

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra pěstování lesů

**Dynamika růstu výsadeb jedle bělokoré
v závislosti na nadmořské výšce a expozici
v Krkonošském národním parku**

Diplomová práce

Autor: Bc. Jan Zapadlo
Vedoucí práce: prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.

2016

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Dynamika růstu výsadeb jedle bělokoré v závislosti na nadmořské výšce a expozici v Krkonošském národním parku* vypracoval samostatně pod vedení prof. Ing. Ivo Kupky, CSc. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím se 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. dubna 2016

Poděkování

Je milou povinností autora poděkovat vedoucímu práce, prof. Ing. Ivo Kupkovi, CSc. za cenné náměty a připomínky, které vedly k jejímu zkvalitnění. Dále bych touto cestou rád poděkoval Ing. Jiřímu Součkovi, PhD. za pomoc při provádění měření a Ing. Václavu Pokornému za poskytnutí meteorologických údajů z databáze ČHMÚ

Abstrakt

Práce se zabývá dynamikou vývoje výsadeb jedle bělokoré (*Abies Alba* Mill.) v závislosti na nadmořské výšce a expozici v horských podmínkách západní části Krkonošského národního parku. Dále zkoumá vliv věku stromů, průměrné teploty a srážkových úhrnů na tento vývoj.

Porovnávají se průměrné roční přírůsty jedle na čtyřech stanovištích, které se odlišují zejména nadmořskou výškou, ale i dalšími charakteristikami. Analýzy prokázaly, že existují statisticky významné rozdíly mezi průměrnou velikostí přírůstů na těchto stanovištích. Metodami korelační a regresní analýzy byly identifikovány samostatné vlivy dalších faktorů na tyto rozdíly i intenzita těchto vlivů. Kromě nadmořské výšky se jedná o faktor průměrné teploty, úhrnu srážek za období a věku stromů. Při zkoumání závislosti vývoje jedle na více faktorech současně byl vytvořen lineární regresní lineární model závislosti mezi velikostí přírůstů a společným působením výše uvedených faktorů.

Klíčová slova: jedle bělokorá (*Abies Alba* Mill.), umělá obnova lesa, roční přírůst, regresní a korelační analýza

Abstract

This Master thesis deals with a dynamic of planting development of silver fir (*Abies Alba* Mill.) depending on an altitude and exposure in the mountain conditions of the western part of the Krkonose (Giant Mountain) National Park. Further it examines the influence of a tree age, average temperature and precipitation amounts on such a development.

Annual silver fir height increments have been compared on the four selected sites which differ from each other, in particular, by their altitude but other characteristics have been considered as well. Analyses proved that there were significant statistical differences between an average height increments on these sites. Through the methods of correlation and regression analyses impacts of other factors on the said differences along with the intensity of such impacts have been identified. In addition to the altitude a factor of an average temperature, precipitation amount during a given period and a tree age have been determined. Whilst examining the dependency of fir development using more factors simultaneously a linear regression model of dependency between the fir height increments and joint effects of the aforementioned factors has been created.

Key words: silver fir (*Abies Alba* Mill.), artificial forest regeneration, height increment, regression and correlation analysis

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíle práce.....	8
3	Rozbor problematiky (literární rešerše).....	8
3.1	Jedle bělokorá a základní principy její obnovy.....	8
3.2	Vliv různých podmínek na vývoj jedle bělokoré.....	12
4	Popis výzkumných ploch.....	15
4.1	Historie lesních ekosystémů západních Krkonoš.....	15
4.2	Základní údaje o lesní části Mrtvý vrch.....	16
4.3	Bližší charakteristika výzkumných ploch.....	18
4.3.1	Kolečko 218 A13a/1d.....	18
4.3.2	Stará celní 217C8/1a.....	20
4.3.3	Do sutě 208B8/1b.....	21
4.3.4	Pod Alfrédkou 209B2/1b.....	22
4.3.5	Použitý sadební materiál.....	23
5	Metodika.....	29
5.1	Měření přírůstů na stanovištích.....	29
5.2	Další vstupní data.....	30
5.3	Použité statistické metody.....	30
5.3.1	Jednofaktorová analýza rozptylu.....	31
5.3.2	Párový korelační koeficient.....	31
5.3.3	Jednoduchá a vícenásobná lineární regrese.....	32
6	Výsledky.....	33
6.1	Porovnání stanovišť z hlediska středních hodnot ročních přírůstů.....	33
6.1.1	Základní statistické charakteristiky přírůstů v jednotlivých letech..	34
6.1.2	Analýza rozptylu přírůstů v jednotlivých letech.....	38
6.2	Závislost přírůstů na teplotě vzduchu.....	40
6.2.1	Průměrná teplota vzduchu.....	40
6.2.2	Intenzita závislosti.....	41
6.2.3	Statistické modelování.....	44
6.3	Závislost přírůstů na úhrnu srážek.....	45
6.3.1	Měsíční a roční úhrny srážek v Harrachově.....	45
6.3.2	Intenzita závislosti.....	46
6.3.3	Statistické modelování.....	48
6.4	Závislost přírůstů na nadmořské výšce stanoviště.....	50
6.5	Závislost přírůstů na věku stromů.....	51
6.6	Závislost velikosti přírůstů na více proměnných současně.....	54
7	Diskuze.....	57
8	Závěr.....	59
	Seznam použité literatury.....	61

1 Úvod

Autor této práce nastoupil na jaře v roce 1990 jako absolvent střední lesnické školy na pracovní místo lesního na lesní závod Harrachov, lesní správu Nový svět a lesnický úsek Mýtiny, jehož součástí byla také lesní část Mrtvý vrch.

O rok později, na jaře roku 1991, během jedné noci na lesnickém úseku Mýtiny spadlo 53 ha mýtního a předmýtního porostu. Veškeré následky větrné kalamity z roku 1991 (zhruba 25 000 m³ dřeva) byly ve stejném roce zpracovány, odvezeny a prodány odběratelům. Pro začínajícího lesníka to opravdu nebyla jednoduchá situace. V následujícím roce 1992 bylo třeba 53 ha holin zalesnit. Z důsledků a rozsahu kalamity bylo zřejmé, že nově vzniklé smrkové monokultury, ovlivněné i nejistým genetickým původem, nemohou do budoucna dosahovat požadovaného stupně ekologické stability.

Při zalesňování velkých holin se proto autor snažil zabezpečit okraje a střed porostu kolmo proti západním větrům 20 – 25 m širokými modřínovými pásy, které později (po 7 – 8 letech) podsázel bukem lesním. Vývoj porostů ukazoval, že zvýšení ekologické stability nelze dosáhnout jen samovolným vývojem nově vzniklých porostů (tedy přirozenou obnovou). Proto bylo nezbytně nutné podpořit nebo zajistit zlepšení ekologické stability včasnými výchovnými zásahy. Tyto měly přispět k úpravě druhové skladby ve smyslu podpory přimíšených a vtroušených listnatých dřevin a jedle. U smrkových porostů prvního věkového stupně autor začal v letech 1994 - 95 prosadbou poloodrostků listnáčů (BK, JV, OI, JŘ, BŘ) a z jehličnanů sazenic jedle bělokoré. Tuto prosadbu odrůstajících kultur bylo nutné provést pokud možno v co nejkratší době, protože smrk po určité době ujímání velmi rychle odrůstá, takže bylo třeba zajistit, aby prosázené stromky měly možnost odrůst a nebyly brzy potlačovány okolními smrkem.

Snaha o určité „završení“ a shrnutí jedné části uvedené historie (výsadeb jedle bělokoré) byla rozhodujícím impulsem pro sepsání této diplomové práce.

2 Cíle práce

Cílem práce je posoudit a porovnat vývoj výsadeb jedle bělokoré (*Abies Alba* Mill.) v extrémních podmínkách horského prostředí lesní části Mrtvý vrch v západních Krkonoších v Krkonošském národním parku. Tyto výsadby autor v letech 1997 až 2001 realizoval ve čtyřech lokalitách zmíněné lesní části. Lokality se odlišují svým mezoklimatem, vyjádřeným vedle expozice zejména nadmořskou výškou.

Dalším cílem práce bylo posoudit také vliv některých dalších faktorů, zejména teploty vzduchu, úhrnu srážek a věku stromů) na tento vývoj.

3 Rozbor problematiky (literární rešerše)

3.1 Jedle bělokorá a základní principy její obnovy

Areál jedle je do značné míry totožný jako areál horského ekotypu smrku. Jedle je obecně považována za druh spíše horský, v severní části areálu sestupující až do pahorkatin, okrajově do nížin. V České republice má těžiště výskytu v nižších horských oblastech a produkční optimum se uvádí v nadmořské výšce 500 až 900 m (Poleno, 2007b). Jedle se i v minulosti vyskytovala převážně jako dřevina přimíšená. Původní zastoupení jedle v lesích České republiky se odhaduje asi na 16%. V souvislosti s převážně holosečným způsobem hospodaření v minulosti a s masovým uplatňováním smrku ztepilého a borovice lesní v druhové skladbě lesních porostů klesl podíl jedle v lesích na dnešní necelé 1 % podle plochy (Šindelář, 2005).

Jedle je považována za důležitou porostotvornou a ekostabilizační stinnou dřevinu, která má nezastupitelný význam rovněž na těžších uléhavých a oglejených půdách a na živnějších svahových půdách. Podle rekonstruovaných historických záznamů z oblasti Krkonoš zaujímala před exploatačními zásahy podíl cca 13 %, v devadesátých letech minulého století to byly pouze fragmenty (0,1 %). V procesu přeměn je třeba (tam, kde je to možné) maximálně využít její přirozenou obnovu jedinců místního původu, avšak vzhledem k výše uvedenému musí být převážně kultivována umělou výsadbou (KRNAP, 2002).

Umělá obnova této dřeviny se tak stává důležitým pěstebním úkolem. S ohledem na nedostatek kvalitního jedlového semene bude zcela jednoznačně převažovat sadba, síje bude používána pouze výjimečně (Kantor, 2001).

Při přeměnách druhové porostní skladby v západních Krkonoších se očekává, že na stanovištích 6. smrkobukového lesního vegetačního stupně by mělo zastoupení jedle dosahovat kolem 10 %. V 7. - 8. lesním vegetačním stupni (bukosmrkový a smrkový) by měla být jedle zastoupena jako ekostabilizační dřevina hlavně na oglejených, podmáčených a svěžích stanovištích v rozsahu do 5 - 10% (KRNAP, 2002).

Z uvedeného je zřejmé, že jedle by měla být odpovědně kultivována především na nejpříznivější stanoviště, kde je nejvyšší předpoklad na úspěšnou obnovu a její rozšíření. Jedná se zejména o stanoviště nižších a údolních poloh, v úžlabích vodotečí a na přilehlých svazích, na vlhkostně příznivé a živnější půdy. Dále na plošinách a mírných svazích s oglejenými, podmáčenými a živnými stanovišti horských poloh (ÚHUL, 1997).

Obecně známou vlastností jedle je její schopnost snášet zástin, a to i dlouhou dobu (desetiletí). Její nároky na světlo však souvisejí s komplexem všech dalších klimatických faktorů (teplo, srážky, vlhkost vzduchu, vlhkost půdy, proudění vzduchu) a charakterem půdních činitelů. Čím jsou stanovištní podmínky příznivější, tím se snižují nároky jedle na světelný požitek. Naproti tomu v chladnějších vyšších polohách jsou nároky jedle na světlo výrazně vyšší (Kantor, 2001). Skutečnost, že je jedle velmi stinnou dřevinou ji předurčuje k tvorbě víceetážových, nestejnověkých smíšených lesních porostů. V trvale udržitelném hospodářství s převážně podrostním způsobem obnovy má nezastupitelný význam (Poleno, 2007b). Vzdůst jedle v zástinu je zpočátku pozvolný. Za ukazatel přiměřených světelných poměrů obnovovaného porostu lze považovat růst tzv. "ostruhy" ve 3. roce života. Další 10 až 20 let zůstává výškový přírůstek jedle relativně nízký. Při dosažení výšky cca 50 až 80 cm je třeba postupných a pozvolným rozvolňováním zápoje mateřského porostu zvyšovat světelný požitek, přičemž je nutné, aby přechod k plnému uvolnění probíhal plynule, nikoli „skokem“ (Kantor, 2001).

Jedle by měla být kultivována na počátku obnovní fáze formou předsunuté obnovy. Předsunutá obnova je systém obnovních sečí a obnovních postupů v porostech, v nichž je nutné zahájit obnovu časově a prostorově v předstihu. Nejčastějším důvodem je úsilí o vnášení pomalu rostoucích klimaxových dřevin

do porostů s jednou nebo jen několika dřevinami, které mají výrazně rychlejší dynamiku růstu v prvních fázích existence porostu. Jedná se zejména o vnášení buku a jedle do čistě nebo převážně smrkových porostů (Kupka, 2005).

Z hlediska požadavků na teplo lze jedli hodnotit jako poměrně náročnou dřevinu, zejména ve srovnání se smrkem. Průměrná roční teplota by podle šetření řady autorů neměla klesnout pod 5 až 8 stupňů C, v letních měsících by měla být průměrná teplota nejméně 12 až 15 stupňů C (Kantor, 2001). Vedle tepla jedle potřebuje přiměřený vlhkostní režim. Jedle roste spíše na vlhkých až mírně podmáčených půdách a má poměrně velké požadavky na vzdušnou vlhkost. Na druhé straně se vyhýbá stanovištím silně podmáčeným a také suchým (Poleno, 2007b). Vedle požadavků na vysokou relativní vlhkost vzduchu bývá udávána potřeba dostatku srážek (ve vegetačním období alespoň 350 až 400 mm). Jedle je choulostivá na suché periody, ale i tuhé zimy, proudění vzduchu a pozdní mrazy (Kantor, 2001). Ohrožení pozdními mrazy se zvětšuje u mladých jedinců, pokud nejsou v mládí pod ochranou mateřského porostu (Poleno, 2007b).

Jedle je nejvýznamnější dřevinou ekostabilizační k zajištění různověkosti budoucích porostů, k tvorbě strukturovaného vertikálního zápoje. Jedli možno dále využít v příměsi s bukem a klenem k tvorbě zpevňovacích pruhů a k obnově porostů v úžlabních polohách spolu s klenem a bukem (KRNAP, 2002). Nezbytným předpokladem úspěšného odrůstání jedlových nárostů je jejich účinná ochrana proti zvěři (Poleno, 2007b). V podmínkách KRNAP jde především o oplocování nebo individuální ochranu drátěnými koši (KRNAP, 2002).

Z pohledu prostorové úpravy lze teoreticky při umělé obnově jedle použít všechny základní typy obnovních postupů, praktický význam však mají pouze podsadby a umělá obnova na násečných obnovních prvcích - okrajová seč, prvky holo-sečného charakteru s šířkou seče menší než 1 ha (Kantor, 2001). Podsadba (podsazování) je umělé vytváření nového porostu sadbou pod clonou staršího (obnovovaného) porostu. Podsadba má opodstatnění zejména jako doplněk přirozené obnovy dřevinami, které nemohou nasemenit v dostatečném rozsahu, nebo nejsou zastoupeny v mateřském porostu (Kupka, 2005). Takovou situací jsou právě přeměny stávajících lesních porostů. Z tohoto pohledu, i s ohledem na významnou schopnost jedle dlouhodobě snášet zástin, je zřejmé, že jedle je ideální dřevinou pro tento způsob obnovy (Kantor, 2001). V podmínkách západních Krkonoš by měla být jedle vysazována v dostatečné vzdálenosti od hlavních východisek obnovy nebo přirozené obnovy smrku do skupinek, skupin nebo pod-

sadbou vytvořených clonných prvků, vždy lokálně jen na nejpříhodnější místa (KRNAP, 2002).

Mezi uváděné přednosti podsadeb patří, že výrazně nenarušují mikroklima a stav půdy a vytvářejí příznivější podmínky pro obnovu stín snášejších dřevin ve srovnání s obnovou na holině. Podsadby také vytvářejí příznivější podmínky pro vývin bylinné a mechové klimaxové vegetace a dávají velké možnosti prostorového rozmístění jednotlivých dřevina a jejich věkové diferenciaci (Kantor, 2001).

Mezi nevýhody podsadeb bývají řazeny zejména větší náklady na těžbu a bezeškodné vyklizování těžené dřevní hmoty, snížení přísunu tepla a světla ve srovnání s výsadbami na obnovních prvcích holosečného charakteru a zvýšené nebezpečí poškození kyselými sázkami ve všech skupenstvích. K nevýhodám patří také komplikovanější ochrana proti poškozování podsadeb a riziko poškození nového pokolení lesa při domýtných sečích.

Vedle podsadeb je v podmínkách lesní správy Harrachov využívána také umělá obnova násečnými obnovními prvky. Těmi se rozumí všechny typy obnovních sečí holosečného charakteru (kotlíky, klíny, pruhy), jejichž šířka je menší než výška obnovovaných porostů. Dále sem patří i klasická okrajová seč s vnějším okrajem pochopitelně opět užším než výška mateřského porostu.

Jedním z rozhodujících parametrů prostorové úpravy obnovních postupů, zejména na menších plochách je směr obnovy. To je směr, kterým obnova postupuje ze svých východisek. Také u umělé obnovy musí zohledňovat stanovištní podmínky, obnovní cíle i expozici a sklon svahu. Směr obnovy musí být vždy proti směru převládajícího nebezpečného větru. Toto základní pravidlo musí být bezpodmínečně dodrženo také při obnovních postupech násečného charakteru (Kupka, 2005).

Umělá obnova jedle násečnými prvky zachovává většinu předností podsadeb, ale navíc může snižovat některé jejich nevýhody: snižuje náklady související s těžbou, zmenšuje nebezpečí poškození výsadeb při domýtných sečích, umožňuje jednodušší a ekonomičtější ochranu kultur před škodami zvěří aj. Obecně platí, že s rostoucí velikostí násečných obnovních prvků (zejména pruhy, klíny) je požadavek zakládání směsí jedle s bukem, popř. dalšími dřevinami závažnější a striktnější (Kantor, 2001). Praktické zkušenosti potvrzují v některých případech i pozitivní výsledky výsadby jedle bělokoré na úzkých, pruhových holinách, v zástinu obnovovaných porostů. Tento postup by měl být uplatňován spíše jen

v souvislosti se vznikem holin v důsledku nahodilých těžeb a s využitím přípravných dřevin (Šindelář, 2005).

Pokud jde o umělou obnovu jedle na holých sečích, zůstává otevřená zejména otázka zdárného vývoje takových porostů v budoucnosti (zejména u stejnověkých skupiny na větších plochách). Z pohledu často zdůrazňovaného požadavku na diferencovanou prostorovou výstavbu smíšených porostů s jedlí, nelze doporučit obnovu jedle na holých sečích s plochou větší než 1 ha (Kantor, 2001).

Počty sazenic jsou v podmínkách lesní správy Harrachov přizpůsobovány představám o budoucí výstavbě porostu. V běžné praxi se využívají kvalitní sazenice jedle v počtu 500 ks na 1 ha, rozmístěné v časovém a prostorovém předstihu do clonných skupin o velikosti cca 0,08 ha s upraveným zakmeněním na 0,5 - 0,7 v řidším sponu 4 - 5 m s individuální ochranou. Výplň mezi jedlemi přirozeným způsobem nebo dodatečně uměle buky nebo smrky. Podle dalšího vývoje jedlí probíhá uvolňování redukci smrku. (KRNAP, 1998).

Dle instrukcí KRNAP by jedle neměla být vysazována na holiny v mrazových polohách, do hřbetních a hřebenových poloh a na chudé, skeletové a výsušné půdy. Rovněž není vhodné zakládat velké jedlové skupiny (0,10 ha), spíše hloučky, skupinky s rozmístěním po větší ploše (ÚHUL, 1997).

3.2 Vliv různých podmínek na vývoj jedle bělokoré

Odborná literatura, která se zabývá vlivem různých podmínek (expozice, nadmořská výška) na růst jedle bělokoré je poměrně bohatá, i když se častěji zabývá její přirozenou obnovou. Na umělou obnovu je zaměřena například studie (Hawryś, 2004). Studie byla provedena na dvou výzkumných stanovištích v oblasti polesí Świeradów (v polské části Jizerských hor, nedaleko lesní částí Mrtvý vrch) v letech 1999-2003. První výzkumné stanoviště bylo založeno v horském smíšeném listnatém lese v nadmořské výšce 700 m, a druhé v horském jehličnatém lese v nadmořské výšce 960 m. Na každém výzkumném stanovišti bylo vysazeno zhruba 320 až 360 sazenic jedlí s různým původem. Byly použity sazenice ze čtyř lokalit v Beskydech a dvou lokalit z Krkonoš a Jizerských hor. Jedle bělokorá byla zasazena pod krytem (v zástinu) dříve založené obnovy, zejména modřínu evropského.

Výzkum vysazených kultur sestával z šetření půdy (chemických vlastností a biologické aktivity půd), měření výšky ročního přírůstku a odhadu přežití jedle bělokoré různého původu, odhadu škod způsobených škůdci jehličí a určení chemic-

kého složení jehličí jedle. Nepříznivé klimatické podmínky na pokusných plochách v roce 2000 a 2001 způsobily zánik mnoha stromů ve sledovaných kulturách, celkem průběhu 4 let zahynulo 34 resp. 38% stromů ze zkoumaných pozemků. Na sledovaných stanovištích vykazovaly jedle bělokoré dobrý růst, a to i v obtížných horských podmínkách. Byly také nalezeny lehké škody způsobené škůdci. Pokud jde o původ sazenic, experiment ukázal, že je vhodné brát do úvahy nadmořskou výšku, ve které byly sazenice vypěstovány, neboť se ukázalo, že ve vývoji byly úspěšnější sazenice vypěstované v horských oblastech se stejnou nadmořskou výškou, jakou měla experimentální stanoviště.

Analýza růstu jedle bělokoré (*Abies alba*) v rámci přirozené obnovy v rezervaci Jata byla uveřejněna v článku (Dobrowolska, 1999). Studie byla provedena v rezervaci Jata (v severozápadním Polsku), která je nejdále položenou přírodní lokalitou jedle bělokoré v severovýchodní Evropě. Bylo zkoumáno tempo růstu přirozené obnovy jedle na různých typech lokalit a různých strukturách a druzích stanovišť. Bylo zjištěno, že jedle roste v nížinách velmi pomalu. Věková struktura byla v závislosti na místních podmínkách velmi rozmanitá. V nížinách může být doba obnovy prodloužena až na 60 let. Míra růstu sazenic jedle závisí na hustotě stanoviště. Typ lokality a hustota stanoviště mají na růst stromků velký vliv. Přirozená obnova jedle probíhá rychleji v mladém smíšeném jehličnatém lese a ve vlhkém smíšeném listnatém lese než v mladém smíšeném listnatém lese.

V loňském roce publikovaném článku (Vencurik, 2015) shrnují autoři závěry své experimentální studie zaměřené na vliv světla a kompetice na výškový růst a morfologii korun obnovy smrku ztepilého a jedle bělokoré v obnovovaném smrkovém porostu v západní části pohoří Oravská Magura (lesní oblast 33A Oravské Beskydy) na území LHC Paráč (ve Slovenské republice). Nadmořská výška dílce je 910 až 980 m n. m., expozice severovýchodní, sklon 25 %.

Statistickou analýzou vlivu světelných poměrů na růst následné generace pod clonou rozpadajícího se smrkového porostu dospěli autoři především k těmto závěrům: úroveň relativního osvětlení v dolní vrstvě byla významně ovlivněna pouze počtem stromů obnovovaného porostu, vliv ostatních porostových charakteristik (zásoba, stupeň zaclonění) byl nevýznamný. Podsazená jedle dosahovala ve srovnání s přirozeně obnoveným smrkem významně větší výškové přírůsty, což jí v omezených světelných podmínkách poskytuje značnou kompetiční výhodu. Zvýšení úrovně osvětlení ovlivnilo pozitivně především výškový růst smrku. Vzájemná kompetice mezi jedinci měla na výškový růst nevýznamný vliv. Pokud

jde o roční přírůsty, dospěli autoři k průměru ročního přírůstu 19,7 cm při směrodatné odchylce 5,8 cm, minimální hodnotě změřeného přírůstu 9 cm a maximální 31,3 cm.

V závěru autoři konstatují, že vedle osvětlení ovlivňují růst při přirozené obnově smrku, ale především při umělé obnově jedle do značné míry i další, ve studii neuvažované, faktory.

Vliv světelných a půdních poměrů na růst jedle ve výběrném lese se zabývala také srovnávací studie, jejíž výsledky byly publikované v článku (Jaňud', 2013). Výzkum byl realizovaný v orografickém celku Nízké Tatry na území lesního celku Liptovská Osada v demonstračním objektu Donovaly – část Mistríky, který se nachází v nadmořské výšce 960–1050 m n. m., má průměrný roční úhrn srážek 900 –1000 mm a průměrná roční teplota se pohybuje v intervalu 4,2 – 4,8 °C. Leží v 6. lesním vegetačním stupni. Měření byla realizovaná ve dvou srovnávaných porostech s výběrným hospodařením. Dílec 606 s dominantní ochrannou funkcí má severní expozici a jeho struktura je blízká výběrné. Geologické podloží je tvořené žulou a fylitem. Převládajícím půdním typem je ranker. Složení porostu je smrk ztepilý 60 % a jedle bělokorá 40 %.

Druhý dílec 631 s dominantní produkční funkcí má jižní expozici. Svoji strukturou splňuje znaky výběrného lesa. Geologické podloží je tvořené fylitem, převládajícím půdním typem je kambizem. Složení porostu je smrk ztepilý 85 % a jedle bělokorá 15 %.

Výsledky výzkumu potvrdily vliv světla na růst a formování habitu jedle ve výběrných lesích s různou funkcí. Světlo je v rámci dolní vrstvy analyzovaných porostů jedním z rozhodujících ekologických faktorů.

Mezi porosty byly zjištěny pouze statisticky nevýznamné rozdíly, pokud jde o průměrný výškový přírůst za poslední 3 roky. V dílci 631 (kambizem) byly zjištěné hodnoty průměrného tříletého výškového přírůstu v rozpětí 0,2 až 32 cm, průměr byl 4,6 cm, hodnota mediánu byla 2,2 cm. Oproti tomu na dílci 606 (ranker) byly zjištěné hodnoty průměrného tříletého výškového přírůstu v rozpětí 0,2 až 31,3 cm, průměr byl 6,01 cm, hodnota mediánu byla 3,07 cm. Když však byly tyto průměrné přírůsty přepočteny pomocí regresní analýzy na tzv. redukovaný přírůstek (na 100 cm délku stromu), ukázaly se rozdíly statisticky významné. Na dílci 631 byl relativní růst větší (ale i s větší variabilitou), než na dílci 606.

4 Popis výzkumných ploch

4.1 Historie lesních ekosystémů západních Krkonoš

Historii lesních ekosystémů Krkonoš včetně Krkonoš západních je podrobně zpracována v publikaci (KRNAP, 1998). Jak vyplývá z analýz pylu uchovaného v rašelině, v boreálním věku (7 000 – 6 000 let př. n. l.), pokrývaly Krkonoše převážně borové lesy s příměsí dubu, lípy a lísky až do nadmořské výšky 1 200 m. Olše, smrk a na hřebenech kleč se objevují v období staršího Atlantiku (5 500 – 4 000 let př. n. l.), ještě později (v teplejším období mladšího Atlantiku), se ke smrku přidává buk a kleč ustupuje do nejextrémnějších poloh.

Jedle se v Krkonoších vyskytuje od subboreálního období (2 500 - 800 let př. n. l.), kdy z horských hřebenů zmizely dřeviny stromovitého vzrůstu (KRNAP, 1998).

Člověk začal Krkonoše výrazněji ovlivňovat od 14. století. Postupně začal rozvoj hutnictví, sklářství a zemědělství, ve vrcholových polohách Krkonoš pastevectví a budního hospodářství (KRNAP 1998).

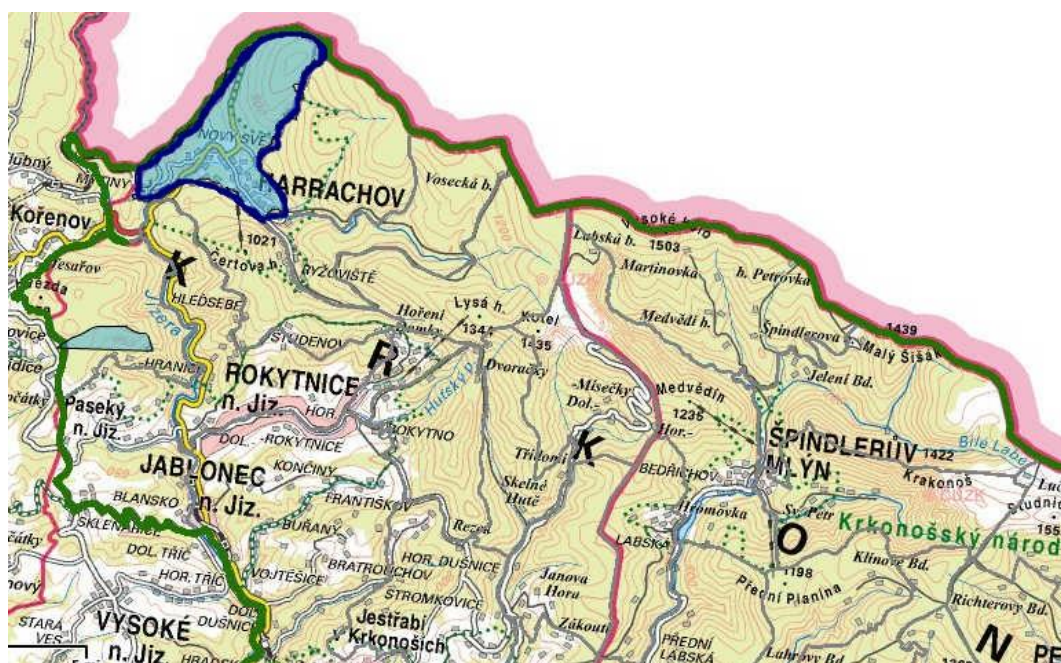
Celoplošná likvidace, převážně smíšených porostů, vytvořila nepříznivé podmínky pro přirozenou i umělou obnovu buku, klenu a jedle. Smrkové dřevo se lépe přepravovalo po souši i vodotečích. Porosty smrkové dobře přirůstaly a dávaly větší výnos všestranně použitelné dřevní hmoty. Úbytek buku a jedle z krkonošských lesů neustále pokračoval a výsledkem je dnešní stav, kdy zastoupení buku a klenu jsou 3% a výskyt je omezen na nižší partie Krkonoš. Jedle se vyskytuje pouze jako vtroušená dřevina v nižších údolních polohách Krkonoš. Nadměrné rozšíření smrku je do určité míry příčinou větrných a kůrovcových kalamit. Zastoupení smrku, vzhledem ke své vitalitě a snadnosti obnovy, neustále vzrůstalo (až na 85 % zastoupení). V 70. letech dochází u smrku zteplého k chronickému poškození imisemi. Tyto imise poškozují všechny životní funkce stromu. Imise poškozují agresivní povahou obsažených látek voskový povrch jehlic, který ochraňuje samotnou jehlici proti všem klimatickým nepříznivým vlivům. Kritický rozsah imisních škod je zřejmý ve starších porostech a ve vysokých polohách s projevy synergického působení extrémního klimatu. Mezi lokalitami, které byly imisemi razantně zasaženy, byla v letech 1978 - 1980 i lesní část Mrtvý vrch. Byly zde pozorovány první hromadné a nápadné příznaky, zejména ztráta starých ročníků jehlic a podesychnání spodních větví v porostech zakrslých smrčín a smrčín. Na přelomu 80. let nastal rozvoj druhotných biotických škůdců, další defoliace v horních částech koruny a došlo k hromadnému odumírání zejména ve

starých porostech nad 950 m n. m. Rozpadlé a proředěné porosty byly silně ohroženy bořivým větrem, často však i přepadovými bořivými větry na odvrácených svazích s lepším zdravotním stavem.

4.2 Základní údaje o lesní části Mrtvý vrch

Lesnický úsek Mrtvý vrch (dále LÚMV) se nachází v oblasti západních Krkonoš a náleží přírodní lesní oblasti 22 - Krkonoše. Je součástí území Krkonošského národního parku (dále KRNAP), na jihovýchodě jeho ochranného pásma. Celé území LÚMV je součástí biosférické rezervace Krkonoše. Zde uváděné informace o území vycházejí z popisu uváděného v Lesním hospodářském plánu LS Harrachov na roky 2002 až 2012 (KRNAP, 2002) a ze studie (ÚHUL, 1997).

Lesní půda a porosty LÚMV jsou majetkem České republiky v působnosti ministerstva životního prostředí. Správu lesů vykonává územní pracoviště Správy Krkonošského národního parku v Harrachově. Náleží do lesního hospodářského celku Harrachov, pro který byl na období 2002 až 2012 vypracován a schválen výše citovaný lesní hospodářský plán. V současné době probíhá schvalování nového lesního hospodářského plánu na léta 2015 až 2025.



Obr. 1 Lesnický úsek Mrtvý vrch - poloha
Zdroj: mapový server KRNAP, vlastní úprava

Území LúMV je z hlediska lesnického rozděleno na oddělení, dílce, porosty a porostní skupiny. LúMV leží severně až severovýchodně od Harrachova. Na západě je ohraničeno státní hranicí s Polskem směrem k bývalému hraničnímu přechodu Harrachov v Novosvětském průsmyku, a odtud pokračuje po státní hranici východním až jihovýchodním směrem k Lubošské planině. Pokračuje přes prameniště Západním směrem a dále údolím říčky Kamenice k Harrachovu a podél obchvatu silnicí zpět na státní hranici s Polskem.

Nejnižší nadmořská výška (kolem 650 m n. m.) LúMV je při jeho jihozápadní hranici v širokém úžlabí potoka Milnice, severně od Harrachova.

Území LúMV je výškově rozděleno na dvě části. Ve středozápadní části je dominantní Mrtvý vrch (1050 m n. m.) s přilehlým výraznějším hřebenem horské rozsochy, směřujícím k jihu a rozdělujícím povodí na oblast potoka Milnice a větší část náležející k vodnatější Kamenici. Západní a východní svahy Mrtvého vrchu jsou přibližně stejně svažité.

Východně od Mrtvého vrchu přechází hraniční hřeben do vyšších nadmořských výšek. Leží na něm při státní hranici vrcholy Kyselý kout 1 174 m n. m., Žlabský vrch 1 217 m n. m. V této výškově a stanovištně exponované oblasti převládají mírnější západní a jihozápadní svahy s převážně podmáčenými a oglejenými půdami, fyzikálně velmi nepříznivými s přechodem do rašelinišť. Území se tedy nachází v nadmořských výškách 650 - 1 217 m n. m. v převážně otevřených a nechráněných hřebenových polohách 6 – 8 lesního vegetačního stupně s přilehlými jižními, jihozápadními a západními svahy. Klimaticky se jedná o typ území horské chladné s průměrnou roční teplotou 2 - 4 °C, s průměrnými ročními srážkami 1 400 – 1 600 mm a s délkou vegetační doby 80 – 100 dní. Jen v nejvyšších polohách území převládá typ horský studený, s průměrnou roční teplotou 0 – 2 °C, s průměrnými ročními srážkami nad 1 600 mm a s délkou vegetační doby do 80 dní (ÚHUL, 1997).

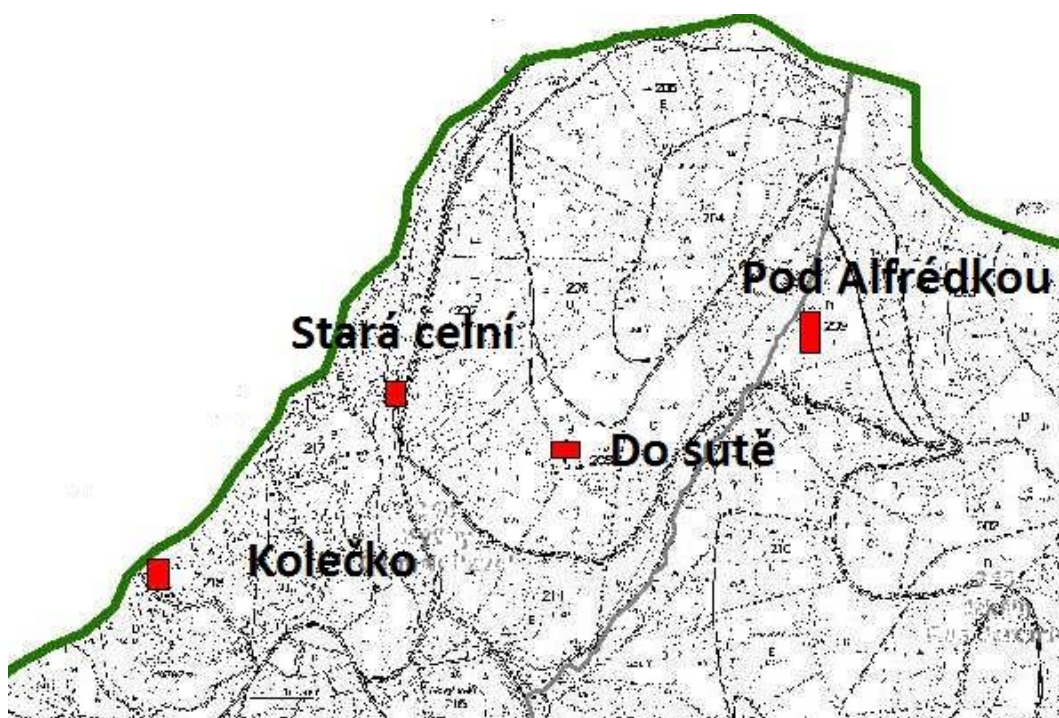
Na území LúMV převládá západní až severozápadní proudění vzduchu. LúMV a její vyšší polohy jsou prvními vysokými polohami ve směru tlaku vzdušných mas; vliv přepadových větrů na odvrácených svazích je rovněž intenzivní.

Geologicky náleží oblast do kristalinina lužicko - slezské soustavy s převahou metamorfovaných krystalických hornin a žuly. Pohraniční hřeben při severní hranici je složen převážně z žuly. Půdy jsou lehčího charakteru, hlinitopísčité, silně kyselé. Nad 950 m n. m. převládají humusoželezité podzoly, často kamenité. Na hřebenech přecházejí do drnových podzolů s oky rašeliny a rašelinových glejů.

Pod 950 m n. m. jsou zastoupeny převážně kamenité rezivé horské hnědé lesní půdy, často opět kamenité.

4.3 Bližší charakteristika výzkumných ploch

Pro zkoumání vývoje přírůstů jedle bělokoré byly vybrány celkem 4 porosty v rámci LúMV, ve kterých v minulosti výsadba jedle bělokoré proběhla, a které se liší v některých svých základních charakteristikách. Rozdíly v jednotlivých charakteristikách těchto 4 vybraných porostů (stanovišť) jsou zřejmé z následujících kapitol a také z přehledu v Tabulce I a II.



Obr. 2 Výzkumné plochy v porostní mapě

Zdroj: mapový server KRNAP, vlastní úprava

4.3.1 Kolečko 218 A13a/1d

Porost se nachází na území ochranného pásma Národního parku, má jihozápadní expozici a náleží do 6. lesního vegetačního stupně (SMRKOBUKOVÝ - montánní - nižší horský). Je zařazen do kategorie lesy zvláštního určení – 10 - lesy příměstské a další lesy se zvýšenou rekreační funkcí. Jedná se o hospodářský soubor (HS) 521, lesní typ -LT- 6K4 (6K4-třtinová na plošinách BK-4, SM-4, JD-2, JŘ).

Pokud jde o variantu vývoje lesa, patří porost do kyselých smrkových bučin, přecházejících do bukových smrčín. V přirozené skladbě převažuje v nižších polo-

hách buk, ve vyšších smrk. Jedle výrazně méně zastoupená. Polohy významně postiženy imisemi. Plošiny až střední svahy, bez významného zamokření. Půdy chudé, krytopodzaly s morovým moderem až morem.

4.3.1.1 Období 1992-2002

V deceniálním období (1992-2002) měl porost označení 218A11 a byl ve věku 110-120 let. Celková velikost oddělení a porostu 218A byla 27 ha lesa. V porostní skupině A11 se na ploše 3,9 ha se z celkové zásoby porostu 1 645 m³ vytěžilo v tomto období mýtní úmyslnou (MÚ) těžbou 221,4 m³ dřevní hmoty a mýtní nahodilou (MN) těžbou se zpracovalo 204,1 m³ dřevní hmoty. Zakmenění v porostu A11 se těžbou snížilo z 10 na 6. Dřevinné zastoupení v toto porostu bylo: 95 % Smrk ztepilý (SM), 5 % Buk lesní (BK) a 3 výběrové stromy jedle bělokoré. Z výše uvedených faktů dospěl autor v letech 1996 a 1998 k myšlence založení oplocenek o délce 120 m a 150 m pod porostní skupinou A11. Oplocenky byly skutečně postaveny a do nich byla mezi 13 jedliček z přirozeného náletu, smrkového a bukového náletu dosázena jedle bělokorá (JD) v počtu 120 sazenic.

4.3.1.2 Období 2003-2012

V následujícím deceniálním období (2003-2012) je označení porostu 218A13/1d (věk 121 až 130 let). Celková výměra oddělení 218A a dílce byla upřesněna na 27,17 ha lesa. Porostní skupina 218 A13/1d o výměře 2,9ha, byla rozdělena na porostní skupinu 218A13a o výměře 1,93 ha a porostní skupinu 218A 1d o výměře 0,97 ha. V porostní skupině A13 se na ploše 1,93 ha se z celkové zásoby porostu 972 m³ vytěžilo v tomto období mýtní úmyslnou (MÚ) těžbou 470 m³ dřevní hmoty a mýtní nahodilou (MN) těžbou se zpracovalo 48 m³ dřevní hmoty. Procentní zastoupení dřevin bylo v porostní skupině 13a: 96 % SM, 3 % BK, 1 % JD; v porostní skupině 1d: 63 % SM, 23 % BK, 6 % Jeřáb ptačí (JŘ), 5 % JD a 3 % Bříza bradavičnatá (BŘ). V uvedeném období bylo v porostu 218A13a z celkové zásoby porostu 972m³, mýtní úmyslnou těžbou vytěženo 470 m³ dříví, mýtní nahodilou těžbou 48m³ dříví. Clonná seč byla provedena v letech 2002-2005 postupně od nejzápadnější části porostu směrem k východu. Zakmenění v porostu A13a bylo sníženo ze 6 na 3.

Dřevěná oplocenka v porostu 218A1d vystavěná v roce 1996 v délce 120 m byla v roce 2005 přestavěna na oplocenku bulvár (tj. oplocenku, u které je dřevěná konstrukce opláštěná drátěným pletivem) a zároveň zvětšena její délka na 0,29 km (k ochraně přirozené obnovy bukového a jedlového náletu). Oplocenka slouží

zejména k ochraně kultur proti mechanickému poškození, hlavně od zvěře jelení i srnčí (vytloukání, okus, ohryz).

4.3.2 Stará celní 217C8/1a

Porost se nachází na území ochranného pásma KRNAP. Patří do kategorie lesy zvláštního určení, podkategorie 10, lesy příměstské a další lesy se zvýšenou rekreační funkcí. Porost má jihozápadní expozici a patří do 6. lesního vegetačního stupně (SMRKOBUKOVÝ - montánní - nižší horský). Lesní typ 6N1 (s kapradí širokolistou – ostévkovou na kamenitých svazích BK-4, SM-4, JD-2, KL, JŘ, BŘ).

Variantu typu vývoje lesa (TVL) lze popsat jako svahovou variantu kyselých bučin. Prostorově doprovází TVL 501. Dominantu v přirozených porostech tvoří BK s příměsí JD, SM pouze vtroušeně. Chudé bylinné patro, méně zastoupené keřové patro. Prostorová výstavba spíše jednodušší. Půdy jsou převážně kambizemě mezotrofní s mulovým moderem. Místy 5N až rankery.

4.3.2.1 Období 1992-2002

V deceniálním období (1992-2002) se porost nacházel pod označením 217C8 ve věku (75-85let). Porostní skupina C8 se nachází na mírném jihozápadním svahu, v jižní části expozice je místy podmáčená. Celková velikost oddělení a porostu 217C8 byla 15,05 ha lesa. V porostní skupině 217C8 se na ploše 3,03 ha, vytěžilo v tomto deceniálním období z celkové zásoby porostu 1016m³, PÚ a MÚ těžbou 145 m³ dřevní hmoty a MN těžbou 166 m³ dřevní hmoty. Dřevinné zastoupení v toto porostu bylo 100%- SM. Zdravotní stav porostní skupiny C8 byl velice špatný, až 55 % porostu vykazovalo mechanické poškození (ohryzem od jelení zvěře jelení). Negativní vliv na porostní strukturu celého oddělení měly i abiotičtí činitelé, zejména západní větry. V roce 1997 byla na místě vytěžených 145m³ na ploše plochou 0,5 ha založena oplocenka o délce 250 m. Na plochu 0,5 ha se zalesnilo: 0,27 ha - SM, 0,10 ha - BK, 0,05 - JV, 0,05 ha - OL šedé, 0,03 ha – JD.

4.3.2.2 Období 2003-2012

V dalším deceniálním období (2003-2012) je označení porostu 217C8/1a. Celková výměra oddělení a dílce je 14,81 ha lesa. Porostní skupina 217 C8 o rozloze 1,13 ha byla rozdělena na porostní skupinu 217C8 o výměře 0,11 ha a porostní skupinu 217 C1a o výměře 1,02 ha. Celková zásoba porostu 25m³. Procentní zastoupení dřevin v porostní skupině 217C8 je BK 90%, OL 10%. Porostní skupi-

na 217C1a má zastoupení dřevin: SM 57%, BK 5%, JŘ 18 %, JD 5 %, BŘ 11 %, JV 2%, OL 2 %. Na rozdíl od lokality Kolečko, ve které byly sazeničky jedle bělokoré rozmístěny do volných míst mezi smrk a buk po celé ploše oplocenky, byly v lokalitě Stará celní sazeničky jedle bělokoré zalesněny do jedné skupiny ve východní části oplocenky, podélně s porostem 217C6. Důvodem bylo, aby sazeničky jedle bělokoré byly chráněny přímému oslunění a vlastně tím sazeničkám vznikl polostín.

4.3.3 Do sutě 208B8/1b

Porost je situován na území Krkonošského národního parku. Patří do kategorie lesy zvláštního určení – 7 - lesy zvláštního určení na území národních parků. Leží na mírném až prudkém jihozápadním svahu, východní a severovýchodní část porostu je narušena větrem. Jde o hospodářský soubor (HS) 501 (lesní typ 6N0 - kyselá kamenitá smrková bučina s očky sutí. BK-4, SM-4, JD-2, KL, JŘ, BŘ).

Typ vývoje lesa: Svahová varianta kyselých bučin. Prostorově doprovází TVL 501. Dominantu v přirozených porostech tvoří BK s příměsí JD, SM pouze vtroušeně. Chudé bylinné patro, méně zastoupené keřové patro. Prostorová výstavba spíše jednodušší. Půdy jsou převážně kambizemě mezotrofní s mullovým modelem. Místy (5N) až rankery. Postupně by se měl snižovat podíl SM ve prospěch BK z přirozené obnovy, vytvářet předsunuté obnovní prvky, vnášet JD. Udržet, ev. snížit podíl MD. Poměrně dobrá přirozená obnova BK i SM. (LHP-2015-2024)

4.3.3.1 Období 1992-2002

Označení porostu v deceniu 1992-2002 bylo 208B7, byl ve věku 65 - 75let. Celková velikost oddělení a porostu 208 B je 11,06 ha lesa. V porostní skupině 208B7 se na ploše 2,97 ha, vytěžilo v tomto deceniálním období z celkové zásoby porostu 3 359 m³, PN těžbou 448 m³ dřevní hmoty. Dřevinné zastoupení v tomto porostu bylo ze 100 % SM. Zdravotní stav porostní skupiny B7 byl velice špatný. Z celkové výměry porostní skupiny 6,87 ha spadlo v březnu 1991 při větrné kalamitě 3,9 ha lesa. Místy se v porostní skupině B7 vyskytuje zakrslý vzrůst, mechanické poškození (ohryzem od zvěře jelení až 30%), abiotičtí činitelé (západní větry) zde měly negativní vliv na porostní strukturu celého porostu. Porost B7 se po roce 1991 stal nestabilním a velice labilním porostem, který byl atraktivní jak pro abiotické tak i pro biotické činitele. V porostu se objevovala mezerna-

tost. V roce 2000 byly založeny 2 oplocenky o výměře 0,32km. Na plochu 0,28 ha se zalesnilo 0,06 ha-SM, 0,14 ha-BK, 0,05-JV, 0,02-OL šedé, 0,01-JD.

4.3.3.2 Období 2003-2012

V dalším deceniálním období (2003-2012) věk prostu 76 - 85 let je pro porost použito označení 208B8/1b. Celková výměra oddělení a dílce je 12,19 ha lesa. Porostní skupina 208B 1a o výměře 5,36 ha a porostní skupina 208B8/1b byla rozdělena na porostní skupinu 208B8 o výměře 1,65 ha, porostní skupinu 208B1b o výměře 0,24 ha. Celková zásoba v porostu 208B8 je 484m³, z toho PÚ těžbou bylo vytěženo 146m³ dříví. Procentní zastoupení dřevin v porostní skupině 208B8 je SM - 99%, BK - 1%, v porostní skupině 208B 1b SM - 77%, BK - 11%, JŘ - 18, BŘ - 6%, 208B1a SM - 79%, MD - 12%, BK - 4%, BŘ - 1%, JD-1%, OL - 1%, KL - 1% , JŘ - 1%. Obě oplocenky byly přidány k porostu 208B1a, který spadl na jaře roku 1991, ale dřeviny v oplocenkách BK i JD byly neustále v mírném zástínu porostu 208B8.

4.3.4 Pod Alfrédkou 209B2/1b

Porost se nachází na území Národního parku, kategorie lesy zvláštního určení – 7 - lesy zvláštního určení na území národních parků. Patří do 7. lesního vegetačního stupně – (BUKOSMRKOVÝ - supramontánní - horský). Jde o hospodářský soubor 731, lesní typ 7P1 (kyselá jedlová smrčina - třtinová SM-7, JD-2-3, BK++-1, BŘP, JŘ).

Podmáčené smrčiny na plošinách a sníženinách, s ovlivněním stagnující vodou nebo střídavým zamokřením. Většina porostů degradována v rámci technických meliorací. V původních porostech vysoký podíl jedle, volnější zápoj porostů. V současné době převládá většina porostů ve stadiu tyčovin po imisních těžbách. Cílem je náprava stavu revitalizací meliorační soustavy a výstavba struktury porostů s optimalizací druhové skladby.

4.3.4.1 Období 1992-2002

Označení porostu v decenniu 1992-2002 bylo 209B0-holina, 209B1 ve věku 4 roky (vznik z kalamity 1991). Porostní skupiny B0, B1 na mírném až strmém jihozápadním svahu. Celková velikost oddělení a porostu 209 B je 16,08 ha lesa. V porostu 209 B0 proběhlo na ploše 1,24 ha v roce 1992 zalesnění SM - 1,18, MD - 0,06, v porostu 209B1 bylo dřevinné zastoupení SM - 55%, SMP - 40%, BK - 5%. SMP byl vysazen vlivem imisí, jako přípravná dřevina na ploše 1,16 ha. V roce

2001 byla v porostu B1 postavena oplocenka o velikosti 0,4 km. Zalesnění proběhlo u BK-0,30 ha, mezi SMP do skupinek, u JD - 0,05 ha také mezi SMP většinou k pařezům a nepravidelným spojům, podél přibližovací linky a porostní skupiny 209B3, která částečně ochraňovala výsadbu od východu před přímým osluněním. Dále JV - 0,02 ha a OLŠ - 0,06 ha na vlhčí, podmáčená místa a pomístně i rašeliniště.

4.3.4.2 Období 2003-2012

V dalším deceniálním období 2003-2012 je označení porostu 209B2/1b. Celková výměra oddělení a dílce je 15,83 ha lesa. Celková plocha porostní skupiny 209 B2/1b má výměru 4,13 ha. Porostní skupina 209 B1b má výměru 2,07 ha, porostní skupina 209B2 2,06 ha. Procentní zastoupení dřevin v porostní skupině 209B1b je SM - 84%, BK - 11%, KL - 2%, MD - 1%, OL -1%, JD - 1%. V porostní skupině 209 B2 potom SM - 64%, SMP - 33%, BK - 2%, SMO - 1%. Jehličnaté exoty (SMP, SMO, BO - Murayova) jsou v národním parku nežádoucí, mají charakter přípravných dřevin a měly být (nyní už jsou) rekonstruovány. Nutným předpokladem úspěchu tohoto způsobu dodatečného zajištění požadované jehličnaté (JD), listnaté (BK, JV, JŘ, OL, BŘP) příměsi v budoucích porostech je důsledná ochrana (oplocenky, individuální ochrany) proti zvěři a jejich uvolňování při provádění prořezávek a probírek. Účelem je zajištění trvalé jehličnaté i listnaté příměsi na rozhodující výměře současných mladých smrkových porostů.

4.3.5 Použitý sadební materiál

Ve všech uváděných případech byl použit sadební materiál pocházející ze školky v Březové (u Frýdlantu). Způsob pěstování 2+3+k1, věk 6 let, kořenový systém obalovaný – RCK.

Výzkumné plochy



Obr. 3 Kolečko (pod porostem se v ochranném zástínu nachází jedlový nárost)



Obr. 4 Stará celní (jedlový nárost je od východu ochraňován proti přímému oslunění)



Obr. 5 Do sutě (jedlový nárost je od východu. v ochranném zástínu)



Obr. 4 Pod Alfrédkou (jedlový nárost ve volných mezerách mezi smrky)

Tabulka 1 Základní charakteristiky vybraných porostů

	Kolečko 218 A13a/1d	Stará celní 217C8/1a	Do sutě 208B8/1b	Pod Alfrédkou 209B2/1b
Kategorie lesa	Lesy zvláštního určení			
Podkategorie	10 - lesy příměstské a další lesy se zvýšenou rekreační funkcí		7 - lesy zvláštního určení na území národních parků	
Expozice	jihozápadní			
Hospodářský soubor	HS-521	217C1a HS-501, 217C8 HS-506	HS – 501	HS 761
Geologický podklad	Ž-žula, R-rula, S-svor, F-fylit			
Půdní typ	Podzolovaná (B) hnědá půda, hB-humozní mělce až středně výrazný podzol.			
Lesní vegetační stupeň	6. lesní vegetační stupeň - SMRKOBUKOVÝ - montánní - nižší horský			7. lesní vegetační stupeň - BUKOSMRKOVÝ - supramontánní - horský
Lesní typ	6K4 – kyselá smrková bučina třtinová na plošinách BK-4, SM-4, JD-2, JŘ	6N1 - kyselá kamenitá smrková bučina s kapradí širokolistou (osténnkovou) na kamenitých svazích, BK-4, SM-4, JD-2, KL, JŘ, BŘ.	6N0 - kyselá kamenitá smrková bučina s očky sutí. BK-4, SM-4, JD-2, KL, JŘ, BŘ.	7P1-kyselá jedlová smrčina-třtinová. SM-7, JD-2-3, BK+-1, BŘP, JŘ.
Varianta typu vývoje lesa	Kyselé smrkové bučiny, přicházející do bukových smrčin. V přirozené skladbě převažuje v nižších polohách buk, ve vyšších smrk. Jedle výrazně méně zastoupená. Polohy významně postiženy imisemi. Plošiny až střední svahy, bez významného zamokření. Půdy chudé, kryptopodzaly s morovým moderem až morem.	Svahová varianta kyselých bučin. Prostorově doprovází TVL 501. Dominantu v přirozených porostech tvoří BK s příměsí JD, SM pouze vtroušeně. Chudé bylinné patro, méně zastoupené keřové patro. Prostorová výstavba spíše jednodušší. Půdy jsou převážně kambizemě mezotrofní s mulovým moderem. Místy SN až rankery. Postupně by se měl snižovat podíl SM ve prospěch BK z přirozené obnovy, vytvářet předsunuté obnovní prvky, vnášet JD. Udržet, ev. snížit podíl MD. Poměrně dobrá přirozená obnova BK i SM.		Podmáčené smrčiny na plošinách a sníženinách, s ovlivněním stagnující vodou nebo střídivým zamokřením. Většina porostů degradována v rámci technických meliorací. V původních porostech vysoký podíl jedle, volnější zápoj porostů. V současné době převážná většina porostů ve stadiu tyčovin po imisních těžbách. Cílem je náprava stavu revitalizací meliorační soustavy a výstavba struktury porostů s optimalizací druhové skladby.
Nadmořská výška	720 m n. m.	750 m n. m.	910 m n. m.	1 040 m n. m.
Zonace v národním parku	Ochranné pásmo	Ochranné pásmo	3. zóna	3. zóna
Rámcové směrnice hospodaření				
Cílový hospodářský soubor	Kyselá stanoviště vyšších poloh	Exponovaná stanoviště vyšších poloh		Oglejená stanoviště horských poloh
Soubor lesních typů	6K – kyselá smrková bučina	6N – kyselá kamenitá smrková bučina		7P – kyselá jedlová smrčina
Přirozená druhová skladba	BK-5, SM-4, JD-2, JŘ	BK-4, SM-4, JD-2, KL, JŘ		SM-7, JD-2-3 ,BK+-1, BŘP, JŘ
Cílová druhová skladba	SM-6,BK-2,JD-1,BŘP, JŘ,KL	SM-6, BK-2, KL-1, JD-1, BŘP, JŘ, MD, BO		SM-8, JD-1, (BŘP,JŘ)-1, BK, KL

Zdroj: vlastní zpracování s využitím KRNAP, 2002

Tabulka 1 - pokračování 1 Základní charakteristiky vybraných porostů

	Kolečko 218 A13a/1d	Stará celní 217C8/1a	Do sutě 208B8/1b	Pod Alfrédkou 209B2/1b
Zákonná omezení (zákon č. 289/1995 Sb.)				
Maximální velikost seče	1 ha			
Povolená maximální šířka holé seče	2 x průměrná výška stromu		1 x průměrná výška stromu	2 x průměrná výška stromu
Doba zajištění lesních porostů od vzniku holin	7 let	7 let	7 let	7 let
Min. podíl melioračních a zpevňujících dřevin	25%	25%	30%	10%
Meliorační a zpevňující dřeviny	BK, JD, LP	BK, JD, KL, JS, JL, LP	BK, JD, KL, JS, JL, LP	BK, JD, KL, JS, JL, LP
Dop. počty prostok. materiálu v tisíc/ha	SM-3,5 JD- 0,5 BK-7, KL-5, JS-5, BR-3 MD-3, LP-4	SM-3,5 JD- 0,5 BK-7, KL-5, JS-5, BR-3 MD-3, LP-4	SM-3,5 JD- 0,5 BK-7, KL-5, JS-5, BR-3, MD-3, LP-4, JŘ-3	SM-3,5 JD- 0,5 BK-7, KL-5, JS-5, BR-3, MD-3, LP-4, JŘ-3
Hospodářský tvar	Les vysoký			
Základní hospodářská doporučení (Vyhláška č. 83/1996 Sb)				
Střední věk obnovní fáze	90 let		100 let	
Počátek obnovní fáze	71 let		81 let	
Předpokládaná délka obnovní fáze	30 let			
Možnosti přirozené obnovy	U SM průměrně lokálně i nadprůměrné, u BK a KL pomístné, vždy využít u MD s ohledem na kvalitu.	U SM průměrně lokálně i nadprůměrné, u BK a KL pomístné, vždy využít u MD s ohledem na kvalitu.	U SM, BK, KL, JD, MD i JŘ jsou průměrné až nadprůměrné, u BK a KL pomístné, nutno vždy využít.	U smrku není přípustná. U BK, KL a JŘ využít.
Obnova porostu a míšení dřevin	Základním cílem je změna druhové skladby a vhodné prostorové rozmístění JD, BK a KL. Obnovní postup proti směru nebezpečného větru a s ohledem na terén. Preferovat přirozenou obnovu clonnými sečemi, okrajovými, pruhovými i skupinovými. Rozčlenění porostů náseky a clonnými pruhovými sečemi, zakládání rozluk a zpevňovacích pásů (JD, BK, MD). Při nemožnosti přirozené obnovy umělá obnova, podsadby, náseky, úzké holé seče. JD kultivovat v předstihu, v předsunutých skupinách, míšení jednotlivě i hloučkovitě ve sponu 3 - 5m (500 ks na ha). U BK míšení do skupin nebo skupinek. U KL a MD jednotlivě. Podpora tvorby vertikálního členění.		Základním cílem je změna druhové skladby a vhodné prostorové rozmístění JD, BK a KL. Porosty nutno před obnovou včas rozčlenit. Obnova proti směru nebezpečného větru, kombinace náseků s clonnými sečemi okrajovými, pruhovými nebo skupinovými, míšení dřevin do skupin a skupinek, JD v předstihu do předsunutých skupin.	Proti nebezpečnému větru, obnova skupinovitá, pro smrk i násečná, pro JD clonná předstihu, míšení skupinovitě, vyvíšená sadba kolem pařezů.

Zdroj: vlastní zpracování s využitím KRNAP, 2002

Tabulka 1 - pokračování 2 Základní charakteristiky vybraných porostů

	Kolečko 218 A13a/1d	Stará celní 217C8/1a	Do sutě 208B8/1b	Pod Alfrédkou 209B2/1b
Výchova porostů	Podpora druhové diverzity a stability porostů ve prospěch JD, BK a KL, zlepšení zdravotního stavu dřevin. Podpora tvorby skupin a skupinek s vertikálním členěním. U JD silnými zásahy omezit dotyk větvi ostatních dřevin, zejména SM, přiměřená redukce MD. Mladé porosty: uvolňovat méně poškozené, nebo nepoškozené jedince, v úrovni uvolňovat BK, KL a MD, výběr cílových stromů. Dospívající porosty: podpora příměsí listnáčů a zdravých kvalitních jedinců, zdravotní výběry, příprava k předčasné obnově.		Zvýšení stability a zlepšení zdravotního stavu, výběr cílových stromů. Podpora BK, KL, negativní a zdravotní výběry, příprava porostu k budoucí obnově, podpora vyskytujících se nárostů BK, KL. Mladé porosty a porosty rozčlenit vyklizovacími linkami, podporovat příměs cílových listnáčů, podpořit tvorbu souměrných korun smrku, negativní a zdravotní výběry, podpora přimíšených dřevin. Dospívající porosty, podpora BK, KL, negativní a zdravotní výběry, příprava porostu k budoucí obnově, podpora vyskytujících se nárostů BK, KL.	Podpora stability, zdravotní a asanační výběry, podpora vtroušených dřevin. V mladých porostech převážně jen zdravotní výběry. Smrkové nárosty z výsadeb odstraňovat. Dospívající porosty - zdravotní výběry, uvolňování nejkvalitnějších jedinců.
Ohrožení porostů a opatření ochrany lesa	Porosty jsou ohroženy silně větrem, sněhem, námrazou, hnilobami, zvěří. Nutné rozčlenění porostů (rozluky, závory, odluky, přeměna na smíšené porosty různověkových skupin.	Porosty jsou ohroženy silně větrem, sněhem, námrazou, hnilobami, zvěří. Nutné rozčlenění porostů (rozluky, závory, odluky, přeměna na smíšené porosty různověkových skupin.	Půdy na prudkých svazích jsou ohroženy erozí, na skeletových a balvanitých stanovištích introskeletovou erozí, porosty jsou ohroženy větrem a sněhem. Porosty poškozené ohryzem trpí druhotně hnilobami.	Velmi silné ohrožení porostů větrem a námrazou, imisemi, časté hniloby u smrku, mrazové polohy, vysoké kapradiny. Na lokalitách se silným výskytem vysokých kapradin je znemožněna přirozená obnova a velmi ztížena umělá obnova. Doporučuje se v předstihu 3 - 9 měsíců před výsadbou příprava jamek 35 x 35cm na volná místa mezi kapradiny, překrytí mulčovací plachetkou 40 x 40 cm, zatížit kameny. Před výsadbou řádně prokypřit, provést výsadbu obalenou sadbou, uložit zpět plachetky a zatížit kameny. U listnáčů BK, KL, JŘ je vhodné použití plastových chráničů.
Funkční potenciál cílový	Na těchto velmi příznivých živných stanovištích nutno pěstovat smíšené porosty s vysokým podílem BK, JD a KL s široce rozvinutou přirozenou obnovou, s mírně uvolněným zápojem a mírně složitější vertikální strukturou.		Stanoviště 5 - 6. LVS jsou určena k pěstování smíšených porostů s vysokým podílem zastoupení BK, JD a KL, s vtroušenými JS, JL, LP, BŘP a JŘ. Uplatněním výběrných principů zejména při obnově porostů budovat složitější vnitřní prostorovou úpravu tvorbou věkově a druhově rozrůzněných skupin cílových dřevin s členitějším volnějším stupňovitým zápojem.	V 7. LVS SM porosty s nutnou příměsí JD (BK, KL), a v 8. LVS s JŘ a BŘP. Jedle je na těchto stanovištích významnou stabilizující dřevinou.
Územní systém ekologické stability	Jemné způsoby hospodaření, podpora druhové diverzity směřující k přirozené skladbě věkově a výškově strukturovaných porostů.			
Doporučené výrobní technologie	Vyklizovací lanovky a lanová zařízení, koně.		Kombinace lanových systémů, koně.	Kombinace lanových systémů. UKT s nízkotlakými pneumatikami, kolopásové prostředky, koně.

Zdroj: vlastní zpracování s využitím KRNAP, 2002

Tabulka 2 Kvantitativní charakteristiky vybraných porostů (stanovišť)

	Kolečko 218 A13a/1d	Stará celní 217C8/1a	Do sutě 208B8/1b	Pod Alfrédkou 209B2/1b
Decenium 1992-2002				
Výměra oddělení a porostu v ha	3,90	3,03	2,97	2,90
Věk porostu v letech	110-120	75-85	65-75	4-14
Celková zásoba dříví v m ³	1645	1016	3359	x
PÚ těžba v m3		145		
MÚ těžba v m3	221,4			
MN těžba v m3	204,1	166		
PN těžba v m3			448	
Délka založených oplocenek v m	120, 150	250	320	400
Počet sazenic jedlí vysázených v oplocenkách	120	200	50	210
Decenium 2003-2012				
Výměra oddělení a porostu v ha	2,90	1,13	1,89	1,26
Věk porostu v letech	121-130	86-95	76-85	15-24
Celková zásoba dříví	972	25	484	
MU těžba	470			
MN těžba	48			
PN těžba			146	

Zdroj: vlastní zpracování s využitím KRNAP, 2002

5 Metodika

Při výkladu použité metodiky je třeba zdůraznit, že tato diplomová práce není (a vzhledem k výše popsané historii vzniku vyhodnocovaných porostů ani nemůže být) experimentální prací ve smyslu přísných pravidel pro přípravu a vyhodnocování vědeckých experimentů. V práci je vyhodnocován vývoj výsadeb jedle bělokoré, které byly realizovány před 15 a více lety, tehdy s cílem řízené obnovy poškozených lesních porostů a zvýšení ekologické stability, a nikoliv s cílem založení výzkumných ploch a pozdějšího vyhodnocení (vědeckého) experimentu. V tomto smyslu má práce spíše povahu vyhodnocení a zpracování existujících dat. Tato data vznikla jednak jednorázovým měřením přírůstů v roce 2015, jednak byla získána z externích zdrojů, především jako výsledky dlouhodobého měření, které provádí Český hydrometeorologický ústav na své stanici v Harrachově.

5.1 Měření výškových přírůstů na stanovištích

Popis a podrobnější lokalizace stanovišť (porostů) byly provedeny v předchozí kapitole. Samotné měření výškových přírůstů bylo provedeno v oplocenkách ve všech čtyřech porostech. Z pohledu teorie statistických šetření se jednalo o tzv. úsudkový neboli záměrný výběr jednotek (stromů). Při něm se snažíme vybrat ty jednotky, které nejlépe umožní provést zamýšlené statistické zkoumání (Čermák, 1999). V tomto případě byly předmětem měření stromy se zřejmě nejlepším výškovým a tloušťkovým přírůstem, vitalitou a dobrým zdravotním stavem. U měřených jedinců nebylo viditelné poškození abiotickými ani biotickými činiteli. Vzhledem k poměrně velkému rozsahu výběrů na jednotlivých stanovištích (od 10 do 40 % původně vysazených sazenic) lze takové výběry považovat za dostatečně reprezentativní ve vztahu k cílům zkoumání.

Měření výškových přírůstů realizoval autor v září 2015 ve spolupráci Ing. Součkem z Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti v Opočně. Byly měřeny roční přírůsty za posledních 8 let, tedy za jednotlivé roky od roku 2008 do roku 2015. K měření byla použita teleskopická tyč s měřidlem, měření bylo realizováno s přesností na celé centimetry. Výsledky měření byly ručně zaneseny do protokolů obsahujících označení stanoviště a následně z nich byl pořízen datový soubor ve struktuře MS Excel.

Základní přehled o počtech změřených jedinců, i ve vztahu k velikosti výsadby poskytuje následující tabulka:

Tabulka 3 Počty změřených jedinců ve vztahu k velikosti výsadby

Stanoviště	Rok výsadby	Počet vysazených jedlů	Počet změřených jedinců
Kolečko 218 A13a/1d	1997	120	30
Stará celní 217C8/1a	1997	200	20
Do sutě 208B8/1b	2000	50	20
Pod Alfrédkou 209B2/1b	2001	210	22

Zdroj: vlastní zpracování s využitím KRNAP, 2002

5.2 Další vstupní data

Historické záznamy o teplotě vzduchu na jednotlivých stanovištích nejsou k dispozici. V Harrachově, který je vzdálený od jednotlivých stanovišť do maximálně 5 km, je umístěna standardní meteorologická stanice Českého hydrometeorologického ústavu (dále ČHMÚ).

Pro posouzení vlivu teploty a srážek se autor obrátil s žádostí na ČHMÚ. Díky vstřícnosti Ing. Pokorného z oddělení meteorologie a klimatologie pražské pobočky ČHMÚ se podařilo bezplatně údaje o průměrných měsíčních a ročních teplotách za období let 2004 až 2015 ze stanice v Harrachově získat. Ze stejného zdroje a stejné stanice byly získány také údaje o měsíčních a ročních úhrnech srážek za stejné období. Údaje byly poskytnuty ve formě tabulek MS Excel.

I když se nejedná o údaje vztahující se bezprostředně k výše uvedeným stanovištím, lze tyto údaje (vzhledem k poměrně malé vzdálenosti stanice od jednotlivých stanovišť) považovat za validní pro provádění dalších analýz. Validnější historické údaje nebylo lze zajistit, další měřicí stanice ČHMÚ se nacházejí ve značně větší vzdálenosti od jednotlivých stanovišť.

5.3 Použité statistické metody

Při zpracování byly použity některé standardně používané statistické metody. Vedle elementárních statistických charakteristik, jako jsou průměry a směrodatné odchylky, se jednalo zejména o jednofaktorovou analýzu rozptylu, párové korelační koeficienty a jednoduchou a vícenásobnou lineární regresi.

Veškeré výpočty byly realizovány s využitím často používaného statistického programu Statgraphics Centurion XVII (dále jen Statgraphics), který je prostřednictvím internetu k dispozici ve zkušební verzi na 30 dnů bezplatně. Ovládání pro-

gramu je poměrně snadné a intuitivní včetně systému nápovědy. Příprava datových souborů pro zpracování ve Statgraphicsu probíhala v MS Excel. Data z MS Excelu lze do Statgraphicsu jednoduše přenášet (kopírovat). Obdobně byly v MS Excel zpracovány také výstupy ze statistického programu.

5.3.1 Jednofaktorová analýza rozptylu

Při jednofaktorové analýze rozptylu se na základě dat ověřuje statistická hypotéza, že střední hodnoty nějaké kvantitativní veličiny jsou v několika (kvalitativně vymezených) kategoriích stejné. Naopak, alternativní hypotéza říká, že střední hodnota této veličiny se aspoň v jedné kategorii odlišuje od ostatních (Meloun, 2012).

Při analýze rozptylu je celková variabilita všech měření kvantitativní proměnné rozkládána do dvou částí: variability meziskupinové (mezi jednotlivými kategoriemi) a variability vnitroskupinové (v rámci jednotlivých kategorií). Podrobně viz (Meloun, 2012). K testování hypotézy o tom, že jsou střední hodnoty u všech kategorií shodné, se používá tzv. F – test. Hodnota testového kritéria F se vypočítá právě jako poměr mezi meziskupinovou a vnitroskupinovou variabilitou.

Statistický software zpravidla u testů vypočítává tzv. hodnotu P. Pokud je hodnota P menší než zvolená hladina významnosti je možné konstatovat, že střední hodnota zkoumané proměnné je na alespoň jednom stanovišti statisticky významně (na dané hladině významnosti) odlišná od jiných.

Hladina významnosti představuje pravděpodobnost, že na základě našich dat nesprávně zamítneme nulovou hypotézu (Marek, 2015). Standardně se volí na úrovni 0,05. Na této úrovni je s hladinou významnosti pracováno při všech výpočtech v této práci.

Ve Statgraphicsu je jednofaktorová analýza rozptylu v sekci *Compare*, podsekci *Analysis of Variance*, části *One-way Anova*.

5.3.2 Párový korelační koeficient

Párový korelační koeficient se používá jako míra těsnosti lineární závislosti (korelace) dvou kvantitativních proměnných. Výsledné hodnoty párového korelačního koeficientu leží v rozmezí -1 až 1. Pokud je jeho hodnota větší než 0, jedná se o pozitivně korelované proměnné (přímou lineární korelaci), pokud je menší než 0, jedná se o negativně korelované proměnné (nepřímou lineární korelaci). Pokud proměnné korelované nejsou, je párový korelační koeficient roven právě 0. Ter-

mín korelace je statistický pojem, který se používá pro vyjádření míry (lineárního) vztahu. Jak uvádí (Meloun, 2012), existence korelace nemusí vždy znamenat existenci závislosti v tradičním smyslu příčina – důsledek, tedy výsledky analýz je třeba vždy interpretovat opatrně. V běžných odborných textech se však často oba termíny používají jako synonyma.

K ověření existence korelace se provádí statistický test o nulové hodnotě párového korelačního koeficientu (alternativní hypotéza tvrdí, že je jeho hodnota nenulová, tj. že korelace existuje). Použitý statistický software uvádí u výsledků tohoto testu podobně, jako v případě analýzy rozptylu, tzv. hodnotu P. Hypotézu o neexistenci závislosti zamítneme vždy, když je tato hodnota menší než zvolená hladina významnosti (standardně 0,05).

Ve Statgraphicsu najdeme výpočet párových korelačních koeficientů včetně testu o jejich nulové hodnotě v sekci *Relate*, podsekci *Variable Analysis*, části *Multiple-Variable Analysis (Correlations)*.

5.3.3 Jednoduchá a vícenásobná lineární regrese

Při jednoduché lineární regresi se snažíme modelovat vývoj kvantitativní „vysvětlované“ proměnné Y na základě jejího lineární vztahu s „vysvětlující“ proměnnou X . Tvar závislosti můžeme vyjádřit pomocí vztahu

$$y = a + b \cdot x + \varepsilon,$$

kde y jsou hodnoty vysvětlované proměnné, x jsou hodnoty vysvětlující proměnné a ε je náhodná složka (Marek, 2015).

K odhadu neznámých parametrů a a b se používá tzv. metoda nejmenších čtverců, při níž se hledá taková přímka, pro kterou bude nejmenší tzv. residuální součet čtverců, tj. součet čtverců odchylek naměřených hodnot y a jejich teoretických protějšků - hodnot ležících na odhadnuté přímce (Meloun, 2012).

Ke zhodnocení kvality použité regresní funkce se používá tzv. index determinace, který nám udává podíl variability hodnot vysvětlované proměnné, který se podařilo vysvětlit pomocí dané regresní funkce. Nabývá hodnot od 0 do 1.

Standardní výstupy u regresní analýzy obsahují také hodnoty tzv. t testů. Při nich se testuje hypotéza o nulové hodnotě jednotlivého parametru a proti ní se staví alternativní hypotéza, která tvrdí, že hodnota parametru je od nuly odlišná.

Ve Statgraphicsu se jednoduchá regrese realizuje v sekci *Relate*, podsekci *One Factor*, části *Simple Regression*.

Pro zkoumání vlivu více proměnných současně se často používá model vícenásobné lineární závislosti, tzv. klasický lineární regresní model, který popisuje např. (Meloun, 2012). Klasický lineární regresní model předpokládá, že vysvětlovaná proměnná Y k p vysvětlujícím proměnným ve vztahu

$$y = a + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_p * x_p + \varepsilon ,$$

kde y jsou hodnoty vysvětlované proměnné, x_i jsou hodnoty p vysvětlujících proměnných a ε je náhodná složka. Regresní přímka je speciálním případem klasického lineárního regresního modelu.

Ke zhodnocení modelu jako celku slouží tzv. F test. Testovaná statistická hypotéza říká, že všechny regresní parametry jsou rovny nule, což znamená, že v modelu není ani jedna vysvětlující proměnná, která je statisticky významná (Marek, 2015). Tuto hypotézu, stejně jako v minulých případech zamítneme vždy, když je tato hodnota menší než zvolená hladina významnosti (standardně 0,05). V případě speciálního případu regresní přímky má F test stejnou vypovídací hodnotu, jako test o nulové hodnotě korelačního koeficientu.

K výběru vhodné podmnožiny vysvětlujících proměnných se používají různé metody, často například metoda *forward stepwise selection* - metoda postupného dopředného výběru. Bližší popis této metody nalezne čtenář např. v (Meloun, 2012).

Pomocí programu Statgraphics můžeme výpočty parametrů klasického lineárního regresního modelu, včetně metody stepwise provádět v sekci *Relate*, podsekcí *Multiple Factors*, části *Multiple regression*.

6 Výsledky

6.1 Porovnání stanovišť z hlediska středních hodnot ročních přírůstků

Jak bylo uvedeno v kapitole 2, základní hypotézou provázející zpracování výsledků této práce je, že na vývoj výsadeb jedle bělokoré, charakterizovaný velikostí ročních výškových přírůstků na sledovaných stanovištích, mají vliv různé faktory, jako je nadmořská výška, teplota a velikost srážek a také stáří stromů.

Aby mělo zkoumání vlivu těchto faktorů nějaký smysl, je třeba prověřit, zda se čtyři uváděná stanoviště, na kterých byla v letech 1997 až 2001 provedena vý-

sadba jedle bělokoré, liší, pokud jde o velikost středních (průměrných) ročních přírůstů v jednotlivých porovnávaných letech.

6.1.1 Základní statistické charakteristiky přírůstů v jednotlivých letech

Za všechny srovnávané roky byly spočteny průměrné hodnoty přírůstů na jednotlivých lokalitách. Výsledky jsou zřejmé z následující tabulky:

Tabulka 4 Průměrné výškové přírůsty podle stanovišť

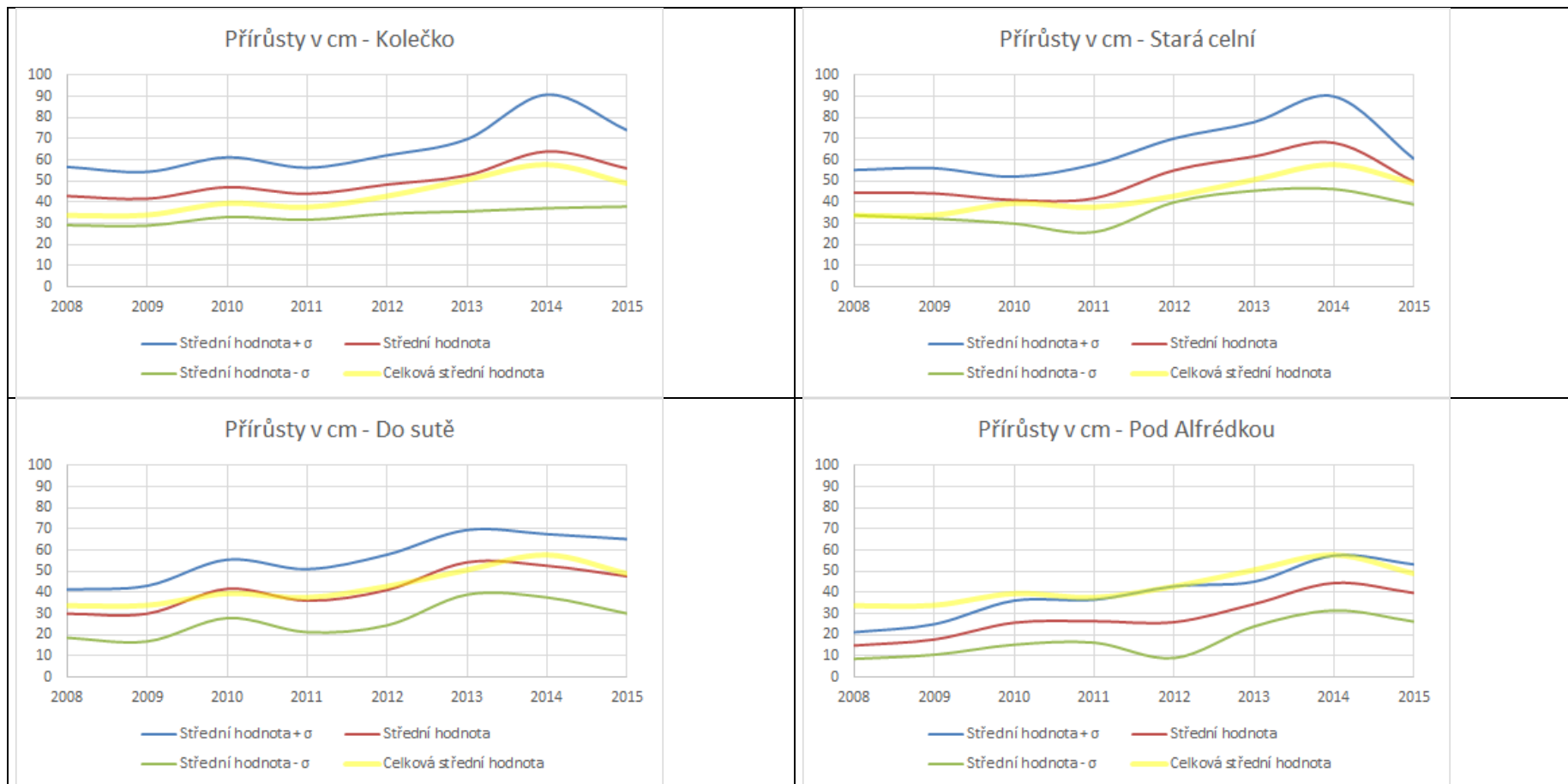
Stanoviště	Průměrná hodnota přírůstů v daném roce v cm							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1 Kolečko	42,9	41,7	47,2	44,0	48,4	52,7	64,0	56,0
2 Stará celní	44,6	44,2	41,0	41,9	55,1	61,7	68,1	49,8
3 Do sutě	30,0	30,1	41,8	36,2	41,2	54,3	52,7	47,7
4 Pod Alfrédkou	15,0	17,8	25,8	26,5	26,0	34,5	44,5	39,8
Celkem	33,8	34,0	39,5	37,6	42,9	50,7	57,8	49,0

Zdroj: vlastní výpočet

Pro základní informaci průměrném vývoji přírůstů ve sledovaných letech dále uvádíme přehledné grafické znázornění jednotlivých stanovišť. Obsahuje informace o střední hodnotě a o variabilitě v jednotlivých letech vyjádřené rozpětím (střední hodnota + směrodatná odchylka až střední hodnota – směrodatná odchylka). V tomto rozpětí je u veličiny s tzv. normálním rozdělením přes 68 % hodnot (Marek, 2015). Silnou žlutou čarou je navíc v grafech zaznamenána celková střední hodnota (bez ohledu na stanoviště) v jednotlivých letech.

Grafické znázornění zdůrazňuje rozdíly, které byly patrné již z předchozí tabulky. Především „podobnost“ stanovišť Kolečko a Stará celní, průměrnost (posuzováno ve vztahu ke střední hodnotě celého souboru) stanoviště Do sutě, a výraznou odlišnost (výrazně nižší střední hodnoty i variabilita) u stanoviště Pod Alfrédkou.

Graf 1 Průměrné výškové přírůsty a jejich variabilita podle stanovišť v jednotlivých letech



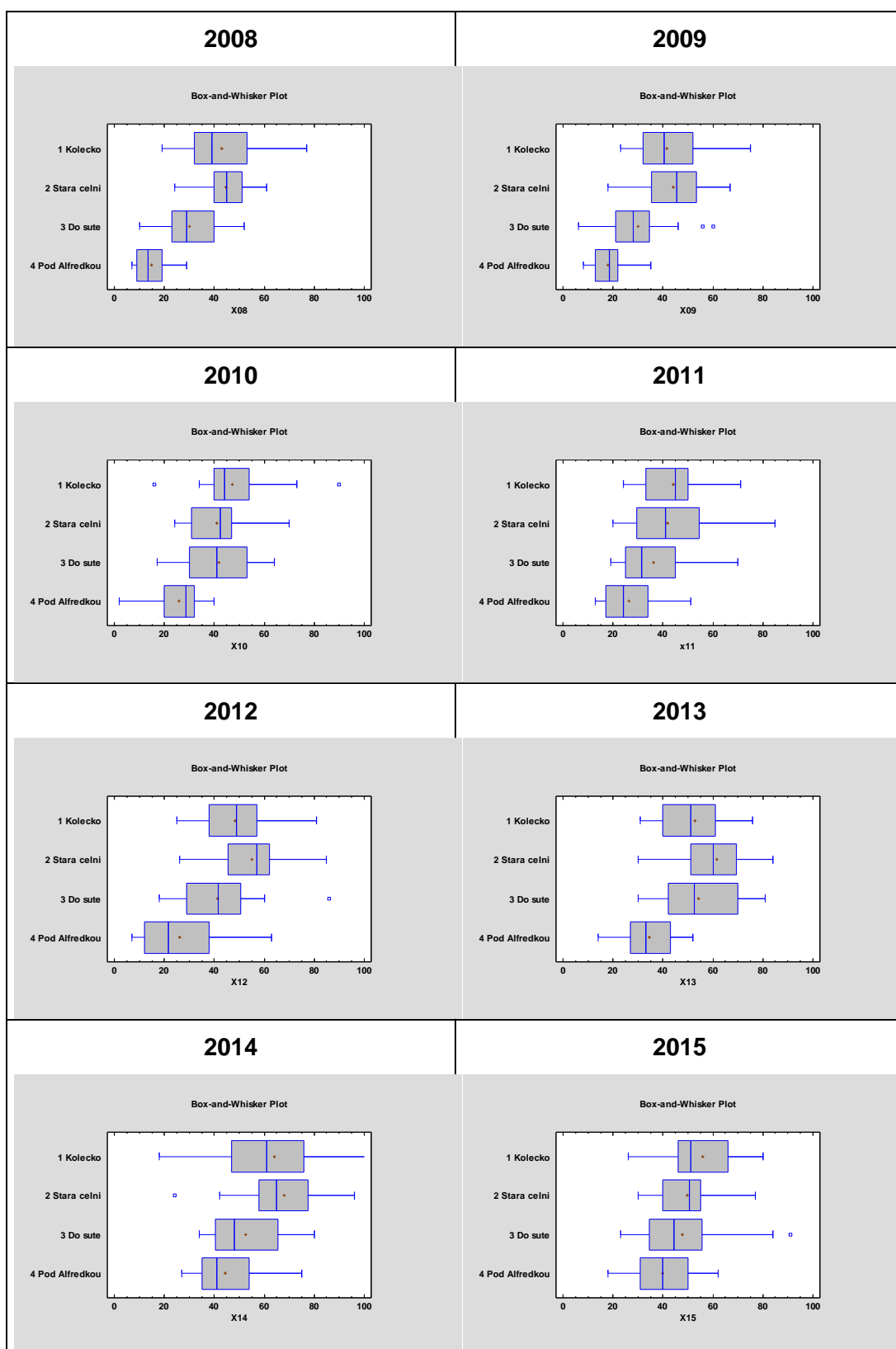
Zdroj: vlastní výpočet

Bližší informaci o tvaru rozdělení přírůstků na stanovištích v jednotlivých letech získáme z tzv. krabicového grafu (v angličtině Box and Whisker plot). Tento typ grafu je popsán podrobně v (Meloun, 2012).

Pro každé stanoviště je rozdělení přírůstků (jejich hodnoty jsou na ose X) v každém sledovaném roce charakterizováno jednou „krabicí“. Úsečka uvnitř krabice představuje pro dané stanoviště medián hodnot přírůstků (tedy takovou hodnotu, že polovina hodnot je menších či rovna této hodnotě a polovina je větších či rovna), úsečky tvořící okraje krabice potom představují spodní a horní kvartil. Spodní kvartil je taková hodnota, že 25% hodnot měření daného stanoviště je menších či rovno této hodnotě, zbylých 75% hodnot je větší či rovno této hodnotě. Analogicky jde u horního kvartilu o 75 resp. 25% hodnot. Konec čar vycházejících z krabice představuje minimální a maximální hodnoty měření na jednotlivých stanovištích. Křížky uvnitř krabice označují aritmetické průměry hodnot jednotlivých stanovišť.

Pro možnost snadnějšího meziročního srovnání jsou krabicové grafy za všechny sledované roky souhrnně uvedené na jedné stránce.

Graf 2 Krabicové grafy výškových přírůstků podle stanovišť



Zdroj: vlastní výpočet

V případě roku 2008 je na první pohled zřejmé, že se výrazně odchyľují stanoviště Pod Alfrédkou a Do sutě. Stanoviště Kolečko má zjevně největší variabilitu a jeho medián je větší než v případě stanoviště Stará celní. Zatímco tvary krabicevých grafů přírůstů v roce 2009 jsou jejich struktura z roku 2008 velmi podobné, v roce 2010 dochází přechodně ke změně, která spočívá jednak v přiblížení středních hodnot u prvních 3 stanovišť (Kolečko, Stará celní a Do sutě) a také v tom, že střední hodnota na Staré celní je poprvé mírně větší než na Kolečku.

Také v roce 2011 je pořadí středních hodnot stejné jako v přechodném roce, ale stanoviště Do sutě se více vzdálilo prvním dvěma a přiblížilo se k stanovišti Pod Alfrédkou. Roky 2012 a 2013 lze charakterizovat výrazným zvýšením střední hodnoty přírůstů u stanoviště Stará celní. Rok 2012 navíc zvětšenou variabilitou u stanoviště Pod Alfrédkou. Rok 2014 se vyznačuje zvýšenými středními hodnotami přírůstů u všech čtyř stanovišť. Pro rok 2015 je potom typické významné snížení rozdílů mezi jednotlivými stanovišti (zmenšení meziskupinové variability).

6.1.2 Analýza rozptylu přírůstů v jednotlivých letech

Při zpracování našich dat metodou analýzy rozptylu představují kvantitativní proměnou roční přírůsty a kategorie vznikají rozříděním celkového souboru podle jednotlivých stanovišť. V následující tabulce uvádím výsledky v členění po jednotlivých sledovaných letech.

Analýza rozptylu potvrdila dříve uváděná „popisná“ a grafická zjištění. Hypotéza o shodně středních hodnot přírůstů se na hladině významnosti 0,05 zamítá ve všech sledovaných letech. Alespoň mezi některými stanovišti jsme tedy prokázali existenci statisticky významných rozdílů ve středních hodnotách ročních přírůstů.

Tabulka 5 Analýza rozptylu přírůstů ve srovnávaných letech

Rok	Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Střední čtvercová odchylka	Hodnota F - testu	Hodnota P
2008	Meziskup. variabilita	12 915,9	3	4 305,3	34,4	0,000
	Vnitroskup.	10 999,8	88	125,0		
	Celkem	23 915,7	91			
2009	Meziskup. variabilita	9 896,5	3	3 298,8	24,6	0,000
	Vnitroskup.	11 777,4	88	133,8		
	Celkem	21 673,9	91			
2010	Meziskup. variabilita	6 055,1	3	2 018,4	12,7	0,000
	Vnitroskup.	14 005,8	88	159,2		
	Celkem	20 060,9	91			
2011	Meziskup. variabilita	4 373,4	3	1 457,8	8,2	0,000
	Vnitroskup.	15 673,8	88	178,1		
	Celkem	20 047,2	91			
2012	Meziskup. variabilita	10 225,4	3	3 408,5	14,1	0,000
	Vnitroskup.	21 234,2	88	241,3		
	Celkem	31 459,6	91			
2013	Meziskup. variabilita	8 522,5	3	2 840,8	12,4	0,000
	Vnitroskup.	20 238,1	88	230,0		
	Celkem	28 760,6	91			
2014	Meziskup. variabilita	7 709,4	3	2 569,8	6,0	0,001
	Vnitroskup.	37 840,8	88	430,0		
	Celkem	45 550,2	91			
2015	Meziskup. variabilita	3 383,8	3	1 127,9	4,6	0,005
	Vnitroskup.	21 430,2	88	243,5		
	Celkem	24 814,0	91			

Zdroj: vlastní výpočet

Na analýzu rozptylu navazují metody vícenásobného porovnání, které slouží k určení toho, které střední hodnoty jednotlivých stanovišť jsou statisticky významně rozdílné. Výsledkem zpravidla bývá určení dvojic stanovišť, mezi jejichž středními hodnotami jsou statisticky významné rozdíly a následně určení tzv. homogenních skupin (tj. v našem případě skupin stanovišť, jejichž střední hodnoty přírůstů nejsou statisticky významně rozdílné). Z analýzy našich dat metodami vícenásobného porovnání byly získány následující výsledky:

Graf 3 Homogenní skupiny stanovišť v jednotlivých letech

2008		2009		2010		2011	
Pod Alfrédkou	Pod Alfrédkou	Pod Alfrédkou	Pod Alfrédkou	Pod Alfrédkou	Pod Alfrédkou	Pod Alfrédkou	Pod Alfrédkou
Do sutě	Do sutě	Do sutě	Do sutě	Do sutě	Do sutě	Stará celní	Stará celní
Stará celní	Stará celní	Stará celní	Stará celní	Stará celní	Stará celní	Stará celní	Stará celní
Kolečko	Kolečko	Kolečko	Kolečko	Kolečko	Kolečko	Kolečko	Kolečko

2012		2013		2014		2015	
Pod Alfrédkou	Pod Alfrédkou	Pod Al.	Pod Al.	Pod Alf.	Pod Alf.	Pod Alf.	Pod Alf.
Do sutě	Do sutě	Do sut.	Do sut.	Do sutě	Do sutě	Do sutě	Do sutě
Kolečko	Kolečko	Kolečko	Do sutě	Koleč.	Koleč.	Stará celní	Stará celní
Stará celní	Stará celní	Stará c.	Stará celní	Stará c.	Stará c.	Stará celní	Stará celní
Kolečko	Kolečko	Koleč.	Koleč.	Koleč.	Koleč.	Koleč.	Kolečko

Zdroj: vlastní výpočet

Z výsledků je zřejmé, že se v čase složení tzv. homogenních skupin mění. Zatímco v prvních třech letech se vytváří 3 (2008, 2009) resp. 2 (2010) homogenní skupiny, které nemají žádné průniky, ve 3 letech následujících se vždy jedno ze stanovišť (v roce 2011 Stará celní, v 2012 Kolečko a ve 2013 Do sutě) nachází současně ve dvou homogenních skupinách z celkového počtu tří skupin (odlišná vždy zůstává skupina vytvořená pozorováními ze stanoviště Pod Alfrédkou). Zajímavá je situace v roce 2014, kdy vznikají 3 dvoučlenné homogenní skupiny, přičemž dvě „sousední“ mají vždy jedno stanoviště společné. V roce 2015 jsou statisticky významně rozlišené dvě skupiny, přičemž je v obou z nich stanoviště Do sutě.

6.2 Závislost výškových přírůstků na teplotě vzduchu

Ve všech osmi sledovaných letech jsem v předchozích analýzách prokázal, že velikost ročních přírůstků na některých stanovištích (či stanovišti) je statisticky významně rozdílná od jiných. V další analýze se pokusím částečně odpovědět na otázku, čím jsou tyto rozdílnosti způsobeny. První z takto analyzovaných možných vlivů je teplota vzduchu.

6.2.1 Průměrná teplota vzduchu v Harrachově

Pro možnost usnadnění snadnější interpretace dalších výsledků uvádíme přehled vývoje průměrných měsíčních (i ročních) teplot z meteorologické stanice v Harrachově ve sledovaném období. Pro lepší „čitelnost“ tabulky jsou teploty barevně podbarvené studenými a teplejšími barvami.

Tabulka 6 Průměrné teploty v Harrachově v stupních Celsia

Rok	Měsíc												Rok
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2008	-0,4	0,8	0,7	5,2	11,9	15,2	15,7	15,2	10,8	7,1	3,5	-0,3	7,1
2009	-4,7	-2,1	1,2	9,1	10,9	12,5	15,4	15,7	12,4	4,6	4,3	-2,6	6,4
2010	-6,4	-2,9	0,2	5,7	9,4	14,5	17,9	14,6	9,3	4,8	3,0	-6,8	5,3
2011	-2,6	-3,8	1,6	8,0	11,4	14,5	14,1	15,4	12,2	6,5	2,1	0,1	6,6
2012	-2,4	-6,6	2,2	5,6	11,9	13,9	15,8	14,9	10,2	5,3	3,1	-3,5	5,9
2013	-3,7	-3,2	-3,5	3,9	10,2	13,8	16,2	14,8	9,1	7,6	2,3	-0,7	5,6
2014	-1,1	0,8	4,0	7,3	10,0	13,1	17,0	13,4	12,1	8,5	4,8	-0,3	7,5
2015	-1,0	-1,9	1,4	4,4	9,6	13,1	16,4	18,5	10,5	6,3	3,7	2,1	6,9

Zdroj: ČHMÚ

6.2.2 Intenzita závislosti na teplotě

Velikost přírůstů jedlí byla zkoumána ve vztahu k průměrné měsíční teplotě na měřicí stanici v Harrachově. Vzhledem k průběhu vegetačního období byly přírůsty jedlí v jednotlivých letech (2008 - 2015) zkoumány v poměru

a) k průměrným měsíčním teplotám vzduchu ve stupních Celsia v měsících říjen předchozího roku až září běžného roku (odpovídající proměnné byly označeny jako T10p, T11p, T12p, T1, ... , T9)

b) k průměrným čtvrtletním teplotám vzduchu ve stupních Celsia ve 4. čtvrtletí předchozího roku až po 3. čtvrtletí běžného roku (odpovídající proměnné byly označeny jako T4Qp, T1Q, T2Q a T3Q), a

c) k průměrné teplotě vzduchu ve stupních Celsia za rok počínající 1. říjnem předchozího roku a končící 30. zářím běžného roku (proměnná je označena jako TCELp).

K prokázání závislosti (korelace) byl jako vhodná charakteristika zvolen párový korelační koeficient. Výsledky výpočtů párových korelačních koeficientů mezi proměnnou Y (velikost ročního přírůstu) a výše uvedenými proměnnými, které charakterizují teplotu vzduchu, uvádím v následující tabulce.

Tabulka 7 Párové korelační koeficienty mezi velikostí výškových přírůstků a průměrnou teplotou vzduchu za období

	T10p	T11p	T12p	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T4Qp	T1Q	T2Q	T3Q	TCELp
Všechna stanoviště (n = 736)																	
Korelační koeficient Y s proměnnou	0,182	0,100	0,106	0,122	0,062	0,042	-0,144	-0,231	-0,173	0,190	-0,066	-0,067	0,168	0,094	-0,277	0,011	0,068
Hodnota P	0,000	0,006	0,004	0,001	0,092	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,076	0,069	0,000	0,010	0,000	0,762	0,065
Kolečko (n = 240)																	
Korelační koeficient Y s proměnnou	0,209	0,083	0,131	0,144	0,115	0,102	-0,113	-0,227	-0,161	0,203	-0,048	-0,027	0,186	0,156	-0,248	0,072	0,134
Hodnota P	0,001	0,201	0,043	0,026	0,077	0,114	0,081	0,000	0,012	0,002	0,464	0,680	0,004	0,016	0,000	0,267	0,038
Stará celní (n = 160)																	
Korelační koeficient Y s proměnnou	0,213	-0,066	0,182	0,193	0,076	0,040	-0,133	-0,106	-0,211	0,155	-0,211	-0,040	0,160	0,129	-0,236	-0,114	0,074
Hodnota P	0,007	0,411	0,022	0,015	0,342	0,618	0,094	0,183	0,007	0,050	0,007	0,617	0,043	0,103	0,003	0,150	0,352
Do sutě (n = 160)																	
Korelační koeficient Y s proměnnou	0,111	0,188	0,058	0,041	-0,010	-0,090	-0,259	-0,327	-0,150	0,260	-0,064	-0,214	0,149	-0,034	-0,394	-0,068	-0,068
Hodnota P	0,164	0,018	0,464	0,607	0,898	0,260	0,001	0,000	0,059	0,001	0,423	0,007	0,060	0,669	0,000	0,394	0,397
Pod Alfrédkou (n = 176)																	
Korelační koeficient Y s proměnnou	0,293	0,275	0,101	0,169	0,075	0,107	-0,174	-0,414	-0,281	0,252	0,016	-0,051	0,273	0,146	-0,417	0,132	0,134
Hodnota P	0,000	0,000	0,182	0,025	0,322	0,158	0,021	0,000	0,000	0,001	0,835	0,503	0,000	0,053	0,000	0,081	0,076

Zdroj: vlastní výpočet

V tabulce jsou žlutým podbarvením označené u celého souboru měření (v řádku označeném *Všechna stanoviště*) i u dílčích souborů měření z jednotlivých stanovišť hodnoty P v těch sloupcích proměnných charakterizujících teplotu v určité části roku (proměnné *T...*), u kterých je na obvyklé hladině významnosti 0,05, prokázána existence korelace (tj. hodnota P je menší než 0,05). U těchto případů statisticky významné korelace jsou pak tmavě zeleným podbarvením označeny sloupečky proměnných, u kterých je příslušný párový korelační koeficient větší než 0,2, světle zeleným podbarvením pak, pokud je tento koeficient v rozmezí 0,1 až 0,2. Obdobně jsou dvěma odstíny červeného podbarvení označeny párové korelační koeficienty vyjadřující negativní korelaci (tedy nepřímou lineární závislost).

Největší hodnoty pozitivní korelace se objevují mezi ročními přírůsty a průměrnou teplotou vzduchu v měsíci červenci (proměnná T7), a to především u výše položených stanovišť (Do sutě a Pod Alfrédkou). Obdobně je možné pozitivní korelaci vysledovat mezi přírůsty a teplotou v říjnu předchozího roku (T10p) resp. v celém čtvrtém čtvrtletí předchozího roku (TQ4p).

Záporné korelace (u kterých statisticky platí, že průměrná úroveň přírůstu klesá s rostoucí teplotou) jsou největší u teplot v měsících druhého čtvrtletí – v červnu (T6), v dubnu (T4) a zejména a nejvýrazněji v květnu (T5). Totéž platí i o vlivu teplot úhrnem za celé druhé čtvrtletí (T2Q). Také v případě negativních korelací mají tyto největší hodnoty (přesahující 0,4) u výše položených stanovišť.

Samotné vypočítané hodnoty nejvýznamnějších párových korelačních koeficientů kolem 0,2, resp. 0,3 nejsou obecně příliš vysoké, tj. nesvědčí o silné, spíše o slabší korelaci. To však vzhledem k dalším okolnostem, jako je velké množství dalších možných příčin a konec konců i způsob měření teploty vzduchu (na stanici vzdálené několik kilometrů od všech stanovišť), není příliš překvapující. Pro budoucí interpretace je však důležité, že statisticky významné korelace s teplotou existují. Velmi zjednodušující závěr této analýzy by tedy mohl znít, že na velikost ročních přírůstů má největší vliv teplota po ukončení předchozího vegetačního období v říjnu (kladně), a teplota v květnu sledovaného roku (záporně). Tyto závislosti jsou nejsilnější u nejvýše položeného stanoviště (Pod Alfrédkou).

Je pozoruhodné, že se nepodařilo prokázat statisticky významnou závislost (korelaci) mezi velikostí přírůstů a celkovou průměrnou roční teplotou.

6.2.3 Statistické modelování závislosti na průměrné teplotě

Pomocí co nejjednodušších statistických metod se nyní pokusíme modelovat závislost mezi velikostí přírůstků a vybranými proměnnými, které charakterizují průměrnou teplotu v určitém období. Na základě výše provedeného posouzení intenzity závislosti budeme jako vysvětlující (ty které vystupují v roli „příčiny“) postupně uvažovat proměnné T10p (průměrná teplota v říjnu předcházejícího roku), T5 (průměrná teplota v květnu) a T2Q (průměrná teplota ve druhém čtvrtletí).

K modelování závislosti použijeme odhady parametrů tzv. *regresní přímky*. Výpočty provedeme odděleně pro jednotlivé výše uvedené vysvětlující proměnné.

Tabulka 8 Odhady parametrů regresní přímky $Y = a + b * T...$

	T10p	T5	T2Q
Všechna stanoviště (n = 736)			
Odhad parametru a	26,53	92,98	116,80
Odhad parametru b	2,65	-4,67	-7,23
Index determinace v %	3,33	5,35	7,66
Kolečko (n = 240)			
Odhad parametru a	31,59	95,86	111,94
Odhad parametru b	2,87	-4,34	-6,12
Index determinace v %	4,38	5,16	6,14
Stará celní (n = 160)			
Odhad parametru a	32,72		107,28
Odhad parametru b	1,44		-5,55
Index determinace v %	4,55		5,55
Do sutě (n = 160)			
Odhad parametru a		104,56	135,38
Odhad parametru b		-5,89	-9,19
Index determinace v %		10,67	15,52
Pod Alfrédkou (n = 176)			
Odhad parametru a	7,90	98,23	115,18
Odhad parametru b	3,32	-6,52	-8,49
Index determinace v %	8,60	17,16	17,39

Zdroj: vlastní výpočet

Zatímco odhad parametru *a* představuje průměrnou hodnotu proměnné *Y* (velikost přírůstu) v celém souboru měření, nebo na jednotlivých stanovištích, odhad parametru *b* je odhadem směrnice příslušné regresní přímky. Říká nám, o kolik „v průměru“ vzroste hodnota proměnné *Y* (přírůstu), když hodnota průměrné teploty za sledované období vzroste o 1 stupeň Celsia.

Index determinace nám říká, jak velkou část variability (přírůstů) lze vysvětlit právě působením příslušné vysvětlující proměnné T. Sytým žlutým podbarvením jsou označeny ty případy, kdy změna průměrné teploty vysvětluje aspoň 10 % variability, světlejším žlutým podbarvením pak případy, kdy je to 5 až 10 %.

Z výsledků je zřejmé, že závěry na základě regresních přímek je třeba dělat velmi opatrně. Pokud, tak spíše u výše položených stanovišť. Zvýšení průměrné měsíční teploty v měsíci květnu o jeden stupeň celsia tak například pro stanoviště Pod Alfrédkou představuje průměrné snížení přírůstu o zhruba 6,5 cm.

6.3 Závislost výškových přírůstů na úhrnu srážek

Druhým analyzovaným vlivem je úhrn srážek za určité časové období. Podobně jako v případě teploty vzduchu nejsou záznamy o srážkách na jednotlivých stanovištích k dispozici. Stejně jako v uváděném případě se podařilo získat údaje o úhrnech srážek z meteorologické stanice Českého hydrometeorologického ústavu v Harrachově, tj. z místa, které je od jednotlivých stanovišť vzdáleno několik kilometrů.

6.3.1 Měsíční a roční úhrny srážek v Harrachově

Stejně jako v případě průměrných teplot uvádím přehled vývoje měsíčních a ročních úhrnů srážek, které byly naměřeny na meteorologické stanici v Harrachově od roku 2008 do roku 2015. V tabulce jsou pro lepší přehlednost fialově podbarvená políčka. Sytost barvy se zvyšuje s rostoucími úhrny srážek.

Tabulka 9 Úhrny srážek v Harrachově v mm za období

Rok	Měsíc												Roční úhrn	Úhrn za vegetační období
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2008	183	88	149	61	59	89	111	100	77	110	149	99	1 275	497
2009	50	107	113	7	188	229	134	87	50	194	69	76	1 304	695
2010	85	54	136	50	160	123	149	389	177	18	161	188	1 689	1 047
2011	106	36	38	43	59	206	252	135	63	110	0	231	1 280	759
2012	297	158	53	55	69	89	197	97	31	49	90	104	1 289	538
2013	160	91	37	66	128	176	70	82	139	41	114	98	1 201	660
2014	45	10	88	58	174	43	157	62	70	72	15	155	950	564
2015	173	22	110	60	44	113	74	60	57	50	253	57	1 072	407

Zdroj: ČHMÚ

Do posledního sloupečku byl dopočten úhrn srážek za vegetační období, tj. měsíce duben minulého roku až září sledovaného roku.

6.3.2 Intenzita závislosti k proměnným charakterizujícím úhrn srážek

Také v případě zkoumání úhrnů srážek byly přírůsty jedlí zkoumány v návaznosti na průběh vegetačního období ve vztahu k proměnným stanoveným jako:

- a) úhrny srážek v mm v měsících říjen předchozího roku až září běžného roku (odpovídající proměnné byly označeny jako S10p, S11p, S12p, S1, ... , S9)
- b) úhrny srážek v mm ve 4. čtvrtletí předchozího roku až po 3. čtvrtletí běžného roku (odpovídající proměnné byly označeny jako S4Qp, S1Q, S2Q a S3Q), a
- c) úhrn srážek v mm za rok počínající 1. říjnem předchozího roku a končící 30. zářím běžného roku (proměnná je označena jako SCElp).

Byly provedeny obdobné výpočty jako v případě zkoumání vlivu teploty, tj. výpočty párových korelačních koeficientů a testy o jejich nulových středních hodnotách. Výsledky, včetně obdobného barevného rozlišení intenzity korelací mezi proměnnou Y (velikost ročního přírůstu) a proměnnými, které charakterizují úhrn srážek za dané období, jsou v následující tabulce.

Tabulka 10 Párové korelační koeficienty mezi velikostí výškových přírůstků a úhrnem srážek za období

	S10p	S11p	S12p	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S4Qp	S1Q	S2Q	S3Q	SCElp
Všechna stanoviště (n = 736)																	
Korelační koeficient Y s proměnnou	-0,094	-0,176	-0,056	-0,023	-0,182	-0,153	0,235	0,067	-0,213	-0,115	-0,133	0,031	-0,365	-0,150	-0,067	-0,121	-0,271
Hodnota P	0,010	0,000	0,131	0,537	0,000	0,000	0,000	0,070	0,000	0,002	0,000	0,395	0,000	0,000	0,071	0,001	0,000
Kolečko (n = 240)																	
Korelační koeficient Y s proměnnou	-0,079	-0,154	-0,068	-0,047	-0,211	-0,071	0,211	0,062	-0,243	-0,107	-0,114	0,010	-0,334	-0,149	-0,100	-0,112	-0,269
Hodnota P	0,224	0,017	0,297	0,465	0,001	0,271	0,001	0,338	0,000	0,099	0,078	0,874	0,000	0,021	0,121	0,083	0,000
Stará celní (n = 160)																	
Korelační koeficient Y s proměnnou	-0,183	-0,142	-0,034	0,036	-0,044	-0,232	0,251	0,128	-0,265	-0,130	-0,279	-0,048	-0,401	-0,080	-0,060	-0,248	-0,331
Hodnota P	0,020	0,074	0,666	0,652	0,578	0,003	0,001	0,108	0,001	0,102	0,000	0,551	0,000	0,316	0,452	0,002	0,000
Do sutě (n = 160)																	
Korelační koeficient Y s proměnnou	-0,047	-0,254	-0,088	0,006	-0,188	-0,220	0,319	0,071	-0,191	-0,172	-0,067	0,161	-0,439	-0,157	-0,027	-0,060	-0,235
Hodnota P	0,557	0,001	0,268	0,941	0,017	0,005	0,000	0,376	0,016	0,030	0,404	0,043	0,000	0,048	0,737	0,453	0,003
Pod Alfrédkou (n = 176)																	
Korelační koeficient Y s proměnnou	-0,134	-0,273	-0,059	-0,088	-0,388	-0,227	0,314	0,048	-0,261	-0,125	-0,161	0,034	-0,525	-0,310	-0,100	-0,143	-0,418
Hodnota P	0,076	0,000	0,437	0,246	0,000	0,002	0,000	0,525	0,001	0,099	0,033	0,655	0,000	0,000	0,186	0,059	0,000

Zdroj: vlastní výpočet

Statisticky významnou kladnou korelaci (přímou lineární závislost), při které velikost ročních přírůstků v průměru roste se vzrůstající průměrnou teplotou, se pomocí testů podařilo (celkově i u jednotlivých stanovišť) prokázat pouze v případě proměnné S4 – tj. úhrnu srážek za měsíc duben, tedy na počátku vegetačního období jedle. Intenzita této závislosti není příliš vysoká, pohybuje se od 0,211 na Kolečku až po 0,314 pro stanoviště Pod Alfrédkou. Intenzita se zvyšuje se stoupající nadmořskou výškou stanoviště. Za celý soubor pozorování potom dosahuje hodnoty 0,235. Nižší intenzitu závislosti lze vysvětlit jednak existencí dalších vlivů, jednak i specifickým způsobem měření srážkových úhrnů mimo sledovaná stanoviště.

Na rozdíl od průměrných teplot se prokázala korelace mezi ročním úhrnem srážek (STCELP) a velikostí přírůstků, a to korelace negativní s intenzitou -0,271 (za celý soubor měření), přičemž na nejvyšším stanovišti Pod Alfrédkou byla prokázána intenzita -0,418. Ještě vyšší statisticky významné hodnoty negativní korelace byly zjištěny mezi úhrnem srážek za poslední čtvrtletí předchozího roku (tedy S4Qp) a velikostí přírůstků v následujícím roce (za celý soubor -0,365 a ještě více Pod Alfrédkou -0,525). Je přitom zajímavé, že jednotlivé poslední tři měsíce předchozího roku samostatně (až na výjimky v měsíci listopadu) korelace s přírůsty nevykazují, v kumulaci za čtvrtletí však ano.

6.3.3 Statistické modelování závislosti přírůstků na úhrnu srážek v období

Stejně jako v případě teploty se nyní budeme zabývat modelováním lineární závislosti přírůstků (Y) na úhrnu srážek v období. Konkrétně na proměnných, u kterých byla v předchozí analýze prokázána nejintenzivnější závislost, tj. na úhrnu srážek v dubnu (S4), ve 4. čtvrtletí předchozího roku (S4Qp) a celkovém úhrnu srážek (SCELP). Stejně budou i použité metody, tj. výpočet odhadů parametrů a a b regresní přímky $Y = a + b * S...$ a jejich doplnění tzv. indexem determinace. Následující tabulka 11 shrnuje základní výsledky:

Tabulka 11 Odhady parametrů regresní přímky $Y = a + b \cdot S \dots$

	S4	S4Qp	SCELP
Všechna stanoviště (n = 736)			
Odhad parametru a	30,49	85,96	73,07
Odhad parametru b	0,253	-0,139	-0,024
Index determinace v %	5,51	13,29	7,36
Kolečko (n = 240)			
Odhad parametru a	38,85	86,71	77,64
Odhad parametru b	0,215	-0,120	-0,022
Index determinace v %	4,46	11,16	7,22
Stará celní (n = 160)			
Odhad parametru a	38,55	93,18	83,70
Odhad parametru b	0,245	-0,137	-0,026
Index determinace v %	6,31	16,04	10,97
Do sutě (n = 160)			
Odhad parametru a	26,35	87,74	64,85
Odhad parametru b	0,308	-0,149	-0,018
Index determinace v %	10,17	19,23	5,51
Pod Alfrédkou (n = 176)			
Odhad parametru a	15,54	76,78	64,64
Odhad parametru b	0,264	-0,156	-0,029
Index determinace v %	9,84	27,58	17,47

Zdroj: vlastní výpočet

Hnědým podbarvením je zvýrazněna hodnota indexu determinace větší než 20 %, sytým žlutým podbarvením jsou označeny ty případy, kdy změna průměrné teploty vysvětluje mezi 10 a 20 % variability, světlejším žlutým podbarvením pak případy, kdy je to 5 až 10 %.

Na první pohled je zřejmé, že závislosti přírůstků (Y) na úhrnech srážek ve vybraných obdobích je silnější, než v případě teploty. I v tomto případě platí, že intenzita těchto závislostí spíše roste s nadmořskou výškou stanoviště. Dominantní postavení potom má zejména úhrn srážek ve 4. čtvrtletí předchozího roku, který celkově (bez ohledu na stanoviště) vysvětluje přes 13 % variability, přičemž zvýšení tohoto čtvrtletního úhrnu o 1 mm představuje „průměrné“ snížení přírůstu o zhruba 0,14 cm. V případě stanoviště Pod Alfrédkou lze touto proměnnou vysvětlit více než čtvrtinu (27,6 %) variability. Průměrné snížení přírůstu je jen o něco větší než za celý soubor měření (-0,16 cm).

6.4 Závislost výškových přírůstků na nadmořské výšce stanoviště

Již analýzy vlivu srážek a teploty naznačovaly, že nadmořská výška stanoviště je faktorem, který má na velikost přírůstků podstatný vliv. Tuto závislost můžeme zkoumat pouze za všechna měření (v celém zkoumaném souboru), neboť jednotlivá stanoviště se svoji nadmořskou výškou liší a tato je pro všechna pozorování (tj. všechny vybrané stromy) z konkrétního stanoviště uvažována jako stejná. Proměnnou veličinu nadmořská výška stanoviště v metrech nad mořem značíme NV.

Stejně jako u dříve použitých modelů budeme k modelování používat regresní přímku, tedy funkci ve tvaru $Y = a + b \cdot NV$. Odhady parametrů regresní přímky můžeme shrnout do následující tabulky 12

Tabulka 12 Odhady parametrů modelu $Y = a + b \cdot NV$

Parametr	Odhad MNČ	Směr. chyba	Hodnota t testu	Hodnota P
Konstanta a	98,251	4,083	24,062	0,000
Směrnice b	-0,065	0,005	-13,652	0,000

Zdroj: vlastní výpočet

K odhadu parametrů byla stejně jako v předchozích případech použita metoda nejmenších čtverců (MNČ). Oba parametry byly pomocí t testu identifikovány jako statisticky významné, tj. nenulové. Lze tedy konstatovat, že se zvýšením polohy stanoviště o 1 m nadmořské výšky se průměrná hodnota přírůstu snižuje o 0,065 cm.

Pokud jde o sílu této závislosti, můžeme použít období analýzy rozptylu z kapitoly 6.1.2. Také v tomto případě rozkládáme celkovou variabilitu všech měření do dvou částí: variability vysvětlené odhadnutým modelem a variability residuální (způsobené kolísáním hodnot kolem modelu).

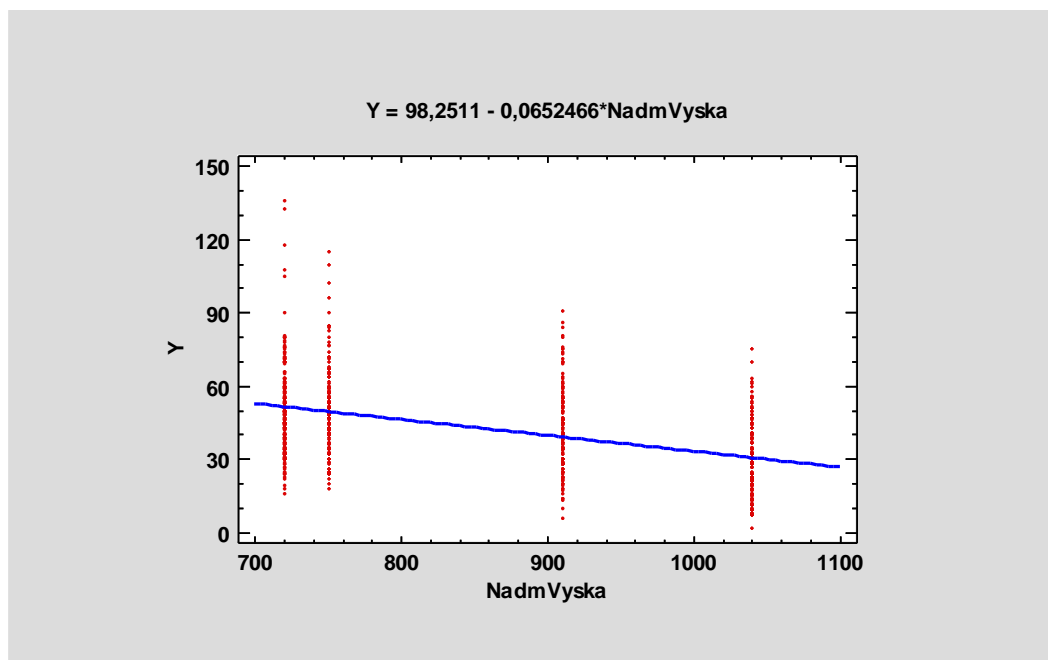
Tabulka 13 Analýza rozptylu k použitému modelu

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Střední čtvercová odchylka	Hodnota F - testu	Hodnota P
Model	53 478,2	1	53 478,2	186,380	0,000
Residua	210 603,0	734	286,9		
Celkem	264 081,0	735			

Zdroj: vlastní výpočet

F test má v tomto případě stejnou vypovídací schopnost jako test o nulové hodnotě korelačního koeficientu, tj. ukazuje, že korelace mezi oběma veličinami je na standardní hladině významnosti 0,05 statisticky významná. Korelační koeficient je roven hodnotě -0,45, index determinace je 20,25 %. Takovou část celkové variability přírůstů jedle lze tedy vysvětlit změnami nadmořské výšky.

Závislost je dobře zřejmá z následujícího grafu.

Graf 4 Závislost přírůstů na změně nadmořské výšky stanoviště

Zdroj: vlastní výpočet

6.5 Závislost výškových přírůstů na věku stromů

Výsadba jedle bělokoré na jednotlivých stanovištích sice probíhala s využitím sazenic stejného věku (v době výsadby), avšak v různých letech. To vedlo nutně

k tomu, že měření, vztahující se k nějakému roku, se týká stromů různého věku. Přehledně to můžeme znázornit v tabulce.

Tabulka 14 Věk stromů podle stanoviště v letech

Stanoviště	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Kolečko	16	17	18	19	20	21	22	23
Stará celní	17	18	19	20	21	22	23	24
Do sutě	14	15	16	17	18	19	20	21
Pod Alfrédkou	13	14	15	16	17	18	19	20

Zdroj: vlastní výpočet

Celkem se tedy jedná o stromy ve věku 13 (Pod Alfrédkou v roce 2008) až 24 let (Stará celní v roce 2015). Protože se přírůsty jedle pravděpodobně s věkem stromu mění, budeme dále analyzovat, zda z našich měření lze tuto závislost identifikovat.

Opět hledáme odhady parametrů pro lineární závislost přírůstů $Y = a + b \cdot \text{Věk}$. Prezentace výsledků je ve stejné formě, jako v případě zkoumání závislosti na nadmořské výšce.

Tabulka 15 Odhady parametrů modelu $Y = a + b \cdot \text{Věk}$

Parametr	Odhad MNČ	Směr. chyba	Hodnota t testu	Hodnota P
Konstanta a	-27,857	3,948	-7,055	0,000
Směrnice b	3,825	0,210	18,184	0,000

Zdroj: vlastní výpočet

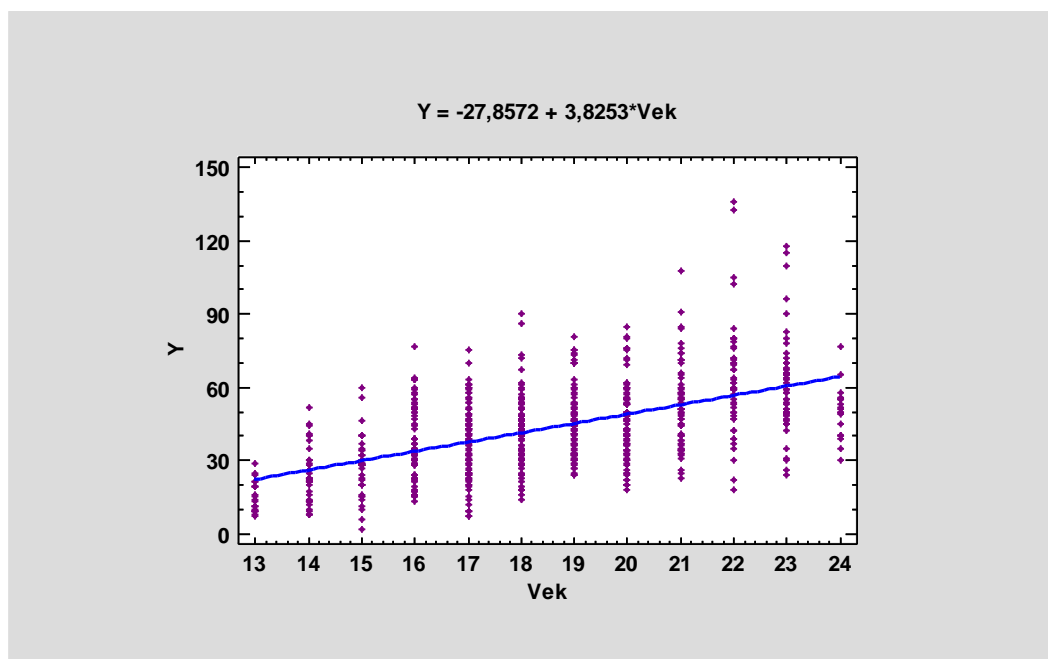
Je zřejmé, že signifikantní závislost mezi přírůsty Y a věkem stromu existuje, průměrně vzrůstá přírůst s každým rokem věku stromu o více než 3,8 cm. Tato závislost je také (na rozdíl ode všech předešlých analýz) poměrně silná.

Tabulka 16 Analýza rozptylu k použitému modelu

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Střední čtvercová odchylka	Hodnota F - testu	Hodnota P
Model	82 015,6	1	82 015,6	330,650	0,000
Residua	182 065,0	734	248,0		
Celkem	264 081,0	735			

Zdroj: vlastní výpočet

Korelační koeficient dosahuje hodnoty 0,557, index determinace je 30,963. Samostatný vliv věku stromů na velikost přírůstků je silnější, než tomu bylo u všech dosud analyzovaných vysvětlujících proměnných. To je zřejmé i z grafu 5.

Graf 5 Závislost výškových přírůstků na věku stromu

Zdroj: vlastní výpočet

Stejně jako u dalších analýz lze i v tomto případě konstatovat, že závislost přírůstků Y na věku stromů je větší s rostoucí nadmořskou výškou stanoviště. U stanoviště Pod Alfrédkou je korelační koeficient téměř 0,62, zatímco na Kolečku a Staré celní je to „pouze“ kolem hodnoty 0,35.

Poloha konkrétního stanoviště (resp. jeho nadmořská výška) má na odhad průměrného přírůstu (odhad parametru b) podle věku poměrně značný vliv. Nejvyšší je odhad tohoto parametru u stanoviště Pod Alfrédkou (téměř 4 cm za rok věku) a

postupně klesá. U Kolečka s nadmořskou výškou o více než 300 metrů nižší je to pouze 2,7 cm.

Tabulka 17 Odhady parametrů regresní přímky $Y = a + b \cdot \text{Vek}$

Stanoviště	Vek
Kolečko (n = 240)	
Odhad parametru a	-2,53
Odhad parametru b	2,67
Korelační koeficient	0,342
Stará celní (n = 160)	
Odhad parametru a	-5,67
Odhad parametru b	2,75
Korelační koeficient	0,369
Do sutě (n = 160)	
Odhad parametru a	-16,53
Odhad parametru b	3,33
Korelační koeficient	0,451
Pod Alfrédkou (n = 176)	
Odhad parametru a	-36,74
Odhad parametru b	3,97
Korelační koeficient	0,616

Zdroj: vlastní výpočet

Je také třeba poznamenat, že i přes existenci poměrně silné korelace je třeba tyto výsledky zobecňovat velmi opatrně. Zejména by nebylo vhodné dělat v tomto případě jakékoliv odhady závislosti přírůstů na věku mimo v modelu použité hodnoty věku stromů, tj. mimo interval 13 – 24 let.

6.6 Závislost velikosti přírůstů na více proměnných současně

Až dosud byly analyzovány jednotlivé vlivy (vysvětlující) proměnné na velikost výškových přírůstů jedle odděleně resp. samostatně. Ke zkoumání závislosti velikosti přírůstů na více proměnných současně byl použit klasický lineární model, ve kterém jako vysvětlovaná proměnná Y byla použita velikost přírůstů.

Do analýzy byly zařazeny všechny dříve vybrané (jednotlivě) statisticky významné vysvětlující proměnné: nadmořská výška, věk stromu, průměrné teploty T10p, T5 a T2Q, úhrny srážek S4, S4Qp a SCELp.

K výběru těch proměnných, které statisticky významně „zlepšují“ výsledný model, byla použita kombinace metody nejmenších čtverců a metody *forward stepwise*

selection (metoda postupného dopředného výběru). Výsledkem bylo, že bylo do výsledného modelu v průběhu výpočtu zařazeno celkem 6 vysvětlujících proměnných. U proměnných T5 a S4 shledala procedura stepwise, že významně nepřispívají ke zlepšení modelu, a proto do něj zařazeny nebyly. Výsledné odhady parametrů a testy jejich významnosti jsou v další tabulce.

Tabulka 18 Odhady parametrů vícenásobné regresní funkce

Parametr	Odhad MNČ	Směr. chyba	Hodnota t testu	Hodnota P
a (konstanta)	-88,30	34,476	-2,561	0,010
b ₁ * (nadmořská výška)	-0,04	0,006	-6,318	0,000
b ₂ * (věk stromu)	2,46	0,385	6,399	0,000
b ₃ * T10p	2,47	0,875	2,823	0,005
b ₄ * T2Q	14,96	2,919	5,124	0,000
b ₅ * S4Qp	-0,35	0,057	-6,096	0,000
b ₆ * SCELp	0,05	0,010	4,501	0,000

Zdroj: vlastní výpočet

Vypočtený model vícenásobné regresní funkce je ve tvaru

$$Y = -88,30 - 0,04 \cdot NV + 2,46 \cdot Vek + 2,47 \cdot T10p + 14,96 \cdot T2Q - 0,35 \cdot S4Qp + 0,05 \cdot SCELp .$$

Všechny odhady parametrů jsou dle t testů statisticky významné na hladině významnosti 0,05, tj. hypotéza o jejich nulových hodnotách je zamítnuta. Při zkoumání kvality modelu použijeme opět analýzu rozptylu a celkový F test.

Tabulka 19 Analýza rozptylu k použitému modelu vícenásobné regrese

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Střední čtvercová odchylka	Hodnota F - testu	Hodnota P
Model	100 965	6	16827,5	75,21	0,000
Residua	163 116	729	223,8		
Celkem	264 081	735			

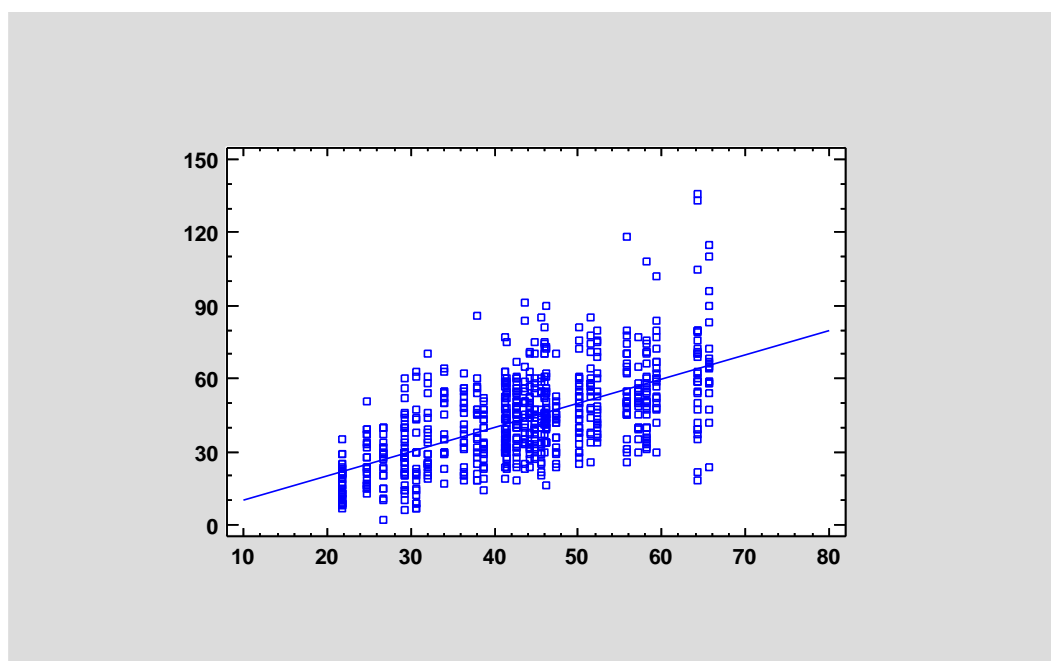
Zdroj: vlastní výpočet

Index determinace, který je podílem součtu čtverců odchylek vysvětlených modelem (řádek Model) a residuálního součtu čtverců (řádek Residua), je 38,23%, tedy nalezený model vysvětluje variabilitu přírůstků z více než 38%. Nepříliš vysoká hodnota indexu determinace může být způsobena existencí dalších vlivů, při-

padně i nedostatky modelu, vyplývajícími ze způsobu zjišťování hodnot některých proměnných.

V případě vícenásobné regresní funkce se často graficky znázorňuje vztah mezi skutečnými (změřenými) hodnotami přírůstků Y a jejich teoretickými protějšky, vypočtenými dosazením hodnot vysvětlujících proměnných zpětně do modelu. I z tohoto grafu 6 je existence závislosti, ale i fakt, že tato závislost není příliš „těsná“, dobře vidět. Na ose x jsou teoretické hodnoty, na ose y hodnoty skutečné.

Graf 6 Skutečné a teoretické hodnoty Y při vícenásobné regresi



Zdroj: vlastní výpočet

7 Diskuze

Zaměření a koncepce této práce neumožňují provést jednoduché porovnání vlastních výsledků s výsledky jiných autorů, neboť práce se zabývá pouze poměrně malým výsekem z problematiky vývoje umělé obnovy jedle bělokoré ve specifických horských podmínkách západní části Krkonoš. Proto bych se nejprve spíše vyjádřil k některým obecnějším zjištěním.

Lze konstatovat, že výsadby provedené a řízené autorem v letech 1997 až 2001 byly v souladu s obecnými zásadami z odborné literatury i se záměry KRNAP. Hlavní záměr KRNAP pro obnovu jedle se týkal umělé obnovy. Jedle při ní měla být vysazována v dostatečné vzdálenosti od hlavních východisek obnovy nebo přirozené obnovy smrku do skupinek, skupin nebo podsadbou vytvořených clonných prvků, vždy lokálně jen na nejprůhodnější místa (KRNAP, 2002), což se při provedených výsadbách na zkoumaných stanovištích opravdu stalo. Stejně tak byly respektovány i požadavky ze zprávy (ÚHUL, 1997), aby jedle nebyla vysazována na holiny v mrazových polohách, do hřbetních a hřebenových poloh a na chudé, skeletové a výsušné půdy. Při výsadbách na všech čtyřech zkoumaných stanovištích byly zohledněny stanovištní podmínky i expozice a sklon svahu, směr obnovy byl v souladu s (Kupka, 2005) vždy zvolen proti směru převládajícího nebezpečného západního větru.

V souladu se závěry obsaženými v práci (Kantor, 2001) byla při umělé obnově využita sadba namísto sje. Ve stejné práci jsou sumarizovány také požadavky jedle na teplo. Jedle je uváděna jako poměrně na teplo náročná dřevina, zejména ve srovnání se smrkem. Průměrná roční teplota by podle šetření řady autorů neměla klesnout pod 5 až 8 stupňů C, v letních měsících by měla být průměrná teplota nejméně 12 až 15 stupňů C (Kantor, 2001). Ve sledovaném období byla průměrná roční teplota na stanici v Harrachově v rozmezí 5,3 – 7,5 °C, takže uvedený požadavek byl pravděpodobně splněn u stanovišť s obdobnou nadmořskou výškou jako meteorologická stanice, tedy Kolečko a Stará celní. U výše položených stanovišť Do sutě a Pod Alfrédkou požadavek na průměrnou roční teplotu splněn pravděpodobně nebyl, neboť u stanoviště Do sutě lze očekávat průměrné teploty zhruba o 1 stupeň nižší než uváděné rozpětí, u stanoviště Pod Alfrédkou nižší až o dva stupně. Hodnocená měření však i u těchto stanovišť ukázala poměrně příznivý vývoj jedle, na jejíž růst měly větší vliv než celková průměrná roční teplota, teploty ve 2. čtvrtletí kalendářního roku, tedy teploty po zahájení vegetačního období. Z měsíčních průměrných teplot nelze na základě

provedené analýzy potvrdit citlivost jedle na pozdní mrazy, která bývá v literatuře často uváděna (Kantor, 2001) a (Poleno, 2007b).

V odborných publikacích bývají často zdůrazňovány požadavky jedle na vlhkost. Jedle dobře prospívá na vlhkých až mírně podmáčených půdách, avšak vyhýbá se stanovištím silně podmáčeným a také suchým (Poleno, 2007b). (Kantor, 2001) udává potřeba dostatku srážek, aspoň 350 až 400 mm za vegetačním období. Úhrn srážek v Harrachově za vegetační období byl v rozmezí 407 – 1 047 mm srážek, přičemž největší hodnota je výjimečná (rok 2010), standardně jsou maxima do 750 mm. Požadavky na minimum srážek formulované v literatuře tak byly splněny.

Nadmořská výška dvou (Pod Alfrédkou 1040 m a Do sutě 910 m) ze čtyř zkoumaných stanovišť (výzkumných ploch) se nachází na okraji či nad okrajem těžiště výskytu jedle bělokoré, které uvádí např. (Poleno, 2007b) jako nižší horské oblasti s produkčním optimem v nadmořské výšce 500 - 900 m. Přesto je možné konstatovat a na výsledcích měření dokumentovat, že jedle na těchto stanovištích od výsadby až dosud poměrně dobře prosperuje. S jistou mírou opatrnosti lze konstatovat, že provedené analýzy potvrdily (nebo alespoň nevyvrátily) tvrzení, že jedle bělokorá má poměrně značnou toleranci a plasticitu ve vztahu k základním klimatickým ukazatelům (Šindelář, 2005).

Z faktorů, které bývají často uváděny jako významné, např. v člancích (Šindelář, 2005) a (Vencurik, 2015) se tato diplomové práce nezabývala vyhodnocováním vztahu jedle a její obnovy a slunečního záření, jakkoliv byly všechny výsadby na sledovaných stanovištích provedeny v zástinu či částečném zástinu dřívějších porostů. Hodnoty ročních výškových přírůstů jedle (tj. průměrný roční přírůst 19,7 cm při směrodatné odchylce 5,8 cm) uváděné v článku (Vencurik, 2015) a změřené v nadmořské výšce 945 m v pohoří Oravská Magura u 15 letých stromů, můžeme porovnat s hodnotami zjištěnými v této práci. Srovnání je možno nejlépe provést u stanovišť se srovnatelnou výškou a u stromů ve stejném věku, tedy Do sutě a Pod Alfrédkou.

Tabulka 20 Srovnání přírůstů 15 letých stromů v různých lokalitách

Stanoviště	Nadmořská výška v m n. m.	Průměrná hodnota v cm	Směrodatná odchylka v cm	Minimální hodnota v cm	Maximální hodnota v cm
Do sutě (2009)	910	30,1	13,2	6	60
Pod Alfrédkou (2010)	1 040	25,8	10,4	2	40
Oravská magura (2014)	945	19,7	5,8	9	31

Zdroj: (Vencurik, 2015) a vlastní výpočty

Je zřejmé, že průměrné roční přírůsty i jejich variabilita měřená směrodatnou odchylkou na výzkumné ploše Oravská magura jsou o něco nižší, na druhou stranu minimální hodnota přírůstů je naopak na Slovensku větší. Pro vysvětlení těchto rozdílů by bylo třeba analyzovat vliv dalších činitelů.

8 Závěr

V práci byly provedeny analýzy a různé typy porovnání vývoje výsadeb jedle bělokoré (dnes stromů ve věku 13 až 23 let) v podmínkách lesní části Mrtvý vrch v západních Krkonoších. Výsadby byly autorem realizovány v letech 1997 až 2001 ve čtyřech lokalitách s různým mezoklimatem (Kolečko, Stará celní, Do sutě a Pod Alfrédkou).

Analýzy prokázaly, že existují statisticky významné rozdíly mezi průměrnou velikostí výškových přírůstů na těchto stanovištích. Podobnost (homogenita) přírůstů na jednotlivých stanovištích se přitom v čase (sledované období bylo 2008 – 2015) měnila.

Pokud jde o vliv dalších faktorů, byla shledána statisticky významná závislost mezi průměrnou velikostí přírůstu a průměrnou teplotou ve 2. čtvrtletí roku resp. průměrnou teplotou v měsíci květnu. Tato nepříliš silná závislost se zvyšovala se stoupající nadmořskou výškou stanoviště.

Dále byl identifikován statisticky významný vliv úhrnu srážek ve 4. čtvrtletí předchozího roku (tedy čtvrtletí po skončení vegetačního období minulého roku) na průměrnou velikost přírůstu v běžném roce. Také tato závislost se zvyšuje s nadmořskou výškou stanoviště.

Samotnou nadmořskou výškou stanoviště je možné vysvětlit přes 20 % variability průměrných přírůstů, jedná se tedy také o statisticky významný vliv. Průměrně klesá roční přírůst o 6,5 cm při zvýšení nadmořské výšky stanoviště o 100 m n. m.

Existuje i závislost průměrného výškového přírůstu a věku jedle, která je nejsilnější z výše popsaných. Touto závislostí lze vysvětlit přes 30 % variability přírůstů. Ve sledovaném rozmezí 13 až 23 letých stromů se s každým rokem věku stromu zvyšuje hodnota přírůstu v průměru o 3,8 cm. Také tato závislost roste s nadmořskou výškou.

Při zkoumání závislosti vývoje jedle na více proměnných současně byl popsán klasický lineární model, v němž je velikost průměrných přírůstků vysvětlována vedle nadmořské výšky stanoviště a věku stromů také průměrnou teplotou v měsíci říjnu předchozího roku a ve druhém čtvrtletí běžného roku a úhrnem srážek ve čtvrtém čtvrtletí předchozího roku a celkovým úhrnem srážek za rok (za 12 měsíců od skončení minulého vegetačního období). Nicméně intenzita této závislosti (index determinace 38 %) nedovoluje činit příliš „jasné“ interpretace. Tato nepřilíš silná závislost může být způsobena existencí dalších významných vlivů, případně i nedostatky použitého modelu, který využívá pouze nejjednodušší lineární regresní modely.

Na druhé straně se podařilo poměrně podrobně vývoj podsadeb jedle v posledních letech popsat a z výsledků je zřejmé, že se vyvíjejí poměrně zdárně. Z mnoha důvodů by bylo vhodné po několika letech na provedená měření a analýzy navázat.

Seznam použité literatury

ČERMÁK, V., 1999. *Teorie výběrových šetření, část 1*. Skriptum VŠE, Praha, 146 s. ISBN 80-7079-191-8.

DOBROWOLSKA, D., 1999. Analiza wzrostu odnowienia naturalnego jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w rezerwacie Jata. *Prace Instytutu badawczego leśnictwa*. Ser. A, nr. 866/872, s. 5-18. ANA-055561.

HAWRYŚ, Z. et al., 2004. *Ocena rozwoju wybranych pochodzeń jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w uprawach na terenie Sudetów Zachodnich*. Leśne Prace Badawcze. No. 4, s. 137-159.

JAŘUŇ, J., SANIGA, M., 2013. *Vplyv svetelných a podnich pomerov na výškový rast jedle bielej (*Abies Alba* Mill.) v dolnej vrstve výběrových lesov*. Zprávy lesnického výzkumu. Č. 58, 2013 (3), s. 206 – 212.

Studie k postupnému zajištění ekologické stability lesních porostů, MRTVÝ VRCH. ÚHUL Brandýs nad Labem, pobočka Hradec Králové, ÚHUL, 1997.

Lesní hospodářství v Krkonošském národním parku. Vydalo ústředí lesního hospodářství Správy Krkonošského národního parku, Vrchlabí, KR NAP, 1998.

Lesní hospodářský plán, LHC Harrachov, LS Harrachov, platnost 2003-2012. Vrchlabí, KR NAP, 2002.

KANTOR, P., 2001. *Obnova jedle bělokoré*. In Sborník referátů z celostátního semináře „Pěstování a umělá obnova Jedle bělokoré“ v Chudobíně u Litovle. Česká lesnická společnost, Praha, s. 5 – 13.

KUPKA, I., 2005. *Pěstování lesa I*. 1. vydání, skriptum ČZU, 132 s.

KUPKA, I., 2008. *Základy pěstování lesa*. 1. vydání, skriptum ČZU, 175 s.

MAREK, L. et al., 2015. *Statistika v příkladech*. 2. vydání, Professional Publishing, Praha, 425 s. ISBN 978-80-7431-153-6.

MAITNER, L., 2009. *Přirozená obnova Jedle bělokoré v LHC Šumvald*. Diplomová práce, LDF MZLU Brno, Brno 2009.

MELOUN, M., MILITKÝ, J., 2012. *Kompendium statistického zpracování dat*. 3. vydání, Karolinum, Praha, 982 s. ISBN 978-80-246-2196-8.

POLENO, Z. et al., 2007a. *Pěstování lesů I., Ekologické základy pěstování lesů*. První vydání, Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 315 s., ISBN 978-80-87154-07-6.

POLENO, Z. et al., 2007b. *Pěstování lesů II., Teoretická východiska pěstování lesů*. První vydání, Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 946 s., ISBN 978-80-87154-09-0.

ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J., 2005. *Perspektivy jedle bělokoré (Abies alba Mill.) v lesním hospodářství České republiky*. In Sborník referátů na konferenci JEDLE BĚLOKORÁ – 2005, 31.10. - 1. 11. 2005. Srní, ČZU FLE v Praze, Katedra pěstování lesů a správa Národního parku a chráněné krajinné oblasti Šumava, 2005.

VENCURIK, J. et al., 2015. *Vplyv svetla a kompetície na výškový rast a morfológiu korún obnovy smreka obyčajného a jedle bielej v rekonštruovanom smrekovom porastě*. Zprávy lesnického výzkumu 60, 2015 (4), s. 281 – 286.