

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Zhodnocení porostů a proveniencí borovice lesní na území
arboreta Sofronka, Plzeň – pěstební potenciál a ohrožení
zvěří**

Bakalářská práce

Ing. Milena Vladyková

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ing. Milena Vladyková

Lesnictví

Provoz a řízení myslivosti

Název práce

Zhodnocení porostů a proveniencí borovice lesní na území arboreta Sofronka, Plzeň – pěstební potenciál a ohrožení zvěří

Název anglicky

Evaluation of Stands and Provenances of Scots Pine on the Territory of the Arboretum Sofronka, Plzeň – Silvicultural Potential and Game Damages

Cíle práce

Cílem práce je zpracování literární rešerše s problematikou ohrožení borovice lesní a jejího pěstování a využití. Dále je cílem práce zhodnocení stavu a růstu jednotlivých proveniencí dané borovice v arboretu Sofronka a srovnání produkce jednotlivých proveniencí s jinými druhy borovic a jejich proveniencí, včetně ohrožení zvěří a potenciálních škod. Výsledkem je zhodnocení jednotlivých proveniencí dané dřeviny po stránce škod zvěří, produkce a její kvality.

Metodika

- 1) Zhodnocení literatury vztahující se k tématu provenienčního výzkumu borovice lesní a obecně pěstování této dřeviny, zhodnocení ohrožení borovice lesní i jiných druhů zvěří (prosinec 2021), zhodnocení vedoucím práce.
 - 2) Kontrola stavu provenienčních ploch s borovicí lesní na území arboreta Sofronka, Plzeň-Bolevec, kvantifikace poškození biotickými faktory (srpen-září 2021)
 - 3) Měření dendrometrických charakteristik na jednotlivých provenienčních plochách: počet jedinců, výčetní tloušťka, celková výška, výška nasazení koruny, kvalita kmene a koruny, kvantifikace poškození (srpen-září 2021).
 - 4) Výpočet výčetní kruhové základny a zásoby (prosinec 2021).
 - 5) Srovnání stavu a produkce jednotlivých proveniencí borovice lesní a rámcové srovnání s jinými druhy – ty budou analyzovány v rámci dalších prací (leden-únor 2022).
- předložení rukopisu bakalářské práce (únor 2022).

Doporučený rozsah práce

min. 40 s,

Klíčová slova

Borovice lesní, pěstování, škody zvěří, provenience, produkce, kvalita

Doporučené zdroje informací

- BALÁŠ, M., BAŽANT, V., BORŮVKA, V., DIMITROVSKÝ, K., FULÍN, M., KUNEŠ, I., KUPKA, I., MELICHAROVÁ, L., MONDEK, J., PODRÁZSKÝ, V., PRKNOVÁ, H., RESNEROVÁ, K., ŠÁLEK, L., VACEK, O., VACEK, Z., ZEIDLER, A. 2019. Silvicultural, Production and Environmental Potential of the Main Introduced Tree Species in the Czech Republic. Lesnická práce, vydavatelství a nakladatelství, Kostelec nad ČERNými lesy: 186 s.
- PODRÁZSKÝ, V., FULÍN, M., PRKNOVÁ, H., BERAN, F., TŘEŠTÍK, M. 2016. Changes of agricultural land characteristics as a result of afforestation using introduced tree species. Journal of Forest Science, 62: 72 – 79.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. 2006. Aspekty pěstování lesů a lesnictví v ČR v budoucím období. Lesnická práce, 85 (12): 19 – 22.
- PODRÁZSKÝ, V., VACEK, Z., VACEK, S., VÍTÁMVÁS, J., GALLO, J., PROKŮPKOVÁ, A., D'ANDREA, G. 2020. Production potential and structural variability of pine stands in the Czech Republic: Scots pine (*Pinus silvestris* L.) vs. introduced pines – case study and problem review. Journal of Forest Science, 66 (5): 197 – 207.
- PODRÁZSKÝ, V. 2009. Lesnictví na rozcestí nebo na scestí. Vesmír, 88 (139): 630 – 633.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 24. 8. 2021

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 10. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 04. 04. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Zhodnocení porostů a proveniencí borovice lesní na území arboreta Sofronka, Plzeň – pěstební potenciál a ohrožení zvěří jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Vilému Podrázskému, CSc. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Za všestrannou podporu v průběhu celého studia pak děkuji své rodině.

Zhodnocení porostů a proveniencí borovice lesní na území arboreta Sofronka, Plzeň – pěstební potenciál a ohrožení zvěří

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá zhodnocením stavu a růstu jednotlivých proveniencí *Pinus sylvestris* na pokusných plochách arboreta Sofronka. Pokusné plochy byly založeny v roce 1961. V roce 2021 a 2022 proběhlo měření dendrometrických charakteristik pomocí lesnické průměrky a elektronického výškoměru. Výsledky byly zpracovány na základě dat z 18 zkusných ploch různých proveniencí. Analyzována byla vlastní naměřená data, pro srovnání kruhových základů stromu byla použita dat z předchozích měření. Vyhodnocení získaných dat potvrdilo významný vliv provenience na výšku stromu, průměr kmene a zásobu dřeva.

Klíčová slova: borovice lesní, pěstování, škody zvěří, provenience, produkce, kvalita

Evaluation of Stands and Provenances of Scots Pine on the Territory of the Arboretum Sofronka, Plzeň – Silvicultural Potential and Game Damages

Summary

The bachelor's thesis deals with the evaluation of the state and growth of individual *Pinus sylvestris* provenances on experimental areas of the Arboretum Sofronka. The experimental plots were established in 1961. In 2021 and 2022, the dendrometric characteristics were measured using a forestry caliper and an electronic altimeter. The results were processed on the basis of data from 18 experimental plots of different origins. Own measured data were analyzed, data from previous measurements were used to compare the circular bases of the tree. The evaluation of the obtained data confirmed the significant influence of provenance on tree height, trunk diameter and wood supply.

Keywords: Scots Pine, cultivation, animal damage, provenance, production, quality

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	3
3.1.1	Areál přirozeného rozšíření <i>Pinus sylvestris</i>	3
3.1.2	Ekologie <i>Pinus sylvestris</i>	4
3.1.2.1	Zastoupení <i>Pinus sylvestris</i> v České republice [ČR]	4
3.1.3	Pěstování <i>Pinus sylvestris</i>	5
3.1.4	Výchova porostů <i>Pinus sylvestris</i>	6
3.1.4.1	Péče o nárosty a kultury	6
3.1.4.2	Výchova borových mlazin	6
3.1.4.3	Probírky v borových porostech	7
3.1.5	Zdroje ohrožení	8
3.1.5.1	Nejvýznamnější abiotické faktory poškozující <i>Pinus sylvestris</i>	8
3.1.5.2	Nejvýznamnější antropogenní faktory poškozující <i>Pinus sylvestris</i>	9
3.1.5.3	Nejvýznamnější biotické faktory poškozující <i>Pinus sylvestris</i>	10
3.1.6	Využití <i>Pinus sylvestris</i>	14
3.1.7	Provenienční výzkum <i>Pinus sylvestris</i>	14
3.1.7.1	Výzkum domácích odrůd <i>Pinus sylvestris</i>	14
3.1.7.2	Růst mladých borových kultur identického původu v rozdílných stanovištních poměrech	15
3.1.7.3	Provenienční pokusy Arboretum Sofronka	15
4	Metodika	16
4.1	Charakteristika zájmového území	16
4.1.1	Charakteristika klimatických poměrů zájmového území	17
4.1.2	Geologická, geomorfologická a fyto geografická charakteristika zájmového území	17
4.1.3	Potenciální přirozená vegetace modelového území	18
4.1.4	Charakteristika pokusných výsadeb	18
4.2	Sběr dat	18
4.3	Metodika hodnocení	19
4.3.1	Dendrometrické charakteristiky	19
4.3.1.1	Průměr kmene	19
4.3.1.2	Výška nasazení koruny	20

4.3.1.3	Výška stromu.....	20
4.3.1.4	Kvalita kmene.....	20
4.4	Zpracování a analýza dat	20
5	Výsledky	22
5.1	Kvantitativní veličiny	22
5.1.1	Průměrná výška kmene	22
5.1.2	Průměrná výška nasazení koruny	23
5.1.3	Průměrný průměr kmene	24
5.1.4	Kruhová základna stromu	25
5.1.5	Počet stromů a mortalita	27
5.1.6	Celková zásoba dřeva.....	28
5.2	Kvalitativní veličiny	30
5.2.1	Tvar kmene	30
5.3	Škody zvěří.....	31
5.4	Chybovost měření	32
5.5	Srovnání <i>Pinus sylvestris</i> s <i>Pinus contorta</i>	33
6	Diskuze	34
7	Závěr	36
8	Literatura.....	37
9	Samostatné přílohy	42

Seznam tabulek a obrázků

Obr. 1 Poloha Arboreta Sofronka včetně pokusných ploch.....	16
Obr. 2 Vyznačení inventarizovaných zkusných ploch.....	19
Obr. 3 Graf průměrné celkové výšky 2021.....	23
Obr. 4 Graf průměrné výšky nasazení koruny.....	24
Obr. 5 Graf průměrných průměrů kmene.....	25
Obr. 6 Graf kruhových základů stromu.....	27
Obr. 7 Graf počtu stromů a mortality.....	28
Obr. 8 Graf celkové zásoby dřeva jednotlivých proveniencí.....	29
Obr. 9 Graf celkové zásoby dřeva jednotlivých proveniencí přepočtený na ha.....	30
Obr. 10 Grafické zpracování výskytu a množství deformací kmene.....	31
Obr. 11 Grafické zpracování výskytu odchylek od měření.....	32
Tab.1 Klimatická charakteristika MT11.....	17
Tab. 2 Průměrná celková výška jednotlivých proveniencí.....	22
Tab. 3 Průměrná výška nasazení koruny (m) 2021.....	23
Tab. 4 Průměrný průměr kmene.....	24-25
Tab. 5 Kruhová základna stromů.....	26
Tab. 6 Počet stromů a mortalita.....	27
Tab. 7 Celková zásoba dřeva.....	28-29
Tab. 8 Tabelární shrnutí všech tvarů kmene každé provenience.....	30-31
Tab. 9 Počet zaznamenaných odchylek v měření.....	32

1 Úvod

Pinus sylvestris patří mezi nejvýznamnější domácí hospodářské dřeviny, je naší druhou hospodářskou dřevinou. Extrémně vysoké teploty a výrazný srážkový deficit spojený s poklesem hladiny spodní vody vede k oslabení borových porostů, a usnadňuje aktivizaci řady houbových patogenů a podkorního hmyzu. V době probíhajících klimatických změn nabývá na významu hledání možností, jak posílit stabilitu ekosystémů. Zdravotní stav porostů borovice lesní ukazuje, že po několika přečkaných obdobích sucha v posledních letech je tento druh napadán houbovými patogeny, podkorním hmyzem a je silně ohrožen. Odumírání borovic pokračuje nebývalou měrou, obranné zásahy jsou uplatňovány v minimálním rozsahu. Na jihovýchodním okraji Českomoravské vrchoviny borové porosty plošně odumírají, jednotlivá kůrovcová ohniska se spojují a dosahují rozloh i několika hektarů. Na dalších místech lze pozorovat příznaky vznikající kalamity v podobě jednotlivých kůrovcových ohnisek, vyznačujících se rezavou barvou korun. Je tedy otázkou, zda je možné i nadále pěstovat tuto dřevinu v podmínkách pro ni tak nevhodných.

K zjišťování využitelnosti proveniencí *Pinus sylvestris* v lesním hospodářství byly založeny provenienční pokusy v arboretum Sofronka, které mohou poukázat na vhodné provenience pro naše přírodní podmínky. Tyto pokusy umožňují posouzení produkční schopnosti a reakce na různé negativní vlivy. Přesto, že se jedná o jednu z nejvýznamnějších dřevin, bylo založeno jen několik provenienčních výzkumů, a i přes několikero měření, nebyly výsledky těchto experimentů souhrnně publikovány. Z publikovaných výsledků víme, že byl vyvrácen dominantní vliv původu testovaných potomstev na četnost pozdně sezonního růstu výhonů u borovice lesní a na podíl tvarově deformovaných stromků v porostech prvního věkového stupně.

Další probíhající experimenty ověřují vhodnost jiných druhů borovic. Ze zahraničních provenienčních pokusů vyplynulo, že *Pinus contorta* nemá tak vysoký produkční potenciál jako borovice lesní, ale v závislosti na provenienci dokáže vydržet vyšší zátěž mrazem nebo suchem.

Cílem této bakalářské práce je vyhodnotit provenience domácí dřeviny z různých lokací jejího areálu, potvrdit, či vyvrátit vliv provenience na stav, odolnost a produkční potenciál a navrhnout odolné provenience pro pěstování v hospodářských lesích na základě produkce, kvality a mortality jednotlivých proveniencí.

2 Cíl práce

Cílem práce je zpracování literární rešerše s problematikou ohrožení borovice lesní a jejího pěstování a využití. Dále je cílem práce zhodnocení stavu a růstu jednotlivých proveniencí dané borovice v arboretu Sofronka a srovnání produkce jednotlivých proveniencí s jinými druhy borovic a jejich proveniencí, včetně ohrožení zvěří a potenciálních škod. Výsledkem je zhodnocení jednotlivých proveniencí dané dřeviny po stránce škod zvěří, produkce a její kvality.

3 Literární rešerše

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) patří do oddělení nahosemenné (*Pinophyta*) čeledi borovicovité (*Pinaceae*). Rod borovice (*Pinus*) obsahuje nejvíce druhů ze všech jehličnatých dřevin. Různé ekotypy *Pinus sylvestris* bývají některými autory vyčleněny jako samostatné druhy nebo poddruhy (Kaňák, 2011).

3.1 Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

Jedná se o vyšší strom dorůstající výšky až 40 m výšky (průměrně 23-27 m) a 1 m v průměru kmene (Praciak, 2013). Nižší až keřovitý vzrůst je typický pro extrémní stanoviště, které *Pinus sylvestris* často kolonizuje. Kořenový systém hluboký s kůlový kořenem a bočními kořeny (Musil, 2007).

Koruna je v severní a severovýchodní části evropského areálu štíhlá s jemnějším větvením, ve střední a jižní části převažují jedinci s deštníkovitou korunou a silnými větvemi. Kmen přímý, na nepříznivých stanovištích často křivolaký až zakrslý. V dolní části krytý silnou rozpukanou šedohnědou borkou, v horní části se charakteristická oranžová až rezavě červená kůra odlupuje v tenkých listech (Kiss, 2008).

Latorosty jsou zelenohnědé, lysé, starší větve šedohnědé. Pupeny protáhle vejčité, špičaté, bez pryskyřice, nebo slabě smolnaté. Jehlice 1-8 cm dlouhé, 1-1,8 mm široké, špičaté, mírně podélně zkroucené, vyrůstající po 2 na brachyblastech. Opadávají po 2-3 letech. Šišky většinou jednotlivé, nebo po 2-3, vejčité kuželovité, často asymetrické, o rozměrech 2,5-7 × 2-5 cm.

Strom se dožívá kolem 300 let, výjimečně až 600 let, v odborné literatuře se údaje o průměrné délce života různí (Úradníček, 2009).

3.1.1 Areál přirozeného rozšíření *Pinus sylvestris*

Areál borovice lesní je nejrozlehlejší ze všech druhů borovic na světě a přirozeně se rozkládá na podstatné části Eurasie. Se svou širokou ekologickou valencí je *Pinus sylvestris* typickým organismem s eurichorním areálem rozšíření. Hranice výskytu v boreálním lese je dána klimatickými faktory, a to ročním úhrnem srážek (300 mm/rok) a počtem mrazových dní (méně než 100 dnů/rok) (Mátyás, 2003).

V Evropě se vyskytuje v mírném až subarktickém pásmu, od Skotska, přes Skandinávii až po Ural. V jižní Evropě se areál rozkládá od Pyrenejí, přes severní Apeniny a Alpy odkud zasahuje do střední Evropy, po Dinárská a Balkánská pohoří. Izolované populace rostou také

na Kavkazu (Caudullo, 2016). Směrem na stepní pláně Střední Asie je její výskyt omezen délkou období sucha (Mátyás, 2003). Přirozeně chybí v celé západní atlantské části Evropy (západní Francie, země Beneluxu, Irsko), kde je pouze pěstována (Kaňák, 2011).

3.1.2 Ekologie *Pinus sylvestris*

Pinus sylvestris je průkopnickým druhem, který dokáže rychle reagovat na abiotické i biotické disturbance, pokud konkurence plevelů a tlak na pastvu jsou nízké (Caudullo, 2016). Druh roste převážně na chudších, písčítých půdách, osidluje kamenité výchozy a rašeliniště. Je nenáročná na půdu, často dokáže vyklíčit i ve skalních štěrbinách (Hejný, 1997). Na úrodných půdách bývá překonána stín snášejiícími klimaxovými dřevinami (Úradníček, 2009).

Jedná se o výrazně světlomilnou dřevinu, která špatně snáší zastínění, což je příčinou jejího omezeného výskytu v přirozených lesích (Musil, 2007), nedokáže růst v zapojených porostech a přirozeně se obnovovat v zástinu (Úradníček, 2009). Těžiště jejího areálu má převážně kontinentální charakter. Roste na podmáčených, ale i extrémně suchých stanovištích, dokáže čerpat vodu i z větších hloubek (Hejný, 1997).

3.1.2.1 Zastoupení *Pinus sylvestris* v České republice [ČR]

V ČR se vyskytuje téměř po celém území, vzácná je v horských oblastech a svého maxima dosahuje v nadmořských výškách okolo 1000 m (Šumava). Původní populace se vyskytují především ve skalních městech, na písčinných přesypech, na sutích a na hadcích (Hejný, 1997).

Pinus sylvestris je v ČR po smrku druhou nejrozšířenější dřevinou, která se na druhové skladbě lesů podílí z 16 % (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství 2021, 2022). Její původní rozšíření je závislé především na specifických půdních podmínkách borových společenstev (Slodičák, 2013). Středoevropské borové lesy se dělí na tři velké fytogeograficky vymezené skupiny, jež mají odlišnou vazbu na stanoviště.

Boreokontinentální bory, odpovídající borům severské tajgy a rostoucí na kyselých a živinami chudých substrátech (povětšinou na silikátových horninách Českého masivu). Lesostepní bory se vyskytují na bazických substrátech a odpovídají vegetaci kontinentálních borů východoevropské lesostepi. Perialpidské hadcové bory rostoucí na našem území vzácně,

odpovídají vegetaci horských borů rozšířených na obvodech středoevropských alpidských pohoří (Alp a Karpat) a nalezneme je pouze na hadcích v suchých oblastech (Chytrý, 2010).

Jedná se o dřevinu velice proměnlivou schopnou adaptace na rozmanité podmínky prostředí. Tato její variabilita umožňuje vylišení relativně vyhraněných klimatypů. V lesnické praxi jsou někdy vylišovány regionální populace, které se vyznačují určitými typickými vlastnostmi. Jako například borovice jihočeská (třeboňská), která je pěstována pro jakost dřeva a tvárnost kmene (Zprávy lesnického výzkumu, 2007).

3.1.3 Pěstování *Pinus sylvestris*

V ČR je *Pinus sylvestris* v kultuře pěstována na celém území na ploše 4krát větší, než je její přirozený areál (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., 2023). Hospodářsky významné porosty však vytváří jen v několika původních oblastech. Jedná se o slunnou dřevinu a požadavky na její pěstění mají více shodných znaků s listnatými dřevinami než s dřevinami jehličnatými. Její biologické vlastnosti (stavba koruny, slunné jehličí atd.) vyžadují specifický přístup k výchovným zásahům a odlišný přístup v porostní výchově ve srovnání se smrkem (Zprávy lesnického výzkumu, 2011). Borové porosty reagují na výchovné zásahy méně a pomaleji, než je tomu u smrku. Při zásazích velké intenzity může dojít k dlouhodobějšímu poklesu přírůstu, a dokonce i k ztrátě objemové produkce. Zásahy slabé intenzity nepříznivě ovlivňují klimatické charakteristiky uvnitř mladých porostů (Slodičák, 2013).

S měnícím se rozložením srážek, zejména v nižších vegetačních stupních, jsou porosty *Pinus sylvestris* vystaveny stresu z nedostatku vody. Navíc tyto porosty často rostou na vysoce propustných písčitých půdách, které stres z nedostatku srážek ještě umocní. Na těchto stanovištích je často jedinou dřevinou, která dokáže plnit dřevoprodukční funkci. Lesnické hospodaření zde vyžaduje citlivý přístup, a to především ve volbě dřevinné skladby a uplatňování pěstebních postupů obnovy a výchovy lesa (Tisková zpráva, 2018). Vhodný výchovný zásah může riziko stresu z deficitu vody, zejména v mladých porostech, snížit (Novák, 2017) až na dobu pěti let (Slodičák, 2013).

3.1.4 Výchova porostů *Pinus sylvestris*

Pěstební postupy směřující k stabilizaci, zachování a podpoře funkčnosti porostů *Pinus sylvestris* (Slodičák, 2013).

3.1.4.1 Péče o nárosty a kultury

Porosty z umělé obnovy založeny odpovídajícími technologickými postupy, nevyžadují zvláštní péči. Nutná je ochrana proti biotickým škodlivým činitelům (*Hylobius abietis*, *Armillaria* a další). Na obohacených stanovištích je nutná ochrana proti bušení (Slodičák, 2007).

Závažné deformace kmínků *Pinus sylvestris* způsobuje tvorba proleptických výhonů. V hustých kulturách se poškozené stromky odstraní při prvních výchovných opatřeních. Tam, kde je hustota kultury nedostatečná, je nutné mechanické odstranění proleptických výhonů, či redukce počtu pupenů (Nárovec, 2000).

Nárosty z přirozené obnovy zpravidla nevyžadují zvláštní výchovné zákroky. Pokud dojde k realizaci prostřihávek, jde o přehoustlé nárosty ve věku 4 až 5 let. Odstraňují se především předrostlíci a obrostlíci, pro podporu výškově nediferencovaného porostu, dále pak zmlazení pionýrských dřevin. Mezernaté nárosty se doplní skupinovou výsadbou listnatých dřevin (Slodičák, 2013).

3.1.4.2 Výchova borových mlazín

Vývoj borových porostů lze pozitivně ovlivnit silnějšími zásahy ve fázi zapojujících se mlazín, kdy má uvolnění zápoje stimulační vliv na tloušťkový přírůst a statickou stabilitu porostů (Slodičák, 2013). Mlazina je růstová fáze lesního porostu, která je vymezena střední porostní výškou větší než 1,3 m a výčetní tloušťkou kmene do 5 cm. Při umělé obnově na stanovištích pro tuto dřevinu přirozených, dosahuje *Pinus sylvestris* těchto dimenzí obvykle v 5. až 6. roce po výsadbě (Nárovcová, 2013).

Pinus sylvestris vyžaduje v mládí dostatečnou hustotu pro produkci kvalitních sortimentů s malou sukatostí (Zprávy lesnického výzkumu, 2016). Doba, kdy lze v porostu rozpoznat nežádoucí (netvárné) jedince se pohybuje mezi 5. až 9. rokem od výsadby (Slodičák, 2013). Tehdy porosty vytvářejí souvislou korunovou vrstvu, diferencuje se kmenová a korunová část, vrcholí výškový přírůst. Vzájemná konkurence jedinců vede k rozčlenění porostu na výškové třídy. Spodní vrstva a její stromy mívá méně příznivé podmínky pro růst, a proto dochází zejména v přirozeně vzniklých mlazínách k odumírání stromů spodní vrstvy

porostu (Nárovcová, 2013). Prosvětlení podpoří tvorbu silnějších větví, koruna se stává rozložitější. Pokud je porost příliš hustý, dochází k usychání větví ve spodní části kmene (Poleno, 2009). Pěstební opatření provedené včas podpoří kladný vývoj porostu, pokud je ovšem pěstební zásah proveden pozdě, či nedostatečně, může způsobit i růstovou depresi (Korpeľ, 1991).

Rozlišujeme výchovu mlazin pro horský a nížinný ekotyp. Nížinnou borovici podporujeme negativním výběrem v horní vrstvě porostu. V případě horského ekotypu se postupuje podle výchovy smrku. Jedná-li se o porostní směsi, zamezuje se borovici v předrůstání. Borové porosty by měly být husté a rovnoměrné, výškově nediferencované, důležité je odstraňovat nekvalitní jedince, i když to může mít za následek vznik mezer. Alternativně lze odstranit vršek obrostlíků, jedinec je ponechán naživu a vytváří podporu porostu. V řídkém porostu zachováváme tvárné předrostlíky i za cenu vyšší sukatosti (Poleno, 2009).

Pročistky v borových mlazinách můžeme rozdělit do tří kategorií. V kategorii s vhodnými proveniencemi na kvalitních stanovištích se doporučuje zasáhnout poprvé mezi 6. až 8. rokem věku. Zajišťujeme výškovou vyrovnanost nadúrovňovým výběrem. Do další kategorie jsou zařazeny horší proveniencce na lokalitách ještě vhodných pro pěstování borovice. První zásah se provádí později, při výšce 2-3 m. Umístění je podobné, provedený zásah je silnější. U nevhodných stanovišť s použitím nevhodných proveniencí, uskutečňujeme pěstební opatření později než u předchozích kategorií. Zásahy jsou umístěny do nižších výškových tříd. Ponechávání jsou nejvyspělejší jedinci, jejichž kvalita může být nižší (Korpeľ, 1991).

U přirozené obnovy zasahujeme do podúrovně za účelem maximalizace produkce, nebo do úrovně za účelem snížit náklady nižším počtem těžných jedinců. Zásahem ovlivňujeme štíhlostní kvocient, jako prevenci při ohrožení mokrým sněhem a větrem (Zprávy lesnického výzkumu, 2016).

3.1.4.3 Probírky v borových porostech

V borových porostech mají největší vliv zásahy do mlazin a tyčkovin. V tomto věku je však kvalita dřeva nízká, produkce tvoří nekvalitní průmyslové dříví. Pro zvýšení kvality jsou prováděny negativní prořezávky, ke zvýšení tloušťky dříví se provádí pozitivní probírky (Poleno, 2009).

Pozdější zásahy, přibližně po 30letech, již příliš neovlivňují produkci, výčetní tloušťku, ani štíhlostní kvocient (Zprávy lesnického výzkumu, 2011). V období tyčovin, se podle pěstebních cílů rozhodne o požadované kvalitě. Porosty s průměrným sukatým dřívím pro stavební účely jsou vychovávány silnými zásahy do podúrovně nebo úrovně bez vyvětlování. Jedinci pro cenné dříví se vyberou při výčetní tloušťce 15 cm. Vybrané stromy jsou poté vyvětveny a podporovány probírkami. U obou porostů se postupně snižuje intenzita zásahů a kácí se jedinci se špatnou vitalitou (Poleno, 2009).

3.1.5 Zdroje ohrožení

Borové porosty, podobně jako smrkové, jsou náchylné k poškození jak abiotickými vlivy (vítr, sucho, sníh), tak biotickými činiteli (býložravými obratlovci, hmyzími škůdci, houbovými patogeny). Tyto faktory se často vzájemně podporují a posilují (Knížek, 2021).

3.1.5.1 Nejvýznamnější abiotické faktory poškozující *Pinus sylvestris*

Klimatické extrémny, které způsobují povodně, sucho, vítr (tornáda), sníh a námraza jsou spolu s dřevokazným hmyzem příčinami poměrně rozsáhlého poškozování našich lesů (Zpravodaj ochrany lesa, 2022). Poškození abiotickými škodlivými činiteli definujeme jako překročení míry adaptability organismů na přirozené prostředí. Vzhledem k statické povaze lesa je při působení abiotických škodlivých činitelů zásadní otázka vhodnosti stanoviště. Stanoviště je nejvýznamnějším faktorem, který definuje podmínky, ve kterých strom roste (Waisová, 2011).

3.1.5.1.1 Sníh a námraza

Pod tíhou sněhu a námrazy se mladé stromy v kultuře ohýbají, deformují nebo i lámou. Starší jedinci se lámou v různých částech koruny nebo v kmenové části. Příčinou těchto mechanických poškození jsou vytáhlé stromy s plochou a vysoko nasazenou korunou, nebezpečí je tím větší, čím souvislejší vrstvu tvoří koruny stromů a čím štíhlejší jsou kmeny. Ohroženy jsou především stejnověké jehličnaté porosty, porosty přehoustlé a přeštíhlené. Poškození se vyskytuje nejčastěji v oblastech s dostatkem vodních srážek a mokrého sněhu (Uhlířová, 2004).

3.1.5.1.2 Sucho

Poškození se vyskytuje při extrémně dlouhém suchém období. Projevuje se prosycháním koruny a opadem všech ročníků jehlic. Takto oslabené porosty jsou často napadány podkorním hmyzem, který defoliaci urychluje (Uhlířová, 2004).

Stále častější střídání různých klimatických extremit v posledních letech vyvrcholilo v roce 2015. Tento rok byl mimořádný jednak několika periodami extrémně vysokých teplot v letním období a výrazným srážkovým deficitem spojeným s poklesem hladiny spodní vody. Takovýto průběh počasí výrazně oslabil lesní dřeviny, a aktivoval řady houbových patogenů a podkorního hmyzu (Pešková, 2016).

3.1.5.2 Nejvýznamnější antropogenní faktory poškozující *Pinus sylvestris*

Antropogenní disturbance mění ekosystémy po celém světě, dochází ke ztrátě stanovišť a vyhynutí druhů u širokého spektra biomů (Lapčík, 1996).

3.1.5.2.1 Imise

Dřeviny rostoucí v okolí zdrojů znečištění jsou nepříznivě ovlivňovány imisním spadem. Některé polutanty, jako například oxid siřičitý, jsou schopny rozpouštět se v dešťových srážkách a tvořit tak naleptávající kyseliny. Srážky s vysokou koncentrací síranových iontů se díky kationtům stávají kyselými a svým chemismem působí negativně na povrch rostlin, ale také snižují pH půdy. Při kontaktu fyto toxických aerosolů s asimilačními orgány rostlin dochází ke vzniku nekrotů a poškození listového aparátu.

Akutní poškození imisemi se projevuje nekrotami na špičkách jehlic nejmladších ročníků. Čerstvé výhony jsou proschlé a hnědofialové, vzácněji jsou poškozeny celé jehlice, a to i starší ročníky (Gregorová, 2006).

3.1.5.2.2 Chloridy

Poškození dřevin posypovou solí je jedním z negativních antropogenních faktorů. Poškození je závislé na intenzitě zimního solení, které souvisí s hustotou dopravy a z toho plynoucí nutností zajištění bezpečnosti pozemních komunikací. Příznaky jsou pro smrk a borovici téměř shodné. Jedná se o změny v barvě a délce jehlic, po opadu starších ročníků jehlic řidnutí koruny, postiženy mohou být jednotlivé větve, nebo k vozovce přivrácená část koruny do výše ostříku solankou, poškozená může být i celá koruna (Semorádová, 2003).

3.1.5.2.3 Oheň

Požáry lesních porostů patří z hlediska lokalizace a likvidace požáru k nejsložitějším. Požáry ničí stromy, keře, připravenou lesní produkci, stavby a zařízení. Porosty zeslabené požáry jsou zdrojem zhoubných nemocí, což vede k odumření nejen ohněm zasažených, ale i dalších porostů. Podle druhu lesa, kde se oheň šíří, se požáry rozdělují na pozemní, podzemní a korunové. Dřeviny s hrubou borkou (borovice, modřín) mají vysokou odolnost vůči požáru. Oslabením po požáru se zvyšuje atak podkorního hmyzu i dřevokazných hub (Francel, 2007).

3.1.5.3 Nejvýznamnější biotické faktory poškozující *Pinus sylvestris*

Biotické faktory chápeme jako vliv organické hmoty na život organismu a vztahy mezi živými organismy (Enger, 2012). Borovici lesní napadá značný počet škodlivých organismů, zejména podkorní a listožravý hmyz, ale také celá řada houbových chorob. Po klimatických extrémech došlo v celé řadě oblastí České republiky k náhlému zhoršení zdravotního stavu borových lesů a následné aktivizaci sekundárních biotických škodlivých činitelů, kteří působí regionálně podmíněné odumírání poškozených porostů (Hartmann, 2001).

3.1.5.3.1 Poškození zvěří

Škody způsobené zvěří jsou problémem lesního hospodářství a myslivosti. Početnost zvěře často překračuje normované stavy a zároveň dochází k nárůstu populací invazivních druhů (Čermák, 2006). Následkem okusu může být zlikvidována přirozená i umělá obnova. Dochází k deformacím kmínku, snížení přírůstu a snížení vitality. Nejčastěji jsou okusovány listnaté dřeviny a jedle, zvěř se však nevyhýbá ani smrku či borovici. Druhy, které jsou v dané lokalitě málo početné, bývají okusem nejvíce poškozovány. Škody vznikají v letním i zimním období (Tuma, 2008).

Následkem loupání a ohryzu dochází k plošnému poškození kůry a lýka stromů. Loupáním se označuje strhávání pruhů kůry a lýka v podélném směru, které vzniká v předjaří a během vegetace. K ohryzu dochází především v zimním období a na dřevině jsou vždy patrné stopy zubů. Nejčastěji je způsobeno jelenem evropským, jelenem sikou, muflonem a daňkem (Mrkva, 2001). Velikosti poškozené plochy vzhledem k obvodu kmene může způsobit uhynutí stromu. V místě poranění často dochází k infekci dřevokaznou houbou, dochází k rozvoji hniloby a oslabení stability stromu. Poškozená bývá většina dřevin, nejčastěji smrk, dále pak habr, buk, jasan ztepilý, jeřáb ptačí, vrby, duby, lípy, olše, borovice lesní, jedle bělokorá a topoly (Zpravodaj ochrany lesa, 2022).

Výsledky analýz (Plaská pahorkatina) ukázaly vysokou odolnost a schopnost regenerace poškozené *Pinus sylvestris*. U výšky stromů nebyly zjištěny signifikantní rozdíly mezi poškozenými a nepoškozenými borovicemi. Výrazně nižší objem dřevní hmoty byl prokázán pouze v případě silně poškozených stromů (při poškození více než 1/3 obvodu). Menší poškození se na množství produkce neprojevovalo. Výsledky prokázaly odolnost borovice vůči vertikálnímu šíření kmenové hniloby, ta vystoupala pouze do výšky 20 cm od poškození (Curok).

Samci parohaté zvěře svými parohy poškozují kmínky a větve stromků. Vytloukáním jsou nejvíce postihovány vtroušené dřeviny. Vytloukáním nevznikají tak výrazné škody jako okusem, ohryzem a loupáním, pro vtroušené dřeviny však může být fatální (Tuma, 2008).

3.1.5.3.2 Působení kambiofágního, listožravého a savého hmyzu

Kontrolu a ochranu před hmyzími škůdci upravuje § 32 lesního zákona č. 289/1995 Sb., a navazující prováděcí vyhláška č. 101/1996 Sb. „o ochraně lesa“ v platném znění (Pešková, 2016).

3.1.5.3.2.1 Podkorní hmyz na borovici

- Lýkožrout vrcholkový (*Ips acuminatus*)

Jedná se o drobného brouka z čeledi kůrovcovitých. Hlodá pod tenkou kůrou vrcholků a větví borovic (Gregorová, 2006). Vyskytuje se všude v borových porostech, pro vývoj přednostně vyhledává oslabené, pokácené nebo zlomené stromy. Při přemnožení dochází k napadení i zdravých jedinců (Hmyzí škůdci našich lesů, 2015). V polovině léta a na podzim dochází k náhlému rezivění jehličí v celé koruně starších stromů. Rezavějí všechny jehlice, včetně nových ročníků. Během zimy opadáva z větví a kmene kůra i jehličí. Na větvích a vrchních partiích kmene je patrný charakteristický víceramenný hvězdicovitý požerek. Největší škody působí v suchých a teplých oblastech v nadmořských výškách kolem 200-300 m n. m. (Gregorová, 2006).

- Lýkohub sosnový (*Tomicus piniperda*)

Malý brouk vyskytující se pouze na borovici. Brzy na jaře nalétává do skácených kmenů nebo obsazuje báze borovic, které byly koncem minulé sezony napadeny jiným hmyzem, nebo

stromy již z nějaké příčiny poškozené (Pešková, 2016). Rojení pro založení nové generace probíhá záhy z jara. Brouci nalétávají do kmenové části borovic se silnou rozpraskanou kůrou, kde v lýku vyhlodávají podélný jednoramenný požerek. V létě nalétávají nově vylíhnutí brouci do čerstvých výhonů v korunách zdravých borovic, v jejichž dřeni prodělávají zralostní žír. Tento žír je příčinou infekce zdravých stromů parazitickými houbami. Hmyz přezimuje přímo v letorostech, nebo se zavrtává v silné borce stojících borovic. Napadení je lehce determinovatelné podle množství opadaných letorostů, nebo podle výronů pryskyřice na kůře v místě závrtu (Hmyzí škůdci našich lesů, 2015).

- Lýkohub menší (*Tomicus minor*)

Brouci se vyvíjí v korunové části kmene a v silnějších větvích. Bionomie tohoto druhu je obdobná jako u lýkohuba sosnového, období jarního rojení je trochu opožděné. Zralostní žír probíhá v dřeni letorostů zdravých borovic. K obraně před brouky se využívá koruna pokácených stromových lapáků, podobně jako u lýkohuba sosnového (Pešková, 2016).

3.1.5.3.2.2 Škůdci ve výsadbách

- Klikoroh borový (*Hylobius abietis*)

Brouk vyskytující se tam, kde se nacházejí jehličnaté pařezy z loňských těžeb. Kořenové krčky sazenic borovice jsou poškozovány žírem těchto brouků. Vajíčka kladou samice do kořenů pařezů, kde se larvy vyvíjí po dobu 4-15 měsíců. Pro ochranu sazenic se používají různé metody, především se doporučuje pasečný klid (odklad výsadby o 1 rok) (Hmyzí škůdci našich lesů, 2015).

- Ploskohřbetka sazenicová (*Acantholyda hieroglyphica*)

Vajíčka klade jednotlivě na jehlice borovic, primárně borovice lesní. Housenice žije samostatně na čerstvých výhonech mladých borovic, kde během žíru vytváří trusnicové vaky. Další sezonu se z půdy líhnou dospělci. Žír housenic neohrožuje samotnou existenci napadených jedinců (Pešková, 2016).

3.1.5.3.3 Působení virů, bakterií a hub

K lesnický nejvýznamnějším houbovým patogenům podílejícím se na chřadnutí a odumírání borovice lesní v České republice patří především sypavky, václavky a kornice borová.

- Kornice borová (*Cenangium ferruginosum*)

Jedná se o vřeckovýtrusnou terčoplodou houbu. Plodnice vřekkatého stadia se zakládají pod kůrou infikovaných větví různé tloušťky v jarním období. Záhy prorážejí kůru, brzy dozrávají, miskovitě se otevírají a vytvářejí typické mističky o průměru 1-3 mm. Při silné infekci a příznivém průběhu počasí dokážou porůst celé napadené větve. Konidiové stadium této houby je známé pod jménem *Dothichiza ferruginosa*. Tato forma houby vytváří nenápadné drobné černé pyknidy, které vyrůstají mezi vřekkatými plodnicemi. Při masívní infekci dochází k odumírání napadených větví a postupnému prosvětlování korun. Pokud jsou jedinci borovice fyziologicky oslabené, může dojít ke kalamitnímu odumírání. Ohroženy jsou borovice každého stáří, houba napadá různé druhy borovic, nejčastějším hostitelem bývá borovice lesní (Pešková, 2016).

- Sypavka borová (*Lophodermium pinastri*)

Jehlice mohou být infikovány od časného léta až do začátku podzimu. Na podzim se na jehlicích začínají objevovat první skvrny, během zimního období se rozšiřují, jehlice získávají skvrnitý vzhled. Na jaře se silně napadené jehlice zbarvují do rezavohnědé barvy, zasychají a začínají opadávat. Na odumírajících jehlicích se začnou vyvíjet pyknidy s konidiami. Telomorfní plodničky dozrávají zpravidla až na opadaných jehlicích ležících na zemi. Na chudých písčitých půdách jsou stromy poškozovány významněji. Odolnější bývají nezastíněné kultury na vyšších plochách (Uhlířová, 2004).

- Václavka smrková (*Armillaria ostoyae*)

V České republice je nejčastější a zároveň z hospodářského hlediska i nejškodlivější zástupce tohoto rodu. Vytváří pomíjivé kloboukaté plodnice, vyrůstající většinou v trsech začátkem podzimu, nejčastěji z pařezů či báze. Mimo období fruktifikace lze přítomnost václavky zjistit z typické hniloby, nebo z přítomnosti trvalého mycelia. Po napadení dřeviny václavkou může mít choroba v zásadě dvojí průběh: akutní a chronický. Chronický průběh

onemocnění bývá běžnější. Hostitelská dřevina může být napadena i desítky let. Podle míry poškození kořenového systému dochází k redukci asimilačního aparátu a tím k snížení přírůstu. V bázi kmene dochází k hnilobě, časem až ke tvorbě dutiny a narušení statické stability stromu. Život stromu přímo ohrožen nebývá. Pokud dojde k akutnímu průběhu onemocnění, které nastává obvykle po oslabení dřeviny, může dojít k masovému odumírání, to pak postihne nejen borovice vyšších věkových tříd, ale i nezajištěné kultury, mlaziny i čerstvé výsadby. Ve výjimečných případech může václavka napadnout i listnaté stromy (Pešková, 2016).

- *Sphaeropsis sapinea*

Nemá české jméno a je řazena mezi imperfektní houby. Její pohlavní stadium není známé. Houba napadá výhony borovic i jiných jehličnanů během jejich růstu. Mycelium proniká do hostitele průduchy a působí rychlejší či pomalejší odumírání napadené části dřeviny. Při časně infekci může dojít k odumření ještě ne zcela narašeného výhonu. Při pozdější infekci letorost postupně zasychá, takže u starších borovic běžně dochází i na napadených letorostech k dozrání napadených šišek. Houba dokáže zahubit nejen oslabené borovice vyššího věku, ale i výsadby a borové sje (Pešková, 2016).

3.1.6 Využití *Pinus sylvestris*

Borovice je jádrovou dřevinou se širokou bělí (přibližně 5 cm). Běl je nažloutlé až narůžovělé barvy, jádro borovice je zpočátku u čerstvě pokáceného dříví světlehnědé, později na vzduchu tmavne. Dřevo se dobře suší a opracovává, ve vodě vykazuje vysokou trvanlivost. Při nevhodném postupu zpracování trpí charakteristickým zamodráním, což snižuje jeho hodnotu a možnost využití.

Zpracovává se podobně jako smrk na vlákninu a pilařskou kulatinu, vysoký obsah pryskyřice však ztěžuje využití borového dřeva. Uplatnění nalézá v nábytkářském průmyslu pro masivní nábytek (okna, dveře, rámy) a ke konstrukčním účelům, například trámová a podvaly (Štefko, 2004).

3.1.7 Provenienční výzkum *Pinus sylvestris*

3.1.7.1 Výzkum domácích odrůd *Pinus sylvestris*

Zvoleny byly domácí oblasti borovice podle Svobodovy mapy rozšíření lesních dřevin v ČSR, severočeská a východočeská, třeboňská, šumavská a západočeská. V každé z těchto oblastí bylo zvoleno několik stromů, byl uvolněn jejich kořenový systém, strom povalen,

morfologicky popsán a změřen. Kmen byl rozřezán a u každého metru odříznut kotouč pro růstovou analýzu kmene. Výsledky potvrdily Svobodovo dělení na ohraničené oblasti s rozdílnými vlastnostmi borového dřeva z různých regionů, podle zkušeností dřevařů (Kaňák).

3.1.7.2 Růst mladých borových kultur identického původu v rozdílných stanovištních poměrech

Výzkum kvantifikoval výškový růst, počet pupenů na vrcholovém prýtu, četnost pozdně sezonního růstu letních jánských a proleptických výhonů a charakter tvárnosti korun a průběžnosti kmínku stromků u identických populací borovic na třech pokusných plochách, založených útvarem biologie a šlechtění lesních dřevin VÚLHM Jíloviště.

Výsledky neprokázaly dominantní vliv původu testovaných potomstev na četnost pozdně sezonního růstu výhonů u borovice lesní a na podíl tvarově deformovaných stromků v porostech prvního věkového stupně. Úživnost a klimatická charakteristika se prokázala jako faktor, který ovlivňuje iniciaci množování pupenů na koncových letorostech (Kaňák, 2005).

3.1.7.3 Provenienční pokusy Arboretum Sofronka

Různé provenience *Pinus sylvestris* prokazují různé růstové vlastnosti. Náhorní borovice a jim nejbližší příbuzné rostou v mládí pomalu jen v periodě 2-4 let, mezi 6. až 9. rokem věku prudce poklesne jejich růst do výšky, ale pak jde prudce nahoru. V provenienčním pokusu, kde se držela provenience pyrenejská dlouho na posledním místě, dostala se ve věku 40 let na třetí místo za boreální baltskou a třeboňskou, jejíž růst i původ je totožný se šumavskými porosty. Provenience borovice vogtlandské, které se od 9 do 23 let věku přemístily z posledních míst z 50 proveniencí na první místa. Naopak borovice bastardní pionýrského typu z Nizozemska se na prvních místech objevuje do 20 let stáří porostu a pak klesají prudce na poslední místa (Kaňák, 2002).

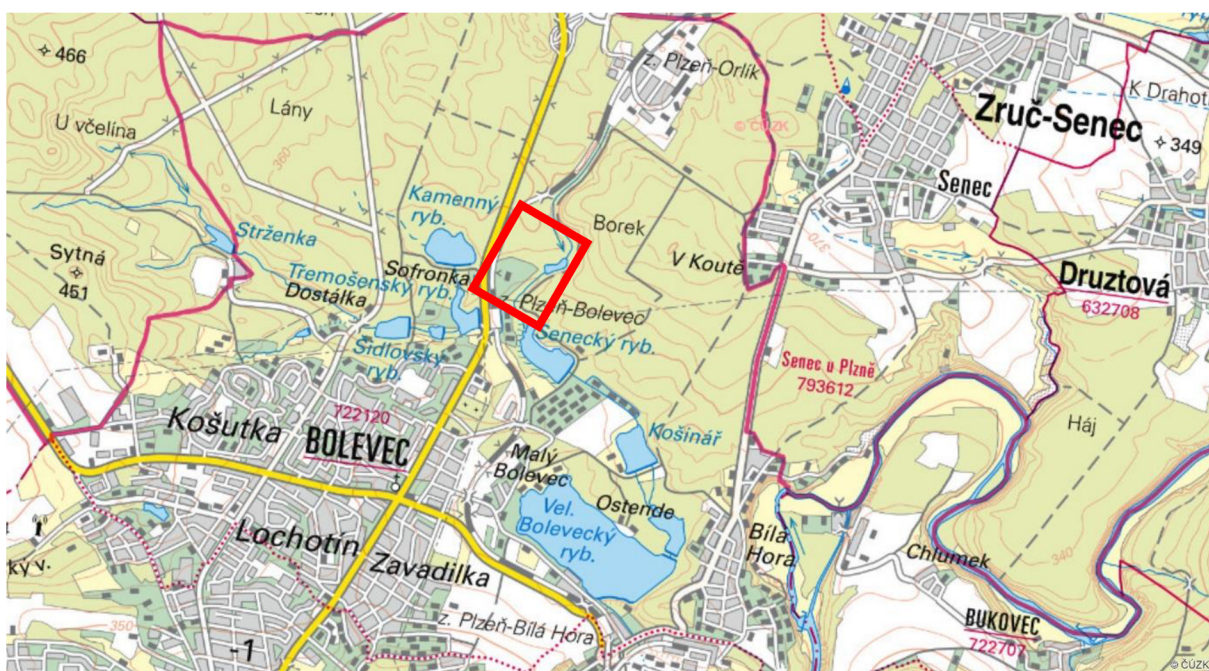
4 Metodika

Studie byla realizována na pozemcích Arboreta Sofronka v Plzni, které bylo založeno v roce 1956 jako pracoviště Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivost. Na podzim roku 2009 přešlo toto pracoviště pod Správu veřejného statku města Plzně do úseku lesů, městské zeleně a vodního hospodářství jako oddělení pro vzdělávání, veřejnost, vědu a výzkum (Arboretum Sofronka, 2023).

4.1 Charakteristika zájmového území

Zájmové území studie je situováno na severním okraji Plzně, v rekreační oblasti boleveckých rybníků, na počátku rozsáhlejších lesních porostů (Obr. 1), v nadmořské výšce 330-350 m, na mírném svahu s jižní expozicí.

Poloha objektu v mrazové kotlině a půda, která je tvořena permokarbonskými hlinitými pískami a arkózami s nedostatečnou tepelnou akumulací mají za následek vysokou četnost



Obr. 1 Poloha Arboreta Sofronka včetně pokusných ploch, zájmové území označeno červeným obdélníkem

extrémních teplot (Arboretum Sofronka, 2023). Jedná se o stanoviště s velmi chudou písčitou půdou s minimálním obsahem živin, s minimálním množstvím humusu, klimaticky suché, s hojným výskytem časných i pozdních mrazíků (Lesnická práce, 1999).

4.1.1 Charakteristika klimatických poměrů zájmového území

Dle klimatického členění Quitta 1971 spadá arboretum Sofronka do mírně teplé oblasti (Tab. 1) MT11 (Klimatické oblasti Česka, 2011).

klimatická charakteristika	MT11
počet letních dnů	40-50
počet dnů s průměrnou teplotou ≥ 10 °C	140-160
počet mrazových dnů	110-130
počet ledových dnů	30-40
průměrná teplota v lednu	-2 až -3 °C
průměrná teplota v dubnu	7-8 °C
průměrná teplota v červenci	17-18 °C
průměrná teplota v říjnu	7-8 °C
průměrný počet dnů se srážkami ≥ 1 mm	90-100
srážkový úhrn ve vegetačním období	400-450
srážkový úhrn v zimním období	200-250
počet dnů se sněhovou pokrývkou	50-60
počet dnů zamračených	120-150
počet dnů jasných	40-50

Tab. 1 Klimatická charakteristika MT11

4.1.2 Geologická, geomorfologická a fyto geografická charakteristika zájmového území

Dle Základní geologické mapy České republiky v měřítku 1: 25 000 se modelové území nachází v nýřanských vrstvách kladenského souvrství (Gilíková, 2022).

Zařazení zájmového území do regionálního geomorfologického členění:

Provincie: Česká vysočina

Soustava: Poberounská soustava

Podsoustava: Plzeňská pahorkatina

Celek: Plaská pahorkatina

Podcelek: Plzeňská kotlina

Okres: Nýřanská kotlina (Demek, 2006).

Fytogeograficky oblast výzkumu leží v Českomoravském mezofytikum, v Plzeňské pahorkatině vlastní (Culek, 1998).

4.1.3 Potenciální přirozená vegetace modelového území

Podle mapy potenciální přirozené vegetace České republiky spadá modelové území do acidofilních bikových, jedlových, březových a borových doubrav (Brusinková borová doubrava) (Neuhäuslová, 1998).

Katalog biotopů tuto vegetační jednotu definuje jako subkontinentální borové doubravy. Chudé porosty s dominantní *Pinus sylvestris* a *Quercus petraea*, řídkěji s *Quercus robur*, s vtroušenou *Betula pendula* a *Sorbus aucuparia* subsp. *aucuparia*. V keřovém patře s *Frangula alnus* a *Salix aurita*, dominuje *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* a *Vaccinium vitis-idaea* (Chytrý, 2010).

4.1.4 Charakteristika pokusných výsadeb

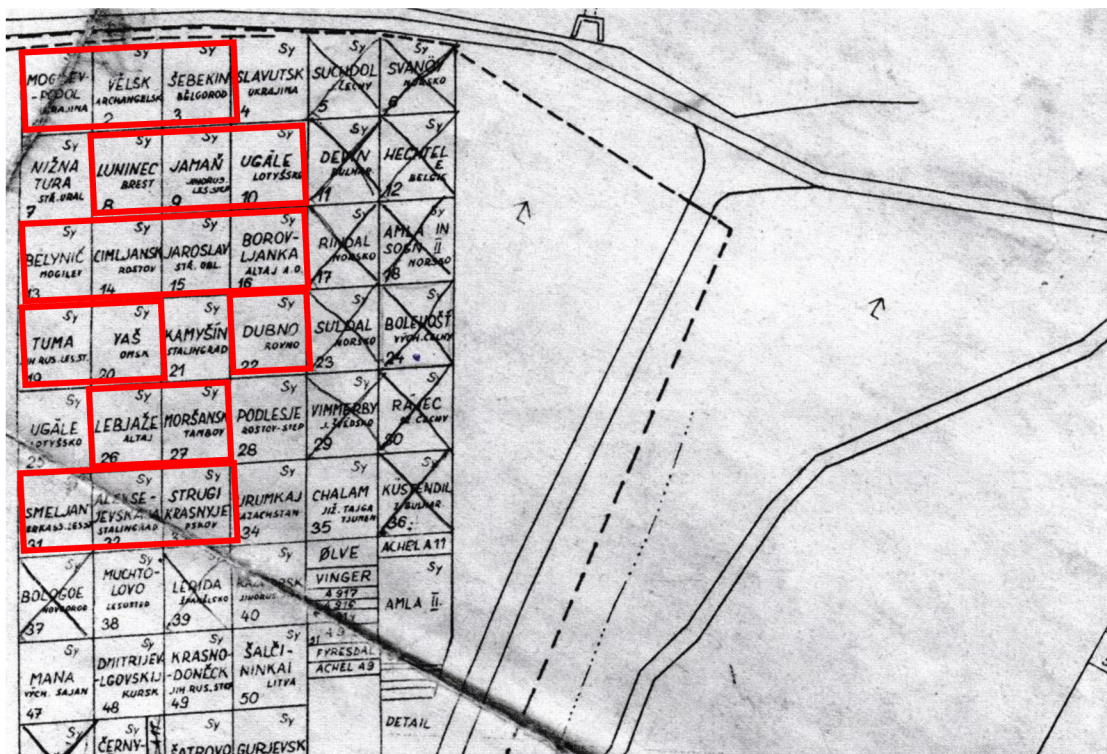
Všechny pokusné plochy byly založeny v roce 1961 v pravidelných sponech 1x1 m, resp. 2x2 m. Obdélníkové plochy při svém založení obsahovaly 100 až 200 sazenic od každého vzorku populace. Díky tomu může být posuzován habitus každého vzorku z hlediska genekologické diferenciaci, ale i z hlediska lesnického. Velký počet vzorků různých proveniencí dává možnost studovat variabilitu druhu v rámci celého území areálu druhu.

Sadební materiál byl vypěstován ve vlastní školce na Sofronce z osiva získaného od vědeckých a výzkumných pracovníků z různých států. Ve školce i ve výsadbách nebylo použito hnojení ani chemická ochrana. Kultury jsou ponechány svému přirozenému vývoji, který je ovlivňován pouze přírodním výběrem, není zde realizovaný žádný management údržby (Arboretum Sofronka, 2023).

4.2 Sběr dat

Sběr dat pro vyhodnocení provenienčních vlastností *Pinus sylvestris* probíhal na pokusných plochách Arboreta Sofronka. Zkusné plochy byly vybrány na základě dostupných dat z měření v roce 2003. Dle zadaných podkladů bylo vyhodnoceno 18 (Obr.2) zkusných ploch, které jsou v porostu označeny kamenným kvádrem s označením. Měření probíhalo v podzimních termínech roku 2021 a zimních termínech roku 2022. Každá provenience byla zaznamenána do předem zadané karty, která umožnila zanesení prostorového umístění a dendrometrických vlastností každého jedince v zkusné ploše. Inventarizační karta obsahovala hlavičku s popisem zkusné plochy, 15 řádků označených číslem a 13 sloupců s označením a-i.

Dendrometrické údaje byly změřeny pomocí lesnické průměrky (průměr stromu ve výšce 130 cm) a elektronickým výškoměrem Haglof ECII-D (výška nasazení koruny a celková výška stromu). Kvalita kmene byla posouzena dle zadané metodiky.



Obr. 2 Vyznačení inventarizovaných zkusných ploch (zkusná plocha označena červeně)

4.3 Metodika hodnocení

Metodika hodnocení kvality proveniencí byla vyhotovena tak, aby umožnila rychlé získání dat o aktuálním stavu zkusné plochy. Přestože jde o jednoduchou a rychlou metodu, hodnoceny byly všechny důležité veličiny, které umožnily srovnání stavu a produkce jednotlivých proveniencí *Pinus sylvestris*.

4.3.1 Dendrometrické charakteristiky

4.3.1.1 Průměr kmene

Průměr kmene byl změřen lesnickou průměrkou ve výčetní výšce 130 cm, ve dvou osách pro započtení možné asymetrie kmene. Výsledek byl zprůměrován a zanesen s přesností na 1 desetinné místo v centimetrech.

4.3.1.2 Výška nasazení koruny

Výška nasazení koruny byla změřena pomocí elektronického výškoměru s přesností na 1 desetinné místo v metrech.

4.3.1.3 Výška stromu

Výška stromu byla změřena pomocí elektronického výškoměru s přesností na 1 desetinné místo v metrech.

4.3.1.4 Kvalita kmene

Kvalita kmene byla vyhodnocena dle předem zadané metodiky. Do inventarizačních tabulek byla zanesena pomocí těchto zkratek:

N normální (kmen rovný, bez deformací)

J jednostranná deformace (prohnutí)

S dvoustranná deformace

V vidličnatost

R rozsocha

M metlovitost

Z zlom

4.4 Zpracování a analýza dat

Základem pro statistické zpracování byl soubor dat s údaji o výškách, průměrech a kvalitě všech jedinců borovice lesní, kteří se nacházejí na jednotlivých zkusných plochách. Pro jednotlivé charakteristiky byly v programu Microsoft Excel 2021 vypočítány aritmetické průměry výšek a průměrů kmene. Výsledné hodnoty byly interpretovány pomocí sloupcových grafů.

Kruhová základna stromu byla vypočítána jako plocha příčného průřezu kmene ve výšce 130 cm. Jednotlivé kruhové základny byly sečteny pro zjištění celkové kruhové základny zkusné plochy. Výsledné hodnoty byly interpretovány pomocí sloupcových grafů.

Počet žijících jedinců každé zkusné plochy byl stanoven při terénním šetření. Celková zásoba dřeva byla vypočtena pomocí objemových tabulek Petráše a Pajtíka z roku 1991. Celkové objemy stojících stromů byly přepočteny na hektarovou zásobu.

Mortalita byla hodnocena jako změna počtu živých jedinců v současnosti (2021, 2022) oproti poslednímu měření v roce 2003 a následně jako rozdíl živých jedinců v současnosti (2021, 2022) s celkovým počtem sazenic vysázených v roce 1961.

Chybovost měření byla vyhodnocena jako počet stromů, u který došlo ke špatnému zaznamenání v inventarizační tabulce.

Během této práce se hodnotil průměrný průměr kmene na základě dat získaných z předchozích měření v roce 2003. Předchozí měření zaznamenaly pouze obvod jednotlivých stromů a kvalitu kmene. Obvod byl pomocí Microsoft Excel 2021 převeden na průměr a z něj byla vypočítána kruhová základna stromů a průměrná kruhová základna celé provenience. Vzhledem k vysokým počtům chyb při měření a nesouladu pozic jednotlivých stromů v provenience, byla data z roku 2003 použita pouze k porovnání průměrku kruhových základen zkusných ploch. Výsledné hodnoty byly interpretovány pomocí sloupcových grafů.

5 Výsledky

Získané výsledky experimentu jsou rozděleny do dvou kategorií, a to na kategorii kvantitativních veličin a kvalitativních veličin.

5.1 Kvantitativní veličiny

Do této kategorie byly zařazeny všechny parametry, které vyhodnocují kvantitativní stav jednotlivých proveniencí.

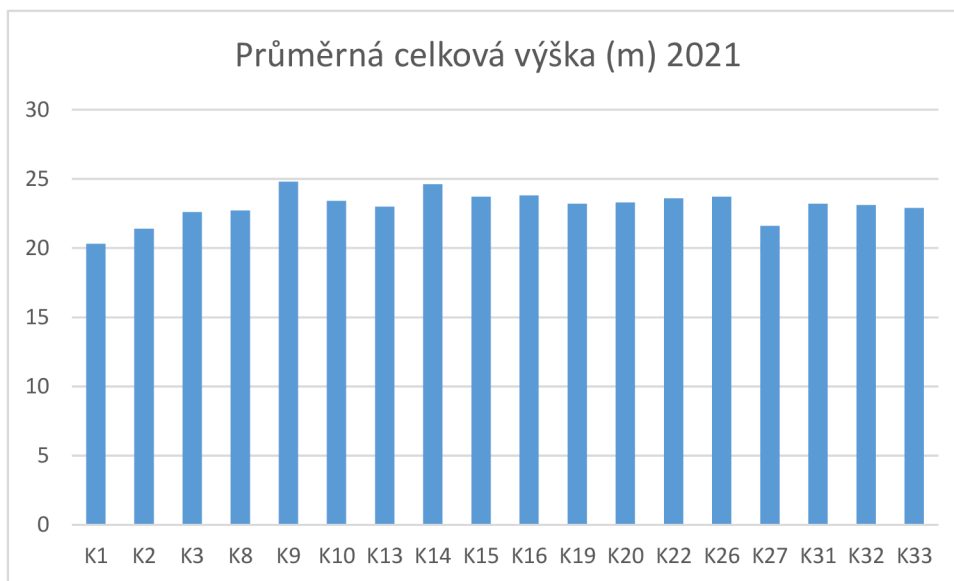
5.1.1 Průměrná výška kmene

Výšky borové kultury byly vyhodnoceny na základě měření z roku 2021 a 2022. Tab. 2 obsahuje aritmetické průměry výšek jednotlivých proveniencí.

Označení provenienční plochy	Průměrná celková výška (m) 2021
K1	20,3
K2	21,4
K3	22,6
K8	22,7
K9	24,8
K10	23,4
K13	23
K14	24,6
K15	23,7
K16	23,8
K19	23,2
K20	23,3
K22	23,6
K26	23,7
K27	21,6
K31	23,2
K32	23,1
K33	22,9

Tab. 2 Průměrná celková výška jednotlivých proveniencí

Z příloženého grafu je patrné (Obr.3), že nejvyšší průměrné výšky stromu dosáhla provenience K9 Jamaň (průměrná výška stromu 24,8 m). Nejnižší celková průměrná výška byla zaznamenána u provenience K1 Mogilev-Podol (průměrná výška stromu 20,3 m). Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší průměrnou hodnotou činí 4,5 m.



Obr. 3 Graf průměrné celkové výšky (m) 2021

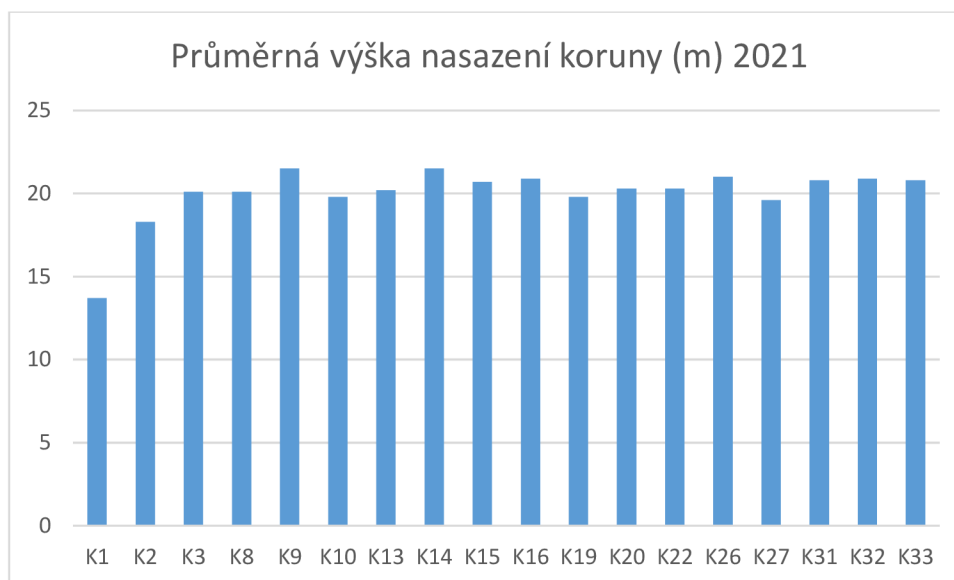
5.1.2 Průměrná výška nasazení koruny

Výšky nasazení korun borové kultury byly vyhodnoceny na základě měření z roku 2021 a 2022. Tab. 3 obsahuje aritmetické průměry výšek nasazení korun jednotlivých proveniencí.

Označení provenienční plochy	Průměrná výška nasazení koruny (m) 2021
K1	13,7
K2	18,3
K3	20,1
K8	20,1
K9	21,5
K10	19,8
K13	20,2
K14	21,5
K15	20,7
K16	20,9
K19	19,8
K20	20,3
K22	20,3
K26	21
K27	19,6
K31	20,8
K32	20,9
K33	20,8

Tab.3 Průměrná výška nasazení koruny (m) 2021

Z přiloženého grafu je patrné (Obr. 4), že nejvyšší průměrnou výšku nasazení koruny má provenience K9 Jamaň (průměrná výška nasazení koruny 21,5 m) a provenience K14 Cimljansk (průměrná výška nasazení koruny 21,5 m). Nejnižší výška nasazení koruny byla zaznamenána u provenience K1 Mogilev-Podol (průměrná výška nasazení koruny 13,7 m). Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší zprůměrovanou hodnotou činí 7,8 m.



Obr. 4 Graf průměrné výšky nasazení koruny (m) 2021

5.1.3 Průměrný průměr kmene

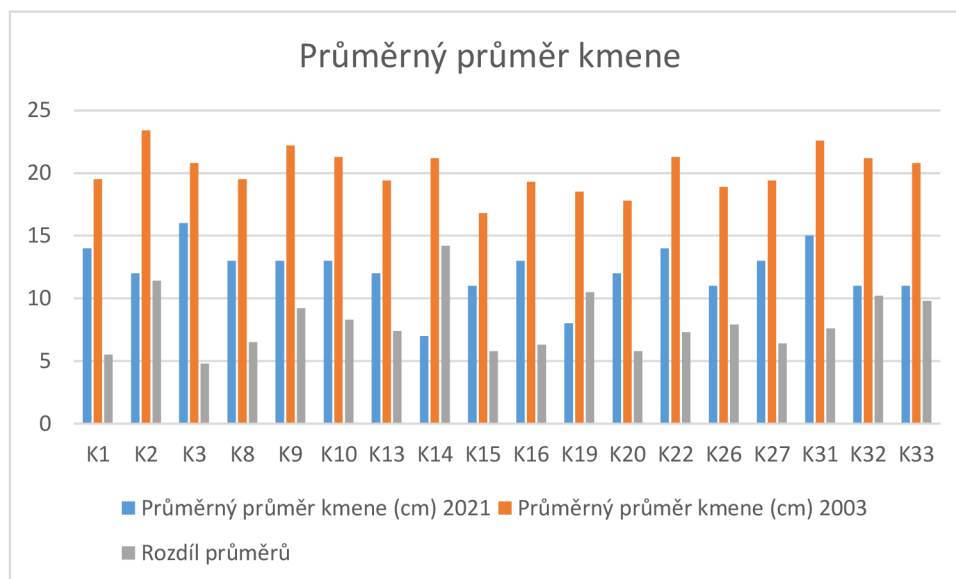
Průměrné průměry borové kultury byly vyhodnoceny na základě měření z roku 2021 a 2022. Tyto hodnoty byly následně porovnány s daty z předchozího měření z roku 2003. Tabulka byla doplněna o rozdíl průměrů. Tab. 4 obsahuje aritmetické průměry průměrů kmene jednotlivých proveniencí za dvě měřená období.

Označení provenienční plochy	Průměrný průměr kmene (cm) 2021	Průměrný průměr kmene (cm) 2003	Rozdíl průměrů
K1	14	19,5	5,5
K2	12	23,4	11,4
K3	16	20,8	4,8
K8	13	19,5	6,5
K9	13	22,2	9,2
K10	13	21,3	8,3
K13	12	19,4	7,4
K14	7	21,2	14,2

K15	11	16,8	5,8
K16	13	19,3	6,3
K19	8	18,5	10,5
K20	12	17,8	5,8
K22	14	21,3	7,3
K26	11	18,9	7,9
K27	13	19,4	6,4
K31	15	22,6	7,6
K32	11	21,2	10,2
K33	11	20,8	9,8

Tab. 4 Průměrný průměr kmene

Z příloženého grafu je patrné (Obr. 5), že nejvyšší průměrný průměr kmene má provenience K2 Vělsk (průměrný průměr kmene 23,4 cm). Nejnižší hodnota průměrného průměru kmene byla zaznamenána u provenience K15 Jaroslavl (průměrný průměr kmene 16,8 cm). Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší zprůměrovanou hodnotou činí 6,6 cm. Největšího přírůstku na průměru kmene dosáhla provenience K14 Cimljansk, která přirostla na průměru o 14,2 cm. Zatímco provenience K3 Šebekino dokázala svůj průměr kmene zvětšit pouze o 4,8 cm.



Obr. 5 Graf průměrných průměrů kmene

5.1.4 Kruhová základna stromu

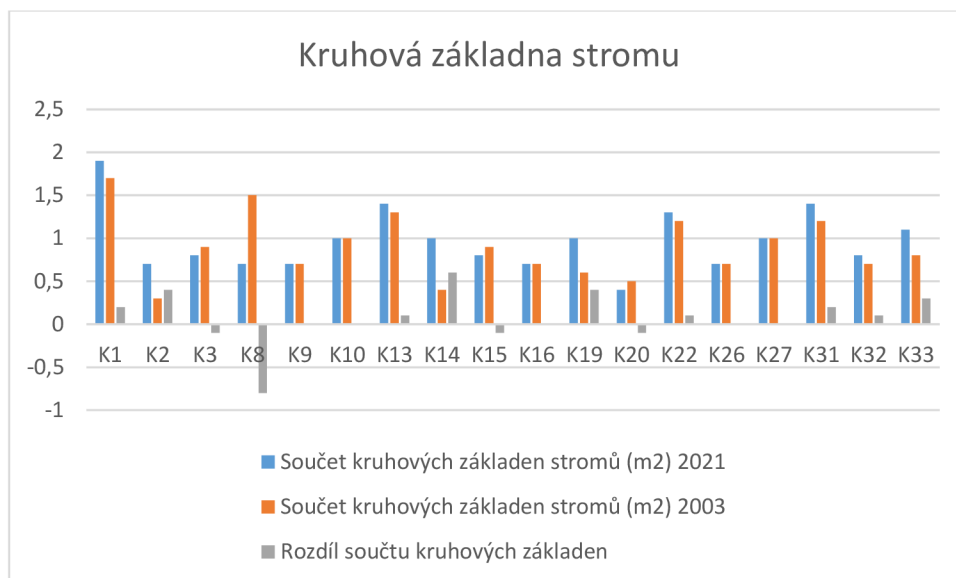
Kruhová základna stromu byla vypočítána jako plocha příčného průřezu kmene ve výšce 130 cm. Na základě měření byla stanovena kruhová základna proveniencí pro rok 2003 a rok

2021, 2022 tak, že byly sečteny kruhové základy jednotlivých stromů. Tab. 5 obsahuje součty kruhových základů proveniencí jednotlivých proveniencí za dvě měřená období.

Označení provenienční plochy	Součet kruhových základů stromů (m ²) 2021	Součet kruhových základů stromů (m ²) 2003	Rozdíl součtu kruhových základů
K1	1,9	1,7	0,2
K2	0,7	0,3	0,4
K3	0,8	0,9	-0,1
K8	0,7	1,5	-0,8
K9	0,7	0,7	0
K10	1	1	0
K13	1,4	1,3	0,1
K14	1	0,4	0,6
K15	0,8	0,9	-0,1
K16	0,7	0,7	0
K19	1	0,6	0,4
K20	0,4	0,5	-0,1
K22	1,3	1,2	0,1
K26	0,7	0,7	0
K27	1	1	0
K31	1,4	1,2	0,2
K32	0,8	0,7	0,1
K33	1,1	0,8	0,3

Tab. 5 Kruhová základna stromů

Z příloženého grafu je patrné (Obr. 6), že nejvyšší součet kruhových základů pro rok 2021 má provenience K1 Mogilev-Podol (součet kruhových základů 1,9 m²). Nejnižší hodnota byla sečtena u provenience K20 Vaš (součet kruhových základů 0,4 m²). Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší sečtenou hodnotou činí 1,5 m². Největšího přírůstku na kruhové základně dosáhla provenience K14 Cimljansk, která svoji kruhovou základnu zvětšila o 0,6 m². Zatímco provenience K8 Luninec se díky vysoké mortalitě dostala do záporných hodnot -0,8 m².



Obr. 6 Graf kruhových základů stromu

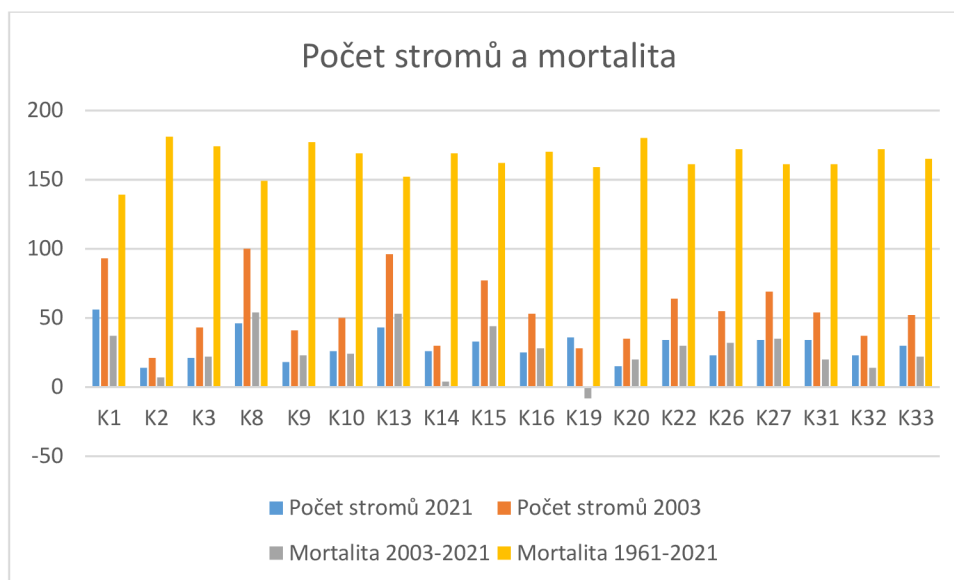
5.1.5 Počet stromů a mortalita

Počet žijících jedinců každé zkušební plochy byl stanoven při terénním šetření. Vyhodnocena byla data let 2003 a let 2021, 2022. Tab. 6 obsahuje počty žijících jedinců na každé zkušební ploše a jejich mortalitu.

Označení provenienční plochy	Počet stromů 2021	Počet stromů 2003	Mortalita 2003-2021	Mortalita 1961-2021
K1	56	93	37	139
K2	14	21	7	181
K3	21	43	22	174
K8	46	100	54	149
K9	18	41	23	177
K10	26	50	24	169
K13	43	96	53	152
K14	26	30	4	169
K15	33	77	44	162
K16	25	53	28	170
K19	36	28	-8	159
K20	15	35	20	180
K22	34	64	30	161
K26	23	55	32	172
K27	34	69	35	161
K31	34	54	20	161
K32	23	37	14	172
K33	30	52	22	165

Tab. 6 Počet stromů a mortalita

Z přiloženého grafu je patrné (Obr. 7), že nejvíc stromů bylo naměřeno na zkusné ploše K1 Mogilev-Podol (56 kusů). Nejméně živých jedinců bylo detekováno na zkusné ploše K20 Vaš (15 kusů). Největší mortalita v období 2003 až 2021 byla zaznamenána u pokusné plochy K8 Luninec, nejnižší pak u plochy K14 Cimljansk (4 ks). Z hodnocení mortality byla vyloučena zkusná plocha K19 Tuma, kde vysoká chybovost měření způsobila nekorektní výsledky.



Obr. 7 Graf počtu stromů a mortality

5.1.6 Celková zásoba dřeva

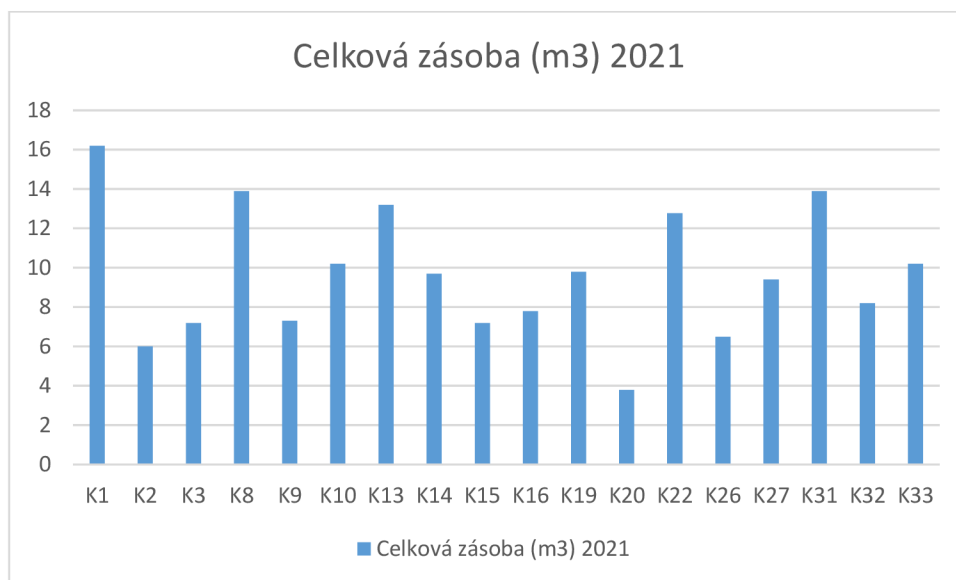
Celková zásoba dřeva byla vypočtena pomocí objemových tabulek Petráše a Pajtíka z roku 1991. Celkové objemy stojících stromů byly přepočteny na hektarovou zásobu. Tab. 6 obsahuje celkovou zásobu dřeva jednotlivých proveniencí.

Označení provenienční plochy	Celková zásoba (m ³) 2021	Zásoba na ha (m ³) 2021
K1	16,2	3246,6
K2	6	1204,4
K3	7,2	1443,6
K8	13,9	2776,6
K9	7,3	1459,6
K10	10,2	2045,8
K13	13,2	2633,2
K14	9,7	1939,2
K15	7,2	1449,6
K16	7,8	1562
K19	9,8	1962,4
K20	3,8	767

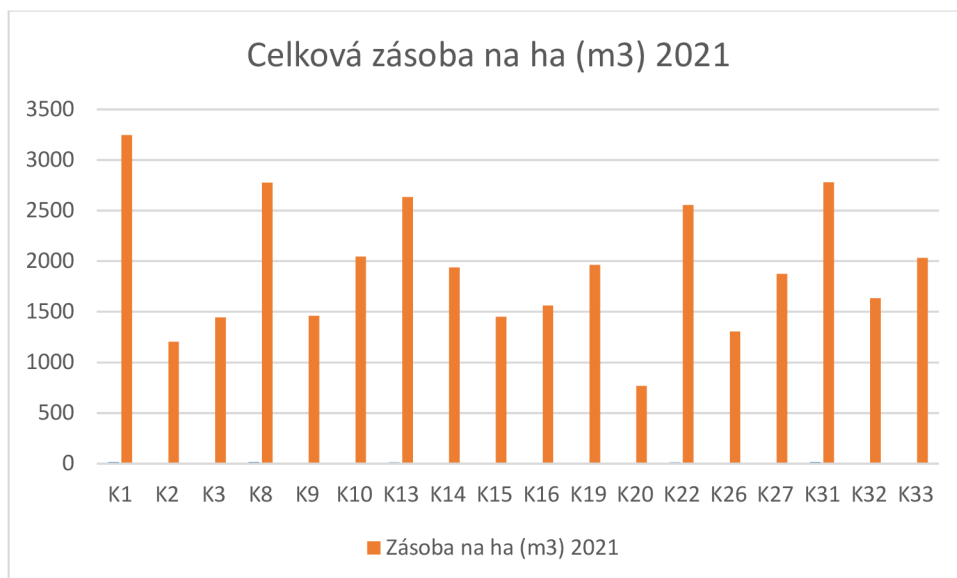
K22	12,77	2554
K26	6,5	1305,4
K27	9,4	1874,6
K31	13,89	2778
K32	8,2	1634,6
K33	10,2	2034,2

Tab. 7 Celková zásoba dřeva

Z přiložených grafů je patrné (Obr. 8, Obr. 9), že největší zásoba dřeva se nachází na pokusné ploše K1 Mogilev-Podol (3246,6 m³/ ha). Naopak nejmenší zásoba dřeva byla detekována na pokusné ploše K20 Vaš (767 m³/ha).



Obr. 8 Graf celkové zásoby dřeva jednotlivých proveniencí



Obr. 9 Graf celkové zásoby dřeva jednotlivých proveniencí přepočtený na hektar

5.2 Kvalitativní veličiny

Do této kategorie byly zařazeny všechny parametry, které vyhodnocují kvalitativní stav jednotlivých proveniencí.

5.2.1 Tvar kmene

Tvar kmene byl vyhodnocen na základě předem dané metodiky, která byla popsána výše. Tab. 8 shrnuje vyhodnocené tvary kmene pro každou provenienci.

Označení provenienční plochy	N	R	S	J	V	Z
K1	33	1	6	15	1	0
K2	12	0	0	2	0	0
K3	17	0	0	4	0	0
K8	36	0	0	9	1	0
K9	16	0	0	2	0	0
K10	21	0	0	4	1	0
K13	39	0	2	2	0	0
K14	21	0	0	5	0	0
K15	30	0	0	2	1	0
K16	17	0	0	7	1	0
K19	32	0	0	4	0	0
K20	15	0	0	0	0	0
K22	28	0	0	5	1	0
K26	21	0	0	2	0	0
K27	28	0	0	6	0	0

K31	28	0	0	6	0	0
K32	20	0	0	3	0	0
K33	24	0	0	6	0	0

Tab. 8 Tabešní shrnutí všech tvarů kmene každé provenience

Z přiloženého grafu vyplývá (Obr. 10), že nejkvalitnější zkusnou plochou z pohledu tvaru kmene je plocha K20 Vaš, která nevykazuje žádné deformace. Naopak v ploše K1 Mogilev-Podol, jsou zastoupeny 4 druhy deformací kmene s nejvyšším počtem výskytu.



Obr. 10 Grafické zpracování výskytu a množství deformací kmene

5.3 Škody zvěří

Provenienční pokusné plochy v Arboretu Sofronka jsou po celém svém obvodu chráněny oplocením. I přes tento fakt, byly v minulosti výsadby poškozovány zvěří, jak dokládá tabulka s výčtem poškození jednotlivých proveniencí. Zvěř se do oploceného areálu dostávala přes narušené oplocení a z přilehlé dančí obory, která přímo sousedí se zkusnými plochami. Přítomnost dančí zvěře byla prokázána při terénním šetření. V současné době na zkusných plochách ke škodám zvěře nedochází vzhledem ke stáří výsadeb (více než 60 let).

5.4 Chybovost měření

Jak bylo výše nastíněno zvolená metodika záznamu každého stromu do inventarizačního listu s přesným umístěním v řadách dává vzniknout nepřesnostem, které ovlivňují výsledky experimentu. Tab. 9 poukazuje na počet chyb, které byly v každé ploše vyhodnoceny.

Označení provenienční plochy	Počet chyb
K1	0
K2	12
K3	12
K8	0
K9	2
K10	5
K13	2
K14	21
K15	1
K16	0
K19	31
K20	5
K22	3
K26	5
K27	2
K31	2
K32	13
K33	12

Tab. 9 Počet zaznamenaných odchylek v měření

Z příloženého grafu (Obr. 11) a tabulek (Tab. 9) je patrné, že pouze tři zkusné plochy nejsou zatíženy odchylkou v měření.



Obr. 11 Grafické zpracování výskytu odchylek od měření

5.5 Srovnání *Pinus sylvestris* s *Pinus contorta*

Ze zahraničních provenienčních pokusů vyplynulo, že *Pinus contorta* nemá tak vysoký produkční potenciál jako borovice lesní.

Zprávy z lesnického výzkumu uvedli v roce 2017 studii, která vyhodnotila rozdíly ve výškovém růstu proveniencí *Pinus contorta*. Nejlepších hodnot dosahovaly provenience 2089 Manzanita „c“ z Oregonu (13,4 m), 2120 St. Regis „l“ z Montany (11,9 m) a provenience 1901 Chetwynd „l“ z Britské Kolumbie (11,8 m). V tloušťkovém růstu byly zaznamenány taktéž významné rozdíly. Největší výčetní tloušťka (15,3 cm) byla dosažena u provenience 2089 Manzanita „c“, 2120 St. Regis „l“ (13,7 cm) a 2131 Bucks Lake „m“ z Kalifornie (13,6 cm). Nejhorším růstem (8,3 cm) se vyznačovala provenience 1903 Upper Liard „l“ z Yukonského teritoria. Objemy kmene podle dvou rovnic (Petráš, Pajčík 1991; Cole 1971) se vzájemně lišily jen zanedbatelně, proto je dále uváděn pouze objem kmene podle rovnice Cole 1971. Největšího objemu dosáhly provenience 2089 Manzanita „c“ (0,106 m³), 2120 St. Regis „l“ (0,073 m³) a 2131 Bucks Lake „m“. Nejnižší hodnota objemu kmene (0,012 m³) byla zaznamenána u provenience 2138 Mineral King „m“ z Kalifornie. V zásobě jednoznačně vynikala provenience 2089 Manzanita „c“ (175 m³/ha), za níž následovala 2091 Mount Hood „l“ z Oregonu, jejíž zásoba však byla již o poznání nižší (133 m³/ha). Nejhůře byla hodnocena provenience 2138 Mineral King „m“ s pouhými 17 m³/ha (Fulín, 2017).

6 Diskuze

Současná klimatická změna, způsob hospodaření v lesích, ataky škůdců a houbových onemocnění dávají za vznik podobným experimentům. Dochází ke snaze používání odolnějších druhů rostlin i za cenu výsadby nepůvodních však odolných druhů. Obdobná studie zaměřená na *Pinus contorta* prokázala, že růstové vlastnosti jednotlivých proveniencí se liší a došla tedy k obdobným závěrům jako tato bakalářská práce.

Z prostudovaných dostupných materiálů, výsledků pokusů a měření víme, že provenienční plochy v Arboretu Sofronka byly vyhodnocovány již několikrát. Na zapůjčených podkladech je vidět, že terénní šetření probíhalo v několika fázích, i když je uveden pouze jeden rok měření. Výsledky šetření jsou zaznamenány několika rukopisy a styly záznamu. Výsledky těchto měření nebyly nikdy publikovány. Tato práce přináší první ucelené výsledky, které vyhodnocují dendrometrické i kvalitativní charakteristiky porostu. Potenciál provenienčních ploch však nebyl naplněn.

To, že terénní průzkum byl prováděn různými osobami se projevil na chybovosti měření a nemohl být využit všechn potenciál naměřených dat. Z počátku celkem logické zaznamenávání stromů do systému řádků a sloupců, bylo již během terénního šetření vyhodnoceno jako nedostatečné. Jednotlivé provenienční plochy prošly určitým vývojem a orientace podle tabulky a mezních kamenných kvádrů je velmi těžká. Díky této zhoršené orientaci došlo k znehodnocení dat a nemohly být využity, tak jak bylo původně zamýšleno.

Jak bylo uvedeno ve výsledcích práce, chybovost v některých zkusných plochách dosáhla až na 31 chyb pro jednu plochu. Z porovnání záznamových karet je patrné, že drobné chyby v řádu kusů odchylek jsou možné v důsledku špatného určení řady a sloupce. Typicky se jedná o odchylku, která vznikne nedostatečnou orientací, či nepozorností. Obecně tento záznam vypadá tak, že v roce 2003 byl vyhodnocen strom s obvodem 60 cm a normálním tvarem kmene N na pozici 14 l. V roce 2021 byl vyhodnocen strom s průměrem 26 cm a normálním tvarem kmene N na pozici 13 l. Je tedy evidentní, že se jedná o stejný strom, zaznamenaný na jiné pozici. Vzniklá situace umožňuje dvě varianty řešení. Zapomenout na svoji práci opsat pozici z předchozího měření a vyhnout se neprokazatelným výsledkům, nebo se pokusit vyloučit vlastní chybu. Pro vyloučení vlastní chyby byla, každá plocha, která se během měření začala významně lišit, vyznačena provázkem, mezní kameny byly obarveny vytyčovací sprejem (pro lepší orientaci) a jednotlivé řady a sloupce byly napsány na hraniční stromy zkusné plochy. I toto vytyčení však nevedlo k upřesnění lokace jednotlivých stromů a vznikla tak vysoká

chybovost. Proto nebylo provedeno porovnání vývoje jednotlivých proveniencí a bakalářská práce porovnála aktuálně naměřené výsledky, tedy aktuální stav zkusných ploch.

Toto porovnání přineslo první výsledky ve výzkumu proveniencí borovice lesní a dalo základ pro další experimenty. Pro nové experimenty doporučuji technologii podrobných bodů totální stanice, nebo využití soustavy GPS. Pokud by mělo dojít k zakládání nových provenienčních ploch je nutné jejich důkladné vodorovné označení, a především pravidelná údržba tohoto označení, která umožní lepší orientaci a zamezí vysoké chybovosti.

Dalším z problémů, které vyplynuly na povrch již během několika málo měření, se ukázala přesnost měřících přístrojů. Musíme si uvědomit, že pokusné porosty byly založeny na velmi malý spon a nebyly nikterak vychovávány. Současné porosty jsou ve většině případů velmi husté a pro měření je velmi obtížné zaměřit nejvyšší bod koruny. První měření poukázaly na odchylku získaných dat dle použitých přístrojů. Pro potřeby této bakalářské práce byl vybrán elektronický výškoměr Haglof ECII-D se kterým se v porostu měřilo nejefektivněji, a to především i proto, že měření v terénu zvládne výzkumník sám.

7 Závěr

Areál přirozeného rozšíření *Pinus sylvestris* zahrnuje mírný a chladnější pás celé Eurasie; jižní hranice areálu leží přibližně mezi 45 ° a 50 ° s. š., na sever se vyskytuje zhruba až po polární kruh. Vzhledem k tomuto poznatku je zřejmé, že se borovice musela adaptovat na širokou škálu klimatických podmínek. Z toho plyne potřeba uskutečnění provenienčních experimentů, která by poukázala na vhodnost využití určitých proveniencí při obnově lesních porostů.

Provenienční pokus na výzkumné ploše Arboreta Sofronka, byl založen z mnoha proveniencí zahrnující téměř celý areál současného přirozeného výskytu. Předkládaná bakalářská práce si kladla za cíl zhodnocení charakteru růstu a prosperity borovice lesní na výzkumné ploše. Z hlediska kvantitativních veličin výšky byla nejlépe hodnocena provenience K9 Jamaň (jižní Rusko), z hlediska výčetní tloušťky dosahovala nejvyšších hodnot K2 Vělsk. (severozápadní Rusko). Zásoba dřeva byla vyhodnocena jako nejvyšší v provenienci K1 Mogilev-Podol (jihozápadní Ukrajina).

Cíle této bakalářské práce byly naplněny, došlo k porovnání 18 různých proveniencí *Pinus sylvestris*. Získané výsledky potvrdily vliv provenience na růstové i kvalitativní charakteristiky zkoumaných zkusných ploch. Byl zjištěn významný vliv provenience na výšku kmene, průměr kmene, zásobu dříví a mortalitu. Bylo potvrzeno poškozování borových kultur zvěří, a to především v mladších výsadbách, i když jsou chráněny oplocením. Tyto poškozování mají vliv na celkový vývoj stromů a mají za následek různé deformace vzrostlých jedinců.

Vzhledem k významnosti borovice lesní by bylo vodné v provenienčních výzkumech i nadále pokračovat a rozšiřovat je.

8 Literatura

Arboretum Sofronka: Celosvětová sbírka borovic a výzkumné pracoviště [online], 2023. Plzeň: Správa veřejného statku [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: <https://www.sofronka.cz/>

CAUDULLO, Giovanni, Daniele DE RIGO, Achille MAURI, Tracy HOUSTON DURRANT a Jesús SAN-MIGUEL-AYANZ, 2016. *European atlas of forest tree species: Pinus sylvestris in Europe: distribution, habitat, usage and threats*. [online]. 1. Lucemburk: Společné výzkumné středisko (Evropská komise) [cit. 2023-01-17]. ISBN 978-92-79-36740-3. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/299470777_Pinus_sylvestris_in_Europe_distribution_habitat_usage_and_threats

CULEK, Martin, 1998. Krajinový ráz a biogeografické členění. *Ochr. Přír.* **53**(1), 5.

CUROK, Jan, Zdeněk VACEK, Rostislav LINDA a Stanislav VACEK. *Poškození zvěří dobře čelí borovice* [online]. In: . [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://zivauni.cz/jak-se-ukazuje-borovice-je-odolna-vuci-poskozeni-zveri/>

ČERMÁK, Petr, 2006. *Poškození dřevin okusem, ohryzem a loupáním*. Brno. Disertační práce. Mendelova univerzita.

DEMEK, Jaromír a Peter MACKOVČIN, ed., 2006. *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR. ISBN 80-86064-99-9.

ENGER, Eldon D., Frederick C. ROSS a David B. BAILEY, 2012. *Concepts in biology*. 14th ed. New York: McGraw-Hill. ISBN 9780073403465.

FRANCL, Roman, 2007. Lesní požáry v České republice z pohledu hasičů. *Lesnická práce* [online]. 86(0807) [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-86-2007/lesnicka-prace-c-08-07/lesni-pozary-v-ceske-republice-z-pohledu-hasicu>

FULÍN, Martin, Petr NOVOTNÝ, Jiří ČÁP, Jaroslav DOSTÁL a Josef FRÝDL, 2017. Vyhodnocení provenienční plochy s borovicí pokroucenou. *Zprávy lesnického výzkumu* [online]. 2017(4), 262-270 [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/02/507.pdf>

GILÍKOVÁ, Helena a Jindřich HLADIL, ed., 2022. *Základní geologická mapa České republiky 1:25 000*. Vydání 1. Praha: Česká geologická služba. ISBN 978-80-7673-018-2.

GREGOROVÁ, Božena, 2006. *Poškození dřevin a jeho příčiny*. 1. Praha: [Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky]. ISBN 80-86064-97-2.

HARTMANN, Günter, Franz NIENHAUS a Heinz BUTIN, 2001. *Atlas poškození lesních dřevin: diagnóza škodlivých činitelů a vlivů : 517 barevných foto*. Vyd. 3., V češtině 1. Praha: Brázda. ISBN 80-209-0297-x.

HEJNÝ, Slavomil a Bohumil SLAVÍK, ed., 1997. *Květena České republiky 1. 2. vyd.* Praha: Academia. ISBN 80-200-0643-5.

Hmyzí škůdci našich lesů, 2015. Praha: Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i. ISBN 978-80-7434-206-6.

CHYTRÝ, Milan, 2010. *Katalog biotopů České republiky: Habitat catalogue of the Czech Republic*. 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 978-80-87457-03-0.

KAŇÁK, Jan, 2002. Borovice lesní a prehistorie jejího rodu. *Lesu zdar* [online]. 2002(1) [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: https://www.sofronka.cz/dokumenty/Borovice_lesni_2002.pdf

KAŇÁK, Jan, 2011. *Návrh šlechtitelských postupů pro borovici lesní v západních a jižních Čechách*. Praha. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

KAŇÁK, Jan a Karel KAŇÁK. *Genetika a šlechtění rodu Pinus, minulost, současnost a další perspektivy*. Plzeň.

KAŇÁK, Jan a Jarmila NÁROVCOVÁ, 2005. Růst mladých borových kultur identického původu v rozdílných stanovištních poměrech. *Zprávy lesnického výzkumu* [online]. (22005), 78-80 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/03/zlv_2005_02.pdf

KISS, Marcell a Csaba ILLYÉS, 2008. *Jehličnany a stálezelené rostliny v zahradě*. 1. české vyd. Praha: Svojtka & Co. ISBN 978-80-7352-854-6.

Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta za období 1961-2000 = Climatic regions of the Czech Republic : Quitt's classification during years 1961-2000, 2011. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého. M.A.P.S. (Maps and Atlas Product Series). ISBN 978-80-86690-89-6.

KNÍŽEK, Miloš, Jan LIŠKA, Adam VÉLE, Petr ZAHRADNÍK a Jan LUBOJACKÝ, 2021. *Ochrana borovice lesní (Pinus sylvestris L.) před podkorním a dřevokazným hmyzem: certifikovaná metodika*. 1. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-225-0.

KORPEL, Štefan, 1991. *Pestovanie lesa*. 1. Bratislava: Príroda. Lesníctvo. ISBN 80-07-00428-9.
LAPČÍK, Vladimír, 1996. *Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita. ISBN 80-7078-316-8.

Lesnická práce: HISTORIE A SOUČASNOST ARBORETA SOFRONKA [online], 1999. [cit. 2023-01-19]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-78-1999/lesnicka-prace-c-1-99/historie-a-soucasnost-arboreta-sofronka>

MÁTYÁS, Csaba, Lennart ACKZELL a C.J.A SAMUEL, 2003. *Scots pine: Pinus sylvestris*. 1. Rome: International Plant Genetic Resources Institute. Technical guidelines for genetics conservation and use. ISBN 92-9043-661-1.

MRKVA, Radomír, 2001. Škody způsobené loupáním a ohryzem jelení zvěře rostou. *Lesnická práce* [online]. 80(401) [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-80-2001/lesnicka-prace-c-4-01/skody-zpusobene-loupanim-a-ohryzem-jeleni-zvere-rostou>

MUSIL, Ivan a Jan HAMERNÍK, 2007. *Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin : lesnická dendrologie 1*. Vyd. 1. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1567-9.

NÁROVCOVÁ, Jarmila a Václav NÁROVEC, 2013. *Pěstební opatření k udržení kvality borových mlazin: certifikovaná metodika*. 1. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-076-8.

NÁROVEC, Václav, 2000. *Dicyklický růst výhonů u borovice a nápravná pěstební opatření v nejmladších kulturách*. Vyd. 1. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 80-86386-07-4.

NEUHÄUSLOVÁ, Zdenka, 1998. *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky: Map of potential natural vegetation of the Czech Republic*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0687-7.

NOVÁK, Jiří, David DUŠEK, Dušan KACÁLEK, Marian SLODIČÁK a Jiří SOUČEK, 2017. *Pěstební postupy pro borové porosty 1. a 2. lesního vegetačního stupně*. 1. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-150-5.

PEŠKOVÁ, Vítězslava, František SOUKUP a Miloš KNÍŽEK, 2016. Biotičtí škodliví činitelé na borovici a sucho. *Lesnická práce* [online]. 2016(4), 2-8 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/12/2016_LOS-letak_BO-a-sucho.pdf

POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ, 2009. *Pěstování lesů*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-34-2.

PRACIAK, Andrew, 2013. *The CABI encyclopedia of forest trees*. 0 edition. Wallingford: CABI. ISBN 978-1-78064-236-9.

SEMORÁDOVÁ, Eliška, 2003. Poškození lesních porostů posypovou solí. *Lesnická práce* [online]. 82(0103) [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-82-2003/lesnicka-prace-c-01-03/poskozovani-lesnich-porostu-posypovou-soli>

SLODIČÁK, Marian a Jiří NOVÁK, 2007. *Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin*. 1. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-86461-89-2.

SLODIČÁK, Marian, Jiří NOVÁK a David DUŠEK, 2013. *Výchova porostů borovice lesní: certifikovaná metodika*. 1. vyd. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-069-0.

SLODIČÁK, Marian, Jiří NOVÁK a David DUŠEK, 2013. *Výchova porostů borovice lesní: certifikovaná metodika*. 1. vyd. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-069-0.

ŠTEFKO, Jozef a Ladislav REINPRECHT, 2004. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga. ISBN 80-88905-95-8.

Tisková zpráva: Aktuální návod pro pěstování borovice, 2018. Jíloviště. Dostupné také z: file:///C:/Users/PC/Downloads/TZ_borove_porosty_r1.pdf

TUMA, Marek, 2008. Škody působené zvěří. *Lesnická práce* [online]. 2008(10), 2-4 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: http://www.silvarium.cz/images/letaky-los/2008/2008_skody_zveri_2.pdf

UHLÍŘOVÁ, Hana a Petr KAPITOLA, 2004. *Poškození lesních dřevin*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 80-86386-56-2.

ÚRADNÍČEK, Luboš, 2009. *Dřeviny České republiky*. 2., přeprac. vyd. [Kostelec nad Černými lesy]: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-62-5.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.: Jaká budoucnost čeká borové lesy? [online], 2023. Opočno: VÚLHM [cit. 2023-01-19]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/jaka-budoucnost-ceka-borove-lesy-v-ceske-republice/>

WAISOVÁ, Jaroslava, 2011. Analýza škodlivých biotických a abiotických činitelů - Dle souborů lesních typů. *Lesnická práce* [online]. 90(711) [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-90-2011/lesnicka-prace-c-7-11/analyza-skodlivych-biotickych-a-abiotickych-cinitelu-dle-souboru-lesnich-typu>

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství 2021 [online], 2022. 2022. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2023-01-18]. ISBN 978-80-7434-669-9. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/715438/Zprava_o_stavu_lesa_2021_web.pdf

Zpravodaj ochrany lesa: přehled výskytu lesních škodlivých činitelů v roce ... a jejich očekávaný stav v roce .., 2022. Praha-Zbraslav: Útvar ochrany lesa VÚLHM Jíloviště - Strnady. ISBN 978-80-7417-231-1. ISSN 1211-9350.

Zpravodaj ochrany lesa: přehled výskytu lesních škodlivých činitelů v roce ... a jejich očekávaný stav v roce .., 2022. Praha-Zbraslav: Útvar ochrany lesa VÚLHM Jíloviště - Strnady. ISBN 978-80-7417-231-1. ISSN 1211-9350.

Zprávy lesnického výzkumu: Experimenty s výchovou borovice lesní na jižní Moravě – Strážnice I a Strážnice III. [online], 2011. [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/01/63.pdf>

Zprávy lesnického výzkumu: Příspěvek k charakteristikám regionálních populací - ekotypů borovice lesní (Pinus sylvestris L.) v České republice [online], 2007. [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/01/254.pdf>

Zprávy lesnického výzkumu: Vliv prvních výchovných zásahů na růst a vývoj borové mlazin z přirozené obnovy [online], 2016. [cit. 2023-01-19]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/02/456.pdf>

9 Samostatné přílohy

1) Prázdná inventarizační tabulka

Druh: Provenience:				Plocha:				Poloha:		Založena:		Měřena:	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
	a	b	c	d	e	f	g	h	ch	i	j	k	l

2) Nejvíce chybová inventarizační tabulka 2003

Druh: SY Provenience: 68 TUMA			Plocha: BOLEVEC			Poloha: K 19			Založena: 1961		Měřena: X/2003		
1	/	/	/	/	/	77 N 1 1	/	/	30 J 2 3	64 N 1 1	/	/	
2	/	71 N 1 1	/	/	/	/	/	/	32 N 1 3	/	/	/	
3	/	/	31 N 1 2	/	69 N 1 1	/	/	/	/	/	/	/	
4	/	/	/	/	/	/	/	/	55 N 1 1	29 J 2 3	/	/	
5	/	/	/	33 N 1 2	/	/	/	/	/	/	/	/	
6	/	52 J 2 1	49 N 1 2	/	34 N 1 2	/	48 N 1 2	/	/	66 N 1 1	/	/	
7	/	/	86 N 1 1	/	/	/	43 N 1 2	47 N 1 2	/	/	/	/	
8	/	/	/	/	/	/	66 N 1 1	/	41 N 1 2	/	35 S 2 2	25 J 2 3	
9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	44 N 1 2	
10	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
11	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
12	/	/	53 S 2 1	/	/	/	/	73 N 1 1	/	/	/	/	
13	/	/	/	/	/	/	/	45 N 1 2	/	/	/	/	
14	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	60 N 1 2	
15	/	/	/	/	/	70 N 1 1	/	/	/	/	/	/	
	a	b	c	d	e	f	g	h	ch	i	j	k	l

3) Nejvíce chybová inventarizační tabulka 2021

Druh: Provenience:	Plocha:	Poloha:	Založena:	Měřena:									
SV TUMA	BOLLEVCE	K19	1961	11/22									
1													
2	11,5 18,5/17 N		11 18,175 N	22,5 24,5/20 N									
3	17,5 24,5/21 N												
4	18,5 24/18 N	11,5 20 N	22,5 25/23,5 N	18,5 24,5/20 N									
5	23,5 24,5/20 N	17 24/20 N	10,5 20 N	13,5 22/21,5 N									
6	10 15 N		14 23/22 N	17,5 22/21 N									
7	14,5 20/18,5 N	21 24,5/18 N	21 24,5/21 N	13 20/15 N									
8				18 24,5/21 N									
9		27 25/19,5 N		16 24,5/21 N									
10	9 15 N	8 15,12 N											
11		22 25/22,5 N	23 24,5/19,5 N	19 24,5/21 N									
12	15 23/18 N	25 24,5/19,5 N	14,5 18/17 N										
13	16,5 24/21,5 N			26 24,5/21,5 N									
14		19,5 25/21,5 N		16 20/18 N									
15	21 29,5/21 N	21 23,5/20 N		23,5 26,5/21,5 N									
	a	b	c	d	e	f	g	h	ch	i	j	k	l

5005Z
5005Z
5005Z
1005Z

15
15

4) Tabešní přehled jednotlivých proveniencí