

Česká zemědělská univerzita

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

Diplomová práce

**Porovnání struktury lesa přírodního
s dominancí buku lesního a staré
kulturní bučiny**



Autor: Bc. Martin Zelenka

Obor: LES

Vedoucí práce: Ing. Pavel Janda, Ph.D.

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Zelenka

Lesní inženýrství

Název práce

Porovnání struktury lesa přírodního s dominancí buku lesního a staré kulturní bučiny

Název anglicky

Forest structure differences between primary beech forest and old-growth beech forest

Cíle práce

Cílem je vypracovat srovnání strukturálních parametrů antropogenně ovlivněných porostů s přírodně řízenými lesy. Práce bude zaměřena na lesní společenstva s dominancí buku lesního za využití modelových vzorů v pohoří Malá Fatra a ve Voděradských bučinách. Specifickým cílem bude popis struktury porostů pomocí inventarizace stromů, souší, ležícího mrtvého dřeva a obnovy.

Metodika

Vědecká práce bude zahrnovat zpracování a sběr dat v terénu. Budou zpracovávána data popisující porostní strukturu. Následně budou základní dendrometrická data statisticky analyzována a interpretována. Výsledky budou širěji diskutovány a porovnány s ostatními zahraničními a domácími studiemi. Struktura práce bude odpovídat standardním požadavkům na tento typ práce na Fakultě lesnické a dřevařské, České zemědělské univerzity v Praze.

Doporučený rozsah práce

40 – 60 stran

Klíčová slova

mrtvé dřevo, souše, obnova, výčetní tloušťka

Doporučené zdroje informací

- Bílek, L., Remeš, J., Zahradník, D., 2011. Managed vs. unmanaged. Structure of beech forest stands (*Fagus sylvatica* L.) after 50 years of development. Central Bohemia. *Forest Syst.* 20, 122–138.
- Brunet, J., Fritz, Ö., Richnau, G., 2010. Biodiversity in European beech forests: a review with recommendations for sustainable forest management. *Ecological Bull.* 53, 77–94.
- Commarmot, B., Bachofen, H., Bundziak, Y., Bürgi, A., Ramp, B., Shparyk, Y., Sukhariuk, D., Viter, R., Zingg, A., 2005. Structure of virgin and managed beech forests in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland): a comparative study. *For. Snow Landscape Res.* 79, 45–56.
- Fischer, A., Marschall, P., Camp, A., 2013. Disturbances in deciduous temperate forest ecosystems of the northern hemisphere: their effects on both recent and future forest development. *Biodiversity and Conservation.* 22, 1863-1893.
- Christensen, M., Hahn, K., Mountford, E.P., Ódor, P., Standovár, T., Rozenbergar, D., Diaci, J., Wijdeven, S., Meyer, P., Winter, S., Vrska, T., 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *For. Ecol. Manage.* 210, 267–282.
- Korpeľ, Š., 1989. *Pralesy Slovenska. Veda – Slovenská akadémia vied, Bratislava*, 328.
- Kucbel, S., Jaloviar, P., Saniga, M., Vencurik, J., Klimaš, V., 2010. Canopy gaps in an old-growth fir-beech forest remnant of Western Carpathians. *Eur. J. Forest Res.* 129, 249–259.
- Nagel, T.A., Svoboda, M., Rugani, T., Diaci, J. 2010. Gap regeneration and replacement patterns in an old-growth *Fagus–Abies* forest of Bosnia-Herzegovina. *Plant Ecology*, 208, 307–318.
- Rugani, T., Diaci, J., Hladnik, D., 2013. Gap dynamics and structure of two old-growth beech forest remnants in Slovenia. *Plos One* 8, 1–13.
- Vacek, S., Vacek, Z., Bílek, L., Hejčmanová, P., Štícha, V., Remeš, J. 2015. The dynamics and structure of dead wood in natural spruce-beech forest stand-a 40 year case study in the Krkonoše National Park. *Dendrobiology* 73, 21–32.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Pavel Janda, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 29. 11. 2018

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 2. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 12. 02. 2019

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Porovnání struktury lesa přírodního s dominancí buku lesního a staré kulturní bučiny " vypracoval samostatně pod vedením Ing. Pavla Jandy, 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 Praze dne 19. 04. 2019

Podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Pavlu Jandovi, Ph.D. za odborné vedení, věcné připomínky a vstřícnost při vypracování této práce. Také chci poděkovat rodině za podporu v průběhu mého studia.

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Bukové lesy	12
3.2	Vývoj bukových lesů.....	13
3.2.1	Dynamika a vývojové cykly přirozených bukových lesů.....	14
3.2.2	Disturbance a mozaikovost porostu	15
3.3	Struktura porostu	16
3.4	Přirozená obnova	17
3.5	Mrtvé dřevo	19
3.6	Hlavní druhy bukových pralesů.....	20
3.6.1	Buk lesní (<i>Fagus sylvatica L.</i>)	20
3.6.2	Jedle bělokorá (<i>Abies alba Mill.</i>)	21
3.6.3	Javor klen (<i>Acer pseudoplatanus L.</i>).....	21
4	Experimentální část.....	22
4.1	Materiál a metodika	22
4.1.1	NPR Voděradské bučiny.....	22
4.1.2	NPR Stučica	25
4.1.3	Zkusné plochy a metody měření	26
4.1.4	Stanovení hypotéz	28

5	Výsledky	29
5.1	Strukturní parametry.....	29
5.1.1	Zastoupení dřevin.....	29
5.1.2	Stav stromů (Status).....	30
5.1.3	Prostorová struktura porostu.....	31
5.1.3.1	Uvolnění/potlačení stromů v zápoji (growth pattern).....	31
5.1.3.2	Etáž (stromové patro).....	32
5.1.3.3	Tloušťka stromů (mm).....	33
5.1.3.4	Kruhová základna (BA).....	35
5.1.3.5	Výška živých stromů.....	38
5.1.3.6	Statistické vyhodnocení 1. hypotézy.....	39
5.2	Přirozená obnova.....	57
5.2.1	Statistické vyhodnocení 2. hypotézy.....	58
5.3	Mrtvé ležící dřevo.....	60
5.3.1	Statistické testování 3. hypotézy.....	61
6	Diskuse.....	64
7	Závěr	77
8	Seznam literatury	78
9	Seznam tabulek.....	83
10	Seznam grafů	84
11	Seznam obrázků.....	85
12	Přílohy.....	86
12.1	Kritéria hodnocení.....	86

Seznam zkratek

N – počet

mean – průměr

sd – výběrová směrodatná odchylka

min – minimální hodnota

max – maximální hodnota

Q1 – 1. kvartil

Q3 – 3. kvartil

range – variační rozpětí

IQR – mezikvartilové rozpětí

m.n.m. – metrů nad mořem

mm – milimetr

cm – centimetr

cm² – centimetr čtvereční

m – metr

m³ – metr krychlový

ha – hektar

Abstrakt

Bukové porosty jsou významné lesní ekosystémy mírného pásu. Původní bukové pralesy se pro svou relativně ustálenou druhovou, věkovou a prostorovou strukturu hodí jako modelové vzory pro pochopení přírodních procesů. Tyto poznatky mohou přispět k efektivnímu lesnickému hospodářství se zaměřením na produkční i mimoprodukční funkce lesa. Tato práce měla za cíl porovnat strukturní rozdíly mezi antropogenně ovlivněnými porosty a přírodně řízenými lesy. Popisuje strukturu porostů v NPR Voděradské bučiny, konkrétně pomocí inventarizace stromů, přirozené obnovy a ležícího mrtvého dřeva. Tato data jsou porovnávána s údaji naměřenými v NPR Stučica na Slovensku. Současný stav lesních porostů v NPR Voděradské bučiny je značně ovlivněn hospodářskými zásahy v minulosti. Druhové složení je výrazně odlišné od předpokládaného přirozeného stavu, oproti tomu v NPR Stučica se jedná o původní lesy, jejichž druhová a prostorová struktura zůstaly nezměněny. Výsledky nám mohou částečně ukázat, jestli se přestárlá kulturní bučina dlouhodobě ponechána vlastnímu vývoji, přiblíží procesům v přirozeně řízených lesích.

Klíčová slova:

struktura lesa, mrtvé dřevo, souše, obnova lesa, výčetní tloušťka

Abstract

Beech populations represent an important forest ecosystem of the temperate zone. Native primeval forest beech forest due to their relatively stable species, age and spatial structure can be used as model populations in understanding natural processes. Such knowledge could be used to improve effectivity of forestry both in its production and other functions. Aim of this thesis was to compare structural differences between beech populations under anthropogenic influence and their naturally directed counterparts. This thesis analyze population structure in national preserved area Voderadske buciny using tree inventory, natural regeneration and lying dead wood as markers. These data are compared with values measured in national preserved area Stuzica in Slovakia. Current status of forest stands in national preserved area Voderadske buciny has been strongly influenced by past forest management activity. Species composition differs significantly from postulated natural equilibrium, to the contrary in national preserved area Stuzica we see native primeval forests with unchanged species and spatial composition. Results of the thesis can provide a partial answer to the question if an overaged anthropogenic beech forest left without human influence for prolonged periods of time can show signs of reverting to processes prevalent in naturally managed forest stands.

Key Words:

Forest Structure, Dead Wood, Dry Tree, Forest Regeneration, Breas Height Diameter

1 Úvod

Ve všech ekosystémech v Evropě dochází v současnosti k výrazným změnám jak působením měnících se abiotických a biotických podmínek prostředí, tak i vzhledem ke stále větším nepříznivým antropogenním vlivům. Pro hodnocení změn všech ekosystémů je jediným objektivně srovnatelným kritériem jejich přirozený přírodní stav neovlivněný člověkem. Stanovení ekologických kritérií, na jejichž základě by bylo rozhodováno o zachování a ponechání lesů ve zvláště chráněných územích spontánním procesům, vychází z výzkumu a poznání přírodních procesů právě v původních a přirozených lesích. Původní lesy, které jsou v dynamické rovnováze se svým druhovým složením, udržují svou specifickou prostorovou a věkovou strukturu. Poznání základních znaků a vlastností těchto unikátních ekosystémů následně může přispět k udržení ekologické samostatnosti a vyrovnanosti lesních porostů různého typu. Původní a přírodní lesy jsou tedy velmi dobré a významné modelové vzory.

Skladba lesů v Evropě se v průběhu času měnila působením přírodních i antropogenních vlivů. Ačkoliv v přirozené skladbě bez zásahu člověka by bukové porosty v České republice převažovaly, skutečné přirozené porosty se u nás nevyskytují. Jedná se především o lesy hospodářské, ve kterých byla v posledních desetiletích a stoletích různá míra vlivu člověka. Nejvýznamnější a nejvíce zastoupenou dřevinou v lesích ČR je jednoznačně smrk se zastoupením 50,2 %, buk je zastoupen 8,4 %. Přirozené zastoupení buku by bylo 40,2 %. Na Slovensku je nejrozšířenější naopak s 31 % právě buk (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2017, 2017).

Buk lze považovat za významnou dřevinu zvyšující stabilitu lesních porostů, zejména smíšených. Má klíčový význam i z hlediska stability produkce, zejména v období očekávaných klimatických změn. Pralesy mají značný potenciál při získávání cenných vědeckých informací důležitých pro racionální management porostů této dřeviny v hospodářských lesích (Barna, 2011).

Předpokládá se, že před výrazným vlivem člověka se původní zastoupení buku na Slovensku blížilo 50 %, jako příměs jej můžeme nalézt až v 85 % lesních porostů. Pralesy na Slovensku, které představují poslední zbytky původních lesních ekosystémů, se vyskytují především na východním a středním Slovensku. Jsou unikátní nejen z hlediska genofondu buku, ale i pro výskyt dalších organismů vázaných na dominantním zastoupení této dřeviny (Barna, 2011).

Přirozené bukové porosty byly vlivem člověka ve značné míře přeměněny. Většina bukových porostů je silně ovlivněna hospodářským využitím, které má značné dopady na strukturu lesa a jeho biologickou rozmanitost (Brunet, 2010).

Pro studium struktury a vlastností porostů je ideální porovnání přírodních a kulturních porostů. Pro účely této práce byly zvoleny modelové porosty v přirozených bukových pralesech na Slovensku v národním parku Poloniny, konkrétně v lokalitě NPR Stužica a přestárlé hospodářské bukové porosty v České republice v NPR Voděradské bučiny, které byly několik desetiletí ponechány vlastnímu vývoji. Bukové pralesy na východním Slovensku patří mezi nejzachovalejší nejen na celém Slovensku, ale i v Evropě. Nacházejí se na těžko přístupných lokalitách obklopených různorodými bukovými lesy s málo narušeným ekotypem. Nebyly zde žádné rozsáhlejší zásahy člověka. Náhodná těžba jednotlivých stromů významně neovlivnila dynamiku a přirozené zákonitosti bukového pralesa (Korpeľ, 1989).

U Voděradských bučin se jedná se o oblast, která byla již od historických dob hustě osídlena. Prakticky na celé ploše zájmového území předurčuje charakter krajiny právě lidská činnost, přesto se na území vyskytují ostrůvky bez významnějších celků, kde se krajina blíží přírodnímu stavu, jedno z míst jsou právě lesní komplexy v okolí Voděrad. Od počátku 19. století i v této oblasti dochází k rapidnímu ústupu buku, dubu a jedle, které jsou nahrazovány smrkovými a borovými porosty, i přesto se zde stále vyskytují rozsáhlejší bukové porosty, a i smrk zde můžeme považovat za původní, konkrétně geneticky velmi cenný posázavský ekotyp (ÚHÚL, 2001).

2 Cíle práce

Cílem je vypracovat srovnání strukturních parametrů antropogenně ovlivněných porostů s přírodně řízenými lesy. Práce je zaměřena na lesní společenstva s dominancí buku lesního při využití modelových vzorů v NPR Stužica na Slovensku a v NPR Voděradské bučiny v České republice. Specifickým cílem je popis struktury porostů v NPR Voděradské bučiny pomocí inventarizace stromů, souší, ležícího mrtvého dřeva a obnovy a jejich následné porovnání s daty z NPR Stužica, která byla měřena Katedrou ekologie lesa FLD ČZU Praha.

3 Literární rešerše

3.1 Bukové lesy

Bukové lesy střední Evropy můžeme zařadit do oblasti temperátních opadavých lesů. Tento ekosystém je dominantní v oblasti mírného pásu, kde dochází k výraznému střídání letní a zimní sezony. Klima je na rozhraní kontinentálního a oceánického, kde teplotní extrémy, vlhkost vzduchu a srážky jsou ovlivňovány vlhkými vzdušnými proudy od oceánů. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 10 °C, jsou zde celoroční srážky mezi 500-1500 mm, většina srážek spadne v letním období. Výrazný je vliv nadmořské výšky a georeliéfu. Kvůli opadávání listí se v průběhu roku dramaticky mění mikroklimatické podmínky, zejména distribuce dopadajícího světla, i jeho spektrální složení (Jeník, 2011).

Až do 18. století, kdy začíná systematické odborné lesní hospodářství, byly bukové porosty obhospodařovány převážně jako pastviny pro dobytek a případně zde probíhala toulavá seč. Přesto i v této době byly rozsáhlé porosty využívány pro výrobu palivového dřeva a také pro výrobu dřevěného uhlí a potaše. Buk však příliš netvoří výmladky, a proto pro výrobu palivového dřeva převažovaly výmladkové lesy např. habrové. V 19. století začaly dřevo nahrazovat fosilní paliva jako primární zdroj energie a zároveň stoupala poptávka po stavebním dřevu. Rozsáhlé bukové porosty byly nahrazeny jehličnatými dřevinami, zejména smrkem. Přesto právě pokles potřeby palivového dřeva znamenal omezení výmladkových dubových a habrových lesů a v některých lokalitách došlo k nahrazení vysokým lesem s převahou buku (Brunet, 2010).

3.2 Vývoj bukových lesů

Lesy můžeme rozlišit na původní neboli pralesy, které jsou člověkem prakticky neovlivněné. Dřevinná skladba i prostorová struktura pralesů odpovídá stanovištním podmínkám. Lesy přírodní jsou vytvořené přirozenými procesy, avšak ovlivněné člověkem v minulosti, zejména toulavou sečí a pastvou, nikoli výsadbou nebo sítí. Jeho druhová i prostorová struktura převážně odpovídá stanovištním podmínkám. Lokálně se však mohou odchylovat, a to vlivem přirozeného vývoje, který proběhl v pozměněných podmínkách, například po vykácení a vyklučení v minulosti. Do této skupiny řadíme i tzv. „old growth forest“, kterým se tato práce věnuje. Termín „old growth forest“ označuje lesy, ve kterých v minulosti docházelo k drobnějším zásahům člověkem jako např. lokální toulavá seč před stovkami let. V lesích přirozených dřevinná skladba odpovídá stanovištním podmínkám, avšak prostorová struktura je změněná. Dlouhodobě zde docházelo k usměrňování samovolného vývoje a důsledky jsou na lese dosud patrné (těžba, výchovné zásahy) (Vrška, 2002).

Již od neolitu dochází k antropogennímu vlivu na lesy v naší krajině. Pokud kulturní porosty přestanou být obhospodařovány, začne se vegetace pomalu postupně vracet zpět ke svému původnímu složení. Dochází k tomu ve snaze vyrovnat nerovnováhu mezi vlastnostmi vegetace a prostředím, především makroklimatem. K tomuto postupnému vývoji vegetace dochází díky procesu ekologické sukcese. Tyto dlouhodobé proměny druhové skladby lesa se pojí i se změnou porostních struktur, které postupně vedou až k nejvyššímu stádiu, lesu klimaxovému (Poleno, 2007a). Hlavní hnací silou sukcese je kompetice. Míra kompetičních schopností u jednotlivých druhů je však závislá právě na daných životních podmínkách konkrétních jedinců (Poleno, 2007b).

V pralesech probíhá vývoj v uzavřeném integrovaném cyklu. Jedná se o proces autogenní sukcese. V přírodních bukových a dubových smíšených lesích 1. až 3. LVS probíhají vývojová stádia v odlišném rytmu a trvání než ve vyšších vegetačních stupních. Porostní struktura smíšených bukových lesů je po celý vývojový cyklus více diferenciována než v případě nesmíšených porostů. Patrná je zejména dlouhotrvající fáze dvouvrstevné výstavby. Časový průběh sukcese není lineární, první fáze většinou probíhají rychleji a postupně přechází ve stále pomalejší. Cílovým stavem lesů s chráněnými ekosystémy (např. NPR, NP) je klimaxové stádium (Poleno, 2009).

Autogenní sukcese je proces samovolného vývoje, kdy je vývoj a růst vegetace ovlivněn abiotickými faktory prostředí. Svou roli hrají i další biotické vlivy jako gradace škůdců a houbových chorob, kdy může dojít i k vyřazení dominující dřeviny ze společenstva. K tomu může dojít například ve smíšených porostech buku a smrku při kůrovcové kalamitě, kdy se do proředěných míst dostává nálet buku a přimíšených dřevin. Tento druh vývoje je charakteristický pro přirozené porosty (Poleno, 2007a).

3.2.1 Dynamika a vývojové cykly přirozených bukových lesů

Vývoj porostu je soubor změn, které nastávají v důsledku růstu porostu v čase. Popisuje dynamiku celého životního cyklu porostu od vzniku až po jeho zánik, nebo stále se opakující vývojové procesy. Růst porostu vede k přírůstu všech porostních složek, nastává proces obnovy a odumírání jedinců (Vacek, 1988).

Malý vývojový cyklus charakteristický pro bukové pralesy je typický maloplošnou změnou vývojových fází, která je způsobena lokálním narušením. Jednotlivá vývojová stádia jsou zřetelně odlišena svými strukturálními vlastnostmi (Poleno, 2009). U pralesovitých porostů rozlišujeme několik hlavních vývojových stádií. Nejprve stádium dorůstání, kde dochází k intenzivnímu přírůstu mladých jedinců. Porostní mezery způsobené disturbancemi neboli narušením porostu a odumřením stromů v předchozím cyklu, se rychle zapojují, typická je vícevrstevná stavba porostu (Vacek, 1988). Disturbance, které vedou k vytvoření volných ploch, jsou běžným jevem ve všech typech společenstev. V lesích mohou vznikat působením abiotických i biotických činitelů, např. vítr a šíření škůdců, ale i prostým odumřením starého stromu. Pokud tyto disturbance neprobíhají současně, tak vedou k vytvoření celé mozaiky ploch v různých stádiích sukcese (Townsend, 2010). Navazuje stádium optima, kde dochází ke zpomalení výškového přírůstu a k vyrovnání výškového členění. V tomto stádiu je největší porostní zásoba. Prostorová struktura porostu dostává charakter tzv. síňové výstavby, která je podobná struktuře horizontálně zapojeného stejnověkého porostu. Staré stromy začínají hynout a nastává stádium rozpadu. Zásoba porostu klesá a není včas doplňována přírůstem mladých jedinců nové generace, opět se opakuje výskyt porostních mezer, které jsou postupně zapojovány přírůstem mladých stromů (Vacek, 1988). Při pomalé fázi dozívání dochází k postupné obnově stinných klimaxových dřevin. Pokud je fáze dozívání rychlejší, mohou porostní mezery osídlit pionýrské druhy světlomilných dřevin. V průběhu vývoje dochází k překrývání jednotlivých stádií (Poleno, 2009).

3.2.2 Disturbance a mozaikovost porostu

Pro dynamiku přírodních bukových lesů je typická mozaika malých porostních mezer a celý cyklus obnovy trvá 200-300 let. Staré bukové lesy jsou obvykle mnohvrstevné právě v důsledku obnovy probíhající v malých porostních mezerách způsobených lokálními disturbancemi. Mezery v zápoji mohou být způsobeny úmrtím jednoho nebo několika stromů, případně lokální těžbou. Rozpad celého porostu je pozvolný a většina porostních mezer je od 100-500 m². Často lokální disturbance způsobí bouře, při kterých jsou jednotlivé staré stromy zlomeny a vznikají pahýly a pařezy, případně vyvráceny s kořenovým systémem, v porostních mezerách je více světla i vyšší denní teploty a půdní vlhkost, které vyhovují přirozené obnově a akcelerují růst do té doby potlačených stromů (Brunet, 2010). Čím větší je narušení porostu, tím obtížněji se tam dostávají semena z okolního porostu a proces je dlouhodobější. Naopak malé světliny a mezery mohou umožnit nástup dřevin stinných, např. buku pod smrkem, a tím přiblížit porost klimaxovému stádiu. Tento typ sukcese označujeme jako světlinový. Je typický zejména pro porosty s mozaikovou strukturou a vyšší druhovou diverzitou, můžeme se s ní setkat právě v přirozených pralesech (Poleno, 2009).

Tato různě velká narušení zápoje porostu vytváří environmentální heterogenitu prostředí, a tím vytváří podmínky pro obnovu druhů s odlišnými ekologickými nároky. Zejména druhy, které hůře snáší zastínění, potřebují pro svou obnovu větší narušení porostu, v případě pralesů se jedná o např. javor *Acer pseudoplatanus L.* (Nagel, 2010).

Populační dynamiku lze popsat konceptem metapopulací, který vychází z předpokladu mozaikovitěho rozložení zdrojů v prostředí. Pokud ale nahlížíme na organizaci celého společenstva, je lepší využít koncepci mozaikové dynamiky (patch dynamic concept). Obě koncepce vychází z předpokladu, že kombinace mozaikovosti a šíření mezi lokalitami vedou k odlišné dynamice, než bychom sledovali u jedné zcela homogenní lokality (Townsend, 2010).

Udržení biologické rozmanitosti lesů (biodiverzity) je základním předpokladem pro tzv. trvalou udržitelnost lesního hospodářství. Je hlavní podmínkou pro to, aby lesy mohly nabízet různé možnosti a volby rozvoje. Zvláštní pozornost by měla patřit zachování přirozených genetických zdrojů, které jsou předpokladem pro přizpůsobení lesů a krajiny měnícím se podmínkám prostředí (Schmithüsen, 2003).

3.3 Struktura porostu

Struktura porostu je souhrn znaků, které charakterizují jeho vnitřní uspořádání. Porostní struktura je charakterizována původem porostu, prostorovým rozložením, druhovou skladbou, věkem, tloušťkovým a výškovým rozložením, zápojem porostu a jeho vnitřní stavbou. Souhrnné informace o prostorové a věkové struktuře utváří ucelený obraz o vývoji porostu (Vacek, 1988).

Strukturu porostu můžeme rozlišit na statickou a dynamickou. Statická popisuje stav v konkrétní okamžik a dynamická z hlediska celého životního cyklu. Věková struktura je ukazatelem přirozenosti porostu. U přírodně řízených lesů převažují jedinci nejmladších věkových tříd, které jsou základem pro další přežívání lesa, oproti tomu v hospodářském lese převažují starší věkové třídy. Prostorovou strukturu můžeme popisovat v horizontální nebo vertikálním směru (Vacek, 2007).

Lesní porosty, které jsou v horní úrovni vytvořeny stabilními stromy, jsou relativně dobře chráněny proti působení abiotických činitelů. Stabilitu porostů ovlivňují i prvky vnitřní porostní struktury, a to zejména druhové složení, hustota porostu, jeho zápoj a stromová diferenciacce (výšková i tloušťková). Porosty, které jsou ve všech faktorech značně diferenciované může označovat jako strukturně bohaté. Tyto porosty bývají zpravidla stabilnější. Stabilitu porostů mohou snižovat pěstební chyby. Vliv na stabilitu má i porostní struktura v širším smyslu, konkrétně vnější uspořádání porostů v hospodářském celku (Poleno, 2007a).

Prales má obecně řídkou strukturu. Stromy, které se vyvíjí dlouhou dobu při plném uvolnění mají příznivý štíhlostní koeficient cca 70, ale u velké části stromů je štíhlostní koeficient jen 30-50 (Košulič, 2010).

Staré stromy a mrtvé dřevo patří mezi hlavní strukturní znaky původních lesů střední Evropy. Množství starých rozpadajících stromů a ležícího mrtvého dřeva v přírodním lese a lese hospodářském je na první pohled značně rozdílné (Svoboda, 2011). Tomuto tématu je věnována vlastní kapitola 3.5.

Obecná definice „old growth forest“ zahrnuje relativně vysokou míru mozaikovosti a heterogenity. Nachází se v nich větší množství mrtvého dřeva a relativně hodně starých stromů. Mají růstovou křivku ve tvaru obráceného písmene J a je v nich zastoupeno velké množství různých věkových stupňů. Obecně se předpokládá, že jsou z většiny strukturovány v důsledku disturbancí. Velké disturbance mohou vést ke vzniku nového porostu, ovšem na první pohled patrné jsou zejména lokální narušení porostu. Čím jsou narušení menší a častější, tím více je horizontální i vertikální struktura porostu diverzifikována (Bílek, 2011).

3.4 Přirozená obnova

Procesy obnovy můžeme zařadit mezi vratné jevy celkového vývoje pralesa. Během fáze obnovy se stará generace pralesa ve stádiu rozpadu obnovuje za novou, a tím začíná nový vývojový cyklus lesa. Pro tuto fázi je nutný výskyt přirozené obnovy. To ovšem není jediným předpokladem, protože nálety se vyskytují do jisté míry ve všech vývojových fázích, ale v odlišném množství, kvalitě, s různou nadějí na přežití a odrůstání. Počty přirozené obnovy se v jednotlivých vývojových fázích pohybují mezi 1-40 tisíci jedinců na 1 ha. Je to ovlivněno i výskytem semenných roků, kdy dochází k rapidnímu nárůstu náletových jedinců, ale většina z nich během 1-2 let umírá. Pro úspěšné odrůstání je nezbytná rozrůzněná lokálně narušená porostní struktura, která se vyskytuje v pokročilé fázi optima a počáteční fázi rozpadu (Vacek, 1987).

V tzv. old growth forest je v případě příznivých podmínek buk dominantní dřevinou. Buk snáší zastínění v nízkém věku a disponuje značným reprodukčním potenciálem. Významnými doprovodnými druhy jsou jedle bělokorá (*Abies alba Mill.*), javory (*Acer pseudoplatanus L.*), habr (*Caprinus betulus L.*) (Brunet, 2010). Oproti tomu typicky pionýrské sukcesní druhy (např. *Betula pendula L.*) jsou spíše mizející a pohyblivé. Jejich přežití závisí na schopnosti kolonizovat další narušená místa, nedokážou však konkurovat klimaxovým druhům. Nesnáší zastínění, proto musí rychle růst a využívat dostupné zdroje (Townsend, 2010).

To se týká i klimaxových dřevin, které jsou náročnější na světlo (např. *Quercus L.*), a potřebují větší dlouhodobější narušení zápoje oproti buku, který je tolerantní k nedostatku světla. Mezi další faktory, které ovlivňují přirozenou obnovu, patří zejména půdní a humusové podmínky. Významný je také tlak zvěře, která působí škody okusem, loupáním a vytloukáním. V neposlední řadě je důležitá vzdálenost pro šíření semen od matečného porostu. Vysoké pH půdy vyhovuje přirozené obnově jasanu, jilmu, lípy i javoru, ale tyto druhy jsou často ještě více poškozovány okusem zvěří (Brunet, 2010).

Buk je velmi dominantní dřevina, a pokud má být zachováno smíšené porostů, tak jsou nezbytné zejména větší obnovní plochy a šetrné pokračování hospodářských zásahů (Commarmot, 2005).

Významných vlastností buku v lesním porostu využívá podrovní hospodářský způsob, který byl v 19. a první polovině 20. století nejrozšířenější metodou hospodaření v lesích. Při podrovním způsobu dochází k postupnému prořezávání porostů, tím dochází k vytvoření ideálních podmínek pro přirozené zmlazení buku a v dalších letech se postupně dotěží zbývající porost. Využívání podrovního způsobu vedlo k vytvoření nesmíšených jednovrstvých bukových lesů s vyrovnanou věkovou strukturou. Obmytí takových porostů je od 90-140 let v závislosti na bonitě stanoviště. Pasečný způsob hospodaření býval méně častý (Brunet, 2010) .

Znalost a využívání samoregulačních procesů lesních ekosystémů výrazně snižuje pěstební náklady. I z hlediska ekologie a ochrany lesních systémů je stále častější snaha využívat přírodě blízké procesy a zvyšovat biologickou rozmanitost. Metody obnovy v malém měřítku, jako je postupné kácení malými skupinami tzv. kotlíky nebo výběrný způsob hospodaření se nejvíce přibližují přirozeným procesům obnovy v nenarušených bukových lesích. Takové souvislé typy lesů (tzv. „Dauerwald“) mohou nejlépe plnit požadavky kladené na multifunkční lesní hospodářství. Dokonce i celková ekonomická výkonnost selekčních lesů (také v případě čistých bukových porostů) je přinejmenším stejně dobrá nebo dokonce lepší než u stejnověkových lesů obhospodařovaných pasečným způsobem (Commarmot, 2005).

3.5 Mrtvé dřevo

Mrtvé dřevo (suché stromy, pařezy, tenké a tlusté ležící dřevo) je významnou součástí lesního ekosystému. V lese zůstává po přirozeném odumření stromu, po těžbě, kalamitách a všeobecně jej můžeme považovat za jeho organickou součást. Je indikátorem přirozenosti společenstva. Výrazně ovlivňuje jeho biodiverzitu, je nezbytné pro mnoho organismů, po rozložení se vrací zpět do půdy a zlepšuje její fyzikální i chemické vlastnosti, zvyšuje obsah živin a podporuje přirozenou obnovu lesa, také přispívá k zadržení vody v ekosystému a má protierozní vlastnosti. I přes tyto nesporně kladné vlastnosti pro lesní ekosystém může nadměrné množství mrtvého dřeva mít negativní dopady ve formě přemnožení hmyzích škůdců, patogenních hub, vyššího rizika požárů. Je proto potřebné na mrtvé dřevo nahlížet ve vztahu k funkcím lesa. Jeho význam je vyšší v lesích, kde převažují funkce ochranné než v lesích hospodářských. Důležitý je i stupeň rozkladu, který bývá velmi rozmanitý, a indikuje tak důležité procesy probíhající v lesním ekosystému (Šmelko, 2010).

O distribuci hrubého mrtvého dřeva v pralesech však existuje jen málo údajů. V lesních rezervacích se zcela upouští od těžby dřeva a dochází pouze k zásahům na zvyšování strukturní i druhové biodiverzity. Také dochází k omezení hospodaření na strmých exponovaných a méně produktivních lokalitách a dosud není zcela jasné, co se stane, pokud se dříve obhospodařované lesy zanechají přirozeným biologickým procesům (Commarmot, 2005).

Výskyt hrubého mrtvého dřeva je většinou spojen s lokálními disturbancemi, které vytváří porostní mezery v zápoji. V těchto porostních mezerách na mrtvé dřevo působí specifické mikroklimatické podmínky. Tvorba porostních mezer má přímý vliv na výskyt organismů závislých na mrtvém dřevu. Pralesy obsahují až 250 m³ mrtvého dřeva/ ha, oproti tomu intenzivně obhospodařované lesy pouze 1-10 m³ / ha, a to převážně ve formě pařezů a drobného ležícího mrtvého dřeva (tenké větve) s nízkým významem pro saproxylické a saprofytické houby (Brunet, 2010).

Rozklad dřeva silných kmenů smrku trvá 70-110 let, oproti tomu u buku to je jen 20-30 let. V bukových lesech se proto vyskytuje výrazně menší množství mrtvého dřeva než v případě přirozených porostů s převahou smrku (Vacek, 1987).

Je překvapivé, že smrkové dřevo, které je měkčí než bukové, se rozkládá v ekosystému déle. Je to způsobeno tlustou borkou, která dlouho odolává rozkladu. Rozkladu kůry a lýkové části brání vysoký obsah tříslovin, suberinu a dalších látek. Také lišejníky, které jsou častější v přirozených smrkových porostech, přispívají zpomalení rozkladu, protože některé jejich metabolity působí na růst hub alelopaticky. To se však netýká stromů napadených kůrovcem, kde kůra opadá většinou již v prvním roce po uhynutí stromů. K rozdílné době rozkladu přispívají i odlišné klimatické podmínky, kdy smrk se přirozeně vyskytuje v oblastech s nižšími průměrnými teplotami a déle trvající sněhovou pokrývkou (Svoboda, 2011).

3.6 Hlavní druhy bukových pralesů

3.6.1 Buk lesní (*Fagus sylvatica* L.)

Buk lesní je jedním z nejvýznamnějších a nejrozšířenějších druhů stromů v evropských lesích. Je rozšířen zejména ve Francii, středním a jižním Německu a na jihovýchodě Evropy (Karpaty, Dinárské hory a hory na Balkánském poloostrově). Buk lesní roste na celé řadě typů půd, včetně kyselých podzolů a vápenných rendzických leptosolů. Nejlépe se mu však daří na kambisolech a luvisolech bez stagnující spodní vody. Netoleruje dlouhodobé zamokření, ani výrazné sucho. Buk preferuje mírné a vlhké klima. Nízké teploty a krátké vegetační období omezují jeho rozšíření v severní a východní Evropě, oproti tomu rozšíření v jižní Evropě je omezeno nedostatkem srážek (Brunet, 2010).

Buk lesní může dosahovat výšek 35-40 metrů. Kořenový systém je srdcovitý, bez výrazně patrného hlavního kořenu, bohatě šikmo rozvětvený. Kmen je hladký, válcovitý o tloušťce až 1 m. Koruny bývají vysoko nasazené, kulovité, bohatě rozvětvené s velkou proměnlivostí možných tvarů koruny, které do značné míry ovlivňuje prostředí. Častá je vidličnatost, která se negativně podílí na změnách distribuce dřevní hmoty (Barna, 2011).

Buk přispívá ochraně půd, protože produkuje velké množství opadu (cca 900 g / m² za rok) a má rozsáhlé mělký, středně hluboký, kořenový systém. Vysoká míra opadu může být v některých podmínkách negativní v případě, že nedochází k dostatečně rychlému rozkladu, což naopak může vést až k degradaci půd. Vysoká vrstva nerozloženého humusu znemožňuje klíčení semenáčků (Von Wuhlich, 2008).

Buk je dřevina, která je díky svým vlastnostem nejvíce vhodná pro přirozenou obnovu. Buk však nedisponuje žádnou formou chemické nebo morfologické obrany proti okusu zvěří. Jeho schopnost zotavit se po takovém poškození je poměrně malá, Jedinou účinnou obranou proti predaci jsou vysoké hustoty přirozeného zmlazení. Toto přirozené zmlazení velmi dobře reaguje na změny primárních růstových faktorů jako je zásobení vodou, živinami a světlem (Bílek, 2007b).

Buk snáší zastínění v nízkém věku a disponuje značným reprodukčním potenciálem. Významnými doprovodnými druhy jsou jedle bělokorá (*Abies alba Mill.*), javory (*Acer pseudoplatanus L.*) a habr (*Caprinus betulus L.*) (Brunet, 2010).

3.6.2 Jedle bělokorá (*Abies alba Mill.*)

Jedle bělokorá dosahuje v našich podmínkách vysoké výšky až 50 m. Vyskytuje se v nadmořských výškách 400–900 m. n. m. společně s bukem, smrkem a borovicí, a to zejména na svěžích, chladných dostatečně vlhkých středně hlubokých půdách. Je rozšířena ve střední Evropě a také ve Francii, na Korsice a v pohořích na Balkánu. Dožívá se vysokého věku 200-300 let (Kremer, 1995). Od počátku 18. století začalo silně klesat zastoupení jedle společně s bukem, což bylo způsobeno přechodem na holosečné smrkové hospodářství. Imisní kalamity a další negativní činitele v průběhu 20. století ještě více snížily zastoupení jedle v našich lesích (Skořepa, 2006). V přirozených lesích by zastoupení jedle dosahovalo 20 %. Zastoupení jedle v lesích ČR se snížilo z 2,9 % v roce 1950 na 0,9 % v roce 2001, střední věk se zvýšil z 63 let na 76 let. Výrazně tedy převládají staré a přestárlé jedle, které budou z lesních porostů postupně mizet. V posledních letech je jedle více vysazována a její zastoupení překročilo opět 1 % (Buček, 2006).

3.6.3 Javor klen (*Acer pseudoplatanus L.*)

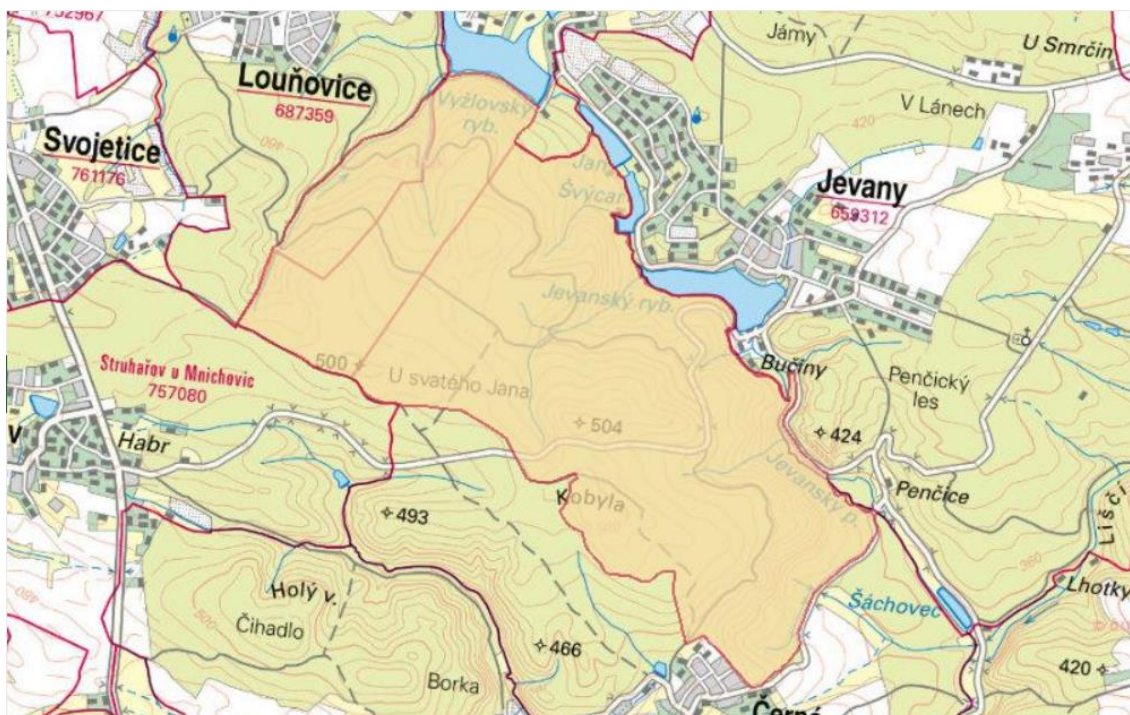
Javor klen dosahuje výšek 25–40 metrů. Typická je kulovitá koruna, hladká borka, ve stáří šupinatě odlupčivá. Letorosty zelenavě šedé, lysé, pupeny zelené. Velké dlanitolaločnaté listy široké 7-20 cm, na rubu šedozelelé, s chomáčky chlupů, laloky špičaté, tupě pilovité, žlutozelené květy v latách dlouhých až 16 cm. Preferuje čerstvé vlhké živné půdy, převážně slunné nebo mírně zastíněné stanoviště. Rozšířen je po celé střední Evropě a na Kavkaze (Koblížek, 2006).

4 Experimentální část

4.1 Materiál a metodika

4.1.1 NPR Voděradské bučiny

NPR Voděradské bučiny je součástí rozsáhlého lesního komplexu na pravém, částečně i na levém břehu Jevanského potoka. Leží mezi obcemi Louňovice, Vyžlovka, Jevany, Černé Voděrady, Struhařov (Plán péče o NPR Voděradské bučiny, 2011) (Obrázek 1). Rozloha NPR je 684 ha, část NPR Voděradské bučiny byla vyhlášena jako evropsky významná lokalita Voděradské bučiny s rozlohou 317,4 ha. Zahrnuje návrší s nevýrazným hřebenem a pahorky mezi údolím Jevanského potoka na severovýchodě a údolím Zvánovického potoka na jihozápadě. Strmější severovýchodní svahy nad Jevanským potokem jsou členité, dělené údolními bezejmenných přítoků Jevanského potoka. Přibližně po jihozápadní hranici NPR vede rozvodí mezi Jevanským a Zvánovickým potokem. Mírnější jihozápadní svahy vně NPR jsou méně členité, rozdělené údolními přítoků Zvánovického potoka (Plán péče o NPR Voděradské bučiny, 2011). Lesy v NPR Voděradské bučiny jsou v majetku a správě České zemědělské univerzity v Praze, konkrétně Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy. Menší část majetku je přímo ve vlastnictví státu, ČZU má právo zde lesnický hospodařit. Zájmové území spadá do PLO 10 – Středočeská pahorkatina, přesněji do podoblasti 10a – středočeský pluton (Dvořák, 2011). Střední Čechy jsou území s rozmanitými přírodními podmínkami a dlouhou tradicí lesního hospodaření, které po více než 300 let intenzivně ovlivňuje druhové složení a strukturu lesa. Voděradské bučiny je rozsáhlé území tvořené téměř čistými bučinami, které vznikly z tzv. třífázové clonné seče, která se začala používat podle nové lesnické instrukce v roce 1838. Přesto můžeme v daném území nalézt i porosty, které se svou strukturou blíží přirozeným porostům (Bílek, 2007a).



Obrázek 1 - Mapa NPR Voděradské bučiny

(Zdroj: www.ochranaprirody.cz)

NPR Voděradské bučiny se nachází v oblasti středočeského masivu intruzivního, tzv. středočeského plutonu, zemí se nachází v Benešovské pahorkatině, na rozhraní podoblastí Říčanská plošina a Mnichovické pahorkatiny, v nadmořské výšce 345–501 m.n.m. Hydrograficky se území nachází v povodí Sázavy. Vyskytují se zde algonkiacké horniny s příměsí hornin staršího paleozoika (ordoviku a siluru), Z pedologického hlediska se zde vyskytují hlavně kambizemně oligotrofní a mezotrofní, dále kambizemně dystrické a podzolové až podzoly. Podkladem jsou říčanské žuly, méně často břidlice a pískovce, u vodních toků aluviální sedimenty. Část území je překryta spraší a sprašovými hlínami (Dvořák, 2011).

Periglaciálními jevy zde vznikaly kamenné moře, suťové proudy, docházelo k mrazovému zvětrávání. Zvláštností čistých bukových porostů je hromadění vrstvy surového humusu. Humifikace opadu v čistých bukových porostech probíhá vlivem výchozí struktury porostů, suššího klimatu a mikroklimatu převážně za anaerobních podmínek s následným nástupem degradace půdy (Plán péče o NPR Voděradské bučiny, 2011).

Průměrná teplota se pohybuje mezi 7 °C-7,5 °C, letní teploty v průměru mezi 13 °C-13,8 °C. Vegetační doba trvá 153 dní. Srážky jsou 600-650 mm ročně. Rozložení srážek je příznivé, 65 % srážek padne ve vegetačním období, převažují větry od západu, výjimečně bořivé i od jihovýchodu. Hranice 500 m.n.m. silně fenologicky ovlivňuje porosty: pozdnější rašení buku, větší srážky, delší trvání sněhové podmínky (Dvořák, 2011).

Převažují bučiny, často i bez příměsí, někdy příměs dubu, habru, topolu a lípy. Dále se zde vyskytují dubohabřiny s příměsí břízy a olše na oglejených stanovištích. Ve starších porostech nacházíme místní ekotyp buku, porosty ve věku 94-103 roků jsou původu jesenického. Buk se dobře zmlazuje, je dominantní dřevinou a můžeme předpokládat, že v mladých porostech i přes dosadby materiálem cizí provenience, převládá domácí ekotyp. Přirozeným zmlazením se úspěšně daří přeměňovat smrkové porosty s jednotlivě přimíšeným bukem, přesto i smrk je zde původní dřevina a vyskytuje se zde cenný ekotyp (Plán péče o NPR Voděradské bučiny, 2011).

Tabulka 1 - Vývoj zastoupení dřevin v NPR Voděradské bučiny, zdroj: (Bílek, 2006)

Období Year	Smrk <i>N. spruce</i>	Jedle <i>S. fir</i>	Borovice <i>S. pine</i>	Dub <i>S. oak</i>	Buk <i>E. beech</i>	Habr <i>Hornbeam</i>	Ostatní Other
1650	6 %	44 %	2 %	6 %	33 %	4 %	5 %
1735-1780	6 %	33 %	5 %	6 %	39 %	9 %	2 %
1859	13.5 %	4.5 %	0.3 %	3 %	46.1 %	26.3 %	6.3 %
1936	33.8 %	1.6 %	3 %	9.2 %	35.5 %	7.3 %	9.6 %
1961	30.9 %	1.8 %	2.5 %	10.5 %	38.3 %	6.6 %	9.4 %
1991	34 %	0.9 %	2.2 %	8.6 %	42.4 %	4.3 %	7.6 %

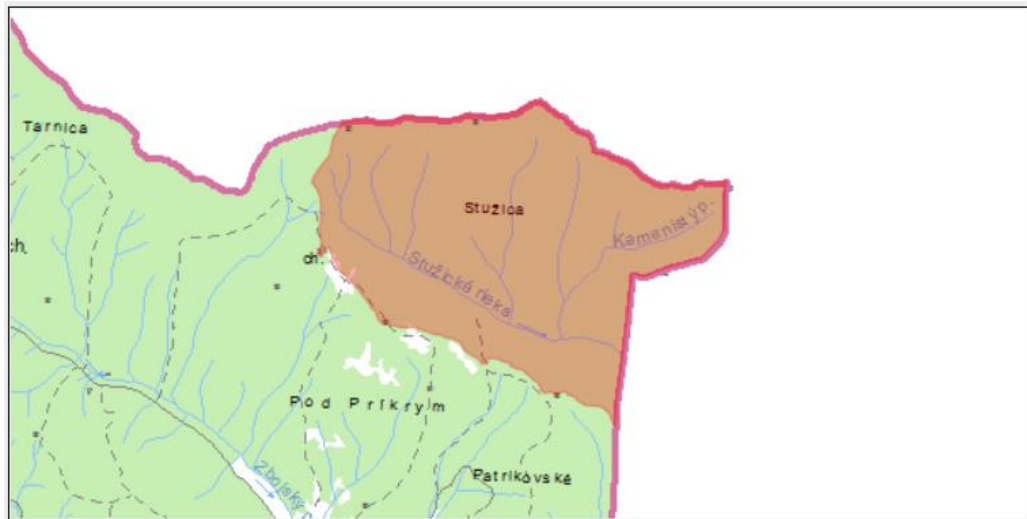
Hlavním důvodem pro vyhlášení NPR byla ochrana rozsáhlejší oblasti starých bukových porostů s původní vegetací, smíšených porostů s přirozenou druhovou skladbou a zajímavých geomorfologických periglaciálních jevů z počátku čtvrtohor. Rezervace byla původně od svého založení v roce 1955 rozdělena na dvě části – „rezervaci úplnou“ a „rezervaci částečnou“. Na území úplné rezervace byly odstraňovány pouze suché stromy, vývraty a případně napadené stromy, u kterých hrozilo rozvinutí kalamity do okolních porostů, v jedné dílčí části neprobíhaly vůbec žádné zásahy a vývoj byl zcela ponechám přirozeným procesům (Bílek, 2006).

Tato „úplná rezervace“ byla v roce 1971 zrušena a celá plocha NPR byla převedena na „rezervaci řízenou“, kde bylo cílem zachovat přirozený smíšený porost, případně jejich opětovné přiblížení k přirozené druhové a prostorové skladbě. V nedávné době bylo rozhodnuto k opětovnému vytvoření bezzásahové oblasti (60 ha) v horizontu 40-60 let (Bílek, 2006).

Ochrana starých bukových porostů není sice kvůli nerovnoměrnému zastoupení věkových tříd zcela trvale uskutečnitelná, ale procesem řízené postupné obnovy společně s ponecháváním vybraných porostů samovolnému vývoji lze zajistit dlouhodobě udržitelný stav. Většina starých bučin jsou čisté téměř stejnověkové porosty (po r.1860), jsou typickými monokulturami zakládanými vlastníkem lesa s hospodářským cílem produkce palivového dřeva pro plánovanou sklářskou huť nebo huť pro tavbu rud barevných kovů (Plán péče o NPR Voděradské bučiny, 2011).

4.1.2 NPR Stučica

NPR Stučica se nachází na Slovensku v národním park Poloniny v pohoří Bukovské vrchy, na hranicích Slovenska, Ukrajiny a Polska, tedy na rozhraní západních a východních Karpat (Obrázek 2). Rozloha je 761,49 ha (Korpel', 1989). Bukové pralesy Bukovských vrchů se nacházejí v nejvyšších partiích hřebene, který přechází v otevřené Poloniny (Ludvík, 2010). NPR Stučica je největší souvislou pralesní rezervací na Slovensku. Jedná se o zachované původní bukové pralesy s významným genofondem původních ekotypů. NPR se nachází ve 4.-6. LVS, v nadmořské výšce 650-1220 m.n.m. Převažuje jižní expozice svahů (70 %), sklon 20-50 %. Geologickým podkladem jsou slídové pískovce a slínovo – jílové břidlice. Z půdních typů převažují hnědozemě a v hřebenových částech se vyskytují šedozemě na flyšových pískovcích. V oblasti pramení říčka Stučica. Půdy jsou hluboké, mírně humózní, s vyšším obsahem skeletu, dobře zásobené živinami, nerovnoměrně provlhčené. Vyskytuje se zde převážně buk (75 %), dále javor (15 %) a jedle (10 %). Zastoupení jedle je lokálně velmi proměnlivé, od 5 % do 30 %. Jedle běžně dorůstají velmi vysokého věku, a přežívají přes 2 generace buku. Je zde bohaté bylinné patro, s velkým množstvím kapradin (Korpel', 1989).

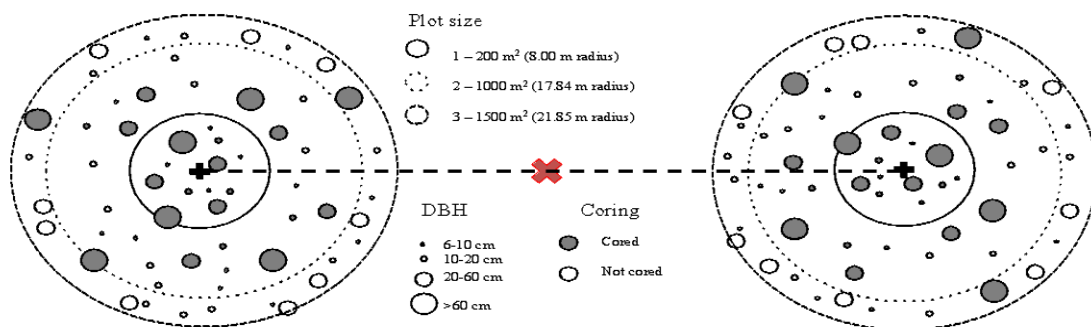


Obrázek 2 - Mapa NPR Stuzica

(zdroj: www.uzemia.enviroportal.sk)

4.1.3 Zkusné plochy a metody měření

Porosty musely splňovat tato kritéria: zastoupení buku nad 70 %, věk 150+ let, zakmenění 7 a více, minimum hospodářských zásahů v posledních 30 let. V porostech byly vytyčeny dvouplochy (klastry 2 výzkumných ploch). Výzkumné plochy měly poloměr 21,85 m, plochu 1500 m² (Obrázek 3). Ze středu klastru (40 m na každou stranu) po vrstevnici byly zaměřeny středy dvou výzkumných ploch. Od středu na sever orientovaná plocha je vždy označená jako podplocha 1, na druhou stranu podplocha 2. Plochy byly zaměřeny pomocí buzoly a vertexu. Dále byly označeny středy ploch a zaznamenány obecné charakteristiky o plochách: svažitosť, expozice, topografické charakteristiky-landform, hillform.



Obrázek 3 - Zkusné plochy

Zdroj: Metodika KEL CZU CZ (2018)

Na kruhové trvalé výzkumné ploše (1500 m²) se očíslovaly všechny stromy (živé, mrtvé, souše) s výčetní tloušťkou ≥ 6 cm, dále pahýly, které měly minimálně 20 cm v průměru ve výšce 0,3 m nad zemí, a všechny čerstvě vyvrácené stromy s výčetní tloušťkou ≥ 20 cm. Rozsáhlejší popis kritérií je v příloze 1.

Zaznamenávaly se tyto strukturní parametry:

1. Výčetní tloušťka (průměr ve 130 cm nad zemí) v mm.
2. Druh
3. Stav stromu (status) (živý, mrtvý, pahýl)
4. Růst/Growth pattern (uvolněný nebo potlačený):
5. Etáž/Vrstva (stromové patro)
6. Rozklad
7. Výška mrtvého stojícího stromu nebo souše
8. Výška stromu
9. Obnova (zmlazení)
10. Mrtvé dřevo
11. Popis mikrostanovišť

Přírozená obnova (zmlazení) byla zaznamenávána na 5 podploškách (2x2m), které ležely na transektech v azimutu: 0 °, 72 °, 144 °, 216 ° a 288 ° ve vzdálenosti 12,1 m od středu zkusné plochy. Údaje z podplošek byly přepočteny na ha. Na těchto podploškách bylo zaznamenáno veškeré zmlazení a zařazeno do výškových tříd:

- 0-0.5 m
- 0.5-1.3 m
- 1.3-2.5 m
- >2.5 m a DBH <6 cm

K tomu bylo proveden odhad zmlazení na celé ploše a jeho přepočet na ha.

Mrtvé dřevo bylo zaznamenáváno na pěti 20 m dlouhých transektech v azimutu: 0°, 72°, 144°, 216° a 288°. Všechna protnutí ležícího (<45°) mrtvého dřeva s průměrem $d_i \geq 6$ cm byla zaznamenána. Měřil se průměr d_i v mm a stupeň rozkladu, podle kategorií:

1 – zcela v kůře, alespoň místy živé lýko, bodec (nůž) se zapíchne do hloubky max. 0,5 cm;

2 – dřevo tvrdé – hloubka zápichu 1-2 cm, většina kůry zachovalá, ale žádné čerstvé lýko;

3 – dřevo částečně rozložené (zvenku nebo uvnitř) – hloubka zápichu 3-5 cm (od původního povrchu běli), velké kusy kůry obvykle uvolněné až bez kůry;

4 – většina dřeva měkká – celá čepel (15-20 cm) proniká do dřeva (běli), obvykle bez kůry, části dřeva odpadlé (někde může zůstat jen tvrdší vnitřek);

5 – dřevo velmi měkké (rozpadává se, když je zvedáno) a kopíruje terén, kmen pokrytý terestrickými mechorosty a lišejníky, nebo jím začíná prorůstat vegetace.

Výpočet objemu mrtvého dřeva byl proveden podle (Van Wagner, 1968):

$$V_{HL(j)} m^3 \cdot ha^{-1} = \frac{\pi^2}{8 \cdot (4L)} \sum_{i=1}^m d_i^2 = \frac{0,308425}{L} \sum_{i=1}^m d_i^2$$

Ke statistickému vyhodnocení byly využity počítačové programy Statistica 12 a R 3.5.2.

4.1.4 Stanovení hypotéz

V rámci výzkumu byly stanoveny 3 základní hypotézy:

1. Přírodní bučiny jsou strukturně bohatší než přestárlé kulturní bučiny.
2. V přírodních bučinách je větší množství přirozené obnovy než v přestárlých kulturních bučinách.
3. V přírodních bučinách je větší množství mrtvého dřeva než v přestárlých kulturních bučinách.

5 Výsledky

5.1 Strukturní parametry

5.1.1 Zastoupení dřevin

Tabulka 2 - Zastoupení dřevin v NPR Voděradské bučiny – počet jedinců (N/ha)

Lokalita	<i>Fagus sylvatica</i>	Celkový součet
ČR_KOST_010	180	180
ČR_KOST_020	317	317
ČR_KOST_030	313	313
ČR_KOST_040	320	320
ČR_KOST_050	233	233
ČR_KOST_060	267	267
ČR_KOST_070	187	187
Celkový součet N	1817	1817
% zastoupení z celkového počtu jedinců N v souboru	100%	

Tabulka 3 - Zastoupení dřevin v NPR Stučica – počet jedinců (N/ha)

Lokalita	<i>Abies alba</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	Celkový součet
SLO_STU_010	0	7	723	730
SLO_STU_020	37	0	563	600
SLO_STU_021	0	3	537	540
SLO_STU_031	57	0	427	483
SLO_STU_032	7	7	467	480
SLO_STU_035	53	10	450	513
SLO_STU_036	50	0	413	463
Celkový součet N	203	27	3580	3810
% zastoupení z celkového počtu jedinců N v souboru	5,3	0,7	94,0	

Z hlediska zastoupení dřevin na obou lokalitách významně převažuje buk, přesto jsou zde na první pohled patrné rozdíly mezi zkoumanými soubory. V NPR Stučica je z celkového počtu jedinců zastoupen *Fagus sylvatica* 93,96 %, *Abies alba* 5,34 %, *Acer pseudoplatanus* 0,70 %, oproti tomu na NPR Voděradské bučiny je v celém souboru zastoupen pouze *Fagus sylvatica* 100 %.

5.1.2 Stav stromů (Status)

Tabulka 4 - Stav stromů v NPR Stučica – počet jedinců (N/ha)
 (0 – pařez ze stromu, který byl pokácen, 1 – živý bez poškození, 2 – živý s poškozením koruny (zlom v koruně), 3 – živý se zlomeným kmenem (vyšší než 1,3 m), 4 – živý vyvrácený strom, 10 – pahýl pod 1,3 m, 11 – mrtvý bez poškození, 12 – mrtvý se poškozením koruny (zlom v koruně), 13 – mrtvý se zlomeným kmenem (vyšší než 1,3 m))

Lokalita	Živé					Mrtvé			
	0	1	2	3	4	10	11	12	13
SLO STU 010	7	653	33	0	0	20	0	10	7
SLO STU 020	30	503	20	20	7	0	0	20	0
SLO STU 021	10	370	87	33	7	3	7	20	3
SLO STU 031	10	383	37	3	3	7	13	23	3
SLO STU 032	7	390	23	10	3	0	3	43	0
SLO STU 035	7	387	20	0	0	27	7	43	23
SLO STU 036	3	353	30	3	0	0	0	63	10
Celkový součet N	73	3040	250	70	20	57	30	223	47
% zastoupení z celkového počtu jedinců N v souboru	1,9	79,8	6,6	1,8	0,5	1,5	0,8	5,9	1,2

Tabulka 5 - Stav stromů v NPR Voděradské bučiny – počet jedinců (N/ha)
 (0 – pařez ze stromu, který byl pokácen, 1 – živý bez poškození, 2 – živý s poškozením koruny (zlom v koruně), 3 – živý se zlomeným kmenem (vyšší než 1,3 m), 4 – živý vyvrácený strom, 10 – pahýl pod 1,3 m, 11 – mrtvý bez poškození, 12 – mrtvý s poškozením koruny (zlom v koruně), 13 – mrtvý se zlomeným kmenem (vyšší než 1,3 m))

Lokalita	Živé					Mrtvé			
	0	1	2	3	4	10	11	12	13
ČR KOST 010	0	163	0	3	0	0	10	3	3
ČR KOST 020	0	307	0	3	0	3	0	3	3
ČR KOST 030	0	300	0	3	0	3	7	0	0
ČR KOST 040	0	300	7	10	0	0	3	0	0
ČR KOST 050	0	223	0	3	0	0	7	0	0
ČR KOST 060	0	260	0	0	0	0	7	0	0
ČR KOST 070	0	187	0	0	0	0	0	0	0
Celkový součet	0	1740	7	23	0	0	33	7	7
% zastoupení z celkového počtu jedinců N v souboru	0,0	95,8	0,4	1,3	0,0	0,0	1,8	0,4	0,4

Stav stromů byl rozdělen do 10 kategorií. V NPR Stužica bylo z celkového počtu stromů v souboru 79,8 % živých stromů bez poškození, 6,6 % živých s poškozením koruny, 1,8 % živých se zlomeným kmenem (vyšší než 1,3 m), 0,5 % živých vyvrácených kmenů. Ze stojícího mrtvého dřeva bylo zaznamenáno 5,9 % mrtvých stromů s poškozením koruny, 1,5 % pahýlů (pod 1,3 m), 1,2 % mrtvých stromů se zlomeným kmenem (vyšší než 1,3 m) a 0,8 % mrtvých bez poškození.

V NPR Voděradské bučiny bylo z celkové počtu stromů v souboru 95,8 % živých stromů bez poškození, 1,3 % živých se zlomeným kmenem (vyšší než 1,3 m), 0,4 % živých stromů s poškozením koruny. U stojícího mrtvého dřeva se vyskytovalo 1,8 % mrtvých stromů bez poškození, 0,4 % mrtvých stromů se zlomeným kmenem (vyšší než 1,3 m) a 0,4 % mrtvých stromů s poškozením koruny.

5.1.3 Prostorová struktura porostu

5.1.3.1 Uvolnění/potlačení stromů v zápoji (growth pattern)

U NPR Stužica byl poměr počtu uvolněných a utlačených stromů téměř vyrovnaný (43,9 % potlačených / 44,1 % uvolněných), u 12 % stromů nebylo možné postavení v zápoji určit, protože se jedná o stromy, které se z důvodu svého stavu do korunového zápoje nijak nepromítají (zlomené, vyvrácené atd.). U NPR Voděradské bučiny převažovaly stromy potlačené 72,8 % a pouze 22,9 % stromů bylo uvolněných, u 4,2 % nebylo možné postavení v zápoji určit, protože se jedná o stromy, které se z důvodu svého stavu do korunového zápoje nijak nepromítají (zlomené, vyvrácené atd.).

Tabulka 6 – Uvolnění / potlačení stromů v NPR Stužica – počet jedinců (N/ha) (0 – potlačený, 1 – uvolněný, NA – nehodnoceno)

Lokalita	0	1	NA
SLO STU 010	400	287	43
SLO STU 020	237	303	60
SLO STU 021	307	190	43
SLO STU 031	227	190	67
SLO STU 032	203	220	57
SLO STU 035	237	170	107
SLO STU 036	63	320	80
Celkový součet N	1673	1680	457
% zastoupení z celkového počtu jedinců N v souboru.	43,9	44,1	12,0

Tabulka 7 – Uvolnění / potlačení stromů v NPR Voděradské bučiny – počet jedinců (N/ha) (0 – potlačený, 1 – uvolněný, NA – nehodnoceno)

Lokalita	0	1	NA
ČR KOST 010	117	47	17
ČR KOST 020	213	93	10
ČR KOST 030	250	50	13
ČR KOST 040	247	53	20
ČR KOST 050	137	87	10
ČR KOST 060	223	37	7
ČR KOST 070	137	50	0
Celkový součet N	1323	417	77
% zastoupení z celkového počtu jedinců N v souboru	72,8	22,9	4,2

5.1.3.2 Etáž (stromové patro)

V NPR Stučica se z celkového počtu stromů v souboru 26,5 % stromů nacházelo v horní etáži, 16,6 % střední etáži a 45,0 % v spodní etáži, u 11,9 % stromů nebylo možné etáž určit, protože se jednalo o stavy stromů bez vlivu na jednotlivé etáže (např. vývraty). V NPR Voděradské bučiny bylo z celkového počtu stromů v souboru 87,3 % stromů v horní etáži, 6,6 % ve střední etáži a 1,8 % v spodní etáži, u 4,2 % stromů nebylo možné etáž určit, protože se jednalo o stavy stromů bez vlivu na jednotlivé etáže (např. vývraty).

Tabulka 8 - *Stromová patra v NPR Stučica – počet jedinců (N/ha)*

(11 – horní etáž, 12 – střední etáž, 13 – spodní etáž)

Lokalita	11	12	13	NA
SLO_STU_010	213	167	307	43
SLO_STU_020	137	70	333	60
SLO_STU_021	157	83	257	43
SLO_STU_031	93	87	240	63
SLO_STU_032	167	57	200	57
SLO_STU_035	157	120	130	107
SLO_STU_036	87	50	247	80
Celkový součet N	1010	633	1713	453
% zastoupení z celkového počtu jedinců N v souboru	26,5	16,6	45,0	11,9

Tabulka 9 - *Stromová patra v NPR Voděradské bučiny – počet jedinců (N/ha)*

(11 – horní etáž, 12 – střední etáž, 13 – spodní etáž)

Lokalita	11	12	13	NA
ČR_KOST_010	140	3	20	17
ČR_KOST_020	273	33	0	10
ČR_KOST_030	263	33	3	13
ČR_KOST_040	260	40	0	20
ČR_KOST_050	223	0	0	10
ČR_KOST_060	240	10	10	7
ČR_KOST_070	187	0	0	0
Celkový součet N	1587	120	33	77
% zastoupení z celkového počtu jedinců N v souboru	87,3	6,6	1,8	4,2

5.1.3.3 Tloušťka stromů (mm)

Popisné statistické hodnocení bylo rozděleno na živé a mrtvé stromy.

V NPR Stučica byla průměrná tloušťka živých stromů 267,74(±218,79) mm, minimální tloušťka 60 mm a maximální tloušťka 1200 mm. V NPR Voděradské bučiny byla průměrná tloušťka živých stromů 456,57(±127,47) mm, minimální tloušťka 70 mm a maximální tloušťka 840 mm.

Tabulka 10 – Tloušťka živých stromů na lokalitách NPR Stučica (mm) (N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Lokalita	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
SLO_STU_010	196	244,66	163,17	61	120,75	183,5	327,5	920	859	206,75
SLO_STU_020	151	229,17	222,92	61	80,5	108	312	897	836	231,5
SLO_STU_021	111	290,90	218,46	64	126,5	190	424,5	811	747	298
SLO_STU_031	115	291,78	243,83	61	128,5	185	373,5	1200	1139	245
SLO_STU_032	117	323,04	259,56	60	96	233	514	990	930	418
SLO_STU_035	116	307,75	205,99	66	144	234	434,25	1038	972	290,25
SLO_STU_036	106	210,21	215,80	60	68,25	105,5	249,75	924	864	181,5

Tabulka 11 - Tloušťka živých stromů na lokalitách NPR Voděradské bučiny (mm) (N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Lokalita	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
ČR_KOST_010	49	546,33	193,79	70	460	600	690	840	770	230
ČR_KOST_020	92	449,02	106,33	250	370	430	512,5	820	570	142,5
ČR_KOST_030	90	422,78	98,64	150	362,5	420	477,5	730	580	115
ČR_KOST_040	90	422,44	114,52	220	340	410	507,5	760	540	167,5
ČR_KOST_050	67	426,42	101,93	260	355	400	490	720	460	135
ČR_KOST_060	78	464,10	128,30	70	392,5	465	540	760	690	147,5
ČR_KOST_070	56	525,18	113,75	310	417,5	520	630	710	400	212,5

Tabulka 12 - Tloušťka živých stromů souhrnně (mm) (N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Soubor	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
NPR Stučica	912	267,74	218,79	60	100	174	379,25	1200	1140	279,25
NPR Voděradské bučiny	522	456,57	127,47	70	370	440	540	840	770	170

V NPR Stučica byla průměrná tloušťka mrtvých stromů 296,24(±260,95) mm, minimální tloušťka 63 mm a maximální tloušťka 1290 mm. V NPR Voděradské bučiny byla průměrná tloušťka mrtvých stromů 432,61(±154,63) mm, minimální tloušťka 230 mm a maximální tloušťka 830 mm.

Tabulka 13 - *Tloušťka mrtvých stromů na lokalitách NPR Stučica (mm)*

(*N* – počet hodnot, *mean* – průměr, *sd* – výběrová směrodatná odchylka, *min* – minimální hodnota, *Q1* – 1. kvartil, *median*, *Q3* – 3. kvartil, *max* – maximální hodnota, *range* – variační rozpětí, *IQR* – mezikvartilové rozpětí)

Lokalita	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
SLO_STU_010	23	234,96	226,52	63	95	145	201	825	762	106
SLO_STU_020	29	363,24	302,68	66	112	272	620	1105	1039	508
SLO_STU_021	51	197,57	153,90	68	111	138	226	859	791	115
SLO_STU_031	30	346,60	259,02	77	136,25	216	564	784	707	427,75
SLO_STU_032	27	272,56	261,40	65	110,5	138	343,5	980	915	233
SLO_STU_035	38	245,87	253,91	65	112,5	168	238,5	1290	1225	126
SLO_STU_036	33	464,15	298,17	88	173	440	763	954	866	590

Tabulka 14 - *Tloušťka mrtvých stromů na lokalitách NPR Voděradské bučiny (mm)*

(*N* – počet hodnot, *mean* – průměr, *sd* – výběrová směrodatná odchylka, *min* – minimální hodnota, *Q1* – 1. kvartil, *median*, *Q3* – 3. kvartil, *max* – maximální hodnota, *range* – variační rozpětí, *IQR* – mezikvartilové rozpětí)

Lokalita	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
ČR_KOST_010	5	656,00	138,85	500	530	690	730	830	330	200
ČR_KOST_020	3	400,00	103,92	340	340	340	430	520	180	90
ČR_KOST_030	4	380,00	45,46	320	365	385	400	430	110	35
ČR_KOST_040	6	298,33	41,67	230	292,5	300	307,5	360	130	15
ČR_KOST_050	3	460,00	121,66	320	420	520	530	540	220	110
ČR_KOST_060	2	390,00	70,71	340	365	390	415	440	100	50
ČR_KOST_070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 15 - *Tloušťka mrtvých stromů souhrnně (mm)*

(*N* – počet hodnot, *mean* – průměr, *sd* – výběrová směrodatná odchylka, *min* – minimální hodnota, *Q1* – 1. kvartil, *median*, *Q3* – 3. kvartil, *max* – maximální hodnota, *range* – variační rozpětí, *IQR* – mezikvartilové rozpětí)

Soubor	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
NPR Stučica	231	296,24	260,95	63	112,5	172	377,5	1290	1227	265
NPR Voděradské bučiny	23	432,61	154,63	230	320	380	520	830	600	200

5.1.3.4 Kruhová základna (BA)

Kruhová základna je vypočtena z tloušťky pomocí vzorce: $BA = \frac{\pi}{4} * d^2$

Popisné statistické hodnocení bylo rozděleno na živé a mrtvé stromy.

V NPR Stučica byla průměrná kruhová základna živých stromů 0,09386 ($\pm 0,14592$) m², minimální tloušťka 0,00283 m² a maximální tloušťka 1,13097 m². V NPR Voděradské bučiny byla průměrná kruhová základna živých stromů 0,17646 ($\pm 0,09543$) m², minimální tloušťka 0,00385 m² a maximální tloušťka 0,55418 m².

Tabulka 16 - Kruhová základna živých stromů na lokalitách NPR Stučica (m²) (N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Lokalita	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
SLO_STU_010	196	0,06782	0,09295	0,00292	0,01146	0,02645	0,08424	0,66476	0,66184	0,07278
SLO_STU_020	151	0,08002	0,13537	0,00292	0,00509	0,00916	0,07652	0,63194	0,62902	0,07143
SLO_STU_021	111	0,10361	0,13863	0,00322	0,01257	0,02835	0,14166	0,51657	0,51335	0,12909
SLO_STU_031	115	0,11316	0,18970	0,00292	0,01297	0,02688	0,10958	1,13097	1,12805	0,09661
SLO_STU_032	117	0,13442	0,18090	0,00283	0,00724	0,04264	0,20750	0,76977	0,76694	0,20026
SLO_STU_035	116	0,10742	0,14351	0,00342	0,01630	0,04301	0,14813	0,84622	0,84280	0,13184
SLO_STU_036	106	0,07094	0,14139	0,00283	0,00366	0,00874	0,04899	0,67055	0,66772	0,04534

Tabulka 17 – Kruhová základna živých stromů na lokalitách NPR Voděradské bučiny (m²) (N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Lokalita	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
ČR_KOST_010	49	0,26331	0,14061	0,00385	0,16619	0,28274	0,37393	0,55418	0,55033	0,20774
ČR_KOST_020	92	0,16713	0,08195	0,04909	0,10752	0,14522	0,20630	0,52810	0,47901	0,09878
ČR_KOST_030	90	0,14794	0,06731	0,01767	0,10322	0,13854	0,17909	0,41854	0,40087	0,07587
ČR_KOST_040	90	0,15035	0,08140	0,03801	0,09079	0,13203	0,20230	0,45365	0,41564	0,11151
ČR_KOST_050	67	0,15085	0,07475	0,05309	0,09900	0,12566	0,18866	0,40715	0,35406	0,08966
ČR_KOST_060	78	0,18193	0,09094	0,00385	0,12101	0,16984	0,22902	0,45365	0,44980	0,10801
ČR_KOST_070	56	0,22660	0,09411	0,07548	0,13691	0,21237	0,31172	0,39592	0,32044	0,17481

Tabulka 18 – *Kruhová základna živých stromů souhrnně (m²)*
(N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Soubor	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
NPR Stučica	912	0,09386	0,14592	0,00283	0,00785	0,02378	0,11297	1,13097	1,12814	0,10512
NPR Voděradské bučiny	522	0,17646	0,09543	0,00385	0,10752	0,15205	0,22902	0,55418	0,55033	0,12150

V NPR Stučica byla průměrná kruhová základna mrtvých stromů 0,12218(±0,20233) m², minimální tloušťka 0,00312 m² a maximální tloušťka 1,30698 m². V NPR Voděradské bučiny byla průměrná tloušťka mrtvých stromů 0,16495(±0,12667) m², minimální tloušťka 0,04155 m² a maximální tloušťka 0,54106 m².

Tabulka 19 - *Kruhová základna mrtvých stromů na lokalitách NPR Stučica (m²)*
(N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Lokalita	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
SLO_STU_010	23	0,08191	0,14508	0,00312	0,00709	0,01651	0,03173	0,53456	0,53144	0,02464
SLO_STU_020	29	0,17310	0,24902	0,00342	0,00985	0,05811	0,30191	0,95899	0,95557	0,29206
SLO_STU_021	51	0,04889	0,09706	0,00363	0,00968	0,01496	0,04018	0,57953	0,57590	0,03050
SLO_STU_031	30	0,14529	0,17722	0,00466	0,01458	0,03676	0,24992	0,48275	0,47809	0,23534
SLO_STU_032	27	0,11002	0,19103	0,00332	0,00959	0,01496	0,09536	0,75430	0,75098	0,08577
SLO_STU_035	38	0,09678	0,24895	0,00332	0,00995	0,02217	0,04468	1,30698	1,30366	0,03473
SLO_STU_036	33	0,23691	0,23234	0,00608	0,02351	0,15205	0,45723	0,71480	0,70872	0,43372

Tabulka 20 – *Kruhová základna mrtvých stromů na lokalitách NPR Voděradské bučiny (m²) (N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)*

Lokalita	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
ČR KOST 010	5	0,35010	0,14328	0,19635	0,22062	0,37393	0,41854	0,54106	0,34471	0,19792
ČR KOST 020	3	0,13132	0,07019	0,09079	0,09079	0,09079	0,15158	0,21237	0,12158	0,06079
ČR KOST 030	4	0,11463	0,02665	0,08042	0,10516	0,11644	0,12590	0,14522	0,06480	0,02074
ČR KOST 040	6	0,07104	0,01929	0,04155	0,06721	0,07069	0,07428	0,10179	0,06024	0,00707
ČR KOST 050	3	0,17394	0,08141	0,08042	0,14640	0,21237	0,22070	0,22902	0,14860	0,07430
ČR KOST 060	2	0,12142	0,04332	0,09079	0,10611	0,12142	0,13674	0,15205	0,06126	0,03063
ČR KOST 070	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tabulka 21 – *Kruhová základna mrtvých stromů souhrnně (m²) (N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)*

Soubor	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
NPR Stučica	231	0,12218	0,20233	0,00312	0,00994	0,02324	0,11193	1,30698	1,30386	0,10199
NPR Voděradské bučiny	23	0,16495	0,12667	0,04155	0,08042	0,11341	0,21237	0,54106	0,49951	0,13195

5.1.3.5 Výška živých stromů.

Byly zaznamenány výšky 15 stromů na každé zkušné ploše. Průměrná výška živých stromů na lokalitě NPR Stučica byla 23,78(±8,51) m , maximální změřená výška byla 42,4 m, v NPR Voděradské bučiny byla průměrná výška živých stromů 30,74(±6,40) m, maximální změřená výška byla 39,8 m. Pro statistické hodnocení a následné porovnání výšek mrtvých stromů nebyl v souboru NPR Stučica dostatek údajů.

Tabulka 22 - Výška živých stromů na lokalitách v NPR Stučica (m)
(N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Lokalita	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
SLO_STU_010	30	19,77	4,50	8,2	17,925	20,85	22,6	27,4	19,2	4,675
SLO_STU_020	29	25,08	8,77	6,1	20,1	28	31,2	35,8	29,7	11,1
SLO_STU_021	31	20,95	5,54	7,2	17,85	21,5	24,5	32,1	24,9	6,65
SLO_STU_031	30	23,29	5,68	11,4	20,1	24,7	27,5	33,5	22,1	7,4
SLO_STU_032	31	29,84	10,28	6,2	25,25	34,1	36,35	42,4	36,2	11,1
SLO_STU_035	30	22,42	6,82	3,5	20,05	23,2	26,075	32,4	28,9	6,025
SLO_STU_036	30	25,06	11,84	4,2	12,475	27,3	34,625	41,2	37	22,15

Tabulka 23 - Výška živých stromů na lokalitách v NPR Voděradské bučiny (m)
(N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Lokalita	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
ČR_KOST_010	31	29,33	10,76	6,1	27,45	33,8	36,85	39,8	33,7	9,4
ČR_KOST_020	29	31,41	4,48	23,9	27,6	32	36	37,5	13,6	8,4
ČR_KOST_030	29	28,68	4,38	13,5	26,7	29,6	31,9	33,6	20,1	5,2
ČR_KOST_040	29	31,98	5,87	19,1	27,8	34,4	36,5	38,6	19,5	8,7
ČR_KOST_050	28	30,36	4,15	21,4	28,775	31	32,8	36,1	14,7	4,025
ČR_KOST_060	29	29,69	7,34	6,9	28,2	31,2	33,3	38,8	31,9	5,1
ČR_KOST_070	31	33,62	3,40	24,3	32,05	33,9	36,45	38,1	13,8	4,4

Tabulka 24 - Výška živých stromů souhrnně (m)
(N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Soubor	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
NPR Stučica	211	23,78	8,51	3,5	18,45	24	29,75	42,4	38,9	11,3
NPR Voděradské bučiny	206	30,74	6,40	6,1	28,275	32,05	35,05	39,8	33,7	6,775

5.1.3.6 Statistické vyhodnocení 1. hypotézy

Definice základní hypotézy: Přírodní bučiny budou strukturně bohatší než přestárlá kulturní bučina.

Soubor NPR Stužica reprezentuje přírodní bučiny a soubor NPR Voděradské bučiny reprezentuje přestárlé kulturní bučiny. Určení strukturní bohatosti bučin je komplexní problém, a proto byla provedena série různých testů, na jejichž základě byla hypotéza vyhodnocena. Postupně se testovalo, zda:

- a) existuje rozdíl u tloušťky stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou
 - průměru / mediánu, rozptylu
 - všechny stromy, živé stromy, mrtvé stromy
- b) existuje rozdíl v kruhové základně (basal area) mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou
 - průměru / mediánu, rozptylu
 - všechny stromy, živé stromy, mrtvé stromy
- c) existuje rozdíl ve výšce stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou
 - živé stromy
- d) se liší počet mrtvých stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou
- e) se liší počet uvolněných a utlačených stromů (growth pattern) mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou

Pro každý test byla vypracována základní popisná statistika obsahující tabulky a grafy, které následovaly statistické testy.

A. Existuje rozdíl u tloušťky stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou?

Srovnání rozdílů mezi přírodními a přestárlými kulturními bučinami bylo provedeno pro všechny stromy (celý soubor) a dále pro dvě podmnožiny, a to pro živé a mrtvé stromy. Pro ověření této hypotézy byly provedeny dva typy testů – test srovnávající průměry/mediány a test srovnávající rozptyly. Pro správnou volbu testů byl nejdříve proveden test normality, který určil, jestli budou provedeny parametrické testy (předpokládající normalitu) či testy neparametrické.

Popisná statistika – celé soubory

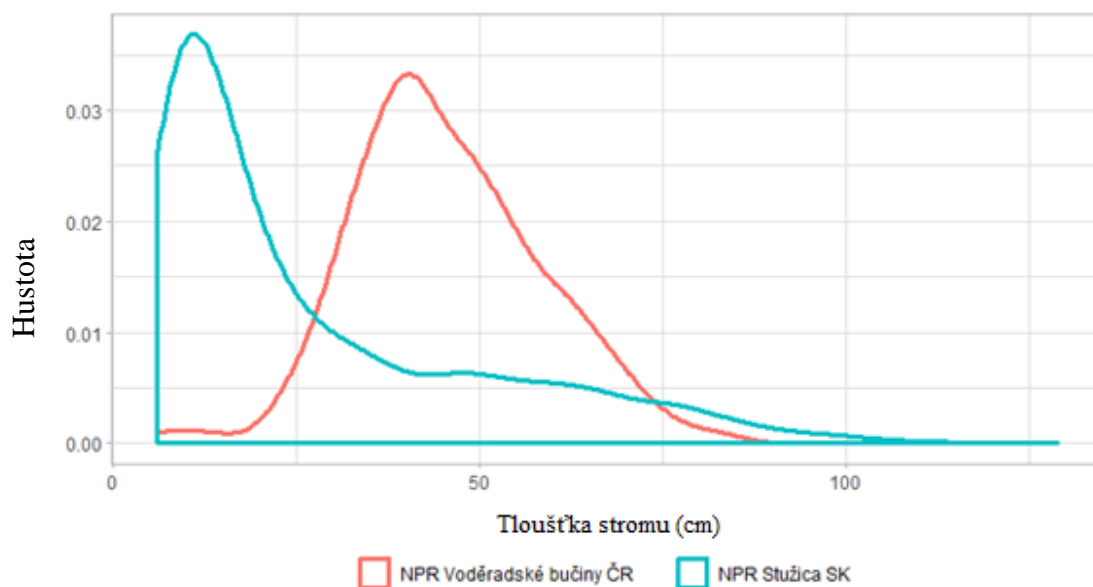
Zde je uvedena pouze základní popisná statistika za celé soubory, rozsáhlejší popisné statistiky pro mrtvé a živé stromy jsou uvedeny výše.

Tabulka 25 - *Tloušťka stromů (cm) v NPR Stučica* – základní popisná statistika (Min. – minimální hodnota, 1Q – 1. kvartil, median, mean – průměr, 3Q – 3. kvartil, Max. – maximální hodnota, sd – výběrová směrodatná odchylka)

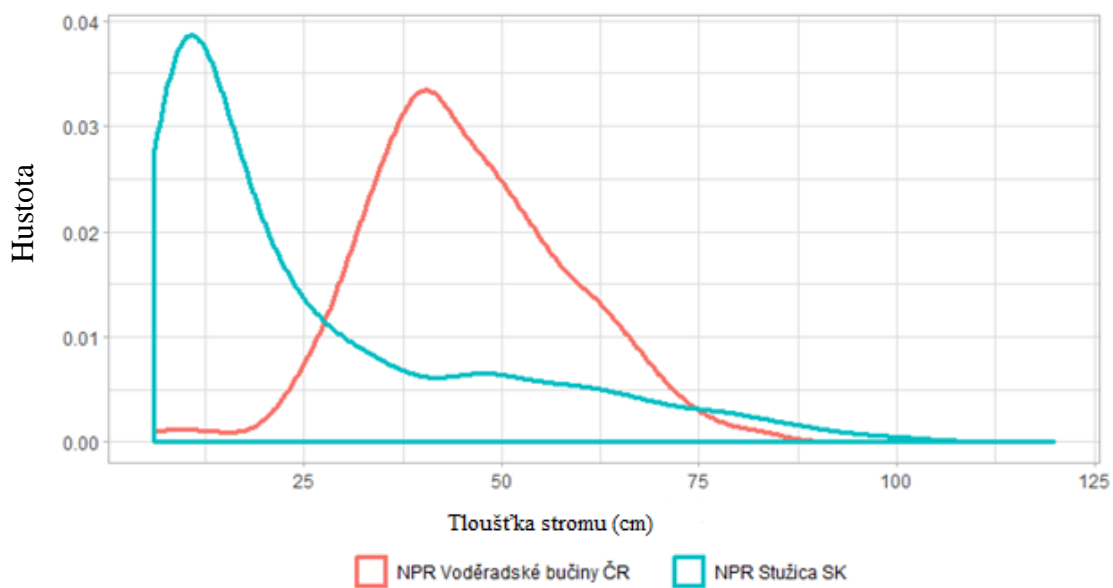
Min.	1Q	Median	Mean	3Q	Max	sd
6,00	10,50	17,30	27,35	37,95	129,00	22,81

Tabulka 26 - *Tloušťka stromů (cm) v NPR Voděradské bučiny* – základní popisná statistika (Min. – minimální hodnota, 1Q – 1. kvartil, median, mean – průměr, 3Q – 3. kvartil, Max. – maximální hodnota, sd – výběrová směrodatná odchylka)

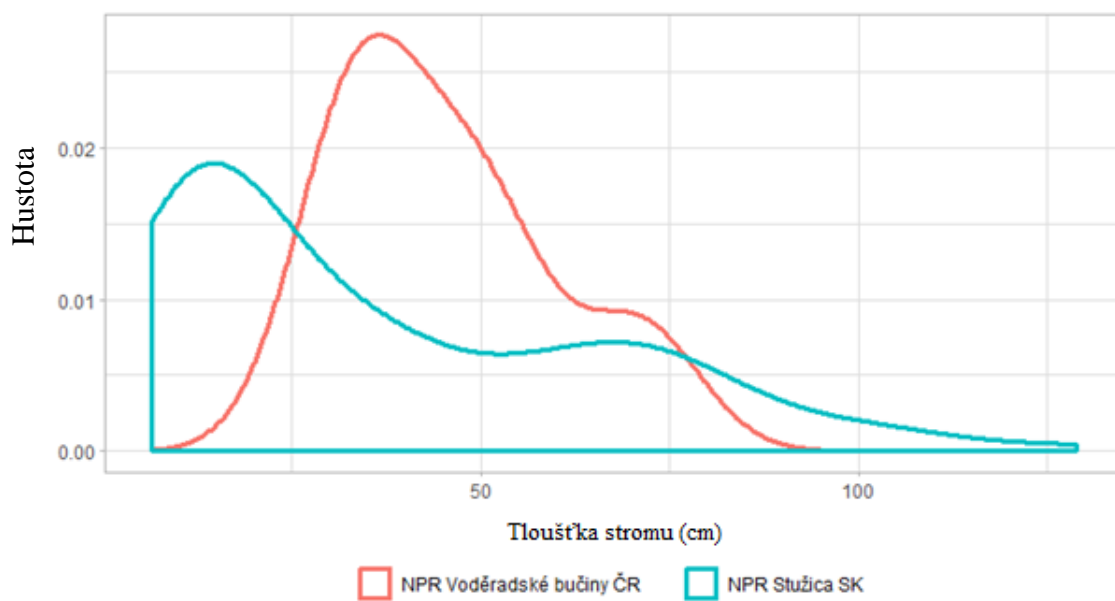
Min.	1Q	Median	Mean	3Q	Max	sd
7,00	37,00	44,00	45,56	54,00	84,00	12,87



Graf 1 - Srovnání neparametrického odhadu hustot proměnné *tloušťka* – celý soubor



Graf 2 - Srovnání neparametrického odhadu hustot proměnné tloušťka – živé stromy



Graf 3 - Srovnání neparametrického odhadu hustot proměnné tloušťka – mrtvé stromy

Statistické testování hypotéz

Pro rozhodnutí o tom, zda budou použity parametrické testy (t-test a F-test) nebo neparametrické, bylo nejdříve potřeba ověřit normalitu obou rozdělení tloušťek. Při jejím porušení není možné použití parametrických testů, neboť t-test i F-test lze použít pouze za předpokladu normality. Tento předpoklad byl formálně otestován Shapiro-Wilkovým testem normality, jehož hypotézy jsou stanoveny následovně:

H0: Výběr pochází z normálního rozložení tloušťek.

H1: Výběr nepochází z normálního rozložení tloušťek.

Hladina významnosti alfa: 0,05

P-hodnota testu pro NPR Voděradské bučiny: 0,0002228

P-hodnota testu pro NPR Stučica: $< 2,2e-16$

Oba testy jednoznačně zamítají normalitu u obou výběrů. Z tohoto důvodu byly všechny tři hypotézy (zahrnující všechny stromy, živé stromy, mrtvé stromy) testovány pomocí neparametrických testů.

Všechny stromy – medián

Vzhledem k tomu, že je porušen předpoklad normality u obou souborů, bylo potřeba použít neparametrické testy pro otestování této hypotézy. Jedná se o Wilcoxonův a Kolmogorov-Smirnovův test. Nulová a alternativní hypotéza pro testování jsou následující:

H0: Tloušťka stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejná.

H1: Tloušťka stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou se liší.

	Wilcoxonův test	Kolmogorov-Smirnovův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	487150	0,61041
P-hodnota testu:	< 2,2e-16	< 2,2e-16

Nulovou hypotézu zamítáme, výsledky obou testů potvrdily, že existuje statisticky významný rozdíl u tloušťky stromů mezi přírodní a kulturní bučinou.

Živé stromy - medián

Z důvodu porušení předpokladu normality u obou souborů byly i zde použity neparametrické testy. Nulová a alternativní hypotéza pro testování jsou následující:

H0: Tloušťka stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejná pro živé stromy.

H1: Tloušťka stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou se liší pro živé stromy.

	Wilcoxonův test	Kolmogorov-Smirnovův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	436330	0,62523
P-hodnota testu:	< 2,2e-16	< 2,2e-16

Nulovou hypotézu jednoznačně zamítají oba testy, existuje statisticky významný rozdíl u tloušťky stromů mezi přirozenou a kulturní bučinou pro kategorii živé stromy.

Mrtvé stromy - medián

Opět z důvodu porušení předpokladu normality byly použity neparametrické testy. Nulová a alternativní hypotéza pro testování jsou následující:

H0: Tloušťka stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejná pro mrtvé stromy.

H1: Tloušťka stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou se liší pro mrtvé stromy.

	Wilcoxův test	Kolmogorov-Smirnovův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	902,5	0,52632
P-hodnota testu:	0,07001	0,004884

Wilcoxův test na hladině významnosti 0,05 nezamítá nulovou hypotézu, naopak Kolmogorov-Smirnovův test prokázal statisticky významný rozdíl obou bučin pro kategorii mrtvé stromy. Nelze tak jednoznačně říct, zda tento rozdíl skutečně existuje či nikoliv.

Závěr hypotézy

Většina testů jednoznačně prokázala, že existuje statisticky významný rozdíl mezi oběma typy bučin, a to celkově, i v rámci kategorií živé a mrtvé stromy. Nicméně u kategorie mrtvé stromy byly výsledky nejednoznačné, avšak nízká hodnota Wilcoxova testu blízka hladině významnosti spíše vede ke stejnému závěru, neboť neparametrické testy mají obvykle nižší sílu testu, a tedy horší schopnost zamítnout neplatnou nulovou hypotézu.

Všechny stromy - rozptyl

Pro testování shody rozptylu byly i zde použity neparametrické testy z důvodu porušení normality, a to Brown-Forsythův test a Fligner-Killeenův test homogenity rozptylů. Podobně jako u testu střední hodnoty (resp. mediánu) i v tomto případě se jedná o robustní varianty F-testu. Hypotézy jsou definovány následovně:

H0: Rozptyl tloušťky stromů mezi přírodní a přestálou kulturní bučinou je stejný.

H1: Rozptyl tloušťky stromů mezi přírodní a přestálou kulturní bučinou se liší.

	Brown-Forsythův test	Fligner-Killeenův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	58,975	30,643
P-hodnota testu:	2,69e-14	3,10e-08

Oba testy jednoznačně zamítají nulovou hypotézu o shodě homogenity rozptylů obou skupin.

Živé stromy - rozptyl

Stejně tak pro kategorii živé stromy byly použity neparametrické testy na shodu rozptylů. Nulová a alternativní hypotéza jsou definovány:

H0: Rozptyl tloušťky stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejný pro živé stromy.

H1: Rozptyl tloušťky stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou se liší pro živé stromy.

	Brown-Forsythův test	Fligner-Killeenův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	48,221	22,524
P-hodnota testu:	5,568e-12	2,08e-06

Obě nulové hypotézy byly opět zamítnuty, oba typy bučin mají rozdílný rozptyl tloušťky živých stromů.

Mrtvé stromy - rozptyl

Také pro kategorii mrtvé stromy byly provedeny dva neparametrické testy. Hypotézy jsou definovány:

H0: Rozptyl tloušťky stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejný pro mrtvé stromy.

H1: Rozptyl tloušťky stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou se liší pro mrtvé stromy.

	Brown-Forsythův test	Fligner-Killeenův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	3,7442	5,095
P-hodnota testu:	0,05527	0,024

Brown-Forsythův test nulovou hypotézu o homogenitě rozptylů nezamítá na rozdíl od Fligner-Killeenova testu, jehož závěr podporuje alternativní hypotézu.

Závěr hypotézy

Většina výsledků testů vedla k zamítnutí nulové hypotézy a potvrzení toho, že se rozptyl tloušťky stromů mezi oběma bučinami liší. Nejednoznačný výsledek byl opět pro kategorii mrtvé stromy, kde pouze druhý (Fligner-Killeenův) test zamítl nulovou hypotézu. Podíváme-li se ale na P-hodnotu prvního testu, můžeme vidět, že je jen o něco málo vyšší než hladina významnosti. Podobně jako u testování mediánu tloušťky stromů i zde je potřeba brát v úvahu, že se jedná o neparametrické testy, a zamítnutí neplatné nulové hypotézy je pro tyto testy obtížnější díky nižší síle testu.

B. Existuje rozdíl v kruhové základně (basal area) mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou?

Testování hypotéz bylo opět provedeno pro všechny stromy (celý soubor) a pro obě podmnožiny, tedy živé a mrtvé stromy. Stejně tak použití testů bylo shodné jako u testování tloušťky stromů, tedy test srovnávající průměry/mediány a test srovnávající rozptyly. Rozhodnutí o použití parametrických či neparametrických testů bylo opět provedeno na základě splnění předpokladů pro parametrické testy, především předpokladu normality, který byl formálně otestován Shapiro-Wilkovým testem. Nejdříve byla provedena základní popisná statistika celého souboru. Podrobná popisná statistika pro živé a mrtvé stromy je uvedena výše.

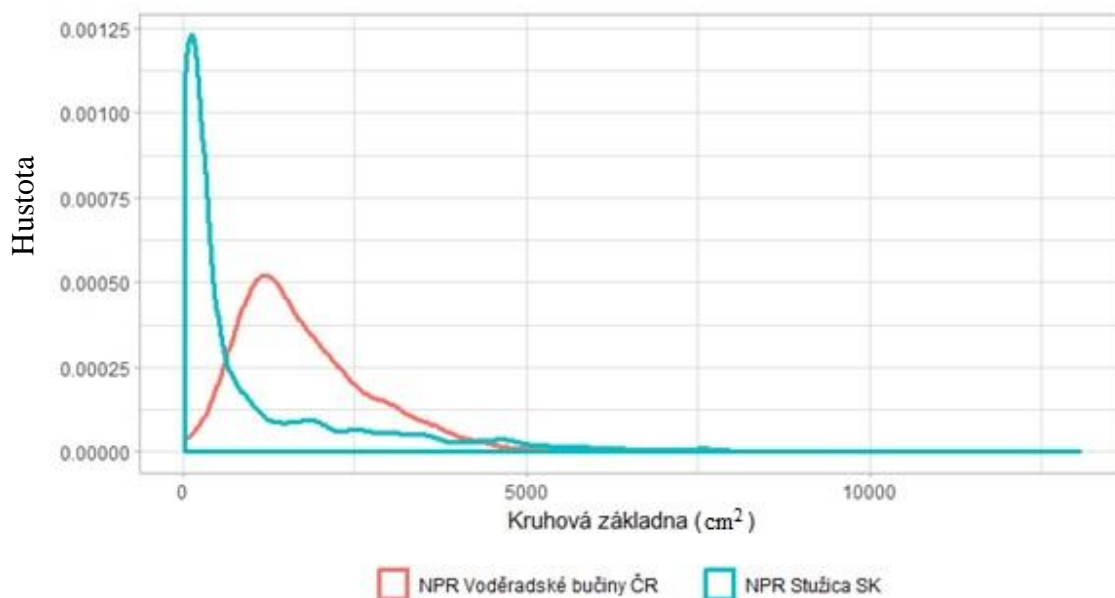
Popisná statistika – celý soubor

Tabulka 27 - Kruhová základna (cm²) v NPR Stučica – základní popisná statistika (Min. – minimální hodnota, 1Q – 1. kvartil, median, mean – průměr, 3Q – 3. kvartil, Max. – maximální hodnota, sd – výběrová směrodatná odchylka)

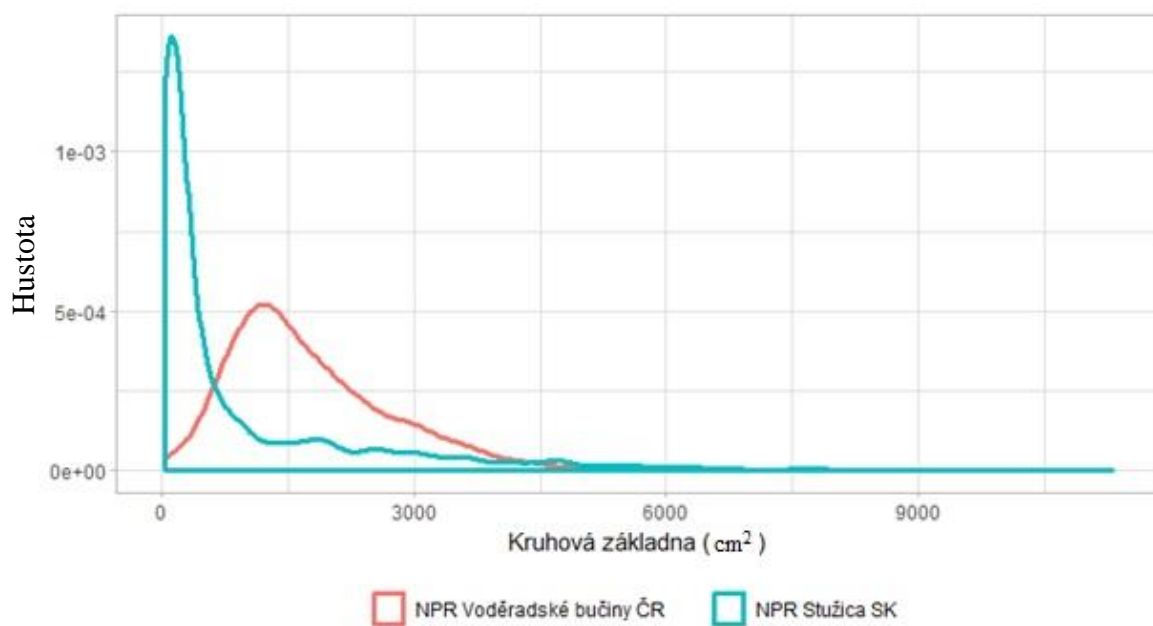
Min.	1Q	Median	Mean	3Q	Max	sd
28,27	86,59	235,06	995,79	1131,13	13069,81	1592,51

Tabulka 28 - Kruhová základna (cm²) v NPR Voděradské bučiny – základní popisná statistika (Min. – minimální hodnota, 1Q – 1. kvartil, median, mean – průměr, 3Q – 3. kvartil, Max. – maximální hodnota, sd – výběrová směrodatná odchylka)

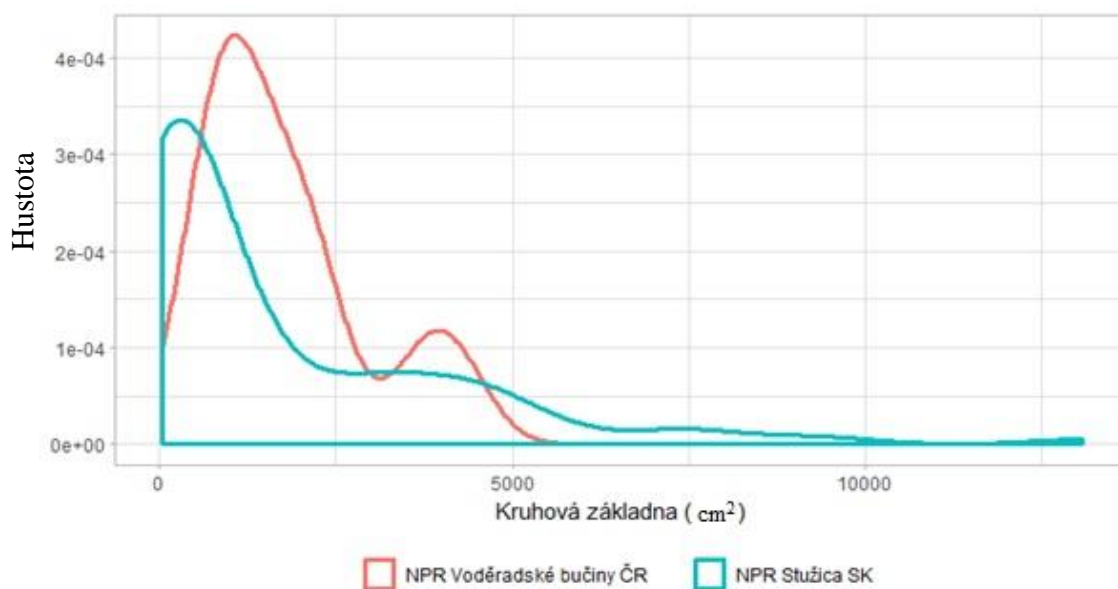
Min.	1Q	Median	Mean	3Q	Max	sd
38,48	1075,21	1520,53	1759,74	2290,22	5541,77	968,34



Graf 4 - Srovnání neparametrického odhadu hustot proměnné kruhová základna – celý soubor



Graf 5 - Srovnání neparametrického odhadu hustot proměnné kruhová základna – živé stromy



Graf 6 - Srovnání neparametrického odhadu hustot proměnné kruhová základna – mrtvé stromy

Statistické testování hypotéz

Opět byl testován předpoklad normality, jehož splnění je nutné pro použití parametrických testů (t-test a F-test). Při nesplnění normality je nutné využít alternativní neparametrické testy. Normalita byla testována Shapiro-Wilkovým testem normality, hypotézy byly stanoveny následovně:

H0: Výběr pochází z normálního rozložení.

H1: Výběr nepochází z normálního rozložení.

Hladina významnosti alfa: 0,05

P-hodnota testu pro NPR Voděradské bučiny: 2,2e-16

P-hodnota testu pro NPR Stučica: 2,2e-16

Oba testy jednoznačně zamítají normalitu u obou výběrů, což se dalo předpokládat vzhledem k předchozím grafům hustot, které signalizovaly ne-normální rozložení dat. Opět tak bylo nutné použít neparametrické testy. Tyto testy byly provedeny na logaritmické transformaci proměnných, jejichž tvar hustoty tak bude blíže normálnímu rozložení.

Všechny stromy - medián

Pro testování hypotézy byly použity neparametrické testy, a to Wilcoxonův a Kolmogorov-Smirnovův test. Nulová a alternativní hypotéza pro testování jsou následující:

H0: Kruhová základna stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejná.

H1: Kruhová základna stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou se liší.

	Wilcoxonův test	Kolmogorov-Smirnovův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	487150	0,61041
P-hodnota testu:	< 2,2e-16	< 2,2e-16

Oba testy jednoznačně zamítají nulovou hypotézu o shodě kruhové základny stromů mezi oběma typy bučin.

Živé stromy - medián

Neparametrické testy testovaly následující hypotézu:

H0: Kruhová základna stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejná pro živé stromy.

H1: Kruhová základna stromů mezi přírodní a kulturní bučinou se liší pro živé stromy.

	Wilcoxonův test	Kolmogorov-Smirnovův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	436330	0,62523
P-hodnota testu:	< 2,2e-16	< 2,2e-16

Také pro kategorii živé stromy oba testy jednoznačně zamítají nulovou hypotézu.

Mrtvé stromy - medián

Hypotéza byla stanovena následovně:

H0: Kruhová základna stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejná pro mrtvé stromy.

H1: Kruhová základna stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou se liší pro mrtvé stromy.

	Wilcoxonův test	Kolmogorov-Smirnovův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	902,5	0,52632
P-hodnota testu:	0,07001	0,004884

Na rozdíl od předchozích hypotéz nedává testování pro kategorii mrtvé stromy jasný závěr. Wilcoxonův test nezamítl nulovou hypotézu, naopak Kolmogorov-Smirnovův test tuto hypotézu zamítl.

Závěr hypotézy

Podobně jako u tloušťky stromů, většina testů zamítl nulovou hypotézu o shodě kruhové základny, tedy mediánové hodnoty, mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou. Také v tomto případě byly výsledky nejednoznačné pro kategorii mrtvé stromy.

Všechny stromy - rozptyl

Také pro testování shody rozptylu byly použity neparametrické testy kvůli porušení normality. Opět se jedná o Brown-Forsythův test a Fligner-Killeenův test homogenity rozptylů. Hypotézy byly definovány následovně:

H0: Rozptyl kruhové základny stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejný.

H1: Rozptyl kruhové základny stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou se liší.

	Brown-Forsythův test	Fligner-Killeenův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	466,45	351,12
P-hodnota testu:	< 2,2e-16	< 2,2e-16

Oba testy jednoznačně zamítají nulovou hypotézu o shodě homogenity_x rozptylů obou skupin.

Živé stromy – rozptyl

Hypotézy byly definovány následovně:

H0: Rozptyl kruhové základny stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejný pro živé stromy.

H1: Rozptyl kruhové základny stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou se liší pro živé stromy.

	Brown-Forsythův test	Fligner-Killeenův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	440,38	332,57
P-hodnota testu:	< 2,2e-16	< 2,2e-16

Stejně tak pro kategorii živé stromy oba testy jednoznačně zamítají nulovou hypotézu.

Mrtvé stromy - rozptyl

Hypotézy byly definovány následovně:

H0: Rozptyl kruhové základny stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou je stejný pro mrtvé stromy.

H1: Rozptyl kruhové základny stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou se liší pro mrtvé stromy.

	Brown-Forsythův test	Fligner-Killeenův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	18,168	12,955
P-hodnota testu:	3,97e-05	0,000319

Přestože výsledky testů nejsou ve srovnání s předcházejícími tak jednoznačné, nízká p-hodnota obou testů opět vede k zamítnutí nulové hypotézy.

Závěr hypotézy

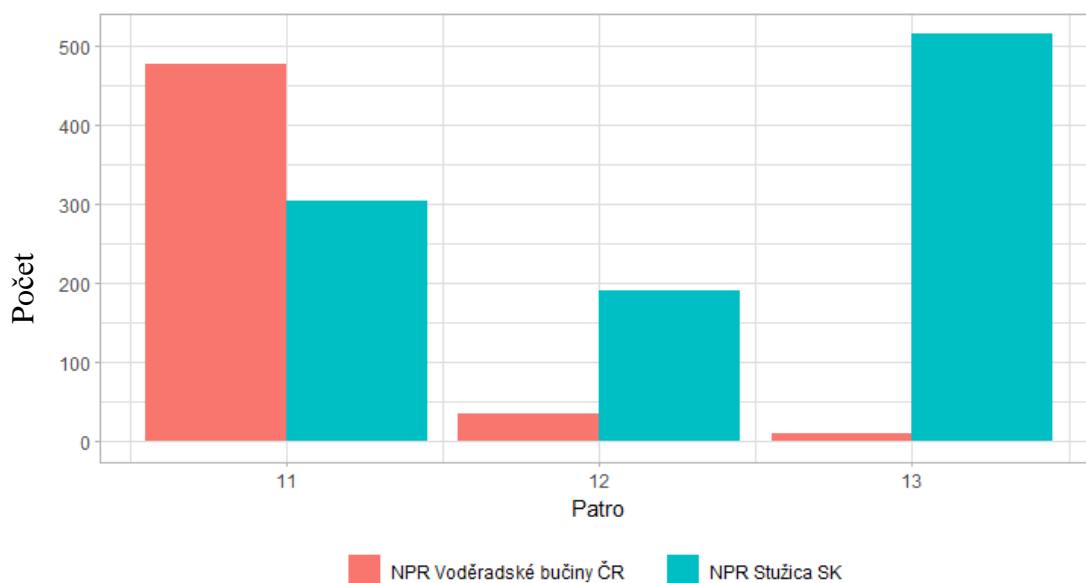
Testování shody rozptylu kruhové základny stromů mezi přírodní a kulturní bučinou vede k závěrům, že ve všech případech se kruhová základna mezi oběma skupinami bučin statisticky liší.

C. Existuje rozdíl ve výšce stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou?

V následující tabulce 29 a grafu 9 je zobrazeno rozdělení počtu stromů v jednotlivých stromových patrech pro přírodní a přestárlou kulturní bučinu.

Tabulka 29 - Počty stromů v souboru podle etáží (stromových pater)

	Horní (11)	Střední (12)	Spodní (13)
NPR Stučka	476	36	10
NPR Voděradské bučiny	303	190	514



Graf 7 – *Zastoupení stromů v souboru podle etáží (stromových pater)*

(11 – horní etáž, 12 – střední etáž, 13 – spodní etáž)

Statistické testování hypotézy:

Testování hypotézy bylo provedeno pomocí dvou testů nezávislosti nominálních veličin, a to Fisherovým a Chí kvadrát testem. Nulová a alternativní hypotéza byly definovány následovně:

H0: Výška stromů nezávisí na typu bučiny (přírodní vs. přestárlá kulturní).

H1: Výška stromů závisí na typu bučiny (přírodní vs. přestárlá kulturní).

	Fisherův test	Chí kvadrát test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
P-hodnota testu:	< 2,2e-16	< 2,2e-16

Závěr hypotézy

Výsledky obou testů jednoznačně zamítají nulovou hypotézu. Tento závěr je také zřejmý z grafu a tabulky, kde lze vidět, že procentuální rozdělení kategorií je velmi odlišné mezi oběma typy bučin.

D. Liší se počet mrtvých stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou?

V následující tabulce 30 a grafu 10 je zobrazeno rozdělení počtu stromů v jednotlivých stromových patrech pro živé a mrtvé stromy.

Tabulka 30 - Počet živých a mrtvých stromů v souborech

	Živý	Mrtvý
NPR Stučica	1029	114
NPR Voděradské bučiny	533	12



Graf 8 – Zastoupení živých/ mrtvých stromů v souborech

Statistické testování hypotézy

Testování hypotézy bylo provedeno pomocí stejných testů jako testování výšky stromů, tedy Fisherovým a Chí kvadrát testem. Nulová a alternativní hypotéza byly definovány následovně:

H0: Počet živých a mrtvých stromů nezávisí na typu bučiny (přírodní vs. přestárlá kulturní).

H1: Počet živých a mrtvých stromů závisí na typu bučiny (přírodní vs. přestárlá kulturní).

	Fisherův test	Chí kvadrát test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
P-hodnota testu:	6,69e-10	2,38E-08

Závěr hypotézy

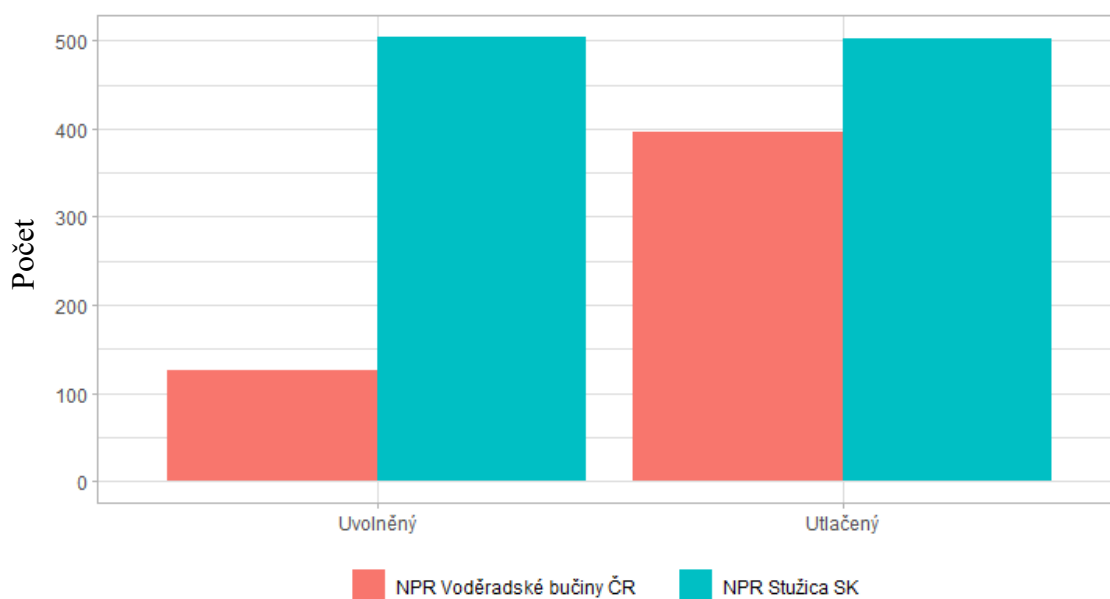
Oba testy zamítají nulovou hypotézu. Počet živých a mrtvých stromů závisí na tom, zda se jedná o přírodní nebo přestárlou kulturní bučinu.

E. Liší se počet uvolněných a utlačených stromů (growth) mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou?

V následující tabulce 31 a grafu 11 je zobrazeno rozdělení počtu uvolněných a potlačených stromů pro oba typy bučin.

Tabulka 31 - Počet uvolněných/potlačených stromů v souboru

	Uvolněný	Potlačený
NPR Stučica	504	502
NPR Voděradské bučiny	125	397



Graf 9 – Počet uvolněných/potlačených stromů v souboru

Statistické testování hypotézy

Testování hypotézy bylo opět provedeno pomocí Fisherova a Chí kvadrát testu. Nulová a alternativní hypotéza byly definovány následovně:

H0: Počet uvolněných a utlačených stromů nezávisí na typu bučiny (přírodní vs. přestárlá kulturní).

H1: Počet uvolněných a utlačených stromů závisí na typu bučiny (přírodní vs. přestárlá kulturní).

	Fisherův test	Chí kvadrát test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
P-hodnota testu:	< 2,2e-16	< 2,2e-16

Závěr hypotézy

Oba testy jednoznačně zamítly nulovou hypotézu, počet uvolněných a potlačených stromů tedy závisí na typu bučiny. Opět lze vidět i z grafu a z tabulky, že procento uvolněných stromů je pro NPR Stučica mnohem větší než pro NPR Voděradské bučiny.

5.2 Přirozená obnova

Tabulka 32 – *Průměrné počty jedinců přirozené obnovy na 1 ha na lokalitách v NPR Stučica*

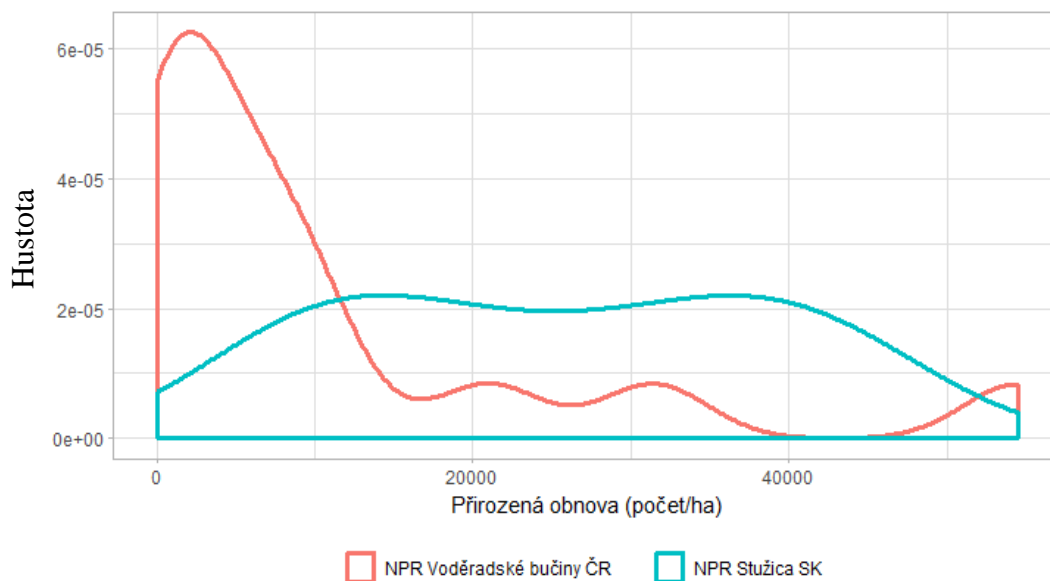
Lokalita	>50cm	Celkově (počet/ha)	Přirozená obnova 0-50 cm	Přirozená obnova 50-130 cm	Přirozená obnova 130-250 cm	Přirozená obnova 50-130 cm
SLO_STU_010	31000	41500	10500	18250	10000	2750
SLO_STU_020	27500	32250	4750	13500	10750	3250
SLO_STU_021	30250	41750	11500	18750	8000	3500
SLO_STU_031	11750	20250	8500	4250	5500	2000
SLO_STU_032	17500	25250	7750	13750	3000	750
SLO_STU_035	9750	9750	0	8250	1500	0
SLO_STU_036	8000	9500	1500	3000	2500	2500

Tabulka 33 - *Průměrné počty jedinců přirozené obnovy na 1 ha na lokalitách v NPR Voděradské bučiny*

Lokalita	>50cm	Celkově (počet/ha)	Přirozená obnova 0-50 cm	Přirozená obnova 50-130 cm	Přirozená obnova 130-250 cm	Přirozená obnova 50-130 cm
ČR_KOST_010	9500	43000	33500	6750	2250	500
ČR_KOST_020	1000	5750	4750	1000	0	0
ČR_KOST_030	0	2000	2000	0	0	0
ČR_KOST_040	750	2750	2000	750	0	0
ČR_KOST_050	0	1250	1250	0	0	0
ČR_KOST_060	1500	10750	9250	1000	500	0
ČR_KOST_070	3000	9000	6000	2750	250	0

Tabulka 34 - *Přirozená obnova (počet jedinců) -popisná statistika (N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)*

	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
NPR Stučica	14	25750	13527,39	7000	13625	26000	36750	46000	39000	23125
NPR Voděradské bučiny	14	10642,86	15480,05	0	1125	4500	9750	54500	54500	8625



Graf 10 - Srovnání neparametrického odhadu hustot pro přirozenou obnovu

5.2.1 Statistické vyhodnocení 2. hypotézy

Definice hypotézy: V přírodní bučině bude větší množství přirozené obnovy než v přestárlé kulturní bučině.

Soubor NPR Stučica reprezentuje přírodní bučiny a soubor NPR Voděradské bučiny reprezentuje přestárlé kulturní bučiny. Testování bylo provedeno použitím t-testu, případně použitím neparametrických testů (Wilcoxoova a Kolmogorov-Smirnova testu) při nesplnění předpokladů pro použití t-testu. Jedná se o tyto předpoklady: nezávislost výběrů, normalita, shoda rozptylů.

Nezávislost výběrů je opět dána povahou zkoumaného problému. Pro určení normality bylo potřeba provedení statistických testů normality pro oba výběry. Pro tento účel byl použit Shapiro-Wilkův test normality:

H0: Výběr pochází z normálního rozložení.

H1: Výběr nepochází z normálního rozložení.

Hladina významnosti alfa: 0,05

P-hodnota testu pro NPR Voděradské bučiny: 0,000441

P-hodnota testu pro NPR Stučica: 0,2987

Výsledky testů ukázaly, že Shapiro-Wilkův test normality zamítá nulovou hypotézu o normalitě rozložení pro NPR Voděradské bučiny. Tento závěr je také patrný z grafu hustot, kde lze vidět, že soubor NPR Voděradské bučiny má velmi nesymetrické rozdělení (zešikmené doleva). Vzhledem k porušení předpokladu normality tak není potřeba provádět test na shodu rozptylů, neboť kvůli porušení normality není možné provést t-test.

Testování hypotéz:

Vzhledem k porušení normality není možné provést t-test. Místo něj byly provedeny oba dříve zmíněné neparametrické testy, a to Wilcoxonův a Kolmogorov-Smirnovův.

Nulová a alternativní hypotézy pro oba testy byly formulovány následovně:

H0: V přírodní bučině bude stejné množství přirozené obnovy než v přestárlé kulturní bučině nebo stejná jako v přestárlé kulturní bučině.

H1: V přírodní bučině bude rozdílné množství přirozené obnovy než v přestárlé kulturní bučině.

	Wilcoxonův test	Kolmogorov-Smirnovův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	33,5	0,64286
P-hodnota testu:	0,001633	0,003071

Nulovou hypotézu zamítáme, oba statistické testy jednoznačně prokázaly, že v přírodní bučině je větší množství přirozené obnovy než v přestárlé kulturní bučině. Tento fakt je také podložen zřetelným vizuálním rozdílem obou odhadovaných hustot.

5.3 Mrtvé ležící dřevo

Tabulka 35 - Množství ležícího mrtvého dřeva v NPR Stužica (m³/ha)

(popis kategorií viz Metodika)

Lokalita	Objem mrtvého ležícího dřeva	Objem mrtvého ležícího dřeva kategorie 1	Objem mrtvého ležícího dřeva kategorie 2	Objem mrtvého ležícího dřeva kategorie 3	Objem mrtvého ležícího dřeva kategorie 4	Objem mrtvého ležícího dřeva kategorie 5
SLO_STU_010	70,058	0,000	9,832	41,340	15,775	3,110
SLO_STU_020	289,942	0,000	13,483	45,607	100,977	129,874
SLO_STU_021	125,097	4,772	12,873	33,631	67,067	6,755
SLO_STU_031	628,436	71,757	73,020	85,572	315,544	82,543
SLO_STU_032	308,855	0,000	14,137	67,715	87,933	139,069
SLO_STU_035	73,466	7,285	11,019	21,661	27,496	6,004
SLO_STU_036	667,076	52,445	192,351	50,188	276,118	95,974
Celkový součet	2162,930	136,259	326,715	345,714	890,912	463,330

Tabulka 36 - Množství ležícího mrtvého dřeva v NPR Voděradské bučiny (m³/ha)

(popis kategorií viz Metodika)

Lokalita	Objem mrtvého ležícího dřeva	Objem mrtvého ležícího dřeva kategorie 1	Objem mrtvého ležícího dřeva kategorie 2	Objem mrtvého ležícího dřeva kategorie 3	Objem mrtvého ležícího dřeva kategorie 4	Objem mrtvého ležícího dřeva kategorie 5
ČR_KOST_010	433,118	153,781	231,544	47,794	0,000	0,000
ČR_KOST_020	31,755	0,000	9,894	2,418	19,443	0,000
ČR_KOST_030	107,542	0,000	1,777	15,557	90,208	0,000
ČR_KOST_040	176,197	0,000	57,071	109,454	9,672	0,000
ČR_KOST_050	95,168	0,000	0,000	89,135	5,243	0,790
ČR_KOST_060	189,978	0,000	6,082	180,737	3,158	0,000
ČR_KOST_070	208,002	0,000	26,475	110,268	71,259	0,000
Celkový součet	1241,760	153,781	332,843	555,363	198,984	0,790

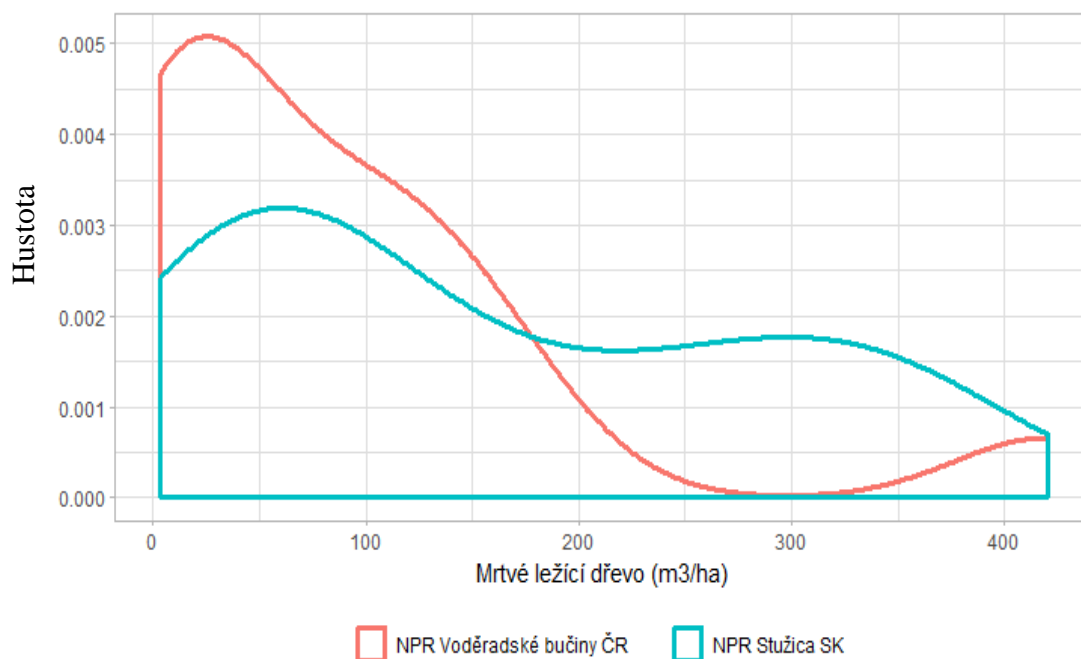
5.3.1 Statistické testování 3. hypotézy

Definice hypotézy: V přírodní bučině bude více mrtvého dřeva než v přestárlé kulturní bučině.

Protože testování této hypotézy je založeno na stejném principu, jako testování předchozí druhé hypotézy, budou i zde popisné statistiky obsahovat nejdříve dvě tabulky popisující oba výběrové soubory následně doplněné grafem hustot.

Tabulka 37 - Množství mrtvého dřeva (m³/ha) – popisná statistika (N – počet hodnot, mean – průměr, sd – výběrová směrodatná odchylka, min – minimální hodnota, Q1 – 1. kvartil, median, Q3 – 3. kvartil, max – maximální hodnota, range – variační rozpětí, IQR – mezikvartilové rozpětí)

Soubor	N	mean	sd	min	Q1	median	Q3	max	range	IQR
NPR Stučica	14	154,49	126,90	18,82	42,57	100,34	261,55	357,93	339,11	218,98
NPR Voděradské bučiny	14	88,70	111,26	3,16	15,72	55,71	124,75	420,27	417,11	109,03



Graf 11 - Srovnání neparametrického odhadu hustot proměnné mrtvé ležící dřeva

Statistické testování hypotéz

Podobně jako u předchozí hypotézy i zde se nabízí použití t-testu nebo neparametrických testů (Wilcoxonova a Kolmogorov-Smirnova testu) při nesplnění předpokladů pro použití t-testu. Jedná se opět o tyto předpoklady: nezávislost výběrů, normalita, shoda rozptylů

Předpoklady t-testu

Nezávislost výběrů je opět dána povahou zkoumaného problému jako v předchozím případě. Normalita bude otestována Shapiro-Wilkovým testem normality, kde:

H0: Výběr pochází z normálního rozložení.

H1: Výběr nepochází z normálního rozložení.

Hladina významnosti alfa: 0,05

P-hodnota testu pro CZ: 0,0009775

P-hodnota testu pro SK: 0,02947

Shapiro-Wilkův test prokázal, že oba výběrové soubory nespĺňují předpoklad normality pro použití t-testu. Na grafu hustot je opět vidět, že obě odhadované hustoty jsou nesymetrické, doleva zešikmené.

Testování hypotéz

Ani zde není splněn předpoklad normality, a proto byly použity neparametrické testy. Nulová a alternativní hypotéza jsou formulovány následovně:

H0: V přírodní bučině bude stejné množství mrtvého dřeva než v přestárlé kulturní bučině nebo stejně.

H1: V přírodní bučině bude rozdílné množství mrtvého dřeva než v přestárlé kulturní bučině.

	Wilcoxonův test	Kolmogorov-Smirnovův test
Hladina významnosti:	0,05	0,05
Testová statistika:	60	0,42857
P-hodnota testu:	0,04246	0,07643

Výsledkem Wilcoxova testu je zamítnutí nulové hypotézy a potvrzení faktu, že v přírodní bučině je více mrtvého dřeva než v přestárlé kulturní bučině. Naproti tomu Kolmogorov-Smirnovův test nezamítá nulovou hypotézu a nepotvrzuje tak, že by v přírodní bučině bylo více mrtvého dřeva než v přestárlé kulturní bučině. Nelze tedy jednoznačně říci, zda alternativní hypotéza platí či nikoliv. Jednoznačnějších výsledků by mohlo být dosaženo použitím většího vzorku vstupních dat.

6 Diskuse

Pro pochopení skutečného stadia vývoje lesa na daném místě je nezbytné získat poznatky o souhrnné charakteristice porostů. Aby bylo možné porovnávat výsledky výzkumu vývojových procesů v lesích, je nezbytná jednotná definice vývojových stádií, která v současnosti chybí. Časové i prostorové přechody z jedné vývojové fáze do druhé jsou plynulé a většinou je hodnocení jejich prostorového rozložení subjektivní a nereprodukovatelné. Pro analýzu strukturních charakteristik porostů by bylo nezbytné podrobné hodnocení na větších plochách, takové studie jsou však vzácné (Commarmot, 2005).

Ve střední Evropě v současnosti nejsou žádné lesní ekosystémy, které by byly zcela neovlivněné člověkem. „Old growth forest“, které můžeme nalézt v západní a střední Evropě, se většinou skládají z mozaiky člověkem částečně narušených lokalit, dále z oblastí ovlivněných odlišnými stanovištními podmínkami (chudé půdy) a oblastí nedostupných. Pro tyto lesy je k dispozici velmi málo informací o jejich věkové, druhové a prostorové struktuře. Je to způsobeno nedostatkem souvislých velkých ploch těchto starých lesů, což znemožňuje zkoumání prostorových a časových změn v krajinném měřítku (Bílek, 2011).

Tato práce měla za cíl porovnat strukturní rozdíly mezi antropogenně ovlivněnými porosty, které byly dlouhodobě ponechány vlastnímu vývoji a přírodně řízenými lesy. Dalším úkolem bylo porovnat, jestli se bude výrazně lišit množství přirozené obnovy a množství ležícího mrtvého dřeva. Tyto faktory nám mohou částečně ukázat, jestli se přestárlá kulturní bučina, dlouhodobě ponechaná vlastnímu vývoji, přiblíží procesům v přirozeně řízených lesích. Určení strukturní bohatosti bučin je komplexní problém, a proto bylo nezbytné provést série různých statistických testů. Statistické vyhodnocení strukturních rozdílů vychází z 1. hypotézy, že přírodní bučina bude strukturně bohatší než přestárlá kulturní bučina.

Pro účely této práce nahlížíme na zkoumané oblasti jako homogenní celky, i když v rámci NPR Voděradské bučiny se jedná o jednotlivé porosty, které však byly zvoleny podle jednotných kritérií. Celkově bylo změřeno 545 stromů v NPR Voděradské bučiny, k porovnání byly využity údaje o 1143 stromů na lokalitě NPR Stužica.

Současný stav lesních porostů v NPR Voděradské bučiny je značně ovlivněn hospodářskými zásahy v minulosti. Druhové složení je výrazně odlišné od předpokládaného přirozeného stavu, kdy je patrný značný úbytek jedle a nárůst zastoupení smrku (viz Tabulka 1). Velké změny jsou patrné i na prostorové a věkové struktuře porostů. Lesní porosty ve většině rezervace jsou značně vzdálené od přirozeného stavu. Jedná se o porosty převážně stejnověké, nesmíšené, s jednoduchou prostorovou strukturou a vertikální výstavbou (Bílek, 2006).

V širším jádru rezervace můžeme nalézt převážně nesmíšené jednoetážové bukové porosty, které vznikaly clonnou obnovou v letech 1820-1850 (Bílek, 2006). To potvrzuje i výzkum v této práci, kterých probíhal na 7 lokalitách v rezervaci (7 různých porostů), a v horní etáži se vyskytoval se 100 % jenom buk. V NPR Stučica zastoupení druhů více odpovídalo zastoupení přirozenému, kde buk byl zastoupen 93,96 %, jedle 5,34 % a javor klen 0,70 % (viz Tabulky 2 a 3 a Graf 1).

Tento výrazný rozdíl v druhovém složení obou lokalit je způsoben nejen výše zmíněným původem porostu v NPR Voděradské bučiny, ale také cílenými hospodářskými zásahy, které tu v minulosti probíhaly, kdy byly přimíšené dřeviny selektivně odstraňovány. Lesní oblasti, které byly vyhlášeny za přírodní rezervace, zdědí strukturu vytvořenou minulým hospodařením, tato struktura je výchozí stav pro budoucí podobu lesů v rezervaci (Bílek, 2011). Další důvodem je téměř úplná absence přirozených disturbancí v NPR Voděradské bučiny. Tato různě velká narušení zápoje porostu vytváří environmentální heterogenitu prostředí, a tím poskytují podmínky pro obnovu druhů s odlišnými ekologickými nároky. Zejména druhy, které hůře snášejí zastínění, potřebují pro svou obnovu větší narušení porostu (Nagel, 2010). Různé druhy narušení trvale vedou vegetaci na stanovišti zpět k dřívějšímu přirozenému vývoji, ovšem možné cesty k navrácení přirozeného stavu se mohou výrazně lišit podle počátečního stavu porostů (Fischer, 2013).

Vysoký podíl smíšení dřevin nemusí být nutně znakem přirozenosti bukových lesů. V případě vyhovujících stanovištních podmínek se i přírodní lesy mohou vyvíjet k přirozené nadvládě buku s minimem konkurenčních druhů a mohou tvořit téměř nesmíšené porosty. Tento fakt může být v rozporu se snahou zvyšovat druhovou rozmanitost s cílem napodobit přírodní vzory. V tomto ohledu je vhodné studovat možnou závislost mezi strukturální heterogenitou a druhovou bohatostí na dlouhodobě neobhospodařovaných lokalitách (Bílek, 2011).

Old growth forest v NPR Stučica, použité jako modelové vzory v této práci, mají svou druhovou a prostorovou strukturu také nepřímo ovlivněnou působením člověka. V jiném podobném old growth pralese na Slovensku (Badínský prales) byl doložen rapidní pokles zastoupení jedle v posledních 50 letech, který byl převážně způsoben antropogenními imisemi a kombinací dalších abiotických i biotických faktorů. Tyto změny v druhové skladbě způsobují změny ve vývojových procesech, a tím ovlivňují i podmínky pro smíšení jiných druhů. Proto ani přirozené porosty nelze brát jako absolutní etalon pro hodnocení vývojových procesů v ostatních typech lesů (Kucbel, 2010).

V NPR Stučica převažovalo spodní stromové patro, kde se vyskytovalo 45 % stromů, v NPR Voděradské bučiny naopak výrazně převažovala horní etáž se zastoupením 87,3 % stromů (viz Tabulky 8 a 9). Je to způsobeno výše zmíněným původem porostů, které vznikly clonnou obnovou, a také cílenými hospodářskými zásahy pro zvýšení objemové a ekonomické výnosnosti v hospodářských lesích, dále pak uzavřeným korunovým zápojem, který neumožňuje přežívání a dorůstání mladších generací.

V NPR Stučica byl poměr uvolněných a utlačených stromů v korunové zápoji téměř vyrovnaný (43,9 % potlačených/44,1 % uvolněných), proti tomu v NPR Voděradské bučiny převažovaly značně stromy potlačené (72,8 %). To koresponduje i s výše zmíněným zastoupením v porostních patrech, kdy v NPR Voděradské bučiny převažovalo zastoupení ve vysokém stromovém patře. Stromy v nejvyšším patře mají méně prostoru pro své koruny a zápoj je hustší a celistvý (viz Tabulky 6 a 7).

Poměr statisticky uvolněných a potlačených stromů byl testován dílčí testovanou hypotézou, jestli se liší počet uvolněných a potlačených stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou. Oba testy jednoznačně dokázaly, že počet uvolněných a potlačených stromů závisí na typu bučiny. Opět lze vidět i na grafu 11 a v tabulce 31, že procento uvolněných stromů je pro NPR Stučica mnohem větší než pro NPR Voděradské bučiny.

Pro přesnější popis struktury bylo hodnocení tloušťkové struktury porostů rozděleno na mrtvé a živé stromy. V NPR Stučica byla průměrná tloušťka živých stromů 267,74(±218,79) mm, v NPR Voděradské bučiny to bylo 456,57(±127,47) mm. To je jednoznačně zapříčiněno menším zastoupením stromů v nižších věkových stupních. Jak již bylo výše zmíněno, u NPR Voděradské bučiny se jedná o jednovrstvý přestárlý hospodářský les v převažující zastoupením starých vysokých stromů s vyššími tloušťkami. Podobně je to i v případě mrtvých stromů, kdy průměrná tloušťka v NPR Stučica byla 296,24(±260,95) mm a v NPR Voděradské bučiny 432,61(±154,63) mm (viz Tabulky 12 a 15). Z grafu 3 je patrné, že průběh křivky tloušťkové struktury v NPR Stučica je typický pro přírodní lesy (jeden vrchol v oblasti četnosti nejnižších tloušťek a postupně klesající četnost vyšších tloušťek), oproti tomu křivka tloušťkové struktury v NPR Voděradské bučiny je typická pro hospodářské lesy (vrchol téměř ve středu tloušťkového spektra). Bílek (2011) popisuje, že podobné křivky tloušťkové struktury byly zaznamenány i v letech 1980, 1997 a 2005. Tyto výsledky naznačují, že současný management v NPR Voděradské bučiny nevede ke zvýšení diversifikace porostů. Množství hospodářských zásahů je minimální, přetrvává hustý zápoj porostů a horizontální jednotvárnost. Pro účely statistického vyhodnocení jsem testoval, jestli existuje rozdíl u tloušťky stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou. Pro ověření této dílčí hypotézy byly provedeny dva typy testů – test srovnávající průměry/mediány a test srovnávající rozptyly. Testování bylo rozděleno na celé soubory, a poté zvlášť pro živé a mrtvé stromy. Většina testů srovnávajících mediány jednoznačně prokázala, že existuje statisticky významný rozdíl mezi oběma typy bučin, a to celkově i v rámci kategorií živé a mrtvé stromy. Nicméně u kategorie mrtvé stromy byly výsledky nejednoznačné, avšak nízká hodnota Wilcoxonova testu blízka hladině významnosti spíše vede ke stejnému závěru. Stejně tak většina testů srovnávajících rozptyly potvrdila, že se rozptyl tloušťky stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou liší. Nejednoznačný výsledek byl opět pro kategorii mrtvé stromy.

Podobná situace jako u tloušťky byla i v případě kruhové základny, kdy v NPR Stučica byla průměrná kruhová základna živých stromů $938,56(\pm 1459,23)$ cm² a v NPR Voděradské bučiny to bylo $1764,59(\pm 954,35)$ cm². Ovšem u mrtvých stromů již není tak výrazný rozdíl v průměrné kruhové základně mezi přírodními a přestárlými kulturními bučinami. V NPR Stučica byla průměrná kruhová základna mrtvých stromů $1221,76(\pm 2023,32)$ cm² a v NPR Voděradské bučiny to bylo $1649,50(\pm 1266,65)$ cm² (viz Tabulky 18 a 21). Menší rozdíl v průměrné kruhové základně mrtvých stromů je způsoben tím, že tyto mrtvé stromy z valné většiny v obou souborech pochází z nejstarších a nejtlustších jedinců. Například v rámci jiné podobné studie, která probíhala v pralesech Kopa ve Slovinsku byla průměrná kruhová základna stromu $1183,43$ cm² (Rugani, 2013). Další dílčí testovanou hypotézou bylo, jestli existuje rozdíl v kruhové základně mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou. Testování bylo opět provedeno pro všechny stromy (celý soubor) a pro obě podmnožiny, tedy živé a mrtvé stromy. Použití testů bylo shodné jako u testování tloušťky stromů, tedy testy srovnávající průměry/mediány a testy srovnávající rozptyly. Podobně jako u tloušťky stromů, většina testů mediánů potvrdila statisticky signifikantní rozdíly v kruhové základně mezi přírodními a přestárlými kulturními bučinami. Také v tomto případě byly výsledky nejednoznačné pro kategorii mrtvé stromy. Testování shody rozptylu kruhové základny stromů mezi přírodní a kulturní bučinou potvrdilo, že ve všech případech se kruhová základna mezi oběma skupinami bučin statisticky liší.

I v případě výšek bylo hodnocení rozděleno na mrtvé a živé stromy. Výšky se měřily u 15 stromů na zkusné ploše, které reprezentovaly celé tloušťkové spektrum. To ovšem částečně zkresluje výsledky, protože to neúplně reflektuje reálné zastoupení jednotlivých výšek v souboru. Tímto postupem byly měřeny i výšky části stromů, které by se v případě náhodného výběru do souboru změřených stromů nedostaly. Průměrná výška živých stromů na lokalitě NPR Stučica byla $23,78(\pm 8,51)$ m, maximální změřená výška byla 42,4 m, v NPR Voděradské bučiny byla průměrná výška živých stromů $30,74(\pm 6,40)$ m. Pro statistické hodnocení a následné porovnání výšek mrtvých stromů nebyl v souboru NPR Stučica dostatek údajů (viz Tabulka 24). Vyšší průměrná výška v NPR Voděradské bučiny je zapříčiněna menším zastoupením jedinců v nízké a střední etáži, většina stromů v souboru dosahuje podobných výšek jednotvárného porostu v horní etáži.

Z tohoto hodnocení výšek byla odvozena další dílčí hypotéza, jestli existuje rozdíl ve výšce stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou. Pro statistické testování rozdílnosti výškové struktury byly využity údaje o četnosti stromů ve stromových patrech. Tato proměnná byla použita záměrně, z důvodu výše popsaného problému u měření výšek. Výsledky testů jednoznačně dokázaly statisticky významný rozdíl výšek mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou. Tento závěr je také zřejmý z grafu 9 a tabulky 29, kde lze vidět, že procentuální rozdělení stromů v jednotlivých stromových patrech mezi oběma typy bučin je velmi odlišné.

Porosty v NPR Voděradské bučiny z let 1820-1850 se dnes již postupně dostávají na hranici svého fyziologického dožívání a na některých místech se již začínají rozpadat. Z pohledu dynamiky přírodních a přirozených lesů bychom mohli tyto porosty považovat za závěrečnou fázi stádia optima (zralosti) a počátek stádia rozpadu. Jiná vývojová stádia a fáze lze v rezervaci nalézt pouze výjimečně (Bílek, 2006). V rámci výzkumu bylo v NPR Voděradské bučiny zaznamenáno 2,6 % stojících mrtvých stromů a v NPR Stučica bylo 9,4 % stojících mrtvých stromů. Je to nejspíše zapříčiněno tím, že v porostech v NPR Voděradské bučiny byly ještě před 20-30 lety silné hospodářské zásahy, které odstranily potenciální kompetiční souše. U pralesů jako je NPR Stučica je vyšší množství mrtvého stojícího dřeva přirozené (viz Tabulky 4 a 5). Zde jsem testoval dílčí hypotézu, jestli se liší se počet mrtvých stromů mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou. I zde oba provedené testy dokázaly rozdíl v počtu mrtvých stromů mezi oběma typy bučin. Počet živých a mrtvých stromů tedy závisí na tom, zda se jedná o přírodní nebo přestárlou kulturní bučinu.

Souhrnně lze říct, že bylo statisticky dokázáno, že se přírodní a přestárlé kulturní bučiny liší. Přestárlé kulturní bučiny se i v případě, že jsou dlouhodobě ponechány vlastnímu vývoji, významně nepřibližují struktuře přírodních lesů.

Nejednoznačné výsledky byly u části testů pro kategorii mrtvých stromů, což je nejspíše zapříčiněno tím, že mrtvé stromy v obou souborech jsou převážně staré stromy větších tloušťek a výšek. Pro jednoznačné potvrzení, jestli se v této kategorii bučiny liší nebo ne, by bylo nutné provést měření a hodnocení větších souborů.

Mezi původními lesy a hospodářskými bukovými lesy je mnoho rozdílů ve strukturních vlastnostech, jak bylo potvrzeno výše uvedenými statistickými testy. U pralesů je mnohem více stromů starších 150 let, a také více ležícího hrubého mrtvého dřeva než v hospodářských porostech. Objem mrtvého ležícího dřeva v pralesech se pohybuje okolo 50-250 m³/ha (Brunet, 2010). Pro hospodářské lesy je typický velmi malý objem mrtvého dřeva, který dosahuje pouze méně než 10 m³ / ha, naopak v dlouhodobě neobhospodařovaných porostech je objem mrtvého dřeva výrazně větší (Bílek, 2011). Tato publikovaná fakta o množství mrtvého dřeva v jednotlivých typech ekosystémů se v rámci tohoto výzkumu potvrdila pouze částečně. Objem hrubého mrtvého dřeva na lokalitě NPR Stuzica je průměrně 154,49 m³/ha, oproti tomu v NPR Voděradské bučiny je průměrně 88,70 m³/ha (viz Tabulka 37). Přesto by se dalo očekávat, že rozdíl v množství ležícího mrtvého dřeva v pralesech a přestárlé kulturní bučině bude větší. Je to možná způsobeno tím, že i v případě NPR Stuzica docházelo k náhodné těžbě stromů, a proto část potenciálního mrtvého dřeva v ekosystému chybí, oproti tomu porosty v NPR Voděradské bučiny jsou přestárlé a již se dostávají na hranici svého fyziologického dožití. Velké množství mohutných starých stromů a jejich časté napadení patogenními houbami bude mít za následek, že se množství mrtvého dřeva bude v následujících desetiletích ještě výrazně zvyšovat (Bílek, 2011). Značná část mrtvého dřeva (20-30 %) v bukových porostech v nižších a středních nadmořských výškách pochází z poškození porostů větrem (vývraty, zlomy kmenů a větví) (Christensen, 2005). To bylo patrné i na porostech v NPR Voděradské bučiny, kde značná část objemu ležícího mrtvého dřeva pocházela z korunových a kmenových zlomů. Vzhledem k výskytu vyvinutých hlubších půd s vysokým podílem skeletu nejsou v NPR Voděradské bučiny tak časté vývraty celých stromů a zlomy výrazně převažují. Významnost vlivu různých druhů půd na tvorbu různých typů disturbancí popisuje i Kucbel (2010), který uvádí, že písčité půdy poskytují bukovým porostům největší stabilitu díky hlubokému pronikání kořenů, následují hlíny a jíly (zastoupené právě v NPR Voděradské bučiny). Nižší hloubka zakořenění výrazně zvyšuje pravděpodobnost vzniku rozsáhlejších disturbancí. Vztah mezi půdními poměry, větrnou odolností bukových porostů a následnou tvorbou porostních mezer je poměrně složitý a je to tedy vhodné téma pro další výzkumy.

Christensen (2005) popisuje, že množství dřeva v dlouhodobě neobhospodařovaných porostech je 10-20x vyšší než v intenzivně obhospodařovaném lese. To nemohu v rámci svého výzkumu zcela jednoznačně posoudit, neboť mi chybí údaje o množství stojícího mrtvého dřeva. Přesto tento poměr v množství mrtvého dřeva mezi oběma zmíněnými typy porostů je patrný i z průměrného objemu ležícího mrtvého dřeva (88,70 m³/ha), který i bez připočtení objemu stojícího mrtvého dřeva 9x přesahuje výše uvedenou průměrnou zásobu mrtvého dřeva v intenzivních hospodářských porostech.

V případě výzkumu v této diplomové práci neplatil výše zmíněný poměr stromů starších 150 let, kdy v případě přestárlých kulturních bučin v NPR Voděradské bučiny bylo zastoupení stromů starších 150 let větší než přírodním lese (viz Tabulka 37). Je to zapříčiněno původem porostu a minimální mírou přirozených disturbancí, kdy většina stromů měla díky hospodářským zásahům ideální podmínky pro dožití vysokého věku.

Statistické vyhodnocení rozdílů v množství ležícího mrtvého dřeva vychází z 3. hypotézy, která říká, že v přírodní bučině bude více mrtvého dřeva než v přestárlé kulturní bučině. V případě této hypotézy nebyly výsledky jednoznačné. Wilcoxonův test potvrdil, že v přírodní bučině je více mrtvého dřeva než v přestárlé kulturní bučině. Naproti tomu Kolmogorov-Smirnovův test tento fakt nepotvrzuje. Nelze tedy jednoznačně říct, zda je v přírodní bučině více mrtvého dřeva než v přestárlé kulturní bučině. Pro jednoznačnější výsledky by bylo nutné získat větší množství vstupních dat.

Ve zbylých pralesech v Evropě můžeme nalézt buky staré i více než 500 let. Například v pralese Peručica v Bosně tvoří buk nejstarší generaci stromů (>350let), zatímco jedle, která se jinak dožívá vyššího věku, je zde mladší (250-300 let). Věková struktura lesa je totiž ovlivněna zejména tím, jaké disturbance se v něm vyskytují. Významný větrný polom před 200 lety způsobil, že stromy, které se v lese v současnosti vyskytují, jsou převážně 200 let staré, i když absolutní věk, kterého by mohly na daném stanovišti dosáhnout, je mnohem vyšší (Čada, 2014). V NPR Voděradské bučiny převažují stejně staré stromy v nejvyšší etáži. Je to důsledek cílených pěstebních zásahů. Oproti tomu v přírodních lesích je množství starých stromů menší, ale jejich fyziologické stáří je vyšší a rozmanitější než v případě přestárlé kulturní bučiny.

Mrtvé dřevo, s ohledem na vznik a vlastnosti, má velmi rozmanitou velikost a tvar. Většinou je po ploše lesa rozmístěno velmi nerovnoměrně, proto celoplošné zjišťování jeho množství a rozměrů je prakticky nemožné. Jedinou možností je výběrný způsob, zjišťovaný na zkusných plochách, proto byla pro měření množství ležícího mrtvého dřeva zvolena metoda tzv. liniového průsečíkového výběru. Vychází z teorie „line interest sampling“, kterou popisuje DeVries (1986). Metoda tzv. liniového průsečíkového výběru je velmi efektivní a dostatečně přesná. Experimentální zkoušky na souboru 1100 zkusných ploch při národní inventarizaci lesů na celém Slovensku ukázaly, že rozdíly při použití této metody a klasických kruhových zkusných ploch s přepočtem přes Smalianův vzorec dosahovaly průměrně $-1,3 \% \pm 0,9 \%$ a neměly systematickou chybu (bias), ale úplně náhodný charakter. Korelace mezi hodnotami získanými pomocí obou metod byla velmi vysoká ($R = 0,88$, $R^2 = 0,77$) (Šmelko, 2010).

Ponechání pahýlu, pařezů a mrtvého ležícího dřeva, které bylo vytvořeno přirozenými disturbancemi, v ekosystému prokazatelně přispívá ke zvýšení biodiverzity a rozšíření saproxylických a epifytických hub. Mrtvé dřevo často zůstává v lesích i dlouho po jeho rozpadu (Brunet, 2010).

Z hlediska managementu lesních ekosystémů v zvláště chráněných území nelze univerzálně stanovit minimální ani optimální množství ležícího mrtvého dřeva, zejména z důvodů odlišné dynamiky lesa, mikroklimatických podmínek a historického vývoje jednotlivých porostů. Ani vysoký podíl mrtvého dřeva není důkazem stability a autochtonnosti konkrétního porostu. Ani v pokročilých vývojových stádiích nepřekračuje množství mrtvého dřeva 60-70 % zásoby porostu. Větší podíl bývá důsledkem předčasného rozpadu a narušení ekosystému. Jako minimální množství mrtvého dřeva lze považovat 20 % porostní zásoby, optimální podíl se pohybuje okolo 30-40 % zásoby porostu. Pro zachování biologické rozmanitosti je nutné cílené ponechání části odumřelé dřevní hmoty v porostu (Jankovský, 2006). Tato práce se zabývala pouze ležícím mrtvým dřevem, pro stanovení objemu stojícího mrtvého dřeva nebyl dostatek údajů.

Pro výzkum mrtvého dřeva je velmi důležité určit a kategorizovat míru rozkladu. Oproti tomu druh dřeviny není tak důležitý a ve vyšších stádiích rozkladu lze obtížně určit. Stačí členit na listnaté a jehličnaté, případně na dřeviny s dlouhotrvajícím rozkladem (dub, borovice) a rozkladem krátkodobým (ostatní dřeviny) (Šmelko, 2010). Důležitá je i dlouhodobá kontinuita výskytu mrtvého dřeva v lesních porostech (Bílek, 2011). Zatímco v NPR Stučica převažovaly nejvíce rozložené kategorie 4 a 5, v NPR Voděradské bučiny se vyskytovaly převážně středně rozložené kategorie 2 a 3 (viz Tabulky 35 a 36) Toto vysoké množství ležícího mrtvého dřeva kategorie 3 a 4, které se nahromadilo v poslední desítkách let po omezení hospodaření v porostech, a prakticky žádný objem v nejrozloženější kategorii 5 jasně potvrzují tuto časovou závislost výskytu mrtvého dřeva a důležitost kontinuálního cyklu. Bílek (2011) popisuje, že při hodnocení v roce 2005 převažovala kategorie 2. To koresponduje s výsledky výzkumu v této práci, kdy ležící mrtvé dřevo z kategorie 2 v tehdejšímu stavu porostů se postupem času stále více rozkládá a dnes se nachází v kategorii 3 a 4. V případě, že by tento trend pokračoval, lze očekávat, že v následujících desítkách let budu zastoupeny všechny kategorie rozpadu a stav se více přiblíží situaci v přírodních porostech. Vacek (2015) publikoval výsledky podobného výzkumu bukových porostů, který probíhal v NP Krkonoše. V rámci své dlouhodobé studie prezentoval, že v NP Krkonoše byla doba rozkladu mrtvého dřeva kategorie 1 5-10 let, u kategorií rozkladu 2,3,4 to bylo již 5-15 let a v kategorii rozkladu 5 to bylo 5-10 let.

Vhodná jednotná klasifikace je předpokladem pro porovnávání výsledků různých autorů z různých lokalit. V současnosti jednotná klasifikace chybí. Rozdíly jsou v hraničních rozměrech, od kterých se mrtvé dřevo zaznamenává, stejně tak v použité klasifikaci stupňů rozkladu. Za vhodné základy pro určení jednotné definice a klasifikace mrtvého dřeva lze považovat národní inventarizace lesů, kde metodiky byly vytvořené v rámci rozsáhlejší vědecké spolupráce a jsou platné pro území celých států. Existují projekty, jejichž cílem je sjednotit metodické postupy monitorování lesních ekosystémů v EU, například projekt ENFIN se věnuje i metodice zjišťování informací o mrtvém dřevě (Šmelko, 2010).

Samotné využívání přírodě blízkého hospodaření nezajistí dostatečné množství mrtvého dřeva v lese. Například ve Švýcarsku, kde je velmi odborně vyspělé lesnické hospodaření a jsou zde ze zákona zakázané holoseče, se množství mrtvého dřeva v lesích pohybuje na podobné úrovni jako v ČR. Stále se zvyšuje význam ostatních funkcí lesa, a proto je nutné začít s kroky pro zvýšení počtu starých stromů a množství mrtvého dřeva v lesích. V tom je Česká republika oproti jiným evropským zemím stále na začátku (Svoboda, 2011).

Jedinými objektivně srovnatelnými kritérii pro hodnocení změn všech ekosystémů je jejich přírodní stav neovlivněný člověkem (Bílek, 2006). Stanovení ekologických kritérií, na jejichž základě by bylo rozhodováno o ponechání lesů ve zvláště chráněných územích spontánním procesům, vychází z výzkumu a poznání přírodních procesů v původních a přirozených lesích, a to zejména z výzkumu jejich základních znaků a vlastností. Jedná se hlavně o jejich relativně stálé druhové složení, o jejich různověkost, relativní vyrovnanost porostní zásoby a maloplošnost jednotlivých vývojových fází. To vše vede k udržení ekologické samostatnosti a vyrovnanosti, proto se původní a přírodní lesy hodí jako modelové vzory. Zejména původní lesy, které jsou v dynamické rovnováze svým druhovým složením, udržují specifickou prostorovou a věkovou strukturu. V podmínkách střední Evropy se jedná zejména o NP, CHKO A NPR (Vacek, 2006).

V NPR Voděradské bučiny převažují přestárlé stromy ve fázi zralosti a dožívání a jiná vývojová stadia a fáze se vyskytují pouze výjimečně. Z hlediska ekologické stability je významná absence stádia dorůstání a plynulé fáze obnovy, a tím je výrazně zvýšeno riziko plošného rozpadu porostů. Značná převaha stádia zralosti, a zejména téměř úplná absence maloplošné mozaikovosti a vyrovnanosti struktury porostů, neodpovídá vývoji přirozených bukových porostů (Bílek, 2006) (viz. Graf 12).

V horách střední a jihovýchodní Evropy jsou lesy často ovládnány směsí *Fagus sylvatica* L. a *Abies alba* Mill.. Tvorba malých až středně velkých (tj. 0,005–0,5 ha) mezer je dominantním přirozeným narušujícím procesem v celém regionu, přesto hustota přirozené obnovy, pozorovaná v porostních mezerách i v zapojeném porostu, je podobná. To ukazuje, že porostní mezery nejsou nutně hlavními místy přirozené obnovy (Nagel, 2010).

Výskyt přirozených porostních mezer lze předpokládat i v případě zkoumaného souboru přirozených bučin v NPR Stučica. V přestárlých kulturních bučinách NPR Voděradské bučiny byl převážně výrazně nenarušený korunový zápoj. Četné zmlazení bylo zjištěno nejen v přirozených bučinách, ale také v přestárlých kulturních bučinách (viz Tab 32 a 33). Průměrný počet jedinců přirozené obnovy byl v přirozených bučinách 25750 jedinců/ha a v přestárlých kulturních bučinách 10642 jedinců/ha. Zásadní rozdíl byl ve výškovém zastoupení přirozené obnovy (viz Tabulka 34). V přestárlých kulturních bučinách jednoznačně převažovalo zmlazení výšky 0-50 cm (viz Tabulka 33), oproti tomu v přirozených bučinách bylo zastoupeno četné zmlazení všech výškových kategorií. Pro účely statistického testování byla stanovena hypotéza, že v přirozených bučinách je větší množství přirozené obnovy než v přestárlých kulturních bučinách, což statistické testy jednoznačně potvrdily. U přestárlých kulturních bučin se sice vyskytuje četné zmlazení, ale jedná se většinou o jednoleté až dvouleté nízké semenáčky, které vlivem nedostatku světla a nepříznivých humusových podmínek v zapojených porostech hynou a zastoupení starších jedinců přirozené obnovy je minimální.

Statistické vyhodnocení rozdílů v množství přirozené obnovy vychází z 2. hypotézy, která říká, že v přírodní bučině bude větší množství přirozené obnovy než v přestárlé kulturní bučině. Zde oba použité statistické testy jednoznačně prokázaly, že v přírodní bučině je větší množství přirozené obnovy než v přestárlé kulturní bučině. To je také zřetelně patrné z grafu odhadovaných hustot (viz graf 13). Je to důsledek přirozených procesů v přírodním lese, kdy staré a poškozené stromy odumírají v porostu, oproti tomu v přestárlé kulturní bučině byly staré rozpadající se stromy ještě do nedávna odstraňovány při hospodářských zásazích.

Rozdíl v množství přirozené obnovy je zapříčiněn i jevem, který zmiňuje Košulič (2010). Buk je totiž na světlo velmi plastická dřevina, proto pokud dojde k lokálnímu narušení zápoje, tak následuje náhlý zvýšený tloušťkový i korunový přírůst stromu, a horizontální klenba zápoje se rychle opět uzavře. To vede k úmrtí většiny mladých semenáčků, které v porostní mezeře stihly vyklíčit.

V současné době je značná část lesů v Evropě silně poškozena masivním kalamitou kůrovce a jinými klimatickými a antropogenními vlivy, které vedou nejen k přímým těžebním zásahům, ale celkovému ekologickému rozvratu rozsáhlých lesních oblastí. V neposlední řadě budou nutné nové výsadby budoucích lesů ve změněné druhové skladbě, která bude odolnější k negativním vlivům. Vzhledem ke všem těmto faktorům je důležité získat co nejvíce poznatků o vhodné druhové skladbě budoucích lesů. Určení strukturní bohatosti bučin je komplexní problematika. Výzkum přírodních bučin a jejich srovnání tedy k tomu může přispět výraznou měrou.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo porovnat strukturní rozdíly mezi přírodními bučinami NPR Stučica a přestárlými kulturními bučinami NPR Voděradské bučiny, které byly dlouhodobě ponechány vlastnímu vývoji. Pro pochopení skutečného stadia vývoje lesa na daném místě je nezbytné získat poznatky o souhrnné charakteristice porostů. Určení strukturní bohatosti bučin je komplexní problém, a proto bylo nezbytné hodnotit více faktorů. Byly porovnány rozdíly tloušťky a výšky stromů, kruhové základny, dále počty mrtvých stromů a poměr uvolněných/potlačených stromů v korunovém zápoji. Hodnocení bylo vždy provedeno pro celé soubory, a poté zvlášť pro živé a mrtvé stromy. Právě toto rozdělení přineslo zajímavé výsledky, kdy většina statistických testů pro celé soubory a pro živé stromy potvrdila, že se přírodní a přestárlé kulturní bučiny strukturně liší. Výsledky na základě detailního statistického zhodnocení pomocí programů Statistica 12 a R 3.5.2. ukázaly, že se přestárlé kulturní bučiny i v případě, že jsou dlouhodobě ponechány vlastnímu vývoji, významně nepřibližují struktuře přírodních lesů. Nejednoznačné byly výsledky statistických testů pro kategorii mrtvých stromů, kde by pro stanovení průkazných závěrů bylo nutné provést měření a hodnocení větších souborů. Dalším cílem bylo zjistit, jestli se bude výrazně lišit množství přirozené obnovy a množství ležícího mrtvého dřeva. V rámci výzkumu v této práci bylo jednoznačně prokázáno, že v přírodní bučině je větší množství přirozené obnovy než v přestárlé kulturní bučině. Jiná situace byla v případě porovnání množství mrtvého dřeva mezi přírodní a přestárlou kulturní bučinou, kde část statistických testů (Wilcoxonův test) potvrdila, že v přírodní bučině je více mrtvého dřeva. Oproti tomu jiný statistický test (Kolmogorov-Smirnovův test) tento fakt nepotvrdil. Nelze tedy jednoznačně říct, zda je v přírodní bučině více mrtvého dřeva než v přestárlé kulturní bučině. Pro jednoznačnější výsledky by bylo nutné získat větší množství vstupních dat. V případě pokračování výzkumu by bylo vhodné se zaměřit na vztah nejen ležícího mrtvého dřeva, ale i mrtvého dřeva stojícího, které nebylo v rámci výzkumu hodnoceno. Tato diplomová práce je tedy dílčím příspěvkem k lepšímu poznání přírodních bukových ekosystémů.

8 Seznam literatury

BARNA, Milan, Ján KULFAN a Eduard BUBLINEC, 2011. *Buk a bukové porosty Slovenska*. 1. vydání. Bratislava: Věda - Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied. ISBN 978-80-224-192-9.

BÍLEK, L., J. REMEŠ a D. ZAHRADNÍK, 2011. Managed vs. unmanaged. Structure of beech forest stands (*Fagus sylvatica* L.) after 50 years of development, Central Bohemia. *Forest Systems* [online]. **20**(1), 122-138 [cit. 2019-04-17]. DOI: 10.5424/fs/2011201-10243. ISSN 2171-9845. Dostupné z: <http://revistas.inia.es/index.php/fs/article/view/1876>

BÍLEK, Lukáš, Johnny PEŇA a Jiří REMEŠ, 2007a. Forest stand structure and dynamics in the NNR Voděradské bučiny as heritage and inspiration for forest management. In: PRKNOVÁ, Hana. *Význam přírodě blízkých způsobů pěstování lesů pro jejich stabilitu, produkční a mimoprodukční funkce: Importance of Close-to-nature Silviculture for Stability, Production and Non-production Functions of Forest Stands : sborník příspěvků z vědecké konference : Kostelec nad Černými lesy, 17.-18. října 2007*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, s. 6-9. ISBN 978-80-213-1687-4.

BÍLEK, Lukáš a Jiří REMEŠ, 2006. Současná prostorová a druhová struktura porostů NPR Voděradské bučiny - výsledek lesního hospodaření v uplynulých stoletích. In: NEUHÖFFEROVÁ, Pavla. *Historie a vývoj lesů v českých zemích: sborník referátů : Srní, 17.10.-18.10.2006 = Forest History and Development in the Czech Countries*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální, Katedra pěstování lesů, s. 85-92. ISBN 80-213-1536-9.

BÍLEK, Lukáš, Jiří REMEŠ a Jonny PEŇA, 2007b. Hazard of natural regeneration of managed forest stands in NNR Voděradské bučiny. In: PRKNOVÁ, Hana. *Význam přírodě blízkých způsobů pěstování lesů pro jejich stabilitu, produkční a mimoprodukční funkce: Importance of Close-to-nature Silviculture for Stability, Production and Non-production Functions of Forest Stands : sborník příspěvků z vědecké konference : Kostelec nad Černými lesy, 17.-18. října 2007*. Vyd.1. Praha: Česká zemědělská univerzita, s. 10-13. ISBN 978-80-213-1687-4.

BRUNET, Jörg, Örjan FRITZ a Gustav RICHNAU, 2010. Biodiversity in European beech forests - a review with recommendations for sustainable forest management. *Ecological Bulletins* [online]. **53**(53), 77 [cit. 2019-02-18]. ISSN 03466868.

BUČEK, Antonín, 2006. Jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.) jako ohrožená dřevina. In: MADĚRA, P. *Sb.abstr.workshopu Ohrožené dřeviny ČR*. Brno: ÚLBDG LDF MZLU a MŽP ČR, 25 s.

COMMARMOT, B., H. BACHOFEN, A. BÜRGI et al., 2005. Structures of virgin and managed beech forests in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland): A comparative study. *Forest Snow and Landscape Research* [online]. **79**(1-2), 45-56 [cit. 2019-02-18]. ISSN 14245108.

ČADA, Vojtěch, 2014. Dlouhověkost buku lesního: Na Boubíně byl nalezen buk starý 409 let. *Šumava*. Vimperk: Správa Národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava, **41**(4), 10-11. ISSN 0862-5166.

DVOŘÁK, Tomáš a Vladimír BROŽÍK, 2011. *LHP ŠLP Kostelec nad černými lesy 2011-2020: Textová část LHP*. Lesprojekt Stará Boleslav s.r.o.

FISCHER, Anton, Philip MARSHALL a Ann CAMP, 2013. Disturbances in deciduous temperate forest ecosystems of the northern hemisphere: their effects on both recent and future forest development. *Biodiversity and Conservation* [online]. **22**(9), 1863-1893 [cit. 2019-02-18]. DOI: 10.1007/s10531-013-0525-1. ISSN 0960-3115. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10531-013-0525-1>

CHRISTENSEN, M, K HAHN, Ep MOUNTFORD et al., 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* [online]. **210**(1-3), 267-282 [cit. 2019-02-18]. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.02.032. ISSN 03781127.

JANKOVSKÝ, Libor a Dalibor LIČKA, 2006. Tlející dřevo a zvláště chráněná území. In: NEUHÖFFEROVÁ, Pavla. *Zvýšení podílu přírodě blízké porostní složky lesů se zvláštním statutem ochrany: Increase of close-to-nature stand component of forests with special protection status : sborník referátů : Kostelec nad Černými lesy 25. května 2006*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav hospodářské úpravy lesů, s. 77-86. ISBN 80-213-1493-1.

- JENÍK, Jan a Jindřich PAVLIŠ, 2011. *Terestrické biomy: lesy a bezlesí Země*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-481-5.
- KOBLÍŽEK, Jaroslav, 2006. *Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků*. 2., rozš. vyd. Tišnov: Sursum. ISBN 80-7323-117-4.
- KORPEL, Štefan, 1989. *Pralesy Slovenska*. 1. vyd. Bratislava: Veda. ISBN 80-224-0031-9.
- KOŠULIČ, Milan, 2010. *Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu*. 1. vyd. Brno: FSC Česká republika - Forest Stewardship Council. ISBN 9788025464342.
- KREMER, Bruno, 1995. *Stromy: v Evropě zdomácnělé a zavedené druhy*. Vyd.1. Ilustroval Hans HELD. Praha: Knižní klub. Průvodce přírodou. ISBN 80-7176-184-2.
- KUCBEL, S., P. JALOVIAR, M. SANIGA, J. VENCURIK a V. KLIMAŠ, 2010. Canopy gaps in an old-growth fir-beech forest remnant of Western Carpathians. *European Journal of Forest Research* [online]. **129**(3), 249-259 [cit. 2019-02-18]. DOI: 10.1007/s10342-009-0322-2. ISSN 16124669.
- LUDVÍK, Petr a Petr DAVID, 2010. *Slovensko křížem krážem*. Vyd. 1. Praha: Knižní klub. Universum (Knižní klub). ISBN 978-80-242-2736-8.
- NAGEL, Thomas, Miroslav SVOBODA, Tihomir RUGANI a Jurij DIACI, 2010. Gap regeneration and replacement patterns in an old-growth Fagus-Abies forest of Bosnia-Herzegovina. *Plant ecology* [online]. **208**(2), 300-318 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1007/s11258-009-9707-z. ISSN 13850237.
- Plán péče o NPR Voděradské bučiny: Plán péče o NPR Voděradské bučiny 2011- 2020*, 2011. AOPK Praha.
- POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ, 2007a. *Pěstování lesů I.: Ekologické základy pěstování lesů*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 9788087154076.
- POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ, 2007b. *Pěstování lesů II.: Teoretická východiska pěstování lesů*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-7084-656-8.

POLENO, Zdeněk, Stanislav VACEK a Vilém PODRÁZSKÝ, 2009. *Pěstování lesů III.: Praktické postupy pěstování lesů*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 9788087154342.

RUGANI, Tihomir, Jurij DIACI a David HLADNIK, 2013. Gap dynamics and structure of two old-growth beech forest remnants in Slovenia. *PLoS ONE*, Vol 8, Iss 1, p e52641 (2013) [online]. 8(1), 52641 [cit. 2019-02-18]. DOI: 10.1371/journal.pone.0052641. ISSN 19326203.

SCHMITHÜSEN, Franz, 2003. *Prales - a les kulturní: dějiny a možnosti udržitelného rozvoje*. Vyd.1. V Praze: Česká zemědělská univerzita - Fakulta lesnická. ISBN 80-213-1066-9.

SKOŘEPA, Hynek, 2006. Jedle bělokorá v našich lesích. *Živa : časopis pro biologickou práci*. Praha: Academia, 54(3), 108-110. ISSN 00444812.

SVOBODA, Miroslav, 2011. *Mrtvé dřevo – přehled dosavadních poznatků*. FLD ČZU Praha.

ŠMELKO, Štefan, 2010. New methodical procedures for the quantification of deadwood and its components in forest ecosystems. *Lesnícky Casopis - Forestry Journal* [online]. 56(2), 155-175 [cit. 2019-04-06]. ISSN 03231046.

TOWNSEND, Colin, Michael BEGON a John HARPER, 2010. *Základy ekologie*. 1. české vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 9788024424781.

ÚHÚL, , 2001. *OPRL 10 - Středočeská pahorkatina*. Stará Boleslav.

VACEK, Stanislav, Jaroslav SIMON, Tomáš MINX a Vilém PODRÁZSKÝ, 2006. Struktura a vývoj přírodě blízkých porostů na modelových výzkumných plochách v Krkonoších. In: VACEK, Stanislav. *Zvýšení podílu přírodě blízké porostní složky lesů se zvláštním statutem ochrany: ncrease of close-to-nature stand component of forests with special protection status : Brno 6. prosince 2006 : sborník referátů*. Vyd. 2. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav hospodářské úpravy lesů, s. 45-58.

VACEK, Stanislav, Jaroslav SIMON a Jiří REMEŠ, 2007. *Obhospodařování bohatě strukturovaných a přírodě blízkých lesů*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-86386-99-7.

VACEK, Stanislav, Václav VAŠINA a Zdeněk BALCAR, 1988. Analýza autochtoních bukových porostů SPR Rýchory a Boberská stráň: Analysis of autochthon beech populations of the State Nature Reserves Rýchory a Boberská Hillside. *Opera Corcontica*. **25**, 13-55.

VACEK, Stanislav, Václav VAŠINA a Václav MAREŠ, 1987. Analýza autochtoních smrkobukových porostů SPR V bažinkách: Analysis of autochthon spruce beechpopulations of the state nature reserve V bažinkách. *Opera Corcontica*. **24**, 95-132.

VAN WAGNER, C.E., 1968. The Line Intersect Method In Forest Fuel Sampling. *Forest science*. **14**(1), 20-26.

VON WUHLISCH, G., 2008. *EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use*. 1. Rome: Bioersivity International. ISBN 9789290437871.

VRŠKA, Tomáš, 2002. *Dynamika vývoje pralesovitých rezervací v České republice: Českomoravská vrchovina - Polom, Žákova hora*. Vyd. 1. Praha: Academia. ISBN 80-200-0848-9.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2017: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic, 2017. Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce, **23**. ISBN 978-80-7434-477-0.

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Vývoj zastoupení dřevin v NPR Voděradské bučiny	24
Tabulka 2 - Zastoupení dřevin v NPR Voděradské bučiny	29
Tabulka 3 - Zastoupení dřevin v NPR Stučica	29
Tabulka 4 - Stav stromů v NPR Stučica	30
Tabulka 5 - Stav stromů v NPR Voděradské bučiny	30
Tabulka 6 - Uvolnění / potlačení stromů v NPR Stučica.....	31
Tabulka 7 - Uvolnění / potlačení stromů v NPR Voděradské bučiny	31
Tabulka 8 - Stromová patra v NPR Stučica.....	32
Tabulka 9 - Stromová patra v NPR Voděradské bučiny.....	32
Tabulka 10 - Tloušťka živých stromů na lokalitách NPR Stučica.....	33
Tabulka 11 - Tloušťka živých stromů na lokalitách NPR Voděradské bučiny	33
Tabulka 12 - Tloušťka živých stromů souhrnně	33
Tabulka 13 - Tloušťka mrtvých stromů na lokalitách NPR Stučica.....	34
Tabulka 14 - Tloušťka mrtvých stromů na lokalitách NPR Voděradské bučiny.....	34
Tabulka 15 - Tloušťka mrtvých stromů souhrnně (mm)	34
Tabulka 16 - Kruhová základna živých stromů na lokalitách NPR Stučica.....	35
Tabulka 17 - Kruhová základna živých stromů na lokalitách NPR Voděradské bučiny.....	35
Tabulka 18 - Kruhová základna živých stromů souhrnně	36
Tabulka 19 - Kruhová základna mrtvých stromů na lokalitách NPR Stučica	36
Tabulka 20 - Kruhová základna mrtvých stromů na lokalitách NPR Voděradské bučiny.....	37
Tabulka 21 - Kruhová základna mrtvých stromů souhrnně	37
Tabulka 22 - Výška živých stromů na lokalitách v NPR Stučica.....	38
Tabulka 23 - Výška živých stromů na lokalitách v NPR Voděradské bučiny.....	38
Tabulka 24 - Výška živých stromů souhrnně)	38
Tabulka 25 - Tloušťka stromů v NPR Stučica.....	40
Tabulka 26 - Tloušťka stromů v NPR Voděradské bučiny.....	40
Tabulka 27 - Kruhová základna (cm ²) v NPR Stučica	47
Tabulka 28 - Kruhová základna v NPR Voděradské bučiny	47

Seznam tabulek - pokračování

Tabulka 29 - Počty stromů v souboru podle etáží (stromových pater)	52
Tabulka 30 - Počet živých a mrtvých stromů v souborech.....	54
Tabulka 31 - Počet uvolněných/potlačených stromů v souboru	55
Tabulka 32 – Průměrné počty jedinců přirozené obnovy na lokalitách v NPR Stučica	57
Tabulka 33 - Přirozená obnova lokalitách v NPR Voděradské bučiny.....	57
Tabulka 34 - Přirozená obnova - souhrně	57
Tabulka 35 - Množství ležícího mrtvého dřeva v NPR Stučicaa)	60
Tabulka 36 - Množství ležícího mrtvého dřeva v NPR Voděradské bučiny	60
Tabulka 37 - Množství mrtvého dřeva	61

10 Seznam grafů

Graf 3 - Neparametrické odhady hustot proměnné tloušťka – celý soubor.....	40
Graf 4 - Neparametrické odhady hustot proměnné tloušťka – živé stromy.....	41
Graf 5 - Neparametrické odhady hustot proměnné proměnné tloušťka – mrtvé stromy	41
Graf 6 - Neparametrické odhady hustot proměnné proměnné kruhová základna – celý soubor.....	47
Graf 7 - Neparametrické odhady hustot proměnné proměnné kruhová základna – živé stromy.....	48
Graf 8 - Neparametrické odhady hustot proměnné proměnné kruhová základna	48
Graf 9 – Zastoupení stromů v souboru podle etáží (stromových pater)	53
Graf 10 – Zastoupení živých/ mrtvých stromů v souborech.....	54
Graf 11 – Počet uvolněných/potlačených stromů v souboru	56
Graf 12 - Srovnání neparametrického odhadu hustot pro přirozenou obnovu	58
Graf 13 - Srovnání neparametrického odhadu hustot proměnné mrtvé ležící dřeva	61

11 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Mapa NPR Voděradské bučiny.....	23
Obrázek 2 - Mapa NPR Stučica.....	26
Obrázek 3 - Zkusné plochy	26

12 Přílohy

12.1 Kritéria hodnocení

- Výčetní tloušťka (průměr ve 130 cm nad zemí) v mm.
- Druh
- Status (živý, mrtvý, pahýl):

0 – pařez ze stromu, který byl pokácen

1 – živý bez poškození;

2 – živý s poškozením koruny (zlom v koruně);

3 – živý se zlomeným kmenem (vyšší než 1,3 m, souše);

4 – živý vyvrácený strom;

10 - pahýl pod 1,3 m (mrtvé dřevo pod 1,3 m a ve 30 cm více než 20 cm)

11 – mrtvý bez poškození;

12 – mrtvý s poškozením koruny (zlom v koruně);

13 – mrtvý se zlomeným kmenem vyšší než 1.3 m, souše);

14 – mrtvý vyvrácený strom;

15 - kompetiční souše (potlačený strom, často v podúrovni, bez známek příčiny smrti)

16 – vyvrácený strom, evidentně vyvrácený až po jeho smrti

17 – mrtvý strom s vrcholovým zlomem (níže než kmenový zlom)

21 – nedávno uhynulý vlivem lýkožrouta smrkového (důležité zejména pro Slovensko - smrk) nebo jiná recentní rozsáhlá disturbance

22 – nedávno uhynulý (jako 20) - se zlomenou korunou.

23 – nedávno uhynulý (jako 21) - se zlomeným kmenem

- **Growth pattern/Růst (uvolněný nebo potlačený):**

1 – Released/Uvolněný;

0 – Supressed/Potlačený.

- **Layer/Vrstva (stromové patro)**

11 – Upper/Horní (dominantní); výška stromu dosahuje min. 80% výšky porostu

12 – Middle/Střední; výška stromu dosahuje 50% výšky porostu

13 – Lower/Dolní.

- **Decay/Rozklad:**

1 – krátce po uschnutí stromu: zůstávají drobné větve se zbytky olistění;

2 – zůstávají drobné větvičky, bez olistění;

3 – většina drobných větví chybí, ale silné větve jsou kompletní;

4 – často již zlom souše, zůstávají jen některé nejsilnější větve;

5 – pahýl pod 2 m výšky, větve chybí, silně rozložený;

6 – evidentní pařez po těžbě

NA – neměřeno či chybějící/not measured or missing

- **D height – výška mrtvého stojícího stromu nebo souše**

0 – 0.0-9.9 m

1 – 10.0-19.9 m

2 – 20.0-29.9 m

3 – 30.0-39.0 m

4 – 40.0-49.0 m

- **Výška stromů:**

Výška byla měřena u 15 stromů. Z nejčastěji zastoupených druhů se změní výška dohromady u 10 stromů (např. když je na ploše 60 % buku, 30 % jedle a 10 % smrku - vybereme na měření 6 buků, 3 jedle a 1 smrk) a u 5 nejtlustších stromů. Vybrané stromy by měly pokrýt rozsah průměrů od každého druhu (např. tenké, středně široké, široké. Měří se výška stromu, nasazení koruny.

- **Obnova (zmlazení)**

- Na celé ploše (rychlé odhadnutí počtu zmlazení na ploše)
- výška 0.5-1.3 m
- výška 1.3-2.5 m
- výška >2.5 m a DBH<6 cm

Pět podplošek na zmlazení (2*2 m) na transektech (12,1 m od středu ve směru: 0°, 72°, 144°, 216°, 288°), kde se sečte veškeré zmlazení do výškových tříd dle druhů:

- výška 0-0.5 m
- výška 0.5-1.3 m
- výška 1.3-2.5 m
- výška >2.5 m a DBH<6 cm