

**Česká zemědělská univerzita**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Produkce biomasy břízy pýřité na horském  
stanovišti**

Diplomová práce

Autor: Jakub Macko

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

2021

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Produkce biomasy břízy pýřité na horském stanovišti vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Ivana Kuneše, Ph.D., a Ing. Martina Baláše, 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

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Macko

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

**Produkce biomasy břízy pýřité na horském stanovišti**

Název anglicky

**Biomass Production of Downy Birch on a Mountain Site**

---

### Cíle práce

Posoudit schopnost břízy pýřité tvořit a akumulovat biomasu na horských stanovištích.

### Metodika

Vypracujte rešerši zabývající se potenciálem využití bříz na degradovaných stanovištích.

Definujte možnosti využití břízy pýřité pro obnovu lesa degradovaných horských stanovišť a obnovu koloběhu organické hmoty na těchto stanovištích.

Zpracujte či interpretnete data ze starších studií a měření zabývajících se biomasou břízy pýřité na horských stanovištích, případně doplňte tato data o nová pozorování. Výsledky vyhodnoťte a vyvoďte závěry pro lesnický provoz.

Časový plán (termíny dokončení jednotlivých fází)

Předložení rešerše a dokončení terénních šetření: 11/2020

Zpracování dat: 1/2021

Předložení elaborátu závěrečné práce ke kontrole školitelem: 3/2021

Zpracování závěrečných připomínek vedoucího: 4/2021

**Doporučený rozsah práce**

50 stran

**Klíčová slova**

Betula pubescens; biomasa; cykly živin a organické hmoty; degradovaná stanoviště

**Doporučené zdroje informací**

- AMANN H. (1930). Birkenvorwald als Schutz gegen Spätfröste. Forstwissenschaftliches Centralblatt 52: 492–503
- BALÁŠ M., KUNEŠ I. and ZAHRADNÍK D. (2010). Reakce břízy karpatské na vápnění a přihnojení dusíkem. Zprávy lesnického výzkumu 55, (2): 106–114
- BALCAR V. and NAVRÁTIL P. (2006). Význam, postavení a druhové složení porostů náhradních dřevin v Krušných horách. In Lesnický výzkum v Krušných horách, Teplice, 20. 4. 2006, 2006. Eds M. SLODIČÁK AND J. NOVÁK. pp 91–110.
- BALCAR V. (2001). Some experience of European birch (*Betula pendula* Roth) and Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) planted on the ridge part of the Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science* 47, (Special Issue): 150–155
- KULA E. (2011). Bříza a její význam pro trvalý rozvoj lesa v imisních oblastech. *Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy*. 276 p
- KUNEŠ I., BALCAR V. and ZAHRADNÍK D. (2007). Influence of a planting hole application of dolomitic limestone powder and basalt grit on the growth of Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) and soil chemistry in the air-polluted Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science* 53, (11): 505–515
- ŠRÁMEK V., ŠEBKOVÁ V., KUČERA J. and LOMSKÝ B. (2001). Birch dying in the Ore Mts. in 1997 – probable causes and new developments. *Journal of Forest Science* 47, (Special Issue): 110–116
- ZERBE S. and MEIWES K.J. (2000). Zum Einfluss von Weichlaubhölzern auf Vegetation und Auflagehumus von Fichtenforsten – Untersuchungen in einem zwei Jahrzehnte alten Birken-Ebereschen-Vorwald im Hoch-Solling *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 119: 1–19

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra pěstování lesů

**Konzultant**

Ing. Martin Baláš, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 13. 7. 2020

**doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2021

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Ivanu Kunešovi, Ph.D., a Ing. Martinu Balášovi, Ph.D., za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování této práce a Ing. Václavu Vackovi za shovívavost a vstřícnost během tvorby závěrečné práce.

## Abstrakt

V současné době se klade důraz na zlepšování kvality lesních porostů. Z tohoto důvodu se do monokulturních celků zavádí výsadby dřevin pozitivně působících na půdní poměry s ohledem na jejich ekologické nároky.

Pohoří Jizerských hor je oblastí trpící nadměrným zastoupením smrku ztepilého (*Picea abies*). Vysoká imisní zátěž z minulosti spojená s vysokým zastoupením smrku negativně ovlivnila stav prostředí. Snahou současné společnosti je zlepšení zastoupení druhové skladby Jizerských hor a postupné odstranění následků z minulosti.

Cílem této diplomové práce bylo posoudit tvorbu a akumulaci biomasy břízy pýřité (*Betula pubescens*) v lokalitě Jizerka. Pro náš výzkum byly využity studie zabývající se podobnou problematikou, abychom měli možnost srovnání a posouzení výsledků výzkumu.

K interpretaci výsledků jsme využili statisticky zpracovaných terénních dat naměřených v roce 2020, která jsme propojili s daty z předešlých měření a chemických analýz.

Klíčová slova: *Betula pubescens*, biomasa, cykly živin a organické hmoty, degradovaná stanoviště

## Abstract

Currently, emphasis is placed on the quality of forest stands. For this reason, began the introduction of planting trees with positive effects on soil conditions with regard to their ecological demands.

The Jizera Mountains is a territory suffering from a high percentage of Norway spruce (*Picea abies*). High air pollution connected with a high percentage of Norway spruce negatively influenced the state of this

environment. Efforts of today's society are improvement of current tree species composition in the Jizera Mountains and little by little eliminate consequences from the past.

The objective was analyzation of biomass growth by downy birch (*Betula pubescens*) in the Jizerka location. In this study, we used studies with similar fields of study, so that we could compare and assess the research results.

For results interpretation, we used the statistical process field of data gathered in 2020, which we connected with data from previous measurements and chemical analyzes.

Key words: *Betula pubescens*, biomass, nutrient and organic matter cycles, degraded areas

## Úvod

Jizerské hory se dlouhá léta potýkaly s imisní zátěží pocházející především z průmyslu a elektráren, s jejichž následky se příroda doposud nedokázala zcela vypořádat. V přírodě se stále nachází vysoké koncentrace síry a dalších škodlivých látek, což má negativní vliv na životní prostředí (Slodičák et al., 2005).

Z důvodu degradace místního ekosystému se začaly provádět experimentální výsadby dřevin. Cílem experimentů bylo zjistit reakci dřevin na lokální podmínky.

Péče o vysazené dřeviny byla komplikována i vysokými stavy zvěře, která ohrožovala růst a vývoj výsadeb. Z tohoto důvodu se nově zasazené dřeviny chránily proti škodám zvěří. Budovaly se individuální a plošné ochranné prvky (Vacek, 2019 ústně).

Diplomová práce je zaměřena na hodnocení tvorby a akumulace biomasy břízy pýřité jako potenciálního taxonu určeného k výsadbě pro místní drsné podmínky klimatu a půdní poměry.

Práce je koncipovaná do dvou základních celků. Teoretická část se zaměřila na obecné informace týkající se problematiky spojené se závěrečnou prací. V praktické části výsledky vlastního výzkumu. V závěru druhé části je provedeno vyhodnocení výsledků a jejich porovnání s autory, kteří se věnovali podobné problematice před námi.

### Cíl práce

Cílem závěrečné práce bylo posoudit schopnost břízy pýřité tvořit a akumulovat biomasu na horských stanovištích.



## Obsah

1. Teoretická část .....	1
1.1. Dřevina .....	1
1.2. Funkce dřevin .....	2
1.2.1. Produkční funkce dřevin .....	2
1.2.1.1. Produkce dřevní hmoty .....	3
1.2.1.2. Mimodřevní produkce .....	4
1.2.2. Mimoprodukční funkce .....	4
1.2.2.1. Půdoochranná funkce .....	5
1.2.2.2. Vodohospodářská funkce .....	5
1.2.2.3. Klimatická funkce .....	6
1.2.2.4. Krajínovorná funkce .....	6
1.2.2.5. Estetická funkce .....	7
1.2.2.6. Biologická funkce .....	7
1.2.2.7. Hygienická funkce .....	9
1.3. <i>Betula pubescens</i> .....	10
1.3.1. Problém s určováním rodu <i>Betulaceae</i> .....	12
1.4. Biomasa .....	12
1.5. Cykly živin a organické hmoty v půdě .....	13
1.5.1. Dusík .....	14
1.5.2. Fosfor .....	15
1.5.3. Draslík .....	15
1.5.4. Síra .....	16
1.5.5. Uhlík .....	16
1.5.6. Kyslík .....	17
1.6. Degradovaná stanoviště .....	18

1.6.1.	Kvantitativní degradace půdy .....	19
1.6.1.1.	Zábory půdy.....	19
1.6.1.2.	Dezertifikace .....	19
1.6.2.	Kvalitativní degradace půdy.....	19
1.6.2.1.	Eroze .....	20
1.6.2.2.	Dehumifikace .....	20
1.6.2.3.	Acidifikace půd.....	20
1.6.2.4.	Utžení půd .....	21
1.6.2.5.	Ztráta biologické aktivity .....	21
1.6.2.6.	Zasolování půd .....	21
1.6.2.7.	Meliorace .....	22
1.7.	Znečištění Jizerských hor .....	22
2.	Praktická část .....	25
2.1.	Přírodní charakteristiky .....	25
2.1.1.	Geografie.....	25
2.1.2.	Klimatické poměry Jizerských hor .....	25
2.1.2.1.	Mrazové kotliny.....	27
2.1.3.	Geologie .....	28
2.1.4.	Půda .....	30
2.1.4.1.	Půda v Jizerských horách.....	30
2.1.5.	Hydrologie .....	33
2.1.6.	Vegetace .....	33
2.1.6.1.	Historická skladba dřevin.....	33
2.1.6.2.	Aktuální dřevinná skladba.....	35
2.1.7.	Fauna .....	37
3.	Metodika a materiál .....	39

3.1. Stanoviště .....	39
3.2. Zkoumaný objekt .....	39
3.3. Výsadby .....	40
3.3.1. První část výsadby .....	40
3.3.2. Druhá část výsadby .....	41
3.4. Rozložení variant hnojení .....	42
3.5. Získávání pedochemických podkladů a jejich analýza.....	42
3.6. Získávání dat z terénních podkladů .....	43
4. Výsledky a diskuze .....	45
4.1. Průměrné hodnoty morfologické veličiny .....	45
4.2. Biomasa vzorků .....	48
4.3. Chemismus půdního prostředí.....	51
4.4. Biomasa a obsah živinových prvků ve vzornících.....	55
5. Závěr .....	61

# 1. Teoretická část

## 1.1. Dřevina

Dřeviny se řadí mezi vyšší cévnaté rostliny. Na rozdíl od bylin u dřevin dochází k druhotnému tloušťnutí, které je způsobené přítomností druhotných dělivých pletiv, tj. kambia a felogenu. Kambium slouží k rozvodu transpiračního proudu od kořenů po celé délce rostliny. Felogen vede proud živin v opačném směru, od asimilačních orgánů (listů či jehlic) až po kořenový systém (Kremer 1995).

Do skupiny dřevnatých rostlin se také řadí taxonomicky problematické druhy, které jsou na rozhraní bylin a dřevin. Patří mezi ně například zdřevnaťující bambusy, které splňují částečně parametry dřevin, ale taxonomicky naopak splňují parametry, jež jsou typické pro traviny. V závislosti na geografické poloze mají některé rostliny různý charakter růstu a nelze je jednoznačně zařadit do typické růstové formy (Liese a Köhl 2015).

Dříve se mezi problematické taxony zařazovaly také přesličky a plavuně, které měly i stromové formy.

Formy těchto rostlinných organismů lze rozdělit do několika typů:

- stromy
- keře
- polokeře
- liány

Podle druhu asimilačních orgánů lze dřeviny rozdělit na listnaté a jehličnaté (Kolařík 2009).

## 1.2. Funkce dřevin

Funkcí dřevin se rozumí jejich působení na své prostředí. Míra ovlivnění okolního životního prostředí stoupá s velikostí plochy osídlené nadzemní částí, ale také kořeny prorůstajícími do půdy. Působení nadzemní části dřeviny i kořenového systému jsou nepostradatelné lokálně i v globálním měřítku (Navrátil 2015).

Život na Zemi je primárně závislý na autotrofních organismech využívajících sluneční energii. Rostliny nejsou pouze producenty kyslíku na Zemi, ale svým výskytem jsou součástí potravinových řetězců, ovlivňují okolní klima, poskytují biotopy a jsou využitelné v průmyslových odvětvích apod. (Lewis 1996).

Pozitivní účinky vyplývající z výskytu vyšších rostlin v krajině nabývají s růstem lidské populace na významnosti. S rostoucí populací se zvyšuje negativní působení lidí na životní prostředí (Kovář 2014).

Již lidé v pravěku využívali dřeviny ke svému životu. Dřevo sloužilo jako zdroj tepla, pro výrobu jednoduchých nástrojů, při stavbě obydlí apod. S rozvojem myšlení a růstem lidské populace na Zemi se lidé stále více obraceli k těžbě dřeva a využívali jeho vlastností v různých odvětvích. Tato skutečnost negativně ovlivnila současnou podobu lesních celků (Frouz a Moldan 2015).

Aktuální znepokojivá situace se začala řešit v globálním měřítku. Agentura NASA na základě satelitních snímků zveřejnila roku 2019 studii o nárůstu ploch zeleně na Zemi. Vědci přikládají v tomto případě největší zásluhu výsadbě dřevin v Číně (Chen et al. 2019).

### 1.2.1. Produkční funkce dřevin

Mezi hlavní funkce hospodářských porostů spadá produkční funkce. Do produkce lze zahrnout nejen tvorbu dřevní hmoty, která je jedním ze základních pilířů pro ekonomickou efektivitu hospodaření v lesním

hospodářství, ale i více či méně významné nedřevní produkty (Führer 2000).

#### 1.2.1.1. Produkce dřevní hmoty

Lesní dřeviny jsou v převážné většině pěstovány primárně pro produkci dřeva. Některá odvětví průmyslu jsou na využití dřeva existenčně závislá, jelikož se nenašla náhrada se stejnými vlastnostmi a obnovitelností tohoto materiálu (FAO 2010).

Vlastnosti dřevní suroviny jsou značně variabilní. Proměnlivost vlastností dřeva se odvíjí od taxonu dřeviny a stanoviště dřeviny. Charakteristika dřeva diferencuje jeho další využití (Baas 2013; EK et al. 2009).

Snaha o co nejhodnotnější výtěž z lesa je komplikována mnoha faktory. Nejedná se pouze o vnější abiotické podmínky. Značnou roli hraje genetický potenciál jednotlivých stromů, který se může v závislosti na vnějších faktorech projevit na jeho vlastnostech. Dalším faktorem může být nejrůznější ovlivnění živými organismy, lidmi nevyjímaje. Soubor vlivů na dřevinu ovlivňuje množství a kvalitu dřevní produkce.

Produkci dřeva lze rozdělit do dvou základních pilířů. Pokud je výsledkem dosažení nejlepší kvality dřeva, jedná se o produkci kvalitativní. Z pohledu maximální tvorby dřevní hmoty mluvíme o kvantitativní produkci.

- Kvalitativní produkce je ve většině případů spojená s dlouhou délkou obmýtí a nižším konečným počtem stromů na jednotku plochy. Ukázkou typu nejhodnotnějších sortimentů můžou být velmi ceněné rezonanční a dýhárenské výřezy (Podrázský, 2003).
- Kvantitativní produkce tvoří protipól. Zásadním aspektem je zásoba porostů. Z extrémních případů můžeme vybrat například pěstování rychlerostoucích speciálně vyšlechtěných druhů, u kterých nám jde o objem biomasy akumulovaný v krátkém obmýtí (Werger a Havlíčková 2002).

#### 1.2.1.2. Mimodřevní produkce

Důvodem pěstování lesa není pouze naplnění očekávaného výnosu prodané dřevní suroviny. Výskyt lesního ekosystému poskytuje i nedřevní produkty.

Produkce semen je jednou z nejdůležitějších částí mimodřevní produkce, kterou lze rozdělit na základě využití semenného materiálu.

- Samovolná produkce semen pro další růst pod mateřským porostem.
- Sběr semen a jejich přenos za účelem přímé síše nebo pro pěstování sadebního materiálu s následnou umělou obnovou v souladu s předpisy o přenos reprodukčního materiálu lesních dřevin.
- Dále je porost zdrojem lesních plodů, bylin a hub, jejichž sběr je vyhledávanou zábavou široké veřejnosti zejména českých podmínkách.
- Ekonomicky podstatným odvětvím spadajícím pod mimodřevní produkci je myslivost, která je mnohdy opomíjena. Myslivost reálně podporuje stabilitu lesního ekosystému. V současné době však vlivem chybějících autoregulačních složek ekosystému (velcí predátoři) existuje problém s vysokými počty býložravců působících na mnohých místech citelné škody na lesních dřevinách (CALAMA et al. 2010).

#### 1.2.2. Mimoprodukční funkce

Dřevina nebo porost o určité velikosti jsou důležitým krajinným prvkem zastávajícím i mimoprodukční funkci. V současnosti vlivem intenzifikace většiny odvětví jsou mimoprodukční funkce ještě podstatnější než v minulosti (Navrátil 2015).

Na některých problematických lokalitách jde především o pozitivní působení stromů na okolí, což staví dřevní produkci na vedlejší místo.

Existence stromu má mnohdy vyšší hodnotu, než by mělo jeho dřevo v sebelepší kvalitě a vysokém objemu množství. Z tohoto důvodu se jedinec či jedinci nechávají růst na místě až do doby, kdy přestanou plnit svoji funkci. Při lokalizaci porostu ve stadiu rozpadu v blízkosti zvýšeného výskytu a pohybu lidí je nutné dodržovat ve zvýšené míře zásady bezpečnosti obyvatel (Vyskot 2003).

#### 1.2.2.1. Půdoochranná funkce

Jednou z nejvýznamnějších mimoprodukčních funkcí je půdoochranná funkce. Kořenový aparát rostlin zabraňuje odnosu půdních částic a jejich následnému ukládání. Tento efekt napomáhá k ochraně půd (Preti 2012; Šimek et al. 2015).

Hladina významnosti této funkce stoupá na erozí ohrožených lokalitách. V současné době se význam dřevin zvyšuje v souvislosti s výraznými změnami počasí. Největší hrozbou pro půdní pokryv jsou přívalové deště zapříčiňující erozi, po které většinou následuje vysychání odhalených půdních horizontů a jejich následná degradace.

Největší riziko eroze půdy je na plochách, kde byl lesní porost vytěžen. Malé a čerstvě vysazené sazenice nemají takovou schopnost ochránit půdu, přesto v menším měřítku chrání půdní pokryv. S věkem a velikostí lesního porostu stoupá jeho význam z hlediska plnění půdoochranné funkce (Armson 1977).

Erozi, neboli odnosu půdy brání stromy nejen svými kořeny, ale částečně mohou takto působit nadzemní části dřeviny. Srážky jsou zadržovány na povrchu kmene, listů a větví, což napomáhá ke zpomalení dopadu vody na povrch země (Černý 2014).

#### 1.2.2.2. Vodohospodářská funkce

S půdoochrannou funkcí úzce souvisí funkce vodohospodářská, spočívající v regulaci rychlosti odtoku vody nejen povrchové, ale i půdní.



Na regulaci odtoku podzemní vody se podílí především kořenový systém dřevin. Kořeny mají schopnost svými rozvětvenými kořenovými částmi regulovat vsakování a absorpci vody s volně přístupnými živinami.

Výsadbu druhu dřevin je nezbytné vysazovat s ohledem na stanovištní nároky použitých druhů. Stromy, které nejsou vhodné pro lokální poměry, splňují vodohospodářskou funkci jen omezeně (Ceci et al. 2013).

#### 1.2.2.3. Klimatická funkce

Nadzemní část dřevin se podílí na lokálním mikroklimatu. Již několik dřevin rostoucích ve skupině, v pásech nebo soliterně způsobuje výrazné zpomalení proudění větru, což pozitivně ovlivňuje okolní prostředí. Soliterní dřevina plní klimatickou funkci v závislosti na rozměru stromu. U skupinky nezáleží pouze na velikosti vzrostlých jedinců, ale zároveň na jejich hustotě a rozmístění v prostoru.

Principem je změna laminárního rychlého proudění vzduchu, které se změní na turbulentní. Jasně zřetelné to je ve velkých otevřených krajinách bez dřevinné vegetace. Typickým pro oblasti podhůří je jev, kdy vzduch rychle mění teplotu a rychle padá do údolí. Proudící vzduch narazí na překážku, kdy je část energie vzdušného proudění pohlcena stromem, a tím dojde ke zpomalení a změně typu proudění.

Strom nejen ovlivňuje rychlost větru, ale pozitivně se podílí na tvorbě mikroklimatu. Odpařováním přebytečného množství vody pomocí průduchů v listech dochází k výparu. Tento proces vede ke zvýšení vzdušné vlhkosti spojené s ochlazením vzduchu (Kavka a Šindelářová 1978).

#### 1.2.2.4. Krajnotvorná funkce

Proměnlivost krajiny je žádoucí nejen z čistě estetického hlediska, nýbrž napomáhá také lepší orientaci v ní. Nezáleží zde tolik na rozloze lesního porostu, ale spíše na jeho roli v krajině. Lesní porost, malý remízek

i solitérní strom můžou ovlivnit ráz krajiny a přispět k jejímu rozčlenění. Nemusí se vždy jednat o okázalé vzrostlé a rozsáhlé prvky.

Naopak mohutné a nepřerušené lesní celky mnohdy mohou působit na pozorovatele více či méně fádním dojmem. Monotónnost rozsáhlých lesních celků lze narušit druhovou skladbou jednotlivých částí lesa vedoucí k lepšímu rozčlenění prostoru. Rozmanitá druhová struktura a věková skladba dřevin má nejen estetický význam, ale je i důležitým prvkem pro docílení vyšší stability lesních ekosystémů (Míchal 2002).

#### 1.2.2.5. Estetická funkce

Estetická funkce je částečně součástí funkce krajinytvorné. Zeleň v krajině tvoří atraktivní kontrast mezi bezlesými plochami. Zároveň nemalou část lidské populace uklidňuje pohled na dřeviny a faunu žijící v ní. Krása přírodních scenérií přitahuje zejména lidi z urbanizovaných území (Gobster 1996; Morita et al. 2007).

#### 1.2.2.6. Biologická funkce

Lesní prostředí poskytuje biotop pro mnoho dalších forem života. Existuje nesčetné množství organismů, které mají primární výskyt vázaný na lesní ekosystém. Mnohé z nich jsou na lesním prostředí životně závislé (Führer 2000).

Biodiverzita se výrazně liší mezi jednotlivými typy lesů. Listnaté lesy jsou většinou druhově pestřejší než lesy jehličnaté, naopak smíšené lesy mnohdy propojují oba ekosystémy, proto je v nich biodiverzita živočišné říše často nejvyšší (Duraiappah a Naeem 2005).

Pro uchování vysoké diverzity života je podstatné zachovat všechny typy lesa z důvodu existenční závislosti mnohých druhů organismů na určitém typu lesního porostu (Hrouda 2018).

Z pohledu náročnosti na půdy se jedná zejména o obsah živin a dostupných látek, které má převážná část listnatých nebo smíšených porostů výrazně vyšší než čistě jehličnaté lesy (Mascha et al. 2009).

Struktura půdy vypovídá také o dostupnosti látek v ní obsažených a přístupné půdní vodě (Šimek et al. 2019).

Stromy svým opadem ovlivňují pH půdy, které se podílí na tvorbě druhové skladby organismů v nejbližším okolí (Hrouda 2018).

Limitujícím faktorem biotopu lesa je teplota prostředí. Oblasti s výskytem přirozených horských jehličnatých porostů a jehličnatých porostů boreálního typu jsou charakteristické nízkými teplotami, resp. velkými rozdíly mezi teplotou v letním a zimním období (Burton et al. 2003).

Rovnováha v lesním ekosystému je závislá na existenci hmyzích parazitů, predátorů škodlivých organismů (nejen hmyzích), kteří se množí s ohledem na populační křivku kořisti. Tento hmyz spolu s autoregulačními mechanismy prostředí samotného napomáhá procesu regulace počtu škodlivého hmyzu (Crawley 1992).

Složení druhové struktury lesních ekosystémů závisí také na druhovém složení dřevinné synuzie. Mnohé organismy od hub po živočichy jsou vázány i na staré dřevo. Platí to především pro hmyz, houby a rostliny, které mohou profitovat z živin uložených v dřevní hmotě (Sandström et al. 2019).

Základním rozdělením v ČR jsou lesy hospodářské, ochranné a zvláštního určení (Česko 1995). Lesy hospodářské jsou prioritně pěstovány za účelem produkce dřevní hmoty. K úmyslné mýtní těžbě zpravidla dochází v době optimální produkce nejvýnosnějších sortimentů s menším rizikem vzniku vad na jeho struktuře. To však neznamená, že by tyto porosty neplnily mimoprodukční funkce (Simon a Vacek 2008). Výjimky se naleznou i zde. V mnohých smíšených hospodářských lesích se ponechává listnatá složka k odumření a úplného rozložení, což podporuje zvyšování biodiverzity (Merganičová 2012).

V ochranných lesích a lesích zvláštního určení se do popředí dostávají mimoprodukční funkce. Vzhledem k primárně delšímu obmytí se na tyto lesy váže daleko větší rozmanitost života (Štícha 2015).

V současnosti také ve většině zemí existují chráněné oblasti, kde má vývoj téměř nebo úplně samovolnou cestu (Lockwood et al. 2006).

#### 1.2.2.7. Hygienická funkce

Mezi neopomenutelné funkce dřevin pro svou významnost patří též úloha hygienická, kterou lze interpretovat z více úhlů pohledu.

Vysazování dřevin v okolí silnic a průmyslových zón pozitivně ovlivňuje čistotu a kvalitu ovzduší nejen pro člověka, ale i pro celé prostředí. K tomuto účelu slouží i dřeviny vysazené bez předem stanoveného cíle či porosty vzniklé sukcesí.

Vysazování zeleně pozitivně ovlivňuje i zdraví jedinců produkcí různých silicí, které mají posilující efekt na lidský organismus během trávení volného času v přírodě. Zároveň slouží za zmínku i léčivé účinky některých rostlin užívaných ve farmaceutické oblasti k medikaci zdravotních neduhů.

Pohled na zelenou floru má pro většinu lidí uklidňující účinek na psychiku, což také řadíme do funkce hygienické spjaté s estetikou. Tyto blahodárné účinky jsou vědecky ověřené především u lidí žijících ve velkých městských aglomeracích (Kavka a Šindelářová 1978; Quing Li 2010).

Výčet zmiňovaných funkcí je obecným shrnutím pozitiv, které jsou charakteristické pro lesní prostředí. V naší práci jsme se konkrétně zaměřili na produkční funkci břízy pýřité. U druhu *Betula pubescens* jsme zkoumali její schopnost akumulovat a tvořit objem biomasy na horských stanovištích, konkrétně stanovišti Jizerka. Bříza pýřitá byla vybrána pro svoji schopnost snášet zejména klimatické stresy na daném stanovišti.

### 1.3. *Betula pubescens*

Bříza pýřitá se řadí do skupiny listnatých opadavých stromů. Opad břízy má příznivé chemické vlastnosti napomáhající vylepšovat kvalitu půdy a formovat půdní horizonty příznivější pro růst i náročnějších dřevin.

Růstově se řadí mezi stromy nebo keře v závislosti na náročnosti podmínek prostředí, ve kterém se vyskytuje. Výškový růst končí přibližně u hranice 30 metrů. Korunu tvoří poměrně vysokou a úzkou. Barva kůry je světlá, šedá doplněná o drobné příčné lenticely (San-Miguel-Ayanz et al. 2016).

Bříza pýřitá má obecně široký areál rozšíření od severní přes střední Evropu až po Sibiř. Výšková valence a flexibilita také není zanedbatelná. V českých podmínkách dokáže vystoupat z výšky 700 metrů nad mořem až do výšky okolo 1150 metrů nad hladinou moře na nejvyšší vrchol Moravskoslezských Beskyd – Lysou horu, tj. do smrkového, výjimečně až klečového či alpínského lesního vegetačního stupně.

*Betula pubescens* vzhledem ke svému růstovému potenciálu řadíme mezi dřeviny s pionýrskou strategií růstu. Druhy se vyznačují rychlým růstem, za předpokladu dostatečného množství světla. Růstové vlastnosti vypovídají o její vysoké konkurenceschopnosti. Osídluje nejčastěji plochy bezlesí, bez travního porostu. Bříza obtížně konkuruje travnímu porostu, který ji může utlačovat.

Po nebo během osídlení plochy bezlesí břízou se do lokality rozšíří zástupci klimaxových dřevin. Vysoká vitalita *Betula pubescens*, postupem času slábne, a do popředí se dostávají klimaxové dřeviny, které jsou z dlouhodobého hlediska konkurenčně schopnější. Tím dojde k utlačení dalších dorůstajících semenáčků a poměrně brzy se u ní dostavuje stadium rozpadu, což je okolo 150 let.

Břízy obecně řadíme mezi melioračně zpevňující taxony díky svému kořenovému systému a opadu. Kořenový systém má povrchový charakter, ale s bohatě rozvětvenými a rozsáhlými kořeny. Opad dřeviny po rozložení

asimilačního aparátu pozitivně působí na chemismus půdy. Z legislativního hlediska je výhodou plnění funkce meliorační a zpevňující v mnoha souborech lesních typů (Kacálek et al. 2017; Martiník et al. 2017).

Obou výše zmíněných charakteristik se využívá i v praxi, kdy se často bříza řadí do druhové skladby jako meliorační a zpevňující dřevina. Výhodné je to též z pohledu finančního. Tento druh se velmi snadno rozmnožuje, což je dáno především charakterem pionýrské dřeviny. Šíří se na velké vzdálenosti díky lehkým semenům přenášených větrem. Je snadné ji rozmnožovat na plochách bez porostu pouhým uvolněním. Bříza plodí prakticky každoročně, což nahrává jejímu samovolnému vmíšení do nově zakládaných porostů nebo při prosvětlení stávajících (Hynynen et al. 2010).

Vzhledem k její nízké náročnosti na podmínky prostředí se často užívá i jako první vlna osídlení výsypek a hald. Na těchto lokalitách absorbuje první šok z půdního prostředí a zároveň obohatí půdu.

Břízy pýřité se primárně v našich podmínkách nepěstují pro produkci dřevní hmoty. Dřevo břízy patří mezi roztroušeně pórovité, což s sebou nese specifické vlastnosti. Barva bývá téměř do běla, může být ale i našedlá či narůžovělá. Není zde žádná výrazná kresba, jen se občas uvnitř objeví tmavě hnědé až černé suky.

Mechanické atributy jsou vcelku dobře vyvážené. Materiál neztrácí na ohebnosti ani pevnosti, odolnost vůči vnějším podmínkám je ale poněkud nízká, proto se příliš nevyužívá na venkovní konstrukce. Opracování je poměrně snadné za syrového stavu. Po delším vysychání odkorněného dříví dochází k výraznému zvýšení kvality dřevní hmoty.

Rozsáhlejšího využití si březové dřevo nenašlo vzhledem ke svému nepřilíživému estetickému vzhledu. Převážně se užívá na soustružení a palivo (Reisner a Zeidler 2010).

### 1.3.1. Problém s určováním rodu Betulaceae

Vzhledem k dispozicím hybridizace a retrogrese se čeleď Betulaceae řadí mezi složité skupiny druhů. Mezidruhové křížení (hybridizace) zasahuje do genetické informace potomka, což se projevuje v jeho morfologických znacích.

Výměna chromozomů (retrogrese) je dalším z procesů, který ztěžuje jednoznačné druhové zařazení jedince. Při tomto procesu dochází k přesunu chromozomů mezi subjekty dvou druhů dřevin stejné čeledi schopných vzájemné hybridizace. To všechno je spojeno provázaností jednotlivých druhů bříz (Järvinen et al. 2004). Odlišnosti bříz jsou dány jejich prostředím, ve kterém se nachází a jemuž se částečně přizpůsobují.

*Betula pubescens* a *B. carpatica* se dle různých autorů liší v označení. Někteří autoři uznávají druh bříza karpatská jako samostatný druh, další jako ekotyp břízy pýřité. V námi vybrané lokalitě již dříve proběhlo zkoumání obnovy horských lokalit s imisní zátěží s využitím břízy karpatské. Při našem výzkumu označujeme břízu karpatskou pouze jako ekotyp břízy pýřité, jak vyplývá z práce Kuneš et al. (2019).

## 1.4. Biomasa

Prvotním úkolem naší práce bylo zkoumání biomasy břízy pýřité. Pojem biomasa vyjadřuje množství materiálu z jednoho organismu nebo skupiny organismů vyjádřené v měrných jednotkách, např. hmotností. Jednotky se liší s ohledem na zájmovou skupinu měření.

V dnešní době se pojem biomasa často zaměňuje za pojem dřevo anebo různé dřevní zbytky, tj. energetická surovina pro výrobu tepla.

Největší zásobu biomasy můžeme nalézt v terestrických lesních ekosystémech. V lesích není pouze její největší abundance, ale také diverzita druhů, které zásobu biomasy v daném společenstvu tvoří (Houghton 2008; Celjak 2018).

## 1.5. Cykly živin a organické hmoty v půdě

Kvalita biomasy je ovlivněna chemickým složením živinových prvků rostliny, které čerpá z půdního pokryvu.

Koloběh živin je základem pro existenci všech buněčných organismů na Zemi. Skládá se z cyklů jednotlivých prvků v prostředí. Všechny formy života kromě nebuněčných soustav jsou tedy závislé na přístupu energie a živin pro jejich existenci.

Buněčné formy života jsou ve své podstatě propojeny s jejich prostředím. Interpretací těchto vazeb jsou trofické řetězce. Na jejich začátku jsou minerální živiny, které jsou s využitím sluneční energie a oxidu uhličitého přeměňovány na organické látky prostřednictvím autotrofních organismů. Řetězec pokračuje heterotrofními organismy a končí návratem do prostředí po odumření jedince nebo jeho části (opad listí).

Živiny jsou zabudovávány do těl organismů během metabolických procesů. Během těchto procesů dochází k rozkladu přijímaných látek, z nichž některé jsou přeměněny na energii, která se dále využívá pro potřeby organismů (Šantrůčková et al. 2018).

Mezi největší zásobníky důležitých prvků pro existenci živých organismů patří půdní prostředí. Probíhá zde nespočetné množství chemických a rozkladných procesů typických pouze pro půdní prostředí. Rozkladné procesy zajišťují koloběh živin. Z organické hmoty se stává anorganická, která se následně zabudovává do biomasy, a ta se časem opět vrací do půdy v rozloženém stavu a cyklus pokračuje.

V závislosti na množství výskytu prvků na Zemi se živinové prvky označují jako makroprvky a mikroprvky. Jednotlivé prvky mají zásobníky, ve kterých se daná substance vyskytuje ve významném zastoupení.

Jednou z hlavních zásobáren těchto makroprvků je sice atmosféra, nicméně některé z nich nelze přímo zakomponovat do těl organismů, ale musí se pomocí různých procesů rozložit nebo přeměnit na přístupnější substance.



Vysoká koncentrace některých prvků či sloučenin může vést i k negativnímu působení nejen na půdu. Vlivem pedogeneze se mění charakteristiky půdy, a zároveň dochází k látkové výměně mezi složkami prostředí.

Jako příklad můžeme uvést kyselé deště, které vznikají důsledkem vysokých koncentrací oxidů síry, oxidů dusíku či oxidu uhličitého ve vzduchu. Negativní působení kyselých dešťů ovlivňuje především svrchní půdní horizonty, z nichž jsou tyto škodliviny dále čerpány do těl rostlin nebo jsou vyplavovány do hydrosféry (Šimek et al. 2019).

### 1.5.1. Dusík

V atmosféře se nachází 78 % dusíku ve formě inertního prvku. Dusík reaguje pouze za pomoci příjmu velkého množství energie, díky níž dokáže tvořit vazby s ostatními prvky. Producentem této energie je atmosféra. Jedná se o blesky, kosmické záření a meteoritické stopy.

Největším akumulátorem vzdušného dusíku jsou suchozemské mikroorganismy a rostliny, které ho přijímají ve formě dusíkatých iontů. Tento fixovaný dusík se po odumření heterotrofních a autotrofních organismů vrací zpět do půdy vlivem zetlení jejich těl. Během procesu tlení se uvolňují jeho sloučeniny do ovzduší. Tyto sloučeniny se vlivem atmosférických procesů opět fixují do těl terestrických nebo marinních organismů.

Díky pozitivním vlivům dusíku na vývoj rostlin je často využíván v zemědělství jako přípravek pro podpoření růstu. V případě nadměrného obsahu dusíku v půdě může nastat opačný efekt. Půda výrazně změní pH a půdní strukturu, a stává se pro edafon nepříznivým prostředím. Infiltrací dusíku do vodních toků a nádrží může dojít k eutrofizaci biotopů (Delwiche 1970; Söderlund a Svensson 1976).

### 1.5.2. Fosfor

Jedním ze základních stavebních prvků všech živých buněčných organismů je fosfor, vyskytující se v DNA a RNA jejich buněk.

Největší zásobárnou tohoto prvku jsou spodní vrstvy litosféry. Do přírody se dostává postupným zvětráváním a geologickými procesy, které mu umožňují posun do svrchních vrstev litosféry sousedících s pedosférou.

Vzhledem k důležitosti fosforu pro růst vegetace a nízkému výskytu ve svrchních vrstvách zemské kůry je často člověk nucen čerpat fosfor z hlubších vrstev těžbou sedimentárních hornin (Šimek et al. 2019).

Fosfor patří mezi nepostradatelné prvky pro život rostlin. Neabsorbovaný volný fosfor v půdě proniká do vodních toků, odkud je unášen až do oceánů, kde se následně akumuluje ve formě usazenin.

Fosfor podobně jako dusík může v nadbytečném množství uvnitř chudých vodních ekosystémů vést k eutrofizaci, při níž dochází následkem vyšší koncentrace fosforu nebo dusíku k přemnožení řas a sinic. Ty společně s tlecími procesy a oteplováním vody vedou k nedostatku kyslíku potřebného pro ostatní živé organismy (Pierrou 1976; Šimek et al. 2019).

### 1.5.3. Draslík

Draslík je jedním z trojice prvků limitujících vývoj rostlin na Zemi. Nedosahuje vysokých koncentrací jako předchozí dva prvky. Prvek se nachází ve schránkách organismů a ve formě iontů uvnitř řečiště cytoplazmy.

Podobně jako fosfor se do koloběhu dostává poměrně složitou cestou za pomoci geologických jevů. Ze zemských litosférických vrstev se zvětráváním dostává do sedimentárních hornin, odkud přechází do půdy, kde ho absorbují mikroorganismy a rostliny do jejich biomasy.

V zásadě se nevyskytuje volně ve vzduchu jako plyn. V atmosféře se vyskytuje pouze ve formě tuhých lehkých částic o velmi nízké globální koncentraci.

Na navýšení jeho procentuálního zastoupení v dostupných vrstvách má zásluhu lidská činnost, zejména zemědělství. Využívá se jako jedna ze složek hnojiv pro zvýšení množství a kvalitu produkce rostlin (Murrell et al. 2021).

#### 1.5.4. Síra

Dalším makroprvkem je síra, která je důležitou složkou biomasy, konkrétně je obsažena v některých aminokyselinách, tvořících bílkoviny. Většina podob je velmi stabilních a málo reaktivních s ostatními látkami. Nejvýznamnější naleziště je horninový obal naší planety.

Navzdory tomu, že se většinou nepřidává do přípravků pro zlepšení růstu rostlinstva, jedná se o podstatnou stavební látku buněčných soustav a bílkovinových řetězců.

Vlivem uvolňování síry při dobývání tuhých paliv a jejich následné spotřebě je obsah síry v životním prostředí zpravidla dostačující.

Spalováním nekvalitního uhlí s vysokým obsahem síry a využíváním zastaralé technologie v oblasti průmyslu se v ovzduší výrazně zvyšovala její koncentrace. V 90. letech 20. stol. to byl značný problém zejména v oblastech s velkým rozvojem těžkého průmyslu, jehož dědictví se na některých místech projevuje i v současné době v podobě degradovaných půdních ekosystémů (Sievert et al. 2007; Granat et al. 1976).

#### 1.5.5. Uhlík

Základním stavebním kamenem živých organismů na Zemi je uhlík. Atomy tohoto prvku tvoří stabilní řetězce pro vznik mnoha sloučenin. Další vlastností je skleníkový efekt oxidu uhličitého v atmosféře, způsobující

zadržování části tepelného záření odraženého od zemského povrchu mířícího do vesmíru. Největší zásobárnou uhlíku obecně je zemská kůra.

Oxid uhličitý je přímo esenciální pro život na Zemi. Jedná se o zprostředkovatele fotosyntézy. Spojením uhlíku s vodou a slunečnímu záření vzniká kyslík a jednoduché cukry – glukóza.

Množství uhlíku v atmosféře roste díky lidskému působení, neboť většina techniky za sebou nechává uhlíkovou stopu.

Negativní vliv na obsah uhlíku v atmosféře vedoucím ke globálnímu oteplení Země má také rozsáhlé kácení a vypalování deštných pralesů, které mají vysokou schopnost absorbovat a akumulovat uhlík (Xiaoyue Liu et al. 2019).

Obsah uhlíku v atmosféře v současnosti podněcuje vyspělé státy k řešení problému produkce uhlíkové stopy. Tato skutečnost vede jednak k postupnému zavádění technologií s nižší produkcí oxidu uhličitého, ale v mnoha případech pouze k přemísťování průmyslu s vysokými emisemi do zemí s odlišným přístupem k ochraně životního prostředí a levnější výrobou (Bolin et al. 1970; Loustau 2010; Hofmann et al. 2009; Beerding a Woodward 2001).

### 1.5.6. Kyslík

Kyslík je nezbytný pro život všech aerobních organismů na světě, podílí se na metabolismu buněčných organismů.

Zastoupení kyslíku v ovzduší dalo podnět k vývoji heterotrofního života na Zemi (zejména na souši) a jeho následného vývoje ve složitější formy života.

Nejvyšší koncentrace kyslíku se nachází v atmosféře, hydrosféře a litosféře, pro heterotrofní organismy je však využitelný pouze v plynné formě, případně jako rozpuštěný ve vodě.

Největší podíl na produkci kyslíku mají autotrofní organismy, přijímající oxid uhličitý a vodu, které přeměňují procesem fotosyntézy na kyslík a glukózu.

Nejvyšší produkci ovšem zauímají vodní, respektive mořské, autotrofní organismy produkující většinu kyslíku na naší planetě. Bez světelného záření o určitých vlnových délkách se proces obrací v dýchání a autotrofní organismy přijímají kyslík.

Laxním přístupem lidstva k znečišťování oceánů dochází k degradaci mořských ekosystémů. Tento proces je mnohdy neslučitelný se životem pro mnoho živočichů, mezi nimiž jsou i producenti kyslíku (Cloud a Gibor 1970; Falkowski a Godfrey 2008).

Heterotrofní živočichové jej kromě dýchání zabudovávají do svých těl pomocí příjmu potravy.

## **1.6. Degradovaná stanoviště**

Život rostlin na naší planetě je podmíněný přítomností půdního obalu Země, tj. pedosféry. Půda je zprostředkovatelem nepřeborného množství půdních procesů. Patří mezi hlavní zásobníky některých prvků a vytváří prostředí pro život mnoha organismů (Šarapatka 2014).

Ve 21. století lidstvo stále více či méně degraduje (tj. znehodnocuje) naši pedosféru.

V základním měřítku lze degradaci půdy na dvě hlavní skupiny:

- Kvantitativní
- Kvalitativní

### 1.6.1. Kvantitativní degradace půdy

Kvantitativní degradace souvisí s neustálým rozrůstáním lidské populace. Může se také jednat o přírodní proces ovlivněný působením lidí. V obou případech se v současné době jedná o závažnou a aktuální problematiku.

Hlavními problémy jsou:

- Zábory půdy
- Úbytek půdy – desertifikace

#### 1.6.1.1. Zábory půdy

Zábory půd jsou problémem civilizačním. Vzhledem k neustálému růstu populační křivky lidé potřebují nové místo k životu, které upravují dle svých potřeb a v mnohém případě znemožní plnění přirozených půdních funkcí (Brtnický 2012).

#### 1.6.1.2. Dezertifikace

Termín dezertifikace lze doslovně přeložit jako rozšiřování pouští. V zásadě se jedná o rozrůstání srážkově chudých území s minimální dostupností srážkové vody (Véron et al. 2006).

### 1.6.2. Kvalitativní degradace půdy

Kvalitativní degradační procesy jsou v přírodě zcela běžné, nicméně narůstající úroveň intenzity vlivu člověka způsobuje výrazné rozšíření postižených ploch. Kvalitativní degradační procesy podle Brtnického (2012):

- Eroze
- Dehumifikace
- Acidifikace půd
- Utužení půd

- Ztráta biologické aktivity
- Zasolování půd
- Meliorace

#### 1.6.2.1. Eroze

Proces eroze byl zmíněn již v půdoochranné funkci. Rozdělit ho můžeme podle typů abiotických činitelů, které ho způsobují, na větrnou a vodní erozi.

Větrná eroze v lesním prostředí nepůsobí takové škody vzhledem k jeho uzavřenosti proti silnému proudění větru, pokud není narušena porostní stěna.

Vodní typ eroze je spojený s počasím, které snižuje svými podmínkami absorpční schopnost půdy. Nejvýznamnějším vlivem jsou intenzivní, i když krátkodobé srážky. Půda nemá možnost srážky tohoto typu pojmout a voda odnáší značné množství půdy s sebou (Zuazo et al. 2008).

#### 1.6.2.2. Dehumifikace

Při dehumifikaci dochází k úbytku organické hmoty v půdě. Hlavními příčinami dehumifikace jsou půdní eroze, mineralizace půdy, zvýšená aerace půd a nedodání organické hmoty do půdy.

Původce lze hledat v oblasti intenzivního zemědělství. V zemědělství dochází k úpravě lokálního charakteru půdy, což ovlivňuje v první řadě vegetační pokryv a vodní režim.

#### 1.6.2.3. Acidifikace půd

Acidifikace půdy může být způsobena přírodními procesy, jako jsou sopečné erupce, případně únik plynů z oceánu. Největším znečišťovatelem jsou sami lidé. Průmyslová výroba a produkce elektrické energie spotřebovává značné množství fosilních paliv, při jejichž spalování

uniká do ovzduší množství škodlivých látek. Nebezpečné látky se uvolňují také v souvislosti se samotnou průmyslovou výrobou (Lukac a Goldbold 2011).

#### 1.6.2.4. Utužení půd

Utužení můžeme rozdělit na dva typy v závislosti na jeho vzniku. Na změně strukturálního povrchu půdy se podílí přírodní procesy a antropogenní činnost. Utužení vede ke změně strukturálních vlastností, což ovlivní i další půdní charakteristiky. Hlavní je změna pórovitosti, která ovlivňuje přístup vody a půdního vzduchu. Přístup půdního vzduchu a vody napomáhá lepší kvalitě půdní vrstvy (Šarapatka 2014).

#### 1.6.2.5. Ztráta biologické aktivity

Ke snížení biologické aktivity dochází ovlivněním její struktury a chemického složení půdy. Jedná se o ztrátu diverzity spojenou se snížením množství biologicky aktivních půdních organismů podílejících se na půdních procesech (Šimek et al. 2019).

#### 1.6.2.6. Zasolování půd

Zasolování je problémem zejména v aridních oblastech s vysokým výparem, kde převládá vzlínání a výpar nad zasakováním vody. Tento proces je úzce spojen s rozšiřováním pouští.

Příčinu zasolování hledejme v přísunu vodního roztoku s velkým množstvím solí. V suchých oblastech dochází k vypařování vody, ale prvky se zde ukládají. Ukládáním těchto látek se půda zasoluje a tvoří se v ní vrstva solí, ta může vznikat pod povrchem nebo i na povrchu za tvorby krusty.

Slaná voda je víceméně toxická pro většinu půdních organismů a rostlin, které ji přijímají pomocí osmózy z prostředí (Yang et al. 2018).



#### 1.6.2.7. Meliorace

Budování drenážních systému mělo na mnohých hůře obhospodařovatelných plochách zásadní význam. Důležité bylo zejména pro zemědělství, kdy došlo k odvedení přebytečné půdní vody, což mělo pozitivní vliv na pěstování kulturních plodin.

Vybudování drenážních systémů v minulosti má v současné době opačný efekt. Vlivem dlouhých období sucha se z půdy odvádělo nadměrné množství vody, která v současné době může být limitujícím faktorem daného stanoviště (Kulhavý a Soukup 2010).

Nefunkčnost opatření může vést k nadměrnému úniku vody v jednom místě, kde se zcela změní půdní poměry.

Drenážní systémy byly v minulosti místy instalovány i na lesních pozemcích, kde ne vždy správně plnily svou funkci.

Při pohledu na degradaci půd nesmíme opomenout námi zkoumané stanoviště Jizerských hor, které bylo v minulých letech vystaveno silnému tlaku imisí. Škody na porostech na našem území byly patrné zejména během 20. století, kdy docházelo k budování rozsáhlé průmyslové infrastruktury na našem území i u našich sousedů (Hruška a Cienciala 2001).

### **1.7. Znečištění Jizerských hor**

Jizerské hory podléhaly v minulosti velkému tlaku emisí vypouštěných nejen od nás, ale i ze sousedních států. Zdrojem znečištění byl zejména těžký a chemický průmysl a elektrárny poháněné spalováním pevných fosilních paliv.

Negativní dopad působení elektráren z Polska a Německa se datuje na přelom 50. a 60. let 20. století. Výrazný pokles následoval až po legislativních změnách během 90. let 20. stol. po masivním odsíření tepelných elektráren. Křivka koncentrace síry a dalších škodlivých

sloučenin ve vzduchu měla již předtím klesající tendenci, ale teprve kolem roku 2000 klesla pod kritické množství (Slodičák et al. 2005).

Vypouštění škodlivých sloučenin vedlo k tvorbě kyselých dešťů, které negativně působily na povrchy asimilačních orgánů. Nejhůře se tento vliv projevil na jehličnatých dřevinách kromě modřínu, jelikož modřím a listnáče každoročně shazují asimilační aparát, který se každoročně obnovuje.

Ostatní konifery v dané oblasti, zejména smrk ztepilý, měly působením imisí značně redukovanou listovou plochu. Vzhledem ke zhoršenému stavu taxonů v drsném horském klimatu se staly atraktivní pro biotické škůdce ve formě kůrovců. Následkem poškození podlehy gradaci lýkožrouta smrkového během 90. let (Karpaš a Hušek 2014).

Dalším značně negativním následkem působení imisí byla degradace půd. Obsah nebezpečných oxidů síry, dusíku a dalších prvků nepronikl pouze do těl rostlin, ale část srážek se dostala přímo do země a v ní se začaly uvolňovat látky negativně působící na lokální pedologické poměry (Šimek et al. 2019).

Přetrvávající vysoké koncentrace škodlivých látek dále neumožňují samovolnou regeneraci půd, zejména ve vyšších partiích Jizerských hor. Z tohoto důvodu je nutná asistence člověka pro zlepšení půdních charakteristik (Slodičák 2005).

V roce 2017 a 2018 proběhl v Jizerských horách na žádost lesní správy Frýdlant výzkum zaměřený na chemii půdy. Výzkum probíhal ve dvou etapách po dvou částech.

V první etapě bylo zkoumáno 10 půdních profilů nacházejících se pod porosty smrku ztepilého. Druhá etapa se soustředila na chemismus půd v porostech buku lesního, zkoumáno bylo pouze 5 profilů.

Výsledek výzkumu poukázal na vysokou koncentraci škodlivin v půdě. Bylo zjištěno, že půda stále vykazuje značnou kyselost, která zapříčiňuje nízký obsah bazických živin, které jsou pro dřeviny existenčně podstatné.

V závislosti na výsledcích zkoumání došel výzkumný tým k závěru, že situace je alarmující a pro zlepšení stavu půd v Jizerských horách bude nezbytný odborný zásah ze strany člověka vedoucí k regeneraci půd (Novotný 2019).

## **2. Praktická část**

### **2.1. Přírodní charakteristiky**

#### **2.1.1. Geografie**

Území Jizerských hor se nachází na severu České republiky a patří mezi nejsevernější pohoří u nás. Pohoří v některých místech přechází až za hranice státu, kde se nachází nejvyšší vrchol tohoto pohoří Wysoka Kopa 1126 m n. m. Svou výškou tak převyšuje nejvyšší horu Jizerských hor Smrk o 2 m.

Typickým znakem hor je výšková rozrůzněnost po celém území. Nejvyšším vrcholem těchto hor na území České republiky je Smrk s nadmořskou výškou 1124 metrů. Nejnižší nadmořská výška je okolo 320 m v říční nivě řeky Smědé, kde vodní tok opouští hranice oblasti. Na základě těchto údajů vyplývá, že se jedná o markantní výškový rozdíl, jenž činí orientačně přes 800 metrů nad mořem (Vonička a Višňák 2008).

Přirozené hranice hor tvoří výrazně nižší geografické celky, až na výjimku, kterou jsou Krkonoše.

Rozloha poměrně homogenního pohoří je přibližně 420 km<sup>2</sup>. Stejnorodost se promítá v poměru průměrné výšky 696 m n. m. a členitosti pohybující se v rozmezí od 300 do 600 m výšky (Karpaš a Hušek 2014; Vacek, 2008).

#### **2.1.2. Klimatické poměry Jizerských hor**

Klimatické poměry v Jizerských horách jsou dány zejména geografickou polohou, která je specifická, jelikož se jedná o nejsevernější pohoří na našem území. Jizerské hory prostupují až za hranice našeho státu na polskou stranu.

Pohoří patří do chladné oblasti, což je umocněno prakticky neustálým prouděním vzduchu. Na jejich hřebenech se teplý stoupající vzduch vanoucí z Lužické nížiny ochlazuje a na závětrné straně velmi rychle klesá dolů do údolí. Při souhře meteorologických podmínek může na závětrné straně hor vznikat padavý vítr, který mnohdy působí nemalé škody na lesních porostech. Vzduch proudí většinou v severním až severozápadním směru.

Dalším meteorologickým jevem typickým pro Krušné i Jizerské hory je srážkový stín, který způsobuje, že velká část srážek se nepřenese přes hřebeny hor a srážky spadnou na návětrí a na hřebenech a v závětrných oblastech jsou srážky minimální. Jizerské hory jsou charakteristické vysokými úhrny srážek, což značně ovlivňuje zdejší klima.

V Jizerských horách se nachází oblast s nejvyššími průměrnými dešťovými úhrny v ČR – Bílý Potok. Průměrné srážky zde přesahují 1700 mm srážek ročně. Nejvyšší roční srážkový úhrn záznam s čítajícím množstvím srážek přes 2000 mm byl naměřen na Jizerce.

Krátkodobé srážky v této lokalitě působí značné problémy zejména v oblastech Frýdlantska, protože často zapříčiní vylití toků z koryt a zaplavení přilehlých městských aglomerací. V srpnu 2010 spadlo během několika desítek hodin přes 300 mm srážek a tento úhrn měl katastrofické následky. Rekordem je ale údaj z roku 1926, kdy na Nové Louce úhrn činil během pouhého jednoho dne 345 mm.

Nejen vertikální srážky silně ovlivňují zdejší prostředí. Výrazný vliv mají i srážky horizontální. Jedná se o usazování kapek vody z mlh, které jsou zde velmi časté na povrchu stromů a další vegetace. Během chladných měsíců se s nimi pojí námraza, která negativně ovlivňuje mladé stromky. Mnohdy se jedná o fatální jev, vedoucí k jejich mechanickému poškození (Karpaš a Hušek 2014).

Důvodem vysokých srážkových úhrnů je to, že hory svou polohou a výškou tvoří překážku vlhkému mořskému proudění pocházejícímu ze severu Evropy.

Proměnlivost terénu způsobuje značnou diferenciaci teplot. Teplejší lužická oblast Frýdlantska v ročních průměrech dosahuje okolo 8 °C. Naopak náhorní plošiny hřebenů nepřekračují 4 °C průměrné roční teploty (Vonička a Višňák 2008).

Letní průměry jsou samozřejmě výrazně vyšší. Červencové průměrné teploty jsou v rozmezí od 13,6 °C do 15,1 °C, v závislosti na nadmořské výšce. Zimní (lednové) průměrné měsíční teploty se pohybují od -7 °C do -3°C. Největší extrém zde byl naměřen v roce 1939 poblíž oblasti zkušné plochy na Jizerce s hodnotou -42 °C.

Délka vegetačního období klesá se zvyšujícím se lesním vegetačním stupněm v rozmezí od 180 po 120 dní. Větší část srážek (60 %) spadne během vegetačního období. Sněhový pokryv se pohybuje okolo 150 cm, může však dosáhnout až hodnoty 300 cm. Drsnému klimatu se musela přizpůsobit i místní biocenóza. Kladnou stránkou lokálního klimatu je dostatek vody, zejména v období vegetace (Karpaš a Hušek 2014).

Teplota půdy byla zaznamenávána v hřebenových oblastech Jizerských hor v lokalitách Jizerka a Smědava. Uchovávání dat má pod svou správou Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Údaje jsou měřeny v hloubce 20 cm půdního pokryvu. Průměrné měsíční hodnoty se zapisují od července 1966, činí od 0,2 do 16,4 °C (Karpaš a Haušek 2014).

#### 2.1.2.1. Mrazové kotliny

Častým jevem v těchto oblastech je mrazová kotlina. Jev se projevuje zejména v níže položených oblastech ohraničených vyšším terénem. Těžký studený vzduch během noci vyplní mělké údolí a díky absenci slunečního záření a dostatečně silného větru se nedokáže rozptýlit.

V daném místě vznikne akumulací studeného vzduchu tzv. studené jezero.

Mrazové kotliny jsou velkým nebezpečím zejména v jarních měsících, kdy mohou negativně ovlivnit asimilační orgány rostlin. Listová pletiva při rašení nejsou připravena odolávat prudkým výkyvům teplot.

Vzhledem k morfologii Jizerských hor tímto problémem zdejší prostředí značně trpí. Nejčastěji se noční mrazové jevy objevují na jaře a během podzimu (Gallo et al. 2014).

Z klimatické charakteristiky oblasti vyplývá, že mezním faktorem je velmi nízká teplota spojená s výraznými teplotními rozdíly během dne a noci. K působení mrazů ve vegetační sezoně je poměrně citlivá bříza bělokorá (*Betula pendula*), naopak příbuzný druh bříza pýřitá (*Betula pubescens*) je proti tomuto jevu značně odolný (San-Miguel-Ayanz et al. 2016).

### 2.1.3. Geologie

Geologická struktura oblasti Jizerských hor je poměrně monotónní. Hlavní roli v rozvrstvení geologických struktur hraje její poloha. Jizerskohorská oblast geologicky spadá v rámci regionálního třídění pod Český masiv, konkrétně se jedná o pokryvné útvary a postvariské migmatity (Karpaš a Hušek 2014).

Největší plochu zaujímá žulový pluton vzniklý během hercynského vrásnění. Menší část zastupují křídové usazeniny a nízký počet mladších neovulkanitů (Brunclík et al. 1986; Chaloupský et al. 1987).

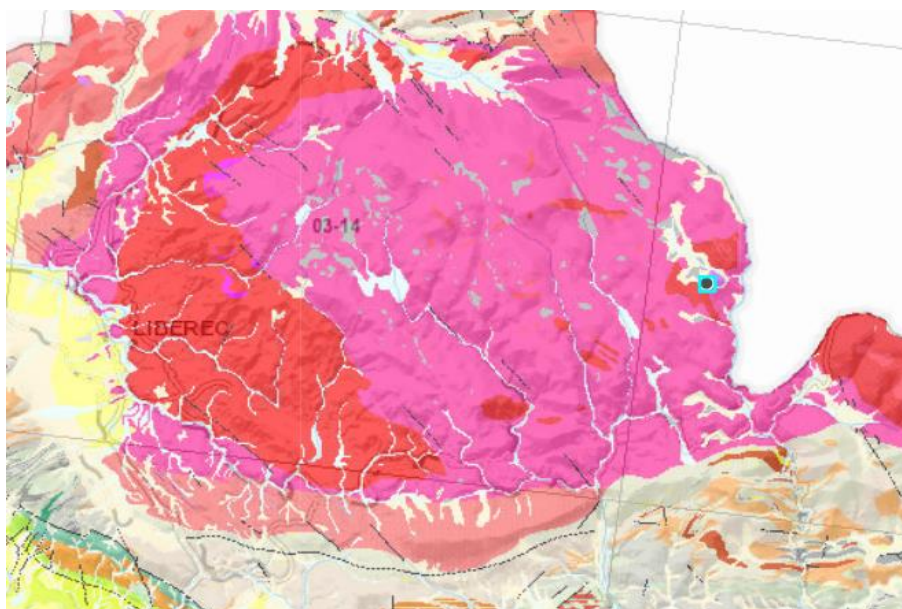
Z hlediska regionálního zařazení lze hovořit o převažujícím zastoupení krkonošsko-jizerského krystalinika, které je obklopeno luhickými útvary. Přirozené hranice pozvolna navazují v další sousední útvary.

Severní hranici tvoří zlom oddělující polské geologické území od jizerského krystalinika. Východní část tvoří žulový podklad s příměsí metamorfovaných částí, jež je překryt vrstvou z geologicky mladšího

období permokarbonu tvořeného sedimenty. Západ tvoří žulové útvary. Jih je pozůstatkem zaplavených území v podobě sedimentárních hornin křídových pánví.

Zájmové území se nachází na podkladě nezpevněného říčního sedimentu. Vrstvu usazenin na některých místech překrývá vrstva rašelinné horniny.

Horniny pochází z éry kenozoika, jedná se o nejmladší období vývoje Země. Nejmladším útvarem kenozoika je útvar kvartér, jehož oddělením je holocén. Z období holocénu pochází podloží na výzkumné ploše, kde byla sbírána data pro naši práci.



Obrázek 1 - Geologická mapa 1:50 000 ČGS 2020

Převážnou část matečné horniny pohoří Jizerských hor tvoří žuly a ruly neovulkanitů. Z hlediska pedochemického jsou to horniny málo nasycené bázemi, tudíž chemismus je značně kyselý. Další složitostí je jejich pomalé zvětvávání vlivem silných strukturálních vazeb (Brunclík et al. 1986; Chaloupský et al. 1987). To vše komplikují půdní vlastnosti na hřebenech těchto hor, včetně antropogenní činnosti z dob minulých, ale i současných.

Půdotvorný substrát ovšem není tvořen pouze výše zmíněnými horninami, nachází se zde rozsáhlá území s podkladem rašeliničky, která bohužel taktéž podporují trend kyselých půd s pomalým rozkladem živin.



U pedologických celků v těchto provinciích se ke kyselosti přidává velké ovlivnění vodou.

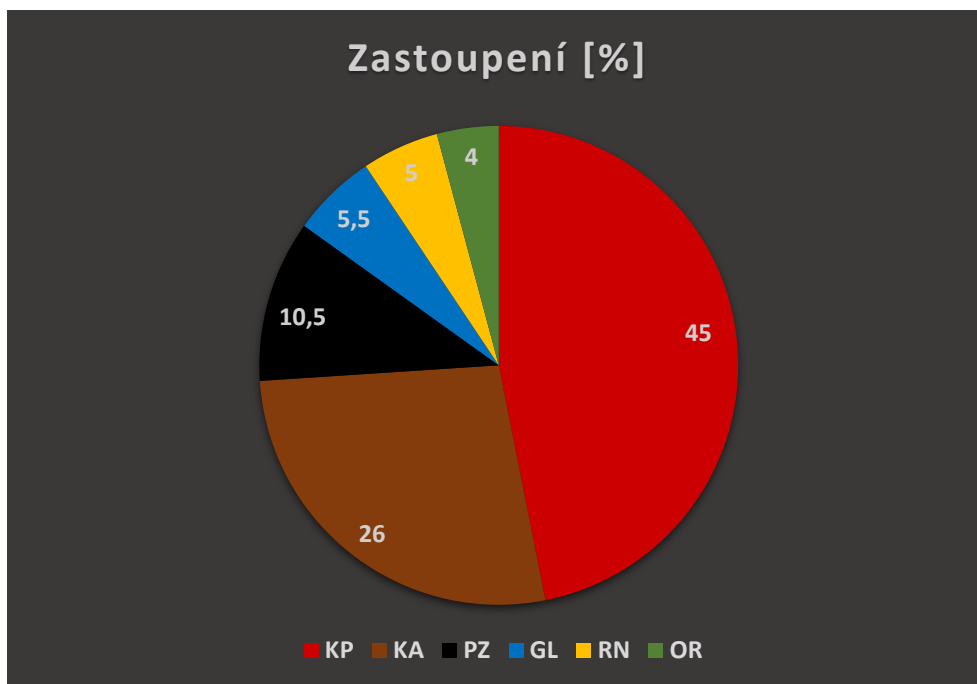
Najdou se zde i výjimky – kopec Bukovec, formovaný z čediče a další menší útvary tvořené ze sedimentů poskytující výrazně lepší podmínky pro rostlinstvo. Převažuje zde především bukový porost s dalšími listnáči. Významný je vzhledem k velkému množství nejružnějších botanických druhů a řadí se k nejcennějším částem chráněné krajinné oblasti Jizerské hory (mapový portál ČGS 2020).

#### 2.1.4. Půda

Je to nejsvrchnější vrstva planety Země. Vznikla vlivem působení pedologických procesů během dlouhé řady let. Vývoj může být ovlivněn mnoha faktory od biotických činitelů přes abiotické, ale i délkou vývoje půdního podkladu, který se může dále rozvíjet díky změnám podmínek. Skládá se z organických komponentů a anorganických částí pocházejících z matečné horniny, na kterou navazuje (Šantrůčková et al. 2018).

##### 2.1.4.1. Půda v Jizerských horách

Na formování zdejších půdních typů má vliv nejen geologický podklad a návazné pedologické procesy, nýbrž i soustavná lidská činnost, jejíž vliv přetrvává do současné doby.



*Graf 1 - Zastoupení půd [%] (Karpaš a Hušek 2014)*

Kryptopodzol zaujímá největší plochu území Jizerských hor. Vyskytuje se převážně v oblastech do smrkového vegetačního stupně. Pozorovatelné jsou procesy podzolizace a hnědnutí. Zároveň je tento půdní typ často značně skeletovitý. Převládající formou humusového horizontu je moder a mor s pomalým rozkladem.

Dalším v pořadí zastoupení je kambizem neboli hnědá půda. Název získala díky charakteristickému jevu – brunifikace (hnědnutí), což je chemický proces zvětrávání půdy. Kambizemě se vyskytují většinou v nižších až středních polohách. Vlastnosti kambizemí jsou velice proměnlivé a závisejí na matečné hornině, což platí i pro humusové formy.

Třetím v grafu zaujetí plochy v zájmovém území je podzol. Charakteristický je pro horské polohy v osmém lesním vegetačním stupni. Typickým znakem je vybělený ochuzený horizont, na který navazuje horizont obohacený o vymývané živiny a prvky. Tento půdní typ je spojen s humusovou formou mor. Tato humusová forma je charakteristická pro nízký produkční potenciál.

Glej je v oblasti Jizerských hor zastoupený 5,5 %. Jedná se o půdní formu, která je trvale ovlivněna podpovrchovou vodou. V hloubce okolo 60 cm se nachází specifický glejový horizont, ve kterém jsou patrné redukované a zoxidované železité substance se zabarvením do zelena a hněda. Glej se vyskytuje především na okrajích rašelinišť, což vede k výskytu podtypu zrašeliněného gleje s částečně obsaženým rašelinovým horizontem.

Procentuálním výskytem těsně za glejosoly je ranker. Nachází se na hřebenech hor a prudkých svazích se skalami a balvany. Půda je vzhledem ke skeletovitosti výrazně provzdušněná a inklinuje k erozím. Typickou vlastností je tvorba mělkých, nevyvinutých půdních horizontů.

Poslední zastoupení z grafu půdních typů zaujímá organozem. Typický pokryv tvoří rašeliník. Mocnost se liší v závislosti na hloubce podkladu mateční horniny. Vyskytuje se na rašeliništích a vrchovištích.

Antropozemě nepatří mezi základní klasifikaci půd vzniklých dlouhodobým procesem pedogeneze. Formování těchto půd je vázáno s vlivem člověka. Vznikají přemístováním a mísením půdních horizontů. Tím vzniká nový půdní typ, jehož vlastnosti jsou závislé na použitém materiálu. Antropozemě mohou obsahovat různé škodlivé a nepřírodní látky.

Rozmístění je pouze okrajové, v závislosti na působení lidské činnosti. Na území Jizerských hor se jedná především o lomy a bývalé zemníky (Karpaš a Hušek 2014).

Výzkumná plocha se nachází na podkladu půdního typu podzol. Označení podtypu, který se zde vyskytuje, je humusový podzol, charakteristický hlubokým humusovým horizontem.

Zájmové území nese stopy dřívější antropogenní činnosti. Na lokalitě se nacházela skládka dříví vytěženého z okolních porostů poškozených imisemi. Přibližováním dříví došlo k převrstvení humusových a minerálních horizontů (Lánský ústně).

### 2.1.5. Hydrologie

Oblast Jizerských hor je charakteristická hydrologickými podmínkami, které jsou značně specifické. Celá oblast nenáleží do společného úmoří. Menší toky nejsou odváděny do jednoho velkého toku, ale rozdělují se do dvou povodí. Přiléhající oblast Frýdlantska společně se severem a západem horského masivu se vlévá do toku Odry. Odra dále pokračuje za naše hranice a ústí do Baltského moře.

Druhá část Jizerských hor spadá do povodí řeky Labe. Přítokem řeky Labe je řeka Jizera pramenící v české části hory Smrk (Karpaš a Hušek 2014; Vonička a Višňák 2008).

### 2.1.6. Vegetace

#### 2.1.6.1. Historická skladba dřevin

Na konci posledního glaciálu dominovaly v oblasti Jizerských hor druhy typické pro velmi chladné severní oblasti planety, jako zakrslé břízy, vrby a borovice.

Předpokládáme, že prvními dřevinami osídlujícími horské oblasti po konci posledního glaciálu byli zástupci rodu *Betula* a *Pinus*.

V průběhu času se zvyšovala humidita prostředí. Přísun vláhy zapříčinil vznik rašelinišť v horských oblastech. Ty nám dnes pomocí analýz pylových zrn napomohly mapovat dřevinou skladbu.

Vyšší oblasti začala osídlovat borovice kleč. Spodní partie byly osídleny dřevinnou skladbou v podobě borovice s příměsí břízy a olše.

Pozdější období přineslo příznivější podmínky pro růst dalších taxonů dřevin. V nižších polohách líska převzala dominanci v místech výskytu břízy s borovicí. Započalo formování druhově pestrých doubrav v nižších polohách.

Nárůst vlhkosti měl za následek rozšíření olšin, které vytlačovaly dosavadní porosty břízy a borovice v humidních oblastech. V horských

polohách se staly podmínky příznivé pro smrčiny, které vytlačily kleč až do rašelinišť. Postupem času se situovaly smrky do nižších poloh, kde konkurovaly olším.

Prvním velkým mezníkem bylo období okolo 4000–1200 let před naším letopočtem. V tuto dobu se začala budovat zonalita vegetačních stupňů, jak ji známe dnes.

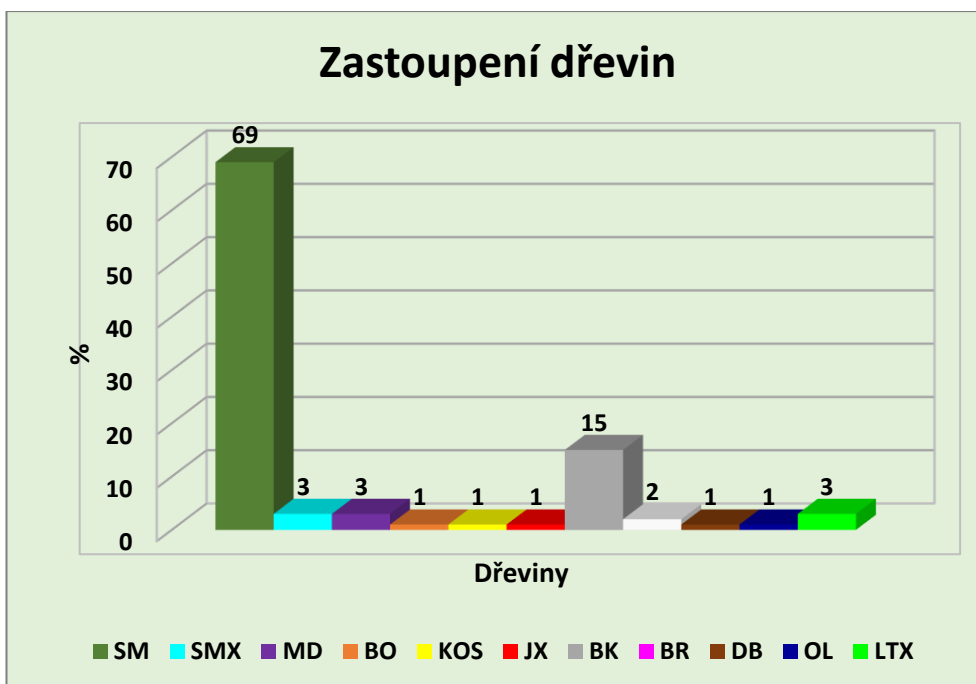
Postupem času se smrk situoval jako hlavní dominantní dřevina vyšších nadmořských výšek. Buk se stále šířil společně s jedlí. Vzniká tzv. hercynská směs typická pro zdejší geografickou zónu.

V 18. století do dřevinné skladby silně zasáhla lidská aktivita. Toulavá těžba postupně přešla ve víceméně celoplošné vytěžení původních lesních porostů za účelem zásobit rozvíjející se sklářský průmysl v regionu. Bukových lesů výrazně ubylo, postupně byly přeměněny na víceméně čisté smrkové porosty s jen minimální příměsí dalších druhů.

Výrazné zhoršení kvality a odolnosti místních lesních porostů nastalo v 19. století vlivem přenosu sadebního materiálu z nevhodných proveniencí. Důvodem byla veliká poptávka po sadebním materiálu vzhledem k intenzitě hospodaření. Do popředí se zařadil smrk na úkor buku a hlavně jedle.

Druhovú strukturu převažujících dřevin se od té doby příliš nezměnila, pouze se v dalších letech měnilo jejich procentuální zastoupení (Karpaš a Hušek 2014).

### 2.1.6.2. Aktuální dřevinná skladba



Graf 2 - Zastoupení dřevin [%] (Bystrický et al. 2020)

Z grafu, který znázorňuje aktuální stav lesního prostředí pro roky 2021–2040 v oblasti Jizerských hor a Ještědu (ÚHUL 2009), je patrné, že se v této oblasti zachovalo nejvyššího zastoupení smrku ztepilého v porovnání s ostatními dřevinami.

Pro zachování a posílení stability lesních ekosystémů je žádoucí, aby druhová skladba respektovala stanovištní poměry (především výškovou zonalitu) a aby jednotlivé druhy dřevin nevytvářely monokultury, ale byly pěstovány spíše ve směsích.

Na území Jizerských hor se nachází okolo 5 % oblastí s výškou nad 950 m n. m., které tvoří přirozený areál výskytu porostů s téměř 100% zastoupením smrku ztepilého. Pro nižší polohy je typickou oblastí výskytu smrku ztepilého údolí s rašelinami a mrazová údolí (Vacek 2003).

Významným vlastníkem a subjektem působícím na vývoj lesních ekosystémů je podnik LČR. Ten má zahrnuto v plánu vycházet ze způsobů přírodě blízkého hospodaření a zlepšovat stav majetku ve své správě. Statistické výstupy prokazují snahu přibližovat se ideální dřevinné

skladbě a preferovat listnaté dřeviny v místech jejich přirozeného výskytu (Hruban et al. 2015).

Určité zastoupení zauímají smrkové exoty vysazené při boji s následky imisní kalamity. Druhy smrku jako *Picea pungens* snášely poměrně dobře místní klimatické poměry a díky vrstvě vosku na jehlicích lépe odolávaly kyselým srážkám. Problém nastal při přemnožení houbového patogenu koubnatky smrkové, jež začala od roku 2009 zcela decimovat většinu porostů smrku pichlavého (Černý et al. 2016).

Dalším zastoupeným jehličnanem je modřín opadavý. V přírodní lesní oblasti Jizerských hor a Ještědu zauímá modřín 3 % v druhové skladbě. Na nízkém zastoupení této dřeviny v okolí výzkumné plochy se podílí především realizace výsadeb na jiných plochách a vysoký obsah vody v půdě (Musil a Hamerník 2003).

U borovic se zastoupení liší v závislosti na druhu. *Pinus sylvestris* se ve vyšších horských polohách Jizerských hor prakticky nevyskytuje. Roste pouze na některých extrémních stanovištích v podhůří, kde díky charakteru pionýrské dřeviny patří mezi dominantní druhy (Šindelář et al 2007).

Na velmi nepříznivých horských stanovištích Jizerských hor s rašelinovým podkladem se vyskytuje *Pinus mugo*, patřící zde mezi původní jehličnaté dřeviny (Janeček a Ešnerová 2012).

Zbývající konifery jsou zastoupeny pouze ojediněle. Velmi nízké zastoupení zde má jedle bělokorá, která byla v době před působením lidského faktoru typickou dřevinou pro oblast Jizerských hor (ÚHÚL 2009).

Listnaté dřeviny celkově zauímají jen malou část z druhové skladby. Je to dáno historickými zásahy člověka a cílenou přeměnou druhové skladby pro zajištění hospodářských potřeb (Vonička a Višňák 2008).

Mezi zástupci listnatých dřevin dominuje buk lesní. I přes své prvenství mezi listnatými dřevinami zauímá méně než poloviční hodnotu svého přirozeného rozšíření. Úbytek buku zapříčinil rozmach sklářského

průmyslu. Dřevěné uhlí připravované ze dřeva stromu se využívalo jako palivo pro sklářské pece (Karpaš a Hušek 2014).

Duby se vyskytují pouze v nejteplejších okrajových částech Jizerských hor v zastoupení kolem 1 %. Většina území je pro růstu dubu nevhodná z klimatických i půdních hledisek (Musil a Möllerová 2005).

Ve stejném poměru, jako je procentuální zastoupení dubu, se zde vyskytuje olše lepkavá. Nevhodné klimatické podmínky způsobily, že se tato dřevina vyskytuje pouze podél níže položených vodních toků. Olše šedá místy vystupuje podél vodních toků do vyšších poloh. Celkový podíl olší na druhové skladbě je do 1 % (ÚHÚL 2009).

Rod *Betula* je v Jizerských horách zastoupen pouze 2 %. Směrem do vyšších nadmořských výšek je bříza bělokorá (*Betula pendula*) postupně nahrazována břízou pýřitou (*Betula pubescens*) a na extrémních stanovištích ekotypem *B. pubescens carpatica* (Kuneš et al. 2019). Pro tyto dřeviny je typické osídlování volných ploch až extrémních stanovišť (Hejný et al. 1990).

### 2.1.7. Fauna

V Jizerských horách se vyskytuje velké množství běžných i chráněných živočichů. Jde například o tetřívka obecného, rýsa ostrovida a další. Na druhou stranu pestrost a množství fauny v lesích nese i svá úskalí. V mnohých lokalitách jsou neúnosné stavy býložravé spárkaté zvěře.

Škody zvěří jsou velmi významné. Z dat Národní inventarizace lesů vyplývá, že v celé republice bylo poškozeno 30 % hlavních dřevin a 60 % melioračních a zpevňujících (Liška et al. 2020).

V Jizerských horách je díky kombinaci velkého tlaku zvěře s drsným klimatem velmi těžké a zdlouhavé zalesňování a tím utváření vyšší druhové pestrosti. Typicky zvěř prvotně poškozuje dřeviny vnášené, které jsou v místních ekosystémech poněkud vzácnější. Na mnohých místech je



problém pěstovat dřeviny i za pomoci obranných opatření (Vacek 2019 ústně).

### **3. Metodika a materiál**

#### **3.1. Stanoviště**

Výzkumná plocha se nachází v Jizerských horách v osadě Jizerka, náležící k obci Kořenov. Leží na GPS souřadnicích 50.8192744N, 15.3520278E poblíž panelové cesty. Rozměr pozemku je cca 5300 m<sup>2</sup>. Nalézá se ve výšce 855 m nad mořem.

Pozemek lze rozdělit na 2 části. První největší část pozemku bez silného zamokření zaujímá z typologického pohledu kyselá smrčina. Zamokřená menší plocha u cesty odpovídá dle klasifikace lesních typů podmáčené smrčíně.

Lokalita je velmi náchylná na působení abiotických vlivů. Zejména se jedná o pozdní a časně mrazy, jelikož se nachází v mrazové kotlině. Mimo abiotické působení je zde patrný antropogenní vliv člověka. Z historických pramenů je známé, že dříve se jednalo o bezlesí. Přeprava dříví přes pozemek silně ovlivnila půdní podmínky. Místy je patrné značné převrstvení humusových a minerálních horizontů.

#### **3.2. Zkoumaný objekt**

Zkoumaným objektem je výsadba *Betula pubescens* z roku 2008 a 2009. Sběr a vyšetření osiva proběhlo v roce 2006 pod dohledem Ing. Vladimíra Vršovského, zaměstnance CHKO Jizerské hory. Sadební materiál má původ v podmínkách podobných s lokalitou výsadby. Jednalo se o přírodní lesní oblasti číslo 21 Jizerské hory a Ještěd, smrkový lesní vegetační stupeň. Sázely se standardní obalované sazenice, odrostky a poloodrostky vypěstované dvěma subjekty, a to Suchopýrem, o.p.s., a lesními školkami Ing. Pavel Burda.

### 3.3. Výsadby

Vysazovalo se v oplocence. Na lokalitě jsou pozůstatky neúspěšných výsadeb smrku pichlavého ze začátku 90. let 20. stol., dobře odrůstající výsadba borovice kleče z druhé poloviny 90. let a solitérní jedinci smrku ztepilého různého stáří a výšky.

#### 3.3.1. První část výsadby

První část výsadby byla provedena v rozmezí od 23. 10. do 5. 11. 2008.

Sázeny byly sazenice od Suchopýru, o.p.s., jednalo se o standardní obalovanou sadbu s pěstebním vzorcem 1+1k.

Výška sazenic se pohybovala v rozmezí 25–40 cm s tloušťkou kořenového krčku 4 mm. V této etapě bylo vysázeno 756 kusů.

Druhá část byla vysázena sadebním materiálem od Ing. Pavla Burdy, který dodal 440 prostokořených poloodrostků ve dvou výškových třídách s pěstebním vzorcem 1+0,5-0,5.

Menší poloodrostky dosahovaly rozměrů 80–120 cm s tloušťkou kořenového krčku 8 mm.

Výška většího sadebního materiálu se pohybovala mezi 121–150 cm s tloušťkou kořenových krčků kolem 10 mm.

Přihnojení první etapy proběhlo 14. 5. 2009. V této etapě se došlo k závěru, že materiál od Suchopýru, o.p.s., nebude na základě silné mortality vůbec hnojen. Velký podíl na tom měla špatná kvalita sazenic, které byly napadeny houbovými patogeny.

Na základě této skutečnosti vznikly tři varianty výsadeb.

Kontrolní varianta bez přihnojení, do níž se zařadily mimořádně velké odrostky. Rozdělily se na KM (kontrola menší) a KV (kontrola větší).

Druhou variantou byly poloodrostky Silvamix Forte, u nichž proběhlo přihnojení přípravkem Silvamix Forte, což je pomalu rozpustné hnojivo

s obsahem prvků živin NPK (MgO). Jednotlivé prvky hnojiva byly zastoupené v množství: dusík 17,5 % (z toho 60 % v pomalu rozpustné formě), fosfor 17,5 %, draslík 10,5 % a oxid hořečnatý se zastoupením 9 %. Dávka hnojiva k jednomu stromku byla v třech tabletách po 10 g.

Třetí variantou byly poloodrostky Silvamix Forte + P. Hnojivo Silvamix Forte bylo aplikováno stejně jako v předchozí variantě. Navíc zde bylo přidáno hnojivo Fosmag MK, obsahující vápník a hořčík, v množství 30 g ke každému stromku.

### 3.3.2. Druhá část výsadby

Druhá část výsadby proběhla 17. –20. 11. 2009. Sázel se pouze materiál od Ing. Pavla Burdy do volných pruhů mezi stromky vysazené v předchozím roce. Vysazovaly se opět prostokořenné poloodrostky s totožným pěstebním vzorcem, jako měla první část výsadby. Výškově byla výsadba vyspělejší než v první etapě. Výšky dosahovaly od 120 do 180 cm, s tloušťkou v oblasti kořenového krčku 12 cm. Celkem se zasadilo 315 kusů. Vzhledem počáteční výšce byly výsadby doplněny o stabilizaci v podobě dubových a modřínových kúlů o rozměrech 4x4x180 cm.

Přihnojení ve druhé části výsadby se omezilo na odrostky a proběhlo 11. 5. 2010 za rozdělení výsadby do dvou variant.

- První varianta byla kontrolní, zcela bez hnojiva.
- Do druhé se k odrostkům přidalo hnojivo Fosmag MK v dávce 50 g.

Výsadba byla částečně ovlivněna nehomogenními stanovištními podmínky, kdy část výsadby se nacházela na zamokřeném stanovišti, kde byl zaznamenán výraznější úhyn vysazených jedinců. Ve zbytku plochy byl úhyn minimální. V některých částech výzkumné plochy ovlivňovaly výsadbu břízy, předchozí výsadby smrku pichlavého, borovice kleče a pozůstatky smrku ztepilého.

### 3.4. Rozložení variant hnojení

Řada	XLVI	XLV	XLIII	XLII	XL	XXXIX	XXXVII	XXXVI	XXXIV	XXXIII	XXXI	XXX	XXVIII	XXVII	XXV	XXIV	XXII	XXI	XX	XIX	XVIII	XVI	XV	XIII	XII	X	IX	VII	VI	IV	III	I	0									
VARIANTY	P	O	O	O	P	O	O	O	P	O	O	O	P	O	O	O	P	O	O	O	P	O	O	O	P	O	O	O	P	O	O	O	P	O	O	O						
HNOJENÍ	LD	DD	DD	DD	LD	DD	DD	DD	LD	DD	DD	DD	LD	DD	DD	DD	LD	DD	DD	DD	LD	DD	DD	DD	LD	DD	DD	DD	LD	DD	DD	DD	LD	DD	DD	DD						
	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR					
	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS	OS				
	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST				
	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK			
	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT	KT		
	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK	YK		
	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY	SY		
	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	YF	
	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	IS	
	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	KY	
	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	OL	
	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	
	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	VO	
	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	
	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM
	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	
	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX	OX
	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	LR	
	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX
	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA	LA
	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK	FK
	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FA	
	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR
	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP	EP

Obrázek 2 - Schéma rozmístění variant

Schéma znázorňuje rozložení variant hnojení na výzkumné ploše. Pohled je situovaný z panelové cesty. Vpravo je zájmové území sousedící s celní cestou, vlevo se nachází roztroušené porosty zeleně. Nad oplocenou plochu pozvolna navazuje smrkový porost Středního Jizerského hřebene.

### 3.5. Získávání pedochemických podkladů a jejich analýza

V roce 2016 proběhl odběr vzorků půdy z vybraných hnojených a kontrolních variant výsadeb břízy pýřité. Sběr vzorků probíhal pomocí sondýrky o průměru 35 mm. Půdní materiál se získal z půdy v těsné blízkosti vzorníků v hloubce 20 cm. Každý vzorek byl tvořen ze 4 vpichů sondýrky. Získaná půda se rozdělala do dvou částí na humusový a minerální horizont. Konečný počet podkladů pro chemickou analýzu byl 6 vzorků minerálního a 6 humusového horizontu.

Vzorky byly odeslány do zkušební laboratoři Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. Zde prošly přípravnou částí homogenizace a následovala samotná chemická analýza prvků v půdních částech. Analyzování proběhlo za pomoci postupů evropského monitoringu lesa ICP. Vycházejícího z metodiky podle Cools and De Vos, 2010.

Laboratorní výsledky prošly statistickou analýzou v programu Statistica 12. Nulovou hypotézu tvořila podobnost obsahu prvků jednotlivých variant hnojení a kontrolní skupiny.

### **3.6. Získávání dat z terénních podkladů**

Prvním krokem byl sběr obecných dendrometrických dat (výška, tloušťka kořenového krčku) u všech jedinců z výsadby. Měření proběhlo koncem léta 2020. Náhodně byly vybrány vzorníkové stromy. Z výběru byli předem odstraněni defektní jedinci, tak aby výběr co nejlépe reprezentoval charakter jedinců ve výsadbě. Pro výběr vzorníků byla použita pouze první část výsadby, přihnojená 14. 5. 2009, ze které bylo odebráno 6 vzorníků z každé varianty. Vzorníky se na místě následně rozdělily na jednotlivé části (kmínek a větve s listím) pro další laboratorní analýzu.

Stromky byly pokáceny a rozřezány na části pomocí ruční pily a nůžek. Z kmínku byly odříznuty či odstřiženy větve. Kmínek byl odříznut v místě, kde dosahoval tloušťky 2 cm, přičemž vršek byl přirazen větvím. Kořenový systém nebyl analyzován, resp. byl ponechán v půdě. Odběr vzorníků proběhl v polovině září 2020.

Větve s listím a vrškem se uložily do plastového pytle. Vzorky se důkladně popsaly, aby nedošlo k záměně nebo ztrátě vzorku. Vzorky byly následně rozděleny do skupin podle čísel z výsadby.

Skupinou číslo jedna byly větve a části kmene s tloušťkou menší než 2 cm. Ty se společně s listy uschovaly a odvezly na další zpracování do laboratoře. Menší procento (cca 1/3) asimilačních orgánů se vlivem

ročního období v průběhu manipulace oddělilo od větví samovolně a zůstalo na ploše. V laboratoři se po částečném vyschnutí následně listy separovaly od větví a větve se během procesu krátily na drobné části.

Druhou skupinou vzorků byla kmenová část, jež se pro snadnější manipulaci rozdělila do stejně velkých sekcí. Jednotlivé sekce kmene z jednoho vzorku se svázaly k sobě a pečlivě označily.

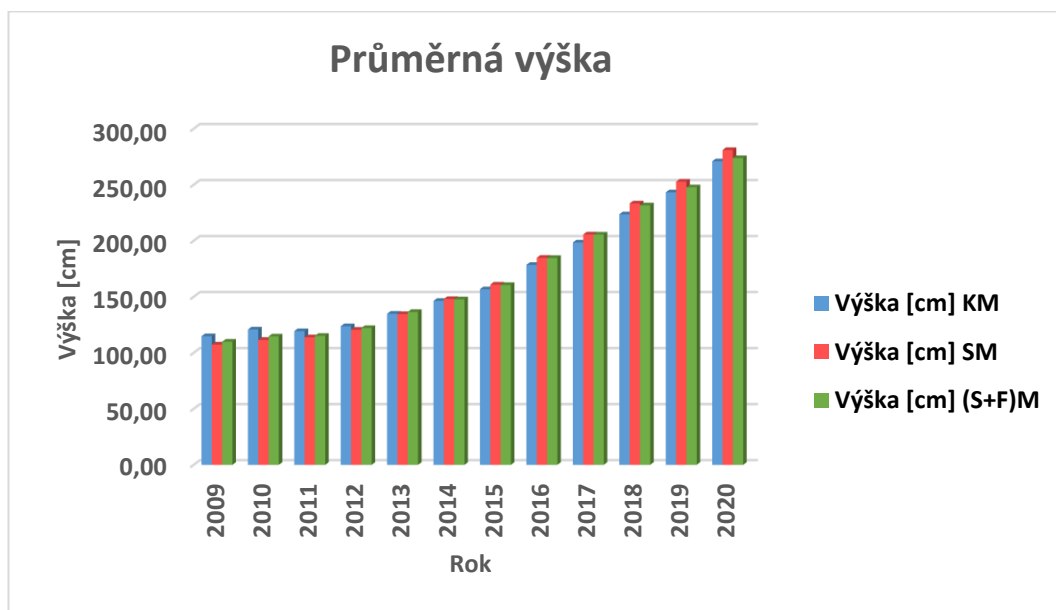
Kmínky se rovněž převezly do laboratoře za účelem dalšího zpracování. Následovalo loupání kůry ze dřeva. Kmen byl ještě v nevyschlém stavu odkorněn a opět popsán za účelem identifikace. Sloupaná kůra se ukládala do papírových krabic k volnému vyschnutí pro další zpracování v laboratoři. Jednotlivé frakce umístěny do sušárny a po vysušení zváženy. Tím byla zjištěna biomasa (sušina) pro jednotlivé frakce rostlinného materiálu (tj. větve, kmen, kůra kmínku a listí).

Celý výsledek u všech analýz mohl být částečně zkreslen nemožností oddělit přesně složku kůry od dřeva, ponecháním opadaných listů v terénu a manipulací s materiálem při přepravě během zpracování. Tyto vlivy byly shledány jako nepodstatné a budou zanedbány.

## 4. Výsledky a diskuze

### 4.1. Průměrné hodnoty morfologické veličiny

Průměrná výška dřevin zkoumaných variant zaznamenaná od roku 2009 do 2020 je znázorněna na grafu 3.



Graf 3 - Průměrná výška dřevin

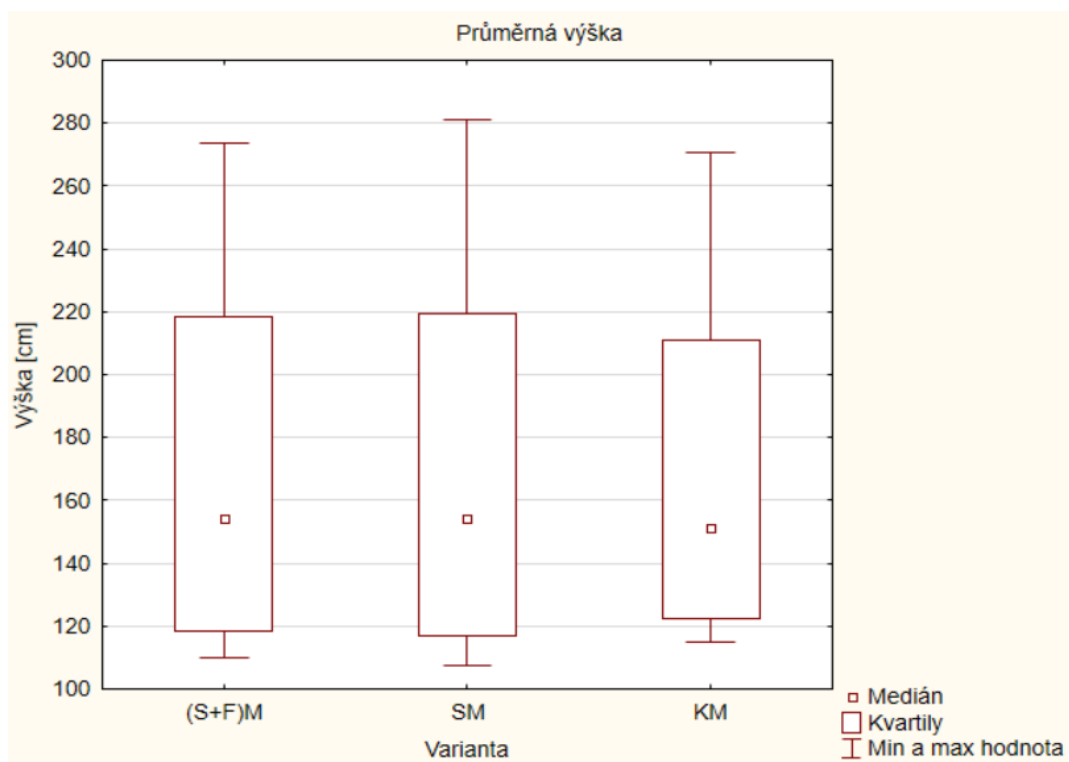
Graf znázorňuje průměrné výšky stromků v jednotlivých variantách, na kterém lze pozorovat průběžnou změnu mezi růstem kontrolní varianty a hnojené varianty

V roce 2011 měla kontrolní varianta viditelný pokles hodnot výšky oproti předchozímu roku. Výsledek se již neopakoval u žádné jiné řady v průběhu měření. Jako možnou příčinu jevu lze uvažovat vlivy počasí. V roce 2011 bylo zaznamenáno výrazné snížení úhrnu srážek. Oproti předchozímu roku činí pokles 283 mm. Zároveň došlo ke zvětšení průměrné roční odchylky teplot od normálu z 0,3 na 1,6 °C (ČHMÚ 2021). Podílet se na tomto jevu mohla i problematika výskytu mrazových stresů na dané lokalitě. Rozhodující příčinou poklesu průměrné výšky však bylo mechanické poškození vrcholů stromů během zimy 2010/11, která zde



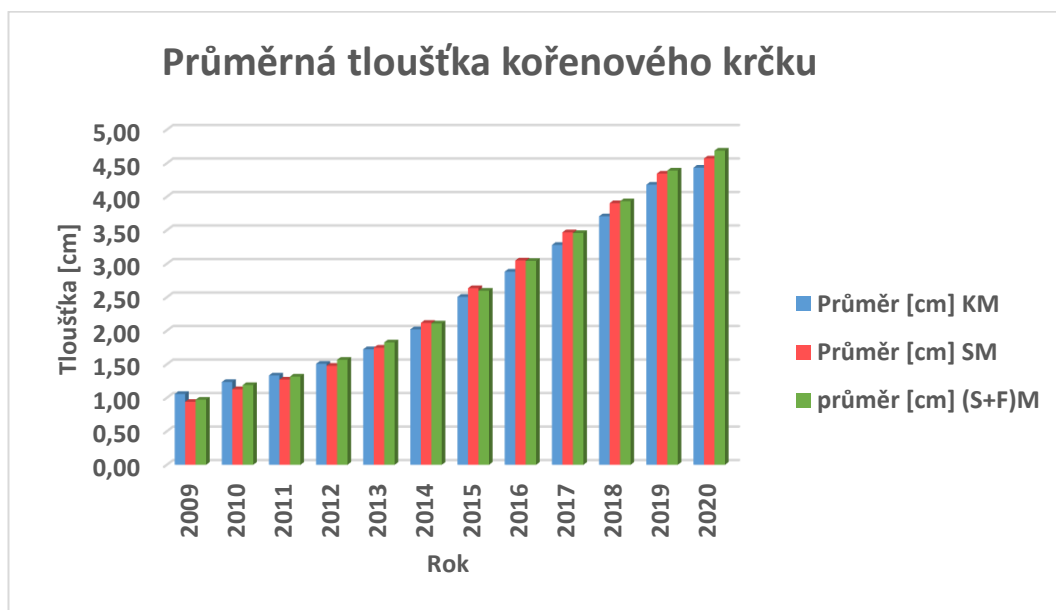
byla velmi bohatá na snůh. Mechanické poškození terminálů však většinou neznamenalo snížení vitality stromků.

Pro lepší vizualizaci výsledků je uveden krabicový graf.



Graf 4 - Průměrné výšky variant od výsadby do roku 2020

Průměrná tloušťka kořenového krčku zkoumaných variant hnojení za období 2009–2020 je uvedena na grafu 5.



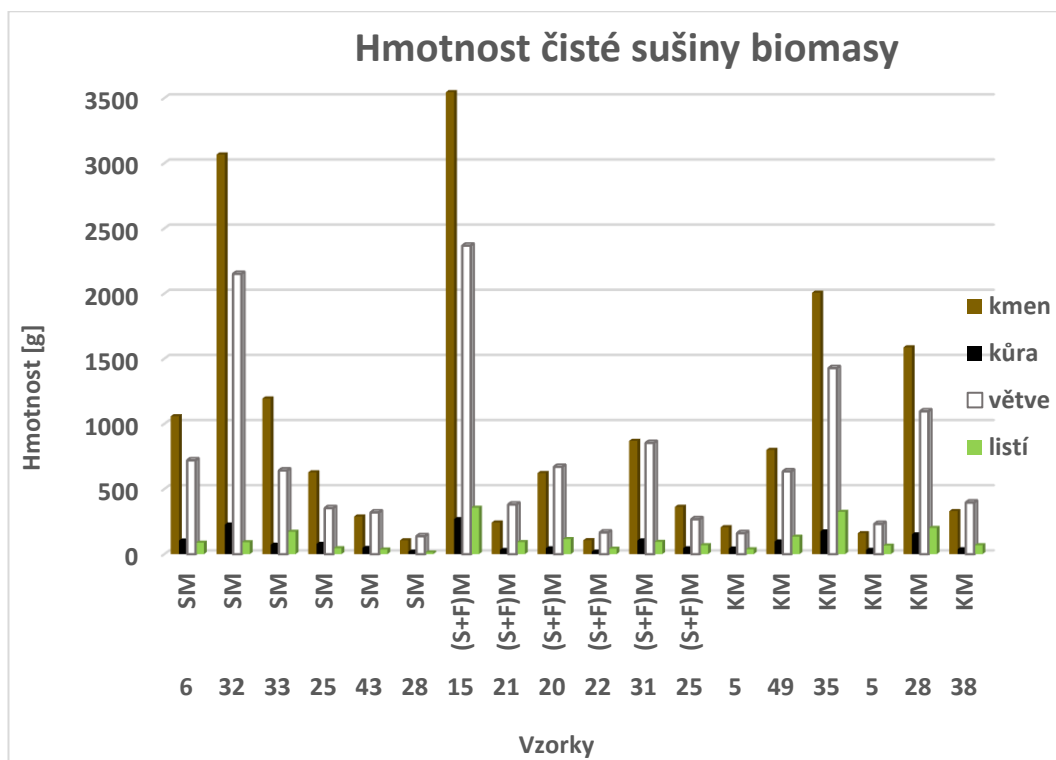
Graf 5 - Průměrná tl. kořen. krčku variant

Uvedený graf znázorňuje vývoj průměrné tloušťky kořenového krčku jednotlivých variant během jednotlivých let.

Pořadí průměrných hodnot tloušťky kořenového krčku je shodné do roku 2012, kdy nejvyšší hodnotu má kontrolní varianta. Mezi lety 2012 a 2014 jsou hodnoty pro jednotlivé varianty vyrovnané, později kontrolní varianta postupně ztrácí a hnojené varianty dosahují vyšších hodnot.

Hmotnost biomasy je závislá na velikosti měřeného jedince. Čím je vzorek větší, tím má větší zásobu celkové biomasy.

## 4.2. Biomasa vzorků

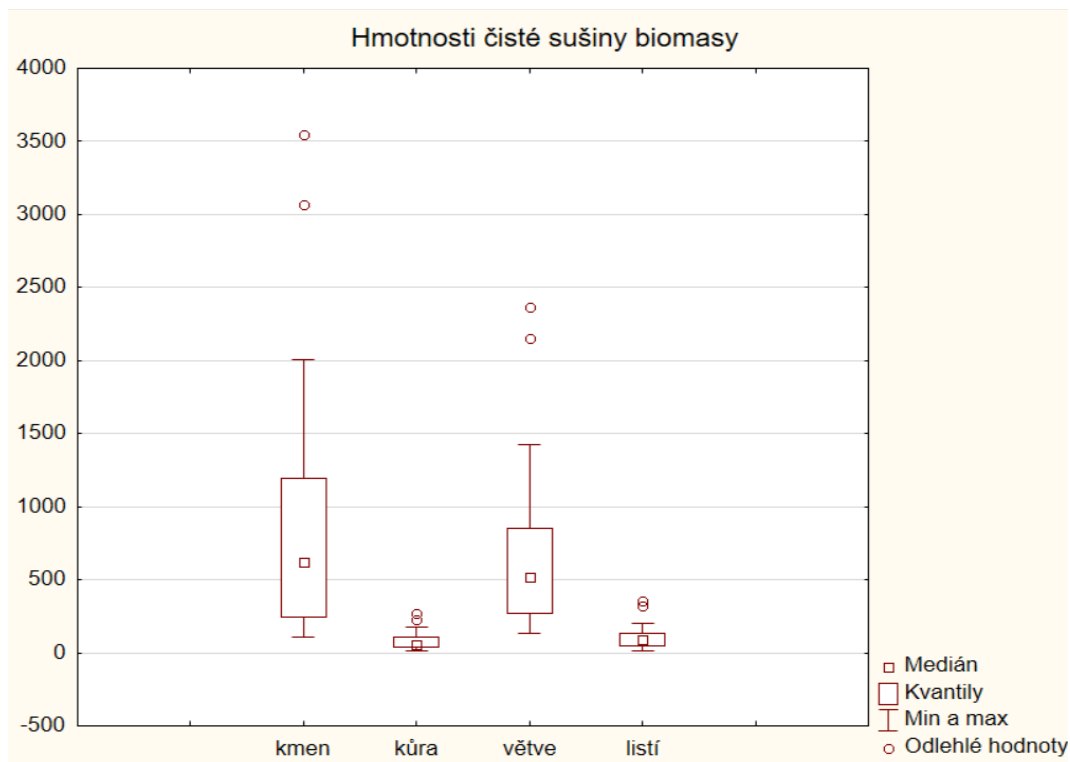


Graf 6 - Hmotnost čisté sušiny biomasy

Graf znázorňuje velikost obsahu biomasy jednotlivých vzorků. Největší hmotnost sušiny čisté biomasy většinou zaujímá kmenová část dřeviny a na druhém místě je hmotnost větví. V některých případech (u menších jedinců) má nejvyšší hmotnost frakce větví, což bylo způsobeno menším vzrůstem kmene stromu v poměru k objemu větví.

U většiny vzorníků mají listy větší hmotnost než kůra. Naopak kůra je těžší u sedmi případů z osmnácti, což mohlo být způsobeno větší velikostí kmene (a tím větším množstvím kůry), menším olistěním anebo i předčasným opadem listů před odběrem vzorníků (září).

Celkový přehled jednotlivých částí ze všech vzorníkových stromů bez rozlišení variant hnojení znázorňuje následující krabicový graf.



Graf 7 - Celková biomasa jednotlivých frakcí

Na krabicovém grafu jsou znázorněny celkové hmotnosti jednotlivých částí vzorníkových stromů. Patrná odlišnost jednotlivých částí dřevin. Největší hmotnosti dosahuje sušina biomasy dřeva kmene. Na druhém místě se nachází sušina biomasy větví. Hmotnost sušiny biomasy kůry kmínku a biomasa listí je téměř shodná.

Na základě grafů hmotnosti čisté sušiny biomasy jednotlivých variant je zřejmé, že data jsou částečně odlišná v jednotlivých variantách. Kruskal-Wallisův test prokázal, že domněnka je statisticky zamítnuta.

Tabulka 1 - Kruskal-Wallis test (hodnoty se stejnými indexy nevykazují statisticky průkazné rozdíly)

Část dřeviny	Varianta hnojení	Parametr	Hmotnost čisté biomasy sušiny (g)	Hodnota testovací Statistiky p
Kmen	KM	<b>Průměr</b>	<b>848 a</b>	<b>0,93</b>
		Směr. odch.	780	
	SM	<b>Průměr</b>	<b>1057 a</b>	
		Směr. odch.	1071	
	(S+F)M	<b>Průměr</b>	<b>958 a</b>	
		Směr. odch.	1296	
Kůra	KM	<b>Průměr</b>	<b>89 a</b>	<b>0,83</b>
		Směr. odch.	62	
	SM	<b>Průměr</b>	<b>91 a</b>	
		Směr. odch.	73	
	(S+F)M	<b>Průměr</b>	<b>85 a</b>	
		Směr. odch.	94	
Větve	KM	<b>Průměr</b>	<b>658 a</b>	<b>0,96</b>
		Směr. odch.	506	
	SM	<b>Průměr</b>	<b>721 a</b>	
		Směr. odch.	733	
	(S+F)M	<b>Průměr</b>	<b>785 a</b>	
		Směr. odch.	817	
Listí	KM	<b>Průměr</b>	<b>138 a</b>	<b>0,37</b>
		Směr. odch.	109	
	SM	<b>Průměr</b>	<b>74 a</b>	
		Směr. odch.	57	
	(S+F)M	<b>Průměr</b>	<b>128 a</b>	
		Směr. odch.	112	

Ze statistické analýzy vyplývá, že mezi jednotlivými variantami přihnojení nebyl zjištěn významný rozdíl ve hmotnosti biomasy v příslušných částech vzorníkových stromů. To odpovídá relativně malým celkovým rozdílům v průměrné výšce a tloušťce stromů mezi jednotlivými variantami.

Statistická významnost testů je rovněž ovlivněna nízkým počtem vzorníkových stromů (6 ks na variantu) a vysokým rozptylem hodnot. Počet vzorníkových stromů byl zvolen s ohledem na pracnost rozboru vzorníků a také s ohledem na minimalizaci zásahu do porostu.

### **4.3. Chemismus půdního prostředí**

Pro dokumentaci půdních podmínek jsou do diplomové práce zařazeny starší údaje hodnotící pedochemické charakteristiky humusového a minerálního horizontu na stanovišti. V tabulkách 2 a 3 jsou souhrnně uvedeny podrobné pedochemické údaje pro humusový, resp. minerální půdní horizont, včetně základního statistického zpracování.

Tabulka 2 - Pědochemické charakteristiky humusového horizontu na stanovišti Panelka na podzim 2016. Typ testovací statistiky (p) značí parametrickou ANOVU a (n) značí neparametrickou Kruskal-Wallisovu analýzu.

Humusový horizont						
varianta	typ testovací statistiky	hodnota testovací statistiky	parametr popisné statistiky	kontrola	silvamix	silvamix+fosmag
				KM	SM	(F+S) M
pH (H <sub>2</sub> O)	p	0,43	<b>průměr</b>	<b>4,5</b>	<b>4,52</b>	<b>4,61</b>
			sm. odch.	0,126	0,072	0,154
pH (KCl)	p	0,67	<b>průměr</b>	<b>3,67</b>	<b>3,64</b>	<b>3,69</b>
			sm. odch.	0,05	0,058	0,076
CEC mmol/kg sušiny	p	0,89	<b>průměr</b>	<b>97,2</b>	<b>106,4</b>	<b>104</b>
			sm. odch.	17,68	21,42	35,26
C <sub>tot</sub> mg/100 mg sušiny	p	0,45	<b>průměr</b>	<b>10,03</b>	<b>10,82</b>	<b>13,04</b>
			sm. odch.	2,851	3,818	5,946
N <sub>tot</sub> mg/100 mg sušiny	p	0,58	<b>průměr</b>	<b>0,623</b>	<b>0,652</b>	<b>0,779</b>
			sm. odch.	0,1825	0,2341	0,3645
S <sub>tot</sub> mg/kg sušiny	p	0,51	<b>průměr</b>	<b>855</b>	<b>933</b>	<b>1117</b>
			sm. odch.	272,7	387,9	497
P <sub>přístup.</sub> mg/kg sušiny	n	0,6	<b>průměr</b>	<b>10,99</b>	<b>19,14</b>	<b>36,34</b>
			sm. odch.	4,574	10,222	44,177
Ca mg/kg sušiny	n	0,42	<b>průměr</b>	<b>146,4</b>	<b>222,6</b>	<b>227,3</b>
			sm. odch.	56,04	145,28	111,22
K mg/kg sušiny	n	0,19	<b>průměr</b>	<b>84,3</b>	<b>116,2</b>	<b>162,3</b>
			sm. odch.	17,81	36,9	107,15
Mg mg/kg sušiny	n	0,19	<b>průměr</b>	<b>61,1</b>	<b>84,9</b>	<b>97,1</b>
			sm. odch.	9,35	42,36	56,23
Al mg/kg sušiny	p	0,08	<b>průměr</b>	<b>783</b>	<b>558</b>	<b>551</b>
			sm. odch.	113	129,2	192,6
Na mg/kg sušiny	p	0,71	<b>průměr</b>	<b>22,9</b>	<b>25,2</b>	<b>29,27</b>
			sm. odch.	6,371	7,323	14,616

Tabulka 3 - Pechochemické charakteristiky minerálního horizontu na stanovišti Panelka na podzim 2016. Typ testovací statistiky (p) značí parametrickou ANOVU a (n) značí neparametrickou Kruskal-Wallisovu analýzu.

Minerální horizont						
varianta	typ testovací statistiky	hodnota testovací statistiky	parametr popisné statistiky	kontrola	Silvamix	Silvamix+ Fosmag
pH (H <sub>2</sub> O)	p	0,48	<b>průměr</b>	<b>4,67</b>	<b>4,72</b>	<b>4,77</b>
			sm. odch.	0,156	0,06	0,171
pH (KCl)	p	0,59	<b>průměr</b>	<b>3,83</b>	<b>3,87</b>	<b>3,87</b>
			sm. odch.	0,077	0,063	0,136
CEC mmol/kg sušiny	p	0,65	<b>průměr</b>	<b>55,6</b>	<b>49,8</b>	<b>53</b>
			sm. odch.	7,89	6,45	16,37
C <sub>tot</sub> mg/100 mg sušiny	p	0,22	<b>průměr</b>	<b>5</b>	<b>3,37</b>	<b>4,3</b>
			sm. odch.	1,472	0,837	2,522
N <sub>tot</sub> mg/100 mg sušiny	p	0,22	<b>průměr</b>	<b>0,342</b>	<b>0,218</b>	<b>0,287</b>
			sm. odch.	0,108	0,0624	0,1707
S <sub>tot</sub> mg/kg sušiny	p	0,15	<b>průměr</b>	<b>456</b>	<b>241</b>	<b>364</b>
			sm. odch.	210,3	74,3	251,2
Ppřístup. mg/kg sušiny	n	0,32	<b>průměr</b>	<b>11,12</b>	<b>8,36</b>	<b>8,32</b>
			sm. odch.	3,226	4,945	3,133
Ca mg/kg sušiny	p	0,29	<b>průměr</b>	<b>57,6</b>	<b>66,3</b>	<b>90,5</b>
			sm. odch.	5,79	34,6	44,06
K mg/kg sušiny	p	0,24	<b>průměr</b>	<b>32,7</b>	<b>21,9</b>	<b>38,8</b>
			sm. odch.	13,45	6,04	22,83
Mg mg/kg sušiny	p	0,46	<b>průměr</b>	<b>23,1</b>	<b>19,2</b>	<b>31,4</b>
			sm. odch.	7,21	7,14	27,11
Al mg/kg sušiny	p	<b>0,01</b>	<b>průměr</b>	<b>471b</b>	<b>368ab</b>	<b>318a</b>
			sm. odch.	61,1	63,5	101,1
Na mg/kg sušiny	n	0,16	<b>průměr</b>	<b>10,9</b>	<b>8,65</b>	<b>12,16</b>
			sm. odch.	3,014	1,833	6,225

Statistická analýza výsledků chemických analýz půdy ze vzorků odebraných na podzim 2016 nenalezla průkazné rozdíly mezi variantami (kontrola, Silvamix, Silvamix + Fosmag a Fosmag) ve sledovaných pedochemických charakteristikách s výjimkou přístupného hliníku v minerálním horizontu, jehož koncentrace byla u přihnojené varianty poloodrostků Silvamix + Fosmag a u přihnojené varianty odrostků Fosmag MK průkazně nižší než na kontrole.



Minimální počet zjištěných statisticky významných rozdílů v chemismu půdy v závislosti na předchozí aplikaci hnojiv je zřejmě způsoben následujícími faktory: Omezeným množstvím vzorků, které bylo možné s ohledem na náklady odebrat (6 ks na jednu variantu a horizont); přirozená variabilita lesní půdy, a to i v rámci malé plochy; delší doba od aplikace hnojiv (8, resp. 9 vegetačních období).

Statistická analýza chemismu půdy sice až na výjimku (koncentrace přístupného Al v minerálním horizontu) nezaznamenala významné rozdíly mezi jednotlivými variantami přihnojení, ale údajů lze vysledovat některé rozdíly mezi přihnojenými variantami v porovnání s kontrolou.

Nejvíce patrné jsou následující rozdíly:

V humusovém horizontu u hnojených variant jsou výrazně vyšší koncentrace přístupného fosforu, než jaké jsou zaznamenány na kontrole. Přihnojení tedy zřejmě příznivě ovlivnilo dostupnost fosforu, který v daných podmínkách patří nedostatkovým živinám vzhledem k chemismu podložní horniny (Kuneš et al., 2007; Špulák, 2009; Kuneš et al., 2011). Naopak v minerálním horizontu se lepší přístupnost fosforu nepotvrdila, dokonce je mírně nižší (zřejmě dáno přirozenou variabilitou půdního prostředí).

U přihnojených variant byly zaznamenány výrazně příznivější hodnoty obsahu přístupného draslíku (K) a vápníku (Ca) v humusovém horizontu. V případě varianty s kombinovanou aplikací hnojiva Fosmag a Silvamix (varianta /S+F/M) se projevilo mírné zvýšení koncentrace hořčíku (Mg). Všechny varianty přihnojení měly za následek snížení koncentrace hliníkových iontů ( $Al^{3+}$ ), které jsou toxické pro kořeny, a to jak v humusovém, tak i v minerálním horizontu.

Aplikace přihnojení dále neměla negativní vliv na dynamiku půdní organické hmoty, resp. obsah půdního uhlíku a dusíku. To znamená, že nedochází ke zvýšenému vyplavování dusíkatých látek a organické hmoty

z nadložního humusu do minerálních horizontů. V důsledku přihnojení tedy neprobíhá intenzivnější mineralizace organické hmoty.

V hodnotách aktivní (pH H<sub>2</sub>O) a výměnné půdní reakce (pH KCl) nebyly v roce 2016 zaznamenány mezi jednotlivými variantami významné rozdíly, související s neutralizačním účinkem aplikovaných hnojiv. Reakce půdy na sledovaném stanovišti odpovídá přechodu mezi silně a středně kyselými substráty.

Dalším zjištěním je, že bodové přihnojení nemělo negativní vliv na půdní prostředí. Mírně podpořilo přírůst a zlepšilo dostupnost některých živin v půdě, zejména fosforu, který je na daném stanovišti limitující prvek, jak zjistila např. studie Kuneš et al. (2011). „*Množství fosforu v sušině jehličí smrku ztepilého se u tří lokalit z pěti pohybuje na hodnotách jen o málo vyšších, než je hranice deficitu. Jedná se o lokality U Smědavské cesty (0,104 %), Jelenka (0,109 %) a U Panelové cesty (0,113 %). Nejvyšší koncentrace fosforu je na lokalitě Pod Černým vrchem (0,150 %).*“

Celkově lze konstatovat, že přihnojení podle jednotlivých variant nemělo ve sledovaných parametrech zásadní vliv na půdní prostředí, naopak výsledky naznačují jisté příznivé (i když statisticky neprůkazné) rozdíly v obsahu živinových prvků na přihojených variantách.

#### **4.4. Biomasa a obsah živinových prvků ve vzornících**

Vzhledem k tomu, že v době kompletace diplomové práce ještě nebyly k dispozici výsledky z analýzy chemického složení jednotlivých částí vzorníkových stromů, zpracovávané v externí laboratoři, byly pro odhad množství živin ve vzorníkových stromech a potažmo na ploše porostu použity výsledky předchozí srovnatelné studie, která byla provedena na této výzkumné ploše. Protože až na jednu výjimku (obsah N v listech) nebyly shledány významné rozdíly (mnohonásobné porovnání pomocí Tukeyho testu po analýze rozptylu Kruskal-Wallisovým testem) v obsahu živinových prvků mezi jednotlivými variantami přihnojení, je pro odhad

množství prvků použita průměrná hodnota (vypočteno z variant KM, SM, /S+F/M).

Tabulka 4 - Průměrný obsah živinových prvků (v g/kg, tj. promile) v jednotlivých frakcích vzorníkových stromů břízy pýřité (karpatské) na lokalitě Panelka (data z roku 2016).

<b>Část</b>	<b>N (g/kg)</b>	<b>P (g/kg)</b>	<b>K (g/kg)</b>	<b>Ca (g/kg)</b>	<b>Mg (g/kg)</b>	<b>S (g/kg)</b>
<b>listy</b>	19,5	2,7	5,1	6,9	3,6	1,2
<b>větve</b>	7,9	0,9	2,6	2,5	0,8	0,7
<b>kmen</b>	2,7	0,3	0,9	0,5	0,3	0,9
<b>kůra</b>	6,7	0,6	2	4,1	0,6	0,8

Dosavadní zásoba z průměrných hmotností čisté sušiny biomasy porovnávaných řad vzorníků na výzkumné ploše již v tom stadiu dosahují cca 3,3 t/ha (resp. 1,8 t na plochu s výměrou 5300 m<sup>2</sup>). Zásoby jednotlivých prvků v biomase jsou uvedeny v tabulce 5. Každoročním opadem vrátí 12letý porost břízy karpatské do půdy (v přepočtu na 1 ha) cca 3,9 kg N, 0,5 kg P, 1,4 kg Ca a 0,7 kg Mg. V reálu budou uvedené hodnoty ještě cca o 20–30 % vyšší, neboť v době odběru vzorníků (polovina září) byla již část listů opadaná.

Tabulka 6 udává procentuální podíly obsahu živinových prvků v jednotlivých částech stromů. V biomase kmene s kůrou je akumulována necelá 1/3 jednotlivých živinových prvků (s výjimkou síry), a to i přes výrazně nadpoloviční podíl hmotnosti sušiny.

V následujících letech lze očekávat dynamický přírůst, a tím i rychlé zvyšování zásob biomasy, potažmo akumulovaných živin, které se budou postupně navracet zpět do půdy.

Tabulka 5 - Obsah prvků v biomase na ha

<b>Obsah živin na ha</b>						
<b>Části stromu</b>	<b>Kmen</b>	<b>Kůra</b>	<b>Větve</b>	<b>Listí</b>	<b>Celkem</b>	
<b>Průměrná hmotnost sušiny vzorníku (kg)</b>	0,95	0,09	0,72	0,11	1,88	
<b>Průměrná hmotnost frakcí (%)</b>	51	5	38	6	100	
<b>Celková sušina (kg/ha)</b>	1674	159	1269	194	3313	
<b>Zásoba živin</b>	N (g/vzorník)	2,6	0,6	5,7	2,2	11,1
	<b>N (kg/ha)</b>	<b>4,6</b>	<b>1,1</b>	<b>10</b>	<b>3,9</b>	<b>19,6</b>
	P (g/vzorník)	0,3	0,1	0,6	0,3	1,3
	<b>P (kg/ha)</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>1,1</b>	<b>0,5</b>	<b>2,3</b>
	K (g/vzorník)	0,9	0,2	1,9	0,6	3,5
	<b>K (kg/ha)</b>	<b>1,6</b>	<b>0,4</b>	<b>3,3</b>	<b>1,1</b>	<b>6,2</b>
	Ca (g/vzorník)	0,5	0,4	1,8	0,8	3,4
	<b>Ca (kg/ha)</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>3,2</b>	<b>1,4</b>	<b>6</b>
	Mg (g/vzorník)	0,3	0,1	0,6	0,4	1,3
	<b>Mg (kg/ha)</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>2,3</b>
	S (g/vzorník)	0,9	0,1	0,5	0,1	1,6
	<b>S (kg/ha)</b>	<b>1,6</b>	<b>0,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,2</b>	<b>2,8</b>
<b>Počet jedinců na ploše (všechny varianty)</b>					934	
<b>Výměra plochy (ha)</b>					0,53	
<b>Počet stromů na 1 ha</b>					1762	

Tabulka 6 - Relativní obsah prvků v biomase (v %)

Relativní obsah prvků v biomase						
Části stromu	Kmen	Kůra	Větve	Listí	Kmen + kůra	Větve + listí
<b>N</b>	23	5	51	20	28	71
<b>P</b>	23	8	46	23	31	69
<b>K</b>	26	6	54	17	32	71
<b>Ca</b>	15	12	53	24	27	77
<b>Mg</b>	23	8	46	31	31	77
<b>S</b>	56	6	31	6	62	37

Bříza pýřitá (populace „carpatica“) reagovala na přihnojení pomalu rozpustnými hnojivy jen velmi mírně, nikoli však negativně, jak bylo zaznamenáno v nedaleké výsadbě břízy karpatské na přilehlém hřebenu (Balcar 2001). Výstupy naznačují, že bříza pýřitá by mohla být velmi efektivní při akvizici půdního fosforu, který by pak mohla dodávat do nadložního humusu stanoviště a zpřístupňovat jej tak ostatním složkám ekosystému. Příčinou je relativně vysoký obsah fosforu v listech, výrazně vyšší než např. u smrku v okolních porostech (Kuneš et al. 2011). Podobně vysoký obsah fosforu byl zjištěn u olše šedé, která je rovněž považována za dřevinu účinně obnovující koloběh živin (Kuneš et al. 2009). Naopak limitujícím faktorem ve výživě bříz na stanovišti Panelka II se zdá být dusík a draslík. Koncentrace síry v sušině indikuje přetrvávající zatížení tímto prvkem.

Bříza pýřitá vykazuje na daném stanovišti relativně příznivý růst. Zjištěné údaje lze porovnat se starší výsadbou stejného druhu v nedalekém hřebenovém stanovišti (Balcar et al. 2010, 151 s.), která ve 14 letech dosáhla průměrné výšky 244–253 cm. Naproti tomu předmětná výsadba v údolní lokalitě Panelka dosahuje srovnatelných dimenzí již cca v 11 letech. Údaje mohou být částečně zkresleny odlišnou charakteristikou použitého sadebního materiálu. Zatímco výsadba v lokalitě Panelka byla založena pomocí vyspělejšího sadebního materiálu (poloodrostků),

v případě výsadby na hřebenu byly použity standardní sazenice. Zároveň se mohla projevit odlišnost klimatických charakteristik, kdy hřebenová výsadba byla zřejmě více poškozována tlakem sněhu a námrazy.

Pro další srovnání s břízou pýřitou byla vybrána dominantní dřevina Jizerských hor – smrk ztepilý, který je charakteristickou dřevinou horských poloh, zatímco bříza se využívá jako melioračně zpevňující dřevina pro tamní podmínky. Na základě vyhodnocení terénních dat můžeme posoudit hmotnost čisté sušiny biomasy břízy s totožným parametrem u smrku ztepilého v porostu na nedalekém svahu, jak uvádí studie Kuneš et al. (2013). Z porovnání hodnot hmotnosti biomasy smrku a břízy vyplývá, že biomasa břízy je téměř u všech variant nižší. Rozdíly v kmenové části se pohybují okolo 2 %, což je zanedbatelné. Výrazné odlišnosti se vyskytují v porovnání dalších částí. Biomasa větví se u břízy pohybuje v průměru o 34 % níže oproti smrku ztepilému. Nejzřetelnější rozdíly jsou v poměru kůry a asimilačních orgánů. Hmotnost kůry smrku byla 2x vyšší než průměrná hmotnost kůry břízy pýřité. U asimilačních orgánů je rozdíl ve prospěch smrku ztepilého cca 10násobný oproti u břízy pýřité. Při porovnání však musíme zohlednit rozdílný věk dřevin – smrk je starší o 4 roky a zároveň se vysazoval o 2 roky vyspělejší sadební materiál. Výraznou roli také hraje neopadavé jehličí u smrku, které na stromě vytváří několik let, než postupně opadá.

Nejvyšší koncentrace živin obsahují listy bříz, naopak nejnižší koncentrace byly zjištěny v kmenech, což odpovídá běžnému rozložení živin i u jiných druhů. V případě budoucích výchovných zásahů je velmi žádoucí ponechávat maximální množství biomasy stromů na stanovišti.

Hmotnost biomasy břízy v závislosti na jednotlivých variantách se od sebe významně nelišily. Nejvyšší hodnoty hmotnosti biomasy (i když neprůkazně) měla u většiny frakcí varianta s přidáním hnojiva Silvamix Forte (SM). Vzhledem k minimálnímu rozdílu koncentrace živinových prvků, jak vyplývá ze starších dat, se akumulace živinových látek mezi jednotlivými variantami rovněž neliší. K tomu přispívá i fakt, že varianta

SM měla největší zásoby dřeva kmene, které má výrazně nižší koncentraci živinových látek než listy a kůra.

Rozložení obsahu živinových prvků v mladém porostu břízy karpatské se rámcově shoduje s obsahem živin ve vzorníkových stromech borovice lesní v mytním věku, jak vyplývá se studie Bílek et al. (2016). Podobně jako u bříz mají i borovice nejvyšší „*koncentrace živinových prvků především v kůře (Ca, Mg) a v asimilačním aparátu (K, P, N, S)*“.

Rozložení živinových prvků v částech stromů odpovídá i starším publikovaným údajům (Materna 1963; Lyr et al. 1974). Materna 1963 a Lyr 1974 ve svém výzkumu porovnávali obsah biomasy listnatých a jehličnatých dřevin. Výsledky obou autorů se rámcově shodují. Dospěli k závěru, že v listnatých dřevinách převažuje obsah živin v biomase stromů v řádech stovek až tisíců g/kg v závislosti na prvku. Výjimku tvoří obsah živin v kůře dřeviny, kde jehličnany převyšují listnáče téměř ve všech prvcích.

Ze srovnání řady literárních poznatků vyplývá, že rozložení živinových prvků v jednotlivých částech stromu je rámcově podobné, a to i přes odlišné druhy dřevin v různých věkových stádiích a v rozdílných lokalitách.

S ohledem na získaná data lze konstatovat, že bříza pýřitá má dobré morfologické vlastnosti, což má pozitivní vliv na tvorbu a akumulaci biomasy.

## 5. Závěr

Cílem závěrečné práce bylo posoudit schopnost břízy pýřité tvořit a akumulovat biomasu na horských stanovištích, konkrétně v lokalitě Jizerka.

Bříza pýřitá je pionýrská dřevina vhodná pro výsadbu na horská stanoviště. Patří mezi odolné dřeviny, avšak s vysokými nároky na přístup světla. S ohledem na získaná data lze konstatovat, že bříza pýřitá je vhodná dřevina do horských oblastí s výskytem degradovaných půd. Svým opadem obohacuje půdní prostředí a zlepšuje pH půdy.

Přihnojení mírně (statisticky neprůkazně) přispělo ke zvýšení přírůstu. Rovněž po přihnojení je patrný příznivý (i když opět většinou statisticky neprůkazný) vliv na chemismus půdního prostředí. Porost břízy dokázal ve věku 12 let akumulovat celkem cca 3,3 t sušiny biomasy na hektar. To představuje 20 kg N, 2,3 kg P, 6,2 kg K, 6 kg Ca, 2,3 kg Mg a 2,8 kg S na hektar.

Z výsledku práce lze předpokládat, že bříza pýřitá představuje vhodný druh pro zalesňování degradovaných horských stanovišť. Může být využita jako přípravná či melioračně zpevňující dřevina, případně v extrémních lokalitách i jako cílový druh.



## Seznam použité literatury:

ARMSON, Ken. *Forest soil: Properties and processes*. 1. vyd. Toronto: University of Toronto Press, 1977. 407 p. ISBN 978-1-4426-5633-8.

BAAS, Pieter. *Wood Structure in Plant Biology and Ecology*. 1. vyd. Leiden: BRILL, 2013. 185 p. ISBN 978-90-04-26559-2.

BALCAR, Vratislav et al. Prosperita pionýrských listnatých dřevin a smrku v horských podmínkách. *Lesnická práce* [online]. 2010, no. 3 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z WWW:

<[https://www.vulhm.cz/zlv\\_online\\_detail/prosperita-pionyrskych-listnatych-drevin-a-smrku-v-horskych-podminkach/](https://www.vulhm.cz/zlv_online_detail/prosperita-pionyrskych-listnatych-drevin-a-smrku-v-horskych-podminkach/)>. ISSN 0322-9688.

BALCAR, Vratislav. Some experience of European birch (*Betula pendula* ROTH) and Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) planted on the ridge part of the Jizerské Mts. *Journal of Forest Science* [online]. 2001, Vol. 47, Special Issue, [cit. 2021-03-30]. s. 150–155. ISSN 1212-4834.

BEERLING, D., J. and WOODWARD, F., I. *Vegetation and the Terrestrial Carbon Cycle: The First 400 Million Years*. 1. vyd. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 395 p. ISBN 978-052180196-6.

BÍLEK, Lukáš et al. Množství a distribuce nadzemní biomasy borovice lesní v oblasti přirozených borů. *Lesnická práce* [online]. 2016, no. 2, 108 – 114 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z WWW:

<[https://www.vulhm.cz/zlv\\_online\\_detail/mnozstvi-a-distribuce-nadzemni-biomasy-borovice-lesni-v-oblasti-prirozenych-boru/](https://www.vulhm.cz/zlv_online_detail/mnozstvi-a-distribuce-nadzemni-biomasy-borovice-lesni-v-oblasti-prirozenych-boru/)>. ISSN 0322-9688.

BOLIN, Bert. The Carbon cycle. *Scientific American* [online]. 1970, vol. 223, no. 3 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z WWW:

<<https://www.jstor.org/stable/24925898>>.

BRTNICKÝ, Martin. *Degradace půdy v České republice*. Brno: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2012, 91 s. ISBN 978-80-87361-20-7.

BRUNCLÍK, Oldřich et al. *Geologie a půdoznalství III a (geologie)*. 1 vyd. Praha: Vysoká škola zemědělská Praha v Čs. redakci VN MON, 1986, 127 s.

BURTON, P., J. et al. *Towards Sustainable Management of the Boreal Forest*. 1. vyd. Ottawa: NRC Research Press, 2003. 1046 p. ISBN 9780660187624.

BYSTRICKÝ, Roman et al. Oblastní plán rozvoje lesů: Přírodní lesní oblasti 21 – Jizerské hory a Ještěd. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 2020.

CECI, P. et al. *Forests and water: International momentum and action*. 1 vyd. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. 80 p. ISBN 978-92-5-107418-3.

CELJAK, I. Biomasa je nezbytná součást lidského života. *CZ Biom* [online]. 2008-12-22 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>>. ISSN 1801-2655.

CLOUD, Preston a GIBOR, Aharon. The Oxygen cycle. *Scientific American* [online]. 1970 vol 223, no 3. [cit. 2021-01-15]. Dostupné z WWW: <<https://www.jstor.org/stable/24925897>>.

COOLS, N. De Vos B. *Ampling and Analysis of Soil. Manual Part X. In, Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. 1. vyd. Eberswalde: UNECE ICP Forest, 2010. 99 p. ISBN: 978-3-926301-03-1.

CRAWLEY, M., J. *Natural Enemies: The Population Biology of Predators, Parasites and Diseases*. 1. vyd. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated, 1992. 592 p. ISBN 978-1-444-31406-9.

ČERNÝ, K. et al. Gemmamyces bud blight of Picea pungens: a sudden disease outbreak in Central Europe. *Plant Pathology* [online]. 2016, vol. 65, no. 8 [cit. 2020-07-06]. Dostupné z WWW:

<<https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ppa.12513>>.

DOI: <<https://doi.org/10.1111/ppa.12513>>.

ČERNÝ, T. et al. Význam intercepce v hydrologickém cyklu povodí pramenných oblastí. *Stavební obzor* [online]. 2014, [cit. 2020-09-09]. Dostupné z WWW:

<[http://www.civilengineeringjournal.eu/archive/issues/2014/so\\_5-6/so\\_56\\_14\\_cerny.pdf](http://www.civilengineeringjournal.eu/archive/issues/2014/so_5-6/so_56_14_cerny.pdf)>. ISSN 1210-4027.

Česko. Vláda. Zákon č. 289 ze dne 15. 12. 1995 o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). In *Sbírka zákonů České republiky*. 1995, částka 75, s. 3946-3984. Dostupné z WWW:

<<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?r=1995&cz=289>>. ISSN 1211-1244.

DELWICHE, C., C. The Nitrogen cycle. *Scientific American* [online]. 1970, vol. 223, no. 3 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z WWW:

<<https://www.jstor.org/stable/24925899?seq=1>>.

DURAIAPPAH, A., K. a NAEEM, S. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington: World Resources Institute 2005. 160 p. ISBN 1597260401.

EK, Monica; GELLERSTEDT, Göran a HENRIKSSON, Gunnar. *Wood Chemistry and Wood Biotechnology: Wood Chemistry and Wood Biotechnology*. 1. vyd. Berlin: De Gruyter, 2009. 320 p. ISBN 978-3-11-021339-3.

FALKOWSKI, Paul, G. a GODFREY, Linda, V. Electrons, life and the evolution of Earth's oxygen cycle. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. 2008, vol. 363, no. 1504 [cit. 2021-01-08]. Dostupné z WWW:

<<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2008.0058>>. ISSN 09628436

FROUZ, Jan a MOLDAN Bedřich. *Příležitosti a výzvy environmentálního výzkumu*. 1. vyd. Praha: Karolinum Press, 2015. 330 p. ISBN 978-80-246-2667-3.

FÜHRER, Erwin. *Forest functions, ecosystem stability and management*. *Forest Ecology and Management* [online]. 2000, vol. 132, no. 1 [cit. 2020-07-06]. Dostupné z WWW:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112700003777>>.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00377-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00377-7).

GALLO, Josef et al. Occurrence of frost episodes and their dynamics in height gradient above the ground in the Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science* [online]. 2014, vol. 60, no. 1 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z WWW:

<[https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?type=article&id=83\\_2013-JFS](https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?type=article&id=83_2013-JFS)> ISSN 1212-4834.

Geologická mapa 1 : 50 000. Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <<http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>>.

GOBSTER, Paul, H. Forest aesthetics, biodiversity, and the perceived appropriateness of ecosystem management practices. *USDA Forest Service - General Technical Report PNW* [online]. 1996, vol. 369 [cit. 2020-09-03]. Dostupné z WWW: <<https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/4866>>. ISSN 0887-4840.

GRANAT, L. et al. The Global Sulphur. *Ecological Bulletins* [online]. 1976, vol. 7, no. 22, [cit. 2021-01-09]. Dostupné z WWW:

<<https://www.jstor.org/stable/20112523?seq=1>>.

Historické záznamy počasí Českého hydrometeorologického ústavu z roku 2010 a 2011.

HOFMANN, David, J. et al. A new look at atmospheric carbon dioxide. *Atmospheric Environment* [online]. 2009, [cit. 2021-01-15]. Dostupné

z WWW:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231008011540>>.

ISSN 1352-2310.

HOUGHTON, R., A. Biomass. *Encyclopedia of Ecology* [online]. 2008, no. 1990 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z WWW:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080454054004626>>. DOI: [10.1016/B978-008045405-4.00462-6](https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00462-6).

HROUDA, Lubomír. *Rostliny naší přírody*. 1. vyd. Praha: Academia, 2018. 852 p. ISBN 978-80-200-2867-9.

HRUBAN, Robert et al. *Program trvale udržitelného hospodaření v lesích*. 1. vyd. Hradec Králové: Lesy České republiky, s. p., 2015. 71 p. ISBN 978-80-86945-27-9.

HRUŠKA, Jakub a CIENCIALA, Emil. *Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2001, 159 s. ISBN 80-7212-190-1.

HYNYNEN, J. et al. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in Northern Europe. *Forestry* [online]. 2010, vol. 83, no. 1 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z WWW:

<<https://academic.oup.com/forestry/article/83/1/103/546795>>. ISSN 0015-752X.

CHALOUPSKÝ, Josef et al. *Geologie Krkonoš a Jizerských hor*. 1. vyd. Praha: Československá akademie věd, 1987. 274 p.

CHEN, Chi et al. China and India lead in greening of the world through land-use management. *Nature Sustainability* [online]. 2019, vol. 2 [cit. 2020-09-08]. Dostupné z WWW: <<https://www.nature.com/articles/s41893-019-0220-7>>. DOI 10.1038/s41893-019-0220-7.

JANEČEK, Vladimír a EŠNEROVÁ, Jana. Borovice kleč. *lesnická práce* [online]. 2012 vol. 5 no. 12 [cit. 2021-01-22]. Dostupné z WWW:

<<http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-91-2012/lesnicka-prace-c-5-12/borovice-klec>>. ISSN 0322-9254.

JÄRVINEN, Pia et al. Phylogenetic relationships of *Betula* species (Betulaceae) based on nuclear ADH and chloroplast matK sequences. *American Journal of Botany* [online]. 2004, vol. 91, no. 11 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z WWW:

<<https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.3732/ajb.91.11.1834>>. ISSN 0002-9122.

KACÁLEK, Dušan et al. *Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin*. Jíloviště: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., 2017. 300 p. ISBN 978-80-7458-102-1.

KARPAŠ, Roman a HUŠEK, Jiří. *Jizerské hory 3: O lesích, dřevu a ochraně přírody*. 1. vydání. Liberec: RK, 2014. 520 s. ISBN 978-80-87100-26-4.

KAVKA, Bohumil a ŠINDELÁŘOVÁ, Jaroslava. *Funkce zeleně v životním prostředí*. 1. vyd. Praha: SZeN, 1978. 235 s. ISBN 07-009-78.

KOLAŘÍK, Jaroslav. *Oceňování dřevin rostoucích mimo les: [metodika]*. 1. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2009. 90 s. ISBN 978-80-87051-72-6.

KOVÁŘ, P. *Ekosystémová a krajinná ekologie*. 1. vyd. Praha: Karolinum Press, 2014. 169 p. ISBN 978-80-246-2788-5.

KREMER, Bruno, P. *Stromy: V Evropě zdomácnělé zavedené druhy*. 1. vydání. Praha: Knižní klub, 1995. 287 s. ISBN 80-7176-184-2.

KULHAVÝ, Zbyněk a SOUKUP, Mojmír. Zemědělské odvodnění a krajina. *Voda v krajině* [online]. 2010, [cit. 2021-01-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.cbks.cz/Sbornik10a/KulhavySoukup.pdf>>. ISBN 978-80-86690-79-7.

KUNEŠ, Ivan et al. Effects of fertilisation on biomass of Norway spruce on a harsh mountain site. *Journal of Forest Science* [online]. 2013, vol. 59, no. 1 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z WWW:

<<https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?volume=59&firstPage=8&type=publishedArticle>>. ISSN 1212-4834.

KUNEŠ, Ivan 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, vol. No. 10 [cit 2021-02-06]. Dostupné z WWW:

<<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0224387>>. ISSN 1932-6203.

KUNEŠ, Ivan et al. Stav výživy smrku ztepilého jako podklad pro zvážení potřeby přihnojení listnáčů a jedle vnášených do jehličnatých porostů. *Zprávy lesnického výzkumu* [online]. 2011, vol. 59, Special, 36-43 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z WWW:

<<https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/01/91.pdf>>. ISSN 0322-9688.

KUNEŠ, Ivan et al. Vliv jamkové a pomístné povrchové aplikace dolomitického vápence na množství a chemické složení biomasy smrku ztepilého v jizerských horách. *Zprávy lesnického výzkumu* [online]. 2007, vol. 52, no. 4 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z WWW:

<[https://www.vulhm.cz/zlv\\_online\\_detail/vliv-jamkove-a-pomistne-povrchove-aplikace-dolomitickeho-vapence-na-mnozstvi-a-chemicke-slozeni-biomasy-smrku-ztepileho-v-jizerskych-horach/](https://www.vulhm.cz/zlv_online_detail/vliv-jamkove-a-pomistne-povrchove-aplikace-dolomitickeho-vapence-na-mnozstvi-a-chemicke-slozeni-biomasy-smrku-ztepileho-v-jizerskych-horach/)>. ISSN 0322-9688.

LEWIS, Charles, A. *Green Nature/human Nature: The Meaning of Plants in Our Lives*. 1. vyd. Illinois: University of Illinois Press, 1996. 176 p. ISBN 0-252-06510-7.

LIESE, Walter a KÖHL, Michael. *Bamboo: The Plant and its Uses*. 1. vyd. New York City: Springer International Publishing, 2015. 347 p. ISBN 978-3-319-14133-6.

LIŠKA, Jan et al. *Zpravodaj ochrany lesa*. 1. vyd. Jíloviště: Lesní ochranná služba, 2020. 72 p. ISBN 978-80-7417-200-7.

LIU, Xiaoyue et al. Impact of anthropogenic activities on global land oxygen flux. *Earth System Science Data Discussions* [online]. 2019, vol. 30. [cit. 2021-01-08]. Dostupné z WWW:

<<https://essd.copernicus.org/preprints/essd-2019-36/>>. ISSN 1866-3508.

LOCKWOOD, M. et al. *Managing Protected Areas: A Global Guide*. 1. vyd. London: Earthscan, 2006. 840 p. ISBN 9781844073030.

LOUSTAU, Denis et al. *Forests, Carbon Cycle and Climate Change*. 1. vyd. Versailles: Quae, 2010. 537 p. ISBN 978-2-7592-0385-7.

LUKAC, Martin a GOLDBOLD, Douglas, L. *Soil Ecology in Northern Forests A Belowground View of a Changing World*. 1. vyd. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 274 p. ISBN 78-0-521-88679-6.

LYR, H.; POSTER, H. a FIEDLER H. J. 1. vyd. *Gehölzphysiologie*. Moskva: Lesnaja Promyšlenost, 1974. 421 s.

MARTINÍK, Antonín et al. Production and soil restoration effect of pioneer tree species in a region of allochthonous Norway spruce dieback. *Journal of Forest Science* [online]. 2017, vol. 63, no. 1, [cit. 2021-02-14]. Dostupné z WWW:

<<https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?volume=63&firstPage=34&type=publishedArticle>>. ISSN 1805-935X.

MATERNA, J. Hnojení lesních porostů. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1963. 227 s.

MERGANIČOVÁ, Katarína, et al. *Forest Ecosystems: More than Just tree*. 1. vyd. Rijeka: slntechOpen, 2012. ISBN 978-953-51-0202-1.

MÍCHAL, Igor. Lesní hospodář jako spolutvůrce krajiny. *Lesnická práce* [online]. 2002, vol. 10, no. 2 [cit. 2020-10-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-81->



[2002/lesnicka-prace-c-10-02/lesni-hospodar-jako-spolutvurce-krajiny](https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-82-2002/lesnicka-prace-c-10-02/lesni-hospodar-jako-spolutvurce-krajiny)>.

ISSN 0322-9254.

MORITA, E. et al. Psychological effects of forest environments on healthy adults: Shinrin-yoku (forest-air bathing, walking) as a possible method of stress reduction. *Public Health* [online]. 2007, vol. 121, no. 1 [cit. 2020-09-03]. Dostupné z WWW:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033350606001466>>.

ISSN 0033-3506.

MURRELL, T., Scott at al. *Improving Potassium Recommendations for Agricultural Crops*. 1. vyd. New York city: Springer International Publishing, 2021. 475 p. ISBN 978-3-030-59196-0.

MUSIL, Ivan a HAMERNÍK, Jan. *Jehličnaté dřeviny 1*. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003. 177 p. ISBN 80-213-0992-X.

MUSIL, Ivan a MÖLLEROVÁ, Jana. *Listnaté dřeviny (1)*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. 82 p. ISBN 80-213-1367-6.

NAVRÁTIL, Petr et al. *Včlenění mimodřevních funkcí lesa do hospodaření na lesním majetku*. [online]. Brandýs nad Labem: ÚHUL, 2015 [cit. 2020-07-13]. Dostupné z WWW:

<<http://www.uhul.cz/images/poradenstvi/metodiky/VMFLDHNLM.pdf>>.

PIERROU, U. The Global Phosphorus Cycle. *Ecological Bulletins* [online]. 1976, vol. 7 no. 22 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z WWW:

<<https://www.jstor.org/stable/20112522>>.

PODRÁZSKÝ, Vilém. Pěstování cenných listnatých dřevin. *Lesnická práce* [online]. 2003, vol. 82, no 01/03 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z WWW:

<<http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-82-2003/lesnicka-prace-c-01-03/pestovani-cennych-listnatych-drevin>>. ISSN

1212-8449.

PRETI, Federico. Forest protection and protection forest: Tree root degradation over hydrological shallow landslides triggeringl. *Ecological engineering* [online]. 2012, vol. 61, part C [cit. 2020-07-18]. Dostupné z WWW:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857412003503>>.

ISSN 0925-8574.

QUING, Li. Effect of forest bathing trips on human immune function. *Environmental Health and Preventive Medicine* [online]. 2010, vol. 15, no. 1 [cit. 2020-07-18]. Dostupné z WWW:

<<https://link.springer.com/article/10.1007/s12199-008-0068-3>>. ISSN

1342-078X.

CALAMA, Rafael et al. Modelling non-wood forest products in Europe: a review. *Forest Systems* [online]. 2010, vol. 3, no. 4 [cit. 2020-06-18]. Dostupné z WWW:

<<https://revistas.inia.es/index.php/fs/article/view/1929>>. ISSN 1131-7965.

SANDSTRÖM, Jennie et al. Impacts of dead wood manipulation on the biodiversity of temperate and boreal forests. *Journal of Applied Ecology* [online]. 2019, vol 56, no. 7 [cit 2021-01-03]. Dostupné z WWW:

<<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.13395>> ISSN 13652664.

SAN-MIGUEL-AYANZ, J. et al. *European Atlas of Forest Tree Species*. 1. vyd. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. 197 p. ISBN 978-92-79-36740-3.

SIEVERT, Stefan, M. et al. The Sulfur Cycle. *Oceanography* [online]. 2007, vol. 53 no. 9 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z WWW: <<https://www.jstor.org/stable/24860050>>. ISSN 1098-6596.

SIMON, Jaroslav a VACEK, Stanislav. *Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-131-9.

SLODIČÁK, M. et al. *Lesnické hospodaření v Jizerských horách*. 1. vydání. Hradec Králové: Lesy ČR s.p., 2005. 232 s. ISBN 80-86495-00-6.

SÖDERLUND, R. a SVENSSON, B. H. The Global Nitrogen Cycle. *Ecological Bulletins* [online]. 1976, vol. 7, No. 22 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z WWW: <<https://www.jstor.org/stable/20112521?seq=1>>.

ŠANTRŮČKOVÁ, Hana et al. *Ekologie půdy*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2018, 260 s. ISBN 978-80-7394-695-1.

ŠARAPATKA, Bořivoj. *Pedologie a ochrana půdy*. 1 vyd. Olomouc: Univerzita Palackého Olomouc, 2014. 232 p. ISBN 987-80-244-3736-1.

ŠIMEK, Miroslav et al. *Živá půda 1: Biologie půdy, Živá půda 2: Ekologie, využívání a degradace půdy*. 1. vyd. Praha: Academia, 2019. 796 s. ISBN 978-80-200-2976-8.

ŠINDELÁŘ, Jiří et al. Hodnocení proměnlivosti potomstev borovice lesní (pinus sylvestris l.) na základě geografických charakteristik lokalit jejich původu. *Zpráva lesnického výzkumu* [online]. 2007, vol. 52 no. 3 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z WWW:

<[https://www.vulhm.cz/zlv\\_online\\_detail/hodnoceni-promenlivosti-potomstev-borovice-lesni-pinus-sylvestris-l-na-zaklade-geografickych-charakteristik-lokalit-jejich-puvodu/](https://www.vulhm.cz/zlv_online_detail/hodnoceni-promenlivosti-potomstev-borovice-lesni-pinus-sylvestris-l-na-zaklade-geografickych-charakteristik-lokalit-jejich-puvodu/)>. ISSN 0322-9688.

ŠPULÁK, Ondřej. Produkční potenciál mladého porostu smrku pichlavého a akumulace živin v nadzemní biomase. *Zprávy lesnického výzkumu* [online]. 2009, no. 2 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z WWW: <[https://www.vulhm.cz/zlv\\_online\\_detail/produkcni-potencial-mladeho-porostu-smrku-pichlaveho-a-akumulace-zivin-v-nadzemni-biomase/](https://www.vulhm.cz/zlv_online_detail/produkcni-potencial-mladeho-porostu-smrku-pichlaveho-a-akumulace-zivin-v-nadzemni-biomase/)>. ISSN 0322-9688.

ŠTÍCHA, Václav. *Lesní hospodářství*. 2. vyd. Praha: ČZU, 2017. ISBN 978-80-213-2788-7.

Téma: Historie výzkumné plochy v osadě Jizerka. Informace poskytl Ing. Pavel LÁNSKÝ, revírník na revíru Jizerka. Jizerka 28. 8. 2020.

Téma: Jizerskohorské lesy. Informace poskytl prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc., profesor České zemědělské univerzity. Jizerka 2019.

VACEK, Stanislav. *Horské lesy České republiky*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2003. 313 p. ISBN 80-7084-239-3.

VÉRON, S., R. Assessing desertification. *Journal of Arid Environments* [online]. 2006, vol. 66, no. 4 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196306000486?via%3Dihub>>. ISSN 01401963.

VONIČKA, Pavel a VIŠŇÁK, Richard. *Základní charakteristika zkoumaného území Jizerských hor a Frýdlantska*. 1. vyd. Liberec: Sborník Severočeského Muzea, Přírodní Vědy, 2008. 33 p. ISBN 978-80-87266-00-7.

VYSKOT, Ilja et al. *Kvantifikace a hodnocení funkcí lesů ČR*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. 187 p. ISBN 80-72212-264-9.

WERGER, Jan a HAVLÍČKOVÁ, Kamila. Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtí. *CZ Biom* [online]. 2002-01-18 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z WWW:

<<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/zasady-a-pravidla-pestovani-rychle-rostoucich-drevin-r-r-d-ve-velmi-kratkem-obmyti>> ISSN 1801-2655.

YANG, Chao et al. Assessing the effect of soil salinization on soil microbial respiration and diversities under incubation conditions. *Physiological and Molecular Plant Pathology* [online]. 2018, vol. 103 [cit. 2020-12-07]. Dostupné z WWW:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088557651830064X>>. ISSN 1096-1178.

ZUAZO, Víctor, Hugo, Durán a PLEGUEZUELO, Carmen, Rocío, Rodríguez. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. *A review. Agronomy for Sustainable Development* [online]. 2008, vol. 28, no. 1 [cit. 2021-02-04]. Dostupné z WWW:

<<https://link.springer.com/article/10.1051/agro:2007062>>. ISSN 17740746.

## Seznam tabulek, obrázků a grafů:

### Seznam tabulek:

<i>Tabulka 1 - Kruskal-Wallis test (hodnoty se stejnými indexy nevykazují statisticky průkazné rozdíly).....</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 2 - Pedochemické charakteristiky humusového horizontu na stanovišti Panelka na podzim 2016. Typ testovací statistiky (p) značí parametrickou ANOVU a (n) značí neparametrickou Kruskal-Wallisovu analýzu. ....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 3 - Pedochemické charakteristiky minerálního horizontu na stanovišti Panelka na podzim 2016. Typ testovací statistiky (p) značí parametrickou ANOVU a (n) značí neparametrickou Kruskal-Wallisovu analýzu. ....</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 4 - Průměrný obsah živinových prvků (v g/kg, tj. promile) v jednotlivých frakcích vzorníkových stromů břízy pýřité (karpatské) na lokalitě Panelka (data z roku 2016).....</i>	<i>56</i>
<i>Tabulka 5 - Obsah prvků v biomase na ha .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabulka 6 - Relativní obsah prvků v biomase (v %).....</i>	<i>58</i>

### Seznam obrázků:

<i>Obrázek 1 - Geologická mapa 1:50 000 ČGS 2020.....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 2 - Schéma rozmístění variant.....</i>	<i>42</i>

### Seznam grafů:

<i>Graf 1 - Zastoupení půd [%] (Karpaš a Hušek 2014) .....</i>	<i>31</i>
<i>Graf 2 - Zastoupení dřevin [%] (Bystrický et al. 2020).....</i>	<i>35</i>
<i>Graf 3 - Průměrná výška dřevin .....</i>	<i>45</i>
<i>Graf 4 - Průměrné výšky variant od výsadby do roku 2020 .....</i>	<i>46</i>
<i>Graf 5 - Průměrná tl. kořen. krčku variant .....</i>	<i>47</i>
<i>Graf 6 - Hmotnost čisté sušiny biomasy.....</i>	<i>48</i>
<i>Graf 7 - Celková biomasa jednotlivých frakcí .....</i>	<i>49</i>

## Přílohy

<i>Fotografie 1 - M. Baláš: Zkusná plocha z Jizerky.....</i>	<i>76</i>
<i>Fotografie 2 - M. Baláš: Zkusná plocha .....</i>	<i>77</i>
<i>Fotografie 3 - J. Macko: Celní cesta - zkusná plocha z boku .....</i>	<i>77</i>
<i>Fotografie 4 - J. Macko: vnitřní část z. p. ....</i>	<i>78</i>
<i>Fotografie 5 - J. Macko: rozříděné vzorky a pomůcky.....</i>	<i>78</i>



*Fotografie 1 - M. Baláš: Zkusná plocha z Jizerky*



*Fotografie 2 - M. Baláš: Zkusná plocha*



*Fotografie 3 - J. Macko: Celní cesta - zkusná plocha z boku*





*Fotografie 4 - J. Macko: vnitřní část z. p.*



*Fotografie 5 - J. Macko: rozříděné vzorky a pomůcky*