

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin



Hodnocení testovacích výsadeb potomstev borovice lesní u VLS ČR s.p.

**Evaluation of Scots pine progeny tests in the ownership of Military Forests
and estates of the Czech Republic**

Diplomová práce



Autor: Bc. Jakub Hejtmánek

Vedoucí práce: Ing. Jan Stejskal, Ph.D.

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Hejtmánek

Lesní inženýrství

Název práce

Hodnocení testovacích výsadeb potomstev borovice lesní u VLS ČR s.p.

Název anglicky

Evaluation of Scots pine progeny tests in the ownership of Military Forests and estates of the Czech Republic

Cíle práce

Cílem práce je získat předběžné informace o mortalitě, růstu a vývoji potomstev rodičovských stromů ze semenných sadů VLS ČR, s.p. na divizi Mimoň.

Metodika

Výběr rodičů na základě údajů z testů potomstev se obvykle označuje jako zpětná selekce. Odhady těchto odchylek jsou dalším cílem testování potomstev podmíněné genetickou evaluací naměřených dat. Tyto odhady jsou použity pro budoucí šlechtění a predikci možných zisků ze šlechtění.

U výsadeb borovice lesní budou provedena základní měření a posouzení jednotlivých potomstev. Z kvantitativních znaků bude hodnocena výška, celkový roční přírůst a tloušťka kořenového krčku. Z kvalitativních znaků bude hodnocena mortalita a okulární metodou zdravotní stav testovaných potomstev. Z provedeného šetření vyplynou nezbytně nutná opatření v rámci daných ploch. Součástí práce bude i návrh dalšího postupu testování.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

borovice lesní, semenné sady, testy potomstev

Doporučené zdroje informací

- ČEŠKA, P. – LSTIBŮREK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Zakládání a rozvoj semenných sadů lesních dřevin u VLS ČR, S.P. : disertační práce*. Disertační práce. Praha: 2014.
- ERIKSSON, Gösta; EKBERG, Inger; CLAPHAM, David. An introduction to forest genetics. Genetic Center, Department of Plant Biology and Forest Genetics, SLU, 2001.
- KAŇÁK, Jan; NÁROVCOVÁ, Jarmila. Proměnlivost borovice lesní. Lesnická práce, 2004, 83: 422-423.
- KAŇÁK, J.; KAŇÁK, K. Genetika a šlechtění rodu Pinus, minulost, současnost a další perspektivy.
- KOBLIHA, J. – POSPÍŠIL, J. *Šlechtění lesních dřevin : Určeno pro posl. les. fak.* Brno: Vysoká škola zemědělská, 1988.
- LSTIBŮREK, M. – KAŇÁK, J. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Návrh šlechtitelských postupů pro borovici lesní v západních a jižních Čechách [rukopis] : disertační práce*. Disertační práce. Praha: 2011.
- WHITE, Timothy L.; ADAMS, W. Thomas; NEALE, David B. (ed.). Forest genetics. Cabi, 2007.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Stejskal, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2016

prof. Ing. Milan Lstibůrek, MSc, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Hodnocení testovacích výsadeb potomstev borovice lesní u VLS ČR s.p.“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Stejskala, Ph.D., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne: 18. 04. 2017

Bc. Jakub Hejtmánek

Poděkování:

V první řadě bych chtěl poděkovat Ing. Janu Stejskalovi, Ph.D. za jeho připomínky, rady a odborné vedení při tvorbě práce, což značně přispělo k vypracování a dokončení této diplomové práce. Za vyhodnocení, návrh modelu do programu a okomentování výsledků patří můj dík opět Ing. Janu Stejskalovi, Ph.D. Dále bych rád poděkoval Bc. Jitce Veselé za pomoc při sběru dat v terénu. V neposlední řadě patří můj velký dík mé rodině za pomoc (finanční, ale i morální) a neustálou podporu po celou dobu mého magisterského studia.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zakládá na hodnocení testů potomstev rodičovských stromů vybraných na základě fenotypu. Zkoumanou dřevinou je borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.). Testy potomstev spadají pod celorepublikový projekt Technologické agentury České republiky. Sběr dat probíhal na třech testovacích plochách a hodnoceny byly dva parametry: výška a tloušťka kořenového krčku. Všechny plochy se nalézají na divizi Mimoň, VLS ČR s.p. Pro vyhodnocení dat byl použit program ASReml se dvěma odlišnými modely. Výsledky obou modelů byly porovnány a vyhodnoceny. Přes nízký věk výsadeb byly odhadnuty šlechtitelské hodnoty pro každou rodinu a odhadnuta heritabilita pro výšku a tloušťku kořenového krčku. h^2 pro výšku: 0,2876 (se standardní chybou 0,0753) a h^2 pro tloušťku: 0,1285 (standardní chyba 0,0478). Věk sazenic byl pro testování potomstev poměrně nízký, pro přesnější výsledky je třeba v budoucnu dále měřit.

Klíčová slova:

Borovice lesní, semenné sady, testy potomstev

Abstract:

This diploma thesis is based on evaluation of progeny tests of parent trees chosen based on their phenotype. The observed tree species is Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). The progeny testing falls under a large nationwide project of the Technology Agency of the Czech Republic. The data was acquired at three different test sites and consisted of two parameters: height and root crown thickness. All test sites fall under the Mimoň division of VLS ČR s.p. The analysis was done in ASReml using two distinct models. The results of both models were compared and analyzed. Despite the young age, the breeding values were estimated for each family and the heritability of the height and the root crown thickness were estimated. h^2 for height: 0,2876 (standard error of 0,0753) and h^2 for thickness: 0,1285 (standard error of 0,0478). The age of the trees was relatively low for progeny testing and in order to obtain more precise results the measurements need be redone in the future.

Key words:

Scots pine, seed orchards, progeny testing

OBSAH:

1. ÚVOD	13
2. CÍL PRÁCE	14
3. ROZBOR PROBLEMATIKY	15
3.1. Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	15
3.1.1. Obecné informace	15
3.1.2. Ekologické nároky	17
3.1.3. Rozšíření borovice lesní	18
3.2. Šlechtění lesních dřevin	19
3.2.1. Selekcce	22
3.2.2. Metody využívané v současnosti	23
3.2.3. Hlavní zásady šlechtění u borovice lesní	23
3.3. Semenné sady	24
3.3.1. Účel semenných sadů	26
3.3.1.1. Klonování	26
3.3.1.2. Roubování.....	27
3.3.2. Zakládání a údržba semenných sadů.....	28
3.3.3. Situace v České republice	29
3.3.4. Testy potomstev	30
3.3.4.1. Testovací plochy	31
3.3.4.2. Konvenční testy.....	32
3.3.4.3. Časné testy	33
4. METODIKA A MATERIÁL	35
4.1. Popis lokality	35
4.1.1. LHC	35
4.2. Charakteristika PLO	36
4.2.1. Lesní vegetační stupeň a soubor lesních typů	36
4.2.2. Geologické a pedologické poměry	36
4.2.3. Klimatické poměry	37
4.3. Postup terénního šetření	37
4.4. Postup následného zpracování dat	39
4.4.1. ASREML	40
5. VÝSLEDKY	43
5.1. Popisná statistika	43
5.2. Vyhodnocení programem ASReml	52
5.2.1. Výška	52
5.2.2. Tloušťka kořenového krčku	54
5.2.3. Šlechtitelské hodnoty	57

6. DISKUZE	63
7. ZÁVĚR.....	68
8. POUŽITÁ LITERATURA.....	69
SEZNAM PŘÍLOH:	74

SEZNAM GRAFŮ:

Graf č. 1 Průměrné hodnoty výšky stromů pro každou rodinu na ploše 1 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky)	44
Graf č. 2 Průměrné hodnoty výšky stromů pro každou rodinu na ploše 2 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky)	45
Graf č. 3 Průměrné hodnoty výšky stromů pro každou rodinu na ploše 3 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky)	46
Graf č. 4 Průměrné hodnoty tloušťky kořenového krčku stromů pro každou rodinu na ploše 1 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky).....	48
Graf č. 5 Průměrné hodnoty tloušťky kořenového krčku stromů pro každou rodinu na ploše 2 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky).....	49
Graf č. 6 Průměrné hodnoty tloušťky kořenového krčku stromů pro každou rodinu na ploše 3 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky).....	50
Graf č. 7 Srovnání šlechtitelských hodnot pro výšku.....	57
Graf č. 8 Porovnání posunu šlechtitelské hodnoty odhadnuté oběma modely (výška)58	
Graf č. 9 Srovnání šlechtitelských hodnot pro tloušťku	58
Graf č. 10 Porovnání posunu šlechtitelské hodnoty odhadnuté oběma modely (tloušťka).....	59
Graf č. 11 Srovnání chyby při odhadu šlechtitelských hodnot pro výšku.....	60
Graf č. 12 Srovnání chyby při odhadu šlechtitelských hodnot pro tloušťku	60

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obr. č. 1 Borovice lesní přehledová ilustrace (http://skolakov3a.sweb.cz/PRVOUKA/rostliny3/borovice.jpg)	15
Obr. č. 2 Areál rozšíření borovice lesní - Evropa (dostupné z http://docplayer.cz/docs-images/31/15005563/images/10-0.jpg).....	18
Obr. č. 3 Semenný sad borovice lesní (autor: Jakub Hejtmánek 2015).....	24
Obr. č. 4 Turistická mapa s přibližným umístěním testovacích ploch (dostupné na www.mapy.cz)	35
Obr. č. 5 Model A a model B pro výšku	52
Obr. č. 6 Výsledky z modelu A pro výšku	52
Obr. č. 7 Heritabilita a chyba odhadu pro výšku	53
Obr. č. 8 Rozložení reziduí pro výšku u modelu A	53
Obr. č. 9 Výsledky z modelu B pro výšku	54
Obr. č. 10 Model A a model B pro tloušťku	54

Obr. č. 11 Výsledky model A pro tloušťku.....	55
Obr. č. 12 Heritabilita a chyba odhadu pro tloušťku	55
Obr. č. 13 Rozložení reziduí pro tloušťku u modelu A.....	56
Obr. č. 14 Výsledky model B pro tloušťku.....	56
Obr. č. 15 Závislost heritability na věku pro jižně položený (South) a severně položený (North) experiment (GUNNAR et al., 2003)	64
Obr. č. 16 Optimální věk pro testy potomstev s časovými prodlevami mezi měřeními (GUNNAR et al., 2003).....	66

SEZNAM TABULEK:

Tab č. 1 Ukázka tvaru, uspořádání a rozložení sazenic na testovacích plochách	38
Tab č. 2 Průměrná data na celou plochu 1	43
Tab č. 3 Průměrná data na celou plochu 2	43
Tab č. 4 Průměrná data na celou plochu 3	43
Tab č. 5 Mortalita od roku výsadby po rok měření	51
Tab č. 6 Souhrn šlechtitelských hodnot vyhodnocených pro výšku i tloušťku oběma modely	61

POUŽITÉ ZKRATKY:

ÚHUL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

PLO – přírodní lesní oblast

LS – lesní správa

LHC – lesní hospodářský celek

LHP – lesní hospodářský plán

DNA – deoxyribonukleová kyselina

GMO – geneticky modifikované organismy

FLD – fakulta lesnická a dřevařská

BLUP – nejlepší lineární nezkreslené předpovědi

SE – standardní chyba (*standard error*)

1. ÚVOD

Pokud pokládáme genetiku obecně za vědu o zákonech dědičnosti a proměnlivosti, potom lesnickou genetiku můžeme popsat jako vědeckou disciplínu, která zkoumá dědičnost a proměnlivost lesních dřevin. Tento termín byl navržen a postupně přijat širokou vědeckou společností již v roce 1906 na Mezinárodní konferenci o šlechtění lesních dřevin v Londýně (PAULE, 1992). S lesnickou genetikou a šlechtěním lesních dřevin úzce souvisí také zakládání semenných sadů a s tím spjaté testování jejich potomstev.

Počátky zakládání semenných sadů jsou popsány ve Švédsku. V roce 1936 ve Švédsku vědecky prokázali zajímavý fakt, a to že osika s obřími listy je triploidní. Prováděli zde pokusy s ozařováním a zjistili, že následující generace si udržuje určité vlastnosti generace mateřské. Toto byly nezvratné důkazy, že růst stromů je ovlivněn geneticky. První semenný sad byl skutečně vytvořen v roce 1947 ve Värmlandu (ZOBEL et al., 1984). Potomstva semenných sadů jsou následně testována, a tím se ověřuje, zdali potomstvo zdědilo genetické vlastnosti mateřských stromů. Výsledkem těchto testů je uznání semenného sadu jako zdroj testovaného reprodukčního materiálu, který může být podkladem pro následné založení sadu vyšších generací (KAŇÁK et al., 2008).

Tato diplomová práce byla vypracována v rámci celorepublikového šetření v rámci grantového projektu TAČR (byla smluvně sepsána spolupráce mezi FLD a Technologickou agenturou České republiky) názvem: „Využití genových zdrojů lesních dřevin pro zachování rozmanitosti a obnovu lesa pro Vojenské lesy a statky ČR, s.p.“. Řešení projektu bylo zahájeno již v roce 2011 a ukončeno v roce 2016. V rámci řešení projektu byla uzavřena spolupráce také s VLS s.p. Cílem řešení tohoto projektu bylo vypracovat strategii hospodaření s genovými zdroji u podniku VLS, s.p., dále založit série semenných sadů, testů potomstev, optimalizovat protokol pro analýzy DNA pro dílčí populace a přípravné práce pro následné založení semenných sadů vyšších generací s využitím vyhodnocení testů potomstev, včetně rekonstrukce rodokmenů.

2. CÍL PRÁCE

Cílem práce je získat předběžné informace o mortalitě, růstu a vývoji potomstev rodičovských stromů ze semenných sadů VLS ČR, s.p. na divizi Mimoň.

3. ROZBOR PROBLEMATIKY

3.1. Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

3.1.1. Obecné informace

Latinský název pro borovici lesní je *Pinus sylvestris*. Tato dřevina dorůstá výšky nejčastěji do 30-40 metrů, avšak udává se, že v ideálních podmínkách je borovice lesní schopna dosáhnout až na padesát metrů.



V mladém věku roste borovice poměrně rychle a její růst postupně zpomaluje. Kulminace výškového a tloušťkového přírůstu je většinou kolem 20. roku stáří a poté růst postupně zpomaluje a končí v 95-100 roku růstu (MUSIL, HAMERNÍK, 2003). Borovice lesní dosahuje na ideálních stanovištích (zejména jako solitérní stromy) věku až 300 let a v extrémních případech jsou záznamy i o 500 letých jedincích (ÚRADNÍČEK, 2003). Objem středního kmene ve sto letech může dosahovat až 1,4 m³ a zásoba na hektar 500-600 m³/ha (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Obr. č. 1 Borovice lesní přehledová ilustrace
(<http://skolakov3a.sweb.cz/PRVOUKA/rostliny3/borovice.jpg>)

Za předpokladu pěstování porostů s dokonalým zápojem a ideálním sponem se stromy postupně samy čistí od větví přirozenou cestou, což je pro správce porostu ideální situace. Oproti tomu solitérní jedinci mají přirozenou tendenci svou korunu zvětšovat nejen do výšky, ale zejména do šířky. Ponechat strom při růstu v nedokonalém zápoji sebou nese další negativní aspekt, a to zejména vznik silných větví a nasazení už ve spodní části kmene (MUSIL,

HAMERNÍK, 2003). Kůra borovice lesní je v nejmladším věku žlutá až šedožlutá. Po desátém roce se barva postupně začíná měnit na červenou až červenožlutou a je poměrně lesklá a vytváří tenké plátky, které se překrývají a připomínají strukturu šupin. U starších jedinců se tvoří od kořenových náběhů směrem vzhůru ke koruně borka, která má kráterovitý a velmi tloušťkově diferencovaný charakter (ZLATNÍK, 1957). U nejstarších jedinců je kůra poměrně mohutná a při jejím větším poškození začne strom vydávat značné množství pryskyřice, které vytéká přímo z místa poškození a stéká až několik metrů dolů po kmenu (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Rozlišujeme více typů borovice lesní. Liší se zejména ve tvaru koruny. V severnějším areálu jsou koruny méně široké a kmeny spíše štíhlejší. Směrem na jih se koruny postupně rozšiřují do stran, až postupně dostávají tvar jakéhosi deštníku. Kmeny v jižních částech areálu rozšíření mají charakter tlustého (někdy i poměrně pokrouceného) válce (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Pinus sylvestris má velmi dobře vyvinutý kořenový systém. Kořenový systém je známý svým klasickým kulovitým tvarem, ze kterého se do stran rozrůstají menší kořeny. Tento typ kořenů dodává stromu velmi dobrou stabilitu a tedy odolnost proti vývrátům (ZLATNÍK, 1957). Kořeny dosahují běžně hloubky 1,5 – 3 metry na průměrně únosných a živných půdách. Na písčítých neúnosných podložích dosahuje terminální kořen i daleko větších hloubek (zejména kvůli nedostatku vody), a proto se borovice v těchto podmínkách považuje za velmi dobrou zpevňovací dřevinu (MUSIL, HAMERNÍK, 2003).

Kolem 30 – 50 roku stáří porostu začínají porosty plodit. Přesný věk, kdy začne strom plodit, závisí na mnoha faktorech. Jedním z faktorů může být kvalita stanoviště (dostatek vláhy a živin), dále to může ovlivnit také zápoj a expozice porostu a dlouhodobější klima. Semenné roky se poté opakují cca po 2 – 4 letech. Pokud jsou podmínky naprosto ideální, tak se plodnost dokonce může posunout až za hranici 50 let a může to ovlivnit i časové rozestupy mezi semennými roky (KŘÍŽ et al., 1971). Borovice lesní je sice jednodomá dřevina, avšak velmi často se stává, že na jednom stromu je převaha jednoho pohlaví,

což může způsobovat problémy s plodností konkrétních jedinců (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

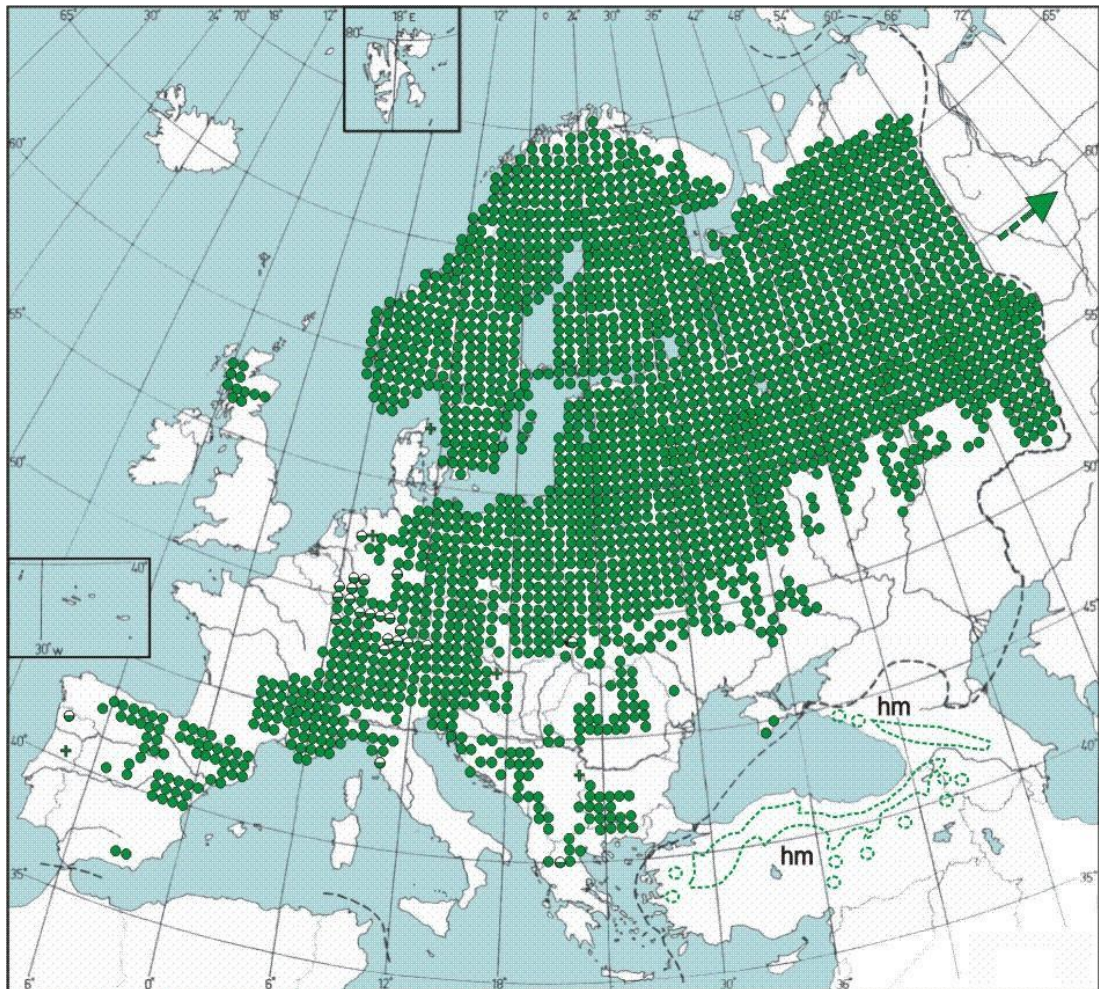
Semena borovice lesní jsou podlouhle protažená do 4 mm dlouhá s lesklým křídlem, které dosahuje délky až 20 mm. Klíčivost se udává až 80%, ale postupně se stářím osiva můžou procenta klesat. Semena se řadí do skupiny nazývané „ortodoxní typ“, což znamená, že postupně během vývoje se ze semen ztrácí přirozeně vlhkost a to až na 15%. Tato vlastnost je vhodná zejména při následném skladování semen po rozluštění. Semena vydrží při vhodném skladování až několik let v prakticky nezměněném stavu (KUPKA, 2008).

3.1.2. Ekologické nároky

Borovice lesní je výrazně světlomilná dřevina, která prakticky není schopna snášet žádný zástin (maximálně krátkodobě). Ideální podmínky pro zmlazování této dřeviny je otevřená plocha s maximálním přístupem ke slunci a ideálně také vody (např.: holina s několika ponechanými výstavky). Kvůli své světlomilnosti patří mezi pionýrské dřeviny, které jako první dřeviny přirozeně nalétají na nově vzniklou plochu (MUSIL, 2003).

Co se týče nároků na povrchovou vodu, tak tato dřevina patří mezi méně náročné. Tento fakt je zřejmý zejména kvůli dobře vyvinutému kořenovému systému (viz předchozí kapitola). Strom je schopný pro vodu dosáhnout i tam, kam ostatní dřeviny nemají šanci, například na písčitéch propustných stanovištích (ÚRADNÍČEK, 2003). Borovice je schopna snášet poměrně extrémní podmínky. Výskyt rozšíření sahá od Sibiře, kde dosahují teploty až -64 stupňů celsia, až po jižní Španělsko, kde naopak nejvyšší teploty sahají až ke +40 stupňům nad nulou (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

3.1.3. Rozšíření borovice lesní



Obr. č. 2 Areál rozšíření borovice lesní - Evropa (dostupné z <http://docplayer.cz/docs-images/31/15005563/images/10-0.jpg>)

Původní přirozené zastoupení borovice lesní na území dnešní České republiky bylo mezi 3,5 – 5,5 %, názory se liší dle jednotlivých autorů (MUSIL, HAMERNÍK, 2007). Současné zastoupení se u nás pohybuje mezi 17,3 a 17,5 %. Cílové zastoupení borovice by mělo ideálně být v porostech o trochu méně, než je současné, a to kolem 17 - 17,1 % (POLENO, VACEK, 2009). Porovnání procentuálního rozdílu současného a cílového zastoupení borovice lesní se oproti jiným dřevinám v ČR kupodivu moc neliší (například ve srovnání se smrkem ztepilým, kde je tento rozdíl velice markantní).

Borovice lesní má velice rozsáhlý areál rozšíření, který se táhne od Asie, přes celou Evropu, až po Atlantický oceán. Tato dřevina patří mezi naše nejméně náročné druhy (KLIKA, 1947). Severní hranice rozšíření sahá od západního Norska (cca 70° s.š) přes celý Skandinávský poloostrov. Areál dále pokračuje směrem na východ přes Ural (65° s.š) až na Vrchnojanské pohoří. Na jihu se areál rozšíření rozprostírá od východu od Altajského pohoří (52° severní šířky) až po Sierru Nevadu na západě, která leží na 37 rovnoběžce. Celkové rozšíření borovice lesní se rozkládá na poměrně velké části na severní polokouli, protíná více než 123 poledníků a 30 rovnoběžek (SVOBODA, 1953).

Na území České republiky se rozlišují zejména dva různé ekotypy borovice lesní a to je ekotyp hercynský a karpatský. Na extrémních skalnatých a kamenitých stanovištích se dříve vyskytoval převážně hercynský ekotyp borovice, a to pouze ostrůvkovitě a roztroušeně. Tento ekotyp borovice se vyznačoval zejména jejím typickým deštníkovitým tvarem koruny a silnějšími větvemi. V současnosti lze tento původní reliktní ekotyp v ČR najít pouze místy, například ve Slavkovském lese, na Třeboňských pánvích, v Polabí a místy i na kamenitých svazích na Šumavě. Karpatský ekotyp borovice se vyskytuje reliktně spíše na území Slovenska (FÉR, POKORNÝ, 1993).

3.2. Šlechtění lesních dřevin

Šlechtění lesních dřevin můžeme obecně definovat jako činnost, při které se postupně snažíme vylepšovat nežádoucí vlastnosti dřevin. Týká se to zejména produkce dřevin, jejich kvality obecně a odolnosti proti biotickým a abiotickým činitelům (NAMKOONG, 1988 in KOBLIHA et al., 2011). Paule (1992) rozděluje tyto cíle šlechtění lesních dřevin do tří základních bodů: zvýšení kvantity produkce dřevní hmoty, zvýšení kvality dřevní hmoty jako takové a zvýšení odolnosti dřevin (proti abiotickým a biotickým činitelům).

Kobliha et al. (2007) tvrdí, že šlechtění je zaměřeno především na zvýšení produkce, ale důležité je zároveň zvýšení kvality a odolnosti proti abiotickým i biotickým škodlivým vlivům. Tohoto cíle je možné dosáhnout pouze

použitím geneticky vylepšeného reprodukčního materiálu ze semenných sadů, nebo na bázi konvenčního vegetativního množení a kultur in vitro.

Paule (1992) podotýká, že lesnickou genetiku můžeme obecně definovat jako základní vědní disciplínu, která se zabývá zejména dědičností a proměnlivostí lesních dřevin. Tato definice platí pouze za předpokladu, že si pod pojmem lesnická genetika představíme specifickou vědu o proměnlivosti organismů a konkrétních genetických zákonech.

Šlechtění je v podstatě praktická aplikace veškerých poznatků z lesnické genetiky lesním hospodářem. Tato činnost je zaměřená především na zlepšení populací lesních dřevin v porostech, kvůli specifickým potřebám dnešní společnosti (ERIKSSON, 2001).

Šlechtění lesních dřevin můžeme dělit na čtyři základní cíle (ANDERSSON, 1999):

- Produkce osiva vhodné fyziologie. El-Kassaby (1995) dodává, že toto osivo musí být zralé s vysokou klíčivostí a energií klíčení.
- Zajištění žádoucí adaptability reprodukčního materiálu. Ve většině šlechtitelských programů se jako klíčový znak kvality bere schopnost přežití v extrémních podmínkách (FRIES, LINDGREN, 1986).
- Zvýšení genetické hodnoty hospodářsky významných znaků. White et al. (2007) upřesňuje, že pokrok ve šlechtění je přímo závislý na míře znalosti daného materiálu a na efektivitě využívání těchto poznatků v praxi.
- Zachování genetické diverzity v lesích. White et al. (2007) tvrdí, že ztráta genetické diverzity nikdy nesmí být tak značná, aby se omezila adaptace budoucího vyšlechtěného materiálu.

Šlechtit dřeviny je možné buď jednorázovou aplikací určité metody (např. tree breeding), nebo tzv. tree improvement, což je dlouhodobější a náročnější program zahrnující více metod, který má za výsledek zlepšení stavu celých populací. Lesnická genetika jako věda je velmi úzce spojená s dalšími vědními obory z lesnictví jako například botanika a dendrologie, ze které je třeba ovládat

zejména anatomii, fyziologii a ekologii konkrétních dřevin. Genetika je ovšem tak komplikovaná věda, že k úspěšné aplikaci jsou třeba i další disciplíny jako například nauka o dřevě a produkci, nebo obsáhlý obor pěstování lesa (PAULE, 1992).

Kobliha a Lstibůrek (2006) udávají, že v dnešní době se šlechtění lesních dřevin orientuje zejména těmito směry:

- Rozvoj semenných sadů společně s testy těchto potomstev
- Studium a záchrana zdrojových populací dřevin
- Vegetativní množení dřevin řízkováním a kulturami in vitro s následnými klonovými testy
- Hybridizace
- Genové markety
- Aplikace moderního genového inženýrství (geneticky modifikované organismy=GMO)

Již v roce 1956 měl v přednáškové síni biologické fakulty univerzity Karlovy zajímavou přednášku prof. Hrubý. Tato inovativní přednáška pojednávala o genetice a šlechtění lesních dřevin, což byl v České republice poměrně nový vědecký obor (KANTOR, POSPÍŠIL, 1983).

Veliký problém spjatý se šlechtěním lesních dřevin je zejména fakt, že nevíme, co bude budoucí společnost od lesních porostů požadovat. Je tedy možné, že se v budoucích 50 až 100 letech prostředí a nároky společnosti dramaticky změní a lesní porosty potom budou masově mýceny, ještě před jejich zralostí a to povede k další změně pěstebních a zalesňovacích metod. Dalším faktorem, který nelze ovlivnit lidskou činností je okolní prostředí, ve kterém také může dojít k podstatným změnám. Toto vše může způsobit změny ve šlechtění lesních dřevin. Na rozdíl od zemědělských plodin, u kterých je možné měnit postupy a způsoby pěstování poměrně často, je šlechtění a pěstování lesů dlouhodobá záležitost. Toto vše by se tedy mělo brát v potaz při tvorbě co nejefektivnějšího programu pro šlechtění i do budoucna (ERIKSSON, 2001).

3.2.1. Selekce

Nezákladnějším nástrojem šlechtění lesních dřevin je selekce. Výběr dále dělíme na přirozený a umělý. Co se týče šlechtění lesních dřevin, tak je pro nás důležitý zejména výběr umělý, tedy ovlivňovaný člověkem.

Přirozený výběr působí na naší planetě již velmi dlouho. Populace dřevin, které nyní rostou kolem nás, jsou vlastně výsledkem přirozeného výběru, který tu ovlivňoval vývoj dřevin již velmi dlouho a bude působit na přirozené změny i do budoucna. Přirozený výběr je stále možné pozorovat v lesích kolem nás a to bez rozdílu, zdali byl porost založen uměle, či přirozeně (KANTOR, POSPÍŠIL, 1983).

Paule (1992) udává, že umělý výběr je zcela v režii člověka. Výsledný cíl šlechtění má nespočet aspektů (hlavních, či vedlejších). Mezi nejdůležitější aspekty patří produkce dřeva a s tím úzce spojená odolnost dřevin proti abiotickým a biotickým faktorům z okolního světa.

Rozdělení do základních skupin (PAULE, 1992):

- Šlechtění výběrem (individuální, hromadný výběr)
- Tzv „novošlechtění“, což jsou metody využívané v současné době (hybridizace, mutační šlechtění, genová manipulace)

V dnešní době obrovského rozvoje této disciplíny umělého šlechtění je naprosto nezbytná znalost a pochopení genetické informace (genotypu), kterou má každý jednotlivý strom unikátní. Každý řetězec deoxyribonukleové kyseliny má tedy zcela jedinečné pořadí nukleotidů. Oproti fenotypu není genotyp ovlivněn prostředím, nedochází tedy k různým změnám v průběhu času, což vede k zachování genetické stejné informace jedince až do jeho smrti. V poslední době v tomto odvětví byl zaznamenán obrovský posun dopředu, avšak stále není možné číst v DNA dřevin jako v „otevřené knize“ a pochopit tak všechny souvislosti této problematiky (KLÁPŠTĚ et al., 2012).

3.2.2. Metody využívané v současnosti

Klápště et al. (2012) dále zdůrazňuje, že již ve většině biologických a biochemických oborů se stále více uplatňují postupy a informace založené na znalostech biologické informace. Využití těchto metod vhodným způsobem může v mnoha ohledech pomoci lesnímu hospodáři dosáhnout efektivněji a rychleji požadovaného cíle bez většího úsilí. Jsou zde také nové možnosti při odhalování původu neznámých porostů, zachování a rozvoj kvalitních genových zdrojů, nebo pozorování klimatických vlivů na porostní ekosystémy.

Mezi tyto metody řadíme:

- Hybridizaci
- Genetické markery
- Genomickou selekci
- Genové inženýrství
- Vegetativní množení dřevin *in vitro*

3.2.3. Hlavní zásady šlechtění u borovice lesní

Borovice lesní je specifický druh dřeviny, který vyžaduje jiný přístup ke šlechtění než jiné dřeviny. U tohoto druhu se klade při šlechtitelských programech především důraz na (PAULE, 1992):

- Produkci biomasy, dřeva a lepší tvárnost celého kmene
- Urychlený růst v mladém věku
- Odolnost proti sypavce *Lophodermium pinastri* a červené hnilobě *Heterobasidium annosus*
- Zvýšení tolerance proti imisím
- Lepší tolerance na suchých, vysychavých, písčitých a chudších stanovištích

3.3. Semenné sady



Obr. č. 3 Semenný sad borovice lesní (autor: Jakub Hejtmánek 2015).

Semenný sad je možné definovat jako produkční plochu, která slouží k účelům produkce osiva s co nejlepším možným genetickým materiálem, jak nejrychleji a nejefektivněji to jde. Je to v podstatě kultivovaná výsadba roubovanců lesních dřevin za účelem produkce semen (současně s usnadněním sběru osiva). Tato výsadba klonů nebo potomstev je odříznuta od okolních vlivů, aby bylo zabráněno nežádoucímu opylení z okolních porostů. Tato izolace od okolního světa je důležitá zejména pro čistotu a bohatost sklizeného semenného materiálu (ZOBEL et al., 1958).

Podle Kaňáka et al. (2008) jsou semenné sady účelové výsadby klonů sloužící k cílovému sběru reprodukčního materiálu. Semenné sady je možné rozlišit na sady vegetativního původu (roubování, nebo řízkování) a semenného původu. Další vedlejší význam semenných sadů spočívá v zachování a záchraně genofondu, které začíná nabývat na významu a to zejména v posledních letech v souvislosti s globální změnou klimatu.

Hlavní úkol semenného sadu je produkovat co nejkvalitnější osivo z pohledu genetiky. Toto osivo je používáno dále zejména pro obnovu lesních porostů (MORIGUCHI et al., 2008). Semenné sady podobně definuje Kotrla a Pařízek (2009) - jsou to výsadby speciálně vybraných klonů, jejichž hlavním cílem je produkce co nejkvalitnějšího osiva (z genetického pohledu).

Chung (1981) tvrdí, že rozsah genového toku v rámci jednoho semenného sadu je určen zejména intenzitou produkce pylu. Podle El-Kassaby et al. (1989) je genový tok dále ovlivňován stupněm asynchronie mezi rodiči v rámci jednoho sadu, stejně jako vnějšími zdroji opylení, které zde mohou hrát také důležitou negativní roli.

Aby mohl sad dále fungovat podle platné legislativy, je nutné ho na počátku jeho plodnosti uznat jako zdroj kvalifikovaného reprodukčního materiálu (jinak by semenný materiál nemohl být použit při zalesňování). Z toho vyplývá, že již při zakládání semenného sadu je nutné dodržovat určitá pravidla a řídit se platnými zákony České republiky týkajícími se dané problematiky. Povinnosti týkající se semenných sadů jsou v legislativě ukotveny v zákoně č. 149/2003 sb. Uvádění reprodukčního materiálu do oběhu pak konkretizuje vyhláška č. 29/2004 Sb., kterou provádí tzv. lesní zákon 289/1995 sb. (KOTRLA, PAŘÍZEK, 2009).

Při zakládání semenného sadu je třeba si uvědomit, že celý proces založení a péče o něj je z časového pohledu velice náročná záležitost. Toto dlouhé období, než se dá sad plně využívat (od založení sadu, přes postupnou výchovu a pečování o kultury, až po finální využívání semenného sadu jako zdroj osiva), může dosahovat desítek let (10-20 let). Až s nástupem plodnosti a možností sbírat osivo je semenný sad možné prohlásit za zdroj reprodukčního materiálu. Kvůli výše zmíněné skutečnosti je tedy podle legislativy vlastník povinen vést náležitou dokumentaci k semennému sadu po celou tuto dobu. To musí provádět zákonem pověřená a schválená osoba (KOTRLA, PAŘÍZEK, 2009).

3.3.1. Účel semenných sadů

Existují dva způsoby založení semenného sadu (klonové a jádrové). V České Republice je většina sadů založena klonovým způsobem – tedy vegetativně. Tyto sady jsou založeny z roubovanců původních vybraných klonů. Dále je možné použít v rámci vegetativního způsobu řízkovance, a to zejména pro vrby a topoly. Jádrové sady jsou vypěstovány z generativně vypěstovaných sazenic zejména z pionýrských dřevin, které jsou rychle rostoucí a mají poměrně rychlý nástup plodnosti (KAŇÁK et al., 2008).

Semenné sady se dále rozlišují podle šlechtitelského záměru založení, tedy cíle založení. Nejběžnější cíl založení je produkční (zejména pro hospodářsky významné druhy dřevin, např.: smrk ztepilý, borovice lesní a modřín opadavý). Další cíl může být záměr udržet určitou kladnou vlastnost, či vlohu konkrétní dřeviny, například rezistence ke škodlivým vlivům okolí (KAŇÁK et al., 2008).

Další dělení semenných sadů je podle počtu generací. Sady první generace jsou sady tzv. netestované a dalších generací jsou tzv. testované. U nás v republice máme zatím pouze sady prvních generací (KAŇÁK et al., 2008). Dále existují zvláštní semenné sady, do kterých jsou vybírány pouze klony pocházející z potomstev sadů prvních generací. Semenné sady vzniklé touto cestou jsou sady 1,5. generace. U klonů známe pouze matku, potomstva v těchto sadech jsou tedy nazývána jako „polosesterská“ (IVANEK et al., 2010).

3.3.1.1. Klonování

Zásady při výběru klonů pro založení semenného sadu podle Kaňáka et al. (2008):

- Všechny klony používané při založení sadu musí být z téže přírodní lesní oblasti (u vzácnějších dřevin je povoleno použít roubovance i z více PLO).
- Přenosy reprodukčního materiálu v rámci lesního vegetačního stupně jsou vždy pevně definovány vyhláškou č. 139/2004 Sb. a tato vyhláška je pro všechny závazná.

- Při zakládání sadů je třeba také brát v potaz, že většina dřevin má tzv. klimatické ekotypy a každý má odlišné ekologické nároky.

Podle Kaňáka et al. (2008) musí být minimální počet klonů (ortelů) 50. Toto je nejnižší hranice, aby bylo zabráněno nežádoucímu snižování variability budoucích potomstev z vypěstovaného reprodukčního materiálu. Tomuto tvrzení oponuje Kyu-Suk Kang et al. (2001) v jeho studii. Po rozsáhlém celosvětovém šetření ve více různých zemích z celkového počtu 255 semenných sadů bylo zjištěno, že průměrný počet klonů v semenném sadu byl 66 jedinců (čísla se pohybovaly od 10 až do 421).

3.3.1.2. Roubování

Roubování v oblasti okrasných a ovocných dřevin je známo a využíváno již velmi dlouho. První zmínky o roubování ovocných dřevin byly objeveny již z období před naším letopočtem. V lesnictví se toto odvětví začalo rozvíjet až s příchodem dánského lesníka Syracha Larsena. Tento průkopník zahájil jeho pokusy s roubováním ve třicátých letech 20. století (ZAVADIL, 1982).

Rouby pro výsadbu se z vybraných jedinců sbírají zejména v období vegetačního klidu (ideálně prosinec až březen, podle druhu dřeviny). Před sběrem je nutné zajistit si uznání (od orgánu veřejné správy) o kvalifikaci zdroje reprodukčního materiálu (KAŇÁK et al., 2008).

Kaňák et al. (2008) dále popisuje, že rouby se odebírají pomocí stromolezeckých technik v horní třetině stromů a je nutné je ihned po sběru vhodně skladovat před dalším použitím. Následné roubování by měla provádět odborná zahradnická firma, která má s problematikou zkušenosti. Roubovanci se vysazují ze skleníků ven koncem května v podmínkách pro konkrétní druhy dřevin. Při roubování je klíčová evidence u každého roubovance. Neoznačený, či poškozený roubovanec musí být vždy vyřazen. Roubovance je možné vysadit do semenných sadů až po uplynutí dvou až tří let od sběru roubů.

3.3.2. Zakládání a údržba semenných sadů

Pro vhodné umístění každého semenného sadu je třeba brát ohledy na ekologické nároky dřeviny. Podstatným faktorem jsou zde zejména pedologické a klimatické podmínky, dále také nadmořská výška místa umístění. Optimální jsou rovinné, teplé a slunné plochy, které mají dobrý přístup z komunikací a prostor pro použití moderní mechanizace. Podloží by mělo být propustné s lehčími půdami. Při výběru umístění je také nutné zohlednit okolní porosty. Porosty stejného charakteru jako semenný sad nejsou vhodné zejména kvůli případné kontaminaci opylením z okolních stromů (KAŇÁK et al., 2008).

White et al. (2007) tvrdí, že ani 150 metrů vzdálenost od okolních porostů nestačí pro naprostou izolaci od nežádoucího opylení. Toto tvrzení potvrzují Adams a Burczyk (2000), kteří ve své studii uvádějí, že minimální izolační vzdálenost od nežádoucího porostu by měla být alespoň 500-1000 metrů (záleží na konkrétní situaci).

Sady by měly být oploceny (zejména kvůli škodám zvěří a případných kolemjdoucích). Velikost plochy závisí na počtu klonů a plánovaném počtu vysázených roubovanců. Budeme-li vycházet z počtu klonů 50-60, pak celkový počet roubovanců dosahuje od 300 do 480 kusů (s 6-8 opakováními). Obvyklý spon při výsadbě bývá 6*6 metrů. Po přepočítání nám vyjde potřebná plocha cca 1-2 ha (KAŇÁK et al., 2008).

Péče o sad je velice odborná činnost, která musí být vykonávána vyškolenými pracovníky, kteří pracují s nejvyšší opatrností, aby nedocházelo k nežádoucím ztrátám, či škodám. Každoroční péče a údržba v prvních letech spočívá především v kontrole roubovanců, sekání trávy a kontrole oplocení a zabezpečení sadu. Dále je třeba sledovat stav sazenic (popřípadě odstranit a nahradit uhynulé ramety náhradními). V případě napadení škůdci je třeba ihned zakročit. Poškozený jedinec musí být odstraněn, případně ošetřen a vždy je třeba zvážit ochranu ostatních roubovanců v okolí, záleží na druhu škůdce (KAŇÁK et al., 2008).

Novák (2006) tvrdí, že pro ideální tvar roubovanců se širokou korunou je nejdůležitější vhodně zvolený spon výsadby v semenném sadu. Pro ošetřování, tvarování a následný sběr osiva je ideální menší keřovitý habitus s širokou korunou. Toto lze dosáhnout pravidelným zdravotním řezem a ostříhem nevhodných částí koruny v celé době růstu. Je podstatné také brát ohledy na druh dřeviny a místní podmínky.

Roubovanci se musí postupně tvarovat, což je klíčové zejména v prvních pár letech. Je třeba odstranit terminální výhon a zakracovat postranní výhony, podobně jak je tomu u péče o ovocné dřeviny. U ryze produktivních sadů je možné tyto úpravy provádět mechanizovaně, což je ekonomicky efektivnější a výhodnější, ale má to řadu nevýhod. Riziko nežádoucího poškození roubovanců je daleko vyšší, než u ručního tvarování. Do ramet se můžou dostávat houbové infekce a tvarování stroji není nikdy tak přesné jako ručně (KAŇÁK et al., 2008).

3.3.3. Situace v České republice

Veškeré semenné sady u nás jsou vegetativního původu, jádrový způsob založení se nepoužívá. Na konci roku 2001 bylo v systému registrováno celkem 130 semenných sadů pro 24 různých druhů dřevin. Celková výměra těchto sadů v ČR zaujímá 357,2 ha. Sadů s jehličnatými dřevinami je zakládáno více a to konkrétně 93 (celkem 9 druhů dřevin), a s listnatými dřevinami je 37, ze kterých je zastoupeno 15 druhů (RAMBOUSEK, 2003). Musil (2007) později aktualizuje tuto informaci o počtu semenných sadů. Od roku 2001 do 2007 vzrostl počet sadů na 146. Jako dominující dřevina zůstává stále borovice lesní, následuje modřín opadavý a smrk ztepilý.

Nejčastější dřevinou pěstovanou v semenných sadech je borovice lesní, následuje modřín opadavý a smrk ztepilý. V menších procentech jsou dále evidovány sady s douglaskou tisolistou, jedlí bělokorou, jedlí obrovskou, borovicí vejmutovkou, limbou a blatkou. U listnatých dřevin dominují sady s bukem lesním. Dále jsou často pěstované dřeviny jako jilm horský, třešeň ptačí, javor klen, lípa malolistá, jasan ztepilý, olše lepkavá atd. V minulosti byl založen

jeden sad pro dub letní, avšak byl záhy v roce 2002 zrušen kvůli nepříznivým okolnostem, které zde byly již od jeho vzniku (RAMBOUSEK, 2003).

První semenný sad v ČR byl založen v roce 1956 na tehdejší lesním závodě Vizovice (nyní LS Luhačovice). Jednalo se o malou plochu 0,86 ha, kde byly vysázeny roubovanci modřínu opadavého ve sponu 4*4 m (MUSIL, 2007).

3.3.4. Testy potomstev

Testování potomstev je úzce spjato se šlechtěním lesních dřevin a hraje zde významnou roli. Pomocí těchto testů se dají zpětně vybrat a identifikovat rodiče s vhodnou obecnou kombinační schopností. Tato zpětná volba rodičů z testů potomstev se nazývá tzv. zpětná selekce. Testy potomstev jsou většinou přímý podklad pro výběr stromů pro novou generaci populace. Vybírány jsou většinou nejlepší jedinci z nejlepších rodin (ERIKSSON, 2001).

Testy z pohledu genetiky zahrnují studium o geografické proměnlivosti, a to mezidruhovou a vnitrodruhovou. Plochy se většinou zakládají na lesních pozemcích, v lesních školkách, nebo zemědělských pozemcích. Od počátku 50 let 20. století se většinou používají poměrně jednoduchá unifikovaná schémata výsadby (KOBLIHA et al., 2012).

Eriksson (2001) tvrdí, že při výběru plochy pro testy potomstev je třeba velká opatrnost. Plochy by měly být pokud možno co nejvíce homogenní (homogenita půdní plochy lze dosáhnout použitím stejných umělých nebo rašelinných substrátů pro celou plochu). Šindelář (2004) dodává, že i použití těchto substrátů nemusí být vždy zcela ideální, jelikož je nutné počítat s nestejným rozptýlením hnojiv v substrátech, což má stejně za následek nežádoucí nehomogenitu. Frýdl et al. (2009) popisuje, že proměnlivost půdních podmínek lze posoudit chemickým rozbohem reprezentativního vzorku půdy a zároveň okulární metodou vztahující se na nejbližší porosty v okolí sadu (zkoumá se zejména výška a výčetní tloušťka stromů).

V případě testování semenných sadů jsou testovány generativní potomstva vypěstovaná z osiva reprezentující konkrétní semenné sady.

Zároveň jsou ověřovány i potomstva jednotlivých klonů rostoucích v semenném sadu (FRÝDL et al., 2009). Kaňák et al. (2008) podotýká, že toto testování je důležité pro uznání semenného sadu jako zdroje reprodukčního materiálu, který může být použit různými způsoby, jako například pro založení semenného sadu následné vyšší generace.

3.3.4.1. Testovací plochy

Plochy, které se využívají pro testování potomstev, by měly být dlouhodobějšího charakteru. Při zakládání plochy by se měl brát ohled na specifiku daného stanoviště a také na konkrétní metodické principy, které budou po celou dobu testování používány (ERIKSSON, 2001). Šindelář (2004) dále tvrdí, že předmětem testování jsou většinou menší populace z porostů uznaných ke sklizni semenného materiálu, dále jednotlivé rodičovské stromy při zjišťování vitality jejich reprodukčního materiálu a také samozřejmě uznané semenné sady. Vhodný čas pro založení testovací plochy je zejména semenný rok, kdy je dostatek osiva a máme ho k dispozici ve větším množství pro všechny zastoupené klony. Klony se dají testovat buď smíšeným vzorkem, nebo každou rametu zvlášť. Testování jednotlivě každou rametu zvlášť je sice náročnější, ale v budoucím výběru a vyhodnocení je to vhodnější a může to eliminovat spoustu případných omylů a chyb vzniklých při evidenci v minulosti. Problémy většinou nastávají při velkém množství testovaného materiálu a tedy při velké testovací ploše.

U nás v republice jsou používána standardní testovací schémata, ale i speciální schémata na bázi latinských čtverců. Poměrnou výhodu mají také schémata s prostou výsadbou z volného sprášení se souřadnicovou evidencí sazenic. Mortalita zde není takový problém, naopak kompetiční vztahy je třeba eliminovat vhodným sponem ve výsadbě. Po vyhodnocení této výsadby je poměrně snadno možný převod na klasický hospodářský les (KOBLIHA et al., 2012).

Šindelář (2004) rozlišuje dva způsoby uspořádání testovacích ploch:

- kompletní blokové uspořádání
- dvojité blokové uspořádání

Kompletní blokové uspořádání je nejjednodušší na principu uspořádání do jednotlivých bloků, které lze libovolně kombinovat a opakovat (ŠINDELÁŘ, 2004). Frýdl et al. (2009) upřesňuje, že v každém bloku jsou sazenice všech testovaných potomstev a odpovídají tedy jednomu opakování. Potomstva jsou rozdělována do bloků zcela náhodně.

Pro dvojité blokové uspořádání je typické mřížkovité rozložení. Toto uspořádání je v současnosti nejvíce využíváno v praxi. Bloky na rozdíl od kompletního blokového uspořádání neobsahují všechny testovaná potomstva. Rozdíly v půdních podmínkách jsou zachyceny se stejnou přesností jako u kompletního blokového uspořádání a to i s malým počtem testovaných členů (ŠINDELÁŘ, 2004).

3.3.4.2. Konvenční testy

Roubovanci do semenných sadů prvních generací jsou vybrány pouze na základě fenotypu, proto je třeba tyto sady testovat průběžnými testy potomstev v rámci dlouhodobějších šlechtitelských programů. Z těchto testů lze odhadnout šlechtitelské hodnoty rodičovských stromů a také šlechtitelské hodnoty pro jedince, kteří budou dále vybráni jako nejvhodnější pro založení semenného sadu vyšší generace (KOBLIHA et al., 2007). Testuje se, zdali jsou vlastnosti (kvůli kterým byli na základě fenotypu vybráni jako vhodní jedinci) geneticky podmíněny, či nikoliv. Na základě testování potomstev lze v sadu provést odstranění geneticky nevhodných jedinců (tzv. genetická probírka). Jedinci k odstranění jsou vybíráni na základě odhadu všeobecných kombinačních schopností. Genetická probírka nesmí být moc razantní, může zde dojít k nežádoucí redukci produkce osiva (KAŇÁK, 2011).

Za dostatečnou dobu pro dokončení testů se považuje většinou jedna třetina obmýtí. Úspěšné vyhodnocení rodičovských stromů bez významných chyb lze provést spolehlivě po 15-20 letech testování. Dlouhodobý růstový potenciál se nejlépe vyhodnocuje až v posledních 5-10 letech růstu (ERIKSSON et al., 2006).

Testování semenného sadu za účelem založení sadu vyšší generace je možné provádět dvěma způsoby. První způsob je možný pouze pokud známe oba rodičovské stromy (provádí se kontrolované křížení vybraných klonů a vzniká nám tzv. plnosesterské potomstvo). Druhý způsob je získávání klonů pěstováním z osiva z ramet v semenném sadu. U druhého způsobu známe pouze matku a vzniká nám tzv. polosesterské potomstvo. Pro plnosesterské potomstvo platí, že můžeme sady vyšších generací zakládat ihned po testech. V případě polosesterského potomstva je nutné před dalším krokem provést rekonstrukci rodokmene (KAŇÁK, 2011).

3.3.4.3. Časné testy

Další metodou testování jsou tzv. časné testy. Oproti konvenčním testům jsou tyto testy prováděny v dřívějších letech. Testují se buď mladé sazenice, nebo dokonce osivo (ERIKSSON et al., 2006). Další použití těchto testů může být například kontrola původu osiva (kontrola o pravosti udávané provenience). V případě, že se testy dělají již na semenech, tak se zjišťuje například podíl hluchých semen, klíčivost, energie klíčení apod. Při zkoumání o pravosti provenience se sleduje zejména proměnlivost fotoperiody a termoperiody. U testování semen je třeba brát v potaz riziko, že uměle vytvořené laboratorní podmínky nakonec nebudou stejné jako podmínky v přírodě a vypěstovaná semena nakonec mohou uhynout, i když postup prací byl naprosto v pořádku (ŠINDELÁŘ, 2004).

Eriksson et al. (2006) definuje výhody a nevýhody časných testů:

- Výhody: Největší výhodou časných testů je možnost dosáhnout výsledků testování v podstatně kratší době, než u konvenčních testů.
- Nevýhody: Testování na bázi časných testů bylo až do nedávna (konec 20. století) v praxi nepoužitelné, výsledky nebyly relevantní. Bylo totiž zjištěno, že vybrané znaky u mladých sazenic nekorelují (až na pár výjimek) se znaky u dospělých jedinců.

4. METODIKA A MATERIÁL

4.1. Popis lokality

Všechny tři testovací plochy jsou pod správou Vojenských lesů a statků ČR, s.p. a to konkrétně na divizi Mimoň (porosty spadají pod lesní správu Břehyně). Divize Mimoň spravuje 26920 ha lesních pozemků, dále několik ha zemědělské půdy a vodních ploch. Divize Mimoň patří pod okres Česká Lípa, Liberecký kraj a celková plocha této divize činí 28283 ha (VLS, 2017).



Obr. č. 4 Turistická mapa s přibližným umístěním testovacích ploch (dostupné na www.mapy.cz)

4.1.1. LHC

Plochy a okolní porosty spadají do LHC Břehyně. Porostní půda uvedená v LHP zaujímá celkem 5354,31 ha. Největší část lesního hospodářského celku Břehyně spadá do PLO 18 – Severočeská pískovcová plošina a Český ráj. Okrajově jsou zde zastoupeny i další přírodní lesní oblasti (PLO 17 - Polabí, PLO 5 - České středohoří a PLO 1 - Krušné hory).

Současné procentuální zastoupení dřevin v LHC je následující:

- Borovice lesní: 64 %
- Smrk ztepilý: 14 %

- Bříza bělokorá: 9 %
- Buk lesní: 6 %
- Modřín opadavý: 3 %
- Dub letní: 2 %

Současný stav kategorizace lesů:

- Lesy hospodářské: 50,55 %
- Lesy ochranné: 4,22 %
- Lesy zvláštního určení: 45,23 %

4.2. Charakteristika PLO

Pohybujeme se v přírodní lesní oblasti 18 (Severočeská pískovcová plošina a Český ráj). Celková výměra přírodní lesní oblasti je 218763 ha a lesnatost 39 % (výměra lesní půdy je 84706 ha).

Porosty se všemi testovacími plochami leží v Ralské pahorkatině. Jako geologické podloží jsou zde časté jílovce a slínovce, ve kterých vznikají různé kotliny, příkopové propadliny a rašeliniště (z důvodu menší odolnosti tohoto geologického podloží). Nejvyšší bod zde v okolí je Ralsko a to 696 m n.m. (ÚHUL, 2001).

4.2.1. Lesní vegetační stupeň a soubor lesních typů

Nejvíce zastoupený lesní vegetační stupeň v místních porostech je dubobukový (66 %), dále bukodubový (29 %) a další v zanedbatelných procentech. Co se týče souboru lesních typů, tak nejvýznamnější řada je zde kyselá se zastoupením téměř 70 % z celé přírodní lesní oblasti. Dalších 15 % zaujímá řada živná a dále zbytek do pěti procent (ÚHUL, 2001).

4.2.2. Geologické a pedologické poměry

Všechny porosty v této divizi jsou součástí České křídové tabule. Jsou zde uloženy zejména sedimenty a to sedimenty ze svrchní křídy. Nejčastější horniny jsou zde sedimentární jílovce a slínovce. V pozdější době zde měly vliv další tektonické pohyby, které vytvořily četné sopečné komíny a žíly (patří do

krystalinika „Maršovický hřbet“). Jílovité horniny zde mají poměrně vysoký obsah kalcitu (CaCO_3) v úrovni 25-75 %. Sopečné žíly a komíny obsahují až 90 % křemene s jílovitou příměsí do 10 %. Z pedologického hlediska jsou zde nejčastější různé druhy kambizemí. Mezi další hojně zastoupené půdní typy patří podzoly, luvizemě a litozemě (ÚHUL, 2001).

4.2.3. Klimatické poměry

Tato oblast je definována jako mírně teplá oblast. Průměrná roční teplota se zde pohybuje mezi 6 a 8 stupni celsia (v závislosti na nadmořské výšce, která je zprůměrována z celé oblasti na cca 300 m n.m.). Průměrné roční srážky jsou od 550 mm až po 800 mm, opět v závislosti na místě a nadmořské výšce. Celou oblast pak ovlivňují středně silné větry severozápadního charakteru, a to jak v letním, tak v zimním období. Lokální směry větru jsou velice ovlivněny mezoreliefem terénu (ÚHUL, 2001).

4.3. Postup terénního šetření

Data byla sbírána ze třech testovacích ploch v rámci jednoho LHC. Plochy jsou od sebe vzdáleny cca 1-3 km vzdušnou čarou. Sběr dat na první a třetí testovací ploše byl proveden dne 22.08.2016 a druhá plocha byla měřena 23.08.2016. Testovací plochy byly založeny v dubnu v roce 2014, v době měření byly tedy sazenice 4 roky staré.

Všechny plochy mají identický tvar a spon. Plochy mají 36 řad a 20 sloupců a byly zakládány ve sponu 140 x 80 cm. Na každou plochu bylo vysázeno 710 sazenic borovice lesní z původních 71 rodičovských stromů (tedy na každou testovací plochu bylo potřeba deset sazenic od každého rodičovského stromu). Jako zdroj osiva pro sazenice na všechny tři plochy byly použity totožné rodičovské stromy.

Rodičovské stromy byly vybrány ze tří polesí (revírů): Dolní krupná, Břehyně a Hradčany. U každého rodičovského stromu bylo zaznamenáno několik informací: pořadové číslo, porost, nadmořská výška, věk, výška stromu, průměr kmene, tvar kmene, čištění kmene, tvar a délka koruny (viz příloha č. 1).

Tab č. 1 Ukázka tvaru, uspořádání a rozložení sazenic na testovacích plochách

Ř/S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
2	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45	46	48	49	50	51
3	53	54	55	57	58	59	60	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	73	75	76
4	77	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
6	40	41	42	43	44	45	46	48	49	50	51	53	54	55	57	58	59	60	62	63
7	64	65	66	67	68	69	70	71	73	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
8	87	88	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
9	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45	46	48	49
10	50	51	53	54	55	57	58	59	60	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	73
11	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	10	11	12	13	14	15	16
12	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
13	37	38	40	41	42	43	44	45	46	48	49	50	51	53	54	55	57	58	59	60
14	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	73	75	76	77	78	79	80	81	82	83
15	84	85	87	88	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
16	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45	46
17	48	49	50	51	53	54	55	57	58	59	60	62	63	64	65	66	67	68	69	70
18	71	73	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	10	11	12	13	14
19	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
20	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45	46	48	49	50	51	53	54	55	57	58
21	59	60	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	73	75	76	77	78	79	80	81
22	82	83	84	85	87	88	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44
24	45	46	48	49	50	51	53	54	55	57	58	59	60	62	63	64	65	66	67	68
25	69	70	71	73	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	10	11	12
26	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
27	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45	46	48	49	50	51	53	54	55
28	57	58	59	60	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	73	75	76	77	78	79
29	80	81	82	83	84	85	87	88	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
30	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42
31	43	44	45	46	48	49	50	51	53	54	55	57	58	59	60	62	63	64	65	66
32	67	68	69	70	71	73	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	10
33	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
34	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45	46	48	49	50	51	53
35	54	55	57	58	59	60	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	73	75	76	77
36	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88										

Z tabulky č. 1 je patrné, že série sazenic (ze 71 mateřských stromů) se pravidelně opakují a to celkem desetkrát na každé testovací ploše (rozlišeno barvami od šedé až po světle zelenou). Bílá místa značí sazenice, které nebyly na ploše vůbec vysázeny. Každý jedinec má svoje specifické souřadnice pro lepší orientaci při zpracování dat. Všechny tři plochy byly založeny identicky pro lepší práci v terénu (mají stejný počet sloupců a řad atd.).

U každé sazenice byla změřena výška výškoměrnou latí (s přesností na cm) a tloušťka kořenového krčku posuvným měřidlem (s přesností na mm). Současně s měřením byla každá sazenice posouzena i okulárně a to zejména její zdravotní stav (uhynulé, nebo chybějící sazenice byly zaznamenány do tabulky a inventury pro další měření). Sazenice byly dále posuzovány z pohledu jejich vitality a budoucí kvality jedince (šlo převážně o označení jedinců s výskytem vidličnatosti).

4.4. Postup následného zpracování dat

Data byla přepsána do programu Microsoft Excel, se kterým se dále pracovalo. Veškeré grafy a tabulky byly vytvořeny právě v tomto programu. Pro další zpracování zde bylo použito několik funkcí (například průměr, směrodatná odchylka apod.). Pro následné statistické vyhodnocení dat byl použit program ASREML, který vypočítal šlechtitelské hodnoty rodin a heritabilitu*.

Matematické rovnice použité při popisné statistice:

- **Aritmetický průměr**

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

(n – celkový počet, x_i – konkrétní číslo, \bar{x} – aritmetický průměr)

- **Směrodatná odchylka**

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

(\bar{x} – aritmetický průměr, n – celkový počet, x_i – konkrétní číslo, s – směrodatná odchylka)

(*heritabilita: Tento pojem se do Českého jazyka překládá jako „dědivost“ a definuje do jaké míry je projev konkrétního znaku podmíněn geneticky)

4.4.1. ASREML

Program ASREML (copyright CIMMYT, 2000) pracuje zejména na principu „REML“ (volně přeloženo „residuální maximální pravděpodobnost“). Program pracuje se smíšenými lineárními modely a s jejich pomocí odhaduje rozptyl jednotlivých znaků. Je to užitečný nástroj pro různé analýzy a velikou výhodou při testování v praxi je, že umožňuje určit prostorovou proměnlivost v rámci testované plochy. Díky tomuto je program velmi všestranný a je možné ho použít na hodnocení mnoha experimentů. Díky možnostem lineárních modelů lze analyzovat strukturu rozptylu a přesně odhadnout jak fixní, tak náhodné faktory ovlivňující variabilitu. Program pracuje s rozsáhlými maticemi a má k dispozici rozsáhlé množství genetických modelů pro výpočty (BURGUEÑO et al., 2000).

Matematická metoda zásadní pro vznik programu byla prezentovaná již v roce 1937 (Papadakis) a na ni navazovali v roce 1983 s dalšími vylepšeními (Wilkinson et al.). První verze programu byla vytvořena a testována v roce 1991. Následné upravené a modernější verze jsou stále upravovány a testovány v praxi až do dnešní doby výrobcem. Program byl do výsledné podoby vyvinut společností Arthur Gilmour v devadesátých letech dvacátého století (BURGUEÑO et al., 2000).

Základní rovnice pro lineární smíšený model (linear mixed model) je následující (BURGUEÑO et al., 2000):

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\tau} + \mathbf{Z}\mathbf{u} + \boldsymbol{\eta}$$

(\mathbf{Y} – výsledný vektor, \mathbf{X} – matice pro fixní vlivy, $\boldsymbol{\tau}$ – vektor pro fixní vlivy, \mathbf{Z} – matice pro náhodné efekty, \mathbf{u} – vektor pro náhodné efekty, $\boldsymbol{\eta}$ - vektor reziduí)

Při vyhodnocení dat byl použit specifický genetický model „half-sib crosses“ patřící pod tzv. rodičovské modely. Tento model byl pro vyhodnocení dat nejvíce vhodný, jelikož je (na rozdíl od ostatních) schopen pracovat s daty dostupnými pouze pro jediný rodičovský strom (SALVADOR, PATRICIO, 2014).

Rovnice pro half-sib model:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_1\mathbf{b} + \mathbf{Z}_2\mathbf{s} + \mathbf{e}$$

(\mathbf{y} – výsledný vektor, $\boldsymbol{\beta}$ – vektor pro fixní efekty, \mathbf{b} – vektor pro náhodné prostorové efekty, \mathbf{s} – vektor pro náhodné efekty křížení, \mathbf{e} – vektor pro náhodné reziduální efekty, \mathbf{X} a \mathbf{Z} - přiřazovací matice pro výpočty)

Heritabilita:

Pro zjištění jaká část variability znaku je podmíněna geneticky, což je důležité především pro budoucí odhady odezvy na selekci v daném šlechtitelském programu, byla stanovena heritabilita dle následujícího vzorce (SALVADOR, PATRICIO, 2014):

$$h^2 = \frac{V_g}{V_p}$$

Tento vzorec se využívá pro výpočet heritability v užším smyslu, tedy v čitateli nalezneme pouze aditivní genetický rozptyl, který je následně podělený celkovým fenotypovým rozptylem znaku v dané populaci.

BLUP:

Dále byly odhadnuty šlechtitelské hodnoty (breeding value = BLUP). Metoda BLUP (nejlepší lineární nezkreslené předpovědi) je predikována z náhodných vlivů z lineárních smíšených modelů. Rovnice pro výpočet šlechtitelských hodnot (SALVADOR, PATRICIO, 2014):

$$\hat{\mathbf{g}} = \hat{\mathbf{GZ}}' \hat{\mathbf{V}}^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})$$

($\hat{\mathbf{g}}$ – vektor pro předpovědi náhodných efektů, $\hat{\mathbf{GZ}}$ - kovarianční matice mezi pozorovanými a náhodnými efekty, $\hat{\mathbf{V}}$ – rozptylová/kovarianční matice pro pozorování, $(\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})$ – oprava individuálního pozorování za pomoci fixních efektů)

5. VÝSLEDKY

5.1. Popisná statistika

Tab č. 2 Průměrná data na celou plochu 1

Plocha 1	Výška (cm)	Tloušťka (mm)
Průměr	98,72	31,01
Směrodatná odchylka	13,57	4,65

Tab č. 3 Průměrná data na celou plochu 2

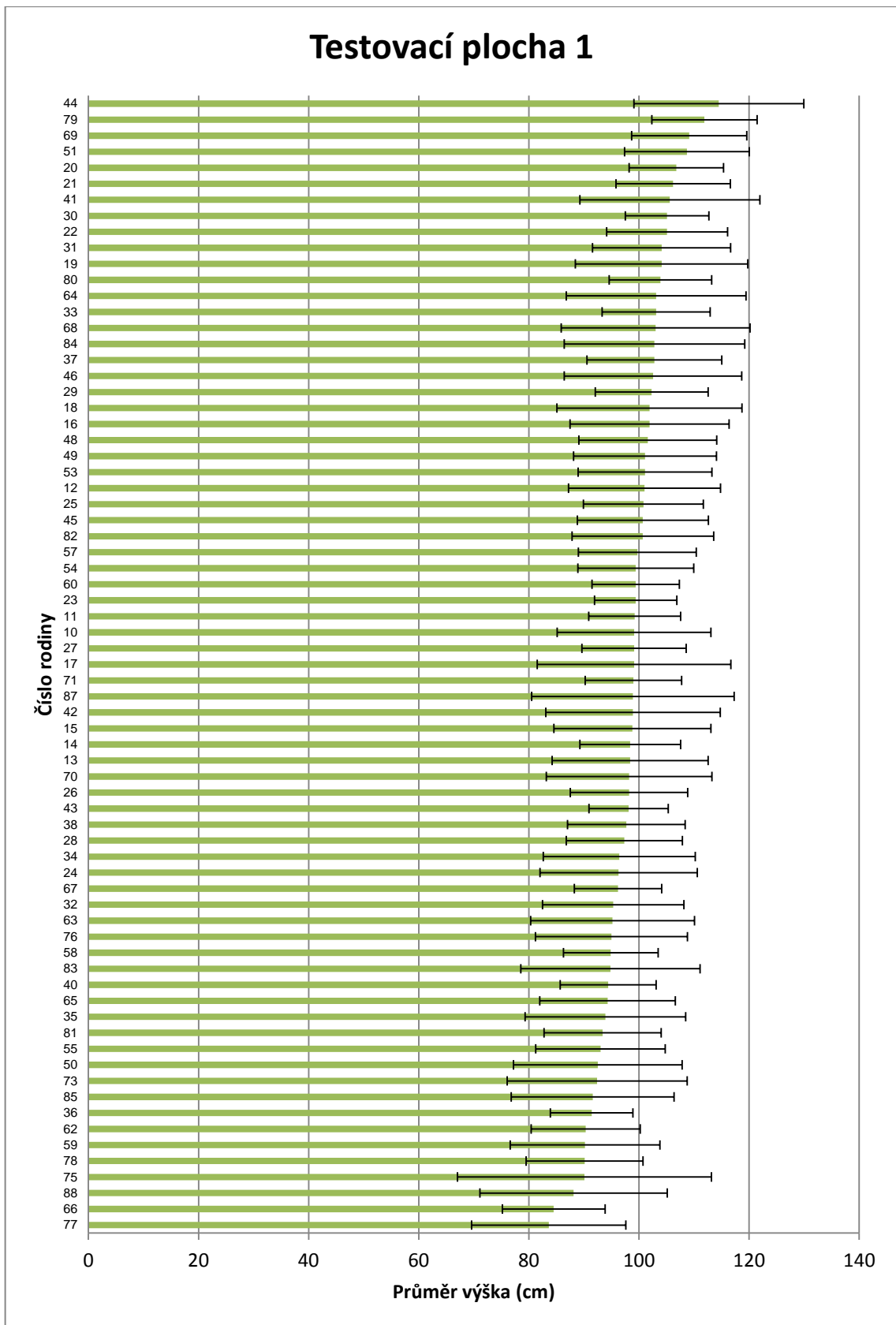
Plocha 2	Výška (cm)	Tloušťka (mm)
Průměr	70,33	22,21
Směrodatná odchylka	13,42	3,98

Tab č. 4 Průměrná data na celou plochu 3

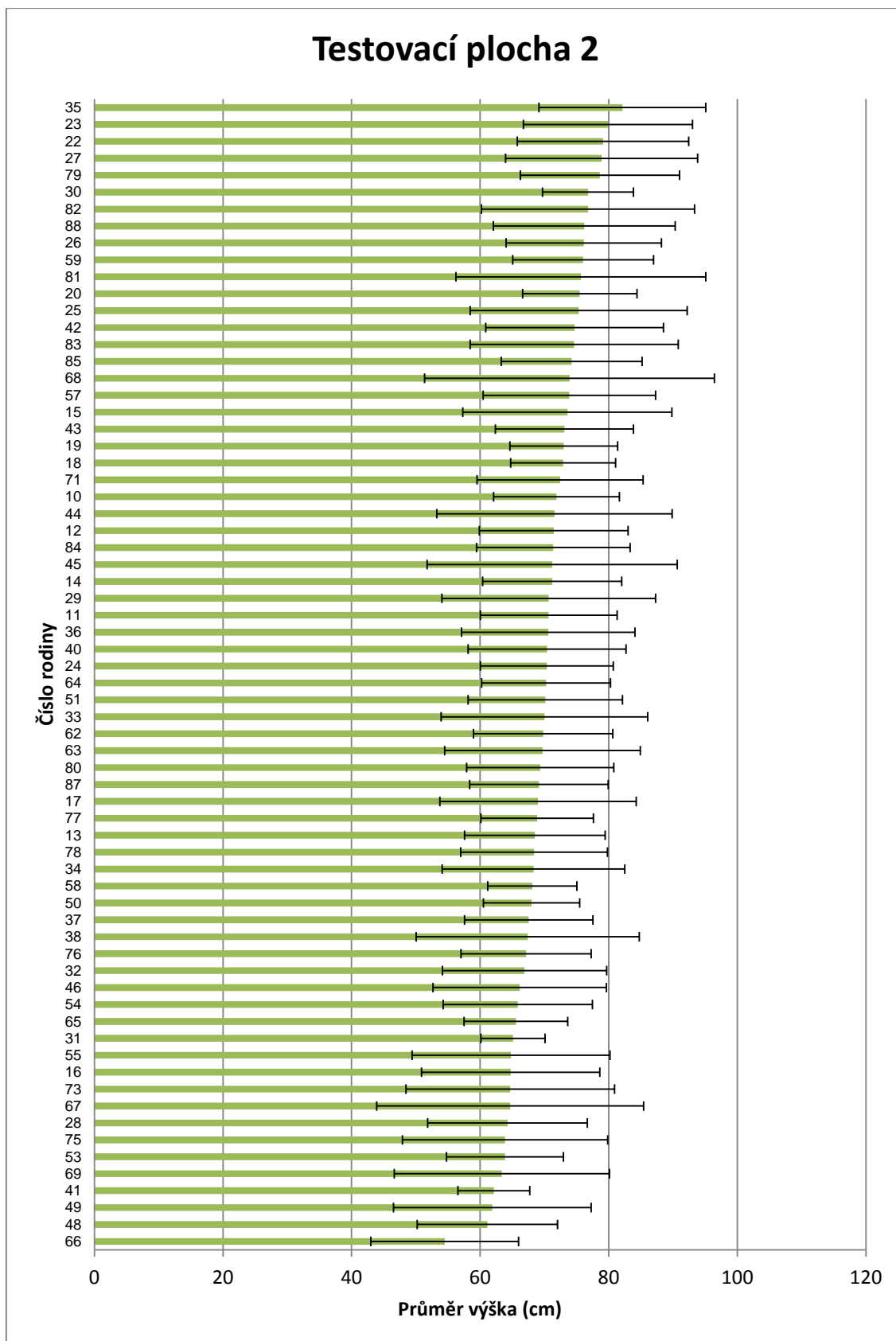
Plocha 3	Výška (cm)	Tloušťka (mm)
Průměr	96,91	25,14
Směrodatná odchylka	17,48	11,71

Z tabulek výše je patrné, že data z plochy 1 a 3 jsou si poměrně podobná. Druhá plocha se od nich rapidně odlišuje. Bude to nejspíše způsobeno místními podmínkami. Na první ploše oproti ostatním dosáhly stromy jak největší průměrné výšky (98,72 cm), tak i největší tloušťky kořenového krčku (přes 31 mm).

Stromy na ploše č. 3 mají nejvyšší směrodatnou odchylku pro výšku i tloušťku kořenového krčku a mají tedy nejvyšší tloušťkovou i výškovou diferenciaci.

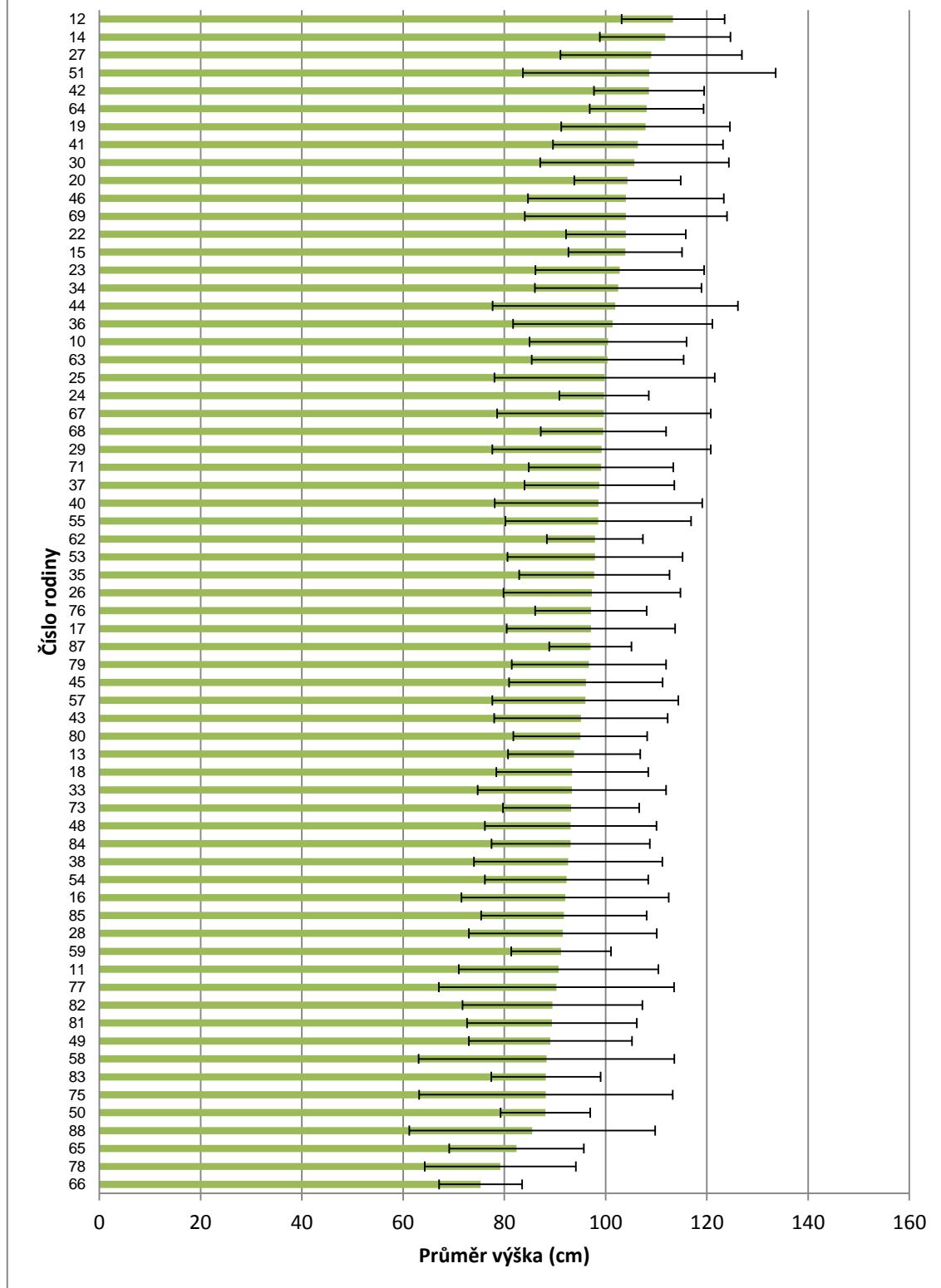


Graf č. 1 Průměrné hodnoty výšky stromů pro každou rodinu na ploše 1 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky)



Graf č. 2 Průměrné hodnoty výšky stromů pro každou rodinu na ploše 2 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky)

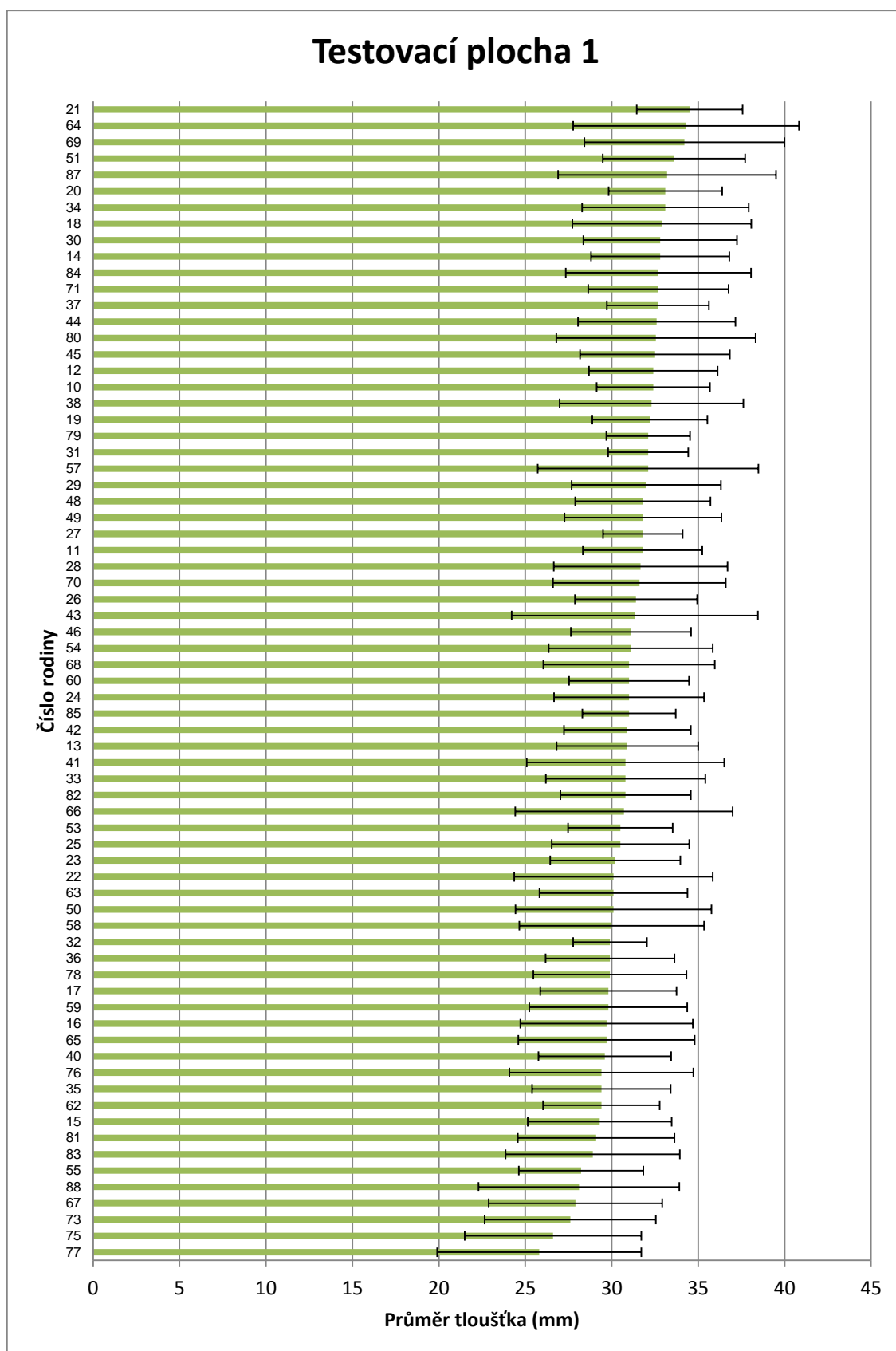
Testovací plocha 3



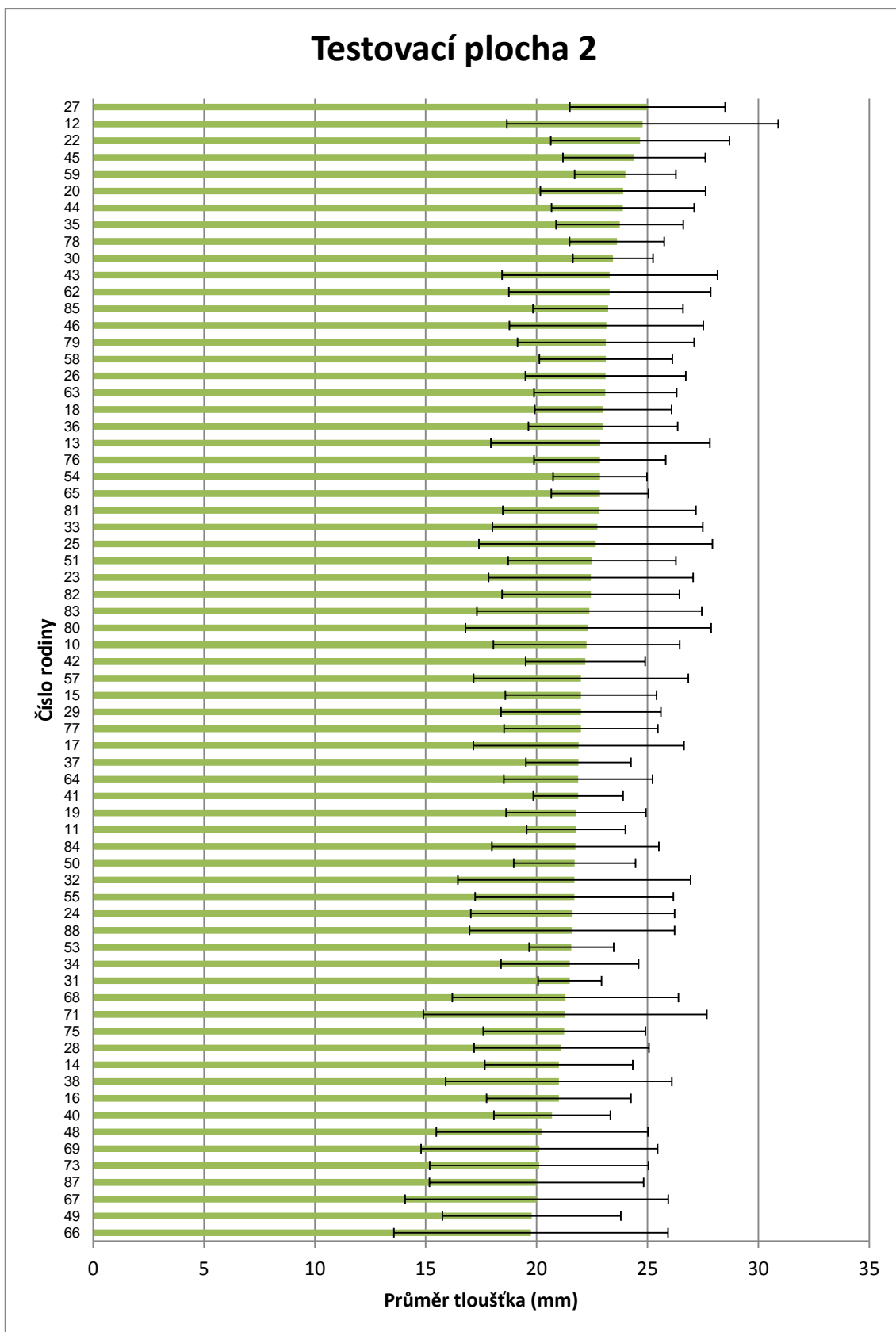
Graf č. 3 Průměrné hodnoty výšky stromů pro každou rodinu na ploše 3 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky)

V grafech výše vidíme průměrné hodnoty pro výšku sazenic seřazené vždy sestupně od nejvyšších hodnot k nejnižším. Pro každý sloupec v grafu je zobrazena směrodatná odchylka pro každou rodinu zvlášť.

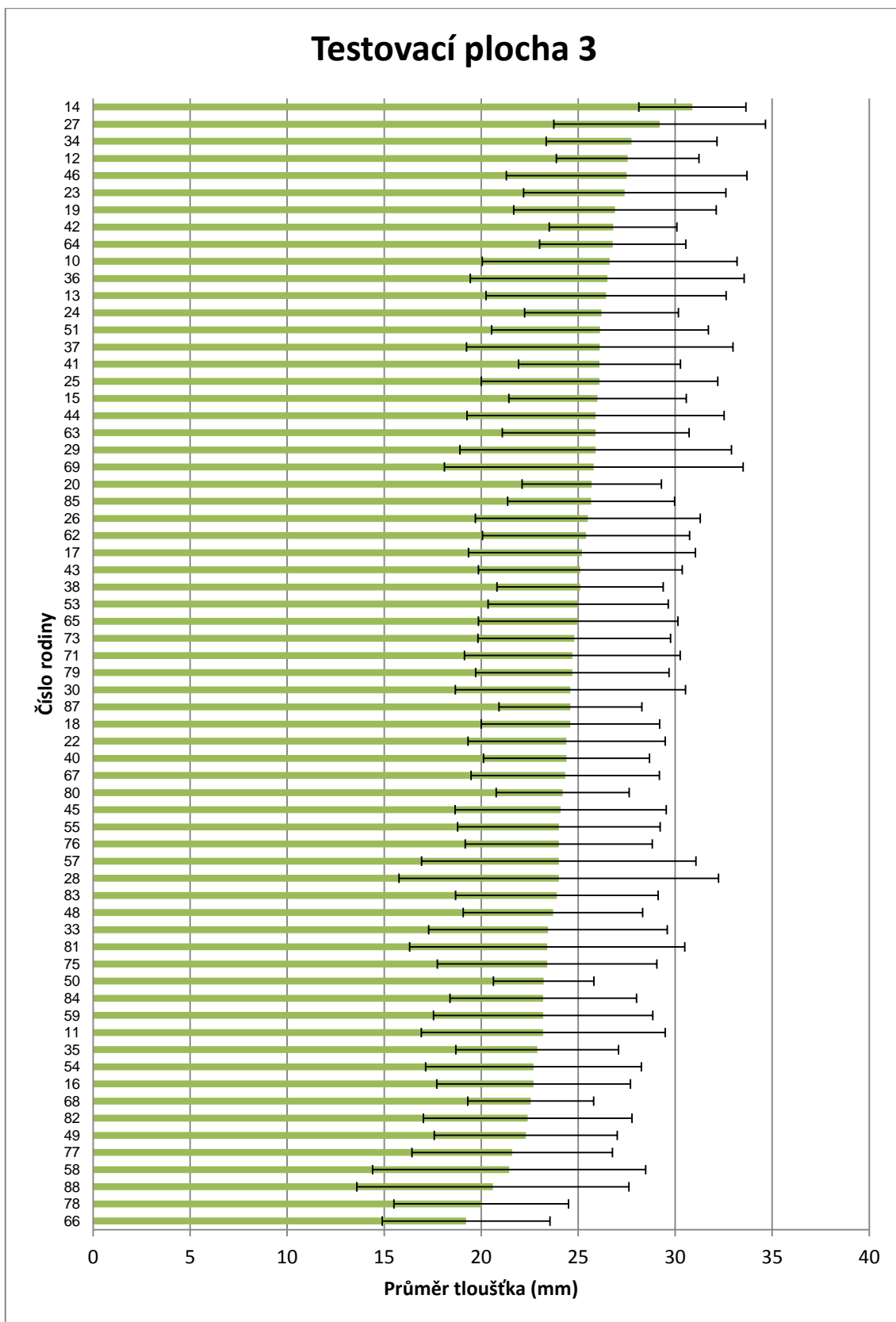
- Na první testovací ploše jasně dominují potomci rodičovského stromu č. 44 (průměrná výška 114,5 cm). Naopak nejnižších hodnot dosahuje rodina č. 77 (83,6 cm). Rozdíl mezi nejlepší a nejhorší rodinou je zde přes 30.
- Stromy na druhé testovací ploše dosahují celkově menších hodnot než první a poslední plocha. Jako nejvitálnější se zde jeví rodina č. 35 s průměrnou hodnotou 82,1 cm. Nejnižší hodnoty má rodina č. 66 (54,5 cm). Rozdíl mezi první a poslední hodnotou je zde ještě markantnější a to přes 32.
- Na třetí ploše má největší průměrné hodnoty rodina č. 12 (113,3 cm) a nejmenší opět rodina č. 66 (75,3 cm).



Graf č. 4 Průměrné hodnoty tloušťky kořenového krčku stromů pro každou rodinu na ploše 1 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky)



Graf č. 5 Průměrné hodnoty tloušťky kořenového krčku stromů pro každou rodinu na ploše 2 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky)



Graf č. 6 Průměrné hodnoty tloušťky kořenového krčku stromů pro každou rodinu na ploše 3 sestupně (včetně zobrazení směrodatné odchylky)

V grafech výše vidíme průměrné hodnoty pro tloušťku kořenového krčku sazenic řazených sestupně od nejvyšších hodnot k nejnižším. Pro každý sloupec v grafu je zobrazena směrodatná odchylka pro každou rodinu zvlášť. Rozdíl tlouštěk kořenového krčku není tak znatelný jako u výšek (pohybuje se v rozmezí max. 1 cm), přesto není zanedbatelný.

- Na první ploše dominuje rodina č. 21 s hodnotou 34,5 mm. Nejnižších tlouštěk dosahuje rodina č. 77 s průměrnou hodnotou 25,8 mm.
- Nejvyšší hodnoty na druhé ploše má rodina s číslem 27 (přesně 25 mm). Nejmenší hodnotu mají potomci rodičovského stromu č. 66 (19,75 mm).
- Nejvyšší průměrnou tloušťku na třetí ploše má rodina č. 14 (30,9 mm) a nejmenší rodina s číslem 66 (19,2 mm).

Tab č. 5 Mortalita od roku výsadby po rok měření

Mortalita od roku 2014 do 2016		
Plocha č.	Mrtvé ks.	Mortalita v %
1	11	1,5
2	99	13,9
3	24	3,4

V tabulce č. 5 vidíme mortalitu od roku výsadby 2014 do roku měření (2016). Uhynulých sazenic bylo nejvíce na testovací ploše č. 2 a to celkem 99. V prvním roce po výsadbě byla mortalita téměř 3x vyšší než ve druhém roce.

5.2. Vyhodnocení programem ASReml

5.2.1. Výška

```
C:\Users\lstiburek\Desktop\BO Jakub\data.txt !SKIP 1 !WORKSPACE 10000
!DOPATH 1 !MAXIT 200 !MVINCLUDE !CONTINUE

!path 1
H ~ mu site mv !r mom

!PIN !DEFINE
F addvar 1*4
F resvar1 2
F phenvar 1+2
H herit 3 4

!path 2
H ~ mu site mv !r mom
3 1 0
710 0 IDEN !S2=160
710 0 IDEN !S2=170
710 0 IDEN !S2=280
```

Obr. č. 5 Model A a model B pro výšku

Pro vyhodnocení výšky byly použity dva modely. Model A (**path 1**) a model B (**path 2**). Výška je v modelech definována velkým písmenem H.

a) Vyhodnocení pomocí modelu A

```

- - - Results from analysis of H - - -
Source           Model  terms      Gamma      Component    Comp/SE    % C
mom              71     71  0.718913E-01  14.9648      3.88      0 P
Variance        2130   1903  1.000000      208.158     30.28     0 P

Source of Variation      Wald F statistics
                          NumDF      F-inc
8 mu                     1          24876.84
2 site                   2           732.04

Solution      Standard Error    T-value    T-prev
2 site
2             -28.4053         0.815422   -34.84
3             -1.76536         0.799146   -2.21    31.91
8 mu
1             98.7010         0.713528   138.33
3 mom
9 mv_estimates          71 effects fitted
                          224 effects fitted
```

Obr. č. 6 Výsledky z modelu A pro výšku

Model A sjednotil a vyhodnotil data ze všech tří ploch dohromady (celkem tedy hodnotil 2130 stromů).

```

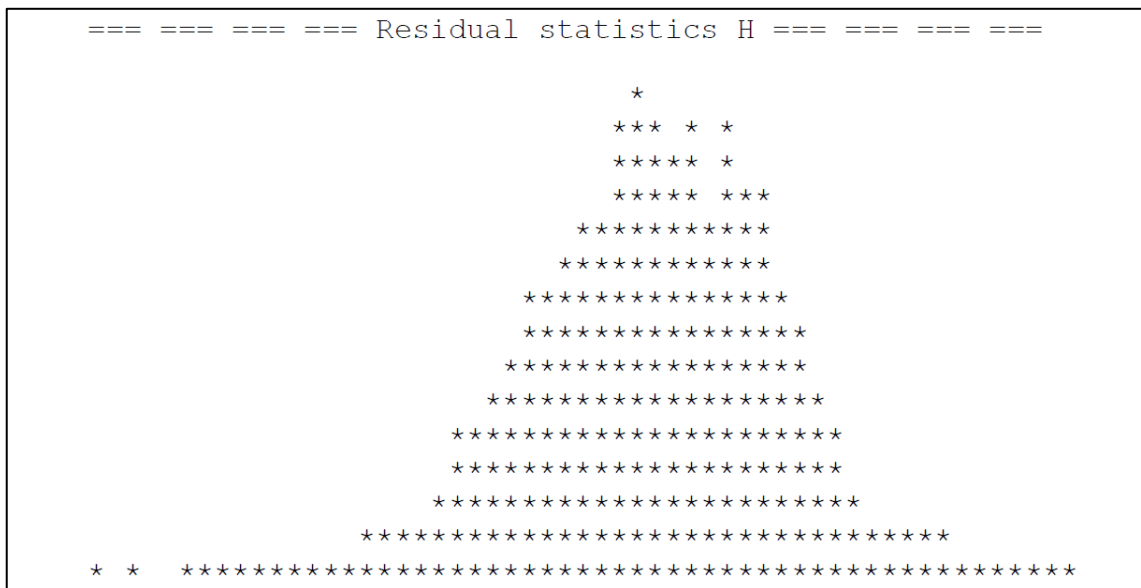
- - - Results from analysis of H - - -

1 mom                    14.9648
2 Variance               208.158
3 addvar 1              59.859    15.418
4 resvar1 2            208.16    6.8741
5 phenvar 1            223.12    7.6579
  herit      = addvar   3/resvar1  4=      0.2876    0.0753

```

Obr. č. 7 Heritabilita a chyba odhadu pro výšku

Pomocí komponent rozptylu a rodičovských stromů byla vyhodnocena heritabilita (v užším smyslu). Heritabilita pro výšku byla odhadnuta na 0,2876 se standardní chybou odhadu 0,0753 (viz tabulka výše).



Obr. č. 8 Rozložení reziduí pro výšku u modelu A

Z obrázku výše vidíme, že rozložení reziduí pro výšku má tvar normálního rozdělení, což je předpoklad pro další testování.

b) Vyhodnocení pomocí modelu B

```

- - - Results from analysis of H - - -
Source              Model  terms      Gamma      Component    Comp/SE    % C
Residual            2130  1903
mom                 71    71    13.1694     13.1694     3.78     0 P
Variance            0      0    169.716     169.716     18.16     0 P
Variance            0      0    175.435     175.435     16.60     0 P
Variance            0      0    282.803     282.803     17.41     0 P

Source of Variation      Wald F statistics
                          NumDF      F-inc
8 mu                      1          27031.98
2 site                    2           831.33

Solution      Standard Error    T-value    T-prev
2 site
2              -28.3914         0.743215   -38.20
3              -1.77168         0.837183   -2.12    30.57
8 mu
1      98.7050         0.654769    150.75
3 mom
9 mv_estimates
                          71 effects fitted
                          224 effects fitted

```

Obr. č. 9 Výsledky z modelu B pro výšku

Model B hodnotil data s ohledem na stanoviště, vyhodnocení tedy proběhlo pro každou plochu zvlášť. V tabulce výše vidíme komponenty rozptylu pro každou plochu zvlášť (včetně standardní chyby odhadu). Model B vyhodnotil rozložení reziduí pro každou plochu (section 1-3) zvlášť a opět je možné vidět, že každý graf má tvar normálního rozdělení (viz příloha č. 8).

5.2.2. Tloušťka kořenového krčku

```

C:\Users\lstiburek\Desktop\BO Jakub\data.txt !SKIP 1 !WORKSPACE 10000
!DOPATH 1 !MAXIT 200 !MVINCLUDE !CONTINUE

!path 1
diam ~ mu site mv !r mom

!PIN !DEFINE
F addvar 1*4
F resvar1 2
F phenvar 1+2
H herit 3 4

!path 2
diam ~ mu site mv !r mom
3 1 0
710 0 IDEN !S2=160
710 0 IDEN !S2=170
710 0 IDEN !S2=280

```

Obr. č. 10 Model A a model B pro tloušťku

Pro vyhodnocení tloušťky byly použity stejné dva modely, jako pro výšku Model A (path 1) a model B (path 2). Tloušťka kořenového krčku je v modelech definována jako „diam“.

a) Vyhodnocení pomocí modelu A

```

- - - Results from analysis of diam - - -
Source              Model terms      Gamma      Component      Comp/SE      % C
mom                 71      71      0.321224E-01  0.698774      2.72      0 P
Variance            2130    1903    1.000000      21.7535      30.28     0 P

      Source of Variation      Wald F statistics
      NumDF      F-inc
8 mu      1      32316.18
2 site    2      607.12

      Solution      Standard Error      T-value      T-prev
2 site
2      -8.78823      0.263043      -33.41
3      -6.25663      0.257603      -24.29      9.40
8 mu
1      31.0056      0.202522      153.10
3 mom
71 effects fitted
9 mv_estimates
224 effects fitted

```

Obr. č. 11 Výsledky model A pro tloušťku

```

- - - Results from analysis of diam - - -
1 mom      0.698774
2 Variance 21.7535
3 addvar 1      2.7951      1.0264
4 resvar1 2      21.753      0.71836
5 phenvar 1      22.452      0.73751
herit      = addvar 3/resvar1 4=      0.1285      0.0478

```

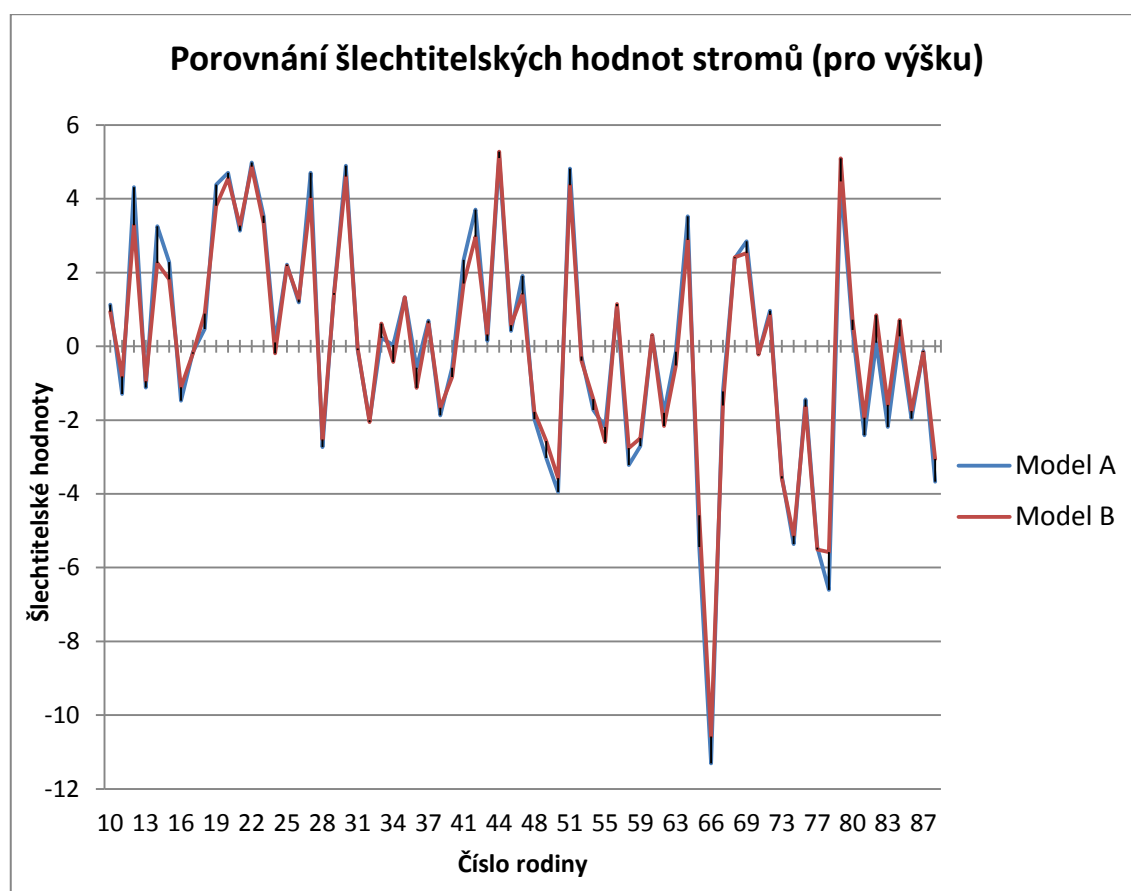
Obr. č. 12 Heritabilita a chyba odhadu pro tloušťku

V tabulkách výše vidíme opět vypočítané komponenty rozptylu se standardní chybou odhadu a z toho odhadnuta heritabilita, která vyšla pro tloušťku 0,1285 s chybou odhadu 0,0478.

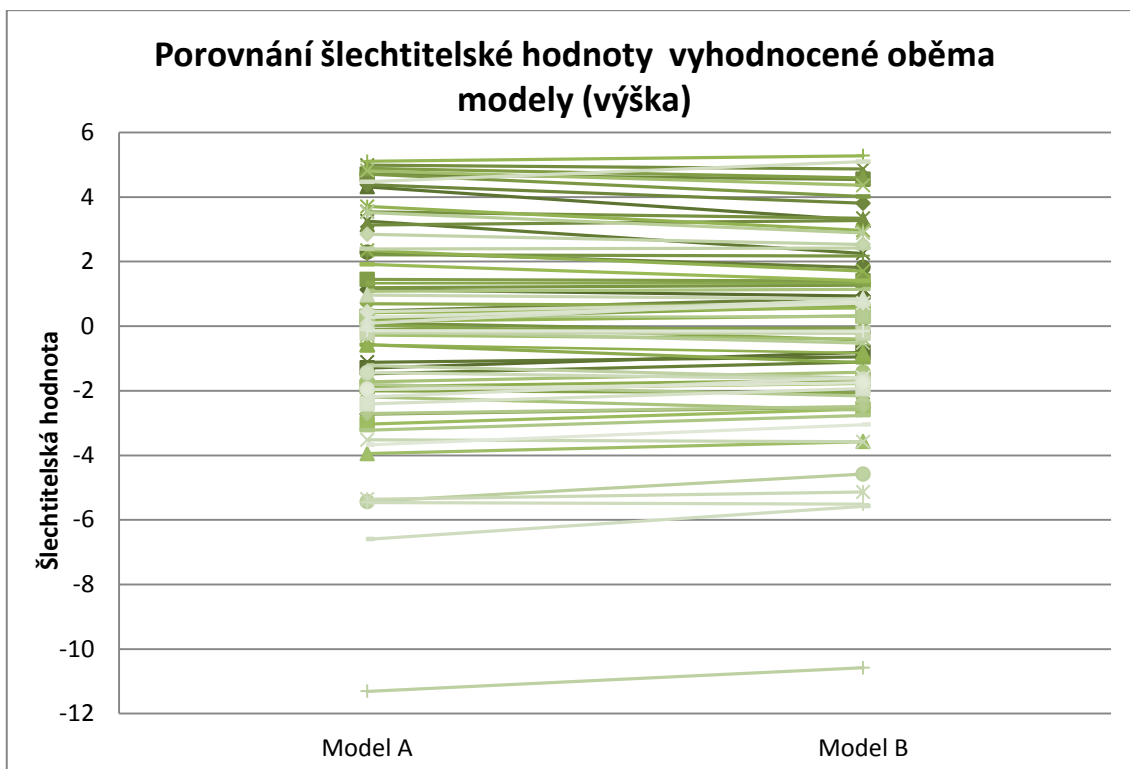
V tabulce výše vidíme vypočítaná data pro tloušťku, stejně jako tomu bylo u výšky. Rozložení reziduí pro tloušťku má také charakter normálního rozdělení (viz příloha č. 9).

5.2.3. Šlechtitelské hodnoty

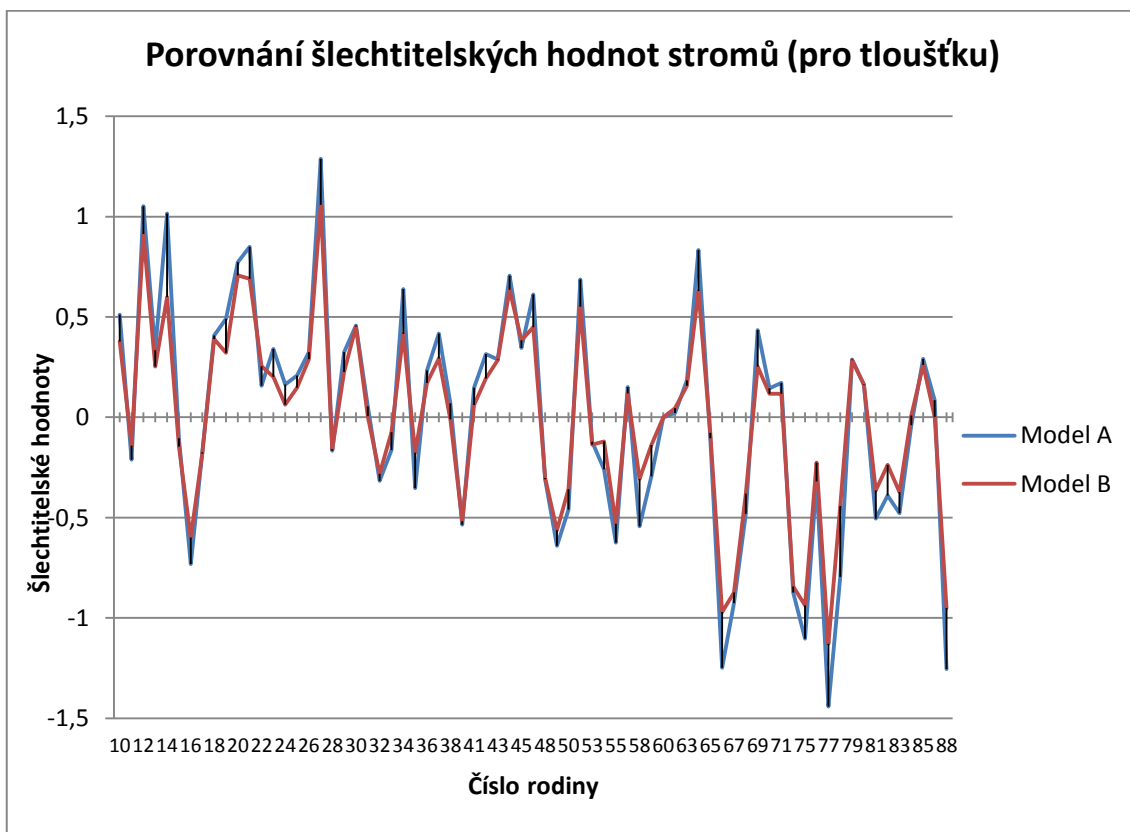
Pomocí obou modelů byly odhadnuty šlechtitelské hodnoty každé rodiny pro všechny plochy dohromady. V grafech č. 7 a 8 níže je možné vidět porovnání šlechtitelských hodnot vyhodnocených modelem A a modelem B.



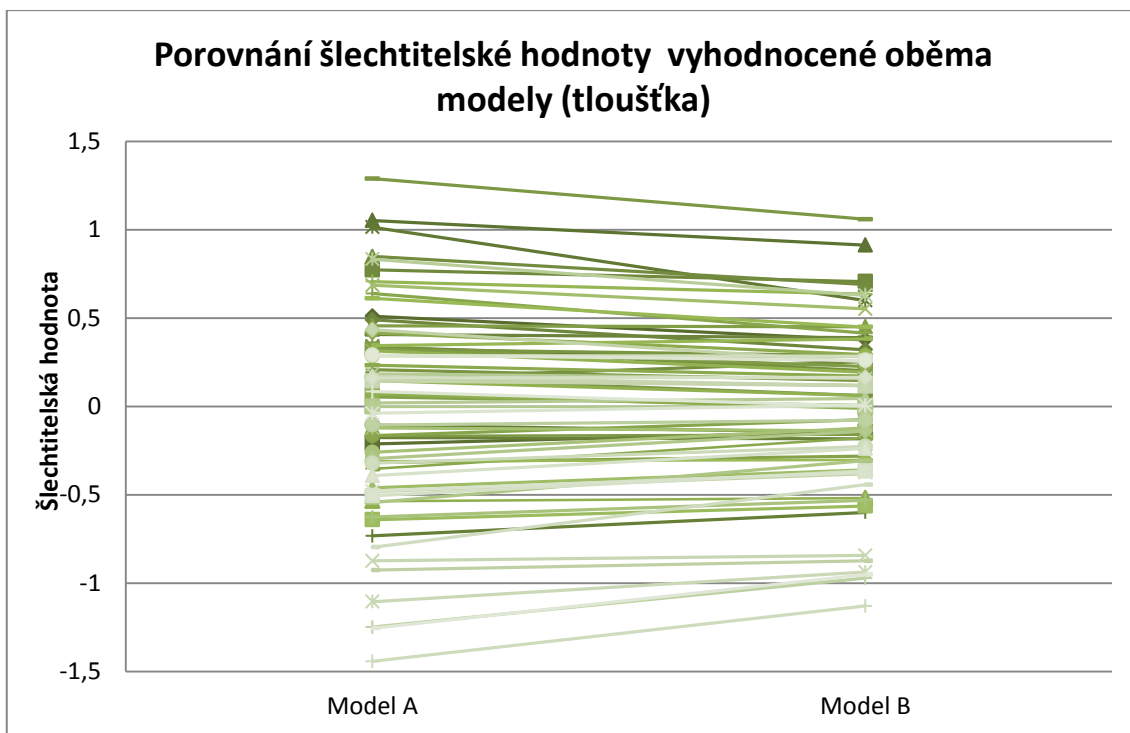
Graf č. 7 Srovnání šlechtitelských hodnot pro výšku



Graf č. 8 Porovnání posunu šlechtitelské hodnoty odhadnuté oběma modely (výška)

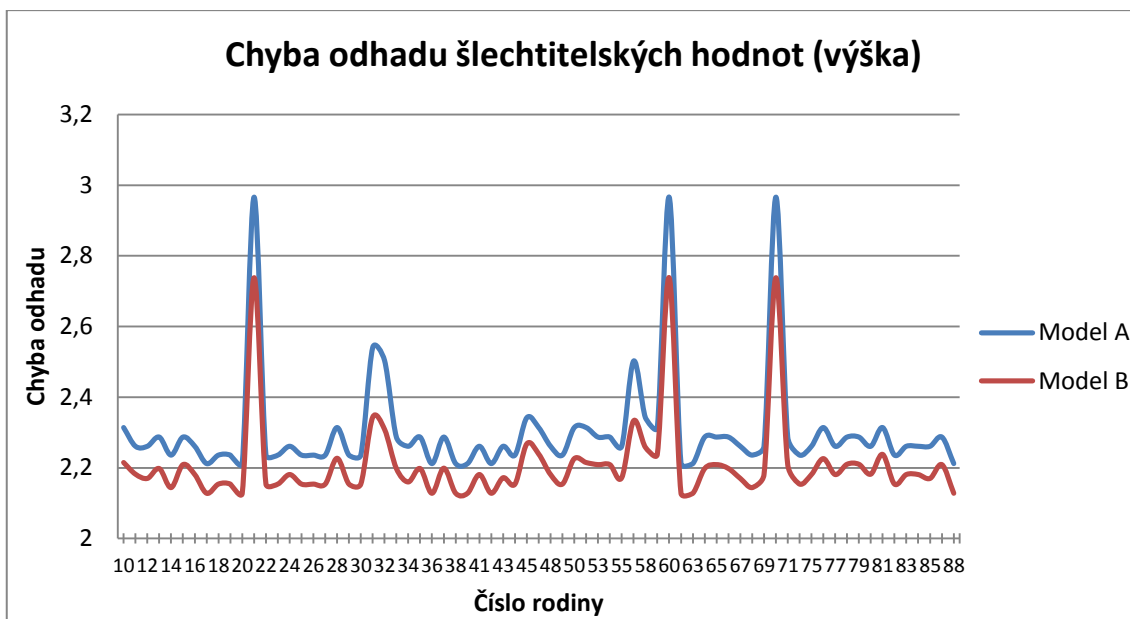


Graf č. 9 Srovnání šlechtitelských hodnot pro tloušťku

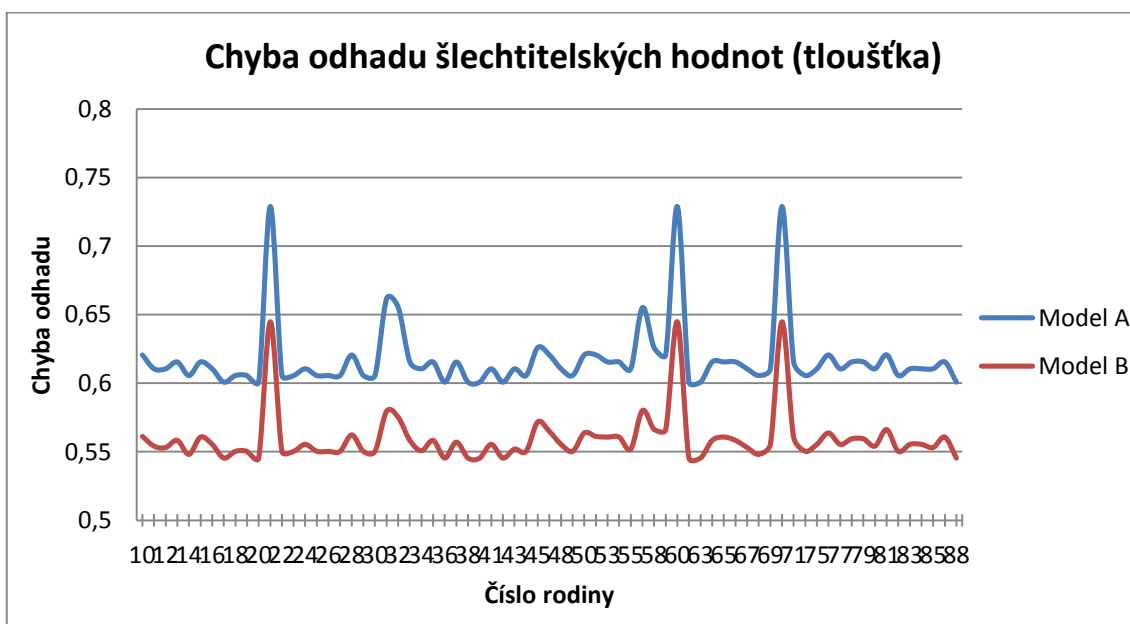


Graf č. 10 Porovnání posunu šlechtitelské hodnoty odhadnuté oběma modely (tloušťka)

Z grafů č. 7 a 9 je patrné, že křivka modelu A kopíruje model B poměrně přesně. V grafech č. 8 a 10 vidíme trend posunu šlechtitelských hodnot vyhodnocených modelem A a modelem B. Krajní hodnoty jsou u modelu B posunuty blíže k nule v porovnání s modelem A.



Graf č. 11 Srovnání chyby při odhadu šlechtitelských hodnot pro výšku



Graf č. 12 Srovnání chyby při odhadu šlechtitelských hodnot pro tloušťku

V grafech č. 9 a 10 vidíme porovnání chyb odhadu při vyhodnocení šlechtitelských hodnot modelem A s modelem B.

Tab č. 6 Souhrn šlechtitelských hodnot vyhodnocených pro výšku i tloušťku oběma modely

ID rodič. Stromu	Model A				Model B			
	Výška		Tloušťka		Výška		Tloušťka	
	šl. hodnota	chyba	šl. hodnota	chyba	šl. hodnota	chyba	šl. hodnota	chyba
10	1,131	2,314	0,5113	0,6206	0,9359	2,215	0,3771	0,5612
11	-1,296	2,261	-0,2113	0,6105	-0,8109	2,182	-0,1408	0,5541
12	4,317	2,261	1,053	0,6105	3,281	2,17	0,9139	0,5531
13	-1,119	2,287	0,3348	0,6155	-0,9473	2,198	0,2532	0,5583
14	3,254	2,236	1,015	0,6056	2,257	2,144	0,5997	0,5481
15	2,287	2,287	-0,1044	0,6155	1,818	2,209	-0,1468	0,5607
16	-1,473	2,261	-0,732	0,6105	-1,112	2,181	-0,5989	0,5554
17	-0,1668	2,212	-0,1754	0,6008	-0,2012	2,128	-0,1819	0,5454
18	0,4654	2,236	0,4074	0,6056	0,8822	2,154	0,3895	0,5503
19	4,381	2,236	0,4905	0,6056	3,808	2,154	0,3213	0,5503
20	4,707	2,212	0,7734	0,6008	4,546	2,128	0,7068	0,5454
21	3,136	2,966	0,8495	0,7289	3,274	2,738	0,6903	0,6448
22	4,987	2,236	0,1579	0,6056	4,866	2,154	0,2545	0,5503
23	3,542	2,236	0,3408	0,6056	3,339	2,154	0,2025	0,5503
24	0,1018	2,261	0,1643	0,6105	-0,1903	2,181	0,06258	0,5554
25	2,213	2,236	0,2078	0,6056	2,177	2,154	0,1469	0,5503
26	1,188	2,236	0,3242	0,6056	1,267	2,154	0,2888	0,5503
27	4,707	2,236	1,289	0,6056	4,017	2,154	1,059	0,5503
28	-2,734	2,314	-0,1668	0,6206	-2,521	2,227	-0,1594	0,5623
29	1,444	2,236	0,3242	0,6056	1,4	2,154	0,2258	0,5503
30	4,893	2,236	0,4572	0,6056	4,597	2,154	0,4516	0,5503
31	-0,09927	2,54	0,05535	0,6617	-0,05652	2,343	0,005503	0,5795
32	-2,004	2,504	-0,3174	0,6554	-2,06	2,309	-0,2813	0,5751
33	0,2249	2,287	-0,164	0,6155	0,6128	2,198	-0,07354	0,5583
34	0,03691	2,261	0,6388	0,6105	-0,423	2,16	0,4155	0,5508
35	1,325	2,287	-0,3533	0,6155	1,33	2,198	-0,1766	0,5583
36	-0,5767	2,212	0,2336	0,6008	-1,127	2,128	0,172	0,5454
37	0,6993	2,287	0,4172	0,6155	0,6279	2,199	0,2934	0,557
38	-1,875	2,212	0,07	0,6008	-1,666	2,128	-0,01008	0,5454
40	-0,5767	2,212	-0,5352	0,6008	-0,8353	2,128	-0,517	0,5454
41	2,345	2,261	0,1474	0,6105	1,703	2,181	0,06162	0,5554
42	3,705	2,212	0,3154	0,6008	2,966	2,128	0,1935	0,5454
43	0,1506	2,261	0,2881	0,6105	0,3184	2,172	0,2846	0,5519
44	5,103	2,236	0,7067	0,6056	5,281	2,154	0,6359	0,5503
45	0,4152	2,342	0,345	0,626	0,5704	2,268	0,383	0,5718
46	1,911	2,314	0,6115	0,6206	1,408	2,239	0,4499	0,5648
48	-1,974	2,261	-0,3092	0,6105	-1,779	2,181	-0,3025	0,5554
49	-3,03	2,236	-0,6403	0,6056	-2,564	2,154	-0,5625	0,5503

50	-3,946	2,314	-0,4606	0,6206	-3,576	2,226	-0,3583	0,5637
51	4,814	2,314	0,6863	0,6206	4,364	2,215	0,5517	0,5612
53	-0,2796	2,287	-0,1216	0,6155	-0,3918	2,209	-0,1372	0,5607
54	-1,722	2,287	-0,2592	0,6155	-1,431	2,209	-0,1208	0,5607
55	-2,188	2,261	-0,6251	0,6105	-2,595	2,172	-0,5305	0,5519
57	1,084	2,502	0,1507	0,6551	1,143	2,333	0,1196	0,5801
58	-3,223	2,342	-0,5438	0,6259	-2,763	2,258	-0,3066	0,5664
59	-2,71	2,314	-0,2949	0,6207	-2,492	2,238	-0,1388	0,5662
60	0,2923	2,966	-0,00137	0,7289	0,3036	2,738	-0,001301	0,6448
62	-1,807	2,212	0,02093	0,6008	-2,158	2,128	0,04468	0,5454
63	-0,144	2,212	0,1845	0,6008	-0,5233	2,128	0,157	0,5454
64	3,525	2,287	0,8336	0,6155	2,882	2,198	0,6291	0,5583
65	-5,437	2,287	-0,1044	0,6155	-4,581	2,209	-0,07758	0,5607
66	-11,31	2,287	-1,248	0,6155	-10,58	2,198	-0,9714	0,5583
67	-1,219	2,261	-0,9259	0,6105	-1,607	2,17	-0,8729	0,5531
68	2,391	2,236	-0,4818	0,6056	2,418	2,144	-0,3799	0,5481
69	2,846	2,261	0,4348	0,6105	2,53	2,181	0,2526	0,5554
70	-0,2095	2,966	0,1445	0,7289	-0,2206	2,738	0,1173	0,6448
71	0,9671	2,287	0,1708	0,6155	0,8489	2,209	0,1172	0,5607
73	-3,52	2,236	-0,8731	0,6056	-3,581	2,154	-0,8428	0,5503
75	-5,362	2,261	-1,104	0,6105	-5,14	2,181	-0,9367	0,5554
76	-1,441	2,314	-0,3206	0,6206	-1,642	2,226	-0,2257	0,5637
77	-5,458	2,261	-1,442	0,6105	-5,514	2,181	-1,129	0,5554
78	-6,601	2,287	-0,7961	0,6155	-5,579	2,21	-0,4424	0,5594
79	4,472	2,287	0,2876	0,6155	5,096	2,21	0,2852	0,5594
80	0,4455	2,261	0,1607	0,6105	0,7246	2,182	0,1641	0,5541
81	-2,409	2,314	-0,505	0,6207	-1,936	2,238	-0,3642	0,5662
82	0,09255	2,236	-0,3908	0,6056	0,8411	2,154	-0,2371	0,5503
83	-2,189	2,261	-0,4783	0,6105	-1,586	2,181	-0,373	0,5554
84	0,2688	2,261	-0,03865	0,6105	0,7142	2,181	0,008388	0,5554
85	-1,959	2,261	0,2916	0,6105	-1,753	2,17	0,2613	0,5531
87	-0,1329	2,287	0,08483	0,6155	-0,1564	2,209	0,002122	0,5607
88	-3,674	2,212	-1,255	0,6008	-3,052	2,128	-0,9507	0,5454

V tabulce č. 5 jsou seřazeny všechny vyhodnocené šlechtitelské hodnoty (včetně chyby odhadu) podle ID rodičovského stromu. Jsou zde hodnoty z obou modelů pro oba hodnocené parametry. Nejvyšší šlechtitelskou hodnotu pro výšku má rodina č. 44 a to 5,1, naopak nejnižších hodnot dosahuje rodina č. 66 a to -11,31. Nejlepší hodnoty pro tloušťku dosahuje rodina č. 27: 1,29 a nejnižší potom rodina č. 77: -1,44.

6. DISKUZE

Průměrná výška stromů dosahuje na první a třetí ploše velice podobných hodnot (přes 90 cm). Průměrná výška stromů je na druhé ploše pouze 70,3 cm. První plocha vykazuje i nejlepší tloušťkový přírůst, který tady dosahuje 31,0 mm. Průměrné hodnoty pro směrodatnou odchylku jsou poměrně vyrovnané. Jediný výrazný výkyv je u plochy č. 3. Směrodatná odchylka 17,4 cm pro parametr výška nám říká, že tato plocha je nejvíce výškově diferencovaná ze všech (viz tabulky č. 2-4).

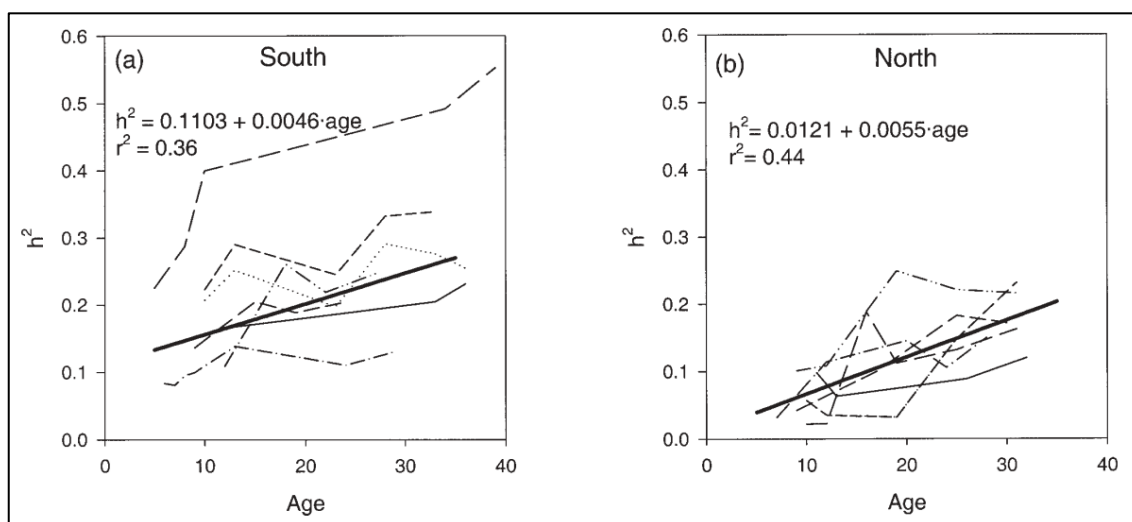
Z výsledků výše lze vyvodit, že podmínky pro růst sazenic na testovacích plochách nebyly stejné. Může to být ovlivněno expozicí plochy, poměrem živin v půdě, také obsahem vody v půdě apod. (těchto negativních vlivů může být celá řada). Tyto dílčí statistické výsledky vedou k závěru, že druhá plocha měla horší podmínky k růstu. Toto tvrzení potvrzuje i fakt, že na druhé ploše je největší mortalita sazenic a to 13,9 %. Mortalita na první ploše je pouhých 1,5 % a na třetí 3,4 %.

V grafech č. 1 – 6 jsou seřazeny průměrné hodnoty měřených veličin na testovacích plochách seřazených od nejvyšší po nejnižší. Zajímavých hodnot dosahuje například rodina č. 66. Na všech testovacích plochách má prakticky nejnižší průměrné výšky ze všech, což nám již něco vypovídá o kvalitě potomků tohoto rodičovského stromu. Z grafů 4 – 6 je patrné, že zajímavých hodnot co se týče tloušťky kořenového krčku, dosahuje opět rodina č. 66 stejně, jako tomu bylo u výšky. Na první ploše jsou hodnoty přibližně průměrné, nicméně na druhé i třetí ploše dosahují opět nejmenších hodnot. Pro tuto rodinu byly také odhadnuty velice nízké šlechtitelské hodnoty (téměř -12), což potvrzuje domněnku z výsledků popisné statistiky, že potomci tohoto rodičovského stromu jsou nejméně vitální ze všech.

Výška:

Komponenta pro rodičovské stromy byla stanovena modelem A na 14,96 se standardní chybou (dále jen SE) 3,88 a modelem B na 13,17 (SE:3,78).

Komponentu rozptylu vyhodnotil model A pro všechny plochy dohromady a model B pro každou plochu zvlášť. Porovnání komponent rodičovských stromů z modelu A a B se moc neliší. Komponenty rozptylu vypočítané z modelu A a z modelu B mají daleko větší rozdíly. Diferenciace komponent rozptylu je způsobená zejména tím, že model B hodnotil každou plochu odděleně na rozdíl od modelu A (konkrétní hodnoty viz obr. č. 7 – 8). Pomocí modelu A byla odhadnuta heritabilita s příslušnou chybou odhadu. $h^2 = 0,2876$ (SE: 0,0753). Heritabilita pro výšku byla odhadnuta téměř dvojnásobně větší, než pro tloušťku. Z tohoto tvrzení lze vyvodit, že výška je geneticky podmíněna více než tloušťka.



Obr. č. 15 Závislost heritability na věku pro jižně položený (South) a severně položený (North) experiment (GUNNAR et al., 2003)

Gunnar et al. (2003) ve svém výzkumu zjišťoval mimo jiné heritabilitu pro výšku. Od 5 do 39 let stáří stromů bylo provedeno celkem 4-6 měření. Průměrná heritabilita byla stanovena na $h^2 = 0,16$ a měla růstovou tendenci v závislosti na stáří stromů. Z obrázku č. 15 je patrné, že heritabilita stoupá postupně s rostoucím věkem a může se velice lišit podle stanoviště. Hannrup et al. (1998) se ve svém výzkumu zabýval také odhadem heritability pro celkovou výšku v porostu starém 32 let (zkoumaná dřevina byla také borovice lesní). Heritabilita pro výšku byla vyhodnocena na 0,32 (SE: 0,10).

Oba autoři (viz odstavec výše) prováděli testy potomstev sice na stejné dřevině, nicméně věk stromů byl naprosto odlišný od věku na testovacích plochách, kterými se zabývá tato práce. Výzkum, který by se zabýval testy potomstev na takto mladé výsadbě, bohužel nebyl dohledán.

Tloušťka kořenového krčku:

Komponenty rodičovských stromů opět vyšly odlišně pro model A a model B. Komponenty rozptylu u modelu A a modelu B dosahují také jiných hodnot, což je opět způsobeno typem modelu (konkrétní hodnoty viz obr. č. 12 – 13). Model A vyhodnotil heritabilitu včetně chyby odhadu i pro tloušťku kořenového krčku. $h^2 = 0,1285$ (SE: 0,0478)

Šlechtitelské hodnoty:

Pomocí modelu A a B byly stanoveny šlechtitelské hodnoty pro každou rodinu na plochách. Vyhodnocené šlechtitelské hodnoty jsou pouze relativní čísla vyjadřující pořadí odchylek od průměru (od nejlepší po nejhorší), nejsou tedy vztaheny přímo ke znaku (výška, tloušťka). V grafech č. 7 – 8 jsou vyneseny odhadnuté šlechtitelské hodnoty modelem A v porovnání s modelem B. Z grafů je patrné, že výsledky z modelů jsou si velice podobné. U grafu č. 8 je u několika rodin patrná odchylka.

Z grafů č. 7 a 9 je znatelné, že křivky modelů korelují více u výšky. U šlechtitelských hodnot pro tloušťku jsou patrné větší rozdíly v obou modelech. Šlechtitelské hodnoty pro výšku nabývají hodnot cca od + 5 až do – 11, což je poměrně markantní rozdíl. U tloušťky je to velmi podobné, hodnoty oscilují mezi – 1,5 a + 1,5. Grafy č. 8 a 10 také znázorňují porovnání šlechtitelských hodnot vyhodnocených modelem A a B. Při jejich porovnání vidíme, že u modelu B je rozptyl šlechtitelských hodnot menší než u modelu A.

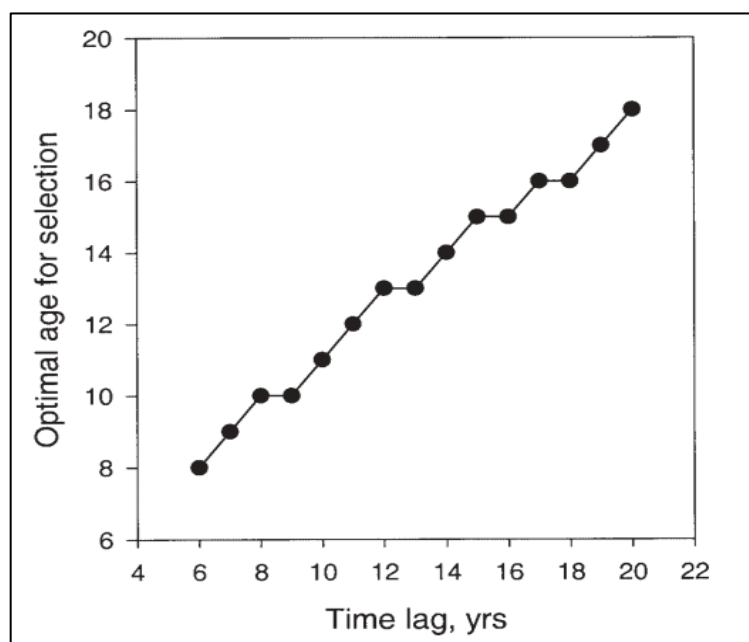
Model B počítal komponenty rozptylu pro každou plochu zvlášť a následně sjednotil tyto výsledky pro výpočet šlechtitelských hodnot. Výsledné hodnoty by tedy měly být o něco přesnější než z modelu A. Tuto domněnku potvrzují i hodnoty chyb odhadů. Z grafů č. 11 a 12 je patrné, že chyby odhadu

u modelu B jsou znatelně nižší. Spodní křivka poměrně přesně kopíruje křivku horní, nicméně pro oba parametry jsou hodnoty u modelu B nižší. Z tohoto tvrzení lze vyvodit, že šlechtitelské hodnoty vypočítané modelem B jsou přesnější.

Optimální věk pro testy potomstev:

Od roku 2012 do roku 2014 probíhalo vypěstování semenáčků ze semen sbíraných v roce 2011. Po přeškolování byly v roce 2014 sazenice vysázeny na testovací plochy. Z předchozí věty je patrné, že sazenice na testovacích plochách jsou v době měření (2016) 4 roky staré.

Testování potomstev tedy probíhalo u sazenic starých 4 roky, což vede k otázce, zdali měření nebylo příliš předčasné a je tedy možné výsledky brát jako relevantní.



Obr. č. 16 Optimální věk pro testy potomstev s časovými prodlevami mezi měřeními (GUNNAR et al., 2003).

Optimální věk pro testování potomstev je u borovice lesní (*Pinus sylvestris*) se podle dostupných pramenů nachází mezi 10 – 15 rokem. V tomto věku mají stromy střední porostní výšku již mezi 3 až 5 metry. Postupné měření pro účely testů by mělo probíhat v časové prodlevě 1 – 2 let (viz graf č. 9).

Optimální věk může stoupat s růstem nadmořské výšky stanoviště. Na výše situovaných stanovištích se také prodlužuje časová prodleva mezi postupnými měřeními. Tento výzkum probíhal ve Švédsku v roce 2002 (GUNNAR et al., 2003). Haapanen (2001) z Finska ve svém výzkumu zjistil, že při jeho časných testech začaly výsledky částečně korelovat již ve věku 5 – 7 let. Nicméně optimální věk pro testování potomstev v rámci rodin byl zpozorován až v pozdějším věku od 8 do 16 let. Jeho výzkum probíhal na potomstvech borovice lesní ve Finsku ve věku od 5 do 18 let. Jansson et al. (2003) ve své studii zjišťovali také optimální věk pro testy potomstev a rodičovský výběr. Data pro výzkum byla použita z celkem 13 testování potomstev po celém severním Švédsku. Věk porostů se pohyboval od 5 do 39 let (testování na porostech probíhalo v různém stáří). Účinnost rodičovské selekce na základě testů potomstev dosáhla vrcholu ve stáří porostu 11 let.

Při zohlednění výsledků všech autorů v odstavci výše, je zcela evidentní, že optimální věk pro testy potomstev (u borovice lesní) se pohybuje přibližně od 9 do 12 let, což je věk podstatně vyšší, než aktuální věk sazenic (4 roky) na testovacích plochách zkoumaných v této práci.

McKeand (1988) zjišťoval v Severní Americe, jak se chová při testech potomstev borovice kadidlová (*Pinus taeda*). Tato borovice má mnohem nižší optimální věk pro testování, než kterákoliv jiná. Bylo zjištěno biologické optimum věku pro testy potomstev, které se pohybuje od 3 do 10 let. Vyšší přírůstová hodnota v mladém věku postupně snížila optimální věk dokonce pod 4 roky.

7. ZÁVĚR

Tématem této práce bylo získat informace o mortalitě, růstu a postupném vývoji potomstev pocházejících ze semen získaných od vybraných rodičovských stromů z různých polesí a porostů spadajících pod divizi Mimoň (VLS ČR s.p.). Měření bylo provedeno na třech testovacích plochách. Získaná data byla statisticky vyhodnocena programem ASReml. Pro zpřesnění výsledků byly použity dva modely. Na ploše č. 2 byly vyhodnoceny nejhorsí podmínky k růstu, s ohledem na výškové a tloušťkové parametry stromů (včetně zohlednění mortality).

Pomocí programu ASReml byla odhadnuta heritabilita potomstva a dále šlechtitelské hodnoty pro skupiny vysázených sazenic pocházejících z téhož rodičovského stromu. Heritabilita pro výšku byla vyhodnocena cca dvakrát vyšší, než pro tloušťku. Z tohoto výsledku lze vyvodit, že výška je geneticky podmíněna více než tloušťka. Ovšem tento závěr se vztahuje pouze k aktuálnímu věku a populaci, nicméně jsou to výsledky srovnatelné s celou řadou studií u lesních dřevin, například White et al. (2007). Odhadnuté šlechtitelské hodnoty mohou být použity jako podklad při výběru vhodných kandidátů pro založení semenných sadů 1,5. (popřípadě další) generace.

Nicméně testování potomstev proběhlo na sazenicích, které jsou poměrně mladé, což může značně ovlivnit výsledky testů. Při porovnání současného věku sazenic s optimálním věkem (viz diskuze) pro testy potomstev udávaných v literatuře, lze vyvodit závěr, že měření v tomto věku bylo pouze předběžné a je třeba v průběhu času provést další měření pro získání objektivnějších výsledků z dalšího testování potomstev.

8. POUŽITÁ LITERATURA

ADAMS W.T., BURCZYK J., (2000): Magnitude and implications of gene flow in gene conservation reserves. In: Forest Conservation Genetics: Principles and Practices, Young, A., Boshier, D. and Boyle, T. (eds), CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia, 215-223 s.

ANDERSSON E., (1999): Gain and diversity in multi-generation breeding programs. Umeå: Swedish Univ. of Agricultural Sciences (Sveriges lantbruksuniv.), Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics and Plant Physiology

BURGUEÑO J., CADENA A., CROSSA J., BANZIGER B., GILMOUR A. R., CULLIS B. R., (2000): User's Guide for Spatial Analysis of Field Variety Trials Using ASREML. Mexico, D.F.: CIMMYT.

EL-KASSABY Y.A., (1995): Evaluation of tree-improvement delivery system: factors affecting genetic potential. Tree Physiology.č. 15, 545 s.

EL-KASSABY Y.A., RUDIN D., YAZDANI R., (1989): Levels of outcrossing and contamination in two Pinus sylvestris L. seed orchards in northern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research., roč. 4, č. 1, 41-50s.

ERIKSSON G., EKBERG I., CLAPHAM D., (2001): An introduction to forest genetics. Genetic Center, Department of Plant Biology and Forest Genetics, SLU

ERIKSSON G., EKBERG I., CLAPHAM D., (2006): An introduction to Forest Genetics. Uppsala, Sweden, 184-185 s.

FÉR F., POKORNÝ J., (1993): Lesnická dendrologie - *Jehličnany*. Praha: VŠZ – lesnická fakulta Praha, 130-133 s.

FRIES A., LINDGREN D., (1986): Performance of plus tree progenies of Pinus contorta originating north of latitude 55 N in a Swedish trial at 64 N. Canadian Journal of Forest Research, č. 16, 431-435 s.

FRÝDL J., NOVOTNÝ P., ČÁP J., BURIÁNEK V., (2009): Metodické postupy ověřování zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin v České republice. Lesnický průvodce, č. 12, Strnady: 58-60 s.

GUNNAR J., BAILIAN L., BJÖRN H., (2003): Time Trends in Genetic Parameters for Height and Optimal Age for Parental Selection in Scots Pine. Forest science 49(5). 702 s.

HAAPANEN M., (2001): Time trends in genetic parameter estimates and selection efficiency for scots pine in relation to field testing method. Forest Genetics 8(2). Vaantaa, Finland. 129 – 144 s.

HANNRUP B., WILHELMSSON L., DANELL O., (1998): Time Trends for Genetic Parameters of Wood Density and Growth Traits in Pinus sylvestris L. The Forestry Research Institute of Sweden, Uppsala, Sweden. Silvae Genetica 47, 4.. 214 – 221 s.

CHUNG M.S., (1981): Flowering characteristics of Pinus sylvestris L. with special emphasis on the reproductive adaptation to local temperature factor. Acta for Fenn., roč. 169, 5-60 s.

IVANEK O., NOVOTNÝ P., FRÝDL J., (2010): Metodika zakládání semenných sadů 1,5. generace. Lesnický průvodce, č. 7, Strnady: 9 - 10 s.

JANSSON G., LI B., HANNRUP B., (2003): Time Trends in Genetic Parameters for Height and Optimal Age for Parental Selection in Scots Pine. Forest Science, Volume 49, Number 5, October 2003.

KAŇÁK J., (2011): Návrh šlechtitelských postupů pro borovici lesní v západních a jižních Čechách. Praha. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra dendrologie a šlechtění lesních dřevin.

KAŇÁK J., FRÝDL J., NOVOTNÝ P., ČÁP J., (2008): Metodika zakládání semenných sadů: recenzovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 20-25 s.

KANG K.S., (2001): Genetic gain and gene diversity of seed orchard crops. Umeå: Swedish Univ. of Agricultural Sciences (Sveriges lantbruksuniv.), Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Genetics and Plant Physiology.

KANTOR J., POSPÍŠIL J., (1983): Šlechtění lesních dřevin, Vysoká škola zemědělská v Brně, Brno: 131-135 s.

KLÁPŠTĚ J., KORECKÝ J., LSTIBŮREK M., KOBLIHA J., (2012): Moderní šlechtitelské metody v lesnictví, Nakladatelství a vydavatelství Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.

KLIKA J. (1947): Lesní dřeviny. Písek: Československá matice lesnická, 390-395 s.

KOBLIHA J., KLÁPŠTĚ J., LSTIBŮREK M., (2007): Význam lesní genetiky a šlechtění ve vztahu ke kvalitě reprodukčního materiálu ve Švédsku a v ČR. Kvalita reprodukčního materiálu lesních dřevin: sborník příspěvků. Strážnice, 16-20 s.

KOBLIHA J., LSTIBŮREK M., (2006): Význam semenných sadů jako produkčních populací lesních dřevin. In, Semenné sady jako zdroj kvalifikovaného reprodukčního materiálu. 20. – 21.6. Bzenec. VÚLHM Jíloviště – Strnady, Uherské Hradiště: 61-69 s.

KOBLIHA J., LSTIBŮREK M., HYNEK V., KLÁPŠTĚ J., STEJSKAL J., (2012): Metodika testů potomstev lesních dřevin pro zakládání semenných sadů 2. generace, certifikovaná metodika.

KOBLIHA J., LSTIBŮREK M., SLÁVIK M., MARUŠÁK R., STEJSKAL H., KLÁPŠTĚ J., HYNEK V., (2011): Metodika výpočtu ekonomické efektivity semenných sadů, Certifikovaná metodika 107839/2011 – MZE – 16222/M20.

KOTRLA P., PAŘÍZEK M., (2009): Zakládání semenných sadů z pohledu legislativy. Lesnická práce, r. 88, č. 8.

- KŘÍŽ Z. et al., (1971): Lesnická botanika, Státní zemědělské nakladatelství, Praha: 448-451 s.
- KUPKA I., (2008): Pěstování lesů I, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha: 146-149 s.
- McKEAND S.E., (1988): Optimum Age For Family Selection for Growth in Genetic Tests of Loblolly Pine. Forrest Science. Vol. 34, No. 2. 400 – 411 s.
- MORIGUCHI, Y., PRESCHER F., LINDGREN D., (2008): Optimum lifetime for Swedish Picea abies seed orchards. New Forest, roč. 35, č. 2, 147-155 s.
- MUSIL I., (2003): Lesnická dendrologie I.: jehličnaté dřeviny, ČZU Praha, Praha: 178-179 s.
- MUSIL I., HAMERNÍK J., (2007): Jehličnaté dřeviny, Lesnická dendrologie 1, Nakladatelství Academia, Praha: 350-360 s.
- MUSIL I., HAMERNÍK, J. (2003): Lesnická dendrologie 1, jehličnaté dřeviny, přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin, Praha, 40-50 s
- MUSIL J., NOVÁK P., ŠEFL J., (2007): Semenné sady v České republice. Aktuální problémy lesního šolkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa. Zborník referátov z medzinárodného seminára, 27.-28 s.
- NOVÁK P., (2006): Historie a současnost tvarování roubovanců v semenných sadech. Semenné sady jako zdroj kvalifikovaného reprodukčního materiálu – minulost, současnost a budoucnost: sborník příspěvků. Bzenec, 15-17s.
- PAULE L., (1992): Genetika a šľachtenie lesných drevín, Príroda a.s., Bratislava: 300-310 s.
- POLENO Z., VACEK S., (2009): Pěstování lesů III., Praktické postupy pěstování lesů, Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy: 946-948 s.

RAMBOUSEK J., (2003): Semenné sady lesních dřevin v České Republice. Lesnická práce č. 01/03. Ročník 82. Výzkumný ústav lesního hospodaření a myslivosti.

SALVADOR A. G., PATRICIO R. M., (2014): Analysis of Experiments using ASReml with emphasis on breeding trials ©

SVOBODA P., (1953): Lesní dřeviny a jejich porosty. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 410-412 s.

ŠINDELÁŘ J., (2004): Výzkumné provenienční a jiné šlechtitelské plochy v lesním hospodářství České republiky, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 76-79 s.

ÚRADNÍČEK L., (2003): Lesnická dendrologie I. (Gymnospermae), Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno: 100-105 s.

ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ (2001): Oblastní plán rozvoje lesů, přírodní lesní oblast 18, Severočeská pískovcová plošina a Český ráj, Brandýs nad Labem, pobočka Jablonec nad Nisou. Dostupný z: www.uhul.cz/images/ke_stazeni/oprl_oblasti/

VOJENSKÉ LESY A STATKY ČR, s.p. (2017): Mimoň, dostupné z: <https://www.vls.cz/cs/divize/mimon/>

WHITE T.L., ADAMS W., NEALE D.B., (2007): Forest genetics. Cambridge, MA: CABI Pub., 682 s.

ZLATNÍK A., (1957): Dendrologie, Státní pedagogické nakladatelství, n.p. Praha, Praha: 10-20 s.

ZOBEL B.J., BARBER J., BROWN L., PERRY T., (1958): Seed orchards; their concept and management. J. For., roč. 56, 810-830 s.

ZOBEL B.J., TALBERT J., (1984): Applied forest tree improvement. John Wiley and Sons, New York, 1984, 505 s.

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha č. 1 Seznam rodičovských stromů vybraných pro sběr osiva k následnému založení testovacích ploch.....	1-6
Příloha č. 2 Porostní mapa okolí testovací plochy č. 1	4
Příloha č. 3 Porostní mapa okolí testovací plochy č. 2.....	7
Příloha č. 4 Porostní mapa okolí testovací plochy č. 3.....	8
Příloha č. 5 Pohled na testovací plochu č. 1	8
Příloha č. 6 Pohled na testovací plochu č. 2	9
Příloha č. 7 Pohled na testovací plochu č. 3	9
Příloha č. 8 Rozložení reziduí u modelu B pro výšku	10
Příloha č. 9 Rozložení reziduí u modelu B pro tloušťku	11

Příloha č. 1 Seznam rodičovských stromů vybraných pro sběr osiva k následnému založení testovacích ploch

Pořadové číslo	Rozměrné číslo stromu	Definitivní evidenční číslo stromu	Údaje o porostu (lokaltě)						Popis stromu a hlavní fenotypové znaky stromu						
			Oblast provenience	Revír, poleší	Porost	Nadmořská výška (m.n.m.)	Výškové pásmo	Věk (let)	Výška stromu (m)	Výčetní průměr (cm)	Tvar kmene	Čištění kmene	Tvar koruny	Délka koruny (m)	Původ
			18	Dolní Krupá	167a1	340	4	147	24	42	těněř rovný	dobré	pyramidální	5	
		236	18	Dolní Krupá	167a1	340	4	147	26	40	těněř rovný	dobré	pyramidální	8	
		237	18	Dolní Krupá	167a1	340	4	147	26	40	těněř rovný	dobré	pyramidální	8	
		239	18	Dolní Krupá	167a1	340	4	147	30	47	těněř rovný	dobré	pyramidální	8	
		240	18	Dolní Krupá	167	340	1	130	26	39	rovný	velmi dobré	válcovitá	9	
		242	18	Dolní Krupá	167	340	1	130	25	39	rovný	dobré	pyramidální	8	
		243	18	Dolní Krupá	167	340	1	130	24	45	těněř rovný	dobré	pyramidální	8	
		244	18	Dolní Krupá	167	340	1	130	21	51	rovný	dobré	pyramidální	6	
		245	18	Dolní Krupá	167	340	1	130	24	41	rovný	dobré	pyramidální	8	
		246	18	Dolní Krupá	167	340	1	130	27	44	rovný	dobré	pyramidální	8	
		246 (II)	18	Dolní Krupá	167b7	360	1	130	30	41	rovný	velmi dobré	úzká	9	
		248	18	Dolní Krupá	167b1	360	1	132	31	41	rovný	velmi dobré	úzká	12	
		249	18	Dolní Krupá	167b1	360	1	132	32	56	rovný	velmi dobré	úzká	9	
		250	18	Dolní Krupá	167b1	360	1	132	31	37	rovný	velmi dobré	úzká	9	
		255	18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	29	38	těněř rovný	dobré	válcovitá	7	

Pořadové číslo	Prozatímní číslo stromu	Definitivní evidenční číslo stromu	Údaje o porostu (lokaltě)							Popis stromu a hlavní fenotypové znaky stromu						
			Oblast provenience	Revír, poleší	Porost	Nadmořská výška (m.n.m.)	Výškové pásmo	Věk (let)	Výška stromu (m)	Výčetní průměr (cm)	Tvar kmene	Čištění kmene	Tvar koruny	Délka koruny (m)	Původ	
		256	18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	34	39	téměř rovný	dobře	pyramidální	8		
		257	18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	35	52	téměř rovný	dobře	úzká	9		
		258	18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	31	39	téměř rovný	velmi dobře	úzká	8		
		259	18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	29	61	rovný	dobře	pyramidální	8		
		260	18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	26	43	téměř rovný	velmi dobře	úzce válcovitá	8		
		262	18	Dolní Krupá	30	320	1	138	28	49	rovný	dobře	válcovitá	8		
		265	18	Dolní Krupá	30	320	1	138	26	49	téměř rovný	dobře	pyramidální	7		
		269	18	Dolní Krupá	195	350	4	145	30	38	rovný	dobře	úzká	9		
		270	18	Dolní Krupá	195a6	350	4	145	31	43	rovný	velmi dobře	úzká	10		
		271	18	Dolní Krupá	195a6	350	4	145	33	46	rovný	dobře	úzká	14		
1			18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	28	57	téměř rovný	dobře	úzce válcovitá	7		
2			18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	35	53	rovný	velmi dobře	pyramidální	11		
3			18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	30	44	téměř rovný	velmi dobře	úzká	5		
4			18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	36	52	téměř rovný	dobře	válcovitá	8		
5			18	Dolní Krupá	29a	320	4	141	24	42	téměř rovný	dobře	úzká	4		

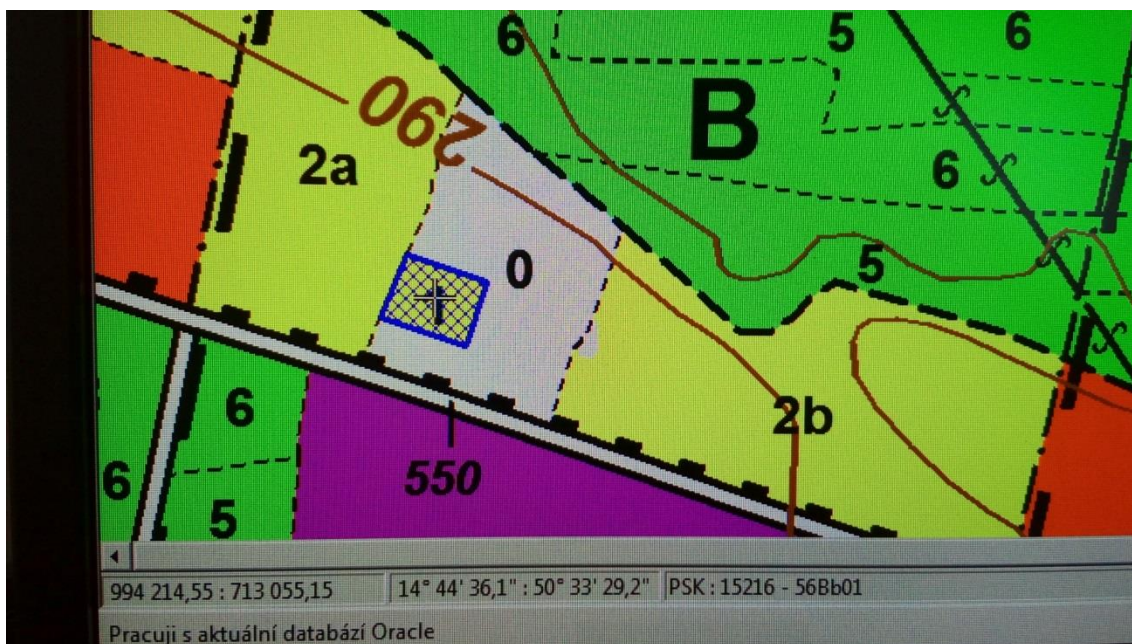
Pořadové číslo	Prozatímní číslo stromu	Definitivní evidenční číslo stromu	Údaje o porostu (lokálně)					Popis stromu a hlavní fenotypové znaky stromu							
			Oblast provenience	Revír, poleší	Porost	Nadmořská výška (m.n.m.)	Výškové pásmo	Věk (let)	Výška stromu (m)	Výčetní průměr (cm)	Tvar kmene	Čištění kmene	Tvar koruny	Délka koruny (m)	Původ
6			18	Dohů Krupá	29a	320	4	141	38	51	téměř rovný	dobré	pyramutální	9	
7			18	Dohů Krupá	167b	350	1	132	27	49	téměř rovný	velmi dobré	válcovitá	7	
8			18	Dohů Krupá	167b	350	1	132	26	35	rovný	velmi dobré	úzká	10	
9			18	Dohů Krupá	167b	350	1	132	30	50	rovný	velmi dobré	úzká	13	
10			18	Dohů Krupá	167b	350	1	132	30	49	rovný	dobré	úzká	13	
11			18	Dohů Krupá	167b	350	1	132	22	42	rovný	dobré	úzká	5	
12			18	Dohů Krupá	167b1	350	1	132	29	55	rovný	dobré	pyramutální	9	
13	výstavek		18	Dohů Krupá	195	350	4	145	26	49	rovný	dobré	úzká	5	
14			18	Běhýzné	212a	275	1	122	30	45	téměř rovný	dobré	úzká	8	
15			18	Běhýzné	212a	275	1	122	35	42	rovný	dobré	úzká	8	
16			18	Běhýzné	212a	275	1	122	28	40	rovný	dobré	úzká	7	
17			18	Běhýzné	212a	275	1	122	28	39	rovný	velmi dobré	úzká	7	
18			18	Běhýzné	212a	275	1	122	30	42	téměř rovný	velmi dobré	úzká	10	
19			18	Běhýzné	212a	275	1	122	33	51	rovný	velmi dobré	úzká	12	
20			18	Běhýzné	212a	275	1	122	30	39	rovný	velmi dobré	pyramutální	10	

Pořadové číslo	Prozatímní číslo stromu	Definitivní evidenční číslo stromu	Údaje o porostu (lokálně)						Popis stromu a hlavní fenotypové znaky stromu						
			Oblast provenience	Revír, poleší	Porost	Nadmořská výška (m.n.m.)	Výškové pásmo	Věk (let)	Výška stromu (m)	Výčetní průměr (cm)	Tvar kmene	Čištění kmene	Tvar koruny	Délka koruny (m)	Původ
21			18	Břežkyrné	212	275	1	122	33	44	témněj rovný	dobré	úzká	6	
22			18	Břežkyrné	218b	280	4	110	32	51	rovný	dobré	pyramidální	9	
23			18	Břežkyrné	218b	280	4	110	30	44	témněj rovný	dobré	pyramidální	8	
24	v SNL porostu 10m od prahu		18	Břežkyrné	218b	280	4	110	28	39	témněj rovný	velmi dobré	úzká	4	
25	v SNL porostu 10m od prahu		18	Břežkyrné	218b	280	4	110	26	41	témněj rovný	dobré	úzká	8	
26			18	Břežkyrné	218b	280	4	110	28	41	témněj rovný	dobré	úzká	9	
27			18	Břežkyrné	218b3	280	4	110	31	52	témněj rovný	dobré	pyramidální	10	
28			18	Břežkyrné	218b3	280	4	110	31	49	rovný	dobré	válcovitá	12	
29			18	Břežkyrné	218b3	280	4	110	29	39	rovný	velmi dobré	válcovitá	8	
30			18	Břežkyrné	210	280	1	121	27	42	rovný	velmi dobré	úzká	9	
31			18	Břežkyrné	210	280	1	121	31	44	rovný	velmi dobré	úzká	8	
32			18	Břežkyrné	210	280	1	121	30	41	rovný	dobré	úzká	9	
33			18	Břežkyrné	210	280	1	121	27	38	rovný	velmi dobré	úzká	13	
34			18	Břežkyrné	210	280	1	121	29	45	rovný	dobrá	pyramidální	9	
35			18	Břežkyrné	210	280	1	121	26	41	rovný	velmi dobré	úzká	6	

Pořadové číslo	Prozatímní číslo stromu	Definitivní evidenční číslo stromu	Údaje o porostu (lokálně)						Popis stromu a hlavní fenotypové znaky stromů 5						
			Oblast provenience	Revír, poleší	Porost	Nadmořská výška (m.n.m.)	Výškové pásmo	Věk (let)	Výška stromu (m)	Výčetní průměr (cm)	Tvar kmene	Čištění kmene	Tvar koruny	Délka koruny (m)	Původ
36			18	Břeččyné	210	280	1	121	29	44	témněj rovný	dobré	valcovitá	5	
37			18	Břeččyné	210	280	1	121	30	47	témněj rovný	dobré	valcovitá	9	
38			18	Hradčany	49	310	4	113	34	43	rovný	velmi dobré	úzká	9	
39			18	Hradčany	49	310	4	113	30	39	rovný	velmi dobré	úzká	6	
40			18	Hradčany	49	310	4	113	37	57	rovný	velmi dobré	úzká	10	
41			18	Hradčany	49	310	4	113	29	42	témněj rovný	dobré	úzká	5	
42			18	Hradčany	49	310	4	113	32	43	rovný	dobré	úzká	8	
43			18	Hradčany	183a	320	1	99	34	41	témněj rovný	velmi dobré	úzká	8	
44			18	Hradčany	183a	320	1	99	37	48	rovný	velmi dobré	úzká	8	
45			18	Hradčany	183a	320	1	99	32	45	rovný	velmi dobré	úzká	10	
46			18	Hradčany	183a	320	1	99	31	41	témněj rovný	velmi dobré	úzká	8	
47			18	Hradčany	183a	320	1	99	28	49	témněj rovný	velmi dobré	úzká	11	
48			18	Hradčany	201d1	330	1	126	31	38	témněj rovný	velmi dobré	úzká	7	
49			18	Hradčany	201d1	330	1	126	28	39	témněj rovný	velmi dobré	pyramidální	6	
50			18	Hradčany	201d1	330	1	126	27	43	rovný	velmi dobré	úzká	5	

Pořadové číslo	Prozatímní číslo stromu	Definitivní evidenční číslo stromu	Údaje o porostu (lokálně)						Popis stromu a hlavní fenotypové znaky stromu 5						
			Oblast provenience	Revír, poleší	Porost	Nadmořská výška (m.n.m.)	Výškové pásmo	Věk (let)	Výška stromu (m)	Výčetní průměr (cm)	Tvar kmene	Čištění kmene	Tvar koruny	Délka koruny (m)	Původ
51			18	Hradčany	201d1	330	1	126	26	39	rovný	velmi dobré	úzká	8	
52			18	Hradčany	201d1	330	1	126	26	38	téměř rovný	dobré	úzká	6	
53	výstavek		18	Hradčany	201d1	330	1	126	29	37	téměř rovný	dobré	úzká	6	
54			18	Hradčany	201d1	330	1	126	26	36	téměř rovný	velmi dobré	úzká	4	
55			18	Hradčany	201d1	330	1	126	24	41	téměř rovný	velmi dobré	úzká	8	

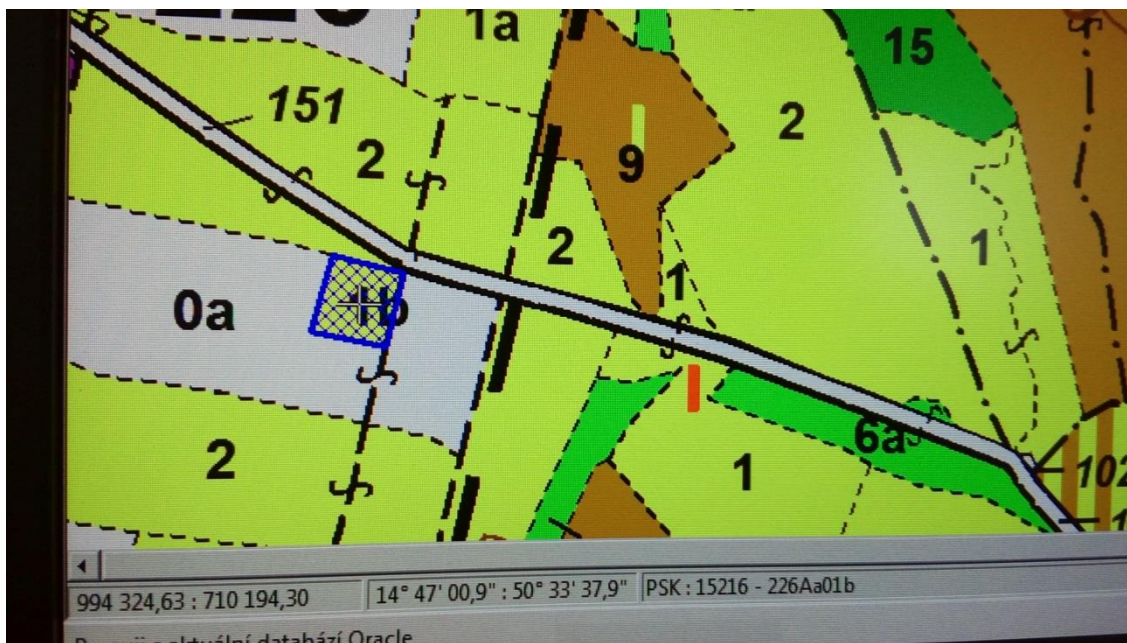
Příloha č. 2 Porostní mapa okolí testovací plochy č. 1



Příloha č. 3 Porostní mapa okolí testovací plochy č. 2



Příloha č. 4 Porostní mapa okolí testovací plochy č. 3



Příloha č. 5 Pohled na testovací plochu č. 1



Příloha č. 6 Pohled na testovací plochu č. 2



Příloha č. 7 Pohled na testovací plochu č. 3



Příloha č. 8 Rozložení reziduí u modelu B pro výšku

```
==== Residual statistics H ====

Section 1

*
*
* *
** * **
** * * **
** ** *** **
** ** **** **
*** *****
*****
*****
* *****
*****
*****
*****
* ***** *
* * ***** *

Section 2

**
*** *
**** * * *
* **** * ** *
* ** ***** * ** *
** ***** **** *
***** *****
* *****
***** **
* ** ***** *
* ***** **

Section 3

*
*
*
* **
* * ***
* * **** ** *
* * **** ** *
***** *****
* * *****
* *****
* *****
* *****
* *****
* *****
* * ***** *
* * ***** **
```

Příloha č. 9 Rozložení reziduí u modelu B pro tloušťku

```
==== Residual statistics diam ====
Section 1
      *
      *  **
      *  **
     **  ***
     **  ****
     **  ****
    ***  *****
    ***  *****
   ***** *
  *****
 *****
 * ***** *
*****
* ***** ** *
```

Section 2

```
      *
      *
      *
      *
      *
     **  *
    *   *** **
   ** *  *** **
  ****  *** ***
 *   *** ***** *
 *   ***** *
*****
* * ***** **
```

Section 3

```
      *
      * * * *
      * *** *
     * * *** *
    * * ** *** *
   *  **** *** ** *
  *  **** *** ** *
 *  **** *** * *
**  **** *** ***
**  ****
 *** ** *****
 * * *****
*****
* ***** ** *
```