

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Posouzení morfologie a systematického postavení taxonu**

*Betula obscura*

Diplomová práce

Autor: Bc. Roman Závorka

Vedoucí práce: doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

2022

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Roman Závorka

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

**Posouzení morfologie a systematického postavení taxonu *Betula obscura***

Název anglicky

**Assessment of morphology and taxonomical position of *Betula obscura***

---

### Cíle práce

Cílem práce je zhodnotit morfologické parametry břízy tmavé a posoudit její postavení v rodu *Betula*.

### Metodika

Navažte na téma své bakalářské práce a rozšiřte počet vzorků, které budete vyhodnocovat. Do práce zahrňte kromě břízy tmavé, bělokoré a skalní rovněž břízu pýřitou.

Doplňte rešerši o nové zdroje literatury (do října 2021).

Pro morfometrická měření (20 parametrů měřených na listech jedinců) připravte vzorky z předem vybraných lokalit na Moravě. Z každého jedince odeberte dostatečné množství materiálu pro zaherbářování a morfometrické studie. Množství vzorků a měření bude odpovídat požadavkům na statistickou analýzu dat.

Proveďte morfologická měření na listech a konfrontujte jejich výstupy s hodnotami získanými u referenčních taxonů (do ledna 2022).

Vyhotovte elaborát závěrečné práce (do března 2022).

Při vypracování postupujte podle zásad uvedených v nařízení děkana č. 7/2021.

**Doporučený rozsah práce**

min. 35 stran

**Klíčová slova**

bříza tmavá; morfometrie; taxonomie; listové parametry

---

**Doporučené zdroje informací**

- Atkinson MD, Codling AN. 1986. A reliable method for distinguishing between *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Watsonia* 16: 75–87.
- Atkinson MD. 1992. *Betula Pendula* Roth (*B. Verrucosa* Ehrh.) and *B. Pubescens* Ehrh. *The Journal of Ecology* 80: 837.
- Ešnerová J, Karlík P, Zahradník D, Koňasová T, Stejskal J, Baláš M, Vítámvás J, Rašáková N, Stacho J, Kuthan J, et al. 2012. Morfologická variabilita rodu bříza (*Betula* L.) v Krkonoších se zaměřením na tetraploidní zástupce. *Zprávy lesnického výzkumu* 57: 112–125.
- Gardiner AS, Jeffers JNR. 1962. Analysis of the collective species *Betula alba* L. on the basis of leaf measurements. *Silvae Genetica* 11: 125–176.
- Gill JA, Davy AJ. 1983. Variation and polyploidy within lowland populations of the *Betula pendula*/*B. pubescens* complex. *New Phytologist* 94: 433–451.
- Kuneš I, Linda R, Fér T, Karlík P, Baláš M, Ešnerová J, Vítámvás J, Bílý J, Urfus T (2019). Is *Betula carpatica* genetically distinctive? A morphometric, cytometric and molecular study of birches in the Bohemian Massif with a focus on Carpathian birch. *Plos One* 14 (10): e0224387. doi:10.1371/journal.pone.0224387
- Linda R, Kuneš I, Baláš M (2020). Genetic and morphometric variability between populations of *Betula xoycoviensis* from Poland and Czechia: A revised view of the taxonomic treatment of the Ojców birch. *Plos One* 15 (12): e0243310. doi:10.1371/journal.pone.0243310
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2021/22 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra pěstování lesů

**Konzultant**

Ing. Rostislav Linda

Elektronicky schváleno dne 24. 8. 2021

**doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 10. 2021

**prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 02. 03. 2022

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Posouzení morfologie a systematického postavení taxonu *Betula obscura*“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Ivana Kuneše, Ph.D., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V..... dne.....

Podpis autora

## **Poděkování**

V první řadě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce, doc. Ing. Ivanu Kunešovi, Ph.D., za ochotu, trpělivost a jeho rady. Dále bych chtěl poděkovat rodině, zejména rodičům a bratrovi, kamarádům a spolužákům za veškerou podporu. Práce vznikala za podpory projektu TAČR TH03030339 – Metody umělé reprodukce břízy ojcovské a postupy směřující k zachování její populace na území České republiky.

## Abstrakt

Bříza – *Betula* L. je rodem opadavých listnatých dřevin vyznačujících se mimořádnou proměnlivostí a přizpůsobivostí, jež jim umožňuje obývat nejrůznější druhy prostředí ve velkém rozsahu zeměpisných šířek a délek; od živných, zemědělských půd až po chudé, kyselé výsyvky vzniklé po těžbě nerostných surovin. Od močálů až po vysychavá skaliska. Od Sicílie až po arktickou pustinu. Morfologická proměnlivost dřevin tohoto rodu je výrazně ovlivněna synergií faktorů prostředí, například mírou osvětlení, chemismem půdy, vzdušnou vlhkostí, stupněm zakmenění apod. Tato proměnlivost jde ruku v ruce právě s jejich nízkou stanovištní náročností a schopností osidlovat široký rozsah variant prostředí, čímž je dán vznik početným kombinacím faktorů prostředí vedoucím k vývoji rozmanitých forem vzhledu. Mnohé břízy jsou charakteristické také dobrou schopností šíření pylu a semen na velké vzdálenosti, čímž je zajištěn genetický tok mezi jedinci a celými populacemi, přičemž křížení není vyloučeno ani mezi jedinci s odlišnými ploidiemi. Kvůli výše uvedeným skutečnostem představuje determinace a taxonomie bříz velice zdoluhavý a náročný proces často provázený spory mezi akademiky. Autor v návaznosti na bakalářskou práci pokračuje ve vyhodnocování výsledků měření listových parametrů mezi vybranými taxony s navýšeným počtem měřených vzorků a nově přidaným druhem *Betula pubescens* Ehrh. Porovnání morfologie listů je věnováno zejména běžné formě druhu *Betula pendula* Roth a spornému taxonu *Betula pendula* var. *obscura* (Fiek) Olšavská (sensu Kaplan *et al.*, 2019), jež byl v minulosti mnohými autory uváděn jako samostatný druh, zejména kvůli jeho tmavému odstínu kůry, a dále se zaměřuje také na srovnání klasické podoby druhu *Betula pubescens* Ehrh. s provizorně popsáním druhem *Betula petraea* Sýkora ined. V druhé řadě se práce zabývá též porovnáním vybraných taxonů na úrovni ploidiie. Na základě výsledků učiněných pozorování a informací z dostupné literatury dochází autor k závěru, že taxony *B. p.* var. *obscura* a *B. petraea* by neměly být vylišovány na úrovni samostatných druhů, a že taxony s rozdílnou ploidií se mezi sebou jednoznačně odlišují. Rešeršní část práce se zabývá obecnou problematikou bříz, základním popisem domácích a cizokrajných taxonů a podrobnější charakteristikou našich lesnický nejvýznamnějších druhů *Betula pendula* Roth a *Betula pubescens* Ehrh.

Klíčová slova: bříza tmavá, taxonomie, morfometrie, listové parametry

## Abstract

Birch – *Betula* L. is a genus of broad-leaved deciduous woody plants characterised by their extraordinary variability and adaptability, which allows them to colonize a wide variety of environments across a wide range of latitudes and longitudes; from fertile, agricultural soils to poor, acidic spoil heaps created by mineral extraction. From swamps to arid cliffs. From Sicily to the arctic wasteland. The morphological variability of the plants in this genus is strongly influenced by a synergy of environmental factors, such as light levels, soil chemistry, air humidity, stand density *etc.* This variability goes hand in hand with their low habitat requirements and their ability to inhabit a wide range of environmental variations, resulting in numerous combinations of environmental factors leading to the development of diverse forms of appearance. Many species of birch are also characterised by a good ability to disperse pollen and seeds over long distances, which ensures genetic flow between individuals and entire populations, while interbreeding is not excluded even between individuals with different ploidy. Because of the facts mentioned above, the determination and taxonomy of birches is a very long-term and challenging process often accompanied by disputes among academics. Following the bachelor thesis, the author continues to evaluate the results of leaf parameter measurements between selected taxa with an increased number of measured samples and the newly added species *Betula pubescens* Ehrh. The comparison of leaf morphology is mainly devoted to the common form of *Betula pendula* Roth and the controversial taxon *Betula pendula* var. *obscura* (Fiek) Olšovská (sensu Kaplan *et al.*, 2019), which has been considered as a separate species by many authors in the past, mainly due to its dark bark shade, and also focuses on the comparison of the typical *Betula pubescens* Ehrh. with the provisionally described species *Betula petraea* Sýkora ined. Secondly, the paper also deals with the comparison of selected taxa at ploidy level. On the basis of the results of the observations made and information from the available literature, the author concludes that the taxa *B. p.* var. *obscura* and *B. petraea* should not be distinguished at the level of separate species, and that taxa with different ploidy clearly differ from each other. The review part of the thesis focuses on the general issue of birches, the basic description of native and foreign taxa and a more detailed characterization of our most silviculturally important species *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.

Keywords: dark birch, taxonomy, morphometry, leaf parameters

## Obsah

1	Úvod .....	12
2	Cíle práce.....	13
3	Základní popis domácích diploidních taxonů.....	13
3.1	<i>Betula pendula</i> Roth – bříza bělokorá (silver birch).....	13
3.1.1	<i>Betula pendula</i> var. <i>pendula</i> – bříza bělokorá pravá .....	13
3.1.2	<i>Betula pendula</i> var. <i>oycoviensis</i> (Besser) Dippel – bříza ojcovská .....	15
3.1.3	<i>Betula pendula</i> var. <i>obscura</i> (Fiek) Olšavská – bříza tmavá (dark birch) 16	
3.2	<i>Betula nana</i> L. – bříza trpasličí (dwarf birch).....	17
4	Základní popis domácích tetraploidních taxonů.....	18
4.1	<i>Betula pubescens</i> Ehrh. – bříza pýřitá (downy birch).....	18
4.1.1	<i>Betula pubescens</i> subsp. <i>pubescens</i> – bříza pýřitá pravá.....	18
4.1.2	<i>Betula pubescens</i> subsp. <i>carpatica</i> (Willd.) Asch. et Graebn. – bříza karpatská.....	19
4.2	<i>Betula petraea</i> Sýkora ined. – bříza skalní .....	20
5	Významné cizokrajné taxony .....	21
5.1	<i>Betula papyrifera</i> Marshall – bříza papírová (paper birch) .....	21
5.2	<i>Betula lenta</i> L. – bříza tuhá (sweet birch).....	21
5.3	<i>Betula populifolia</i> Marshall – bříza topololistá (gray birch).....	22
5.4	<i>Betula nigra</i> L. – bříza černá (river birch).....	22
5.5	<i>Betula alleghaniensis</i> Britton – bříza žlutá (yellow birch) .....	23
5.6	<i>Betula ermanii</i> Cham. – bříza Ermanova (rock birch).....	23
5.7	<i>Betula maximowicziana</i> Regel – bříza Maximovičova (monarch birch).....	23
5.8	<i>Betula platyphylla</i> Sukatzev – bříza mandžuská.....	24
5.9	<i>Betula albo-sinensis</i> Burkill – bříza čínská (chinese paper birch).....	24
6	Problematika determinace a taxonomie bříz .....	25
6.1	Obecná problematika rodu <i>Betula</i> L. ....	25



6.2	Problematika domácích taxonů .....	26
6.3	Metody druhové determinace.....	28
7	Látky obsažené v rostlinných pletivech .....	31
8	Širší charakteristika břízy bělokoré ( <i>Betula pendula</i> Roth) a břízy pýřité ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.).....	32
8.1	Areál výskytu .....	32
8.2	Půdní nároky .....	33
8.3	Působení na půdu .....	35
8.4	Obnova .....	36
8.5	Škůdci.....	37
8.5.1	Hmyz.....	37
8.5.2	Houby.....	38
8.5.3	Jiní škůdci .....	38
8.6	Interakce s živými složkami prostředí.....	39
8.7	Abiotické faktory .....	40
8.7.1	Vliv teploty a větru .....	40
8.7.2	Nároky na přísun světla .....	40
8.8	Uplatnění v lesním hospodářství .....	41
9	Metodika.....	43
9.1	Terénní práce.....	43
9.2	Měření morfologických znaků a určení ploidie .....	45
9.3	Statistické zpracování dat.....	47
10	Výsledky .....	48
10.1	Souhrnné tabulky a grafy .....	48
10.2	Zobrazení statisticky významných rozdílů v grafech.....	55
10.2.1	Statistiky významné rozdíly s p-hodnotou <0,001 .....	55
10.2.2	Statistiky významné rozdíly s p-hodnotou >0,001 .....	60

10.3 Výstupy analýzy hlavních komponent .....	65
11 Diskuse .....	68
12 Závěr .....	73
13 Seznam zdrojů .....	74

## Seznam obrázků

Obr. 1: Bříza bělokorá pravá ( <i>B. pendula</i> ) – pohled na strom s typickým převisem na konci větvi, bílým kmenem a tmavou rozpukanou bází . .....	14
Obr. 2: Bříza ojcovská ( <i>B. oycoviensis</i> ) – pohled na habitus stromu. ....	15
Obr. 3: Bříza tmavá ( <i>B. obscura</i> ) – Záběr na habitus a kmen stromu. ....	16
Obr. 4: Bříza trpasličí ( <i>B. nana</i> ) – celkový vzhled a detailní záběr na letorosty. ....	17
Obr. 5: Bříza pýřitá pravá ( <i>B. pubescens</i> ) – habitus a hladká báze stromu. ....	18
Obr. 6: Bříza karpatská ( <i>B. carpatica</i> ) v Labském dole – záběr na habitus stromu. ....	19
Obr. 7: Grafické znázornění klasifikace Ashburnera a McAllistera.....	25
Obr. 8: Detailní porovnání větví dvou lesnický významných druhů bříz .....	28
Obr. 9: Porovnání listů dvou lesnický významných druhů bříz .....	29
Obr. 10: Porovnání rozdílů v morfologii nažek mezi taxony. ....	29
Obr. 11: Areál výskytu břízy bělokoré ( <i>B. pendula</i> ) a břízy pýřité ( <i>B. pubescens</i> ) .....	32
Obr. 12: Mapa s místy odběrů uskutečněných na území České republiky a Slovenska v průběhu vegetační sezóny v letech 2018 a 2021.....	43
Obr. 13: Grafická ilustrace sledovaných morfologických znaků .....	46
Obr. 14: Graf s procentickým vyjádřením středních hodnot sledovaných parametrů pro jednotlivé taxony.....	53
Obr. 15: Graf s procentuálním vyjádřením směrodatné odchylky sledovaných morfologických znaků pro jednotlivé taxony. ....	54
Obr. 16: Krabicový graf porovnávající délku čepele listu mezi taxony a místy odběrů. ....	55
Obr. 17: Krabicový graf porovnávající šířku listové čepele mezi taxony a místy odběrů. ....	56
Obr. 18: Krabicový graf porovnávající úhel špičky listové čepele mezi taxony a místy odběrů. ....	57
Obr. 19: Krabicový graf porovnávající vzdálenost nejširšího místa čepele od báze mezi taxony a místy odběrů.....	58

Obr. 20: Krabicový graf porovnávající šířku listové čepele v horní ¼ mezi taxony a místy odběrů. ....	59
Obr. 21: Krabicový graf porovnávající vzdálenost mezi žilkami mezi taxony a místy odběrů. ....	60
Obr. 22: Krabicový graf porovnávající úhel první žilky mezi taxony a místy odběrů. ...	61
Obr. 23: Krabicový graf porovnávající vzdálenost čtvrté žilky od špičky čepele mezi taxony a místy odběrů. ....	62
Obr. 24: Krabicový graf porovnávající počet postranních žilek mezi taxony a místy odběrů. ....	63
Obr. 25: Krabicový graf porovnávající úhel vroubení listu mezi taxony a místy odběrů. ....	64
Obr. 26: Bodový graf analýzy hlavních komponent (PCA) zobrazující hodnocené diploidní jedince rozlišené podle taxonu a místa odběru. ....	65
Obr. 27: Bodový graf analýzy hlavních komponent (PCA) zobrazující hodnocené tetraploidní jedince rozlišené podle taxonu a místa odběru. ....	66
Obr. 28: Bodový graf analýzy hlavních komponent (PCA) zobrazující hodnocené jedince rozlišené podle taxonu a ploidy. ....	67

## Seznam tabulek

Tab. 1: Výpis lokalit, rozmezí nadmořských výšek, ve kterých byl sběr prováděn a počtu jedinců příslušných taxonů, u nichž byl odběr vzorků realizován během vegetačního období v letech 2018 a 2021. ....	44
Tab. 2: Výpis měřených morfologických znaků s jejich označením. ....	46
Tab. 3: Výsledné p-hodnoty testu normality a homoskedasticity. ....	48
Tab. 4: Souhrnná tabulka s hodnotami mediánu sledovaných znaků rozdělených dle lokalit a taxonů. ....	49
Tab. 5: Souhrnná tabulka porovnávající minimální, střední a maximální hodnoty znaků podle jednotlivých taxonů. ....	50
Tab. 6: Souhrnná tabulka porovnávající taxony dle průměru, směrodatné odchylky a rozsahu hodnot znaků. ....	51
Tab. 7: Výsledky analýzy vícenásobného porovnání mezi taxony a dvouvýběrových testů pro porovnání ploidií. ....	52

# 1 Úvod

Bříza (*Betula* L.) je rod listnatých dřevin sestávající z opadavých stromů a keřů patřící do čeledi břízovitých (*Betulaceae*) a řádu bukotvarých (*Fagales*); pocházející ze severní polokoule a zahrnující asi 30–60 druhů (Järvinen *et al.*, 2004). Jde o světlomilné pionýrské dřeviny příznačné rychlým růstem v mládí, vysokou produkcí semen, proměnlivostí vzhledu a poměrně krátkým životem, které rychle zabírají otevřené plochy vzniklé působením destruktivních činitelů (Hynynen, *et al.* 2010; Cameron, 1996).

Osidlují klimaticky a edaficky nevhodná místa pro ostatní druhy dřevin, jako jsou rašeliniště či slatiny (Atkinson, 1992). Vyskytují se v širokém spektru klimatických podmínek, od arktické tundry až po intertropické pásmo (Jonczak *et al.*, 2020). Značné množství druhů je adaptováno na chladné severní klima; byly zaznamenány i na místech s poklesem teplot na  $-70^{\circ}\text{C}$  (Ferm, 1993). Rostou též ve velkém rozsahu nadmořských výšek, a to od nížin až po vysokohorské oblasti; jejich výskyt byl pozorován až ve výškách 1950 m n. m. v Alpách a 1478 m n. m. v Tatrách (Jonczak *et al.*, 2020).

Taxonomie tohoto rodu je velmi složitá (Linda *et al.*, 2017; Järvinen *et al.*, 2004; Koski, Rousi, 2005) a dle aktuální botanické literatury Kaplan *et al.* (2019) jsou v České republice vylišovány celkem tři druhy: bříza bělokora (*Betula pendula* Roth), bříza pýřitá (*Betula pubescens* Ehrh.) a bříza trpasličí (*Betula nana* L.); bříza nízká (*Betula humilis* Schrank), která se ještě na začátku 20. století vyskytovala v okolí Olomouce, je u nás již druhem vyhynulým (Buriánek *et al.*, 2014; Kříž, 1990). V rámci Evropy jsou za lesnický a komerčně nejvýznamnější považovány druhy *Betula pendula* a *Betula pubescens* (Ferm, 1993; Hynynen, *et al.* 2010; Hytönen *et al.*, 2014; Cameron, 1996), které jsou zároveň nejrozšířenějšími druhy mírného klimatického pásma (Jonczak *et al.*, 2020).

V minulosti byla bříza mnohdy brána jako překážející a bezcenný plevel (Dubois *et al.*, 2020). Zájem o břízu u nás nastal až ve spojitosti se zalesňováním kalamitních holin (Dudík *et al.*, 2018). Pro svou nenáročnost a příznivý vliv na prostředí nachází velké uplatnění v oblasti rekultivace krajiny (Ešnerová *et al.*, 2012), například prostřednictvím zakládání porostů náhradních dřevin (Slodičák, Novák, 2008). Bříza bělokora je pro svou odolnost vůči nepříznivým vlivům též vhodnou dřevinou k zakládání zeleně ve městech (Hájková *et al.*, 2007), a její místní intenzivní výsadba by mohla přispět k čistějšímu ovzduší od nečistot (Li, 2018). Břízy mimo jiné představují zdroj cenného dříví s dobrým uplatněním ve dřevovýrobě (Zeidler, 2010).

## 2 Cíle práce

Širším cílem práce je přispět informacemi o problematice rodu *Betula* L. a našich lesnický nejvýznamnějších druzích *Betula pendula* Roth a *Betula pubescens* Ehrh. Hlavním cílem práce je vzájemně porovnat výsledky měření 16 vybraných morfologických znaků na vzorkovaných listech typické (pravé) formy druhu *Betula pendula* Roth, sporného taxonu *Betula pendula* var. *obscura* (Fiek) Olšavská (sensu Kaplan *et al.*, 2019), v druhé řadě také klasické (pravé) podoby *Betula pubescens* Ehrh. a provizorně popsáno druhu *Betula petraea* Sýkora ined. a z výstupů těchto konfrontací následně zvážit postavení problematických taxonů *B. p.* var. *obscura* a *B. petraea*. Vedlejší úlohou metodické části je také porovnání čtyř výše vyjmenovaných taxonů na úrovni ploidie.

## 3 Základní popis domácích diploidních taxonů

### 3.1 *Betula pendula* Roth – bříza bělokorá (silver birch)

(syn: *B. verrucosa* Ehrh. – b. bradavičnatá)

Poznámka: v rámci druhu jsou vylišovány tři variety (sensu Kaplan *et al.*, 2019), které jsou některými autory uváděny jako samostatné druhy.

#### 3.1.1 *Betula pendula* var. *pendula* – bříza bělokorá pravá

Strom s výškou do 30 m a v mládí rovným, později zpravidla zprohýbaným kmenem s tloušťkou i nad 75 cm. Dožívá se obvykle 100–150 let (Maděra, Úradníček, 2001), avšak byli zaznamenáni i jedinci dosahující věku až 180 let (Nieuwenhuis, Barrett, 2002). Kůra je bílá a odlupuje se v úzkých pruzích; v pokročilém věku se na spodních částech kmene formuje typická výrazně popraskaná černá borka. Hnědavé větévky nižšího řádu jsou holé, hustě poseté žlázkami a na koncích typicky převislé. Listy lysé, 3–8 cm dlouhé, tvarově velmi variabilní: trojúhelníkovité, kosočtverečné, kosníkovité, vejčité až vejčité deltoidní, s 2× pilovitým okrajem, 5–7 (–12) páry postranních žilek, dlouze špičatým vrcholkem a bází rovnou, uťatou či klínovitou. Brachyblasty zpravidla se dvěma až třemi listy. Samčí jehnědy s převisem a samičí zprvu vzpřímené a později převislé; podpurné šupinky s prostředním lalokem menším a špičatým a bočními laloky tupými, širšími a skloněnými. Křídélka nažky jsou alespoň 2× širší než semeno (Maděra, Úradníček, 2001; Kaplan *et al.*, 2019; Horáček, 2019; Buriánek *et al.*, 2014).

Poznámka: v textu se pod názvem *B. pendula* myslí zejména typická (pravá) bříza bělokorá.



*Obr. 1: Bříza bělokorá pravá (*B. pendula*) – pohled na strom s typickým převisem na konci větví (nahore), bílým kmenem (vpravo dole) a tmavou rozpukanou bází (vlevo dole). Zdroj: Roman Závorka.*

### 3.1.2 *Betula pendula* var. *oycoviensis* (Besser) Dippel – bříza ojcovská

(Syn: *Betula oycoviensis* Besser)

Keř až malý strom se zkrouceným kmenem a nesouměrnou korunou s obloukovitě odstávajícími větvemi dorůstající do 1–5 (–8) m. Kůra na tlustších kmenech je šedobílá, zatímco na tenkých prýtech je červenohnědá, obvykle hustě posetá žlázkami. Řapíky listů načervenalé. Listy 1,5–3 (–5) cm dlouhé, kosočtverečné, široce vejčité kosočtverečné nebo okrouhle vejčité s široce klínovitou bází, 3–5 (–6) páry postranních žilek a dvojité nebo jednoduše pilovitým okrajem. Na brachyblastu je zhruba 4–6 listů. Samičí jehnědy mají přibližně 2 cm v délce; podpůrné šupinky mají postranní laloky širší než lalok prostřední a jsou zahnuté nazpět. Plodem je nažka s křídélky dvojnásobně širšími, než je semeno samotné (Kaplan *et. al.*, 2019; Buriánek *et al.*, 2014; Horáček, 2019; Maděra, Úradníček, 2001). Ekologické nároky obdobné jako u běžné břízy bělokoré. Dobře roste i na půdách chudých a vysychavých (Buriánek *et al.*, 2014; Maděra, Úradníček, 2001).

Její výskyt byl hlášen na několika místech v Dánsku, Švédsku, Polsku, Rusku, Rumunsku, Ukrajině a České republice. U nás byla registrována v okolí obcí Volyně a Pavlova, na Chomutovsku, Křivoklátsku, Třeboňsku a na území Krušných hor (Vítámvás *et al.*, 2020, Buriánek *et al.*, 2014; Maděra, Úradníček, 2001). V rámci záchrany populací této vzácné břízy probíhají pokusy o vegetativní způsoby rozmnožování – klonování skrze *in vitro* mikropropagace a také roubování (Vítámvás *et al.*, 2020). Poznámka: v pozdějších částech textu zkráceně jako: *B. oycoviensis*.



Obr. 2: Bříza ojcovská (*B. oycoviensis*) – pohled na habitus stromu. Zdroj: Vítámvás *et al.* (2020).

### 3.1.3 *Betula pendula* var. *obscura* (Fiek) Olšavská – bříza tmavá (dark birch)

(syn: *B. obscura* A. Kotula)

Strom vysoký až 15–25 m, s neloupající se hladkou borkou hnědé, černohnědé či tmavě červenohnědé barvy vystupující až do vrcholu koruny stromu. Spodní části kmene jsou černé a ve stáří často kostičkovitě rozpraskané. Větve v korunách stromu nebývají bílé jako u běžné formy *B. pendula*. Letorosty lysé s pryskyřičnými žlázkami. Listy lysé, 3–7 (–10) cm dlouhé, kosočtverečně vejčité až kosníkovité s 4–9 páry žilek a nasivělým rubem. Na brachyblastu 2–3 listy. Okraje listů dvakrát pilovité. Šištičky 25–45 mm dlouhé; podpůrné šupinky s postranními laloky zkosenými nazpět a širšími než lalok prostřední. Nažky s křídélky přibližně dvakrát širšími, než je samotné semeno (Kaplan *et al.*, 2019; Horáček, 2019; Maděra, Úradníček, 2001).

Ekologické nároky stejné jako u typické *B. pendula*. V rámci ČR byla zaznamenána na severní Moravě (např. Hrubý Jeseník, Moravskoslezské Beskydy, Javorníky, Jesenické podhůří, Slezská pahorkatina). Dále byla pozorována na území Polska, Slovenska, Ukrajiny a údajně též Skandinávie (Maděra, Úradníček, 2001; Buriánek *et al.*, 2014)

Poznámka: v pozdějších částech textu zkráceně jako: *B. obscura*.



Obr. 3: Bříza tmavá (*B. obscura*) – Záběr na habitus (vlevo) a kmen stromu (vpravo). Zdroj: Ivan Kuneš.



### 3.2 *Betula nana* L. – bříza trpasličí (dwarf birch)

Zakrslý, jemně větvený keř s výškou asi 20–80 (–100) cm a kmínky s tloušťkou do 2 cm. Letorosty jsou tuhé, olysalé až pýřité; v mládí zpravidla posety pryskyřičnými žlázkami. Zbarvení málo loupavé borky je zprvu hnědé a později šedočerné. Listy 4–15 (20) mm dlouhé a nasazené na velmi krátkých, nejvíce 3 mm dlouhých řapících; tvarem takřka okrouhlé, okrouhle obvejčité či ledvinité; celý obvod listu je jemně až hluboce vroubkován. Svrchní plocha listu temně zelená a spodní světle zelená. Jehnědy 5–15 mm dlouhé a obsahují květy jen jednoho pohlaví; samčí / samičí jehnědy. Šupinky lysé, trojklanné s přímými laloky; postranní jsou kratší než středový. Plodem je nažka s úzkými křídélky, jejichž šíře se může rovnat až ¼ šířky těla plodu (Horáček, 2019; Maděra, Úradníček, 2001; de Groot *et al.*, 1997)

Tento druh má stejně jako ostatní břízy značné nároky na světlo a volnou plochu. Může růst na hlubokých vrstvách rašeliny a snese i trvalé zamokření. Je otužilý a velmi dobře adaptovaný na extrémní klimatické podmínky vysokohorských oblastí a tundry (Maděra, Úradníček, 2001). Vyskytuje se hlavně v tundrách Eurasie, Severní Ameriky, Grónska a Islandu (Maděra, Úradníček, 2001; Buriánek *et al.*, 2014). Na našem území byla pozorována jen na několika málo lokalitách, jako jsou např. Šumava, Krušné hory, Orlické hory a Jizerské hory (Máchová *et al.*, 2015; Maděra, Úradníček, 2001; Buriánek *et al.*, 2014; Horáček, 2019); roste zejména na kyselých půdách horských vrchovišť a rašelinných lukách (Buriánek *et al.*, 2014). V České republice je tato dřevina zařazena mezi druhy kriticky ohrožené, a pro její zachování a množení se využívá *in vitro* mikropropagace speciální metodou organogeneze (Máchová *et al.*, 2015; MZe, 2020).



Obr. 4: Bříza trpasličí (*B. nana*) – celkový vzhled (vlevo) a detailní záběr na letorosty (vpravo). Zdroj: Buriánek *et al.* (2014).

## 4 Základní popis domácích tetraploidních taxonů

### 4.1 *Betula pubescens* Ehrh. – bříza pýřitá (downy birch)

Poznámka: v rámci druhu jsou vylišovány dva poddruhy (sensu Kaplan *et al.*, 2019), které jsou některými autory vylišovány jako samostatné druhy.

#### 4.1.1 *Betula pubescens* subsp. *pubescens* – bříza pýřitá pravá

Strom dosahující výšky do 20 m, s kmenem o tloušťce do 70 cm. Jedná se o poměrně krátkověkou dřevinu dožívající se přibližně 100 let. Kůra je zpravidla bílá, nicméně může být též našedlá, nahnědlá až šedohnědá; odlupuje se v tenkých pruzích a je zpravidla nerozpukaná. Větve v koruně mají lehce křivolaký průběh a jejich konce jsou bez převisu. Letorosty červenohnědé, bez bradavic, a i v dospělosti zřetelně pýřité; slabé větve jsou bílé. Listy 3–7 cm dlouhé, široce vejčité, vejčité eliptické, kosníkovitě vejčité až kosočtverečné s nerovnou bází, 5–7 páry postranních žilek, 1–2× jemně vroubkovaným okrajem a chlupatým řapíkem. Na svrchní straně jsou listy sytě zelené, zatímco vespod bledší a alespoň podél střední žilky (v paždí žilek) ochlupené. Samčí jehnědy s převisem, samičí jehnědy zprvu vzpřímené a po opylení rovněž převislé. Laloky podpůrných šupin lehce ochmýřené; středový lalok je ve srovnání s postranními laloky orientovanými do stran nebo šikmo vpřed užší, kratší až přibližně stejně dlouhý. Plodem je nažka s křídélky o šíři 1–1,5× šířky vlastního semene (Maděra, Úradníček, 2001; Kaplan *et al.*, 2019; Horáček, 2019; Buriánek *et al.*, 2014). Poznámka: v textu se pod názvem *B. pubescens* myslí zejména typická (pravá) bříza pýřitá.

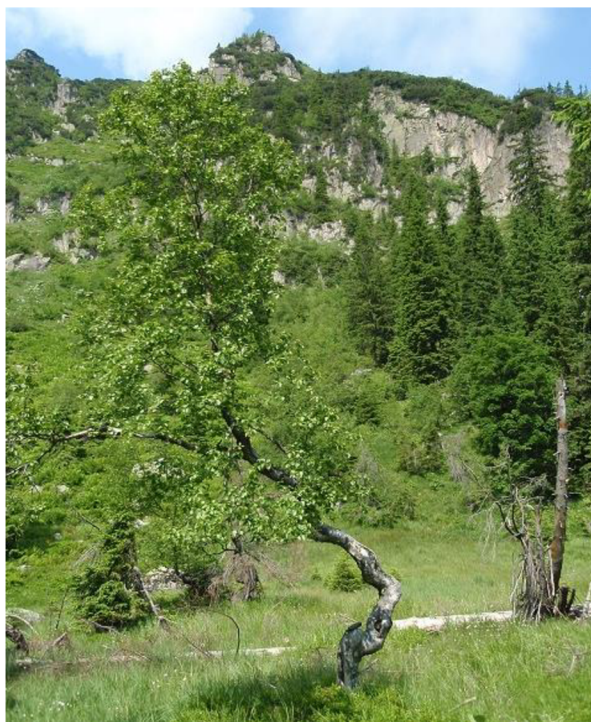


Obr. 5: Bříza pýřitá pravá (*B. pubescens*) – habitus (vlevo) a hladká báze stromu (vpravo).  
Zdroj: Roman Závorka.

4.1.2 *Betula pubescens subsp. carpatica* (Willd.) Asch. et Graebn. – bříza karpatská  
(Syn: *Betula carpatica* Walldst et Kit. ex Willd)

Keře či malé stromy, zpravidla s pokrouceným kmenem s tloušťkou do 50 cm a nepravidelnou korunou s řídkým větvením dosahující výšky do 15 m. Větvičky s roztroušenými žlázkami zpočátku pýřité a později olýsalé. Slabé větve jsou tmavé. Barva kůry je vcelku poměrně rozmanitá – bílá, šedá, žlutavá, červenohnědá až černá. Čepel listu přibližně 2,5–6 cm dlouhá, vejčitá až kosníkovitá s výrazným, nestejně 2× pilovitým okrajem. Listy jsou vespod zprvu chlupaté, a později se chloupky udržují alespoň na žilkách. Z brachyblastu většinou vyrůstají tři listy. Samičí jehnědy s délkou do 35 mm; postranní laloky podpůrných šupinek směřují vpřed či mírně do stran. Nažka s křídélky, jejichž šíře zhruba odpovídá šířce těla plodu. Semena spolu s podpůrnými šupinkami jsou lehce ochmýřené (Maděra, Úradníček, 2001; Kaplan *et al.*, 2019).

Tato dřevina má značné nároky na přísun světla a dostatek prostoru. Osidluje místa s dostatečným úhrnem srážek a vlhkou půdou (Maděra, Úradníček, 2001). Tento taxon je charakteristický značnou odolností vůči mrazu a při dostatečném přísunu světla dokáže růst na zeminách všeho druhu (Sýkora, 1983), nicméně upřednostňuje humózní substráty s vysokým podílem skeletu či rašeliniště ve vysoko položených polohách. V ČR jsou např. na území Krušných hor, v Krkonoších a na Šumavě (Maděra, Úradníček, 2001).  
Poznámka: v pozdějších částech textu zkráceně jako: *B. carpatica*.



Obr. 6: Bříza karpatská (*B. carpatica*) v Labském dole – záběr na habitus stromu. Zdroj: Ivan Kuneš.

## 4.2 *Betula petraea* Sýkora ined. – bříza skalní

Jde o druh objeven a provizorně popsán Sýkorou, jenž není dodnes řadou taxonomů akceptován (Kaplan *et al.*, 2019; Buriánek *et al.*, 2014; Karlík, 2010). Dle popisu jsou typickými znaky tohoto taxonu dvakrát zubaté, široce podlouhlé listy, které jsou až ke koncům větví stejnotvaré s nerovnoběžnými okraji. Listy na obou stranách zelené (na rubu světlejší), s (–3) 5–8 páry postranních žilek (Sýkora, 1983). Rub listu na žilnatině krátce chlupatý, ale mezi žilkami holý (Buriánek *et al.*, 2014); žilnatina je na rubu mnohdy rezavě naběhlá. Šupinky v samičích jehnědách obvykle s rovnovážně odstálými bočními křídélky (Sýkora, 1983). Letorosty údajně lysé, stejně jako u břízy bělokoré (Buriánek *et al.*, 2014).

Tradičně se vyskytuje ve skalních městech severočeské křídové tabule, kde je pokládán za druh tzv. „reliktních borů.“ Hojný výskyt byl poznamenán ve skalních městech: Broumovské stěny, Labské pískovce, Teplicko-Adršpašské skály, Ostáš a Hejšovina. Dále též na skalnatých stanovištích v Českém středohoří, Polomených horách, Českém ráji a Brdech. Mimo skalnatá stanoviště osidluje také stanoviště rašelinná, jako jsou ku příkladu rašelinné pánve na Šumavě, Třeboňsku, Českomoravské vysočině apod. Znamenitym rysem většiny lokalit, ve kterých se tento taxon nalézá je, že mají reliktní charakter. Avšak výskyt *Betula petraea* byl zaregistrován i na Frýdlantsku, Šluknovsku a v Liberecké kotlině, kde jej lze běžně pozorovat na okrajích lesů, ale rovněž i na místech dotčených lidskou činností (Sýkora, 1983; Karlík, 2010).

Poznámka: v pozdějších částech textu zkráceně jako: *B. petraea*.

## 5 Významné cizokrajné taxony

### 5.1 *Betula papyrifera* Marshall – bříza papírová (paper birch)

Severoamerický druh břízy dosahující výšky 5–25 (–30) m, zpravidla tvořící kulatou až asymetrickou korunu a více než jeden kmen o tloušťce do 1 m. Životnost tohoto druhu se pohybuje kolem 150 let. Kůra je v mládí červeno či bronzově hnědá, později sněhově bílá až narůžovělá a papírovatě se loupe; spodní část kmene může být černá. Listy vejčité, tuhé, střídavé, 4–10 (–12) cm dlouhé, zašpičatělé s 1–2× ostře zubatým okrajem a 15–30 mm tlustým řapíkem. Báze listu oblá, srdčitá, uťatá či klínovitá; na rubu 6–10 párů postranních žilek s úžlabními chloupky. Samčí jehnědy převislé s délkou do 10 cm; samičí jehnědy vzpřímené a obvykle méně než 4 cm dlouhé (Horáček, 2019; Spohn, Spohn, 2013; Schweingruber *et al.*, 2019; Furlow, 1990). Tento druh se také vyznačuje různými počty chromozomů:  $2n = 56, 70$  nebo  $84$  (Furlow, 1990; McCown, 1989).

Využívá se pro okrasné a dřevařské účely (McCown, 1989). Roste na suchých až vlhkých půdách, od kyselých rašelinišť až po vápence; v nadmořských výškách do 1500 m n. m. (Schweingruber *et al.*, 2019); nicméně nejlépe prosperuje v mírném klimatu na vlhkých, kyselých písčitých až siltových hlínách (Dirr, 2011).

### 5.2 *Betula lenta* L. – bříza tuhá (sweet birch)

(syn: *B. carpinifolia* Ehrh.)

Původem z východu Kanady a USA; strom se vzrůstem 15–25 m formující štíhlou až široce kuželovitou či válcovitou korunu; kůra je černavá až hnědočervená a neodlupuje se. Leskle zelené listy, 5–12 cm dlouhé, vejčité s 9–13 (–18) páry postranních žilek, srdčitou bází, 2× ostře pilovitým okrajem a zašpičatělým vrcholkem jsou nasazené na 15–25 mm dlouhých řapících. Šišťice 2–3 cm dlouhé a elipsoidní; listeny šištic holé (Horáček, 2019; Spohn, Spohn, 2013).

Nejlépe roste na vlhkých, dobře propustných půdách, ale vyskytuje se i na různých, méně příznivých stanovištích s kamenitou hrubozrnnou strukturou nebo mělkou půdou. V Americe byla pozorována ve výškách do 1370 m n. m. (Lamson, 1990). Představuje důležitý zdroj dříví pro dřevařský a papírenský průmysl. Pro obsažené látky, zejména methylsalicylát, nachází také uplatnění ve zdravotnictví, kosmetice a potravinářství (Furlow, 1990; Lamson, 1990). Diploidní druh  $2n = 28$  (McCown, 1989).

### 5.3 *Betula populifolia* Marshall – bříza topololistá (gray birch)

(Syn.: *B. alba* subsp. *populifolia* (Marshall) Regel)

Druh břízy pocházející z východní části Severní Ameriky dorůstající do výšky 10–20 m. Vytváří větší počet kmenů s šedobílou neodlupující se kůrou. Listy leskle zelené, 3–10 cm dlouhé, trojúhelníkovité, kosočtverečné nebo vejčité, dlouze zašpičatělé s 2× pilovitými okraji, 6–9 páry žilek a bázi uťatou až klínovitou. Samičí jehnědy až 3 cm dlouhé a válcovité. Podpůrné šupinky jsou tak široké jako dlouhé s velmi malým středním cípem (Horáček, 2019). Upřednostňuje mírné klima a kyselé, písčité, štěrkovité až kamenité půdy s nízkým obsahem živin (Dirr, 2011).  $2n = 28$  chromozomů (McCown, 1989).

### 5.4 *Betula nigra* L. – bříza černá (river birch)

(Syn.: *B. rubra* F. Michx.)

Severoamerická bříza s rozšířením od Nové Anglie až po Texas (McCown, 1989). Strom obvykle s větším počtem kmenů dosahující výšky 15–20 m; kůra zprvu hladká, načervenalá až žlutohnědá, později se však řasnatě stáčí a tmavne, až je nakonec černá. Neodlupující se letorosty jsou zpočátku pýřité. Listy vejčité, kosočtverečné až vejčité kosočtverečné, 2–8×3–12 cm velké s 5–12 dvojicemi postranních žilek, okrajem 2× pilovitým, klínovitou až uťatou bázi a zašpičatělým vrcholem. Na rubu jsou listy šedě až modře zelené. Šišťice dlouhé 25–40 mm s šupinami se třemi přibližně stejně velkými cípy (Horáček, 2019, Spohn, Spohn, 2013). Diploidní druh:  $2n = 28$  chromozomů (McCown, 1989; Furlow, 1990).

Jde o dřevinu aluvií vyznačující se vysokou tolerancí vůči půdní vlhkosti, avšak má jen středně velkou toleranci vůči záplavám; osidluje i půdy vysychavé. Druh též dokáže osidlovat půdy s extrémně nízkým pH (2–4). Pověšinou se vyskytuje v nadmořských výškách pod 550 m n. m., avšak byla zaznamenána i ve výškách okolo 670 m n. m. Uplatní se v místním dřevařském průmyslu na výrobu levného nábytku, hraček a vlákniny. Pro svou schopnost obývat extrémně kyselé půdy se využívá pro rekultivaci půdy po důlní těžbě; má též vysoký potenciál jako protierozní dřevina. Pro svůj atraktivní vzhled se vysazuje také jako okrasná dřevina (Grelen, 1990); v Evropě se běžně vysazuje jako okrasná dřevina v parcích a zahradách (Spohn, Spohn, 2013).

## 5.5 *Betula alleghaniensis* Britton – bříza žlutá (yellow birch)

(Syn.: *B. lutea* F. Michx.)

Původem z východu Severní Ameriky. Prořídlý strom často s více kmeny dosahující výšky 20–30 m; kůra se odlupuje a má zprvu nažloutle šedivou a později červenohnědou barvu. Listy matně zelené, 6–12 cm dlouhé, vejčité, vejčité podlouhlé či podlouhle oválné s 2× ostře pilovitým okrajem, 9–18 páry žilek a 1–2 cm dlouhými řapíky. Jehnědy jsou vzpřímené a až 3 cm dlouhé; plodenství o velikosti 10–25×15–30 mm; křídélka užší než semenné pouzdro, šupinky pýřité (Horáček, 2019). Hexaploidní: 84 chromozomů (McCown, 1989, Furlow, 1990).

Obývá chladné oblasti s dostatkem srážek. Nejlépe prosperuje na dobře propustných živných a středně písčitých hlínách. Dříví se uplatní v dřevařství při výrobě dých, nábytku, překližek atd (Erdmann, 1990).

## 5.6 *Betula ermanii* Cham. – bříza Ermanova (rock birch)

Pomalu rostoucí bříza domovem na východě Asie. Strom s řídkou, širokou volnou korunou dorůstající do výšky 20 (25) m. Kůra načervenalá, šedá, žlutobílá až téměř bílá a tence se odlupuje; letorosty jsou bradavičnatě žláznaté. Listy na světle žlutých, 1–2 mm dlouhých řapících jsou 4–12 cm dlouhé, trojúhelně vejčité až široce vejčité se špičatým až zašpičatělým vrcholkem, s hrubě pilovitým okrajem, bází uťatou nebo srdčitou, 6–12 páry žilek a žlázkami na obou stranách listu. Jehnědy zůstávají i přes zimu; šištíčky 8–10×20–40 mm velké se šupinami 1–2 cm dlouhými s prostředním lalokem čárkovitě kopinatým (Horáček, 2019; Spohn, Spohn, 2013). Diploid: s 28 chromozomy (McCown, 1989). Hojně vysazovaná v parcích a okrasných zahradách Evropy (Spohn, Spohn, 2013).

## 5.7 *Betula maximowicziana* Regel – bříza Maximovičova (monarch birch)

Rychle rostoucí druh původem z Japonska. Strom asi 20–30 m vysoký s řídkou rozložitou korunou. Kůra v mládí hnědá, později šedě bělavá a tence se odlupující; na dotek však zůstává hladká. Listy 8–15 (–20) cm dlouhé s široce srdčito-vejčítým tvarem, 2× pilovité, špičaté nebo zašpičaté s 25–35 mm dlouhými řapíky a 10 až 12 dvojicemi žilek. Šišťičky nicí, 1,5–7 cm dlouhé a ve svazcích po 3–4; šupinky s postranními cípy podstatně kratšími, než je cíp prostřední (Horáček, 2019; Spohn, Spohn, 2013). Diploidní druh:  $2n = 28$  (McCown, 1989). Dřevo této břízy se v Japonsku využívá k výrobě podlah, nábytku a beden (Spohn, Spohn, 2013).

## 5.8 *Betula platyphylla* Sukatzev – bříza mandžuská

Druh rozšířen zejména v oblasti Mandžuska, Koreje (Horáček, 2019) a dalekého východu Ruska (Zyryanova *et al.*, 2010). Strom o výšce 10–30 m (Horáček, 2019) s tloušťkou kmene do 50 cm. Jde o rychle rostoucí druh s poměrně krátkou životností; zpravidla ne více než 120 let. Kůra stromu bílá nebo šedá (Zyryanova *et al.*, 2010); letorosty tenké, temně šedé až načervenalé a hustě, žláznatě chlupaté. Čepel listu trojúhelná, vejčité či kosočtverečně trojúhelná až kosočtverečně či široce vejčitá s plochou 20–75×30–90 mm a okrajem hrubě pilovitým; listy mají 5–9 párů postranních žilek a jsou nasazené na 10–25 mm dlouhých řapících. Samičí květenství 20–50×6–14 mm; listeny se středním lalokem trojúhelně vejčitým (Horáček, 2019). Diploidní či tetraploidní ( $2n = 28, 56$ ) (Wang *et al.*, 2019; McCown, 1989).

V Rusku a Číně je považována za lesnický významnou (Zyryanova *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2019). Tento druh se vyskytuje v oblastech mírného až subarktického klimatu. Nejlépe prosperuje na středně vlhkých až vlhčích, dobře propustných písčitých či kamenitých půdách na plném slunci až v polostínu. Poměrně dobře snáší drsné podmínky: je tolerantní vůči suchu, záplavám, chladu a může růst rovněž na zasolených půdách (Wang *et al.*, 2019).

## 5.9 *Betula albo-sinensis* Burkill – bříza čínská (chinese paper birch)

(Syn.: *B. utilis* var. *sinensis* (Franch.) H. J. P. Winkl.)

Bříza pocházející ze západní části Číny. Strom vysoký 10–20 (–30) m s kůrou v mládí mahagonově hnědou a později bělavě růžovou až červeně oranžovou, která se odlupuje ve velkých pásech, a letorosty roztroušeně žláznatými. Listy vejčité, vejčité eliptické až vejčité podlouhlé s plochou 2–5×3–8 cm, bázi zaoblenou až srdčitou, dlouze špičatým vrcholem, 2× nepravidelně pilovitým okrajem, 9–14 páry postranních žilek (Horáček, 2019; Spohn, Spohn, 2013) a řapíky s délkou 5–15 mm. Listeny 4–7 mm dlouhé; šištice mají vejcovitě cylindrický tvar a jsou asi 1–1,2×3–4 cm velké; trojlaločné boční laloky pouze z 1/3 dlouhé jako lalok prostřední s podlouhlým či kopinatým tvarem; nažka 2–3 mm dlouhá (Horáček, 2019).

Výroba nábytku, překližek a papíru. Pro svou zajímavou, výrazně zbarvenou kůru bývá též vysazována v parcích a okrasných zahradách. Ve své domovině roste v nadmořských výškách 2000–2900 m n. m. (Spohn, Spohn, 2013).

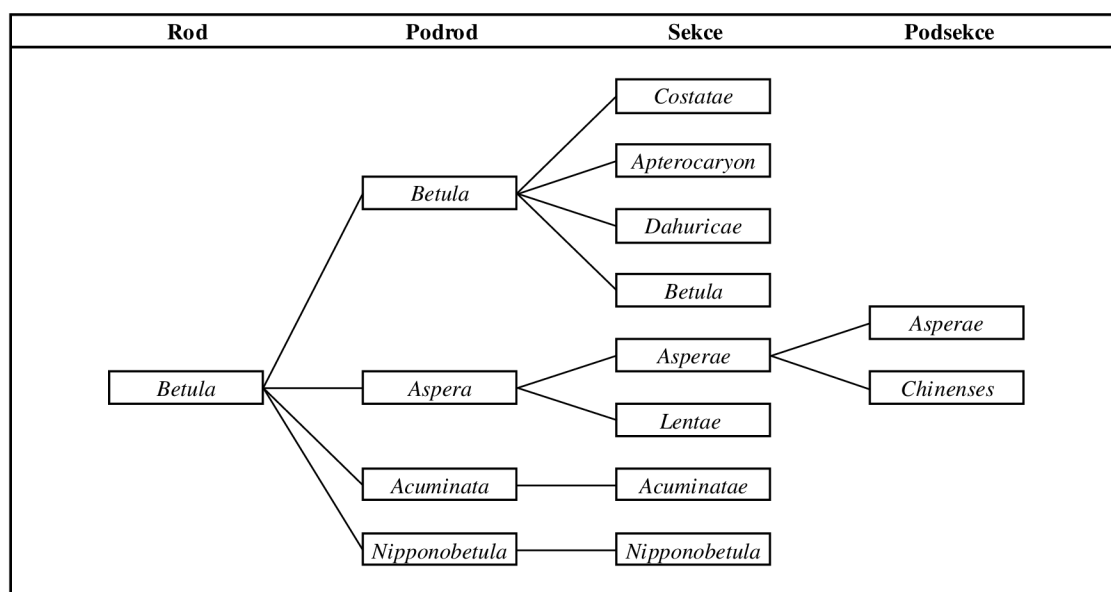


## 6 Problematika determinace a taxonomie bříz

### 6.1 Obecná problematika rodu *Betula* L.

Systematika rodu *Betula* L. je velice problematická, což je způsobeno především značnou hybridizací a introgresí (Linda *et al.*, 2017; Järvinen *et al.*, 2004; Koski, Rousi, 2005). Tato taxonomická problematičnost je také příčinou názorových rozporů mezi autory (Buriánek *et al.*, 2014). Autoři běžně uvádějí, že se na severní polokouli nachází 40–60 druhů bříz (Atkinson, 1992; Järvinen *et al.*, 2004; Koski, Rousi, 2005; Cameron, 1996; Ferm, 1993), někteří však deklarují až 120 druhů (Kříž, 1990; Úradníček, 2010; Buriánek *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2016).

Komplikovaná taxonomie rodu *Betula* L. přispěla k tvorbě celé řady klasifikačních systémů se snahou adekvátně zařadit veškeré známé taxony bříz (Wang *et al.*, 2016). Jednu z novějších klasifikací vytvořili Ashburner a McAllister, kteří navrhli kategorizaci s rozdělením do čtyř podrodů a osmi sekce. Těmito podrody jsou: *Acuminata* (sekce *Acuminatae*), *Aspera* (sekce *Asperae* a *Lentae*), *Betula* (sekce *Apterocaryon*, *Betula*, *Costatae* a *Dahuricae*) a *Nipponobetula* (sekce *Nipponobetula*), přičemž sekce *Asperae* se dále dělí na dvě podsekce: podsekce *Asperae* a podsekce *Chinenses* (Wang *et al.*, 2016). Tato klasifikace se pro zařazení našich domácích taxonů často ztvárňuje ve značně zjednodušené podobě, neboť valná většina druhů bříz původem ze Střední Evropy náleží pouze do podrodu *Betula* a sekce *Betula* (*B. pendula* Roth a *B. pubescens* Ehrh.) a *Apterocaryon* (*B. nana* L.) (Kuneš *et al.*, 2019; Linda *et al.*, 2017).



Obr. 7: Grafické znázornění klasifikace Ashburnera a McAllistera dle Wang *et al.* (2016).

## 6.2 Problematika domácích taxonů

V rámci České republiky se problematika taxonomie a determinace týká především taxonů spadajících do okruhu druhů *Betula pendula* Roth a *Betula pubescens* Ehrh, zejména *B. obscura*, *B. oycoviensis*, *B. carpatica*, méně často *B. petraea* či *B. atrata*.

*B. obscura* je pro určité morfologické zvláštnosti, především nezvykle temný odstín kůry způsobený absencí pigmentu betulinu (Pawłowska, 1980), některými autory uváděn jako samostatný druh (Kříž, 1990; Jadwiszczak *et al.*, 2020; Pawłowska, 1980), nicméně kvůli nedostatku podkladů a též faktu, že tento taxon netvoří čisté porosty, ale vždy jen nepatrnou příměs březových hájů, se takové označení nejeví jako vhodné (Tarieiev *et al.*, 2019; Kaplan *et al.*, 2019). Značná část autorů považuje tento taxon spíše jako varietu nebo formu druhu *B. pendula* (Jadwiszczak *et al.*, 2020). Horáček (2019) tento taxon uvádí primárně jako poddruh břízy bělokoré. Buriánek *et al.* (2014) a Kaplan *et al.* (2019) uvádějí tmavou břízu jako varietu břízy bělokoré, zatímco Tarieiev *et al.* (2019) na základě výsledků zkoumání morfologických znaků a metody genetických markerů doporučují označovat *B. obscura* jako pouhou formu břízy bělokoré. Existovaly též dohady, že *B. obscura* je příbuzná *B. pubescens*, nebo že je identická s *Betula × aurata* Borkh, křížencem mezi *B. pendula* a *B. pubescens*; žádná z těchto domněnek se však nejeví jako reálná (Jadwiszczak *et al.*, 2020). Ekologicky se tento taxon od *B. pendula* v podstatě neliší a osidluje podobná stanovitě (Buriánek *et al.*, 2014).

Ve spojitosti s temným zbarvením kůry v důsledku absence pigmentu betulinu jsou některé tmavokoré břízy vylišovány také jako samostatný taxon *B. atrata* (Tarieiev *et al.*, 2019), který provizorně popsal Domin v roce 1927 jako nový druh pocházející z oblasti Českomoravské vysočiny. Zároveň však podotknul, že jde stále o rostlinu kritickou, a umístil ji do širšího okruhu *B. pubescens*, přičemž v určitých případech ji označoval jako pouhé plemeno *B. pubescens*. Podle pozdějších šetření však bylo zjištěno, že kromě tmavého zbarvení kmene se ve většině ostatních znaků shoduje s druhem *B. pendula* a že lze tento taxon považovat spíše za formu břízy bělokoré (Hejtmánek, 1956), čemuž by napovídala i fakt, že Kuneš *et al.* (2019) vyhodnotili jedince nesoucí znaky *B. atrata* z oblasti Českomoravské vysočiny jako diploidy. Od *B. obscura* se liší především tím, že její kmen je v mládí bílý a tmavé zbarvení se objevuje až později při formování borky, zatímco *B. obscura* má toto tmavé zbarvení již od začátku (Hejtmánek, 1956).

*B. oycoviensis* je vzácný taxon pravděpodobně vzniklý křížením břízy Szaferovy (*Betula szaferi* Jent.-Szaf. ex Stasz.) a břízy bělokoré (*B. pendula*). Jeho taxonomické postavení nebylo dosud plně objasněno (Baláš *et al.*, 2019). Řadou je autorů označován za samostatný druh (Buriánek *et al.*, 2014; Úradníček, 2010; Kříž, 1990; Pawłowska, 1980). V nedávné době se pohled na tento taxon notně změnil. Kuneš *et al.* (2019) naznačují, že *B. oycoviensis* by neměla být označována za samostatný druh. Kaplan *et al.* (2019) uvádějí tento taxon jako varietu a Horáček (2019) jako poddruh břízy bělokoré, od které se v zásadě ekologicky neliší (Buriánek *et al.*, 2014). Linda *et al.* (2020) na základě porovnání morfologie a genomu taxonů *B. oycoviensis* a *B. pendula* považují vylišení *B. oycoviensis* jako pouhou varietu břízy bělokoré – *B. pendula* var. *oycoviensis* za adekvátní.

*B. carpatica* je považován málo probádaný, avšak lesnický významný taxon (Buriánek *et al.*, 2014) patrně vzniklý křížením *B. pendula* a *B. odorata* (Sýkora, 1983). Tetraploidní typ  $2n = 56$ , vzácně však i 57 či 58 (Kříž, 1990). V různých publikacích je uváděn jako samostatný druh (Kříž, 1990; Buriánek *et al.*, 2014; Úradníček, 2010). Nicméně Kuneš *et al.* (2019) na základě výsledků morfometrické, cytometrické a molekulární studie navrhuje, aby tento taxon nebyl vylišován na úrovni samostatného druhu. Podobný názor sdílejí i Kaplan *et al.* (2019), kteří v literatuře „Klíč ke květeně České republiky“ uvádějí tento taxon jako poddruh břízy pýřité.

*B. petraea* je provizorně popsáný druh nesoucí určité znaky druhů *B. pendula* a *B. pubescens* (Sýkora, 1983; Kaplan *et al.*, 2019), jehož původ dodnes není zcela jasný a existují výhradně teorie. Existují např. domněnky, že taxon *B. petraea* by mohl být totožný s taxonem *B. celtiberica* Rothmaler *et* Vasconcellos pocházejícím ze severu Španělska (Karlík, 2010; Sýkora, 1983), nebo že jde o reliktní hybridogenní taxon, který vzešel z břízy bělokoré a břízy pýřité, do které bývá včleňován (Buriánek *et al.*, 2014; Kříž, 1990). Kuneš *et al.* (2019) pokládají *B. petraea* spíše za pouhou varietu či poddruh *B. pubescens*.

### 6.3 Metody druhové determinace

Základním způsobem determinace druhů se provádí pomocí zkoumání morfologických znaků, kterými jsou např. tvar listu či semen, charakter kůry na kmeni, vzhled větví apod. (Lundgren *et al.*, 1995; Gill, Davy, 1983; Buriánek *et al.*, 2014).

Determinace lesnicky významných druhů *B. pendula* Roth a *B. pubescens* Ehrh. je nejnadhěji proveditelná ohledáním mladých větví. Větvičky *B. pendula* jsou olysalé, poseté pryskyřičnými žlázkami a drsné na dotek, zatímco ty od *B. pubescens* jsou opýřené, bez žlázek a na dotek hladké (Buriánek *et al.*, 2014; Lundgren *et al.*, 1995; Gill, Davy, 1983).



Obr. 8: Detailní porovnání větví dvou lesnicky významných druhů bříz; vlevo bříza bělokora (*Betula pendula*) a vpravo bříza pýřitá (*Betula pubescens*). Zdroj: Hynynen *et al.* (2010).

Determinace druhů dle morfologie listů může být problematictější z důvodu vysoké proměnlivosti, celkově však lze říct, že listy břízy bělokoré jsou víceméně trojúhelné až kosočtverečné, zatímco u břízy pýřité jsou spíše vejčité. Zpravidla platí, že listy břízy bělokoré mají vrcholovou část listu protaženě zašpičatělou, okraj listu víceméně dvakrát pilovitý a jsou nejširší u báze nebo přibližně ve spodní 1/3 délky, zatímco listy břízy pýřité jsou nejširší asi v polovině své délky (Buriánek *et al.*, 2014).



Obr. 9: Porovnání listů dvou lesnický významných druhů bříz; vlevo bříza bělokorá (*B. pendula*) a vpravo bříza pýřitá (*B. pubescens*). Zdroj: Hynynen *et al.* (2010).

Tyto druhy lze spolehlivě rozlišit také dle tvaru okřídlení nažek. Křídélko nažky *B. pendula* je poměrně velké; 2–3× širší než samotná nažka, která se mezi křídélky jeví jako malá. U *B. pubescens* je křídélko nejvíce 1,5× širší než nažka (Buriánek *et al.*, 2014).



Obr. 10: Porovnání rozdílů v morfologii nažek mezi taxony, zleva: bříza bělokorá (*B. pendula*), bříza pýřitá (*B. pubescens*) a bříza karpatská (*B. carpatica*). Zdroj: Buriánek *et al.* (2014).

Další metody druhového určování jsou založeny na determinaci velikosti genomu a chromozomového čísla (Karlík, *et al.*, 2010; Vakkari, 2009; Lundgren *et al.*, 1995). Příkladem je metoda průtokové cytometrie, díky níž lze analyzovat obsah jaderné DNA a následně stanovit velikost genomu a stupeň ploidie. Velikost genomu též vypovídá o fylogenetické vzdálenosti mezi druhy, přičemž taxony blízce příbuzné mohou mít velikost genomu stejnou, a v takovém případě je pro jejich rozlišení nutné použít jinou molekulární metodu, a to analýzu mikrosatelitních oblastí jaderné DNA (Karlík, *et al.*, 2010).

Z důvodu vysoké proměnlivosti morfologických znaků může při rozlišování břízy bělokoré a břízy pýřité prostým okulárním určováním dojít k záměně, nicméně tyto dva druhy se vzájemně odlišují svým chromozomovým číslem, čímž je lze od sebe spolehlivě rozlišit; *B. pendula* je diploidním druhem ( $2n = 28$ ) zatímco *B. pubescens* je druhem tetraploidním ( $2n = 56$ ) (Hynynen, *et al.*, 2010; Lundgren *et al.*, 1995; Gill, Davy, 1983).

Základní chromozomové číslo rodu *Betula* L. je  $n = 14$ . Jednotlivé druhy bříz se vyznačují rozličnými chromozomovými čísly, které tvoří polyploidní řadu:  $2n = 28$  (diploidní), 56 (tetraploidní), 70 (pentaploidní), 84 (hexaploidní) a 112 (oktaploidní) (Järvinen *et al.*, 2004; Brown, Williams, 1984). Byla pozorována také poněkud neobvyklá chromozomová čísla ve spojitosti s abnormálními morfologickými rysy. Došlo ke zjištění, že určití mohutní a rychle rostoucí jedinci *B. pendula* byli vybaveni pouze třemi sadami chromozomů ( $2n = 42$ ) (Koski, Rousi, 2005).

Křížení mezi tetraploidní břízou pýřitou a diploidní břízou bělokorou je poměrně vzácné (Hynynen, *et al.*, 2010) a zrození potomci jsou neschopni pohlavního způsobu rozmnožování (Koski, Rousi, 2005; Sýkora, 1983; Brown, Williams, 1984); některými autory jsou tyto potomci vylišovány jako samostatný druh *B. × aurata* Borkh (Tarieiev *et al.*; 2019; Kaplan *et al.*; 2019; Kříž, 1990). Kříž (1990) se zmiňuje také o křížení mezi břízou karpatskou (*B. carpatica*) a břízou trpasličí (*B. nana*); potomci jsou označováni jako samostatný druh *B. × seideliana* Missbach.

## 7 Látky obsažené v rostlinných pletivech

V jednotlivých částech břízy bělokoré a pýřité lze nalézt velké množství různorodých látek. Struktura dřeva bříz z hlediska obsahu látek je poměrně různorodá a podle výsledků několika autorů je sušina dřeva ze 34–48% celulórou, 26–36%, hemicelulórou, 19–22% ligninem, 0,7–5% extraktivními látkami a 0,25–0,7% popelem, přičemž tyto proporce závisí na druhu, věku a zkoumané části stromu, klimatických podmínkách a dalších faktorech (Buzala *et al.*, 2019, Lachowicz *et al.*, 2019; Luostarinen, Hakkarainen, 2019; Nurmi, 1997).

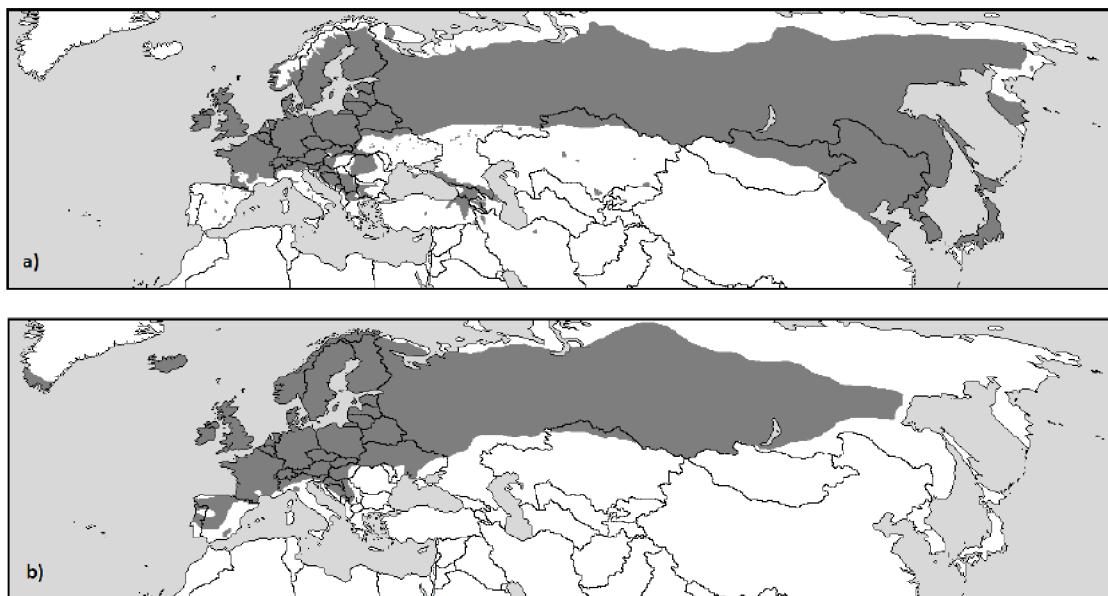
Kůra obsahuje látky jako jsou ku příkladu silice, triterpeny, steroidy, alkaloidy, fenolické glykosidy, karboxylové kyseliny, katechiny, třísloviny, flavonoidy, lipidy, mastné a behenové kyseliny (Zyryanova *et al.*, 2010). Bílé zbarvení kůry bříz je zapříčiněno bílým pigmentem obsahujícím triterpenický pentacyklický steroidní alkohol betulín, který odráží podstatnou část dopadajícího záření, a patrně tak napomáhá této dřevině obývat extrémní stanoviště s trvalým osluněním (Hájková *et al.*, 2007). Někteří jedinci však mohou tento pigment postrádat, což má za následek tmavý odstín kůry. Takové stromy jsou některými autory vylišovány jako samostatné taxony. Příkladem mohou být *B. obscura* a *B. atrata* (Tarieiev *et al.*, 2019).

V pupenech obou bříz se nachází silice, vitamín C, flavonoidy a mastné kyseliny, přičemž bříza pýřitá obsahuje navíc třísloviny a karoten. Listy břízy bělokoré obsahují látky jako silice, triterpeny, vitamíny C a E, karoten, karboxylové kyseliny, třísloviny, kumariny (Zyryanova *et al.*, 2010), flavonoidy (Pawłowska, 1980) a antokyany. Bříza pýřitá navíc obsahuje řadu steroidů a glykosidů, ale nejspíš postrádá vitamin E (Zyryanova *et al.*, 2010).

Látky v listech a pupenech bříz se vyznačují významnými močopudnými účinky, vyvolávány především přítomností saponinů a silic (Korbelář, Endris, 1968). Díky tomuto působení na organismus našly velké uplatnění v tradičním lidovém léčitelství, zejména při léčbě různých druhů kloubových a urologických onemocnění nebo při provádění detoxikačních kůr, nejčastěji ve formě nálevů nebo čajů (Bednářová, 2019, Vytásek, Brzáková, 2020; Jirásek, Starý, 1989; Korbelář, Endris, 1968).

## 8 Širší charakteristika břízy bělokoré (*Betula pendula* Roth) a břízy pýřité (*Betula pubescens* Ehrh.)

### 8.1 Areál výskytu



Obr. 11: Areál výskytu břízy bělokoré (*B. pendula*) (a) a břízy pýřité (*B. pubescens*) (b). Zdroj: Dubois *et al.* (2020).

Na výše umístěném obrázku lze vidět, že dva oba druhy bříz mají značně rozlehlý areál výskytu v oblasti Eurasie, který se rozprostírá od Atlantského oceánu až po daleký východ, přičemž bříza bělokorá sahá až k Tichému oceánu. Oba druhy rostou po téměř celé Evropě, avšak bříza bělokorá zcela chybí na Islandu a většině území Ukrajiny a Pyrenejského poloostrova, zatímco bříza pýřitá se na vyskytuje na Islandu i na jihozápadě Grónska, ale je jen velmi málo rozšířená v Itálii a na jihovýchodě Evropy. Tyto břízy jsou údajně nejrozšířenější evropské opadavé dřeviny (Dubois *et al.*, 2020).

Ačkoli se oba druhy dokážou přizpůsobit širokému rozsahu stanovištních podmínek je z tohoto obrázku zjevné, že *B. pendula* je v oblastech Evropy a Asie rozšířena více na jih (až po jižní část Itálie, Řecko, Turecko, Írán, Korejský poloostrov a Japonsko), zatímco *B. pubescens* zasahuje více do severních částí (až po Island, Grónsko a sever Skandinávie). Obecně je řečeno, že bříza pýřitá preferuje severnější, studenější a vlhčí oblasti než bříza bělokorá, která na druhou stranu je tolerantnější vůči teplejšímu klimatu (Hynynen, *et al.* 2010; Gill, Davy, 1983; Dubois *et al.*, 2020).



## 8.2 Půdní nároky

Břízy dokážou růst na rozličných druzích substrátu, a to od úrodných zemin až po minerálně chudá rašeliniště (Dubois *et al.*, 2020). Osidlují také půdy zasolené (Uradníček, 2010) či zatížené těžkými kovy, jako jsou např. nikl či zinek (Dubois *et al.*, 2020). Přesto jsou tyto dřeviny poměrně citlivé na chemické a fyzikální vlastnosti zeminy (Cameron, 1996; Ferm, 1993).

Pro druh *B. pendula* je nejvhodnější půda s dostatkem písku a skeletu (Uradníček, 2010; Hynynen, *et al.* 2010); zeminy tvořené jílem jsou příliš kompaktní (Hynynen, *et al.* 2010), nicméně na vzdušnou i půdní vlhkost je poměrně nenáročný a roste i na lokalitách kde je sucho (Uradníček, 2010), je však velice citlivý na zamokření. Na druhou stranu *B. pubescens*, co se stanovištních nároků týče, je mnohem tolerantnější a může obývat i jemné jílovité země a mokrá rašeliniště (Hynynen *et al.*, 2010; Uradníček, 2010; Ferm, 1993; Cameron, 1996; Hytönen *et al.*, 2014). Převládají názory, že bříza pýřitá pro přetrvání anaerobních podmínek v zemi do svého kořenového systému transportuje kyslík. Zamezení přístupu kyslíku do půdy tedy nemá na tuto dřevinu škodlivý vliv (Ferm, 1993).

Pro oba druhy bříz však platí, že nejlepšího růstu dosahují v substrátech s dostatečným obsahem živin a vody (Rytter *et al.*, 2013). Na vytvoření pouhé jednotky sušiny je spotřebováno asi dvakrát více minerálů, než kolik vyžadují borovice (*Pinus*). Mladé rostliny mají značné nároky na dusík a fosfor. Sucho zvládají břízy lépe než třeba olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), zato však hůře než javor (*Acer*) či borovice (*Pinus*) (Ferm, 1993). V nejseverněji situovaných částech Evropy, *B. pendula* obývá obdobná prostředí jako borovice lesní (*Pinus sylvestris*), což jsou zejména místa vyznačující se vysychavými půdami s nízkým obsahem látek, zatímco *B. pubescens* zde většinou osidluje vlhké, neprovzdušněné kompaktní půdy (Hynynen, *et al.* 2010). V podstatě lze říct, že *B. pendula* je omezena na sušší, málo kompaktní lehké hlíny, zatímco *B. pubescens* osidluje zejména vlhké půdy (Hynynen *et al.*, 2010; Cameron, 1996; Hytönen *et al.*, 2014; Ferm, 1993, Uradníček, 2010).

Bříza obvykle formuje srdčitý kořenový systém, jehož struktura je významně ovlivněna hladinou spodní vody, teplotou půdy a obsahem skeletu v půdě. V na živiny chudých propustných zeminách může kořenový systém dosahovat hloubky i více než 2 m, avšak v mělkém substrátu se vyvíjí jen povrchově (Dudík *et al.*, 2018).

Dřeviny náležící do rodu *Betula* L. se údajně vyznačují schopností čerpat půdní živiny nepřístupné ostatním druhům dřevin. Pravděpodobně z tohoto důvodu jsou břízy v mnoha případech jediné dřeviny obývající neúrodné substráty (Miller, 1984).

Břízy tolerují hodnoty pH <4, což umožňuje jejich uplatnění při zalesňování výsypek vznikajících po těžbě nerostných surovin (Cameron 1996; Rytter *et al.*, 2013; Kříž, 1990). Ačkoli je řečeno, že břízy nejlépe prosperují na minerálně bohatých půdách, Kříž (1990) a Úradníček (2010) uvádějí, že břízy přednostně osidlují chudá kyselá stanoviště, zatímco živné půdy jen velmi málo, čemuž odpovídají i výsledky terénního průzkumu z okolí Sheffieldu, kde byl růst bříz nejčastěji pozorován na půdách s pH v rozmezí 3–6 (Atkinson, 1992). Údajně je to způsobeno horším uchycením a klíčením semen na živných půdách (Úradníček, 2010). Přesto však někteří autoři pozorovali i osidlování křídových luk oběma druhy (Atkinson, 1992).

Velice významným, avšak ne zřídka zanedbávaným faktorem majícím vliv na růst a zdraví stromů je půdní teplota, která přímo ovlivňuje funkce kořenového systému a tím pádem i ostatní životně důležité funkce stromu. Největšího přírůstku živé hmoty bylo u *B. pendula* dosaženo při půdní teplotě přibližně 15°C (Lyr, 1996). U pěti z šesti testovaných druhů (smrk ztepilý (*Picea abies*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), borovice limba (*Pinus cembra*), olše zelená (*Alnus viridis*) a olše lepkavá (*Alnus glutinosa*)) došlo při teplotách <6°C k zastavení růstu nových kořenů, zatímco u *B. pendula* několik nových kořínků přibylo (Alvarez-Uria, Körner, 2007).

### 8.3 Působení na půdu

Listí bříz má v porovnání s opadem jehličnanů pozitivnější vliv na půdu, protože je méně kyselý, jeho rozklad probíhá rychleji (Hynynen, *et al.* 2010) a rovněž formuje nadložní humus typu mull (Jonczak *et al.*, 2020; Atkinson, 1992). Také pozůstatky a pařezy zbylé po těžební činnosti se vyznačují vyšším obsahem živin a rychlejším rozkladem než například zbytky borovice a smrku (Dudík *et al.*, 2018). Odumřelé zbytky kořenů bříz jsou charakteristické rychlým rozkladem a rovněž pozitivním vlivem na pórovitost půdy a vsakování vody (Hynynen, *et al.* 2010; Dubois *et al.*, 2020). Určité studie a pozorování naznačují, že v komparaci s monokulturními jehličnatými porosty může směs břízy v těchto lesích vylepšovat vlastnosti zeminy a její produkční potenciál, zvláště pokud je neúrodná (Ferm, 1993).

Je zjevné, že břízy v mnoha ohledech příznivě ovlivňují vlastnosti půdy a dávají tak vznik zeminám s lepším využitím. Ku příkladu kladným způsobem působí na půdní pH, čímž stávající zeminu postupně alkalizují a rovněž mohou vylepšit stav půdního sorpčního komplexu a zvýšit celkový obsah živin v půdě (Ulbrichová *et al.*, 2010; Atkinson, 1992; Ferm 1993; Koski, Rousi, 2005; Miller, 1984). Byl pozorován také příznivý vliv na vázání dusíku mikroorganismy, jež se zdržují v substrátu (Nohrstedt, 1988; Ferm, 1993). Půda pod březovými porosty se vyznačuje lepšími mikrobiálními vlastnostmi než ta pod porosty jehličnanů. V porovnání se smrkovým porostem či holinou na oglejených stanovištích byla v zemině pod březinami zjištěna až 3× vyšší biologická aktivita (Dudík *et al.*, 2018). Bříza pýřitá se často vyskytuje na poměrně „živných rašeliništích,“ což je do jisté míry dáno její samotnou přítomností, neboť neutralizuje prosakující kyselou dešťovou vodu a navyšuje pH zeminy bazickým opadem (Ferm 1993)

Březiny se ve srovnání s porosty jiných dřevin vyznačují dobrým prosvětlením spodních částí lesa, což má příznivý vliv na růst a kvetení přízemní vegetace (Hynynen, *et al.* 2010; Dubois *et al.*, 2020), na níž se živí nektar sbírající druhy hmyzu (Dubois *et al.*, 2020). Mimo prosvětlení, dochází v březinách ve srovnání s jehličnatými porosty také k většímu průniku srážek a tepla, což příznivě ovlivňuje rozklad nadzemního humusu (Dudík *et al.*, 2018).

## 8.4 Obnova

Břízy se řadí mezi dřeviny jednodomé a jejich opylování probíhá především cizosprašně. Jejich jednoduché drobné květy jsou usazeny odděleně v samičích a samčích jehnědách (Hynynen *et al.*, 2010; Cameron, 1996). Malá lehká pylová zrna jsou produkována v hojném množství a za pomoci větru překonávají velkou vzdálenost (Hynynen *et al.*, 2010; Dubois *et al.*, 2020; Hjelmroos, 1991). Kvetení probíhá na jaře zároveň s rašením listů (Hynynen *et al.*, 2010) a dozrávání semen v rozmezí července a října (Cameron, 1996). K sebe opylování u bříz obvykle nedochází, neboť si tyto dřeviny vyvinuly určitý biochemický mechanismus, který tomuto jevu brání (Hynynen, *et al.* 2010).

V porostu dosahují plodnosti ve 20–30 letech; volně rostoucí jedinci mohou začít plodit již ve věku 10–15 let (Dudík *et al.*, 2021; Úradníček, 2010). Zralé stromy vytváří mnoho jehněd obou pohlaví a kvantita drobných semen v březových hájích se může na ploše 1 m<sup>2</sup> pohybovat i rámci statisíců kusů (Koski, Rousi, 2005). Celkové množství osiva závisí na rozměrech koruny. U dospělců s volnou korunou se může roční produkce semen pohybovat v rozpětí 0,5–10 mil. semen (Dudík *et al.*, 2021). Na území Střední Evropy břízy rodí velké množství semen každým rokem (Hynynen *et al.*, 2010). Semena se rozšiřují působením větru a vzdálenost jejich šíření je podmíněna především výškou stromu, konfigurací terénu a charakterem převládajícího větru; obvykle do vzdálenosti 100 m od zdroje, výjimečně i více (Dudík *et al.*, 2021). Semena břízy bělokoré se vyznačují vysokou mírou klíčivosti s rozmezím 90–95 %, nicméně jejich životnost je poměrně krátká (Úradníček, 2010).

Rozpraš pylových zrn na velké vzdálenosti a značné rozptýlení plodů zaručují genetický proud z populace do populace a velkou genetickou variací v populacích a mezi populacemi bříz (Hynynen, *et al.*, 2010; Dubois *et al.*, 2020), jež zabezpečuje adaptaci na příchozí změny klimatických podmínek (Hemery *et al.*, 2010).

Oba druhy se vyznačují výmladností na kmenech i na pařezu; *B. pubescens* lépe než *B. pendula* (Úradníček, 2010; Hynynen *et al.*, 2010; Perala, Alm, 1990). Jedinci vzeší z pařezových výmladků mohou dosáhnout pohlavní dospělosti již ve věku tří let (Ferm, 1993). Kořenová výmladnost je u *B. pubescens* slabá a u *B. pendula* úplně chybí (Úradníček, 2010).

## 8.5 Škůdci

### 8.5.1 Hmyz

Hmyzí škůdce bříz je možno rozdělit do čtyř kategorií: podkorní, dřevokazné, listožravé a savé. Z hmyzu vyvíjejících se pod kůrou či ve dřevě jde především o představitele nosatcovitých (*Curculionidae*), krascovitých (*Buprestidae*) a tesaříkovitých (*Cerambycidae*). Z hlediska hospodářského je nejvýznamnějším podkorním hmyzem bělokaz březový (*Scolytus ratzeburgii*), náležící do podčeledi kůrovcovitých (*Scolytinae*) a čeledi nosatcovitých (*Curculionidae*), který napadá stojící stromy, čerstvé vývraty či pokácené dříví (Pešková *et al.*, 2010).

Za významný dřevokazný hmyz je rovněž považována pilořitka olšová (*Xiphydria camellus*) z čeledi pilořitkovitých (*Xiphydriidae*), jejíž larvy žírem běle a dřeva napadených stromů, zlomů a vývratů značně znehodnocují vyprodukované dříví (Pešková *et al.*, 2010); společně se *Scolytus ratzeburgii* patří mezi nejčastější přenašeče tracheomykóz (Fuka, 2010). Vážnou potenciální hrozbu představuje brouk *Agrillus anxius* pocházející ze Severní Ameriky, jehož zavlečení do Evropy by mohlo mít pro místní populace bříz katastrofické následky (Dubois *et al.*, 2020).

Hlavními defoliátory bříz jsou zástupci z řádů: motýlů (*Lepidoptera*), dvoukřídlých (*Diptera*), blanokřídlých (*Hymenoptera*) a brouků (*Coleoptera*). Z motýlů to jsou zástupci čeledi *Coleophoridae* a *Eriocraniidae* minující listy a dále zástupci čeledi *Geometridae*, zejména píďalka zhoubná (*Erannis defoliaria*), jejichž housenky listy ožirají (Pešková *et al.*, 2010). Blanokřídlé může v nižších polohách reprezentovat např. *Craesus septentrionalis* z čeledi pilatkovitých (*Tenthredinidae*), jejíž housenky ožirají okraje listů bříz (Dreyer, Dreyer, 2019). Z řádu brouků dále představitelé čeledi *Chrysomelidae* (především bázlivec vrbový (*Lochmaea capreae*)) a *Curculionidae*; larvy zástupců těchto čeledí listy skeletují nebo minují, zatímco dospělci je ožirají (Pešková *et al.*, 2010).

Ze sféry savého hmyzu jde zejména o představitele řádu *Sternorrhyncha* a podřádu *Aphidomorpha* (Pešková *et al.*, 2010). V České republice se vyskytuje asi 19 druhů mšic napadajících břízu (Fryč, 2016), z nichž rohatka břízová (*Hormaphis betulae*) a rohatka listová (*Hamamelistes betulinus*) vytvářejí na povrchu listů specifické hálky (Fryč, 2020). V minulosti došlo k opakovanému přemnožení mšice *Euceraphis betulae*, zejména v oblasti Krušných hor (Pešková *et al.*, 2010).

### 8.5.2 Houby

Břízy jsou napadány řadou houbových patogenů. Poměrně častý je výskyt rzi březové (*Melampsorium betulinum*) způsobující závažné škody na sazenicích a semenáčcích (Cameron, 1996; Atkinson, 1992; Ferm, 1993), tudíž se na ochranu běžně provádí aplikace fungicidů (Ferm, 1993). Dále lze uvést kadeřavku březovou (*Taphrina betulina*), jež se vyznačuje tvorbou typických rozložitých útvarů, tzv. „čarovníků“ formujících důsledkem masivního množení pupenů, z nichž se následně vytváří výhony. Postihuje zejména břízu pýřitou a vzácně také břízu bělokorou; její vliv na růst stromu však není příliš významný (Atkinson, 1992; Bennell, Millar, 1984; Cameron, 1996).

Houby zapříčiňující hnilobu a rozklad kmene jsou nejvýznamnějším činitelem přispívajícím k úpadku a následnému úhynu stromů přírodních březových lesů. Troudnatec kopytovitý (*Fomes fomentarius*), jež parazituje i na jiných druzích dřevin, je původcem bílé hniloby a rozkládá uhlohydráty i lignin, čímž redukuje dřevo na hmotu podobající se voštině. Bílou hnilobu způsobuje taktéž rezavec šikmý (*Inonotus obliquus*). Hojně se vyskytující březovník obecný (*Piptoporus betulinus*) je v podstatě omezen jen na břízu a způsobuje hnědou hnilobu, což znamená, že nerozkládá lignin. Tyto výše vyjmenované druhy parazitických hub vnikají do hostitele zejména skrze otevřená poranění (Bennell, Millar, 1984; Atkinson, 1992).

Některé druhy dřevokazných hub, jako je onen březovník obecný (*Piptoporus betulinus*), rezavec šikmý (*Inonotus obliquus*) nebo choroš statný (*Polyporus robustus*), se však vyznačují významnými léčebnými účinky; dva poslední druhy lze údajně uplatnit při léčbě rakoviny (Vytásek, Brzáková, 2020; Korbelář, Endris, 1968).

Ačkoli jsou břízy pokládány za velmi odolné dřeviny, nadcházející změny klimatu mohou jejich status notně změnit. S rostoucí teplotou lze přepokládat častější a rozsáhlejší kalamitní stavy hmyzích škůdců, jež by byli schopni značně snížit konkurenceschopnost bříz a déletrvající sucha by mohly omezit obranyschopnost proti houbovým patogenům (Hemery *et al.*, 2010; Kozlov, 2008; Dubois *et al.*, 2020).

### 8.5.3 Jiní škůdci

Břízy mohou být napadeny také poloparazitickým jmelím bílým (*Viscum album*) (Yelpitiforov, Klymenko, 2020) a různými virovými patogeny, například „cherry leaf roll virus“ způsobujícím diskoloraci listů (Cooper, 1979; Atkinson, 1992).

## 8.6 Interakce s živými složkami prostředí

V březinách byla zaznamenána souvislost mezi výskytem bříz a hojností půdní fauny, neboť příznivé působení bříz na zeminu rovněž podporuje dostatek a pestrost půdní fauny (Jonczak *et al.*, 2020; Ferm, 1993; Atkinson, 1992; Koski, Rousi, 2005; Miller, 1984), která představuje potravu různých drobných savců (Dubois *et al.*, 2020). Půdní fauna mimo jiné hraje významnou roli také v zpřístupňování živin pro rostliny. Dle určitých pozorování se v přítomnosti žížal a jiného půdního zvířectva mladé břízy vyznačovaly rychlejším růstem a vyšším obsahem dusíku a fosforu v listech, což také příznivě ovlivnilo kvalitu vznikající podestýlky (Ferm, 1993).

Stromovnice černohnědá (*Symydobius oblongus*), ačkoli parazituje na větvích bříz (Fryč, 2016), je významným producentem medovice, která je důležitá pro existenci včelstev (Veselý *et al.*, 2013). Břízy se tedy svým způsobem podílejí na zachování rozmanitosti živočichů v krajině. Podle studie Leahy *et al.* (2007) *B. pendula* může svou přítomností inhibovat žír hmyzu rodu *Hylastes*, což pravděpodobně způsobuje směs těkavých látek, které uvolňuje.

Řada hub formuje s kořeny bříz mykorrhizní vztahy; příkladem tohoto vztahu mohou být například stopkovýtrusné houby jako jsou kozák březový (*Leccinum scabrum*), křemenáč březový (*Leccinum versipelle*) a ryzec sevrklý (*Lactarius vietus*) (Kříž, 1990). Tyto vztahy břízám napomáhají ve využitkování zdrojů organického dusíku, mineralizaci organických forem fosforu a zvyšování rezistence vůči těžkým kovům (Ferm, 1993).

Břízy mají dle určitých předešlých pozorování kladný vliv na vázání dusíku mikroorganismy obývajících lesní půdu (Nohrstedt, 1988; Ferm, 1993). Ukázaly se však i náznaky, že dusík vázající organismy mohou být činné i v korunách březových lesů. Vázání dusíku v půdě a v korunách stromů znamenají, že břízy mají schopnost vylepšit svůj příjem látek bez potřeby jakýchkoliv symbiotických orgánů. Tyto jevy mohou být jedním z důvodů, proč mají břízy schopnost příznivě ovlivňovat vlastnosti půdy (Nohrstedt, 1988).

## 8.7 Abiotické faktory

### 8.7.1 Vliv teploty a větru

Břízy potřebují ochranu před vlivem nízkých teplot a větrů působících mechanická poškození a vysoušení (Atkinson, 1992; Elkington, Jones, 1974). Působení chladných víchřů může mít u obou druhů za následek odumírání terminálních pupenů a kambia mladších výhonů (Atkinson, 1992). Za chladných jar lze očekávat značnou ztrátu samčích jehněd, a tudíž i nedostatečné opylování, kde důsledkem těchto jevů je nízký úhrn kvalitního semenného materiálu (Ferm, 1993; Atkinson, 1992).

Za horkých suchých let jsou břízy mezi prvními dřevinami, u nichž se působení nepříznivého klimatu projevuje například odumíráním kůry, předčasným hnědnutím a rovněž opadem listů. Podestýlka s extrémní teplotou povrchu a omezenou schopností zadržovat vláhu je nevhodným médiem pro klíčení semen. Přežití mladých rostlin závisí na mírné teplotě a dostatku vláhy v průběhu vegetačního období (Cameron, 1996).

V březinách je příznivého mikroklima dosaženo zejména u olistěných porostů s plným zkameněním bez prázdných mezer. V mezernatých porostech jsou mikroklimatické funkce plněny jen omezeně a hrozí v nich větší nebezpečí výskytu teplotních extrémů a vzniku škod mrazem, než na volné ploše (Dudík *et al.*, 2018).

### 8.7.2 Nároky na přísun světla

Břízy jakožto pionýrské dřeviny osidlující holé plochy mají jen velmi malou snášenlivost vůči zastínění (Hynynen, *et al.* 2010; Cameron, 1996; Atkinson, 1992); z tohoto důvodu postupně mizí z porostů tvořených stín tolerantními dřevinami, které je postupně přerůstají (Úradníček, 2010).

Semenáčky ke zdravému růstu nutně nevyžadují plné ozáření, avšak dospělé stromy zástin příliš netolerují (Cameron, 1996). Obecně je tvrzeno, že bříza pýřitá je na zástin méně citlivá než bříza bělokora (Úradníček, 2010; Hynynen, *et al.* 2010; Cameron, 1996). Tato citlivost je však ovlivněna také dostupností vody a živin v substrátu (Ferm, 1993). Na závěr je lze dodat, že tyto dřeviny si své zdravé a rychlé růst uchovávají jen pokud rostou jako dominantní stromy v porostu, v němž je mezi stromy dostatečný rozestup a nízká úroveň kompetice (Hynynen, *et al.* 2010).



## 8.8 Uplatnění v lesním hospodářství

Ačkoli mají břízy v lesnictví velký potenciál, jejich pěstování ve Střední Evropě je poměrně málo rozšířené. Největší podíl na pěstování břízy v Evropě mají státy z oblasti Skandinávie, Pobaltí a Rusko (Hynynen, *et al.* 2010). Podle Zelené zprávy v roce 2019 zabíraly břízy na území České republiky 72 403 ha, což je přibližně 2,8 % veškeré porostní půdy a dle dosavadního trendu se její podíl v našich lesích stále zvyšuje, přičemž přirozený i doporučený podíl by měl být roven asi 0,8 % (MZe, 2020). U nás bylo její pěstování ve větším měřítku započato zejména ve spojitosti se zalesňováním kalamitních holin (Dudík *et al.*, 2018), jinde však nastal zvýšený zájem o její pěstování v důsledku tlaku na opětovné rozšíření domácích druhů dřevin a též kvůli jejímu potenciálu produkovat hodnotné dříví (Cameron, 1996).

Dostupná literatura pro naše podmínky byla dříve věnována především zakládání a výchově PND pro rekultivační účely (Slodičák, Novák, 2008; Dudík *et al.*, 2018), později však vznikly i modely pro březové porosty pěstované v 1. a 2. LVS pro produkční účely (Novák *et al.*, 2017). Propracovanější literatura o hospodaření v březových porostech je zpracována především pro podmínky Skandinávie a Pobaltí, kde mají břízy v místních porostech významné zastoupení (Dudík *et al.*, 2018). Dle modelů pro stejnověké porosty v oblasti Skandinávie může březový porost s průměrnou tloušťkou 25 cm mít až 600 stromů ha<sup>-1</sup>, zatímco ve smrkovém porostu za stejných podmínek to může být i 1400 stromů ha<sup>-1</sup> (Hynynen, *et al.* 2010). Průměrná zásoba březových porostů se u nás v průměru pohybuje okolo hodnoty 160 m<sup>3</sup>/ha (Dudík *et al.*, 2018).

Břízy se vyznačují rychlým růstem v mládí s kulminací průměrného výškového přírůstu v 15–20 letech a jeho postupným poklesem až do věku 50–60 let. S kulminací výškového přírůstu probíhá zároveň i kulminace bočního přírůstu korun. Kulminace tloušťkového přírůstu nastává přibližně ve věku 25–30 let (Dudík *et al.*, 2018). Pro hospodaření v lesích se více hodí bříza bělokorá, neboť roste rychleji, dosahuje lepší vzrůstové formy (Cameron, 1996) a větší zásoby dříví na porost (Dudík *et al.*, 2018). Určitá pozorování ze Švédska a Finska dokazují, že objem produkce břízy bělokoré dosahuje o 15–20 % vyšších hodnot, než jakých dosahuje bříza pýřitá. Na druhou stranu se však bříza pýřitá vyznačuje větší ekologickou přizpůsobivostí (Nieuwenhuis, Barrett, 2002; Cameron, 1996). Oba druhy dosahují největšího výtěžku na stanovištích s vysokým obsahem živin a dostatkem vody (Rytter *et al.*, 2013).

Dle vyhlášky 298/2018 Sb. mohou oba druhy bříz na určitých typech stanovišť plnit funkci meliorační a zpevňující dřeviny (MZD) nebo dřeviny základní přípravné (DZP), nicméně jako dřeviny základní cílové (DZC) ve vyhlášce uvedeny nejsou; rovněž nebyla pro břízy vypracována doba obmýti a obnovní doba. Minimální počet jedinců ha<sup>-1</sup> při obnově lesních porostů a zalesňování pozemků prohlášených za PUPFL je stanoven vyhláškou 456/2021 Sb., která uvádí břízu pouze jako rod a nerozlišuje minimální počty pro jednotlivé druhy.

Jak bylo již výše řečeno, břízy hrají významnou roli při rekultivaci a zalesňování oblastí, jež byly v minulosti dotčeny různými nepříznivými vlivy, například průmyslovou činností (Linda *et al.*, 2017; Ulbrichová *et al.*, 2010; Pešková *et al.*, 2010). U nás nalezly uplatnění například v regionu Krušných hor, kde byly hojně vysazovány a po určitou dobu se zde řadily mezi hlavní dřeviny (Pešková *et al.*, 2010; Ulbrichová *et al.*, 2010), či na území Jizerských hor. Protože jsou tato místa situována ve vysokých nadmořských výškách, uplatní se zde především bříza pýřitá, která se vyznačuje značnou odolností vůči mrazu a sněhu. Bříza bělokorá se hodí více k zalesnění zemědělských půd či výsypek v nadmořských výškách pod 1000 m n. n. (Linda *et al.*, 2017).

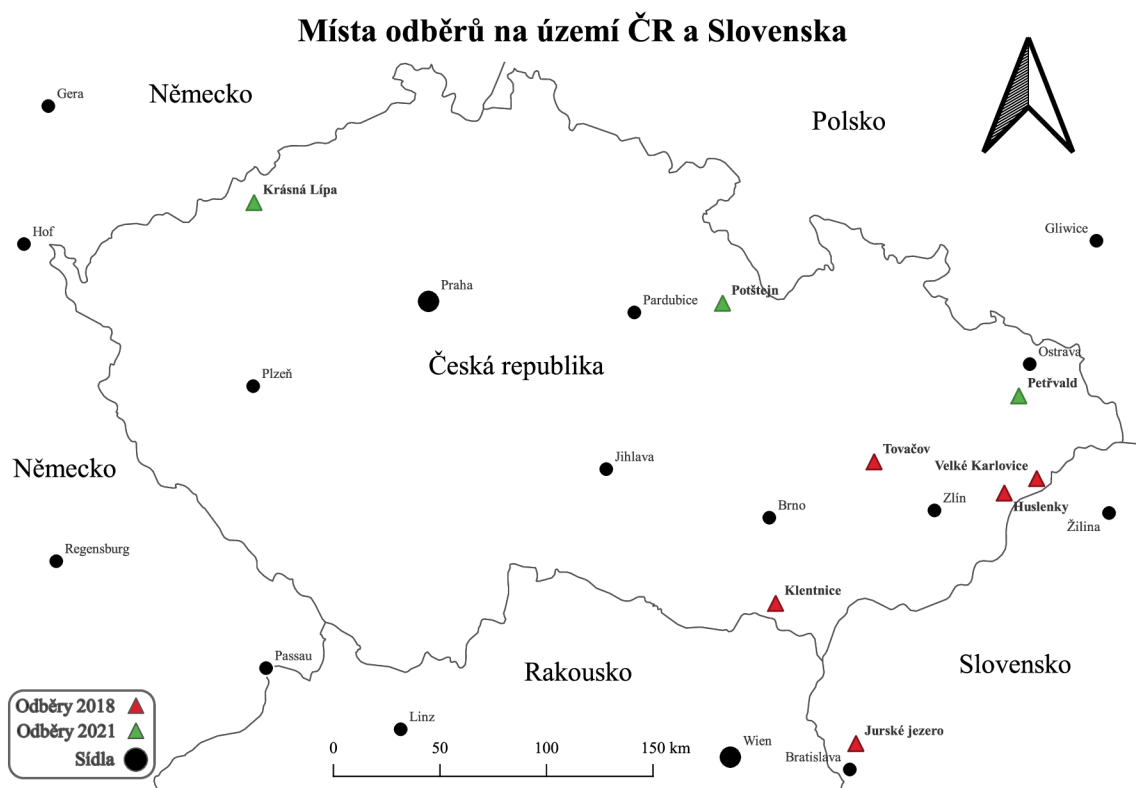
Dříví břízy bělokoré nachází využití především při výrobě nábytku, dých a překližek (Zeidler, 2010). Kvalita dříví břízy pýřité je ve srovnání s břízou bělokorou podstatně nižší, a pro dýhárenské ani pilařské zpracování není vhodné. Její pěstování se zaměřuje především na výrobu levného palivového dříví a buničiny (Hynynen, *et al.* 2010). Značnou část mechanických vlastností březového dříví lze modifikovat termální úpravou (Borůvka *et al.*, 2018). Slabou stránkou březového dříví je však nízká odolnost vůči biotickým a abiotickým činitelům, což značně omezuje jeho zužitkování (Dubois *et al.*, 2020; Borůvka *et al.*, 2018; Zeidler, 2010).

Mimo hroubí se z bříz v rámci přidružené lesní výroby získávají a zpracovávají i jiné části a látky. Zde patří například sběr listí, proutí a březové mízy získávané navrtáváním kmene, jež se využívá při produkci potravinářských, kosmetických či léčitelských výrobků (Kadlec, 2013). Bříza má vysoký farmaceutický potenciál a hraje velice důležitou roli v lidovém léčitelství napříč celým světem, a právě tyto části a látky, jako jsou listy, pupeny, kůra, míza a pryskyřice tvoří ingredience pro léčbu celé řady nemocí a špatných zdravotních stavů (Rastogi *et al.*, 2015; Jirásek, Starý, 1989; Korbelář, Endris, 1968; Vytásek, Brzáková, 2020).

## 9 Metodika

### 9.1 Terénní práce

Sběr byl proveden v průběhu vegetační sezóny v letech 2018 (v rámci bakalářské práce Závorka (2020)) a 2021 v okolí Velkých Karlovic a Huslenek (území Beskyd), Klentnic (okr. Břeclav), Jurského jezera na Slovensku, Tovačova (okr. Přerov), Petřvaldu (okr. Nový Jičín), Krásné lípy (okr. Chomutov), Potštejna (okr. Rychnov nad Kněžnou) a Lublani ve Slovinsku. Lokality Velké Karlovice a Huslenky byly vybrány na základě literatury Bajer a Vašut (2010) potvrzující výskyt klíčových jedinců *B. obscura*. V blízkosti Jurského jezera a obce Petřvald proběhl sběr vzorků z jedinců *B. petraea* a *B. pubescens*, příležitostně též *B. pendula*. Na zbývajících lokalitách se sběr zaměřil především na taxon *B. pendula* v různých stanovištních podmínkách, aby bylo zajištěno maximální pokrytí jeho morfologické proměnlivosti. Volba lokalit současně odpovídá zahrnutí do širší plánované studie, která se týká bříz. Bližší informace o sběru vzorků jsou uvedeny níže v Tab. 1. Poznámka: v metodické části se pod názvy *B. pendula* a *B. pubescens* myslí především typická (pravá) podoba břízy bělokoré a břízy pýřité (viz 3.1.1 a 4.1.1).



Obr. 12: Mapa s místy odběrů uskutečněných na území České republiky a Slovenska v průběhu vegetační sezóny v letech 2018 a 2021. Vytvořil: Roman Závorka; vytvořeno v softwaru QGIS 3.24 (souřadnicový systém WGS-84) na podkladu dat z databáze Natural Earth.

Tab. 1: Výpis lokalit, rozmezí nadmořských výšek, ve kterých byl sběr prováděn a počtu jedinců příslušných taxonů, u nichž byl odběr vzorků realizován během vegetačního období v letech 2018 a 2021.

2021			
Název lokality	Nadmořská výška (m n. m.)	Hodnocené taxony	Počet hodnocených jedinců
Petřvald	261–273	<i>B. pubescens</i>	6
		<i>B. pendula</i>	5
Potštejn	341–320	<i>B. pendula</i>	6
Krásná Lípa	559–547	<i>B. pendula</i>	5
Lublaň	300–390	<i>B. pendula</i>	3
2018			
Název lokality	Nadmořská výška (m n. m.)	Hodnocené taxony	Počet hodnocených jedinců
Velké Karlovice	720–255	<i>B. obscura</i>	10
		<i>B. pendula</i>	1
Tovačov	205–216	<i>B. pendula</i>	3
Huslenky	550–567	<i>B. obscura</i>	7
Jurské jezero	557–562	<i>B. pendula</i>	3
		<i>B. petraea</i>	5
Klentnice	311–323	<i>B. pendula</i>	3

Práce probíhala, až na několik menších změn, na metodickém půdorysu studie Ešnerová *et al.* (2012). Odběr vzorků byl ve výsledku vykonán na 57 jedincích. Počty hodnocených jedinců na jednotlivých lokalitách závisely zejména na místních podmínkách (např. rozloze a dostupnosti lokality...). Selektce jednotlivých stromů byla prováděna takovým způsobem, aby bylo dosaženo co největšího pravidelného pokrytí zájmové lokality (Ešnerová *et al.*, 2012).

U jedinců, z nichž byly vzorky odebrány, byla zaevidována nadmořská výška a polohové určení, aby v případě potřeby bylo možné jejich opětovné nalezení. V terénu byli tito jedinci rovněž označeni barevnou visačkou umístěnou na kmeni ve výšce očí nesoucí kódové označení jedince. Dále bylo pro tyto stromy provedeno měření vybraných taxonomických veličin (výška, výčetní tloušťka...), posouzení formy habitu a stanovištních podmínek (zakmenění, vlhkost půdy, ozáření) (Ešnerová *et al.*, 2012).

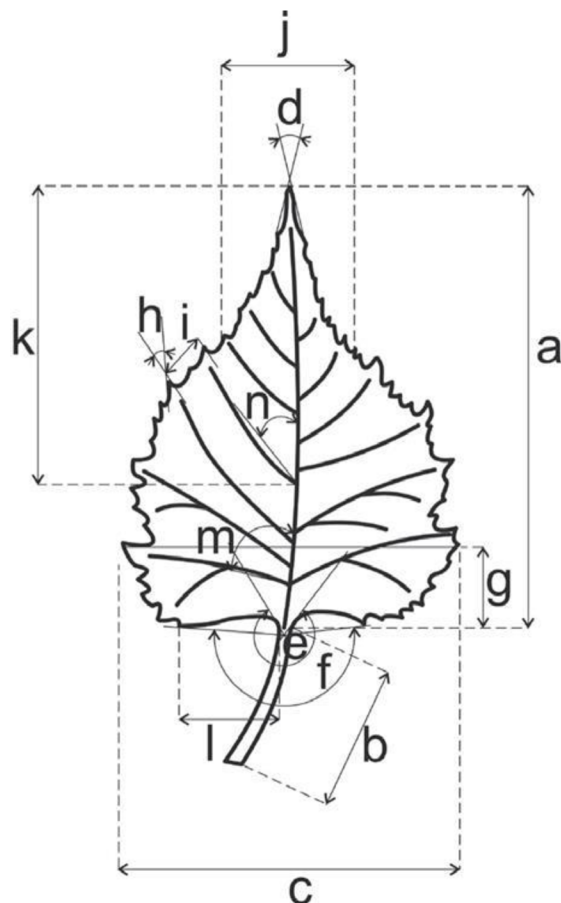
Za použití teleskopických nůžek byly z každého vybraného jedince odejmuty dvě drobné větvičky s dostatkem plně vyvinutých listů. Letorosty byly odebírány z různých částí koruny, aby byl zamezen vliv různé intenzity osvětlení na tvar a velikost listů. Vzorky byly pro zachování čerstvosti neprodleně uloženy do chladicího boxu, aby byly později použitelné pro určení ploidie průtokovou cytometrií a další laboratorní šetření. Ze zbylých větviček s listy byly vytvořeny herbáře, na nichž bylo později provedeno měření vybraných morfologických znaků (Ešnerová *et al.*, 2012).

## 9.2 Měření morfologických znaků a určení ploidie

Listy byly měřeny klasickou morfometrickou metodou za pomoci běžných rýsovacích pomůcek: rovným pravítkem a úhломěrem. Veškeré délky byly měřeny s přesností na 0,5 mm a úhly na 1°. V rámci diplomové práce bylo měřeno celkem 16 kvantitativních znaků vypsanych níže v Tab. 2 (Ešnerová *et al.*, 2012).

Na každém letorostu byly vybrány a přeměřeny dva listy, tudíž celkem 4 listy na hodnoceného jedince (Ešnerová *et al.*, 2012); u několika jedinců však byly pro měření k dispozici pouze dva listy. Hodnoty parametrů měřených na pravé i levé čepeli listu zvlášť (např. úhel první žilky) byly pro daný list stanoveny jako aritmetický průměr těchto dvou měření. Končené hodnoty zkoumaných znaků byly pro každého hodnoceného jedince určeny jako aritmetický průměr výsledků měření ze čtyř (někdy dvou) listů (Ešnerová *et al.*, 2012). Z důvodu občasného poškození listů musela být měření některých morfologických znaků vynechána.

K určení ploidie bylo použito tzv. metody průtokové cytometrie, jejíž postup zjednodušeně spočívá ve vkládání vzorků do úzké trysky, ve které jsou následně prosvíceny laserem. Na základě výsledného odrazu a rozptylu paprsků po průchodu skrze vložené vzorky jsou určeny pozorované parametry (Linda, 2014).



Obr. 13: Grafická ilustrace sledovaných morfologických znaků (a–n). Popis jednotlivých znaků je uveden v Tab. 2. Zdroj: Ešnerová et al. (2012).

Tab. 2: Výpis měřených morfologických znaků s jejich označením. Zdroj: Ešnerová (2012).

Znak	Kód znaku
Délka listové čepele	a
Délka řapíku	b
Šířka listové čepele	c
Úhel špičky listové čepele	d
Úhel nasazení listové čepele	e
Úhel báze listu	f
Vzdálenost nejširšího místa čepele od báze	g
Úhel vroubení listu	h
Vzdálenost mezi žilkami	i
Šířka listové čepele v horní ¼	j
Vzdálenost čtvrté žilky od špičky čepele	k
Vzdálenost prvního zoubku od báze čepele	l
Úhel první žilky	m
Úhel čtvrté žilky	n
Počet zubů mezi 3. a 4.	
Počet postranních žilek	

### 9.3 Statistické zpracování dat

Získané výsledky měření prošly statistickým vyhodnocením, přičemž před vlastním zpracováním byly veškeré naměřené hodnoty pro jednotlivé stromy nejprve zprůměrovány (viz 9.2). Pro každý taxon byl určen medián (Tab. 4 a 5), minimum a maximum hodnot (Tab. 5), průměr, směrodatná odchylka a rozsah hodnot jednotlivých morfologických znaků (Tab. 6). Aritmetický průměr a směrodatná odchylka jsou rovněž vyjádřeny v procentech (Obr 14 a 15).

Hlavní ověřování statisticky významných morfologických odchylek v olistění mezi hodnocenými taxony bylo provedeno v programu STATISTICA 12 se zvolenou hladinou významnosti „ $\alpha$ “ 0,05. V rámci volby vhodného metodického postupu analýzy bylo provedeno ověření normality (Shapiro-Wilkův test) a homoskedasticity (Bartlettův a Leveneův test) získaných dat (Tab. 3). V případech, kde byla splněna kritéria pro použití parametrických testů, bylo pro porovnání naměřených hodnot jednotlivých znaků mezi taxony přistoupeno k použití ANOVA v kombinaci s Tukey HSD testem; tam, kde kritéria splněna nebyla, byl použit neparametrický Kruskal-Wallisův test s vícenásobným porovnáním. Pro porovnání z hlediska dvou typů ploidii byly též použity dvouvýběrové testy, a to parametrický T-test a neparametrický Mann-Whitney U test (Tab. 7).

Pro prezentaci výsledků statistického vícenásobného porovnání bylo u všech sledovaných morfologických znaků k jednotlivým taxonům přiděleno označení písmeny, přičemž vzájemně se lišící písmena indikují statisticky průkaznou odchylku v daném znaku mezi taxony. K znakům byly též přidány výsledné souhrnné p-hodnoty, přičemž ty, jež dosáhly hodnot  $<0,05$  byly červeně zvýrazněny. Znaky s výskytem statisticky významných odchylek mezi taxony byly doplněny krabicovými grafy (vytvořenými v softwaru RStudio) zobrazujícími medián, aritmetický průměr, rozsah hodnot a percentily (Obr. 16–25). V textu uvedená procentuální porovnání vychází z průměrných hodnot znaku každého taxonu a vždy se odvíjí od *B. pendula* (100 %).

V druhé řadě byla pro veškerá naměřená data v rámci dalšího zhodnocení morfologické proměnlivosti šetřených taxonů v softwaru RStudio provedena analýza hlavních komponent (PCA), kterou bylo provedeno zobecnění výsledků měřených morfologických znaků. Konečným výstupem analýzy jsou bodové grafy umožňující posouzení celkové podobnosti či odlišnosti jednotlivých taxonů v olistění (Obr. 26–28).

## 10 Výsledky

### 10.1 Souhrnné tabulky a grafy

Tab. 3: Výsledné p-hodnoty testu normality a homoskedasticity. Červeně zvýrazněné jsou p-hodnoty  $<0,05$ .

Znak	Shapiro-Wilkův test	Bartlettův test	Leveneův test
(„a“) délka čepel	0,050	0,446	0,272
(„b“) délka řapíku	0,144	0,639	0,410
(„c“) šířka listové čepel	0,092	0,450	0,457
(„d“) úhel špičky listové čepel	0,195	0,655	0,669
(„e“) úhel nasazení listové čepel	0,139	0,244	0,164
(„f“) úhel báze listu	0,413	0,242	0,316
(„g“) vzdálenost nejširšího místa čepel od báze	<0,001	0,247	0,328
(„h“) úhel vroubení listu	0,035	0,654	0,304
(„i“) vzdálenost mezi žilkami	0,012	0,075	0,196
(„j“) šířka listové čepel v horní 1/4	<0,001	0,649	0,647
(„k“) vzdálenost čtvrté žilky od špičky čepel	0,016	0,360	0,194
(„l“) vzdálenost prvního zoubku odbáze čepel	<0,001	0,027	0,393
(„m“) úhel první žilky	0,419	0,831	0,863
(„n“) úhel čtvrté žilky	0,547	0,840	0,854
počet zubů mezi 3. a 4. žilkou	0,042	0,216	0,223
počet postranních žilek	0,003	0,029	0,268

Z této tabulky vychází najevo, že více než polovina sledovaných znaků nemá normální rozdělení. U znaků, které splnily podmínky normality byly rovněž splněny podmínky homoskedasticity, tudíž předpoklady pro použití parametrických testů splňuje 7 znaků.



Tab. 4: Souhrnná tabulka s hodnotami mediánu sledovaných znaků rozdělených dle lokalit a taxonů.

Morfologické znaky	Medián											
	Klentnice	Jurské jezero		Huslenky	Tovačov	Velké Karlovice		Lublaň	Krásná lípa	Potštejn	Petřvald	
	<i>B. pendula</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. petraea</i>	<i>B. obscura</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. obscura</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. pubescens</i>
(a) délka čepele (mm)	45,50	42,50	53,75	39,75	46,75	37,50	41,75	50,67	42,13	49,81	47,13	60,50
(b) délka řapíku (mm)	19,88	26,75	15,25	21,00	15,38	14,50	18,25	15,38	15,63	17,38	17,75	20,56
(c) šířka listové čepele (mm)	38,00	37,50	41,00	34,75	37,00	30,50	34,88	37,88	32,00	36,56	37,00	45,88
(d) úhel špičky listové čepele (°)	43,25	40,25	53,50	42,00	53,75	39,00	39,63	44,00	36,50	27,38	30,00	50,38
(e) úhel nasazení listové čepele (°)	272,50	265,50	271,50	279,75	288,50	270,50	265,63	290,75	289,00	279,08	279,50	280,21
(f) úhel báze listu (°)	219,25	211,00	241,25	222,25	208,25	232,50	228,50	206,33	231,50	222,63	226,00	237,29
(g) vzdálenost nejširšího místa čepele od báze (mm)	15,38	13,75	19,50	13,00	13,25	13,75	14,38	11,88	15,00	14,69	15,00	25,50
(h) úhel vroubení listu (°)	44,75	41,25	44,50	48,50	41,00	42,00	41,50	45,25	50,25	52,44	52,25	52,31
(i) vzdálenost mezi žilkami (mm)	5,50	6,25	6,25	5,38	6,25	4,50	5,63	6,94	5,25	6,19	5,69	6,50
(j) šířka listové čepele v horní 1/4 (mm)	11,38	13,00	22,50	11,88	10,25	7,50	10,25	12,00	12,00	11,19	11,25	25,19
(k) vzdálenost čtvrté žilky od špičky čepele (mm)	26,50	22,00	30,00	21,88	21,75	21,75	23,25	26,56	19,31	26,00	22,50	32,53
(l) vzdálenost prvního zoubku od báze čepele (mm)	14,00	12,50	13,00	13,75	10,75	13,75	14,44	12,94	15,69	15,56	14,88	12,25
(m) úhel první žilky (°)	56,00	58,00	45,00	56,00	52,00	50,00	51,63	51,13	47,13	50,63	50,63	45,75
(n) úhel čtvrté žilky (°)	37,75	32,50	33,25	32,25	35,00	32,00	31,75	31,50	29,13	30,75	28,88	28,56
počet zubů mezi 3. a 4. žilkou (ks.)	2,38	2,88	1,50	1,88	2,63	2,25	2,13	2,13	1,50	2,19	2,50	2,00
počet postranních žilek (ks.)	6,00	6,00	5,75	6,25	5,63	5,50	6,25	7,75	6,67	8,25	6,38	7,06

Tab. 5: Souhrnná tabulka porovnávající minimální, střední a maximální hodnoty znaků podle jednotlivých taxonů.

Morfologické znaky	Minimum				Medián				Maximum			
	<i>B. pendula</i>	<i>B. obscura</i>	<i>B. petraea</i>	<i>B. pubescens</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. obscura</i>	<i>B. petraea</i>	<i>B. pubescens</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. obscura</i>	<i>B. petraea</i>	<i>B. pubescens</i>
(a) délka čepele (mm)	33,38	34,50	42,88	49,50	46,75	40,75	53,75	60,50	63,13	53,75	61,75	65,33
(b) délka řapíku (mm)	12,25	11,75	12,00	17,50	17,25	19,25	15,25	20,56	26,75	29,00	25,25	25,88
(c) šířka listové čepele (mm)	27,50	30,00	33,38	38,63	37,00	34,75	41,00	45,88	45,50	41,13	49,25	51,13
(d) úhel špičky listové čepele (°)	21,00	22,00	39,75	43,00	36,50	41,75	53,50	50,38	56,00	62,50	78,25	65,00
(e) úhel nasazení listové čepele (°)	240,50	230,00	257,75	228,00	280,00	267,00	271,50	280,21	314,50	304,00	298,50	301,75
(f) úhel báze listu (°)	185,75	201,00	232,50	205,00	224,50	226,50	241,25	237,29	259,00	250,00	251,00	258,75
(g) vzdálenost nejširšího místa čepele od báze (mm)	9,63	9,00	17,13	19,13	14,50	13,63	19,50	25,50	21,63	23,25	23,00	29,13
(h) úhel vroubení listu (°)	34,25	36,00	40,00	47,75	48,63	42,00	44,50	52,31	62,00	55,25	56,25	67,63
(i) vzdálenost mezi žilkami (mm)	4,50	4,50	5,13	6,13	5,75	5,50	6,25	6,50	8,75	6,00	6,50	7,63
(j) šířka listové čepele v horní 1/4 (mm)	7,50	7,88	18,50	21,88	11,63	10,50	22,50	25,19	18,38	15,63	26,00	26,17
(k) vzdálenost čtvrté žilky od špičky čepele (mm)	15,69	16,50	19,25	22,38	22,00	22,13	30,00	32,53	37,38	28,75	34,25	38,00
(l) vzdálenost prvního zoubku od báze čepele (mm)	9,38	11,75	12,25	8,25	14,25	13,75	13,00	12,25	18,50	28,25	15,25	19,00
(m) úhel první žilky (°)	40,88	44,00	38,75	38,25	50,63	53,75	45,00	45,75	65,75	65,50	48,75	57,00
(n) úhel čtvrté žilky (°)	24,25	26,00	29,00	22,75	31,50	31,75	33,25	28,56	42,00	38,75	37,75	32,88
počet zubů mezi 3. a 4. žilkou (ks.)	1,00	1,00	1,13	1,25	2,25	2,00	1,50	2,00	4,25	3,50	2,00	2,75
počet postranních žilek (ks.)	4,63	5,25	5,00	6,50	6,50	6,25	5,75	7,06	10,17	7,38	6,75	8,25

Tab. 6: Souhrnná tabulka porovnávající taxony dle průměru, směrodatné odchylky a rozsahu hodnot znaků.

Morfologické znaky	Aritmetický průměr				Směrodatná odchylka				Rozsah hodnot			
	<i>B. pendula</i>	<i>B. obscura</i>	<i>B. petraea</i>	<i>B. pubescens</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. obscura</i>	<i>B. petraea</i>	<i>B. pubescens</i>	<i>B. pendula</i>	<i>B. obscura</i>	<i>B. petraea</i>	<i>B. pubescens</i>
(a) délka čepele (mm)	46,69	42,43	53,18	58,95	7,39	5,16	7,51	5,60	29,75	19,25	18,88	15,83
(b) délka řapíku (mm)	17,84	19,21	17,35	20,83	4,23	3,79	5,60	3,15	14,50	17,25	13,25	8,38
(c) šířka listové čepele (mm)	36,12	34,91	40,60	45,04	4,58	3,58	6,44	4,58	18,00	11,13	15,88	12,50
(d) úhel špičky listové čepele (°)	36,13	39,85	56,40	51,63	10,41	9,91	14,16	7,78	35,00	40,50	38,50	22,00
(e) úhel nasazení listové čepele (°)	280,83	267,07	273,65	273,94	16,24	22,25	16,72	28,70	74,00	74,00	40,75	73,75
(f) úhel báze listu (°)	221,94	226,09	240,80	235,58	17,88	13,57	8,22	19,97	73,25	49,00	18,50	53,75
(g) vzdálenost nejširšího místa čepele od báze (mm)	14,45	13,96	20,33	24,38	2,38	3,32	2,42	4,12	12,00	14,25	5,88	10,00
(h) úhel vroubení listu (°)	47,83	43,99	47,15	56,10	6,94	5,65	6,31	8,66	27,75	19,25	16,25	19,88
(i) vzdálenost mezi žilkami (mm)	5,96	5,30	5,93	6,73	1,05	0,60	0,63	0,64	4,25	1,50	1,38	1,50
(j) šířka listové čepele v horní 1/4 (mm)	11,71	10,95	22,83	24,74	2,48	2,32	2,99	1,62	10,88	7,75	7,50	4,29
(k) vzdálenost čtvrté žilky od špičky čepele (mm)	24,02	22,29	27,43	31,53	5,54	3,71	6,16	5,18	21,69	12,25	15,00	15,63
(l) vzdálenost prvního zoubku od báze čepele (mm)	14,15	15,40	13,53	13,14	2,59	4,36	1,39	3,88	9,13	16,50	3,00	10,75
(m) úhel první žilky (°)	51,65	53,70	44,00	47,29	6,09	5,69	4,67	7,25	24,88	21,50	10,00	18,75
(n) úhel čtvrté žilky (°)	31,57	32,37	32,60	28,31	4,64	3,92	3,55	4,10	17,75	12,75	8,75	10,13
počet zubů mezi 3. a 4. žilkou (ks.)	2,24	2,11	1,53	2,10	0,80	0,67	0,31	0,58	3,25	2,50	0,88	1,50
počet postranních žilek (ks.)	6,72	6,22	5,85	7,29	1,28	0,68	0,68	0,68	5,54	2,13	1,75	1,75

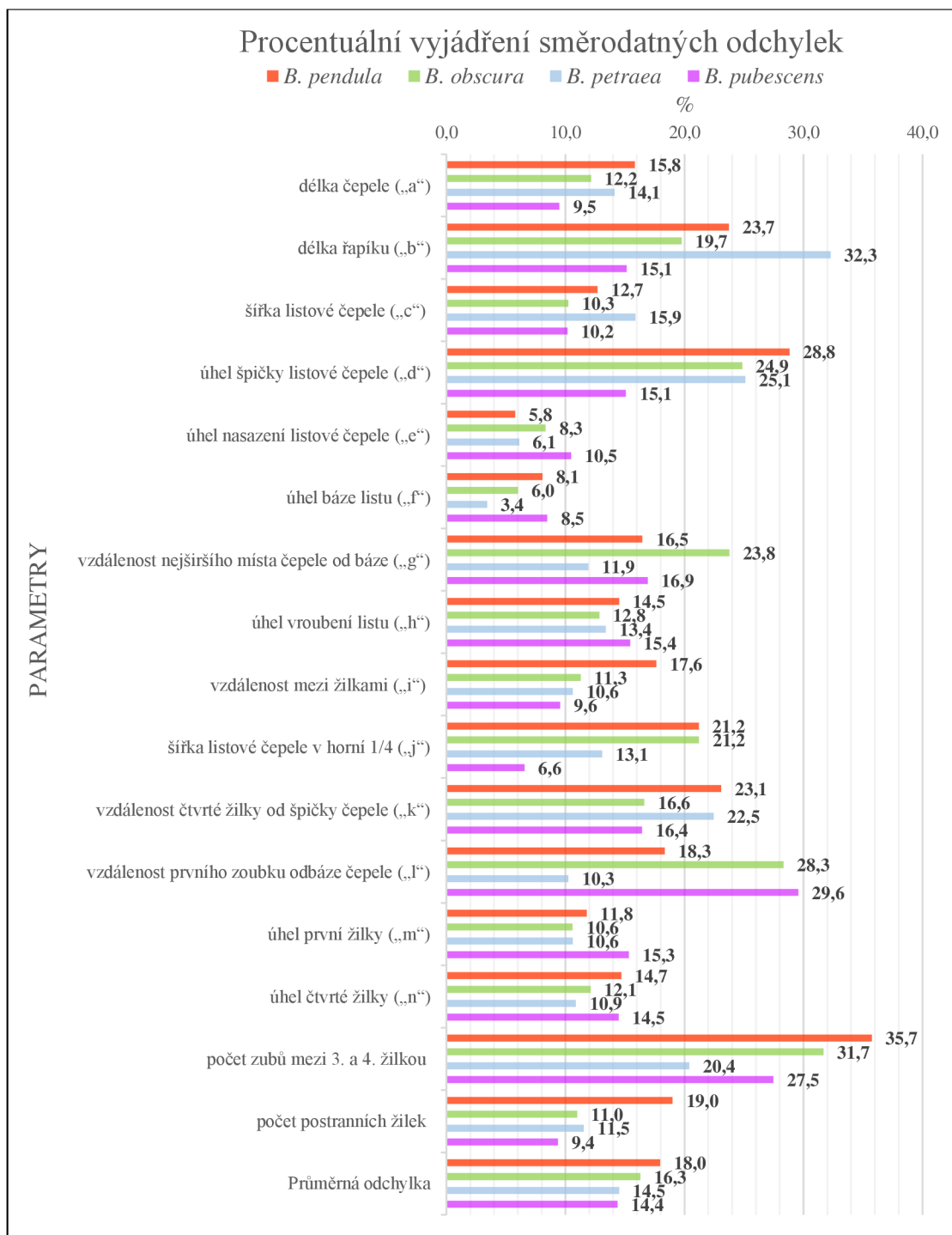
Tab. 7: Výsledky analýzy vícenásobného porovnání mezi taxony a dvouvýběrových testů pro porovnání ploidii. Červeně zvýrazněné jsou p-hodnoty <0,05.

Morfologické znaky	Statistická odlišnost				Vícenásobné porovnání		Dvouvýběrové testy	
	<i>B. pendula</i>	<i>B. obscura</i>	<i>B. petraea</i>	<i>B. pubescens</i>	ANOVA	Kruskal-Wallis	T-test	Mann-Whitney U test
(a) délka čepele (mm)	ab	a	bc	c	-	<0,001	-	<0,001
(b) délka řapíku (mm)	a	a	a	a	0,328	-	0,522	-
(c) šířka listové čepele (mm)	a	a	ab	b	<0,001	-	<0,001	-
(d) úhel špičky listové čepele (°)	a	ac	b	cb	<0,001	-	<0,001	-
(e) úhel nasazení listové čepele (°)	a	a	a	a	0,164	-	0,777	-
(f) úhel báze listu (°)	a	a	a	a	0,059	-	0,010	-
(g) vzdálenost nejširšího místa čepele od báze (mm)	a	a	b	b	-	<0,001	-	<0,001
(h) úhel vroubení listu	ab	a	ab	b	-	0,027	-	0,069
(i) vzdálenost mezi žilkami (mm)	ab	a	ab	b	-	0,005	-	0,013
(j) šířka listové čepele v horní 1/4 (mm)	a	a	b	b	-	<0,001	-	<0,001
(k) vzdálenost čtvrté žilky od špičky čepele (mm)	a	a	ab	b	-	0,010	-	0,002
(l) vzdálenost prvního zoubku od báze čepele (mm)	a	a	a	a	-	0,625	-	0,221
(m) úhel první žilky	ab	a	b	ab	0,009	-	0,002	-
(n) úhel čtvrté žilky	a	a	a	a	0,243	-	0,276	-
počet zubů mezi 3. a 4. žilkou	a	a	a	a	-	0,228	-	0,160
počet postranních žilek	ab	ab	a	b	-	0,025	-	0,54



Obr. 14: Graf s procentickým vyjádřením středních hodnot sledovaných parametrů pro jednotlivé taxony. Procentuální vyjádření středních hodnot je dáno podílem průměru v daném znaku u jednotlivých taxonů vůči průměru daného znaku u *B. pendula* (100 %).

Na tomto grafu jsou v jednotlivých znacích zjevné rozdíly v procentuálním vyjádření průměru mezi taxony, zejména diploidy a tetraploidy u znaků „d“, „g“ a „j.“ V celku dosahuje nejvyššího průměrného procenta taxon *B. pubescens* a nejnižšího *B. obscura*.

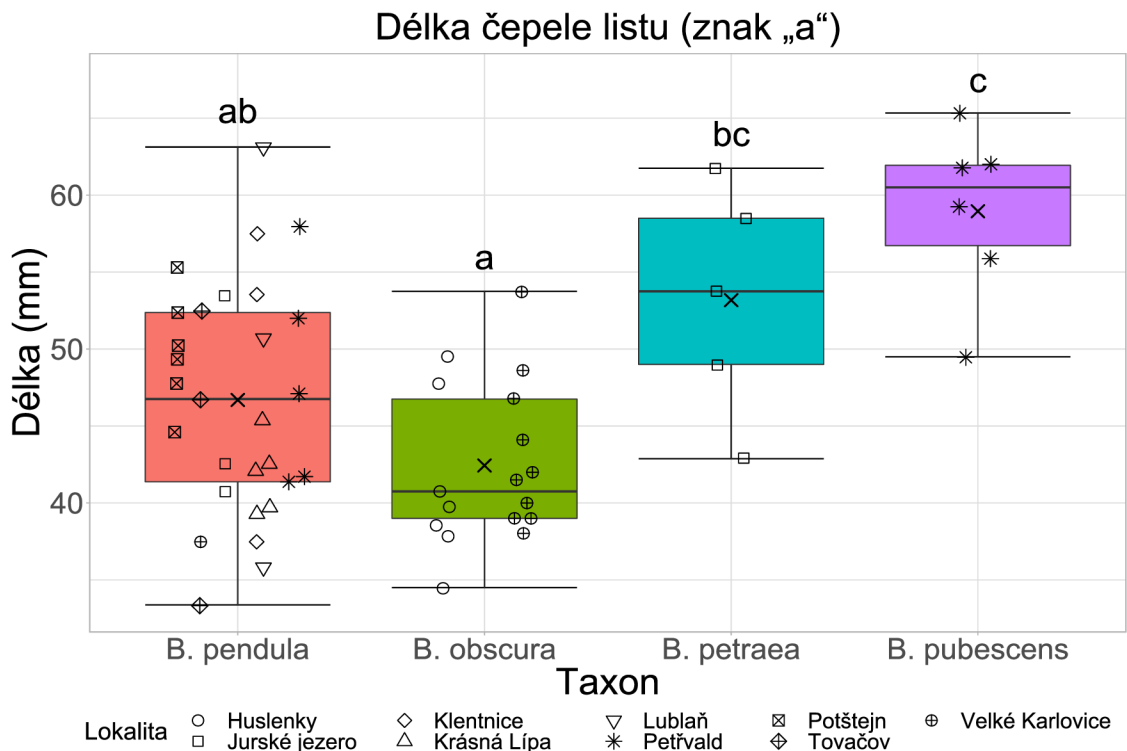


Obr. 15: Graf s procentuálním vyjádřením směrodatné odchylky sledovaných morfologických znaků pro jednotlivé taxony. Procentuální vyjádření směrodatné odchylky pro morfologické znaky u jednotlivých taxonů je dáno jako podíl směrodatné odchylky vůči průměru.

Rozdíly v procentuálním vyjádření směrodatné odchylky se mezi taxony zdá být výraznější než u Obr. 14. Taxony *B. pendula* a *B. obscura* dosahují největší odchylky v počtu zubů mezi 3. a 4. žilkou, *B. pubescens* u znaku „l“ a *B. petraea* u znaku „b.“ Nicméně v průměru dosahují diploidní taxony vyššího procenta směrodatné odchylky. Procenta u znaků „e“ a „f“ jsou u všech čtyř taxonů poměrně nízké.

## 10.2 Zobrazení statisticky významných rozdílů v grafech

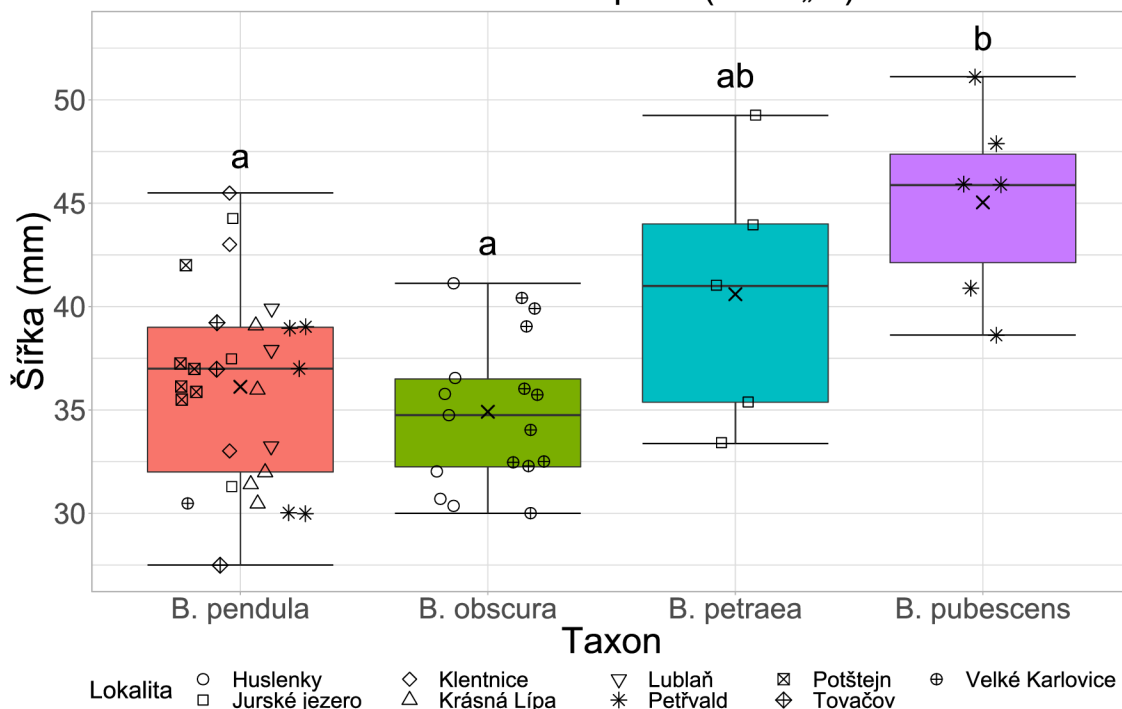
### 10.2.1 Statistiky významné rozdíly s $p$ -hodnotou $<0,001$



Obr. 16: Krabicový graf porovnávající délku čepele listu mezi taxony a místy odběrů. Délka čepele listu byla pro jednotlivé taxony stanovena jako medián (příčná čára uvnitř krabice) a aritmetický průměr (křížek uvnitř krabice) naměřených hodnot. Body v grafu představují výsledky měření hodnocených jedinců a jsou rozmístěny náhodně, aby nedošlo k jejich vzájemnému překryvu. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary jednotlivých bodů. Chybové úsečky a konce krabic představují ve vztahu k mediánu percentily po 25 %. Taxony označené odlišnými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Výše uvedený graf představuje porovnání znaku „a“, u nějž byla zaregistrována statisticky průkazná odlišnost taxonů *B. pendula* (100 %) od *B. pubescens* (126 %) a *B. obscura* (91 %) od *B. petraea* (114 %) a *B. pubescens* (126 %) s  $p$ -hodnotou  $<0,001$ . Nejvyšší rozmezí hodnot má u tohoto znaku taxon *B. pendula*, který zároveň dosahuje i nejnižších hodnot; nejvyšších maximálních a středních hodnot a též nejmenšího rozsahu dosahuje *B. pubescens*. Nejnižších středních hodnot dosahuje *B. obscura*. U *B. pendula* se nachází podlouhlé skupinky hodnot jedinců z lokalit Potštejn a Krásná lípa. Rovněž u taxonu *B. obscura* lze pozorovat tvorbu skupinek jedinců pocházejících ze dvou odlišných lokalit.

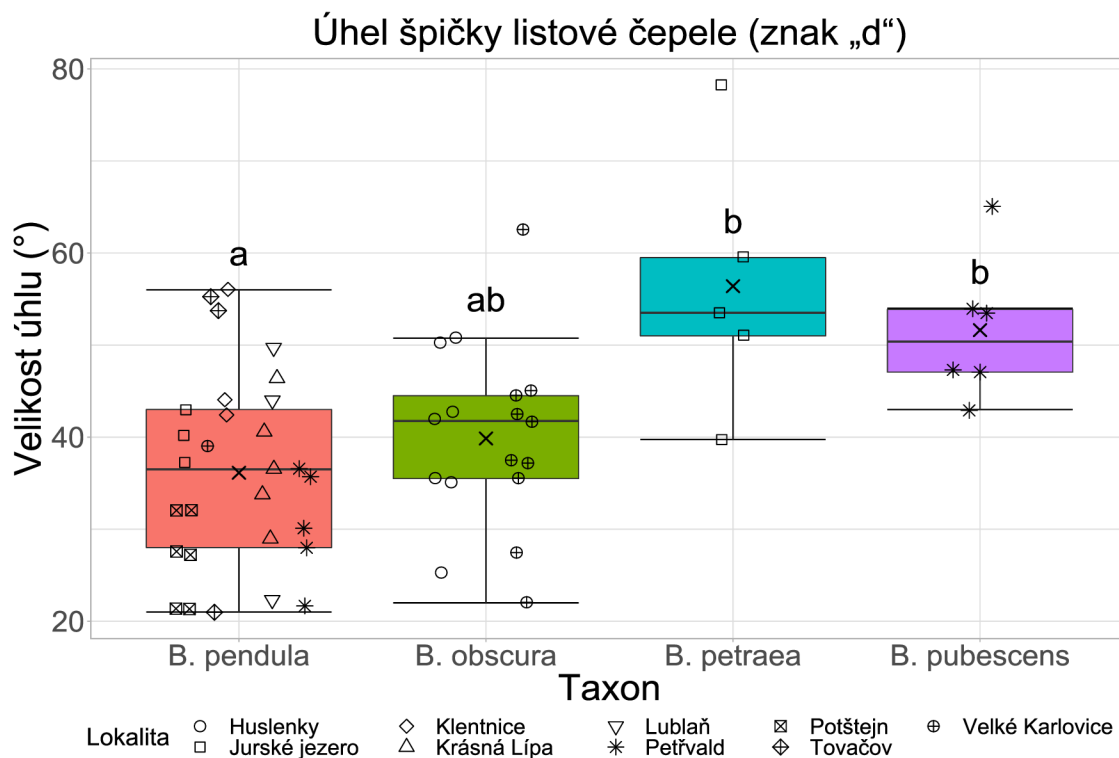
### Šířka listové čepele (znak „c“)



Obr. 17: Krabicový graf porovnávající šířku listové čepele mezi taxony a místy odběrů. Šířka listové čepele byla pro jednotlivé taxony stanovena jako medián (příčná čára uvnitř krabice) a aritmetický průměr (křížek uvnitř krabice) naměřených hodnot. Body v grafu představují výsledky měření hodnocených jedinců a jsou rozmístěny náhodně, aby nedošlo k jejich vzájemnému překryvu. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary jednotlivých bodů. Chybové úsečky a konce krabic představují ve vztahu k mediánu percentily po 25 %. Taxony označené odlišnými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

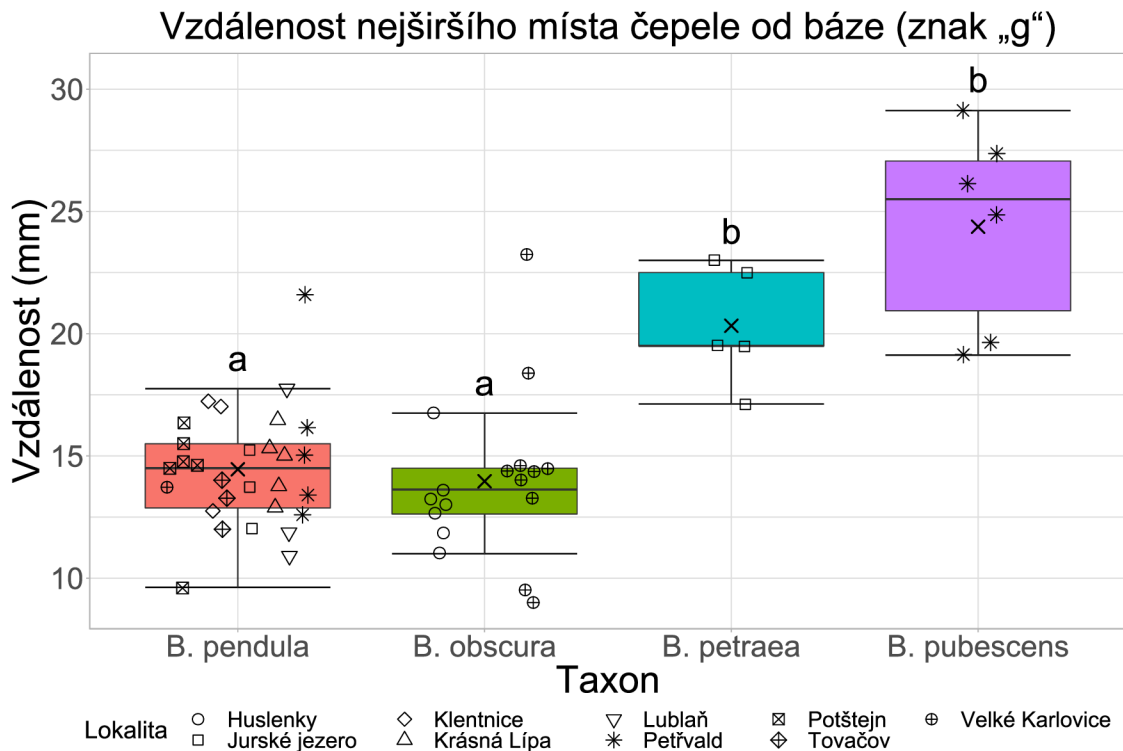
U morfologického znaku „c“ byla významná odchylka zaznamenána pouze mezi *B. pubescens* (125 %) a dvěma diploidními taxony *B. pendula* (100 %) a *B. obscura* (97 %) při p-hodnotě  $<0,001$ . Střední hodnoty šířky listové čepele jsou největší u *B. pubescens* a nejmenší u *B. obscura*. Nejnižších hodnot a zároveň největšího rozdílu mezi maximem a minimem hodnot dosahuje *B. pendula* a nejmenšího dosahuje *B. obscura*. Nejvyšších maximálních dosahuje *B. pubescens*. U taxonů *B. pendula* a *B. obscura* lze postřehnout zřetelné shluky hodnot. V grafu *B. pendula* lze pozorovat malý hlouček hodnot jedinců z Potštejna a v grafu *B. obscura* malé skupinky hodnot jedinců z obou lokalit.





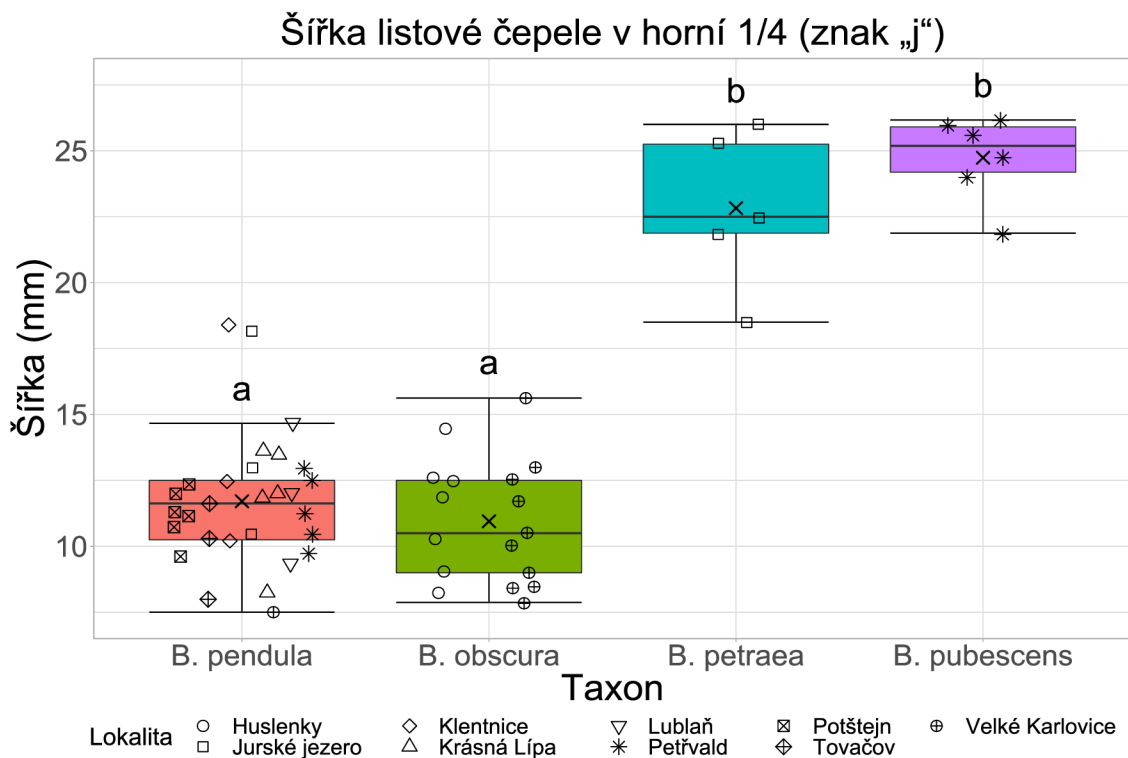
Obr. 18: Krabicový graf porovnávající úhel špičky listové čepele mezi taxony a místy odběrů. Úhel špičky listové čepele byl pro jednotlivé taxony stanoven jako medián (příčná čára uvnitř krabice) a aritmetický průměr (křížek uvnitř krabice) naměřených hodnot. Body v grafu představují výsledky měření hodnocených jedinců a jsou rozmístěny náhodně, aby nedošlo k jejich vzájemnému překryvu. Mista odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary jednotlivých bodů. Chybové úsečky a konce krabic představují ve vztahu k mediánu percentily po 25 %. Taxony označené odlišnými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

V tomto případě byla nalezena významná odlišnost mezi *B. pendula* (100 %) a tetraploidy *B. petraea* (156 %) a *B. pubescens* (143 %) a dále také mezi *B. obscura* (110 %) a *B. petraea* (156 %) s  $p$ -hodnotou  $<0,001$ . Nejvyšších hodnot mediánu a průměru nabývá *B. petraea* a nejnižších *B. pendula*. U taxonů *B. obscura*, *B. petraea* a *B. pubescens* se vyskytl jeden extrémní výsledek měření. Největšího rozsahu hodnot úhlu bez uvážení odlehlých hodnot dosahuje *B. pendula*, který také zároveň dosahuje nejmenšího úhlu špičky listové čepele. S uvážením vzdálených výsledků měření dosahuje největšího rozsahu taxon *B. obscura* a naopak nejmenšího *B. pubescens*. Největšího úhlu špičky listové čepele dosahuje *B. petraea*. V grafu *B. obscura* dochází k tvorbě dvou malých hloučků hodnot jedinců pocházejících z Velkých Karlovic a párů hodnot jedinců z lokality Huslenky. V případě *B. pendula* lze rovněž pozorovat páry hodnot u jedinců z lokality Potštejn a Petřvald.



Obr. 19: Krabicový graf porovnávající vzdálenost nejširšího místa čepule od báze mezi taxony a místy odběrů. Vzdálenost nejširšího místa čepule od báze byla pro jednotlivé taxony stanovena jako medián (příčná čára uvnitř krabice) a aritmetický průměr (křížek uvnitř krabice) naměřených hodnot. Body v grafu představují výsledky měření hodnocených jedinců a jsou rozmístěny náhodně, aby nedošlo k jejich vzájemnému překryvu. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary jednotlivých bodů. Chybové úsečky a konce krabic představují ve vztahu k mediánu percentily po 25 %. Taxony označené odlišnými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

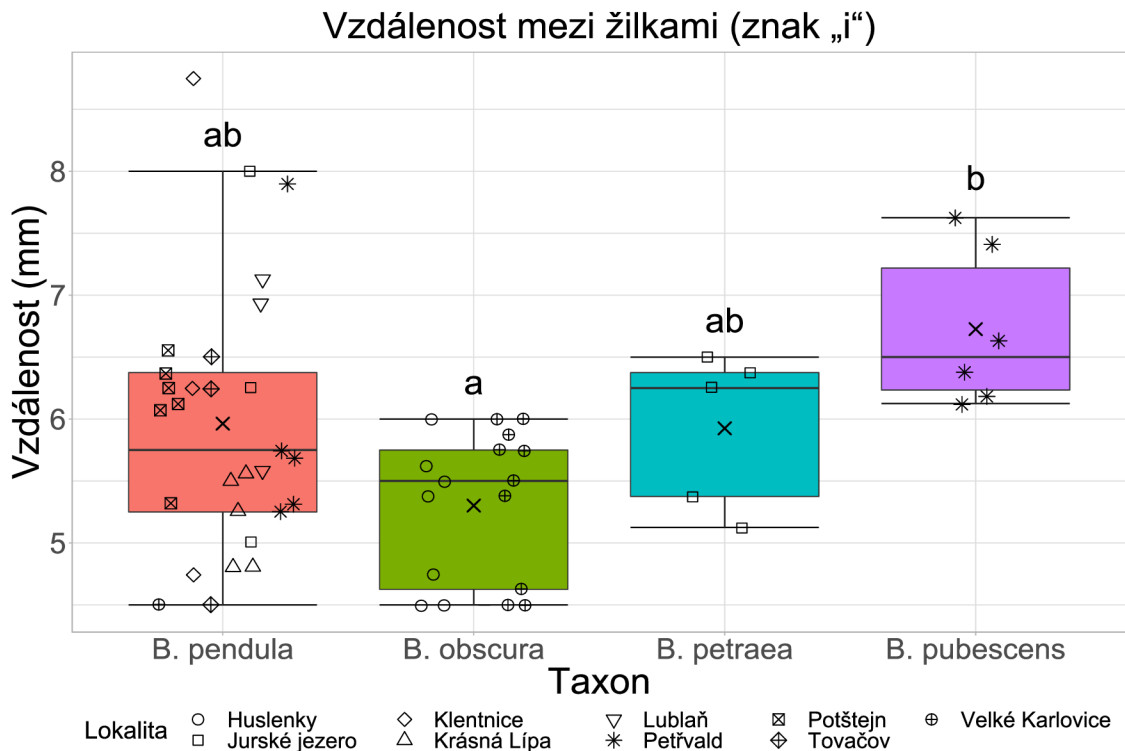
Na tomto grafu zobrazujícím porovnání znaku „g“ je viditelný velice významný statistický rozdíl s p-hodnotou  $<0,001$  mezi diploidy – *B. pendula* (100 %), *B. obscura* (97 %) a tetraploidy – *B. petraea* (141 %), *B. pubescens* (169 %). Medián a aritmetický průměr je nejvyšší *B. pubescens* a nejnižší u *B. obscura*. U taxonu *B. obscura* se pod spodní i nad horní mezi nachází extrémní hodnoty, díky kterým ve srovnání s ostatními taxony dosahuje největšího rozsahu a též nejnižších hodnot. Jedna vzdálená hodnota se nachází také nad horní mezi *B. pendula*. Po vyloučení těchto odlehlých hodnot však dosahuje největšího rozsahu hodnot taxon *B. pubescens*, který zároveň dosahuje největší vzdálenosti nejširšího místa čepule od báze; nejmenší vzdálenosti nabývá *B. pendula*. V grafu *B. pendula* lze pozorovat mírné náznaky shlukování hodnot jedinců pocházejících ze stejných lokalit, zejména z Potštejna. U *B. obscura* se nachází dva poměrně velké shluky hodnot, a veškeré extrémní výsledky měření pochází od jedinců z Velkých Karlovic.



Obr. 20: Krabicový graf porovnávající šířku listové čepele v horní 1/4 mezi taxony a místy odběrů. Šířka listové čepele v horní 1/4 byla pro jednotlivé taxony stanovena jako medián (příčná čára uvnitř krabice) a aritmetický průměr (křížek uvnitř krabice) naměřených hodnot. Body v grafu představují výsledky měření hodnocených jedinců a jsou rozmístěny náhodně, aby nedošlo k jejich vzájemnému překryvu. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary jednotlivých bodů. Chybové úsečky a konce krabic představují ve vztahu k mediánu percentily po 25 %. Taxony označené odlišnými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

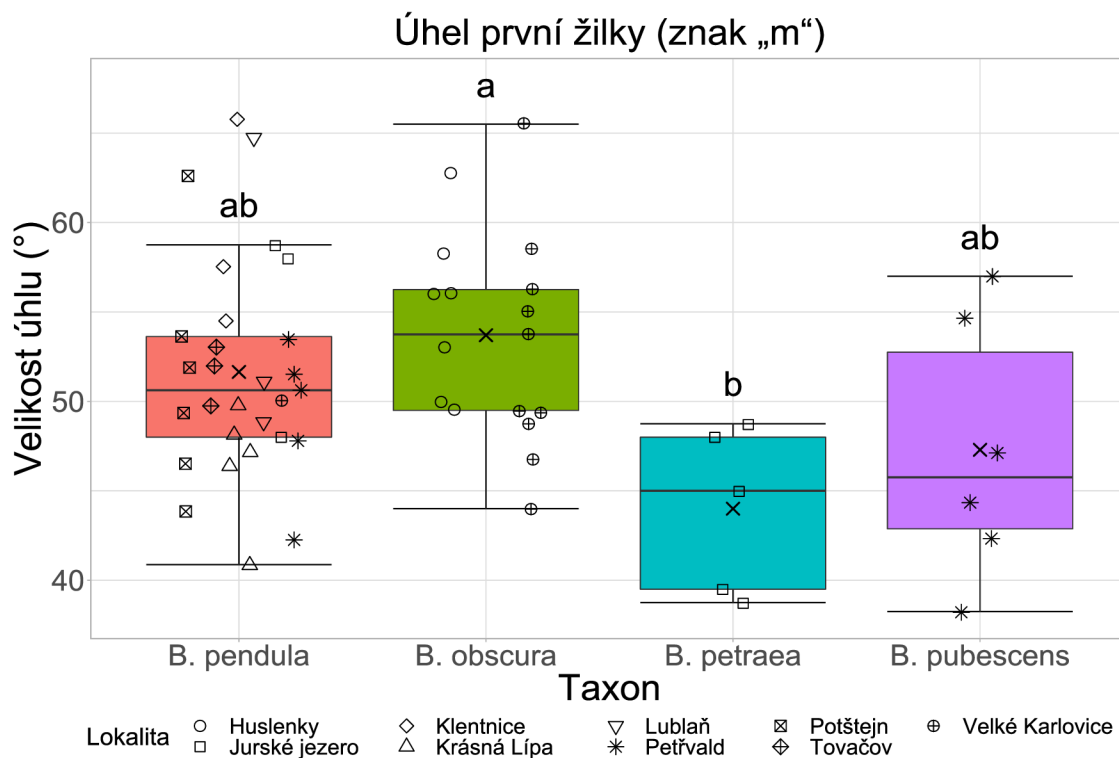
U znaku „j“ byla obdobně jako u znaku „g“ nalezena velice výrazná, statisticky průkazná odlišnost mezi diploidy – *B. pendula* (100 %), *B. obscura* (94 %), a tetraploidy – *B. petraea* (195 %), *B. pubescens* (211 %), přičemž p-hodnoty byly  $<0,001$ . Medián a průměr jsou nejvyšší u *B. pubescens* a nejnižší u *B. obscura*. Nejvyššího rozsahu hodnot má u tohoto znaku *B. pendula*, který také dosahuje nejnižší hodnoty a u kterého se nad horní mezí nachází dvě odlehlé hodnoty; bez těchto extrémních hodnot však dosahuje největšího rozsahu *B. obscura*. Největší šířky listové čepele v horní 1/4 dosahuje *B. pubescens*, který má zároveň nejmenší rozsah. Na grafu *B. pendula* lze opět vidět mírné náznaky shlukování hodnot jedinců ze stejných lokalit, především Potštejna. V případě *B. obscura* jsou hodnoty jedinců rozptýleny napříč celým grafem v podstatě náhodně.

10.2.2 Statistiky významné rozdíly s  $p$ -hodnotou  $>0,001$



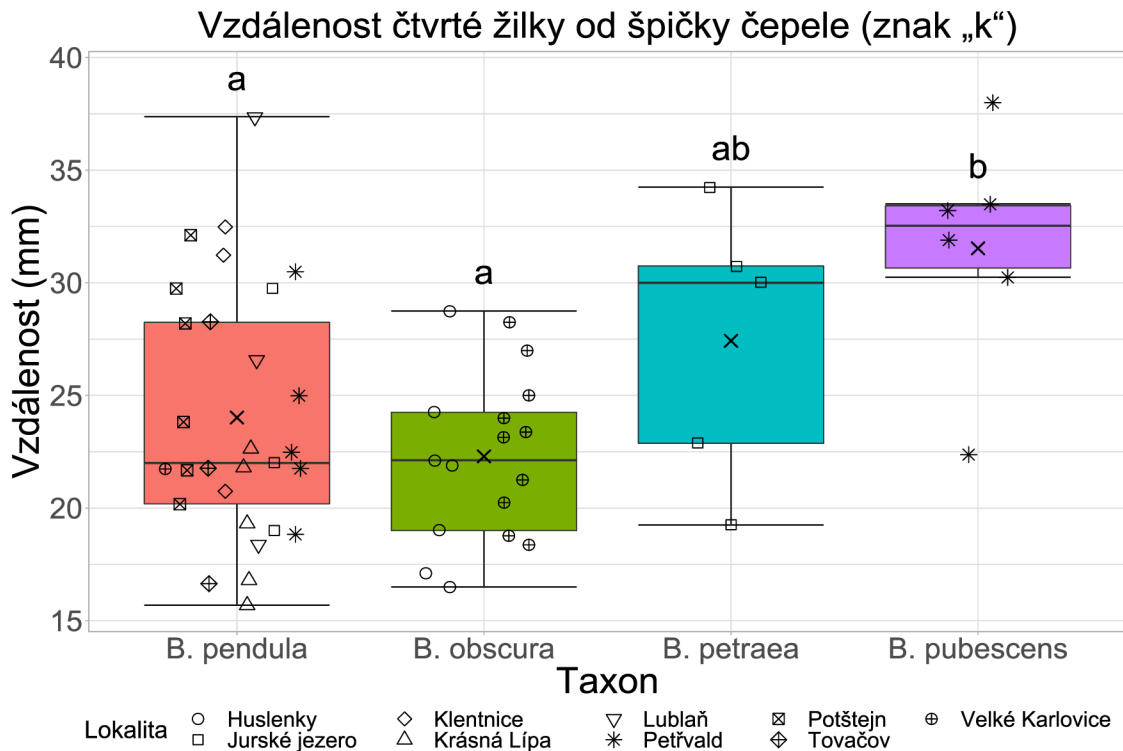
Obr. 21: Krabicový graf porovnávající vzdálenost mezi žilkami mezi taxony a místy odběrů. Vzdálenost mezi žilkami byla pro jednotlivé taxony stanovena jako medián (příčná čára uvnitř krabice) a aritmetický průměr (křížek uvnitř krabice) naměřených hodnot. Body v grafu představují výsledky měření hodnocených jedinců a jsou rozmístěny náhodně, aby nedošlo k jejich vzájemnému překryvu. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary jednotlivých bodů. Chybové úsečky a konce krabic představují ve vztahu k mediánu percentily po 25 %. Taxony označené odlišnými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Podobně jako u znaku „h“ byla také u znaku „i“ zaznamenána statisticky průkazná odchylka pouze mezi taxony *B. obscura* (89 %) a *B. pubescens* (113 %) s  $p$ -hodnotou 0,005. Nejvyšších středních hodnot dosahuje *B. pubescens* a nejnižších *B. obscura*. Průměry se u všech taxonů značně odchylojí od mediánu. *B. pendula* má v porovnání s ostatními taxony výrazně vyšší rozsah vzdálenosti mezi žilkami, přičemž se u něj vyskytuje jedna extrémní hodnota. *B. pendula* rovněž dosahuje největších a spolu s *B. obscura* také nejmenších hodnot. Nejmenší rozsah vzdálenosti mezi žilkami je u taxonu *B. petraea*. V grafu *B. obscura* lze vidět malé skupinky výsledků měření jedinců pocházejících z obou lokalit. U *B. pendula* se nachází malý hlouček hodnot jedinců z Potštejna.



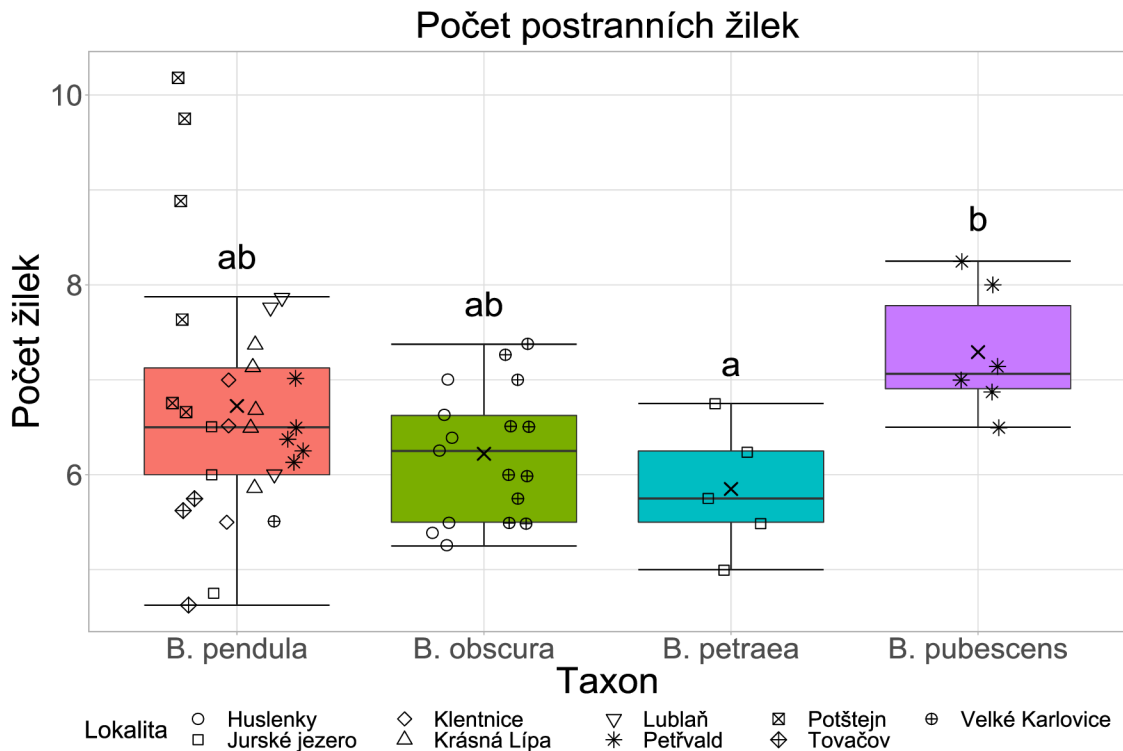
Obr. 22: Krabicový graf porovnávající úhel první žilky mezi taxony a místy odběrů. Úhel první žilky byl pro jednotlivé taxony stanoven jako medián (příčná čára uvnitř krabice) a aritmetický průměr (křížek uvnitř krabice) naměřených hodnot. Body v grafu představují výsledky měření hodnocených jedinců a jsou rozmístěny náhodně, aby nedošlo k jejich vzájemnému překryvu. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary jednotlivých bodů. Chybové úsečky a konce krabic představují ve vztahu k mediánu percentily po 25 %. Taxony označené odlišnými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Úhel první žilky je dalším znakem, u něž byla nalezena statisticky významná odchylka, v tomto případě pouze mezi taxony *B. obscura* (104 %) a *B. petraea* (85 %) s p-hodnotou 0,009. Střední hodnoty jsou nejvyšší u *B. obscura* a nejnižší u *B. petraea*. Největšího úhlu a rozsahu velikosti úhlu dosahuje *B. pendula*, u kterého se nachází tři extrémní hodnoty; vyloučením těchto outlierů by však největší rozsah měl *B. obscura*. Nejmenší rozsah velikosti úhlu má *B. petraea* a nejmenšího úhlu nabývá *B. pubescens*. V grafu *B. pendula* jsou jen slabé náznaky tvorby hlouček hodnot jedinců pocházejících ze stejných lokalit. Rovněž v případě *B. obscura* nedochází k žádnému většímu shlukování hodnot.



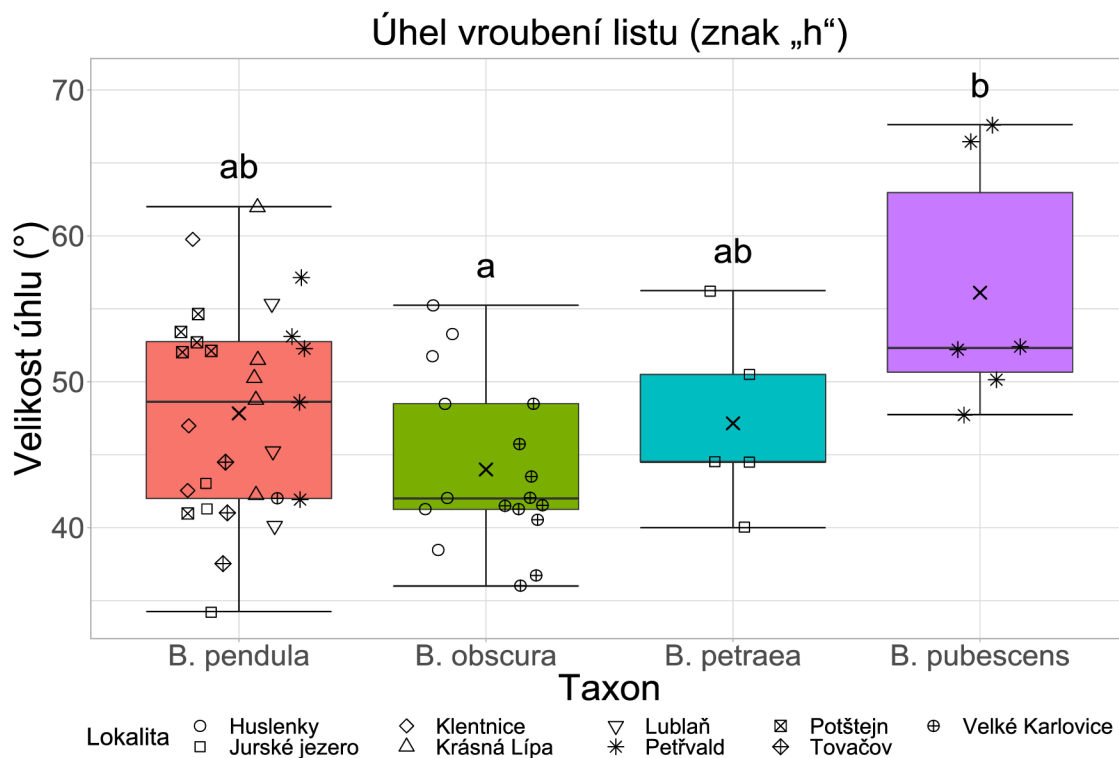
Obr. 23: Krabicový graf porovnávající vzdálenost čtvrté žilky od špičky čepele mezi taxony a místy odběrů. Vzdálenost čtvrté žilky od špičky čepele byla pro jednotlivé taxony stanovena jako medián (příčná čára uvnitř krabice) a aritmetický průměr (křížek uvnitř krabice) naměřených hodnot. Body v grafu představují výsledky měření hodnocených jedinců a jsou rozmístěny náhodně, aby nedošlo k jejich vzájemnému překryvu. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary jednotlivých bodů. Chybové úsečky a konce krabic představují ve vztahu k mediánu percentily po 25 %. Taxony označené odlišnými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Na uvedeném grafu je vyobrazeno porovnání znaku „k,“ u kterého byla podobně jako u znaku „c,“ nalezena statisticky významná odchylka mezi tetraploidem *B. pubescens* (131 %) a diploidy *B. pendula* (100 %) a *B. obscura* (93 %) při p-hodnotě 0,010. Nejvyšších středních hodnot dosahuje *B. pubescens*. Nejnižšího mediánu bylo dosaženo u taxonu *B. pendula*, přičemž v jeho blízkosti se nachází poměrně velký počet výsledků měření; aritmetický průměr je nejnižší u *B. obscura*. Průměr je u tří taxonů mimo *B. obscura* od mediánu značně vychýlen. Největší rozsah vzdálenosti čtvrté žilky od špičky čepele je u taxonu *B. pendula*, který zároveň dosahuje nejnižších a s vyloučením outlierů u *B. pubescens* také nejvyšších hodnot. Bez odlehlých hodnot má u tohoto znaku nejmenší rozsah *B. pubescens*. V grafech *B. pendula* a *B. obscura* nejsou viditelné žádné významné skupinky hodnot jedinců pocházejících ze stejných lokalit.



Obr. 24: Krabicový graf porovnávající počet postranních žilek mezi taxony a místy odběrů. Počet postranních žilek byl pro jednotlivé taxony stanoven jako medián (příčná čára uvnitř krabice) a aritmetický průměr (křížek uvnitř krabice) naměřených hodnot. Body v grafu představují výsledky měření hodnocených jedinců a jsou rozmístěny náhodně, aby nedošlo k jejich vzájemnému překryvu. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary jednotlivých bodů. Chybové úsečky a konce krabice představují ve vztahu k mediánu percentily po 25 %. Taxony označené odlišnými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

U počtu postranních žilek byla zjištěna statisticky průkazná odchylka s p-hodnotou 0,025 mezi tetraploidními taxony *B. petraea* (87 %) a *B. pubescens* (108 %). Nejvyšších středních hodnot dosahuje taxon *B. pubescens* a nejnižších *B. petraea*. Rozpětí počtu žilek je největší u *B. pendula*, který zároveň ze všech taxonů nabývá nejmenšího a se zohledněním extrémních výsledků měření také největšího počtu žilek; bez odlehklých hodnot však nabývá největšího počtu žilek *B. pubescens*. Nejmenší rozmezí v počtu žilek mají *B. petraea* a *B. pubescens*, které je u obou taxonů shodné. V grafu *B. pendula* se nachází malý hlouček hodnot jedinců pocházejících z lokality Petřvald a mnoho jedinců z lokality Potštejn se vyznačuje extrémními hodnotami. U *B. obscura* lze vidět pár podlouhlých hloučků hodnot jedinců pocházejících z obou lokalit.

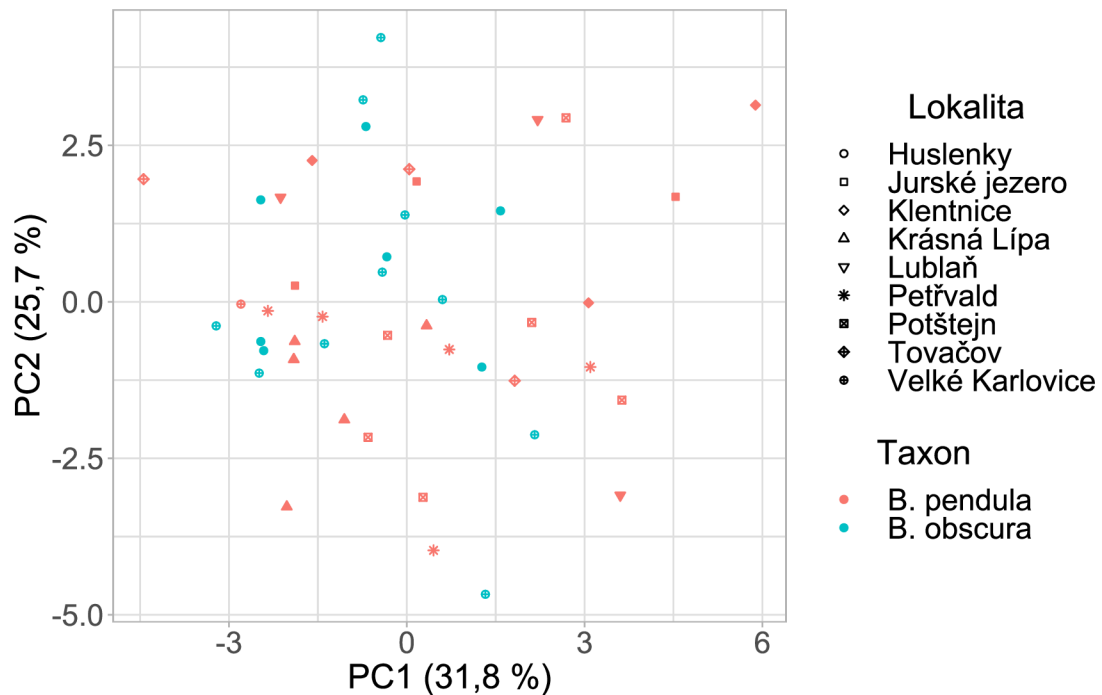


Obr. 25: Krabicový graf porovnávající úhel vroubení listu mezi taxony a místy odběrů. Úhel vroubení listu byl pro jednotlivé taxony stanoven jako medián (příčná čára uvnitř krabice) a aritmetický průměr (křížek uvnitř krabice) naměřených hodnot. Body v grafu představují výsledky měření hodnocených jedinců a jsou rozmístěny náhodně, aby nedošlo k jejich vzájemnému překryvu. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary jednotlivých bodů. Chybové úsečky a konce krabic představují ve vztahu k mediánu percentily po 25 %. Taxony označené odlišnými písmeny se od sebe statisticky průkazně liší na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

U znaku „h“ byla obdobně jako u znaku „i“ nalezena významná odlišnost pouze mezi taxony *B. obscura* (92 %) a *B. pubescens* (117 %) při p-hodnotě 0,027. Průměr a medián úhlu vroubení je největší u *B. pubescens* a nejmenší u *B. obscura*, u jehož mediánu se nachází shluk hodnot. U taxonů *B. petraea* a *B. pubescens* je aritmetický průměr od mediánu značně odchýlen. Úhel vroubení listu je nejproměnlivější u taxonu *B. pendula*, který také dosahuje nejmenší velikosti úhlu. Největšího úhlu dosahuje *B. pubescens* a nejmenšího rozmezí velikosti úhlu *B. petraea*. V případě *B. pendula* lze vidět shluk hodnot jedinců pocházejících z lokality Potštejn. U *B. obscura* se v blízkosti mediánu nachází shluk hodnot jedinců z Velkých Karlovic.

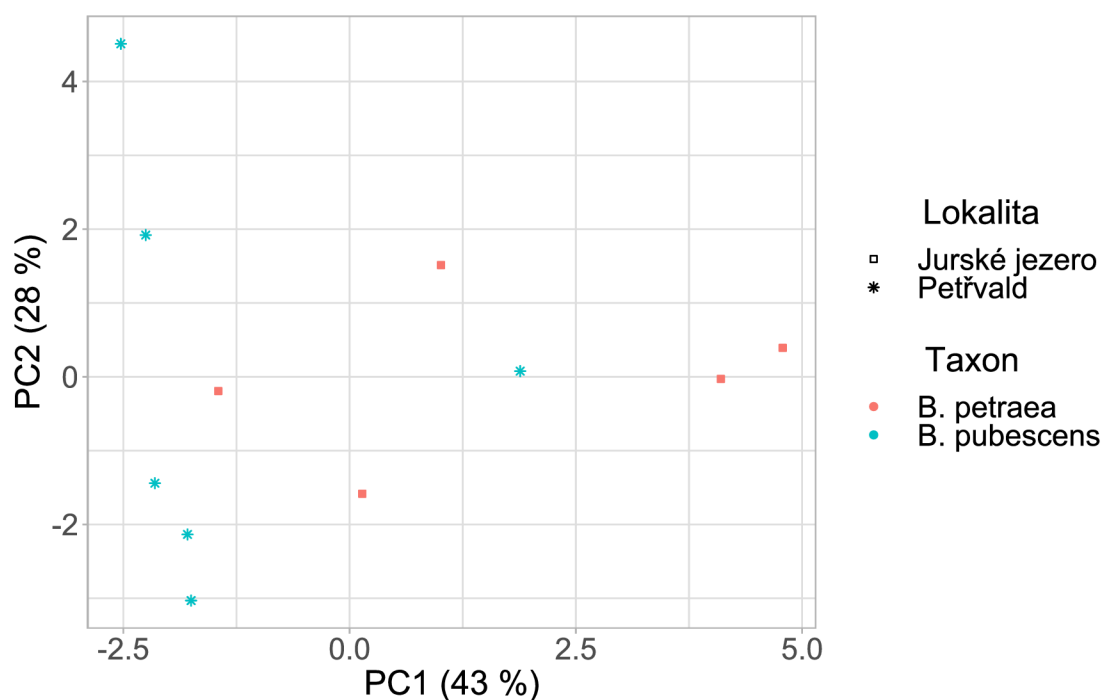


### 10.3 Výstupy analýzy hlavních komponent



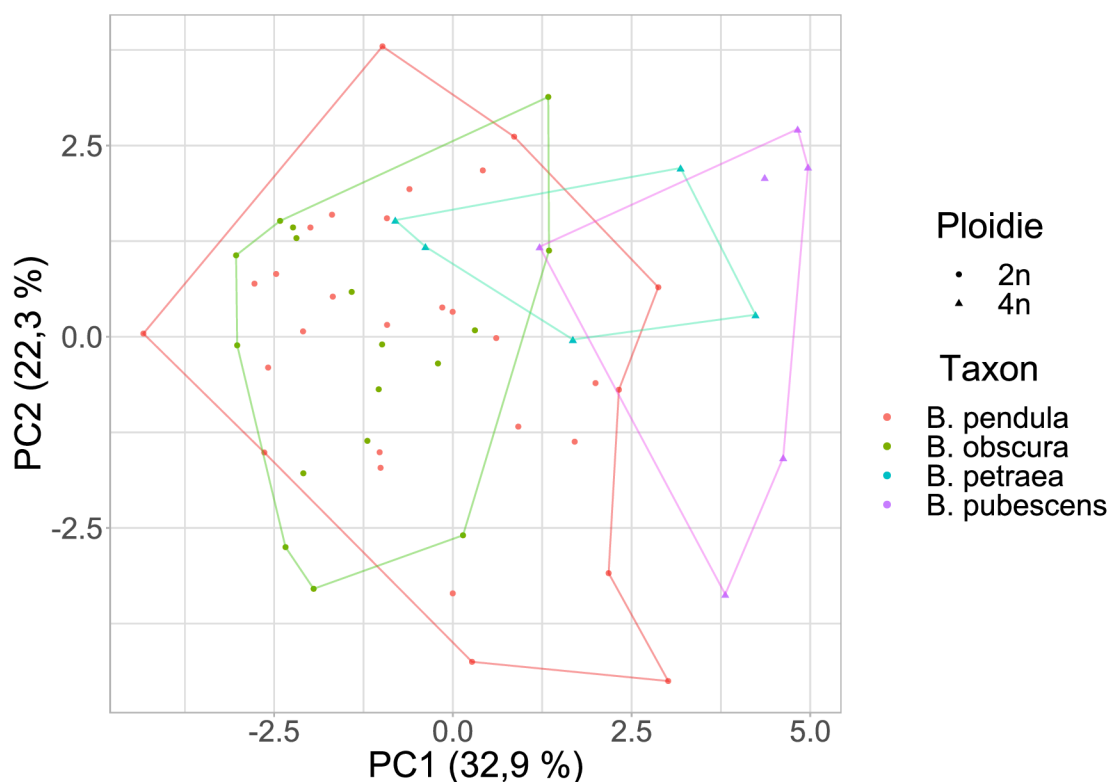
Obr. 26: Bodový graf analýzy hlavních komponent (PCA) zobrazující hodnocené diploidní jedince rozlišené podle taxonu a místa odběru. Taxony jsou v grafu rozlišeny barvami bodů: červená – *B. pendula*, modrá – *B. obscura*. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary bodů.

Na výše uvedeném bodovém grafu se mimo několika malých hloučků nenachází žádné shluky valného významu a body jsou víceméně náhodně rozptýlené. Míra rozptylu bodů reprezentujících dva diploidní taxony je velká a vypovídá o jejich značné morfologické variabilitě, přičemž taxon *B. pendula* se jeví jako proměnlivější. Body obou taxonů jsou místy lehce smíšené.



Obr. 27: Bodový graf analýzy hlavních komponent (PCA) zobrazující hodnocené tetraploidní jedince rozlišené podle taxonu a místa odběru. Taxony jsou v grafu rozlišeny barvami bodů: červená – *B. petraea*, modrá – *B. pubescens*. Místa odběrů jsou rozlišeny příslušnými geometrickými tvary bodů.

V tomto obrazci jsou body reprezentující tetraploidní jedince rozmístěny v podstatě jednotlivě s minimální mírou agregace. Rovněž i v tomto případě se jedinci obou taxonů vyznačují vysokou mírou rozptylu pramenící z jejich přirozené morfologické proměnlivosti. Dále je možné si povšimnout, že body představující *B. pubescens*, až na jednoho jedince, jsou situovány více nalevo a svisle, zatímco body *B. petraea* se nachází více vpravo a uprostřed a zároveň jsou orientovány příčně, což může naznačovat určitou míru vzájemné odlišnosti.



Obr. 28: Bodový graf analýzy hlavních komponent (PCA) zobrazující hodnocené jedince rozlišené podle taxonu a ploidie. Taxony jsou v grafu rozlišeny barvami bodů: červená – *B. pendula*, zelená – *B. obscura*, modrá – *B. petraea*, fialová – *B. pubescens*. Ploidie je v grafu vylišena geometrickým tvarem bodů: kruh – diploid, trojúhelník – tetraploid. Linie spojující body v grafu vymezují prostor výskytu bodů reprezentujících jedince jednotlivých taxonů.

Poslední uvedený bodový graf představuje porovnání hodnocených diploidních a tetraploidních jedinců. V porovnání s předchozími dvěma grafy lze pozorovat, že vložení naměřených dat diploidních a tetraploidních jedinců do analýzy principiálních komponent dohromady ovlivnilo rozmístění a orientaci bodů, přičemž interpretace zůstane v zásadě stejná jako v předcházejících dvou grafech.

Z hlediska ploidie lze na grafu vidět, že jedinci diploidních taxonů se shlukují směrem vlevo, zatímco tetraploidní jedinci se nacházejí více vpravo, zejména *B. pubescens*. Rozptýl jedinců taxonů obou ploidii je značný, avšak polygony vyznačující prostor výskytu jedinců na grafu ukazují, že jedinci diploidních taxonů se v grafu vyznačují větším rozptylem. Diploidní *B. pendula* a *B. obscura* jsou vzájemně smíšené a je možno vidět také mírné prolínání *B. pendula* a tetraploidního *B. petraea*.

## 11 Diskuse

Hlavním cílem předkládané práce bylo navázat na práci Závorka (2020) zabývající se porovnáním taxonů *B. pendula*, *B. obscura* a dodatečně také *B. petraea* v 16 vybraných morfologických znacích (viz Tab. 2) a dokončit zhodnocení jejich morfologického a taxonomického postavení. Data získaná v rámci bakalářské práce byla rozšířena co do počtu vzorků u *B. pendula* a do studie byl zahrnut rovněž taxon *B. pubescens*.

Analýza vícenásobného porovnání našla významnou odchylku mezi taxony v 10 sledovaných morfologických znacích, z nichž znaky „a“, „c“, „d“, „g“ a „j“, dosáhly p-hodnot <0,001 (viz Tab. 7). U délky čepele listu („a“) byla zaznamenána významná odlišnost *B. obscura* (91 %) od tetraploidů *B. petraea* (114 %) a *B. pubescens* (126 %) a také mezi *B. pendula* (100 %) a *B. pubescens* (126 %) (viz Obr. 16). Šířka listové čepele („c“) se vyznačuje diferencí diploidů *B. pendula* (100 %) a *B. obscura* (97 %) od *B. pubescens* (125 %), přičemž na Obr. 17 lze vidět, že tetraploidi dosahují z hlediska středních hodnot větší šířky. V případě úhlu špičky listové čepele („d“) byly zaznamenány významné rozdíly mezi *B. pendula* (100 %) a tetraploidy *B. petraea* (156 %) a *B. pubescens* (143 %) a též mezi *B. obscura* (110 %) a *B. petraea* (156 %), kde tetraploidi ve srovnání s diploidy dosahují výrazně vyšších středních hodnot (viz Obr. 18), což lze do značné míry připsat široké, zakulacené špičce listů tetraploidů a dlouze úzké špičce listů diploidů.

Znaky „j“ a „g“ jsou charakteristické průkaznými rozdíly mezi diploidními a tetraploidními taxony, jež jsou velmi zřetelně viditelné na Obr. 19 a Obr. 20, kde u znaku „j“ dosahují taxony *B. petraea* (195 %) a *B. pubescens* (211 %) v porovnání s *B. pendula* (100 %) a *B. obscura* (94 %) v průměru podstatně větších rozměrů a podobně i v případě znaku „g“ tetraploidní taxony *B. petraea* (141 %) a *B. pubescens* (169 %) přesahují svými průměrnými hodnotami diploidy *B. pendula* (100 %) a *B. obscura* (97 %). Tyto velké odchylky pramení stejně jako u znaku „d“ zejména z rozdílného geometrického tvaru listů, kde listy tetraploidních taxonů *B. pubescens* i *B. petraea* jsou víceméně vejčité a jejich nejširší místo se nachází asi v 1/2 délky listu, zatímco diploidní taxony *B. pendula* a *B. obscura* mají listy spíše kosočtverečné až trojúhelné a jejich nejširší místo se nachází u báze nebo přibližně ve spodní 1/3 délky listu (Buriánek *et al.*, 2014), tudíž je pochopitelné, že ve znacích „j“ a „g“ budou tetraploidní taxony dosahovat výrazně vyšších hodnot.

Méně významné statisticky průkazné rozdíly s p-hodnotami  $>0,001$  byly nalezeny u znaků „k“, „i“, „h“, „m“, a v počtu postranních žilek. Podobně jako u šířky listové čepele („c“) se vyskytla diference diploidů s *B. pubescens* u vzdálenosti čtvrté žilky od špičky čepele („k“), kde podle Obr 23 dosahují tetraploidní taxony v průměru vyšších hodnot. Dále se objevila významná odlišnost u vzdálenosti mezi žilkami („i“) a úhlu vroubení listu („h“) mezi *B. obscura* a *B. pubescens*, kde na Obr. 21 a Obr 25 lze vidět, že u obou znaků dosahuje v průměru *B. pubescens* nejvyšších a *B. obscura* nejnižších hodnot ze všech taxonů. V úhlu první žilky („m“) se *B. obscura* liší též od *B. petraea*, v průměru však *B. obscura* dosahuje největšího úhlu a *B. petraea* naopak nejmenšího (viz Obr. 22). Jediná odchylka mezi taxony se stejnou ploidií byla mezi *B. petraea* (87 %) a *B. pubescens* (108 %) v počtu postranních žilek při p-hodnotách 0,025 (viz Obr. 24).

Dvouvýběrové testy porovnávající vybrané taxony z hlediska ploidiie našly statisticky průkazné odchylky v devíti morfologických znacích, přičemž většina z nich se shoduje s výsledky testů s vícenásobným porovnáním, nicméně byly zjištěny rozdíly ve dvou znacích; test našel statisticky průkaznou odchylku v úhlu báze listu („f“), avšak v úhlu vroubení listu mezi diploidy a tetraploidy odchylku nezaznamenal („i“). Ve znacích „a“, „c“, „d“, „g“ a „j“ byly zaznamenány p-hodnoty  $<0,001$ , což je shodné se s testy s vícenásobným porovnáním (viz Tab. 7). Porovnáním diploidních a tetraploidních taxonů ve vybraných znacích se věnuje např. Ešnerová *et al.* (2012) a Linda (2014) ve své bakalářské práci, přičemž výsledky těchto prací a této práce se mezi sebou poměrně odlišují. Nicméně k nejvýznamnějším shodám v odlišnosti mezi dvěma ploidiemi došlo s oběma pracemi ve znaku „j“, dále s Lindou (2014) ve znaku „g“, a ve studii Ešnerové *et al.* (2012) ve znaku „d“, u kterých tyto studie rovněž dosáhly p-hodnot  $<0,001$ .

Na výsledném bodovém grafu analýzy hlavních komponent porovnávajícího *B. pendula* a *B. obscura* na Obr. 26 jsou body reprezentující jedince těchto taxonů rozmístěny v podstatě náhodně a mimo malých skupinek nevytváří žádné významné oddělené homogenní shluky naznačující vzájemnou odlišnost dvou taxonů a rovněž nedochází k tvorbě větších skupin jedinců pocházejících ze stejných lokalit. Body obou taxonů se mísí a sdílí společný prostor, podle čehož lze konstatovat, že taxony *B. pendula* a *B. obscura*, co se morfologie listů týče, se od sebe nějak zásadně neliší, přičemž toto tvrzení lze podložit také výsledky testů vícenásobných porovnání (viz Tab. 7), které nenašly žádné významné odchylky ve vybraných morfologických znacích mezi těmito diploidy.

Porovnání tetraploidních taxonů *B. petraea* a *B. pubescens* v bodovém grafu na Obr. 27 ukazuje, že body představující jedince s příslušností k oběma taxonům, jsou rozmístěny jednotlivě, poměrně daleko od sebe a bez tendence shlukování či mísení bodů obou taxonů. Na grafu lze dále vidět, že jedinci *B. pubescens* se nacházejí na levé straně obrazu a utvářejí svislou linii, zatímco jedinci *B. petraea* utvářejí linii vedoucí napříč středem grafu zleva doprava. Tyto oddělené linky tvořené body naznačují, že by mezi těmito dvěma taxony mohla existovat určitá odlišnost v morfologii listů, počet vzorků pro tyto taxony je však velmi nízký. Uvedená pozorování mohou být také výsledkem přirozené variability mezi mikropopulacemi na jednotlivých stanovištích. V bodovém grafu analýzy hlavních komponent v rámci porovnání morfologických znaků listů ve studii Kuneše *et al.* (2019) navíc vytvářejí body představující jedince *B. petraea* a *B. pubescens* vzájemně promíšené shluky, jejichž ohniska se nachází blízko u sebe, z čehož lze usuzovat, že se tyto taxony v morfologii listů od sebe příliš neodlišují. Uvedenému napovídá i fakt, že se významná odchylka mezi těmito taxony objevila jen v počtu postranních žilek (viz Tab. 7).

Podíváme-li se na třetí bodový graf na Obr. 28 porovnávající jedince jednotlivých taxonů podle ploidie, můžeme pozorovat heterogenní shluk diploidů *B. pendula* a *B. obscura* na levé straně a skupinky tetraploidů na pravé straně grafu, což naznačuje, že se taxony s rozdílným stupněm ploidie od sebe v určitých parametrech liší. Morfologickou odlišnost jedinců různé ploidie rovněž potvrzují výsledky dvouvýběrových testů (Tab. 7). Podobných výsledků analýzy hlavních komponent při porovnání diploidů a tetraploidů v obdobných parametrech dosáhli Ešnerová *et al.* (2012) a Kuneš *et al.*, (2019), kde jsou shluky jedinců lišících se v počtu chromozomů částečně oddělené, avšak v práci Lindy (2014) jsou jedinci obou ploidií rozmístěni náhodně bez shlukování se do oddělených celků, což může být způsobeno velmi nízkým počtem diploidních jedinců. V našem grafu na Obr. 28 můžeme dále zaznamenat, že jedinci *B. petraea* se ve srovnání s jedinci typické *B. pubescens* nacházejí k diploidním jedincům podstatně blíže a dochází mezi nimi k mírnému mísení. Z výsledků vícenásobného porovnání (Tab. 7) můžeme vidět, že *B. petraea* měla významných odchylek s diploidy méně než *B. pubescens*. Taxon *B. petraea* by v tomto případě mohl představovat jakýsi most mezi diploidními taxony *B. pendula* a *B. obscura* a tetraploidem *B. pubescens*. V případě Kuneše *et al.*, (2019) se situace však zdá být obrácená, a jedinci klasické *B. pubescens* mají k diploidním jedincům blíže, nejspíše vlivem odlišného prostředí.

Velikosti polygonů ohraničujících prostor výskytu jedinců podle jednotlivých taxonů na Obr. 28 svými velikostmi ukazují, že největší rozptyl bodů má *B. pendula*, dále *B. obscura*, *B. pubescens* a nejmenší *B. petraea*, což naznačuje, že diploidní taxony jsou v morfologii listů proměnlivější než taxony tetraploidní, nicméně počty vzorkovaných tetraploidních jedinců jsou pro posuzování příliš nízké. Abychom mohli posoudit celkovou proměnlivost morfologie listů jednotlivých taxonů, bylo by nutné shromáždit dostatečný počet vzorků, aby byl zajištěn vznik hustých skupin bodů pro vzájemné porovnání jejich velikostí, a tudíž i míry variability.

Na souhrnném grafu (viz Obr. 15) můžeme postřehnout velké rozdíly v procentuálním vyjádření směrodatné odchylky jednotlivých znaků mezi taxony, přičemž v průměru dosahují diploidní taxony vyšších procent než taxony tetraploidní, které však druhou stranu podle procentuálního porovnání středních hodnot na Obr. 14 v průměru nabývají vyšších hodnot v jednotlivých znacích. Podle Tab. 6 mají diploidi u všech znaků také větší rozsahy hodnot, zejména *B. pendula*, což je zřetelně viditelné také v krabicových grafech na Obr. 16–25, kde se u diploidních taxonů též poměrně často objevují extrémní hodnoty, tzv. outliery stojící za těmito velkými rozsahy hodnot; u tetraploidů se extrémní hodnoty vyskytly pouze u znaků „d“ a „k“ (Obr. 18 a 23).

Při posuzování vzájemné odlišnosti a míry proměnlivosti taxonů je nutno vzít v úvahu, že konečné výsledky značně závisí na celkovém počtu hodnocených jedinců, jejich vlastnostech (věk, tloušťka...) a podmínkách prostředí (vzdušná vlhkost, zakmenění, osvit...), ve kterém se nacházejí. V krabicových grafech (Obr. 16–25) a rovněž v Tab. 4 srovnávající mediány podle míst odběru jsou v rámci jednotlivých taxonů viditelné rozdíly ve výsledcích měření mezi lokalitami. Z dosažených výsledků se v celku jako proměnlivější jeví taxony diploidní, což je z velké míry dáno vyšším počtem vzorků a míst odběru v jejich prospěch, kde podle Tab. 1 bylo u *B. pendula* hodnoceno celkem 29 jedinců z 8 lokalit a v případě *B. obscura* byly vzorky odebrány ze 17 jedinců pocházejících ze dvou lokalit. Co se tetraploidních taxonů týče, pro *B. petraea* byly vzorky odejmuty z 5 jedinců a u *B. pubescens* z 6 jedinců, přičemž v obou případech byly odběry uskutečněny v pouze jedné lokalitě s minimálním rozsahem nadmořských výšek. Z těchto důvodů lze předpokládat, že výsledky porovnání diploidů s tetraploidy, ale také tetraploidních taxonů mezi sebou, jsou prezentovány s určitým zkreslením, a měly by být interpretovány s určitou rezervou.

V porovnání s bakalářskou prací Závorka (2020) je možno postřehnout několik rozdílů, zejména ve výsledcích testů vícenásobného porovnání, kde v bakalářské práci byla u znaků „f“, „i“, a „l“ zaznamenána významná odchylka mezi *B. pendula* a *B. obscura*, zatímco v této práci nikoliv. Tento rozdíl však mohl být způsoben tím, že v rámci této práce byly k taxonu *B. pendula* doplněny další výsledky měření z nově získaných vzorků, nicméně u znaků „b“, a „f“ si můžeme také povšimnout statisticky významné rozdílnosti mezi *B. obscura* a *B. petraea*, avšak v této práci se u tohoto znaku žádné významné odchylky mezi těmito taxony neobjevily, přestože k těmto dvěma taxonům nebyly přidány žádné nové výsledky měření. V bakalářské práci byl pro porovnání použit pouze neparametrický Kruskal-Wallisův test, zatímco zde byla v některých případech použita též parametrická ANOVA, toto by však nemělo mít velký vliv. Lze předpokládat, že tyto odlišnosti byly způsobeny především rozdílnou formou přípravy hodnocených dat, neboť v této práci byly veškeré naměřené hodnoty pro jednotlivé jedince nejprve zprůměrovány a teprve poté vyhodnoceny, přičemž aritmetický průměr tato data uhladil a zmírnil dopad extrémních hodnot, zatímco v bakalářské práci byla data, mimo analýzy hlavních komponent, která vyšla s touto prací víceméně shodně, vyhodnocena ještě před zprůměrováním, což je příčinou těchto rozdílů ve výsledcích.



## 12 Závěr

Hlavním cílem práce bylo vzájemně porovnat morfologii listů *B. pendula*, *B. obscura*, *B. petraea* a *B. pubescens* ve vybraných znacích a následně zvážit taxonomickou hodnotu taxonů *B. obscura* a *B. petraea* v rodu *Betula*. Vedlejším cílem bylo též porovnat rysy těchto čtyř taxonů na úrovni ploidie. Většina morfologických odchylek v olistění byla zaznamenána mezi taxony se vzájemně odlišnou ploidií, což bylo z důvodu celkově odlišného tvaru listů diploidů a tetraploidů očekávatelné, nicméně v jednom případě byla nalezena odchylka mezi tetraploidními taxony.

Ačkoli v minulosti byl a některými autory stále je *B. obscura* vylišován jako samostatný druh, zejména kvůli tmavému odstínu kůry, Kaplan *et al.* (2019) v Klíči ke Květeně České republiky tento taxon vylišili jako varietu břízy bělokoré, od níž by se neměl ve většině základních znaků výrazně lišit, což lze podpořit výsledky porovnání vybraných parametrů listů nevykazujících žádné statisticky významné rozdíly mezi uvedenými diploidními taxony. Rovněž velmi významným faktem je, že tento taxon nikdy nevytváří čisté populace, nýbrž jen pouhé příměsi v porostech typické břízy bělokoré (Kaplan *et al.*, 2019; Tarieiev *et al.*, 2019).

Taxonomická hodnota Sýkorou provizorně popsaného druhu *B. petraea* nebyla dosud uspokojivě objasněna a je obecně považován spíše za poddruh či varietu (Buriánek *et al.*, 2014). Obdobným způsobem na tento zvláštní taxon pohlízejí také Kuneš *et al.* (2019), kteří v rámci taxonomického systému navrhují jeho umístění do rozmezí variety až poddruhu *B. pubescens*, přičemž i toto zařazení lze podpořit statistickými výstupy této práce, neboť při konfrontaci výsledků měření *B. petraea* s *B. pubescens* byl nalezen signifikantní rozdíl pouze v počtu postranních žilek.

S ohledem na veškeré získané výsledky této práce a dostupnou literaturu věnovanou této problematice se autor přiklání k názoru, že taxony *B. obscura* a *B. petraea* dosahují nižší taxonomické úrovně než druh, a dalo by se o nich uvažovat spíše jako o varietách.

V devíti znacích byla zaznamenána statisticky významná rozdílnost mezi diploidními a tetraploidními taxony. Přestože je počet vzorkovaných jedinců a míst odběru u tetraploidních taxonů poměrně nízký, výsledky jejich porovnání s diploidy jsou srozumitelné, vcelku splnily očekávání a v určitých bodech se shodují výstupy jiných studií věnujících se danému tématu.

### 13 Seznam zdrojů

ALVAREZ-URIA, P. a C. KÖRNER. Low temperature limits of root growth in deciduous and evergreen temperate tree species. *Functional Ecology* [online]. 2007, **21**(2), 211-218 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0269-8463. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2435.2007.01231.x

ATKINSON, M. D. *Betula Pendula* Roth (*B. Verrucosa* Ehrh.) and *B. Pubescens* Ehrh. *The Journal of Ecology* [online]. 1992, **80**(4) [cit. 2022-04-10]. ISSN 00220477. Dostupné z: doi:10.2307/2260870

BAJER, V. a R. J. VAŠUT. Monitoring vybraných druhů flóry v CHKO Beskydy – část B (*Ribes petraeum*, *R. alpinum* a *Betula obscura*). 2010. Závěrečná zpráva. Číslo projektu: CZ0138.

BALÁŠ, M., I. KUNEŠ, R. LINDA, J. GALLO a J. PETRÁSEK. *Výskyt jedinců s fenotypovým projevem břízy ojcovské na lokalitě Volyně u Výsluní: Occurrence of individuals showing the phenotypic traits of Oyców birch in the locality Volyně u Výsluní : soubor specializovaných map s odborným obsahem*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2019. ISBN 978-80-213-2929-4.

BEDNÁŘOVÁ, J. *Herbář, aneb, Stromy a keře*. V Praze: Fortuna Libri, 2019. ISBN 978-80-7546-164-3.

BENNELL, A. P. a C. S. MILLAR. Fungal pathogens of birch in Britain. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. Biological Sciences* [online]. 1984, **85**(1-2), 153-167 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0269-7270. Dostupné z: doi:10.1017/S0269727000003961

BORŮVKA, V., A. ZEIDLER, T. HOLEČEK a R. DUDÍK. Elastic and Strength Properties of Heat-Treated Beech and Birch Wood. *Forests* [online]. 2018, **9**(4) [cit. 2022-03-11]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f9040197

BROWN, I. R. a D. A. WILLIAMS. Cytology of *Betula alba* L. complex. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. Biological Sciences* [online]. 1984, **85**(1-2), 49-64 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0269-7270. Dostupné z: doi:10.1017/S0269727000003882

BURIÁNEK, V., P. NOVOTNÝ a J. FRÝDL. *Metodická příručka k určování domácích druhů bříz: certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2014. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-081-2.

BUZAŁA, K. P., H. KALINOWSKA, E. MAŁACHOWSKA, P. BORUSZEWSKI, K. KRAJEWSKI a P. PRZYBYSZ. The Effect of Lignin Content in Birch and Beech Kraft Cellulosic Pulps on Simple Sugar Yields from the Enzymatic Hydrolysis of Cellulose. *Energies* [online]. 2019, **12**(15) [cit. 2022-03-12]. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en12152952

CAMERON, A. Managing birch woodlands for the production of quality timber. *Forestry* [online]. 1996, **69**(4), 357–371 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/69.4.357

COOPER, J. I. *Virus Diseases of Trees and Shrub*. Cambridge: Institute of Terrestrial Ecology, 1979. ISBN 0-904282-28-7.

de GROOT, W. J., P. A. THOMAS a R. W. WEIN. *Betula nana* L. and *Betula glandulosa* Michx. *The Journal of Ecology* [online]. 1997, **85**(2) [cit. 2022-04-10]. ISSN 00220477. Dostupné z: doi:10.2307/2960655

DIRR, M. *Dirr's encyclopedia of trees and shrubs*. 1. Timber Press, 2011. ISBN 978-0-88192-901-0.

DREYER, E. M. a W. DREYER. *Velký průvodce lesem*. Přeložil D. CHRISTOFOVÁ. Brno: Kazda, 2019. ISBN 978-80-88316-30-5.

DUBOIS, H., E. VERKASALO a H. CLAESSENS. Potential of Birch (*Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.) for Forestry and Forest-Based Industry Sector within the Changing Climatic and Socio-Economic Context of Western Europe. *Forests* [online]. 2020, **11**(3) [cit. 2022-04-10]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f11030336

DUDÍK R., L. ŠIŠÁK, J. REMEŠ, L. ŠÁLEK, J. SOUČEK, J. LEUGNER, A. PAVLÍČEK, M. VEJPUSKOVÁ, M. FLORA, M. RIEDL, R. SLOUP, R. DRAGON, J. ŠPANIHEL, L. TROCHTOVÁ. *Výzkumné projekty grantové služby LČR: Vyhodnocení plnění funkcí lesa u březových porostů, ekonomiky březového hospodářství a návrh východisek pro hospodaření s břízou v ČR. Závěrečná zpráva z řešení projektu*. Praha, 2018, 126 s.

DUDÍK, R., L. ŠIŠÁK, J. REMEŠ, D. ZAHRADNÍK, L. ŠÁLEK, J. DVOŘÁK, M. RIEDL, J. BUKÁČEK, J. LEUGNER, J. SOUČEK, M. VEJPUSTKOVÁ, A. MARTINÍK, Z. ADAMEC, H. VAVRČÍK. *Výzkumné projekty grantové služby LČR: Ekonomika a pěstování březových porostů jako alternativa obnovy chřadnoucích smrkových porostů v České republice. Závěrečná zpráva z řešení projektu č. 90.* Praha, 2021, 167 s.

ELKINGTON, T. T. a B. M. G. JONES. Biomass and primary productivity of birch (*Betula Pubescens* S. Lat.) in South-West Greenland. *The Journal of Ecology* [online]. 1974, **62**(3) [cit. 2022-04-10]. ISSN 00220477. Dostupné z: doi:10.2307/2258957

ERDMANN, G. G. *Betula alleghaniensis* Britton – yellow birch. BURNS, R. a B. HONKALA, ed. *Silvics of North America: Vol. 2, Hardwoods* [online]. 1. Washington DC: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990, s. 133–147 [cit. 2021-7-17]. Dostupné z:

EŠNEROVÁ, J., P. KARLÍK., D. ZAHRADNÍK, T. KOŇASOVÁ, J. STEJSKAL, M. BALÁŠ, J. VÍTAMVÁS, N. RAŠÁKOVÁ, J. STACHO., J. KUTHAN, M. LUKÁŠOVÁ a I. KUNEŠ. Morfologická variabilita rodu bříza (*Betula* L.) v Krkonoších se zaměřením na tetraploidní zástupce. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2012, (2), 112–125.

FERM, A. Birch production and utilization for energy. *Biomass and Bioenergy* [online]. 1993, **4**(6), 391-404 [cit. 2022-04-10]. ISSN 09619534. Dostupné z: doi:10.1016/0961-9534(93)90061-8

FRYČ, D. *Hálky a pseudohálky mšic, mšiček a korovnic.* Opava: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2020. ISBN 978-80-7401-188-7.

FRYČ, D. *Mšice a mšičky na lesních dřevinách.* Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2016. ISBN 978-80-7401-132-0.

FUKA, P. Řez břízy. In: PRKNOVÁ, H., ed. *Bříza – strom roku 2010: Birch – Tree of the Year 2010: sborník z konference : Kostelec nad Černými lesy 23. září 2010.* V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2010. s. 37–40. ISBN 978-80-213-2098-7.

FURLOW, J. J. The genera of *Betulaeae* in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum.* Arnold Arboretum of Harvard University, 1990, **71**(1), 1–67.

GILL, J. A. a A. J. DAVY. Variation and polyploidy within lowland populations of the *Betula Pendula/B. Pubescens* complex. *New Phytologist* [online]. 1983, **94**(3), 433-451 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0028-646X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-8137.1983.tb03457.x

GRELEN, H. E. *Betula nigra* L. - River Birch. BURNS, R. a B. HONKALA, ed. *Silvics of North America: Vol. 2, Hardwoods* [online]. 1. Washington DC: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990, s. 153–157 [cit. 2021-7-17]. Dostupné z: <https://dendro.cnre.vt.edu/DENDROLOGY/USDAFSSilvics/13.pdf>

HÁJKOVÁ, L., V. SEDLÁČEK a J. NEKOVÁŘ. Časová a prostorová variabilita nástupu vybraných fenofází břízy bradavičnaté v Česku. STŘELCOVÁ, K., J. ŠKVARENINA a M. BLAŽENEC, eds. *BIOCLIMATOLOGY AND NATURAL HAZARDS*. Poľana nad Detvou, Slovakia: International Scientific Conference, 2007. ISBN 978-80-228-17-60-8.

HEJTMÁNEK, J. K systematickému hodnocení *Betula atrata* Domin. *Preslia*. 1956, **28**(1), 245–249.

HEMERY, G. E., J. R. CLARK, E. ALDINGER, *et al.* Growing scattered broadleaved tree species in Europe in a changing climate: a review of risks and opportunities. *Forestry* [online]. 2010, **83**(1), 65-81 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/cpp034

HJELMROOS, M. Evidence of long-distance transport of *Betula* pollen. *Grana* [online]. 1991, **30**(1), 215-228 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0017-3134. Dostupné z: doi:10.1080/00173139109427802

HORÁČEK, P. *Encyklopedie listnatých stromů a keřů*. 2. vydání. V Brně: CPress, 2019. ISBN 978-80-264-2462-8.

HYNYNEN, J., P. NIEMISTÖ, A. VIHÄRÄ-AARNIO, A. BRUNNER, S. HEIN a P. VELLING. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry* [online]. 2010, **83**(1), 103-119 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/cpp035

HYTÖNEN, J., J. SARAMÄKI a P. NIEMISTÖ. Growth, stem quality and nutritional status of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in pure stands and mixtures. *Scandinavian Journal of Forest Research* [online]. 2013, **29**(1), 1-11 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0282-7581. Dostupné z: doi:10.1080/02827581.2013.838300

JADWISZCZAK, K. A., L. VETCHINNIKOVA, A. BONA, Ł. TYBURSKI, T. KUZNETSOVA a V. ISIDOROV. Analyses of molecular markers and leaf morphology of two rare birches, *Betula obscura* and *B. pendula* var. *carelica*. *Annals of Forest Research* [online]. 2020, **63**(2), 121-137 [cit. 2022-03-11]. ISSN 18448135. Dostupné z: doi:10.15287/afr.2020.1973

JÄRVINEN, P., A. PALMÉ, L. ORLANDO MORALES, M. LANNENPÄÄ, M. KEINÄNEN, T. SOPANEN a M. LASCOUX. Phylogenetic relationships of *Betula* species (*Betulaceae*) based on nuclear ADH and chloroplast matK sequences. *American Journal of Botany* [online]. 2004, **91**(11), 1834-1845 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0002-9122. Dostupné z: doi:10.3732/ajb.91.11.1834

JIRÁSEK, V. a F. STARÝ. *Atlas léčivých rostlin*. 2. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989.

JONCZAK, J., U. JANKIEWICZ, M. KONDRAS, *et al.* The influence of birch trees (*Betula* spp.) on soil environment – A review. *Forest Ecology and Management* [online]. 2020, **477** [cit. 2021-10-9]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2020.118486

KADLEC, J. *Přidružená lesní výroba*. Mendelova univerzita v Brně, 2013.

KAPLAN, Z., J. DANIHELKA, J. CHRTEK, *et al.* *Klíč ke květeně České republiky*. Druhé, aktualizované a zcela přepracované vydání. Ilustroval Anna SKOUMALOVÁ-HADAČOVÁ, ilustroval Eva SMRČINOVÁ. Praha: Academia, 2019. ISBN 978-80-200-2660-6.

KARLÍK, P. Taxonomická problematika bříz *Betula* L. v České republice se zvláštním zřetelem na drobné taxony z okruhu břízy pýřité *Betula pubescens* agg. In: PRKNOVÁ, H., ed. *Bříza – strom roku 2010*. Kostelec nad Černými lesy, 23. září 2010. Praha, Česká zemědělská univerzita, 2010, 61–65.

KARLÍK, P., J. EŠNEROVÁ, T. URFUS, I. KUNEŠ, M. BALÁŠ, J. VÍTÁMVÁS, T. KOŇASOVÁ, M. KUBEŠOVÁ, T. FÉR a P. VÍT. Problematika určování druhů bříz *Betula* L. ve světle průtokové cytometrie. In: PRKNOVÁ, H., ed. *Bříza – strom roku 2010*. Kostelec nad Černými lesy, 23. září 2010. Praha, Česká zemědělská univerzita, 2010, 51–56.

- KORBELÁŘ, J. a Z. ENDRIS. *Naše rostliny v lékařství*. 2. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1968.
- KOSKI, V. a M. ROUSI. A review of the promises and constraints of breeding silver birch (*Betula pendula* Roth) in Finland. *Forestry: An International Journal of Forest Research* [online]. 2005, **78**(2), 187-198 [cit. 2022-04-10]. ISSN 1464-3626. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/cpi017
- KOZLOV, M. V. Losses of birch foliage due to insect herbivory along geographical gradients in Europe: a climate-driven pattern? *Climatic Change* [online]. 2008, **87**(1-2), 107-117 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0165-0009. Dostupné z: doi:10.1007/s10584-007-9348-y
- KŘÍŽ, Z. *Betula* L. – břiza. HEJNÝ, S., B. SLAVÍK, L. HROUDA a V. SKALICKÝ, ed. *Květena České republiky 2*. Praha: Academia, 1990, s. 36–46.
- KUNEŠ, I., R. LINDA, T. FÉR, *et al.* Is *Betula carpatica* genetically distinctive? A morphometric, cytometric and molecular study of birches in the Bohemian Massif with a focus on Carpathian birch. *PLOS ONE* [online]. 2019, **14**(10) [cit. 2022-04-10]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0224387
- LACHOWICZ, H., H. WRÓBLEWSKA, M. SAJDAK, M. KOMOROWICZ a R. WOJTAN. The chemical composition of silver birch (*Betula pendula* Roth.) wood in Poland depending on forest stand location and forest habitat type. *Cellulose* [online]. 2019, **26**(5), 3047-3067 [cit. 2022-02-05]. ISSN 0969-0239. Dostupné z: doi:10.1007/s10570-019-02306-2
- LAMSON, N. I. *Betula lenta* L. - Sweet Birch. BURNS, R. a B. HONKALA, ed. *Silvics of North America: Vol. 2, Hardwoods* [online]. 1. Washington DC: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990, s. 148–152 [cit. 2022-11-3]. Dostupné z: <https://dendro.cnre.vt.edu/dendrology/USDAFSSilvics/11.pdf>
- LEAHY, M. J. A., T. H. OLIVER a S. R. LEATHER. Feeding behaviour of the black pine beetle, *Hylastes ater* (Coleoptera : Scolytidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 2007, **9**(2), 115-124.
- LI, Q. *Šinrin-joku: japonské umění lesní terapie : jak vám stromy pomohou najít zdraví a štěstí*. Přeložil Tereza GRUFÍKOVÁ. Praha: Euromedia, 2018. ISBN 978-80-7549-765-9.

LINDA, R. *Morfologická variabilita rodu bříza (Betula L.) na Šumavě se zaměřením na tetraploidní zástupce*. Praha, 2014. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Kuneš, I.

LINDA, R., I. KUNEŠ, M. BALÁŠ a B. T. ŠILER. Genetic and morphometric variability between populations of *Betula × oycoviensis* from Poland and Czechia: A revised view of the taxonomic treatment of the Ojców birch. *PLOS ONE* [online]. 2020, **15**(12) [cit. 2021-8-11]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0243310

LINDA, R., I. KUNEŠ, M. BALÁŠ a J. GALLO. Morphological variability between diploid and tetraploid taxa of the genus *Betula* L. in the Czech Republic. *Journal of Forest Science* [online]. 2017, **63**(12), 531-537 [cit. 2022-04-10]. ISSN 12124834. Dostupné z: doi:10.17221/105/2017-JFS

LUNDGREN, L.N., H. PAN, O. THEANDER, H. ERIKSSON, U. JOHANSSON a M. SVENNINGSSON. Development of a new chemical method for distinguishing between *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* [online]. 1995, **25**(7), 1097-1102 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0045-5067. Dostupné z: doi:10.1139/x95-121

LUOSTARINEN, K. a K. HAKKARAINEN. Chemical composition of wood and its connection with wood anatomy in *Betula pubescens*. *Scandinavian Journal of Forest Research* [online]. 2019, **34**(7), 577-584 [cit. 2022-03-12]. ISSN 0282-7581. Dostupné z: doi:10.1080/02827581.2019.1662939

LYR, H. Effect of the root temperature on growth parameters of various European tree species. *Annales des Sciences Forestières* [online]. 1996, **53**(2-3), 317-323 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0003-4312. Dostupné z: doi:10.1051/forest:19960214

MADĚRA, P. a L. ÚRADNÍČEK. *Dřeviny České republiky*. Písek: Matice lesnická, c2001. ISBN 80-86271-09-9.

MÁCHOVÁ, P., J. MALÁ a H. CVRČKOVÁ. *Využití metody mikropropagace pro záchranu silně ohroženého druhu břízy trpasličí (Betula nana): certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2015. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-093-5.

MCCOWN, B. H. Birch (*Betula* spp.). BAJAJ, Y. P. S., ed. *Biotechnology in Agriculture and Forestry: Vol. 5. Trees II*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1989, s. 324–341.



- MILLER, H. G. Nutrient cycles in birchwoods. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. Biological Sciences* [online]. 1984, **85**(1-2), 83-96 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0269-7270. Dostupné z: doi:10.1017/S0269727000003912
- MZe. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2020, 128 s. ISBN 978-80-7434-571-5.
- NIEUWENHUIS, M. a F. BARRETT. The growth potential of downy birch (*Betula pubescens* (Ehrh.)) in Ireland. *Forestry* [online]. 2002, **75**(1), 75-87 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0015-752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/75.1.75
- NOHRSTEDT, H. Nitrogen fixation (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>-reduction) in birch litter. *Scandinavian Journal of Forest Research* [online]. 1988, **3**(1-4), 17-23 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0282-7581. Dostupné z: doi:10.1080/02827588809382491
- NOVÁK, J., D. DUŠEK, D. KACÁLEK, M. SLODIČÁK a J. SOUČEK. *Pěstební postupy pro březové porosty 1. a 2. lesního vegetačního stupně: certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2017. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-151-2.
- NURMI, J. *Heating Values of Mature Trees*. 256. Helsinki: Acta Forestalia Fennica - The Finnish Society of Forest Science, 1997, 28 s. ISBN 951-40-1561-4.
- PAWŁOWSKA, L. Flavonoids in the leaves of Polish species of the genus *Betula* L.: I. The flavonoids of *B. pendula* Roth and *B. obscura* Kot. leaves. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 1980, **49**(3), 281-296.
- PERALA, D. A. a A. A. ALM. Regeneration silviculture of birch: A review. *Forest Ecology and Management* [online]. 1990, **32**(1), 39-77 [cit. 2022-04-10]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/0378-1127(90)90105-K
- PEŠKOVÁ, V., F. SOUKUP a M. KNÍŽEK. Choroby a škůdci břízy. In: *Bříza – dřevina roku 2010: Sborník referátů: 25. května 2010, Litvínov, Horský hotel Lesná*. Litvínov: Česká lesnická společnost, 2010, s. 21-23. ISBN 978-80-02-02226-8.
- RASTOGI, S., M. M. PANDEY a A. K. S. RAWAT. Medicinal plants of the genus *Betula*—Traditional uses and a phytochemical–pharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology* [online]. 2015, **159**, 62-83 [cit. 2022-03-11]. ISSN 03788741. Dostupné z: doi:10.1016/j.jep.2014.11.010

RYTTER, L., K. JOHANSSON, B. KARLSSON a L. STENER. Tree species, genetics and regeneration for bioenergy beedstock in Northern Europe. KELLOMÄKI, S., A. KILPELÄINEN a A. ALAM, ed. *Forest BioEnergy Production* [online]. New York, NY: Springer New York, 2013, 2013-9-12, s. 7-37 [cit. 2022-04-10]. ISBN 978-1-4614-8390-8. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4614-8391-5\_2

SCHWEINGRUBER, F. H., P. STEIGER a A. BÖRNER. *Bark Anatomy of Trees and Shrubs in the Temperate Northern Hemisphere* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2019 [cit. 2022-03-11]. ISBN 978-3-030-14055-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-14056-4

SLODIČÁK, M. a J. NOVÁK. *Výchova porostů náhradních dřevin: recenzovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2008. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-86461-99-1.

SPOHN, M. a R. SPOHN. *Stromy Evropy: 680 stromů, 2600 ilustrací*. Praha: Beta-Dobrovský, 2013. ISBN 978-80-7291-227-8.

SÝKORA, T. Taxonomie a rozšíření bříz okruhu *Betula alba* v Českém masívu. *Zpr. Čs. Bot. Společ.* Praha, 1983, **18**(1), 1–14.

TARIEIEV, A., I. OLSHANSKYI, O. GAILING a K. V KRUTOVSKY. Taxonomy of dark- and white-barked birches related to *Betula pendula* and *B. pubescens* (Betulaceae) in Ukraine based on both morphological traits and DNA markers. *Botanical Journal of the Linnean Society* [online]. 2019, **191**(1), 142-154 [cit. 2022-03-11]. ISSN 0024-4074. Dostupné z: doi:10.1093/botlinnean/boz031

ULBRICHOVÁ, I., V. PODRÁZSKÝ a M. KOUBA. Potenciál břízy pro obnovu buldozerových ploch v Krušných horách. In: PRKNOVÁ, Hana, ed. *Bříza – strom roku 2010: Birch – Tree of the Year 2010: sborník z konference : Kostelec nad Černými lesy 23. září 2010*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2010. s. 72–77. ISBN 978-80-213-2098-7.

ÚRADNÍČEK, L. Dendrologicko-ekologická charakteristika domácích druhů rodu *Betula*. In: PRKNOVÁ, Hana, ed. *Bříza - strom roku 2010: Birch - Tree of the Year 2010: sborník z konference : Kostelec nad Černými lesy 23. září 2010*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2010. s. 46–50. ISBN 978-80-213-2098-7.

VAKKARI, P. Silver birch (*Betula pendula*). *EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use*. Finland: Finnish Forest Research Institute, 2009.

VESELÝ, V., *et al.* *Včelařství*. Vyd. 3. Praha: Brázda, 2013. ISBN 978-80-209-0399-0.

VÍTÁMVÁS, J., I. KUNEŠ a M. BALÁŠ. *Vegetativní množení rostlin s fenotypovým projevem břízy ojcovské (*Betula oycoviensis* Besser): Certifikovaná metoda*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2020.

Vyhláška č. 298/2018 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. In: *Sbírka zákonů ČR*. 20. prosince 2018.

Vyhláška č. 456/2021 Sb. o podrobnostech přenosu reprodukčního materiálu lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnostech o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. In: *Sbírka zákonů ČR*. 29. listopadu 2021.

VYTÁSEK, V., BRZÁKOVÁ, P., ed. *Můj bylinkový svět*. Praha: Eminent, 2020. ISBN 978-80-7281-559-3.

WANG, N., H. A. MCALLISTER, P. R. BARTLETT a R. J. A. BUGGS. Molecular phylogeny and genome size evolution of the genus *Betula* (Betulaceae). *Annals of Botany* [online]. 2016, **117**(6), 1023-1035 [cit. 2022-03-10]. ISSN 0305-7364. Dostupné z: doi:10.1093/aob/mcw048

WANG, S., S. CHEN, C. LIU, Y. LIU, X. ZHAO, C. YANG a G-Z. QU. Genome Survey Sequencing of *Betula platyphylla*. *Forests* [online]. 2019, **10**(10) [cit. 2022-03-11]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f10100826

YELPITIFOROV, E. a Y. KLYMENKO. European mistletoe (*viscum album* L.) in national botanical garden M.M. Grushko NAS of Ukraine: an overview of its distribution and hosts. *ScienceRise: Biological Science* [online]. 2020, (3(24), 24-28 [cit. 2022-02-03]. ISSN 2519-8025. Dostupné z: doi:10.15587/2519-8025.2020.213202

ZÁVORKA, R. *Problematika taxonu *Betula obscura* na Moravě*. Praha, 2020. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce KUNEŠ, I.

ZEIDLER, A. Vlastnosti dřeva břízy. In: PRKNOVÁ, Hana, ed. *Bříza - strom roku 2010: Birch - Tree of the Year 2010: sborník z konference : Kostelec nad Černými lesy 23. září 2010*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2010. s. 41–45. ISBN 978-80-213-2098-7.

ZYRYANOVA, O. A., M. TERAZAWA, T. KOIKE a V. I. ZYRYANOV. White Birch Trees as Resource Species of Russia: Their Distribution, Ecophysiological Features, Multiple Utilizations. *Eurasian Journal of Forest Research*. 2010, **13**(1), 25–40.