účinky douglasky ve srovnání se smrkem ztepilým (Podrázský et Remeš 2005, 2008). V profilu humusových forem byla značně příznivější půdní reakce, charakteristiky půdního sorpčního komplexu a dynamika půdní organické hmoty a dusíku. Vliv douglasky byl méně příznivý při porovnání s listnatými porosty, naopak výrazně

příznivější při porovnání se smrkem ztepilým, účinkům jedle obrovské se blížil. Zdá se však, že účinky jedle obrovské jsou příznivější při porovnání s douglaskou (Podrázský et al. 2016a).

Stejné problematice související s pěstováním douglasky ve směsích se věnují i Cremer et Prietzel (2017), kteří uvádějí, že ve srovnání s čistými jehličnatými porosty by smíšené porosty mohly udržet úrodnost, zmírnit okyselování půdy, vyluhování živin a současně snížit vyčerpání půdních bazických kationtů.

Douglaska výrazně působí z hlediska půdního chemizmu na stav humusových forem také na zalesněné zemědělské půdě. Toto bylo doloženo v pracích Podrázský et al. (2009a, 2009b, 2010). Byly porovnávány humusové formy v 39 let starých porostech douglasky, smrku ztepilého, borovice lesní a břízy bělokoré s mýtným lesem borovice lesní a smrku ztepilého na trvale zalesněné půdě a se sousedním polem. Prokázalo se, že nejvíce příznivé ukazatele půdního chemizmu (pH, obsah bází nasycení sorpčního komplexu bázemi, kationtová výměnná acidita, hydrolytická acidita) byly právě v porostu douglasky. Z důvodu intenzivně rostoucí douglasky se projevil pokles u obsahu přístupného fosforu. V březovém porostu se do té doby nadložní humus nevytvořil a od půdního prostředí sousedního pole se nejméně lišil. V porovnání s mýtným jehličnatým lesem byl ve všech porostech na bývalé zemědělské půdě mnohem příznivější stav. Při porovnání s ostatními jehličnany tak lze douglasku z hlediska působení na půdu hodnotit jako méně acidifikující. Podobně jako u buku lesního a jiných melioračních listnáčů je meliorační působení spojeno s vyšším odběrem živin, ale i návratem ve formě opadu. Pouze je-li nějaká živina v kritickém nedostatku, může být trvale fixována v biomase. Tyto toky však nejsou kvantifikované, pouze existují nástroje – modelování akumulace jednotlivých prvků v biomase porostu v kombinaci např. s modelem MAGIC (Zetterberg et al. 2016).

Podrázský et Kupka (2011) studovali ve stejných porostech stav pedofyzikálních charakteristik horizontu A. Doložili, že dřevinná skladba, těžba porostu, nebo zalesnění zemědělské půdy má určitý vliv na hydrofyzikální charakteristiky lesních půd. Zalesněním zemědělských půd dochází k významnému snížení objemové hmotnosti půdy a měrné hmotnosti půdy, ale také nopak k významnému zvýšení pórovitosti a provzdušněnosti. Pravděpodobným důvodem je aktivita kořenových systémů a edafonu, mísení organické a minerální půdy. Výrazně opačným trendem působí těžba v porostech. Ze sledovaných dřevin vykazovala nejméně výrazné vlivy douglaska. Toto je dáno jejím intenzivním růstem (vysoké nároky na živiny a vodu) a rychlostí rozkladu jejího opadu.

Zalesnění tedy přispívá k lepší retenci krajiny, naopak lesnická opatření zřejmě výrazným způsobem neohrožují retenci lesních půd. Pokud u douglasky zanedbáme vyšší nároky na vodu z hlediska transpirace, tak jejím pěstováním ve vhodně zvolené směsi významně neovlivníme vodní režim lesních půd.

Ve větším krajinném měřítku má aktuální dřevinná skladba lesních porostů (BO, DG, JD, BK, DB) menší vliv na stav půd a přízemní vegetaci než geografické a geologické podmínky a lesnická opatření, výjimkou je pouze smrk ztepilý, který má na stanoviště výraznější vliv (Augusto et al. 2003). Většina studií je zaměřena na jednotlivé lokality a zvýrazňuje se tak vliv jednotlivých dřevin. Jednoznačně ale doložily, že douglaska při porovnání s dominantně obnovovanými jehličnany, zejména se smrkem ztepilým, působí na půdní vlastnosti velice příznivě. Vitorri-Antisari et al. (2014) dokonce uvádějí, že v severních Apeninách v nadmořské výšce 1028 m dospělá výsadba douglasky zlepšuje podmínky organického C a P v opadu oproti přirozené bučině. Při pěstování douglasky je však kladen důraz na pěstování ve smíšených porostech s původními druhy stromů (Podrázský et al. 2015). Tímto způsobem lze významně omezit její potenciál ke zvýšení mobilních hladin dusíku v půdě (Podrázský et al. 2014b, 2020, Zeller et al. 2010) a s přihlédnutím k podmínkám jednotlivých lokalit lze předpokládat udržení půdních vlastností na relativně příznivé úrovni.

3.5 Vliv douglasky tisolisté na prostředí a biodiverzitu

V našich podmínkách je zatím relativně málo údajů, které se týkají vlivu douglasky na ostatní složky prostředí a biodiverzitu lesních ekosystémů. Například Podrázský et al. (2011) studovali na souboru 44 ploch na různých stanovištích s různým druhovým složením dřevin (včetně douglasky) složení přízemní vegetace. Při porovnání s jinými dřevinami, zejména se smrkem ztepilým, bylo v porostech douglasky prokázáno sice nevýznamné, ale již patrné navýšení počtu druhů. Především s ohledem na hladinu dusíku v půdě, došlo současně k posunu společenstev směrem k bohatším stanovištím. Toto koresponduje s výsledky ze zahraničí (např. Augusto et al. 2003). Také další publikované výsledky šetření, na podstatně větším souboru ploch (přes 100), dokládají podobné poznatky (Matějka et al. 2015, Podrázský et al. 2014b, Viewegh et al. 2014).

Výsledky šetření ve všech studiích dokládají vliv douglasky, který je mnohem méně výrazný a odchylující fytocenózy od přirozeného stavu, než je tomu v případě smrku

ztepilého. Z hlediska vlivu na biodiverzitu přízemní vegetace je tak douglaska k prostředí výrazně šetrnější.

U douglasky se jeví jako důležitá také další funkce. Jedná se o podporu statické stability lesních porostů. Na živných stanovištích ŠLP Mendelovy univerzity ve Křtinách studovali Mauer et Palátová (2012) vývoj kořenových systémů v porostech ve věku 10, 20, 30, 60 a 80 let. Potvrdili, že k vývoji kompaktního kořenového systému, který zajišťuje značnou stabilitu jedinců, dochází již od mladého věku. Také Mauer et Vaněk (2014) analyzovali architekturu a zdravotní stav kořenového systému douglasky. Uvádějí, že douglaska má možnost čerpat vodu z hlubokých půdních horizontů a nekonkurovat tak jiným vedle stojícím dřevinám. Doporučují uplatnění této dřeviny jako meliorační a zpevňující od 2. do 7. lesního vegetačního stupně. Též ukazují, že nejsou rozdíly mezi kořenovými systémy douglasek z přirozené a umělé obnovy. Douglaska tak může být pro lesní porosty významným stabilizačním prvkem. Toto potvrzují také zahraniční prameny (Sergent et al. 2010). Při významnějším zavádění douglasky do lesních porostů však zůstává riziko, které souvisí s přirozenou dynamikou douglaskových porostů a jejích společenstev, a sice zvýšená míra nitrifikace a potenciální ztráty dusíku především v čistých porostech (Zeller et al. 2010). Nitrifikací zde není myšleno obohacení půdy dusíkem, nýbrž bakteriálně řízený proces transformace amoniakální formy dusíku na nitrátovou, který douglaska nepřímo dynamikou svého opadu a možná i přímo bakteriálními symbionty podporuje.

Douglaska má také vysoký potenciál dlouhodobého vlivu na ekosystémy z hlediska přirozené obnovy. K jejímu masivnímu zmlazování dochází na kyselých stanovištích, které je pro následnou obnovu porostů bez problémů využitelné (Bušina 2007, Kantor et al. 2010). Problémy s konkurencí buřeně mohou nastat na živinově bohatších stanovištích (Hart et al. 2010). Douglaska je schopna se zmladit i na otevřených skalách s mělkou půdou a na okrajích lesních cest (Knoerzer 1999). Kramer et al. (2006) obecně docházejí k závěru, že při nízkých až velmi vysokých stavech spárkaté zvěře jsou poměrně malé rozdíly ve vlivu na zmlazení douglasky.

Douglasku lze bez větších problémů začlenit do systémů podrostního hospodářství a úspěšně pěstovat z přirozeného zmlazení při využití vhodných pěstebních zásahů (Eberhard et Hasenauer 2018). V evropském kontextu je tato schopnost douglasky uváděna jako invazivnost (Carrillo-Gavilán et al. 2012, Tschopp et al. 2015) a tak je douglaska řazena i mezi invazní nepůvodní druhy. Danihelka et al. (2012) uvádějí tento druh jako naturalizovaný neofyt. Je ale nutno zdůraznit, že tato vlastnost douglasky není

na většině stanovišť skutečným problémem. V současné době douglaska v Evropě nevykazuje invazní charakter (Pötzelsberger et al. 2020). Není také uvedena v seznamu invazních dřevin České republiky (Pergl et al. 2016, Pyšek et al. 2012). Problém může nastat v případě neobhospodařovaných lesů s minimální pěstební péčí, tedy především v chráněných územích. Tam douglaska opravdu není žádoucím druhem a musí být lesnickými zásahy odstraňována. V hospodářských lesích ale tato schopnost problémem nebude, to je nutno opakovaně zdůrazňovat. Stejně jako u jiných introdukovaných dřevin se doporučuje pěstovat je s opatrností, pokud jde o zájmy ochrany přírody (Brundu et al. 2020, Kuneš et al. 2019).

3.6 Reprodukční zdroje douglasky tisolisté

Vhodnost různých způsobů předosevní přípravy osiva douglasky studovali Martiník et Palátová (2012). Porovnávali 7 oddílů sivé varianty (*Pseudotsuga glauca*) a 7 oddílů varianty zelené (*Pseudotsuga menziesii*). Pro maximální využití zdrojů osiva prokázali vhodnost, nezbytnost a upotřebitelnost různých způsobů předosevní přípravy. Prokázali rovněž rozdíly mezi proveniencemi. Při další introdukci z oblastí svého původního rozšíření musí být tyto rozdíly respektovány (Mauer et al. 2014).

Do budoucna bude při zvýšeném zájmu nutné přehodnotit i získávání reprodukčního materiálu douglasky. Jednou z cest je tedy dovoz osiva z oblastí původního rozšíření, další možností je jeho získání v evropských oblastech s intenzivním pěstováním této dřeviny. K ověření první zmíněné cesty slouží vyhodnocení našich stávajících provenienčních ploch, vesměs ve správě Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM, v.v.i.). Výsledky jak starších (Hofman 1964, Šika 1974, 1975), tak i novějších studií (Kšír et al. 2015) dokládají jako nejvhodnější k introdukci do našich lesů provenienční oblast pacifického pobřeží, region Vancouveru a území Britské Kolumbie, z nižších poloh s mírným podnebím. Dovoz z této oblasti je při dodržování schválených zásad určitě možný.

Problematičtější bude dovoz materiálu ze západní Evropy, kdy hrozí zavlečení chorob a škůdců, především tzv. sypavek, které byly do západní Evropy zavlečeny právě introdukcí z Ameriky. Ty představují v této oblasti značný problém a bylo by naprosto zbytečné ohrozit domácí populace této dřeviny. Zdravotní stav a vitalita je v mladších porostech v poslední době zhoršována zvýšeným výskytem skotské (*Rhabdocline pseudotsugae*) a švýcarské (*Pheaocryptopus gaeumannii*) sypavky, a to především

ve směsi se smrkem ztepilým (Půbalová et Holkup 2015). Jankovský et al. (2014) upozorňují, že před jakýmkoliv použitím sadebního materiálu je nutno provést testování na citlivost vůči švýcarské sypavce. Rozhodně stojí za úvahu využít domácí populace, rostoucí již jedno století v našich podmínkách, které již prošly určitým tlakem našeho prostředí a tedy selekcí, a vykazují mimořádně dobrý stav a růst. I když se uvádí, že kvalita přímo získaného materiálu nebývá dobrá, stačí na úspěšnou přirozenou obnovu a stálo by za to rozvíjet programy na získávání reprodukčního materiálu jak generativního, tak i vegetativního původu.

3.7 Použití douglasky tisolisté v souvislosti s klimatickými změnami

Růst douglasky ovlivňuje klima, režim půdní vlhkosti a stav živin v půdě (Eckhart et al. 2019). V původním areálu svého rozšíření bylo prokázáno, že snížená dostupnost vody limituje její růst více než teplota nebo délka vegetačního období (Littell et al. 2008). Na druhou stranu na těžkých půdách s vyšším obsahem vody vykazuje nižší úspěšnost růstu (Perić et al. 2011). Významnou redukci přírůstu a projevy chřadnutí spojené s půdním vláhovým deficitem dokládá také studie Sergent et al. (2014).

Domácí i zahraniční zdroje potvrdily vyšší odolnost vůči suchu a lepší využívání dostupné půdní vody (např. Eilmann et Rigling 2010, Nadezhdina et al. 2014, Thomas et. al 2022, Urban et al. 2009, 2011). Douglaska čerpá vodu z hlubších půdních vrstev mnohem efektivněji než smrk ztepilý a transponuje více vody během suchých období (Šach et al. 2019, Thomas et al. 2022). Martinez-Meier et al. (2008) provedli genetickou kontrolu růstu letokruhů douglasky v reakci na sucho a vlny horka, ke kterým došlo v Evropě v roce 2003. Douglaska se zdála být dostatečně plastická, aby se aklimatizovala na sucho a vlnu horka, a tak se během roku 2004 zvládla zotavit. Navíc úroveň odhadnuté dědičnosti ukazuje, že douglaska má schopnost adaptace, která by mohla být užitečná po více generací.

Vlny veder a sucha budou v budoucnu v naší zeměpisné šířce stále častější a intenzivnější (Giorgi et Coppola 2007, Macků et Kosová 2020, Schär et al. 2004). Změna klimatu ve střední Evropě může být spojena s akutním stresem, který může výrazně snížit růst a vitalitu lesních stromů a celých porostů. U stromů, jako je douglaska, pěstovaná v Evropě, daleko od jejího přirozeného areálu, je s ohledem na měnící se klima pro její pěstování klíčové chování pod vlivem stresu (Rais et al. 2014). Douglaska je považována

za slibný druh k udržení produkce středoevropských nížinných lesů vzhledem k předpokládanému nárůstu dlouhých suchých období (Moser et al. 2016), na témže se shodují i Eilmann et al. (2013), Giorgi et Coppola (2007), Jansen et al. (2014), Neophytou et al. (2016) a Schär et al. (2004). Důsledky změny klimatu v blízké budoucnosti závažně ovlivní lesní ekosystémy (George et al. 2019) a na místě je přijetí řady adaptačních opatření, kam, v minoritním rozsahu, patří i využití introdukovaných dřevin a pak tzv. asistovaná migrace (Gömöry et al. 2020, Nadezhdina et al. 2014).

Ve srovnání s domácími dřevinami má douglaska velký potenciál vyrovnat se s předpokládanými klimatickými změnami, zejména na místech, kde buk lesní a smrk ztepilý již trpí narůstajícím suchem. Mohla by nahradit smrk ztepilý ve smíšených bukových porostech (Fischer et Neuwirth 2012). Smíšený les douglasky a buku lesního byl navržen jako jeden z možných budoucích druhů lesů v severozápadní Evropě, ale účinky tohoto smíšeného lesa na vlastnosti půdy ve vztahu k monokulturním porostům (výše jmenovaných dřevin) nejsou známy (Dawud et al. 2017). Thurm et Pretzsch (2016) dokonce uvádí, že směs douglasky a buku lesního má skutečný potenciál stát se nejprodukčnějším lesním společenstvem střední Evropy.

Naléhavým úkolem pro předvídané změny klimatu je zlepšení našeho chápání potenciálu adaptace lesa. Pro citlivé, ale ekonomicky významné druhy dřevin, jako je smrk ztepilý, jsou zapotřebí dlouhodobé předpovědi, pokud se bude frekvence a intenzita letního sucha nadále zvyšovat. Růst smrku ztepilého v nižších a středních nadmořských výškách je během probíhající změny klimatu silně ohrožen (Vacek et al. 2019c). Ačkoli je douglaska uváděna jako druh odolný vůči suchu, naše chápání jejích růstových reakcí na extrémy sucha je stále omezené (Vitali et al. 2017). Doposud je tedy považována za dřevinu odolnou k působení klimatických faktorů. Výjimkou jsou poškození časnými a pozdními mrazy, které se vyskytují běžně ve středoevropském prostoru (Gallo et al. 2014, 2017). Na toto jsou citlivé zejména mladé porosty (Chakraborty et al. 2019a, Šindelář 2003). Douglaska je také náchylná k nadměrné transpiraci během zimy, k tzv. fyziologickému suchu (Hofman 1964).

3.8 Potenciál pěstování douglasky tisolisté v České republice

Do budoucna se v souvislosti s globálními klimatickými změnami počítá s využitím douglasky v České republice na oligo-mezotrofních stanovištích, kde by mohla do určité míry nahradit ekonomickou produkci smrku ztepilého. V podmínkách

České republiky působí z pohledu stanovišť a zejména vegetačních podmínek podobně jako jedle bělokorá (Viewegh at al. 2014). Její využití je plánováno zejména ve směsích s bukem lesním, dubem zimním a letním, javorem klenem, jedlí bělokorou a modřínem opadavým (Poleno et al. 2009), neboť stabilita lesních porostů se zvyšuje s vyšším počtem dřevin (Vacek et al. 2020a).

Výsadba douglasky by se měla soustředit především na substituci stanovištně nevhodných porostů smrku ztepilého. Třebaže tedy zůstane douglaska minoritně zastoupenou dřevinou, může přispět velkou měrou k dosažení produkčních i environmentálních cílů lesního hospodářství. Zásady pěstování jsou shrnuty v publikaci Slodičák et al. (2014).

3.8.1 Negativní vliv a rizika pěstování douglasky tisolisté v České republice

Většinu potenciálně negativních důsledků pěstování douglasky, především výrazný odběr živin intenzivním přírůstem, lze do značné míry eliminovat jejím pěstováním ve směsi s jinými dřevinami. Její optimální podíl je uváděn v rozmezí 20-40 % jedinců v porostu, pokud možno kvalitních a rovnoměrně rozmístěných po ploše. Vhodné je také ponechávání těžebních zbytků z důvodu minimalizace odběru živin a ztrát organické hmoty.

S intenzivním přírůstem douglasky ještě souvisí její vysoké nároky na vodu. Pokud u douglasky zanedbáme vyšší nároky na vodu z hlediska transpirace, tak jejím pětováním ve vhodně zvolené směsi významně neovlivníme vodní režim lesních půd (Podrázský et Kupka 2011).

Douglaska ve srovnání se smrkem ztepilým více podporuje aktivitu mikrobiálních společenstev v půdním prostředí. Dochází tak k rychlejšímu rozkladu jejího opadu a výrazně se zvyšuje dynamika dusíku v povrchovém humusu a nejsvrchnější minerální půdní vrstvě. Tuto skutečnost můžeme opět eliminovat pěstováním douglasky ve směsích s dřevinami odpovídajícím stanovišti (Podrázský et al. 2020).

Otázkou pak zůstává orientace na dřevní surovinu, která u nás není tak běžná, přestože potenciál využití je minimálně srovnatelný s našimi jehličnany. Z hlediska stability a vitality českých lesů může být pro vlastníky a správce lesa přínosem a také výrazným způsobem přispět ke konkurenceschopnosti lesního hospodářství v České republice.

3.8.2 Pozitivní přínos pěstování douglasky tisolisté v České republice

Pozornost, která je věnována douglasce, je plně oprávněná. Toto potvrdila analýza prací především z české oblasti. Douglaska je dřevinou s velikým potenciálem využití v lesním hospodářství, podobně jako je tomu v řadě evropských i neevropských zemí. Nejvýznamnější je její porovnání se smrkem ztepilým. Z hlediska zdravotního stavu a účinků na prostředí lesního ekosystému je smrk ztepilý v rámci českého lesnictví na ústupu. V příštích desetiletích se jeho zastoupení v českých lesích a podíl na těžbě dříví bude žřejmě výrazně snižovat (Podrázský et al. 2013b). Douglaska se z řady důvodů jeví jako jeho možná a plnohodnotná náhrada:

- v nižších a středních nadmořských výškách má douglaska výrazně vyšší produkční potenciál než ostatní domací dřeviny, včetně smrku ztepilého,
- v jehličnatých porostech má douglaska charakter meliorační dřeviny, na stav půd působí méně výrazně, má výrazně nižší acidifikační vliv,
- biodiverzitu přízemní vegetace ovlivňuje douglaska méně negativně, je srovnatelná s přirozenými společenstvy,
- z hlediska statiky porostů má douglaska výrazný stabilizační vliv,
- nároky douglasky na pěstování se nebudou významně lišit od nároků smrkového hospodářství nebo od pěstování jiných jehličnanů (včetně využití přirozené obnovy a školkařských technologií).

Potenciál uplatnění douglasky, včetně modelových dopadů na produkci a její hodnotu, provedli Podrázský (2015), Podrázský et al. (2016b, 2016c). V případě pěstování douglasky, na základě platné legislativy a doporučení LHP, tedy nikoli při jejím zavádění jako dřeviny hlavní, byly modelovány následující potenciální přínosy:

- potenciální výměra (při dodržení ekologických limitů daných naší legislativou) se může pohybovat do 149 616 až 163 713 ha, tj. na 5,7 až 6,2 % porostní půdy České republiky. Jedná se tedy o značný potenciální nárůst vzhledem k tomu, že v současné době tato dřevina zaujímá pouze 0,22 % plochy porostní půdy (Remeš et al. 2010).
- potenciální ekonomický efekt vyjádřený syntetickým kritériem hrubým ziskem lesní výroby je možno vyčíslit ve výši 683 až 776 mil. Kč za rok (v závislosti na volbě cílového hospodaření).

4. Metodika

4.1 Celostátní data o douglasce tisolisté v České republice

Cílem bylo shromáždit dostupná numerická data o porostech douglasky v České republice, přehledně je prezentovat v grafech a vyhodnotit produkci této dřeviny.

Pro analýzu vývoje porostní plochy douglasky na území České republiky a jejího zastoupení za posledních 20 let, rozdělení porostní plochy do věkových stupňů a do jednotlivých krajů České republiky byla použita data, která veřejně publikuje Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. Tato data jsou dostupná na stránkách Ministerstva zemědělství ČR v aplikaci SIL - „Souhrnné informace o stavu lesa a myslivosti v ČR“ (zdroj: https://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/Default.cshtml). Uváděné hodnoty jsou zde vždy uváděny z aktuálně platných lesních hospodářských plánů a osnov k datu 31. 12. daného kalendářního roku.

Pro analýzu produkčních charakteristik a rozdělení porostní plochy douglasky na území České republiky do lesních vegetačních stupňů a ekologických řad byl pořízen výběr dat (tzv. anonymizovaná data) z Datového skladu Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem (ÚHÚL) obsahující data z lesních hospodářských plánů a osnov k datu 31.12.2020. Data všech etáží z České republiky, ve kterých se douglaska v zastoupení vyskytuje, byla předána ve formě tabulky (Excel), ve které byly tyto veličiny: etáž, plocha etáže, věk, zakmenění, lesní typ, dřevina, zastoupení, plocha dřeviny, střední tloušťka dřeviny, střední výška dřeviny a zásoba dřeviny celkem.

4.1.1 Vyhodnocení zastoupení douglasky tisolisté v lesích ČR

Pro analýzu výskytu douglasky v lesích České republiky byly použity sloupcové grafy v programu Microsoft Excel. Pro analýzu vývoje porostní plochy, vývoje procentuálního zastoupení a porostní plochy rozdělené podle věkových stupňů, podle území jednotlivých krajů České republiky a procentuálního zatoupení v jednotlivých krajích České republiky byly hodnoty převzaty ze „Souhrnných informací o stavu lesa a myslivosti v ČR“ (zdroj: https://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/Default.cshtml).

Pro rozdělení porostní plochy podle ekologických řad byla použita veličina „lesní typ“ z anonymizovaných dat, rovněž tak pro rozdělení do jednotlivých lesních vegetačních stupňů. Pro rozdělení porostní plochy do jednotlivých lesních vegetačních

stupňů byla vypuštěna azonální společenstva (bory) a drobné odchylky lesních vegetačních stupňů, zejména ve vodou ovlivněných stanovištích, byly zanedbány.

4.1.2 Vyhodnocení vývoje zásob v čase (růstová analýza podle dat LHP a LHO)

Veškeré vyhodnocení anonymizovaných dat z České republiky proběhlo pomocí programu Microsoft Excel, pro statistické výpočty byl použit program Statistica, ver. 14 (TIBCO Software Inc.).

Pro analýzu produkčních charakteristik byly vytvořeny modely růstu. Použity byly bodové grafy s vyhlazenými spojnicemi závislosti hektarové zásoby dřeviny na věku. Pro hodnoty v grafu byla použita zjednodušená Korfova funkce (1):

$V = exp\left(a + \frac{b}{věk^c}\right)$, s konstantní hodnotou c = 1. (1)

Hektarová zásoba dřeviny (přepočítaná na plné zastoupení) pro statistické výpočty byla získána přepočtem veličiny „zásoba dřeviny celkem“ pomocí veličin „zastoupení“ a „plocha etáže“ z anonymizovaných dat. Parametry *a* a *b* byly získány nelineárními odhady pomocí Gauss-Newtonovo metody (Kubíček et al. 2005). Pro udání přesnosti těchto vypočítaných parametrů byly ještě uvedeny hodnoty koeficientu determinace (r^2), počet vstupních údajů (n) a jejich směrodatná odchylka (σ).

Parametry modelu růstu byly hledány pro jednotlivé hlavní hospodářské dřeviny (SM, BK, JD, MD, BO a DB) a douglasku, což bylo využito pro porovnání jejich produkce ve všech LVS bez ohledu na edafické kategorie (které byly sdruženy do skupin stanovišť). Skupiny stanovišť byly definovány jako množiny edafických kategorií, zvláště podle zásobení půdy vodou, případně živinami následovně:

- extrémní – X, Z, Y
- kyselé – M, K, N, I, S
- živné – F, C, B, W, H, D, A, J
- vlhké – L, U, V
- oglejené – O, P, Q
- mokré – G, T, R

Z dalšího zpracovávání pak byla vyřazena data tří dřevin. Borovice lesní byla vyřazena z důvodu jejího výskytu v různých LVS – typologický systém ÚHÚL právě pro borovici lesní vytvořil samostatnou kategorii, označenou „0“ a nazvanou stanoviště

borů, zahrnující bory nížinné, pahorkatinné, hornatinné a vrchovištní. Duby byly vyřazeny ze dvou důvodů. Ten nejdůležitější byl kvůli nerozlišení příslušného druhu (nejsou známa data pro dub letní a pro dub zimní – vše je pod druhem dub). Dalším důvodem pak bylo, že se duby vyskytují převážně v nižších LVS (1.-3.) Modřín opadavý je sice žádán v dřevozpracujícím průmyslu, ale jeho každoroční opad okyseluje humusovou vrstvu a organominerální horizont více než smrk ztepilý (Alriksson et Eriksson 1998, Podrázský et Štěpáník 2002, Podrázský et Ulbrichová 2004). Proto byla dále zpracovávána data pouze pro douglasku, smrk ztepilý, jedli bělokorou a buk lesní. Pro tyto dřeviny pak byla společně zjišťována produkce v jednotlivých LVS (2.-7.) (pro 1. LVS nebylo dostatečné množství výchozích dat) bez příhlédnutí ke skupinám stanovišť. Následně se pokračovalo k výpočtům produkce společně pro tyto hospodářské dřeviny pro jednotlivé skupiny stanovišť bez ohledu na LVS. Na základě výše uvedených výpočtů se následně již pokračovalo ve výpočtech pro uvedené dřeviny jednotlivě po LVS (3.-6.) a jednotlivých skupinách stanovišť. Pro vlastní porovnání produkce douglasky a smrku ztepilého se provedly výpočty odděleně pro každý LVS (3.-6.) a též pro edafické kategorie K, S, B, H, D, V, O, P. Z důvodu nedostatečného počtu dat musel být vynechán výpočet pro některé LVS.

Pro porovnání celkové objemové produkce (COP) ve 140 letech byly vybrány SLT s nejvyšší a nejnižší produkcí douglasky. K tomuto účelu byla využita stejná regresní rovnice (1) pro modelování závislosti střední výšky a střední tloušťky na věku. Střední kmen (kmen s parametry střední výška [h v m] a střední tloušťka [d v cm] má objem V_m, který byl počítán podle objemové rovnice pro příslušnou dřevinu.

Pro DG:

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

podle Remeš et al. (2020), opraveno (protože původní publikovaná rovnice obsahuje chybu, která byla identifikována při vlastních výpočtech)

Pro SM:

$$V = 0{,}00004013841\ (d+1)^{1{,}821816}\ h^{1{,}132062} - 0{,}00928540767\ (d+1)^{-1{,}02037409}\ h^{0{,}896100664} \quad (3)$$

podle Petráš et Pajtík (1991)

Pomocí modelové střední tloušky a výšky byl k příslušnému věku dopočítán objem kužele (4) a objem středního kmene pomocí objemových rovnic (2)(3):

$$V_0 = (\pi(d/200)^2)h/3 \quad (4)$$

Objem kužele (4) je aproximací objemu středního kmene u menších jedinců, kdy je objemová rovnice (2) či (3) nepřesná, respektive nebyla pro tyto menší jedince validována. Pro další výpočty je použit objem kužele do věku, kdy je vypočítaná hodnota V_0 vyšší než objem dle příslušné objemové rovnice. 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 (kužele) 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 poškození. Součtem sumy objemu probírek s hektarovou zásobou (konečnou zásobou) k příslušnému věku byla získána celková objemová produkce.

Protože je předpokládáno, že douglaska bude pěstována ve směsích s dalšími hospodářskými dřevinami, byly vypočteny teoretické situace zásob při různém zastoupení směsí hospodářských dřevin ve 120 letech ve vybraných SLT.

4.2 Trvalé výzkumné plochy

4.2.1 Výběr vhodných porostů

Pro výběr vhodných porostů pro založení trvalých výzkumných ploch byla pořízena data LHP od Lesů České republiky, s.p. Po vyhodnocení těchto dat bylo vybráno území Lesní správy Vodňany z důvodu nejvyššího počtu mýtních porostů s různým zastoupením douglasky. Základní kritéria pro konkrétní výběr porostů k umístění trvalých výzkumných ploch byla: jednoetážový porost, minimální věk 80 let, dobře vyvinutá přízemní vegetace a minimální odhadovaný zápoj 50 % při variabilním zastoupení douglasky v porostní směsi.

4.2.2 Založení trvalých výzkumných ploch

V jižních Čechách, v oblasti Písecka (Obr. 3), bylo na počátku podzimu v roce 2019 ve 4 lokalitách založeno celkem 25 trvalých výzkumných ploch (TVP). Jednotlivé lokality byly pojmenovány podle blízkých obcí Kamýk, Sedlice, Vodňany a Vráž.

Obr. 3. Lokalizace výzkumné oblasti v České republice

Trvalé výzkumné plochy byly umístěny do lesních porostů podle následujících pěti variant vždy v pěti opakováních:

- monokultura – zastoupení douglasky nad 90 %
- převládající dřevina – zastoupení douglasky v rozmezí 50-90 %
- základní dřevina – zastoupení douglasky v rozmezí 30-50 %
- přimíšená a vtroušená dřevina – zastoupení douglasky v rozmezí 10-30 %
- jednotlivě přimísená dřevina – zastoupení douglasky do 10 %

Každá trvalá výzkumná plocha má tvar kruhu o poloměru 12,616 m, tedy velikost 500 m^2. Jednotlivé trvalé výzkumné plochy byly umístěny náhodně v závislosti výskytu

douglasky v porostu tak, aby mezi nimi byla vzdálenost nejméně 25 m a trvalé výzkumné plochy z jedné varianty byly umístěny nejméně ve třech různých lesních porostech.

Všechny středy těchto ploch byly stabilizovány a byly zaměřeny jejich souřadnice přístrojem Trimble Geo 7X s programem TerraSync (verze 5.81). Každý zaměřený bod byl pořízen z 30 záměr s nastavením min. elevace = 5°, max. PDOP = 7 a min. SNR = 30. Následně bylo post-processingem zpřesněno zaměření bodů v programu GPS Pathfinder Office (verze 5.85) pomocí diferenciálních korekcí z referenční stanice Strakonice, dostupných na webu (http://www.vrsnow.cz). Souřadnice s uvedenou přesností zaměření středů jednotlivých trvalých výzkumných ploch a jejich příslušnost k lokalitě uvádí Tab. 3a.

Tab. 3b zahrnuje základní porostní charakteristiky dle LHP (věk je vztažen k roku terénního šetření – 2019). V lokalitě Sedlice, Vodňany a Kamýk byly čerpány základní porostní charakteristiky z LHP pro LHC Vodňany (kód 209 000) s platností od 1. 1. 2018 do 31. 12. 2027 a v lokalitě Vráž z LHP pro LHC Čížová (kód 207 002) s platností od 1. 1. 2011 do 31. 12. 2020.

Sledované porosty se nachází převážně ve 4. lesním vegetačním stupni na živných a kyselých stanovištích, různých expozic se sklonem od 1 do 15 stupňů a v nadmořských výškách od 443 do 587 m. Nadmořskou výšku ve studovaném regionu zobrazuje Obr. 4. Průměrná teplota na jednotlivých trvalých výzkumných plochách za období 1961-1990 byla vypočítána podle Matějka (2012) a Matějka in Kindlmann et al. (2012: pp. 87-97) v programu PlotOA (https://infodatasys.cz/software/hlp_PlotOA/PlotOA.htm). Průměrnou teplotu ve studovaném regionu zobrazuje Obr. 5. Nejvíce zastoupeným půdním typem je kambizem (luvická, modální a typická) a luvizem (modální). Přehled o základních parametrech stanoviště na jednotlivých trvalých výzkumných plochách podává Tab. 3c.

Všechny TVP se nachází v lesních komplexech. V lokalitě Sedlice byly umístěny TVP č. 1 až 5 na velmi mírném svahu, v okolí se vyskytovala větší holina ve vzdálenosti 20 až 50 m. TVP č. 6 a 7 byly umístěny na svahu, kde se ve vzdálenosti 20 až 50 m vyskytovala mlazina. TVP č. 8 byla umístěna téměř na rovině, kde se ve vzdálenosti cca 20 m jižním směrem vyskytovala menší holina. V lokalitě Vráž byly umístěny TVP č. 9 až 11 na velmi mírném svahu, porostní okraj je vzdálen jižním směrem více než 300 m, severním směrem se vyskytovala velká holina ve vzdálenosti 50 až 70 m. V lokalitě Vodňany byly umístěny TVP č. 12 a 13 téměř na rovině, v blízkém okolí se nevyskytovala žádná holina, okraj lesa byl vzdálen cca 200 m. TVP č. 14 byla umístěna

na mírném svahu, severozápadním směrem ve vzdálenosti cca 70 m se vyskytovala větší holina. TVP č. 15 až 19 byly umístěny v mírném svahu, porostní okraj byl vzdálen více než 300 m, od TVP č. 16 byla nejbližší holina vzdálena jihovýchodním směrem cca 120 m. V lokalitě Kamýk byly umístěny TVP č. 20 až 22 v mírném svahu, nejbližší holina byla vzdálena 70 až 100 m severozápadním směrem. TVP č. 23 a 24 byly umístěny ve svahu těsně pod hřebenem, nejbližší holina byla vzdálena více než 200 m. TVP č. 25 byla umístěna v mírném svahu, 20 m jižním směrem se nacházela holina. Na Obr. 6 až 11 jsou zobrazeny jednotlivé TVP na podkladu ortofota z roku 2019.

Tab. 3a. Souřadnice středů jednotlivých trvalých výzkumných ploch

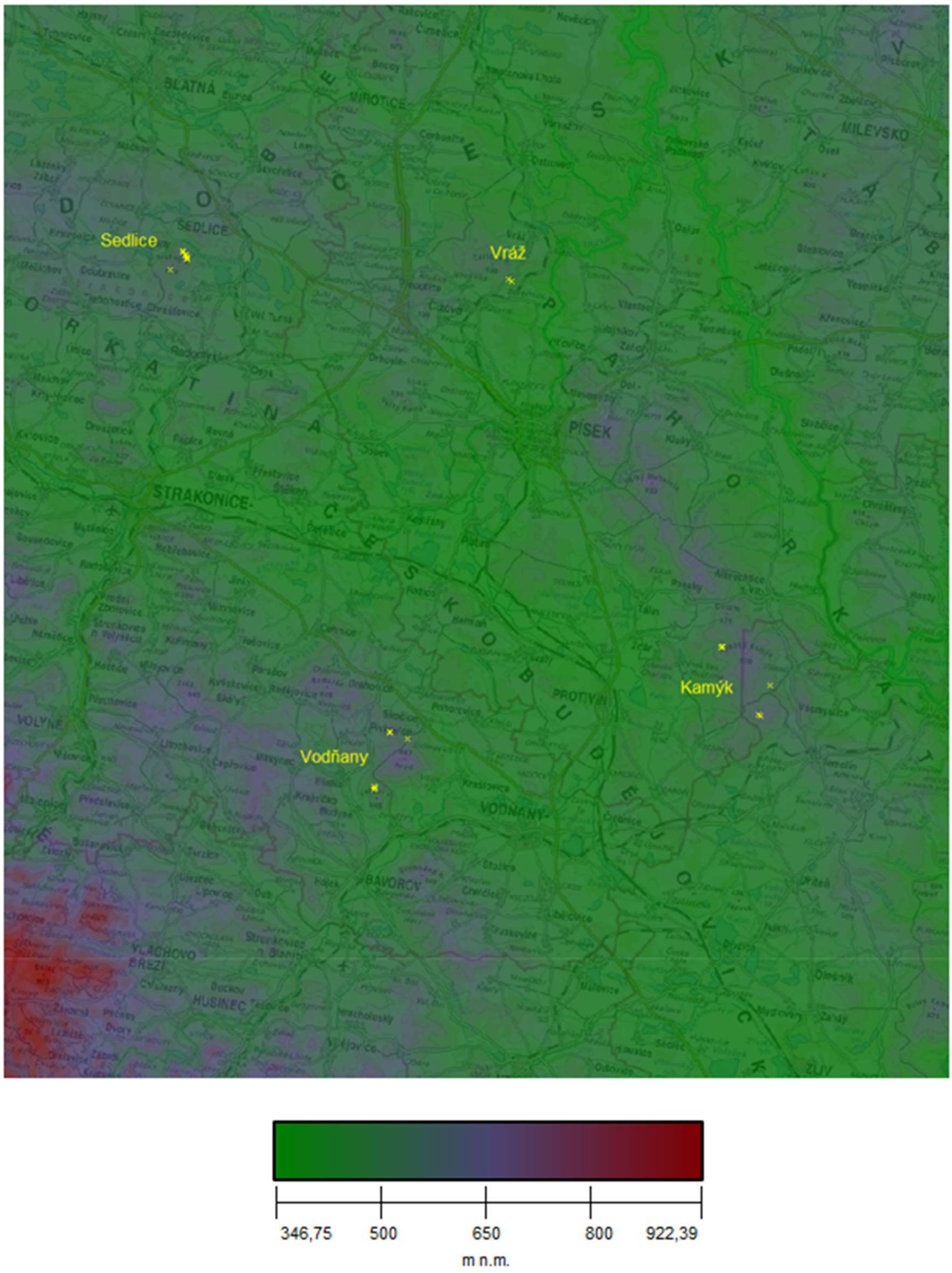
Číslo TVP	Lokalita	S-JTSK [m]		WGS-84 [°]		Přesnost [m]
		X	Y	N	E	
1	Sedlice	1118023,7	790129,4	49,3601769	13,9166661	1,0
2		1118018,3	790188,5	49,3601492	13,9158500	1,0
3		1118144,5	790058,4	49,3591936	13,9178708	0,9
4		1118177,8	790065,5	49,3588878	13,9178408	0,5
5		1118111,4	790064,3	49,3594811	13,9177258	0,6
6		1117851,6	790272,3	49,3615247	13,9143808	1,1
7		1117822,4	790261,4	49,3617994	13,9144717	0,6
8		1118676,3	790858,4	49,3534319	13,9080189	0,6
9	Vráž	1119089,7	775519,1	49,3692978	14,1178706	0,8
10		1119114,0	775509,5	49,3690936	14,1180472	1,6
11		1119177,2	775367,8	49,3687094	14,1201022	0,7
12	Vodňany	1139650,4	780901,7	49,1794511	14,0843428	0,9
13		1139628,4	780907,9	49,1796389	14,0842161	0,5
14		1139946,5	780078,2	49,1778564	14,0960969	1,6
15		1142235,0	781574,5	49,1555908	14,0801978	2,1
16		1142262,1	781573,2	49,1553511	14,0802678	0,5
17		1142274,8	781612,1	49,1551881	14,0797644	2,7
18		1142204,5	781558,7	49,1558817	14,0803528	2,0
19		1142125,6	781608,7	49,1565208	14,0795225	0,8
20	Kamýk	1135744,2	765804,2	49,2331622	14,2820347	0,9
21		1135763,8	765828,5	49,2329575	14,2817411	1,1
22		1135825,5	765895,0	49,2323258	14,2809547	2,0
23		1138891,5	764060,0	49,2072956	14,3117094	0,9
24		1138849,3	764169,9	49,2075361	14,3101353	2,5
25		1137514,6	763651,0	49,2200656	14,3146669	0,5

Tab. 3b. Základní porostní údaje dle LHP

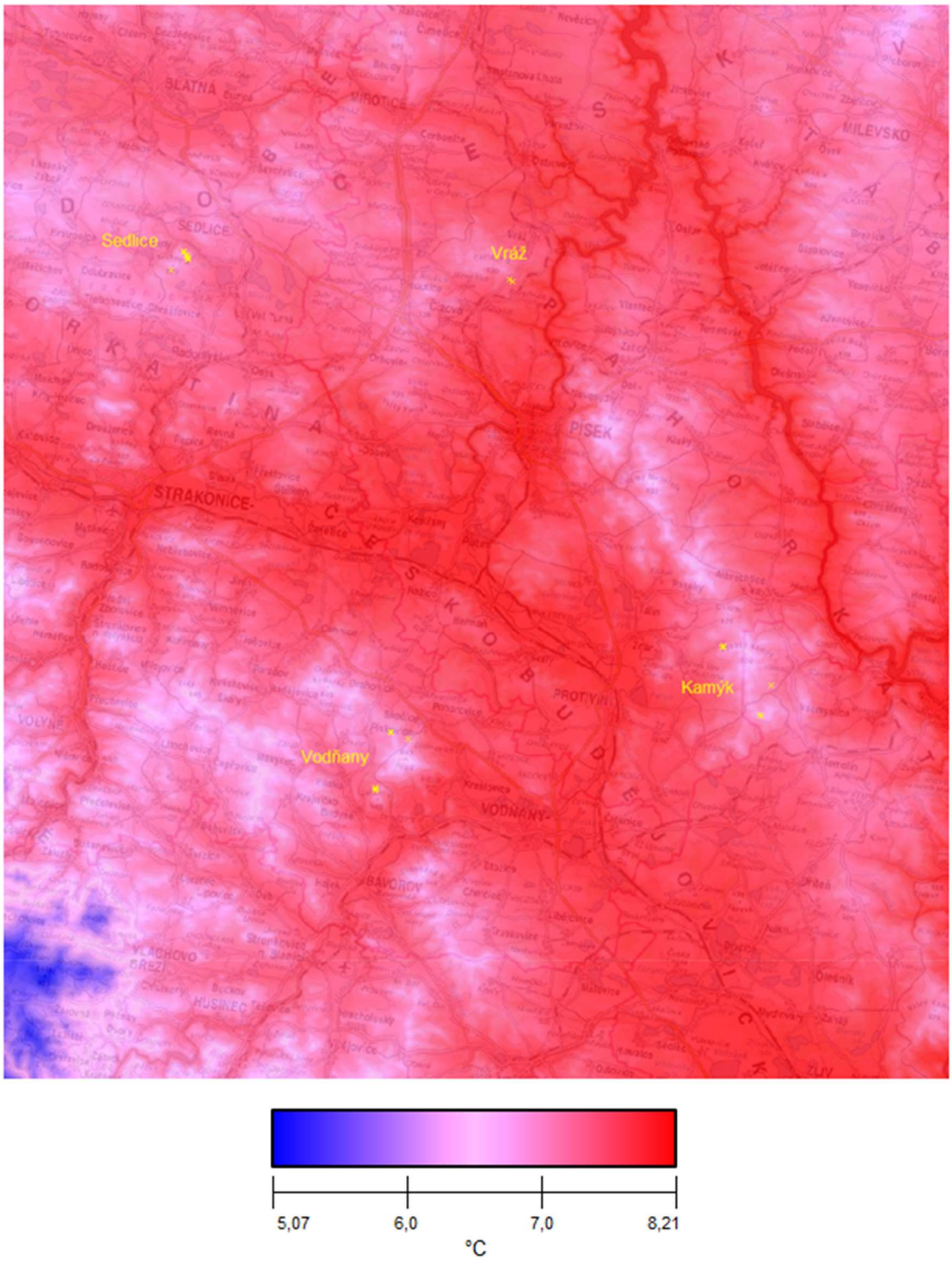
Číslo TVP	Lokalita	Porostní skupina	Plocha [ha]	Věk	Zakmenění	Podíl DG [%]
1, 2, 3, 4, 5	Sedlice	185Ca9	10,63	88	8	8
6, 7		185Ba12	5,31	119	7	15
8		188Ca10	3,93	94	8	10
9, 10, 11	Vráž	15Da8c	4,17	83	8	10
12, 13	Vodňany	716Aa10	0,15	96	7	100
14		717Ba12	1,3	116	8	2
15, 16, 18		621Ca9	3,62	85	9	12
17		621Da11	0,29	111	9	10
19		619Ca9	1,98	86	9	12
20, 21	Kamýk	306Fa11	0,35	104	9	20
22		306Da11	1,98	104	8	10
23, 24		118Ba11a	4,42	110	8	15
25		206Ga9	3,81	89	10	1

Tab. 3c. Základní parametry stanoviště na jednotlivých trvalých výzkumných plochách

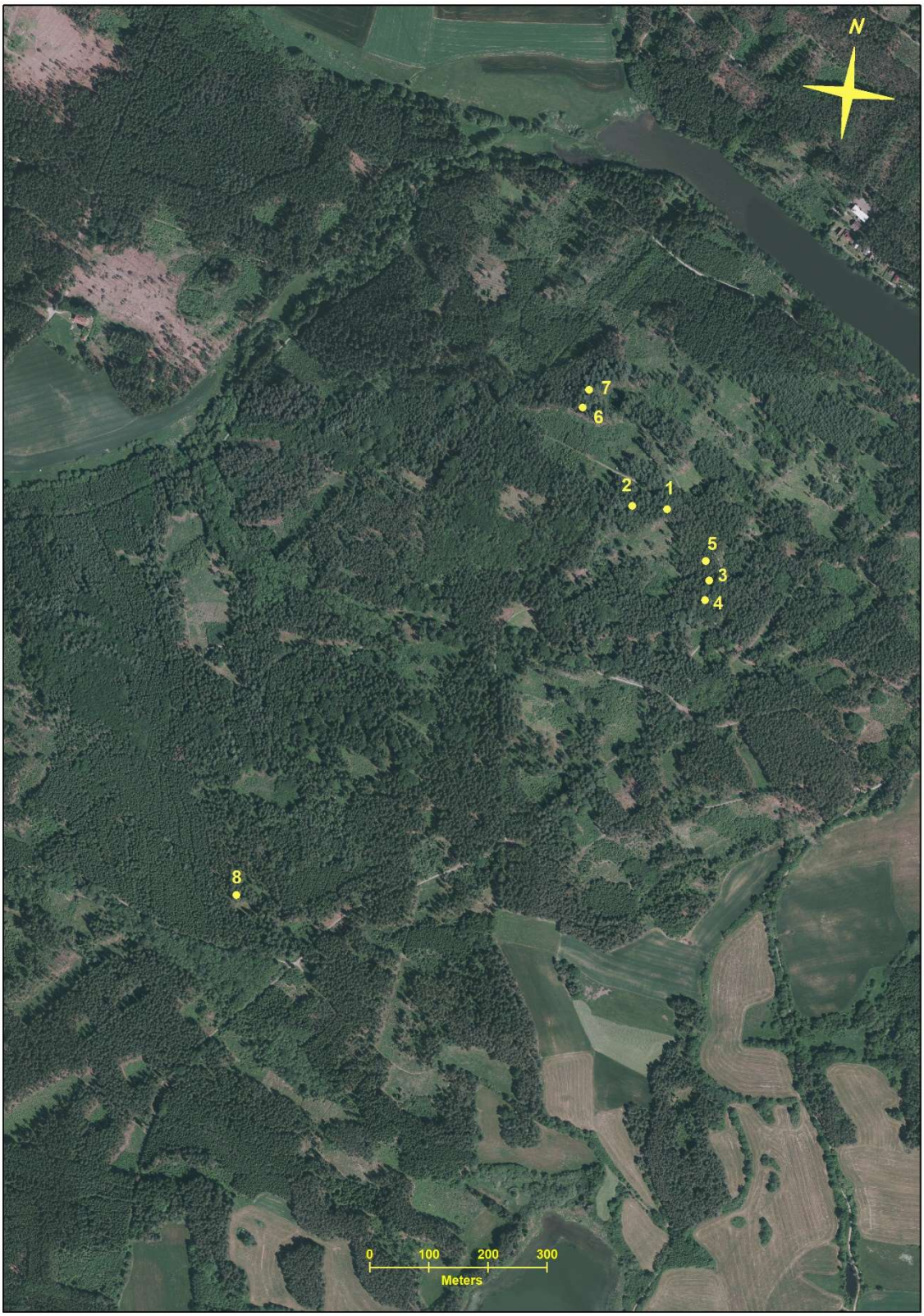
Číslo TVP	Lokalita	Nadm. výška [m]	Expozice	Sklon [°]	Půdní typ	Lesní typ	Průměrná teplota [°C]
1	Sedlice	537	SV	2	KM	4S2	7,11
2		546	SV	2	KM	4S2	7,06
3		530	V	2	KM	4S1	7,17
4		530	V	2	KM luv	4S1	7,21
5		538	V	2	KM luv	4S1	7,16
6		521	S	10	KM luv	4B7	7,15
7		520	S	10	KM luv	4S1	7,18
8		533	JZ	1	KM luv	4S1	7,15
9	Vráž	455	J	3	LM mod	3K3	7,57
10		456	V	1	LM mod	3S6	7,59
11		443	J	1	LM mod	3S1	7,62
12	Vodňany	560	Z	1	LM mod	4K2	7,05
13		562	Z	2	LM mod	4K2	7,05
14		531	Z	5	Km mod	5S1	7,18
15		516	Z	5	KM mod	4S2	7,31
16		517	Z	10	KM mod	4S2	7,30
17		513	Z	10	KM mod	4S2	7,32
18		520	Z	10	KM mod	4S2	7,32
19		506	Z	5	KM mod	4K4	7,36
20	Kamýk	515	JV	1	KM luv	4S1	7,28
21		513	JV	2	KM luv	4S1	7,28
22		509	JV	5	KM luv	4S1	7,30
23		586	SZ	15	KM mod	4S2	6,89
24		587	SZ	7	KM mod	4S2	6,91
25		518	J	5	KM luv	4S1	7,25



Obr. 4. Nadmořská výška ve studovaném regionu s lokalizací jednotlivých trvalých výzkumných ploch (lokalit)

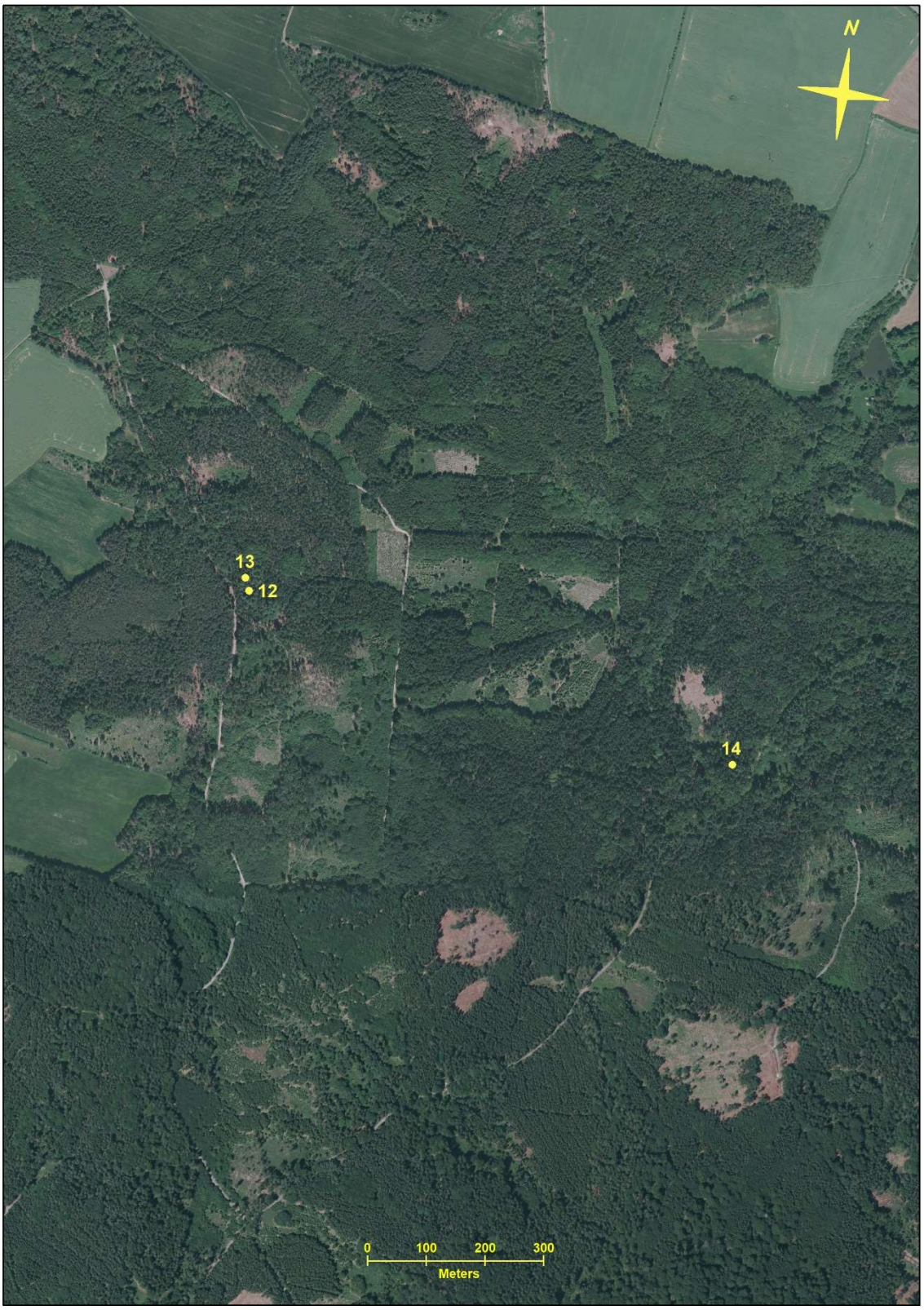


Obr. 5. Průměrná teplota ve studovaném regionu s lokalizací jednotlivých trvalých výzkumných ploch (lokalit)

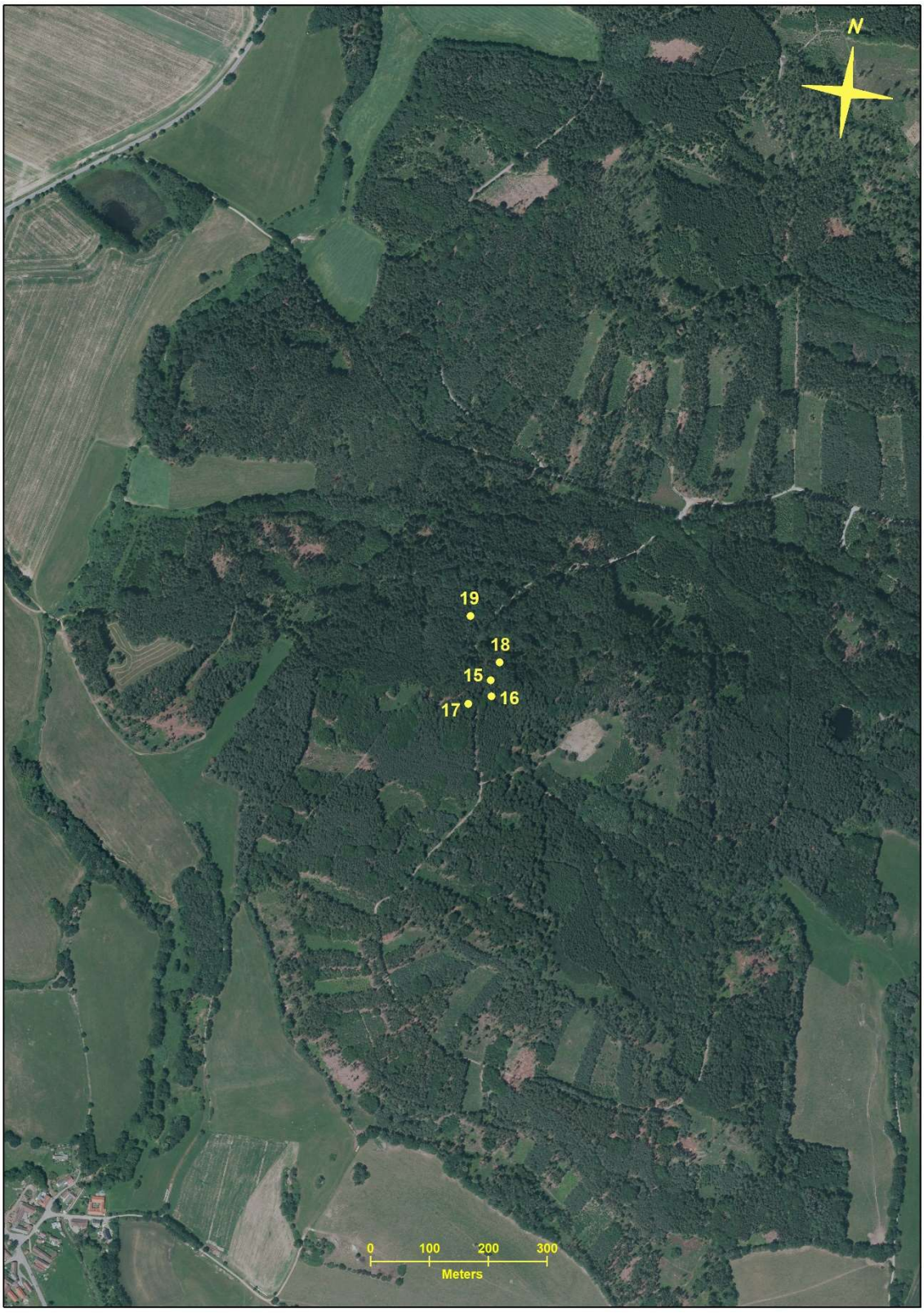


Obr. 6. Umístění trvalých výzkumných ploch 1-8 (lokalita Sedlice) na podkladu ortofota z roku 2019

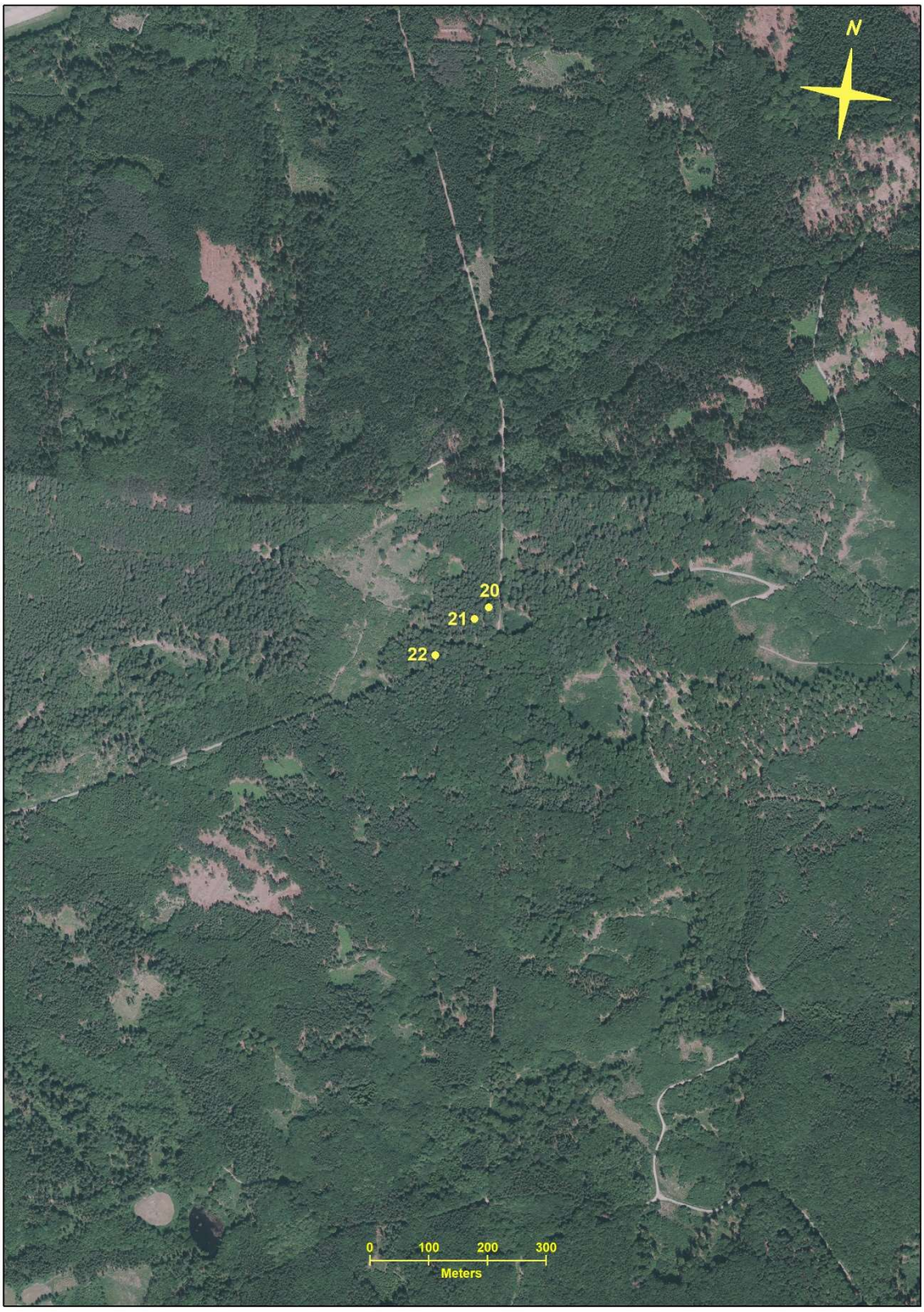
Obr. 7. Umístění trvalých výzkumných ploch 9-11 (lokalita Vráž) na podkladu ortofota z roku 2019



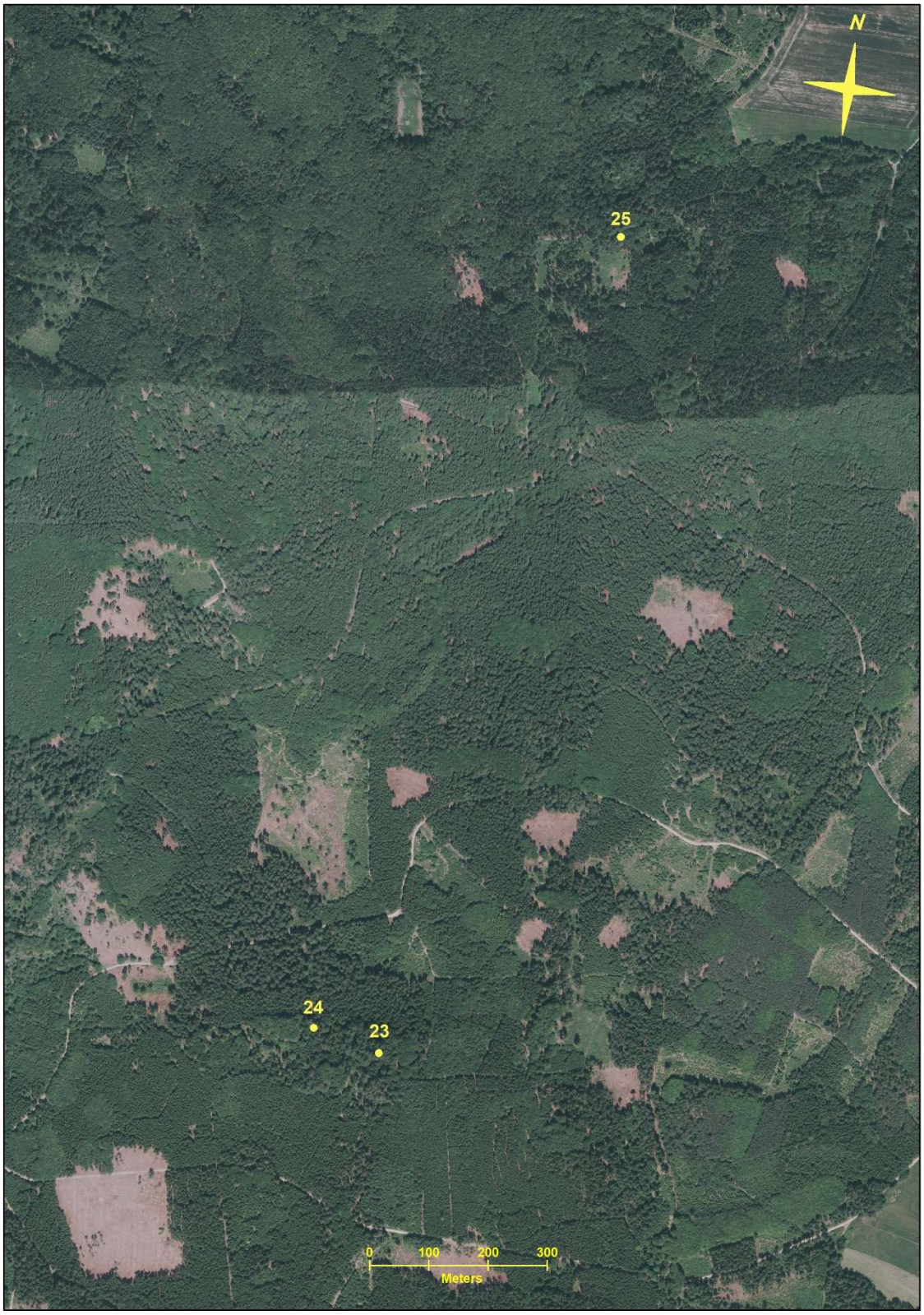
Obr. 8. Umístění trvalých výzkumných ploch 12-14 (lokalita Vodňany) na podkladu ortofota z roku 2019



Obr. 9. Umístění trvalých výzkumných ploch 15-19 (lokalita Vodňany) na podkladu ortofota z roku 2019



Obr. 10. Umístění trvalých výzkumných ploch 20-22 (lokalita Kamýk) na podkladu ortofota z roku 2019



Obr. 11. Umístění trvalých výzkumných ploch 23-25 (lokalita Kamýk) na podkladu ortofota z roku 2019

4.2.3 Sběr dat na trvalých výzkumných plochách

4.2.3.1 Pořízení fytocenologických snímků

Pro dokumentaci druhového složení rostlinného společenstva, respektive vlivu douglasky na jeho složení, proběhlo fytocenologické snímkování. Na každé trvalé výzkumné ploše byl v srpnu roku 2019 pořízen klasický fytocenologický snímek. Byla sledována tato patra: E_0 – mechové patro, E_1 – vegetace do 1 m, E_2 – vegetace od 1 do 3 m a E_3 – vegetace nad 3 m. Pokryvnost jednotlivých druhů i celková pokryvnost podle jednotlivých pater byla odhadována kombinovanou stupnicí abundance a dominance podle Zlatník (1978) – Tab. 4.

Tab. 4. Kombinovaná stupnice abundance a dominance podle Zlatníka (1978)

Označení	Pokryvnost na ploše
r	1-2 jedinci
+	do 1 %
1	1-5 %
-2	5-15 %
2	15-25 %
-3	25-37 %
3	37-50 %
-4	60-62 %
4	62-75 %
-5	75-89 %
5	89-100 %

4.2.3.2 Pořízení hemisférických fotografií

Pro přesnější stanovení zápoje dřevin a množství difúzního záření dopadajícího do podrostu byly pořízeny také hemisférické fotografie. Ty byly pořizovány fotoaparátem Canon EOS 6D s objektivem Sigma F3.5 EX DG fisheye, který byl umístěn na stativu Vanguard Alta Pro 2. Tato sestava byla doplněna dvouosou libelou a buzolou (Obr. 12), viz https://infodatasys.cz/proj008/hemisphericalphotos.htm.

Obr. 12. Sestava pro pořízení hemisférických fotografií

Na každé trvalé výzkumné ploše bylo náhodně zvoleno pět bodů pro fotografování a každý bod byl zaměřen pomocí přístroje Trimble Geo 7X stejným způsobem jako středy jednotlivých trvalých výzkumných ploch (viz Kap. 4.2.2). V každém snímaném bodě byla pořízena dvojice fotografií ve výšce 100 a 133 cm nad půdním povrchem. Tyto fotografie tedy vypovídají o zápoji stromového patra - E_3 a části keřového patra E_2 od výše pořízení těchto fotografií. Na každé trvalé výzkumné ploše bylo tedy pořízeno celkem 5 párů fotografií. Objektiv fotoaparátu byl orientován tak, aby mířil kolmo vzhůru a horní okraj pořizované fotografie byl vždy na sever. Bylo použito automatického nastavení uzávěrky a clony. Fotografie byly zpracovány a vyhodnoceny na pracovišti IDS (www.infodatasys.cz).

4.2.3.3 Měření struktury stromového patra

Ke stanovení struktury stromové vrstvy smíšených lesních porostů douglasky a smrku ztepilého byla použita technologie Field-Map (IFER). Na počátku podzimu v roce 2019 byly touto technologií zaměřeny polohy všech stromů s výčetní tloušťkou větší nebo rovnou 7 cm a jejich korunové projekce. Výčetní tloušťky byly měřeny průměrkou Mantax Blue (Haglöf, Švédsko) minimálně ve dvou směrech na sebe kolmých s přesností

na 1 mm. Pomocí laserového výškoměru Vertex Laser – VL 5 (Haglöf, Švédsko) byly změřeny výšky jednotlivých zaměřených stromů a výšky nasazení jejich živých korun s přesností na 0,1 m.

4.2.3.4 Odběr vývrtů

Pro analýzu radiálního růstu bylo vybráno 14 trvalých výzkumných ploch a data byla získána odebráním vývrtů Presslerovým nebozezem (Mora Sweden) ve výšce 1,3 m. Odběr probíhal na podzim v roce 2019. V každé z pěti výše uvedených variant zastoupení douglasky v porostech bylo odebráno 25 vývrtů ze živých subdominantních a dominantních jedinců douglasky a smrku ztepilého. Bylo tedy odebráno minimálně 250 vývrtů. Vývrty byly ze stromů odebírány vždy ve směru spádnice až do středu stromu nebo do hloubky minimálně 30 cm. Stromy pro odběry se nacházely přímo na ploše nebo v její bezprostřední blízkosti.

Odebrané vývrty byly ihned fixovány vlepením do dřevěných podložek a před vlastním měřením byly zbroušeny a vyhlazeny. Šířky jednotlivých letokruhů byly měřeny s přesností 0,01 mm binokulárním mikroskopem Olympus na měřícím stole LinTab (Rinntech) a zaznamenány pomocí programu TsapWin (Cukor et al. 2020). Včetně výpočtů růstových indexů byly odebrané vývrty zpracovány v laboratoři FLD (Ing. Bc. Vojtěch Hájek).

4.2.4 Vyhodnocení dat z trvalých výzkumných ploch

4.2.4.1 Vyhodnocení fytocenologických snímků

Fytocenologické snímky byly zapsány do programu DBreleve (Matějka 2020). Zde byla data transformována tak, aby suma pokryvností všech druhů daného patra ve fytocenologickém snímku odpovídala celkové pokryvnosti tohoto patra (dále tedy bylo pracováno s reprezentativností druhů). Fytocenologické zápisy na všech trvalých výzkumných plochách (25) byly dále zpracovávány k určení stálosti druhů (Moravec et al. 2000) a homogenity ploch *sensu* Raunkiaer (1905). Dále byly zjištěny charakteristické druhy trvalých výzkumných ploch (na všech lokalitách) pro zatřídění do vegetačních jednotek curyšsko-montpellierské školy (podle Chytrý et al. 2013). Klasifikace zápisů byla provedena metodou TWINSPAN (Hill 1979), která je součástí softwarového balíku CANOCO (ter Braak et Šmilauer 2012), maximálně do 6. úrovně dichotomického členění. Jako vstupní data byla použita pouze data ze zápisu patra E_1.

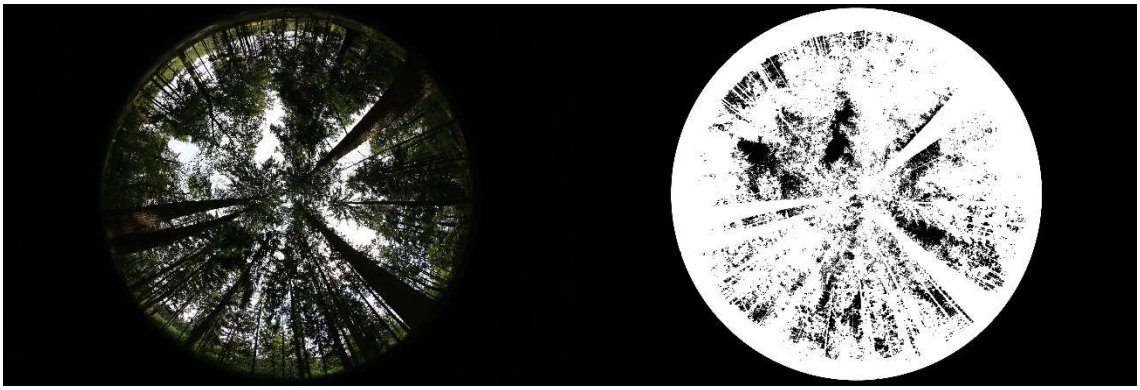
Pro analýzu variability druhového složení na všech trvalých výzkumných plochách byla použita metoda DCA (základ Hill 1979) pro hodnocení dat jako v předchozím případě, která je součástí softwarového balíku CANOCO (ter Braak et Šmilauer 2012).

Pro analýzu vlivu druhu dřeviny na složení bylinného patra byla použita metoda CCA (Härdle et Simar 2007), která je součástí softwarového balíku CANOCO (ter Braak et Šmilauer 2012). Jednou skupinou proměnných byla data vegetace patra E_1. Druhou skupinou proměnných byla sloučená data o zastoupení druhů dřevin v patrech E_2 a E_3 (při vyloučení druhu *Sorbus aucuparia*, nalezeného v nepatrném zastoupení (r) na jediné trvalé výzkumné ploše (č. 2).)

Podstata použitých metod při vyhodnocení fytocenologických snímků je popsána v Příloze 1.

4.2.4.2 Vyhodnocení světelných poměrů pod porostem

Zpracování hemisférických fotografií bylo provedeno v programu CanopyPhotos (Matějka 2018a, 2021). Tento program umožnil vytvořit jejich databázi s kompletním popisem, kam byl posléze zapisován protokol o zpracování a získané výsledky. Geometrie snímků byla nastavena v souladu s parametry použitého objektivu. Tyto parametry byly zjištěny laboratorním testováním (Lang 2014, Lang et al. 2010). Základem zpracování byla automatická klasifikace hemisférických fotografií, která spočívá v přiřazení každého jejího pixelu k jedné ze dvou tříd. První třídou je „Canopy“, tj. koruny stromů, listoví, případně další zástin, a druhou třídou je „Sky“, tj. obloha a světliny. Tato klasifikace proběhla na základě hemisférických fotografií pořízených ve výšce 100 cm nad půdním povrchem. Ukázka hemisférické fotografie pořízené v terénu a klasifikované hemisférické fotografie je na Obr. 13.



Obr. 13. Ukázka hemisférické fotografie pořízené v terénu a klasifikované hemisférické fotografie

Rozdělení světlin v klasifikovaném hemisférickém snímku je popisováno jako relativní frekvence pixelů třídy „Sky“ v závislosti na úhlu od vertikály (zenitového úhlu). Procento difúzního záření (L) (5) bylo počítáno jako vážený aritmetický průměr podílu počtu světlých pixelů (N_{Sky}) při daném úhlu od vertikály (α) (Matějka 2021):

$$L = \int_0^{\pi/2} \cos(\alpha) N_{Sky}(\alpha) d\alpha \Big/ \int_0^{\pi/2} \cos(\alpha)(N_{Sky}(\alpha) + N_{Canopy}(\alpha)) d\alpha \quad (5)$$

Pro určení korunového zápoje (C) (6) byla použita pouze část každé hemisférické fotografie, která je blízká vertikále. Jedná se tedy pouze o pixely s $\alpha \leq \alpha_0$ (pro výpočty bylo nastaveno $\alpha_0 = 22°$). Protože pixel se zenitovým úhlem α se promítá na horizontální rovinu v korunové výši h ve vzdálenosti h×tg(α), je velikost pixelu úměrná derivaci této hodnoty, tedy i funkci $w(\alpha) = h/\cos^2(\alpha)$. Proto je zápoj počítán jako vážený podíl počtu pixelů N_{Canopy} z celkového počtu pixelů vážený funkcí w(α) (Matějka 2021):

$$C = 1 - \int_0^{\alpha_0} \cos^{-2}(\alpha) N_{Sky}(\alpha) d\alpha \Big/ \int_0^{\alpha_0} \cos^{-2}(\alpha)(N_{Sky}(\alpha) + N_{Canopy}(\alpha)) d\alpha \quad (6)$$

4.2.4.3 Vyhodnocení struktury stromového patra

Dendrometrická data měřená technologií Field-Map byla exportována do tabulek formátu DBF (dBase/FoxPro). Dále byly v prostředí Microsoft Visual FoxPro 9 pro každou trvalou výzkumnou plochu zvlášť vypočítány tyto ukazetele:

- průměrná výčetní tloušťka jako aritmetický průměr všech tlouštěk stromů dané dřeviny na trvalé výzkumné ploše
- průměrná výška jako aritmetický průměr všech výšek stromů dané dřeviny na trvalé výzkumné ploše
- průměrná výška nasazení živé koruny jako aritmetický průměr všech výšek nasazení živých korun stromů dané dřeviny na trvalé výzkumné ploše
- průměrná korunová projekce jako aritmetický průměr všech korunových projekcí stromů dané dřeviny na trvalé výzkumné ploše
- hektarový počet jedinců jako součet zaměřených jedinců dané dřeviny na trvalé výzkumné ploše přepočítaný na 1 hektar
- průměrná výčetní kruhová základna jako součet všech výčetních kruhových základen dané dřeviny na trvalé výzkumné ploše dělený počtem těchto jedinců

- hektarová výčetní kruhová základna jako součet všech výčetních kruhových základen dané dřeviny na trvalé výzkumné ploše přepočítaný na 1 hektar
- zastoupení jednotlivých dřevin jako podíl výčetní kruhové základny dřeviny a výčetní kruhové základny porostu
- průměrný objem stromu jednotlivých dřevin jako podíl hektarové zásoby dřeviny a hektarového počtu jedinců
- hektarová zásoba pro jednotlivé dřeviny jako součet všech objemů zaměřených jedinců dané dřeviny na trvalé výzkumné ploše spočítaných podle objemových rovnic (viz (2)(3)), takto získaný objem byl následně přepočítán na plochu 1 hektaru

Dále byl z dat naměřených technologií Field-Map pomocí programu QGIS 3.18 Zürich vyhotoven plánek pro každou trvalou výzkumnou plochu, který zobrazuje pozici zaměřeného stromu a korunové projekce. Pomocí zobrazených korunových projekcí byl poté spočítán zápoj. Pokud nějaká korunová projekce zasahovala mimo trvalou výzkumnou plochu, do výpočtu vstoupila pouze část této korunové projekce, která se nachází v trvalé výzkumné ploše a dále pokud došlo k překryvu některých korunových projekcí, byl tento překryv započítán pouze u jedné z nich. Takto získaná hodnota zápoje může být oproti skutečnosti nižší, protože se neberou v úvahu stromy, jejichž kmen stojí vedle trvalé výzkumné plochy, ale jejich korunová projekce nad trvalou výzkumnou plochu zasahuje.

Také bylo provedeno porovnání výpočtu skutečných hektarových zásob douglasky a smrku ztepilého na všech měřených trvalých výzkumných plochách s modelovou, vypočtenou podle výše uvedeného vzorce upravené Korfovy funkce (1).

4.2.4.4 Vyhodnocení vývrtů

Celkem do vyhodnocení vstoupilo 247 vývrtů, z toho 126 vývrtů douglasky a 121 vývrtů smrku ztepilého (Tab. 5).

Tab. 5. Počet analyzovaných vývrtů s příslušností k trvalé výzkumné ploše

Číslo TVP	Lokalita	DG	SM
1	Sedlice	12	16
3		12	15
4		12	0
5		0	16
9	Vráž	12	0
10		0	13
12	Vodňany	13	0
14		15	0
15		0	9
16		0	9
19		13	9
21	Kamýk	12	9
23		0	25
24		25	0
Celkem		126	121

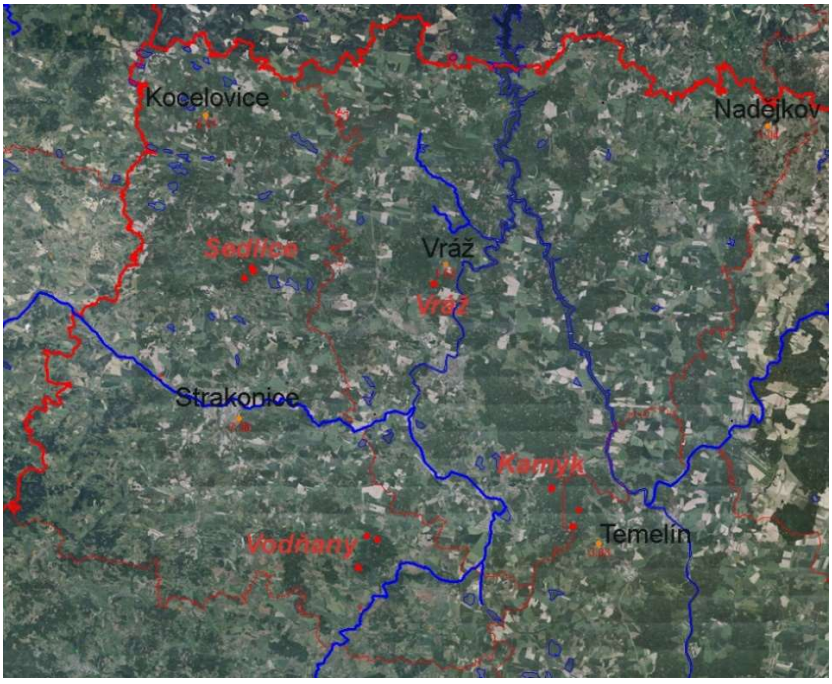
U jednotlivých sérií vývrtů proběhla synchronizace sledu letokruhů (k odstranění chyb způsobených chybějícími letokruhy) pomocí statistických testů v aplikaci PAST (Knibbe 2007) a následně byly podrobeny vizuální kontrole podle Yamaguchi (1991). Pokud byl zjištěn chybějící letokruh, byl na jeho místo vložen letokruh o šířce 0,01 mm. U každé varianty byl u jednotlivých růstových křivek odstraněn věkový trend a byly vytvořeny průměrné růstové křivky v programu ARSTAN (Cook, Tree Ring Laboratory). Věkový trend byl odstraněn dvoukrokově, v prvním kroku pomocí negativní exponenciální funkce, ve druhém pomocí funkce Spline s časovým oknem 0.67n (Grissino-Mayer et al. 1992). Výsledkem celéhu procesu standardizace je řada ročních indexů růstu pro každý strom.

Analýza negativních ročních ukazatelů (viz níže) byla provedena podle Desplanque et al. (1999) a Schweingruber (1996). U každého stromu byl roční ukazatel testován jako extrémně úzký letokruh, který nedosahuje 40 % průměrného přírůstu ze čtyř předchozích let. Výskyt záporného roku byl prokázán, pokud k tak silnému snížení přírůstu došlo alespoň u 20 % stromů na trvalé výzkumné ploše.

Pro další analýzu byla zvolena data růstového indexu v rozmezí let 1965 až 2019, protože toto období je pokryto daty pro všechny stromy až na 3 nejmladší jedince, jejichž data byla ze zpracování vyřazena. Křivky růstového indexu byly korelovány pro všechny dvojice jedinců. Použit byl Pearsonův koeficient lineární korelace (r). Tyto korelační

koeficienty tvoří symetrickou korelační matici. Tato matice byla použita pro ordinační analýzu metodou PCA (pro výpočet byl použit program Statistica, grafy byly vytvořeny v programu PlotOA). Současně byla užita pro výpočet matice vzdáleností (mezi objektem *i* a *j*), kde $d_{ij} = 1 - r_{ij}$. Tato matice vzdáleností byla užita pro shlukovou analýzu (klasifikaci jedinců) Wardovou metodou. Použit byl program Cluster z balíku DBreleve (Matějka 2020). Podstata této metody je popsána v Příloze 1.

Pro vyhodnocení závislosti na počasí byla vybrána data ČHMÚ (http://www.chmi.cz). V širší zájmové oblasti se nachází pět meteorologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu. Stanice Kocelovice však měří až od roku 1975, obdobně stanice Temelín poskytuje výsledky až od roku 1989, pro účely této studie by tedy mohly být využitelné výsledky ze stanic Strakonice (indikativ C1STRA01), Nadějkov - Větrov (C2NADV01) a Vráž (C1VRAZ01). První z nich, Strakonice, se však nalézá na okraji rozrůstající se městské aglomerace a tento fakt je zdůrazněn výrazným poklesem vzdušné vlhkosti v posledních 30 letech (-7.4 %). Stanice Nadějkov je relativně více vzdálená. Nejvyšší potenciál pro využití má stanice Vráž ležící v blízkosti výzkumných ploch, tedy i v obdobné nadmořské výšce (433 m n. m.) a navíc v krajině, kde je vysoké zastoupení lesů. Vzájemnou polohu 4 výzkumných lokalit a hlavních meteorologických stanic ČHMÚ ukazuje Obr. 14 a meteorologickou stanici Vráž ukazuje Obr. 15.



Obr. 14. Umístění 4 výzkumných lokalit (Sedlice, Vráž, Vodňany, Kamýk) spolu s hlavními meteorologickými stanicemi ČHMÚ (Kocelovice, Nadějkov, Vráž, Strakonice, Temelín)

Obr. 15. Meteorologická stanice Vráž (C1VRAZ01)

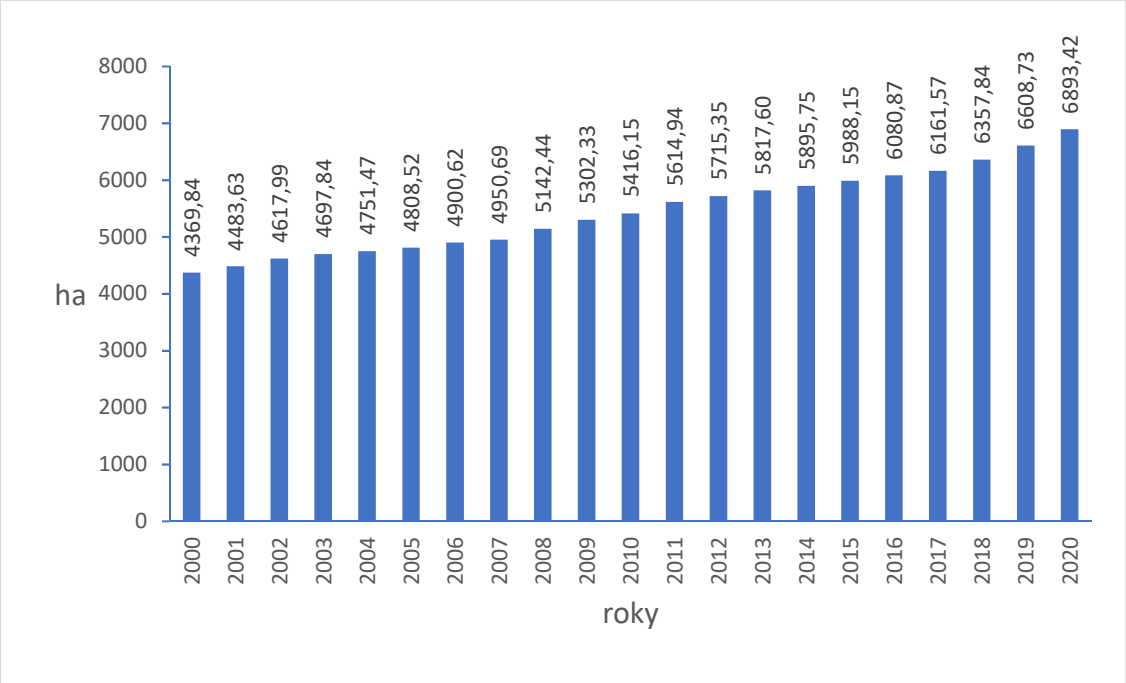
Klimatické charakteristiky ze stanice Vráž byly hodnoceny pomocí časového plovoucího okna s variabilní délkou (počet dní) a polohou (popsáno pořadovým číslem posledního dne v roce). Tato dvourozměrná aplikace plovoucího okna vychází z metod použitých v balíčku R astrochron (https://rdrr.io/cran/astrochron/man/mwCor.html) nebo v Sageman et Hollander (1999). Vzhledem k tomuto oknu byly pro každý rok vypočteny průměrné charakteristiky počasí v tomto roce (s případným přesahem do roku předcházejícího). V následujícím kroku byl vypočten korelační koeficient mezi průměrnou hodnotou pro počasí a indexem radiálního přírůstu pro jednotlivé vzorníky obou druhů dřevin. Sada výsledných korelačních koeficientů byla sestavena do grafů, z nichž je patrná poloha extrémních hodnot korelačního koeficientu. Pozice plovoucího časového okna je definovaná koncovým dnem okna (vodorovná souřadnice) a šířkou okna – počtem dní (svislá souřadnice). Tím lze provést odhad, v jakém časovém intervalu má daná klimatická charakteristika největší vliv na růst dané dřeviny.

5. Výsledky

5.1 Celostátní data a jejich analýza

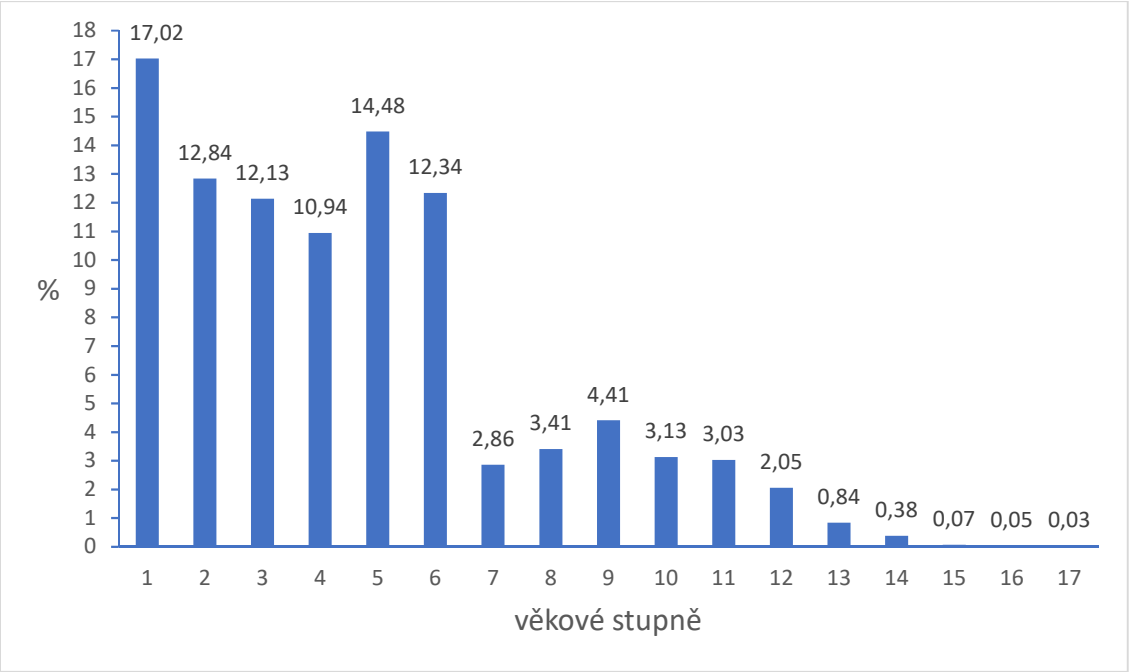
5.1.1 Analýza výskytu douglasky tisolisté v lesích České republiky

K datu 31. 12. 2020 bylo na území České republiky evidováno celkem 6 893,43 ha porostní plochy douglasky. To odpovídá zastoupení 0,26 % ze všech lesů v České republice. Informace o vývoji porostní plochy douglasky v České republice v letech 2000 až 2020 podává Obr. 16. Od konce roku 2000 do konce roku 2020 došlo v České republice k nárůstu porostní plochy douglasky celkem o 2 614 ha, tj. v průměru o 131 ha ročně. K nadprůměrným nárůstům porostní plochy došlo v letech 2002, 2008, 2009, 2011, 2018, 2019 a 2020. V uváděném období došlo v České republice k nárůstu zastoupení této dřeviny celkem o 0,09 %.



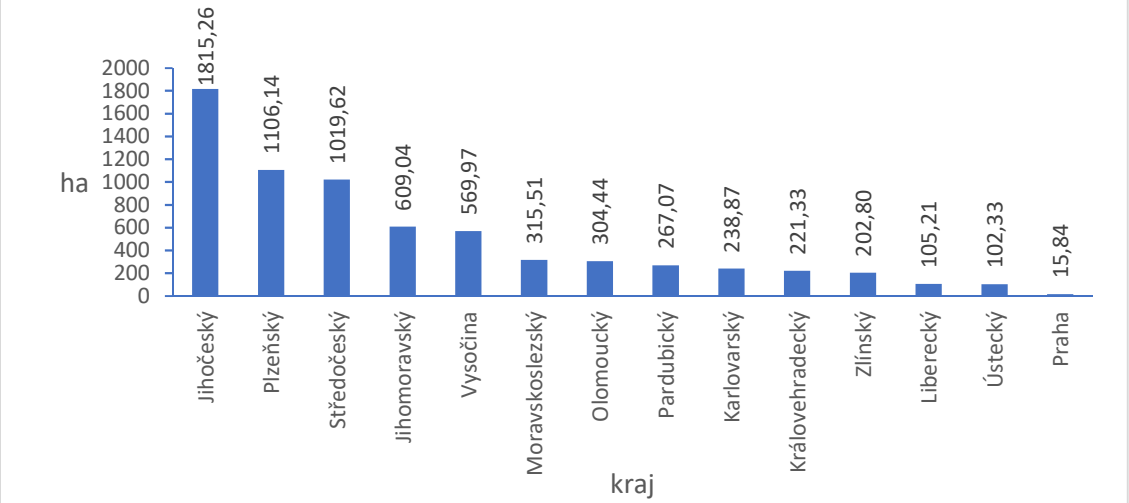
Obr. 16. Vývoj porostní plochy douglasky tisolisté v ČR v letech 2000 až 2020
(zdroj: https://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/Default.cshtml)

Aktuální věková struktura douglasky v České republice je patrná z Obr. 17. Nejzastoupenější věkový stupeň je první, následuje pátý a druhý. Mýtných porostů je řádově méně, přestárlých pak naprosté minimum. Je patrné, že k masivnějšímu šíření douglasky v českých lesích dochází zhruba až od šedesátých let 20. století.



Obr. 17. Zastoupení porostní plochy douglasky tisolisté v ČR ve věkových stupních v roce 2020 (zdroj: https://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/Default.cshtml)

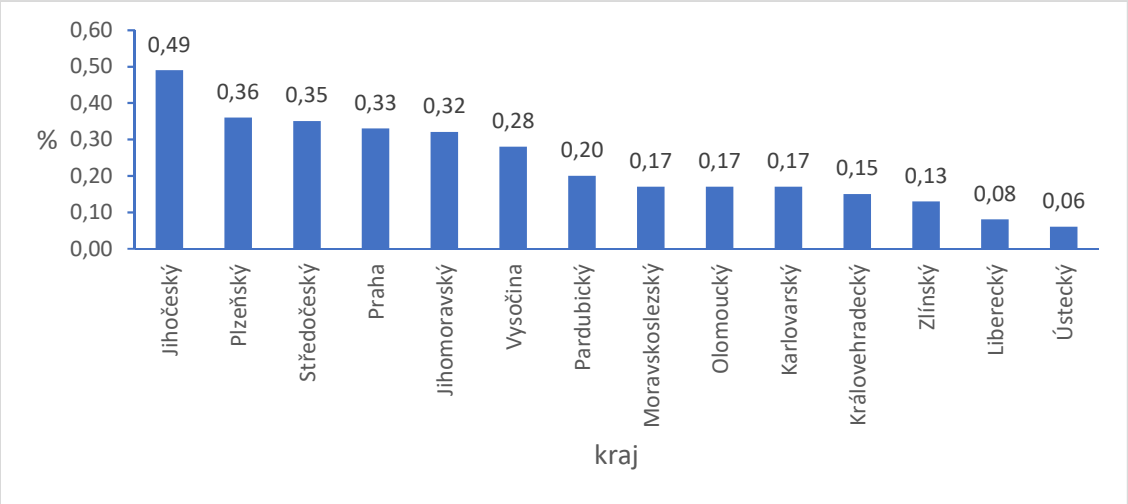
Aktuální informace o porostní ploše douglasky na území jednotlivých krajů podává Obr. 18. Největší porostní plochu zaujímá douglaska v Jihočeském kraji, následuje Plzeňský kraj a Středočeský kraj. Naopak nejnižší porostní plochu zaujímá douglaska v Liberecké kraji, Ústeckém kraji a v Praze.



Obr. 18. Porostní plocha douglasky tisolisté v jednotlivých krajích ČR v roce 2020 (zdroj: https://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/Default.cshtml)

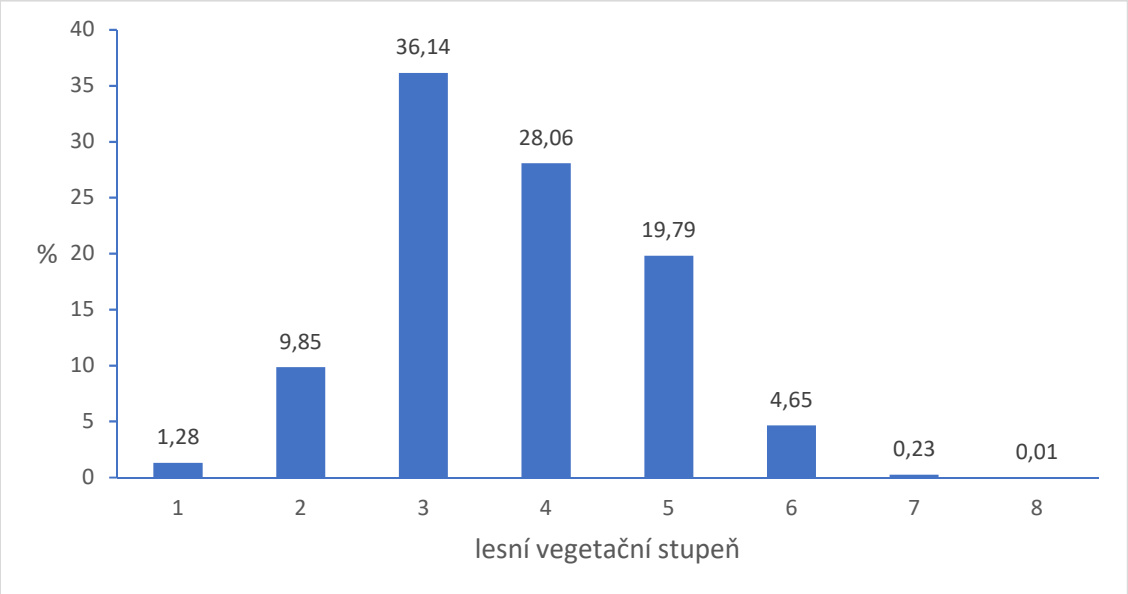
Aktuální informace o zastoupení douglasky na území jednotlivých krajů podává Obr. 19. V relativních číslech, kde je zohledněna především velikost kraje a jeho lesnatost, se pořadí jednotlivých krajů poněkud mění. Nejvyšší zastoupení má douglaska

opět v Jihočeské kraji, opět následuje Plzeňský kraj a Středočeský kraj. Na čtvrtém místě je Praha. Naopak nejméně zastoupena je douglaska opět v Libereckém kraji a Ústeckém kraji.



Obr. 19. Relativní zastoupení porostní plochy douglasky tisolisté v jednotlivých krajích ČR v roce 2020 (zdroj: https://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/Default.cshtml)

Aktuální rozložení porostní plochy douglasky v ČR do lesních vegetačních stupňů zobrazuje Obr. 20. Největší porostní plochu má douglaska ve 3. lesním vegetačním stupni, a to 2 467 ha, následuje LVS 4. a 5. Relativně větší procento je ještě v LVS 2. a 6., v 1., 7. a 8. je zastoupena minimálně.

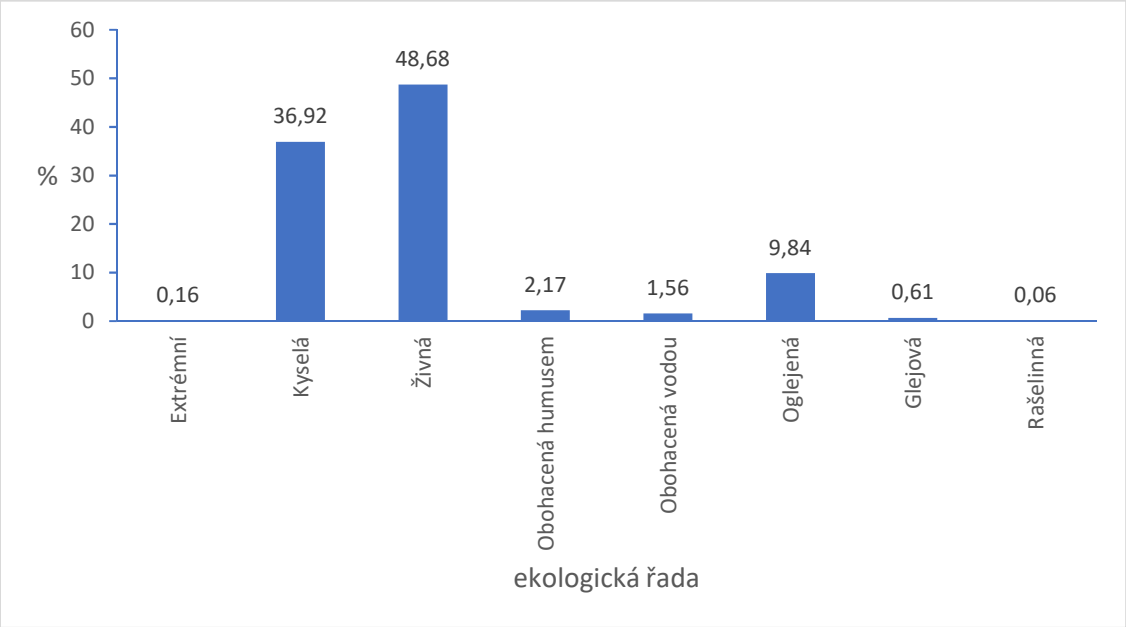


Obr. 20. Zastoupení porostní plochy douglasky tisolisté v ČR v lesních vegetačních stupních v roce 2020

Aktuální rozdělení porostní plochy douglasky do ekologických řad zobrazuje Obr. 21. Téměř polovina všech douglaskových porostů v České republice roste na živných stanovištích (*series trophicum*), naprostá většina v edafických kategoriích S (svěží –

categoria mesotrophica) – 62,42 %, B (bohatá – *categoria trophica*) – 23,20 % a H (hlinitá – *categoria illimerosa trophica*) – 10,15 %. Vysoké zastoupení má douglaska také na kyselých stanovištích (*series acidophilum*), zde dominuje edafická kategorie K (kyselá – *categoria acidophila*) – 81,97 %, významněji je ještě zastoupena edafická kategorie I (kyselá hlinitá – *categoria illimerosa acidophila*) – 12,08 %. Konkrétně přes 52 % porostní plochy douglasky v České republice roste v SLT (souborech lesních typů) 3S (svěží dubová bučina – *Querceto-Fagetum mesotrophicum*) – 12,29 %, 4S (svěží bučina – *Fagetum mesotrophicum*) – 9,31 %, 5S (svěží jedlová bučina – *Abieto-Fagetum mesotrophicum*) – 5,36 %, 3K (kyselá dubová bučina – *Querceto-Fagetum acidophilum*) – 10,60 %, 4K (kyselá bučina – *Fagetum acidophilum*) – 6,63 % a 5K (kyselá jedlová bučina – *Abieto-Fagetum acidophilum*) – 8,09 %.

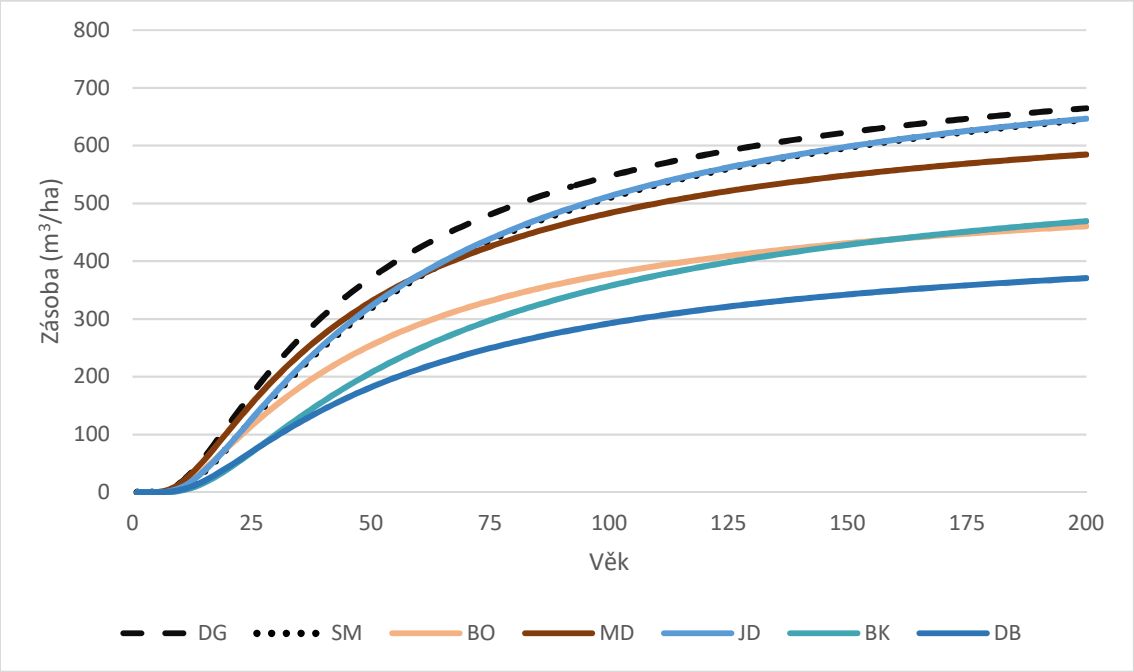
Významnější zastoupení má ještě na oglejených stanovištích (*series variohumida*), především v edafické kategorii O (oglejená svěží – *categoria variohumida trophica*) – 57,50 % a P (oglejená kyselá – *categoria variohumida acidophila*) – 37,73 %. Na ostatních stanovištích se douglaska vyskytuje minimálně.



Obr. 21. Zastoupení porostní plochy douglasky tisolisté v ČR v ekologických řadách v roce 2020

5.1.2 Analýza vybraných produkčních charakteristik v lesích ČR

5.1.2.1 Produkce hlavních hospodářských dřevin ČR



Obr. 22. Model vývoje hektarové zásoby hlavních hospodářských dřevin ČR ve vztahu k věku

Pokud vezmeme v úvahu porostní skupiny v České republice, v nichž se douglaska vyskytuje, můžeme na základě smíšených porostů porovnat produkci douglasky a ostatních dřevin. Toto porovnání bylo provedeno s využitím regresní křivky (viz Kap. 4.1.2). Užitý model růstu ve formě zjednodušené Korfovy funkce vystihuje růst analyzovaných druhů dřevin přibližně se stejnou chybou, jak dokládají hodnoty indexu determinace v rozmezí 0,83 (DB) až 0,88 (SM).

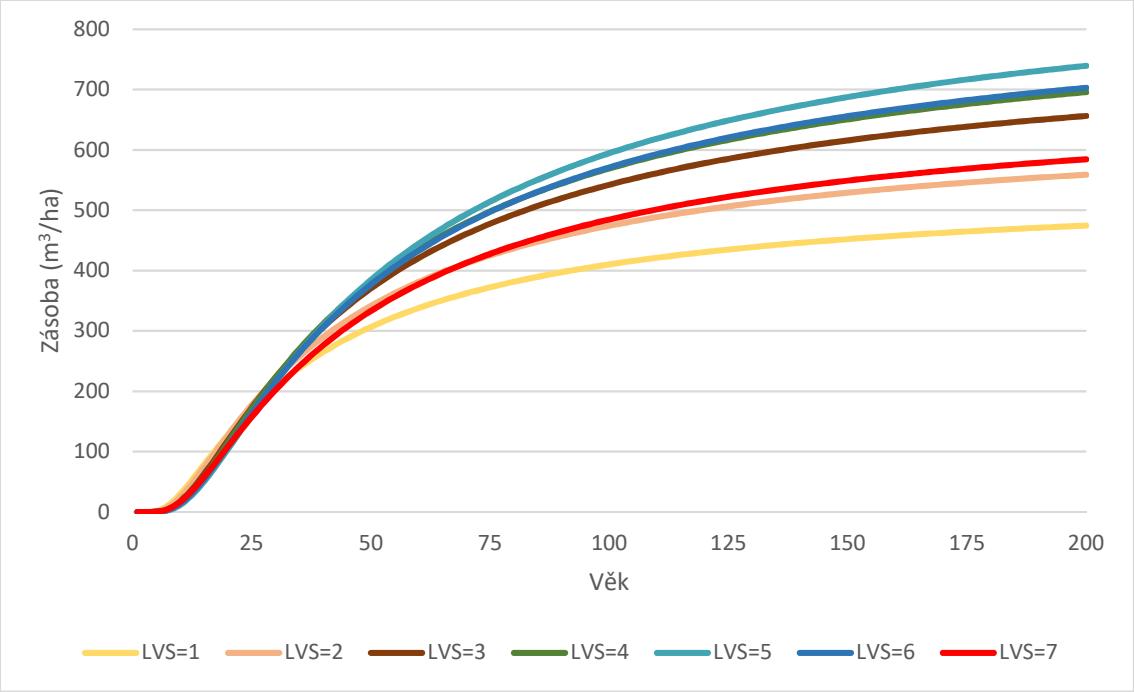
Křivky vývoje hektarových zásob douglasky a hlavních hospodářských dřevin ve vztahu k věku bez ohledu na LVS a SLT ukazuje Obr. 22. Z něho je vidět, že nejnižší zásobu má vždy dub (druh nerozlišen). Následující křivky borovice lesní a buku lesního ukazují, že hektarová zásoba borovice lesní je v mladším věku vyšší než u buku lesního, kdežto hektarová zásoba u buku lesního pozvolna narůstá a od zhruba 120 let do 160 let věku je přibližně stejná, nad touto hranicí buk lesní převyšuje borovici lesní. Hektarová zásoba modřínu opadavého je zpočátku vyšší než u smrku ztepilého a jedle bělokoré, ale tato tendence mizí kolem jeho 60. roku. Hektarové zásoby smrku ztepilého a jedle bělokoré se téměř překrývají. A jak se ukazuje, již od mladého věku je hektarová zásoba douglasky nejvyšší.

Hodnoty hektarových zásob porostů douglasky a hlavních hospodářských dřevin ČR ve 100 letech ukazuje Tab. 6. Zde je vidět, že ve 100 letech má nejvyšší zásobu douglaska, následována jedlí bělokorou, těsně pak smrkem ztepilým. O něco nižší hektarovou zásobu má modřín opadavý, dále zhruba o 100 m^3 ha^{-1} má méně borovice lesní. Buk lesní zaostává o pouhých 20 m^3 ha^{-1} za borovicí lesní. Duby mají ve 100 letech o zhruba 250 m^3 nižší hektarovou zásobu než douglaska. V Tab. 6 jsou dále uváděny porostní plochy hlavních hospodářských dřevin ČR.

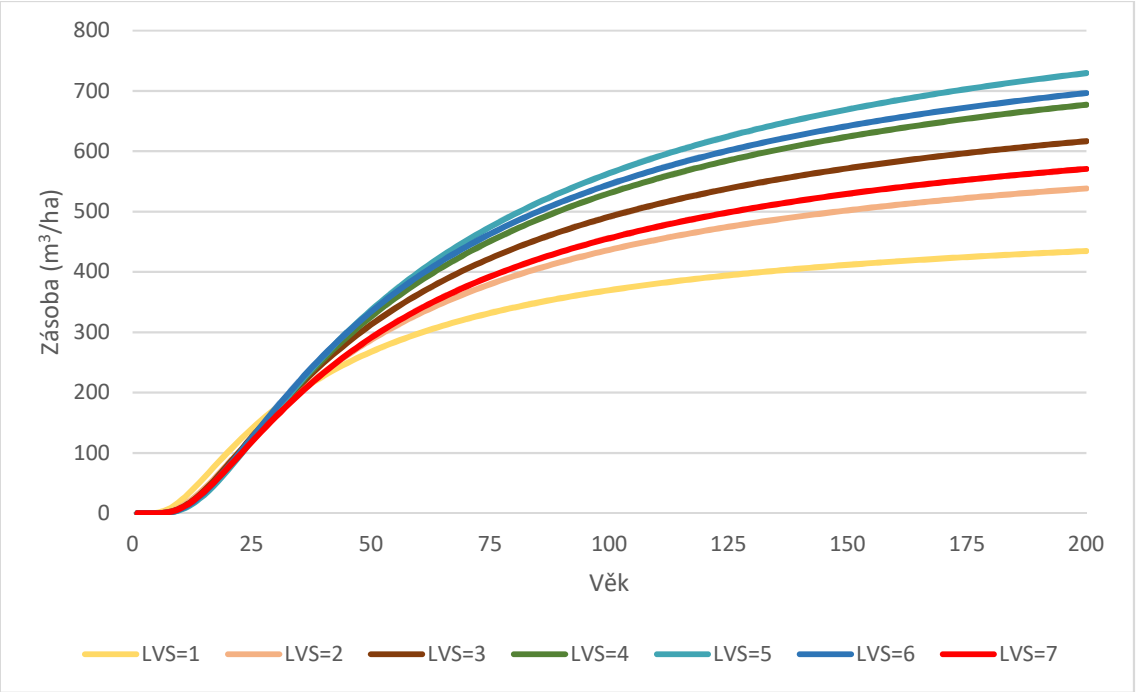
Tab. 6. Průměrné hektarové zásoby ve 100 letech podle růstového modelu (data z LHP porostních skupin, kde roste douglaska tisolistá společně s porovnávanými dřevinami) a celkové porostní plochy hlavních hospodářských dřevin ČR (k 30. 12. 2020). r^2 - koeficient determinace; n - počet porostních skupin; σ - odhad směrodatné ochylky zásoby; a, b - parametry růstového modelu (rovnice 1).

Dřevina	DG	SM	BO	MD	JD	BK	DB
Zásoba [m^3 ha^{-1}]	547	510	378	483	512	357	292
r^2	0,8536	0,8763	0,8439	0,8482	0,8623	0,8723	0,8319
n	46886	37723	17812	19946	9102	20906	9174
σ	209	190	149	182	200	132	117
a	6,6938	6,7051	6,3303	6,5617	6,7043	6,4241	6,1531
b	-38,8661	-46,9941	-39,5360	-38,1214	-46,5029	-54,5833	-47,5115
Plocha v ha	6893	1267213	413170	100632	30016	235755	188837

5.1.2.2 Produkce vybraných dřevin dle lesních vegetačních stupňů



Obr. 23. Model vývoje hektarové zásoby douglasky tisolisté v LVS 1.-7. ve vztahu k věku



Obr. 24. Model vývoje hektarové zásoby smrku ztepilého v LVS 1.-7. ve vztahu k věku

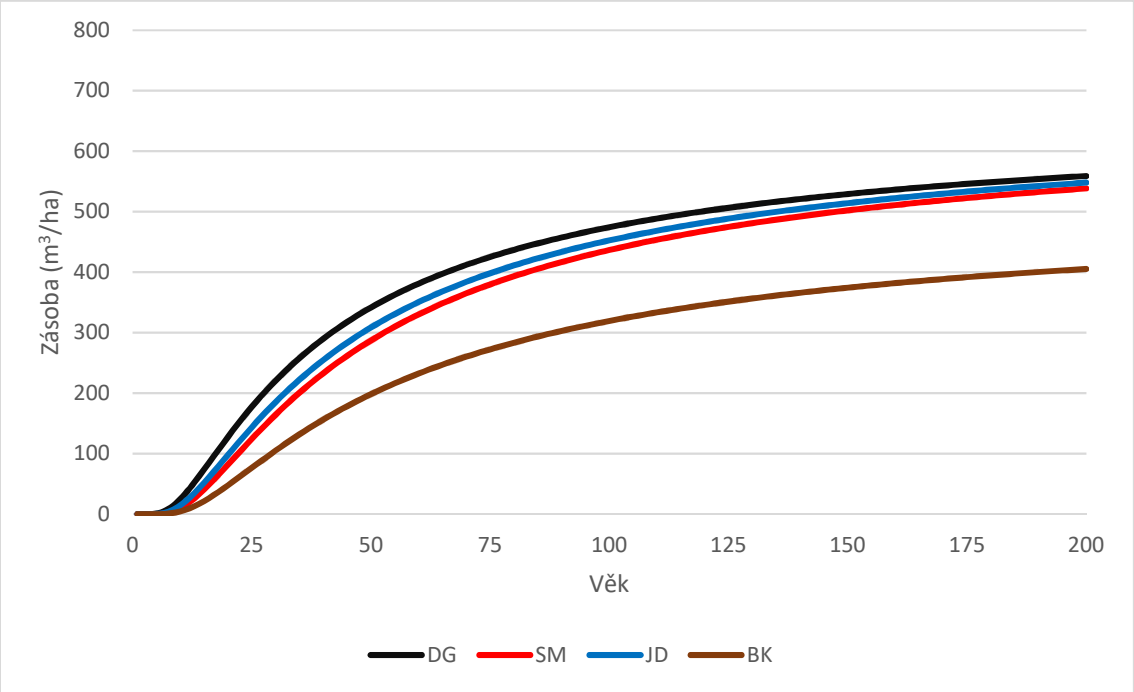
Tab. 7. Hektarová zásoba DG a SM ve 100 letech v LVS 1.-7. r^2 - koeficient determinace; n - počet porostních skupin; σ - odhad směrodatné ochylky zásoby; a, b - parametry růstového modelu (rovnice 1).

LVS	Zásoba ve 100 letech v m^3 ha^{-1}			
	DG		SM	
1	410	r^2 = 0,7895 n = 763 σ = 175 a = 6,3083 b = -29,1168	370	r^2 = 0,7866 n = 294 σ = 150 a = 6,2364 b = -32,3527
2	474	r^2 = 0,8263 n = 4559 σ = 195 a = 6,4902 b = -32,8217	437	r^2 = 0,8480 n = 2681 σ = 171 a = 6,4982 b = -41,8968
3	543	r^2 = 0,8658 n = 16224 σ = 212 a = 6,6772 b = -38,1001	492	r^2 = 0,8871 n = 12643 σ = 188 a = 6,6513 b = -45,3508
4	569	r^2 = 0,8652 n = 12831 σ = 214 a = 6,7456 b = -40,1046	531	r^2 = 0,8909 n = 10973 σ = 194 a = 6,7617 b = -48,7578
5	595	r^2 = 0,8666 n = 9463 σ = 212 a = 6,8237 b = -43,5506	564	r^2 = 0,8884 n = 8457 σ = 197 a = 6,8505 b = -51,5930
6	571	r^2 = 0,8623 n = 2271 σ = 202 a = 6,7632 b = -41,5396	545	r^2 = 0,8966 n = 2093 σ = 186 a = 6,7912 b = -49,0039
7	485	r^2 = 0,8387 n = 101 σ = 180 a = 6,5581 b = -37,4536	456	r^2 = 0,8701 n = 93 σ = 165 a = 6,5719 b = -44,9643

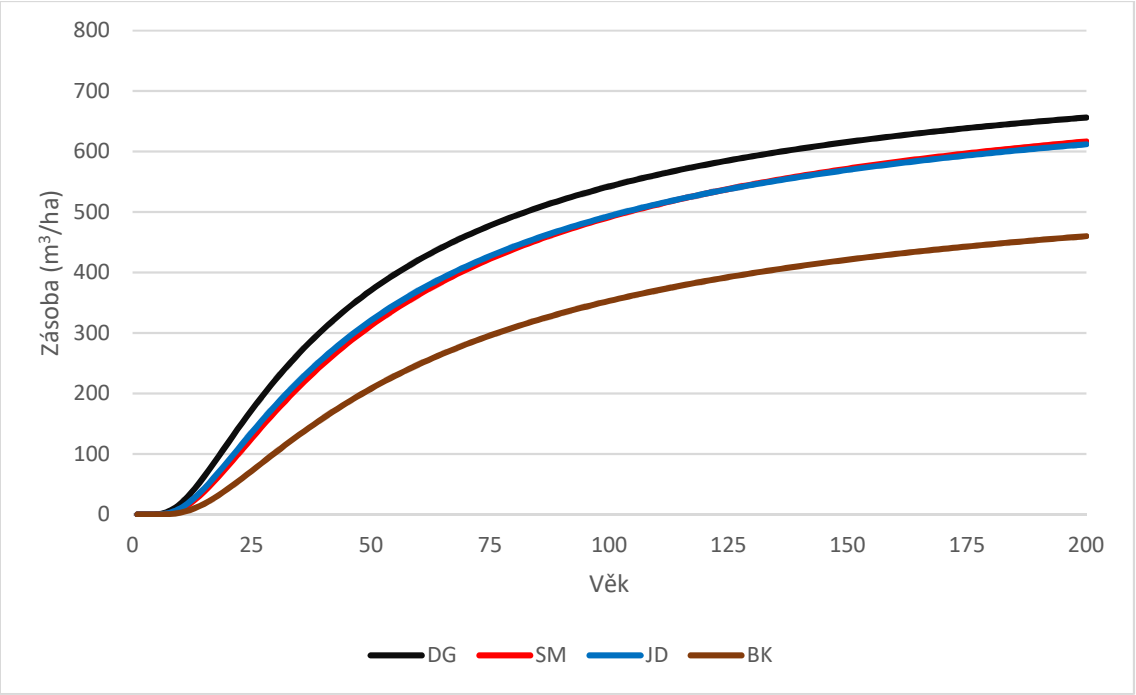
Z Obr. 23 je patrné, že nejnižší hektarová zásoba douglasky je v 1. LVS, což vyplývá z klimatických charakteristik tohoto LVS. Dále následují křivky, které ukazují její hektarovou zásobu v 2. a 7. LVS. Ještě tyto dva LVS nejsou vhodné pro její výsadbu. Další křivky, které ukazují její hektarovou zásobu ve 3., 4, 6, a 5. LVS (postupně narůstající produkce), již vypovídají o vhodnosti jejího pěstování v těchto LVS.

Z Obr. 24 je patrné, že křivky hektarových zásob smrku ztepilého v jednotlivých LVS vykazují podobné rozvržení jako u douglasky (Obr. 23). I když se grafické trendy zdají velice podobné.

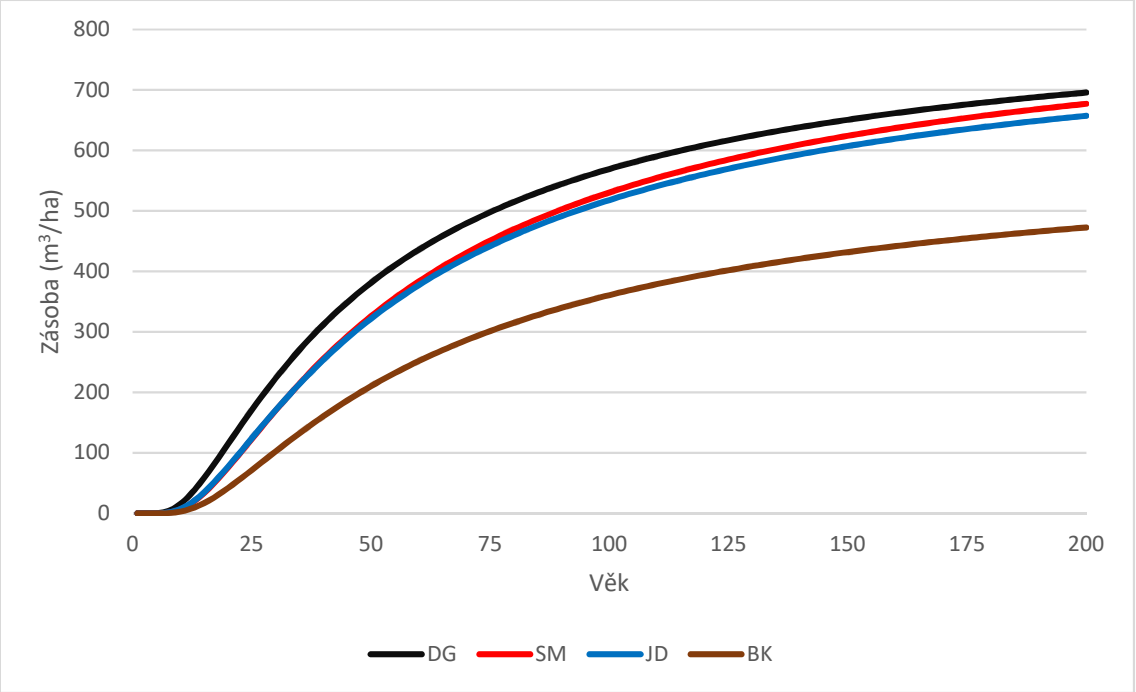
Tab. 7 ukazuje, že douglaska má v každém uváděném LVS vyšší hektarovou zásobu než smrk ztepilý. Dále budou porovnány tyto dva jehličnany s jedlí bělokorou a bukem lesním ve 2. až 7 LVS.



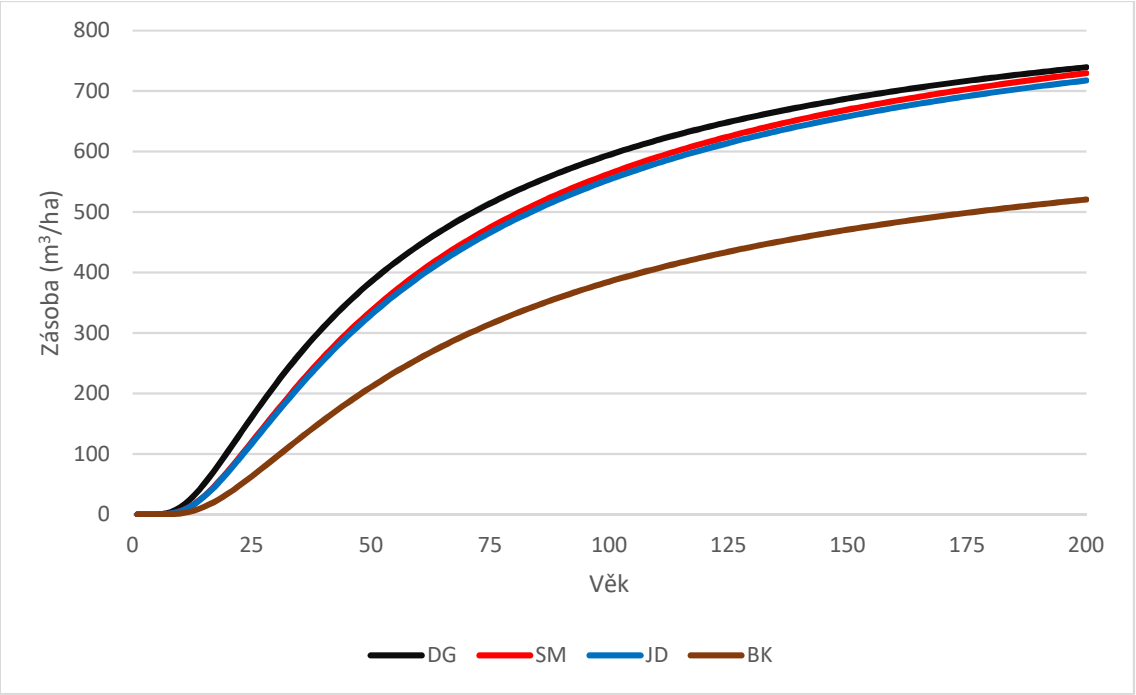
Obr. 25. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 2. LVS ve vztahu k věku



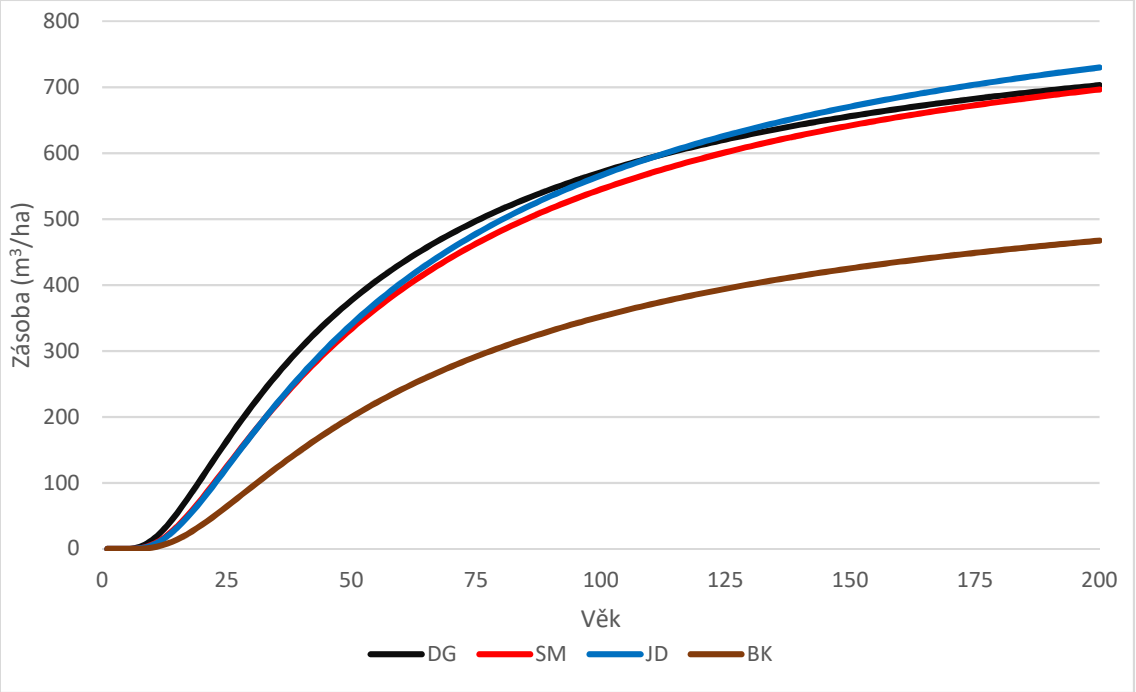
Obr. 26. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 3. LVS ve vztahu k věku



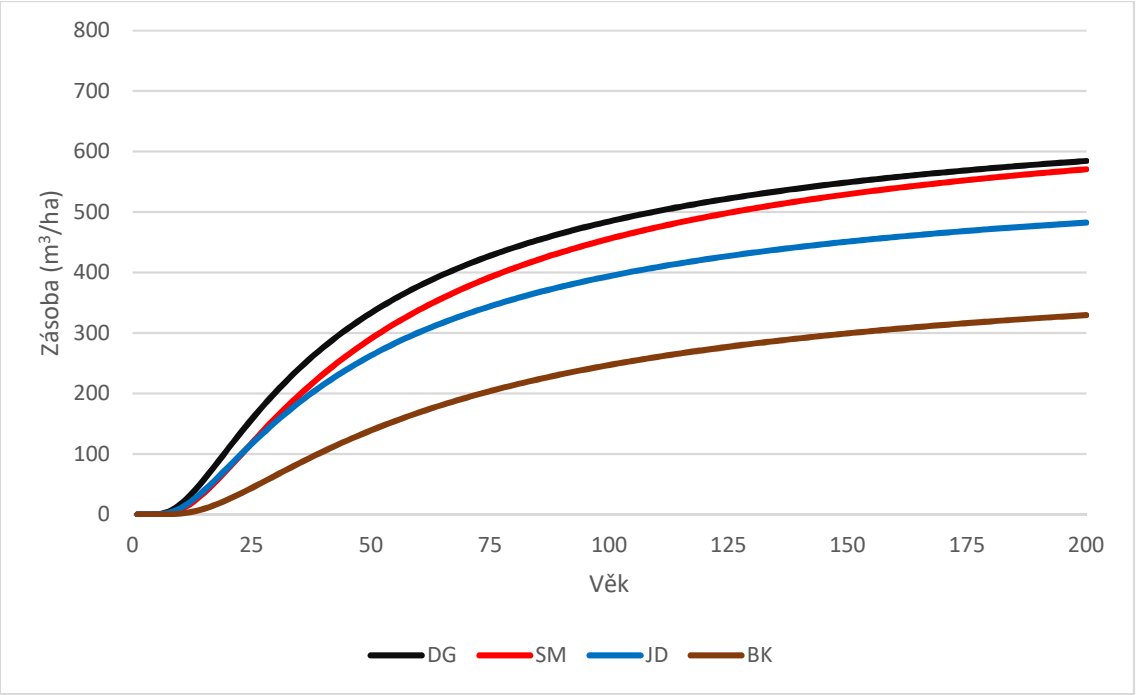
Obr. 27. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 4. LVS ve vztahu k věku



Obr. 28. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 5. LVS ve vztahu k věku



Obr. 29. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 6. LVS ve vztahu k věku



Obr. 30. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 7. LVS ve vztahu k věku

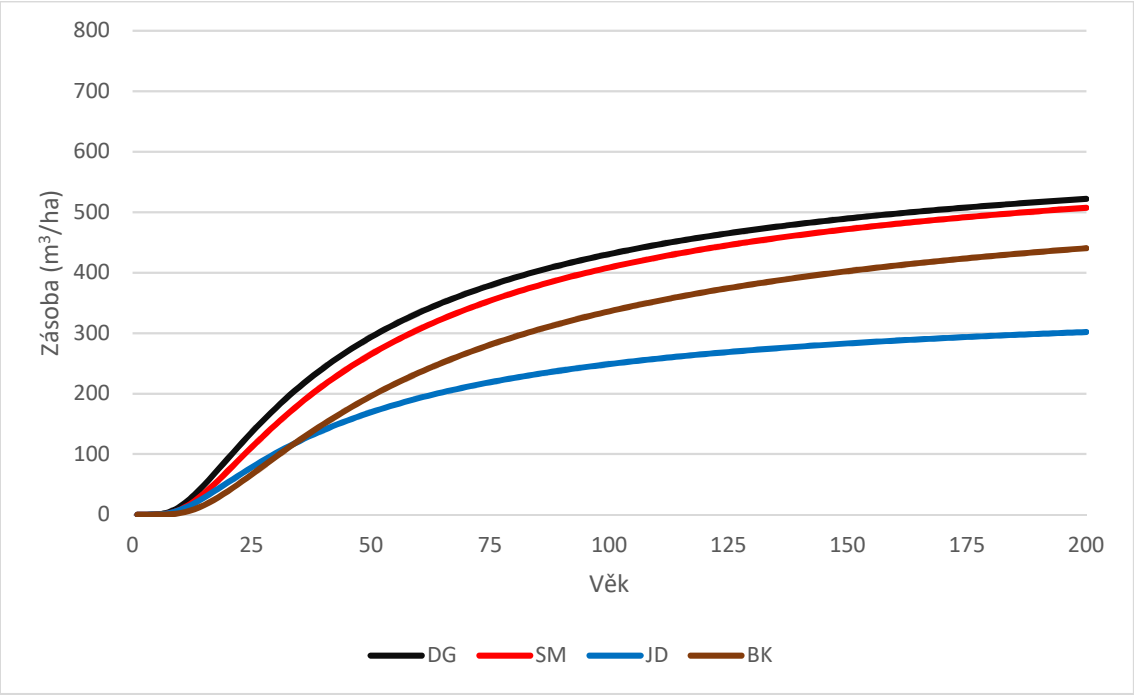
Tab. 8. Hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 100 letech v 2.-7. LVS. r^2 - koeficient determinace; n - počet porostních skupin; σ - odhad směrodatné ochylky zásoby; a, b - parametry růstového modelu (rovnice 1).

LVS	Zásoba ve 100 letech v m^3 ha^{-1}							
	DG		SM		JD		BK	
2	474	r^2 = 0,8263 n = 4559 σ = 195 a = 6,4902 b = -32,8217	437	r^2 = 0,8480 n = 2681 σ = 171 a = 6,4982 b = -41,8968	453	r^2 = 0,8627 n = 457 σ = 191 a = 6,4978 b = -38,2940	319	r^2 = 0,8556 n = 1282 σ = 127 a = 6,2430 b = -47,6633
3	543	r^2 = 0,8658 n = 16224 σ = 212 a = 6,6772 b = -38,1001	492	r^2 = 0,8871 n = 12643 σ = 188 a = 6,6513 b = -45,3508	494	r^2 = 0,8653 n = 2676 σ = 204 a = 6,6321 b = -43,0481	353	r^2 = 0,8806 n = 6837 σ = 136 a = 6,3963 b = -52,9429
4	569	r^2 = 0,8652 n = 12831 σ = 214 a = 6,7456 b = -40,1046	531	r^2 = 0,8909 n = 10973 σ = 194 a = 6,7617 b = -48,7578	518	r^2 = 0,8747 n = 3009 σ = 201 a = 6,7264 b = -47,6173	361	r^2 = 0,8799 n = 6465 σ = 133 a = 6,4283 b = -53,9758
5	595	r^2 = 0,8666 n = 9463 σ = 212 a = 6,8237 b = -43,5506	564	r^2 = 0,8884 n = 8457 σ = 197 a = 6,8505 b = -51,5930	554	r^2 = 0,8537 n = 2149 σ = 202 a = 6,8347 b = -51,7649	385	r^2 = 0,8724 n = 4699 σ = 128 a = 6,5570 b = -60,3446
6	571	r^2 = 0,8623 n = 2271 σ = 202 a = 6,7632 b = -41,5396	545	r^2 = 0,8966 n = 2093 σ = 186 a = 6,7912 b = -49,0039	566	r^2 = 0,8973 n = 610 σ = 191 a = 6,8467 b = -50,7667	352	r^2 = 0,8545 n = 1221 σ = 120 a = 6,4300 b = -56,5423
7	485	r^2 = 0,8387 n = 101 σ = 180 a = 6,5581 b = -37,4536	456	r^2 = 0,8701 n = 93 σ = 165 a = 6,5719 b = -44,9643	394	r^2 = 0,9262 n = 74 σ = 156 a = 6,3820 b = -40,5289	247	r^2 = 0,8399 n = 62 σ = 93 a = 6,0859 b = -57,5653

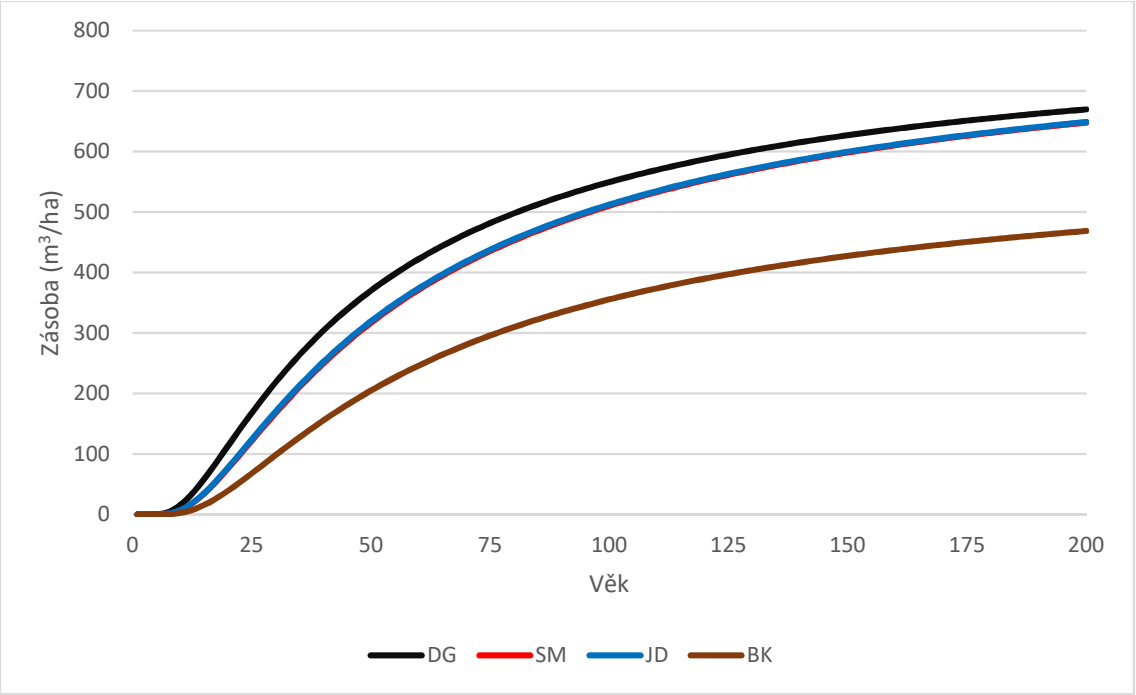
Hektarová zásoba buku lesního ve 2. až 7. LVS (bez přihlédnutí k edafickým podmínkám) (Obr. 25 až 30) se ukazuje výrazně nižší než u dalších tří jehličnatých dřevin, kdy hektarová zásoba douglasky se ukazuje nejvyšší. V 7. LVS je hektarová zásoba buku lesního ze všech uváděných LVS nejnižší. Tato skutečnost je zcela pochopitelná, protože v tomto LVS se stává výrazně podrostní dřevinou. Zajímavé je vzájemné kolísání překryvů hektarových zásob smrku ztepilého a jedle bělokoré ve 3. LVS (Obr. 26). Ve 4. LVS (Obr. 27) se při vyšším věku hektarová zásoba těchto tří jehličnanů přibližuje, zhruba ve věku od 10 do 100 let je přeci jen douglaska výše než jedle bělokorá a smrk ztepilý, v 5. a 6. LVS (Obr. 28 a 29) trend nastoupený ve 4. LVS – vzájemné přibližování se hektarových zásob těchto tří jehličnatých dřevin – je zde výraznější, ale v 6. LVS (Obr. 29) při vyšším věku (nad 120 let) douglaska začíná být produkčně slabší než jedle bělokorá. V 7. LVS (Obr. 30) zřejmě z důvodu klimatických podmínek dochází k výraznějšímu poklesu hektarové zásoby jedle bělokoré a u douglasky a smrku ztepilého je vzájemně vyrovnaná, i když u douglasky je nevýznamně vyšší.

Tab. 8 ukazuje, že v 5. LVS mají nejvyšší hektarovou zásobu douglaska, smrk ztepilý (rozdíl s DG 31 m^3 ha^{-1}) a buk lesní (rozdíl s DG 210 m^3 ha^{-1}). Jedle bělokorá má nejvyšší hektarovou zásobu v 6. LVS, která je však nevýrazně nižší než douglasky.

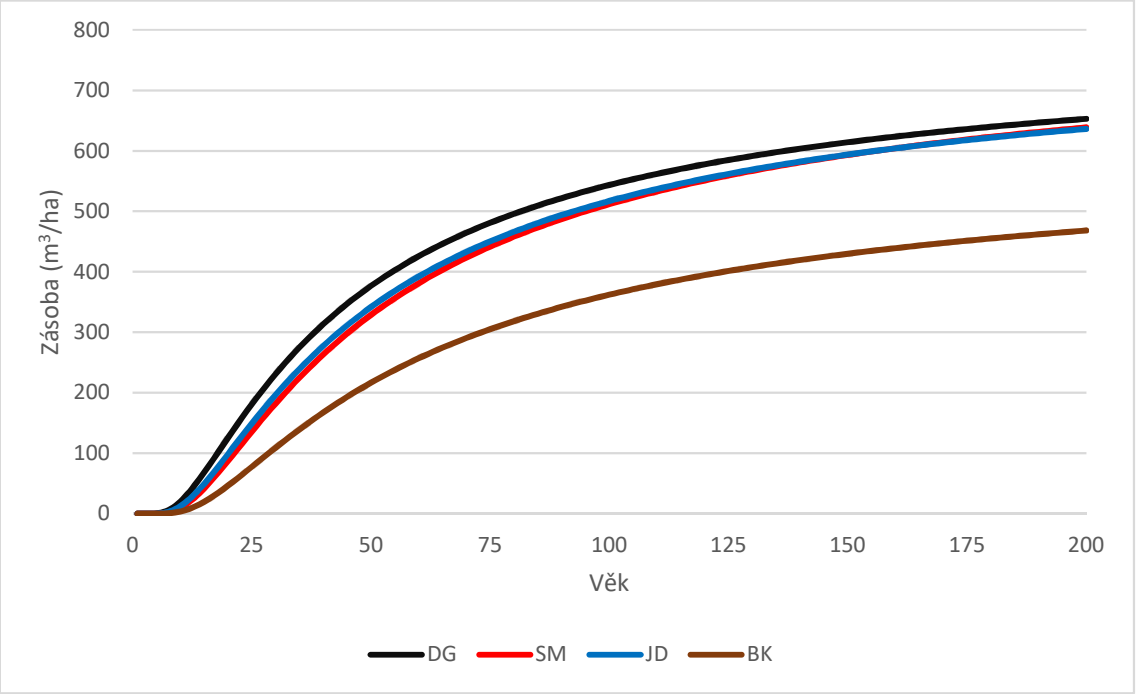
5.1.2.3 Produkce vybraných dřevin dle skupiny stanoviště



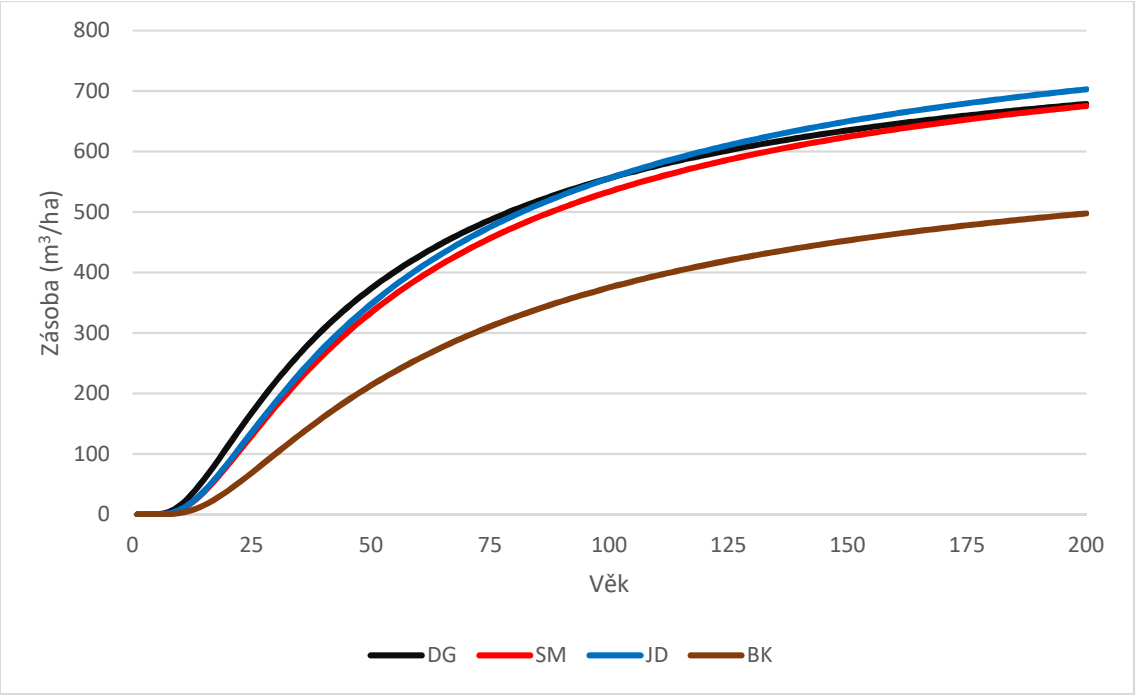
Obr. 31. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve skupině extrémních stanovišť (edafické kategorie X, Z, Y) ve vztahu k věku



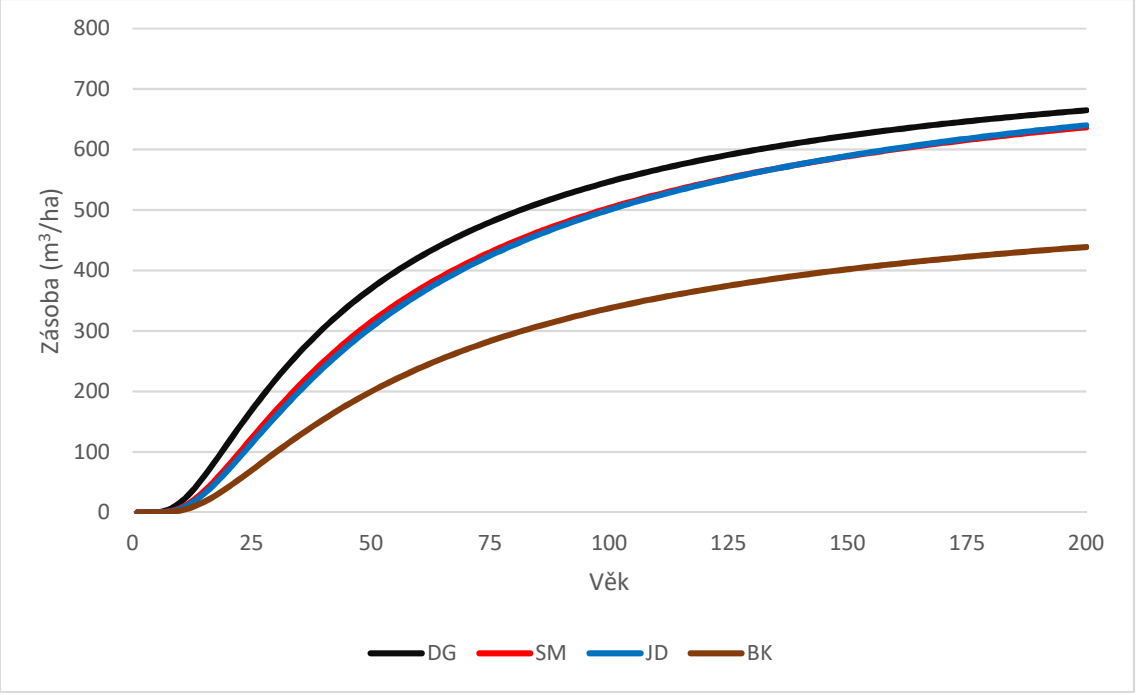
Obr. 32. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve skupině kyselých stanovišť (edafické kategorie M, K, N, I, S) ve vztahu k věku



Obr. 33. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve skupině živných stanovišť (edafické kategorie F, C, B, W, H, D, A, J) ve vztahu k věku



Obr. 34. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve skupině vlhkých stanovišť (edafické kategorie L, U, V) ve vztahu k věku



Obr. 35. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve skupině oglejených stanovišť (edafické kategorie O, P, Q) ve vztahu k věku

Tab. 9. Hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 100 letech ve skupinách stanovišť (viz Kap. 4.1.2). r^2 - koeficient determinace; n - počet porostních skupin; σ - odhad směrodatné ochylky zásoby; a, b - parametry růstového modelu (rovnice 1).

Skupina stanovišť	Zásoba ve 100 letech v m^3 ha^{-1}							
	DG		SM		JD		BK	
Extrémní	431	r^2 = 0,6885 n = 93 σ = 216 a = 6,4496 b = -38,3749	409	r^2 = 0,7060 n = 70 σ = 208 a = 6,4456 b = -43,2738	249	r^2 = 0,8329 n = 74 σ = 118 a = 5,9027 b = -38,5564	336	r^2 = 0,8054 n = 65 σ = 173 a = 6,3580 b = -54,0241
Kyselé	550	r^2 = 0,8615 n = 31226 σ = 208 a = 6,7047 b = -39,5306	510	r^2 = 0,8852 n = 25374 σ = 189 a = 6,7122 b = -47,6875	512	r^2 = 0,8674 n = 5702 σ = 200 a = 6,7116 b = -47,2409	356	r^2 = 0,8760 n = 13804 σ = 128 a = 6,4259 b = -55,1675
Živné	544	r^2 = 0,8319 n = 9130 σ = 222 a = 6,6648 b = -36,6604	512	r^2 = 0,8520 n = 6812 σ = 204 a = 6,6808 b = -44,2670	517	r^2 = 0,8723 n = 1878 σ = 221 a = 6,6630 b = -41,4569	362	r^2 = 0,8712 n = 4621 σ = 148 a = 6,4061 b = -51,3928
Vlhké	556	r^2 = 0,8100 n = 886 σ = 208 a = 6,7193 b = -39,8193	534	r^2 = 0,8510 n = 748 σ = 193 a = 6,7499 b = -46,9501	556	r^2 = 0,8430 n = 172 σ = 213 a = 6,7899 b = -46,9211	375	r^2 = 0,8230 n = 302 σ = 142 a = 6,4927 b = -56,4958
Oglejené	547	r^2 = 0,8592 n = 5158 σ = 187 a = 6,6949 b = -39,0821	503	r^2 = 0,8770 n = 4370 σ = 166 a = 6,6913 b = -46,9979	500	r^2 = 0,8309 n = 1236 σ = 167 a = 6,7075 b = -49,2223	337	r^2 = 0,8548 n = 2013 σ = 106 a = 6,3465 b = -52,4993

Hektarová zásoba jedle bělokoré je na extrémních stanovištích (bez přihlédnutí k LVS) (Obr. 31) ze zcela pochopitelných důvodů nejnižší. Buku lesnímu se na těchto stanovištích daří výrazně lépe, ale i tak je jeho hektarová zásoba viditelně nižší než u douglasky a smrku ztepilého, jejichž hektarová zásoba je přibližně stejná.

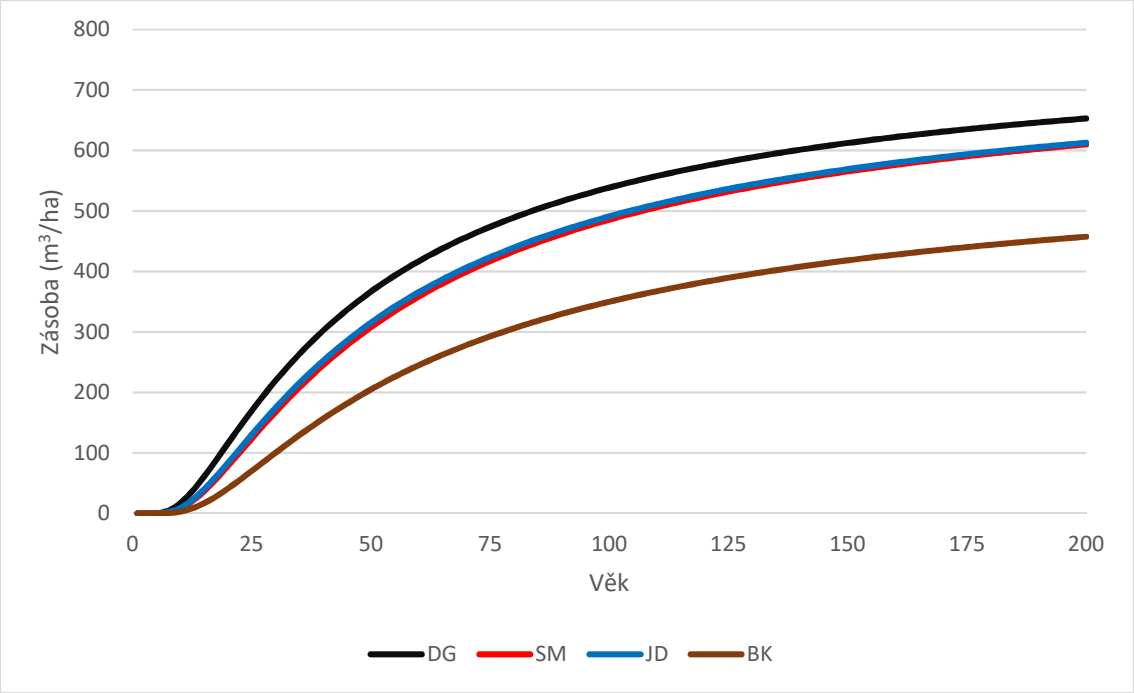
Hektarová zásoba buku lesního je na kyselých, živných, vlhkých a oglejených skupinách stanovišť (bez přihlédnutí k LVS) (Obr. 32 až 35) nejnižší. U smrku ztepilého a jedle bělokoré je téměř totožná (liší se ve 100 letech v jednotkách m^3 ha^{-1} – Tab. 9) a u douglasky je vzhledem k nim pouze nepatrně vyšší. Ale pouze na vlhkých skupinách stanovišť (bez přihlédnutí k LVS) (Obr. 34) hektarová zásoba jedle bělokoré od 100 let věku nepatrně převyšuje douglasku a od 40 let věku opět nepatrně smrk ztepilý.

Tab. 9 ukazuje, že porovnávané dřeviny mají nejvyšší hektarovou zásobu ve 100 letech ve skupině stanovišť vlhkých (edafické kategorie L, U, V). Rozdíly mezi jehličnatými dřevinami jsou zanedbatelné (mezi DG a JD dokonce shodné), ale u buku lesního výrazně nižší.

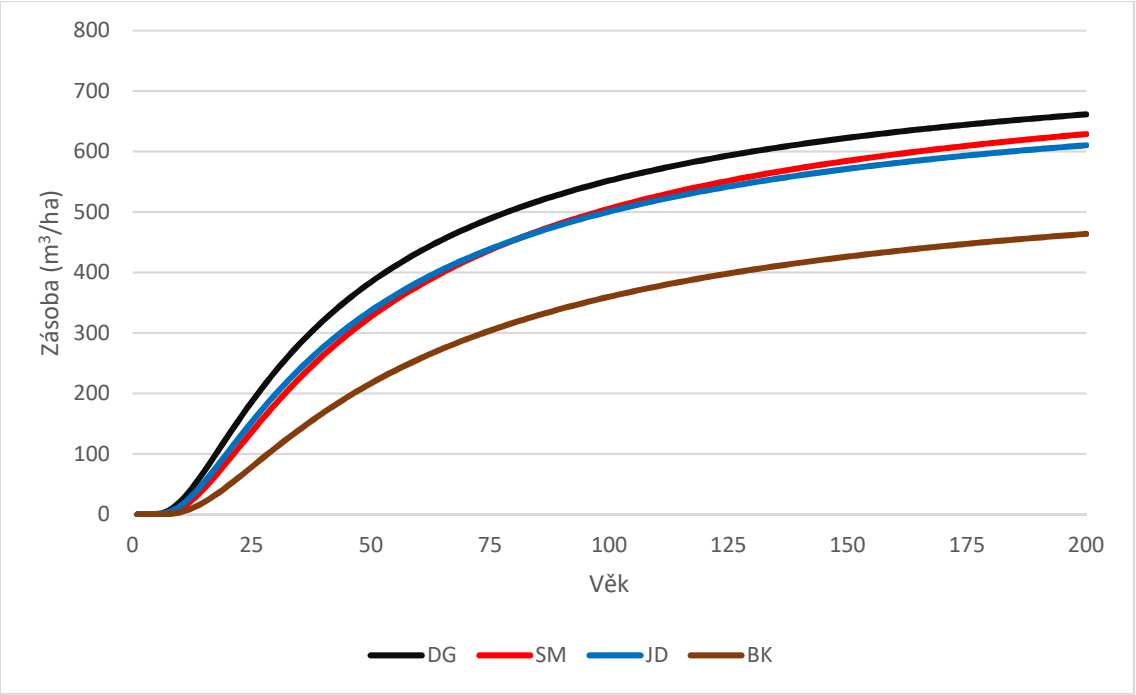
Skupina mokrých stanovišť (G, T, R) není uváděna z důvodu nedostatečného množství výchozích dat.

5.1.2.4 Produkce vybraných hospodářských dřevin na vybraných skupinách stanovišť v jednotlivých LVS

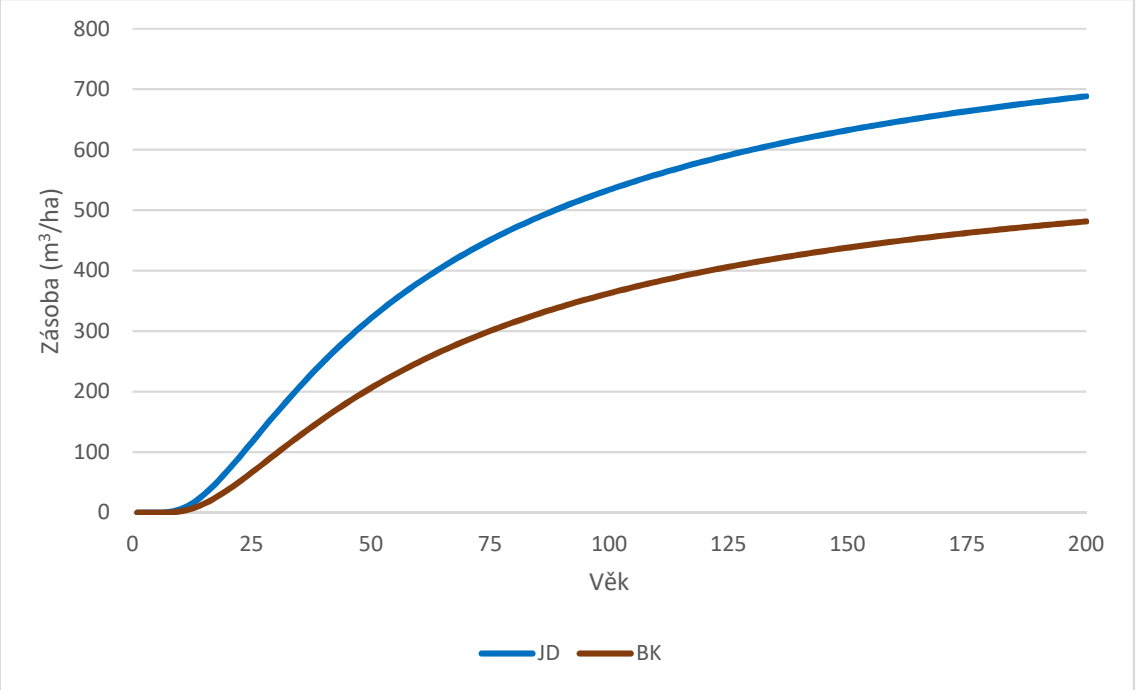
Další části výsledků budou zaměřeny na zohlednění produkce v některých LVS (3.-6.) a vybraných skupin stanovišť. Okrajové LVS (2. a 7.) byly z porovnání vyloučeny jednak z důvodu nevhodnosti pěstování jehličnanů (2. LVS) a jednak z důvodu výzazně horského a částečně půdoochranného charakteru lesů (7. LVS).



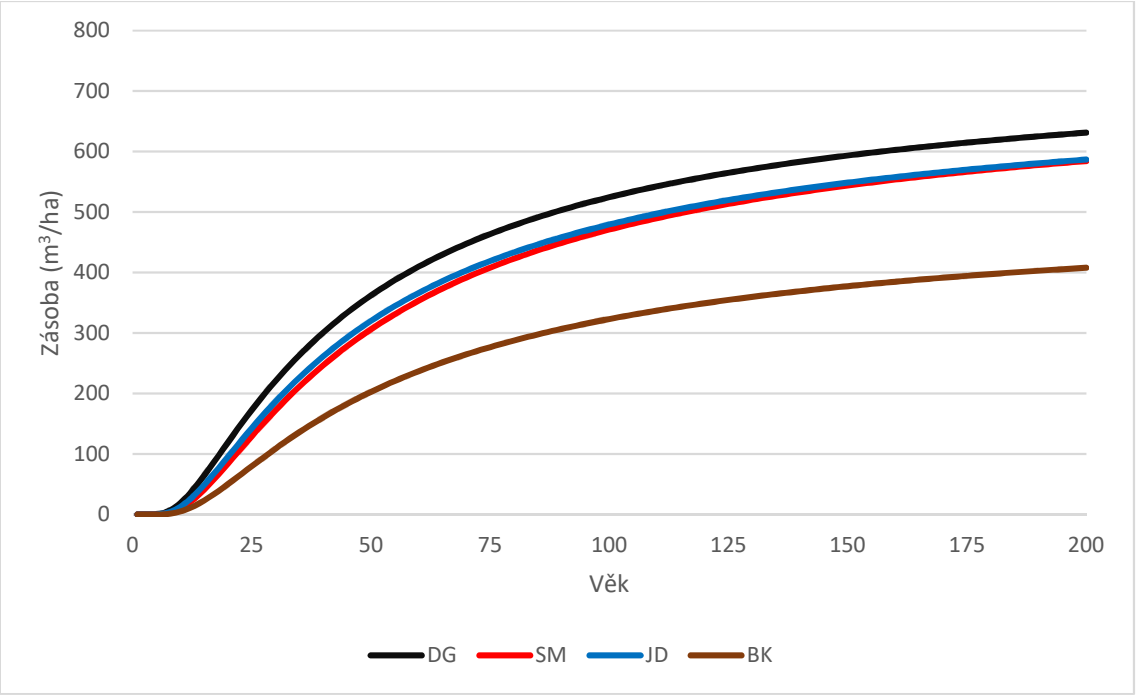
Obr. 36. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 3. LVS a ve skupině kyselých stanovišť (edafické kategorie M, K, N, I, S) ve vztahu k věku



Obr. 37. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 3. LVS a ve skupině živných stanovišť (edafické kategorie F, C, B, W, H, D, A, J) ve vztahu k věku



Obr. 38. Model vývoje hektarové zásoby JD a BK ve 3. LVS a ve skupině vlhkých stanovišť (edafické kategorie L, U, V) ve vztahu k věku



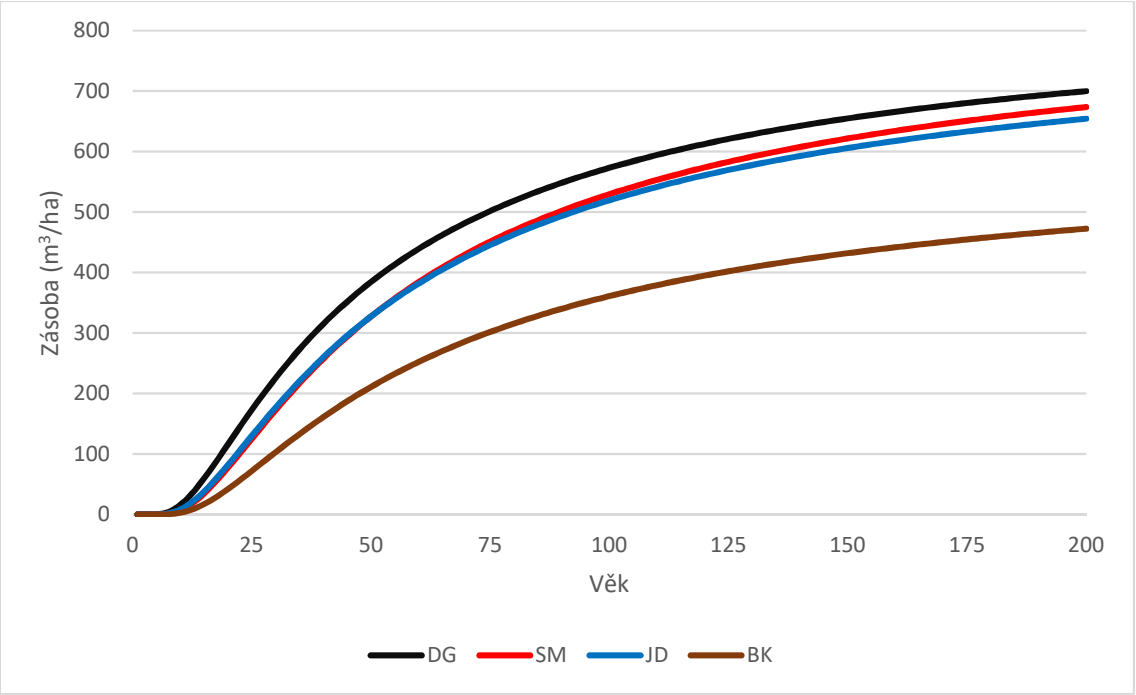
Obr. 39. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 3. LVS a ve skupině oglejených stanovišť (edafické kategorie O, P, Q) ve vztahu k věku

3. LVS kyselé skupiny stanovišť (Obr. 36) ukazuje výrazně nižší hektarovou zásobu buku lesního, téměř shodnou u smrku ztepilého a jedle bělokoré a poněkud vyšší u douglasky. Z této skupiny stanovišť se na výsledcích nejvíce podílela výchozí data edafických kategorií K a S, na nichž je nejvyšší procento zastoupení douglasky v lesích ČR (viz Kap. 5.1.1).

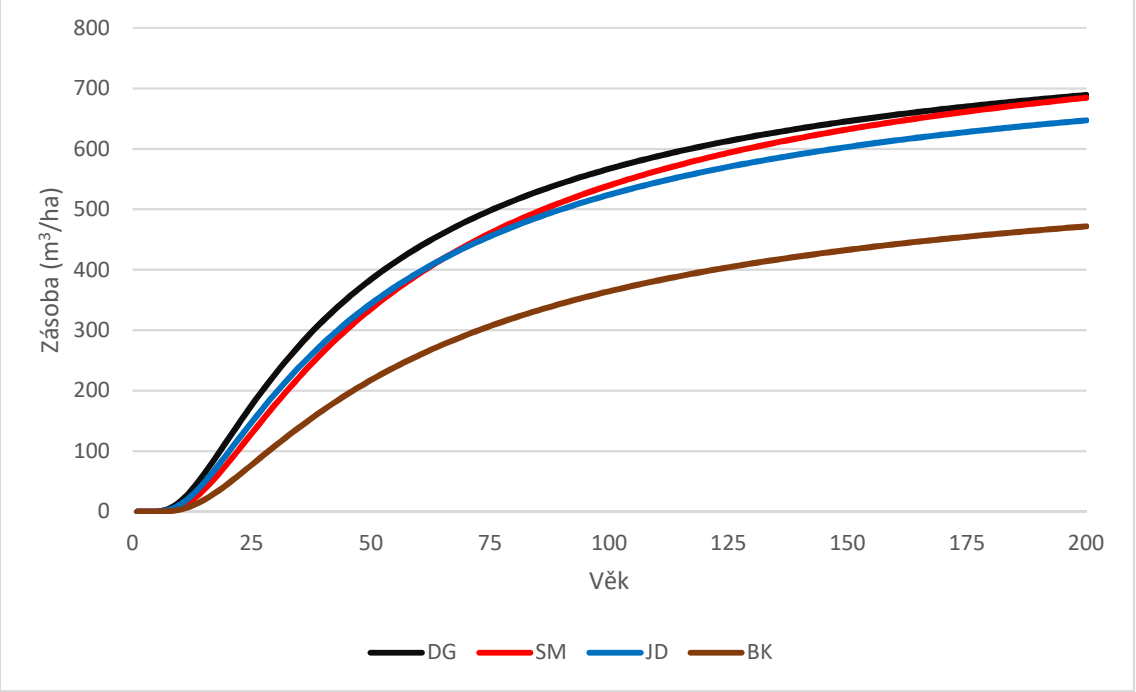
3. LVS živné skupiny stanovišť (Obr. 37) ukazuje téměř shodný trend vývoje hektarové zásoby na věku porovnávaných dřevin jako na stanovištích kyselých ve 3. LVS, ale vlastní produkce ve 100 letech je zde vyšší, u douglasky a smrku ztepilého je v této kategorii nejvyšší ze sledovaných skupin stanovišť (ve 3. LVS) (Tab. 10 až 13).

3. LVS vlhké skupiny stanovišť (Obr. 38) ukazuje opět výrazně nižší hektarovou zásobu buku lesního. U buku lesního je hektarová zásoba ve 100 letech vyšší pouze o jednotky m^3 ha^{-1}, kdežto u jedle bělokoré je v této kategorii nejvyšší ze sledovaných skupin stanovišť (ve 3. LVS) (Tab. 10 až 13). Model vývoje hektarové zásoby douglasky a smrku ztepilého v této kombinaci není uváděn z důvodu nedostatečného množství výchozích dat.

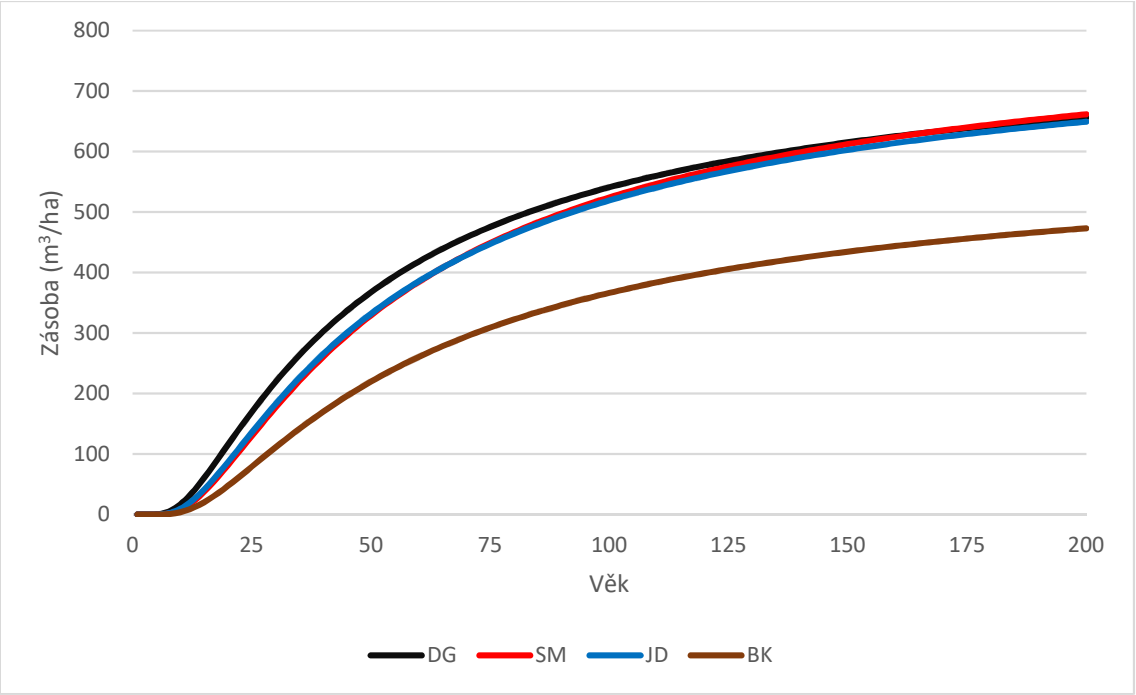
3. LVS oglejené skupiny stanovišť (Obr. 39) ukazuje téměř shodný trend vývoje hektarové zásoby na věku porovnávaných dřevin jako na stanovištích kyselých a živných ve 3. LVS, ale hektarová zásoba ve 100 letech je zde nejnižší ze 3. LVS (Tab. 10 až 13).



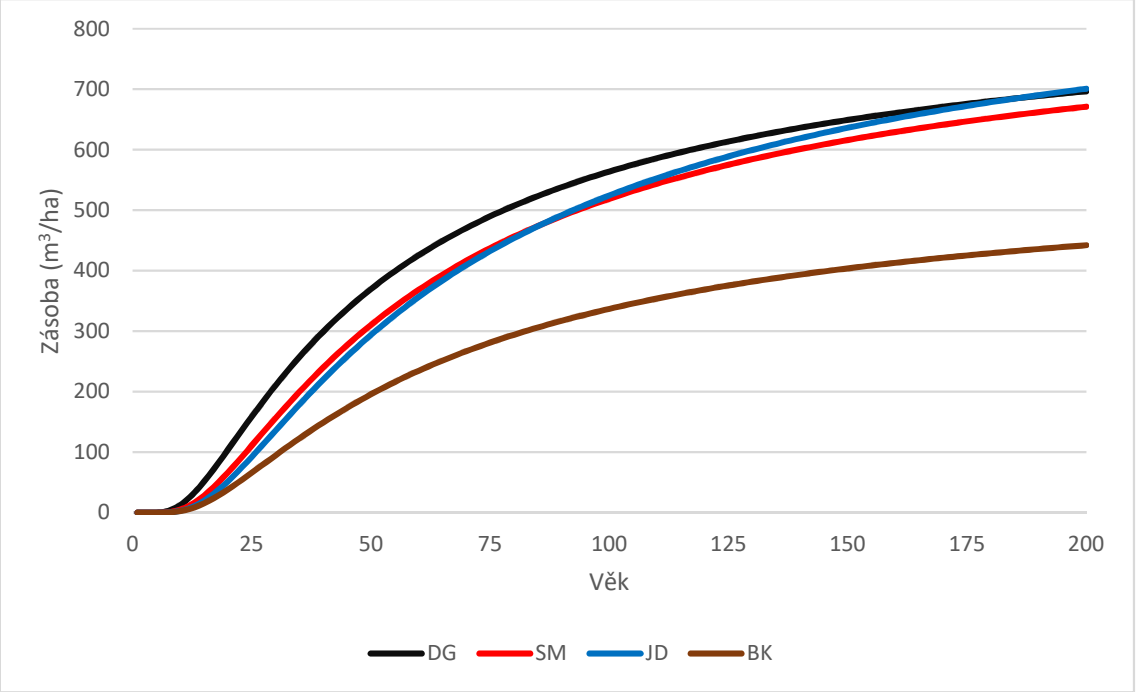
Obr. 40. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 4. LVS a ve skupině kyselých stanovišť (edafické kategorie M, K, N, I, S) ve vztahu k věku



Obr. 41. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 4. LVS a ve skupině živných stanovišť (edafické kategorie F, C, B, W, H, D, A, J) ve vztahu k věku



Obr. 42. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 4. LVS a ve skupině vlhkých stanovišť (edafické kategorie L, U, V) ve vztahu k věku

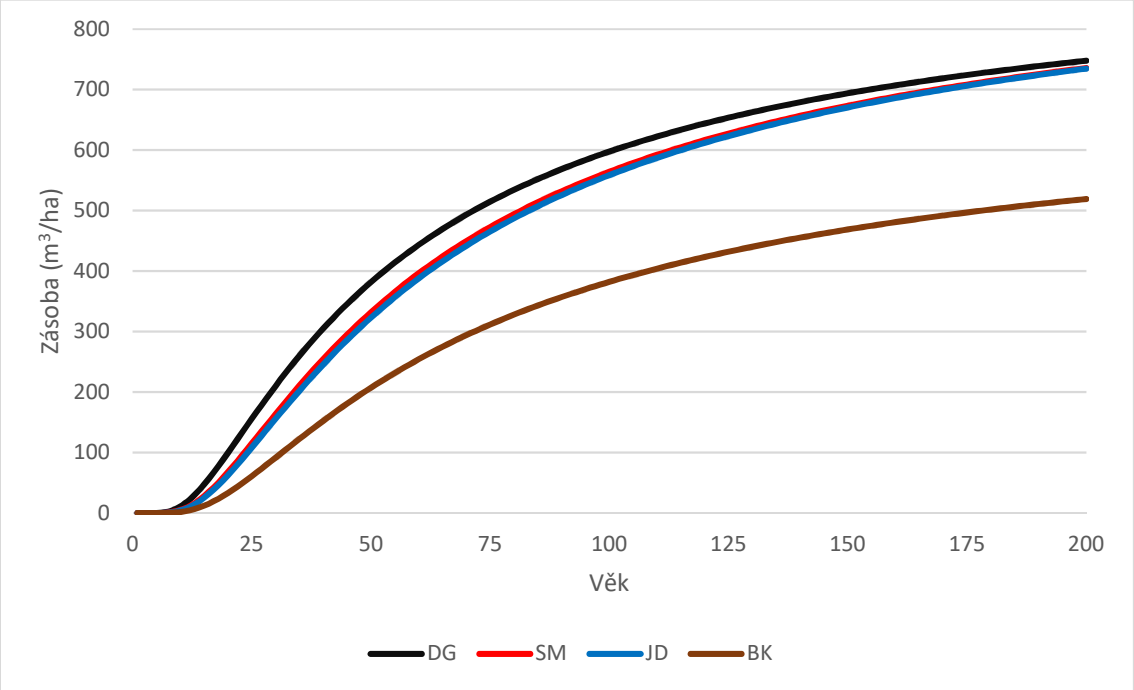


Obr. 43. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK ve 4. LVS a ve skupině oglejených stanovišť (edafické kategorie O, P, Q) ve vztahu k věku

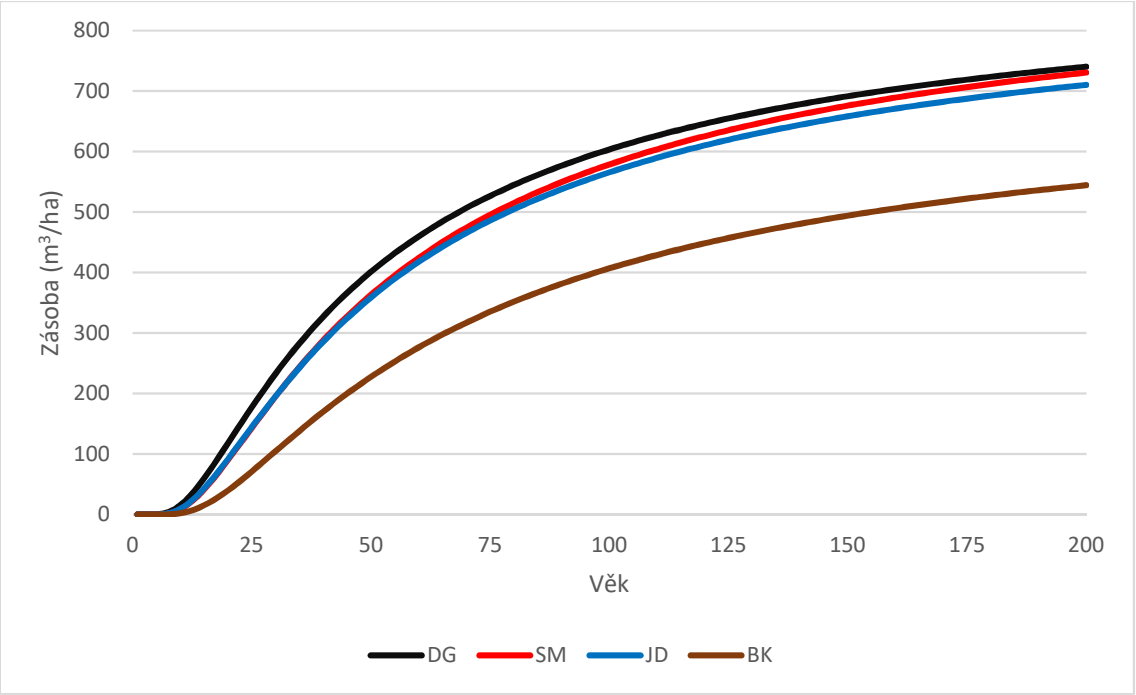
4. LVS kyselé a živné skupiny stanovišť (Obr. 40 a 41) ukazuje téměř shodný trend vývoje hektarové zásoby na věku porovnávaných dřevin jako na stanovištích kyselých a živných ve 3. LVS, ale vlastní hektarová zásoba ve 100 letech je u buku lesního vyšší v pouhých jednotkách m^3 ha^{-1}, zatímco u jehličnanů je to už v rozmezí zhruba 20-40 m^3 ha^{-1} (Tab. 10 až 13).

4. LVS vlhké skupiny stanovišť (Obr. 42) ukazuje výrazně nižší hektarovou zásobu buku lesního a téměř shodnou hektarovou zásobu porovnávaných jehličnanů. Avšak u buku lesního je tato zásoba ve 100 letech vyšší o jednotky m^3 ha^{-1} než ve 3. LVS, u jehličnanů je ve 100 letech naopak nižší o 10-20 m^3 ha^{-1} (Tab. 10 až 13).

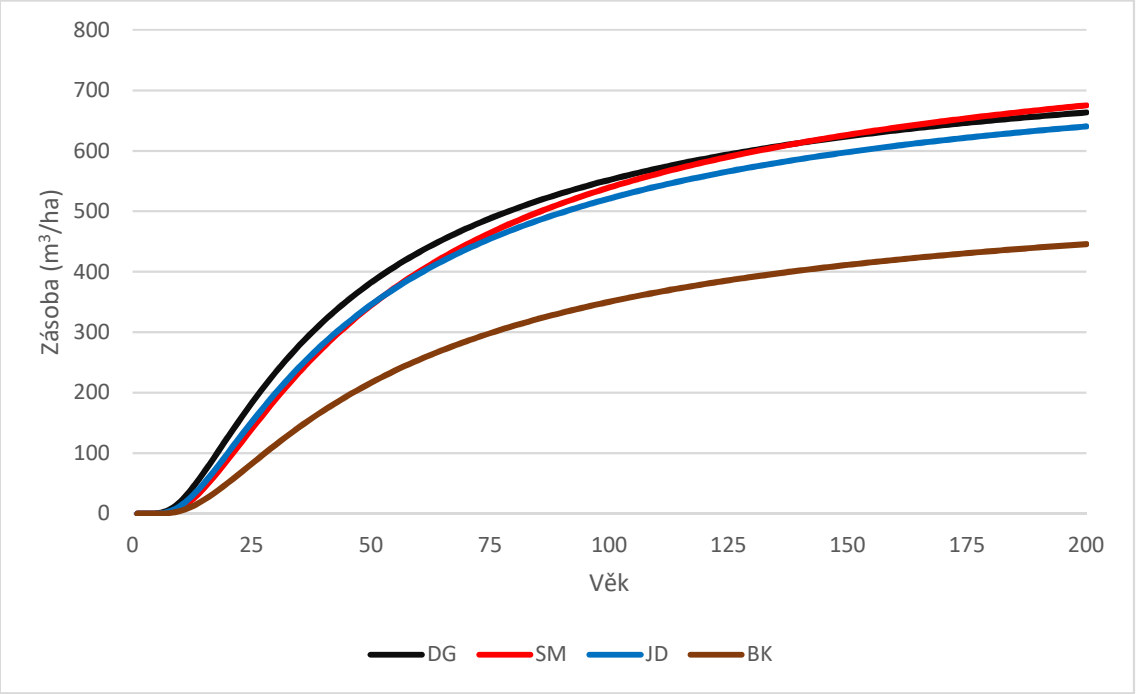
4. LVS oglejené skupiny stanovišť (Obr. 43) ukazuje téměř shodný trend vývoje hektarové zásoby ve vztahu k věku porovnávaných dřevin jako na stanovištích oglejených ve 3. LVS, ale vlastní hektarová zásoba ve 100 letech je u buku lesního vyšší přibližně o 15 m^3 ha^{-1}, zatímco u jehličnanů je vyšší už v rozmezí zhruba 30-50 m^3 ha^{-1} (Tab. 10 až 13).



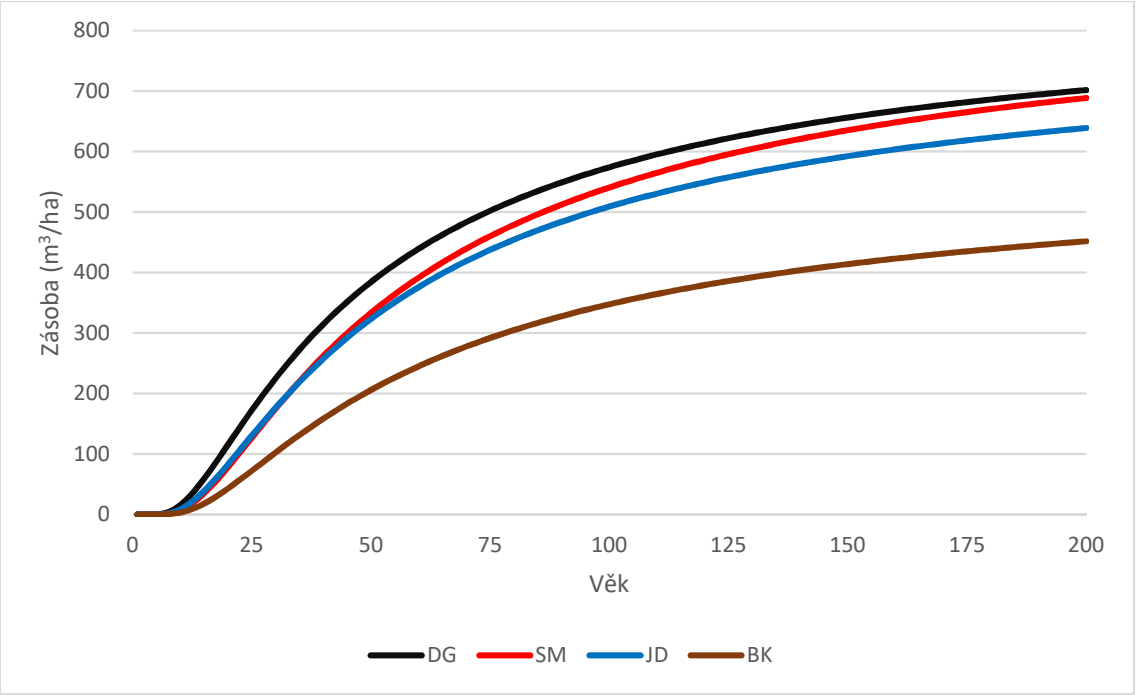
Obr. 44. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 5. LVS a ve skupině kyselých stanovišť (edafické kategorie M, K, N, I, S) ve vztahu k věku



Obr. 45. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 5. LVS a ve skupině živných stanovišť (edafické kategorie F, C, B, W, H, D, A, J) ve vztahu k věku



Obr. 46. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 5. LVS a ve skupině vlhkých stanovišť (edafické kategorie L, U, V) ve vztahu k věku

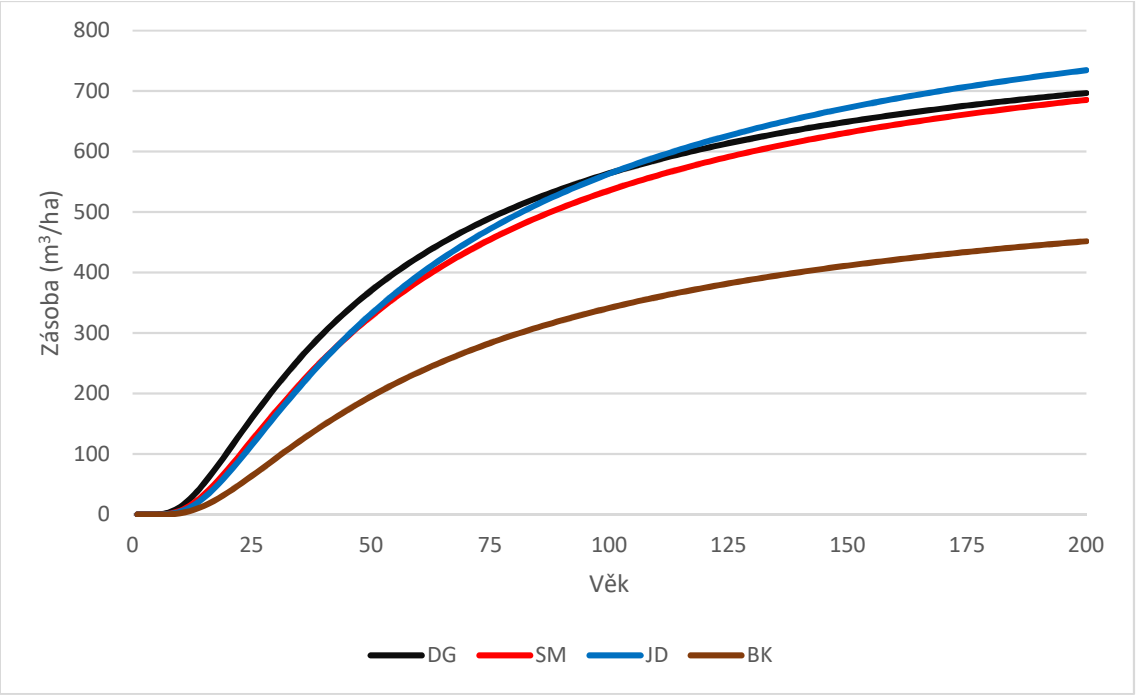


Obr. 47. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 5. LVS a ve skupině oglejených stanovišť (edafické kategorie O, P, Q) ve vztahu k věku

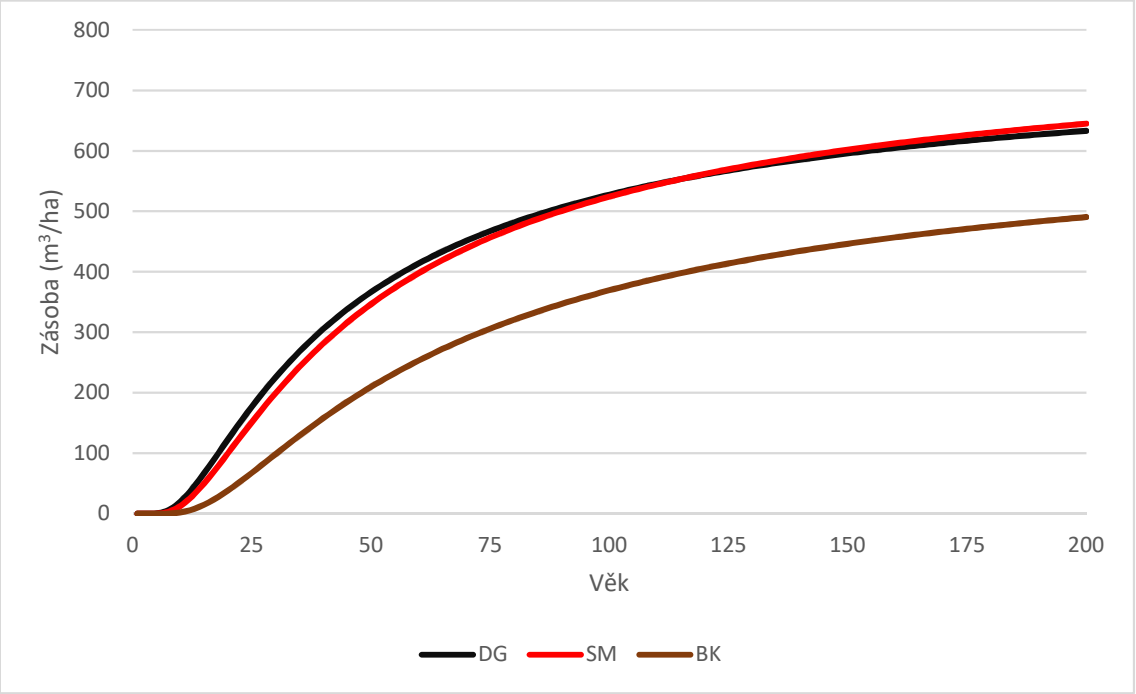
5. LVS kyselé a živné skupiny stanovišť (Obr. 44 a 45) ukazuje téměř shodný trend vývoje hektarové zásoby na věku porovnávaných dřevin jako na stanovištích kyselých a živných ve 4. LVS, pouze mezi porovnávanými jehličnany není takový rozdíl. Vlastní hektarová zásoba ve 100 letech je u všech porovnávaných dřevin vyšší v rozmezí zhruba 20-40 m^3 ha^{-1}než ve 4. LVS shodných stanovišť (Tab. 10 až 13).

5. LVS vlhké skupiny stanovišť (Obr. 46) ukazuje téměř shodný trend vývoje hektarové zásoby na věku porovnávaných dřevin jako na stanovištích vlhkých ve 4. LVS. Vlastní hektarová zásoba ve 100 letech je u buku lesního a jedle bělokoré téměř shodná. Dále u smrku ztepilého a douglasky je o 10-15 m^3 ha^{-1} vyšší (Tab. 10 až 13).

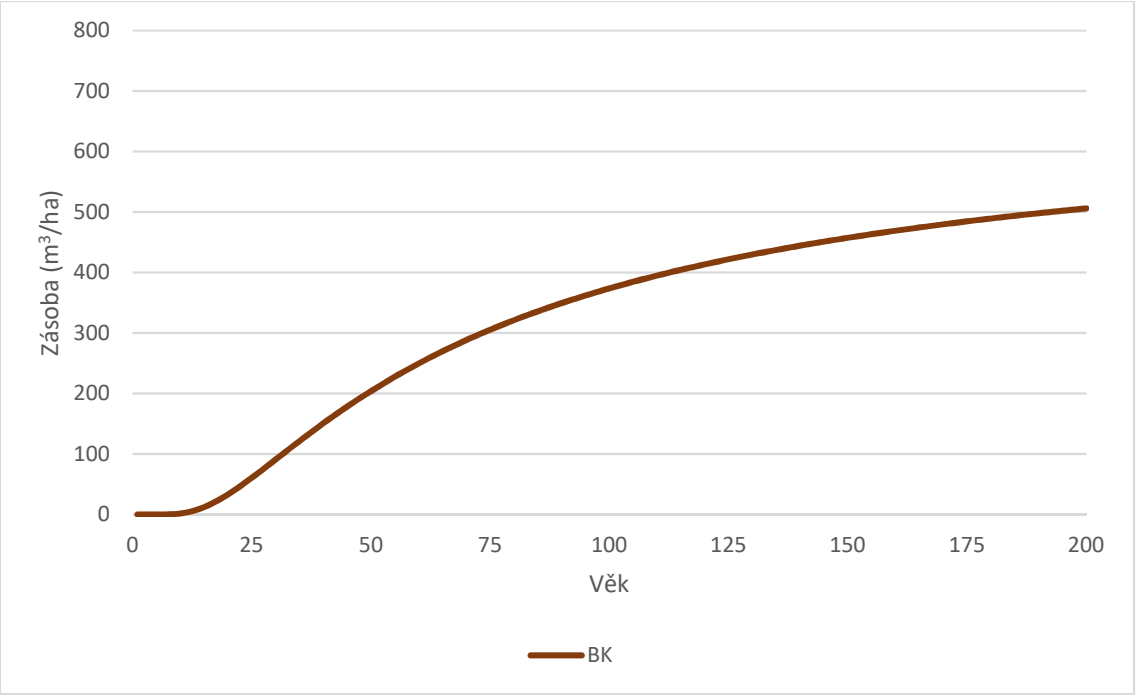
5. LVS oglejené skupiny stanovišť (Obr. 47) ukazuje téměř shodný trend vývoje hektarové zásoby na věku porovnávaných dřevin jako na stanovištích oglejených ve 4. LVS. Vlastní hektarová zásoba ve 100 letech je u buku lesního o 10 m^3 ha^{-1} vyšší než ve 4. LVS shodných stanovišť. Dále u jedle bělokoré je o 15 m^3 ha^{-1} nižší a u douglasky a smrku ztepilého je o 10-20 m^3 ha^{-1} vyšší (Tab. 10 až 13).



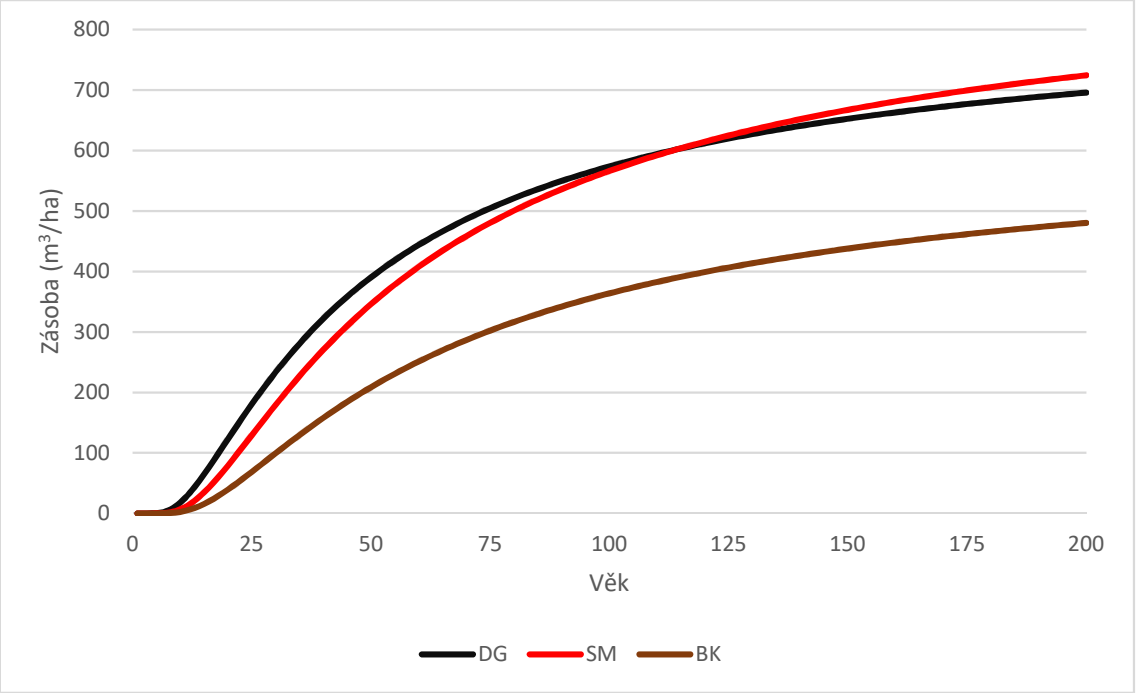
Obr. 48. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 6. LVS a ve skupině kyselých stanovišť (edafické kategorie M, K, N, I, S) ve vztahu k věku



Obr. 49. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM a BK v 6. LVS a ve skupině živných stanovišť (edafické kategorie F, C, B, W, H, D, A, J) ve vztahu k věku



Obr. 50. Model vývoje hektarové zásoby BK v 6. LVS a ve skupině vlhkých stanovišť (edafické kategorie L, U, V) ve vztahu k věku



Obr. 51. Model vývoje hektarové zásoby DG, SM, JD a BK v 6. LVS a ve skupině oglejených stanovišť (edafické kategorie O, P, Q) ve vztahu k věku

6. LVS kyselé skupiny stanovišť (Obr. 48) ukazuje téměř shodný trend vývoje hektarové zásoby na věku porovnávaných dřevin jako na stanovištích kyselých v 5. LVS. Hektarová zásoba ve 100 letech je u všech porovnávaných dřevin nižší než v 5. LVS shodných stanovišť, kromě jedle bělokoré. U douglasky a smrku ztepilého je nižší cca o 30 m^3 ha^{-1} a u buku lesního o 40 m^3 ha^{-1}. U jedle bělokoré je nižší o 5 m^3 ha^{-1} (Tab. 10 až 13).

6. LVS živné skupiny stanivšť (Obr. 49) ukazuje opět nižší hektarovou zásobu buku lesního než u porovnávaných jehličnanů, křivka smrku ztepilého a douglasky je téměř shodná. Hektarová zásoba ve 100 letech je u buku lesního nižší o 40 m^3 ha^{-1}, u douglasky klesla o 80 m^3 ha^{-1} a u smrku ztepilého o 50 m^3 ha^{-1} oproti 5. LVS shodných stanovišť (Tabulka 10 až 13). Model vývoje hektarové zásoby jedle bělokoré v této kombinaci není uváděn z důvodu nedostatečného množství výchozích dat.

6. LVS vlhké skupiny stanovišť (Obr. 50) ukazuje pouze vývoj hektarové zásoby na věku buku lesního. Model vývoje hektarové zásoby douglasky, smrku ztepilého a jedle bělokoré v této kombinaci není uváděn z důvodu nedostatečného množství výchozích dat. Vlastní hektarová zásoba ve 100 letech vzrostla u buku lesního pouze o jednotky m^3 ha^{-1} oproti 5. LVS shodných stanovišť.

6. LVS oglejené skupiny stanovišť (Obr. 51) ukazuje téměř shodný trend vývoje hektarové zásoby na věku porovnávaných dřevin (kromě jedle bělokoré - nedostatečné množství výchozích dat) jako na stanovištích vlhkých ve 4. a 5. LVS. Vlastní hektarová zásoba ve 100 letech vzrostla u všech porovnávaných dřevin oproti 5. LVS shodných stanovišť, kromě douglasky, kde zůstala na stejné úrovni. U smrku ztepilého vzrostla o 25 m^3 ha^{-1} a u buku lesního o 10 m^3 ha^{-1} (Tab. 10 až 13).

Tab. 10. Hektarové zásoby DG ve 100 letech ve skupinách stanovišť (viz Kap. 4.1.2) v 3.-6. LVS. r^2 - koeficient determinace; n - počet porostních skupin; σ - odhad směrodatné ochylky zásoby; a, b - parametry růstového modelu (rovnice 1).

DG	Zásoba ve 100 letech v m^3 ha^{-1}							
LVS	Kyselé		Živné		Vlhké		Oglejené	
3	539	r^2 = 0,8759 n = 11556 σ = 207 a = 6,6739 b = -38,4613	552	r^2 = 0,8357 n = 3439 σ = 222 a = 6,6756 b = -36,1930	-		525	r^2 = 0,8623 n = 992 σ = 194 a = 6,6331 b = -37,0357
4	573	r^2 = 0,8731 n = 7875 σ = 217 a = 6,7508 b = -39,9408	567	r^2 = 0,8553 n = 2792 σ = 227 a = 6,7300 b = -38,9403	541	r^2 = 0,8819 n = 165 σ = 198 a = 6,6802 b = -38,6797	564	r^2 = 0,8457 n = 1920 σ = 182 a = 6,7575 b = -42,2326
5	598	r^2 = 0,8668 n = 7049 σ = 212 a = 6,8411 b = -44,8128	604	r^2 = 0,8658 n = 1118 σ = 264 a = 6,8112 b = -40,8301	552	r^2 = 0,8181 n = 281 σ = 188 a = 6,6814 b = -36,7808	574	r^2 = 0,8887 n = 914 σ = 186 a = 6,7541 b = -40,1216
6	564	r^2 = 0,8715 n = 1386 σ = 205 a = 6,7576 b = -42,2137	528	r^2 = 0,8068 n = 74 σ = 182 a = 6,6328 b = -36,4309	-		574	r^2 = 0,8625 n = 592 σ = 193 a = 6,7376 b = -38,5267

Tab. 10 ukazuje, že douglaska dosahuje nejvyšších hektarových zásob ve 100 letech v 5. LVS u všech porovnávaných skupin stanovišť. Ve skupině oglejených stanovišť rovněž v 6. LVS. V 5. LVS ve skupině živných stanovišť dosahuje nejvyšší hodnoty - 604 m^3 ha^{-1}.

Tab. 11. Hektarové zásoby SM ve 100 letech ve skupinách stanovišť (viz Kap. 4.1.2) v 3.-6. LVS. r2 - koeficient determinace; n - počet porostních skupin; σ - odhad směrodatné ochylky zásoby; a, b - parametry růstového modelu (rovnice 1).

SM	Zásoba ve 100 letech v m^3 ha^{-1}							
LVS	Kyselé		Živné		Vlhké		Oglejené	
3	486	r^2 = 0,8974 n = 9061 σ = 183 a = 6,6415 b = -45,5829	506	r^2 = 0,8597 n = 2607 σ = 199 a = 6,6619 b = -43,5745	-		471	r^2 = 0,8820 n = 790 σ = 169 a = 6,5859 b = -43,0652
4	530	r^2 = 0,9011 n = 6769 σ = 196 a = 6,7532 b = -48,0954	540	r^2 = 0,8754 n = 2280 σ = 211 a = 6,7662 b = -47,5250	524	r^2 = 0,9140 n = 149 σ = 192 a = 6,7275 b = -46,5412	519	r^2 = 0,8772 n = 1703 σ = 161 a = 6,7660 b = -51,3839
5	564	r^2 = 0,8913 n = 6305 σ = 196 a = 6,8663 b = -53,0728	579	r^2 = 0,8818 n = 979 σ = 225 a = 6,8267 b = -46,5663	539	r^2 = 0,8544 n = 252 σ = 178 a = 6,7395 b = -44,8913	541	r^2 = 0,8996 n = 829 σ = 167 a = 6,7766 b = -48,3609
6	536	r^2 = 0,9039 n = 1290 σ = 189 a = 6,7763 b = -49,2314	524	r^2 = 0,7985 n = 79 σ = 184 a = 6,6763 b = -41,4282	-		566	r^2 = 0,9072 n = 529 σ = 180 a = 6,8315 b = -49,2485

Tabulka 11 ukazuje, že smrk ztepilý má nejvyšší hektarovou zásobu ve 100 letech v 5. LVS u skupin stanovišť kyselých, živných a vlhkých. V 6. LVS dosahuje nejvyšší hodnoty ve skupině stanovišť oglejených. V 5. LVS ve skupině živných stanovišť dosahuje nejvyšší hodnoty - 579 m^3 ha^{-1}.

Tab. 12. Hektarové zásoby JD ve 100 letech ve skupinách stanovišť (viz Kap. 4.1.2) v 3.-6. LVS. r^2 - koeficient determinace; n - počet porostních skupin; σ - odhad směrodatné ochylky zásoby; a, b - parametry růstového modelu (rovnice 1).

JD	Zásoba ve 100 letech v m^3 ha^{-1}							
LVS	Kyselé		Živné		Vlhké		Oglejené	
3	491	r^2 = 0,8739 n = 1850 σ = 199 a = 6,6396 b = -44,2713	501	r^2 = 0,8477 n = 604 σ = 221 a = 6,6120 b = -39,5473	534	r^2 = 0,8085 n = 71 σ = 226 a = 6,7881 b = -50,7724	480	r^2 = 0,8583 195 790 σ = 186 a = 6,5768 b = -40,3886
4	520	r^2 = 0,8907 n = 1653 σ = 206 a = 6,7145 b = -46,1574	524	r^2 = 0,8885 n = 742 σ = 222 a = 6,6831 b = -42,1183	519	r^2 = 0,9140 n = 83 σ = 227 a = 6,6997 b = -44,7237	525	r^2 = 0,7886 n = 548 σ = 150 a = 6,8420 b = -57,9249
5	559	r^2 = 0,8502 n = 1490 σ = 199 a = 6,8733 b = -54,7856	566	r^2 = 0,8800 n = 349 σ = 230 a = 6,7933 b = -45,5116	521	r^2 = 0,8032 n = 87 σ = 188 a = 6,6677 b = -41,1317	509	r^2 = 0,8579 n = 219 σ = 173 a = 6,6872 b = -45,4415
6	564	r^2 = 0,9046 n = 387 σ = 194 a = 6,8644 b = -53,0116	-		-		-	

Tabulka 12 ukazuje, že jedle bělokorá má nejvyšší hektarovou zásobu ve 100 letech u skupin stanovišť kyselých v 6. LVS, vlhkých ve 3. LVS, oglejených ve 4. LVS a živných v 5. LVS, kde dosahuje nejvyšší hodnoty - 566 m^3 ha^{-1}.

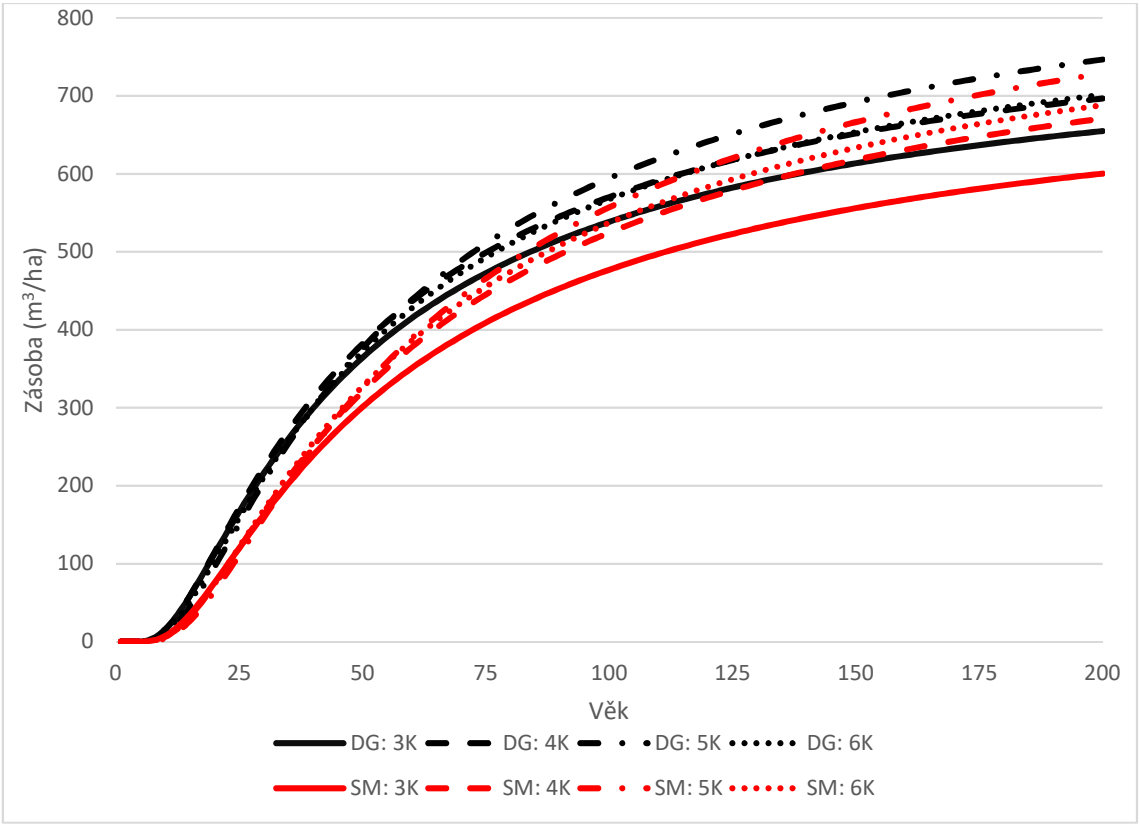
Tab. 13. Hektarové zásoby BK ve 100 letech ve skupinách stanovišť (viz Kap. 4.1.2) v 3.-6. LVS. r^2 - koeficient determinace; n - počet porostních skupin; σ - odhad směrodatné ochylky zásoby; a, b - parametry růstového modelu (rovnice 1).

BK	Zásoba ve 100 letech v m^3 ha^{-1}							
LVS	Kyselé		Živné		Vlhké		Oglejené	
3	350	r^2 = 0,8866 n = 4735 σ = 130 a = 6,3935 b = -53,5409	360	r^2 = 0,8691 n = 1691 σ = 147 a = 6,3935 b = -50,7134	363	r^2 = 0,7882 n = 74 σ = 161 a = 6,4598 b = -56,5618	323	r^2 = 0,8457 195 347 σ = 117 a = 6,2441 b = -46,5754
4	361	r^2 = 0,8884 n = 3828 σ = 132 a = 6,4271 b = -53,7883	365	r^2 = 0,8752 n = 1752 σ = 148 a = 6,4145 b = -51,5697	366	r^2 = 0,9279 n = 89 σ = 142 a = 6,4152 b = -51,1444	337	r^2 = 0,8431 n = 777 σ = 95 a = 6,3634 b = -54,3262
5	382	r^2 = 0,8661 n = 3471 σ = 124 a = 6,5583 b = -61,2388	407	r^2 = 0,8952 n = 669 σ = 157 a = 6,5906 b = -58,1666	369	r^2 = 0,8324 n = 101 σ = 118 a = 6,3407 b = -48,1285	348	r^2 = 0,8939 n = 421 σ = 106 a = 6,3750 b = -52,3886
6	342	r^2 = 0,8667 n = 830 σ = 119 a = 6,3929 b = -55,9399	370	r^2 = 0,8315 n = 77 σ = 126 a = 6,4787 b = -56,6425	373	r^2 = 0,8165 n = 73 σ = 155 a = 6,5296 b = -60,5751	357	r^2 = 0,8571 n = 266 σ = 111 a = 6,4525 b = -55,5824

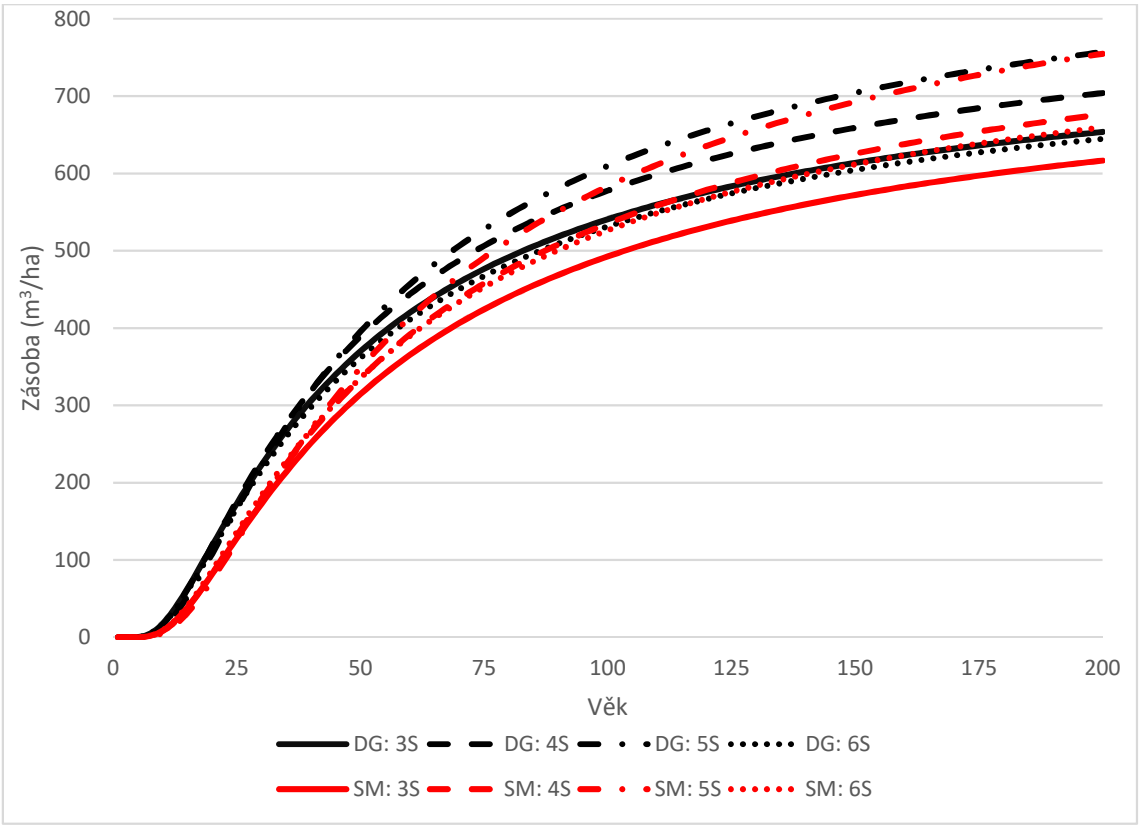
Tabulka 13 ukazuje, že buk lesní má nejvyšší hektarovou zásobu ve 100 letech v 5. LVS u skupin stanovišť kyselých a živných. V 6. LVS dosahuje nejvyšších hodnot ve skupině stanovišť oglejených a vlhkých. Svého maxima dosahuje v 5. LVS ve skupině edafických stanovišť živných - 407 m^3 ha^{-1}.

5.1.2.5 Produkce douglasky tisolisté a smrku ztepilého dle vybraných SLT

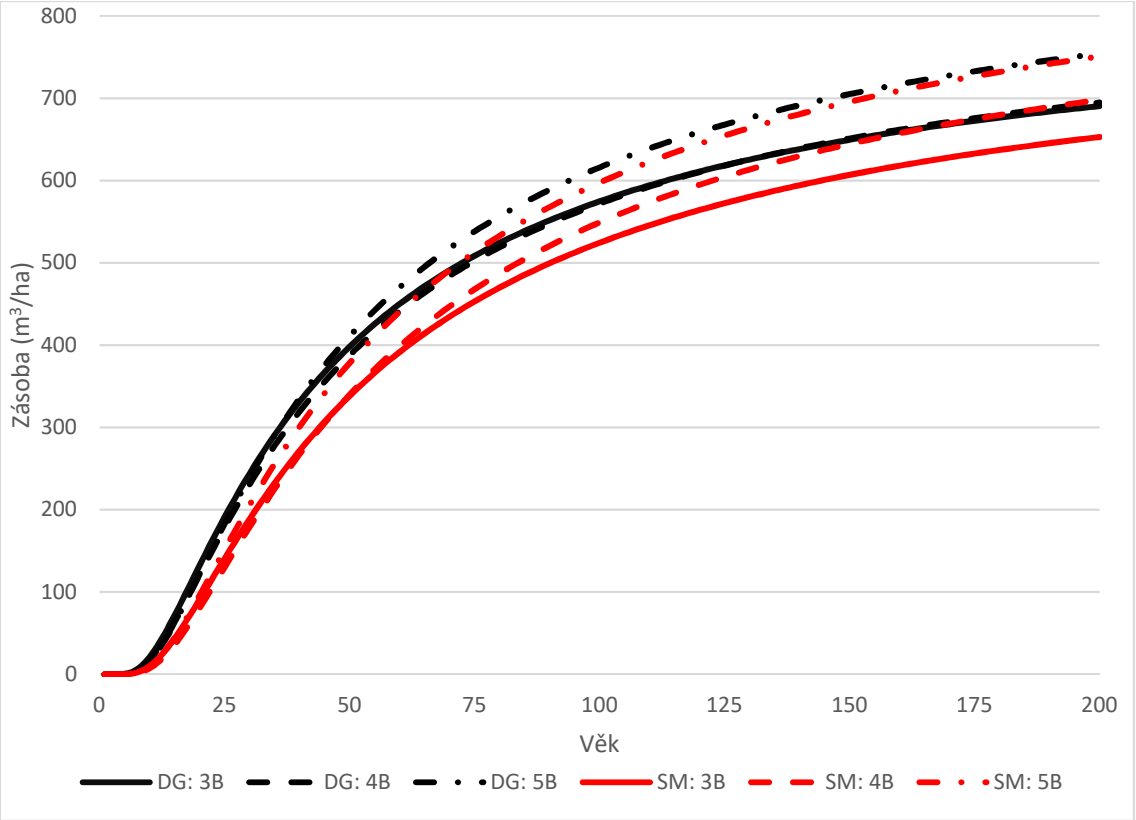
V následující části byly vybrány průběhy vývoje hektarové zásoby ve vztahu k věku douglasky a smrku ztepilého v některých edafických kategoriích a některých LVS. Tyto byly vybírány pro nejvyšší hodnoty v uváděné kategorii. Totéž platí i pro LVS. V některých edafických kategoriích a LVS nebylo dostatečné množství dat, z nichž by se průběh křivky dal modelovat.



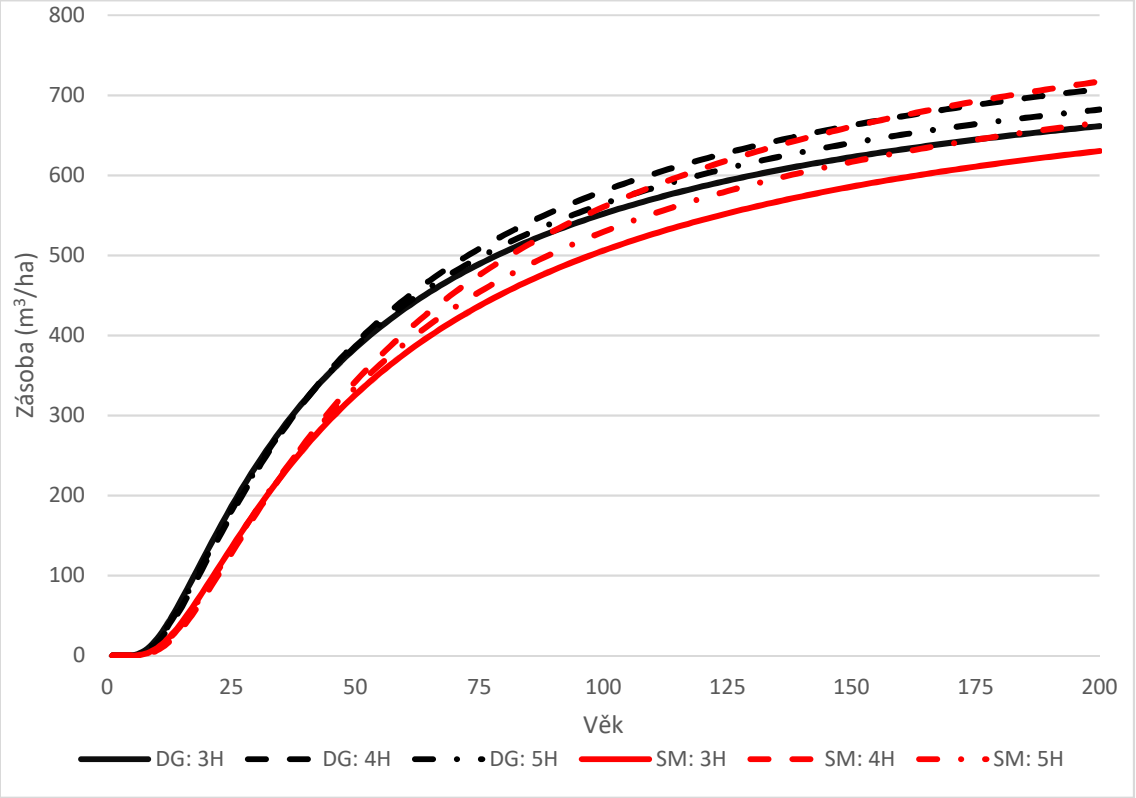
Obr. 52. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 3K, 4K, 5K a 6K ve vztahu k věku



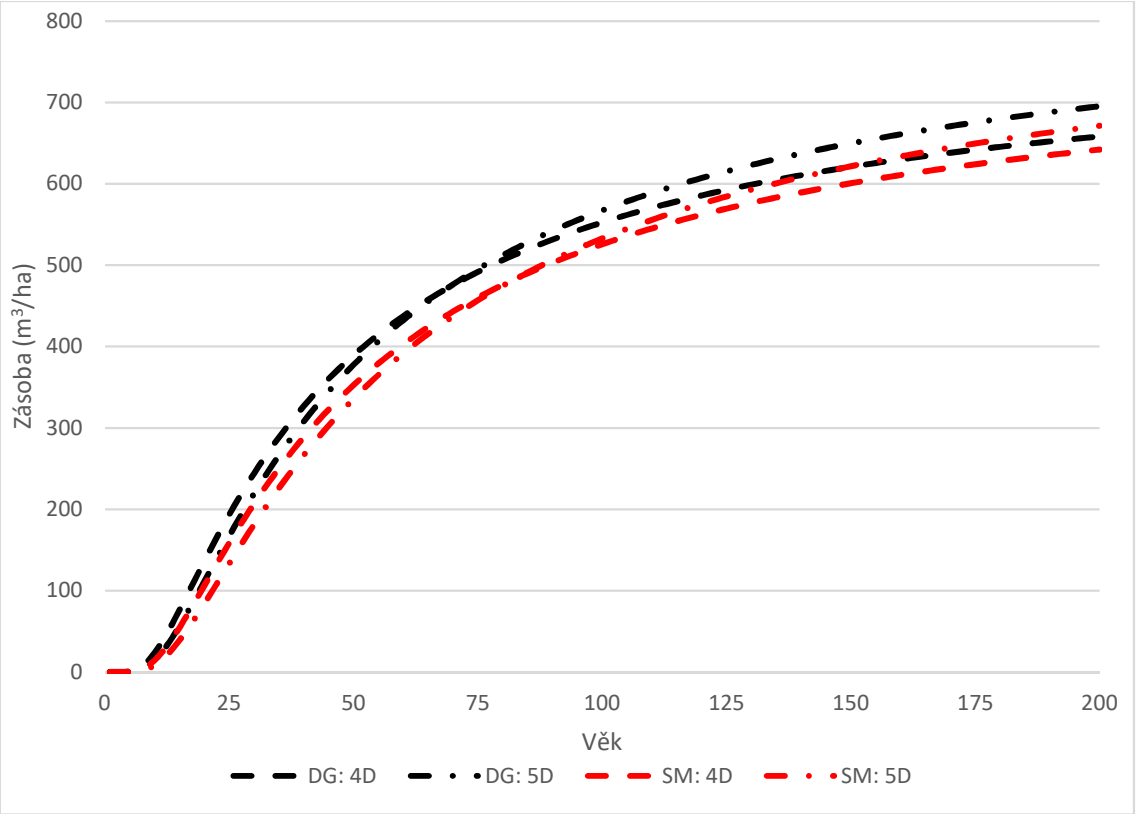
Obr. 53. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 3S, 4S, 5S a 6S ve vztahu k věku



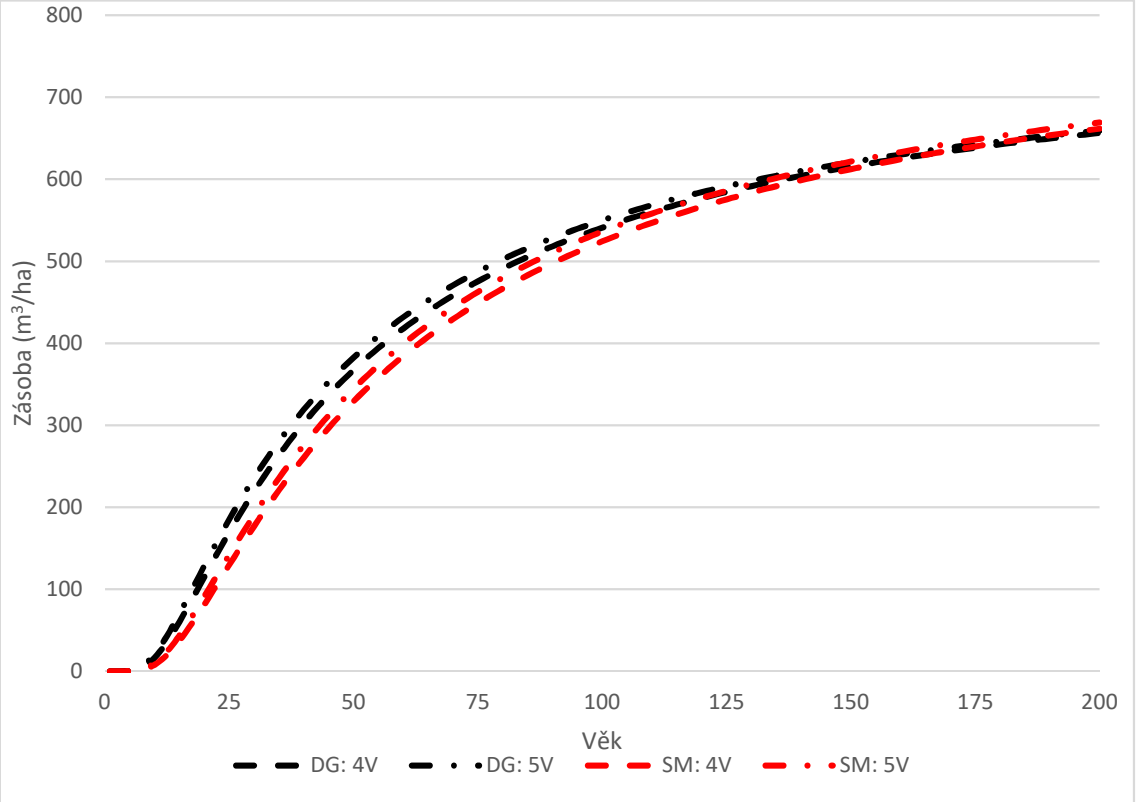
Obr. 54. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 3B, 4B a 5B ve vztahu k věku



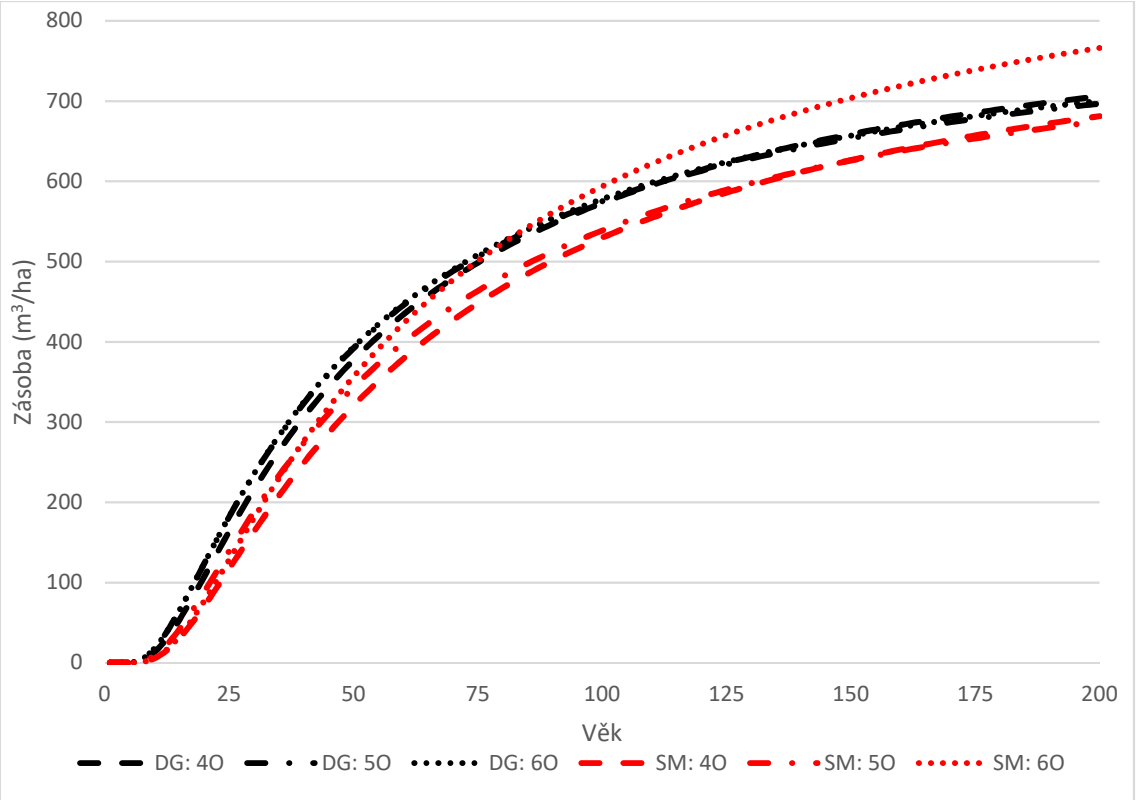
Obr. 55. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 3H, 4H a 5H ve vztahu k věku



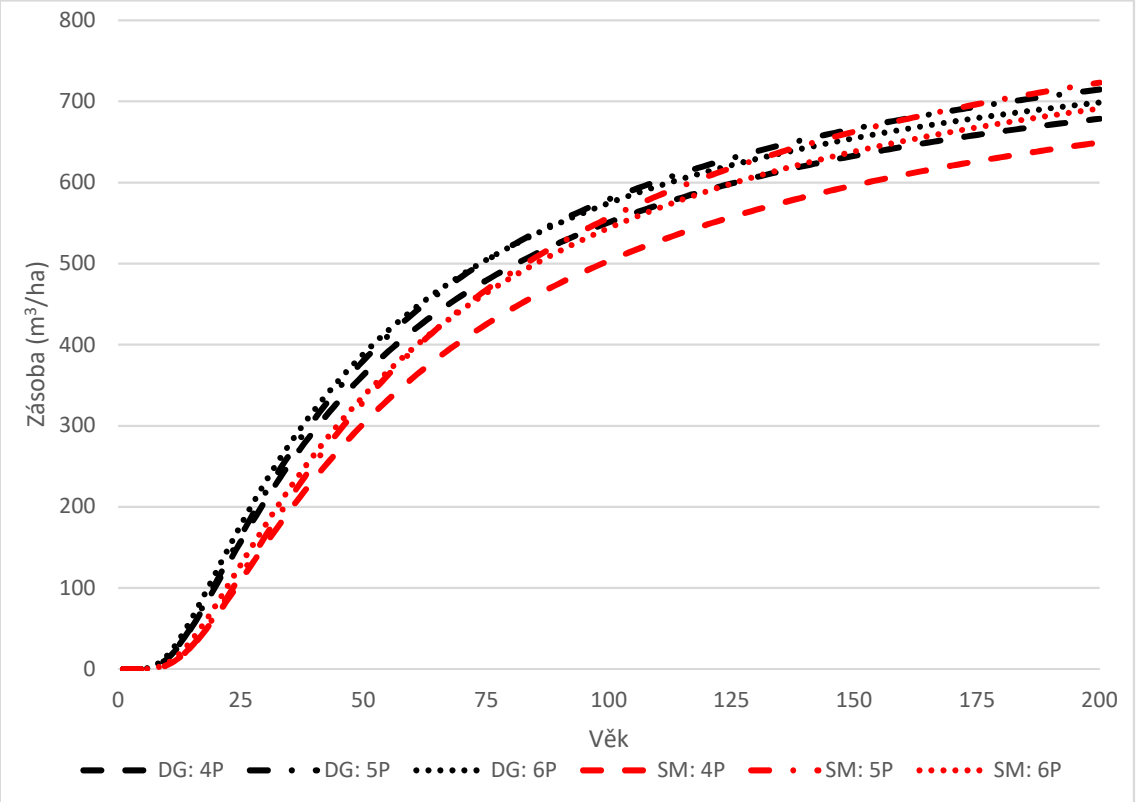
Obr. 56. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 4D a 5D ve vztahu k věku



Obr. 57. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 4V a 5V ve vztahu k věku



Obr. 58. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 4O, 5O a 6O ve vztahu k věku



Obr. 59. Model vývoje hektarové zásoby DG a SM v SLT 4P, 5P a 6P ve vztahu k věku

V edafické kategorii K (Obr. 52) se ukazuje, že ve všech porovnávaných SLT (3-6K) má douglaska vždy vyšší hektarovou zásobu než smrk ztepilý. Nejvyšších hodnot dosahují obě dřeviny v 5. LVS. V 6. LVS je již nižší, zhruba na úrovni 4. LVS.

V edafické kategorii S (Obr. 53) se ukazuje, že ve všech porovnávaných SLT (3-6S) má douglaska rovněž vždy vyšší hektarovou zásobu než smrk ztepilý, i když v některých případech je rozdíl zanedbatelný. Nejvyšších hodnot dosahují obě dřeviny v 5. LVS, ale rozdíly mezi dřevinami jsou zanedbatelné a kolem věku 180 let se téměř shodují. V 6. LVS je již nižší, u obou dřevin dosahuje pouze úrovně douglasky ve 3. LVS.

V edafické kategorii B (Obr. 54) se ukazuje, že pouze ve 3. LVS má douglaska vždy výrazně vyšší hektarovou zásobu než smrk ztepilý. Ve 4. a 5. LVS je vyšší hodnota douglasky téměř zanedbatelná a ve věku zhruba 150 let se situace vyrovnává a u obou dřevin se dostává na úroveň hektarové zásoby douglasky ve 3. LVS. V 5. LVS je hektarová zásoba obou dřevin vyšší, ale rozdíl mezi nimi je v řádu jednotek m^3 ha^{-1} a ve věku zhruba 180 let se situace obou dřevin srovnává.

V edafické kategorii H (Obr. 55) se ukazuje, že pouze ve 3. LVS má douglaska vždy výrazně vyšší hektarovou zásobu než smrk ztepilý. V 5. LVS je nižší než ve 4. LVS a vzájemné rozdíly obou dřevin v tomto LVS vykazují vyšší hodnoty u douglasky zhruba do věku 150 let, poté se jejich rozdíl stává zanedbatelným. Nejvyšší hektarovou zásobu v této edafické kategorii dosahují obě dřeviny ve 4. LVS a ukazuje se, že hodnoty smrku ztepilého začínají být vyšší než u douglasky zhruba ve 170 letech, i když nevýznamně. Modelovat vývoj hektarové zásoby pro 6. LVS se nepodařilo z důvodu nedostatku dat.

V edafické kategorii D (Obr. 56) se ukazuje, že hektarová zásoba obou dřevin ve 4. i 5. LVS je vyšší u douglasky. Avšak do věku zhruba 75 let je u obou porovnávaných dřevin ve 4. LVS vyšší než v 5. LVS, po tomto věku je situace opačná.

V edafické kategorii V (Obr. 57) se ukazuje, že hektarová zásoba douglasky je vyšší než u smrku ztepilého. Zhruba ve 140 letech začíná hektarová zásoba smrku ztepilého stoupat a zanedbatelně převyšovat douglasku. Rozdíly mezi porovnávanými LVS (4. a 5.) jsou zanedbatelné.

V edafické kategorii O (Obr. 58) se ukazuje, že hektarová zásoba douglasky je ve všech uváděných LVS (4.-6.) podobná a zároveň vyšší než u smrku ztepilého, ale v 6. LVS smrk ztepilý náhle zhruba v 80 letech začíná převyšovat douglasku, a to ve vyšším věku docela výrazně.

V edafické kategorii P (Obr. 59) se ukazuje, že hektarová zásoba douglasky převyšuje zhruba do 80 let věku ve všech LVS (4.-6.) hektarovou zásobu smrku ztepilého.

Hodnoty v 5. LVS jsou zanedbatelně vyšší než v 6. LVS, ale zhruba od 120 let se vyrovnává s hodnotami smrku ztepilého. Ve 4. LVS se hektarová zásoba douglasky, která původně převyšovala smrk ztepilý ve všech uváděných LVS, začne ve věku zhruba 80 let snižovat a dostane se na srovnatelnou úroveň obou dřevin v 6. LVS.

Hodnoty hektarových zásob ve 100 letech ve vybraných SLT ukazuje pro douglasku Tab. 14a a pro smrk ztepilý Tab. 14b. V některých případech se nepodařilo modelovat vývoj hektarové zásoby z důvodu nedostatku dat.

Tab. 14a. Hektarové zásoby DG ve 100 letech ve vybraných SLT. r2 - koeficient determinace; n - počet porostních skupin; σ - odhad směrodatné ochylky zásoby; a, b - parametry růstového modelu (rovnice 1).

DG	LVS							
Edafická kategorie	3		4		5		6	
K	539	r^2 = 0,8812 n = 4711 σ = 205 a = 6,6799 b = -39,0823	570	r^2 = 0,8768 n = 3186 σ = 211 a = 6,7466 b = -40,0360	594	r^2 = 0,8735 n = 3966 σ = 208 a = 6,8437 b = -45,6045	568	r^2 = 0,8818 n = 912 σ = 204 a = 6,7650 b = -42,3633
S	541	r^2 = 0,8718 n = 5378 σ = 212 a = 6,6724 b = -37,9123	578	r^2 = 0,8705 n = 3998 σ = 223 a = 6,7544 b = -39,4951	610	r^2 = 0,8643 n = 2473 σ = 219 a = 6,8459 b = -43,2638	532	r^2 = 0,8883 n = 273 σ = 195 a = 6,6619 b = -38,5881
B	575	r^2 = 0,8296 n = 1467 σ = 230 a = 6,7209 b = -36,6965	572	r^2 = 0,8577 n = 2002 σ = 227 a = 6,7379 b = -38,8742	616	r^2 = 0,8774 n = 728 σ = 239 a = 6,8282 b = -40,4932	-	
H	552	r^2 = 0,8659 n = 1211 σ = 208 a = 6,6752 b = -36,1528	580	r^2 = 0,8681 n = 339 σ = 231 a = 6,7602 b = -39,6413	564	r^2 = 0,9717 n = 148 σ = 188 a = 6,7146 b = -37,8667	-	
D	-		553	r^2 = 0,9048 n = 131 σ = 223 a = 6,6645 b = -34,9826	567	r^2 = 0,8965 n = 86 σ = 205 a = 6,7481 b = -40,7049	-	
V	-		541	r^2 = 0,8819 n = 165 σ = 198 a = 6,6802 b = -38,6797	550	r^2 = 0,8130 n = 250 σ = 187 a = 6,6728 b = -36,2841	-	
O	-		573	r^2 = 0,8586 n = 965 σ = 195 a = 6,7685 b = -41,7329	575	r^2 = 0,8899 n = 483 σ = 190 a = 6,7383 b = -38,3431	578	r^2 = 0,8273 n = 274 σ = 189 a = 6,7437 b = -38,4207
P	-		551	r^2 = 0,8285 n = 815 σ = 171 a = 6,7287 b = -41,7129	579	r^2 = 0,8959 n = 382 σ = 184 a = 6,7818 b = -41,9809	575	r^2 = 0,8945 n = 309 σ = 196 a = 6,7446 b = -39,0628

Tab. 14b. Hektarové zásoby SM ve 100 letech ve vybraných SLT. r^2 - koeficient determinace; n - počet porostních skupin; σ - odhad směrodatné ochylky zásoby; a, b - parametry růstového modelu (rovnice 1).

SM	LVS							
Edafická kategorie	3		4		5		6	
K	477	r^2 = 0,8970 n = 3622 σ = 178 a = 6,6276 b = -45,9922	525	r^2 = 0,9053 n = 2725 σ = 188 a = 6,7546 b = -49,1824	557	r^2 = 0,8931 n = 3549 σ = 191 a = 6,8600 b = -53,7110	537	r^2 = 0,9214 n = 861 σ = 187 a = 6,7814 b = -49,5029
S	493	r^2 = 0,8983 n = 4295 σ = 189 a = 6,6486 b = -44,8466	535	r^2 = 0,8993 n = 3464 σ = 203 a = 6,7509 b = -46,7878	584	r^2 = 0,8943 n = 2214 σ = 208 a = 6,8839 b = -51,4789	527	r^2 = 0,9017 n = 238 σ = 189 a = 6,7169 b = -45,0434
B	524	r^2 = 0,8517 n = 1149 σ = 206 a = 6,7005 b = -43,8165	549	r^2 = 0,8796 n = 1609 σ = 211 a = 6,7883 b = -47,9965	597	r^2 = 0,8929 n = 637 σ = 233 a = 6,8497 b = -45,7039	-	
H	506	r^2 = 0,8803 n = 918 σ = 187 a = 6,6660 b = -43,9277	561	r^2 = 0,8831 n = 292 σ = 220 a = 6,8216 b = -49,2470	530	r^2 = 0,8142 n = 125 σ = 176 a = 6,7301 b = -45,8058	-	
D	-		526	r^2 = 0,8932 n = 111 σ = 212 a = 6,6646 b = -39,9478	533	r^2 = 0,9041 n = 81 σ = 197 a = 6,7403 b = -46,1833	-	
V	-		524	r^2 = 0,9140 n = 149 σ = 192 a = 6,7275 b = -46,5412	536	r^2 = 0,8498 n = 231 σ = 176 a = 6,7275 b = -44,2869	-	
O	-		530	r^2 = 0,8930 n = 857 σ = 176 a = 6,7752 b = -50,2538	539	r^2 = 0,8968 n = 437 σ = 172 a = 6,7397 b = -45,0408	594	r^2 = 0,8896 n = 242 σ = 182 a = 6,8964 b = -50,9708
P	-		504	r^2 = 0,8581 n = 729 σ = 147 a = 6,7302 b = -50,8245	557	r^2 = 0,9246 n = 348 σ = 165 a = 6,8453 b = -52,3300	544	r^2 = 0,9263 n = 280 σ = 178 a = 6,7781 b = -47,9180

Nejvyšší hodnoty (označeny žlutě v Tab. 14a, b) hektarových zásob douglasky a smrku ztepilého edafických kategorií K, S, B, H, D, V, O a P ve 3.-6. LVS ukazují, že jsou u obou porovnávaných dřevin vždy pro příslušný LVS ve stejné edafické kategorii. Tedy pro 3. LVS je to v edafické kategorii B u douglasky 575 m^3 ha^{-1} a u smrku ztepilého 524 m^3 ha^{-1}, pro 4. LVS je to v edafické kategorii H u douglasky 580 m^3 ha^{-1} a u smrku ztepilého 561 m^3 ha^{-1}, pro 5. LVS je to v edafické kategorii B u douglasky m^3 ha^{-1} a u smrku ztepilého 597 m^3 ha^{-1} a pro 6. LVS je to v edafické kategorii O u douglasky 578 m^3 ha^{-1} a u smrku ztepilého 594 m^3 ha^{-1}. Celkově nejvyšší hodnota pro všechny porovnávané edafické kategorie a LVS byla zaznamenána pro smrk ztepilý hodnota

597 m^3 ha^{-1} v SLT 5B, pro douglasku hodnota 616 m^3 ha^{-1} rovněž v SLT 5B, která je současně nejvyšší hodnotou celého porovnávání. Chybějící hodnoty v Tab. 14a a Tab. 14b jsou z důvodu nedostatečného množství dat pro příslušný SLT.

5.1.2.5.1 Celková objemová produkce a konečná zásoba ve vybraných SLT

Tab. 15. Celková objemová produkce ve 140 letech ve vybraných SLT v m^3 ha^{-1}.

SLT	DG			SM		
	Suma výchovných těžeb	Konečná zásoba	Celková objemová produkce	Suma výchovných těžeb	Konečná zásoba	Celková objemová produkce
3K	752	602	1354	538	544	1082
5S	866	690	1556	648	676	1324
5B	923	692	1615	686	681	1367
6S	818	594	1411	659	599	1258

Jako příklad celkové objemové produkce (COP) ve 140 letech byly vybrány dva SLT s nejvyšší (5S a 5B) a nejnižší (3K a 6S) hektarovou zásobou douglasky ve 100 letech (Tab. 15). Jak je již uvedeno v Tab. 14a, maximální hektarová zásoba douglasky ve 100 letech byla v SLT 5B (rovněž i pro smrk ztepilý), tomu odpovídá COP 1615 m^3 ha^{-1}. Smrk ztepilý pak měl v tomto SLT COP 1367 m^3 ha^{-1}. Minimální hektarová zásoba douglasky ve 100 letech z porovnávaných SLT byla v SLT 6S, tomu odpovídá COP 1411 m^3 ha^{-1}. Smrk ztepilý pak měl v tomto SLT COP 1258 m^3 ha^{-1}. Minimální hektarová zásoba smrku ztepilého z porovnávaných SLT byla v SLT 3K, tomu odpovídá COP 1082 m^3 ha^{-1}. Douglaska pak měla v tomto SLT COP 1354 m^3 ha^{-1}. Jako příklad byl ještě uveden SLT 5S, tomu odpovídá u douglasky COP 1556 m^3 ha^{-1}. Smrk ztepilý pak měl v tomto SLT 1324 m^3 ha^{-1}. Z uvedeného vyplývá, že COP douglasky je vždy vyšší než COP smrku ztepilého.

5.1.2.5.2 Simulace hektarových zásob při různém zastoupení DG, SM, BK a JD ve 120 letech ve vybraných SLT

Tab. 16 ukazuje teoretické situace různého zastoupení hospodářských dřevin v porostní směsi. Pro 3. LVS (bez ohledu na edafickou kategorii) byla stanovena směs BK 7, DG 2 a SM 1. Pro 4. LVS (bez ohledu na edafickou kategorii) byla stanovena směs BK 6, DG 2, SM 1 a JD 1. Pro 5. LVS (bez ohledu na edafickou kategorii) byla stanovena směs SM 4, JD 4 a DG 2.

Tab. 16. Model celkové hektarové zásoby ve smíšených porostech (DG, SM, BK, JD) ve 120 letech ve vybraných SLT v m^3 ha^{-1}.

SLT	Zastoupení	Zásoba DG	Zásoba SM	Zásoba BK	Zásoba JD	Zásoba celkem
3K	BK 7, DG 2, SM 1	115	52	269	-	436
4K	BK 6, DG 2, SM 1, JD 1	122	57	232	56	467
5K	SM 4, JD 4, DG 2	128	244	-	253	625
3S	BK 7, DG 2, SM 1	115	53	267	-	435
4S	BK 6, DG 2, SM 1, JD 1	123	58	239	56	476
5S	SM 4, JD 4, DG 2	131	254	-	241	627
3B	BK 7, DG 2, SM 1	122	56	281	-	460
4B	BK 6, DG 2, SM 1, JD 1	122	59	240	57	478
5B	SM 4, JD 4, DG 2	132	258	-	250	640
3H	BK 7, DG 2, SM 1	117	54	282	-	454
4H	BK 6, DG 2, SM 1, JD 1	124	61	246	55	486
5H	SM 4, JD 4, DG 2	120	229	-	208	557
4D	BK 6, DG 2, SM 1, JD 1	117	56	233	56	462
5D	SM 4, JD 4, DG 2	121	230	-	200	551
4V	BK 6, DG 2, SM 1, JD 1	115	57	239	56	467
5V	SM 4, JD 4, DG 2	117	231	-	222	570
4O	BK 6, DG 2, SM 1, JD 1	123	58	226	60	466
5O	SM 4, JD 4, DG 2	123	232	-	218	573
4P	BK 6, DG 2, SM 1, JD 1	118	55	212	55	440
5P	SM 4, JD 4, DG 2	124	243	-	222	590

Nejvyšší celková hektarová zásoba vychází na vybraných SLT 5. LVS a postupně klesá podle LVS až do 3., vyjimkou je SLT 4P, kde je na úrovni 3. LVS. Ve vybraných SLT 5. LVS se ukázal rozdíl mezi nejvyšší celkovou hektarovou zásobou v SLT 5B a nejnižší v SLT 5D 89 m^3 ha^{-1}. Ve vybraných SLT 4. LVS se ukázal rozdíl mezi nejvyšší celkovou hektarovou zásobou v SLT 4H a nejnižší v SLT 4P 46 m^3 ha^{-1}. Ve vybraných SLT 3. LVS se ukázal rozdíl mezi nejvyšší celkovou hektarovou zásobou v SLT 3B a nejnižší v SLT 3S 35 m^3 ha^{-1}. Ukazuje se, že nejvyšší rozdíly z celkové hektarové zásoby jsou v 5. LVS a postupně klesají k 3. LVS. Nejvyšší průměrná hodnota celkové hektarové zásoby v 5. LVS činí 592 m^3 ha^{-1}, dále ve 4. LVS 468 m^3 ha^{-1} a v 3. LVS 446 m^3 ha^{-1}. Rozdíl mezi průměrnou hodnotou celkové hektarové zásoby mezi 5. a 4. LVS je 124 m^3 ha^{-1}, mezi 5. a 3. LVS je 146 m^3 ha^{-1} a mezi 4. a 3. LVS je 22 m^3 ha^{-1}.

5.2 Měření na trvalých výzkumných plochách

5.2.1 Charakteristika rostlinných společenstev

Tabulka fytocenologických snímků je v Příloze 2. Ve všech snímcích se vyskytuje celkem 72 druhů cévnatých rostlin, z čehož je 19 druhů dřevin. Ve stromovém patře má nejvyšší zastoupení *Pseudotsuga menziesii* – 24 TVP; o něco menší má *Picea abies* - 19 TVP. Frekvenci nad 50 % mají v bylinním patře druhy: *Fagus sylvatica, Luzula luzuloides, Viola reichenbachiana, Impatiens parviflora, Oxalis acetosella, Mycelis muralis, Rubus fruticosus* agg., *Calamagrostis arundinacea, Rubus idaeus, Sorbus aucuparia* a *Avenella flexuosa.* Na většině trvalých výzkumných ploch bylo zjištěno pravidelné zmlazování douglasky. Protože druhy mechového patra byly zjišťovány pouze orientačně, není jim dále věnována pozornost, ani nebyly použity pro numerickou analýzu.

Bylo zjištěno, že trvalé výzkumné plochy vybrané na různých lokalitách hospodářského lesa je dost obtížné zatřídit do syntaxonomických jednotek, uváděných v publikaci Chytrý et al. (2013). Proto bylo přistoupeno k zatřídění s vynecháním alochtonního introdukovaného druhu vyskytujícího se v patře E_1, jako zmlazení, již zde se vyskytujícího dominantního druhu *Pseudotsuga menziesii*. Trvalé výzkumné plochy chladnějších lokalit mohou náležet asociaci *Luzulo luzuloidis-Fagetum sylvaticae* Meusel 1937, varianty *Veronica officinalis* (kód LBE01a podle Chytrý et al. 2013). Druhy, které na tuto jednotku ukazují, jsou: *Fagus sylvatica, Luzula luzuloides, Viola reichenbachiana, Oxalis acetosella*. Trvalé výzkumné plochy teplejších poloh, zejména v lokalitě Vráž, zřejmě náleží asociaci *Luzulo luzuloidis-Qurcetum petraeae* Hilitzer 1932, varianty *Luzula pilosa* (kód LDA01b). Časté jsou zde druhy, které ukazují na kyselá stanoviště a často se mohou vyskytovat v širokém spektru lesních vegetačních stupňů (*Sorbus aucuparia, Avenella flexuosa, Galium rotundifolium, Quercus robur, Calamagrostis epigeios, Carex pilulifera, Vaccinium myrtillus, Dryopteris filix-mas, Quercus patraea* agg.).

Podle Raunkiaera (1905) lze stanoviště označit za homogenní, jestliže po zatřídění stálosti druhů do 5 frekvenčních tříd platí, že počet druhů v první frekvenční třídě je vždy větší než ve druhé a tento počet ve druhé frekvenční třídě je větší než ve třetí; počet druhů

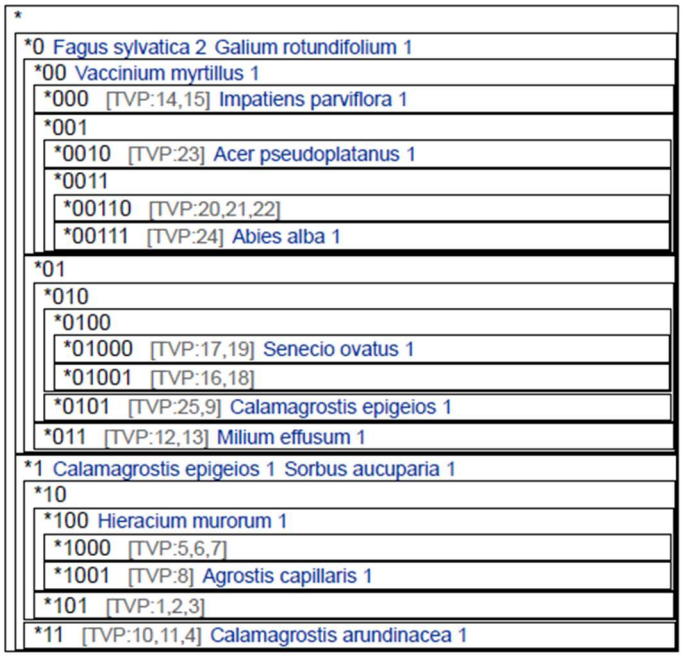
ve třetí frekvenční třídě je větší nebo se rovná počtu druhů čtvrté frekvenční třídy; počet druhů čtvrté frekvenční třídy však musí být menší, než počet druhů frekvenční třídy páté:

$$I > II > III \geq IV < V$$

Pro tuto studii to vypadá následovně: I = 42 druhů; II = 12 druhů; III = 11 druhů; IV = 5 druhů a V = 3 druhy, tudíž 42 > 12 > 11 > 5 není menší než 3. Z toho vyplývá, že trvalé výzkumné plochy všech lokalit nejsou homogenní.

5.2.1.1 Klasifikace procedurou TWINSPAN

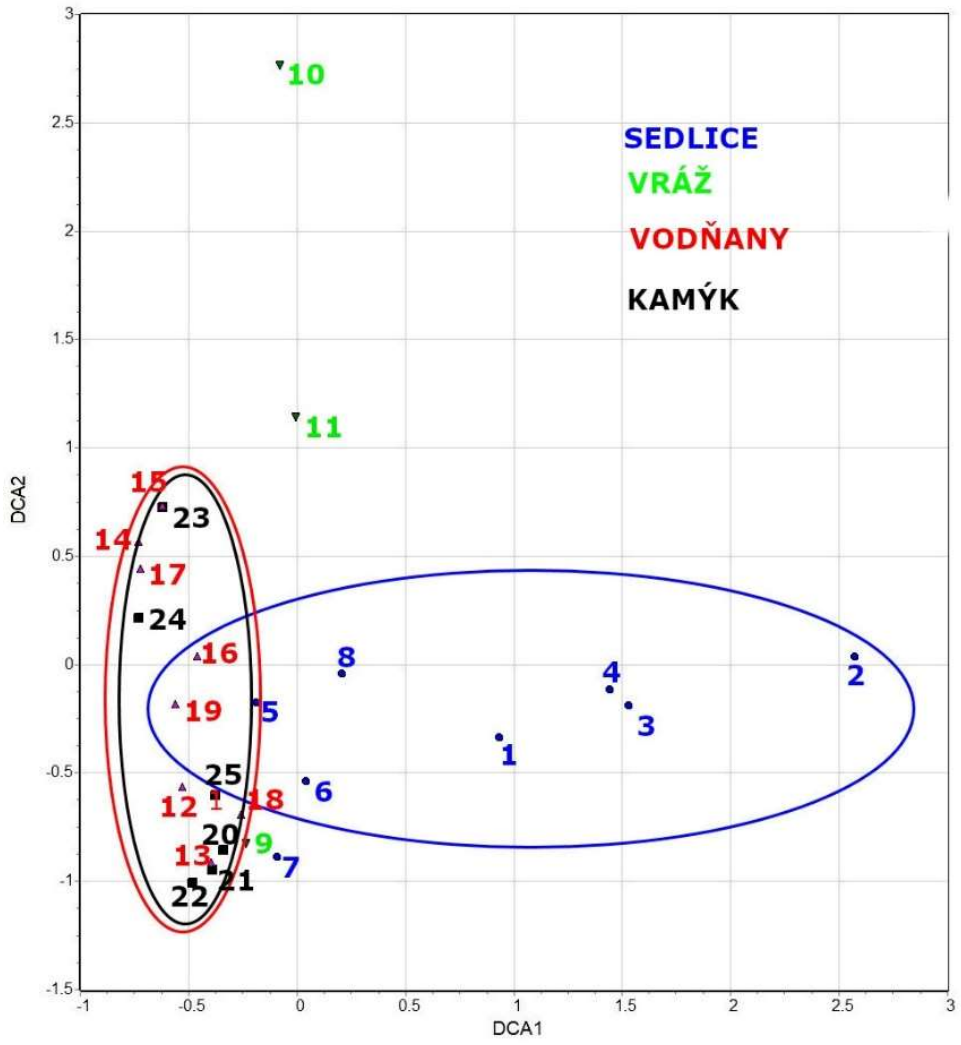
Procedura TWINSPAN třídí fytocenologické snímky jednotlivých trvalých výzkumných ploch (skupina všech snímků označená *) na dvě podskupiny (Obr. 60; klasifikační tabulka z procedury TWINSPAN je v Příloze 3), přičemž skupina *0 má jako indikátory označené druhy *Fagus sylvatica* a *Galium rotundifolium*. Indikátory skupiny *1 jsou *Calamagrostis epigeios* a *Sorbus aucuparia*. První druh ukazuje na vztah porostů k pasečným společenstvům (buď zde druh přetrvává z minulosti nebo se do společenstva šíří z okolních světlin). Členění na této nejvyšší úrovni do značné míry kopíruje rozdělení trvalých výzkumných ploch na jednotlivé lokality – ve skupině *0 převládají snímky z lokalit Vodňany a Kamýk, ve skupině *1 se nacházejí snímky z lokalit Sedlice a Vráž. Není zde tedy vidět vliv zastoupení jednotlivých dominantních dřevin.



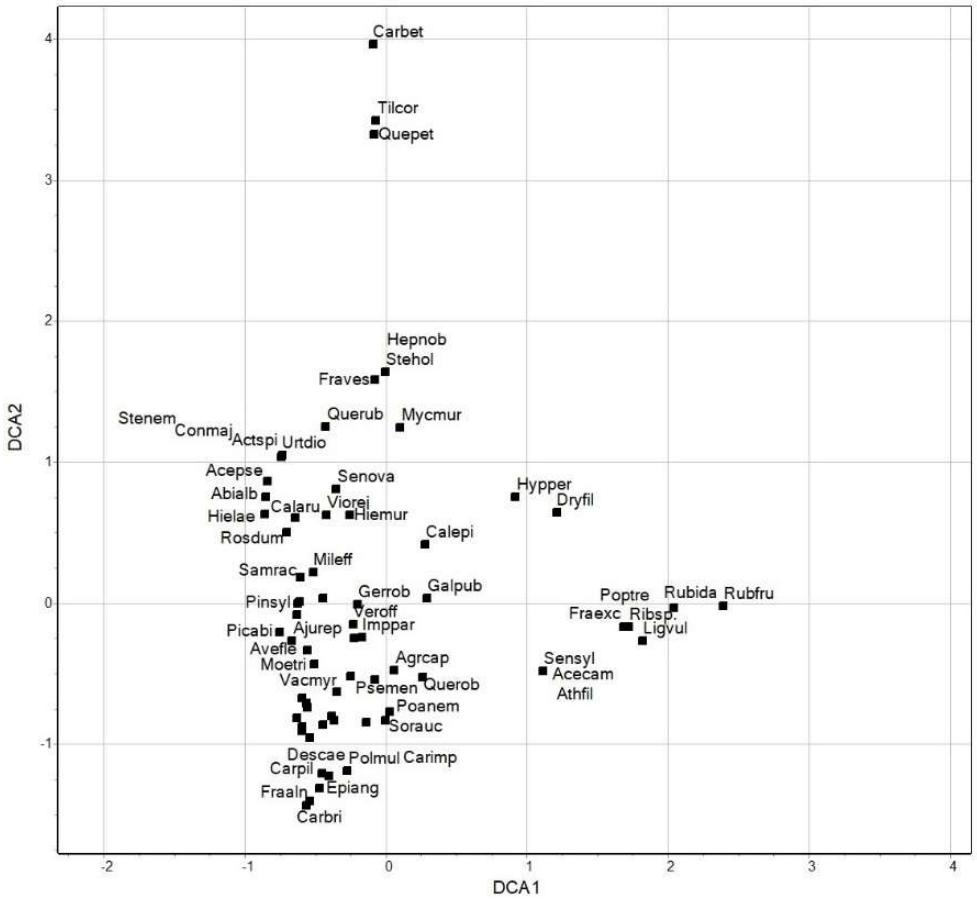
Obr. 60. Klasifikace trvalých výzkumných ploch procedurou TWINSPAN

5.2.1.2 Ordinační analýza procedurou DCA – variabilita rostlinných společenstev

Pomocí DCA analýzy bylo vytvořeno rozmístění jednotlivých trvalých výzkumných ploch (Obr. 61) a druhů (Obr. 62). Podíl druhové variability vystižený prvými dvěma ordinačními osami je 30,2 %.



Obr. 61. Rozmístění trvalých výzkumných ploch v ordinačním prostoru prvých dvou os DCA. Vyznačena je přítomnost ploch k lokalitám



Obr. 62. Rozmístění druhů v ordinačním prostoru prvých dvou os DCA (ve zkratce jsou vždy uvedena první tři písmena rodového jména a první tři písmena druhového jména, celá vědecká jména druhů odpovídající uvedeným zkratkám jsou uvedena v Příloze 3).

Lokalita Sedlice (8 trvalých výzkumných ploch) a Vráž (3 trvalé výzkumné plochy) se silně odlišují od dalších lokalit Vodňany (8 trvalých výzkumných ploch) a Kamýk (6 trvalých výzkumných ploch). Zachycené druhy ukazují pro lokalitu Sedlice bohatost živin a díky možnému prosvětlení až nitrofilnost (vysoká variabilita podél první ordinační osy – DCA 1). Tři trvalé výzkumné plochy lokality Vráž jsou živinově spíše mesotrofní, a TVP č. 10 a 11 mají vyšší zastoupení teplomilnější vegetace v E_1 (*Carpinus betulus, Fragaria vesca, Hepatica nobilis, Quercus petraea* agg., *Stellaria holostea, Tilia cordata*) a světlomilnějších druhů (např. *Fragaria vesca, Tilia cordata*) - vysoká variabilita podél druhé ordinační osy – DCA 2. Tímto by tyto trvalé výzkumné plochy mohly patřit jiné klasifikační jednotce, na rozdíl od trvalé výzkumné plochy 9, stejné lokality, která vykazuje druhy živinově chudší (např. *Luzula luzuloides*) a chladnomilnější (např. *Galium rotundifolium*).

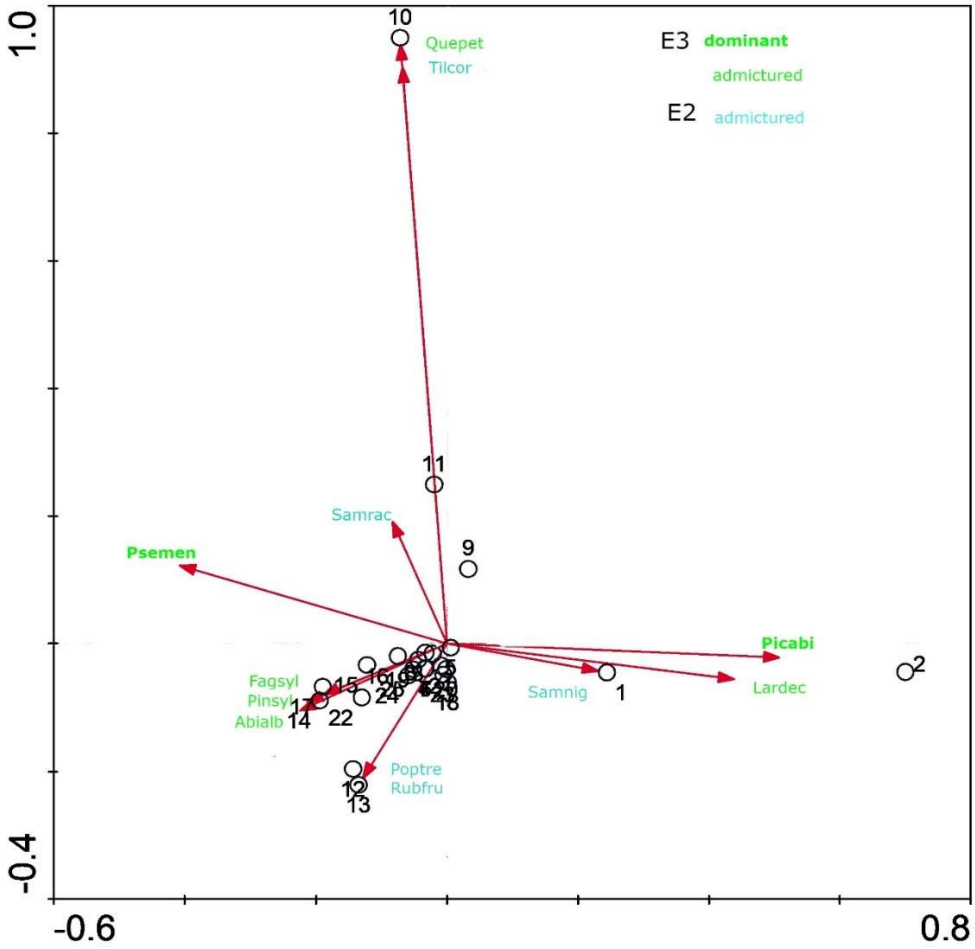
Lokalita Vodňany (8 trvalých výzkumných ploch) a Kamýk (6 trvalých výzkumných ploch) vykazují shodnou amplitudu zastoupení druhů a tím pádem (Obr. 61) toto ukazuje jejich velkou podobnost. Jde o plochy s amplitudou druhů od stanovišť

se střídavou vlhkostí (např. *Frangula alnus, Carex brizoides*), přes živinově chudší (např. *Carex pilulifera, Vaccinim myrtillus*) až po stanoviště mesotrofní (např. *Actaea spicata, Convallaria majalis*).

Celkově však rozmístění lokalit se svými trvalými výzkumnými plochami náležících do 2 různých klasifikačních jednotek, včetně přechodu mezi nimi, ukazuje na rozdílné klimatické podmínky

5.2.1.3 Ordinační analýza procedurou CCA – vliv dřevin na strukturu společenstva

Vliv jednotlivých druhů dřevin na strukturu bylinného patra byl sledován metodou CCA (Obr. 63). Z výsledků vyplývá, že 64,3 % druhové variability je určeno druhovým složením dřevin, při významnosti permutačního testu 0,2 %.



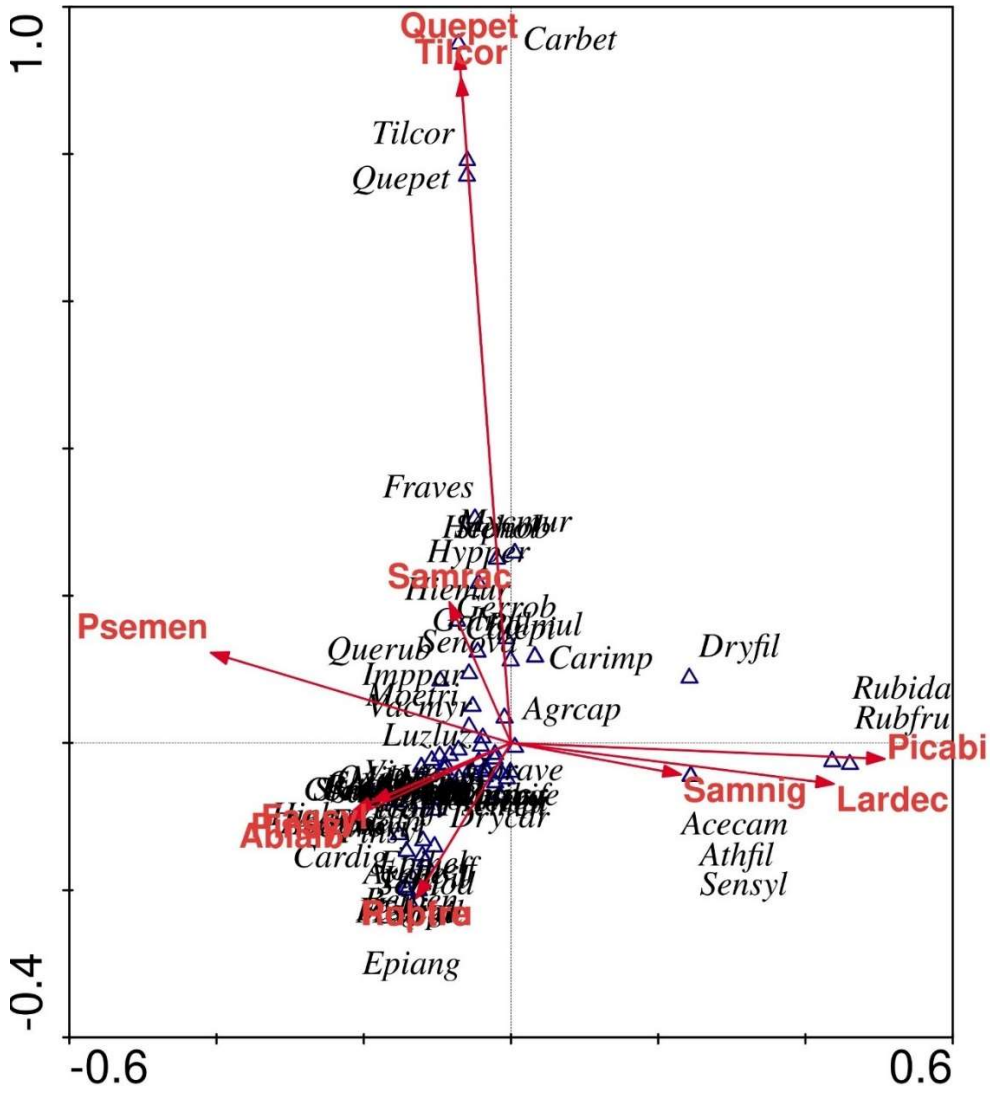
Obr. 63. CCA analýza vlivu dřevin v E_3 a E_2 na složení bylinného patra ve vztahu k jednotlivým trvalým výzkumným plochám. Osy (1 a 2) vyjadřují 27,5 % proměnlivosti. (Dominantní dřeviny patra E3 jsou uvedeny tučně, přímíšené v tomto patře pak netučně – obojí zeleně. Dřeviny patra E2 zde mají označení netučné azurové. Postavení trvalých výzkumných ploch 1-25 pak ukazuje vegetaci patra E1.) Ve zkratce jsou vždy uvedena první tři písmena rodového jména a první tři písmena druhového jména, celá vědecká jména druhů odpovídající uvedeným zkratkám jsou uvedena v Příloze 3.

První CCA osa souvisí s vlivem dominance *Pseudotsuga menziesii* na levé straně ordinačního prostoru a *Picea abies* na straně druhé. Tyto dvě dřeviny tedy mají zásadní vliv na složení bylinného patra. Druhá ordinační osa souvisí s vyšším zastoupením *Quercus petraea* a *Tilia cordata* ve stromovém patře, s nimiž se pojí rovněž výskyt *Carpinus betulus* (tento druh má v šetřeném území hranici svého výskytu severně od Vodňan, jižněji se již přirozeně nevyskytuje, přestože by zde byly splněny jeho ekologické nároky), dobře odlišuje doubravy a bučiny. Ve společenstvech pod dominantním smrkem mají významnější zastoupení *Rubus idaeus*, *R. fruticosus* agg, případně *Senecio sylvaticus* aj. Pod dominantní douglaskou nejsou výrazněji zastoupeny žádné specifické druhy (Obr. 64).

Lokalita Vráž (TVP č. 9-11) vykazuje odchylnou polohu oproti otatním lokalitám (Obr. 64). Vegetační patro v této ukazuje na to, že trvalé výzkumné plochy jsou mimo vegetační jednotku ostatních trvalých výzkumných ploch a to zřejmě z důvodu, že vegetace trvalé výzkumné plochy č. 10 patří k asociaci *Luzulo luzuloidis-Quercetum petrae* var. *Luzula luzuloides* a vegetace trvalé výzkumné plochy č. 11 je přechodnou mezi asociacemi *Luzulo luzuloidis-Quercetum petrae* var. *Luzula luzuloides* a *Luzulo luzuloidis-Fagetum sylvaticae* var. *Luzula pilosa*, zatímco vegetace trvalé výzkumné plochy č. 9 této lokality již náleží k asociaci *Luzulo luzuloides-Fagetum sylvaticae* var. *Luzula pilosa*, jak již bylo naznačeno výše u výsledků vyhodnocování Tabulky fytocenologických snímků (Příloha 2).

Lokalita Sedlice (především trvalé výzkumné plochy č. 1 a 2) je také odlišná od většiny ostatních lokalit, přestože její vegetace náleží k asociaci a variantě jako lokality Kamýk a Vodňany. Je to zřejmě způdobeno hospodářským ovlivněním (plocha je přibližně 100 m od okraje paseky). Lokalita Sedlice (Obr. 64) se projevila výskytem většího zastoupení nitrofilních (až ruderálních) druhů (např. *Rubus idaeus, R. fruticosus, Sambucus nigra*). Důvodem může být možný průnik většího množství světla z okolí a též přítomný přimíšený druh (v E_3) – *Larix decidua* je značně světlo-propustný.

Trvalé výzkumné plochy č. 12 a 13 (lokalita Vodňany) vykazují také nižší korunový zápoj, což se projevuje zastoupením druhů *Populus tremula* a *Rubus fruticosus* v keřovém patře (E_2) a pasečným druhem *Epilobium angustifolium* (E_1) (Obr. 64). Na trvalých výzkumných plochách s dominující douglaskou se v bylinném patře hojněji vyskytují druhy původních přirozených porostů dřevin, naopak na trvalých výzkumných plochách s dominujícím smrkem ztepilým je větší zastoupení druhů, které jsou v nepůvodních porostech antropicky šířeny (zcela opačná orientace podél první ordinační osy – CCA 1).



Obr. 64. Rozmístění druhů patra E_1 v ordinačním prostoru prvých dvou os CCA ve vztahu k patrům E2 a E3 (ve zkratce jsou vždy uvedena první tři písmena rodového jména a první tři písmena druhového jména, celá vědecká jména druhů odpovídající uvedeným zkratkám jsou uvedena v Příloze 3).

5.2.2 Světelné poměry pod porostem

Světelné poměry v porostu a pod porostem výrazně ovlivňují jak složení bylinného patra a potenciál přirozené obnovy, tak i růst dřevin. Pro kvantifikaci světelných poměrů byly použity hemisférické fotografie. Sledované porosty mají obecně uzavřenou strukturu, v některých případech se však uplatňovalo boční prosvětlení v důsledku těžby v blízkých porostních skupinách. Podíl difusního záření na jednotlivých fotografiích byl v rozmezí 9 až 37 % (aritmetický průměr 24 %), zápoj se pohyboval v rozmezí 44 až 90 % (aritmetický průměr 66 %). Průměrné hodnoty podílu difusního záření na

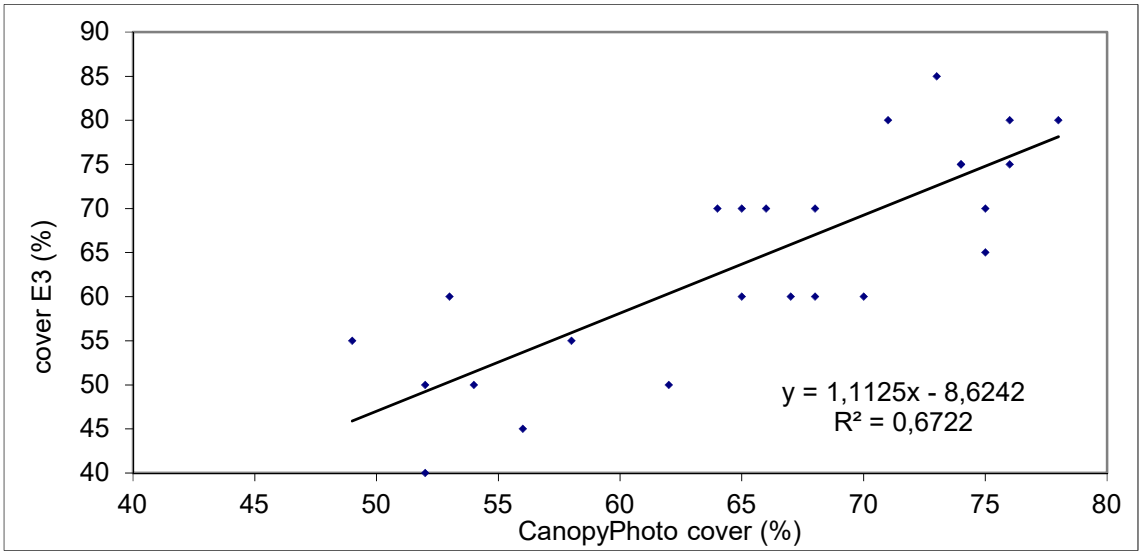
jednotlivých trvalých výzkumných plochách (při 5 fotografiích na trvalé výzkumné ploše) se pohybovaly v rozmezí 13 % (v lokalitě Kamýk, TVP č. 23) a 36 % (v lokalitě Vodňany, TVP č. 13). Průměrné hodnoty zápoje byly v rozmezí 49 % (v lokalitě Vodňany, TVP č. 15) a 78 % (v lokalitě Kamýk, TVP č. 23). Podrobný přehled o pokryvnosti jednotlivých pater a množství dopadajícího světla podává Tab. 17.

Tab. 17. Pokryvnosti jednotlivých pater na trvalých výzkumných plochách světla a výsledky analýzy hemisférických fotografií (HF) v programu CanopyPhotos (Matějka 2018a, 2021).

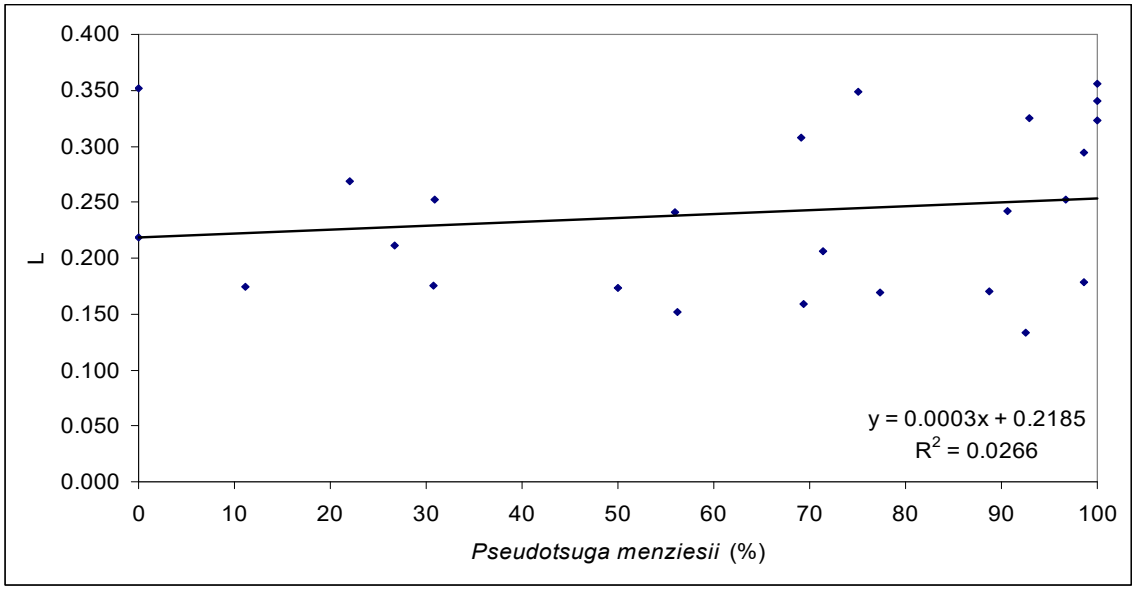
Číslo TVP	Lokalita	Pokryvnost [%]					Podíl difusního záření [%]
		E_0	E_1	E_2	E_3	Zápoj dle HF	
		[%]					
1	Sedlice	3	40	20	70	64	33
2		3	75	0	50	52	35
3		5	20	0	65	75	18
4		8	20	0	70	75	18
5		5	10	0	70	66	22
6		5	40	10	60	68	32
7		15	35	0	70	65	29
8		60	45	1	60	65	21
9	Vráž	5	15	0	80	76	15
10		10	40	5	75	74	16
11		10	55	20	70	68	21
12	Vodňany	30	80	5	40	52	34
13		15	40	1	45	56	36
14		20	50	0	60	53	35
15		20	80	20	55	49	31
16		5	40	1	50	62	24
17		8	8	1	50	54	27
18		1	5	0	85	73	24
19		5	80	5	55	58	25
20	Kamýk	5	15	0	80	71	17
21		8	10	0	75	74	17
22		5	40	35	60	70	17
23		3	15	0	80	78	13
24		15	15	5	75	76	17
25		0	55	3	60	67	25

Při porovnání jednotlivých lokalit měl celkově zápoj rostoucí charakter (Vodňany < Sedlice < Vráž < Kamýk). V lokalitě Kamýk na TVP č. 23 a 25 byla zachycena nejvyšší variabilita světelných podmínek.

Odhad zápoje provedený v terénu byl porovnán (E_3; pokryvnosti stromového patra) byl porovnán s hodnotou vypočítanou z hemisférické fotografie (proměnná C): $E_3 = 1{,}11\ C - 8{,}62$ (obě proměnné vyjádřeny v %), přičemž $r^2 = 0{,}672$. (Obr. 65).



Obr. 65. Porovnání provedených odhadů zápoje v terénu (cover E3) s vypočítanou hodnotou z hemisférických fotografií (CanopyPhoto cover)

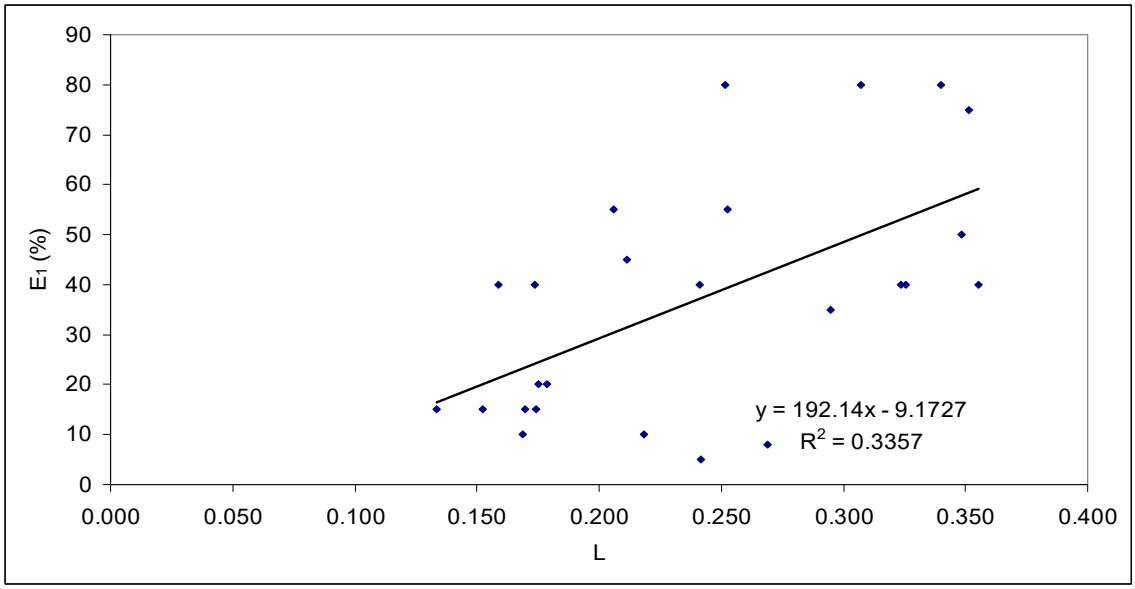


Obr. 66. Porovnání množství difusního záření v podrostu (L) s relativním zastoupením *Pseudotsuga menziesii* ve stromovém patře

Kulturní porosty douglasky a smrku ztepilého na trvalých výzkumných plochách mají obdobnou strukturu. To může být způsobeno tím, že porosty obou dřevin jsou

obhospodařovány obdobným způsobem. Proto zápoj porostu a světelné poměry v podrostu nezávisí na složení dřevinného patra (Obr. 66). Protože celkové zastoupení všech dřevin ve stromovém patře je vždy 100 %, tak je zřejmé, že při nižším zastoupení douglasky je vyšší zastoupení ostatních dřevin – většinou smrku ztepilého (Příloha 2).

Rozvoj bylinného patra na světelných poměrech pod porostem silně závisí (Obr. 67). Celková pokryvnost bylinného patra se výrazně snižuje, pokud je pod porostem podíl difusního záření v porovnání s volnou plochou nižší než cca 25 %. Je to obecně platná zákonitost. Byla popsána v lesích různých vegetačních stupňů v rámci celé České republiky (Matějka 2018b).



Obr. 67. Závislost celkové pokryvnosti bylinného patra (E_1) na množství difusního záření v podrostu (L)

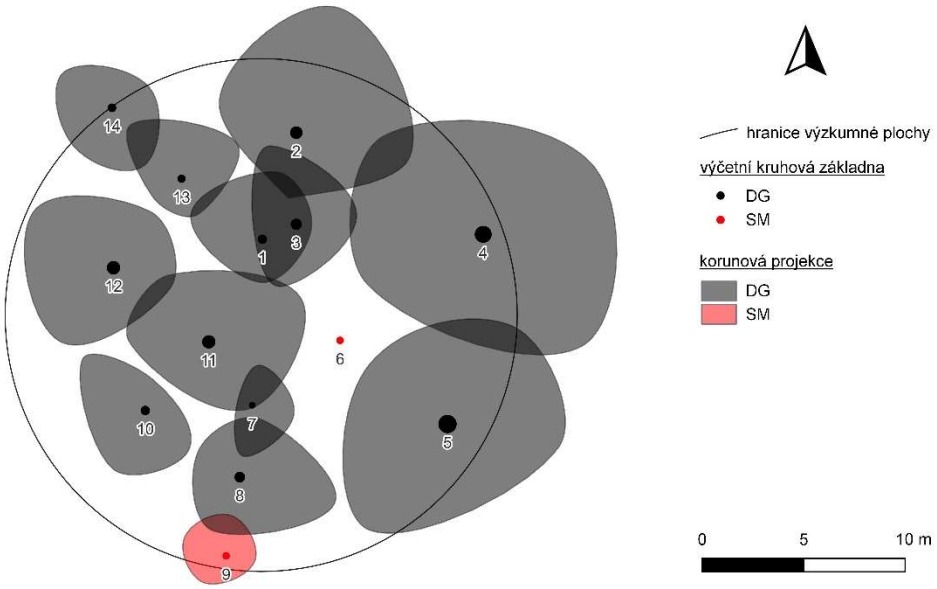
5.2.3 Struktura stromového patra na trvalých výzkumných plochách

Na všech trvalých výzkumných plochách (Tab. 18 až 21) se pohybovala u douglasky průměrná výčetní tloušťka v rozmezí od 43,9 cm do 101,4 cm, průměrná výška stromu od 31,4 m do 46,9 m a výčetní kruhová základna (G) od 11,28 m^2 ha^{-1} (při 23% zastoupení v porostu) do 81,76 m^2 ha^{-1} (při 100% zastoupení v porostu). U smrku ztepilého se pohybovala průměrná výčetní tloušťka v rozmezí od 21,5 cm do 49,9 cm, průměrná výška stromu od 24,1 m do 34,7 m a výčetní kruhová základna (G) od 1,43 m^2 ha^{-1} (při 1,7% zastoupení v porostu) do 58,20 m^2 ha^{-1} (při 100% zastoupení v porostu). Zápoj dosahoval hodnot od 50 % do 83 %.

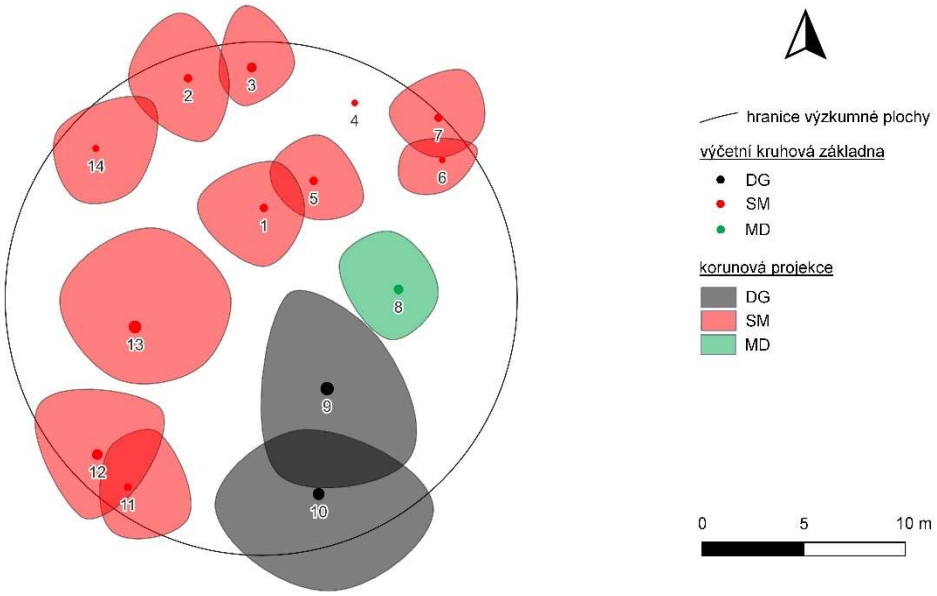
Tab. 18. Lokalita Sedlice – struktura stromového patra (hlavička tabulky: **1** – Trvalá výzkumná plocha, **2** - Věk, **3** - Zápoj [%], **4** - Dřevina, **5** - Počet jedinců na ploše, **6** - Průměrná výčetní tloušťka [cm], **7** - Průměrná výška stromu [m], **8** - Průměrná výška nasazení živé koruny [m], **9** - Průměrná korunová projekce [m^2], **10** - Počet jedinců na 1 ha, **11** - Průměrné g [m^2], **12** – G [m^2 ha^{-1}], **13** - Zastoupení [%], **14** - Objem středního kmene [m^3], **15** - Zásoba [m^3 ha^{-1}])

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	88	74	DG	12	57,0	38,4	23,5	43,0	240	0,28	66,53	94,0	4,28	1027
			SM	2	36,6	32,9	21,3	21,3	40	0,11	4,21	6,0	1,54	62
2	88	56	SM	11	41,9	31,5	18,4	21,2	220	0,14	31,68	66,6	2,00	440
			DG	2	62,3	40,0	22,2	59,5	40	0,31	12,21	25,7	4,76	190
			MD	1	48,2	33,6	24,9	18,6	20	0,18	3,65	7,7	-	-
3	88	70	SM	20	30,5	28,3	19,0	14,1	400	0,08	31,61	64,3	1,08	432
			DG	3	44,1	30,9	19,9	37,3	60	0,19	11,28	23,0	2,78	167
			BO	2	35,6	29,5	22,1	9,6	40	0,11	4,23	8,6	-	-
			DB	1	35,8	23,3	18,9	14,3	20	0,10	2,01	4,1	-	-
4	88	66	DG	10	53,5	38,3	22,5	55,4	200	0,24	47,73	100,0	3,76	753
5	88	70	SM	30	33,7	29,7	20,3	14,4	600	0,10	58,20	100,0	1,33	795
6	119	73	DG	12	63,8	40,8	22,5	38,3	240	0,34	81,76	100,0	5,59	1343
7	119	65	DG	6	71,6	42,2	24,3	52,4	120	0,41	49,28	81,5	6,78	814
			SM	4	40,7	31,6	19,6	22,6	80	0,14	11,15	18,5	2,03	162
8	94	56	SM	7	49,9	34,7	18,4	30,6	160	0,16	24,97	56,5	2,04	326
			DG	3	63,6	38,0	20,0	37,2	60	0,32	19,21	43,5	4,72	283

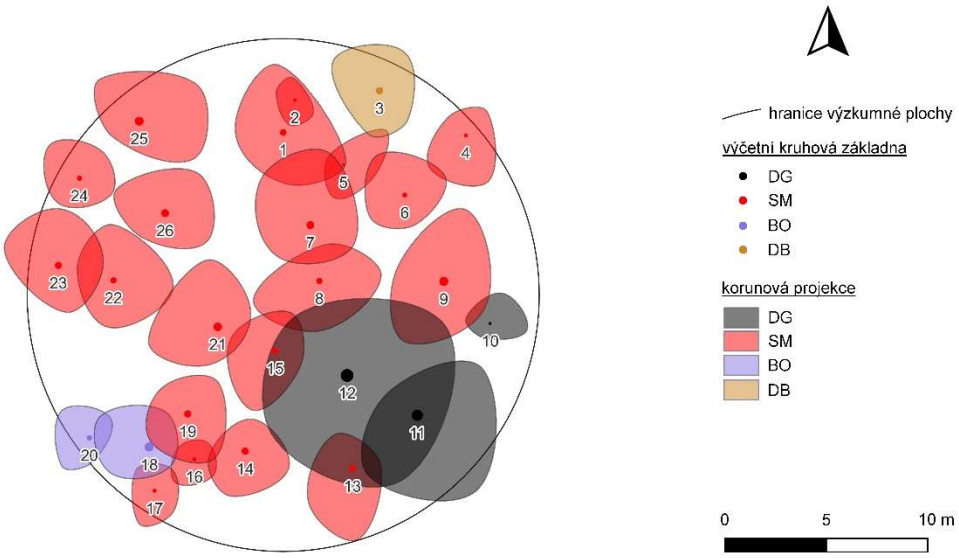
V lokalitě Sedlice (Tab. 18) se pohybovala u douglasky průměrná výčetní tloušťka v rozmezí od 44,1 cm do 71,6 cm, průměrná výška stromu od 30,9 m do 42,2 m a výčetní kruhová základna (G) od 11,28 m^2 ha^{-1} (při 23% zastoupení v porostu) do 81,76 m^2 ha^{-1} (při 100% zastoupení v porostu). Nejvyšší objem středního kmene 6,78 m^3 byl zaznamenán na trvalé výzkumné ploše č. 7, naopak nejnižší 2,78 m^3 na trvalé výzkumné ploše č. 3. U smrku ztepilého se pohybovala průměrná výčetní tloušťka v rozmezí od 30,5 cm do 49,9 cm, průměrná výška stromu od 28,3 m do 34,7 m a výčetní kruhová základna (G) od 4,21 m^2 ha^{-1} (při 6% zastoupení v porostu) do 58,20 m^2 ha^{-1} (při 100% zastoupení v porostu). Nejvyšší objem středního kmene 2,04 m^3 byl zaznamenán na trvalé výzkumné ploše č. 8, naopak nejnižší 1,08 m^3 na trvalé výzkumné ploše č. 3. Kromě těchto dvou dřevin byly v této lokalitě ještě zaznamenány vtroušené dřeviny (modřín opadavý, borovice lesní a dub letní). Zápoj dosahoval hodnot od 56 % do 74 %. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na jednotlivých trvalých výzkumných plochách v lokalitě Sedlice jsou znázorněny na Obr. 68 až 75.



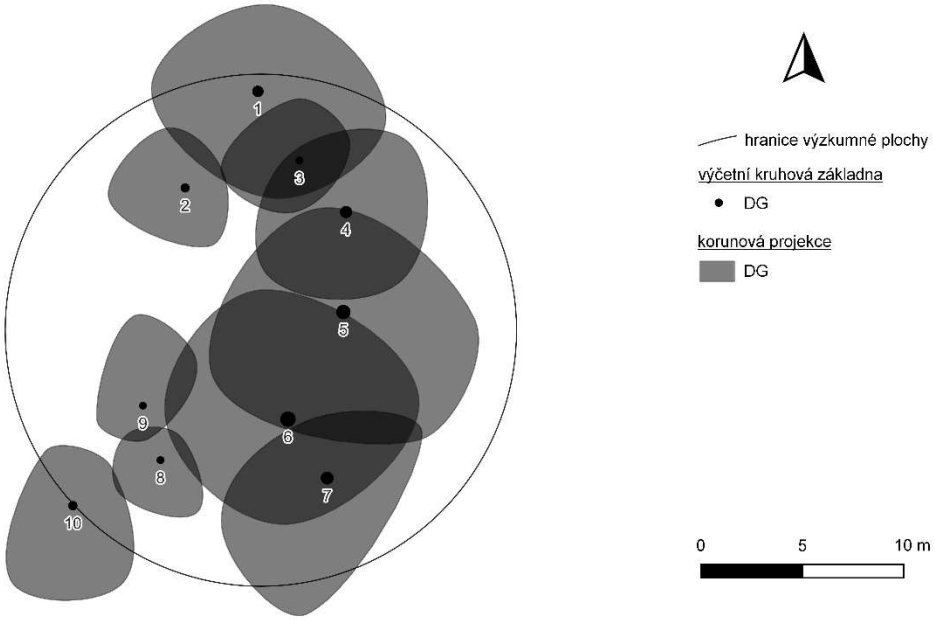
Obr. 68. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 1, lokalita Sedlice



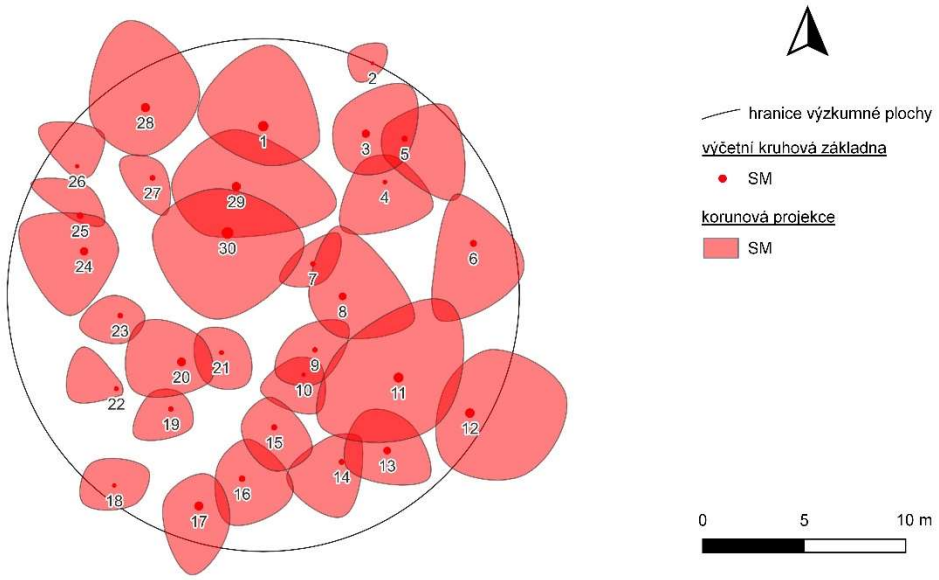
Obr. 69. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 2, lokalita Sedlice



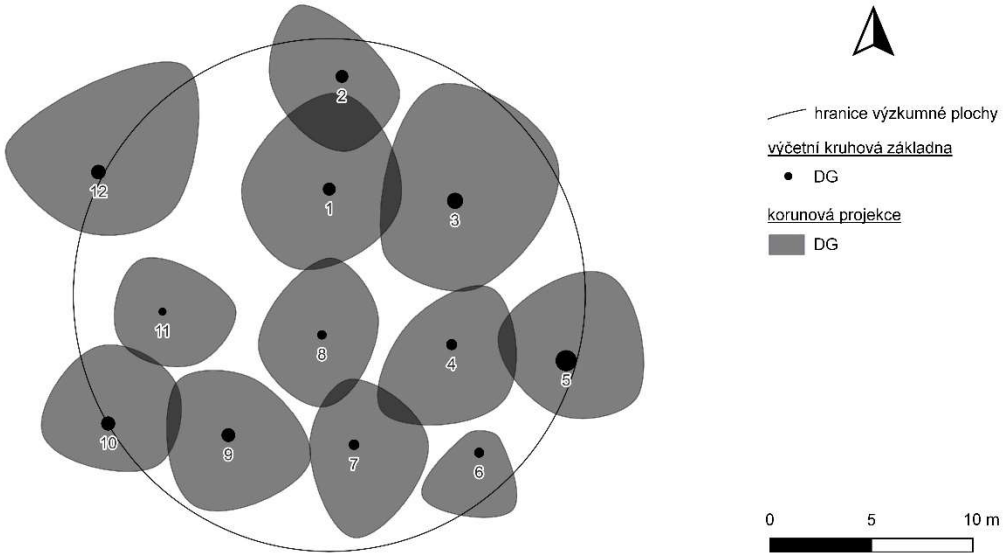
Obr. 70. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 3, lokalita Sedlice



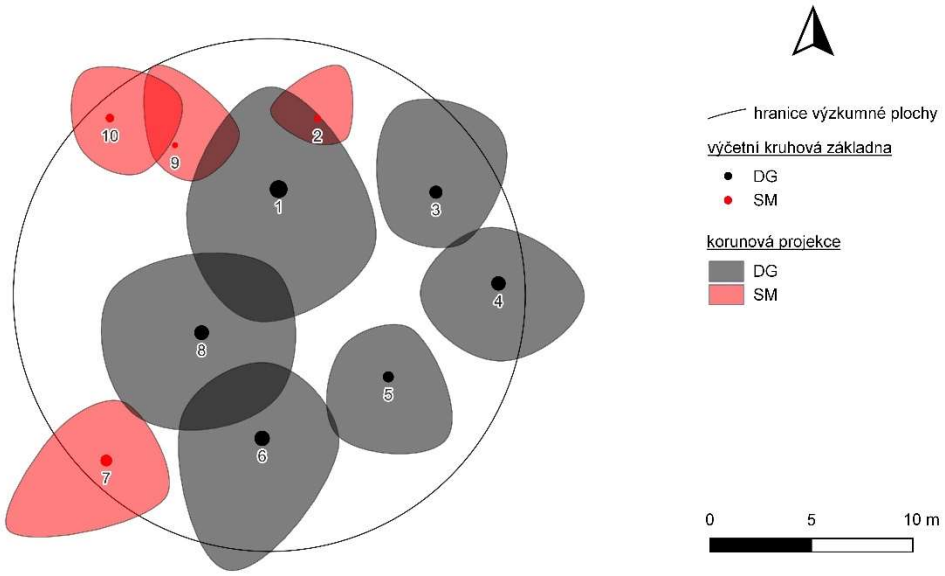
Obr. 71. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 4, lokalita Sedlice



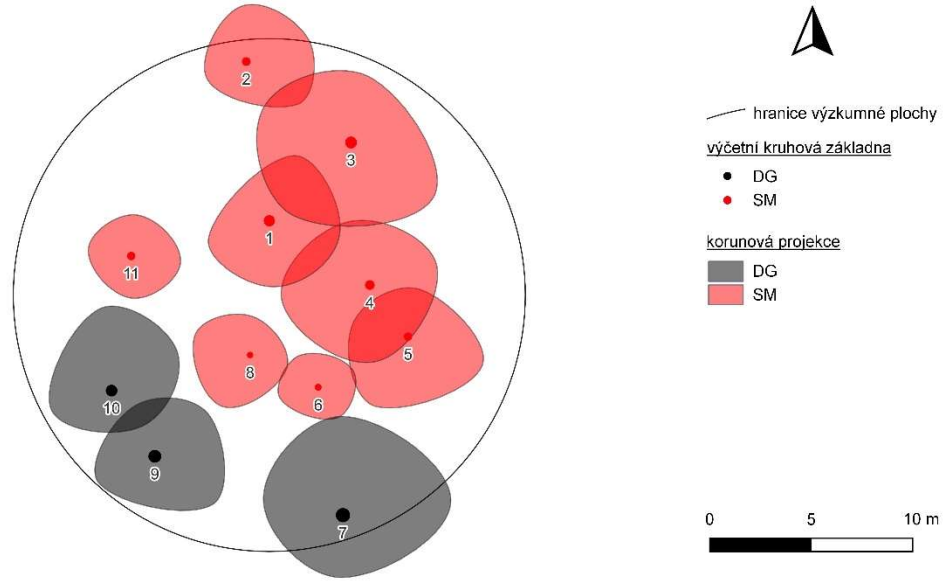
Obr. 72. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 5, lokalita Sedlice



Obr. 73. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 6, lokalita Sedlice



Obr. 74. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 7, lokalita Sedlice

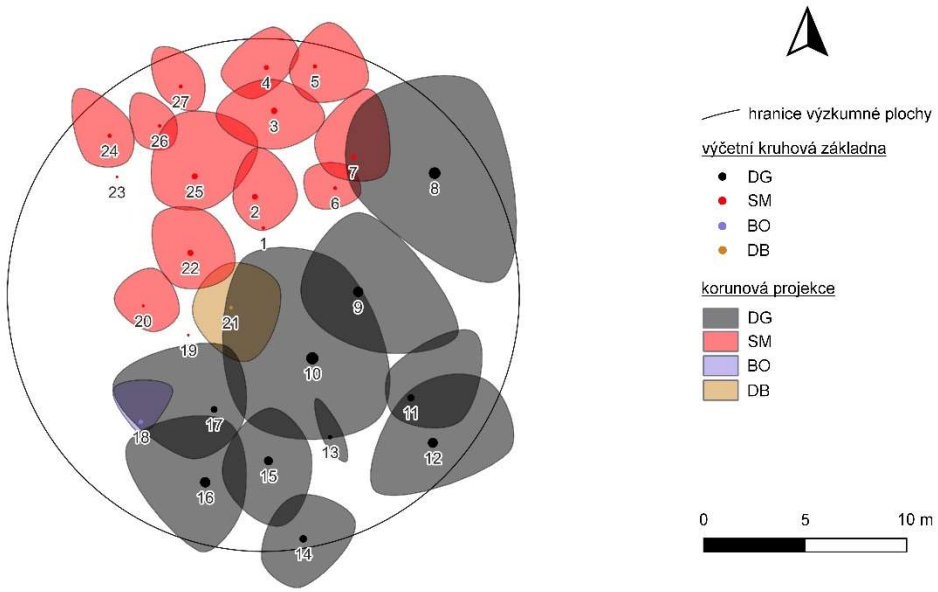


Obr. 75. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 8, lokalita Sedlice

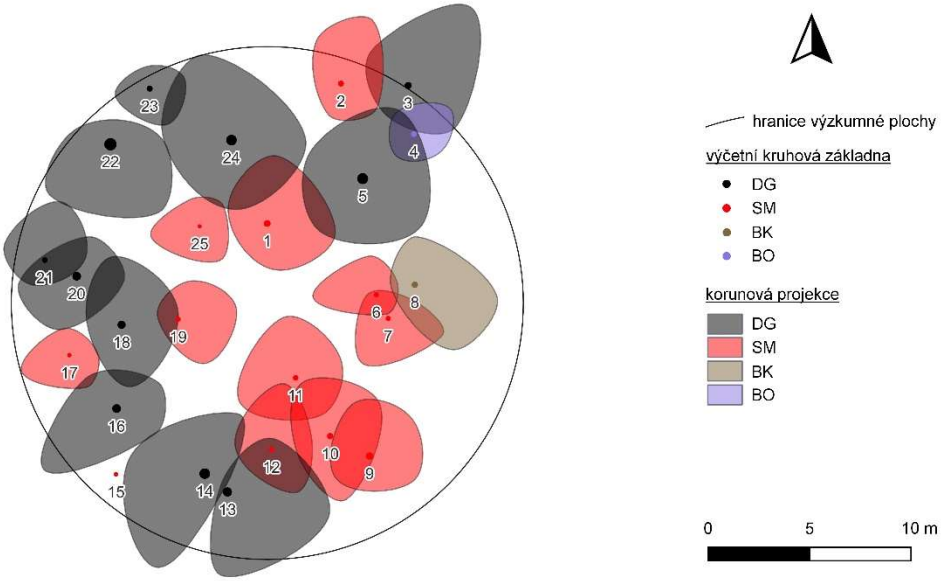
Tab. 19. Lokalita Vráž – struktura stromového patra (hlavička tabulky: **1** – Trvalá výzkumná plocha, **2** - Věk, **3** - Zápoj [%], **4** - Dřevina, **5** - Počet jedinců na ploše, **6** - Průměrná výčetní tloušťka [cm], **7** - Průměrná výška stromu [m], **8** - Průměrná výška nasazení živé koruny [m], **9** - Průměrná korunová projekce [m^2], **10** - Počet jedinců na 1 ha, **11** - Průměrné g [m^2], **12** – G [m^2 ha^{-1}], **13** - Zastoupení [%], **14** - Objem středního kmene [m^3], **15** - Zásoba [m^3 ha^{-1}])

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9	86	70	SM	15	21,5	24,1	17,5	10,1	300	0,04	11,76	25,7	0,48	145
			DG	10	44,2	35,4	21,2	30,5	200	0,16	32,78	71,6	2,42	485
			BO	1	22,2	22,6	19,2	5,3	20	0,04	0,77	1,7	-	-
			DB	1	17,6	18,5	1,6	15,9	20	0,02	0,49	1,1	-	-
10	86	70	SM	12	26,8	27,0	16,7	14,3	240	0,06	13,91	26,9	0,75	180
			DG	11	43,9	32,5	19,6	23,7	220	0,16	35,01	67,6	2,16	474
			BO	1	29,1	28,9	23,8	7,4	20	0,07	1,33	2,6	-	-
			BK	1	31,2	29,1	16,2	19,8	20	0,08	1,53	3,0	-	-
11	86	50	SM	17	27,9	24,3	15,0	12,7	340	0,07	24,50	48,6	0,86	291
			DG	3	68,9	38,7	21,0	38,0	60	0,38	22,95	45,5	5,75	345
			BR	2	30,5	20,7	16,1	16,1	40	0,07	2,95	5,9	-	-

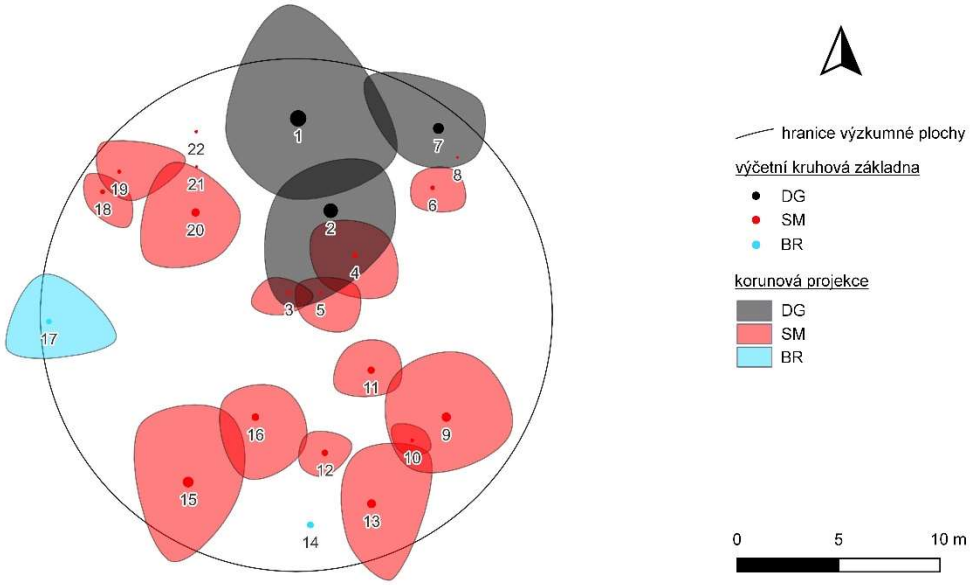
V lokalitě Vráž (Tab. 19) se pohybovala u douglasky průměrná výčetní tloušťka v rozmezí od 43,9 cm do 68,9 cm, průměrná výška stromu od 32,5 m do 38,7 m a výčetní kruhová základna (G) od 22,95 m^2 ha^{-1} (při 45,5% zastoupení v porostu) do 35,01 m^2 ha^{-1} (při 67,6% zastoupení v porostu). Nejvyšší objem středního kmene 5,75 m^3 byl zaznamenán na trvalé výzkumné ploše č. 11, naopak nejnižší 2,16 m^3 na trvalé výzkumné ploše č. 10. U smrku ztepilého se pohybovala průměrná výčetní tloušťka v rozmezí od 21,5 cm do 27,9 cm, průměrná výška stromu od 24,1 m do 27,0 m a výčetní kruhová základna (G) od 11,76 m^2 ha^{-1} (při 25,7% zastoupení v porostu) do 24,50 m^2 ha^{-1} (při 48,6% zastoupení v porostu). Nejvyšší objem středního kmene 0,86 m^3 byl zaznamenán na trvalé výzkumné ploše č. 11, naopak nejnižší 0,48 m^3 na trvalé výzkumné ploše č. 9. Kromě těchto dvou dřevin byly v této lokalitě ještě zaznamenány vtroušené dřeviny (borovice lesní, dub letní, buk lesní a bříza bělokorá). Zápoj dosahoval hodnot od 50 % do 70 %. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na jednotlivých trvalých výzkumných plochách v lokalitě Vráž jsou znázorněny na Obr. 76 až 78.



Obr. 76. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 9, lokalita Vráž



Obr. 77. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 10, lokalita Vráž



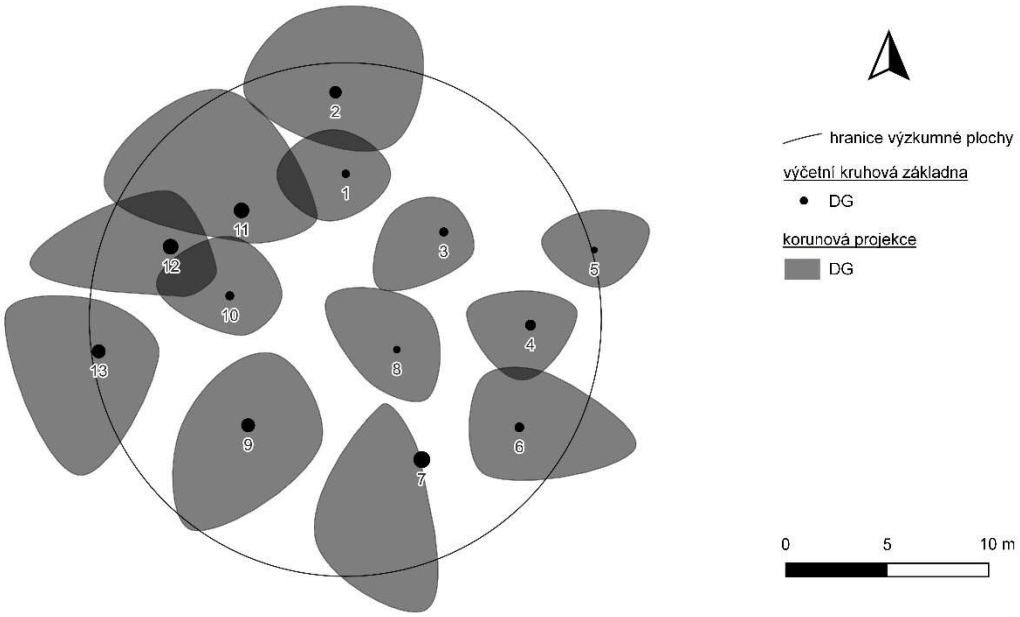
Obr. 78. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 11, lokalita Vráž

Tab. 20. Lokalita Vodňany – struktura stromového patra (hlavička tabulky: **1** – Trvalá výzkumná plocha, **2** - Věk, **3** - Zápoj [%], **4** - Dřevina, **5** - Počet jedinců na ploše, **6** - Průměrná výčetní tloušťka [cm], **7** - Průměrná výška stromu [m], **8** - Průměrná výška nasazení živé koruny [m], **9** - Průměrná korunová projekce [m^2], **10** - Počet jedinců na 1 ha, **11** - Průměrné g [m^2], **12** – G [m^2 ha^{-1}], **13** - Zastoupení [%], **14** - Objem středního kmene [m^3], **15** - Zásoba [m^3 ha^{-1}])

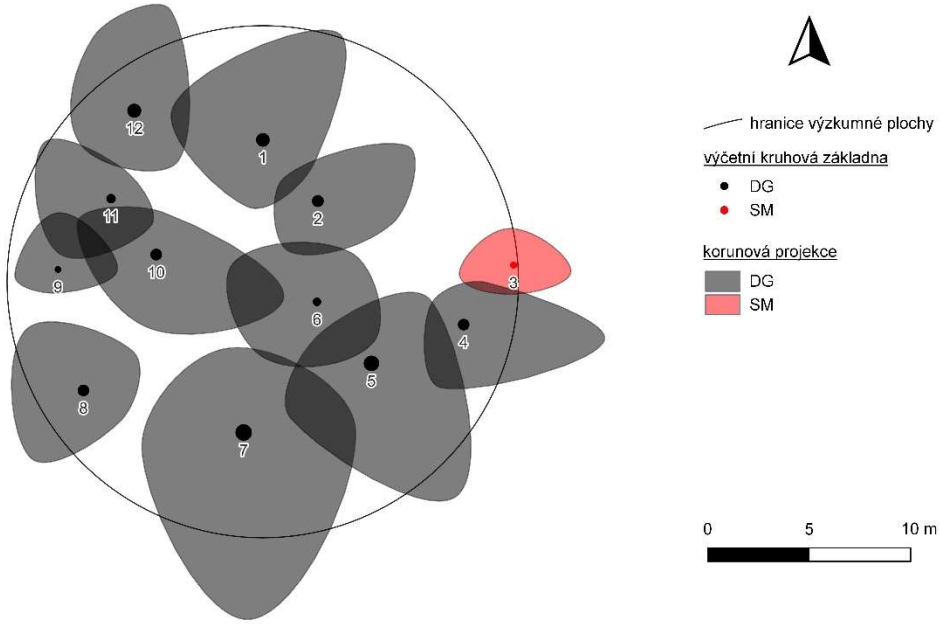
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12	96	62	DG	13	56,9	37,7	19,5	32,3	260	0,28	71,57	100,0	4,11	1069
13	96	75	DG	11	58,9	36,2	18,6	43,1	220	0,29	63,27	97,2	4,14	910
			SM	1	34,2	28,3	15,7	12,9	20	0,09	1,84	2,8	1,16	23
14	116	70	SM	13	38,1	30,7	20,1	20,0	260	0,12	31,21	43,8	1,70	442
			DG	5	54,4	34,2	18,5	45,9	100	0,28	27,80	39,0	4,13	413
			JD	4	41,2	29,5	17,4	17,4	80	0,15	12,24	17,2	-	-
15	85	64	SM	11	30,1	27,3	15,7	13,7	220	0,08	16,51	33,3	0,98	215
			DG	7	47,1	33,6	19,7	25,5	140	0,18	25,10	50,6	2,47	345
			BO	4	33,1	28,8	19,4	14,8	80	0,09	7,10	14,3	-	-
			MD	1	23,6	25,8	22,1	1,7	20	0,04	0,87	1,8	-	-
16	85	67	SM	26	25,4	25,0	15,6	11,0	520	0,05	28,44	58,9	0,69	357
			DG	3	61,6	35,5	18,6	38,0	60	0,30	17,99	37,3	4,14	248
			BO	2	24,1	24,2	18,0	6,0	40	0,05	1,84	3,8	-	-
17	111	81	SM	8	48,4	32,6	18,8	35,7	160	0,20	32,24	50,7	2,88	461
			DG	4	57,8	31,4	20,4	37,8	80	0,30	24,37	38,3	4,41	353
			JD	3	37,0	29,2	18,5	26,9	60	0,11	6,74	10,6	-	-
			BK	1	13,8	10,2	1,6	13,7	20	0,01	0,30	0,5	-	-
18	85	77	DG	16	53,2	34,9	20,5	29,7	320	0,24	75,93	89,2	3,51	1124
			BK	5	28,9	22,9	10,6	24,9	100	0,07	7,18	8,4	-	-
			SM	1	30,2	27,3	17,5	10,9	20	0,07	1,43	1,7	0,89	18
			MD	1	19,9	26,4	18,2	8,4	20	0,03	0,62	0,7	-	-
19	86	57	SM	16	31,1	27,3	15,9	16,9	320	0,08	26,96	63,1	1,11	356
			DG	3	49,4	35,0	19,3	29,3	60	0,21	12,68	29,7	3,14	188
			BO	1	44,4	32,2	22,6	22,1	20	0,15	3,10	7,3	-	-

V lokalitě Vodňany (Tab. 20) se pohybovala u douglasky průměrná výčetní tloušťka v rozmezí od 47,1 cm do 61,6 cm, průměrná výška stromu od 31,4 m do 37,7 m a výčetní kruhová základna (G) od 12,68 m^2 ha^{-1} (při 29,7% zastoupení v porostu) do 75,93 m^2 ha^{-1} (při 89,2% zastoupení v porostu). Nejvyšší objem středního kmene 4,41 m^3 byl zaznamenán na trvalé výzkumné ploše č. 17, naopak nejnižší 2,47 m^3 na trvalé výzkumné ploše č. 15. U smrku ztepilého se pohybovala průměrná výčetní tloušťka v rozmezí od 25,4 cm do 48,4 cm, průměrná výška stromu od 25,0 m do 32,6 m a výčetní kruhová základna (G) od 1,43 m^2 ha^{-1} (při 1,7% zastoupení v porostu) do 32,24 m^2 ha^{-1} (při 50,7% zastoupení v porostu). Nejvyšší objem středního kmene 2,88 m^3 byl zaznamenán na trvalé výzkumné ploše č. 17, naopak nejnižší 0,69 m^3

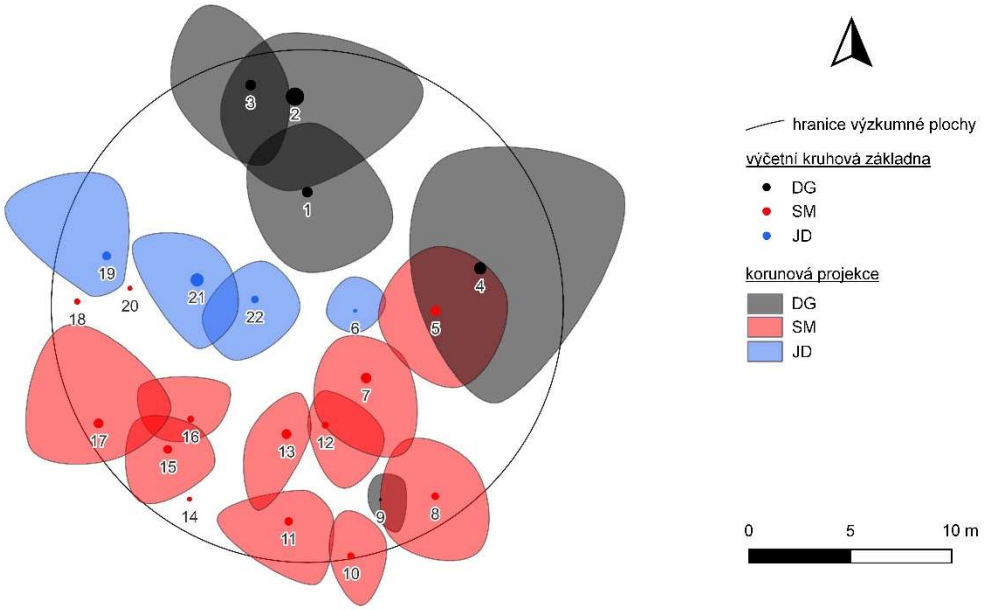
na trvalé výzkumné ploše č. 16. Kromě těchto dvou dřevin byly v této lokalitě ještě zaznamenány vtroušené dřeviny (jedle bělokorá, borovice lesní, modřín opadavý a buk lesní). Zápoj dosahoval hodnot od 57 % do 81 %. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na jednotlivých trvalých výzkumných plochách v lokalitě Vodňany jsou znázorněny na Obr. 79 až 86.



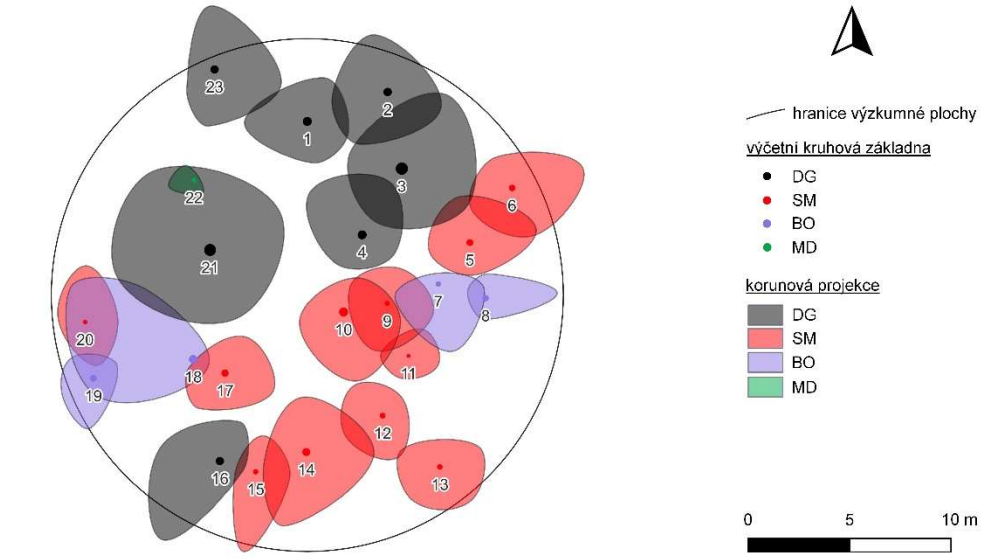
Obr. 79. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 12, lokalita Vodňany



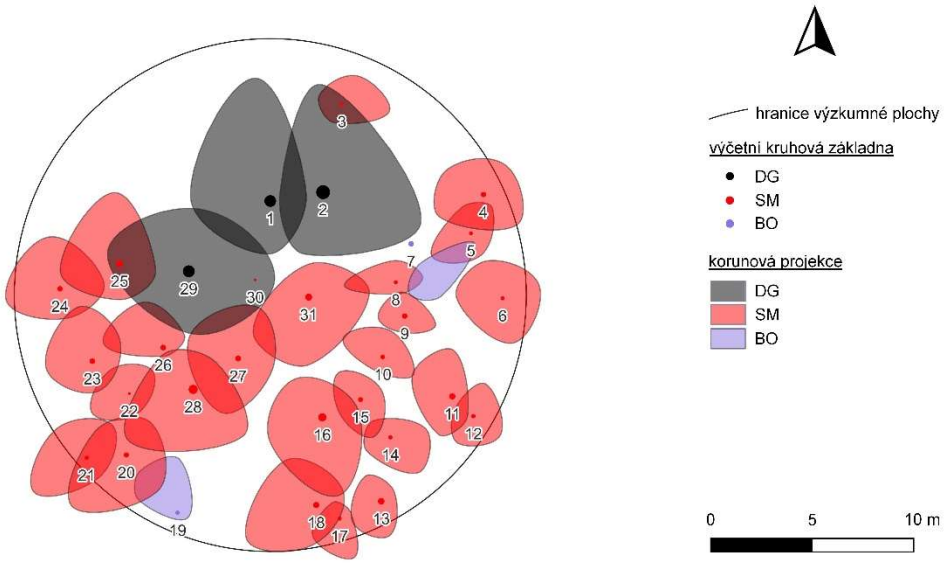
Obr. 80. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 13, lokalita Vodňany



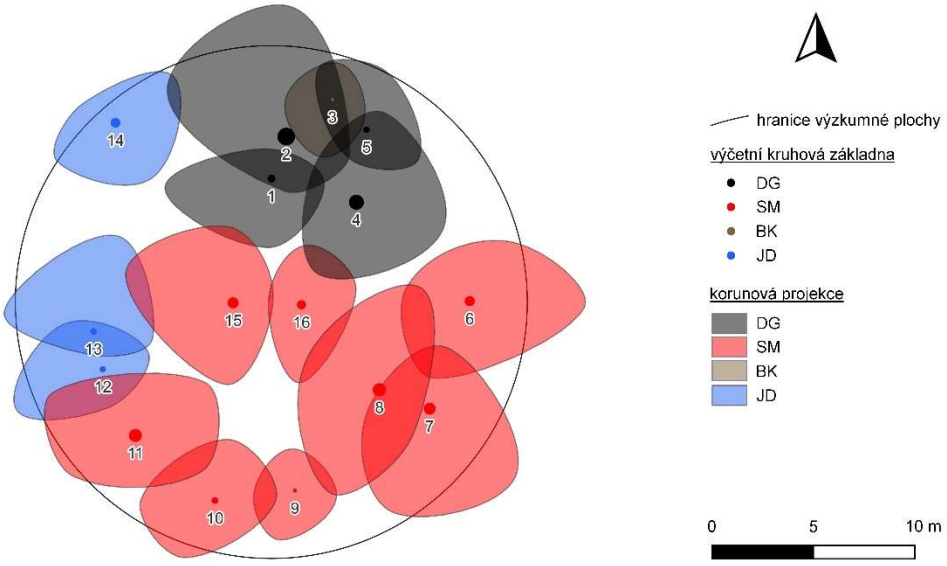
Obr. 81. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 14, lokalita Vodňany



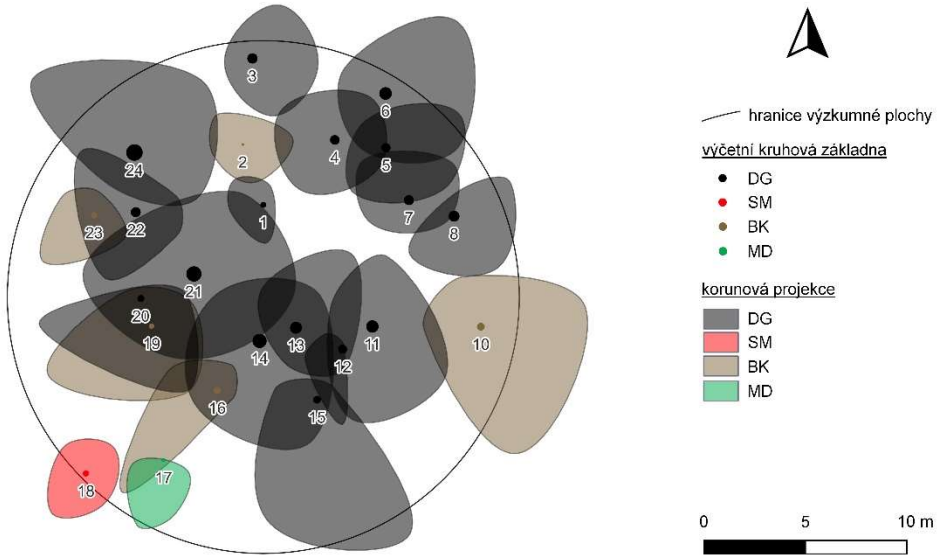
Obr. 82. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 15, lokalita Vodňany



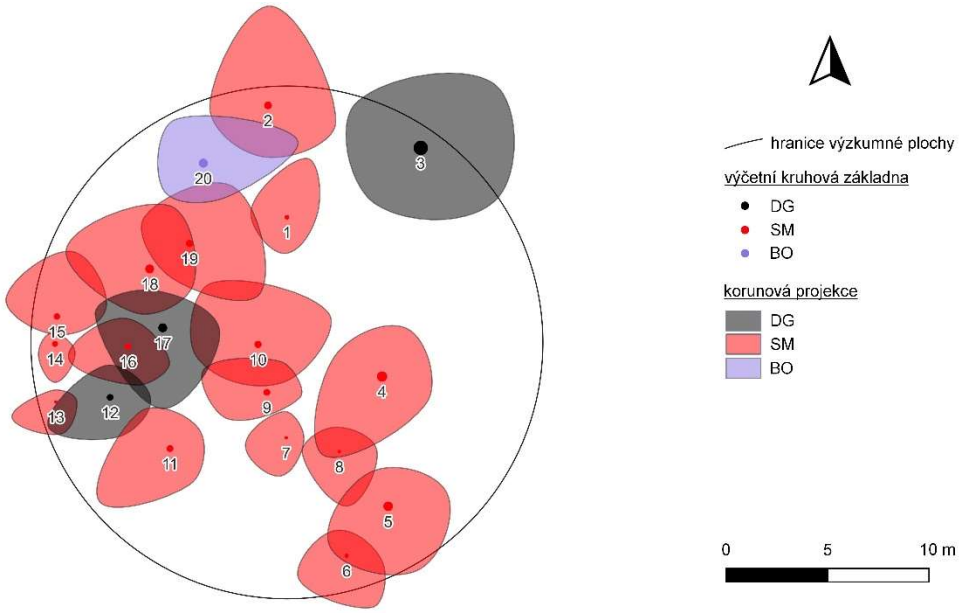
Obr. 83. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 16, lokalita Vodňany



Obr. 84. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 17, lokalita Vodňany



Obr. 85. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 18, lokalita Vodňany



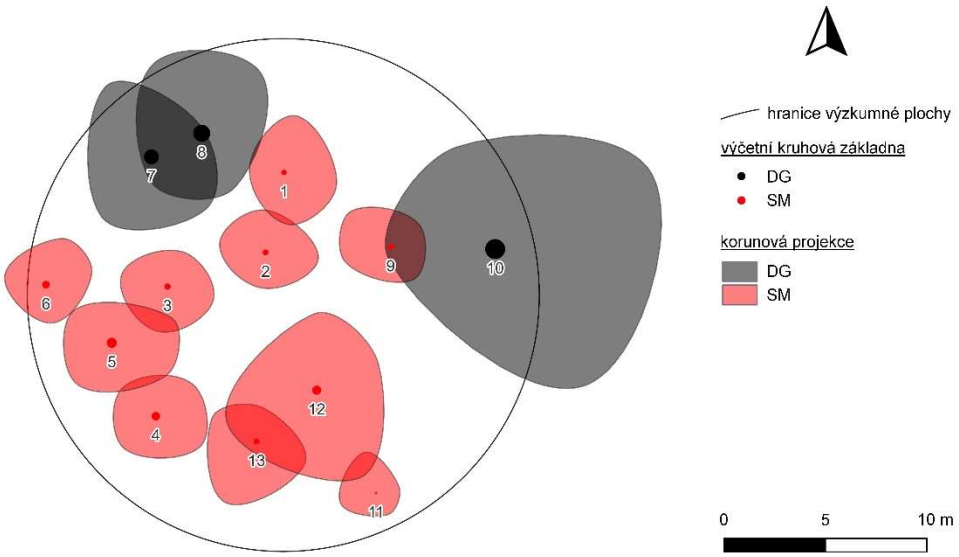
Obr. 86. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 19, lokalita Vodňany

Tab. 21. Lokalita Kamýk – struktura stromového patra (hlavička tabulky: **1** – Trvalá výzkumná plocha, **2** - Věk, **3** - Zápoj [%], **4** - Dřevina, **5** - Počet jedinců na ploše, **6** - Průměrná výčetní tloušťka [cm], **7** - Průměrná výška stromu [m], **8** - Průměrná výška nasazení živé koruny [m], **9** - Průměrná korunová projekce [m^2], **10** - Počet jedinců na 1 ha, **11** - Průměrné g [m^2], **12** – G [m^2 ha^{-1}], **13** - Zastoupení [%], **14** - Objem středního kmene [m^3], **15** - Zásoba [m^3 ha^{-1}])

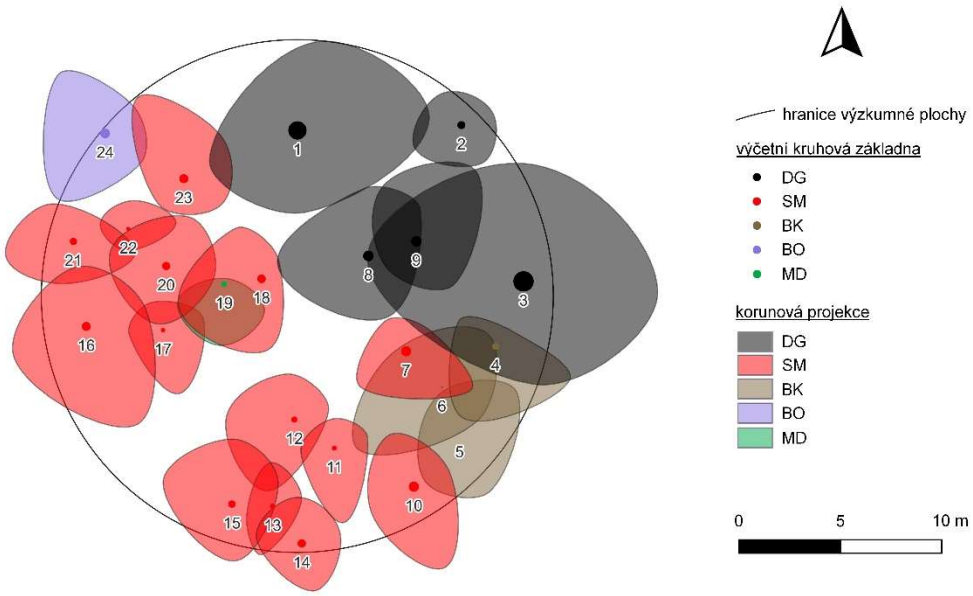
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
20	104	55	SM	10	32,7	27,0	15,9	18,0	200	0,09	18,50	34,8	1,28	257
			DG	3	85,2	46,9	21,4	68,1	60	0,58	34,71	65,2	10,19	612
21	104	83	SM	14	36,0	31,7	19,1	18,7	280	0,11	30,59	39,6	1,61	451
			DG	5	66,7	40,6	23,6	49,9	100	0,39	39,50	51,1	6,57	657
			BK	3	19,4	22,0	7,5	25,8	60	0,04	2,33	3,0	-	-
			BO	1	48,2	31,1	21,4	24,7	20	0,18	3,65	4,7	-	-
			MD	1	27,8	30,4	19,3	10,4	20	0,06	1,21	1,6	-	-
22	104	67	SM	10	37,0	31,0	19,5	18,4	200	0,12	23,98	38,6	1,79	358
			DG	4	72,0	42,1	20,1	61,2	80	0,43	34,76	55,9	7,35	588
			BO	1	42,6	35,0	28,2	16,5	20	0,14	2,85	4,6	-	-
			BK	1	18,9	17,4	7,0	41,1	20	0,03	0,56	0,9	-	-
23	110	81	DG	14	54,6	39,1	22,9	34,5	280	0,25	70,79	89,5	4,05	1135
			SM	2	43,1	32,9	14,5	20,3	40	0,15	5,82	7,4	2,06	82
			BK	2	27,4	17,1	3,1	81,4	40	0,06	2,48	3,1	-	-
24	110	76	SM	10	47,3	31,8	14,0	29,5	200	0,19	37,50	55,1	2,61	522
			JD	5	41,2	28,0	14,5	30,2	100	0,14	14,46	21,2	-	-
			DG	1	101,4	41,4	8,1	113,2	20	0,81	16,15	23,7	12,15	243
25	89	66	DG	10	45,2	38,4	21,5	34,2	200	0,17	34,02	82,7	2,73	546
			SM	5	29,3	25,8	14,8	17,5	100	0,07	7,13	17,3	0,87	87

V lokalitě Kamýk (Tab. 21) se pohybovala u douglasky průměrná výčetní tloušťka v rozmezí od 45,2 cm do 101,4 cm, průměrná výška stromu od 38,4 m do 46,9 m a výčetní kruhová základna (G) od 16,15 m^2 ha^{-1} (při 23,7% zastoupení v porostu) do 70,79 m^2 ha^{-1} (při 89,5% zastoupení v porostu). Nejvyšší objem středního kmene 12,15 m^3 byl zaznamenán na trvalé výzkumné ploše č. 24, naopak nejnižší 2,73 m^3 na trvalé výzkumné ploše č. 25. U smrku ztepilého se pohybovala průměrná výčetní tloušťka v rozmezí od 29,3 cm do 47,3 cm, průměrná výška stromu od 25,8 m do 32,9 m a výčetní kruhová základna (G) od 5,82 m^2 ha^{-1} (při 7,4% zastoupení v porostu) do 37,50 m^2 ha^{-1} (při 55,1% zastoupení v porostu). Nejvyšší objem středního kmene 2,61 m^3 byl zaznamenán na trvalé výzkumné ploše č. 24, naopak nejnižší 0,87 m^3 na trvalé výzkumné ploše č. 25. Kromě těchto dvou dřevin byly v této lokalitě ještě zaznamenány vtroušené dřeviny (borovice lesní, modřín opadavý, jedle bělokorá a buk lesní). Zápoj dosahoval hodnot od 55 % do 83 %. Pozice stromů a jejich korunových

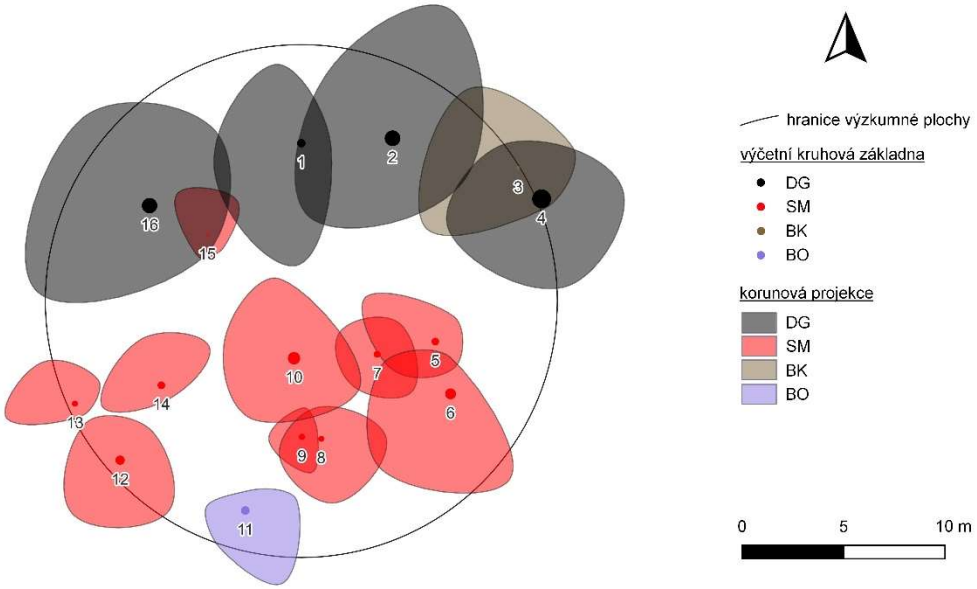
projekcí na jednotlivých trvalých výzkumných plochách v lokalitě Kamýk jsou znázorněny na Obr. 87 až 92.



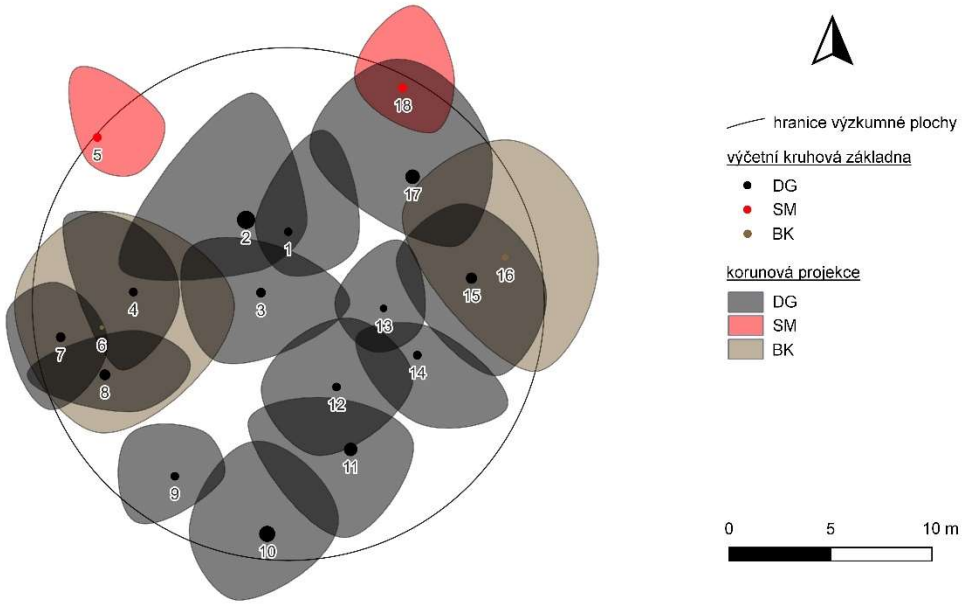
Obr. 87. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 20, lokalita Kamýk



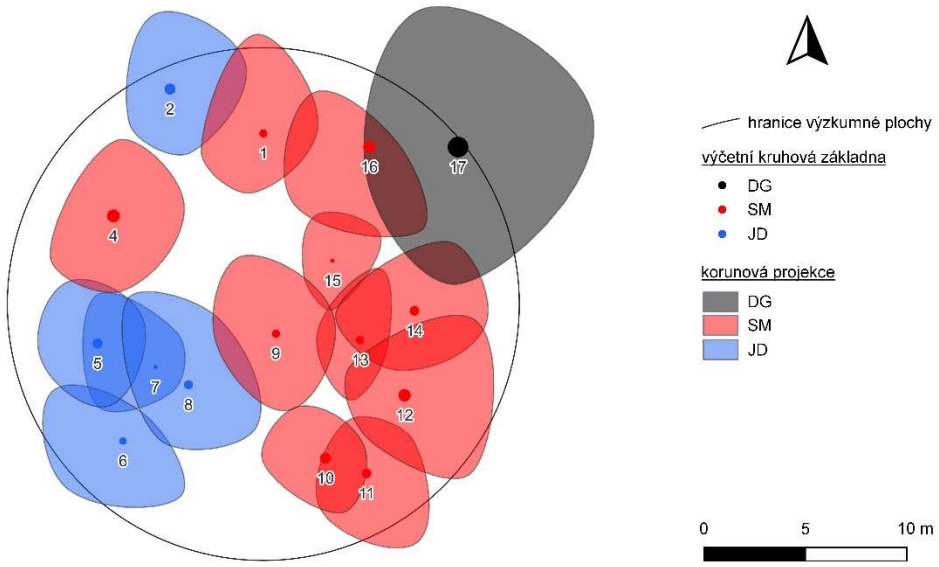
Obr. 88. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 21, lokalita Kamýk



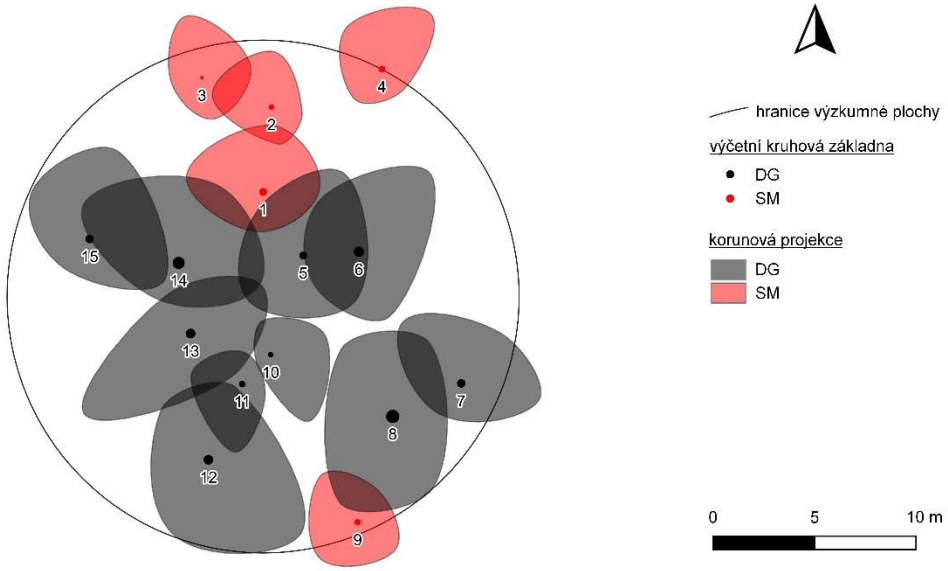
Obr. 89. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 22, lokalita Kamýk



Obr. 90. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 23, lokalita Kamýk



Obr. 91. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 24, lokalita Kamýk



Obr. 92. Pozice stromů a jejich korunových projekcí na trvalé výzkumné ploše č. 25, lokalita Kamýk

5.2.3.1 Porovnání hektarových zásob DG a SM na trvalých výzkumných plochách s modelovými

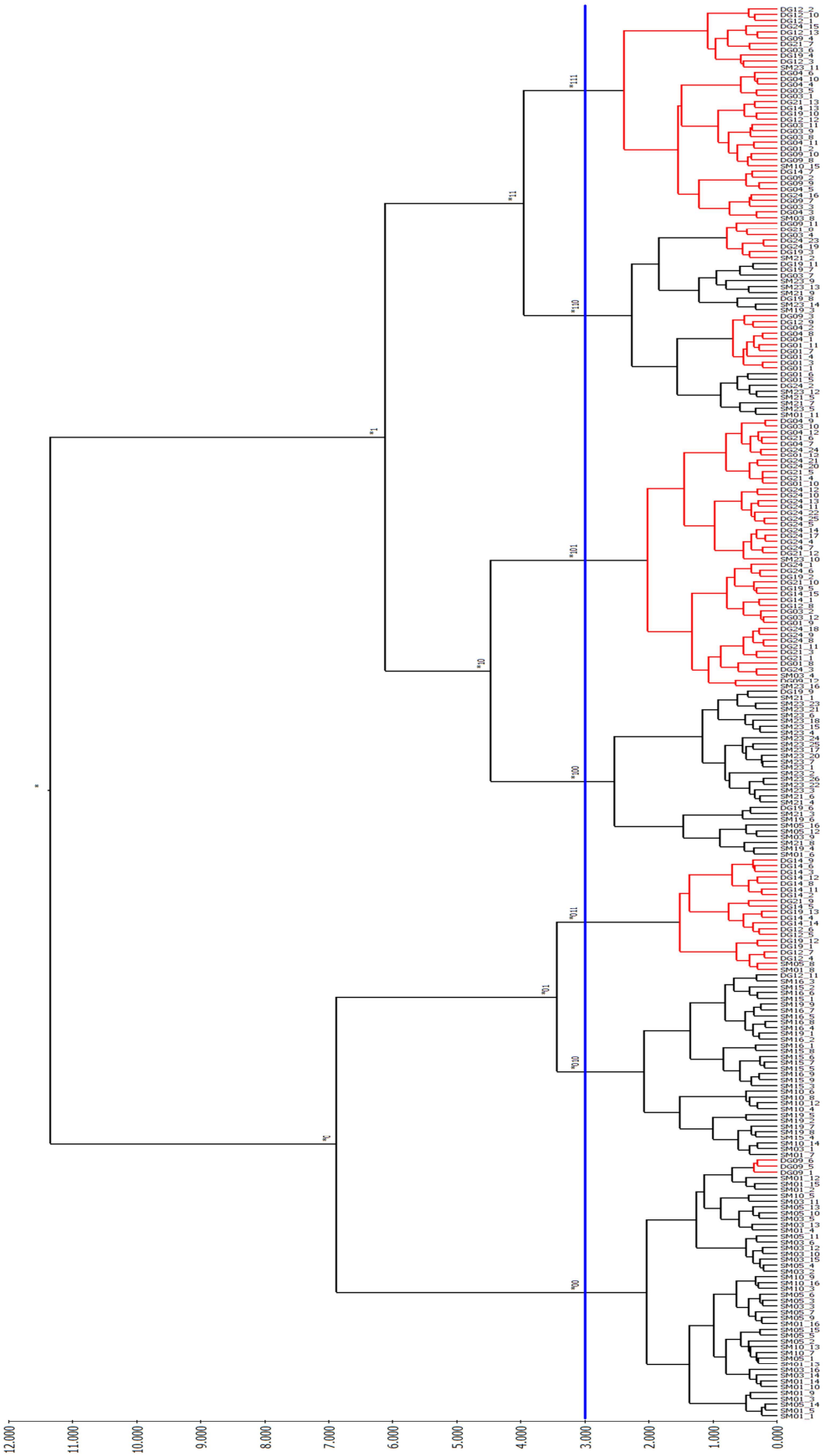
Tab. 22. Porovnání terénních dat produkce DG a SM s modelovými podle modelu vývoje zásob dřeviny ve vztahu k věku dle vybraných SLT z dat z celé ČR (Kap. 5.1.2.5) v m^3 ha^{-1}.

Číslo TVP	SLT	Věk	Dřevina	Zastoupení	Hektarová zásoba skutečná	Hektarová zásoba modelová	Rozdíl
1	4S	88	DG	94,0	1027	515	-512
			SM	6,0	62	30	-32
2	4S	88	DG	25,7	190	141	-49
			SM	66,6	440	335	-105
3	4S	88	DG	23,0	167	126	-41
			SM	64,3	432	323	-109
4	4S	88	DG	100,0	753	548	-205
5	4S	88	SM	100,0	795	502	-293
6	4B	119	DG	100,0	1343	609	-734
7	4S	119	DG	81,5	814	502	-312
			SM	18,5	162	107	-55
8	4S	94	DG	43,5	283	245	-38
			SM	56,5	326	294	-32
9	3K	86	DG	71,6	485	362	-123
			SM	25,7	145	114	-31
10	3S	86	DG	67,6	474	344	-130
			SM	26,7	180	122	-58
11	3S	86	DG	45,5	345	231	-114
			SM	48,6	291	223	-68
12	4K	96	DG	100,0	1069	561	-508
13	4K	96	DG	97,2	910	545	-365
			SM	2,8	23	14	-9
14	5S	116	DG	39,0	413	250	-163
			SM	43,8	442	274	-168
15	4S	85	DG	50,6	345	273	-72
			SM	33,3	215	164	-51
16	4S	85	DG	37,3	248	201	-47
			SM	58,9	357	290	-67
17	4S	111	DG	38,3	353	230	-123
			SM	50,7	461	284	-177
18	4S	85	DG	89,2	1124	481	-643
			SM	1,7	18	8	-10
19	4K	86	DG	29,7	188	159	-29
			SM	63,1	356	306	-50
20	4S	104	DG	36,6	347	215	-132
			SM	64,3	522	351	-171
21	4S	104	DG	51,1	657	300	-357
			SM	39,6	451	216	-235
22	4S	104	DG	55,9	588	328	-260
			SM	38,6	358	210	-148
23	4S	110	DG	89,5	1135	536	-599
			SM	7,4	82	41	-41
24	4S	110	DG	23,7	243	142	-101
			SM	55,1	522	308	-214
25	4S	89	DG	82,7	546	455	-91
			SM	17,3	87	87	0

Porovnáním hektarových zásob douglasky a smrku ztepilého z reálně naměřených dat s daty získanými z Datového skladu ÚHÚL (Tab. 22) se ukazuje, že na sledovaných plochách byla zjištěna vyšší hektarová zásoba, než odpovídá průměrným hodnotám v České republice (porostní skupiny se zastoupením douglasky), které jsou popsány modelem (viz Kap. 4.1.2) a to u douglasky na SLT 4B až o 734 m^3 ha^{-1} a u smrku ztepilého na SLT 4S až o 293 m^3 ha^{-1}. I když na některých trvalých výzkumných plochách bylo zastoupení i jiných dřevin, tento fakt byl vyloučen a zastoupení douglasky a smrku ztepilého byl pro tento výpočet přepočítán podle zastoupení na trvalé výzkumné ploše.

5.2.4 Porovnání růstu douglasky tisolisté a smrku ztepilého na trvalých výzkumných plochách

Variabilita křivek radiálního růstu dle letokruhových analýz je pro oba druhy značná. Vhodná je klasifikace těchto křivek pomocí shlukové analýzy (Obr. 93). Jednotlivé shluky lze charakterizovat podle toho, jaký druh dřeviny ve shluku převažuje. Pomocí dendrogramu bylo identifikováno 7 základních klasifikačních tříd s nimiž je možno dále pracovat. Některé třídy jsou specifické pro jeden druh dřeviny, pouze ve třídě *110 jsou zastoupeny oba druhy rovnoměrně.



Obr. 93. Klasifikace průměrných růstových křivek Wardovou metodou. Shluky, kterým dominuje smrk ztepilý, jsou černé, shluky s douglaskou tisolistou červené. Úroveň shlukování (hladina významnosti), která byla použita pro definici jednotlivých shluků, je vyznačena modrou vodorovnou čarou.

Na trvalých výzkumných plochách existuje specifické zastoupení jedinců různých klasifikačních tříd, jak ukazují tabulky, a to jak pro douglasku (Tab. 23), tak pro smrk ztepilý (Tab. 24). To, že tento rozdíl mezi plochami je statisticky signifikantní, je možné testovat pomocí $\chi 2$-testu pro příslušné kontingenční tabulky, přičemž pro oba druhy vychází pravděpodobnost chyby prvního druhu $\alpha < 0{,}001$.

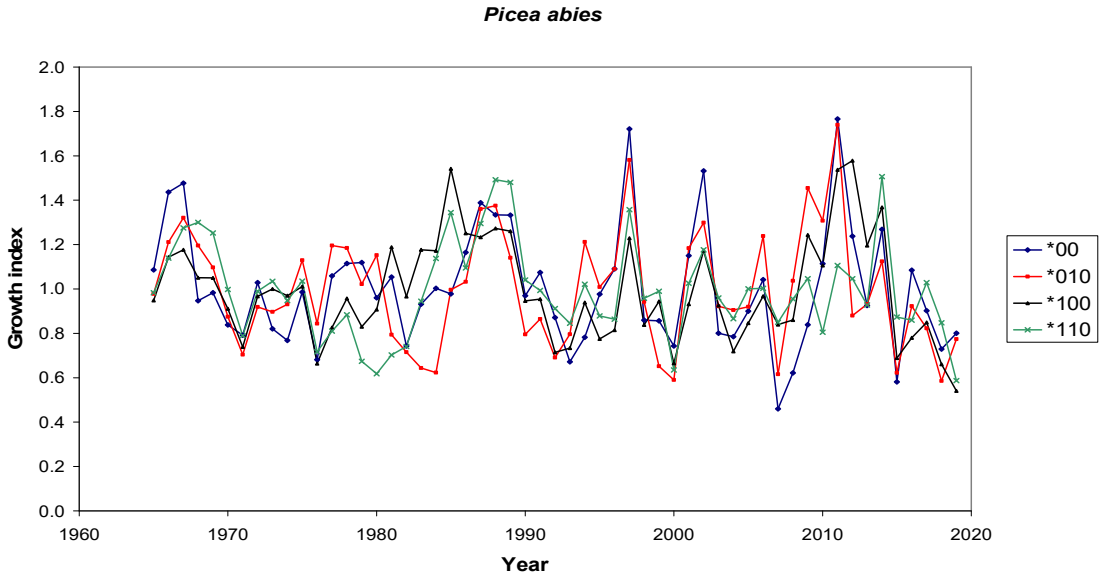
Tab. 23. Počet jedinců douglasky tisolisté v jednotlivých klasifikačních skupinách (viz Obr. 40) na trvalých výzkumných plochách.

Skupina	Trvalá výzkumná plocha									Celkem
	1	3	4	9	12	14	19	21	24	
*00				3						3
*010					1					1
*011					4	10	3	1		18
*100							2			2
*101	4	3	3	1	1	2	2	8	20	44
*110	7	2	3	2	1		4	1	3	23
*111	1	7	6	6	6	2	2	2	2	34
Celkem	12	12	12	12	13	14	13	12	25	**125**

Tab. 24. Počet jedinců smrku ztepilého v jednotlivých klasifikačních skupinách (viz Obr. 40) na trvalých výzkumných plochách.

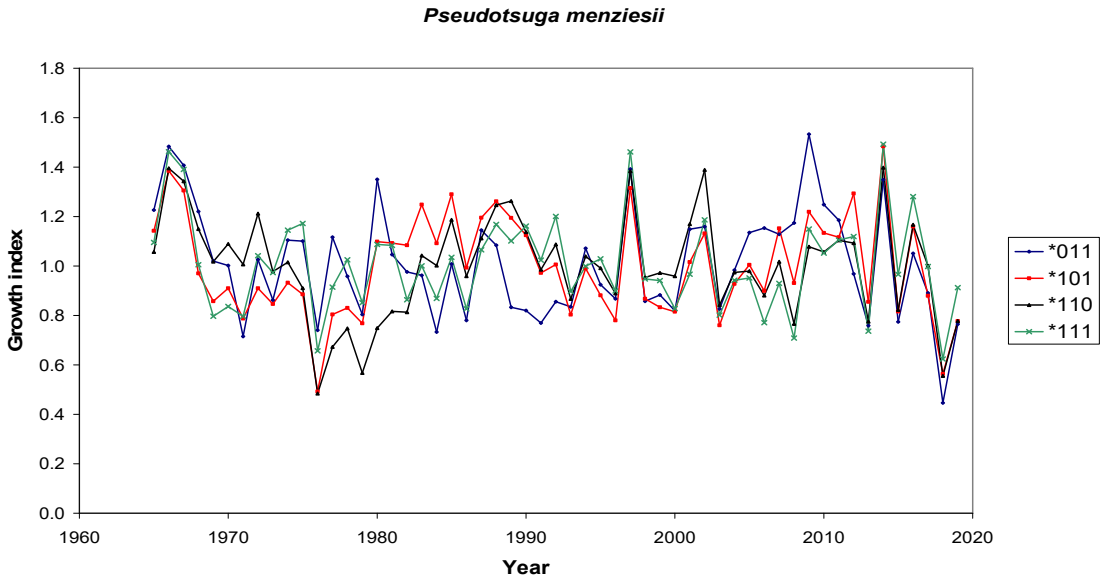
Skupina	Trvalá výzkumná plocha									Celkem
	1	3	5	10	15	16	19	21	23	
*00	12	11	13	6						42
*010	1	1		5	9	9	6			31
*011	1		1							2
*100	1	1	2				2	5	16	27
*101		1							2	3
*110	1						1	4	5	11
*111		1		1					1	3
Celkem	16	15	16	12	9	9	9	9	24	**119**

Maximální přírůst smrku ztepilého byl zaznamenán v letech 1967, 1985, 1988-9, 1997, 2002 a 2011 (resp. v období 2009-2014). Naopak k poklesu přírůstu došlo v letech 1976, 1993, 2000, 2007, 2015 a 2018-2019 (Obr. 94).



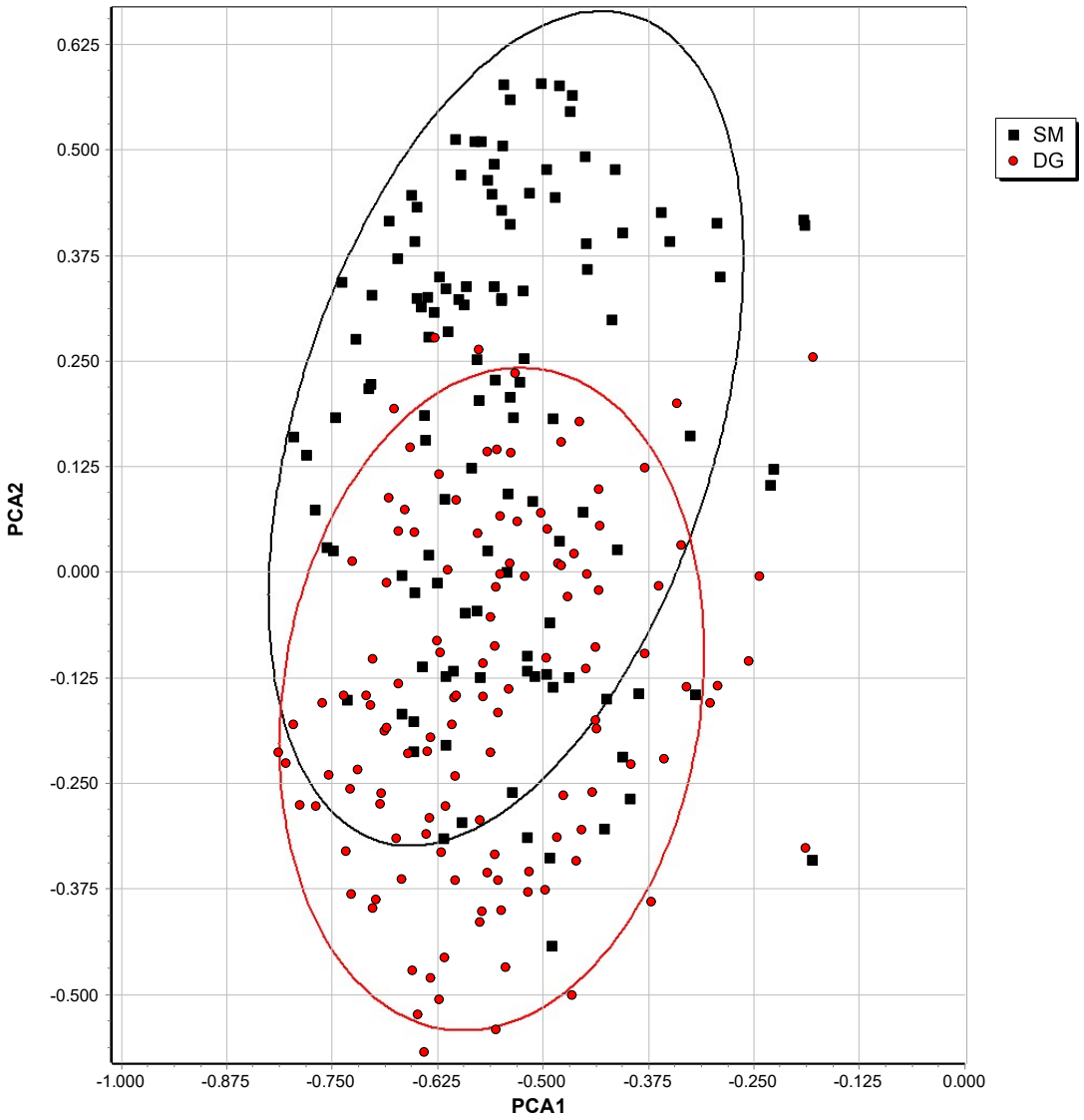
Obr. 94. Meziroční variabilita přírůstu smrku ztepilého v jednotlivých hlavních klasifikačních skupinách jedinců (Obr. 93)

U douglasky byla situace odlišná. Maximální hodnoty byly zaznamenány v letech 1966, 1997, 2002, 2009 a 2014, naopak minima byla zaznamenána pro roky 1976, 1979, 2013 a 2018. V roce 2003 se jednalo pouze o mírný pokles (Obr. 95).



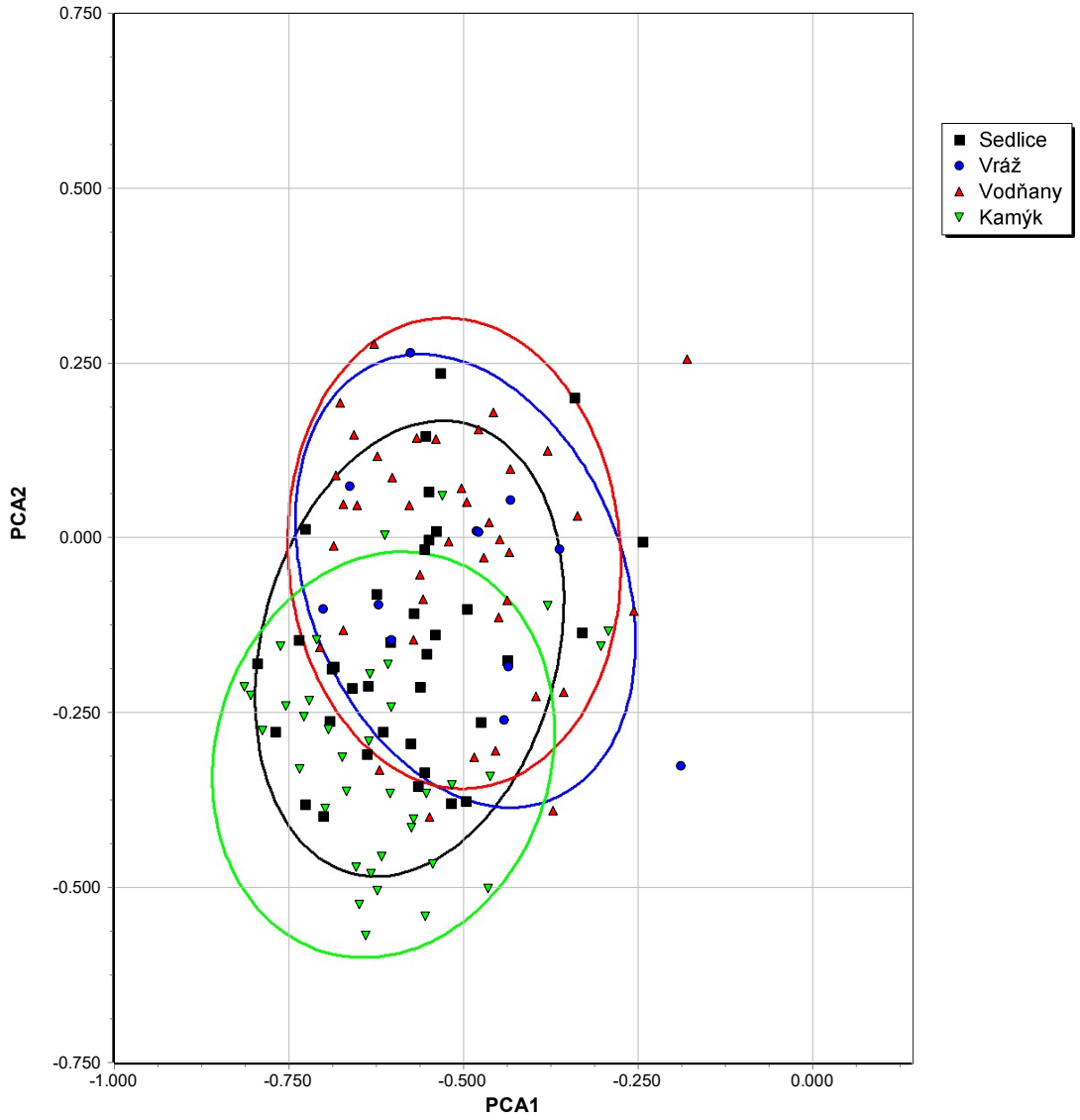
Obr. 95. Meziroční variabilita přírůstu douglasky tisolisté v jednotlivých hlavních klasifikačních skupinách jedinců (Obr. 93)

Ordinační analýza jednotlivých stromů podle jejich vývrtů ukazuje značnou odlišnost obou druhů dřevin, která se projevuje posunem příslušných bodů v ordinačním prostoru a tedy i vzájemným posunem distribučních elips (Obr. 96).

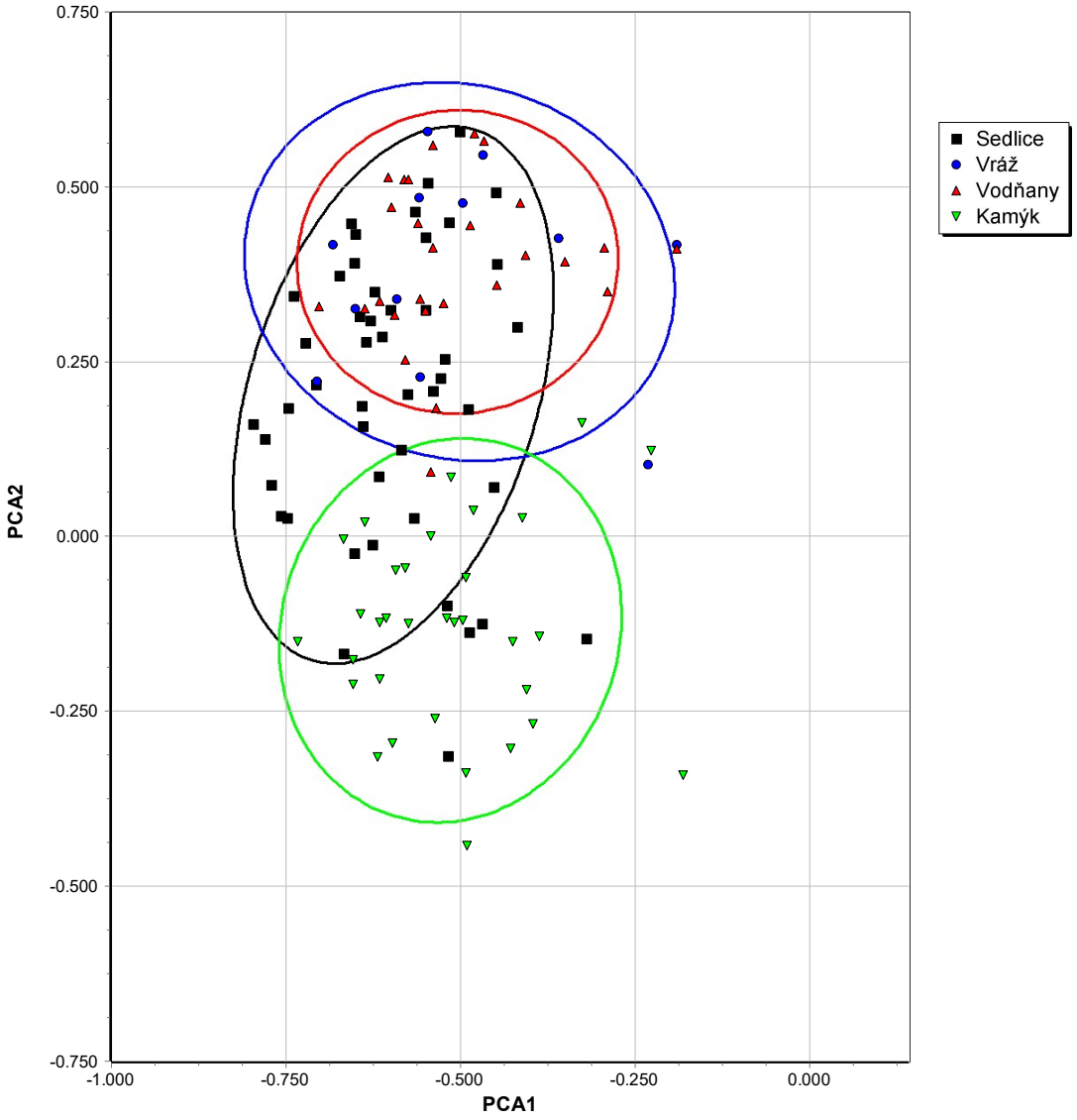


Obr. 96. Postavení jedinců smrku ztepilého a douglasky tisolisté v ordinačním prostoru PCA na základě korelací jejich růstu. Zobrazené distribuční elipsy obsahují 95 % příslušných bodů.

Růst douglasky se výrazně liší podle lokalit a trvalých výzkumných ploch. Zatímco na ploše 14 (lokalita Vodňany) je dynamika růstu douglasky podobná dynamice růstu smrku ztepilého, zvláště na TVP č. 21 a 24 (lokalita Kamýk) je výrazně odlišná. Výrazný je vliv lokality na dynamiku růstu obou druhů, přičemž význam lokality je větší u smrku ztepilého než u douglasky, což může naznačovat, že smrk ztepilý je na Písecku druhem rostoucím v nevyhovujících environmentálních podmínkách (Obr. 97 a 98).



Obr. 97. Pozice jedinců douglasky tisolisté v ordinačním prostoru PCA na základě korelací jejího růstu s příslušností k výzkumné lokalitě. Zobrazené distribuční elipsy obsahují 95 % příslušných bodů.



Obr. 98. Pozice jedinců smrku ztepilého v ordinačním prostoru PCA na základě korelací jeho růstu s příslušností k výzkumné lokalitě. Zobrazené distribuční elipsy obsahují 95 % příslušných bodů.

Podnebí se v pozorovaném období (1961-2019) v regionu měnilo. Data z meteorologické stanice Vráž ukazují výrazný nárůst ročního průměru teploty vzduchu (+0,029 °C za rok, P blízko 100,0 %), obdobně je tomu u ročních absolutních minim (+0,050 °C za rok, P = 94,5 %) a maxim (+0,035, P = 99,0 %). Roční srážkový úhrn byl silně variabilní bez jakéhokoli trendu. Podobná situace je u průměrné relativní vlhkosti vzduchu, kde byly minimální průměry rekordní v letech 1973 (72,5 %), 1986 (73,0 %; pokles vlhkosti byl v celém období 1982-1990) a 2015 (73,7 %). Naproti tomu maximální průměr činil v roce 2001 (82,7 %). Období 2001-2019 lze charakterizovat výrazným trendem snižování vlhkosti vzduchu (-0,34 % ročně).

Průměrná teplota vzduchu se silněji projevuje na růstu douglasky, pro níž bylo zjištěno snížení přírůstu při vyšších teplotách mezi 25. květnem a 24. červnem. Naopak kladně je růst ovlivněn vyššími teplotami mezi začátkem února a 10. dubnem, což bývá spojeno s dřívějším začátkem růstu. U smrku ztepilého jsou vysoké průměrné teploty od poloviny července do poloviny srpna spojené se snížením přírůstu. Vzhledem k optimu výskytu smrku ztepilého ve vyšších nadmořských výškách tato dřevina na Písecku trpí vysokými letními teplotami (Obr. 99 a 100).

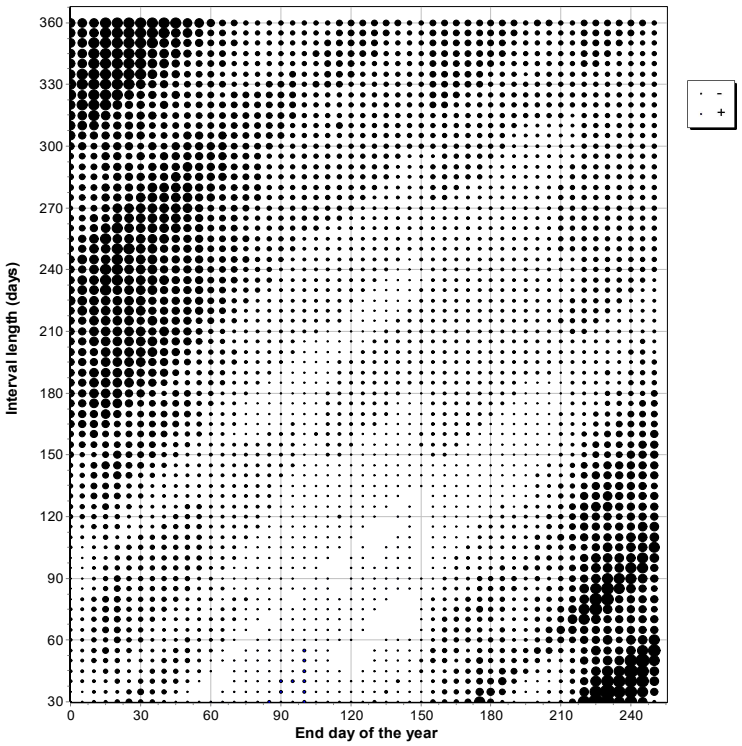
Minimální teploty vzduchu souvisí s růstem smrku ztepilého pouze slabě. Pozitivní vliv vyšších minimálních teplot vzduchu na růst smrku ztepilého byl naznačen ve dvou periodách - od poloviny března do poloviny dubna a od poloviny června do poloviny července. Naopak růstovou depresi smrku ztepilého působí nízké minimální teploty v zimním období (přibližně listopad až leden), což může souviset s mrazovým poškozením dřeviny a to je pravděpodobně potencováno růstem v oblasti s často nedostatečnou sněhovou pokrývkou. Vyšší minimální teploty vzduchu od poloviny března do poloviny dubna souvisí se zvýšením přírůstu douglasky, což jasně ukazuje na význam brzkého nástupu vegetační sezóny (Obr. 101 a 102).

Průměr maximálních teplot vzduchu se opět projevuje více na růstu douglasky, nežli na růstu smrku ztepilého. U smrku ztepilého vidíme výskyt růstové deprese v případě vysokých maximálních teplot. V běžném roce se jedná o spojitost s výskytem vysokých teplot v červnu (období nejintenzivnějšího růstu) a do poloviny srpna (vysoké teploty zřejmě předčasně ukončí radiální růst). Ještě výraznější je negativní vliv vysokých průměrů maximálních teplot v dlouhodobějším období cca od července předchozího roku až do ledna roku aktuálního - takové vysoké teploty zřejmě působí stres, s nímž se dřevina musí vyrovnávat v roce následujícím. U douglasky je nejvýraznější kladný vliv vysokých

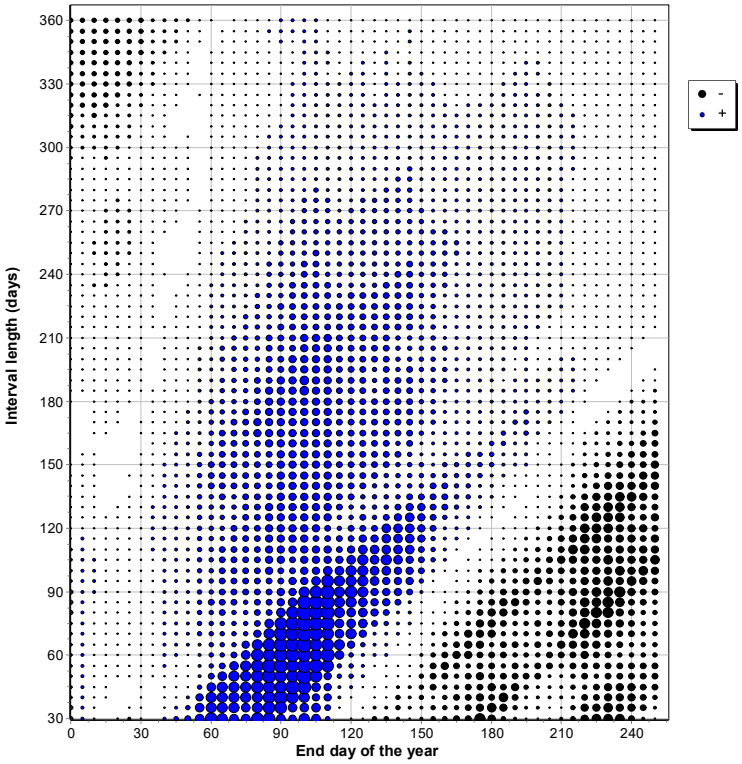
průměrných denních maxim teplot vzduchu v časně jarním období - únor až první polovina dubna, což opět ukazuje na vliv počátku vegetační sezóny (Obr. 103 a 104).

Vyšší úhrny srážek jsou spojeny s kladným vlivem na růst obou dřevin a to v podobné míře. U smrku ztepilého je potřeba hodnotit úhrny srážek za celé vegetační období (do první poloviny srpna). Pouze velmi slabě je naznačen význam dostatku srážek na začátku vegetačního období (v dubnu). Pro douglasku je nejvýznamnější vysoký úhrn srážek v červenci. Naznačen je rovněž význam dostatku srážek v dubnu a v první části května (Obr. 105 a 106).

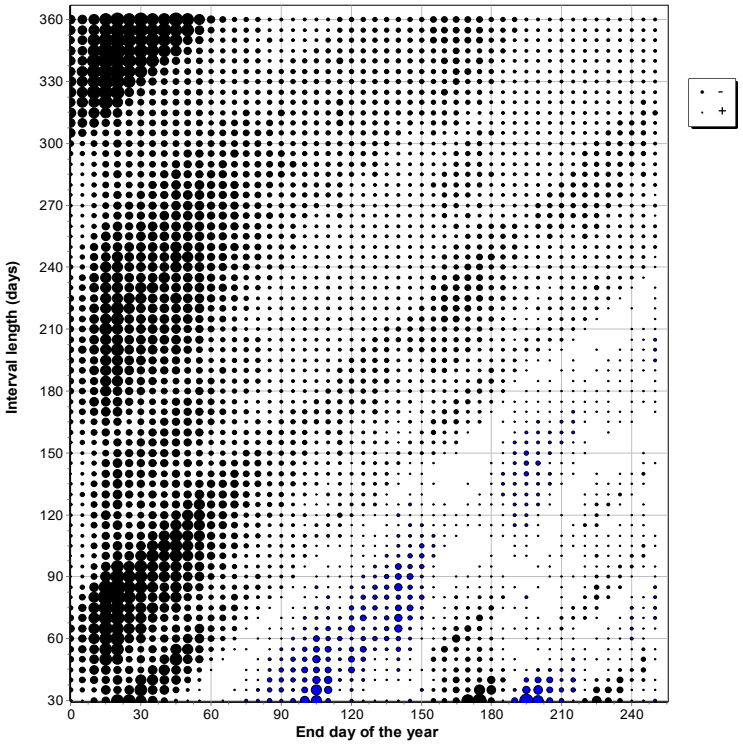
Pro obě dřeviny je silně významný vliv vzdušné vlhkosti na jejich růst. Tento vliv je výraznější, nežli je tomu u samostatných srážek. Pozitivní vliv má vysoká vzdušná vlhkost v druhé polovině léta (po dobu 2 až 3 měsíců) a to shodně pro oba druhy (Obr. 107 a 108). Vyšší vlhkost vzduchu v tomto období totiž indikuje dostatek celkových srážek, ale i jejich rovnoměrnější rozdělení. Vyššího úhrnu srážek je totiž možno dosáhnout krátkodobým intenzivním deštěm, jehož značná část odteče a nezachytí se v půdě. Takový přívalový déšť však nezpůsobí trvalejší zvýšení vzdušné vlhkosti. Proto by měla být vzdušná vlhkost vyhodnocována pravidelně v rámci klimatických analýz (a to nejen ve vztahu k růstu dřevin).



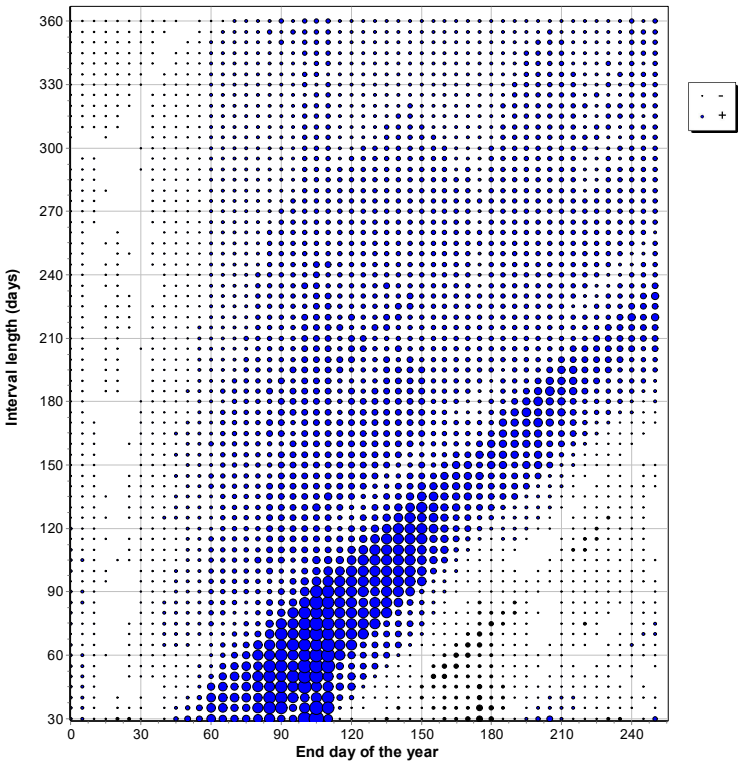
Obr. 99. Korelace mezi průměrnou teplotou vzduchu a indexem radiálního přírůstu smrku ztepilého (minimální r = -0,23, maximální r = 0,07, extrémní hodnota byla zaznamenána pro interval dnů 195-225)



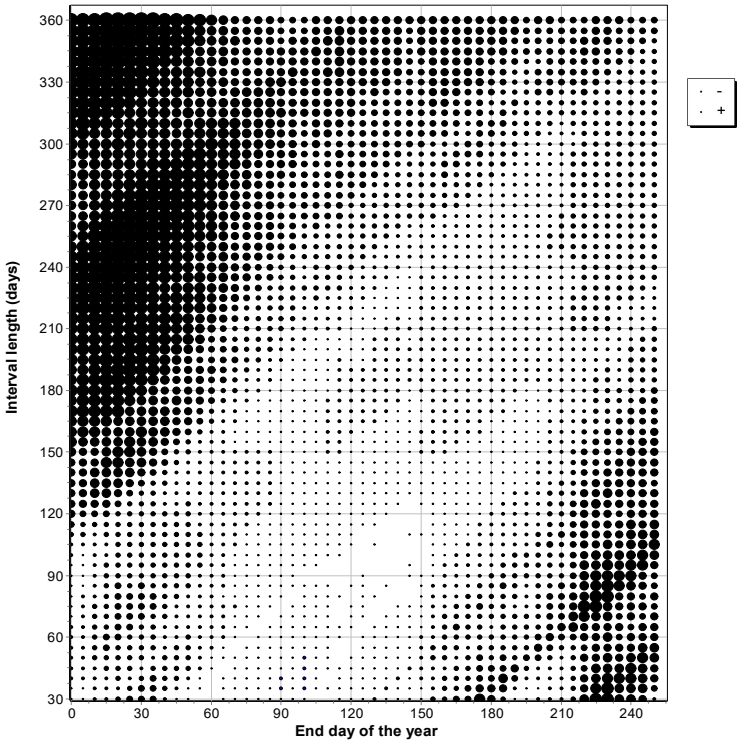
Obr. 100. Korelace mezi průměrnou teplotou vzduchu a indexem radiálního přírůstu douglasky tisolisté (minimální r = - 0,20 pro interval dnů 145-175, maximální r = 0,23 pro interval dnů 30-100)



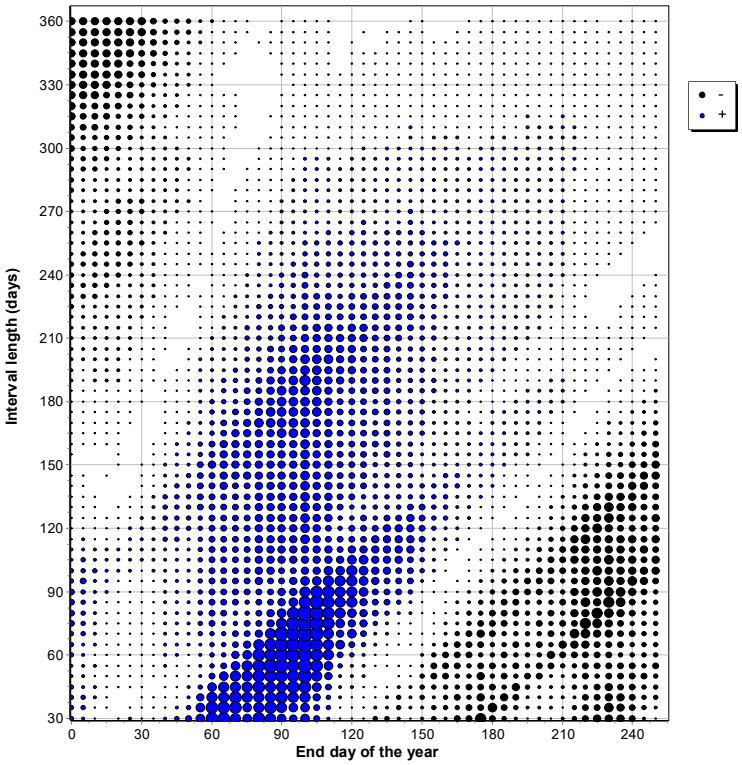
Obr. 101. Korelace mezi průměrným denním minimem teploty vzduchu a indexem radiálního přírůstu smrku ztepilého (minimální r = -0,12, maximální r = 0,11)



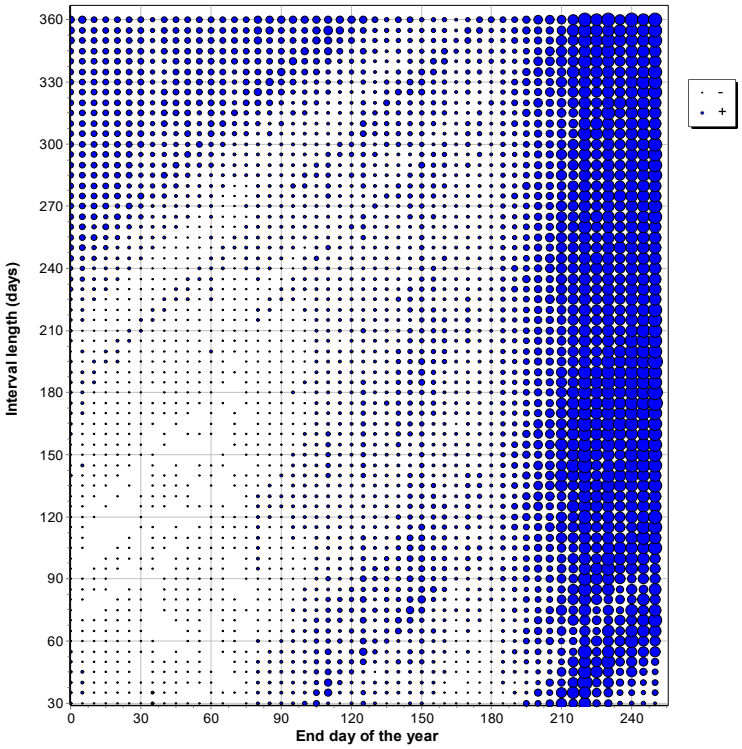
Obr. 102. Korelace mezi průměrným denním minimem teploty vzduchu a indexem radiálního přírůstu douglasky tisolisté (minimální r = -0,15 pro interval dnů 145-175, maximální r = 0,25 pro interval dnů 75-105)



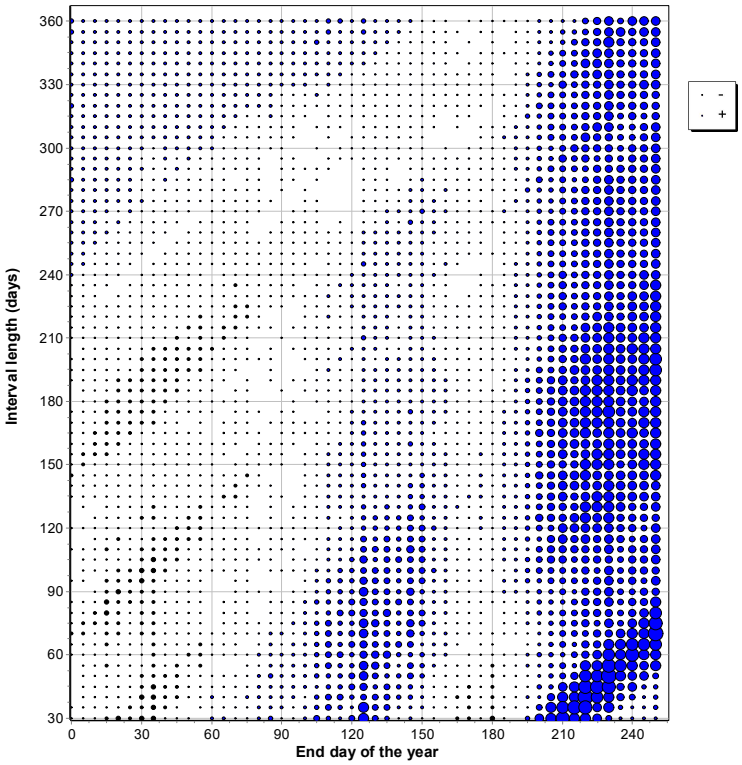
Obr. 103. Korelace mezi průměrným denním maximem teploty vzduchu a indexem radiálního přírůstu smrku ztepilého (minimální r = -0,24, maximální r = 0,07)



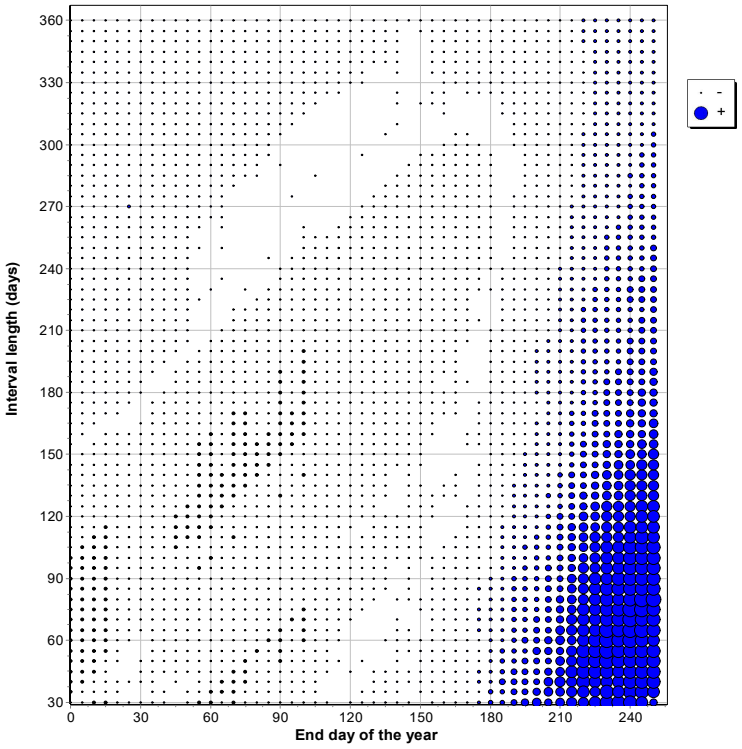
Obr. 104. Korelace mezi průměrným denním maximem teploty vzduchu a indexem radiálního přírůstu douglasky tisolisté (minimální r = -0,18 pro interval dnů 145-230, maximální r = 0,22 pro interval dnů 30-100)



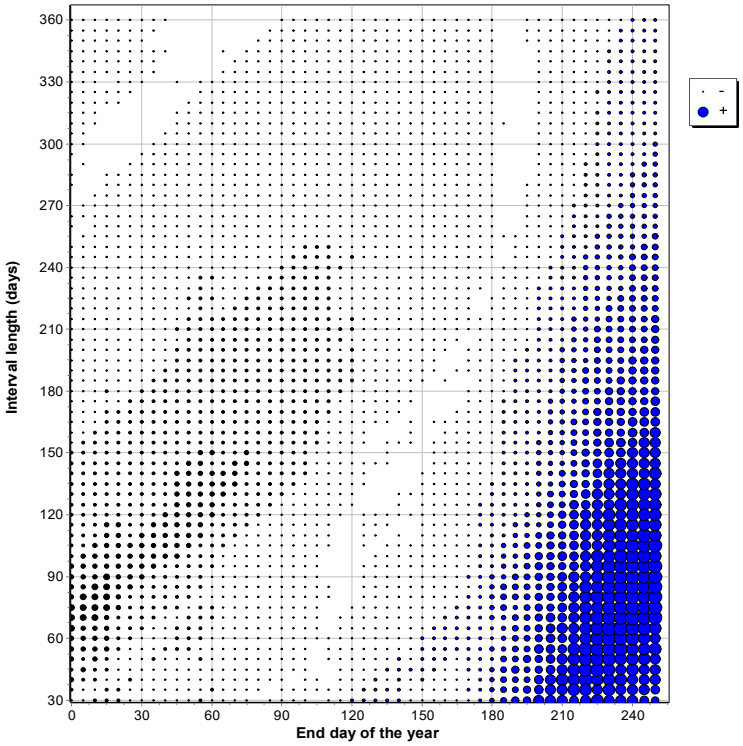
Obr. 105. Korelace mezi srážkovým úhrnem a indexem radiálního přírůstu smrku ztepilého (minimální r = -0,09, maximální r = 0,29)



Obr. 106. Korelace mezi srážkovým úhrnem a indexem radiálního přírůstu douglasky tisolisté (minimální r = -0,14, maximální r = 0,29)



Obr. 107. Korelace mezi průměrnou vlhkostí vzduchu a indexem radiálního přírůstu smrku ztepilého (minimální r = -0,11, maximální r = 0,32)



Obr. 108. Korelace mezi průměrnou vlhkostí vzduchu a indexem radiálního přírůstu douglasky tisolisté (minimální r = -0,17 pro interval dnů -65-10, maximální r = 0,30 pro interval dnů 170-230)

6. Diskuse

6.1 Vhodnost pěstování douglasky tisolisté v lesích ČR

K masivnějšímu šíření douglasky v lesích České republiky dochází od šedesátých let 20. století. Remeš et al. (2010) uvádí zastoupení douglasky v českých lesích 0,22 %. V současné době roste douglaska na území České republiky na ploše 6 893,43 ha, to odpovídá zastoupení 0,26 %. Za posledních 20 let dochází k průměrnému nárůstu porostní plochy této dřeviny o 131 ha ročně. Nejvýraznější trend nárůstu je v posledních 3 letech (2018, 2019 a 2020). Nejvyšší zastoupení má v Jihočeském kraji, následuje Plzeňský a Středočeský kraj.

Tento trend má za následek změnu ve věkové struktuře. Vašíček (2014) uvádí jako nejvíce zastoupený patý věkový stupeň, který je následován prvním a druhým. V současnosti největší porostní plochu zaujímá douglaska v prvním věkovém stupni, následuje pátý a druhý. Mýtných porostů je řádově méně, přestárlých pak naprosté minimum. Nejrozšířenější je ve třetím lesním vegetačním stupni, následuje čtvrtý a pátý. Téměř polovina všech douglaskových porostů roste na živných stanovištích. Vysoké zastoupení mají také kyselá stanoviště, významné pak oglejená stanoviště.

Produkce hlavních hospodářských dřevin České republiky ($d_{1,3} \geq 7$ cm), tzn. smrku ztepilého, borovice lesní, modřínu opadavého, jedle bělokoré, buku lesního a dubů (nerozlišeno – letní, zimní), se ukazuje být nižší než u douglasky, i když ve vyšších věkových stupních tato diference není u jedle bělokoré a smrku ztepilého příliš velká. Toto napovídá již známý fakt, že douglaska svojí produkcí tyto hlavní evropské hospodářské dřeviny převyšuje, jak uvádí např. Beran et Šindelář (2006), Castaldi et al. (2017), Hofman (1964), Kantor et al. (2001a, b), Kouba et Zahradník (2011), Larson (2010), Lu et al. (2018), Podrázský et al. (2013c, d), Pretzsch et Schütze (2016), Schelhaas (2008), Sicard et al. (2006), Wördehoff et al. (2011). Z toho by mohlo zdánlivě vyplývat, že by bylo z hlediska produkce ideální vysazovat douglasku na úkor ostatních dřevin zaostávajících za ní v produkčních schopnostech (BO, BK a DB). Ukázalo se však, že je naopak potřeba pěstovat i tyto „méně produkční“ dřeviny ve směsích odpovídajících stanovišti (BMEL 2014, Dawud et al. 2017, Kantor 2008, Kantor et Mareš 2009, Landesforsten 2021, Podrázský et Remeš 2010, Schütz et Pommering 2013, Thurm et Pretzsch 2016). Aby nedocházelo k významnějším změnám charakteristik stanovišť (viz níže), je doporučována směs douglasky s listnatými dřevinami a to především

s bukem lesním (de Wall et al. 1998, Thomas et al. 2015, Thurm et al. 2016). Toto se potvrdilo i v této práci při výpočtech teoretických směsí douglasky s různými původními hospodářskými dřevinami.

Při podrobnějším posuzování produkčních schopností hlavních hospodářských dřevin České republiky (s vyloučením některých z nich – viz Kap. 4.1.2) s přihlédnutím k jednotlivým LVS se již ukazuje, že ve všech uváděných LVS (2.-7.) má nejnižší produkci ve 100 letech buk lesní a douglaska opět nejvyšší, i když její produkce se v některých LVS od produkce smrku ztepilého a jedle bělokoré výrazně neodlišuje (2., 4., 5. a 6. LVS) a v případě 7. LVS pouze od produkce smrku ztepilého. Toto by ukazovalo na to, že by bylo vhodnější pěstovat douglasku (samozřejmě ve směsích) právě od 3. do 6. LVS.

Podrobnější posuzování produkčních schopností hlavních hospodářských dřevin České republiky (s vyloučením některých z nich – viz Kap. 4.1.2) s přihlédnutím ke skupinám stanovišť (viz Kap. 4.1.2) se ukazuje, že nejnižší produkce pro všechny dřeviny je na stanovištích extrémních. Ze známých ekologických nároků na stanoviště jedle bělokoré se rovněž na tomto stanovišti ukazuje její nejnižší produkce, oproti produkci buku lesního, smrku ztepilého a douglasky. Nejvyšší produkci dosahují všechny dřeviny na stanovištích vlhkých. Z uvedeného vyplývá, že optimální stanoviště pro pěstování těchto dřevin jsou stanoviště vlhká (edafické kategorie L, U, V). Těchto stanovišť je ovšem v České republice minimum. Takže výhodnými stanovišti se stávají následně všechna ostatní stanoviště mimo extrémních (edafické kategorie X, Y, Z) a mokrých (edafické kategorie G, T, R; nedostatečné množství dat pro zpracování). Vzhledem k tomu, že extrémní stanoviště mají většinou půdoochranný charakter, je nevhodné zde douglasku z produkčního hlediska vůbec vysazovat. Mauer et Vaněk (2014) však uvádějí, že by douglaska na těchto extrémních stanovištích mohla mít díky své kořenové soustavě nejvyšší půdoochrannou funkci.

Posouzením produkčních schopností hlavních hospodářských dřevin České republiky (s vyloučením některých z nich – viz Kap. 4.1.2) s přihlédnutím k jednotlivým LVS a ke skupinám stanovišť (viz Kap. 4.1.2) se ukazuje, že nejvyšší produkce douglasky v lesích ČR je v 5. LVS na stanovištích kyselých a živných, především edafických kategorií K, S, B a H (D). Přičemž vyšší produkce než u smrku ztepilého se dosahuje na těchto stanovištích i v LVS 3., 4. Možnost pěstování douglasky se rýsuje i na stanovištích vlhkých, především SLT 4V a 5V a oglejených 4O, 4P, 5O, 5P, 6O a 6P. Zmiňovaná oglejená stanoviště se dají považovat za tolerantní při dlouhodobějším období

sucha, ovšem pro porosty dospělé, protože porosty prvního věkového stupně suchem trpí (Brandl et al. 2020, Mauer et al. 2014, Stojan 2006). Pěstování douglasky v těchto LVS (popř. SLT) potvrzují i údaje ze zápaní Evropy, kde mnozí autoři uvádějí, že tato dřevina optimálně roste v polohách podhorských a horských (např. Pötzelsberger et al. 2019, Thomas et al. 2015). Je to zřejmě dáno vlhkostními podmínkami těchto lokalit. Naproti tomu její pěstování v nižších polohách severního Německa, Nizozemí a Skotska (Bommer et al. 1999, de Wall et al. 1998, Page 1970, Pretzsch et Schütze 2016, Wördehoff et al. 2011) opět souvisí s příznivými vlhkostními podmínkami – oceanitou a rovinatým terénem. Zde je nutné zmínit otázku stability porostů s douglaskou, která nebyla řešena a na jejíž důležitost upozornil Blaščák (2003).

Dosud nejvýznamnější dřevinou pro lesní hospodářství v ČR je smrk ztepilý, který ovšem v posledních několika letech prošel výraznou (až katastrofickou) redukcí jeho zastoupení. Z domácích dřevin tedy pro dřevoprodukční funkci zůstávají perspektivními borovice lesní, duby, buk lesní, jedle bělokorá a modřín opadavý. Ve vybraných porostech tak lze uvažovat i s pěstováním douglasky, a proto byla tato dřevina zařazena i mezi takzvané meliorační dřeviny (Kacálek et al. 2017).

6.2 Douglaska tisolistá na vybraných stanovištích v jižních Čechách

Jak již bylo uvedeno, zatřídění všech 25 trvalých výzkumných ploch do jednotek uváděných Chytrým (2013) není jednoznačné. Hlavní důvodem může být především to, že se jedná o silně antropogenní stanoviště s výsadbami douglasky a smrku ztepilého, zatímco lesní vegetace ČR je v rámci přehledu vegetace zpracována na základě studia přirozených lesů. První jmenovaný druh je alochtonním svým mimoevropským původem, druhý je alochtonním svojí nadmořskou výškou. I tak si vegetace bylinného patra částečně zachovala svůj přirozený charakter. Lokalita Vráž vykazuje znaky vegetace nižších poloh. Od ostatních lokalit je níže o 50-100 m. Podle Typologického systému ÚHÚL je tato lokalita zařazena do 3. LVS – dubo-bukového, zatímco ostatní lokality (Sedlice, Vodňany, Kamýk) jsou ve 4. LVS – bukovém. Jednotky *Luzulo luzuloidis-Fagetum sylvaticae* Meusel 1937, varianta *Veronica officinalis* a *Luzulo luzuloidis-Qurcetum petraeae* Hilitzer 1932, varianta *Luzula pilosa* označují acidofilní bučiny a acidofilní doubravy. Totéž ukazují i jednotky Typologického systému ÚHÚL, kdy jsou trvalé výzkumné plochy v lokalitách zařazeny buď přímo do edafické kategorie kyselé –

K nebo do kategorie (oligo-)mezotrofní – S. Pouze TVP č. 6 v lokalitě Sedlice je zařazena do kategorie (živinově) bohatá - B. (podrobnosti Typologickému systému ÚHÚL viz Viewegh 2003, resp. 2005). Náležitost k jiné taxonomické jednotce lokality Vráž byla potvrzena i DCA analýzou.

Právě antropogenní výsadby ovlivňují patro E_1 buď ochuzením o některé druhy vyskytující se na přirozených stanovištích nebo naopak zavlečením druhů antropogenních.

Jak ukazují výsledky CCA, dominantní dřevina stromového patra výrazně ovlivňuje druhové složení podrostu, tedy douglaska i smrk ztepilý mají vliv na složení rostlinného společenstva (smrk ztepilý však mění složení společenstva výrazněji, nežli je tomu u douglasky). Přitom světelné poměry pod porostem obou dřevin jsou na sledovaných trvalých výzkumných plochách obdobné, což dokázaly i výsledky při zjišťování průchodu světla dřevinným patrem pomocí hemisférických snímků. Mimo to i zde byla potvrzena zjištění, že celková pokryvnost bylinného patra se velmi snižuje, pokud je pod porostem podíl difusního záření nižší než cca 25 % v porovnání s volnou plochou (Matějka 2018b). Zjištění, že na trvalých výzkumných plochách nedošlo v podrostu k separaci druhů rostoucích výhradně v porostech douglaskových nebo smrkových by se mohlo zdát v rozporu s výsledky, které uvádějí Matějka et al. (2014); Podrázský et al. (2011, 2014b) a Viewegh et al. (2014). Uvedení autoři docházejí k závěrům, že v přízemním patře pod douglaskou se nacházejí druhy mezotrofní až nitrofilní, zatímco pod smrkem ztepilým druhy acidofilní. Tuto odlišnost lze odůvodnit tím, že výše uvádění autoři svoje pozorování prováděli na plochách monokultur obou dřevin a stanovištně velmi diferencovaných, zatímco trvalé výzkumné plochy v této práci byly vybrány za účelem zjišťování produkce obou dřevin a byly vybírány tak, aby dominantní dřevinou byla buď douglaska nebo smrk ztepilý včetně jejich směsí s různým podílem obou dřevin a kodominantními druhy mohly být i jiné dřeviny (Kap. 4.2.1; resp. Tabulka fytocenologických snímků - Příloha 2). Zároveň jsou stanovištně více homogenní. Právě kodominance jiných dřevin ve stromovém patře ukazuje na to, že na trvalých výzkumných plochách s větším zastoupením douglasky se vegetace přízemního patra příliš neliší od potenciální přirozené vegetace (PCA). Naopak lokality s vyšším zastoupením smrku ztepilého vykazují vyšší zastoupení antropogenních druhů a nikoliv druhů acidofilních, jak uvádějí výše jmenovaní autoři. Tento stav lze dát do souvislosti z možnými výchovnými zásahy při hospodaření na těchto plochách v nedávné době.

Mimo vlastního ovlivnění struktury rostlinného společenstva pěstovanou douglaskou je potřeba zmínit také rizika jejího pěstování. Ukazuje se, že se jedná o druh, který se v našich podmínkách snadno a pravidelně samovolně zmlazuje, potenciálně se tak může jednat o druh invazní. Další riziko může souviset s ovlivněním dynamiky dusíku v ekosystému, což se projevuje ve zvýšeném zastoupení druhů bylinného patra náročných na tuto živinu. Jedná se o proces, který probíhá v době, kdy vidíme vysoký vstup dusíku do ekosystémů v důsledku antropogenní depozice tohoto prvku.

Rozdíly v radiálním růstu podle jednotlivých lokalit se projevují jak u douglasky, tak i u smrku ztepilého. Platí to zejména pro smrk ztepilý, což naznačuje, že zde roste v nevhodných podmínkách a jeho růst v těchto nadmořských výškách je silně ohrožen; jak je uvedeno také v jiných studiích (Vacek et al. 2019a). Oba druhy jsou klimatem ovlivňovány odlišným způsobem. Srážky, teplota a extrémní klimatické jevy, např. sucho, se silně odrážejí v radiálním růstu douglasky (Arreola-Ortiz et al. 2010; Lachenbruch et Johnson 2020; Littell et al. 2008; Sergent et al. 2014) i smrku ztepilého (Mikulenka et al. 2020; Vacek et al. 2020c), což bylo potvrzeno i na jihočeských lokalitách. Významnou roli hraje také vliv teplot vzduchu a úhrnu srážek, zejména jejich distribuce v průběhu roku (Acosta-Hernández et al. 2017; Gallo et al. 2020a).

Vysoké průměrné teploty vzduchu v létě jsou spojeny se sníženým růstem smrku ztepilého. Podobně byl negativní vliv teploty vzduchu na radiální růst smrku ztepilého pozorován v období od května do července v nížinných lesích v jiné části České republiky (Vacek et al. 2019a). Opačná situace byla pozorována ve smrkových horských lesích, kde byla limitujícím faktorem růstu smrku ztepilého nízká teplota (Cukor et al. 2020; Král et al. 2015; Vacek et al. 2020b). Obecně byl omezující účinek nízkých teplot výraznější v místech s vysokou nadmořskou výškou, zatímco význam srážek se zvýšil v nízkých nadmořských výškách (Mäkinen et al. 2002). Jak se ukázalo, vysoké maximální teploty vzduchu mají negativní vliv až do ledna. Obě dřeviny se s tímto stresem vyrovnají v následujícím roce. Minimální teploty vzduchu naopak s růstem smrku ztepilého souvisí jen minimálně. Vyšší suma srážek s jejich rovnoměrným rozložením po celou dobu vegetace je spojena s pozitivním efektem.

Vysoké průměrné teploty vzduchu v červnu korelují s poklesem přírůstu douglasky. K podobnému závěru také dospěli autoři studie Eckhart et al. (2019) a Wilczyński et Feliksik (2007), kdy uvádějí také nižší produkci douglasky v regionech s nejvyšší průměrnou letní teplotou. Naopak vyšší teploty vzduchu od února do poloviny dubna jsou příčinou časného počátku vegetačního období a to souvisí s přírůstem. Castaldi et al.

(2019) zmiňují, že minimální teplota v únoru a březnu také hraje klíčovou roli pro douglasku. Vysoký úhrn srážek na začátku vegetačního období a v červenci je u douglasky nejvýznamnější. K podobnému závěru došli Vejpustková et Čihák (2019): zatímco smrk ztepilý byl negativně ovlivněn teplotami v letních měsících, růst douglasky pozitivně koreloval s teplotami v únoru a březnu. Obecně jsou červen a červenec nejdůležitějšími měsíci z hlediska vlivu klimatu na radiální růst a tvorbu xylému studovaných dřevin (Little et al. 2008; Putalová et al. 2019).

Vlhkost vzduchu má také velký vliv na oba druhy stromů. To vyžaduje dostatečné srážky a jejich rovnoměrné rozložení. Při výběru lokalit pro náhradu smrku ztepilého douglaskou je nutné vzít v úvahu vlastnosti půdy, místní klimatické poměry a zejména vlhkost vzduchu v souvislosti s nárůstem období horka a sucha. Radiální růst je také ovlivněn intenzitou období sucha, a to jak u smrku ztepilého, tak u douglasky, jak také uvádí Sergent et al. (2014). Littel et al. (2008) stejně jako naše studie uvádí, že zvýšení teploty v dubnu až září bez zvýšení letních srážek nebo zásob půdní vlhkosti způsobuje pravděpodobný pokles růstu douglasky.

V současnosti se v písecké oblasti rozpadá mnoho porostů, kde je dominantní dřevinou smrk ztepilý. Je velmi slabý, přestává být odolný vůči útokům lýkožrouta smrkového a z lesů v této oblasti se v důsledku extrémního sucha během předchozích let pomalu vytrácí. Podobně byl v posledních letech v celé Evropě pozorován rychlý úbytek smrku ztepilého (Grodzski 2010; Hlásny et Sitková 2010; Toth et al. 2020; Vacek et al. 2019b). Rozsáhlá narušení porostů smrku ztepilého jsou způsobena rostoucí frekvencí extrémních klimatických jevů (dlouhodobá sucha, větrné smršť atd.) (Krejčí et al. 2013; Prokůpková et al. 2020; Schelhaas et al. 2003 a Šimůnek et al. 2020). Ukázalo se, že douglaska se s touto situací vyrovnává a zůstává na stanovištích víceméně vitální, přičemž u ní dochází k malému snížení přírůstu. Studie z Německa také ukázala, že douglaska je tolerantnější dřevinou k extrémnímu suchu ve srovnání se smrkem ztepilým (Vitali et al. 2018). Smrkové porosty navíc vykazovaly historicky nízkou rezistenci a vysoké poškozování v důsledku zatížení znečištěním ovzduší (Králíček et al. 2017; Vacek et al. 2015, 2017).

Podle analýzy negativního ukazatele roku s extrémně nízkým radiálním přírůstem byl smrk ztepilý ve srovnání s douglaskou také výrazně méně odolný vůči klimatickým extrémům (4 vs. 7 let). Pozitivní roky byly pro obě dřeviny 1997 a 2002 a negativní roky 1976 a 2018. Kern et al. (2017) prohlásili rok 2000 jako rok s extrémně negativními anomáliemi pro jehličnany v České republice a následně rok 2001 pro smrk ztepilý jako

v našem případě. Na druhou stranu tato práce uvádí jako nejpozitivnější anomálii rok 2014, který byl velmi dobrým pro smrk ztepilý, ale ne tak pro douglasku. Pro smrk ztepilý byl dále zjištěn negativní rok 1993, podobně jako v Jeseníkách (Mikulenka et al. 2020). Další shodou našich výsledků s dalšími pracemi je negativní rok 2015, který se vyznačoval extrémně vysokými teplotami s nízkým množstvím srážek v letních měsících v celé střední Evropě, což bylo dokumentováno paříklad i z Krkonoš (Vacek et al. 2020c). Růst stromů z hlediska pozitivních i negativních anomálií vykazuje silnou závislost na krajině a půdě (Kern et al. 2017; Šimůnek et al 2021).

Protože oba druhy vykazují odlišnou reakci na klimatické extrémy, je možné, že by smíšený porost byl z hlediska stability růstu odolnější než monokultury. Potvrzují to také různé významné ukazatele roků ovlivňující radiální růst, kde z celkových 20 let byly u obou dřevin stejné pouze 3 roky. Výhodu smíšených lesů z hlediska stability a odolnosti vůči klimatickým změnám a suchu potvrdily i další studie (Hájek et al. 2020; Pretzsch et al. 2020; Vacek et al. 2019c, 2020a). V této práci byl navíc nejvyšší produkční potenciál pozorován v druhově bohatých lesních porostech (vyšší výčetní základna o 13,1 %). Thurm et Pretzsch (2016) zjistili, že směsi douglasky a buku lesního vykazovaly ve srovnání s těmito druhy v čistých porostech nadprodukci. Výsledky také naznačují, že výzkum zaměřený na potenciální využití douglasky v pěstitelském systému s jedním výběrem ve střední Evropě by mohl být zajímavý, podobně jako borovice lesní ve Španělsku (Gallo et al. 2020b).

Jak se ukazuje z přírůstů a doložených klimatických dat ve srovnání s klimatickými daty přirozené oblasti (Tab. 1), jsou pro tuto oblast zřejmě nelepšími proveniencemi ze Skalistých hor, ačkoliv Hofman (1964), Kšír et al. (2015), Mauer et al. (2014) a Šika (1974, 1975) doporučují pro území České republiky provenienci pobřežní. Pobřežní provenience by na pozorovaných lokalitách pravděpodobně trpěla jarními mrazy, jak je zde dokladován časnější nástup vegetačního období. Tento fakt ukazuje na důležitost provenience osiva, jak zdůrazňují mnozí autoři (např. Clair 2006; Chakraborty et al. 2019b; Neophytou et al. 2020; Šimek 1992). Je škoda, že do roku 1959 se u nás proveniencemi osiva douglasky nikdo nezabýval (Šimek 1992).

Na všech lokalitách se ukázala vyšší produkce douglasky oproti smrku ztepilému, jak se již ukázalo u produkce obou dřevin v rámci celé České republiky. Toto pak mělo za následek i vyšší zásobu na hektar na příslušných trvalých výzkumných plochách. V průměru na všech výzkumných lokalitách vykázala zásoba (m^3 ha^{-1}) douglasky zhruba dvojnásobek zásoby smrku ztepilého. Ovšem rýsuje se další problém, který bude nutné

neprodleně řešit. Bylo zjištěno, že zásoby (m^3 ha^{-1}) vypočítané ze skutečně naměřených dat podle objemových rovnic (vzorec (2) a (3), Kap. 4.1.2) jsou vyšší než ty, které jsou uvedené v datech z lesních hospodářských plánů a osnov. To by znamenalo, že oficiálně uváděné zásoby jsou podhodnocené. Důvodem je s velkou pravděpodobností podhodnocení zásob u douglasky při jejím stanovování standardními hospodářsko-úpravnickými postupy, jak dokládá například práce Petřáš et Mecko (2008). Příčin může být více: absence standardního hodnocení objemu douglasky, měření výšek apod.

7. Závěr

Produkce hlavních hospodářských dřevin České republiky se ukázala být nižší než u douglasky. Borovice lesní, buk lesní a duby za ní svojí produkcí výrazně zaostávají. Produkce modřínu opadavého a jedle bělokoré je též nižší, ale zastoupení těchto jehličnanů v lesích České republiky zase není tak vysoké, aby jimi byla nahrazena produkce smrku ztepilého, který v posledních několika letech podléhá zkáze. Ztráty dané výpadkem produkce smrku ztepilého by se sice daly nahradit douglaskou, ale není v zájmu zachování trvalé hodnoty našich lesů vysazovat její monokultury. Ukázalo se, že je vhodné pěstovat douglasku jako příměs do 30 % ve směsích s domácími, tedy i s méně produkčními, dřevinami odpovídajícími stanovišti.

Nejvyšší produkce douglasky v lesích České republiky je v 5. LVS na stanovištích kyselých a živných, především na edafických kategoriích K, S, B a H (D), přičemž vyšší produkci než u smrku ztepilého dosahuje na těchto stanovištích i ve 3. a 4. LVS. Vysoká produkce douglasky je rovněž na stanovištích vlhkých, především SLT 4V a 5V a oglejených 4O, 4P, 5O, 5P, 6O a 6P. Zmiňovaná oglejená stanoviště se dají považovat za tolerantní při dlouhodobějším období sucha ovšem pro porosty dospělé, protože porosty prvního věkového stupně suchem trpí. Ovšem výše jmenované SLT vlhkých a oglejených lokalit nezahrnují v České republice příliš velkou porostní plochu.

Bylo zjištěno, že zásoby douglasky (m^3 ha^{-1}) vypočítané z naměřených dat na trvalých výzkumných plochách jsou výrazně vyšší než ty, které jsou uvedené v datech z lesních hospodářských plánů a osnov. Oficiálně uváděné zásoby této dřeviny by tak mohly být podhodnocené. Výsledky našeho výzkumu tak plně potvrzují hypotézu (1) a (2).

Na trvalých výzkumných plochách byla změněna dominantní dřevina hospodářským zásahem – vysazením a dlouhodobějším pěstováním douglasky a smrku ztepilého. Na většině lokalit došlo ke změnám v podrostu (E_1), především na stanovištích se smrkem ztepilým, kde se ve větší míře objevily druhy zavlečené člověkem. Výsadba douglasky představuje pravděpodobně změnu 1. generace, proto zůstává vegetace ještě v relativně zachovalém stavu původních společenstev. Méně nepříznivé ovlivnění přízemní vegetace potvrzuje hypotézu (3).

V oblasti jižních Čech, v regionu Písecka, má lokalita silný vliv na radiální přírůst douglasky i smrku ztepilého. Platí to zejména pro smrk ztepilý, což naznačuje, že zde roste v nevhodných podmínkách a jeho existence v těchto nadmořských výškách je silně

ohrožena. Na druhou stranu je douglaska odolnější vůči klimatickým extrémům a také potvrdil vyšší potenciál produkce. Oba druhy jsou však potenciálně klimatem ovlivňovány odlišným způsobem. Průměrnou vlhkost vzduchu lze považovat u obou dřevin za nejvýznamnější faktor, dále je důležitý úhrn srážek. Průměrné teploty vykazovaly slabší význam. Ukázalo se, že vysoké teploty spolu s nedostatkem srážek v první části vegetačního období mají negativní vliv na růst smrku ztepilého i douglasky. Smrk ztepilý se lépe vypořádal s nízkými teplotami a byl více závislý na průběhu srážek v průběhu roku. Douglaska zase ukázala časnější nástup vegetačního období, což by mohlo být hrozbou hlavně pro mladé porosty z hlediska poškození mrazem. Hypotézu (4) lze považovat za potvrzenou jen částečně, třebaže lze doložit na základě našeho výzkumu, že douglaska bude snášet lépe suchá období během letní sezóny.

Lze předpokládat, že zastoupení dřevin v lesích ČR se bude měnit v návaznosti na probíhající klimatickou změnu a související častější výskyt klimatických extrémů, v souvislosti s tím lze uvažovat i o využití douglasky na části ploch, kde byl původně pěstován smrk ztepilý. Tato dřevina také může být pěstována ve směsích s dalšími dřevinami, nejen se smrkem ztepilým. Vyhodnocení takových směsí by mohlo být předmětem dalšího výzkumu.

Pořízená data by bylo vhodné využít pro kalkulaci dynamiky chemických prvků (zvláště živin) odběrem dřevinami při jejich růstu, protože v současnosti je nedostatek znalostí o alokaci prvků v biomase douglasky. Málo toho tedy víme o tom, jak může douglaska dlouhodobě ovlivňovat vlastnosti půd.

8. Literatura

Acosta-Hernández, A.C., Pompa-García, M., Camarero, J.J., 2017: An Updated Review of Dendrochronological Investigations in Mexico, a Megadiverse Country with a High Potential for Tree-Ring Sciences, Forests 2017 (8), 160.

Alden, H. A., 1997: Softwoods of North America [online]. Madison, WI: U.S.D.A., Forest Service, Forest Products Laboratory, 151 s. [cit. 2017-09-17]. Dostupné na internetu: <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr102.pdf>.

Alriksson, A., Eriksson, H., M., 1998: Variatinos in mineral nutrient and C distribution in the soil and vegetation compartments of five temperate tree species in NE Sweden. Forest Ecology and Management 108, 261-273.

Ambroz, Z., 1990: Bylinná synusie jako indikátor změn v abiotickém prostředí smrkových monokultur. Preslia, 62, 205-214.

Arreola-Ortiz, M.R.; Návar-Cháidez, J.D.J., 2010: Análisis de sequías y productividad con cronologías de *Pseudotsuga menziesii* Rob. & Fern., y su asociación con El Niño en el nordeste de México. Investig. Geogr. 71: 7-20.

Augusto, L., Dupouey, J - L., Ranger, J., 2003: Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. Annals of Forest Science 60, 823-831. https://doi.org/10.1051/forest:2003077

Bartoš, J., Kacálek, D., 2011: Douglaska tisolistá – dřevina vhodná k zalesňování bývalých zemědělských půd. Zprávy lesnického výzkumu 56 (Special Issue), 6-13.

Beran, F., 1993: Fenotypová proměnlivost a růst douglasky tisolisté na školním polesí Hůrka (SLŠ Písek). Zprávy lesnického výzkumu 38(3), 5-15.

Beran, F., 1995: Dosavadní výsledky provenienčního výzkumu douglasky tisolisté v ČR. Zprávy lesnického výzkumu 40(3-4), 7-13.

Beran, F., Šindelář, J., 1996: Perspektivy vybraných cizokrajných dřevin v lesním hospodářství České republiky. Lesnictví – Forestry 42(8), 337-355.

Blaščák, V., 2003: Zkušenosti s pěstováním douglasky tisolisté na LS Vodňany. Lesu zdar 9 (12), 10-11.

BMEL, 2014: Der Wald in Deutschland - Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin, Germany, 1-52.

Bommer, S., Weihs, U., Beuke, H., 1999: Möglichkeiten zur Einschätzung und waldbaulichen Beeinflussung der Konkurrenzsituation in Buchen-Douglasien-Jungbeständen. Forst Holz 54, 8-14.

Bormann, B. T., 1984: Douglas-Fir an American wood. Washington, DC: USDA Forest Service, 235, 7.

Brandl, S., Paul, C., Knoke, T., Falk, W., 2020: The influence of climate and management on survival probability for Germany's most importance tree species. Forest Ecology and Management 458, 117652.

Brundu, G., Pauchard, A., Pyšek, P., Pergl, J., Bindewald, A.M., Brunori, A., Canavan, S., Campagnaro, T., Celesti-Grapow, L., de Sá Dechoum, M., Dufour-Dror, J.M., Essl, F., Flory, S. L., Genovesi, P., Guarino, F., Guangzhe, L., Hulme, P., Jäger, H., Kettle, J. C., Krumm, F., Langdon, B., Lapin, K., Lozano, V., Le Roux, J. J., Novoa, A., Nuñez, M. A., Porté, A. J., Silva, J. S., Schaffner, U., Sitzia, T., Tanner, R., Tshidada, N., Vítková, M., Westergren, M., Wilson, J. R.U., Richardson, D. 2020: Global guidelines for the sustainable use of non-native trees toprevent tree invasions and mitigate their negative impacts. NeoBiota 61, 65-116.

Brus, R., Potzelsberger, E., Lapin, K., Brundu, G., Orazio, C., Straigyte, L., Hasenauer, H. 2019: Extent, distribution and origin of non-native forest tree species in Europe. Scandinavian Journal of Forest Research 34 (7), 533-544.

Burns, R. M., Honkala, B. H., 1990: Silvics of North America. Vol. 1. Conifers. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. 1-675.

Bušina, F., 2007: Natural regeneration of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in forest stands of Hůrky Training Forest District, Higher Forestry School and Secondary Forestry School in Písek. Journal of Forest Science 53, 20-34. https://doi.org/10.17221/2083-JFS

Cafourek, J., 2006: Provenienční pokusy douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) v oblasti středozápadní Moravy. In: Neuhöfferová P. (ed.): Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Sborník z celostátní konference, Kostelec nad Černými lesy, Oct 12–13, 2006, 7-15.

Carrillo-Gavilán, A., Espelta, J. M., Vilà, M., 2012: Establishment constraints of an alien and a native conifer in different habitats. Biological Invasions, 14 (6), 1279-1289.

Castaldi, C., Vacchiano, G., Marchi, M., Corona, P., 2017: Projecting Nonnative Douglas Fir Plantantions in Southern Europe with the Forest Vegetation Simulator. Forest Science 63 (1), 101-110.

Castaldi, C., Marchi, M., Vacchiano, G., Corona, P., 2019: Douglas-fir climate sensitivity at two contrasting sites along the southern limit of the European planting range. Journal of Forestry Research 31 (6), 2193-2204.

Clair, J.B.St., 2006: Genetic variation in fall cold hardiness in coastal Douglas-fir in western Oregon and Washington. Canadian Journal of Botany 84, 1110-1121.

Cremer, M., Prietzel, J., 2017: Soil acidity and exchangeable base cation stocks under pure and mixed stands of European beech, Douglas fir and Norway spruce. Plant and Soil 415, 393-405. https://doi.org/10.1007/s11104-017-3177-1

Cukor, J., Zeidler, A., Vacek, Z., Vacek, S., Šimůnek, V., Gallo, J., 2020: Comparasion of growth and wood quality of Norway spruce and European larch: effect of previous land use. European Journal of Forest Research 139 (3), 459-472. https://doi.org/10.1007/s10342-020-01259-7

Danihelka, J., Chrtek, J.Jr., Kaplan, Z., 2012: Checklist of vascular plants of the Czech Republic. Preslia 84, 647-811.

Da Ronch, F., Caudullo, G., De Rigo, D., 2016: *Pseudotsuga menziesii* in Europe: distribution, habitat, usage and threats [online]. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. – European Atlas of Forest Tree Species. European Commission. Available, 151 s. [cit. 2017-09-17]. Dostupné na internetu: <forest.jrc.ec.europa.eu/media/atlas/Pseudotsuga_menziesii.pdf>.

Dawud, S.D., Vesterdal, L., Raulund-Rasmussen, K., 2017: Mixed-Species Effects on Soil C and N Stocks, C/N Ratio and pH Using a Transboundary Approach in Adjacent Common Garden Douglas-Fir and Beech Stands. Forests 8 (4), 95-109.

de Wall, K., Dreher, G., Spellmann, H., Pretzsch, H., 1998: Struktur und Dynamik von Buchen-Douglasien-Mischbeständen in Niedersachsen - Structure and dynamic of beech-Douglas fir mixed stands in Lower Saxony. Forstarchiv 69, 179-191.

Desplanque, C., Rolland, C., Schweingruber, F. H., 1999: Influence of species and abiotic factors on extreme tree ring modulation. Trees, 13, 218-227.

Eberhard, B., Hasenauer, H., 2018: Modeling Regeneration of Douglas fir forests in Central Europe. Austrian Journal of Forest Science 135 (1), 33-51.

Eckhart, T., Pötzelsberger, E., Koeck, R., Thorm, D., Lair, G.J., van Loo, M., Hasenauer, H., 2019: Forest stand productivity derived from site conditions: an assessment of old Douglas-fir stands (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. menziesii) in Central Europe. Annals of Forest Science, 76 (1), 19.

Eilmann, B., Rigling, A., 2010: Douglas fir – a substitute species for Scots pine in dry inner-Alpine valleys? In: Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate. Oc. 18-20, 2010 Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg, 85, 10.

Eilmann, B., de Vries, S. M. G., den Ouden, J., Mohren, G. M. J., Sauren, P., Sass-Klaassen, U., 2013: Origin matters! Difference in drought tolerance and productivity of coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.)) provenances. Forest Ecology and Management 302 (15), 133-143.

Essl, F., 2005: Distribution, status and habitat preference of subspontaneous Douglas fir stands (*Pseudotsuga menziesii*) in Austria (Germ.). Phyton-annales Rei Botanicae, 45 (1), 117-143.

Ferron, J. L., Douglas, F., 2010: Douglas-fir in France: history, recent economic development, overviews for the future. In: Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate. Oc. 18-20, 2010 Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg, 85, 11.

Fischer, S., Neuwirth, B., 2012: Climate sensitivity of Douglas-fir in Eifel and Kellerwald | [Klimasensitivität der Douglasie in Eifel und Kellerwald]. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 183 (1-2), 23-33.

Gallo, J., Kuneš, I., Baláš, M., Nováková, O., Drury, M. L., 2014: Occurrence of frost episodes and their dynamics in height gradient above the ground in the Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science, 60 (1), 35-41.

Gallo, J., Baláš, M., Linda, R., Kuneš, I., 2017: Growth performance and resistance to near-ground late frosts of Fagus sylvatica L. plantation treated by a brassinosteroid compound. Journal of Forest Science, 63 (3), 117-125.

Gallo, J., Baláš, M., Linda, R., Kuneš, I., 2020a: The effects of planting stock size and weeding on survival and growth of small-leaved lime under drought-heat stress in the Czech Republic. Austrian Journal of Forest Science 137 (1), 43-66.

Gallo, J., Bílek, L., Šimůnek, V., Roig, S., Fernández, J. A. B., 2020b: Uneven-aged silviculture of Scots pine in Bohemia and Central Spain: comparison study of stand reaction to transition and long-term selection management. Journal of Forest Science, 66 (1), 22-35.

George, J-P., Grabner, M., Campelo, F., Karanitsch-Ackert, S., Kayer, K., Klumpp, R.T., Schüler, S., 2019: Intra-specific variation in growth and wood density traits under water-limited conditions: Long-term-, short-term-, and sudden responses of four conifer tree species. Science of Total Environment, 660, 631-643.

Giorgi, F., Coppola, E., 2007: European climate-change oscillation (ECO). Geophysical Research Letters, 34 (21), art. no. L21703.

Gömöry, D., Krajmerová, D., Hrivnák, M., Longauer, R., 2020: Assisted migration vs. close-to-nature forestry: what are the prospects for tree populations under climate change? Central European Forestry Journal, 66, 63-70.

Grodzki, W., 2010: The decline of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. stands in Beskid Śląski and Żywiecki: Theoretical concept and reality. Beskydy 3, 19-26.

Grissino-Mayer, H. D., Holmes, R. L., Fritts, H. C., 1992: International tree-ring data bank program library: user´s manual. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, USA, 1992.

Hadač, E., Sofron, J., 1980: Notes on syntaxonomy of cultural forest communities. Folia Geobotanica et Phytotaxonomica, 15, 245-258. https://doi.org/10.1007/BF02851808

Hájek, V., Vacek, Z., Vacek, S., Bílek, L., Prausová, R., Linda, R., Bulušek, D., Králíček, I., 2020: Changes in diversity of protected scree and herb-rich beech forest ecosystems over 55 years. Central European Forestry Journal 66 (4), 202-217.

Härdle, W., Simar, L., 2007: Canonical Correlation Analysis. In: Applied Multivariate Statistical Analysis, 321-330.

Harlow, W. M. et al., 1996: Textbook of dendrology. 8th ed. McGraw-Hill Inc., New York, 1-534.

Hart, V., Nentvichová-Hartová, M., Tauchman, P., 2010: Analysis of herbicide effects on Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) natural regeneration. Journal of Forest Science, 56, 209-217. https://doi.org/10.17221/77/2009-JFS

Hermann, R. K., Lavender, D. P., 1999: Douglas-fir planted forests. New Forests, 17, 53-70.

Hill M.O., 1979: Twinspan - A Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of individuals and attributes. Cornell Univ., Ithaca (NY).

Hill, M.O., Gauch, H.G., 1980: Detrended Correspondence Analysis: An Improved Ordination Technique. Vegetatio 42, 47-58.

Hlásny, T., Sitková, Z., 2010: Spruce forests decline in the Beskids. National Forest Centre – Forest Research Institute Zvolen & Czech University of Life Sciences Prague & Forestry and Game Management Research Institute Jíloviště – Strnady, Zvolen, 182 s.

Hofman, J., 1964: Pěstování douglasky. 1. vydání, Praha, SZN, 253 s.

Chakraborty, D., Matulla, Ch., Andre, K., Weissenbacher, L., Schueler, S., 2019a: Survival of Douglas-fir provenances in Austria: site-specific late and early frost events are more important than provenance origin. Annals of Forest Science, 76 (4), 100.

Chakraborty, D., Schueler, S., Lexer, M.J., Wang, T., 2019b: Genetic trials improve the transfer of Douglas-fir distribution models across continents. Ecography 42, 88-101.

Clair, J.B.St., 2006: Genetic variation in fall cold hardiness in coastal Douglas-fir in western Oregon and Washington. Canadian Journal of Botany, 84, 1110-1121.

Chlepko, V. et al., 1996: Biologické aspekty zásad hospodárenia a nápravné opatrenia v lesných oblastiach Slovenska. Závěrečná zpráva. Zvolen, LVÚ, 109 s.

Chytrý, M. (ed.), 2013: Vegetace České republiky. 4. Lesní a křovinná vegetace. Academia, Praha, 551 s.

Jankovský, L., Dvořák, M., Palovčíková, D., Beránek, J., 2014: Choroby a škůdci na douglasce. In: Douglaska – dřevina roku 2014. Sborník z konference 2.-3.9.2014 Křtiny, Česká lesnická společnost o.s., Praha, 66-81.

Jansen, K., Du B. Kayler, Z, Siegwolf, R, Ensminger, I., Rennenberg, H., Kammerer, B., Jaeger, C., Schaub, M., Kreuzwieser, J., Gessler, A., 2014: Douglas-Fir Seedlings Exhibit Metabolic Responses to Increased Temperature and Atmospheric Drought. PLoS ONE 9,12, e114165.

Kacálek, D., Mauer, V., Podrázský, V., Slodičák, M. a kol, 2017: Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady, 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.

Kantor, P., Martiník, A, Sedláček, T., 2002: Douglaska tisolistá na školním lesním podniku. In: Lesnická práce, 81(5), 210-212.

Kantor, P., 2008: Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise, Journal of Forest Science 54 (7), 321-332. https://doi.org/10.17221/35/2008-JFS

Kantor, P., Mareš, R., 2009: Production potential of Douglas fir in acid sites of Hůrky Training Forest District, Secondary Forestry School in Písek, Journal of Forest Science 55(7), 312-322. https://doi.org/10.17221/2/2009-JFS

Kantor, P., Bušina, F., Knott, R., 2010: Postavení douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco a její přirozená obnova na školním polesí Hůrky středních lesnických škol Písek. Zprávy lesnického výzkumu 55(4), 251-263.

Kern, A., Marjanović, H., Dobor, L., Anić, M., Hlásny, T., & Barcza, Z., 2017: Identification of years with extreme vegetation state in Central Europe based on remote sensing and meteorological data. South-east European forestry: SEEFOR 8 (1), 1-20.

Kindlmann, P., Matějka, K., Doležal, P., 2012: Lesy Šumavy, lýkožrout a ochrana přírody. Karolinum, Praha, 326s.

Knibbe, B., 2007: PAST4: personal analysis system for treering research, Version 4.2. SCIEM, Vienna.

Knoerzer, D., 1999: Zur Einburgerungstendez der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) im Schwarzwald. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 8 (1-2), 31-39.

Korf, V., 1939: Příspěvek k matematické definici vzrůstového zákona lesních porostů. Lesnická práce, 18, 339-379.

Kouba, J., Zahradník, D., 2011: Produkce nejdůležitějších introdukovaných dřevin v ČR podle lesnické statistiky. In: Prknová H. (ed.): Aktuality v pěstování méně častých dřevin v České republice, Prague, Nov 21, 2011, 52-66.

Koudela, J., 2013: Pěstební a ekonomický potenciál douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirbel/Franco.) ve vybraných oblastech ČR. Diplomová práce, Praha, ČZU, 67 s.

Kramer, K., Groot Bruinderink, G.W.T.A., Prins, H.H.T., 2006: Spatial interactions between ungulate herbivory and forest management. Forest Ecology and Management. 226 (1-3), 238-247. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.01.037

Král, J., Vacek, S., Vacek, Z., Putalová, T., Bulušek, D., Štefančík, I., 2015: Structure, development and health status of spruce forests affected by air pollution in the western Krkonoše Mts. in 1979–2014. Central European Forestry Journal 61 (3), 175-187.

Králíček, I., Vacek, Z., Vacek, S., Remeš, J., Bulušek, D., Král, J., Štefančík, I., Putalová, T., 2017: Dynamics and structure of mountain autochthonous spruce-beech forests: impact of hilltop phenomenon, air pollutants and climate. Dendrobiology 77, 119-137.

Krejčí, F., Vacek, S., Bílek, L., Mikeska, M., Hejcmanová, P., Vacek, Z., 2013: The effects of climatic conditions and forest site types on disintegration rates in Picea abies occurring at the Modrava Peat Bogs in the Šumava National Park. Dendrobiology 70, 35-44.

Kšír, J., Beran, F., Podrázský, V., Novotný, P., Dostál, J., Kubeček, J., 2015: Výsledky hodnocení mezinárodní provenienční plochy s douglaskou tisolistou (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na lokalitě Hůrky v Jižních Čechách ve věku 44 let. Zprávy lesnického výzkumu, 60 (2), 104-114.

Kubeček, J., Štefančík, I., Podrázský, V., Longauer, R., 2014: Výsledky výzkumu douglasky tisolisté *(Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 60 (2), 120-129.

Kubíček, M., Dubcová, M., Janovská, D., 2005: Numerické metody a algoritmy. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, ISBN 80-7080-558-7, 189 s.

Kuneš, I., Baláš, M., Gallo, J., Šulitka, M., Pinidiya Arachchilage, C., 2019: Trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) a jeho role ve středoevropském a českém prostoru: review. Zprávy lesnického výzkumu, 64 (4), 181-190.

Lachenbruch, B., Johnson, R. G., 2020: Different radial growth rate effects on outerwood properties of coastal Douglas-fir in healthy trees vs. trees impacted by Swiss Needle Cast. Canadian Journal of Forest Research, (first online).

Landesforsten RLP, 2021: Holzarten. In: Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz, Mainz, Germany. https://www.wald.rlp.de/de/nutzen/holz/holzarten/

Lang, M., Kuusk, A., Mõttus, M., Rautiainen, M., Nilson, T., 2010: Canopy gap fraction estimation from digital hemispherical images using sky radiance models and a linear conversion method. Agricultural and Forest Meteorology, 150, 20-29. DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.08.001

Lang, M., 2014: A program for processing digital hemispherical images HSP. HemiSPherical Project Manager, ver: 1.3.3. User manual. - Tõravere, 21 s.

Larson, B., 2010: The dynamics of Douglas-fir stands. In: Opportunities and risks for Douglas fir in a changing climate. Oc. 18–20, 2010 Freiburg, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg, 85, 9-10.

Littell, J., Peterson, D. L., Tjoelker, M., 2008: Douglas-fir growth in mountain ecosystems: water limits tree growth from stand to region. Ecological Monographs, 78 (3), 349-368.

Lu, H., Condés, S., del Río, M., Goudiaby, V., den Ouden, J., Mohren, G.M.J., Schelhaas, M-J., de Waal, R., Sterck, F.J., 2018: Species and soil effects on overyielding of tree species mixtures in the Netherlands. Forest Ecology and Management 409, 105-118.

Macků, J., Kosová, D., 2020: Scenario of the climate change model HadGem in the regional forest development plans. Zprávy lesnického výzkumu 65 (1), 28-39.

Mäkinen, H., Nöjd, P., Kahle, H. P., Neumann, U., Tveite, B., Mielikäinen, K., Röhle, H., Spiecker, H., 2002: Radial growth variation of Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) across latitudinal and altitudinal gradients in central and northern Europe. Forest Ecology and Management 171 (3), 243-259.

Máliš, F., Vladovič, J., Čaboun, V., Vodálová, A., 2010: The influence of *Picea abies* in forest plant communities of the Veporské vrchy Mts. Journal of Forest Science, 56, 58-67. https://doi.org/10.17221/39/2009-JFS

Martinez-Meier, A., Sanchez, L., Pastorino, M., Gallo, L., Rozenberg, P., 2008: What is hot in tree rings? The wood density of surviving Douglas-firs to the 2003 drought and heat wave. Forest Ecology and Management 256 (4), 837-843.

Martiník, A., 2003: Possibilities of growing Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) in the conception of sustainable forest management. Ekológia (Bratislava) 22 (Supplement 3), 136-146.

Martiník, A., Kantor, P., 2007: Branches and the assimilatory apparatus of full-grown trees of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) of a different coenotic position. Ekológia (Bratislava) 26, 223-239.

Martiník, A., Kantor, P., 2009: Analýza nadzemní biomasy douglasky tisolisté. Lesnická práce 88 (1), 24-25.

Martiník, A., Palátová, E., 2012: Je předosevní příprava osiva douglasky tisolisté nezbytná? Zprávy lesnického výzkumu 57 (1), 47-55.

Matějka, K., 2012: Klimatické gradienty a modelování lesních vegetačních stupňů v ČR. In: Geobiocenologie a její aplikace v lesnictví a krajinářství, Mendelova univerzita v Brně. https://infodatasys.cz/public/model_lvs_cr_2012.pdf

Matějka, K., Podrázský, V., Viewegh, J., 2014: Vliv douglasky na stav lesních fytocenóz. In: Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR. Lesnická práce s.r.o., Kostelec nad Černými lesy, 214-231.

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 (3), 201-210.

Matějka, K., 2018a: Využití hemisférických snímků pro studium ekologie lesů. https://www.infodatasys.cz/proj008/hemisphericalphotos.htm

Matějka, K., 2018b: Struktura stromového patra a světelné poměry v porostech na výzkumných plochách.[Tree layer structure and light condition in stands of selected research plots]. https://www.infodatasys.cz/proj008/DemObjects_HF2018.pdf

Matějka, K., 2020: Nápověda k programu DBreleve. Databáze fytocenologických snímků, verze 2.5. https://www.infodatasys.cz/software/hlp_dbreleve/dbreleve.htm

Matějka, K., 2021: Nápověda k programu CanopyPhotos. https://infodatasys.cz/software/hlp_CanopyPhotos/CanopyPhotos.htm

Mauer, O., Palátová, E., 2012: Root system development in Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) on fertile sites. Journal of Forest Science 58, 400-409. https://doi.org/10.17221/94/2011-JFS

Mauer, O., Vaněk, P., 2014: Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) jako meliorační a zpevňující dřevina, růst douglasky na různých stanovištích od 2. do 7. lesního vegetačního stupně. In: Douglaska – dřevina roku 2014. Sborník z celostátní konference, Křtiny, Sept 2–3, 2014, 26-39.

Mauer, O., Sychra, D., Vaněk, P., Houšková, K., 2014: On some aspects of silviculture planting material and Douglas-fir (Pseudotsuga menziesii /Mirb./ Franco) stands establishment. In: Douglas fir – tree of the year 2014. Proceedinngs of the workshop held at Křtiny in September 2-3, 2014, 49-70. www.infodatasys.cz/proj009/Douglasfir2014tr.pdf

McCune, B., Grace, J.B., 2002: Analysis of Ecological Communities. MjM Software Design, ISBN 0972129006, 300 s.

Menšík, L., Kulhavý, J., Kantor, P., Remeš, M., 2009: Humus conditions of stands with the different proportion of Douglas fir in the Hůrky training forest district and the Křtiny Forest Training Enterprise. Journal of Forest Science, 55, 345-356. https://doi.org/10.17221/9/2009-JFS

Mikulenka, P., Prokůpková, A., Vacek, Z., Vacek, S., Bulušek, D., Simon, J., Šimůnek, V., Hájek, V., 2020: Effect of climate and air pollution on radial growth of mixed forests: *Abies alba* Mill. vs. *Picea abies* (L.) Karst. Central European Forestry Journal, 66(1): 23-36.

Mondek J., Baláš M., 2019: Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) and its role in the Czech forests. Journal of Forest Science 65(2): 41-50.

Moravec, J. a kol., 2000: Fytocenologie. 1. vyd. Praha: Academia. 403 s. ISBN 80-200-0128-X.

Moser, B., Bachofen, Ch., Müller, J.D., Metslaid, M., Wohlgemuth, T., 2016: Root architecture might account for contrasting establishment success of *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* and *Pinus sylvestris* in Central Europe under dry conditions. Annals of Forest Science 73 (4), 959-970.

Musil, I., Hamerník, J., 2007: Jehličnaté dřeviny. Academia, Praha, 252 s.

Nadezhdina, N., Urban, J., Čermák, J., Nadezhdin, V., Kantor, P., 2014: Comparative study of long-term water uptake of Norway spruce and Douglas-fir in Moravian upland. J. Hydrol. Hydromech., 62, 1-6.

Neophytou, C., Weisser, A-M., Landwehr, D., Šeho, M., Kohnle, U., Ensminger, I., Wildhagen, H., 2016: Assessing the relationship between height growth and molecular genetic variation in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) provenances. European Journal of Forest Research 135 (3), 465-481.

Neophytou, C., van Loo, M., Hasenauer, M., 2020: Genetic diversity in introduced Douglas-fir and its natural regeneration in Central Europe. Forestry 93, 535-544.

Novák, J., Kacálek, D., Podrázský, V., Šimerda, L. (eds.), 2018: Uplatnění douglasky tisolisté v lesním hospodářství ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 216 s.

Novák, J., Dušek, D., Kacálek, D., 2019: Growth of juvenile Douglas-fir mixed with native tree species on different forest sites. Zprávy lesnického výzkumu 64 (3), 133-139.

Oulehle, F., Hruška, J., 2005: Tree species (*Picea abies* and *Fagus sylvatica*) effects on soil water acidification and aluminium chemistry at sites subjected to long-term acidification in the Ore Mts., Czech Republic. Journal of Inorganic Biochemistry, 99 (9), 1822-1829. https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2005.06.008

Pagan J., 1999: Lesnícka dendrológia. Technická univerzita vo Zvolene, 378 s.

Page, G., 1970: Quantitative site assessment; some practical applications in British forestry. Forestry 43, 45-56.

Palátová, P., Dudík, R., Hušbauer, J., 2017: Czech wood and potential of its consumption in the Czech republic. In: More wood, better management, increasing effectiveness: Starting points and perspective. May 24, 2017 Prague, Czech republic, Czech University of Life Sciences Prague, Department of Systems Engineering, Kamýcká 129, 165 21 Prague, Czech republic, 33-37.

Pianka, S., 2012: Gatunki drzew obcego pochodzenia na leśnych powierzchniach doświadczalnych Brandenburgii. Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego 60, 21-42.

Panshin, A. J., De Zeeuw, C., 1980: Textbook of wood technology. 4. ed. New York: Mc-Graw-Hill, 722 s.

Pergl, J., Sádlo, J., Petrusek, A., Laštůvka, Z., Musil, J., Perglová, I., Šandas, R., Šefrová, H., Šíma, J., Vohralík, V., Pyšek, P., 2016: Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. NeoBiota, 28, 1-37.

Perić, S., Tijardović, M., Jazbec, A., 2011: Results of research on douglas fir provenances in ecologicaly different continenetal parts of Croatia [Rezultati istraživanja provenijencija zelene duglazije u ekološki različitim područjima kontinentalne Hrvatske]. Šumarski List 135 (13), 190-201.

Petráš, R., Pajtík, J., 1991: Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesn. Časopis 37, 49-56.

Petráš, R., Mecko, J., 2008: Rastový a produkčný potenciál douglasky na Slovensku. In: Pěstování nepůvodních dřevin. Kroměříž 26.6.2008. ČLS, Kroměříž, 59-64.

Podrázský, V., Remeš, J., Liao, C.Y., 2001a: Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na stav lesních půd. In: Pulkrab K., Kobliha J., Podrázský V. (eds.): Krajina, les a lesní hospodářství. I. Sborník z celostátní konference, Prague, Jan 22–23, 2001, 24-29.

Podrázský, V., Remeš, J., Maxa, M., 2001b: Má douglaska degradační vliv na lesní půdy? Lesnická práce 80, 393-395.

Podrázský, V., Remeš, J., Liao, Ch.Y., 2002: Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb./ Franco) na stav humusových forem lesních půd – srovnání se smrkem ztepilým. Zprávy lesnického výzkumu 46, 86-89.

Podrázský, V., Štěpáník, R., 2002: Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách – oblast LS Český Rudolec. Zprávy lesnického výzkumu 47, 53-56.

Podrázský, V., Ulbrichová, I., 2004: Restoration of forest soils on reforested abandoned agricultural lands. Journal of Forest Science 50 (6), 249-255.

Podrázský, V., Remeš, J., 2005: Retenční schopnost svrchní vrstvy půd lesních porostů s různým druhovým složením. Zprávy lesnického výzkumu 50, 46-48.

Podrázský, V., Remeš, J., 2008: Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. Zprávy lesnického výzkumu 53, 27-34.

Podrázský, V., Remeš, J., Hart, V., Tauchman, P., 2009a: Douglaska a její pěstování – test českého lesnictví. Lesnická práce 88 (6), 376-381.

Podrázský, V., Remeš, J., Hart, V., Moser, W.K., 2009b: Production and humus form development in forest stands established on agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. Journal of Forest Science 55 (7), 299-305.

Podrázský, V., Remeš, J., 2010: Production and environmental functions of Douglas-fir on the School Training Forest Kostelec nad Černými lesy territory. In: Spiecker H., Kohnle U., Makkonen-Spiecker K., Brill C. (eds.): Opportunities and Risks for Douglas fir in a Changing Climate, Freiburg, Oct 18–20, 2010, 64.

Podrázský, V., Remeš, J., Tauchman, P., Hart, V., 2010: Douglaska tisolistá a její funkční účinky na zalesněných zemědělských půdách. Zprávy lesnického výzkumu 55 (1), 12-17.

Podrázský, V., Kupka, I., 2011: Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb/ Franco) na základní pedofyzikální charakteristiky lesních půd. Zprávy lesnického výzkumu 56 (Special), 1-5.

Podrázský, V., Viewegh, J., Matějka, K., 2011: Vliv douglasky na rostlinná společenstva lesů ve srovnání s jinými dřevinami. Zprávy lesnického výzkumu 56 (Special), 44-51.

Podrázský, V., Zahradník, D., Pulkrab, K., Kubeček, J., Peňa, J.B., 2013a: Hodnotová produkce douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb/ Franco) na kyselých stanovištích Školního polesí Hůrky, Písecko. Zprávy lesnického výzkumu 58, 226-232.

Podrázský, V., Kouba, J., Zahradník, D., Štefančík, I., 2013b: Změny v druhové skladbě českých lesů – výzva pro lesnický i dřevozpracující sektor. In: Dřevostavby 2013. Volyně 27. – 28.3.2013, VOŠ a SPŠ, Volyně, 3-7.

Podrázský, V., Čermák, R., Zahradník, D., Kouba, J., 2013c: Production of Douglas-fir in the Czech Republic based on national forest inventory data. Journal of Forest Science, 59 (10), 398-404.

Podrázský, V., Kubeček, J., Čermák, R., Štefančík, I., 2013d: Zhodnocení dosavadního výzkumu douglasky tisolisté v České republice – přehled. In: Baláš M., Podrázský V., Kučeravá B. (eds.): Proceedings of Central European Silviculture, Kostelec nad Černými lesy, July 2–3, 2013, 192-203.

Podrázský, V., Zahradník, D., Remeš, J., 2014a: Potential consequences of tree species and age structure changes of forests in the Czech republic – Review of forest inventory data. Wood Research, 59 (3), 483-490.

Podrázský, V., Martiník, A., Matějka, K., Viewegh, J., 2014b: Effects of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) on understorey layer species diversity in managed forests. Journal of Forest Science, 60 (7), 263-271. https://doi.org/10.17221/49/2014-JFS

Podrázský, V., 2015: Potential of Douglas-fir as a partial substitute for Norway spruce – review of the newest Czech literature. Beskydy, 8 (1), 55-58.

Podrázský, V., Noha, M., Kubeček, J., 2015: Contribution for determination of the optimal share of Douglas-fir in the forest stands. In: Houšková K., Černý J. (eds.): Proceedings of Central European Silviculture: 208-217. Mendelova univerzita v Brně, 222 s.

Podrázský, V., 2016: Potential substitution of Norway spruce by the Douglas-fir in the Czech Republic. In: Kacálek D., Novák J., Nováková K., Součková J. (eds.): Forest functions in Changing Environments, Dobruška, Aug 30-31, 2016, 99-104.

Podrázský, V., Fulín, M., Prknová, H., Beran, F., Třeštík, M., 2016a: Changes of agricultural land characteristics as a result of afforestation using introduced tree species. Journal of Forest Science, 62, 72-79.

Podrázský, V., Remeš, J., Sloup, R., Pulkrab, K., Novotný, S, 2016b.: Douglas-fir – partial substitution for declining conifer timber supply – review of Czech data. Wood Research, 61 (4), 525-530.

Podrázský, V., Pulkrab, K., Sloup, R., Kubeček, J., 2016c: Douglaska jako částečné řešení nedostatku jehličnatého dřeva. Lesnická práce, 65 (7), 26-28.

Podrázský, V., Kupka, I., Prknová, H., 2020: 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.

Poleno, Z., 2001: Influence of transformation of spruce monocultures on state and development of forest soil and herbal vegetation. Zprávy lesnického výzkumu, 46, 6-15.

Poleno, Z., Vacek, S., Podrázský, V., Remeš, J., Štefančik, I., Mikeska, M., Kobliha, J., Kupka, I., Malík, V., Turčáni, M., Dvořák, J., Zatloukal, V., Bílek, L., Baláš, M., Simon, J., 2009: Pěstovani lesů III. Praktické postupy pěstovaní lesů. [Silviculture III. Practical methods in silviculture]. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 952 s.

Pötzelsberger, E., Eckhart, T., Hasenauer, H., 2019: Mapping the growth potential of Douglas-fir in Austria and Germany. Austrian Journal Forest Science, 136 (2), 69-86.

Pötzelsberger, E., Spiecker, H., Neophytou, C., Mohren, F., Gazda, A., Hasenauer, H., 2020: Growing non-native trees in European forests brings benefits and opportunities but also has its risks and limits. Current Forestry Reports 6 (4), 339-353.

Pretzsch, H., Schütze, G., 2016: Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands. European Journal of Forest Research 135, 1-22.

Pretzsch, H., Grams, T., Häberle, K. H., Pritsch, K., Bauerle, T., Rötzer, T., 2020: Growth and mortality of Norway spruce and European beech in monospecific and mixed-species stands under natural episodic and experimentally extended drought. Results of the KROOF throughfall exclusion experiment. Trees 34 (4), 957-970.

Prokůpková, A., Vacek, Z., Vacek, S., Blažejová, J., Schwarz, O., Bulušek, D., 2020: Dynamics of natural regeneration of mountain forests after wind disturbance: model study for the Krkonoše Mts. (Czech Republic). Zprávy Lesnického Výzkumu 65 (2), 72-81.

Půbalová, M., Holkup, J., 2015: Problematika introdukovaných dřevin v lesích ČR. Centrum aplikovaného výzkumu a dalšího vzdělávání, o.p.s. Písek, nakladatelství JIH, České Budějovice, 53 s.

Pulkrab, K., Sloup, R., Podrázský, V., 2015: Production potential of the forests in the Czech republic. BioResources, 10 (3), 4711-4725.

Putalová, T., Vacek, Z., Vacek, S., Štefančík, I., Bulušek, D., Král J., 2019: Tree-ring widths as an indicator of air pollution stress and climate conditions in different Norway spruce forest stands in the Krkonoše Mts. Central European Forestry Journal 65 (1), 21-33.

Pyšek, P., Chytrý, M., Pergl, J., Sádlo, J., Wild, J., 2012: Plant invasions in the Czech Republic: Current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats. Preslia, 84, 576-630.

Rais, A., van de Kuilen, J-W. G., Pretzsch, H., 2014: Growth reaction patterns of tree height, diameter, and volume of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) under acute drought stress in Southern Germany. European Journal of Forest Research 133 (6), 1043-1056.

Raunkiaer, C., 1905: Types biologiques pour la géographie botanique. Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger, 5, 347-438.

Remeš, J., Podrázský, V., Hart, V., 2006: Růst a produkce nejstaršího porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirbel/ Franco) na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. In: Neuhöfferová P. (ed.): Douglaska a jedle obrovská – opomíjení giganti. Sborník z celostátní konference, Kostelec nad Černými lesy, Oct 12-13, 2006, 65-69.

Remeš, J., Pulkrab, K., Tauchman, P., 2010: Produkční a ekonomický potenciál douglasky tisolisté na vybrané lokalitě ŠLP Kostelec nad Černými lesy. In: Prknová H. (ed.): Aktuality v pěstování méně častých dřevin v České republice. Sborník referátů, Kostelec nad Černými lesy, Oct 21, 2010, 68-69.

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.

Rendle, J., 1969: World Timbers: North & South America, including Central America and the West Indies. London: Ernest Benn limited, 192 s.

Riedl, M., Jarský, V., Palátová, P., Sloup, R., 2019: The Challenges of the Forestry Sector Communication Based on an Analysis of Research Studies in the Czech Republic. Forests, 10 (11), 935.

Riegler, J., 2008: Die Douglasie aus Sicht der Verarbeiters. BFW Praxis Information Nr. 16, 23-25.

Sageman, B.B., Hollander, D.H., 1999: Cross correlation of paleoecological and geochemical proxies: A holistic approach to the study of past global change. In: E. Barrera and C.C. Johnson (eds.), GSA Special Paper 332, pp. 365-384.

Schär, C., Vidale, P. L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M. A., Appenzeller, C., 2004: The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. Nature, 427, 332-336.

Schelhaas, M.J., Nabuurs, G.J., Schuck, A., 2003: Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. Global Change Biology 9 (11), 1620-1633.

Schelhaas, M.J., 2008: The wind stability of different silvicultural systems for Douglas-fir in the Netherlands: a model-based approach. Forestry, 81 (3), 399-414. https://doi.org/10.1093/forestry/cpn028

Schmid, M., Pautasso, M., Holdenrieder, O., 2014: Ecological cosequences of Douglas-fir cultivation in Europe. European Journal of Forest Rresearch 133 (1), 13-29.

Schütz, J.P., Pommerening, A., 2013: Can Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) sustainably grow in complex forest structures? Forest Ecology and Management 303, 175-183.

Schweingruber, F. H., 1996: Tree Rings and Environment Dendroecology. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf, Switzerland, 609 s.

Sergent, A. S., Rozenberg, P., Marcais, B., Lefevre, Y., Bastien, J. C., Nageleisen, L. M. et al., 2010: Vulnerability of Douglas-fir in a changing climate: study of decline in France after the extreme 2003´s drought. In: Spiecker H., Kohnle U., Makkonen-Spiecker K., Brill C. (eds.): Opportunities and Risks for Douglas fir in a Changing Climate, Freiburg, Oct 18-20, 2010, 21-22.

Sergent, A. S., Rozenberg, P., Breda, N., 2014: Douglas-fir is vulnerable to exceptional and recurrent drought episodes and recovers less well on less fertile sites. Annal of Forest Science, 71 (6), 697-708.

Shaw, P. J. A., 2003: Multivariate Statistics for the Environmental Sciences. London: Hodder Arnold, 233 s.

Sicard, C., Saint-Andre, L., Gelhaye, D., Ranger, J., 2006: Effect of initial fertilisation on biomass and nutrient content of Norway spruce and Douglas-fir plantations at the same site. Trees 20, 229-246.

Slodičák, M., Novák, J., Mauer, O., Podrázský, V. (eds.), 2014: Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2014. 272 s. ISBN 978-80-7458-065-9.

Stojan J., 2006: Produkční potenciál douglasky tisolisté na školním polesí SLŠ Hranice. Bakalářská práce, LF MZLU, Brno, 44 s.

Šach, F., Černohous, V., Kacálek, D., 2019: Water regime of Douglas-fir and forest stands with Douglas-fir: review. Zprávy lesnického výzkumu 64 (3), 149-154.

Šika, A., Heger, B., 1972: Vyhodnocení prvních provenienčních pokusů s douglaskou tisolistou v českých zemích. Práce VÚLHM, 41, 105-121.

Šika, A., 1974: První výsledky mezinárodního provenienčního pokusu s douglaskou v Čechách. Časopis Slezského muzea, Opava XXIII.

Šika, A., 1975: Rozdíly v odolnosti proveniencí douglasky vůči zimnímu vysýchání. Práce VÚLHM, 46, 171-183.

Šika, A., 1985: Reprodukční možnosti douglasky tisolisté v ČSR z domácích zdrojů. Práce VÚLHM, 67, 41-62.

Šika, A., Páv, B., 1990: Výškový růst douglasky na provenienčních plochách ČR v různých fázích vývoje. Lesnictví, 36 (5), 367-380.

Šimek, J., 1992: Pěstovaní douglasky tisolisté na LZ Tábor. Lesnická práce 71 (11), 330-333.

Šimůnek, V., Vacek, Z., Vacek, S., 2020: Solar Cycles in Salvage Logging: National Data from the Czech Republic Confirm Significant Correlation. Forests 11 (9), 973.

Šimůnek, V., Vacek, Z., Vacek, S., Ripullone, F., Hájek, V., D'Andrea, G., 2021: Tree Rings of European Beech (*Fagus Sylvatica* L.) Indicate the Relationship with Solar Cycles During Climate Change in Central and Southern Europe. Forests 12 (3), 259.

Šindelář, J., 2003: Aktuální problémy a možnosti pěstování douglasky tisolisté. Lesnická práce, 82 (3), 14-16.

Šmidriak, V., 2010: Možnosti využitia dreviny duglasky tisolistej /*Pseodutsuga menziesii* (Mirbel/Franco) v Slovenskej republike. Zvolen, DF TU Zvolen. DF-3580-6890, 110 s.

Šomšák, L., Balkovič, J., 2002: Cyclic succession and plant biodiversity within the secondary spruce forests in the Hnilec river watershed. Phytopedon, 1, 45-51.

Šomšák, L., 2003: Effect of secondary spruce forests on phytoenvironment in the Slovenské Rudohorie Mountains. Folia Oecologica, 30, 41-59.

Thomas, F. M., Bögelein, R., Werner, W., 2015: Interaction between Douglas fir and European beech – investigations in pure and mixed stands. Forstarchiv 86, 83-91.

Thomas,. F. M., Rzepecki, A., Werner, W., 2022: Non-native Douglas fir (*Pseudotsuga meziesii*) in Central Europe: Ecology, performance and nature conservation. Forest Ecology and Management 506, 119956. doi: 10.1016/j.foreco.2021.119956

Thurm, E. A., Pretzsch, H., 2016: Zvýšená produkce a změněná morfologie stromů smíšených versus čistých porostů buku lesního (*Fagus sylvatica*) a Douglasky tisolosté (*Pseudotsuga menziesii*) se zvyšujícími se srážkami a věku. Annals of Forest Science, 73 (4), 1047-1061.

Thurm, E.A., Uhl, E., Pretzsch, P., 2016: Mixture reduces climate sensitivity of Douglas-fir stem growth. Forest Ecology and Management 376, 205-220.

Tschopp, T., Holderegger, R., Bollmann, K., 2015: Auswirkungen der Douglasie auf die Waldbiodiversität. Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen, 166 (1), 9-15.

Ťavoda, P., Krajňáková, J., 1993: Reprodukčné schopnosti a odolnosť potomstiev douglasky z domácich vysokohodnotných porastov. In: Dendrologické dni (zborník referátov). VŠP Nitra, 59.

Ťavoda, P., Lengyelová, A., 1996: Možnosti introdukcie drevin v lesných oblastiach Slovenska. In: Chlepko et al. (eds.): Biologické aspekty zásad hospodárenia a nápravné opatrenia v lesných oblastiach Slovenska. Záverečná správa. Zvolen, LVÚ, 109.

Ťavoda, P., 2007: Ekologické nároky a rozšírenie douglasky tisolistej na Slovensku. In: Ekológia a environmentalistika. Mezinárodná vedecká konferencia, Zvolen, May 22–23, 2007, 194-202.

ter Braak, C. J. F., Prentice, I. C., 1988: A Theory of Gradient Analysis. Advances in Ecological Research 18, 271–371. ISBN 0-12-013918-9. Reprinted in: Ter Braak, C. J. F., 1987: Unimodal models to relate species to environment. Wageningen: PhD thesis Agricultural Mathematics Group, 101-146.

ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P., 2012: Canoco reference manual and user's guide: software for ordination version 5.0 – Microcuomputer Power, Ithaca

Toth, D., Maitah, M., Maitah, K., Jarolínová, V., 2020: The Impacts of Calamity Logging on the Development of Spruce Wood Prices in Czech Forestry. Forests 11 (3), 283.

Ulbrichová, I., Kupka, I., Podrázský, V., Kubeček, J., Fulín, M., 2014: Douglaska jako meliorační a zpevňující dřevina. Zprávy lesnického výzkumu, 59 (1), 72-78.

Urban, J., Čermák, J., Nadezhdina, N., Kantor, P., 2009: Growth and transpiration of the Norway spruce and Douglas fir at two contrasting sites. Water issues in dryland forestry. 1st ed., Sede Boqer, Israel, Ben Gurion university, 47 s.

Urban, J., Čermák, J., Kantor, P., 2011: Srovnání radiálního růstu a transpirace douglasky tisolisté a smrku ztepilého. In: Aktuality v pěstování méně častých dřevin v České republice. Sborník referátů konference v Kostelci nad Černými lesy 21.10.2011, ČZU, Praha, 77-81.

Vacek, S., Matějka, K., 2010: State and development of phytocenoses on research plots in the Krkonoše Mts. Forest stands. Journal of Forest Science, 56 (11), 505-517. https://doi.org/10.17221/127/2010-JFS

Vacek, S., Hůnová, I., Vacek, Z., Hejcmanová, P., Podrázský, V., Král, J., Putalová, T., Moser, W. K., 2015: Effects of air pollution and climatic factors on Norway spruce forests in the Orlické hory Mts. (Czech Republic), 1979–2014. European Journal of Forest Research 134 (6), 1127-1142.

Vacek, S., Černý, T., Vacek, Z., Podrázský, V., Mikeska, M., Králíček, I., 2017: Long-term changes in vegetation and site conditions in beech and spruce forests of lower mountain ranges of Central Europe. Forest Ecology and Management 398, 75-90.

Vacek, S., Prokůpková, A., Vacek, Z., Bulušek, D., Šimůnek, V., Králíček, I., Prausová, R., Hájek, V., 2019a: Growth response of mixed beech forests to climate change, various management and game pressure in Central Europe. Journal of Forest Science 65 (9), 331-345.

Vacek, S., Vacek, Z., Ulbrichová, I., Remeš, J., Podrázský, V., Vach, M., Bulušek, D., Král, J., Putalová, T., 2019b: The effects of fertilization on the health status, nutrition and growth of Norway spruce forests with yellowing symptoms. Scandinavian Journal of Forest Research 34 (4), 267-281.

Vacek, Z., Vacek, S., Slanař, J., Bílek, L., Bulušek, D., Štefančík, I., Králíček, I., Vančura, K., 2019c: Adaption of Norway spruce and European beech forests under climate change: from resistance to close-to-nature silviculture. Central European Forestry Journal 65 (2), 129-144.

Vacek, Z., Prokůpková, A., Vacek, S., Cukor, J., Bílek, L., Gallo, J., Bulušek, D., 2020a: Silviculture as a tool to support stability and diversity of forests under climate change: study from Krkonoše Mountains. Central European Forestry Journal, 66 (2), 116-129.

Vacek, Z., Vacek, S., Prokůpková, A., Bulušek, D., Podrázský, V., Hůnová, I., Putalová, T., Král, J., 2020b: Long-term effect of climate and air pollution on health status and growth of Picea abies (L.) Karst. peaty forests in the Black Triangle region. Dendrobiology 83, 1-19.

Vacek, Z., Cukor, J., Linda, R., Vacek, S., Šimůnek, V., Brichta, J., Gallo, J., Prokůpková, A., 2020c: Bark stripping, the crucial factor affecting stem rot development and timber production of Norway spruce forests in Central Europe. Forest Ecology and Management 474, 118360.

Vašíček, J., 2014: Douglaska tisolistá v číslech. In: Douglaska – dřevina roku 2014. Sborník z celostátní konference, Křtiny, Sept 2-3, 2014, 15-19.

Vejputková, M., Čihák, T., 2019: Climate response of douglas fir reveals recently increased sensitivity to drought stress in Central Europe. Forests, 10 (2), 97.

Viewegh, J., 2003: Klasifikace lesních rostlinných společenstev (se zaměřením na Typologický systém ÚHÚL). - Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 208 s. ISBN 80-213-1061-8. (též na: https://www.infodatasys.cz/typolog/typolog-cz.htm)

Viewegh, J., 2005: Czech Forest (Site) Ecosystem Classification. - Czech University of Life Sciences Prague, 170 s. (available in: https://www.infodatasys.cz/typolog/typolog-en.htm)

Viewegh, J., Podrázský, V., Matějka, K., 2014: Charakterystyka roslinnosci runa ksztaltujacej sie pod drzewostanami daglezjovymi (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) w lasach gospodarczych Republiki Czeskiej. Sylwan, 158 (4), 277-284.

Vitali, V., Büntgen, U., Bauhus, J., 2017: Silver fir and Douglas fir are more tolerant to extreme droughts than Norway spruce in south-western Germany. Global Change Biology, 23 (12), 5108-5119. https://doi.org/10.1111/gcb.13774

Vitali, V., Forrester, D. I., Bauhus, J., 2018: Know your neighbours: drought response of Norway Spruce, Silver Fir and Douglas Fir in mixed forests depends on species identity and diversity of tree neighbourhoods. Ecosystems 21 (6), 1215-1229.

Vittori-Antisari, L.V., Falsone, G., Carbone, S., Marinari, S. Vianello, G., 2014: Douglas-fir reforestation in North Apennine (Italy): Performance on soil carbon sequestration, nutrients stock and microbial activity. Applied Soil Ecology 86, 82-90.

Vyhláška č. 456/2021 Sb.: Vyhláška o podrobnostech přenosu reprodukčního materiálu lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnostech o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.

Wagenführ, R., 2004: Bildlexikon Holz. Leipzig: Fachbuchverlag, 370 s.

Wiemann, M. C., 2010: Characteristics and Availability of Commercially Important Woods. In: Wood handbook – Wood as an engineering material (2010) [online]. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory: 2.1-2.45 [cit. 2017-09-17], dostupné na internetu <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf>.

Wördehoff, R., Spellmann, H., Evers, J., & Nagel, J. (Eds.), 2011: Kohlenstoffstudie Forst und Holz Niedersachsen (Vol. 6). Universitätsverlag Göttingen, 104 s.

Wilczyński, S., Feliksik, E., 2007: Local chronologies and regional diversity of dendrochronological signal od douglas fir in Poland. Geochronometria 26: 69-80.

Yamaguchi, D. K., 1991: A simple method for cross-dating increment cores from living trees. Canadian Journal Forest Research, 21 (3), 414-416.

Zeidler, A., 2013: Přínos perspektivních introdukovaných dřevin z hlediska vlastností dřeva. (Habilitační práce), Praha, ČZU, 187 s.

Zeller, B., Andrianarisoa, S., Jussy, J. H., 2010: Impact of Douglas-fir on the N cycle: Douglas fir promote nitrification? In: Spiecker H., Kohnle U., Makkonen-Spiecker K., Brill C. (eds.): Opportunities and Risks for Douglas fir in a Changing Climate, Freiburg, Oct 18-20, 2010, 85.

Zetterberg, T., Olsson, B.A., Lofgren, S., Hyvonen, R., Brandtberg, P.-O., 2016: Long-term soil calcium depletion after conventional and whole-tree harvest. Forest Ecology and Management 369, 102-115. DOI: 10.1016/j.foreco.2016.03.027

Zlatník, A., 1978: Lesnická fytocenologie. SZN, Praha, 495 s.

9. Přílohy

Příloha 1:

Podstata použitých metod při vyhodnocení fytocenologických snímků a vývrtů

Příloha 2:

Tabulka fytocenologických snímků

Příloha 3:

Klasifikační tabulka z procedury TWINSPAN

Příloha 1: Podstata použitých metod při vyhodnocení fytocenologických snímků a vývrtů

TWINSPAN (angl. **T**wo **W**ay **IN**dicator **SP**ecies **An**alysis - dvoucestná analýza indikátorových druhů) je hierarchická divisivní metoda, která vznikla pro hledání struktury ve fytocenologických tabulkách. Při každém rozdělení (pod)souboru snímků vychází z první osy korespondenční analýzy (CA), pozice snímků ale dále upravuje. Pracuje s 0/1 hodnotami (nepřítomnost/přítomnost druhů), pro kvantitativní data používá koncept tzv. pseudospecies (definovány podle tzv. cut levels). Výsledkem je současná klasifikace snímků i druhů (tabulka). Vhodnou volbou hranic (cut levels) můžeme zdůraznit či potlačit vliv dominant. Podobnost skupiny 01 se skupinou 1 je větší, než mezi skupinami 00 a 1. Vytváří se tak plynulá bloková struktura tabulky (rozdělení: indikátory dělení, preferenční druhy).
(převzato z: https://slideplayer.cz/slide/3217264)

Detrended correspondence analysis (**DCA**) je multivariační statistická technika široce využívaná ekology k nalezení hlavních faktorů nebo gradientů ve velkých, druhově bohatých, ale obvykle řídkých datových maticích, které charakterizují údaje o ekologickém společenství. DCA se často používá k potlačení artefaktů, které jsou vlastní většině ostatních vícerozměrných analýz, když jsou aplikovány na gradientová data**.**

DCA byla vytvořena v roce 1979 Hillem (1979) z Britského institutu pro terestrickou ekologii (nyní sloučeného do Centra pro ekologii a hydrologii) a implementována v balíčku programu FORTRAN s názvem DECORANA (**De**trended **Cor**respondence **Ana**lysis) - metoda korespondenční analýzy. DCA je někdy mylně označována jako DECORANA; DCA je však základním algoritmem, zatímco DECORANA je nástrojem, který jej využívá.

Podle Hilla a Gaucha (1980) potlačuje DCA při aplikaci na gradientová data dva artefakty vlastní většině ostatních vícerozměrných analýz. Příkladem je časová řada rostlinných druhů kolonizujících nové stanoviště; rané po sobě jdoucí druhy jsou nahrazeny středně postupnými druhy, poté pozdními následnými. Když jsou taková data analyzována standardní ordinací, jako je korespondenční analýza:

- ordinační scores vzorků bude vykazovat „okrajový efekt“, tj. rozptyl scores na začátku a na konci pravidelného sledu druhů bude podstatně menší než uprostřed,

- když jsou tyto body prezentovány jako graf, budou body vidět spíše křivku ve tvaru podkovy než přímku („efekt podkovy“), přestože analyzovaný proces je stabilní a kontinuální změnou, kterou by přirozená intuice preferovala jako lineární trend.

Mimo ekologii dochází ke stejným artefaktům při analýze gradientových dat (např. vlastnosti půdy podél transektu probíhajícího mezi 2 různými geologiemi nebo údaje o chování za dobu života jednotlivce), protože zakřivená projekce je přesnou reprezentací tvaru dat ve vícerozměrném prostoru.

Ter Braak a Prentice (1987, s. 121) citují simulační studii analyzující dvojrozměrné modely sdružování druhů, jejichž výsledkem je lepší výkon DCA ve srovnání s CA.

DCA je opakující se algoritmus, který se ukázal jako vysoce spolehlivý a užitečný nástroj pro průzkum a shrnutí dat v ekologii společenstev (Shaw 2003). Začíná to tak, že se na datech spustí standardní ordinace (CA - korespondenční analýza nebo RA - reciproční (zpětné) průměrování), aby se vytvořila počáteční křivka podkovy, ve které se 1. osa koordinace deformuje do 2. osy. Poté rozdělí první osu na segmenty (výchozí = 26) a změní velikost každého segmentu tak, aby měl na 2. ose průměrnou hodnotu nula - to efektivně zploští křivku. Rovněž změní měřítko osy, takže konce již nejsou stlačeny vzhledem ke středu, takže 1 jednotka (osa) DCA se po celou dobu dat přibližuje stejné rychlosti obratu: obecně platí, že 4 (osy) DCA znamenají, že byl celkový obrat ve společenstvu. Ter Braak a Prentice (1987, s. 122) varují před nelineárním změnou měřítka os kvůli problémům s robustností a doporučují používat pouze detrending-by-polynomials.

(převzato z: https://en.wikipedia.org/wiki/Detrended_correspondence_analysis)

Kanonická korelační analýza (**CCA**) je vícerozměrná metoda, která se používá ke zkoumání závislosti mezi dvěma skupinami proměnných. První ze dvou skupin se považuje za soubor závisle proměnných y a druhá za soubor nezávisle proměnných x. Toto rozdělení je ale čistě účelové z důvodu výkladu a nemá žádný vliv na řešení problému. Jde v podstatě o rozšíření metody vícenásobné lineární regrese a korelační analýzy. Zatímco ve vícenásobné lineární regresi hledáme nejlepší kombinaci m nezávisle proměnných $x_1, x_2, ..., x_m$ k výpočtu jediné závisle proměnné y hledáme v kanonické korelační analýze lineární vztah $U_1 = a_1 y_1 + b_2 y_2 + ... + a_p y_p$ mezi skupinou p, čili více než jediné, závisle proměnných $y_1, y_2, ..., y_p$, a dále lineární vztah $V_1 = b_1 x_1 + b_2 x_2 + ... + b_p x_p$ mezi skupinou m nezávisle proměnných $x_1, x_2, ..., x_p$. Podstata metody spočívá v

tom, že se v každé skupině proměnných vyhledávají koeficienty *a* a *b* tak, aby pro všech *n* objektů vyčíslené kanonické proměnné U_{1i} *a* V_{1i}, $i = 1, ..., n$, vykazovaly maximální párový korelační koeficient. Po jejich nalezení se pak hledají další lineární kombinace čili kanonické proměnné U_2 a V_2, které mají druhý největší korelační koeficient za podmínky, že U_2 a V_2 jsou nekorelované s prvními kanonickými proměnnými U_1 a V_1. V kanonické korelační analýze jsou koeficienty *a* a *b* hledány tak, aby maximalizovaly korelaci mezi proměnnými U_1 a V_1. Po nalezení nejlepších odhadů *a* a *b* se U_1 nazývá první kanonická proměnná závisle proměnných *y* a V_1 první kanonická proměnná nezávisle proměnných *x*. Obě kanonické proměnné mají průměr roven nule. Korelace mezi U_1 a V_1 se nazývá první kanonická korelace a čtverec této korelace je nazýván vlastní číslo. První kanonická korelace je tudíž největší možná korelace mezi lineárními kombinacemi závisle proměnných *y* a lineárními kombinacemi nezávisle proměnných *x*. První kanonická korelace představuje analogii vícenásobnému korelačnímu koeficientu ve vícenásobné lineární regresi mezi jedinou závisle proměnnou *y* a souborem nezávisle proměnných *x*. Rozdíl proti vícenásobné lineární regresi je pouze v tom, že u kanonické korelace je několik závisle proměnných *y* a dále je nutno navíc hledat lineární kombinaci mezi nimi. (převzato z: www\public_html\add_on\meloun\kapitoly\4emetody.wpd (upce.cz))

Shluková analýza (též clusterová analýza, angl. cluster analysis) je vícerozměrná statistická metoda, která se používá ke klasifikaci objektů. Slouží k třídění jednotek do skupin (shluků) tak, aby si jednotky náležící do stejné skupiny byly podobnější než objekty z ostatních skupin. Shlukovou analýzu je možné provádět jak na množině objektů, z nichž každý musí být popsán prostřednictvím stejného souboru znaků, které má smysl v dané množině sledovat, tak na množině znaků, které jsou charakterizovány prostřednictvím určitého souboru objektů, nositelů těchto znaků.

Základní členění shlukovacích metod podle cíle je na hierarchické a nehierarchické metody. Hierarchické shlukování vytváří systém podmnožin, kde průnikem dvou podmnožin - shluků je buď prázdná množina, nebo jeden z nich. Pokud nastane alespoň jednou druhý případ, je systém hierarchický. Tedy je to jakési větvení, zjemňování klasifikace. K hierarchickému shlukování lze přistupovat ze dvou stran – rozlišujeme přístup divizní (vycházíme z celku, jednoho shluku, a ten dělíme) a aglomerativní (vycházíme z jednotlivých objektů, shluků o jednom členu, a ty spojujeme). Hierarchické shlukování nabízí více alternativních řešení, výsledek shlukování je pak možné vyjádřit dendrogramem. Tato metoda však není vhodná pro velké datové soubory. Nehierarchické

shlukování vytváří takový systém, kde jsou shluky disjunktní množiny. Používá se nejčastěji algoritmus k-means.

Shluková analýza vychází z podobnosti, resp. vzdálenosti objektů. Její kvantitativní vyjádření je jedním ze základních problémů clusterové analýzy. Existuje mnoho způsobů konstrukce tohoto ukazatele.
(převzato z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Shlukov%C3%A1_anal%C3%BDza)

Wardova metoda (= hierarchické seskupení = metoda minimálního rozptylu = Orlociho metoda) je založena na minimalizaci nárůstů součtu chyb čtverců. Chybový součet čtverců je definován jako součet druhých mocnin vzdáleností od každého jednotlivce k těžišti jeho skupiny. Fúze skupin S_p a S_q poskytuje nejmenší nárůst chybového součtu čtverců. Stejnou metodu nezávisle navrhl Orloci. Tato metoda nachází sférické shluky s minimálním rozptylem (McCune et Grace 2002).

Příloha 2: Tabulka fytocenologických snímků

TVP	14	15	23	22	21	20	24	19	17	18	16	9	25	13	12	7	6	5	8	3	2	1	11	10	4	Frekvence	Frenkvenční
Klasifikační skupina TWINSPAN	*000	*000	*0010	*00110	*00110	*00110	*00111	*01000	*01000	*01001	*01001	*0101	*0101	*011	*011	*1000	*1000	*1000	*1001	*101	*101	*101	*11	*11	*11	(%)	třída
nadmořská výška (m)	531	516	586	509	513	515	587	506	513	520	517	455	518	562	560	520	521	538	533	530	546	537	443	456	530		
expozice	Z	Z	SZ	JV	JV	JV	SZ	Z	Z	Z	Z	J	J	Z	Z	S	S	V	JZ	V	SV	SV	J	V	V		
sklon (°)	5	5	15	5	2	1	7	5	10	10	10	3	5	2	1	10	10	2	1	2	2	2	1	1	2		
půdní typ	Km mod	KM mod	KM mod	KM luv	KM luv	KM luv	KM mod	KM mod	KM mod	KM mod	KM mod	LM mod	KM luv	LM mod	LM mod	KM luv	KM luv	KM luv	KM luv	KM	KM	KM	LM mod	LM mod	KM luv		
pokryvnost E3 (%)	60	55	80	60	75	80	75	55	50	85	50	80	60	45	40	70	60	70	60	65	50	70	70	75	70		
pokryvnost E2 (%)	0	20	0	35	0	0	5	5	1	0	1	0	3	1	5	0	10	0	1	0	0	20	20	5	0		
pokryvnost E1 (%)	50	80	15	40	10	15	15	80	8	5	40	15	55	40	80	35	40	10	45	20	75	40	55	40	20		
pokryvnost E0 (%)	20	20	3	5	8	5	15	5	8	1	5	5	0	15	30	15	5	5	60	5	3	3	10	10	8		
druhová bohatost (S)	19	27	19	15	11	19	9	22	18	14	16	28	26	21	27	13	15	17	16	15	9	16	21	21	21		
druhová diversita (H)	1,34	1,75	1,93	2,02	2,26	1,88	2,05	2,47	1,79	1,32	2,34	1,92	2,66	2,92	2,75	1,85	2,24	2,44	1,66	2,37	1,10	2,07	2,99	3,00	2,76		
vyrovnanost (e)	0,316	0,369	0,455	0,516	0,654	0,441	0,648	0,555	0,428	0,347	0,584	0,399	0,565	0,664	0,577	0,500	0,572	0,597	0,415	0,607	0,347	0,516	0,681	0,682	0,628		
DCA1	-0,736	-0,624	-0,626	-0,485	-0,394	-0,345	-0,734	-0,564	-0,726	-0,262	-0,465	-0,238	-0,379	-0,399	-0,533	-0,097	0,039	-0,194	0,203	1,524	2,569	0,930	-0,009	-0,082	1,441		
DCA2	0,568	0,734	0,728	-1,002	-0,945	-0,850	0,221	-0,180	0,444	-0,691	0,039	-0,823	-0,597	-0,911	-0,562	-0,882	-0,535	-0,171	-0,038	-0,184	0,039	-0,332	1,145	2,768	-0,112		
rel.zastoupení *P. menziesii* (%)	45	38	74	30	58	71	8	17	11	77	28	45	58	45	40	69	60	0	16	20	0	65	50	52	69		
rel. zastoupení *P. abies* (%)	2	2	3	0	17	9	58	38	25	0	22	35	3	0	0	1	0	70	44	45	3	2	18	0	1		
E3:																											
Pseudotsuga menziesii	+4	+4	+4	-3	+4	-5	-2	+2	+2	+5	-4	-4	+4	+4	-4	+4	-4		+2	+2	1	-5	-4	+4	+4	96	V
Picea abies	1	1	1		+2	-2	+4	+3	+3		+3	+3	1			+		+4	-4	+3	-4	1	+2		+	76	IV
Abies alba	+2						-2		+2																	12	I
Pinus sylvestris		-2/+2		+2																						8	I
Fagus sylvatica			1	-2	+				1	-2																20	I
Quercus petraea agg.												+											1	-3		12	I
Larix decidua																					+	1				8	I
E2:																											
Fagus sylvatica		+2		+4				1					1										r	1		24	II
Sambucus racemosa		+												+	1								+2			16	I
Pseudotsuga menziesii		+2															1		1							12	I
Picea abies							-2		1																	8	I
Populus tremula														+												4	I
Rubus fruticosus agg.														1												4	I
Sorbus aucuparia																					r					4	I
Sambucus nigra																						+2				4	I
Tilia cordata																								-2		4	I
E1:																											
Pseudotsuga menziesii	+	1/-2	+	-2	-2	+4	1/+	+3	+	-2/+5	+/+3	1	+/-2	-2/-3	-3/1	+2/+3	+3	-2	+3	-2	1	+/+3	1	1	+	100	V
Fagus sylvatica	1/+	+	1	+3	+2	+3	1	-5	-2	+2	-2	+	+4	1	+	+	r	r		r			+		r	84	V
Oxalis acetosella	+	-2	1	1	1	+	1	+3	1	+	1		1	+	-2			r	r				r	1		72	IV
Vaccinium myrtillus	+	+	+	+	1	+2	+									1			+					+	r	44	III
Dryopteris carthusiana	r	r	+	+	+	r		r					r		r	r					r					44	III
Mycelis muralis	r	r	+		r	r		r	r	r	1	+						1	+	+		1	1	1	r	68	IV
Calamagrostis arundinacea	-4	+5	-3			1	+2	+4	+3	-2	+3	+		1	+2								+2	r	r	60	III
Luzula luzuloides	r	r		+2	+2	1		1	+	+	+	4	1/-2	-2	1	+2	-2	-2	-2	1		1		1	1	84	V
Abies alba	+	r					r		+	r																20	I
Impatiens parviflora	+	r						r		+	r	r	-3	1	+		r	+	r	1	r	+	+	1	+	72	IV
Quercus rubra	r	r																					r			12	I
Milium effusum	r		1	r										+	1								+	+		28	II
Carex digitata	+		r						r	r		r			+					r						28	II
Acer pseudoplatanus	r		r																							8	I
Dryopteris filix-mas	r			r									r					r			1	1	1	r	+	36	II
Avenella flexuosa	-2				1		+	+	+		+	r		+2	1			r			r	+			+	52	III
Sorbus aucuparia	+					r						+	r		+	-2	-2	+	+	+		+	r	r	r	56	III
Melampyrum pratense	r										r	- +		+2	+3			r								24	II
Hieracium murorum	r											r				r	r	r	r					r		28	II
Viola reichenbachiana		+4	-3	r				-2	1	r	-2	r	-2	+	1		+	1/-2		1	+	1	+	1	1	76	IV
Rubus fruticosus agg.		r	r	r				r				r	+	+	r		r		1	-2/+2	-5	-3	1	+	-2	64	IV
Galium rotundifolium		+	r		r	r		-2	r		1	-2	-2	r	+									1		48	III
Galeopsis pubescens		r	r			r					r		r												r	24	II
Quercus petraea agg.		r		r	r	r						+	+		r								1	+2		36	II
Picea abies		r		1		+	-2	+	r		r	r	+			r	r									44	III
Quercus robur		r						r	r	r		+				1	+	1	1	+		r			+	48	III
Senecio ovatus		r						r	r				r										r			20	I
Fragaria vesca		+						r				+		r									+	+	r	28	II
Pinus sylvestris		r						r						r												12	I
Rosa dumalis		r						r																		8	I
Veronica officinalis		+										r	+	r	r		r								r	28	II
Sambucus racemosa		r											r													8	I
Convallaria majalis		+																								4	I
Stellaria nemorum		r																								4	I
Urtica dioica		r																								4	I
Carex pilulifera			r		r	r	r	r				+		1/-2	+	r		r	+							44	III
Rubus idaeus			r			r		1			r		1	+	r		r	r	r	1	-2	r	+	r		60	III
Maianthemum bifolium			r			+										r										12	I
Moehringia trinervia			r						1	r	+	1	+													24	II
Actaea spicata			r																							4	I
Carex brizoides				1		+																				8	I
Frangula alnus				r		r																				8	I
Geranium robertianum				r								1	+										+			16	I
Deschampsia caespitosa						+																				4	I
Luzula pilosa								r	+	1	1			1	1											24	II
Ajuga reptans								r																		4	I
Epipactis helleborine									r				r		r											12	I
Hieracium laevigatum									r																	4	I
Poa nemoralis										r			+		+	r	+2		r	r		r				32	II
Calamagrostis epigeios												+	1			1	-3		-5	1	1	1	-2	-2	+	44	III
Betula pendula												r		r	+											12	I
Agrostis capillaris												r							r							8	I
Tilia cordata												+											1	+2		12	I
Cardamine impatiens												r														4	I
Polygonatum multiflorum												r														4	I
Scrophularia nodosa													r	r	r											12	I
Hypericum perforatum													r							r				r	r	16	I
Atropa bella-donna													+													4	I
Epilobium angustifolium														1												4	I
Juncus effusus															+		+									8	I
Festuca gigantea															r											4	I
Melica nutans															+											4	I
Populus tremula																		r	r						1	12	I
Corylus avellana																		r								4	I
Ligustrum vulgare																				r						4	I
Acer campestre																						r				4	I
Athyrium filix-femina																						r				4	I
Senecio sylvaticus																						+				4	I
Hepatica nobilis																							r			4	I
Stellaria holostea																							+			4	I
Carpinus betulus																								r		4	I
Fraxinus excelsior																									r	4	I
Ribes sp.div.																									r	4	I
E0:																											
Pleurozium schreberi	-3	+2	+	+	1		+	1	r	r	r	1		-2	-2	-2	r	+	+4	+	r		-2	-2	r	88	V
Polytrichum formosum	-2			-2	-2	+2		r				+		-3	-3		+		-3					+		44	III
Thuidium abietinum	1-2	1		+	-2	+		+	+		+					+3										36	II
Plagiomnium affine			+			+	+3		+		+															20	I
Atrichum undulatum													+							+						8	I
Dicranum scoparium																			1							4	I

Příloha 3: Klasifikační tabulka z procedury TWINSPAN

```
Cut levels: 0,00   1,00  10,00 31,62 56,13
```

vědecký název druhu	*zkratka druhu*	*číslo výzkumné plochy*	*kód klasifikační skupiny druhu*
		11222221111 211 11	
		45301247968952356781234 01	
Ajuga reptans	Ajurep	--------1----------	000001
Atropa bella-dona	Atrbel	------------1------------	000001
Cardamine impatiens	Carimp	------------1------------	000001
Moehringia trinervia	Moetri	--1----1-1111------------	000000
Hieracium laevigatum	Hielae	-------1----------	000001
Polygonatum multiflorum	Polmul	------------1------------	000001
Betula pendula	Betpen	------------1-11----------	000010
Epilobium angustifolium	Epiang	--------------2----------	000010
Epipactis helleborine	Epihel	-------1----11----------	000010
Festuca gigantea	Fesgig	-------------1----------	000010
Luzula pilosa	Luzpil	-------1111--22----------	000010
Melica nutans	Melnut	-------------1----------	000010
Scrophularia nodosa	Scrnod	------------111----------	000010
Pinus sylvestris	Pinsyl	-1------1-----1----------	000011
Abies alba	Abialb	11----11--1--------------	00010
Rosa dumalis	Rosdum	-1------1----------------	00010
Sambucus racemosa	Samrac	-1----------1------------	00010
Acer pseudoplatanus	Acepse	1-1----------------------	000110
Convallaria majalis	Conmaj	-1----------------------	000110
Stellaria nemorum	Stenem	-1----------------------	000110
Urtica dioica	Urtdio	-1----------------------	000110
Actaea spicata	Actspi	--1---------------------	000111
Carex brizoides	Carbri	---1-2--------------------	000111
Deschampsia caespitosa	Descae	---1----------------------	000111
Frangula alnus	Fraaln	---1-1--------------------	000111
Carex digitata	Cardig	1-1----1--11-1------1---	00100
Senecio ovatus	Senova	-1-----11---1----------1	00100
Galium rotundifolium	Galrot	-1111--121-2211--------2-	00101
Melampyrum pratense	Melpra	1--------1-1-321---------	00101
Fagus sylvatica	Fagsyl	211223223211312111---11-1	001100
Oxalis acetosella	Oxaace	12111221311-2211--1----21	001100
Picea abies	Picabi	-1-1-22111-11---11-------	001100
Dryopteris carthusiana	Drycar	111111--1---11---1--1----	001101
Calamagrostis arundinacea	Calaru	4421--223311-32-------113	00111
Galeopsis pubescens	Galpub	-111-----1--1---------1--	00111
Geranium robertianum	Gerrob	-----1-----11----------1	0100
Veronica officinalis	Veroff	-1---------1111-1-----1--	0100
Avenella flexuosa	Avefle	2---1-1111-1-221---11-1--	01010
Carex pilulifera	Carpil	--111-1-1--1-121-11------	01010
Milium effusum	Mileff	1-1--1-------21--------11	01010
Fragaria vesca	Fraves	-1------1--1--1-------111	01011
Pseudotsuga menziesii	Psemen	12122221333212332333322122	01011
Quercus petraea agg.	Quepet	-1-111-----111---------32	0110
Vaccinium myrtillus	Vacmyr	1112111----------21---11-	0110
Maianthemum bifolium	Maibif	--11-------------1-------	0111
Quercus rubra	Querub	11----------------------1	0111
Impatiens parviflora	Imppar	11------111131211-1112121	100
Mycelis muralis	Mycmur	11111--11111---1--12-1122	100
Viola reichenbachiana	Viorei	-32--1-1221122121--212221	100
Luzula luzuloides	Luzluz	11-122-1111322222222-222-	1010
Rubus idaeus	Rubida	--11----11--21111-1122-11	1010
Agrostis capillaris	Agrcap	-----------1------1------	1011
Juncus effusus	Juneff	-------------1--1--------	1011
Poa nemoralis	Poanem	----------1-11--2111-1---	1100
Quercus robur	Querob	-1-----11-11---11211-11--	1100
Hieracium murorum	Hiemur	1----------1---1111----1-	11010
Sorbus aucuparia	Sorauc	1--1-------111-12211-1111	11010
Dryopteris filix-mas	Dryfil	1----1------1--1---22-112	11011
Hypericum perforatum	Hypper	------------1--------111-	11011
Rubus fruticosus agg.	Rubfru	-11--1--1--1111-1-1353212	11011
Calamagrostis epigeios	Calepi	-----------12---323222123	11100
Populus tremula	Poptre	---------------1--1---2--	11100
Acer campestre	Acecam	------------------1-----	11101
Athyrium filix-femina	Athfil	------------------1-----	11101
Corylus avellana	Corave	---------------1---------	11101
Ligustrum vulgare	Ligvul	------------------1----	11101
Senecio sylvaticus	Sensyl	------------------1-----	11101
Tilia cordata	Tilcor	-----------1----------32	11110
Carpinus betulus	Carbet	----------------------1-	11111
Fraxinus excelsior	Fraexc	----------------------1--	11111
Hepatica nobilis	Hepnob	----------------------1	11111
Ribes spec. div.	Ribsp.	----------------------1--	11111
Stellaria holostea	Stehol	----------------------1	11111
		00000000000000001111111111	
		00000001111111110000000111	
		00111110000001100000111	
		01111000011 0001	
		00010011	
		kód klasifikační skupiny plochy	