

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra pěstování lesů**



**Fakulta lesnická  
a dřevařská**

**Možnosti pěstování borovice banksovky v České republice  
– zhodnocení proveniencí v arboretu Sofronka, ML Plzeň**

**Bakalářská práce**

**Barbora Turková**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.  
Konzultant: Ing. Josef Gallo, Ph.D**

**2023/24**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Barbora Turková

Lesnictví

Ekonomika a řízení lesního hospodářství

Název práce

**Možnosti pěstování borovice banksovky v České republice – zhodnocení proveniencí v arboretu Sofronka, ML Plzeň**

Název anglicky

**Potential of Cultivation of Jack Pine in the Czech Republic – Evaluation of Provenances at the Arboretum Sofronka, ML Plzeň**

### Cíle práce

Cílem práce je zpracování literární rešerše s problematikou borovice banksovky: ekologie, růst, pěstování a ochrana, využití dřevní suroviny. Dále je cílem práce rekonstrukce a zhodnocení série provenienčních ploch založených v arboretu, kvantifikace dendrometrických parametrů a zhodnocení možnosti pěstování uvedeného druhu borovice a vhodných proveniencí v podmínkách České republiky. Práce je součástí rozsáhlého výzkumu rodu *Pinus* na dané lokalitě.

Výsledkem bude:

- Zhodnocení možnosti pěstování borovice banksovky v České republice,
- Zhodnocení stavu a růstu jednotlivých proveniencí borovice banksovky na lokalitě Sofronka,
- Zhodnocení kvality a dendrometrických charakteristik jednotlivých proveniencí a jejich potenciálu využití v podmínkách ČR,
- Zhodnocení potenciálu ekonomického využití borovice banksovky.

Konzultant: Ing. Josef Gallo, Ph.D.

### Metodika

- 1) Zhodnocení literatury vztahující se k tématu ekologie, rozšíření a pěstování borovice banksovky zejména v domácích podmínkách,
- 2) Obnova ploch provenienčního pokusu s borovicí banksovkou na lokalitě Sofronka, ML Plzeň.
- 3) Stanovení základním dendrometrických parametrů, celkové výšky a výčetní tloušťky jednotlivých stromů v rámci jednotlivých výsadeb,
- 4) Výpočet charakteristik a zhodnocení kvality jednotlivých proveniencí,
- 5) Doporučení pro využití výsledků pro pěstování lesa.

Časový harmonogram:

Rekognoskace ploch – jaro, léto 2023

Zpracování literární rešerše – listopad 2023

Zhodnocení a měření na jednotlivých plochách – konec vegetační sezony 2022

Zpracování výsledků – leden, únor 2024

Předložení rukopisu BP – březen 2024



### Doporučený rozsah práce

min. 30 n.s. odborného textu

### Klíčová slova

Borovice banksovka, pěstování, provenience, kvalita, arboretum Sofronka

---

### 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., 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.
- VÍTÁMVÁS, J., PODRÁZSKÝ, V., VACEK, Z., 2020: Arboreta – lesnické laboratoře? Příklad výsadeb různých druhů borovic v arboretu FLD ČZU v Kostelci nad Černými lesy. *Lesnická práce*, 99, č. 11, s. 27 – 29.
- WOHLGEMUTH, T., GOSSNER, M. M., CAMPAGNARO, T., MARCHANTE, H., VAN LOO, M., VACCHIANO, G., CASTRO-DÍEZ, P., DOBROWOLSKA, D., GAZDA, A., KEREN, S., KEŠERU, Z., KOPROWSKI, M., LA PORTA, N., MAROZAS, V., NYGAARD, P.H., PODRÁZSKÝ, V., PŮCHALKA R., REISMAN-BERMAN, O., STRAIGYTE, L., YLIOJA, T., POTZELSBERGER, E., SILVA, JS. 2022: Impact of non-native tree species in Europe on soil properties and biodiversity: a review. *NeoBiota*, 78, 45 – 69.

---

### Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

### Vedoucí práce

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

### Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 3. 5. 2023

**doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 1. 2024

**prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2024

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Možnosti pěstování borovice banksovky v České republice – zhodnocení proveniencí v arboretu Sofronka, ML Plzeň vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou 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 vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

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

V Praze dne

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce prof. Ing. Vilému Podrázskému, CSc. za odborné vedení práce, trpělivost a vstřícnost. Mé díky patří také mé rodině a přátelům kteří mi byli po dobu studia oporou. V neposlední řadě touto cestou děkuji kolegům Marku Bartůňkovi, Matyáši Kerschlingerovi a kolegyni Marii Kouřilové za asistenci při měření dat.

# Možnosti pěstování borovice banksovky v České republice – zhodnocení proveniencí v arboretu Sofronka, ML Plzeň

## Souhrn

Borovice Banksova (*Pinus Banksiana*), takzvaná banksovka, je introdukovaný druh pocházející z boreálních lesů severní Ameriky. Je světlomilnou pionýrskou dřevinou preferující půdy chudé na živiny. Je odolná vůči disturbancím ohněm. Tento druh borovice byl brzy introdukován i do Evropy a využíván k nejrůznějším účelům, mimo jiné ve velmi omezené míře i v České republice. V domácích podmínkách je minimum provozně využitelných podkladů pro optimální využití borovice Banksovy. Vyhodnocení stávajících vzácných výsadeb je proto velmi významné nejen pro lesnický výzkum, ale i pro lesnickou praxi. Jednou z možností jsou i provenienční výsadby v arboretu Sofronka, Plzeň Bolevec.

V této lokalitě bylo vysazeno 24 unikátních proveniencí banksovky na 25 zkusných plochách v podmínkách kyselější půdy areálu arboreta Sofronka.

Jednotlivé plochy byly založeny v roce 1960 na ploše 390 m<sup>2</sup> o počtu 200. Jedna z proveniencí byla založena na ploše pouze 195 m<sup>2</sup> o počtu 100 jedinců.

Při posouzení 24 proveniencí borovice Banksovy bylo zjištěno, že u všech se projevila poměrně vysoká úmrtnost. Nejmenší procento úmrtnosti vykazovala provenience Superior.

Průměrná tloušťka všech měřených ploch byla 18,8 cm a většina proveniencí měla od průměru jen drobné odchylky. K podobnému výsledku došlo také u porovnání výšek, kde byla průměrná výška 19,6 m a odchylky od této hodnoty nebyly nijak signifikantní.

Signifikantní odchylky se projevily ze všech měřených či počítaných hodnot pouze u hodnot hektarové zásoby. Tato odchylka činila 67,6 m<sup>3</sup>/ha.

Výzkum potvrdil jako nejvhodnější provenienci Ogemaw která dosáhla nejlepších výsledků tloušťkových, druhých nejlepších výsledků výškových, úmrtnost této provenience dosáhla průměrných hodnot a hektarová zásoba byla spočítána jako lehce nadprůměrná, další výzkum je ovšem nezbytný.

**Klíčová slova:** borovice Banksovka, pěstování, provenience, kvalita, arboretum Sofronka

# Potential of Cultivation of Banks Pine in the Czech Republic – Evaluation of Provenances at the Arboretum Sofronka, ML Plzeň

## Summary

The Banksian pine (*Pinus banksiana*), commonly known as the jack pine, is an introduced species originating from the boreal forests of North America. It is a light-demanding pioneer tree preferring nutrient-poor soils. It is resilient to fire disturbances. This pine species was soon introduced to Europe and utilized for various purposes, including to a very limited extent in the Czech Republic. In domestic conditions, there is a minimum of operationally usable data for the optimal utilization of Banksian pine. The evaluation of existing rare plantings is therefore very important not only for forestry research, but also for forestry practice. One possibility is provenance planting in the Sofronka Arboretum, Plzeň Bolevec.

In this location, 24 unique provenances of jack pine were planted on 25 trial plots under the conditions of the slightly acidic soil of the Sofronka Arboretum.

Individual plots were established in 1960 on an area of 390 m<sup>2</sup> with a number of 200 plants. One provenance was established on an area of only 195 m<sup>2</sup> with 100 individuals.

Upon assessing the 24 provenances of Banksian pine, it was found that all of them showed relatively high mortality rates. The provenance with the lowest mortality rate was Superior.

The average thickness of all measured plots was 18,8 cm, with most provenances having only minor deviations from the average. A similar result was obtained in the comparison of height, where the average height was 19,6 m, and deviations from this value were not significant.

Significant deviations were observed in all measured or calculated values only in the values of hectare stock volume. This deviation amounted to 67,6 m<sup>3</sup>/ha.

The research confirmed Ogemaw as the most suitable provenance, which achieved the best thickness results, the second-best height results, with the mortality rate of this provenance reaching average values and the hectare stock volume being calculated as slightly above average. However, further research is necessary.

**Keywords:** jack pine, silviculture, provenances, quality, arboretum Sofronka



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Problémy lesnictví.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Introdukce.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>Borovice Banksova .....</b>	<b>14</b>
2.3.1	Popis druhu .....	14
2.3.2	Ekologické vlastnosti a požadavky .....	16
2.3.3	Výskyt v ČR.....	18
2.3.4	Využití .....	19
<b>3</b>	<b>Arboretum Sofronka .....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Měření dat.....</b>	<b>21</b>
4.1.1	Zpracování dat .....	22
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>23</b>
<b>5.1</b>	<b>Mortalita .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2</b>	<b>Kvalita kmene.....</b>	<b>24</b>
<b>5.3</b>	<b>Střední výška .....</b>	<b>26</b>
<b>5.4</b>	<b>Střední tloušťka.....</b>	<b>27</b>
<b>5.5</b>	<b>Hektarová zásoba .....</b>	<b>28</b>
<b>5.6</b>	<b>Korelace .....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>31</b>
<b>6.1</b>	<b>Ekologická adaptabilita .....</b>	<b>31</b>
<b>6.2</b>	<b>Ekonomická hodnota .....</b>	<b>31</b>
<b>6.3</b>	<b>Provenienční pokus .....</b>	<b>32</b>
6.3.1	Vyhodnocení nejvhodnějších proveniencí .....	33
<b>6.4</b>	<b>Význam pro hospodářství.....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>39</b>

# 1 Úvod

Lesnictví je obor zaměřený na péči o lesní ekosystémy a udržitelné využívání lesních zdrojů. Tento obor je objektem zájmu vědeckých i společenských diskusí již po několik staletí. Vývoj započal již u primitivních forem správy lesních porostů na šlechtických statcích a postupem času se vyvinul v moderní vědecké a technologické odvětví které je schopné účinně reagovat na změny globálních ekologických podmínek. Moderní lesnictví se nezabývá pouze hospodářskými otázkami, ale zabývá se i širokou paletou otázek životního prostředí, klimatických změn a reakce na ně (Podrázský 2009).

Lesy nepřinášejí užitek jen majitelům a správcům lesa a odborníkům. Široká veřejnost má z lesních ekosystémů také užitek. Lesům nelze odepřít jejich pozitivní efekt na lidské zdraví a lidskou psychiku. Lesy jsou užívány například k rekreaci a solitéry lesních dřevin často zdobí parky a zahrady lidských obydlí.

Jedním z problémů, kterým lesnictví čelí, je odlesňování, což je jedním z hlavních faktorů přispívajících ke globální klimatické nestabilitě. Dochází ke ztrátě přírodních habitatů, úbytku některých druhů, zvyšování eroze půdy a snížení schopnosti zadržování vody v krajině. Zejména velká míra odlesňování v tropických oblastech má alarmující dopad nejen na biodiverzitu ale i na uhlíkový cyklus (Pan et al. 2011).

Jako jedna z reakcí na tento globální problém se nabízí introdukce druhů, které mohou doplnit, stabilizovat nebo nahradit původní porosty. Tato praxe může původní lesní společenstva obohatit o nové druhy s výhodnými vlastnostmi, ale zároveň vyvolává značné obavy o zachování původních druhů, biodiverzity a ekologické rovnováhy. Je však důležité posoudit, zda je introdukce přínosná. Jedním z perspektivních druhů cizokrajných dřevin je borovice Banksova (*Pinus Banksiana*), která má svůj původ v severoamerické tajze. Takzvaná banksovka vyniká svou schopností prosperovat v prostředí velmi nízkých teplot a kontinentálního klimatu. Zároveň je velmi dobře adaptována na disturbance způsobené ohněm. Jedná se o dřevinu pionýrskou, obsazující často jinak neúrodné půdy a po požáru tvořící první lesní společenstva. V České republice jde však dřevinu často ve výzkumu opomíjenou.

V České republice jsou evidovány druhy, které již prokazatelně přinášejí českému lesnictví i domácím lesním ekosystémům značný užitek. Jedním z těchto druhů je douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*), která produkuje nejen prvotřídní dříví, ale také má pozitivní účinky na stanoviště jehličnatých porostů, na které byla introdukována (Podrázský et al. 2019).

Opačným příkladem je například trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), který svou velmi efektivní schopností vegetativní i generativní sukcese často vytlačuje ostatní druhy v porostech, a to včetně domácích. Označuje se jako druh invazní. Jeho ekonomická hodnota také není nijak významná, a i když existují možnosti jeho využití, nedá se označit jako druh přínosný pro většinu lesních společenstev (Kuneš et al. 2019).

Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) je domácím druhem borovice, který je však rozšířen až do asijských areálů. Ve svém přirozeném areálu je ceněn zejména pro dosahování vynikajících produkčních ukazatelů. Při introdukci nových druhů a posouzení jejich přenosu se často užívá jako referenční. Většina druhů v podmínkách Česka nedosahuje takových produkčních ukazatelů jako právě borovice lesní. Důvod jejich introdukce může být však jiný. Jedním z takovýchto důvodů může být odolnost vůči nemocem, schopnost prosperovat ve specifických podmínkách nebo schopnost výsadby na druzích půdy, které referenční druh nepreferuje a

mnoho dalších. Porovnání je důležitým prvkem v analýze užítku borovice Banksovy. Borovice Banksova si pro doplnění našich lesů zaslouží větší pozornost a komplexnější výzkum.

## **Cíl práce**

Cílem práce je zpracování literární rešerše s problematikou borovice Banksovi (*Pinus Banksiana*): ekologie, růstu, pěstování a ochrany a využití dřevní suroviny. Dále je cílem práce rekonstrukce a zhodnocení série provenienčních ploch založených v arboretu, kvantifikace zásoby porostů a zhodnocení možnosti pěstování uvedeného druhu borovice a vhodných proveniencí v podmínkách České republiky.

Výsledkem práce je:

- Zhodnocení možností pěstování borovice banksovky v České republice,
- Zhodnocení stavu a růstu jednotlivých proveniencí borovice banksovky na lokalitě Sofronka,
- Zhodnocení kvality, zásob porostů a přírůstu jednotlivých proveniencí a jejich potenciálu využití v podmínkách ČR.

## 2 Literární rešerše

### 2.1 Problémy lesnictví

Současné lesnictví má své kořeny v tradici dozorových služeb na šlechtických, královských nebo knížecích majetcích a v potřebě efektivního hospodářství v době počátku industriální společnosti. V současném lesnictví převládají snahy o ochranu lesů a udržitelné hospodářství. Lesnictví se v současné době díky změně sociálních a ekonomických trendů neteší velkému zájmu společnosti (Podrázský 2009).

Lesy hrály historicky velmi důležitou roli. Řada užitků, které les historicky přinášel přetrvává. Dřevo slouží k otopu, dalšímu zpracování a k stavbě obydlí či jiných užitkových budov. K vydávání bohatství lesa lidem docházelo nejdříve bez lidských zásahů a zcela přirozeně. Postupem času se však lidská populace začala rozrůstat a osidlovat čím dál tím více ploch. Postupně začalo docházet ke zvýšení poptávky po orné půdě a následně započalo žďáření a klučení lesa. V době neolitu se lesy pralesního charakteru rozkládaly na 90 % celého území České republiky. Cílenou lidskou činností se postupem staletí toto procento zmenšovalo. Proces klučení a žďáření lesů nenávratně ovlivnil mnoho území, některým městům byly přiřazeny názvy, které připomínají způsob jejich vzniku. Příkladem tohoto fenoménu může být Žďár, Zhoř nebo Spáleníště, které připomínají způsob vzniku žďáření, ale některé také připomínají svůj vznik mýcením jako třeba Mýto, Přiseka nebo Klučenice. Je tedy zřejmé, že odlesňování je zakořeněno hluboko nejen v české historii (Hrib et al. 2009).

Lesy hrají klíčovou roli v poutání uhlíku. Odlesňování naopak vede k jeho emisím. Odlesnění tropických oblastí tvoří 40 % emisí uhlíku, tedy  $3,0 \pm 0,5$  a  $2,8 \pm 0,5$  Pg C ročně. Při obnově jsou emise opět pohlceny. Tropické lesy, které se zotavují z odlesnění tvoří 30 % celkové plochy tropických lesů (Pan et al. 2011).

V České republice se v letech 2000-2017 staly rostoucím trendem nahodilé těžby. Nahodilé těžby se výrazně navyšují v mnoha případech, například při devastaci porostů živelnými disturbancemi nebo rozšířením hmyzích škůdců, jakým je třeba lýkožrout smrkový. Vzhledem k jejich narůstajícímu trendu Šafařík et al. (2022) uvádí, že se v letech 2019-2028 zvýší podíl nahodilých těžeb nejspíše až na 61 %. V roce 2017 činil podíl smrku v celkových těžbách 85 %. Jako následek tohoto trendu lze předpokládat snížení těžeb smrkového dřeva. To by ovšem mohlo mít následky nejen pro lesnický průmysl, ale i ekonomiku lesnictví a dřevozpracujícího průmyslu jako celek, jelikož může dojít k nedostatku smrkové kulatiny na trhu (Šafařík et al. 2022).

Zaměstnanost v lesnickém sektoru vykazuje klesající trend. Od roku 2012, kdy byl zaznamenán největší podíl zaměstnanosti v lesnictví, dochází každoročně k postupnému snižování počtu zaměstnaných osob. Tento trend neodpovídá vývoji v bioekonomickém sektoru, kde je počet zaměstnanců relativně stabilní. Zvýšená pozornost na pokles zaměstnanosti v lesnictví je zásadní, neboť toto odvětví hraje klíčovou roli v řešení globálních výzev, jako jsou udržitelnost hospodaření, ochrana biodiverzity a snižování emisí skleníkových plynů. Nezbytné je neustále inovovat a zlepšovat postupy a podmínky v lesnickém sektoru, aby bylo možné adekvátně reagovat na narůstající tlak, který nejen globální klimatická změna vyvíjí na lesní ekosystémy (Perunová et Zimmermannová 2022).

## 2.2 Introdukce

Introdukci se rozumí proces přenosu druhů na místa, kde se historicky nevyskytovaly. Jako součást diskuse o introdukovaných druzích dřevin je také diskuse o ochraně původních druhů a zda je introdukci třeba omezit. Podkladem pro posuzování jsou pokusné výsadby, výsledky výzkumů nebo dlouhodobé sledování. Pokusná výsadba a její následné zhodnocení se zabývá především dvěma důležitými tématy. Jako první přední téma pro pokusné výsadby je posouzení míry, v jaké je dřevina ovlivněna prostředím, do kterého je introdukována a zda má tedy smysl se o introdukci pokoušet. Druhou otázkou je míra odporu, který lesní prostředí klade vůči introdukovanému druhu. Při nedostatečném odporu od původních lesních systémů může dojít k agresivnímu rozšiřování druhu. Přítomnost druhů, které ohrožují biodiverzitu původních stanovišť je nežádoucí (Šindelář et Frýdl 2004).

K roku 2019 na 1,82% lesní půdy byly pěstovány právě introdukované dřeviny. Důvody introdukce se mohou pro každý druh lišit. Důvodem může být produkční potenciál dřeviny, prvotřídní kvalita dřeva, odolnost vůči extrémním podmínkám nebo například odolnost vůči nemocem, které postihují domácí druhy (Podrázský et Prknová 2019).

Jednou z takových nemocí je hnědá sypavka borovice, která nejvíce postihuje borovici lesní, které působí postupnou záhubu (Sinclair et Howard 2005). Toto houbové onemocnění se stalo problémovým v 19. století, kdy se borovice lesní stala touto nemocí v areálu Evropy velmi ohroženou. Jako reakce na tento problém se začaly zavádět odolnější druhy, jako třeba borovice Banksova (Pagan 1997).

Nicméně některé druhy mohou mít v introdukovaném prostředí pozitivní dopad, jako je například douglaska tisolistá, která pochází ze Severní Ameriky. Tento druh je považován za jeden z nejuspěšněji introdukovaných druhů nejen v České republice, ale i z globálního hlediska. Je o mnoho šetrnější k biodiverzitě lesních porostů, než bývají jiné introdukované druhy, i než domácí jehličnany, vysazované na nepůvodní stanoviště, a je efektivním producentem poměrně kvalitního dřeva. Tvrdí se, že dřevo vyprodukované v areálech, kam byla tato dřevina introdukována, dosahuje srovnatelné kvality jako dřevo vyprodukované touto dřevinou v původních oblastech rozšíření. Zejména z ekonomického hlediska představuje tento druh velký potenciál (Podrázský et al. 2019).

Na druhém konci spektra stojí pionýrský trnovník akát. Trnovník akát pochází rovněž z oblastí Severní Ameriky. Jeho postupné introdukci napomohla lidská aktivita, díky které se nejdříve rozšířil přes celé Spojené státy až do některých částí Kanady. V současné době je trnovník akát nejčastějším introdukovaným druhem na celém Evropském kontinentu. Nejrozšířenější je na území Maďarska. Jeho přítomnost je ovšem zaznamenána i ve velké části areálu Asie. Je označen jako invazivní. Sukcese přenosu tohoto druhu probíhá jak vegetativním, tak i generativním způsobem. Jedná se o druh poměrně odolný vůči širokému spektru klimatických a abiotických podmínek a nemá skoro žádné škůdce. Trnovník akát nemá přílišný komerční význam ve svém přirozeném areálu. Často se užívá jako okrasná dřevina v parcích ve formě solitéry (Kuneš et al. 2019).

Široká škála druhů dřevin vykazuje variabilní změny obsahu humusu, chemické reaktivity půdního substrátu a dostupnosti živin. Kupříkladu jedle obrovská (*Abies grandis*), která je původním druhem Severní Ameriky napomáhá jako příměs v jehličnatých porostech ke snížení acidity půdy a zvýšení obsahu vápníku. Data o působení jednotlivých druhů na půdu

jsou stěžejní pro pochopení ekosystémových procesů v lesních ekosystémech (Podrázský et al. 2016).

Introdukce exotických druhů rodu *Pinus* dřevin započala již před více než 200 lety. Jedním z prvních využití introdukovaných druhů bylo využití okrasné. Tyto druhy tedy často zdobily různé parky. V současné době se eviduje introdukovaných druhů borovic na půdě České republiky hned několik. Nejznámější introdukovanou borovicí je borovice vejmutovka (*Pinus strobus*) ze Severní Ameriky. Tento druh dobře odolává imisím díky vrstvě vosku, kterou má na jehlicích a obecně se uvádí, že má velký ekologický potenciál. Dalším druhem, který stojí za zmínku je borovice těžká (*Pinus ponderosa*), která stejně jako borovice vejmutovka pochází ze severoamerického kontinentu. Oba tyto druhy si zaslouží větší vědeckou pozornost, jelikož jejich charakteristiky nasvědčují, že by mohly být pro užití v podmínkách České republiky přínosem. Nejběžnější introdukovanou borovicí je borovice černá (*Pinus nigra*). Tento druh se rozšířil téměř po celém území. Mezi další introdukované dřeviny rodu *Pinus* se řadí borovice pokroucená (*Pinus contorta*), borovice rumelská (*Pinus peuce*) a borovice pohorská (*Pinus monticola*). Introdukovaných druhů borovic je však evidováno mnoho, ale některým druhům je věnováno více pozornosti než jiným (Kaňák 2004).

Ze všech druhů borovic ale na půdě České republiky jednoznačně prosperuje nejvíce domácí druh *Pinus sylvestris*, která zde vykazuje vynikající produkční ukazatele. Jen málo druhů borovice se s borovicí lesní může srovnávat. Ve srovnání s ní si nejlépe vedou druhy borovice černá (*Pinus nigra*), Jeffreyova (*Pinus Jeffrey*) nebo těžká (*Pinus ponderosa*). Ovšem je důležité brát v potaz to, že tyto data se týkají především produkce a produkce není jediným důvodem introdukce (Vítámvás et al. 2020).

## 2.3 Borovice Banksova

Vědecký název: *Pinus banksiana* Lamb.

Synonymum: *Pinus divaricata*

Anglicky: jack pine, Banksian pine

Zkráceně: BKS

Druh borovice nesoucí jméno borovice Banksova získal své označení po Londýnském přírodovědci, botanikovi a cestovateli Siru Josephu Banksovi, který žil v letech 1743 až 1820 (Möllerová 2013).

V místech překrytí areálů s borovicí pokroucenou se oba druhy kříží a vzniká tak *Pinus xmuraibanksiana* (Musil et al. 2002).

V současné době jsou v rámci vnitrodruhové proměnlivosti známy dvě odrůdy druhu. Forma keřovitá a poléhavá s průměrnou výškou 2 m se nazývá var. *procumbens* Rousseau. Odrůda var. *annae* Schwerin se vyznačuje bílým či žlutobílým zbarvením některých jehlic, celkové ojehlčení je tedy různobarevné (Pagan 1997).

### 2.3.1 Popis druhu

Výška borovice Banksovy se uvádí mezi 15-25 metry (Pagan 1997). Dá se tedy označit za menší nebo střední strom. Standartně se dožívá 100-120 let (Pagan 1997). Musil et al. (2002)

však uvádí, že doba života může být až 185 let, ale po dosažení 60-80 roku nastává postupný rozpad porostů.

Kořenový systém sahá na provzdušněných druzích půd až 2,7 m do hloubky. Nejvyvinutější částí kořenového systému bývá kořen kulový, který je také označován jako kořen hlavní (Musil et al. 2002)

Pupeny nabývají válcovitého tvaru, jsou značně smolnaté a vyznačují se především svou drobností (Kaňák 2023).

Koruna stromu nabývá vejcovitého tvaru a vyznačuje se jako nepravidelná, řídká a štíhlá. Větve bývají často odstávající, často tenké a zakřivené. Jehlice jsou zelenožluté barvy, nejsou příliš ostré, svým tvarem jsou zakroucené kolem své osy a poměrně hustě seskupeny. Na bázi těchto jehlic o rozměrech 20-30 x 1,5-2 mm se u především mladších větví nachází blána o 3 mm. Větve starší často tuto blánu na jehlicích postrádají (Pagan 1997).

Jehlice borovice Banksovy jsou svou velikostí velmi drobné. Tvrdí se, že banksovka má ze všech borovic jehlice nejmenší (Kaňák 2023).

V porostech s dostatečným zapojením jsou kmeny borovice Banksovy štíhlé. Jedinci, kteří jsou vysazení ve formě solitery mají houževnatější, méně tvárné kmeny, které jsou často zavětveny až k zemi (Musil et al. 2002)

Šišky jsou vejčitého nebo až kuželovitého tvaru, jsou zakřivené a na své bázi zešikmené. Vyvinutější šupiny se nacházejí na vnější straně. Pokud jsou zralé bývají lesklé. Mohou být postranní, shluknuté nebo jednotlivé. Šišky směřují k vrcholu větévky. (Elwes et Henry 1910)

Samičí šišťice mají rozměry 6-8 x 4-5 mm a samčí 10-12 x 4-5 mm. Samčí šišťice mají tvar spíše kulovitý a jejich barva působí červeně. Vyrůstají na konci i na boku výhonku a rostou na krátkých stopkách. Samčí šišťice se vyznačují spíše vejcovitým tvarem a svým hnědožlutým zbarvením. Samčí šišťice vyrůstají spíše z báze výhonku (Pagan 1997).

Šišky jsou jak serotinní tak naserotinní, na většině jedinců krom jižní části areálu převládají šišťice serotinní. V jižní části areálu Banksovy šišky dokončují své zrání okolo 10. září ve svém 2. roce existence. Serotinní šišky mají své šupiny spojeny pryskyřicí, tato pryskyřice se začíná tavit až při 50°C. Pokud nevzniknou vhodné tepelné podmínky pro tavení pryskyřice serotinních šišek, tak tyto šišky zůstanou 1 nebo více let i po dozrání semene uzavřené. Tímto způsobem se zachovává plná klíčivost v delším období. Po požáru se serotinní šišky otevrou působením vzduchu, který vysouší šišku. Otvírají se hygroskopicky. Druhy, které plodí serotinní šišky se občas označují jako pyrofyta (Musil et al. 2022).

Semena nabývají rozměrů 3-4 x 2-3 mm, tvar je vejčitý, trojúhelníkovitý a na svém vrcholu zešikmený. Vyrůstá u báze křídla rozměrů 10-15 x 3-4 mm. Křídlo nabývá červenohnědou barvu. Klíčivost se uvádí jako 60-70 % (Pagan 1997).

Semenáčky začínají klíčit při světle, a to z počátku pomaleji. Rychlejší růst započne až v průběhu čtvrtého či pátého roku (Musil et al. 2002). Posléze dochází tedy k rapidnímu růstu, který se znovu zpomaluje až okolo 20-30 roku (Pagan 1997). K přežití a úspěšnému růstu semenáčků je zapotřebí dostatečné vystavení slunci (Benzie 1977).

Kvetení probíhá v častých případech již před 10 rokem věku jedince. K oplodnění dochází okolo 13 měsíců od předešlého opylení (Musil et al. 2002). Květy borovice Banksovy jsou jednodomé a různopohlavní a kvetou v dubnu až květnu. (Pagan 1997)

Borovice Banksova se nerozmnožuje vegetativně. Nejefektivnější řízkování je ze semenáčků 4měsíčních kteří ze zakořeňují poměrně dobře a spolehlivě (75%). Při řízkování

šestiletých sazenic lze očekávat zakořenění pouze 7 %, což se dá označit za nepatrné (Musil et al. 2002).

Dřevo se vyznačuje svou tvrdostí. Dřevo je značně smolnaté a lýko obsahuje jen málo mízy. Na dřevě je znatelná pruhová textura (Elwes et Henry 1910).

### 2.3.2 Ekologické vlastnosti a požadavky

Původem je severoamerickým druhem boreálních lesů, nejrozšířenější je v Kanadě. Na území Evropy byl druh introdukován v roce 1783 a v Čechách se poprvé objevil v roce 1912. Rozšířením dosahuje severněji než kterýkoliv jiný americký druh borovice. Vyskytuje se do 800 m n.m. Areál se rozkládá na území od Atlantického oceánu po řeku Mackenzie, která leží na 60°-127° z.d. Areál borovice Banksovy je tedy na východní části areálu ovlivněn oceánem, na zbylé části areálu lze ovšem pozorovat klima kontinentální. Kontinentální klima v areálu *Pinus Banksiana* se vyznačuje poměrně chladným létem a velmi chladnou zimou s nízkým výskytem srážek (Musil et al. 2002).

Areál se rozpiná v délce 4200 km od severozápadu po jihovýchod a v délce 1600 km severu na jih. Průměrná teplota v období ledna v areálu se pohybuje mezi -29 °C až 4 °C, teploty červencové se pohybují mezi 18 °C až 22 °C. Jako maximální dosažitelné teploty v areálu se uvádí rozmezí 19 °C až 33 °C, naopak minimální dosažitelné teploty se uvádí -30 °C až -40 °C. Během roku výška sněhu může dosahovat 76 až 508 cm. V areálu se projevuje období mrazů, které trvá až 4 měsíce (Pagan 1997).

Boreální lesy neboli tajga jsou domovinou borovice Banksovy. Tajga se vyznačuje svou poměrně malou druhovou diverzitou po celém území. V boreálních lesích převládají nízké teploty, ale v jednotlivých ročních obdobích jsou značné rozdíly. Na některých částech areálu tajgy se projevuje permafrost. Na některých částech areálu se permafrost vyskytuje neustále, u jiných částí se tento jev vyskytuje pouze sporadicky. Jedním z dalších pozorovatelných jevů jsou pravidelné vlny vysokých teplot, které zapříčiňují požáry na zalesněných plochách. Ovšem kromě disturbancí zapříčiněnými přímo výkyvy v teplotách lze zpozorovat i disturbance škůdci či disturbance zapříčiněné člověkem v podobě těžeb. Globální tajga obsahuje 45 % zásob žijícího dřeva (Shugart et al. 2022).

Boreální lesy vykazují konzistenci ve schopnosti vázat uhlík. Ovšem tato konzistence je výsledkem diverzity ve vázání uhlíku mezi různými oblastmi boreálních lesů. Jako dočasný faktor v uhlíkovém vázání se uvádí mrtvé dřevo, které je tvořeno při častých disturbancích boreálních lesů (Pan et al. 2011).

Boreální lesy jsou v současné době postiženy poměrně rychlým oteplováním. V dlouhodobém horizontu je možné, že změny teploty vzduchu budou mít za příčinu prodloužení doby požárů a jejich častější výskyt. Mezi okamžité dopady takových požárů se řadí například emise skleníkových plynů a uhlíku, jejich dlouhodobý celkový efekt je však nejednoznačný díky působení mnoha jiným faktorům atmosféry a zemského povrchu. Po požáru se mimo jiné mění struktura postižených oblastí což zapříčiňuje změny tepelných toků a záření (Randerson et al. 2006).

Přítomnost požárů tvaruje boreální lesy, které zahrnují přirozený areál borovice Banksovy. Požáry mohou měnit nejen druhovou skladbu lesů, měnit prostředí pro růst, ale promítají i na složení půdy. Při požáru na ploše s borovicí Banksovou se do dvou let po spálení



zvedá pH půdy a obsah vápníku v minerální složce. Ovšem v dlouhodobém horizontu deseti let se většina změn vrací na podobné hodnoty jako před požárem. Přes všechny chemické změny není přežití borovice Banksovy nijak ohroženo v nově vytvořených podmínkách (Lynham et al. 1998).

I když oheň hraje důležitou roli v cyklu obnovy tohoto druhu, tak je faktem, že právě tyto požáry mohou zničit vzrostlé jedince v daných porostech. Tento efekt není žádoucí v případech, kdy je banksovka pěstována za účely ekonomickými, jako je například produkce dřeva, případně biomasy (Benzie 1977).

Samotné půdy boreálních a sub-boreálních lesů jsou studené a vykazují zvýšenou aciditu, to má za následek sníženou schopnost rozkládat organickou hmotu a nitrifikovat půdu. Hlavní nitrifikace v půdách boreálních lesů je ve formě amoniaku ( $\text{NH}_4^+$ ). Podmínkou přežití v takových podmínkách je schopnost efektivně amoniak asimilovat a vstřebávat. Některé druhy se na život v podmínkách adaptovali na tolik, že téměř ztratili schopnost prosperovat na půdách s neredukovanými formami dusíku, jakými jsou například dusičnany. Semenáčky borovice Banksovy reagují pozitivně na amonné kationty ( $\text{NH}_4^+$ ), po třech měsících vykazují semenáčky přijímající  $\text{NH}_4^+$  větší růst, než ty přijímající dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ). Množství slunečního svitu mělo větší vliv na růst semenáčků živících se amoniakem než na ty, jež se živily naopak dusičnany a celkově obsahovaly vyšší množství dusíku v rostlinné tkáni. Semenáčky živící se dusičnany vykazovaly vyšší obsah  $\text{NH}_4^+$ , kyseliny asparagové a glutaminu v jehličkách a vyšší koncentraci kyseliny gamma-aminomáselné a argininu ve stoncích. Ačkoli dokáže borovice Banksova přežít v prostředí se zvýšenou přítomností  $\text{NO}_3^-$ , je téměř jisté, že lepších výsledků bude dosahovat na půdách s přítomností  $\text{NH}_4^+$ . Tyto skutečnosti jsou dobrým nástrojem při zvažování introdukce druhu na půdy stanovišti nebo výběru druhů hnojiv pro semenáčky borovice Banksovy v lesních školkách (Lavoie et al. 1992).

Porosty banksovky vytvářejí první společenstva po požárech porostů. Tento lesní typ borovice Banksovy se cizojazyčně označuje jako Jack Pine forest cover type. Tímto způsobem vytváří velmi často stejnověké nesmíšené lesy, a to především na půdách méně úrodných a na suchých půdách. V lesích smíšených roste společně s druhy jako je smrk černý (*Picea mariana*), smrk sivý (*Picea glauca*), borovice vejmutovka (*Pinus strobus*), borovice smolná (*Pinus resinosa*), borovice tuhá (*Pinus rigida*), jedle balzámová (*Abies balsamea*), modřín americký (*Larix laricina*), bříza papírovitá (*Betula papyrifera*), topol hrubozubý (*Populus grandidentata*), topol osikovitý (*Populus tremuloides*), topol balzámový (*Populus balsamifera*), dub červený (*Quercus rubra*), dub velkoplodý (*Quercus macrocarpa*), dub bílý (*Quercus alba*) a další. Na hlinitějších půdách jsou po banksovce v sukcesní řadě smrk černý (*Picea Mariana*), smrk sivý (*Picea glauca*) a jedle balzámová (*Abies balsamea*). Na písčitéjších jsou pak po banksovce v sukcesní řadě borovice smolná (*Pinus resinosa*), borovice vejmutovka (*Pinus strobus*), javor stříbrný (*Acer saccharinum*), lípa americká (*Tilia americana*) a dub červený (*Quercus rubra*) (Musil et al. 2002).

Jednou z nemocí, která se u druhů borovic může projevit je hnědá sypavka borovice. Toto onemocnění je způsobováno houbou nesoucí název *Mycosphaerella dearnessii*, preferující teplejší podnebí. Jako nejvíce postižený druh se uvádí borovice lesní, krom tohoto druhu se onemocnění prokázalo i na jiných druzích, jako je například borovice černá (*Pinus nigra*), borovice kleč (*Pinus mugo*) nebo právě borovice Banksova. Tyto druhy se ale prokázaly jako odolnější. Jedinci postižení tímto onemocněním vykazují zpomalený růst a jejich jehlice

postupně odumírají. Jako hlavní ukazatel je postupně se tvořící hnědé skvrny na jehlici. Tyto skvrny se s postupem času zvětšují a jsou doprovázeny celkovým žloutnutím jehlic. Tento proces zakončuje odpadnutí postižených jehlic. Jedinci dlouhodobě postižení hnědou sypavkou mohou mít některé letorosty naprosto holé (Sinclair et Howard 2005).

V areálu svého původního rozšíření je borovice Banksova postihována mûrou *Choristoneura pinus*. Tento druh pochází ze severní Ameriky. Přítomnost slova *Pinus* v samotném názvu naznačuje, že se druh živí borovicemi a především banksovku. Krom borovic ale například i smrk černý (*Picea mariana*). Tyto mûry vnikají do pylových šištic po jejich otevření. Na počátku procesu napadení jsou pozorovatelné hedvábné pavučiny tvořené larvami na napadených šišticích. Postupem času jsou pupeny vysušeny a larvy začnou vytvářet hedvábné tunely do dalších částí napadeného jedince. Po dokončení procesu krmení je na napadeném jedinci možno sledovat vysušení a zčervenání jehlic. Na těchto napadených jedincích je možno zpozorovat zpomalený růst a často může být napadení příčinou vysoké mortality anebo úmrtí horní části koruny. Dospělí jedinci tohoto druhu mûry mají rezavé zbarvení. Rozpětí křídel samic je 15-28 mm. Rozmezí rozpětí křídel samců je o něco menší a to 18-24 mm. Samičky vypouští feromony, kterými lákají samce. Po úspěšném páření samička snáší až 300 vajec na povrch jehlic. Po vylíhnutí těchto vajec zůstává na jehlici pozůstatek, který připomíná svou texturou pěnu. (Volney 1994)

V oblastech svého přirozeného rozšíření je borovice Banksova často okusována zvěří. Pro jelenovitou zvěř je banksovka poměrně atraktivním druhem a v oblastech, kde se jelenovití hnojně vyskytují lze zpozorovat časté známky okusu. Staré porosty borovice Banksovy nejsou příliš efektivní ve vytváření dobrého úkrytu před zimou a větrem pro zvěř. Některé druhy divoké zvěře ovšem mohou benefitovat z porostů mladých. Mladé porosty svou hustotou tvoří excelentní úkryty pro malé lesní druhy či mláďata. Hustota větví mladých jedinců také nabízí prostor pro hnízdění ptactva. V porostech borovice Banksovy je doporučeno udržovat různorodost věkových stupňů právě kvůli benefitům, které mladší věkové stupně pro různé druhy lesní zvěře přináší (Benzie 1977).

V oblastech nejhojnějšího rozšíření borovice Banksovy jsou největšími původci škod Losy. Tyto škody jsou známy zejména na místech, kde jsou populace Losů velké. (Musil et al. 2002)

### 2.3.3 Výskyt v ČR

Borovice Banksova nemá v České republice v současné době velké užití a její výskyt je velmi sporadický. V současné době není k dispozici dostatek dat o možné důležitosti tohoto druhu pro České lesnictví (Podrázský et Prknová 2019).

Většina jedinců borovice Banksovy se v současné době nachází v lesních porostech, kam byla vysazena na přelomu 19. a 20. století. Důvod těchto výsadeb byl především pokusný. Především se tyto pokusné výsadby zaměřovaly na zjištění, zda je banksovka efektivním substitutem borovice lesní. Právě borovice lesní byla v té době postižena velkou ztrátou sazenic zapříčiněnou sypavkou (Kaňák 2023).

### 2.3.4 Využití

V oblasti Kanady, tedy oblasti svého nejhojnějšího výskytu se banksovka využívá zejména pro výrobu papíru z vlákniny, její dříví slouží jako stavební materiál a je zdrojem slabší kulatiny (Musil et al. 2002).

Dřevo borovice Banksovy se označuje jako vhodný materiál pro konstrukci dřevěných železničních pražců (Elwes et Henry 1910).

Obecně však lze tvrdit, že v podmínkách České republiky se jedná o druh, který produkuje malé množství ne příliš kvalitního dřeva. Pro podmínky tohoto areálu není příliš vhodná (Kaňák et 2023).

## 3 Arboretum Sofronka

Arboreta jsou místy, kde se snoubí krása, věda a ochrana přírody. Arboreta otvírají své dveře návštěvníkům a poskytují jim výstavu domácích i cizokrajných druhů dřevin. Ovšem výsadby rozmanitých druhů dřevin se nerealizují pouze za účely okrasnými a naučnými. Takovou experimentální výsadbou, jakou často arboreta realizují, lze zajistit sběr nejrozličnějších dat o dřevinách a jejich produkčních ukazatelích či vlastnostech. Takovéto zkoumání může zodpovědět mnoho otázek, a to zejména ohledně introdukovaných druhů a jejich reakce na nová prostředí (Vítámvás et al. 2020).

Arboretum Sofronka bylo založeno v roce 1956 Ing. Karlem Kaňákem CSc., který se zasloužil o založení sbírky druhů borovic na téže lokalitě. Arboretum se nachází na 49°47'21"N, 13°23'9"E v oblasti severního okraje města Plzně u Boleveckých rybníků. Stanoviště se dá považovat za kyseléjší s pH 3 - 3,5. Půda je písčitá a obsah živin i humus v půdě je minimální. Časté extrémní teploty a pozdní mrazíky jsou také skutečnostmi stanoviště arboreta (Kaňák et Kaňák 2016).

Počátky arboreta provázal nesouhlas tehdejšího ředitele VÚLHM JUC. Čabarta, který nesouhlasil s výstavbou objektu právě v Plzni. Činnosti arboreta bylo tedy zapotřebí utajovat. V počátcích získávalo arboretum sadební materiál různými způsoby, první sadební materiály byly získány směnou nebo darovány. V roce 1966 byl prostor arboreta zcela zaplněn různými druhy dřevin (Kaňák 1999).

Arboretum Sofronka úzce spolupracuje s lesnickým provozem. Ve spolupráci s PŘSL České Budějovice a bývalým PŘSL Plzeň se povedlo vyřešit mnoho projektů týkající se výsadby semenných sadů, realizace klonových archivů. Další významnou spoluprací arboreta je spolupráce s Ing. Konstantinem Dimitrovským, který se zasloužil ve spolupráci s arborem o mnoho desítek hektarů zalesněných výsypek a rekultivovaných ploch v oblasti Sokolovska. Tato spolupráce trvá přes 20 let (Kaňák 1999).

V průběhu následujících desetiletí probíhal neustálý rozvoj a rozšiřování aktivit a činností arboreta Sofronka. Zapojení do mnoha mezinárodních konferencí, výzkumu nejrozličnějších proveniencí a srovnávání těchto studií borovic a dalších druhů dřevin se stalo klíčovým pro získání cenných zkušeností a poznatků. Mezi významné milníky patří rok 1963, kdy byl náš objekt oficiálně schválen jako pracoviště VÚLHM, což otevřelo nové možnosti a zdroje pro další rozvoj. Dalším zaměřením arboreta bylo zaměření na problematiku lesa v imisních oblastech, což se stalo hlavním směrem výzkumu v období v letech 1982 až 1988. Tento posun

ve strategii umožnil soustředit snahy na aktuální výzvy a potřeby, jako je ochrana genofondu regionálních populací dřevin či studium odolnosti vůči imisím (Kaňák 1999).

První sadební materiál druhu *Pinus banksiana* byl arboretu zaslán C. E. Ostromem z U.S.D.A a M. Holstem z Petawawa For. Exp. Sta. Ont. Získány byly sadební materiály proveniencí z různých koutů USA jako je například Ontario, Maine, Wisconsin, Michigan nebo Minnesota a Kanady jako je například Quebec, Saskatchewan nebo New Brunswick. Tento sadební materiál byl následně vysazen na zkusné plochy arboreta (Kaňák et Kaňák 2016).

*Tabulka č.1 – přehled proveniencí, jejich původu, umístění v sektoru arboreta Sofronka a m.n.m. Převzato: Kaňák et Kaňák (2016)*

provenience	sektor	původ	m.n.m.
Winter Harbour	J131	Maine, USA	-
Huron	J78	Michigan, USA	243
Ogemaw	J93	Michigan, USA	426
Cowan	J102	Minatoba, Kanada	200-500
Chippewa	J117	Minnesota, USA	550
Superior	J88	Minnesota, USA	365
Upper Jay	J116	N. Y., USA	500-1000
Meadow Brook	J124	New Brunswick, Kanada	76
Caramat Stewens 135	J135	Ontario, USA	334
Caramat Stewens 77	J77	Ontario, USA	334
Douglas	J125	Ontario, USA	152
Kenora	J101	Ontario, USA	325
Vermillion Bay	J108	Ontario, USA	374
Alex River	J123	Quebec, Kanada	182
Chapeau	J123	Quebec, Kanada	117
Lake Clova	J94	Quebec, Kanada	200-500
Louvicourt	J107	Quebec, Kanada	-
Nikauba	J137	Quebec, Kanada	334
St. Louis	J118	Quebec, Kanada	60-90
Big River	J130	Saskatchewan, Kanada	-
Candle Lake	J109	Saskatchewan, Kanada	608
Chequamegon	J70	Wisconsin, USA	457
Marinette	J71	Wisconsin, USA	290
Northwest Wisconsin	J85	Wisconsin, USA	365
Oconto	J138	Wisconsin, USA	-

## 4 Metodika

Data byla získána měřením v areálu arboreta Sofronka, Plzeň-Bolevec. Data byla měřena v období května až října 2023 a týkala se zjištění a zhodnocení kvalitativních i kvantitativních znaků zkoumaných jedinců na zkoumaných plochách.

Výčetní tloušťky, respektive obvody ve výčetní výšce byly měřeny v jarním období v průběhu května.

Výšky byly měřeny v pozdním létě a na podzim, výšky se měřily v průběhu září až listopadu, měření bylo nikoli na vrcholek, ale na bázi nejvyššího přeslenu. Tento postup je v arboretu Sofronka používán z důvodu možnosti přesnějšího zaměření.

Během ledna 2024 až února stejného roku byla data zpracovávána a zhodnocována tak, aby vyšlo najevo jednoznačné zhodnocení každé provenience, která se na zkoumané ploše nacházela.

### 4.1 Měření dat

V arboretu bylo realizováno měření na celkem 25 dílčích polohách, přičemž se na každé z těchto dílčích ploch nacházela jedna unikátní provenience kromě ploch J77 a J135, na kterých se shodně nacházela provenience Caramat Stewens. Celkový počet unikátních proveniencí je tedy 24. Na každé z těchto ploch byly zaznamenány hodnoty obvodu ve výčetní výšce a výšky každého jedince. Celkem 23 proveniencí bylo založeno na plochách o rozměrech 15 x 26 m, což představuje rozlohu 390 m<sup>2</sup>. Ploch 15 x 26 m bylo tedy 24, jelikož provenience Caramat Stewens byla založena na dvou takových plochách. Jedna z ploch je menší, její rozměry činí pouze 13 x 15 m, což činí 195 m<sup>2</sup>. Na této ploše byli zastoupeni jedinci pocházející z provenience Ogemaw. Na dvou plochách se nacházela provenience Caramat Stewens. Při zpracování dat jsou pro rozlišení ploch provenience Caramat Stewens použita číselná označení ploch, na kterých se nacházeli, tedy plocha J 77 a J 135. Všechny zkusné plochy byly založeny v roce 1960.

Na většině ploch bylo 200 jedinců, kromě plochy malé, na které jich bylo pouze 100. Plochy velké mají spon 1 x 1 m a plocha malá má spon 1,30 x 1,50m.

Ke zjištění počtu živých jedinců na každé z ploch byla použita systematická metoda, která využívala tabulku o 200 (100) polích. Každému poli v mřížce náleží zařazení číselné 1 až 10 v řadě vodorovné a A až S v řadě svislé. Obvod, výška i kvalita byla zapsána vždy k příslušnému číslu a písmenu podle své polohy.

Pro zjištění obvodů bylo použito milimetrové pásmo. Pásmo bylo přiloženo ke stromu v 1,3 metrech (prsí výška) se zaznamenáním naměřené hodnoty. Tento proces byl v případě potřeby či pochybností zopakován pro zaručení zjištění správných výsledků. Je třeba poznamenat, že měření obvodů proběhlo v jarním období roku 2023, kdy byly některé stromy nižších kvalit do měření již pokáceny. Jednalo se o 5 jedinců a z toho se 2 původně nacházely na ploše provenience Superior, 2 jedinci na ploše provenience Huron a 1 jedinec na ploše provenience Lake Clova. Jedinci, u kterých se nestihla naměřit výška nejsou započítáni do výsledných dat. Hodnoty obvodů se použily dále při výpočtu průměru.

Další zkoumanou proměnnou představují výškové údaje živých stromů, které byly získány prostřednictvím výškoměru Laser Technology ForestPro MapStar. Postup práce

zahrnoval připevnění odrazného sklíčka v 1,3 metrech pod vrcholek stromu a následným odstoupením s výškoměrem o zhruba jednu výšku měřeného stromu a nalezení báze prvního přeslenu skrze výškoměr. Tímto způsobem byli získány přesné hodnoty. Při přikládání odrazného skla byl kladen důraz na to, aby se i při případě ohnutých kmenů nacházelo přímo pod špičkou koruny měřeného jedince. Naměřené hodnoty výšek byly také vepsány do tabulky. Naměřené výškové a tloušťkové údaje se tak vztahují ke konci vegetační sezóny 2022, třebaže data byla měřena v roce 2023.

Posuzování kvality kmene se stávalo ze zařazení na stupnici od 1 po 5 dle viditelných znaků na kmenu stromu. Posuzoval se zejména tvar samotného kmene, jeho možné vady, možná onemocnění či velmi častá vidličnatost kmene. Vidličnatým kmenem se rozumí takový kmen, který se kdekoli na kmenu rozděluje ve kmeny dva. Pokud byl kmen zřetelně přímý tak byl ohodnocen kategorií 1. Kategorií 1 se rozumí právě takovýto přímý kmen který je považován za hodnotný. Další kategorií je kategorie 2. Stromy druhé kategorie se vyznačují pouze jednoduchým zakřivením, nemohou se sice rovnat stromům kategorie 1, jejich přítomnost je ovšem i přes to žádoucí. Po dostačující kategorii 2 následuje o něco méně vhodná kategorie 3. Stromy třetí kategorie mají již zakřivení o něco složitější. Složitým zakřivením se rozumí zakřivení ve více než v jednom bodě, měření takto zakřivených kmenů vyžaduje speciální výpočetní metodu. Jedinci kategorie 4 jsou vidličnatí, dají se velmi snadno identifikovat. Pro účely této práce byli zapsáni i stále stojící jedinci kategorie 5. Tito jedinci měli prokazatelně nevhodný složitý tvar a často byli i v horším zdravotním stavu. Právě někteří jedinci páté kategorie byli mezi měřeními odstraněni. Všechny posudky tvaru stromu byli provedeny čistě na základě vizuálního posouzení měřičem.

Měření probíhalo za příznivých podmínek, ovšem měření výšek ploch Chequamegon, Huron, Superior a Candle Lake se konalo za mírného deště.

#### **4.1.1 Zpracování dat**

Po dokončení měřičských prací v areálu arboreta byla data přepsána z papírových tabulek do tabulek programu Microsoft excel. V tomto programu byly následně dopočítány dodatečné hodnoty, které také poslouží k dalšímu zhodnocení proveniencí. Naměřené hodnoty byly všechny shromážděny do jedné tabulky, ze které se nadále čerpalo při přípravě grafů a menších tabulek přesných hodnot. Došlo také k dopočítání dalších hodnot z hodnot naměřených. Tabulka byla doplněna o střední tloušťku, střední výšku, výpočet hektarové zásoby a procento úmrtnosti. Dá se tedy z těchto zjištění vyhodnotit, která z proveniencí prosperovala na dané ploše nejvíce.

Data o úmrtnosti, výšce a tloušťce posloužila k tvorbě grafů a tabulek pomocí Microsoft Excel. V každé tabulce byl vyznačen nejlepší a nejhorší výsledek. Výsledkem byla tabulka se všemi hodnotami a pásové grafy, které zvýrazňují vybrané hodnoty, jako úmrtnost, obvod, výška a zásoba na hektar. Výsledky byli zaokrouhleny na jedno desetinné místo pro užití do přehledových tabulek z důvodu přehlednosti tabulek. Pro zjištění korelace mezi dílčími výsledky byl použit T test. Tabulka obsahující T test nebyla jako jediná zaokrouhlena.

## 5 Výsledky

Výšky i šířky nevykazovaly signifikantní odchylky. Vysoká mortalita jedinců všech proveniencí však hrála signifikantní roli v signifikantních odchylkách v hodnotách hektarových zásob na plochách. Tato vysoká mortalita mohla nejspíše způsobit potenciální nepřesnosti ve výsledcích, kterých provenience dosáhly.

### 5.1 Mortalita

Všechny zkoumané plochy vykazovaly poměrně vysoké procento úmrtnosti. Průměrná míra úmrtnosti na všech plochách byla 81 %. Nejvyšší úmrtnost byla zaznamenána u provenience Big River, která dosáhla 96 % mortality. Na této ploše se nacházelo pouze 8 jedinců z původního počtu 200, což jasně poukazuje na dramatický úbytek populace. Dalšími proveniencemi s výrazně úmrtností byly Winter Harbour a Nikauba. Úmrtnost těchto dvou proveniencí činila 92 %. Srovnatelné s mortalitou těchto dvou proveniencí je mortalita provenience Marinetter která činila v době měření 91%.

Nejnižší úroveň úmrtnosti byla zaznamenána na ploše provenience Superior, která dosáhla 69 %. Na této ploše se nacházelo živých 62 jedinců, což je značný rozdíl oproti ostatním plochám s výší úmrtností. Z těchto 62 živých jedinců této provenience mělo 13 jedinců kvalitu kmene 5.

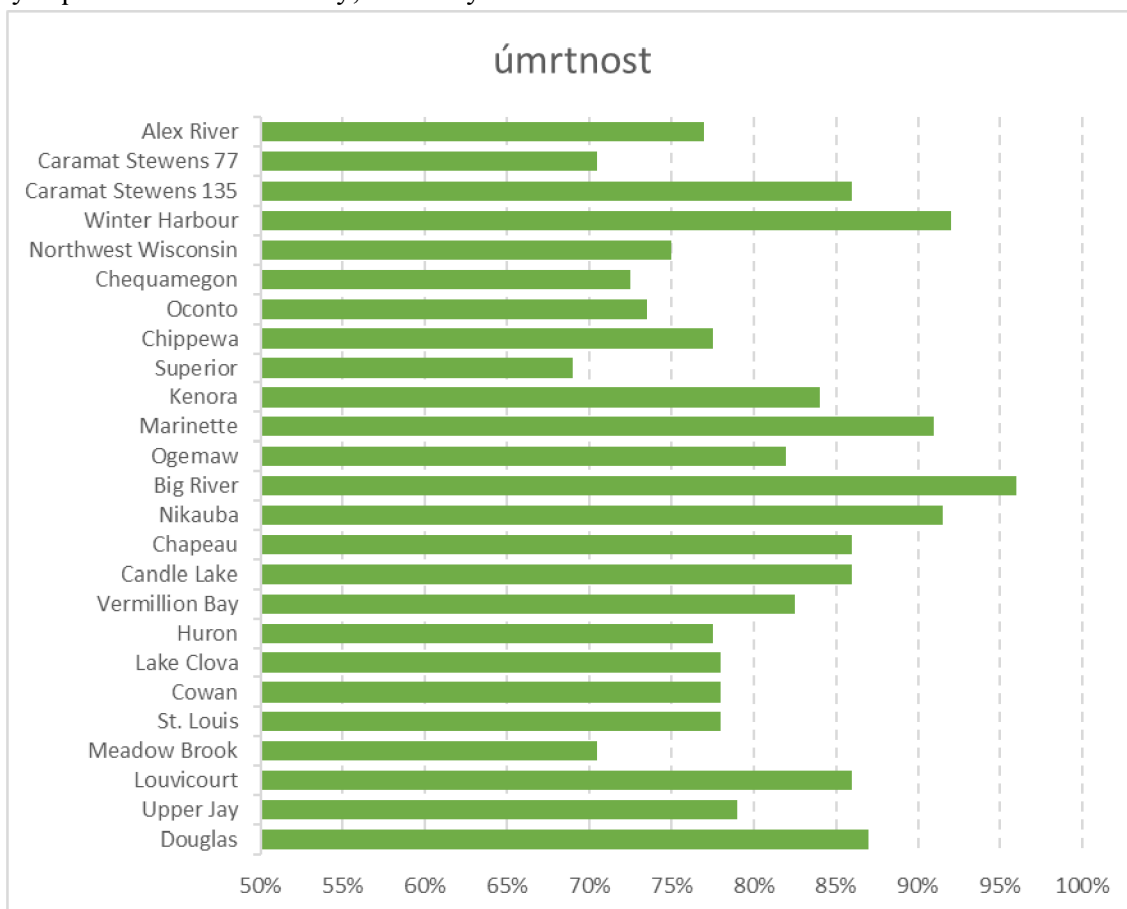
Proveniencemi s druhým nejnižším procentem úmrtnosti byli provenience Meaow Brook a Caramat Stewens na ploše J 77. Tyto dvě provenience dosahovaly 71 % mortality. V době provedení měření se na plochách s těmito dvěma proveniencemi nacházelo 59 živých jedinců. Provenience Caramat Stewens na ploše J 135 dosáhla procentuální mortality vyšší a to 86 %. Mezi oběma plochami této provenience panuje rozdíl 15 %.

Tabulka č.2 – procentuální úmrtnost (mortalita)

Provincie	Úmrtnost	Provincie	Úmrtnost
Douglas	87 %	Ogemaw	82 %
Upper Jay	79 %	Marinette	91 %
Louvicourt	86 %	Kenora	84 %
Meadow Brook	71 %	Superior	69 %
St. Louis	78 %	Chippewa	78 %
Cowan	78 %	Oconto	74 %
Lake Clova	78 %	Chequamegon	73 %
Huron	78 %	Northwest Wisconsin	75 %
Vermillion Bay	83 %	Winter Harbour	92 %
Candle Lake	86 %	Caramat Stewens 135	86 %
Chapeau	86 %	Caramat Stewens 77	71 %
Nikauba	92 %	Alex River	77 %
Big River	96 %		

Na žádné z proveniencí nebyla zjištěna mortalita nižší než 50 %. Provenience St. Louis, Cowan, Lake Clova, Chippewa a Huron dosáhly výsledku totožného, tedy 78 %. Na těchto plochách se v době měření nacházelo vždy 44 živých jedinců. Další totožné výsledky lze sledovat u ploch Candle Lake, Chapeau, Louvicourt a Caramat Stevewens na ploše J 135. Je

pravděpodobné, že tyto identické výsledky nesouvisí s tím, zda byly zkušební plochy, na nichž se tyto provenience nacházely, založeny vedle sebe či v blízkosti.



Graf č.1 – procentuální úmrtnost (mortalita)

Celkem se z původních 4900 zachovalo 930 jedinců, to je v přepočtu 18,98 %. Na půdě arboreta, která je kyselá a chudá na živiny měla borovice Banksova dobré podmínky pro přežití. Výsledky, kterých v oblasti mortality provenience dosahovali i přes příznivé podmínky jsou nečekané a pozoruhodné. Tyto výsledky mohlo zapříčinit mnoho faktorů, jedním z nich mohl být nedostatečné působení slunečního svitu, nevhodné tepelné podmínky, vlhkost, míra srážek, nadmořská výška nebo jiné abiotické faktory.

## 5.2 Kvalita kmene

Průměrně se na plochách nacházelo nejvíce jedinců kvality 2. Jedinců kvality 2 bylo průměrně na plochách 16,5. Druhý nejvyšší průměr jedinců na ploše vykazovala kvality 3. Na jednu plochu připadá průměrně 9,88 jedinců kvality 3. Nejmenší podíl měli jedinci kvality 5.

Tabulka č.3 – průměr jednotlivých kvalit kmene

	kvalita 1	kvalita 2	kvalita 3	kvalita 4	kvalita 5
průměrně jedinců na jedné ploše	3,72	16,76	9,8	3,4	3,52

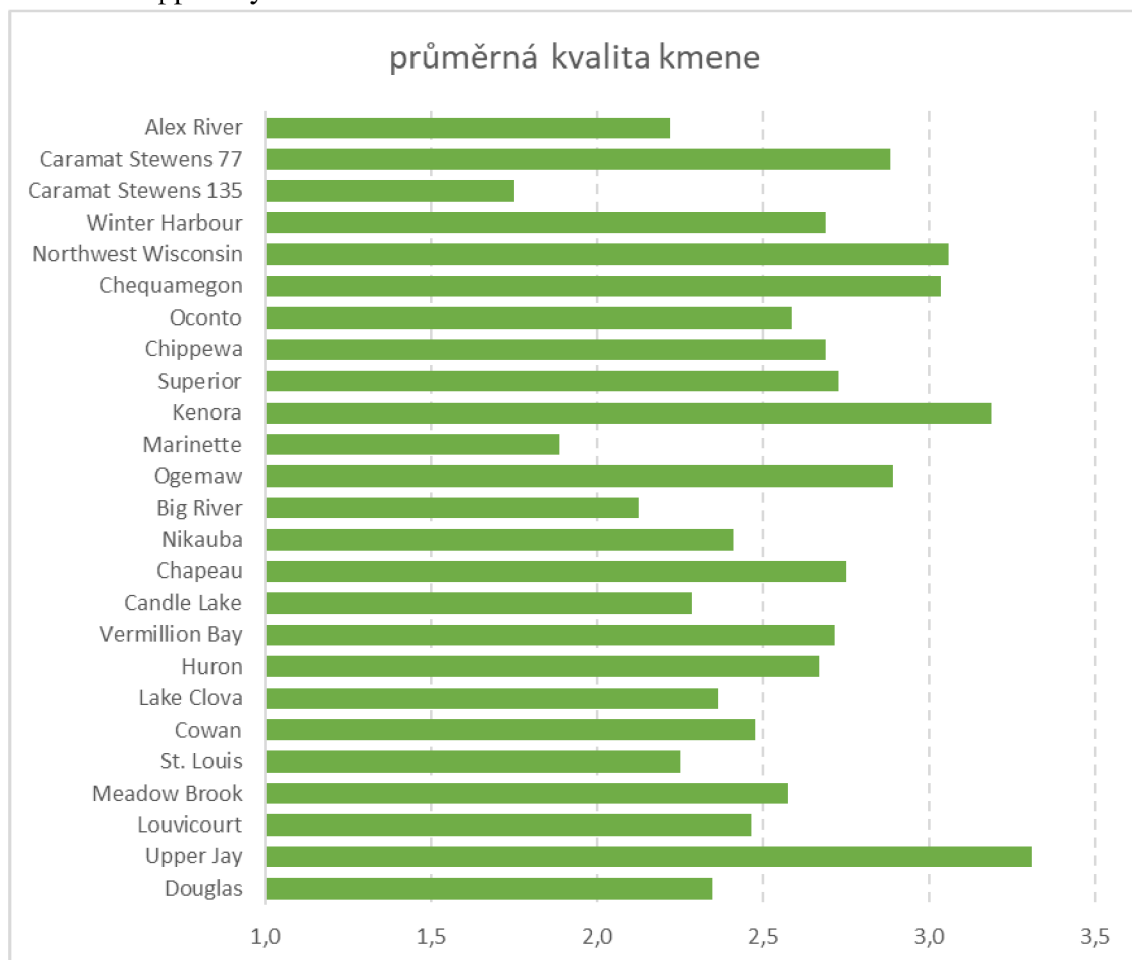
Některé plochy vykazovaly celkovou absenci jedinců s kvalitou kmene 1. Těmito proveniencemi byli Upper Jay, Chapeau, Nikauba, Ogemaw, Kenora a Chippewa. Na několika dalších plochách se jedinec kvality kmene 1 vyskytoval pouze 1.



Tabulka č.4 – průměrná kvalita kmene proveniencí

provenience	průměrná kvalita kmene	provenience	průměrná kvalita kmene
Douglas	2,3	Ogemaw	2,9
Upper Jay	3,3	Marinette	1,9
Louvicourt	2,5	Kenora	3,2
Meadow Brook	2,6	Superior	2,7
St. Louis	2,3	Chippewa	2,7
Cowan	2,5	Oconto	2,6
Lake Clova	2,4	Chequamegon	3,0
Huron	2,7	Northwest Wisconsin	3,1
Vermillion Bay	2,7	Winter Harbour	2,7
Candle Lake	2,3	Caramat Stewens 135	1,8
Chapeau	2,8	Caramat Stewens 77	2,9
Nikauba	2,4	Alex River	2,2
Big River	2,1		

Nejlepší kvalitu kmene vykazovali jedinci proveniencí Caramat Stewens na ploše J 135. Tento trend však nekopírovali jedinci stejné proveniencí na ploše J 77. Druhých nejlepších výsledků dosahovala proveniencí Marinette. Naopak Nejhorší výsledky lze sledovat u proveniencí Upper Jay.



Graf č.2 – průměrná kvalita kmene

Musil et al. (2002) ve své publikaci tvrdí, že borovice Banksova dosahuje v Evropském prostředí tvarů kmene spíše křivolakých. Jak je zřejmé z tabulky a následného porovnání v grafu, jedinci dosahovali průměrné kvality kmenů 2,6 s průměrnou odchylkou 0,3. Tato průměrná kvalita kmenu není nejhorším možným výsledkem a kmeny se stále dají označit jako kmeny dobré nebo přijatelné kvality. Žádná z průměrných kvalit jednotlivých proveniencí nepřekročila 3,5.

### 5.3 Střední výška

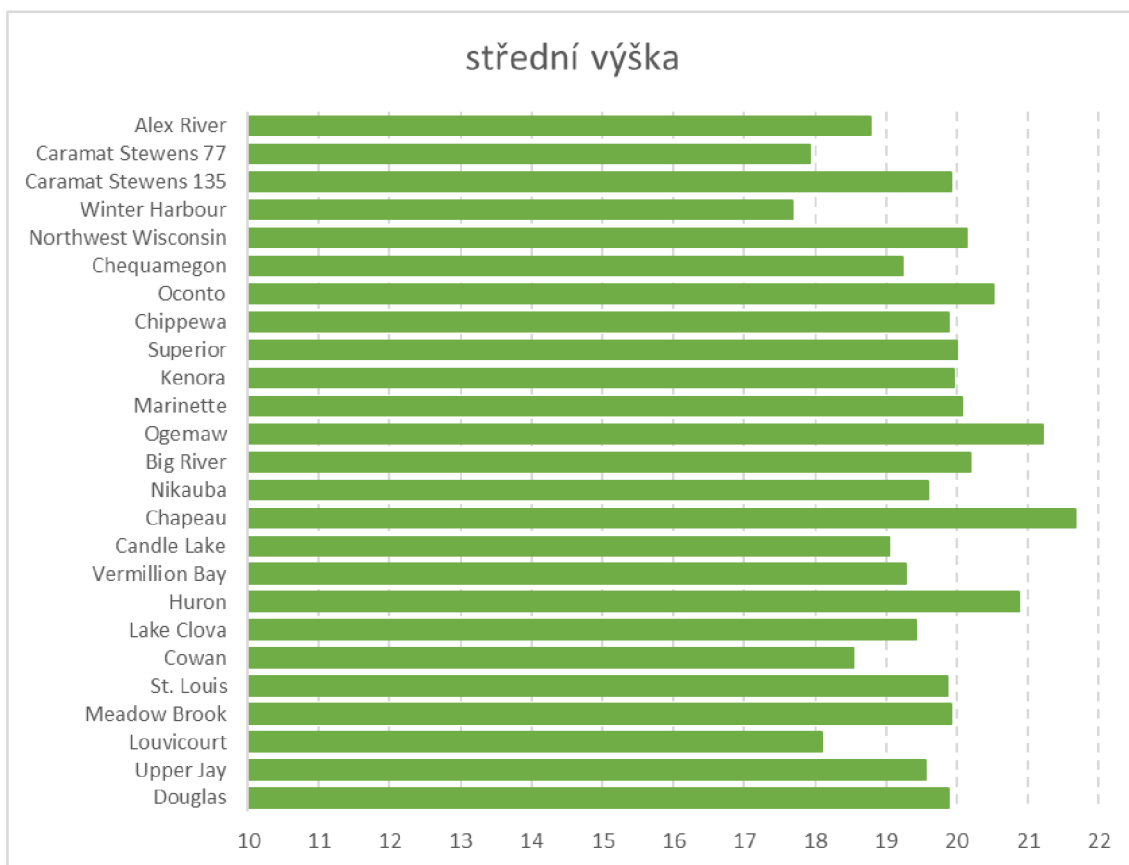
Střední výška stromů ukázala konzistentní trend napříč všemi proveniencemi, přičemž některé dosáhly výrazně lepších výsledků než ostatní. Průměrná odchylka střední výšky činí 0,7 m, což svědčí o relativní homogenitě ve vzrůstu jednotlivých proveniencí borovice Banksovy. Celková průměrná střední výška mezi všemi proveniencemi byla zaznamenána na hodnotě 19,6 m. Tato informace naznačuje, že přestože existují rozdíly ve výškovém růstu mezi jednotlivými proveniencemi, průměrná výška všech jedinců je poměrně stabilní a blízká hodnotě 20 m.

Tabulka č.5 – střední výška proveniencí

provincie	střední výška (m)	provincie	střední výška (m)
Douglas	19,9	Ogemaw	21,2
Upper Jay	19,6	Marinette	20,1
Louvicourt	18,1	Kenora	20,0
Meadow Brook	19,9	Superior	20,0
St. Louis	19,9	Chippewa	19,9
Cowan	18,5	Oconto	20,5
Lake Clova	19,4	Chequamegon	19,2
Huron	20,9	Northwest Wisconsin	20,1
Vermillion Bay	19,3	Winter Harbour	17,7
Candle Lake	19,0	Caramat Stewens 135	19,9
Chapeau	21,7	Caramat Stewens 77	17,9
Nikauba	19,6	Alex River	18,8
Big River	20,2		

Mezi proveniencemi s nejnižší střední výškou patří Winter Harbour, Cramat Stewens na ploše 77 a Louvicourt, které dosáhly střední výšky v rozmezí 17,7 až 18,1 metru. Naopak provenience Chapeau se vyznačila nejlepším výsledkem, dosahujícím střední výšky 21,7 metru. Po provenienci Chapeau jsou dalšími proveniencemi s nadprůměrnými výsledky střední výšky Ogemaw a Huron. Tato zjištění poskytují cenné informace o variabilitě výškového růstu druhu borovice Banksova a jeho proveniencí.

Některé z měřených proveniencí dosahovali totožných hodnot. Například provincie Douglas, Meadow Brook a St. Louis všechny sdílejí stejnou střední výšku, která dosahuje hodnoty 19,9 metru. Stejně tak provincie Superior a Kenora i provincie Huron a Big River vykazují shodné výsledné hodnoty střední výšky stromů, konkrétně 20,0 m a 20,9 m. Další dvojice provincií s podobnými výslednými hodnotami středních výšek jsou Candle Lake a Nikauba, kde obě dosahují hodnoty 19,6 m.



Graf č.3 – střední výška proveniencí

## 5.4 Střední tloušťka

Většina proveniencí nevykazuje nijak značnou odchylku od průměru od průměrné střední tloušťky všech proveniencí.

Graf č.6 – střední tloušťka proveniencí

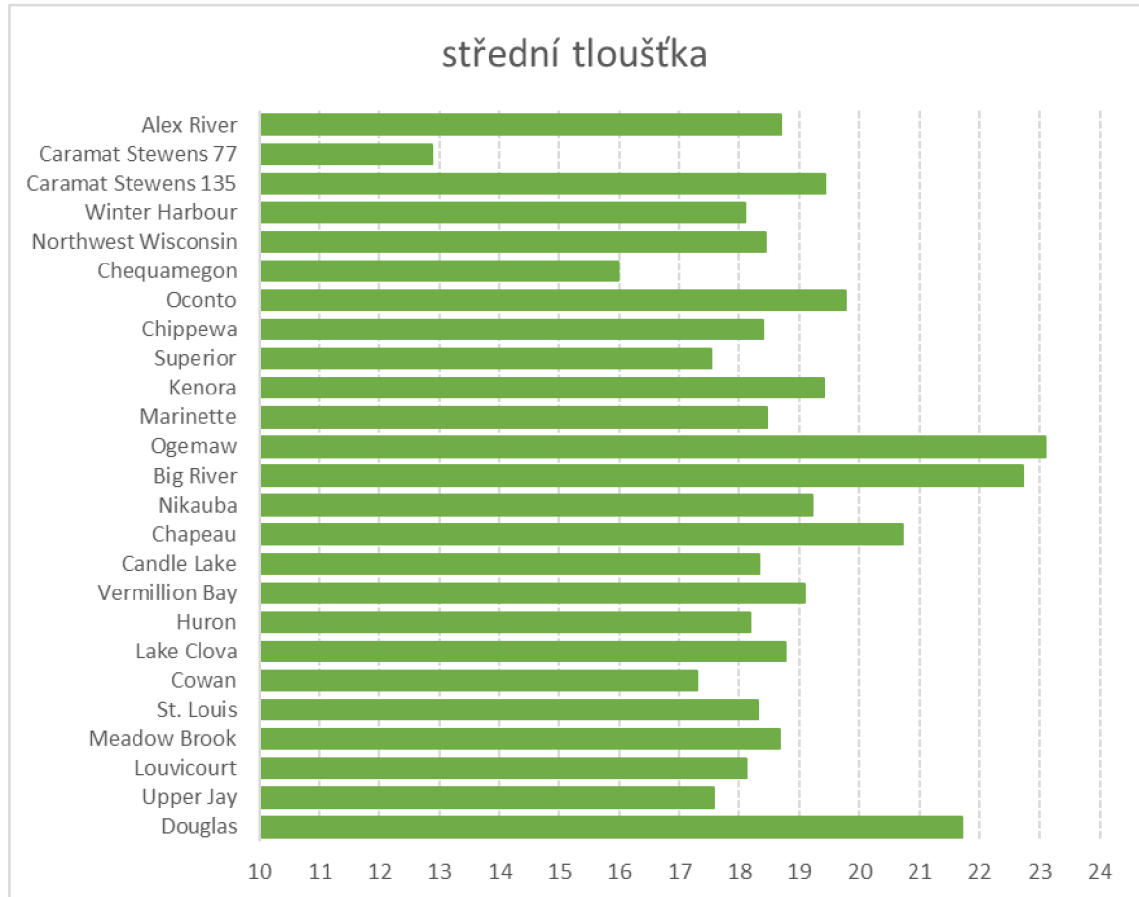
provenience	střední tloušťka (cm)	provenience	střední tloušťka (cm)
Douglas	21,7	Ogemaw	23,1
Upper Jay	17,6	Marinette	18,5
Louvicourt	18,1	Kenora	19,4
Meadow Brook	18,7	Superior	17,5
St. Louis	18,3	Chippewa	18,4
Cowan	17,3	Oconto	19,8
Lake Clova	18,8	Chequamegon	16,0
Huron	18,2	Northwest Wisconsin	18,4
Vermillion Bay	19,1	Winter Harbour	18,1
Candle Lake	18,3	Caramat Stewens 135	19,4
Chapeau	20,7	Caramat Stewens 77	12,9
Nikauba	19,2	Alex River	18,7
Big River	22,7		

Výjimkou je však provenience Caramat Stewans na ploše J 77 s průměrnou tloušťkou 12,9 cm. Provenience Caramat Stewans na ploše J 135 však této odchylky nedosáhla a se svojí

střední tloušťkou 19,4 cm se dá označit za provenienci s lehce nadprůměrným výsledkem. Tato proměnlivost může být zapříčiněna širokou škálou faktorů.

Průměr středních tlouštěk všech proveniencí činí 18,8 cm s průměrnou odchylkou 1,3 cm. Nejedná se tedy o odchylku nijak signifikantní.

Nejlepších výsledků dosahují provenience Ogemaw, Big River a Douglas.



Graf č. 4 – střední tloušťka proveniencí

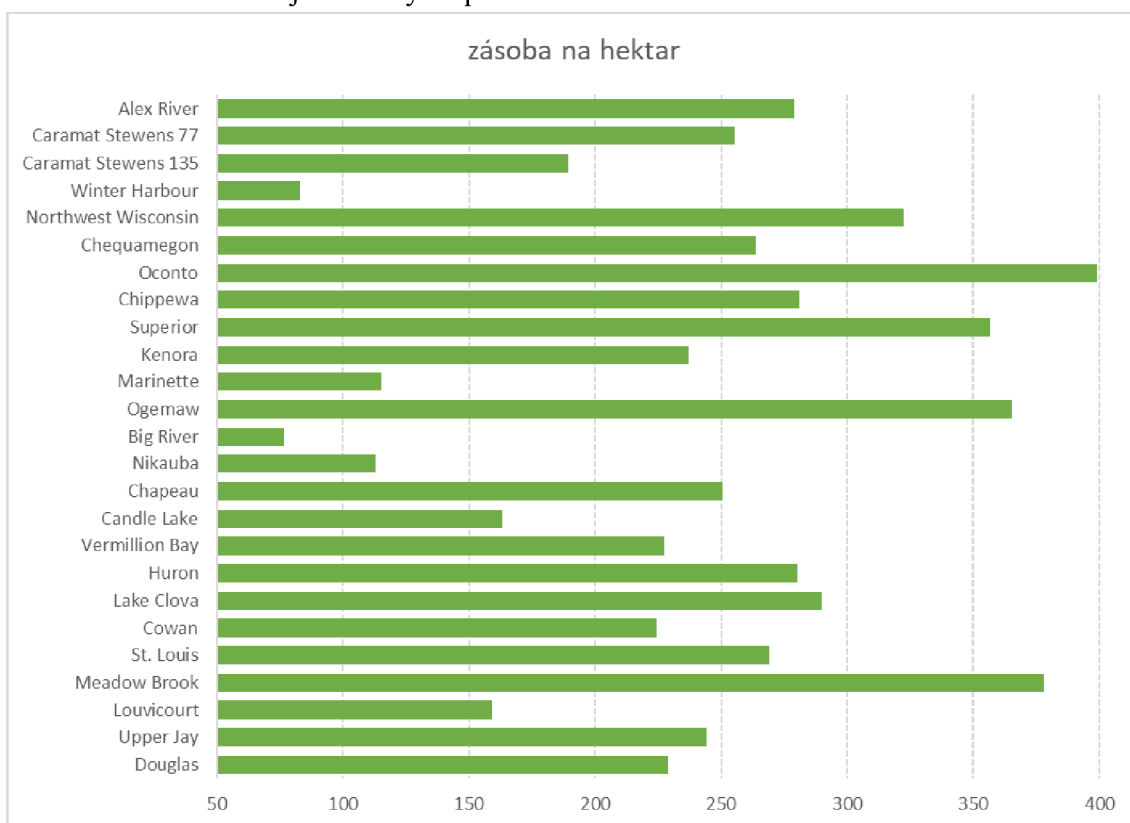
## 5.5 Hektarová zásoba

V samotných výsledných výškách a tloušťkách velké odchylky zřetelné nejsou, to samé však nelze tvrdit o výsledné hektarové zásobě, které jednotlivé provenience dosáhly. Největší odchylku vykazují provenience Big River a Winter Harbor. Obě tyto provenience měly v době měření hektarovou zásobu pod 100 m<sup>3</sup>/ha. Provenience Big River vykazovala také největší mortalitu. Winter Harbor vykazoval také poměrně vysokou mortalitu, a to hned mortalitu třetí nejhorší. Tato fakta by mohla naznačovat nějakou formu závislosti (korelace) těchto dvou výsledných dat. Obdobný jev lze sledovat u ostatních proveniencí. Hektarová zásoba však nezávisí pouze na mortalitě proveniencí, pořadí nejlepších i nejhorších výsledků proveniencí tudíž není totožné. Všechny ostatní měřené provenience arboreta Sofronka dosahují průměrných hektarových zásob nad 150 m<sup>3</sup>/ha. Nejlepších výsledků hektarové zásoby dosahuje provenience Meadow Brook s 378,0 m<sup>3</sup>/ha a provenience Oconto s 399,2 m<sup>3</sup>/ha. Tomuto výsledku se dále přibližuje provenience Superior s 356,5 m<sup>3</sup>/ha. Průměrná odchylka zásoby na jeden ha je značná a tvoří jí 67,6 (m<sup>3</sup>/ha). Odchylka je tedy o poznání větší než odchylka u přechozích zmíněných naměřených výsledků.

Tabulka č.7 – hektarová zásoba provenienci

provenience	zásoba na ha (m <sup>3</sup> /ha)	provenience	zásoba na ha (m <sup>3</sup> /ha)
Douglas	229,1	Ogemaw	366,6
Upper Jay	244,2	Marinette	115,0
Louvicourt	159,2	Kenora	237,2
Meadow Brook	378,0	Superior	356,5
St. Louis	269,1	Chippewa	281,8
Cowan	225,5	Oconto	399,2
Lake Clova	290,9	Chequamegon	264,5
Huron	280,4	Northwest Wisconsin	322,5
Vermillion Bay	228,6	Winter Harbour	83,1
Candle Lake	163,2	Caramat Stewens 135	189,5
Chapeau	251,6	Caramat Stewens 77	255,1
Nikauba	113,2	Alex River	279,8
Big River	77,9		

Po grafickém znázornění těchto hodnot grafem č.5 je patrné, že existují výrazné rozdíly v hektarové zásobě mezi jednotlivými proveniencemi.



Graf č.5 – hektarová zásoba provenienci

## 5.6 Korelace

U výsledků měření je zřejmá korelace vysoké mortality proveniencí a snížené hektarové zásoby. Jak je patrné z tabulky č.8 tato korelace je zřejmá.

Příkladem této korelace může být provenience Big River, která vykazovala největší mortalitu z měřených proveniencí a vykazovala tedy také nejnižší hektarovou zásobu. Mortalita není jediným faktorem, který hraje ve výpočtu hektarové zásoby roli, v tomto případě se ale ukázal jako faktor, který tento výsledek nejvíce ovlivnil.

Tabulka č.8 – koeficienty korelace (závislosti)

koeficienty korelace	střední výška	střední tloušťka	zásoba na hektar
střední výška	1		
střední tloušťka	0,616	1	
zásoba na hektar	0,399	-0,046	1
úmrtnost	0,006	0,539	-0,846

Při použití metody T testů v tabulce č.9 je zřejmé, že závislost lze sledovat mezi střední tloušťkou a střední výškou, hektarovou zásobou a střední výškou, úmrtností a střední výškou, hektarovou zásobou a střední tloušťkou. K nezamítnutí nulové hypotézy, tedy k neprokázání významnosti závislosti došlo mezi úmrtností/střední výškou a hektarovou zásobou/střední tloušťkou. U zbylých zkoumaných souvislostí došlo k potvrzení hypotézy alternativní, byla tedy prokázána závislost mezi nimi.

Tabulka č.9 – T test o významnosti korelačního koeficientu na hladině významnosti 5%

hypotéza o významnosti korelace	T hodnota	P hodnota
střední tloušťka/střední výška	17,98987394	4,88498E-15
hektarová zásoba/střední výška	10,01733417	7,39877E-10
úmrtnost/střední výška	0,128138595	0,899153128
hektarová zásoba/střední tloušťka	-1,04917123	0,304999402
úmrtnost/střední tloušťka	14,71995438	3,39284E-13
úmrtnost/hektarová zásoba	-36,45904204	7,4551E-22

Úmrtí velkého počtu jedinců mělo souvislost s tloušťkou jedinců. Větší počet jedinců na ploše zpřičňuje větší konkurenci pro každého jedince. Pro světlo milné dřeviny, jakou je i borovice Banksova je přístup ke světlu důležitý až klíčový. Prořídnutí populace zpřičnilo menší konkurenci o již zmíněné světlo ale i o živiny obsažené v půdě. Jednotlivci pak mohli využívat více zdrojů, než by měli k dispozici ve větší populaci. Záviselo ale také i na jiných abiotických faktorech a výsledky mohla ovlivnit i samotná míra vhodného obsahu zdrojů v půdě. Příliš bohatá půda na živiny by Banksovcem spíše uškodila.

## 6 Diskuze

Borovice Banksova je v areálu České republiky zastoupena marginálně. V diskusích o této dřevině je však často označována za druh s potenciálem pro využití v České republice. O této skutečnosti lze v současné době pouze diskutovat. V současné době neexistuje dostatek studií na toto téma, které by umožnily kvalifikované zhodnocení této problematiky. Další výzkum je nutný.

### 6.1 Ekologická adaptabilita

Borovice Banksova se vyznačuje svou adaptabilitou na nehostinné podmínky svého přirozeného areálu. Tam, kde tento druh prosperuje by mnoho druhů jen přežívalo. Od preference na nehostinné půdy po serotinní šišky otevírající se s vysokými teplotami. Borovice Banksova disponuje nebývalou schopností prosperovat v stále se měnícím stavu klimatu, které zapříčiňuje uvolňování uhlíku do atmosféry. Největší síla tohoto druhu je právě schopnost zajistit další generaci druhu v porostu právě díky reakci některých šišek na vysoké teploty. Tento druh může být výborným nástrojem k zalesnění nehostinných ploch a využití v zajištění sukcese v místech která jsou často postihována požáry. Malé porosty borovice Banksovy jsou také přínosné pro malé druhy lesní zvěře a představují potenciální hnízdiště pro některé druhy ptactva. K tomuto nematu však neexistuje dostatek tuzemských studií a je třeba se mu nadále věnovat.

### 6.2 Ekonomická hodnota

Borovice Banksova je mnoha autory označena jako ne příliš cenná. Benzie (1977) ve své publikaci zabývající se managementem borovice Banksovy v areálu Severní a Centrální Ameriky označil borovici Banksovu jako komerčně ne příliš významnou. To samé tvrdí Elwes et Henry (1910), kteří označili ve své publikaci borovici Banksovou v prostředí Irska a Velké Británie jako ekonomicky bezvýznamnou dřevinu. Elwes et Henry (1910) ovšem k tomuto tvrzení dodávají, že by banksovka mohla mít větší ekonomickou hodnotu v oblasti Německa. Kaňák (2023) v publikaci, která pojednává o sbírce rodu *Pinus* nacházející se v arboretu Sofronka, tvrdí, že není pro podmínky České republiky příliš vhodná.

Dřevo není bezcenné a má různorodé užití. Samotný druh však není dobrým producentem a dřevo nelze označit ani jako vysoce žádané z důvodů jeho kvality nebo vlastností. S ekonomickou nevýznamností druhu souvisí i jeho proměnlivost a nespolehlivost. Z výsledků provenienčního pokusu, jímž se tato práce zabývá lze sledovat značné rozdíly v hektarové zásobě, a to i mezi zkusnými plochami, na kterých se nacházela stejná provenience.

Navzdory těmto aspektům je však borovice Banksova považována za druh s určitým potenciálem, zejména z hlediska jejích ekologických vlastností, jak naznačují Podrázský et Prknová (2019). Avšak tento potenciál pravděpodobně nezahrnuje přínosy ekonomického charakteru. Aktuálně však chybí dostatečné množství dat a studií týkajících se jak ekonomického, tak ekologického významu borovice Banksovy pro Českou republiku. Je zřejmé, že je nutné věnovat nadále těmto tématům pozornost a provádět další výzkumy.

### 6.3 Provenienční pokus

Provedené provenienční pokusy týkající se druhu *Pinus banksiana* často naznačují, že neúspěchy v jeho introdukci jsou často způsobeny výraznou proměnlivostí tohoto druhu. Přirozený areál výskytu banksovky je rozsáhlý a jeho prostředí je silně variabilní, což představuje zásadní faktor ovlivňující proměnlivost druhu (Musil et al., 2002).

Provenienční studie odhalily několik klíčových faktorů. Zjištěná mortalita všech proveniencí se ukázala být vysoká, přičemž největší úmrtnost byla zaznamenána u provenience Big River. Na ploše této provenience zbylo v době měření pouze 8 jedinců ze 200 původně vysazených. Úmrtnost se pohybovala mezi 69–96 %. Nedostatek jedinců mohl způsobit nepřesnosti v ostatních průměrných výsledcích. Navzdory této vysoké míře mortality vykazovaly kmeny jedinců poměrně vysokou kvalitu, často se projevovalo pouze jednoduché, ne příliš výrazné zakřivení. V tomto směru byla většina proveniencí velmi konzistentní, aniž by se braly v úvahu jejich ostatní výsledky.

Konzistence je pozorovatelná i ve výsledných hodnotách měření výšek. Průměrná střední výška všech proveniencí činila 19,6 m s průměrnou odchylkou 0,72 m. Tento výsledek lze označit za lehce nadprůměrný v případě druhu borovice Banksova, jak uvádějí Musil et al. (2002) ve své publikaci, kde se průměrná výška tohoto druhu uvádí v rozmezí 17–20 m. Při srovnání těchto údajů s naměřenými skutečnostmi lze poznamenat, že střední výšky většiny proveniencí se pohybovaly zhruba v tomto rozmezí. Pouze málo proveniencí dosáhlo výšek přesahujících 20 m, a to maximálně o cca 2 m. Naopak žádná z průměrných středních výšek neklesla pod 17 m. Tyto skutečnosti podporují tvrzení o lehce nadprůměrné výšce a spolehlivém dosažení této výšky proveniencemi.

Rozdíly ve střední tloušťce projevují větší variabilitu. Z dat lze pozorovat několik proveniencí s výsledky vysoce podprůměrnými a mírně více s výsledky nadprůměrnými. Provenience Caramat Stewans, která byla vysazena na dvou zkušebních plochách, vykazovala zvláště odlišné výsledky. Zatímco plocha s označením 135 vykazovala výsledky průměrné, druhá plocha označená 77 dosahovala výsledků vysoce podprůměrných. Provenience Caramat Stewans 77 vykazovala ze všech měřených ploch nejhorší výsledky střední tloušťky. Celkový průměr všech zaznamenaných středních tlouštěk činil 18,8. Plocha, která dosáhla druhé nejhorší hodnoty, byla Cheguamegon. Tato provenience však neprokázala tak dramatickou odchylku. Další výzkum je nutný pro identifikaci příčin těchto odchylek.

Nejlepší výsledky ve střední výšce i ve střední tloušťce dosahovala provenience Ogemaw. Tato provenience byla jediná zkoumána na menší ploše s odlišným zápojem, což mohlo mít vliv na vývoj jedinců na této ploše.

Jedním z výsledků s největší naměřenou odchylkou byly výsledky hektarové zásoby, které vykazovaly určitou míru korelace s mortalitou daných proveniencí. Mortalita však není jediným faktorem ovlivňujícím konečný výsledek hektarové zásoby. V tomto provenienčním pokusu lze tvrdit, že vysoká mortalita hrála klíčovou roli.

Výsledky pravděpodobně ovlivnila výrazně absence managementu na zkušebních plochách. Zásahy do porostů byly minimální a probíhaly pouze v podobě odstraňování soušek a zřejmě mrtvých jedinců. Někteří jedinci projevovali známky mírného mechanického poškození, avšak počet těchto případů byl minimální a míra poškození zanedbatelná. Tato poškození pravděpodobně vznikla během odstraňování mrtvých jedinců.



Je pravděpodobné, že výsledky ovlivnily také abiotické faktory, jako je teplota, podnebí, vlhkost, světelné podmínky a složení půdy. Jako introdukovaný druh je borovice Banksova přizpůsobena odlišným abiotickým podmínkám než ty, které jsou typické pro Českou republiku.

### **6.3.1 Vyhodnocení nejvhodnějších proveniencí**

Za provenienci s nejlepšími průměrnými výsledky se dá označit provenience Ogemaw. Ogemaw byl jedinou proveniencí která byla vysazena na menší ploše s odlišným sponem. Tato skutečnost mohla hrát roli ve vývoji jedinců na ploše. Borovice Banksova je druhem světlomilným a změněný spon mohl hrát roli právě na příjem světla jedinci.

Střední tloušťka této provenience dosahovala nejlepších výsledků a střední výška byla označena jako druhá nejlepší. Kvalita kmene byla sledována jen lehce podprůměrná. Zásoba byla u této provenience v průměru.

Jako další dvě provenience s velmi dobrými výsledky se řadí provenience Oconto a Meadow Brook. Obě tyto provenience se svou střední výškou a tloušťkou výsledkům provenience Ogemaw nepřiblížily. Ovšem svou průměrnou kvalitou kmene obě tyto provenience dosáhli o něco lepšího výsledku. Oconto i Meadow Brook dosahovaly průměrné kvality kmene 2,6. Ogemaw dosahoval průměrné kvality kmene 2,9.

Provenience Oconto a Meadow Brook dosahovali také o něco větších hektarových zásob než Ogemaw. Tyto rozdíly nebyly obzvláště signifikantní.

Pokud je hlavním cílem výsadby přežití jedinců, nelze opomenout provenienci Superior. U této provenience byla sledována nejnižší úmrtnost. Část jedinců měla kmen špatné kvality. V arboretu ovšem dochází ke kácení mrtvých stromů na zkušných plochách z toho lze usoudit, že tyto jedinci horší kvality kmene byli stále živí a nejspíše nebyli ani postiženi onemocněním. Průměrná kvalita kmene však nebyla podprůměrná, jednalo se o 2,7. Superior je provenience s nejvíce přeživšími jedinci, většina jedinců byla kvality dobré. Ovšem je důležité stále brát v potaz již zmíněných 13 jedinců kvality 5. Je to druhý nejvyšší počet jedinců kvality 5 hned po provenienci Caramat Stewens na ploše J77. V případě, že by bylo těchto 13 jedinců poraženo by se celková mortalita provenience zvýšila.

Dalšími proveniencemi s nízkou mortalitou jsou Meadow Brook a Caramat Stewans na J 77. Na ploše provenience Meadow Brook se nachází pouze 3 jedinci kvality 5. Naopak plocha provenience Caramat Stewens nacházející se na ploše J77 obsahuje vůbec nejvyšší počet jedinců kvality 5.

## **6.4 Význam pro hospodářství**

Dle Pagana (1997) byly prvotní cíle Evropské výsadby borovice Banksovy nalézt odolnější alternativu na hnědou sypavku, než je v té době nejvíce postižená borovice lesní. Ačkoli se jedná o druh relativně odolnější, nejedná se o druh, který by se borovici lesní mohl produkčně vyrovnat. V Evropských podmínkách se banksovce příliš nedaří. To potvrzuje mimo jiné provedený provenienční pokus, kde se žádná z proveniencí neukázala jako výrazně vhodnější.

Borovice Banksova není ani spolehlivým producentem dřeva a v podmínkách České republiky se druhu příliš nedaří. Nejen z těchto důvodů nejspíše nemá banksovka potenciál stát se cílovou dřevinou v porostech, které jsou obhospodařovány za cílem produkce.

Je pravděpodobné, že by druh nevytvářel významnou konkurenci pro domácí druhy dřevin, pokud by byl ponechán v porostech. Naopak je pravděpodobné, že by došlo ke konkurenci s druhy, které jsou domácí nebo vhodnější pro pěstování na území České republiky, které by banksovku nakonec nejspíše v porostu utlačily.

## **7 Závěr**

Borovice Banksova je introdukovaným druhem z boreálních lesů Severní Ameriky. Jako taková je na přežití v často nehostinných boreálních lesích přizpůsobena, příkladem mohou být obzvláště specifické reakce na disturbance, a to zejména ohněm, změny teplot v prostředí a schopnost rychle obsadit a zalesnit nehostinné půdy. *Pinus banksiana* je označována jako druh ekonomicky bezvýznamný. Potenciál druhu je spíše ekologický. Rychle zalesňuje chudé plochy, které byly odlesněné jako následek disturbancí a mladé porosty jsou dobrým úkrytem pro malé druhy lesní zvěře a dobrým hnízdištěm pro některé druhy ptactva.

Jedná se o druh v České republice často opomíjený. Vysazuje se především za účely výzkumnými. Těchto výzkumů ovšem není mnoho a je třeba se jim věnovat více pro pochopení významu tohoto druhu pro pochopení významu druhu pro areál České republiky.

Provenience, které v rámci provedeného provenienčního pokusu v arboretu Sofronka dosáhly nejlepších výsledků jsou Ogemaw, Oconto, Meadow Brook a Superior. Jako nejvhodnější se dá označit provenience Ogemaw. Nejvyšší hektarovou zásobu však vykazovala provenience Oconto. Nejnižší mortalitu vykazovala provenience Superior. Tato provenience byla však vysazena na menší ploše s méně jedinci a odlišným sponem než ostatní plochy, které byly o něco větší.

Na dvou plochách byla vysezena provenience Caramat Stewens. Tyto dvě plochy nesly označení J77 a J135. Obě plochy provenience Caramat Stewens vykazovaly v mnoha aspektech výsledky značně odlišné.

Mortalita na všech plochách byla vysoká. Je tedy možné, že mohla tyto vysoká mortalita zapříčinit nepřesnosti ve výsledcích. Vysokou míru mortality mohlo zapříčinit mnoho vlivů jako je teplota, příjem slunečního světla, podnebí, poškození jinými abiotickými faktory nebo absence výchovy. Borovice Banksova se tak nejvíce jako druh perspektivní z hlediska většího uplatnění v lesním hospodářství České republiky, její význam lze předpokládat spíše při zalesnění extrémních stanovišť, ohrožených ploch a při rekultivacích jako pionýrské dřeviny.

## 8 Literatura

BENZIE, J. W. Managers handbook for Jack pine in the north central states.

St. Paul, Minnesota: North central forest experiment station. 1977, 18 s. ISBN neuvedeno

ELWES, H. J., HENRY, A. Pinus Banksiana, Jack Pine. In: ELWES, Henry John; HENRY, Augustine. The trees of Great Britain and Ireland. Volume V. Edinburgh: [s. n.], 1910, s. 1109-1113 ISBN neuvedeno

Dostupné z: <https://archive.org/details/treesofgreatbrit05elweuoft/page/n111/mode/2up>

HRIB, M., KOPP, J., KŘIVÁNEK, J., KYZLÍK, P., MOUCHA, P., NĚMEC, J., OLIVA, J., PLEC, F., PEŠKOVÁ, V., ROČEK, I., ŘEZÁČ, J., SLABA, M., VANČURA, K., VAŠÍČEK, J., ZAHRADNÍK, P., ZATLOUKAL, V. Lesy v české republice. Praha: Consult. 2009, 399 s. isbn 80-903482-5-4

KAŇÁK, J. Borovice Banksova (pinus banksiana Lambert, 1803). In: Sbirka světového sortimentu druhů rodu Pinus. Plzeň: RAMAP. 2023, s.44 ISBN 978-80-906648-1-4

KAŇÁK, J. Zkušenosti s introdukovanými druhy borovic v arboretu Sofronka a jejich použití v imisních oblastech krušných hor. In: Introdukované dřeviny a jejich produkční a ekologický význam: exkurzní průvodce. Kostelec nad Černými lesy, 10. - 11. listopadu 2004. Kostelec nad Černými lesy: Česká zemědělská univerzita, 2004, s. 29-37. ISBN 80-213-1233-5

KAŇÁK, J., KAŇÁK, K. 1956-2016 Arboretum Sofronka. Plzeň: RAMAP. 2016, 87 s. ISBN 978-80-906648-0-7

KAŇÁK, K. HISTORIE A VÝVOJ KONCEPCE VĚDECKÉHO PRACOVIŠTĚ V ARBORETU SOFRONKA. Lesnická práce. roč.99, č.1, s. 22-25. ISSN 0322-9254

Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-78-1999/lesnicka-prace-c-1-99/historie-a-vyvoj-koncepce-vedeckeheo-pracoviste-v-arboretu-sofronka>

KAŇÁK, K. HISTORIE A SOUČASNOST ARBORETA SOFRONKA. Lesnická práce. roč.99, č.1, s. 26-31. ISSN 0322-9254

Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-78-1999/lesnicka-prace-c-1-99/historie-a-soucasnost-arboreta-sofronka>

KUNEŠ, I, BALÁŠ, M, BAŽANT, V., PRKNOVÁ, H. Black Locust (Robinia pseudoacacia L.). In: Silvicultural, Production and Environmental Potential of the Main Introduced Tree Species in the Czech Republic. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2019, s. 118-147. ISBN 978-80-7458-122-9

LAVOIE, N., VÉZINA, L. P., MARGOLIS, H. A. Absorption and assimilation of nitrate and ammonium ions by jack pine seedlings, *Tree Physiology*. 1992 roč.11, č.2, s.171–183 ISSN 1758-4469 Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/treephys/11.2.171>

LYNHAM, T. J., WICKWARE, G. M., MASON, J. A. Soil chemical changes and plant succession following experimental burning in immature jack pine. *Canadian Journal of Soil Science*. 1998, Roč.78, č.1 s. 93-104. ISSN 0008-4271  
Dostupné z: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.4141/S97-031>

MÖLLEROVÁ, J. Po kom se jmenuje Borovice Banksova. *Lesnická práce*. 2013, roč. 92, č. 1, s. 36-37. ISSN 0322-9254 Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-92-2013/lesnicka-prace-c-1-13/po-kom-se-jmenuje-borovice-banksova>

MUSIL I., HAMERNÍK J., LEUGNEROVÁ G. *Pinus banksiana* Lamb. – borovice Banksova. In: *Lesnická dendrologie 1 jehličnaté dřeviny přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin*, Praha: Česká zemědělská univerzita. 2002, s.61-62 ISBN 80-213-0992-x

PAN, Y., BIRDSEY, R. A., FANG, J., HOUGHTON, R., KAUPPI, P. E., KURZ, W. A., PHILLIPS, O. L., SHVIDENKO, A., LEWIS, S. L., CANADELL, J. G., CIAIS, P., JACKSON, R. B., PACALA, S. W., MCGUIRE, A. D., PIAO, S., RAUTIAINEN, A., SITCH, S., HAYES, D. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science*. 2011, roč.333, s.988-993. ISSN 1095-9203  
Dostupné z: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1201609>

PAGAN J. *Pinus banksiana* Lamb. – Borovice Banksova – banksovka. In: *Lesnická dendrológia*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 1997, s.101-104 ISBN 80-228-0534-3

PERUNOVÁ M., ZIMMERMANOVÁ J., Analysis of forestry employment within the bioeconomy labour market in the Czech Republic. *Journal of forest science*. 2022, roč.68, č.10, s.385-394. ISSN 1805-935X Dostupné z: [https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-202210-0002\\_analysis-of-forestry-employment-within-the-bioeconomy-labour-market-in-the-czech-republic.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3Dloss%2Bof%2Bbiodiversity%2Bin%253Aauth%2Bname%2Bkey%2Babstr%26sfrom%3D0%26spage%3D30](https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-202210-0002_analysis-of-forestry-employment-within-the-bioeconomy-labour-market-in-the-czech-republic.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3Dloss%2Bof%2Bbiodiversity%2Bin%253Aauth%2Bname%2Bkey%2Babstr%26sfrom%3D0%26spage%3D30)

PODRÁZSKÝ, V. Lesnictví na rozcestí nebo na scestí. *Vesmír*. 2009, roč.88, č.139, s.630–633 ISSN 0042-4544 Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2009/cislo-10/lesnictvi-rozcesti-nebo-scesti.html>

PODRÁZSKÝ, V., FULÍN, M., PRKNOVÁ, H., BERAN, F., TŘEŠTÍK, M. Changes of agricultural land characteristics as a result of afforestation using introduced tree species. Journal of Forest Science. 2016, roč.62, s.72 – 79 ISSN 1805-935X Dostupné z [https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-201602-0004\\_changes-of-agricultural-land-characteristics-as-a-result-of-afforestation-using-introduced-tree-species.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3DChanges%2Bof%2Bagricultural%2Bland%2Bcharacteristics%2Bas%2Ba%2Bresult%2Bof%2Bafforestation%2Busing%2Bintroduced%2Btree%2Bspecies%26sfrom%3D0%26spage%3D30](https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-201602-0004_changes-of-agricultural-land-characteristics-as-a-result-of-afforestation-using-introduced-tree-species.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3DChanges%2Bof%2Bagricultural%2Bland%2Bcharacteristics%2Bas%2Ba%2Bresult%2Bof%2Bafforestation%2Busing%2Bintroduced%2Btree%2Bspecies%26sfrom%3D0%26spage%3D30)

PODRÁZSKÝ, V., MONDEK, J., ZEIDLER, A., RESNEROVÁ, K., PRKNOVÁ, H. Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). In: Silvicultural, Production and Environmental Potential of the Main Introduced Tree Species in the Czech Republic. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2019, s. 16-53. ISBN 978-80-7458-122-9

PODRÁZSKÝ, V., PRKNOVÁ, H. Introduction. In: Silvicultural, Production and Environmental Potential of the Main Introduced Tree Species in the Czech Republic. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2019, s. 4-15. ISBN 978-80-7458-122-9

RANDERSON, J. T., LIU, H., FLANNER, M. G., CHAMBERS, S. D., JIN, Y., HESS, P. G., PFISTER, G., MACK, M. C., TRESEDER, K. K., WELP, L. R., CHAPIN, F. S., HARDEN, J. W., GOULDEN, M. L., LYONS, E., NEFF, J. C., SCHUUR, E. A. G., ZENDER C. The Impact of Boreal Forest Fire on Climate Warming. Science. 2006, č.314, s.1130-1132 ISSN: 0036-8075 Dostupné z: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1132075>

SHUGART H., WHITE P., SAATCHI S., CHAVE J. The Boreal Forest or Taiga. In: the world atlas of trees and forests exploring earths forest ecosystems. Princeton university press. 2022, s.208-237. ISBN 978-0-691-22674-3

SINCLAIR A. W., LYON H. H. Diseases Caused by *Mycosphaerella* Species and Related Anamorphs (Plates 9-17). In: Diseases of trees and shrubs second edition. Cornell University Press. 2005, s.20-35. ISBN 978-0-8014-4371-8

ŠAFAŘÍK D., BŘEZINA D., MICHAL J., HLAVÍČKOVÁ P. State of the raw wood growing stocks and prediction of further development of cutting in the context of coniferous stands calamity in the Czech Republic. Journal of forest science. 2022, roč.68, č.10, s.423-435 Dostupné z: [https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-202210-0005\\_state-of-the-raw-wood-growing-stocks-and-prediction-of-further-development-of-cutting-in-the-context-of-conifer.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3Dlogging%2Bin%253Aauth%2Bname%2Bkey%2Babstr%26sfrom%3D0%26spage%3D30](https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-202210-0005_state-of-the-raw-wood-growing-stocks-and-prediction-of-further-development-of-cutting-in-the-context-of-conifer.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3Dlogging%2Bin%253Aauth%2Bname%2Bkey%2Babstr%26sfrom%3D0%26spage%3D30)

ŠINDELÁŘ, J., FRIEDL, J. Obecné předpoklady pro využívání vhodných lesních dřevin v lesním hospodářství ČR. In: Introdokované dřeviny a jejich produkční a ekologický význam: exkurzní průvodce. Kostelec nad Černými lesy, 10. - 11. listopadu 2004. Kostelec nad Černými lesy: Česká zemědělská univerzita, 2004, s. 9-14. ISBN 80-213-1233-5

VÍTÁMVÁS, J., PODRÁZSKÝ, V., VACEK, Z., Arboreta – lesnické laboratoře? Příklad výsadeb různých druhů borovic v arboretu FLD ČZU v Kostelci nad Černými lesy. Lesnická práce. 2020, roč.99, č. 11, s. 27–29. ISSN 0322-9254

Dostupné z: <https://lmda.silvarium.cz/view/uuid:63928cf5-4cb1-4d85-a6b8-42cf19eb4bd1?page=uuid:5c216c76-6c80-11eb-a59b-001b63bd97ba>

VOLNEY, W. J. A. Jack pine budworm. Forestry leaflet 32. Edmonton: Canadian forest service, 1994, 8 s. ISBN 0-662-21426-9.

## 9 Samostatné přílohy

*Příloha č.1 – souhrnná tabulka výšky, obvodu a tloušťky proveniencí*

Provincie	střední výška (m)	průměrný obvod (cm)	střední tloušťka (cm)
Oconto	20,5	62,1	19,8
Meadow Brook	19,9	58,6	18,7
Ogemaw	21,2	72,5	23,1
Superior	20,0	54,3	17,5
Northwest Wisconsin	20,1	57,9	18,4
Lake Clova	19,4	59,0	18,8
Chippewa	19,9	57,7	18,4
Huron	20,9	57,1	18,2
Alex River	18,8	58,7	18,7
St. Louis	19,9	57,5	18,3
Chequamegon	19,2	50,2	16,0
Caramat Stewens 77	17,9	50,0	12,9
Chapeau	21,7	65,0	20,7
Upper Jay	19,6	55,1	17,6
Kenora	20,0	60,9	19,4
Douglas	19,9	68,2	21,7
Vermillion Bay	19,3	59,9	19,1
Cowan	18,5	54,3	17,3
Caramat Stewens 135	19,9	61,0	19,4
Candle Lake	19,0	57,6	18,3
Louvicourt	18,1	56,9	18,1
Marinette	20,1	58,0	18,5
Nikauba	19,6	60,3	19,2
Winter Harbour	17,7	56,8	18,1
Big River	20,2	71,4	22,7

*Příloha č.2 – souhrnná tabulka mortality a kvality kmene*

Provincie	Úmrtnost	Živí jedinci	průměrná kvalita kmene
Oconto	74 %	53	2,6
Meadow Brook	71 %	59	2,6
Ogemaw	82 %	18	2,9
Superior	69 %	62	2,7
Northwest Wisconsin	75 %	50	3,1
Lake Clova	78 %	44	2,4
Chippewa	78 %	45	2,7
Huron	78 %	45	2,7
Alex River	77 %	46	2,2
St. Louis	78 %	44	2,3
Chequamegon	73 %	55	3,0
Caramat Stewens 77	71 %	59	2,9
Chapeau	86 %	28	2,8
Upper Jay	79 %	42	3,3
Kenora	84 %	32	3,2
Douglas	87 %	26	2,3
Vermillion Bay	83 %	35	2,7
Cowan	78 %	44	2,5
Caramat Stewens 135	86 %	28	1,8
Candle Lake	86 %	28	2,3
Louvicourt	86 %	28	2,5
Marinette	91 %	18	1,9
Nikauba	92 %	17	2,4
Winter Harbour	92 %	16	2,7
Big River	96 %	8	2,1



*Příloha č.3 – počet jedinců jednotlivých kvalit kmene*

provenience	počet jedinců kvality				
	1	2	3	4	5
Douglas	2	25	20	5	1
Upper Jay	3	31	16	6	3
Louvicourt	0	9	2	7	0
Meadow Brook	9	28	9	3	13
St. Louis	1	21	13	4	11
Cowan	12	19	5	1	7
Lake Clova	0	24	11	10	0
Huron	4	23	8	4	6
Vermillion Bay	9	23	11	1	2
Candle Lake	6	25	10	2	1
Chapeau	2	25	9	7	12
Nikauba	10	23	8	0	18
Big River	0	12	11	5	0
Ogemaw	0	4	25	9	4
Marinette	0	8	15	4	5
Kenora	5	11	6	4	0
Superior	1	15	13	5	1
Chippewa	8	15	15	4	2
Oconto	10	15	3	0	0
Chequamegon	2	19	5	1	1
Northwest Wisconsin	2	12	13	1	0
Winter Harbour	4	12	2	0	0
Caramat Stewens 135	0	13	2	1	1
Caramat Stewens 77	1	4	10	1	0
Alex River	2	3	3	0	0