

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Analýza obnovy smíšeného porostu na území NPR
Voděradské bučiny**

Diplomová práce

Autor: Bc. Tomáš Vydra

Vedoucí práce: prof. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Vydra

Lesní inženýrství

Název práce

Analýza obnovy smíšeného porostu na území NPR Voděradské bučiny

Název anglicky

Analysis of the Regeneration of Mixed Stand on the Territory of NPR Voděradské bučiny

Cíle práce

Cílem práce je provést podrobnou analýzu postupu obnovy smíšeného porostu se zastoupením jedle bělokoré, smrku ztepilého a buku lesního na území Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny, který je obhospodařován podnikem Lesy ČZU. Cílem práce je přinést nové poznatky o vlivu světelných podmínek na odrůstání přirozené obnovy jednotlivých zde rostoucích dřevin a o vlivu postupného prořezávání porostu a klimatických faktorů na přírůst stromů horní etáže. Základem práce bude důkladná literární rešerše této problematiky. Experimentální část bude realizována na trvalé výzkumné ploše založené v roce 2003. Součástí práce bude návrh na další postup obnovy i zobecnění poznatků pro širší území.

Metodika

Rozbor problematiky obnovy lesa se zvláštním zřetelem na přirozenou obnovu smíšených porostů.

Zhodnocení stavu lesa, přírodních podmínek, dosavadního hospodaření ve vybraném porostu na území Školního lesního podniku v Kostelci and Černými lesy.

Opakované provedení a vyhodnocení dendrometrických měření stromů horní etáže (d1,3, h, hk) a odvození produkčních parametrů (zásoba, výčetní kruhová základna) na trvalé výzkumné ploše.

Odběr vývrtů z min. 30 stromů na TVP a provedení přírůstové analýzy.

Analýza světelných poměrů na síti monitorovacích ploch (5 x 5 m) pro analýzu přirozené obnovy, metodou analýzy hemisférických fotografií (software WinsCanopy).

Statistická analýza vlivu světelných podmínek na hustotu, druhové složení a růst přirozené obnovy.

Analýza vlivu uvolnění stromů horní etáže na jejich radiální přírůst, posouzení vlivu klimatických faktorů na růst zkoumaných dřevin.

Návrh dalšího postupu obnovy

Harmonogram:

- obnovení výzkumné plochy (termín 9/2023),
- vypracování literární rešerše (termín 12/2023),

- hodnocení stavu lesa, přírodních podmínek a hospodaření ve vybrané části NPR Voděradské bučiny (termín 12/2023),
- sběr dat v terénu dle metodiky (termín 12/2023),
- zpracování dat a první verze diplomové práce (termín 2/2024),
- předložení manuskriptu práce (termín 3/2024)



Doporučený rozsah práce

min. 50 stran textu

Klíčová slova

druhá skladba, struktura porostu, klimatické faktory, světelné podmínky, přírodě blízké pěstování lesů, radiální přírůst

Doporučené zdroje informací

- BÍLEK, L., REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V., ROZENBERGAR, D., DIACI, J., ZAHRADNÍK, D., 2014: Gap regeneration in near-natural European beech forest stands in Central Bohemia – the role of heterogeneity and micro-habitat factors. *Dendrobiology*, 71: 59-71.
- ČATER, M., LEVANIČ, T., 2013: Response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different silvicultural systems of the high Dinaric karst. *Forest Ecology and Management*, 289: 278-288.
- DĂNESCU, A.; KOHNLE, U.; BAUHUS, J.; WEISKITTEL, A.; ALBRECHT, Alex T., 2018. Long-term development of natural regeneration in irregular, mixed stands of silver fir and Norway spruce: *Forest Ecology and Management* [online], 2018. 430. 105-116 s. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2018.07.055
- DOBROWOLSKA, D.; BONČINA, A.; KLUMPP, R. Ecology and silviculture of silver fir (*Abies alba* Mill.): a review: *Journal of Forest Research*, 2017. 22(6). 326-335 s. ISSN 1341-6979.
- KUČERAVÁ, B., DOBROVOLNÝ, L., REMEŠ, J., 2013: Responses of *Abies alba* seedlings to different site conditions in *Picea abies* plantations. *Dendrobiology*, 69: 49-58.
- MODRÝ, M., HUBENÝ, D., REJŠEK, K., 2003: Differential response of naturally regenerated European shade tolerant tree species to soil type and light availability. *Forest Ecology and Management*, 188: 185-195.
- POLENO, Z., 1999: Výběr jednotlivých stromů k obnovní těžbě v pasečném lese. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 128 s.
- REMEŠ, J., KUŠTA, T., ZEHNÁLEK, P., 2008: Struktura a vývoj dlouhodobě cloněných nárůstů v systému přírodě blízkého hospodaření v lesích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54: 41-48.
- STANICIOIU, P. T.; O'HARA, K. L., 2006 Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania: *European Journal of Forest Research*. 125 [online], 2006. 151-162 s. ISSN 1612-4669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-005-0069-3

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 3. 5. 2023

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 03. 01. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Analýza obnovy smíšeného porostu na území NPR Voděradské bučiny“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jiřího Remeše, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzi tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 4.4.2024

Podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu práce prof. Ing. Jiřímu Remešovi, Ph.D. za cenné rady, spolupráci, ochotu při konzultacích a odborné vedení mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a svým blízkým přátelům za podporu během celého studia a při tvorbě této práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá analýzou přirozené obnovy smíšeného porostu na území Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny. Trvalou výzkumnou plochu představuje oplocená část porostu 411 C 14. Mateřský porost reprezentuje celkem 6 dřevin, přičemž kostru tvoří dominantní jedle bělokorá a smrk ztepilý, přimíšenou dřevinou představuje buk lesní. Teoretická část se věnuje problematice přirozené obnovy, smíšených porostů a struktury lesního ekosystému. Praktická část je zaměřena na analyzování přirozené obnovy ve vztahu ke světelným poměrům. Ty se získaly formou hemisférických fotografií na monitorovacích plochách 5 x 5 m. Další částí praktického šetření je dendrometrické měření horní etáže výzkumné plochy o velikosti 0,7 ha. Společně s vyhodnocením produkčních parametrů byla u vybraných jedinců jedle a smrku provedena dendrochronologická analýza odebraných vývrtů, na které byla vztahena meteorologická data nejbližší meteorologické stanice. Jako vstupní data byly využity údaje o průměrné roční teplotě a ročním úhrnu srážek v posledních 40 letech – ty byly rozděleny na dvě dvacetileté období, která značí periody odlišných reakcí obou dřevin na vnější podmínky. Dále byla k analýze využita i průměrná měsíční teplota.

Přirozené zmlazení nemá na ploše jednotný charakter. Dominuje zde jedle bělokorá s celkovým podílem 70,2 % (71149 jedinců), přičemž se jedná zejména o zmlazení do výšky 20 cm. Druhou nejčastěji zastoupenou dřevinou je smrk s podílem 16,3 % a velký význam zde má ještě buk, který představuje 12,1 % obnovy a mnohdy odrůstá s náskokem několika metrů před ostatními dřevinami. Testování parametrů světelných podmínek neprokázalo signifikantní vliv na počet, podíl nebo růstové veličiny jedinců obnovy. Hlavním důvodem je velký vzrůst obnovy, kdy růst jedinců ovlivňuje především konkurence. Z horní etáže, tvořené 151 živými jedinci, dosahuje z hlavních dřevin nejlepších produkčních parametrů smrk při výčetní tloušťce 55,2 cm, průměrné výšce 36,8 m a při objemu středního kmene 3,58 m³. Celková zásoba porostu činí 464,14 m³ (663,06 m³ / ha) při zakmenění porostu 0,8. Dendrochronologická analýza ukázala negativní vliv mezi přírůsty smrku a zvyšujícími se teplotami, zejména letními. Potvrdila také obecně známý trend posledních let, oteplování v rámci klimatické změny.

Klíčová slova: druhová skladba, struktura porostu, klimatické faktory, světelné podmínky, přírodě blízké pěstování lesů, radiální přírůst

Abstract

This diploma thesis deals with the analysis of the natural forest regeneration of a mixed stand which took place in the area of National Nature Reserve Voděradské bučiny. The permanent research area is the fenced part of stand 411 C 14. The shelterwood is represented by a total of 6 tree species, while the principal species are dominant Silver fir and Norway spruce, and the mixed tree species being European beech. The theoretical section analyses a natural forest regeneration, mixed stands and the structure of the forest ecosystem. The practical part focuses on analysing natural forest regeneration in relation to light conditions. These conditions were obtained in the form of hemispherical photographs on 5 x 5 m monitoring plots. Another part of the practical investigation is the dendrometric measurement of the shelterwood of the 0,7 ha research area. Together with the evaluation of the production parameters, a dendrochronological analysis was carried out on selected fir and spruce specimens in the form of borehole sampling, to which meteorological data from the nearest meteorological station were referenced. The input data were the mean annual temperature and annual precipitation over the last 40 years, which were divided into two 20-year periods, marking the periods of different responses of the two species to external conditions. The average monthly temperature was also used for the analysis.

Natural regeneration is not uniform throughout the area. The dominant species is white fir with a total proportion of 70.2 % (71149 individuals), mainly individuals up to 20 cm in height. The second most common tree species is spruce, with a share of 16,3 %, and beech is also very important, accounting for 12,1 % of the regeneration and often outgrowing other species by several metres. Testing of the parameters of light conditions did not show a significant effect on the number, proportion or growth variables of regeneration individuals. The main reason for this is the large increase in regeneration, where the growth of individuals is mainly influenced by competition. The shelterwood consists of 151 living individuals, the best production parameters are achieved by spruce with a diameter at breast height of 55.2 cm, an average height of 36.8 m and a mean stem volume of 3.58 m³. The total stock of the stand with 0.8 stand density is 464.14 m³ (663.06 m³ / ha). Dendrochronological analysis showed a negative effect between spruce increments and increasing temperatures, especially summer temperatures. It also confirmed the well-known trend of recent years, warming under climate change.

Keywords: species composition, stand structure, climatic factors, light conditions, close-to nature silviculture, radial increment

Obsah

1 Úvod.....	14
2 Cíle práce	14
3 Literární rešerše	15
3.1 Dynamika lesních ekosystémů.....	15
3.1.1 Velký vývojový cyklus lesa.....	15
3.1.2 Malý vývojový cyklus lesa	16
3.2 Smíšený les	18
3.3 Jedle bělokorá (<i>Abies alba</i> Mill.).....	20
3.3.1 Ekologické nároky jedle bělokoré	21
3.3.2 Jedle v porostních směsích	22
3.4 Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> L.)	22
3.4.1 Ekologické nároky smrku ztepilého	24
3.4.2 Smrk v porostních směsích	24
3.5 Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i> L.).....	25
3.5.1 Ekologické nároky buku lesního.....	26
3.5.2 Buk v porostních směsích	26
3.6 Obnova lesa.....	27
3.6.2 Přirozená obnova	29
3.7 Abiotické složky prostředí ovlivňující lesní ekosystémy	32
3.7.1 Sluneční záření.....	33
3.7.2 Teplota	34
3.7.3 Vzdušná vlhkost.....	34
3.7.4 Vítr	35
3.7.5 Voda.....	36
3.7.6 Půdní prostředí.....	37
3.8 Struktura porostu.....	38

3.8.1 Druhov struktura	38
3.8.2 Vkov struktura.....	38
3.8.3 Prostorov struktura.....	40
3.9 Prod blzk pěstování lesů	41
3.10 Pěstování lesů pod vlivem globálních klimatických změn	42
3.10.1 Prestavba lesa.....	44
4 Metodika	46
4.1 Zjmove uzem	46
4.1.1 Lesy ZU.....	46
4.1.2 NPR Voděradské bučiny	47
4.1.3 Trval vzkumn plocha (TVP)	47
4.2 Terénní sběr dat	48
4.2.1 Dendrometrické mren horní etáže.....	48
4.2.2 Odběr vývrtů stromů	49
4.2.3 Mren dominantních jedinců monitorovacích ploch	49
4.2.4 Analýza svetelnch poměrů	50
4.3 Zpracování a vyhodnocn dat	51
4.3.1 Horní etáž porostu.....	51
4.3.2 Prrsty vybraných jedinců	51
4.3.3 Svetelne podmínky	52
5 Výsledky a diskuze	53
5.1 Horní etáž porostu.....	53
5.2 Analýza prrst vybraných jedinců horní etáže	58
5.3 Analýza hemisférických fotografií	66
5.4 Dominantní jedinci	71
5.5 Souhrn výsledků a jejich diskuze.....	73
6. Závěr a doporuen	76
7. Použit literatura	78

Seznam obrázků

Obrázek 1: Dynamika přírodních smrčín v boreální tajgové zóně (nahore, VELKÝ vývojový cyklus) a v horských ekosystémech smrkového vegetačního stupně (dole, MALÝ vývojový cyklus) s fází lesa závěrečného (upraveno podle Schmidt-Vogt 1986; Vacek, Remeš et al. 2007)	17
Obrázek 2: Smíšený porost trvalé výzkumné plochy (foto: autor práce, Kostelec nad Černými lesy, 2023).....	19
Obrázek 3: Přirozené zmlazení na TVP (foto: autor práce, Kostelec nad Černými lesy, 2021)	32
Obrázek 4: Růstové fáze lesa se zřetelem na vnější znaky a pěstební opatření (upraveno podle Korpel' et al. 1991).....	39
Obrázek 5: Obnovení nečitelného číslování stromů horní etáže (foto: autor práce, Kostelec nad Černými lesy, 2023).....	49
Obrázek 6: Zpracování hemisférických fotografií z MP pro jejich analýzu v softwaru WinsCanopy (autor práce, ČZU v Praze, 2023–2024)	53

Seznam grafů

Graf 1: Výčet dřevin horní etáže na TVP a jejich zastoupení	54
Graf 2: Přehled zastoupení jedle, smrku, buku a dubu v tloušťkových stupních	55
Graf 3: Závislost štíhlostního kvocientu a výčetní tloušťky u jedle	56
Graf 4: Závislost štíhlostního kvocientu a výčetní tloušťky u smrku.....	56
Graf 5: Výšková křivka jedle.....	57
Graf 6: Výšková křivka smrku.....	57
Graf 7: Roční úhrn srážek na trvalé výzkumné ploše za období 1983-2022.....	59
Graf 8: Průměrná roční teplota na trvalé výzkumné ploše za období 1983-2022	60
Graf 9: Srovnání průměrných přírůstků jedle a smrku za období 1886–2022.....	61
Graf 10: Průměrné RWI u smrku a jedle v prvním zkoumaném dvacetiletí (1983–2002)	61
Graf 11: Průměrné RWI u smrku a jedle ve druhém zkoumaném dvacetiletí (2003–2022)	62
Graf 12: Korelace RWI dřevin s teplotami jednotlivých měsíců.....	62

Graf 13: Korelace RWI dřevin se srážkami jednotlivých měsíců	63
Graf 14: Vliv teploty na přírůst jedle za období 1983–2022	64
Graf 15: Vliv množství srážkového úhrnu na přírůst jedle za období 1983–2022	64
Graf 16: Vliv teploty na přírůst smrku za období 1983–2022	65
Graf 17: Vliv množství srážkového úhrnu na přírůst smrku za období 1983–2022	65
Graf 18: Průměrná výška dominantních jedinců v letech 2021 a 2023	72

Seznam tabulek

Tabulka 1: Záření a jeho účinky na rostliny (Ross 1975, Larcher 1988)	33
Tabulka 2: Souhrnný přehled údajů horní etáže na TVP	58
Tabulka 3: Přehled jedinců obnovy v jednotlivých transektech	67
Tabulka 4: Souhrnný přehled přirozené obnovy TVP jednotlivých druhů ve výškových třídách	68
Tabulka 5: Parametry veličin světelných podmínek	69
Tabulka 6: Výsledky statistického testování vlivu světelných parametrů na počet jedinců obnovy	70
Tabulka 7: Výsledky statistického testování vlivu světelných parametrů na vzájemný podíl jedinců obnovy	70
Tabulka 8: Průměrné hodnoty růstových veličin dominantních jedinců podle dřevin ...	72
Tabulka 9: Výsledky statistického testování vlivu světelných parametrů na růstové veličiny dominantních jedinců	73

Seznam použitých zkratek

BK – Buk

BO – Borovice

BR – Bříza

CBP – Celkový běžný přírůst

CHS – Cílový hospodářský soubor

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

DB – Dub

DG – Douglaska

HS – Hospodářský soubor

HZ – Hospodářský způsob

JD – Jedle

JR – Jeřáb

LS – Líska

LT – Lesní typ

LVS – Lesní vegetační stupeň

MD – Modřín

MZe – Ministerstvo zemědělství

NPR – Národní přírodní rezervace

OSSL – Orgán státní správy lesů

PLO – Přírodní lesní oblast

RWI – Index šířky letokruhu

SLT – Soubor lesních typů

SM – Smrk

TVP – Trvalá výzkumná plocha

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesa

VT – Výšková třída

1 Úvod

Úkolem lesního hospodaření je vytvořit stabilní a zdravé lesní ekosystémy, které zajistí plnění všech ekologických, ekonomických i sociálních požadavků společnosti. Dnešní lesy jsou ve fázi přeměny, kdy se nahrazují uměle založené smrkové monokultury, které zažívají rozsáhlé problémy v rámci projevů klimatických změn. Při nahrazování lesních ekosystémů je potřeba zajistit především ekologickou stabilitu nově vznikajících porostů. Trendem v této oblasti je tvorba druhově bohatých porostů, přinášejících řadu výhod. Zvýšením druhové pestrosti můžeme docílit lepší rezistence a vyšší resilience porostů vůči klimatickým výkyvům, dochází k lepšímu využívání živin na stanovišti, zvyšuje se produkce dřevní hmoty a v neposlední řadě dochází k lepšímu využívání vody.

Vznik nových porostů se nabízí realizovat zejména obnovou přirozenou. Ta může hrát významnou roli v rámci probíhajících teplotních výkyvů a s tím souvisejících oslabeních porostů. Při vhodném genetickém materiálu se vzešlí jedinci lépe přizpůsobí podmínkám stanoviště, probíhá u nich nerušený vývoj, a kromě dalších výhod přináší například rozmanitější spektrum pro budoucí výchovný management porostu.

V souvislosti s přirozenou obnovou, smíšením porostu a projevy klimatických změn se čím dál více častěji zmiňuje jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.), která má na výzkumné ploše dominantní úlohu. Nejvíce perspektivní dřevinnou směs s jedlí u nás představují smrk ztepilý (*Picea abies* L.) a buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), přičemž právě tato směs tvoří hlavní dřeviny horní etáže výzkumné plochy. Pěstování druhově pestrých lesů je však dále předmětem zkoumání. Vyžaduje mnoho úsilí, aby se dosáhlo požadovaných výsledků při zajištění všech funkcí lesa při splnění podmínek a nároků dřevin zúčastněných ve směsi.

2 Cíle práce

Cílem této práce je analýza přirozené obnovy trvalé výzkumné plochy na území Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny. Záměrem je zkoumat vliv světelných podmínek panujících na stanovišti ve vztahu k odrůstání zmlazení. Dalším cílem je dendrometrické měření horní etáže smíšeného porostu výzkumné plochy s provedením dendrochronologické analýzy. Nedílnou součástí práce je literární rešerše věnující se problematice přirozené obnovy, smíšených porostů a struktuře lesních ekosystémů.

3 Literární rešerše

3.1 Dynamika lesních ekosystémů

Dynamika lesních ekosystémů je chápána jako mozaika jedinců dřevin, procházejících vývojovým cyklem od vzniku porostu a zdárného odrůstání přes dorůstání, dospělost, stárnutí a následný rozpad zpět k další obnově porostu (Vacek et al. 2016).

Přírodní lesy jako dynamické systémy prodělávají neustálé cyklické změny, které jsou nazývány lesními vývojovými cykly. Obecně se rozlišují lesní cykly na velký a malý, které v lesích bez zásahů člověka přirozeně probíhají (Suchomel et al. 2014). Postupný sled změn druhového složení biocenózy, který vede k zániku ekosystému a jeho nahrazení jiným, nazýváme výrazem sukcese. Sukcesi členíme na primární a sekundární. První zmiňovaná sukcese je vnímána jako dlouhodobý vývoj vegetace probíhající na panenském substrátu, tedy na místech, která byla doposud bez přítomnosti vegetace a chybí zde jakékoliv diaspory rostlin. Sekundární sukcese je definována jako obměna lesa – vznik nového porostu na místech, kde se již nacházel, ale byl zcela zničen katastrofickou událostí, tzv. disturbancí (Vacek et al. 2016). Disturbance hrají klíčovou roli v dynamice lesních ekosystémů a ovlivňují strukturu porostů a procesy obnovy. V Evropě jsou za nejvýznamnější abiotické disturbanční činitele považovány vítr a požár, z biotických činitelů pak hmyz (Dobrowolska et al. 2017). V současném pěstování lesů má větší významnost sekundární sukcese. Výsledkem sukcese je klimaxové stadium lesa, které je v rovnováze s makroklimatem stanoviště. V dnešní době se však teorie klimaxu zpochybňuje. Král et al. (2018) ve svém výzkumu tvrdí, že plnohodnotná cyklická sukcese probíhala pouze na méně než 40 % zkoumaných stanovišť, zejména pokud se jedná o menší výměry plochy, ponechané samovolnému vývoji. Na více než 60 % ploch probíhala ve výzkumu sukcese acyklicky – probíhající disturbance vývoj lesa narušují a vrací zpět.

3.1.1 Velký vývojový cyklus lesa

Velký vývojový cyklus lesa je charakterizován sekundární sukcesí, která probíhá na rozsáhlých plochách v řádu hektarů. Jinými slovy se jedná o velkoplošný vývoj lesa. Velký vývojový cyklus začíná na lesní půdě bez souvislého dřevinného porostu po katastrofickém rozpadu lesa jako důsledek rozsáhlých disturbancí.

Začátek sekundární sukcese je zde charakterizován rychlým šířením světlomilných pionýrských dřevin (Vacek et al. 2016). Pionýrské dřeviny (bříza, jeřáb, topol, olše), které jsou charakteristické značnou osidlovací a rozmnožovací schopností, zajistí, že prostředí získá opět charakter lesa a dochází k formování tzv. stadia přípravného lesa (Suchomel et al. 2014; Korpel 1989). Vývoj lesa se v čase nadále mění a v zástinu rostoucích dřevin se postupně začínají uchycovat dřeviny tolerující a preferující více zástinu (jedle, buk, smrk). Prostedí se vyznačuje víceetážovou strukturou pionýrských a klimaxových dřevin a je vnímáno jako stadium lesa přechodného. Pionýrské světlomilné dřeviny, které se vyznačují rychlým růstem spojeným s krátkou životností, jsou postupně plně nahrazovány dlouhověkými klimaxovými dřevinami. Tento proces nahrazování klimaxovými dřevinami je zpravidla velmi pomalý, trvající i několik století. Přirozeně vzniká les závěrečný, tzv. klimaxový, který plně odráží podmínky stanoviště. Dominují zde dřeviny stínomilné, dlouhověké a tímto stadiem se velký vývojový cyklus uzavírá (Korpel 1989). Stadium klimaxového lesa může teoreticky trvat bez časového omezení, nicméně to nezaručí jeho neměnnost. V rámci lesa závěrečného probíhá cyklické střídání tří vývojových fází na menších plochách, charakterizované jako malý vývojový cyklus.

3.1.2 Malý vývojový cyklus lesa

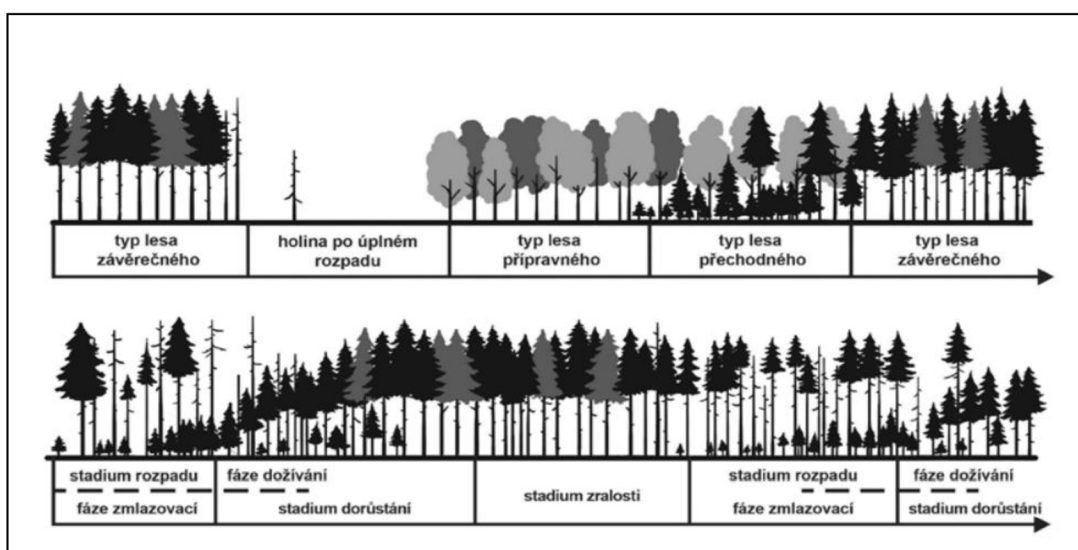
Malý vývojový lesní cyklus se uskutečňuje v rámci klimaxu menších ploch, kdy mluvíme o maloplošném vývoji lesa. Malý vývojový cyklus probíhá v časovém horizontu staletí. Ve smíšených přírodních a přírodě blízkých porostech se zastoupením buku, jedle a smrku trvá malý vývojový cyklus 350–400 let (Vacek et al. 2016). Jednotlivá stadia malého vývojového cyklu v přirozeném vývoji lesa jsou: stadium rozpadu, dorůstání a stadium optima (Podrázský 2014; Korpel 1989). Jednotlivá stadia vývoje lesa se vzájemně překrývají.

Stadium rozpadu porostu je charakteristické postupným a plynulým odumíráním jednotlivých stromů nebo působením vnějšího disturbančního činitele na ploše. V tomto stadiu nepřetržitě stoupá objem mrtvého dřeva. Po odumřelých jedincích vznikají na ploše porostní mezery, které nejsou schopny stávající jedinci vyplnit a dávají tak prostor pro vznik nové generace lesa (Jasík et al. 2011). Mezernatost v zápoji zajistí změnu mikrostaništních podmínek, především zvýšení přísunu srážek a dopadajícího záření.

Na vyšší přísun světla reagují semenáčky zvýšením přírůstu. Konkurence mezi sousedními stromy zajistí jejich pravidelné rozmístění po ploše. Celková rychlost rozpadu s velikostí mezer poté značně rozhoduje o dřevinném složení budoucího porostu (Vacek et al. 2016).

Nastupující generace lesa se začíná postupně plošně, výškově i objemově prosazovat. Stromy mladé generace uplatňují své růstové schopnosti a les přechází do fáze dorůstání. V této fázi postupně klesá objem mrtvého dříví, které je v tomto stadiu nejvyšší (Jasík et al. 2011). Značně klesá počet jedinců na ploše vlivem intenzivní autoredukce, přičemž se dynamicky zvyšuje objemový přírůst a porostní zásoba. Les ve fázi dorůstání je typický bohatou strukturou a podobá se lesu výběrnému. Ve výškově, tloušťkově i prostorově velmi diferenciovaných porostech převažují stromy spodní a střední etáže, vytvářející stupňovitý či vertikální zápoj (Vacek et al. 2016).

Stromy, které jsou ve fázi dorůstání nejvíce výškově diferenciované, se postupně i přes svou různověkost výškově vyrovnávají. Les plynule přechází do fáze optima. Stadium se vyznačuje typicky menším počtem jedinců, u kterých se ztrácí vrstevnatost a zvyšuje pravidelnost uspořádání. Charakteristická je malá intenzita světla dopadajícího na povrch půdy. Převládají stromy nejvyšších tloušťkových tříd a vzhledově se les podobá hospodářskému mýtně zralému porostu. Na konci stadia optima stromy přirozeně začínají v důsledku dosažení svého fyziologického věku odumírat a les tak přirozeně opětovně přechází do stadia rozpadu (Podrázský 2014; Suchomel et al. 2014; Jasík et al. 2011).



Obrázek 1: Dynamika přírodních smrčín v boreální tajgové zóně (nahore, VELKÝ vývojový cyklus) a v horských ekosystémech smrčového vegetačního stupně (dole, MALÝ vývojový cyklus) s fází lesa závěrečného (upraveno podle Schmidt-Vogt 1986; Vacek, Remeš et al. 2007)

3.2 Smíšený les

Smíšený les je les, který je složený z více druhů dřevin přítomných v porostech v určitém zastoupení. Nejčastěji se dřeviny ve směsi dělí podle jejich zastoupení na hlavní (zastoupení více než 30 %), přimíšené (10–30 %) a vtroušené (zastoupení do 10 %), které se takto rozlišují podle Polena et al. (2011). Jako smíšený porost je vnímám porost do 40 let věku se zastoupením alespoň 20 % přimíšených či vtroušených dřevin a v případě stáří porostu nad 40 let se zastoupením minimálně 30 % přimíšených nebo vícero vtroušených dřevin (Korpeľ et al. 1991). U smíšeného lesa mohou být jednotlivé dřeviny variabilně rozmístěné – plošné smíšení je označováno jako forma smíšení.

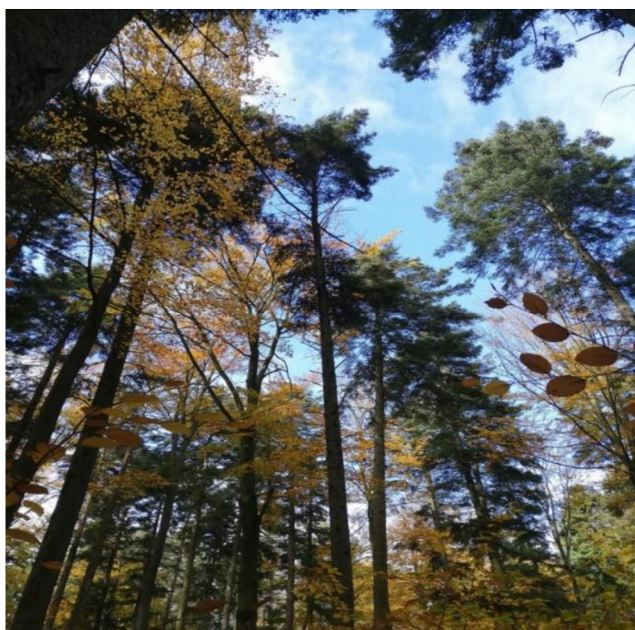
Druhově pestré směsi jsou současným tématem při zakládání nových porostů, kdy disponují mnoha přednostmi. Při poškození dřeviny ve smíšeném porostu nedochází k rozpadu celého porostu. Smíšené lesy představují vyšší záruku stability našich porostů než monokulturní, stejnověkové porosty s chudou strukturou, které byly na našem území v minulosti vysazovány za účelem jednoduché produkce dřevní hmoty. Oproti stejnověkým, převážně jehličnatým monokulturám, mohou mít lesy smíšené také i vyšší produkci, mnohem lépe také využívají vodu. Je prokázáno, že smíšené lesy se dokáží lépe vypořádat s extrémny, které přináší klimatická změna. Porostní směsi ve vhodném plošném uspořádání, odpovídající stanovištním podmínkám, vytvářejí ekosystémy s vyšší rezistencí proti působení škodlivých faktorů a s větší flexibilitou hospodářského využití (Vacek et al. 2018). Nevýhodou tvorby smíšených porostů je fakt, že dřeviny mají rozdílný přirozený růstový rytmus, rozdílné doby kulminace běžného a průměrného přírůstu a dalších růstových veličin, různé nároky na světlo a ty se s jejich věkem navíc dále mění (Vacek et al. 2022). Z těchto důvodů je pěstování smíšených porostů mnohdy složitým úkolem, aby bylo dosaženo prosperity všech zastoupených dřevin a vyhověno jejich nárokům při zajištění pěstebního cíle a všech funkcí lesa.

Typickou směsí v podmínkách středních a vyšších poloh střední Evropy je tzv. Hercynská směs. Hercynská směs je tvořena 3 dřevinami, které jsou nejvíce zastoupenými ve střední Evropě, a to jedlí bělokorou, smrkem ztepilým a bukem lesním (Ficko et al. 2011). Tyto druhy mohou být doplněny ještě o javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.), jakožto vtroušenou dřevinu (Bercha 2006). Obnova porostů Hercynské směsi probíhá bez výrazného narušení horní etáže, pod clonou mateřského porostu. Průměrná zásoba přírodních porostů Hercynské směsi se pohybuje okolo 600–900 m³ / ha. V přírodních lesích se vyznačuje tato směs dlouhou, 350–400 let

trvající dobou obnovního cyklu – ta je determinována dobou života jedle. Obecně lze konstatovat, že se během období jedné generace jedle či smrku vystřídají až dvě generace buku a zastoupení dřevin s jejich zásobami tak může během vývojového cyklu podléhat podstatným změnám. Stadium optima se opakuje po 220–260 letech (Podrázský 2014).

Ke vzniku druhově bohatších, nepřízním klimatu potenciálně stabilnějších porostů se dají vhodně využít i dřeviny pionýrské, které eliminují extrémní panující na vznikajících holých plochách a vytváří příznivější podmínky pro odrůstání stínomilných jedle či buku. Pionýrské, tzv. přípravné dřeviny se vyznačují vysokou rozmnožovací schopností, rychlým vývojem spojeným často s krátkověkostí a rychlým šířením, odolností vůči teplotním extrémům, kolísání obsahu vody v půdě, intenzivnímu slunečnímu záření a proti stálému vanutí větrů. Opadem stimuluje koloběh živin a zvyšují biodiverzitu lesa (Polách, Špulák 2021). Nejvýznamnější pionýrské dřeviny jsou bříza bělokora (*Betula pendula* Roth), topol osika (*Populus tremula* L.), olše lepkavá (*Alnus glutinosa* L.) nebo jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.)

Dnes se na našem území smíšené lesy vyskytují v zastoupení pouze 30,6 %, přičemž se odhaduje, že mohou růst a jsou původní až na 90 % našeho území (Vacek et al. 2018). U nás však převažují převážně jehličnaté lesy s 57,7 %, převážně listnaté lesy představují podíl 11,7 % lesní půdy na našem území (MZe 2023). Současným trendem je obecný zájem na zvyšování druhové bohatosti v našich lesích a myšlenka přírodě blízkých a k přírodě šetrnějších pěstebních postupů, než tomu bylo v minulosti.



Obrázek 2: Smíšený porost trvalé výzkumné plochy
(foto: autor práce, Kostelec nad Černými lesy, 2023)

3.3 Jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.)

Jedle bělokorá je jediným domácím původním zástupcem rodu jedle na našem území. Jedle je jednodomý vždyzelený strom, který řadíme mezi dlouhověké dřeviny, kdy se dožívá i 800 let, běžně však mezi 400–500 lety (Musil, Hamerník 2007). V případě vhodných stanovištních podmínek dorůstá výšky až 60 m s průměrem kmene až 2 m (Remeš 2019). Jedle bělokorá se řadí mezi dřeviny oceánického klimatu – těm vyhovuje nízké kolísání teplot a mírné zimy. Jedle hůře snáší horká léta.

Jedle je považována za významnou dřevinu hor jižní a střední Evropy, která pomístně sestupuje i do nižších poloh. V horských oblastech, např. Alp, tvoří důležité ochranné lesy pro infrastrukturu, jako jsou železnice, silnice nebo sídla (Tinner et al. 2013). Na našem území se jedle vyskytuje běžně v nadmořské výšce 500–900 m n. m., přičemž nejnižše se nachází kolem Hřenska (140 m n. m.) a její nejvyšší výskyt u nás je na Šumavě (1300 m n. m.) v oblasti Boubínského pralesa (Musil, Hamerník 2007). Mimo naše území začíná její areál ze západu v Pyrenejích a z jihu v Itálii a přes Normandii pokračuje na východ přes Alpy do Karpat. Na Ukrajině, Francii a Polsku se nachází také v nížinách (Dobrowolska et al. 2017).

Koruna stromu má v pozdějším věku typický válcovitý tvar. Vrchol stromu je často zploštělý z důvodu dorůstání hlavního vrcholu bočními (Korpel' et al. 1991), kdy pak vrchol připomíná čapí hnízdo. Kmen je plnodřevnější, méně sbíhavý než u smrku a větve jsou nasazeny nejčastěji v kolmém směru. V případě oslunění kmen začne obrůstat spícími pupeny (Chroust et al. 2001). Jehlice jedle jsou ploché vždyzelené, na spodní straně s bílým voskovým proužkem a vydrží na větvi běžně 8–12 let. Koruna jedle dokáže zachytit 40–80 % srážek (Musil, Hamerník 2007). Namodralé šišky o velikosti do 20 cm rostou vzpřímeně, dozrávají a rozpadají se během 1 roku a typický je pozůstatek holého větve. Semena jsou většinou tříhranná, nafialovělá a velikostně do 10 mm. Semenné roky se u jedle opakují po 2–6 letech. Dřevo neobsahuje pryskyřičné kanálky, naopak kůra, šišky a jehlice pryskyřici obsahují. Dřevo má využití nejčastěji v nábytkářství a ve vodních stavbách díky své značné trvanlivosti pod vodou (Zeidler, Borůvka 2019). Díky hlasitému praskání se jedlové dřevo dříve využívalo v důlních šachtách ve formě podpěr, kdy se využívalo zvuku praskání jako varování (Úradníček, Chmelař 1998 a). Kořenový systém jedle se řadí mezi ty stabilnější, kdy dobře odolává škodlivým vlivům bořivých větrů a tvar je většinou srdčitý, případně kúlový. Po 30. roce života se u jedle tvoří tzv. panohy – svislé, hluboko směřující upevňovací kořeny.

Běžný jev pozorovatelný u jedle je tzv. zavalování kořenů, kdy dochází ke srůstu kořenů pokáceného stromu s kořeny stromu nadále žijícího.

Podle zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2022 (MZe 2023) je na našem území jedle zastoupena 1,3 %, přičemž její přirozený podíl činí 19,8 %. Největší zastoupení jedle na našem území měla zhruba v období Atlantiku, což dokazuje výzkum pylových zrn (Bercha 2006). Jako největší viník úpadku zastoupení jedle se projevil styl hospodaření, kdy se od 18. století začalo intenzivně hospodařit pasečným způsobem. Dalším negativním faktorem pro prosperitu jedle bylo také znečištění ovzduší (Úradníček, Chmelař 1998 a). Ficko et al. (2011) zmiňují hromadný úbytek jedle v Evropě v 70. a 80. letech 20. století jako jev nazvaný „odumírání jedle“. V posledních letech dochází k velmi mírnému zvyšování podílu jedle v našich lesích. Ústav hospodářské úpravy lesa doporučuje do budoucna zastoupení 7,6 % (MZe 2023).

Dnes je obnova jedle velmi složitým úkolem zejména kvůli vysokým stavům zvěře, která je pro její úspěšné odrůstání limitujícím faktorem. Z hmyzích zástupců působí na jedli škody zejména korovnice kavkazská (*Dreyfusia nordmannianae*), korovnice jedlová (*Dreyfusia piceae*) nebo lýkožrout jedlový (*Pityokteines curvidens*) či prostřední (*Pityokteines spinidens*) (Liška et al. 2009; Knížek 2008). Co se týče houbových patogenů, nejčastěji se skloňuje ohňovec hartigův (*Phellinus hartigii*) nebo sypavka jedlová (*Hypodermella nervisequia*). V neposlední řadě má potenciál působit nemalé škody také jmelí bílé (*Viscum album* L.).

3.3.1 Ekologické nároky jedle bělokoré

Jedle je čistě stínomilná dřevina, dokonce naše druhá nejvíce tolerující zástin, hned po tisu červeném (*Taxus bacatta* L.). Dokáže velmi dlouhou dobu vegetovat ve spodní etáži a čekat na rozvolnění, a to dokonce i více než 120 let. Dlouhodobé přežívání v podrostu nestejnověkých porostů je zajištěno i při hodnotách intenzity rozptýleného slunečního záření <5 % (Rozenbergar et al. 2007). Na prudké uvolnění však nereaguje pozitivně, obdobně jako na prudké oslunění (Musil 2003). Preferuje hluboké půdy, nejčastěji v rozmezí pH kyselé až neutrální (Todea et al. 2020). Jedle je ideální dřevinou na oglejená stanoviště středních poloh, vyhýbá se lokalitám se stagnující vodou či rašeliništím a je citlivá, zejména ve stadiu semenáčků, na pozdní mrazíky. Optimum nachází jedle na půdách vápencových a vyžaduje vyšší obsah živin například v porovnání

se smrkem (Úradníček, Chmelař 1998 a). V porovnání s jinými jehličnatými hospodářsky významnými dřevinami má jedle nejmenší požadavky na provzdušnění půdy (Štefančík et al. 2007). Asimilace probíhá po celý rok. Podle Musila (2003) nedochází v případě jedle k vyčerpání půdy, naopak půdu svým opadem obohacuje. Třeštík a Podrázský (2017) považují jedli za melioračně-zpevňující dřevinu, nicméně v oblasti meliorace poukazují na nevýznamné rozdíly oproti smrku. Jedle preferuje slabé proudění vzduchu a vyšší vzdušnou vlhkost (Bercha 2006). Jak ve svém výzkumu zjistily Todea et al. (2020), jedle je poměrně citlivá na vyšší koncentrace zasolení v půdách, nejvíce ve fázi jednoletých semenáčků.

3.3.2 Jedle v porostních směsích

Jedle bělokorá jakožto značně stínomilná dřevina se nehodí na pěstování monokultur – naopak se jeví jako ideální dřevina do bohatě strukturovaných, víceetážových smíšených porostů s dlouhou obnovní dobou. Nejvíce vhodnou směsí dřevin pro jedli představují buk lesní a smrk ztepilý, všechny tyto dřeviny dohromady jsou známy jako Hercynská směs (Mezera 1974). V této směsi si jedle vyžaduje k úspěšné obnově silnější zápoj horní etáže, aby došlo k vytvoření vhodných stinných podmínek – obnova na holé ploše je problematická. Naopak pod clonou mateřského porostu má jedle nejvyšší výškový přírůst v porovnání s ostatními dřevinami. Podle práce Dobrowolske (1998) se jedli nedaří úspěšně obnovovat ve smíšených porostech se zastoupením lípy nebo dubu, naopak pod horní etáží břízy nebo habru lépe. Pěstování jedle pod horní etáží břízy, jakožto přípravné a krycí dřeviny, doporučují také Polách, Špulák (2022), kdy uvažují o náskoku břízy zhruba 15 let s redukcí zakmenění na 5.

3.4 Smrk ztepilý (*Picea abies* L.)

Smrk ztepilý (*Picea abies* L.) je nejdůležitější hospodářskou dřevinou střední a severní Evropy, oporou dřevařského průmyslu. Jedná se o jednodomý, vždyzelený strom s přeslenitým větvením. Podle Musila (2003) dorůstá smrk výšky 3–40 (50) m, průměru kmene do 1,5 m a dožívá se běžně 300–400, výjimečně i 600 let.

Smrk začíná plodit ve stáří 30–50 let, ale v případě hustého zápoje až kolem 70. roku. Semenné roky se opakují v periodách po 4–5 letech, později na horách (5 až 10 let),

naopak dříve v nižších polohách (3 roky). Výmladnost nemá žádnou, v horských polohách na stanovištích nepříznivých pro vzejití obnovy se může množit také pomocí hřížení, kdy dojde k zakořenění části výhonu pod vrstvou půdy. Snadně opracovatelné dřevo má velmi široké využití, používá se jako dřevo stavební, dále je ceněné jako rezonanční dříví a upotřebení nachází často v papírenském průmyslu. Mimo dřevní produkci mají smrky využití například jako vánoční stromky. Kořenový systém je talířovitý, většinou mělký a málo stabilní z hlediska kotvení v zemi. Na nevhodných stanovištích dochází běžně k vývrátům, naopak stabilnější kotvení prokazuje smrk například na skeletovitých půdách (Musil 2003).

Smrk ztepilý je nejvíce polyformním taxonem ve svém rodu. Podle jednoho německého přísloví má každý smrk v porostu jiný „ksicht“ (Jede Ficht' hat ein andres G'sicht"). Na našem území se smrk nachází z velké většiny svého zastoupení mimo své ekologické optimum, protože byl v 18. století uměle vysazován formou stejnověkových monokultur za účelem jednoduchého pěstování s vysokou produkcí dřevní hmoty (Musil 2003). U nás se jedná o dřevinu podhorských a horských poloh, u které by mělo být v budoucnu dodrženo pěstování od 600 m n. m. výše s ročním úhrnem srážek alespoň 800 mm, pod 5. LVS jen v určitém zastoupení ve směsích a na vyhovujících lokalitách.

Data Mze (2023) ukazují původní zastoupení smrku na našem území 11,2 %, přičemž současné je 46,8 %, kdy se smrk nachází pouze na zhruba 20 % svých přirozených stanovišť. Výhledově ÚHÚL predikuje zastoupení smrku 28,3 % v dřevinné skladbě.

Smrk má na území naší republiky obrovské problémy, na což poukazuje i Holuša (2004). Velkoplošné rozpady monokultur jsou dávány za vinu zejména kombinací suchých let s nadprůměrnými teplotami a napadení podkorním hmyzem, který se na oslabených rozsáhlých smrčinách nemá problém dále šířit. Nejvýznamnějšími podkorními škůdci jsou lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.), lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus* L.) a lýkožrout severský (*Ips duplicatus* S.) (Holuša, Liška 2002). Dále na smrku škodí celé spektrum hmyzu působící závažné škody, jako jsou ploskohřbetky, bekyně mniška (*Lymantria monacha* L), nebo pilatky. Mimo hmyz působí na naši nejdůležitější hospodářské dřevině poškození také houbové patogeny, přičemž nejvýznamnější je václavka smrková (*Armillaria ostoyae* Romagn.), jakožto kořenový patogen (Liška, Lorenc 2017) a za zmínku stojí i kořenovník vrstevnatý

(*Heterobasidion annosum* Fr.). Smrk má také poměrně malou schopnost regenerace, tudíž je citlivý také na škody zvěří – okus, ohryz, loupání (Musil 2003).

3.4.1 Ekologické nároky smrku ztepilého

Smrk je podle Musila (2003) považován za polostinnou až stinnou dřevinu, přičemž podle jiných autorů je řazen zase mezi dřeviny slunné (Úradníček, Chmelař 1998 a). Lze tedy konstatovat, že smrk je velmi plastickou dřevinou, schopnou odrůstat v různých světelných poměrech. Půdy preferuje s vyšší půdní vlhkostí a provzdušněním s rozmezím pH 4,0 až 5,0 (Holuša, Liška 2002). Tepelné nároky smrku jsou malé, dobře snáší nízké teploty, v nárocích na teplo je skromnější z hospodářsky významných dřevin pouze modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.) (Štefančík et al. 2007). Naopak se řadí mezi dřeviny náročnější na vodu, kdy vyžaduje dostatečné množství disponibilní vody a je velmi citlivý na dlouhodobější suchá období. Na druhou stranu i dlouhodobé zamokření nebo dokonce záplavy snáší smrk značně špatně. Smrk je významnou dřevinou v ukládání surového humusu, kdy čisté smrčiny významně přispívají k podzolizaci a okyselení půdy (Musil 2003).

3.4.2 Smrk v porostních směsích

Ideální dřevinou do směsi se smrkem se jeví buk. Toto spojení jehličnaté dřeviny v nadúrovni a listnaté v podúrovni s odlišnou morfologií kořenového systému má za následek lepší využití růstového prostoru a zdrojů prostředí (Morin et al. 2011). V případě doplnění o jedli hovoříme o již zmíněné Hercynské směsi, která se dá doplnit o vtroušený javor. Smrk má v Hercynské směsi ekologické optimum tam, kde slábne konkurenční schopnost buku a jedle – výše položené, studené až mrazem ohrožené lokality (Musil 2003). Jako optimální lesní vegetační stupeň v Hercynské směsi se u smrku jeví 6. LVS (Vacek 2003). Na chudších stanovištích lze uvažovat o směsi smrku s borovicí, kdy se však musí dbát na zastoupení borovice do 30 %, v případě vyššího zastoupení se zvyšuje riziko dominance borovice a utlačení smrku do podúrovně (Vacek et al. 2018). Ve vyšších LVS lze uvažovat o směsi pouze smrku s jedlí, kdy buk přestává těmto dřevinám konkurovat (Průša 2001).

3.5 Buk lesní (*Fagus sylvatica* L.)

Buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) je naší nejdůležitější hospodářskou listnatou dřevinou. Dosahuje výšky do 40 m, průměru kmene kolem do 1,5 m a dožívá se běžně 200–400 let (Musil 2005; Úradníček, Chmelař 1998 b). Kromě ekonomické hodnoty má pro nás význam jako nejdůležitější melioračně zpevňující dřevina.

Buk vytváří v zápoji metlovitou korunu a na volném prostranství volně rozvětvenou, kulovitou. Listy s tenkou čepelí jsou na podzim nápadně zbarvovány od žluté přes červenou až po tmavě hnědou, než opadnou (Musil 2005). Kmen bývá u jedinců v zápoji průběžný bez bočního větvení až vysoko do koruny. Plody buku lesního – bukvice dozrávají v období září až říjen a semenné roky se opakují po 5 až 10 letech. Dřevo je roztroušeně pórovité, bez zřetelného pravého jádra, kdy se naopak u starších jedinců typicky vytváří nepravé jádro, snižující kvalitu dřeva. Má široké využití kvůli své dostupnosti, pevnosti a snadného opracovávání – ohýbaný nábytek, překližky, sudy, dřevo s horší kvalitou se využívá jako palivo (Úradníček, Chmelař 1998 b). Buk lesní má kvalitní srdčitý kořenový systém, díky čemuž u něj téměř nedochází k vývratům, s výjimkou vodou ovlivněných půd.

Areál buku lesního se rozkládá ve střední, jižní a severní části Evropy. U nás navazuje v nižších polohách na dub zimní (*Quercus petraea* Matt.) a ve vyšších polohách přepouští své místo smrku a jedli. Mnoho původních bučin je dnes přeměněno na smrkové monokultury (Musil 2005).

Podle Mze (2023) byl buk v minulosti naší nejběžnější dřevinou, kdy u nás měl přirozené zastoupení 40,2 % a jednalo se o větší podíl zastoupení než u všech jehličnatých druhů dohromady (34,7 %). Současný podíl buku na našem území je 9,6 %, přičemž se jeho plocha porostní půdy například oproti roku 2000 zvedla o více než 1/3, konkrétně z 154 791 ha na 251 663 ha (rok 2022). Trendem je i nadále zvyšování podílu buku v našich lesích, z důvodu nejen pro zvyšování stability, ale také díky jeho odolnosti k imisím a pro zlepšování fyzikálních a chemických vlastností půdy (Mráček 1989). Mze doporučuje v budoucnu zastoupení buku 22,5 %.

Co se týče škodlivých činitelů buku, limitem pro úspěšnou obnovu je zejména zvěř, která škodí především okusem bočním a v horším případě terminálního pupenu (Poleno et al. 2009). Z říše hmyzu nepůsobí na buku žádné škody žádný významný zástupce. Na druhou stranu buk lesní je velmi náchylnou dřevinou na napadení

houbovými patogeny, jako je troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius* L.). Jak bylo řečeno, větru buk odolává, jiné abiotické škody působí například mraz.

3.5.1 Ekologické nároky buku lesního

Buk je stínomilná dřevina, po jedli a tisu naší nejvíce tolerantní. Oproti jedli je více konkurenceschopný z hlediska světelných podmínek, poněvadž dokáže lépe a rychleji reagovat na náhlé změny (Čater 2014). Vyhovuje mu mírné oceánské klima. Nemá velké nároky na půdu, vyhýbá se však půdám písčítým a těžkým jílovitým, zamokřeným i příliš vysýchavým (Štefančík et al. 2007). Buk svým opadem půdu obohacuje zejména o vápník – Mráček (1989) tvrdí, že 1 ha bukového porostu obohatí půdu o 80 kg vápníku za jeden rok. O příznivém vlivu nadložního humusu bukového porostu pojednávají také Podrázský, Remeš (2007). Buk vyžaduje vyšší vlhkost vzduchu. Dobře a hluboko se mu daří zakořenit na hlubokých provzdušněných půdách (Úradníček, Chmelař 1998 b). Své optimum má ve 4. a 5. LVS (Štefančík et al. 2007) a jako jedna z hlavních porostotvorných dřevin se vyskytuje do 6. vegetačního stupně (Vacek et al. 2018).

3.5.2 Buk v porostních směsích

V nižších polohách může tvořit směsi s dubem zimním, kdy je dub jakožto silně světломilná dřevina tvořící světlé porosty v nadúrovni a buk v podúrovni (Štefančík et al. 2007). Jak bylo řečeno, buk se skvěle hodí do směsi se smrkem a jedlí – Hercynská směs. Směs pouze se smrkem je naší nejčastější směsí a ta by i nadále měla představovat základ našich lesů při nahrazování jehličnatých monokultur. Velmi kvalitní směs představuje buk s modřínem. Podle Klímy (2007) dochází při rostoucím zastoupení modřínu ve směsi ke snížení produkce a kvality buku, proto doporučuje pěstovat tuto směs v poměru BK 70 a MD 30, kromě zachování kvality buku také z důvodu lepšího plnění ekologických funkcí směsi. Tvorba směsi buku s modřínem přichází v úvahu zejména v hospodářských souborech 51, 53 a 55. Na sutích je vhodná směs buku s jilmem horským nebo lípou srdčitou, v extrémních imisně ekologických podmínkách prostředí je zase účinná směs buku s jeřábem ptačím nebo břízou bělokorou (Vacek et al. 2000).

3.6 Obnova lesa

Obnova lesa je proces, který je základem pěstování lesů (Chroust et al. 2001). Obnovu lesních porostů rozlišujeme na obnovu přirozenou, umělou a kombinovanou. V přírodních lesích a pralesích, kde probíhá nerušený vývoj bez vlivu člověka, se uskutečňuje obnova samovolně po stádiu rozpadu – při fyziologickém dožívání, případně po vnějším abiotickém či biotickém působení. V lesích hospodářských, kde je naším cílem především trvalá produkce kvalitní dřevní hmoty, nahrazujeme souborem pěstebních opatření les stávající, který je na konci svého produkčního období, lesem novým (Chroust et al. 2001).

Pro obnovu hospodářských lesů využíváme hospodářské způsoby, které nám předepisuje vyhláška č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů – holosečný, násečný, podrostní a výběrný.

- U holosečného hospodářského způsobu probíhá obnova na holé souvislé ploše, jejíž rozloha nesmí přesáhnout při mýtní úmyslné těžbě velikost 1 ha s maximální šíří do dvojnásobku průměrné výšky těžného porostu. V odůvodněných případech může OSSL udělit výjimku ohledně velikosti holé plochy, a to do velikosti 2 ha bez omezení šíře holoseče – konkrétně na HS 13, HS 19 a také na dopravně nepřístupných horských svazích delších 250 m. Mimo omezení velikosti holé plochy udává vyhláška také povinnost vlastníkům lesa obnovit lesní porost na holoseči do 2 let a zároveň mít plochu zajištěnou do 7 let od jejího vzniku. Dalším omezením ze zákona je zákaz přiřazování navazující holé plochy ke stávající, doposud nezajištěné (MZe 2018). Za obnovený pozemek se považuje plocha, na níž se nachází minimálně 90 % minimálních počtů životaschopných jedinců, rovnoměrně rozmístěných po ploše, daných přílohou č. 4 vyhlášky č. 456/2021. Kritérium zajištění spočívá v zastoupení alespoň 80 % stanovených minimálních počtů stromků, vykazujících trvalý přírůst a odrostlých škodlivému působení zvěře a buřeni (MZe 2021). Tento způsob hospodaření vyhovuje zejména dřevinám slunným. Způsob se stal ze všech uvedených nejdůležitějším, neboť poskytuje značné technické možnosti, není náročný na provedení a nabízí okamžitě dostupné množství dřevní hmoty, nabízí se možnost přípravy půdy, při ponechání výstavků potenciál přirozeného zmlazení a také určení budoucí dřevinné skladby. Holosečné hospodaření však přináší vysoké riziko kalamitních jevů, kdy snižuje ekologickou a statickou stabilitu lesa. Nevýhodou je dočasná

ztráta plochy charakteru lesa, přerušení koloběhu živin ekosystému, urychlení rozkladu mrtvé organické hmoty, změna mikroklimatu, nevyhovující podmínky stinným dřevinám, eutrofizace spodní a tekoucí vody, riziko eroze a v neposlední řadě také přerušení mimoprodukčních funkcí lesa (Vacek et al. 2020; Vacek, Podrázský 2006).

- Podrovní hospodářský způsob představuje k přírodě šetrnější formu hospodaření, kdy probíhá obměna porostu pod clonou stávajícího mateřského. Nejčastěji rozlišujeme u klasické clonné seče 4 fáze: přípravná, semenná, prosvětlovací a domýtná (MZe 2018). Způsob podrovní preferují především dřeviny stinné, je tak vhodný například pro obnovu buku nebo jedle.
- Násečný způsob obnovy lesa představuje kompromis (kombinaci) mezi holosečným a podrovním HZ. Nahrazení stávajícího porostu probíhá z části na holé ploše a z části pod ochranou clony porostu mateřského. Realizace probíhá ve dvou pruzích (obrubách) – vnější holosečný (omezeno do velikosti 1 ha a šíře 1 porostní výšky) a vnitřní clonný vedený ve směru obnovy do porostu (Vacek, Podrázský 2006). Směr obnovy (násek) je nejčastěji prováděn ve směru od východu, a to zejména z důvodu převládajícího směru bořivých větrů ze severozápadu. Obnova vedená ve směru od západu připadá v úvahu pouze u obnovy silněji kořenících a zpevňujících dřevin, jakým je typicky dub (Vacek et al. 2018).
- Výběrný způsob hospodaření je charakterizován výběrnou těžbou jednotlivých stromů. Ve výběrném lese jsou na menší ploše zastoupeny všechny věkové stupně a udržuje se zde rovnováha v zastoupení tloušťkových tříd – jinými slovy odpadne z každé tloušťkové třídy za určitý časový úsek stejné množství stromů (Vacek et al. 2022). U výběrného lesa z hlediska časové úpravy nahrazujeme klasické věkové stupně stupni tloušťkovými. Těžebním ukazatelem zde pro nás je CPB – celkový běžný přírůst (Vacek et al. 2018). Abychom mohli o lese hovořit jako o výběrném, musí dojít k úzké vazbě a provázanosti pěti základních principů:
 - trvalé zachování lesa na každé části porostu,
 - rovnovážný stav porostu z hlediska výškové i tloušťkové početnosti při dlouhodobě vyrovnaném CBP,
 - v krátkých intervalech opakující se trvalá těžba mytně zralých jedinců,
 - důsledné uplatňování kritérií zušlechťujícího výběru,
 - nepřetržitě probíhající plynulá přirozená obnova (Vacek et al. 2022).

Jako základ pro výpočet ukazatele celkové výše těžeb ve výběrném lese slouží celkový běžný přírůst (CBP). Pro jeho správné stanovení je důležitá důkladná evidence objemů vytěžených stromů a také stanovení dorostu do kmenoviny – objem stromů, které od poslední periody měření překročily registrační hranici evidování (Poleno 2000). CBP se zjišťuje z následujícího vztahu:

$$CBP = \frac{Z_2 + T_t - Z_1 - D}{t}$$

kde:

Z_1 ... předchozí inventarizovaná zásoba porostu (m^3),

Z_2 ... současná inventarizovaná zásoba porostu (m^3),

T_t ... celková těžba za inventarizované období (m^3),

D ... dorost do kmenoviny (m^3)

t ... časový interval mezi inventarizacemi (roky)

(Vacek et al. 2022).

Přednosti výběrného hospodaření je zejména zachování plnění všech funkcí lesa, dále pak zajištění vysoké stability a produktivity, trvalá každoroční těžba mytně zralých stromů, zvýšení hodnotové produkce dřevní hmoty a v neposlední řadě také možnost obnovy značně stinných dřevin, zejména jedle bělokoré. Vacek et al. (2022) zmiňují jako nevýhody výběrného způsobu hospodaření nezbytnost mimořádných pěstebních znalostí, dokonalé zpřístupnění lesa z důvodu nepřetržitých prací, náročné vyklizování a samotnou těžbu dříví, náročnější evidenci či eliminaci nebo pouze velmi omezenou obnovu slunných dřevin. Na našem území se doposud žádné výběrné lesy nevyskytují, existují již však lesy v různých stádiích přestavby na tento přírodě šetrnější styl hospodaření.

3.6.2 Přírozená obnova

Přírozenou obnovou nazýváme proces, kdy dojde k nahrazení stávajícího porostu novým přírozenou cestou, bez umělých zásahů člověka. Přírozenou obnovu členíme na semennou, která je nejběžnější, a na vegetativní. Při vegetativním způsobu noví jedinci vznikají pomocí výmladků, a to pařezových či kořenových, dále pak zakořeňováním větví, tzv. hřížením (Vacek et al. 2016). Ke hřížení dochází u spodních větví smrku

přítisklých tlakem sněhu k zemi a zarostlých přízemní vegetací, zejména na stanovištích, kde nepříznivé extrémní podmínky omezují schopnost generativního množení (Podrázský 2014). Proces přirozené obnovy začíná fruktifikací mateřských stromů a končí dosažením růstové fáze mlaziny, celý proces je tak zpravidla značně delší než u obnovy umělé (Vacek et al. 2018). Problematika přirozené obnovy dnes velmi rezonuje v lesnické i ochranářské veřejnosti. Obecně je vnímán zvýšený zájem o navyšování podílu přirozené obnovy, jakožto prvku přírodě blízkého hospodaření v lesích, postaveného na ekologických základech (Vacek et al. 2016).

Předpokladem pro úspěch přirozené obnovy dostatečný počet geneticky vyhovujících jedinců v mateřském porostu schopných plození. Další a zároveň nejdůležitější předpoklad je výskyt semenného roku. Třetím předpokladem je vhodný stav půdy pro vyklíčení semene, vzejití a následné odrůstání semenáčku. Jako poslední předpoklad jsou požadovány vhodné klimatické podmínky panující na stanovišti a příznivé porostní mikroklima od opadu semen po vzejití semenáčeků. Přirozená obnova záleží na splnění a provázání těchto předpokladů, při nedodržení libovolného je mnohdy vyloučena (Vacek et al. 2020). Klíčovými růstovými faktory vzešlé obnovy jsou světlo, voda a živiny (Bílek et al. 2014).

Dostavení přirozené obnovy lze očekávat především v chladnějších oblastech středních a vyšších poloh s vyšším úhrnem srážek. Nejsnadnější obnova lze realizovat v edafické kategorii kyselé (K), nejčastější kategorií lesních stanovišť na našem území. Edafická kategorie K je specifická menším sklonem k zabuřeňování půd (Vacek et al. 2018).

Správné využívání přirozené obnovy může přinášet spoustu výhod. Všeobecně je oceňována vysoká genetická variabilita populací. Mezi největší přednosti patří udržení autochtonních populací, s uchováním vhodných vlastností mateřských jedinců, přizpůsobených zvláštnostem lokality (Vacek et al. 2000). Další výhodou je přizpůsobení obnovy mikrostanovištním podmínkám oproti jedincům vysazených uměle, předpoklad lepší stability z důvodu nenarušeného růstu kořenového systému. Vyšší počet vzniklých jedinců dává více pěstebních možností k výběru a zároveň zde probíhá vyšší intenzita autoredukce, čímž lze ekonomicky ušetřit na prořezávkách a probírkách. Velký počet semenáčeků také zaručuje omezení vzniklých škod zvěří a menší počet jedinců poškozených např. při vyklizování dřevní hmoty. Vzešlé semenáčky lze také využít k přesazení do mezernatých částí porostu nebo k zaškolkování ve školce

(Vacek et al. 2022). Některé porosty pro tento způsob obnovy nejsou vhodné, naopak musí disponovat dobrou kvalitou a zdravotním stavem, být přizpůsobivé a stabilní, mít dobrý vzrůst, objemovou produkci odpovídající potenciálu stanoviště a v neposlední řadě spadat podle fenologické klasifikace do tříd „A“ – „C“ (Poleno et al. 2009). Jako nevýhody přirozené obnovy vnímáme závislost na fruktifikaci stromů, která se dostavuje nepravidelně, často s odstupem několika let. Dalším negativem je plošná nerovnoměrnost hustoty náletů, kdy vznikají jak mezery, tak přehoustlé skupiny a nevýhodou je také zmlazení pouze dřevin zastoupených v horní etáži, načež musí být požadovaná cílová skladba uměle doplněna (Vacek et al. 2022).

Z hospodářských způsobů se jako nejvíce vhodným pro přirozenou obnovu jeví podrostní či výběrný, kdy nový porost vznikne vysemeněním pod clonou mateřského. Přirozeného zmlazení lze však dosáhnout i u holosečného HZ, kdy může dojít k opadu semen stojících výstavků, ponechaných na holině, či ze stromů ze sousedních porostů. V tomto případě však úspěšnost přirozeného zmlazení záleží také mimo jiné na velikosti a tvaru holé plochy, aby nedocházelo k tvorbě nepříznivých podmínek mikroklimatu – zde se nabízí využití tzv. přípravných dřevin s pionýrskou strategií, které podmínky holých ploch snáší lépe a díky kterým dosáhne plocha opět charakteru lesa, načež jsou využity pro odrůstání dřevin cílových (Vacek et al. 2016).

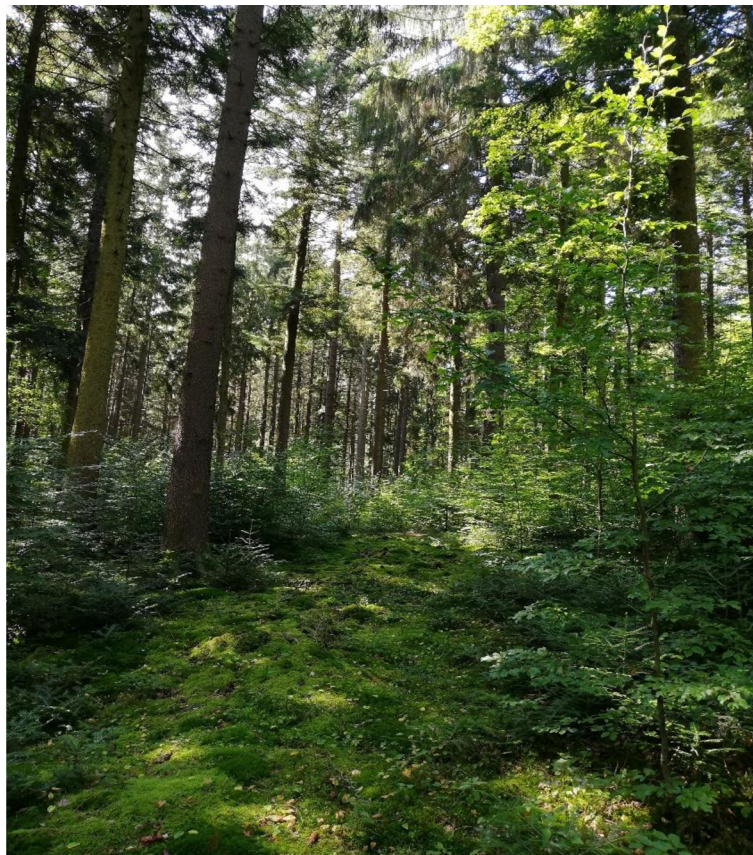
Příhodné podmínky pro vzejití přirozené obnovy může nabízet také tlející dřevo padlého stromu, kde nedochází k bylinné konkurenci, nastává absence silné holorganické vrstvy a je zde také vyloučena potenciální kyselost půdy (Vacek et al. 2016; Bílek et al. 2014).

U nástupu zmlazení rozlišujeme 3 fáze podmínek obnovy:

- Předčasná fáze – dostavení se přirozené obnovy v období, kdy pro ni ještě nenastaly vhodné podmínky. Semena mohou vyklíčit, ale semenáčky většinou v nepříznivých podmínkách velmi často hynou.
- Optimální fáze – dochází k příznivé konstelaci podmínek pro vzejití, odrůstání a přežití semenáčků.
- Promeškaná fáze – podmínky k odrůstání přirozené obnovy byly již promeškány, běžně z důvodu nástupu buřeně, která úspěch často znemožní.

Data ministerstva zemědělství ukazují setrvalý trend nárůstu podílu přirozené obnovy v posledních letech. Podíl meziročně v letech 2021 a 2022 zvýšil o 10,7 %, konkrétně z plochy 9111 ha na 10088 ha (MZe 2023).

Při procesu obnovy plochy se nevyklučuje průběh přirozené i umělé obnovy současně. Děje se tak zejména v případech, kdy není přirozené zmlazení svým rozsahem dostatečné a je potřeba uměle doplnit o cílové dřeviny. V této situaci pak mluvíme o obnově kombinované (Chroust et al. 2001).



Obrázek 3: Přirozené zmlazení na TVP
(foto: autor práce, Kostelec nad Černými lesy, 2021)

3.7 Abiotické složky prostředí ovlivňující lesní ekosystémy

Lesní ekosystém a abiotické faktory prostředí jsou ve vzájemné interakci, lesní ekosystém je jimi ovlivňován a zároveň je výrazně modifikuje. Základní složky abiotického prostředí jsou atmosféra, hydrosféra a půda. Mezi nejvýznamnější abiotické faktory atmosféry patří záření, teplota, vzdušná vlhkost a vítr. Jednotlivé složky se navzájem ovlivňují výměnou látek a přenosem energií (Podrázský 2014).

3.7.1 Sluneční záření

Nejdůležitější z hlediska naprosté většiny všech procesů v atmosféře a na zemském povrchu je sluneční záření, které slouží jako energetický zdroj. Samotné sluneční záření se skládá z fotonů různých vlnových délek v rámci celého slunečního spektra. Průchod slunečního záření na zemský povrch ovlivňuje především atmosféra, a tak se na něj dostane jen část z původní energetické hodnoty $1354 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, tzv. solární konstanty. Průchod solární konstanty atmosférou je snižován pohlcováním, absorpcí, difuzí a rozptylem. Celkem se podle vlnových délek rozlišují 4 druhy záření: ultrafialové (UV), FAR, infračervené (IR) a dlouhovlnné – jejich účinek na rostliny popisuje tabulka č. 1.

Tabulka 1: Záření a jeho účinky na rostliny (Ross 1975, Larcher 1988)

Spektrální oblast	Vlnová délka [nm]	Podíl z celkového záření [%]	Účinek fotosyntetický	Účinek fotomorfogenetický	Účinek fotodestrukční	Účinek tepelný
Ultrafialové záření (UV)	290–380	0–4	nevýznamný	střední	významný	nevýznamný
FAR	380–710	21–46	významný	významný	střední	významný
Infračervené (IR)	710–4 000	50–79	nevýznamný	významný	nevýznamný	významný
Dlouhovlnné	4 000–100 000	–	významný	nevýznamný	nevýznamný	významný

Pro fotosyntézu má význam záření v rozmezí vlnových délek 400–760 nm, které je vnímáno jako fotosynteticky aktivní záření a označováno jako PAR, FAR a PhAR.

Korunová vrstva lesního ekosystému má zásadní vliv na modifikaci procházejícího záření a také na radiační bilanci na lokalitě. Část záření bývá odražena zpět do ovzduší (albedo, reflexe) – v listnatých porostech se jedná o zhruba 13–17 %, v jehličnatých 10–14 %. Další část z prošlého záření je pohlcena biomasou (absorpce) a část proniká přes listy korunové vrstvy (transmise). Záření pro využití k fotosyntéze představují reflexe a transmise (Podrázský 2014). V rámci jednotlivých porostů se vytváří specifický světelný režim. Na ozářenost prostředí v porostu má vliv zejména druh dřeviny, hustota jedinců v porostu a s nimi jejich věk. Porosty smrku, buku a jedle mohou zachytit 60–98 % množství světla. Světelný režim v porostu lze výrazně měnit pěstebními zásahy.

3.7.2 Teplota

Teplota patří mezi základní parametry fyzikálního prostředí, určující životní aktivitu a projevy organismů. Jednotlivé organismy i celá společenstva jsou vázány na určité rozpětí teplot, v němž mohou vegetovat a reprodukovat se. Teplota je do jisté míry určována právě zářením (radičním režimem), dále tepelnými vlastnostmi prostředí, které spolu se vstupy a výstupy energie určují tepelný režim. Teplota má jako abiotický faktor zásadní význam pro životní reakce a projevy rostlin jako je transpirace, asimilace a respirace a také má primární vliv na rozšíření vegetace na zemském povrchu (Podrázský 2014).

Délka vegetační doby je definována jako počet dní, kdy dosáhne průměrná denní teplota alespoň 10 °C. Existence lesního ekosystému je podmíněná trváním vegetační doby nejméně 1 měsíc. Pro růst a vývoj dřevin jsou důležité také teplotní extrémy, jako např. výskyt pozdních a časných mrazů, na které reagují různé druhy odlišně (Podrázský 2014). U buku a jedle je dobře známá citlivost na pozdní mrazy u mladších jedinců, naopak velmi tolerantní k teplotním extrémům jsou pak dřeviny pionýrské, jako je bříza bělokorá, topol osika nebo jeřáb ptačí, které mimo teplotní extrémy tolerují i jiné stanovištní a klimatické extrémy (Souček 2021).

Pro asimilaci se jako spodní hranice u vyšších rostlin uvažuje rozpětí teploty 1–5 °C, optimum je mezi 20–30 °C a jako horní hranice je vnímáno rozmezí 30–50 °C. V souvislosti s probíhající klimatickou změnou se očekává zvyšování průměrných teplot. V této souvislosti před námi stojí potenciál pěstování dřevin z nižších zeměpisných šířek z oblastí, kde panují vyšší průměrné teploty. Jedinci z těchto oblastí jsou však většinou špatně adaptovaní na teploty nízké a bývají poškozeni již při dosažení teploty mrazu.

Na změnu teploty mají vliv také výchovné zásahy.

3.7.3 Vzdušná vlhkost

Vzdušná vlhkost je charakterizuje obsah vodní páry v ovzduší. Samotný obsah pak určuje podmínky pro výpar a případně kondenzaci vody – při nenasycenosti vzduchu vodními parami je usnadňován výpar, při přesycení (překročení rosného bodu) nastává kondenzace. Vzdušná vlhkost je velmi úzce spjatá s teplotou, kdy může stejný obsah vodních par v ovzduší působit výsušně a za odlišných teplot mít zvlhčující účinek.

Vlhkost vzduchu má v lesním prostředí význam na intenzitu výparu a další fyziologické pochody vegetace, jako jsou transpirace, fotosyntéza a respirace. Prostředí lesního ekosystému způsobuje relativní zvlhčení vzduchu pod úrovní korun snížením teplot, eliminací výsušného působení a zvýšením výparem transpirací. Na vzdušnou vlhkost má dále vliv hustota porostu a současně také druhové složení – v jehličnatých porostech je při stejných působících vnějších podmínkách celoročně vyšší vzdušná vlhkost než v porostech listnatých. Vlhkost vzdušného prostředí také podmiňuje výskyt některých druhů organismů, méně schopných regulovat obsah vody ve svém těle, jako jsou např. mechorosty (Podrázský 2014).

3.7.4 Vítr

Vítr představuje horizontální pohyb vzdušných mas, vzniklých gradientem tlaku vzduchu. Gradient tlaku vzniká nerovnoměrným ohřevem různých částí zemského povrchu a atermickými jevy v atmosféře. Vítr jako abiotický faktor je tedy také důsledkem interakce sluneční radiace se zemským povrchem. Obecně proudí vítr z prostoru s vyšším tlakem do oblasti nižšího tlaku (Podrázský 2014).

Vítr významně působí na lesní vegetaci. Převážná část dřevin je větrem opylována (anemofilní, např. smrk), u velké části z nich pak vítr přímo roznáší také semena (anemochorní, např. vrba). Proudění vzduchu v lese také výrazně ovlivňuje evapotranspiraci – vzduch s vypařenou vodou je vyměňován za méně nasycený. Les představuje specifické prostředí, kde je proudění vzduchu silně tlumeno. V lesním prostředí tedy dochází k ke snížení povrchové výparu, zvyšuje se vlhkost půdy i vzduchu.

Na modifikaci větru má vliv druh dřeviny, přítomnost podrostu, zakmenění, zápoj a věk porostu (Podrázský 2014). Rychlost a směr větru dále závisí na reliéfu terénu, typu povrchu a přítomnosti překážek. Všeobecně narůstá s nadmořskou výškou a se zvyšující se výškou nad povrchem (Dušek et al. 2021).

Vliv větru na lesní prostředí ale může být i negativní. Kinetická energie vzduchové masy působí na nadzemní část stromu a při příliš velké síle působí poškození (vývraty, zlomy). Vítr je schopný od rychlosti 18 m.s⁻¹ působit lámání částí stromu (větví), od 25 m.s⁻¹ láme nebo vyvrací celé stromy (Dušek et al. 2021). V přirozených lesích je riziko poškození větrem běžně nevýznamné, naopak v lesích kulturně založených s chudou strukturou je riziko mnohem vyšší. Stejnověké a stejnorodé porosty

jsou málo odolné působení větru, stejně tak porosty nevhodně vychovávané, kdy dojde k přeštíhlení jedinců (Podrázský 2014). Nejvíce náchylnou dřevinou na škodlivý účinek bořivých větrů je smrk s jeho talířovitým kořenovým systémem (Musil 2003). Vítr má největší podíl z abiotického poškození dřevin na našem území (téměř 73 %), kdy bylo na jeho vrub připsáno 4,79 mil. m³ dřevní hmoty za rok 2022 (MZe 2023). Na našem území převládá směr bořivých větrů od SZ.

3.7.5 Voda

Voda je základní složka biosféry, která podmiňuje vznik a trvání života na naší planetě. Voda zaujímá 71 % zemského povrchu a její obsah v biosféře je přítomen v několika formách – největší podíl je ve formě slané vody v oceánech a mořích (97,1 % objemu). Mezitím tzv. sladká voda na pevninách (2,9 % objemu) je ze 77 % zastoupena ve formě pevné fáze (ledovce a sněhová pokrývka), 22 % tvoří podzemní voda a pouhé zbylé 1 % představuje voda v jezerech, tocích a půdě. Toto 1 % sladké vody představuje zdroj vody pro využívání suchozemskými ekosystémy, včetně všech lesních. V našich podmínkách jsou poměry jednotlivých frakcí odlišné, půdní voda činí 76 %, podzemní 18 % a povrchová voda toků a nádrží 6 % z celkového objemu vody u nás. Veškerá voda na naše území spadá ve formě srážek, zásoby vody představují zhruba 36 % ročního srážkového objemu (Podrázský 2014).

Podmínkou rovnovážného stavu vody v lesních ekosystémech je její koloběh. Mimo přísunu samotné vody má koloběh zásadní význam pro pohyb a přesun látek, a je důležitý pro usměrňování toku energie v ekosystémech. Samotný koloběh je poháněn pomocí sluneční energie (výpar a vzdušné proudění) a gravitační energie. Koloběh vody bývá hodnocen ve dvou měřítcích – velký koloběh vody, probíhající v globálním měřítku, a malý hydrologický cyklus, který probíhá nad pevninou v krajinném měřítku a má velký význam pro lesní ekosystém (Podrázský 2014). Pro lesní prostředí jsou klíčové srážky, zejména vertikální (déšť, sníh), v určitých případech rovněž horizontální (kondenzace vlhkosti z mlhy a okap) ve vyšších polohách. Mimo celkový úhrn hraje klíčovou roli i jejich distribuce během roku a intenzita.

Voda může mít i negativní vliv na lesní ekosystém, kdy působí poškození na lesních porostech, a to v podobě pevné ve formě námrazy nebo jinovatky, především pak jako těžký sníh. Sníh působí na dřeviny jako mechanická zátěž v korunách zvyšující

vertikální polohu těžiště a tím snižující stabilitu jedince. Při překročení meze pevnosti dochází k poškození: prasknutí, zlom, ohnutí, případně vyvrácení celých jedinců. Dále sníh působí škody gravitačními svahovými pohyby v podobě tzv. plazivého sněhu, případně v podobě lavin (Dušek et al. 2021).

3.7.6 Půdní prostředí

Půdní složka představuje významnou část lesních ekosystémů a je obdobně jako vegetace určována ekotopem. Půda se vzhledem k dřevinám podílí na struktuře a funkci lesního ekosystému těmito způsoby:

- slouží jako prostředí pro mechanickou podporu lesních dřevin (a ostatní vegetace) kořenicích v půdě,
- zdroj vody pro transpiraci rostlin – základní předpoklad pro koloběh vody, rostlinnou produkci a funkce lesních ekosystémů,
- zdroj minerálních živin pro rostliny.

Lesní porosty jsou vnímány společně s mateřskou horninou a klimatem jako tři základní půdotvorné faktory. Dřeviny výrazně ovlivňují půdotvorné procesy v půdě třemi směry: odběrem živin z půdy, svým opadem s jeho následnou přeměnou a produkcí látek s charakteristickými účinky na pedogenezi. Tyto skutečnosti jsou vnímány jako půdotvorná funkce lesních porostů. Kromě zmíněných vlivů lesní dřeviny dále půdu kryjí a chrání ji tak před škodlivými účinky vody a degradací ztrátou živin, což označujeme jako půdoochranná funkce lesa. (Podrázský 2014). Lesní půda je utvářena v dlouhodobém měřítku prostřednictvím převážně přirozených procesů a na rozdíl od orné půdy nepodléhá procesům antropogenní úpravy a přeměny (hnojení, střídání plodin). V lesním prostředí je antropogenní působení na půdy nepřímé – druhovou skladbou, strukturou porostů a celkovým hospodařením (Sáňka, Materna 2004). Lesní porost má bezprostřední vliv na obsah živin v půdě, kdy záleží na situaci, zda se jedná o porost listnatý či jehličnatý, na zastoupení jednotlivých druhů a také na samotné formě smíšení (Hanáková Bečvářová 2022).

3.8 Struktura porostu

Struktura lesního ekosystému je vnímána jako soubor charakteristik zahrnujících funkční, druhovou a prostorovou složku. Funkční struktura vyjadřuje procesy probíhající v ekosystému, skladba popisuje druhovou diverzitu a prostorové hledisko zahrnuje vzájemné uspořádání jednotlivých složek v rámci ekosystému. Mimo vnitřní uspořádání objektů v ekosystému (stromy, pařezy) zahrnuje struktura také vnější uspořádání těchto struktur, jako je stromové patro a jeho rozložení (Vacek et al. 2022). Struktura porostu je dána jeho původem (vegetativní, generativní), druhovou skladbou, věkovým členěním, uspořádáním v prostoru a genetickou skladbou (Vacek et al. 2016).

3.8.1 Druhová struktura

Druhová struktura je charakterizována jako výčet druhů dřevin a jejich zastoupení v rámci porostu. Druhové složení ovlivňuje mikrostanoviště, biotop a cyklus živin v prostředí (Vacek et al. 2016). Konkrétně závisí na mnoha faktorech, ať už výše zmíněných abiotických (světelný režim, teplota, vlhkost vzduchu, půdní podmínky, topografie a vítr), či biotických (pokryv vegetace, škody zvěří, konkurence mezi dřevinami).

Z hlediska druhové skladby se porosty odlišují na porosty listnaté či jehličnaté a dále smíšené nebo nesmíšené. Podle plošného podílu jednotlivých dřevin v porostu je dělíme na dřeviny hlavní (zastoupení více než 30 %), přimíšené (10–30 %) a vtroušené (podíl do 10 %) (Poleno et al. 2011). Korpel' et al. (1991) odlišuje dřeviny mimo hlavní na přimíšené s jejich zastoupením 20–30 %, vtroušené v rozmezí podílu na skladbě 10–20 % a doplňuje ještě dřeviny jednotlivě přimíšené, do 10 % jejich zastoupení v porostu. Ve smíšených porostech jsou dřeviny variabilně rozmístěné – podle toho odlišujeme formy smíšení: jednotlivá, řadová, pásová, hloučkovitá, skupinová, ostrůvkovitá nebo plošná (Korpel' et al. 1991).

3.8.2 Věková struktura

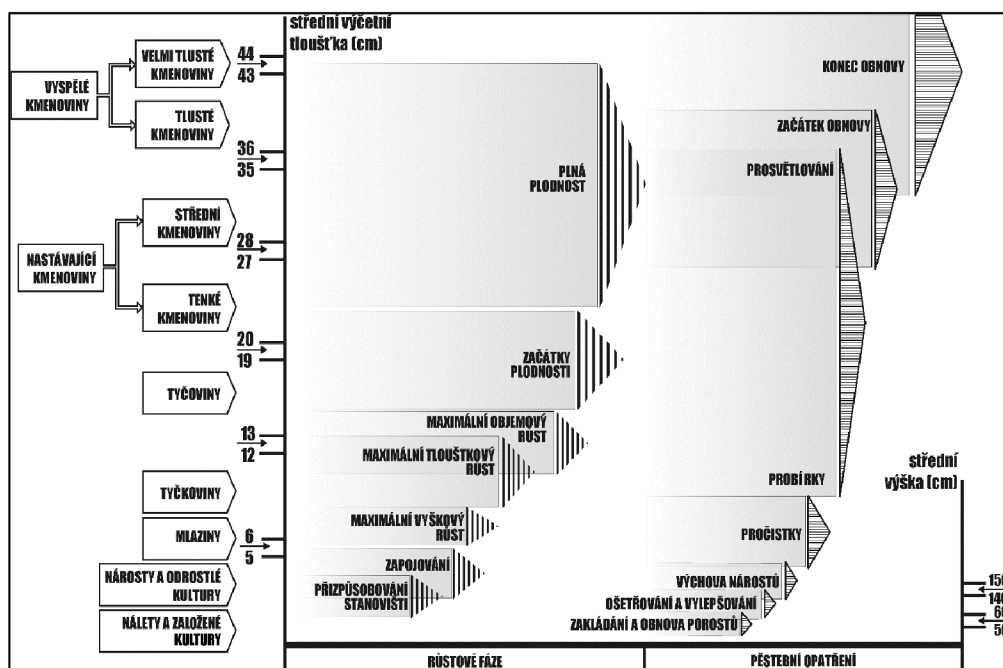
Věkovou strukturou je myšleno věkové členění – rozdíly ve věku jednoho nebo více druhů dřevin tvořících porost. Věková struktura je vyjadřována pomocí věkových stupňů nebo věkových tříd a změny struktury poskytují informace pro řízení porostního

vývoje (Korpel' et al. 1991). Porosty členíme z věkového hlediska na stejnověké a různověké. Věková skladba má vliv na životnost, mortalitu, popř. i na délku vývojového cyklu či života porostu (Vacek et al. 2022).

V různověkém porostu, který má stabilní věkovou strukturu, převažují jedinci nejmladších věkových stupňů. V opačné situaci (převaha starších věkových stupňů) je porost na ústupu (Vacek et al. 2016). V přírodních lesích, kde dominují především stínomilné dlouhověké dřeviny, dochází k vysoké variabilitě věkové struktury. Naopak ve stejnověkých monokulturách je věková struktura nejchudší.

Rozdílné dlouhotrvající úseky života lesního porostu označujeme jako růstové fáze lesa. Ty jsou typické podobnými hlavními znaky vnějšího vzhledu, biologickými vlastnostmi vývojového charakteru i pěstebními opatřeními. Růstovou fází lesa vyjadřujeme pro potřeby pěstebních, hospodářsko-úpravnických a jiných opatření pomocí růstových či vývojových znaků (výčetní tloušťka, střední porostní výška apod.). Růstové fáze jsou vyčleněny tak, aby pěstební úkon v převládajícím rozsahu patřil jedné fázi (Poleno et al. 2011).

Je vymezeno 7 základních růstových fází lesa: 1 – nálet a kultura založená, 2 – nárost a kultura odrostlá (zajištěná), 3 – mlazina, 4 – tyčkovina, 5 – tyčovina, 6 – nastávající kmenovina, 7 – vyspělá kmenovina.



Obrázek 4: Růstové fáze lesa se zřetelem na vnější znaky a pěstební opatření (upraveno podle Korpel' et al. 1991)

3.8.3 Prostorová struktura

Prostorovou strukturu posuzujeme ve směru horizontálním a vertikálním. U horizontálního směru jsou důležitými veličinami hustota porostu, prostorové rozmístění stromů, zakmenění a zápoj, kdežto u vertikální struktury se sleduje tvorba jednoho či více porostních pater a v nich porostních vrstev. Spojení horizontálního a vertikálního pohledu nazýváme porostním profilem (Vacek et al. 2022). Na horizontální rozmístění jedinců má vliv zejména způsob a postup vzniku porostu, poté následuje redukce přirozeným vylučováním či cílevědomé zásahy lesního hospodáře.

U horizontální struktury se zjišťovaný zápoj charakterizuje jako vzájemný dotyk korun a jejich prolínání v korunové vrstvě stromů. Podle vzájemného rozmístění korun a způsobem dotyku rozlišujeme 4 druhy zápoje:

- horizontální – koruny stromů uspořádány v jedné vrstvě (rovině),
- stupňovitý – koruny tvoří několik vedle sebe umístěných vrstev,
- diagonální – přechod mezi jednotlivými vrstvami je plynule zvyšován či snižován,
- vertikální – koruny jsou rozmístěny v rámci celého disponibilního prostoru.

Podle těsnosti (či volnosti) dotyku sousedících korun odlišujeme dále stupně zápoje:

- stísněný (vzájemné prolínání, deformace korun),
 - dokonalý (dotyk a ovlivňování korun),
 - uvolněný (bez kontaktu a zřetelného ovlivňování),
 - volný (bez kontaktu, bez vlivu, ale bez vzniku mezer),
 - přerušovaný (chybí 1–2 jedinci s průměrně velkými korunami),
 - mezernatý (občasný vznik mezer o velikosti 3 a více průměrně velkých korun)
- (Podrázský 2014; Korpel et al. 1991).

Porosty založené uměle mají ve většině případů pravidelné výchozí rozmístění rostoucích stromů, zatímco jedinci vzniklé přirozenou cestou jsou většinou velmi variabilně rozmístěni v prostoru, většinou shlukovitě. Tento způsob rozmístění se však postupem času přetváří směrem k více pravidelnému. Výjimkou jsou lesy nad horní hranicí lesa, které si charakter shlukovitého rozmístění zachovávají (Vacek et al. 2016).

Strukturu porostu z pohledu vertikálního rozdělujeme na tři porostní vrstvy, vždy podle jednotlivých třetin horní výšky porostu, kam zasahují vrcholky dřevin. V rámci

vrstev rozlišujeme porostní etáže a úrovně. Etáž je výraznější odstup výšek dvou či více dílčích souborů stromů růstového prostoru. Porostní úroveň je vyrovnaná část korunového prostoru, kde jsou koruny osvětlené přímým slunečním zářením. Korpel' et al. (1991) dělí porostní prostor podle výškového umístění úrovně na nadúroveň, úroveň a podúroveň. Vertikální struktura závisí na věku dřevin, růstové rychlosti jednotlivých druhů a vliv mají také cenotické vztahy na dané lokalitě.

3.9 Přírodě blízké pěstování lesů

V dnešní době existuje mnoho přístupů a pohledů, kterými se dá charakterizovat pojem přírodě blízkého hospodaření. Vacek et al. (2016) tvrdí, že pojetí přírodě blízkého pěstování lesů musí vycházet z ekologicky podložených a ověřených poznatků o struktuře a vývoji přírodních a přírodě blízkých lesů. Obecně lze konstatovat, že hlavní princip přírodě blízkého hospodaření nepředstavují složité modely výchovy a pracovní postupy, ale možnost dát přírodě maximální šanci tvořit les, který zabezpečí požadované nároky a funkce. Strategie přírodě blízkého hospodaření má určité typické znaky:

- stabilní trvalý porost dřevin odpovídající vhodnosti stanoviště,
 - ekosystémové pojetí lesa,
 - skladba dřevin blízká se skladbě přirozené,
 - diverzifikace struktury porostu:
 - prostorová struktura převážně komplikovanější,
 - tloušťková a výšková struktura je více rozrůzněná;
 - maximální využití přírodních tvořivých sil a autoredukce,
 - využití produkčního potenciálu stanoviště a prostoru pro růst,
 - důraz na přirozenou obnovu s dlouhou obnovní dobou,
 - využití přirozeného růstového rytmu dřevin,
 - omezení vstupu dodatkové energie do lesních ekosystémů,
 - vztahování mýtní zralosti na jednotlivé stromy,
 - zvýšený důraz na plnění ostatních funkcí lesa,
 - odklon od holosečného způsobu hospodaření
- (Vacek et al. 2018; Vacek et al. 2016).

Štefančík et al. (2007) uvádějí klíčové faktory pro přírodě blízké obhospodařování lesů jako alternativní způsob managementu lesních porostů:

- změna klimatu – ekologických podmínek a hrozba posunu LVS,
- ekologická nestabilita porostů, založených často monokulturním způsobem na nevhodných stanovištích,
- velký rozsah nahodilých těžeb způsobených přemnožením podkorního hmyzu v mnohdy jednovrstevných smrkových porostech,
- negativní vnímání lesnické činnosti širokou veřejností, která spatřuje pravidelné holosečné těžby jako rušivý prvek pro lesní ekosystémy,
- směřování státní lesnické politiky k trvale udržitelnému hospodaření v lesích.

Přírodě blízké hospodaření v lesích je založené na využívání přirozené dynamiky lesních ekosystémů jejich struktury a diverzity. Přitom zároveň zabezpečuje ideální podmínky pro ekonomicky výhodnou produkci vysoce kvalitní dřevní hmoty, realizovanou v souladu s multifunkčním využíváním lesů. Z hospodářských způsobů je pro pěstování lesů přírodě blízkým způsobem ideální způsob výběrný, naopak realizace hospodaření tímto stylem je neslučitelná se způsobem holosečným (Štefančík et al. 2007). V souvislosti s přírodě blízkým pěstováním lesů se skloňuje také termín „les trvale tvořivý“ (Dauerwald), který zahrnuje strukturně bohaté lesní porosty, v nichž se provádí těžba jednotlivým nebo maloplošně skupinovitým výběrem stromů (Poleno 2000). Při přírodě blízkém hospodaření se ve většině případů neuvazuje s přítomností větších mezer v porostu. Tento styl hospodaření zvýhodňuje dřeviny stínomilné, požadující dlouhou obnovní dobu (jedle, buk), naopak většinou diskriminuje druhy světlomilné (Bauhus et al. 2013).

Přírodě blízké obhospodařování lesů představuje četné výzvy, protože mnoho ekologických interakcí a procesů nebylo dosud pochopeno ve vztahu jejich reakce na pěstební úpravy a narušení (změna klimatu). Méně předvídatelný vývoj lesních ekosystémů tak bude vyžadovat neustálou ochotu upravovat lesnické koncepty (Bauhus et al. 2013)

3.10 Pěstování lesů pod vlivem globálních klimatických změn

Změna klimatu významně ovlivňuje lesní ekosystémy změnou klimatických podmínek stanoviště. Obecně se predikuje v dohledné době posun stanovištních

podmínek přibližně o dva lesní vegetační stupně směrem k nižším. Zvýšená koncentrace CO₂ by mohla pomoci snížit stres lesních dřevin a částečně tak snižovat negativní dopady tohoto posunu LVS. Přes tuto skutečnost se nicméně jistě významně zhorší podmínky pro pěstování smrku na našem území, kdy bude jeho pěstování v nižších polohách téměř vyloučeno a ve středních polohách znatelně omezeno. Se změnou klimatických podmínek se počítá také se zvýšeným tlakem biotických činitelů, který již nyní na našem území i v rámci celé střední Evropy zažíváme (Vacek et al. 2018).

Vacek et al. (2018) počítají se smrkem jako hlavní porostotvornou dřevinou především na územích, kde se zachovávají dobré klimatické podmínky pro jeho pěstování. Vesměs se jedná o horské polohy – Krkonoše, Krušné hory, Šumava, Slavkovský les, Jizerské hory, Orlické hory, Hrubý Jeseník a Moravskoslezské Beskydy. Podle scénáře k roku 2030 však nepředpokládají výrazné omezení areálu buku, kde může představovat porostotvornou dřevinu. Dobrowolska et al. (2017) určují jako základní dřevinu pro udržení biologické rozmanitosti v lesních ekosystémech v rámci klimatických změn jedli. Vyzdvihují její toleranci vůči zastínění, plasticitě podmínkám prostředí a schopnost koexistovat s mnoha druhy dřevin. Dobrowolska, Bolibok (2019) se však obávají snížení početnosti jedle ve Středomoří, naopak se očekává její expanze do SV Evropy, přičemž je poukazováno na zřetelný nárůst růstu jedle v některých severních částech jejího areálu s dostatkem srážek a chladnějším klimatem. Důležitost jedle v budoucím zastoupení střeoevropských lesů je značná. Vyšší polohy, původně přirozený areál jedle, jsou dnes při jejím nízkém zastoupení kolonizovány zejména smrkem, doprovázeným bukem – obě tyto dřeviny reagují v teplejších podmínkách hůře na sucha a může tak v reakci na budoucí oteplování a snížení dostupnosti vláhy dojít k jejich kolapsu (Tinner et al. 2013).

Z hlediska adaptačního potenciálu lesních dřevin záleží na rezistenci a resilienci. Rezistence je schopnost porostů absorbovat změny klimatu bez výrazných změn struktury a dřevinné skladby. Termín rezistence vysvětlují Vacek et al. (2018) jako schopnost přestavby porostů, a to buď po náhlém rozpadu nebo pozvolna. Pro budoucí adaptaci lesů bylo vypracováno mnoho variabilních zásad pěstování v souvislosti se změnou klimatu. Brang et al. (2014) zmiňují těchto šest zásad:

1. zvyšovat druhovou rozmanitost;
2. zvyšovat strukturní rozmanitost;
3. udržovat a zvyšovat genetickou variabilitu v rámci dřevin:
 - dlouhodobou a bohatou přirozenou obnovou z mnoha stromů,

- obohacím domácích populací o provenience z teplejších oblastí,
 - výchovou neredukující variabilitu porostu,
 - šlechtěním v rámci většího počtu populací;
4. zvyšovat odolnost jednotlivých stromů vůči biotickému a abiotickému stresu:
 - silnějšími výchovnými zásahy,
 - pěstováním dlouhých korun,
 - zvýšením růstového prostoru jednotlivých stromů;
 5. nahrazovat rizikové porosty (přeměna, přestavba);
 6. udržovat nízké průměrné porostní zásoby.

Zvyšování druhové rozmanitosti jako jednu z adaptačních strategií vyzdvihují také Bauhus et al. (2013). Udržování současných a rozvoj tvorby dalších smíšených lesů ve střední Evropě považují za jednu z klíčových pěstebních strategií pro usnadnění adaptace lesních ekosystémů na změnu klimatu.

S adaptačními strategiemi a principy jsou v různé míře kompatibilní přírodě blízké způsoby pěstování lesů. Nejvíce flexibilním způsobem se jeví být způsob skupinovitě výběrný (velikost jednotlivých skupin 0,05–0,5 ha), naopak optimálním řešením není způsob jednotlivě výběrný. Vacek et al. (2018) popisují nejdůležitější adaptační opatření na klimatické změny podle projektu FRAMEADAPT: Snížením obmýtí včasné zpracovávat labilní smrkové a borové porosty a zároveň prodloužením obnovní doby umožnit efektivnější práci s přirozenou obnovou. Plným využitím přirozené obnovy využít její genetickou a morfologickou adaptaci na místní stanovištní podmínky. Změnu druhové skladby tzv. přeměnou porostů. Zakládání smíšených porostů s formou skupinovou, případně hloučkovitou, u cenných listnáčů také formou smíšení jednotlivou.

3.10.1 Přestavba lesa

Přestavba lesa je termín definující změnu hospodaření v monokulturách, a to dvojím způsobem – úpravou dřevinné skladby (přeměna) nebo změnou prostorové a věkové struktury (převod HZ nebo jeho formy). Hlavním důvodem pro realizaci přestaveb lesních celků jsou smrkové monokultury, které selhávají na stanovištích pro smrk nevhodných (Vacek et al. 2018).

Korpeľ (1989) jako nejčastější důvody přestavby porostů uvádí:

- značné zhoršení zdravotního stavu, přírůstu nebo kvality porostu,
- vysoké potenciální ohrožení porostu abiotickými či biotickými poškozeními,
- zhoršování půdních poměrů,
- změna produkčních podmínek vlivem změny prostředí (např. imisemi),
- změna produkčního cíle,
- změna hospodářských podmínek (např. nedostatek pracovních sil),
- vědecko-technický pokrok.

Přestavba lesa je velmi dlouhodobý proces. Cílem je přetvořit monokultury na stanovištně odpovídající, druhově bohatší a prostorově více členěné lesní ekosystémy s vyšší ekologickou stabilitou a rezistencí. Trendem posledních let je postupný odklon od holosečného hospodaření a přecházení k jemnějším pěstebním formám (Vacek et al. 2018; Poleno 2000).

Přeměna lesa

Pojem přeměna lesního porostu je definován jako zásadní změna druhové skladby. Provádí se pomocí předčasné nebo urychlené obnovy se zaměřením na cílové zastoupení požadovaných dřevin. Důvodem pro provedení přeměny lesního porostu jsou zejména zásadní odlišnosti mezi produkčním potenciálem stanoviště a stávající dřevinnou skladbou. Nejběžnějším případem přeměn lesních porostů jsou dnes smrkové, případně borové monokultury (Chroust et al. 2001).

Kromě přeměny dřevinného složení lze uskutečnit také převod tvaru lesa. Převod tvaru je vysvětlován jako záměrná změna tvaru lesa na jiný a provádí se souborem pěstebních opatření. Rozlišují se celkem 3 tvary lesa: výmladkový, semenný a sdružený. V minulosti docházelo nejčastěji k převodům lesa výmladkového (nízkého) na les semenný (vysoký).

4 Metodika

4.1 Zájmové území

Plocha k analýze dat byla vybrána na základě vědecké činnosti Katedry pěstování lesa z Fakulty lesnické a dřevařské, ČZU. Lokalizace zkoumané plochy je na lesním podniku „Lesy ČZU“, v NPR Voděradské bučiny. Jedná se o trvalou výzkumnou plochu v porostní skupině 411 C 14.

4.1.1 Lesy ČZU

Lesy ČZU jsou vysokoškolským lesním statkem České zemědělské univerzity v Praze. Hlavní náplní činností podniku je zajištění praxí a terénních cvičení pro studenty ČZU, podpora při zpracování odborných prací a výzkumných úkolů. Podnikem ročně projde kolem 4000 studentů. Podnik byl založen v roce 1935 jako účelový objekt Českého vysokého učení technického v Praze se správou v Kostelci nad Černými lesy. Nachází se 25–50 km jihovýchodně od Prahy a geomorfologicky tak patří k podsoustavě Středočeské pahorkatiny. Nadmořská výška se pohybuje v rozmezí od 210 do 528 m n. m. Průměrná roční teplota je kolem 7,5 °C a roční úhrn srážek 500–700 mm. Nejčastějším půdním typem území spravovaného podnikem je mezotrofní kambizem, následuje oligotrofní kambizem, pseudogleje a oglejená kambizem. Obhospodařovaná plocha v současnosti činí zhruba 6900 ha (Lesy ČZU 2021).

Z hlediska strategie hospodaření se podnik zaměřuje na formu blízkou trvalé udržitelnosti lesa s maximálním využitím přirozeného zmlazení, prodlužovat dobu obnovy a uplatňovat přírodě blízké způsoby, a to zejména v NPR Voděradské bučiny. Nejvíce uplatňovaným HZ je holosečný a podrostní, v rámci trvalých výzkumných ploch je z pedagogických a výzkumných důvodů běžný HZ výběrný. V druhové skladbě lesa je nejvíce zastoupenou dřevinou s velkou převahou smrk, který následuje borovice, z listnáčů pak buk následovaný dubem. (Remeš 2008). Značnou nevyrovnanost představuje věková skladba – patrný je nedostatek 7., 8. a 9. věkového stupně, a naopak přebytek 10., 13., a 14. věkového stupně.

4.1.2 NPR Voděradské bučiny

Lokalita s TVP se nachází v NPR Voděradské bučiny, u obce Jevany, v blízkosti rybníku Ján. Rezervace byla založena v roce 1955 a její rozloha činí 683,9 ha. Předmětem ochrany jsou staré přírodě blízké bukové porosty a zvláštní útvary vzniklé periglaciálním zvětráváním. Co se týče fauny, pozornost je zaměřena především na hmyz, z něhož je hned 30 druhů zapsáno v Červeném seznamu. Za zmínku stojí zejména chrostík *Synagapetus moselyi* (U.), který se na našem území vyskytuje pouze zde. Dále v NPR hnízdí řada vzácnějších ptáků a v neposlední řadě je ochrana věnována také mihuli potoční či několika zástupcům obojživelníků (AOPK ČR 2024). Přírodní lesní oblast (PLO) je 10 – Středočeská pahorkatina.

4.1.3 Trvalá výzkumná plocha (TVP)

Trvalá výzkumná plocha je založena v porostní skupině 411 C 14. Jedná se o oplocenou plochu s velikostí 0,7 ha se smíšenou skladbou dřevin v horní etáži a hustým přirozeným zmlazením. Samotný porost s TVP spadá do 3. LVS (dubobukový) a jeho nadmořská výška je 400–420 m n. m. Expozice svahu je mírná severní a díky vodním tokům v oblasti je zde dobrý režim podzemních vod. Minerální podloží tvoří granodiorit (tzv. říčanská žula) s mezotrofními až oligotrofními hnědými půdami (Remeš et al. 2008). Cílovým hospodářským souborem je zde CHS 47 – Oglejená stanoviště středních poloh a typologicky převládá lesní typ (LT) 3P1 – Oglejená kyselá jedlová doubrava modální.

Celý, dnes už 130–140letý porost 411 C, je v pokročilém stádiu obnovy. Stáří náletů a nárostů se pohybuje od 1 do 40 let věku. Převažující dřevinou porostu je smrk ztepilý. Cca před 45 lety byly aplikovány skupinovitě holé a úzké clonné seče s cílem částečné přeměny původní smrkové monokultury. Obnova u jehličnatých dřevin započala přirozeně v centrální části porostu, načež byla uměle doplněna umělou výsadbou buku a dubu. Zmíněné obnovní prvky se již dále nerozšiřovaly a probíhá zde přirozená obnova do dnešní doby. V SZ části porostu se úspěšně dařila obnova jedle, proto byla tato část porostu oplocena z důvodu ochrany proti zvěři a založena TVP, na které terénní měření probíhalo. Mýtní těžba probíhá výběrnou formou jednotlivých stromů, přičemž základním kritériem mýtní zralosti je dosažení kulminace průměrného objemového přírůstu. Poslední těžba proběhla na výzkumné ploše v roce 2003.

4.2 Terénní sběr dat

Terénní sběr dat na TVP v porostu 411 C 14 byl zaměřen na 2 hlavní části – opakované provedení měření a zhodnocení růstových parametrů stromů horní etáže po 2 letech s odběrem vývrtů z vybraných jedinců a na analýzu světelných poměrů panujících na monitorovacích plochách. Souběžně s tímto proběhlo opakované měření dominantních jedinců na monitorovacích plochách a také obnovení TVP v podobě přetření nečitelně číslovaných jedinců horní etáže.

4.2.1 Dendrometrické měření horní etáže

Na TVP bylo provedeno opakované změření horní etáže po 2 letech. Nynější měření spočívalo ve změření výčetních tloušťek všech jedinců, nacházejících se na trvalé výzkumné ploše. Výčetní tloušťka jednotlivých stromů v tzv. prsní výšce 1,3 m nad zemí byla měřena s přesností na milimetry průměrkou Haglöf Mantax 80 cm, a to při dodržení zásad správného měření – ve dvou na sebe kolmých rovinách a následném aritmetickém průměru měřených hodnot. Měření celkových výšek a výšek nasazení korun jednotlivých stromů se provádělo v roce 2021 během zpracování bakalářské práce, znovu nebyly výšky měřeny z důvodu pokročilého věku porostu, kdy se již nepředpokládá výrazná změna těchto veličin po takto krátké periodě růstu.

Po dokončení měření horní etáže bylo provedeno obnovení TVP – přetření nečitelného pořadového čísla u několika jedinců bílou barvou. Terénní měření tloušťek stromů bylo provedeno v měsících září a říjnu a obnovení číslování TVP v listopadu 2023.



Obrázek 5: Obnovení nečitelného číslování stromů horní etáže
(foto: autor práce, Kostelec nad Černými lesy, 2023)

4.2.2 Odběr vývrtů stromů

Další úkolem terénního šetření byl odběr vývrtů letokruhů z vybraných jedinců. Celkem se odběr vývrtů týkal dvou dřevin, smrku ztepilého a jedle bělokoré, přičemž bylo odebráno 18 vzorků jedle a 16 vzorků smrku. Samotný odběr byl proveden manuálně pomocí Presslerova přírůstového lesnického nože. Odebírání jednotlivých vývrtů bylo provedeno ze severní strany v tzv. „prsni výšce“ 1,3 m nad zemí. Odběr proběhl v rámci více etap v měsících září a říjen 2023.

4.2.3 Měření dominantních jedinců monitorovacích ploch

V roce 2021 byla z důvodu analýzy přirozeného zmlazení na TVP založena síť 3 transektů dlouhých 100, 95 a 90 m, zaujímajících celkem 500, 475 a 450 m². Na každém transektu byly vymezeny na sebe navazující čtvercové monitorovací sítě o velikosti 5 x 5 m (0,0025 ha), na kterých byla prováděna inventarizace přirozené obnovy. Dohromady bylo vytyčeno 57 čtvercových monitorovacích ploch pokrývajících 1425 m², na kterých se také zjišťovaly růstové parametry zvolených dominantních jedinců. Výběr byl založen na základě optického posouzení kvality, jeho postavení, rozměrů, odhadu schopnosti konkurovat a prosperovat na úkor okolních jedinců. Měření

dominantních jedinců proběhlo jak při tvorbě této diplomové práce, tak při zhotovení bakalářské práce v roce 2021, nicméně nové posouzení zmíněných parametrů bylo provedeno bez závislosti na volbě jedinců předchozího měření. Původní monitorovací plochy byly ohrazeny pomocí dřevěných kolíků, které byly pro lepší viditelnost v jejich horní třetině zvýrazněny reflexním sprejem růžové barvy a označeny pořadovým číslem plochy. Některé z kolíků byly nyní nahrazeny a monitorovací plochy obnoveny.

U zvolených dominantních jedinců byl poznamenán druh dřeviny, číslo monitorovací plochy a následně zjišťovány následující parametry: celková výška jedince (cm), výška živé části koruny (cm), tloušťka kořenového krčku (mm) a délka terminálního výhonu (cm). Tyto růstové veličiny byly statisticky porovnány ve vztahu ke světlostním výstupům hemisférických fotografií pomocí Spearmanova korelačního koeficientu, který byl použit proto, že data neměla normální rozdělení (testováno Shapiro-Wilkovým testem). Měření růstových veličin dominantních jedinců na monitorovacích plochách bylo provedeno koncem listopadu 2023.

4.2.4 Analýza světelných poměrů

Na TVP byly v rámci jednotlivých monitorovacích ploch pořízeny hemisférické fotografie pro analýzu světelných poměrů u přirozené obnovy. Pořízení hemisférických fotografií bylo dosaženo pomocí digitálního fotoaparátu Canon EOS 1100D se širokoúhlým objektivem (tzv. „rybí oko“). Fotoaparát byl umístěn na stativu zhruba 130 cm nad zemí. Na každé čtvercové monitorovací ploše bylo evidováno její pořadové číslo a z jejího středu pořízeny celkem 3 fotografie s různou světelností. V případě pořizování fotografií je, pokud možno, žádoucí využít panování ideálních podmínek počasí, tedy zatažené oblohy pro nejlepší kontrast projekce korun. V tomto případě proběhlo terénní šetření za podmínek příliš nevyhovujících, tedy při jasné obloze. Výsledky z hemisférických fotografií byly následně analyzovány ve vztahu s vyskytující se přirozenou obnovou, jež byla inventarizována autorem práce v roce 2021. Přirozená obnova byla analyzována v síti monitorovacích ploch, tříděná podle dřevin a své výšky do 6 výškových tříd: 1: jedinci do 20 cm; 2: 20,1–50,0 cm; 3: 50,1–100 cm; 4: 100,1–150 cm; 5: 150,1–200 cm; 6: 200,1 + cm. Současně s tím byly se světelnými poměry porovnány hodnoty dominantních jedinců.

Analýza světelných poměrů panujících na TVP v rámci jednotlivých monitorovacích ploch byla provedena na konci září roku 2023.

4.3 Zpracování a vyhodnocení dat

4.3.1 Horní etáž porostu

Tloušťky jedinců z terénu byly evidovány v programu Microsoft Excel. V Excelu byly vypočteny průměrné měřené hodnoty růstových veličin jak jednotlivých druhů, tak všech dřevin dohromady, přičemž výšky byly převzaty z měření autorem v roce 2021. Výčetní tloušťky byly převedeny do tloušťkových stupňů po 4 cm. Pro další výpočty potřebných taxačních veličin byla zvolena metoda objemových rovnic, a to z důvodu dostupnosti výšek zastoupených stromů. Touto metodou byly spočteny další údaje pro každý druh dřevin: výčetní kruhová základna (m^2), objem středního kmene (m^3), střední tloušťka (cm), střední výška (m), celková zásoba dané dřeviny na TVP (m^3) a zakmenění. Kruhová základna reprezentuje plochu příčného průřezu kmene ve výšce 1,3 m nad zemí. Zakmenění se stanovilo jako podíl mezi zásobou skutečnou převedenou na ha^{-1} a zásobou tabulkovou zjištěnou z taxačních tabulek (redukovaná plocha dřeviny), vyděleno velikostí plochy. Celkové zakmenění porostu bylo zjištěno jako součet zakmenění jednotlivých dřevin. Jako další veličina byl vypočítán štíhlostní kvocient, který se zjišťuje jako podíl výšky a výčetní tloušťky dřeviny a je ukazatelem stability daného jedince. Čím je hodnota štíhlostního kvocientu nižší, tím vyšší stabilitu stromu vyjadřuje a opačně.

4.3.2 Přírůsty vybraných jedinců

Odebrané vývrty z vybraných jedinců horní etáže byly zpracovány v dendrochronologické laboratoři FLD ČZU. Nejprve proběhlo seřiznutí hrubých vzorků a poté byly již u očištěných vývrtů měřeny jejich roční přírůsty. Měření probíhalo s přesností na 0,01 mm na měřicím stole LINTAB. K evidenci ročních přírůstů posloužil software TSAP-Win (Rinntech). Další částí byla detrendace přírůstů, tedy odstranění vlivu na věku jedince. Data bez závislosti na věku byla převedena do bezrozměrného indexu šířky letokruhu RWI (ring width index). Indexy byly zprůměrovány pro každý rok života jedince a dány do souvislosti se získanými daty z meteorologické stanice ČHMÚ Ondřejov (Praha-východ, 491 m n. m.). Posuzována byla průměrná roční teplota,

průměrná teplota ve vegetačním období (květen-září), roční úhrn srážek na lokalitě a úhrn srážek za vegetační období. Následně byly z klimatických údajů a RWI vytvořeny grafy. Dále se v programu DendroClim analyzoval vliv klimatických faktorů (teplota, srážky) na přírůst (RWI) (Biondi, Waikul 2004). Data se posuzovala od května minulého roku až po září současného roku. Posuzování přírůstků ve vztahu k panujícím podmínkám bylo zaměřeno na posledních 40 let získaných dat, tedy hodnoty od roku 1983 do roku 2022. Tato perioda byla rozdělena na dvě dvacetileté období pro porovnání reakcí dřevin na změny meteorologických a pěstebních podmínek.

4.3.3 Světelné podmínky

Fotografie získané na monitorovacích plochách v terénu byly jednotlivě převedeny do černobílého režimu. Na každé ploše byly pořízeny 3 fotografie s různou světelností, přičemž pro následující analýzu byla vybrána jedna s nejvyšším kontrastem. Samotné zpracování fotografií ve formátu 4272 x 2848 pixelů bylo provedeno v softwaru WinsCanopy. Zde je stěžejní nastavit magnetickou deklinaci a dále délku vegetační sezóny. Výsledné hodnoty z analýzy byly vyexportovány do programu Microsoft Excel. Jako výstupy analýzy fotografií byly důležité především tyto 4 veličiny:

- Openness – míra otevřenosti stanoviště světelnému záření v %,
- Direct site factor (DSF) – faktor představující míru dopadajícího přímého záření v %,
- Indirect site factor (ISF) – faktor představující míru dopadajícího nepřímého záření v %,
- Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) – hodnota dopadajícího fotosynteticky aktivního záření v MJ / m² za den.

Statistické posouzení bylo provedeno v programu Statistica 14, kdy byl použit Spearmanův korelační koeficient s hladinou významnosti $p < 0,05$. Koeficient může nabývat hodnot od -1 do 1 , kdy značí vztah negativní či pozitivní mezi dvěma proměnnými. Čím vyšší je hodnota koeficientu (dále od nuly), tím je korelace významnější (Janáček 2022). Pro statistickou průkaznost byla zvolena hranice hodnoty „p“ $0,05$. Parametr „p“ menší „ $0,05$ “ vykazuje hodnotu statisticky průkaznou. Parametr „p“ větší než „ $0,05$ “ udává, že výsledná hodnota nemá průkazný význam. Pomocí korelační matice byly vztaženy zmíněné výstupy hemisférických fotografií

k hodnotám přirozené obnovy a dominantních jedinců. Jednotlivé korelace s p-hodnotou byly zapsány do přehledné tabulky.

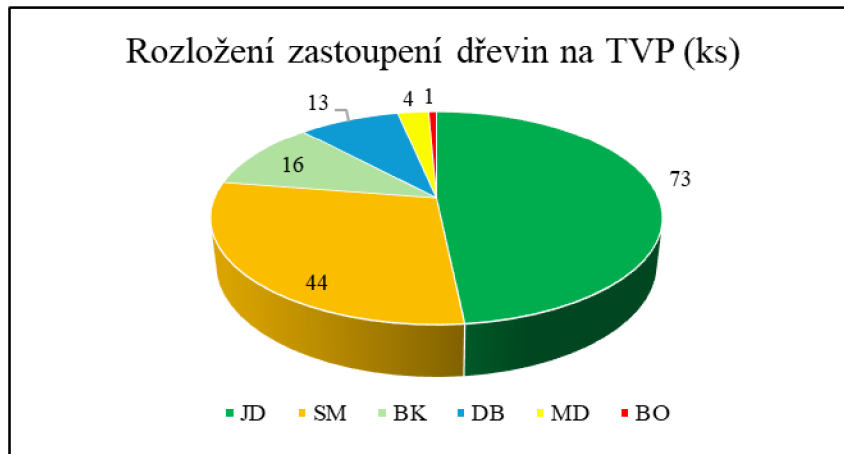


Obrázek 6: Zpracování hemisférických fotografií z MP pro jejich analýzu v softwaru WinsCanopy (autor práce, ČZU v Praze, 2023–2024)

5 Výsledky a diskuze

5.1 Horní etáž porostu

Mateřský smíšený porost trvalé výzkumné plochy reprezentuje celkem 6 dřevin: jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.), smrk ztepilý (*Picea abies* L.), buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), dub zimní (*Quercus petraea* Matt.), modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.) a borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.). Dohromady se na ploše o rozloze 0,7 ha nachází 151 jedinců horní etáže (216 ks / ha), přičemž nejvíce zastoupenou je jedle se 73 jedinci, druhý nejčastější je smrk se 44 stromy, dále pak buk se 16, dub se 13, modřín se 4 jedinci a pouze 1 borovice. Na ploše se nachází také několik jedinců odumřelých, kteří se již dále neevidují. Nejvíce zastoupená jedle se vyskytuje po celé ploše TVP, naproti tomu smrk nemá rovnoměrné rozmístění – chybí v centrální části a je představuje spíše okraje výzkumné plochy. Buk je naopak soustředěn především uprostřed TVP a nezasahuje příliš směrem k okrajům oplocenky.



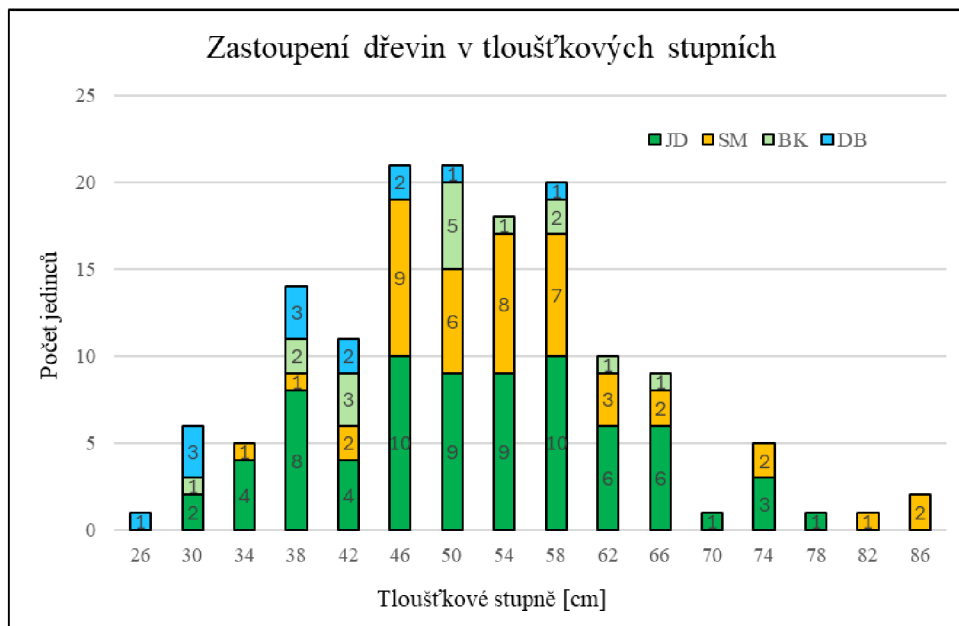
Graf 1: Výčet dřevin horní etáže na TVP a jejich zastoupení

Průměrné hodnoty zjišťovaných veličin v rámci celé TVP, bez rozlišení dřevin, jsou následující:

- Průměrná výčetní tloušťka: 51,54 cm.
- Průměrná výška stromu: 33,37 m.
- Průměrná výška koruny: 20,19 m.

Nejvyššího průměru výšek v porostu dosahuje smrk, který představuje tři nejvyšší jedince horní etáže (42,1 m, 41,1 m a 40,9 m) a u 15 nejvyšších stromů na ploše se o smrk jedná hned 12x (doplněn dvěma modřínou a pouze jednou jedlí). Nejvyšší jedle na TVP má výšku 38,5 m s výčetní tloušťkou 49,8 cm. Buk dosahuje maximální výšky 36,1 m. Dub, který má ze všech dřevin nejnižší průměr výšek a představuje i nejnižší strom na TVP (22,6 m), je vysoký maximálně 32,4 m. Jedinec s největší výčetní tloušťkou je opět smrk, a sice s 87,8 cm při výšce 41,1 m. Další maximální výčetní tloušťky u dřevin: jedle – 77,4 cm, modřín – 72,1 cm, buk – 65,6 cm, dub – 59,7 cm (souhrnný přehled měřených a vypočtených hodnot jednotlivých dřevin zobrazuje tabulka č. 2). Průměrně nejdelší koruny na lokalitě má dub, u něhož představuje koruna podíl 78,1 % celkové délky kmene. U čtyř nejzastoupenějších dřevin má naopak nejkratší koruny smrk, jehož koruny dosahují délky v průměru 54,3 % jejich výšky.

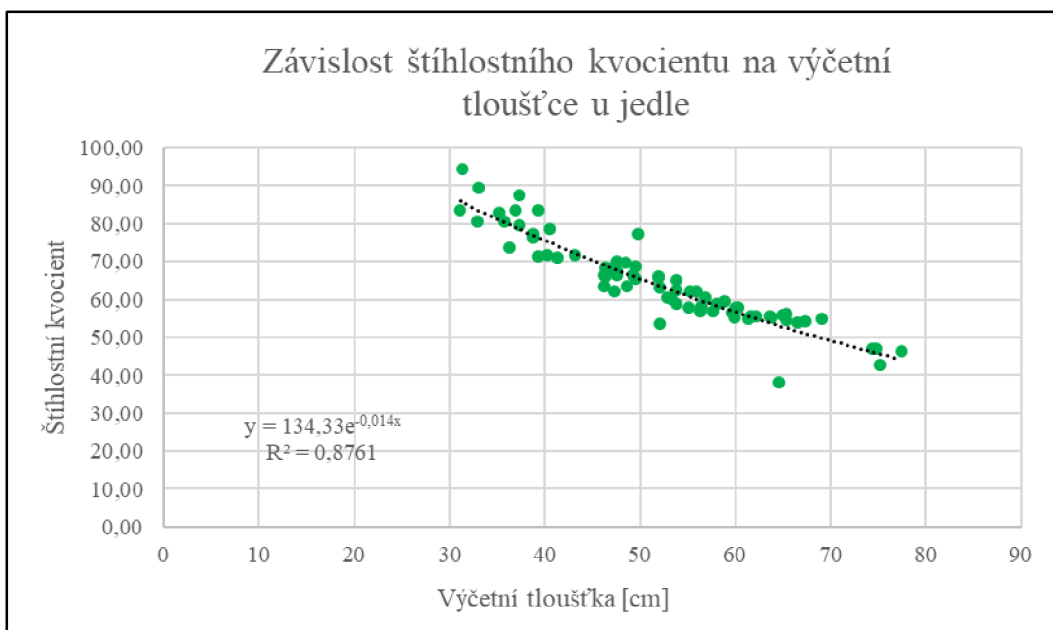
Dřeviny byly podle svých výčetních tlouštěk rozděleny do tloušťkových stupňů po 4 cm (př. stupeň 54 = 52,1–56 cm).



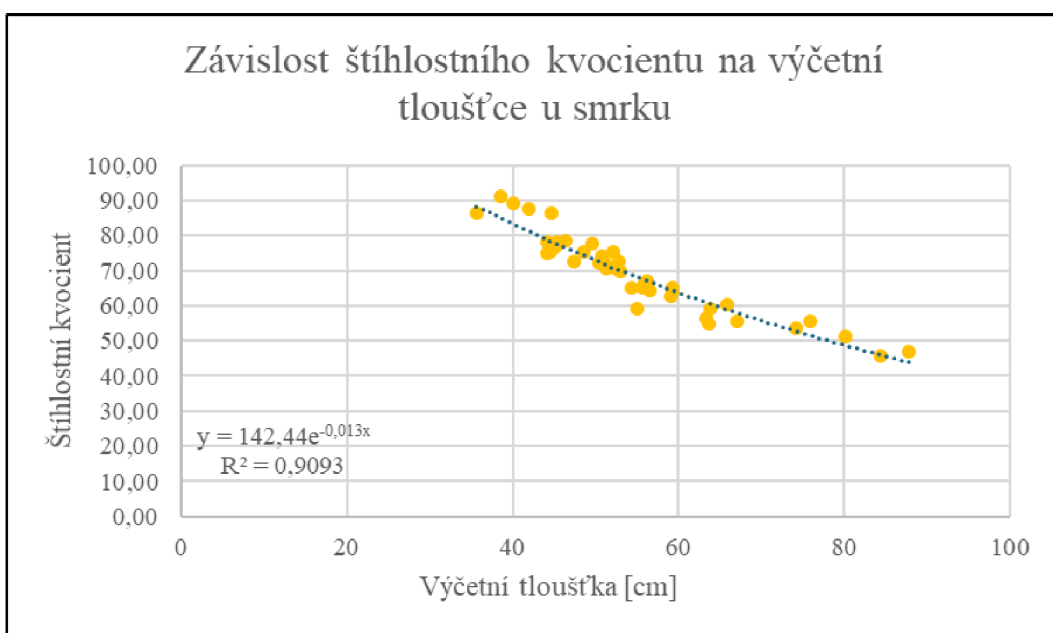
Graf 2: Přehled zastoupení jedle, smrku, buku a dubu v tloušťkových stupních

Z grafu tloušťkových stupňů čtyř nejvíce zastoupených dřevin je patrné, že nejvyšších výčetních tlouštěk zde dosahuje smrk, následovaný jedlí (graf č. 2). Smrk má pak na ploše největší rozptyl tloušťkových stupňů (34–86). U jedle nejvíce jedinců spadá do tloušťkových stupňů 46 a 58, konkrétně po deseti kusech. U buku s dubem lze z grafického přehledu vyčíst, že za hlavními dřevinami zaostávají a nedosahují tak vysokých hodnot výčetních tlouštěk.

Jak už bylo zmíněno, štíhlostní kvocient charakterizuje poměr mezi výškou „h“ a výčetní tloušťkou „d_{1,3}“ stromu. Hodnota se zpravidla pohybuje pod hodnotu 1,00. Štíhlostní kvocient vyjadřuje míru stability daného jedince proti poškození větrem, sněhem apod. Kvocient se odvíjí od tvaru kmene a velikosti koruny stromu. Čím nižší hodnotu vykazuje, tím větší odolnost vyjadřuje. V případě, že se kvocient počítá ve stejných jednotkách, nazývá se štíhlostním poměrem, princip je však stejný. Grafy pro hlavní dřeviny (3 a 4) vyjadřují závislost snižující se hodnoty štíhlostního kvocientu s rostoucí výčetní tloušťkou (při R²: 0,8761 pro jedli a 0,9093 pro smrk).



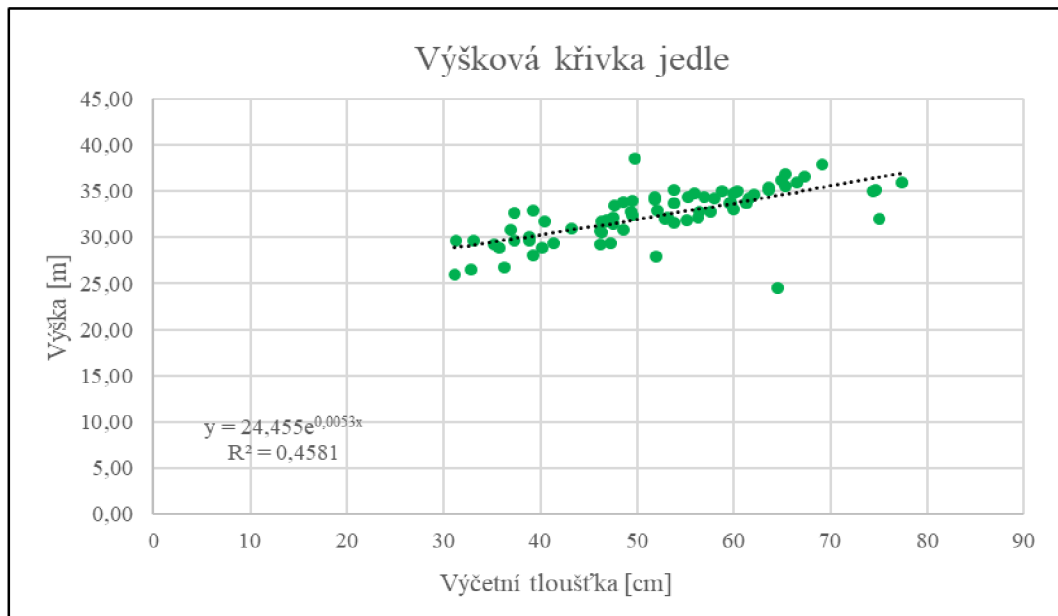
Graf 3: Závislost štíhlostního kvocientu a výčetní tloušťky u jedle



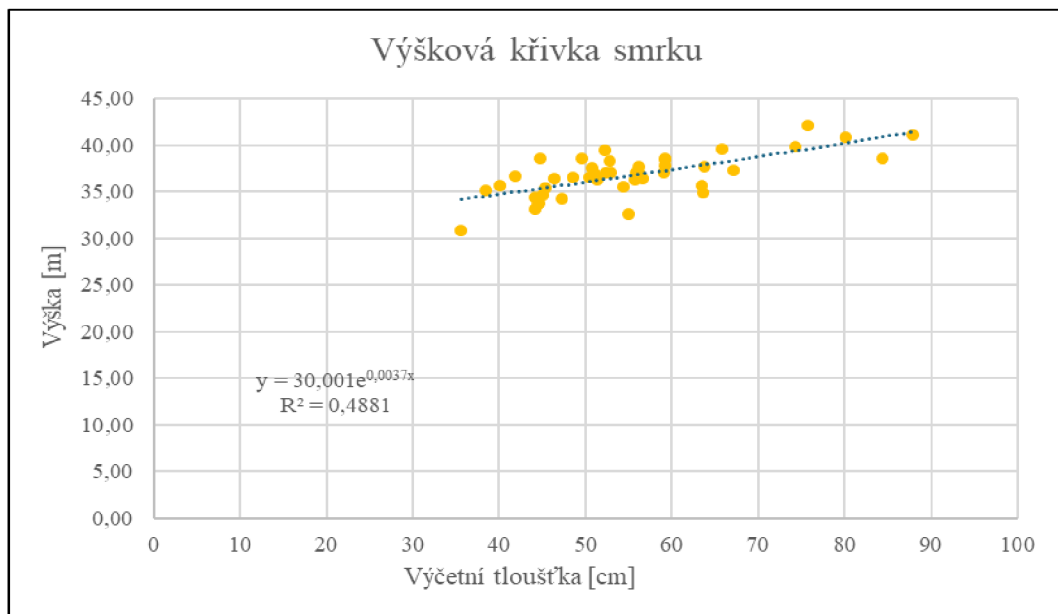
Graf 4: Závislost štíhlostního kvocientu a výčetní tloušťky u smrku

Nejnižší štíhlostní kvocient s hodnotou 42,6, reprezentuje jedle s výškou 32,0 m a výčetní tloušťkou 75,1 cm. Na druhou stranu jedinec s nejvyšším štíhlostním kvocientem 99,0 je buk s výškou 30,7 m a tloušťkou v prsní výšce 31,0 cm, u hlavních dřevin pak jedle s výškou 29,6 m, tloušťkou 31,3 cm a celkovou hodnotou kvocientu 94,6. Je důležité zmínit, že pro každou dřevinu platí jiné kritické hodnoty. Např. u SM je

kritická hodnota štíhlostního kvocientu značí nízkou stabilitu v rozmezí 120–140, kdežto u BK až 220.



Graf 5: Výšková křivka jedle



Graf 6: Výšková křivka smrku

Grafy výškových křivek (5 a 6) hlavních dřevin vyjadřují závislost mezi zvyšující se výškou stromu a jeho výčetní tloušťkou. U smrku je patrné, že na lokalitě dosahuje vyšších výškových hodnot.

Tabulka 2: Souhrnný přehled údajů horní etáže na TVP

Dřevina	Počet stromů na TVP		Střední tloušťka $d_{1,3}$ [cm]	Střední výška h [m]	Výška koruny h_k [m]	Štíhlostní kvocient	Výčetní kruhová základna [m ²]	Objem stří. kmene V [m ³]	Zásoba na TVP V [m ³]	Zásoba / ha V [m ³]	Zakmenění ρ
	ks	%									
JD	73	48,34	52,0	32,4	19,6	64,62	0,221	3,04	221,65	316,64	0,4
SM	44	29,14	55,2	36,8	20,1	68,87	0,249	3,58	157,69	225,27	0,2
BK	16	10,60	48,8	32,3	23,7	68,17	0,194	3,05	48,75	69,64	0,1
DB	13	8,61	39,7	27,5	21,5	71,79	0,129	1,49	19,39	27,70	0,1
MD	4	2,65	56,5	36,4	15,7	68,73	0,270	3,79	15,18	21,69	0,0
BO	1	0,66	37,3	34,1	10,4	91,42	0,113	1,48	1,48	2,11	0,0
Celkem	151								464,14	663,06	0,8

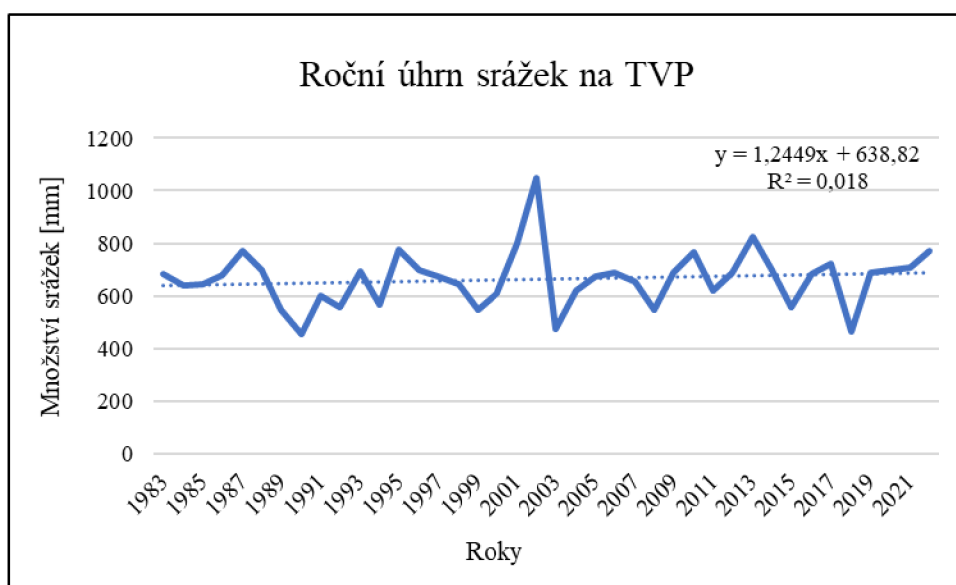
Z tabulky je patrná převaha dvou nejzastoupenějších dřevin výzkumné plochy, jedle a smrku. Dále můžeme vyčíst dominanci modřinu ve výčetní tloušťce středního kmene, jeho výšce, a tudíž i v objemu středního kmene, nicméně tato dřevina představuje podíl pouze necelá 3 % (4 jedinci) z celkového počtu dřevin na TVP. Ze dřevin v porostu zastoupených ve větším rozsahu reprezentuje nejlepší hodnoty růstových veličin smrk, kdy dosahuje objemu středního kmene 3,58 m³. Nejvyšší výčetní kruhovou základnu reprezentuje v porostu modřín, z více vyskytujících se dřevin pak smrk, následovaný jedlí. Buk a dub, jakožto dřeviny přimíšená a vtroušená, představují podúroveň horní etáže. Výčetní kruhová základna TVP všech dřevin dohromady je 33,06 m² s.k. (47,22 m² / ha). Souhrnná zásoba stromů horní etáže s celkovým zakmeněním 0,8 na TVP je 464,14 m³ b.k. (663,06 m³ / ha), přičemž jedle se smrkem představují téměř 82 % dřevní zásoby na ploše.

5.2 Analýza přírůstků vybraných jedinců horní etáže

Na lokalitě, z níž se odebíraly přírůsty vybraných jedinců, na základě dlouhodobého průměru posledních 40 let (1983–2022) panují následující podmínky:

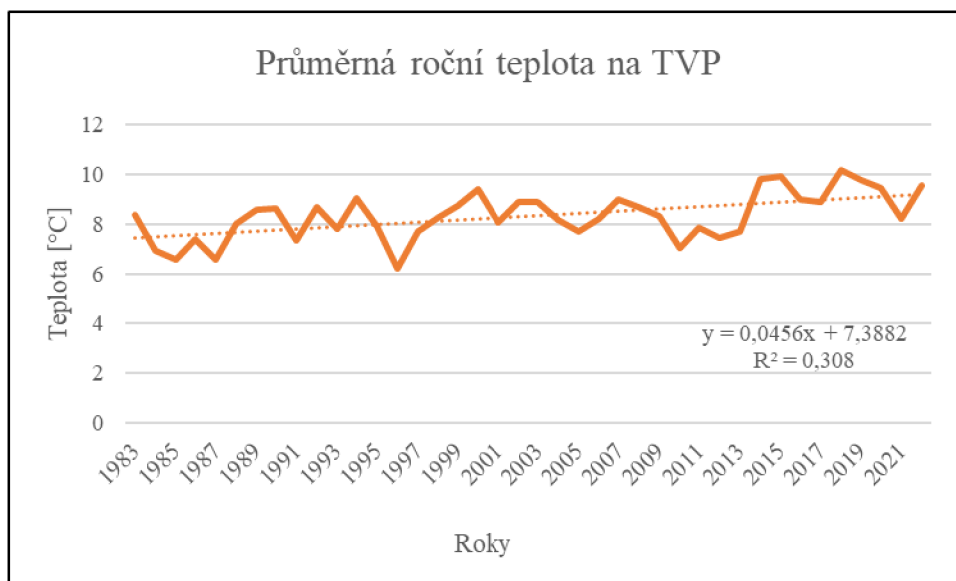
- roční úhrn srážek: 664,3 mm;
- roční úhrn srážek ve vegetačním období (květen–září): 376,5 mm;
- průměrná roční teplota: 8,3 °C;
- průměrná roční teplota ve vegetačním období: 15,7 °C.

Celkem bylo odebráno 34 vývrtů z jedinců horní etáže porostu 411 C 14, přičemž se jedná o 18 vzorků jedle a 16 vzorků smrku. Průměrný počet letokruhů zkoumaných jedlí je 117, kdy nejstarší jedle dosahuje počtu 135. U smrku je pak průměrný počet 100 s nejstarším jedincem 138 letokruhů. Dohromady průměrný počet letokruhů zkoumaných stromů obou dřevin činí 109.



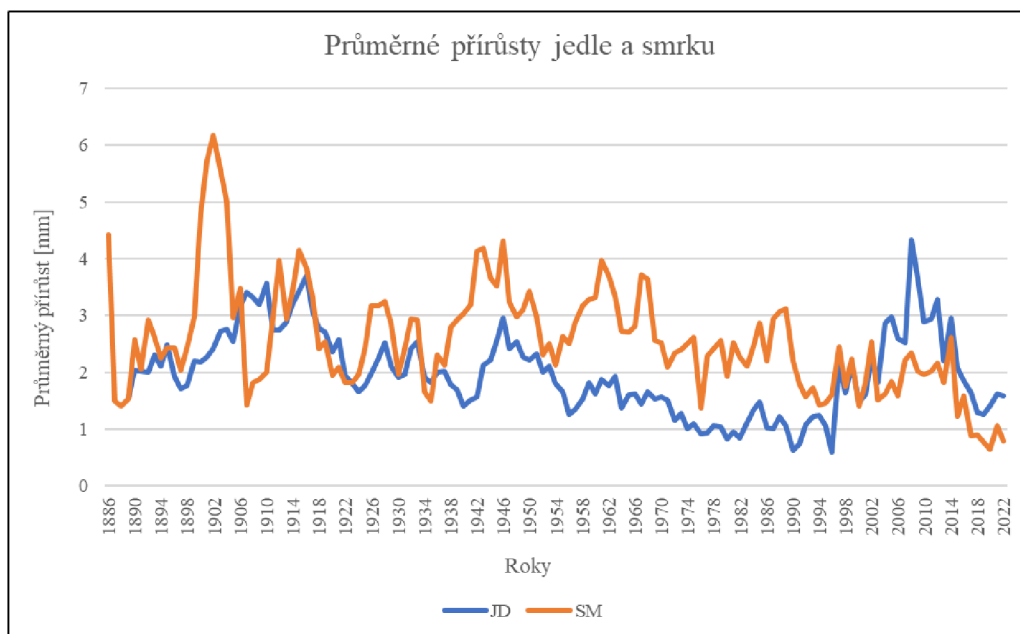
Graf 7: Roční úhrn srážek na trvalé výzkumné ploše za období 1983-2022

Výzkum je zaměřen zejména na posledních 40 let růstu dřevin (1983–2022), které se rozdělují na 2 dvacetileté periody. Periody dělí rok 2003, kdy došlo meziročně k prudké změně srážkového úhrnu. V tomto roce byla také založena celá TVP a došlo v porostu k silnému proředění clonnou sečí. Průměrný úhrn srážek za období 1983–2002 činí podle dat ČHMÚ (stanice Ondřejov) 666,6 mm za rok (vegetační období 380,2 mm). Ve druhém zkoumaném dvacetiletí došlo k nepatrnému poklesu ročních srážek na 662,0 mm (vegetační období 372,8 mm). Nejbohatší na srážkový úhrn byl rok 2002, kdy je zaznamenán roční úhrn 1049,2 mm (vegetační období 695,2 mm). Dalšími, na srážky bohatými roky, jsou 2013 (825,6 mm) a 2001 (802,1 mm). Naopak nejméně srážek na lokalitě spadlo v letech 1990 (454,4 mm), 2018 (466,2 mm) a 2003 (471,8 mm). Právě mezi lety 2002 a 2003 došlo k nejvýznamnějšímu meziročnímu poklesu srážek, kdy na lokalitě spadlo celkově o 577,4 mm srážek méně, než v roce předchozím (pokles o téměř 55 %). Během sledovaného období posledních 40 let spadlo 56,67 % veškerých srážek ve vegetačním období. Ve výsledku lze konstatovat, že roční úhrn srážek na trvalé výzkumné ploše je dlouhodobě vyrovnaný (ČHMÚ 2024).



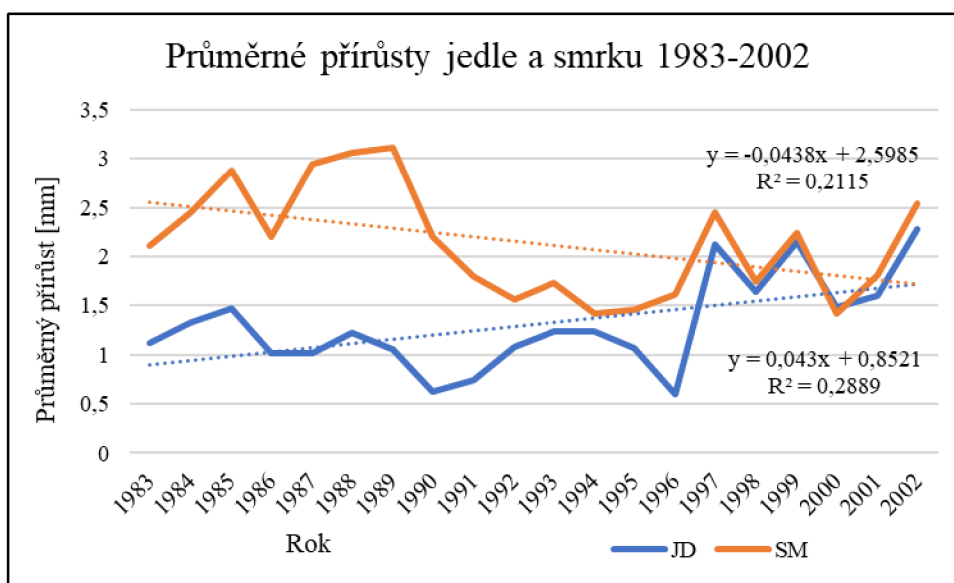
Graf 8: Průměrná roční teplota na trvalé výzkumné ploše za období 1983-2022

Průměrné teploty na výzkumné ploše za první dvacetiletí byly 7,95 °C (vegetační období 15,31 °C). Ve druhém časovém úseku dvaceti let došlo ke značnému nárůstu na průměrnou hodnotu 8,69 °C (vegetační období 16,17 °C). Mezi dvacetiletými obdobími došlo tedy k navýšení průměrné roční teploty o 0,74 °C, potažmo o 0,86 °C ve vegetačním období, což je viditelně patrné v grafu č. 8. Nejteplejším rokem na lokalitě byl rok 2018, kdy byla naměřena rekordní průměrná teplota 10,17 °C (18,40 °C ve vegetačním období) – rekordně vysoká teplota od počátku měření na stanici ČHMÚ Ondřejov. Dalšími velmi teplými roky byly 2015 (9,91 °C) a 2014 (9,83 °C). Naopak nejstudenějšími roky byly 1996 (6,21 °C), 1985 a 1987 (oba 6,58 °C). Trendem posledních let je významné zvyšování průměrné roční teploty, kdy jen za desetiletí 2013–2022 stoupla o téměř 14 % oproti předchozímu desetiletí 2003–2012. Zmíněný rok 2018 s průměrnou roční teplotou 10,17 °C byl jistě pro dřeviny na lokalitě největší zkouškou, kromě rekordní hodnoty teplot byl ve stejném roce totiž naměřen také srážkový úhrn pouze 466,2 mm (vegetační období 232,5 mm), nejnižší od roku 1990 (454,4 mm) a zároveň s tím celkově druhý na srážky nejchudší roční úhrn srážek za historii měření stanice (grafy č. 7 a 8). Extrémní teplotní zátěž v poslední době dokládá fakt, že v uplynulých 9 letech (2014–2022) proběhlo 6 nejteplejších roků v historii měření stanice (ČHMÚ 2024). Poslední analyzovaný rok 2022 byl na lokalitě 5. nejteplejším, extrémně nadprůměrné teploty panovaly zejména v březnu a říjnu – stejně jako na zbytku našeho území (MZe 2023).

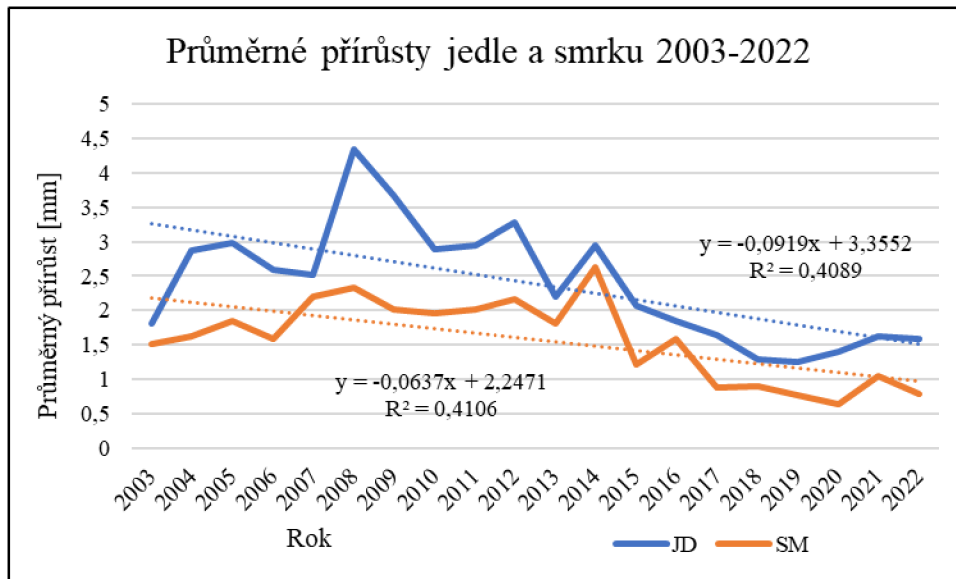


Graf 9: Srovnání průměrných přírůstů jedle a smrku za období 1886–2022

Hlavní dřeviny porostu reagovaly na měnící se podmínky odlišně – jedle vykazuje za druhé dvacetiletí přírůst vyšší než za předchozí období, a naopak u smrku dochází ke snížení jeho přírůstů (graf č. 9). Podrobnější pohled na vývoj průměrných přírůstů jedle a smrku ilustrují grafy č. 10 a 11, kdy je výrazně viditelná odlišná reakce obou dřevin na změny z roku 2003 (clonná seč, klimatické výkyvy).

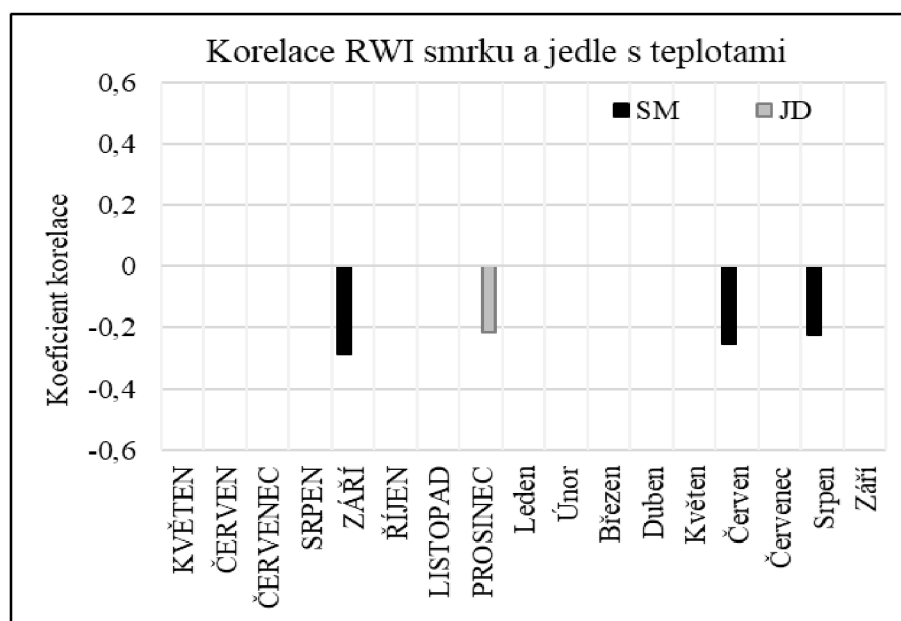


Graf 10: Průměrné RWI u smrku a jedle v prvním zkoumaném dvacetiletí (1983–2002)

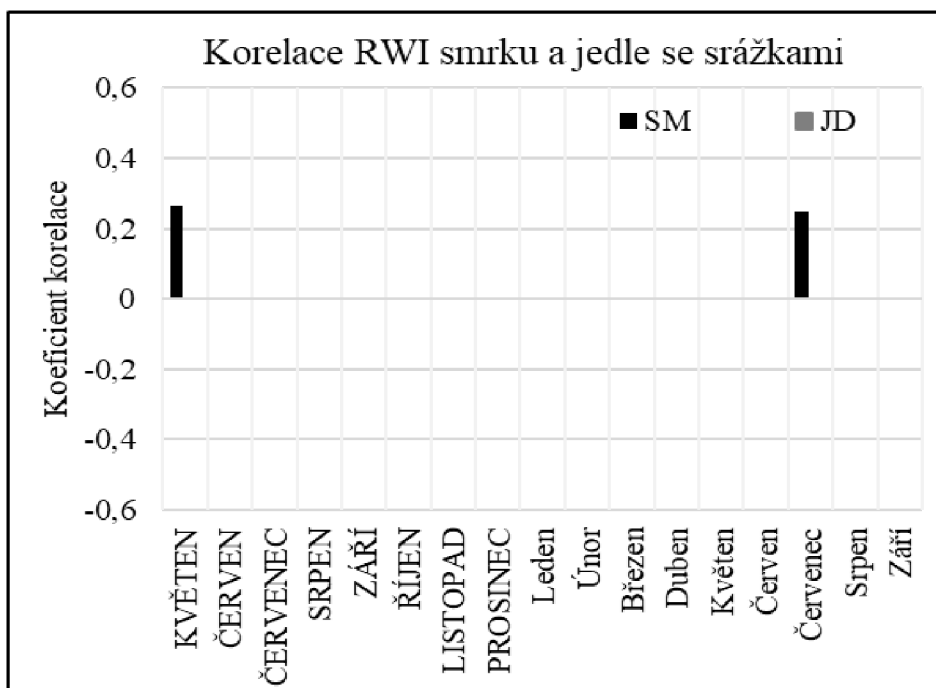


Graf 11: Průměrné RWI u smrku a jedle ve druhém zkoumaném dvacetiletí (2003–2022)

Průměrný přírůst letokruhů jedle za období 1983–2002 byl 3,00 mm, kdežto u smrku 4,51 mm. Na konci prvního porovnávaného období se přírůsty obou dřevin téměř vyrovnávají. V roce 2003 nastává zlom a jedle překonává svým přírůstem smrk, v dalších 20 letech přichází znatelný nárůst přírůstu jedle o 64,4 % na hodnotu 4,93 mm. Opačný trend vykazuje smrk, který přírůst snížil o 22,2 % na průměrnou hodnotu 3,49 mm. Obě dřeviny reagují podmínky posledních let obdobně, jedle si stále drží náskok. Posledních 40 let tedy zkoumané jedle přirůstali celkem průměrně o 3,96 mm a smrk 4,00 mm ročně.

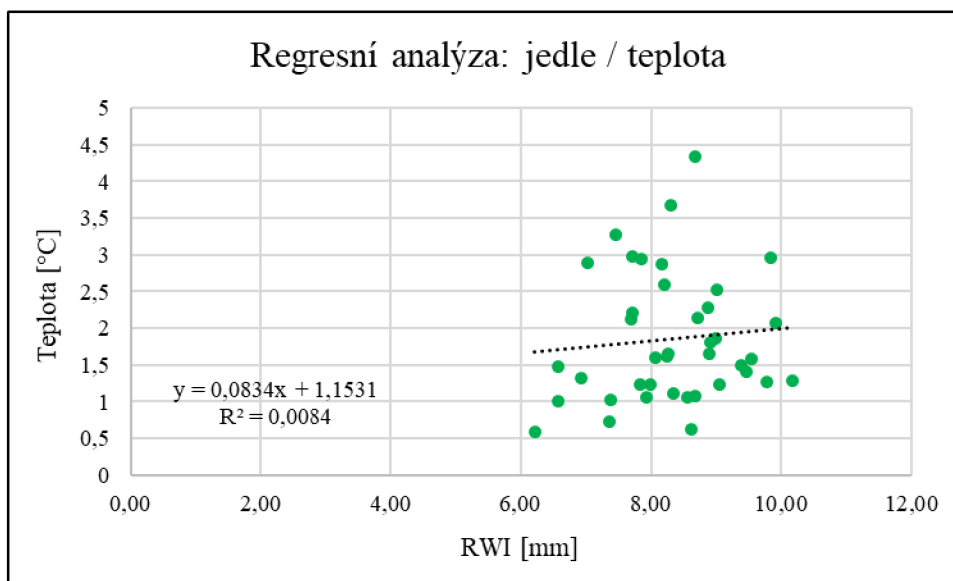


Graf 12: Korelace RWI dřevin s teplotami jednotlivých měsíců

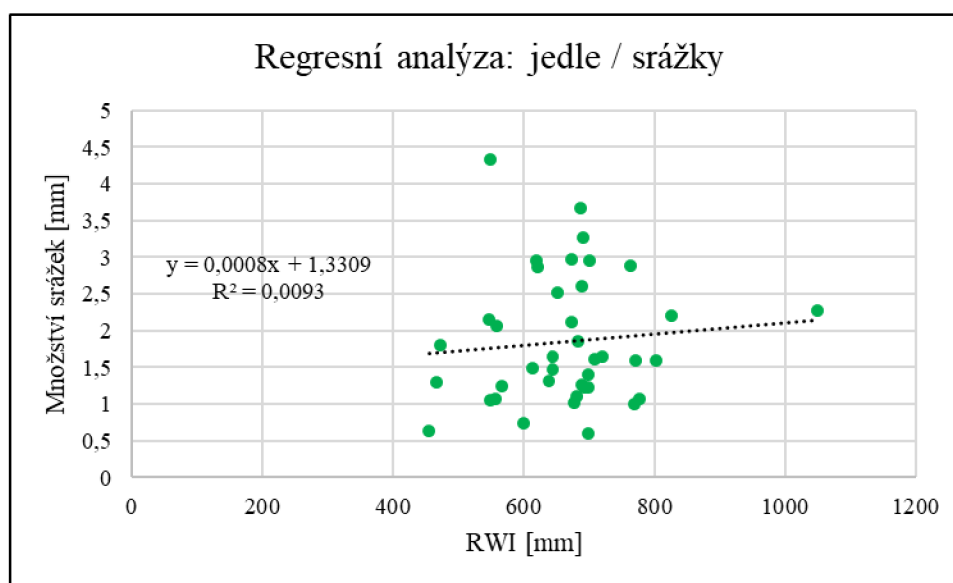


Graf 13: Korelace RWI dřevin se srážkami jednotlivých měsíců

Graf č. 12 ukazuje negativní korelaci smrku s teplotami v měsících září (-0,289) a červen (-0,254) se srpnem (-0,222) následujícího roku. U jedle je taktéž zaznamenána negativní korelace přírůstků, na prosincové teploty (-0,215), což potvrzuje její sníženou toleranci na nízké teploty. Přírůstek smrku však jediný pozitivně koreluje se srážkami, konkrétně v měsících květen (0,263) a červenec (0,247). Jedle nevykazuje pozitivní či negativní korelaci na srážky. Důvodem může být mimo jiné to, že se jedná o stanoviště oglejené a jedle má tak se svým kořenovým systémem zajištěn trvalý styk s podzemní vodou lokality. Smrk mezitím se svým mělkým kořenovým systémem vyžaduje vyšší srážkový úhrn, obzvláště v posledních letech panujících zvýšených teplot. Korelace byly provedeny s hladinou významnosti „ $p = 0,05$ “.

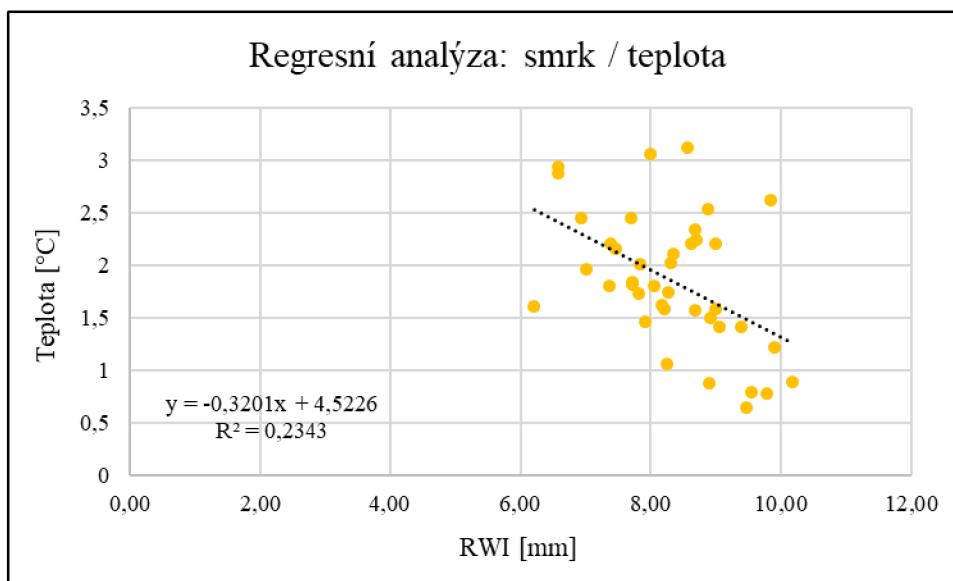


Graf 14: Vliv teploty na přírůst jedle za období 1983–2022

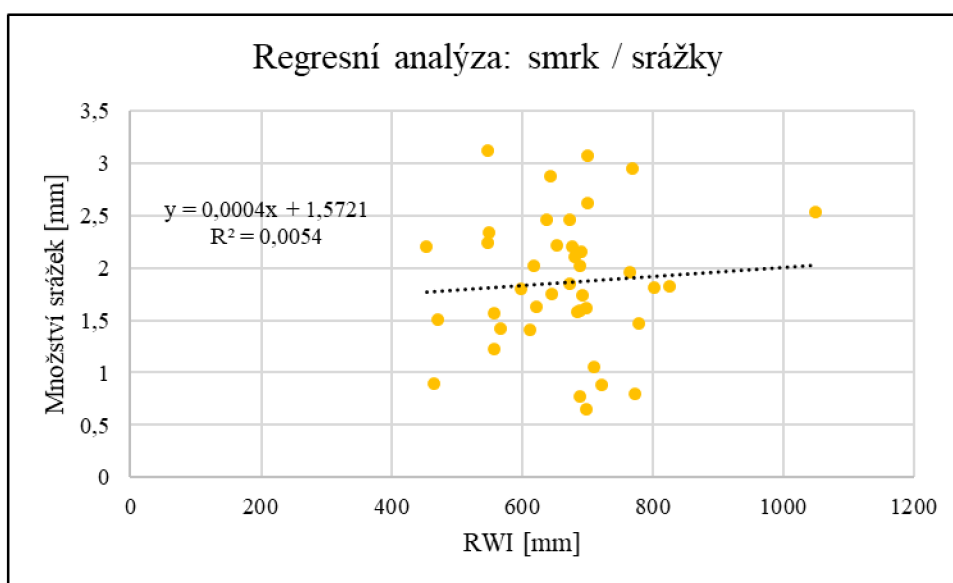


Graf 15: Vliv množství srážkového úhrnu na přírůst jedle za období 1983–2022

Po provedení regresní analýzy lze konstatovat, že jedle ve zkoumaném období svůj přírůst se zvyšujícími se teplotami nijak významně nezvýší (graf č. 14), při koeficientu determinace (R^2) 0,0084. Zároveň s tím nelze označit jako významný ani opticky zvyšující se přírůst s rostoucími srážkami (graf č. 15) při koeficientu 0,0093.



Graf 16: Vliv teploty na přírůst smrku za období 1983–2022



Graf 17: Vliv množství srážkového úhrnu na přírůst smrku za období 1983–2022

Zkoumaný smrk na stanovišti na rozdíl od jedle vykazuje snižující se přírůst ve vztahu s rostoucími teplotami (graf č. 16) při výraznějším koeficientu 0,2343. Naopak ve vztahu ke zvyšujícímu se úhrnu srážek se jeho přírůst za zkoumané období nepatrně zvyšuje (graf č. 17), což však při nevýrazném koeficientu determinace 0,0054 nelze označit za významné.

5.3 Analýza hemisférických fotografií

Na TVP se nachází odrůstající přirozené zmlazení složené celkem z 10 druhů dřevin. Konkrétně se jedná o jedli bělokorou, smrk ztepilý, buk lesní, dub zimní, jeřáb ptačí, borovici lesní, modřín opadavý, lísku obecnou a douglasku tisolistou. Celkově bylo evidováno z měření v roce 2021 na 57 monitorovacích plochách, pokrývajících 1425 m², 20638 obnovených jedinců. Většinu obnovy, 14484 ks (70,2 % z celkového evidovaného počtu), představuje jedle bělokorá. Jedle dominuje v prvních třech výškových třídách s velkou převahou v 1. VT. S rostoucí výškovou třídou počty jedlí klesají. Podobně tomu tak je i u smrku, který představuje celkem 3365 napočítaných stromků, přičemž 98 % smrku spadá do VT 1–3. Oproti tomu u buku, jenž je evidován v počtu 2503 kusů, je nejčastější zastoupení, s téměř 23 % celkové bukové obnovy, ve VT 6 převyšující výšku 200 cm. U dubu platí to samé jako u jedle a smrku, a sice, že je nejvíce zastoupen v 1. VT, avšak dub se na celkovém zmlazení podílí jen nepatrně, necelým 1 %. Další druhy jsou na ploše přirozeně obnovovány jen minimálně – modřín, borovice, jeřáb, bříza, douglaska a líska odpovídají dohromady pouze 0,67 % zmlazení (Vydra 2022).

Jednotlivé transekty pro analýzu přirozené obnovy však nereprezentují totožné podmínky. První transekt o velikosti 20 monitorovacích ploch se nachází pod poměrně silně zakmeněnou částí horní etáže, obnova je zde především mladší s nižším věkem. Na prvním transektu bylo analyzováno 6501 obnovených stromků s průměrnou výškou 18,71 cm. Druhý a třetí transekt (19 a 18 monitorovacích ploch) naopak reprezentují část výzkumné plochy, která byla v roce 2003 více proředěna clonnou sečí a je zde tedy nižší zakmenění mateřského porostu, a tudíž i jiné panující podmínky, zejména světlostní. Obnova je v těchto transektech z větší části velmi dynamicky odrůstající, především díky buku, který zde již tvoří mlaziny. Druhý transekt pokrývá 7364 stromků s jejich průměrným věkem 34,91 cm. Podobně je na tom z hlediska výšky obnovy i třetí transekt, kdy se jedná o 6774 analyzovaných odrůstajících jedinců s průměrnou výškou 38,70 cm. Pro lepší přehled obnovy na jednotlivých transektech slouží tabulka č. 3.

Tabulka 3: Přehled jedinců obnovy v jednotlivých transektech

I. transekt	<20 cm	21-50	51-100	101-150	151-200	200+	20 ploch
JD	4358	594	45	4			5001
SM	623	521	20	1			1165
BK	42	29	49	42	32	42	236
DB	40	14	1				55
JR	19	14	4				37
BO	1	3	2				6
BR		1					1
Celkem	5083	1176	121	47	32	42	6501
II. transekt	<20 cm	21-50	51-100	101-150	151-200	200+	19 ploch
JD	4317	500	230	74	18	5	5144
SM	501	254	151	23	1		930
BK	188	174	251	199	169	251	1232
DB	18	7	4				29
JR	4	10	1		2		17
MD				3	2	2	7
BO				1			1
BR			2			1	3
LS	1						1
Celkem	5029	945	639	300	192	259	7364
III. transekt	<20 cm	21-50	51-100	101-150	151-200	200+	18 ploch
JD	3081	982	249	25	2		4339
SM	392	596	231	39	11	1	1270
BK	156	154	215	125	108	277	1035
DB	29	18	10	1	4	4	66
JR	9	10	8	5		1	33
MD		2	1	1		7	11
BO		1	5	6	3	1	16
BR			1		1	1	3
DG			1				1
Celkem	3667	1763	721	202	129	292	6774

Po převodu na velikost oplocené plochy (0,7 ha) je na TVP v přirozeném zmlazení celkem 101 380 jedinců obnovy:

- Jedle bělokorá: 71 149 ks (70,18 %) / 0,7 ha,
- Smrk ztepilý: 16 530 ks (16,30 %),
- Buk lesní: 12 295 ks (12,13 %),
- Dub zimní: 737 ks (0,73 %),
- Jeřáb ptačí: 422 ks (0,42 %),
- Borovice lesní: 113 ks (0,11 %),
- Modřín opadavý: 88 ks (0,09 %),
- Bříza bělokorá: 34 ks (0,03 %),
- Líška obecná: 5 ks (0,00 %),
- Douglaska tisolistá: 5 ks (0,00 %).

Počty jedinců přirozené obnovy ve výškových třídách, bez rozlišení dřevin:

- VT 1 (do 20 cm): 67 686 ks (66,77 %),
- VT 2 (20,1–50,0 cm): 19 079 ks (18,82 %),
- VT 3 (50,1–100,0 cm): 7 275 ks (7,18 %),
- VT 4 (100,1–150,0 cm): 2 692 ks (2,66 %),
- VT 5 (150,1–200,0 cm): 1 734 ks (1,71 %),
- VT 6 (více než 200 cm): 2 913 ks (2,87 %).

Nejvíce jedinců přirozené obnovy je zahrnuto ve VT 1. Následuje typický prudký pokles jedinců v rámci výškových tříd, vlivem autoredukce. Jediné zvýšení je zaznamenáno ve VT 6 oproti přechozím poklesům, a to díky buku, který na určitých částech plochy dynamicky odrůstá zbytku obnovy s velkým náskokem (Vydra 2022).

V souhrnné tabulce (č. 4) jsou viditelné podrobné počty přirozené obnovy převedené na výměru TVP, rozdělené podle druhů dřevin do jednotlivých výškových tříd. Obnova jedle, smrku a buku představuje dohromady 98,61 % veškeré vzniklé přirozené obnovy na TVP, ostatní dřeviny jsou na výzkumné ploše zastoupeny pouze sporadicky. Většinu přirozeného zmlazení představují 3 nejnižší výškové třídy (velikost do 100,0 cm), souhrnem téměř 92,76 % z celkové obnovy. Počty jedinců přirozené obnovy po přepočtu na hektar jsou následné:

JD 101642 ks / ha, SM 23614 ks / ha, BK 17565 ks / ha, DB 1053 ks / ha, JR 604 ks / ha, BO 161 ks / ha, MD 126 ks / ha, BR 49 ks / ha, DG 7 ks / ha, LS 7 ks / ha. Dohromady se na ploše po přepočtu nachází vzešlých 144828 ks / ha (Vydra 2022).

Tabulka 4: Souhrnný přehled přirozené obnovy TVP jednotlivých druhů ve výškových třídách

0,7 ha	<20 cm	21-50	51-100	101-150	151-200	200+	
Druh / VT	1	2	3	4	5	6	celkem
JD	57749	10198	2574	506	98	25	71149
SM	7447	6735	1975	309	59	5	16530
BK	1896	1754	2530	1798	1518	2800	12295
DB	427	192	74	5	20	20	737
JR	157	167	64	20	10	5	422
MD		10	5	20	10	44	88
BO	5	20	34	34	15	5	113
BR		5	15		5	10	34
DG			5				5
LS	5						5
celkem	67686	19079	7275	2692	1734	2913	

Tabulka č. 5 ukazuje výsledné hodnoty zkoumaných světlostních veličin. Míra otevřenosti stanoviště (Openess) se pohybuje od 0,38 % do 10,35 % se střední hodnotou 5,19 %. Faktory dopadajícího přímého záření (DSF) a dopadajícího nepřímého záření (ISF) dosahují velmi podobných hodnot. Hodnoty dopadajícího fotosynteticky aktivního záření na monitorovacích plochách se pohybují od 0,05 do 1,83 MJ / m² za den. Hodnoty všech veličin jsou poměrně nízké, na což má bezpochyby vliv velmi bujně rostoucí obnova, mnohdy vysoká několik metrů.

Tabulka 5: Parametry veličin světelných podmínek

	Openess [%]	Direct site factor (DSF) [%]	Indirect site factor (ISF) [%]	Photosynthetic Photon Flux Density - total under (PPFD) [MJ / m ²]
Minimální hodnota	0,38	0,006	0,004	0,05
Maximální hodnota	10,35	0,20	0,19	1,83
Střední hodnota	5,188	0,080	0,087	0,789
Směrodatná odchylka	2,024	0,047	0,039	0,422

Data přirozené obnovy však nemají pro statické posouzení normální rozdělení. Pomocí Spearmanova korelačního koeficientu byl analyzován celkový počet jedinců, podíl jejich zastoupení a průměrná výška obnovy na jednotlivých MP ve vztahu ke světelným parametrům. Průměrná výška obnovy byla zjištěna jako průměrná hodnota dané výškové třídy (např. střední výška ve třídě 21–50 cm je 35 cm, ve třídě 51–100 cm je 75 cm atd.). Parametr PPFd nepředstavuje statisticky významný faktor přirozené obnovy, není proto zahrnut v tabulkách statistického testování.

V tabulkách (č. 6 a 7) jsou uvedeny výsledky korelace světlostních poměrů u 4 nejzastoupenějších dřevin, tedy jedle, smrku, buku a dubu. U ostatních, sporadicky zastoupených dřevin, statistické vyhodnocování neprokázalo žádný významný vliv proměnných. Korelace prokázala záporný vztah mezi počtem jedinců jedle IV. výškové třídy a parametrem Openess, tedy otevřením zápoje. Parametr Openess negativně koreluje také s bukem a jediný pozitivní vztah má s II. VT dubu, což vysvětluje nároky dubu na osvětlení. Faktor DSF ukazuje kladný vztah k počtu jedinců smrku ve IV. VT a faktor ISF vykazuje kladnou korelaci pouze opět s dubem.

Tabulka 6: Výsledky statistického testování vlivu světelných parametrů na počet jedinců obnovy

		Světelné poměry		
		Openness	Direct site factor (DSF)	Indirect site factor (ISF)
Jedle	I	0,215405	0,081709	0,092435
	II	0,010341	0,075858	-0,087657
	III	-0,160244	0,148518	-0,198521
	IV	-0,462350	0,060978	-0,406004
	V	0,093560	-0,093560	0,018712
	VI	0,000000	0,866025	-0,866025
	celkem	0,190864	0,120971	0,051531
Smrk	I	-0,013406	-0,378065	-0,042166
	II	0,094416	-0,107082	0,055559
	III	-0,087824	0,220998	-0,044077
	IV	-0,312260	0,662294	-0,395362
	V	-0,737865	0,632456	-0,737865
	VI			
	celkem	0,041672	-0,155148	-0,002528
Buk	I	0,018070	0,279783	-0,070820
	II	-0,153926	0,146306	-0,243160
	III	-0,151802	0,087663	-0,219166
	IV	-0,169173	0,045610	-0,221412
	V	-0,316549	0,034948	-0,358334
	VI	-0,055602	0,161529	-0,090083
	celkem	-0,163102	0,245488	-0,237475
Dub	I	0,222702	-0,064566	0,162048
	II	0,601048	0,030655	0,507989
	III	0,182574	0,156492	-0,169533
	IV			
	V	0,866025	0,866025	0,866025
	VI			
	celkem	0,196574	0,073559	0,154746

Tabulka 7: Výsledky statistického testování vlivu světelných parametrů na vzájemný podíl jedinců obnovy

		Světelné poměry		
		Openness	Direct site factor (DSF)	Indirect site factor (ISF)
Jedle	I	0,263130	0,072532	0,199896
	II	-0,146978	-0,047286	-0,142179
	III	-0,208494	0,016363	-0,151133
	IV	-0,443609	0,105263	-0,335338
	V	0,107143	-0,321429	0,107143
	VI	0,500000	1,000000	-0,500000
	celkem	0,245078	0,102802	0,167617
Smrk	I	-0,105006	-0,448931	-0,032085
	II	0,019348	-0,178218	0,066502
	III	-0,029556	0,187570	0,018928
	IV	-0,159314	0,696078	-0,112745
	V	-0,600000	0,800000	-0,600000
	VI			
	celkem	-0,050591	-0,251754	0,028520
Buk	I	-0,088782	0,226979	-0,099550
	II	-0,287949	0,058776	-0,292459
	III	-0,327290	-0,096344	-0,333804
	IV	-0,283071	0,020294	-0,243640
	V	-0,221351	0,059326	-0,162899
	VI	-0,120837	0,077188	-0,092044
	celkem	-0,264977	0,203140	-0,264389
Dub	I	-0,051094	-0,205073	0,027027
	II	0,469556	0,034056	0,486068
	III	0,380952	0,785714	0,309524
	IV			
	V			
	VI			
	celkem	0,117877	-0,010074	0,168832

Statistické posouzení vzájemného podílu jednotlivých dřevin na ploše ukazuje při parametru Openess pozitivní korelaci u II. VT dubu a negativní korelace u buku, kdy se dá předpokládat snížený podíl zastoupení buku při zvyšujícím se parametru. Podíly smrku IV. VT a dubu III. VT by se podle testu dále zvyšovaly s rostoucí hodnotou dopadu přímého záření (DSF). Za pozitivně korelované lze zmínit ještě míru dopadu nepřímého záření s podílem dubu ve druhé výškové třídě.

Co se týče testování světelných parametrů a průměrné výšky obnovy, jedinou významnější pozitivní korelaci lze zmínit mezi faktorem DSF a výškou obnovy smrku (0,3185). Lze tedy vyvodit, že s rostoucí mírou dopadajícího přímého záření na plochu roste i výška smrku, u ostatních dřevin není korelace světelných faktorů s jejich výškou významná.

Závěrem lze konstatovat, že výsledky statistického posouzení přirozeného zmlazení a panujících světlostních podmínek neukazují významné korelování proměnných. Je to dáno zejména pokročilým vývojem rostoucích jedinců. Na další přirozenou obnovu jednotlivých dřevin a její odrůstání má větší vliv již konkurence vzrostlých živých jedinců než světelné podmínky, jejichž veličiny dosahují přes bujnou obnovu velmi nízkých změřených hodnot.

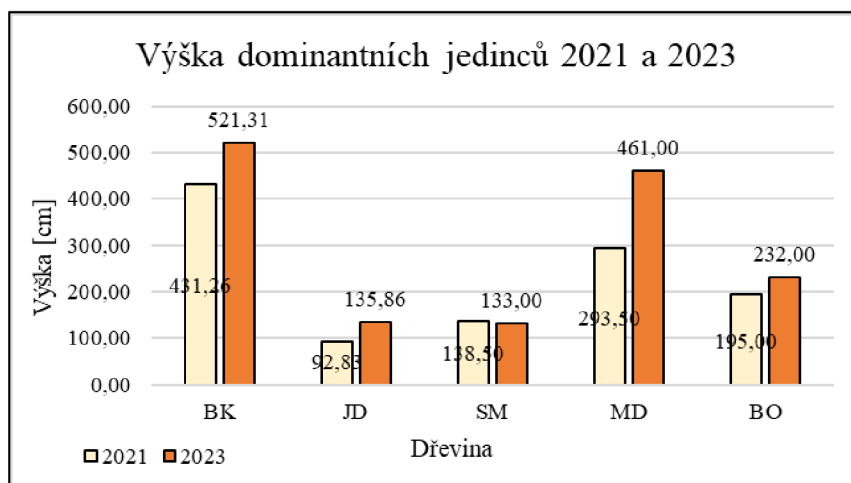
5.4 Dominantní jedinci

Na každé monitorovací ploše pro analýzu přirozené obnovy o velikosti 5x5 m byl vybrán 1 dominantní jedinec. Ve značné většině případů, konkrétně u 45 ploch, se jedná o buk (78,9 %). Ten doplňuje 7 jedlí (12,3 %), 3 smrky (5,3 %), 1 modřín (1,8 %) a 1 borovice (1,8 %). Dominance buku na monitorovacích plochách je patrná na první pohled z tabulky č. 8. Průměrná výška dominantních buků přesahuje výšku dominantních jedlí o téměř 4 m. Výšky buku se pohybují v mezích od 195 do 892 cm, délky korun od 185 do 870 cm, přičemž tloušťky kořenového krčku mají nejnižší hodnotu 14 mm a nejvyšší 96 mm. U zástupců jedle dosahuje největší výšky strom s výškou 219 cm, délkou koruny 213 cm a tloušťkou krčku 31 mm, naopak nejnižší jedle mezi dominantními měří 58 cm s korunou dlouhou 40 cm a krčkem o tloušťce 19 mm. Všechny tři zástupci smrku se nachází na transektu II., tedy ve střední části TVP.

Tabulka 8: Průměrné hodnoty růstových veličin dominantních jedinců podle dřevin

Dřevina	BK	JD	SM	MD	BO
Počet jedinců [ks]	45	7	3	1	1
Výška jedinců [cm]	521,31	135,86	133,00	461,00	232,00
Výška koruny [cm]	454,89	120,71	104,33	318,00	125,00
Tloušťka kořen. krčku [mm]	43,60	24,71	32,00	24,00	20,00
Délka terminálního výhonu [cm]	35,98	23,43	17,00	36,00	26,00

Autorem práce byly dominantní jedinci evidovány i při vypracovávání práce bakalářské na stejné TVP. Při nynějším měření však u některých jedinců bylo rozhodnuto nahradit je jinými, tudíž stojí za zmínku porovnání pouze průměrných výšek (graf č. 18). Průměrná výška u smrku je z novějšího měření nižší právě z důvodu odlišných jedinců, kdy byly v roce 2021 mezi dominantní zahrnuty smrky 2 a nyní 3.



Graf 18: Průměrná výška dominantních jedinců v letech 2021 a 2023

Růstové veličiny současného měření byly porovnány s výstupy hemisférických fotografií pomocí Spearmanova korelačního koeficientu stejně jako u přirozené obnovy. V tomto případě se vzaly průměrné hodnoty dominantních jedinců bez rozlišení dřevin, a to z důvodu dominance buku v zastoupení a nevýznamnosti testování jednotlivých zástupců zbytku druhů. U dominantních jedinců nebyla prokázána žádná výrazná závislost na některé ze světlostních veličin při hladině významnosti „p“ = 0,05. Opět je to dáno již velmi vysokou obnovou, kdy hraje při vývoji dřevin větší roli konkurence jedinců na ploše. Přehled všech korelací jednotlivých proměnných bez signifikantního vlivu vykazuje tabulka č. 9.

Tabulka 9: Výsledky statistického testování vlivu světelných parametrů na růstové veličiny dominantních jedinců

Údaje dominantních jedinců	Světelné poměry			
	Openness	Direct site factor (DSF)	Indirect site factor (ISF)	Photosynthetic Photon Flux Density - total under (PPFD)
Výška [cm]	-0,068417	0,131227	-0,056100	0,113488
Výška koruny [cm]	-0,050819	0,090100	-0,033350	0,074331
Ploušťka k. krčku [mm]	-0,103952	0,008855	-0,080014	-0,006991
Terminální výhon [cm]	-0,035571	0,145806	0,009866	0,133824

5.5 Souhrn výsledků a jejich diskuze

Smíšený porost 411 C 14 s trvalou výzkumnou plochou reprezentuje celkem 6 dřevin. TVP o velikosti 0,7 ha pokrývá 151 jedinců mateřského porostu. Jedle bělokorá svým zastoupením na ploše dominuje, kdy čítá celkem 73 kusů. Druhou nejzastoupenější dřevinou horní etáže je smrk o 44 jedincích, který zde má velmi dobré produkční parametry. Smrk chybí v centrální části TVP a je soustředěn spíše směrem k okrajům plochy. Jedle a smrk jsou tedy hlavními dřevinami horní etáže, kdy dohromady mají zastoupení 77 % a představují zásobu 379,34 m³ (81,7 % porostní zásoby). Buk je v porostu zastoupen 10,60 % (16 ks) a chybí v části TVP dominující jedlí, nachází se zejména v centrální části a okrajům oplocenky nezasahuje, mívá se tedy se smrkem. Buk společně s vtroušeným dubem tvoří podúroveň mateřského porostu. Modřín představuje v horní etáži dřevinu, která dosahuje na ploše velmi vysokých produkčních parametrů, nicméně je zastoupen pouze sporadicky, 4 jedinci. Obdobně je tomu tak i u borovice, která se eviduje pouze jediná. Celková zásoba smíšeného porostu se zakmeněním 0,8 je 464,14 m³ (663,06 m³ / ha). Na TVP se nachází také již několik odumřelých jedinců horní etáže, které se dále neevidují, zejména se jedná o jedli.

Dendrochronologie provedená na vybraných jedincích se týkala dvou hlavních dřevin porostu – jedle a smrku. Zaměření u odebraných vzorků proběhlo na posledních 40 let, přičemž se jako panující podmínky plochy vzaly průměrné roční a měsíční srážky a teplota. Odebrané vývrty ukázaly negativní korelaci mezi přírůsty smrku a teplotou letních měsíců, což je typickým projevem boje smrku s vysokými teplotami posledních let na našem území. Tuto skutečnost potvrzuje i Matějka (2019), když tvrdí, že přírůsty

smrku se mohou snižovat s rostoucími teplotami na lokalitách, kde nemá smrk zajištěný pravidelný přísun vody. Snižující se přírůst smrku se zvyšujícími se teplotami prokázala také provedená regrese. U jedle byla zaznamenána taktéž negativní korelace teplotou, konkrétně v prosinci, což potvrzuje její náchylnost na mrazové teploty (Úradníček, Chmelař 1998 a). Pozitivní korelace přírůstu smrku a srážek byla potvrzena v měsících květen a červenec. Data z meteorologické stanice také ukázala neměnný srážkový úhrn, který je na lokalitě dlouhodobě vyrovnaný. Co se týče teplot, potvrdil se obecně známý trend oteplování, kdy se na lokalitě za poslední desetiletí zvýšila průměrná teplota o 14 % oproti předchozímu. Průměrné přírůsty z odebraných jedinců naznačují, že jedle se dokáže s teplotními výkyvy posledních 20 let vypořádat lépe než smrk, což potvrzuje také Zang et al. (2014). Obdobné zjištění popisuje ve své práci také Jílková (2023). Lze tedy predikovat, že pokud nebude mít smrk dostatek srážek během vegetačního období při panování nadprůměrných teplot, bude i nadále svůj přírůst snižovat a hrozí riziko jeho kolapsu (Tinner et al. 2013). Vyhlídky meteorologických predikčních modelů nejsou pro smrk kdovíjak přívětivé – předpokládá se nadále růst průměrné teploty, smrk tak bude vyžadovat vyšší srážkové úhrny. Jedle si i přes snížený přírůst dokáže díky svému kořenovému systému na zkoumaném oglejeném stanovišti oproti smrku lépe poradit.

Trvalá výzkumná plocha je pokryta velmi bujným, dynamicky odrůstajícím přirozeným zmlazením, tvořeným 10 dřevinami. Obnova analyzována na 3 transektech není po celé TVP monotónní. Zhruba polovinu pokryvu plochy ve zmlazení představují jedle, na další polovině je její zmlazení překryto bukovými mlazinami. Dohromady bylo po přepočtu transektů na rozlohu TVP analyzováno 101380 ks obnovy (Vydra 2022). Díky dominanci jedle v mateřském porostu a ideálním podmínkám pro její reprodukci se tak na ploše nachází 71149 jedinců, zejména pak v prvním dvou nejnižších výškových třídách do 50 cm (95,5 % veškerých jedlí). Jedle představuje téměř 70,2 % celkové přirozené obnovy plochy. Na místech v překryvem buku má jedle potenciál dlouhého pomalého vývoje (Poleno et al. 2009). Smrk má ve zmlazení celkem 16530 ks (16,3 %), opět hlavně v nejnižších dvou VT. U smrku bude nejspíše probíhat silnější mortalita vlivem autoredukce, než u jedle nebo buku, vzhledem k jeho snížené toleranci k zastínění v porovnání s těmito dřevinami. Přeživší jedinci pak mají potenciál představovat i nadále hlavní dřevinu horní etáže, společně s jedlí a bukem. Saniga (1995) však poukazuje i na schopnost smrku přežít určité období v zástínu a dále poté vyzdvihuje schopnost

smrku reagovat a prudké uvolnění, čímž by svou ztrátu na výškovém přírůstu dohnal. Jak bylo několikrát zmíněno, buk svou obnovou zhruba na polovině plochy předrůstá ostatní druhy, a to mnohdy i o několik metrů. Buk se podílí na obnově plochy 12295 jedinci (12,1 %) a jeho mlaziny budou mít zásadní vliv na budoucí vývoj výzkumné plochy. Dubu bylo na TVP po převodu evidováno 737 ks (0,7 %), svými počty a štítkem světlomilné dřeviny nebude mít na budoucí vývoj porostu již znatelný vliv. Modřín a borovice mají dohromady podíl ve zmlazení 0,2 % (MD 88 ks, BO 113 ks). Obě dřeviny potřebují pro svůj úspěch velmi silné oslunění (Musil 2003), pokud tedy nedojde k silnému rozvolnění, např. vlivem disturbance, ani u nich se v budoucnu neočekává role na výzkumné ploše. Další dřeviny nacházející se ve zmlazení jsou jeřáb ptačí, bříza bělokorá, douglaska tisolistá a líska obecná, nicméně všechny tyto druhy dohromady představují pouze 0,5 % podíl vzešlých semenáčků. Bříza a jeřáb se na plochu dostali jako pionýrské dřeviny anemochorií, líska a douglaska představují ojedinělé případy dřevin, zanesených na plochu zoochorně. Mimo velmi nízké počty a jejich růstovou strategii nemá navíc ani jedna z těchto druhů zastoupení v horní etáži, tudíž nebudou hrát roli na dalším vývoji porostu. U nejvíce zastoupených dřevin ve zmlazení proběhlo statistické testování vlivu světelných parametrů s jejich počtem, vzrůstem a podílem na celkovém zmlazení. Z parametrů světelných podmínek na stanovišti byly zvoleny k analýze: míra otevřenosti zápoje světelnému záření, faktor míry dopadajícího přímého záření, faktor míry dopadajícího nepřímého záření a dopadající fotosynteticky aktivní záření. Parametry získané s hemisférických fotografií však neprokázaly mnoho významných vlivů na některou zmíněnou proměnnou obnovy. Zmínit lze pozitivní korelaci otevřenosti zápoje a dopadu přímého záření na početnost dubu, což však nemá při jeho četnosti na ploše význam. Zvyšující se otevřenost zápoje má podle očekávání negativní vliv na počet jedinců jedle a počet a vzrůst buku.

Statistické testování světelných poměrů a růstových veličin dominantních jedinců neprokázalo významnou korelaci. Mezi dominantními jedinci lze očekávat vzhledem k převaze buku, ať už početní či růstové, úspěšné dynamické odrůstání této dřeviny, především na polovině TVP s výskytem bukových mlazin. Dominantní jedinci jedle mají průměrnou výšku pouze 135,9 cm a vyskytují se na monitorovacích plochách většinou při absenci buku, s obecně s velmi nízkým vzrůstem okolní obnovy, zejména v I. transektu. U smrku se nepředpokládá převzetí vůdčí role a předrůstání konkurentů, neboť jeho zastoupení mezi dominantními jedinci činí pouze 3 kusy a svým vzrůstem,

podobným jedli, bude předrůstající obnovu doplňovat. Modřín s borovicí, představující zde ojedinělé případy dominantních jedinců, by mohli v budoucnu mít svou roli na ploše ve velmi omezeném počtu, a to pouze za podmínky, že se jim podaří dále odrůstat okolní konkurenci a pokračovat ve svém vývoji při zlepšených světelných podmínkách. Jsou však značně omezeny silným zástínem mateřského porostu a jejich úspěšný vývoj nelze očekávat.

6. Závěr a doporučení

Tato diplomová práce se zaměřuje na analýzu přirozené obnovy ve vybraném porostu v NPR Voděradské bučiny. Přirozené zmlazení se analyzuje s parametry světelných podmínek v podobě hemisférického fotografování na monitorovacích plochách. Na vytyčených plochách byly zároveň změřeny růstové veličiny dominantních jedinců. Na výzkumné ploše o velikosti 0,7 ha dále proběhlo dendrometrické měření všech stromů horní etáže a odvození produkčních parametrů dřevin. Z mateřského smíšeného porostu bylo vybráno celkem 34 jedinců k odebrání vývrtů pro provedení přírůstové analýzy, přičemž se jednalo o 18 jedlí a 16 smrků. Literární rešerše se věnuje zejména struktuře lesních ekosystémů, smíšeným porostům a přirozené obnově.

Trvalá výzkumná plocha se nachází v NPR Voděradské bučiny, konkrétně v porostu 411 C 14. Na lokalitě se hospodaří formou výběrného HZ. Plocha je trvale oplocená a jak bylo zmíněno, má smíšenou skladbu mateřského porostu s velmi hustým zmlazením. Analýza zmlazení probíhala na 3 vytyčených transektech pomocí sítě monitorovacích ploch o velikosti 5x5 metrů.

Smíšená horní etáž byla měřena po celé ploše TVP a tvoří ji 151 stromů. Jako cílová dřevina zde dominuje jedle bělokorá. Druhou nejvíce zastoupenou dřevinou je smrk ztepilý, s odstupem pak přimíšený buk lesní a vtroušené dub zimní, modřín opadavý a borovice lesní. Dřeviny vykazují vysoké produkční parametry. Průměrná výčetní tloušťka jedinců na ploše dosahuje 51,4 cm, jejich výška 33,7 m a délka koruny 20,19 m. Zásoba na TVP v porostu 411 C 14 činí 464,14 m³. Dendrochronologická analýza prokázala negativní korelaci mezi přírůsty smrku a letními teplotami. U jedle negativně koreluje její průměrný přírůst s teplotami panujícími v prosinci. Kladná korelace byla prokázána u smrku na srážkový úhrn, a to v měsících květen a červenec. Přirozená obnova probíhá na ploše nepřetržitě, podílí se na ní

celkem 10 dřevin. Podle očekávání byla zjištěna převaha jedle, zejména v prvních třech výškových třídách. Z výsledků je patrné, že jedli svědčí obnova pod clonou mateřského porostu, zvláště při zastoupení více druhů dřevin. Velkou úlohu pak na lokalitě hraje zejména buk, který zde bujně odrůstá, mnohdy s náskokem několika metrů. Nemalý význam má i zmlazení smrku ztepilého. Tyto dřeviny představují dohromady 98,6 % veškerého zmlazení a očekává se jejich dominance při tvorbě nového porostu. Další dřeviny jsou zastoupeny spíše sporadicky, kdy nemají dostatečný počet jedinců zmlazení, ani mateřských stromů, aby dokázaly třem hlavním dřevinám konkurovat v dlouhodobém měřítku. Statistické vyhodnocení mezi přirozenou obnovou a parametry světelných podmínek neprokázaly signifikantní korelace, a to ani u dominantních jedinců. Důvodem je již mnohdy pokročile odrostlá přirozená obnova, kdy má na počet, podíl nebo růstové veličiny zmlazení větší vliv konkurence okolních jedinců než dopady slunečního záření.

Jako následující pěstební opatření by bylo vhodné zaměřit se na podporu úspěšného odrůstání jedle po celé ploše. Z toho plyne soustředit se na výchovu – ve velmi hustých bukových mlazinách provést redukci jedinců, aby byl zajištěn dostatečný prostor, který jedle k úspěšnému vývoji preferuje. Jedle nicméně dokáže velmi dlouhou dobu přirozeně vegetovat v hlubokém zástínu a je schopná pomalého vývoje pod etáží buku. Smrk bude jedli doprovázet, neboť se jedná o druhou nejvíce zastoupenou dřevinu jak v horní etáži, tak ve zmlazení. Pokud se hospodář nerozhodne rozvolnit porost v částech s vyskytujícím se dubem, aby měl prostor pro úspěšnou přirozenou reprodukci, tak z porostu tato dřevina postupem času zmizí. Ostatní, sporadicky zastoupené dřeviny, nemají v porostu budoucnost. Ekonomicky zajímavou variantou by bylo pokusit se zmladit na ploše smíšeného porostu modřín, nicméně při jeho nárocích na osvětlení by se muselo jednat o velmi silné rozvolnění. Pokud se budou těžit pouze jednotlivě mýtně zralé stromy a nedojde k prosvětlení, dojde nejspíše k ovládnutí části plochy pouze bukem, zbytku části jedlí a hlavními dřevinami s nejvyšším potenciálem do budoucna budou buk a jedle, doplněny smrkem. Osobně bych doporučil odstraňovat právě jednotlivé mýtně zralé jedince a na místech odrostlých bukových mlazin redukcí zvýšil přísun světla do nejspodnějších pater obnovy mezi semenáčky jedle. Zmlazení výzkumné plochy bych poté ponechal dalšímu samovolnému vývoji, kdy lze pozorovat velmi zajímavé interakce odrůstání přirozeného zmlazení smíšeného porostu, zejména jedle, která u nás může mít zajímavý ekologický potenciál s probíhající klimatickou změnou.

7. Použitá literatura

AOPK ČR. *Národní přírodní rezervace Voděradské bučiny*. [online] Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, RP Střední Čechy. Copyright ©, 2024 [cit.2024-02-27]. Dostupné z WWW: <<https://old.ochranaprirody.cz/lokality/?idlokality=512&hidemenu=1/>>.

BAUHUS, J.; PUETTMANN, K. J.; KÜHNE, CH. *Close-to-nature forest management in Europe: does it support complexity and adaptability of forest ecosystems?* In: *Managing Forests as Complex Adaptive Systems: building resilience to the challenge of global change*. Routledge, 2013. 368 s., s. 187–213. ISBN 9780203122808.

BERCHA, J. *Konference jedle bělokorá 2005*. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy: Čs. matice lesnická, 85(1), 2006. s. 10–11. ISSN 0322-9254.

BIONDI, F.; WAIKUL, K. *Dendroclim2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies*. *Computers & Geosciences*, 30(3), 2004. s. 303–311.

BÍLEK, L.; REMEŠ, J. et al. *Gap regeneration in near-natural European beech forest stands in Central Bohemia – the role of heterogeneity and micro-habitat factors*. *Dendrobiology*, 2014. 71 s., s. 59–71.

BRANG, P.; SPATHELF, P. et al. *Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate european forests to climate change*. *Forestry*, 87(4), 2014. s. 492–503.

ČATER, M. *Response of Fagus sylvatica L. and Abies alba Mill. In different gap size*. 2014. In *Proceedings of Central European Silviculture*. Zvolen, Národné lesnícke centrum, 2014. s. 36–44. ISBN 978-80-8093-187-2.

ČHMÚ. *Denní data dle zákona 123/1998 Sb.* Český hydrometeorologický ústav, Praha, lokalita Ondřejov – okres Praha-východ. Copyright ©, 2024 [cit.2024-03-08]. Dostupné z WWW: <chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb#>

DOBROWOLSKA, D. *Structure of silver fir (Abies alba Mill.) natural regeneration in the Jata'reserve in Poland.* Forest Ecology and Management, 1998. s. 237–247. ISSN 0378-1127.

DOBROWOLSKA, D.; BOLIBOK, L. *Is climate the key factor limiting the natural regeneration of silver fir beyond the northeastern border of its distribution range?* Forest Ecology and Management, 439, 2019. s. 105–121.

DOBROWOLSKA, D.; BONCINA, A.; KLUMPP, R. *Ecology and silviculture of silver fir (Abies alba Mill.): a review.* Journal of Forest Research, 22(6), 2017. s. 326–335. ISSN 1341-6979.

DUŠEK, D.; FRIEDLOVÁ, E. et al. *Metodika hodnocení potenciálního rizika plynoucího z negativního vlivu abiotických činitelů (sníh, vítr) na smrkové a borové porosty.* Rukopis certifikované metodiky. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Strnady, 2021. 47 s.

FICKO, A.; POLJANEC, A.; BONCINA, A. *Do changes in spatial distribution, structure and abundance of silver fir (Abies alba Mill.) indicate its decline?* Forest Ecology and Management, 261(4), 2011. s. 844-854. ISSN 0378-1127.

HANÁKOVÁ BEČVÁŘOVÁ, P. *Vliv managementových opatření na půdní prostředí lesních ekosystémů.* Olomouc, 2022. 129. s. Disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta. Katedra ekologie a životního prostředí. Školitel Bořivoj Šarapatka.

HOLUŠA, J. *Health condition of Norway spruce Picea abies (L.) Karst. Stands in the Beskid Mts.* Dendrobiology, 2004. 51 s., s. 11–15.

HOLUŠA, J.; LIŠKA, J. *Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku.* Zprávy lesnického výzkumu, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 47(1), 2002. s. 9–15. ISSN 0322-9688.

CHROUST, L.; KANTOR, P. et al. *Pěstování lesa v heslech*. [online] UZPL – LDF – MZLU Brno, Copyright ©, 2001 [cit. 2023-11-17]. Dostupné z WWW: <https://ldf.mendelu.cz/uzpl/pestovani_v_heslech/index.html>.

JANÁČEK, J. *Statistika jednoduše*. Grada publishing, Praha. 2022. 120 s. ISBN 978-80-271-1738-3.

JASÍK, M.; POLÁK, P. et al. *Pralesy Slovenska*. FCS Slovensko, Banská Bystrica. 2011. 228 s. s. 17–18; SANIGA, M. *Pralesy – vývojový cyklus pralesov a nekromasa*.

JÍLKOVÁ, M. *Mikrostanovištní analýza přirozené obnovy smrku a jedle na DONH Pod Vjadačkou*. Praha, 2023, 61 s. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra pěstování lesů. Vedoucí práce Jiří Remeš.

KLÍMA, S. *Vliv různého zastoupení buku na jeho kvalitu a produkci ve směsi s modřínem*. Zprávy lesnického výzkumu, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 52(1), 2007. s. 5–10.

KNÍŽEK, M. *Lýkožrouti rodu Pityokteines na jedli*. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 87(10), 2008. s. 77-80. ISSN 0322-9254.

KORPEL', Š. *Pralesy Slovenska*. Bratislava: Veda, 1989. 328 s. ISBN 80-224-0031-9.

KORPEL', Š. et al. *Pestovanie lesa*. Bratislava: Príroda, 1991. 472 s. ISBN 80-07-00428-9.

KRÁL, K.; DANĚK, P. et al. *How cyclical and predictable are Central European temperate forest dynamics in terms of development phases?* Journal of Vegetation Science, 29(1), 2018. s. 84–97.

LESY ČZU. *Představení podniku*. [online] Lesy ČZU, Kostelec nad Černými lesy, Česká zemědělská univerzita v Praze. Copyright ©, 2021 [cit.2024-03-04]. Dostupné z WWW: <<https://lesy.czu.cz/cs/r-11200-o-nas/>>.

LIŠKA, J.; LORENC, F. *Houbové choroby v lesích Česka v roce 2016*. Zpravodaj ochrany lesa, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 20, 2017. s. 22–25. ISSN 1211-9342. ISBN 978-80-7417-136-9.

LIŠKA, J.; MODLINGER, R.; HAVELKA, J. *Korovnice rodu Dreyfusia na jedli*. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 88(12), 2009. s. 81-84. ISSN 0322-9254.

MATĚJKA, K. *Výkyvy počasí, dynamika klimatu a lesní společenstva*. Sborník k semináři Lesník, Kašperské Hory, 2019. s. 9–25.

MEZERA, A. *Postavení a funkce jedle v lesích ČSR*. 1974 In: NOVÁK J., DUŠEK D. *Výchova porostů jedle bělokoré*. Zprávy lesnického výzkumu, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 66(3), 2021. s. 176–187.

MORIN, X.; FAHSE, L. et al. *Tree species richness promotes productivity in temperate forests through strong complementarity between niches*. Ecology Letters, 2011, 14: 1211–1219.

MRÁČEK, Z. *Pěstování buku*. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1989. 223 s. ISBN 80-209-0003-9.

MUSIL, I. *Jehličnaté dřeviny: Přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003. 177 s. ISBN 80-213-0992-X-2.

MUSIL, I. *Listnaté dřeviny: Přehled dřevin v rámci systému rostlin krytosemenných*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. 216 s. ISBN 80-213-1367-6.

MUSIL, I.; HAMERNÍK, J. *Jehličnaté dřeviny, přehled nahosemenných i výtrusných dřevin*. Lesnická dendrologie 1, Academia Praha, 2007. ISBN 978-80-200-1567-9.

MZe. *Vyhláška č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů*. Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). Platnost od: 20.12.2018. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 2018.

MZe. *Vyhláška č. 456/2021 Sb., 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.* Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). Platnost od: 10.12.2021. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 2021.

MZe. – ZELENÁ ZPRÁVA. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022.* Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 2023. 135 s. ISBN 978-80-7434-703-0.

PODRÁZSKÝ, V. *Základy ekologie lesa.* Česká zemědělská univerzita v Praze, FLD, 2014. 144 s. ISBN 978-80-213-2515-9.

PODRÁZSKÝ, V.; REMEŠ, J. *Změny kvality a množství nadložního humusu při přirozeném zmlazení bukových porostů na území školního lesního podniku Kostelec nad Černými lesy.* Zprávy lesnického výzkumu, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 52(2), 2007. 5 s.

POLÁCH, R.; ŠPULÁK, O. *Vliv věku a úpravy zakmenění listnatých přípravných porostů na prosperitu podsadeb buku lesního.* Zprávy lesnického výzkumu, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 66(1), 2021. s. 1–10.

POLÁCH, R.; ŠPULÁK, O. *Prosperita jedle v podsadbách pod přípravnými porosty listnatých dřevin o různém zakmenění a věku.* Zprávy lesnického výzkumu, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 67(4), 2022. s. 269–277.

POLENO, Z. *Hospodářská úprava lesů, obhospodařovaných přírodě blízkým způsobem.* Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 79(1), 2000. s. 54–55.

POLENO, Z.; VACEK, S. et al. *Pěstování lesů I. Ekologické základy pěstování lesů.* Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 2011. 320 s. ISBN 978-80-87154-99-1.

POLENO, Z.; VACEK, S. et al. *Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů*. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 2009. 952 s. ISBN 978-80-87154-34-2.

PRŮŠA, E. *Pěstování lesů na typologických základech*. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 2001. 593 s. ISBN 80-86386-10-4.

REMEŠ, J. *Pěstební postupy podporující obnovu a pěstování jedle bělokoré. Jedle dřevina roku 2019*. Sborník příspěvků z konference, konané dne 10. 9. 2019 v Kostelci nad Černými lesy. Česká lesnická společnost, z. s. Brno: Rosta s. r. o. Brno, 2019. ISBN 978-80-02-02874-1.

REMEŠ, J. *Vzorové lesnické hospodaření ŠLP Kostelec nad Černými lesy – exkurzní průvodce*. Česká zemědělská univerzita v Praze, FLD, 2008. 76 s. ISBN 978-80-213-1789-5.

REMEŠ, J.; KUŠTA, T.; ZEHNÁLEK, P. *Struktura a vývoj dlouhodobě cloněných nárostů v systému přírodě blízkého hospodaření v lesích*. Zprávy lesnického výzkumu, VÚLHM, 53, 2008. s. 41–48.

ROZENBERGAR, D.; MIKAC, S. et al. *Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech-fir forest reserves in South East Europe*. Forestry, 80(4), 2007. s. 431–443.

SANIGA, M. *Vliv rôznej dĺžky a stupňa clonenia na rastové ukazovatele smreka a buka pri kombinovanej obnove*. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 41(1), 1995. s. 11-20.

SÁŇKA, M.; MATERNA, J. *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR*. Planeta, Odborný časopis pro životní prostředí. Ministerstvo životního prostředí ČR, č. 11, 2004. 84 s. ISSN 1213-3393.

SOUČEK, J. *Potenciál přirozené obnovy pionýrských druhů dřevin*. Zprávy lesnického výzkumu, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 66(3), 2021. s. 188–196.

SUCHOMEL, J.; KULHAVÝ, J. et al. *Ekologie lesních ekosystémů*. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, 2014. 166 s.

ŠTEFANČÍK, I.; KAMENSKÝ, M., BRUCHÁNIK, R. *Výchova a obnova lesných porastov v rozdielnych ekologických podmienkach*. 1. vydanie: Národné lesnícké centrum, Zvolen, 2007. 140 s. ISBN 978-80-8093-027-1.

TINNER, W.; COLOMBAROLI, D. *The past ecology of Abies alba provides new perspectives on future responses of silver fir forests to global warming*. Ecological Monographs, 83(4), 2013. s. 419–439.

TODEA, I. M.; GONZÁLEZ-ORENGA, S. et al. *Responses to water deficit and salt stress in silver fir (Abies alba Mill.) seedlings*. Forests, 11(4), 2020. 395 s. ISSN 1999-4907.

TŘEŠTÍK, M.; PODRÁZSKÝ, V. *Meliorační funkce JD*. Zprávy lesnického výzkumu, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 62(3), 2017. s. 182–188.

ÚRADNÍČEK, L.; CHMELAR, J. *Dendrologie lesnická 1. část – Jehličnany*, MZLU Brno, 1998 a. 97 s. ISBN 80-7157-162-8.

ÚRADNÍČEK, L.; CHMELAR, J. *Dendrologie lesnická 2. část – Listnáče I.*, MZLU Brno, 1998 b. 119 s. ISBN 80-7157-169-5.

VACEK, S. *Strategie managementu území se zvláštním statutem ochrany (metodika)*. Rámcové zásady pro odvození pěstebního managementu – sledovaná hlediska. Brno: MZLU LDF, 2006. s. 60–64. ISBN 80-7157-948-3.

VACEK, S. *Mountain forests of the Czech Republic*. Prague: Ministry of agriculture of the Czech Republic, 2003. 311. s. ISBN 80-7084-240-7.

VACEK, S.; BALCAR, V. et al. *Rámcové zásady obnovy a zakládání bukových a smíšených porostů s bukem v měnicích se ekologických poměrech*. Návrh realizačního výstupu, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2000. 27 s.

VACEK, S.; PODRÁZSKÝ, V. *Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006. 70 s. ISBN 80-213-161-X.

VACEK, S.; REMEŠ, J. et al. *Pěstování lesů*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2022. 343 s. ISBN 978-80-213-3203-4.

VACEK, S.; REMEŠ, J. et al. *Pěstování lesů*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2018. 391 s. ISBN 978-80-213-2891-4.

VACEK, S.; VACEK, Z. et al. *Dynamika a management přírodních a přírodě blízkých lesů*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. 257 s. ISBN 978-80-213-2654-5.

VACEK, Z.; VACEK, S. et al. *Základy pěstování lesů*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2020. 120 s. ISBN 978-80-213-3043-6.

VYDRA, T. *Analýza přirozené obnovy ve smíšeném porostu na území Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy*. Praha, 2022, 74 s. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra pěstování lesů. Vedoucí práce Jiří Remeš.

ZANG, CH.; HARTL, C. et al. *Patterns of drought tolerance in major European temperate forest trees: climatic drivers and levels of variability*. *Global Change Biology*, 20(12), 2014. s. 3767–3779.

ZEIDLER, A.; BORŮVKA, V. *Dřevo jedle a možnosti jeho využití*. Jedle dřevina roku 2019: sborník příspěvků. Kostelec nad Černými lesy, Česká lesnická společnost, 2019. 19–22 s. ISBN 978-80-02-02874-1.