

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



Diplomová práce

**Pěstební potenciál modřínu opadavého na
Šumavě na příkladu lokality Ptačí vrch (Polesí
Zátoň, LZ Boubín, Lesy ČR, s.p.)**

Autor: Bc. Roland Kralik

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Roland Kralík

Lesní inženýrství
Lesní inženýrství

Název práce

Pěstební potenciál modřínu opadavého na Šumavě na příkladu lokality Ptačí vrch (Polesí Zátoň, LZ Boubín, Lesy ČR, s.p.)

Název anglicky

Silvicultural Potential of European Larch in the Šumava Mts. on the Example of the Locality Ptačí vrch (Forest District Zátoň, Forest Enterprise Boubín, Forests of the Czech Republic, s.e.)

Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit pěstební potenciál modřínu opadavého na Šumavě na příkladu vybrané lokality na polesí Zátoň. Terénní výzkum bude probíhat na lokalitě Ptačí vrch (porost 240A16, porost 233B16) s cílem analyzovat pěstební potenciál modřínu. Potenciál bude vyhodnocen s ohledem na dosažené kvantitativní a kvalitativní parametry modřínu (výška, tloušťka, objem, kvalita kmene a koruny) s ohledem prostorovou a druhovou strukturu lesních porostů. Detailně bude vyhodnocen tloušťkový přírůst jednotlivých vybraných jedinců a posouzen jeho vztah k vybraným parametrům prostředí. Cílem práce je také posoudit možnosti obnovy modřínu a navrhnout konkrétní pěstební postupy na dané lokalitě.

Metodika

Rozbor problematiky zaměřený na modřín opadavý, jeho rozšíření, nároky, pěstební vlastnosti a způsoby jeho pěstování.

Analýza současného rozšíření a hospodářského významu modřínu na Šumavě, zejména pak na LZ Boubín. Pozornost bude věnována i historii jeho šíření a způsobu pěstování.

Obnova (založení) min. 4 výzkumných ploch v lokalitě Ptačí vrch (Polesí Zátoň, LZ Boubín) v místech s různým zastoupením modřínu s různou expozicí a provedení dendrometrických měření a jejich vyhodnocení (d1,3, h, g, v). Vyhodnocení struktury porostu ve vztahu k postavení modřínu ve směsi.

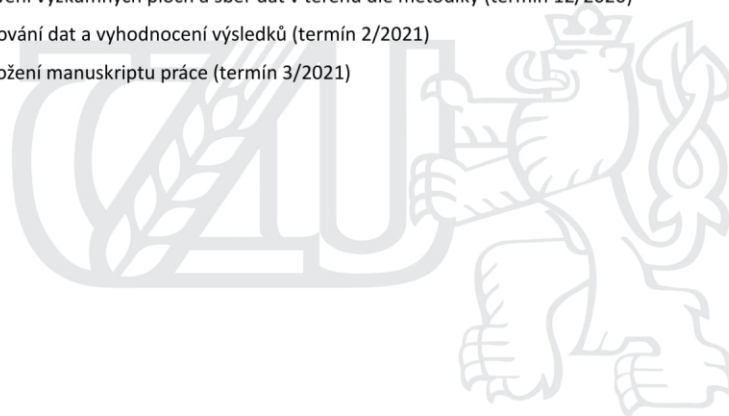
Výběr min. 20 vzorníků modřínu a odběr vývrtů pro dendrochronologické analýzy. Analýza tloušťkového růstu modřínu ve vztahu k parametrům prostředí (teplota, srážky).

Analýza přirozené obnovy lesa ve zkoumaných porostech na min. 2 transektech 2 x 25 m (počet jedinců, druhové složení, výšková vyspělost podle výškových tříd).

Návrh postupy obnovy s ohledem na modřín opadavý.

Harmonogram:

- vypracování literární rešerše (termín 9/2020)
- obnovení výzkumných ploch a sběr dat v terénu dle metodiky (termín 12/2020)
- zpracování dat a vyhodnocení výsledků (termín 2/2021)
- předložení manuskriptu práce (termín 3/2021)



Doporučený rozsah práce

Min. 50 stran textu

Klíčová slova

pěstování lesa, produkce, kvalita kmene, přírůst, obnova lesa, porostní směs

Doporučené zdroje informací

- CUKOR, J. – ZEIDLER, A. VACEK, Z. – VACEK, S. – SIMUNEK, V., GALLO, P. Comparison of growth and wood quality of Norway spruce and European larch: effect of previous land use. *European Journal of Forest Research*. 2020, <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01259-7>
- DIRNBERGER, G. – KUMER, A.-E. – SCHNUR, E. – STERBA, H. Is leaf area of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) and European larch (*Larix decidua* Mill.) affected by mixture proportion and stand density? *Ann. For. Sci.* 2017, 74, 8.
- FRÝDL, J. – ŠINDELÁŘ J., Informace o výsledcích hodnocení výzkumných provenienčních ploch modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill.) série IUFRO 1958/59 v České republice ve věku 38 let, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště–Strnady, 2006, 43 s.
- NOVÁK, J. – SLODIČÁK, M. Výchova porostů modřínu opadavého, *Lesnická práce*, 2006, 85 (12).
- NÓŽIČKA, J. Jesenický modřín, Krajské nakladatelství Ostrava, 1962, 187 s.
- POLENO, Z. – VACEK, S. – PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. – ŠTEFANČÍK, I. – MIKESKA, M. – KOBLIHA, J. – KUPKA, I. – MALÍK, V. – TURČÁNI, M. – DVOŘÁK, J. – ZATLOUKAL, V. – BÍLEK, L. – BALÁŠ, M. – SIMON, J. Pěstování lesů III. – Praktické postupy pěstování lesů, Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*, s.r.o., 2009, 860 s.
- PRETZSCH, H. Canopy space filling and tree crown morphology in mixed-species stands compared with monocultures. *For. Ecol. Manag.* 2014, 327, 251–264
- STERBA, H. – DIRNBERGER, G. – RITTER, T. Vertical Distribution of Leaf Area of European Larch (*Larix decidua* Mill.) and Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Pure and Mixed Stands. *Forests*, 2019, 10(7), 570. doi:10.3390/f10070570.
- TICHAŇSKÝ, R. – KLUZOVA, O. – SILHAN, K. Differences between the responses of European larch (*Larix decidua* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) to landslide activity based on dendrogeomorphic and dendrometric data. *Geomorphology*, 2019, 330, 57-68. DOI: 10.1016/j.geomorph.2019.01.013
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 7. 7. 2020

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Pěstební potenciál modřínu opadavého na Šumavě na příkladu lokality Ptačí vrch (Polesí Zátoň, LZ Boubín, Lesy ČR, s.p.), vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Remeše, 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 20. 4. 2021

Podpis autor

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Jiřímu Remešovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, dále zaměstnancům LZ Boubín za vstřícnost při sběru dat a Ing. Petru Hanzlíkovi, Ph.D. za podporu při vypracování diplomové práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval celé své rodině, která byla po celou dobu mého studia mou hlavní oporou.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá pěstebním potenciálem modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill.) na Šumavě, konkrétně jeho výskytem v kvalitních smíšených porostech, které se nacházejí v lokalitě Ptačí vrch a jsou uznané pro sběr reprodukčního materiálu. Oblast spadá pod Lesní závod Boubín – polesí Zátoň, Lesy České republiky, s. p. V zájmové oblasti byly vymezeny 4 zkusné plochy se severní a jižní expozicí. Hlavními dřevinami na zkusných plochách jsou modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.), buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) H. Karst.) a jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.). Na jednotlivých zkusných plochách bylo provedeno základní dendrometrické měření výšky (h) a výčetní tloušťky ($d_{1,3}$) všech dřevin. Na vybraných jedincích modřínu opadavého byly provedeny dendrochronologické analýzy. Výsledky potvrzují, že ačkoli modřín opadavý nemá největší zastoupení na zkusných plochách, je díky vhodnému živnému stanovišti z produkčního hlediska nejhodnotnější dřevinou porostu.

Klíčová slova: pěstování lesa, produkce, kvalita kmene, tloušťkový přírůst, obnova lesa, porostní směs

Abstract

This thesis focuses on silviculture potential of European larch (*Larix decidua*) in the Bohemian Forest (Šumava), namely its presence in the high quality larch forest stands located at Ptačí vrch. These forests are recognized for the collection of reproductive material. The location falls under the management of Forest establishment Boubín – Polesí Zátoň, Forests of the Czech Republic. Four experimental plots with different expositions were established in the area of interest. The main tree species on the experimental plots are Norway spruce (*Picea abies*), European larch (*Larix decidua*), European silver fir (*Abies alba*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and European beech (*Fagus sylvatica*). The basic tree parameters such as height (h) and diameter at breast height (DHB) of all the trees in individual plots were measured. Dendrochronological analysis was carried out on selected European larch trees. European larch does not have the highest representation in the plot, but due to the rich fertile soil, it represents the tree of the highest quality in the plots from production point of view.

Keywords: silviculture, wood production, stem quality, diameter increment, forest regeneration, species composition

Obsah

1	Úvod a cíle práce	1
2	Literární rešerše.....	2
2.1	Modřín opadavý (<i>Larix decidua</i> Mill.)	2
2.1.1	Současné rozšíření.....	2
2.1.2	Popis druhu	4
2.1.3	Ekologické nároky	7
2.1.4	Hospodářský význam	8
2.1.5	Pěstební vlastnosti a způsoby pěstování.....	9
2.1.6	Historie šíření druhu v České republice a na Šumavě..	13
3	Metodika	15
3.1	Zájmové území Ptačí Vrch – Šumava	15
3.2	Produkční a růstové charakteristiky	17
3.2.1	Výčetní tloušťka ($d_{1,3} = \text{mm}$)	17
3.2.2	Výška (m)	17
3.2.3	Objem (m^3)	17
3.2.4	Letokruhové analýzy.....	17
3.2.5	Korfova růstová funkce.....	19
3.3	Monitorované plochy	20
3.3.1	Severní expozice	20
3.3.2	Jižní expozice	22
3.3.3	Přirozená obnova	23
3.4	Testované hypotézy.....	24
3.4.1	Rozdíly produkčních charakteristik mezi dřevinami na celém zkoumaném území.....	24
3.4.2	Rozdíly produkčních charakteristik mezi jednotlivými plochami	24
3.4.3	Rozdíly produkčních charakteristik modřínu mezi expozicemi	25
4	Výsledky a diskuze	26
4.1	Tloušťková struktura	26
4.2	Radiální růst dřevin v závislosti na klimatu.....	30
4.2.1	Severní expozice	30
4.2.2	Jižní expozice	33
4.3	Statistické vyhodnocení produkčních vlastností všech dřevin u všech ploch dohromady.....	36
4.3.1	Výčetní tloušťka.....	36
4.3.2	Výška.....	39

4.3.3	Objem kmene bez kůry.....	41
4.4	Statistické vyhodnocení produkčních vlastností výzkumných ploch u všech dřevin dohromady	43
4.4.1	Výčetní tloušťka.....	43
4.4.2	Výška.....	45
4.4.3	Objem bez kůry	46
4.5	Statistické vyhodnocení produkčních vlastností Modřínu opadavého (<i>Larix decidua Mill.</i>) v závislosti na expozici... ..	48
4.5.1	Výčetní tloušťka ($D_{1,3}$).....	48
4.5.2	Výška.....	49
4.5.3	Objem bez kůry	50
4.6	Modelování růstu modřínu s využitím Korfovy růstové funkce	52
4.6.1	Souhrnný růstový model pro obě TVP	52
4.7	Vyhodnocení přirozené obnovy.....	55
4.7.1	Severní expozice	55
4.7.2	Jižní expozice	56
5	Závěr	58
6	Seznam obrázků	60
7	Seznam tabulek.....	62
8	Seznam použitých zdrojů.....	63
9	Přílohy	72

1 Úvod a cíle práce

Diplomová práce je zaměřena na vyhodnocení pěstebního potenciálu Modřínu opadavého (*Larix decidua Mill.*) na Šumavě. Modřín jako dřevina je v posledních letech významným tématem v lesnické společnosti díky jeho předpokládané adaptibilitě na změny stanovištních podmínek a kvalitním produkčním vlastnostem. Ačkoliv se zastoupení modřínu v posledních desetiletích lehce zvýšilo, je současné zastoupení modřínu v druhové skladbě lesů ČR stále velmi nízké. Existují přitom důvody, proč bylo by dobré se intenzivněji zabývat jeho větším rozšířením, byť by měl vždy být v porostech pouze jako příměs. Modřín nejen že se dokáže velice dobře adaptovat na různé stanovištní podmínky, ale také dokáže významně odolávat imisnímu zatížení. Vytváří tak velice perspektivní dřevinu z hlediska diverzity porostů, stability porostů ale také hodnotové produkce.

Hlavním cílem práce bylo vyhodnotit pěstební potenciál modřínu ve vybraných porostech na Šumavě, včetně vyhodnocení jeho zastoupení v porostu, růstových a produkčních charakteristik v porovnání s ostatními zde zastoupenými dřevinami. Součástí práce je i rozbor historie výskytu modřínu jak v České republice, tak na Šumavě a zhodnocení jeho významu pro lesní hospodářství ČR, a i způsobů pěstování.

Díličními cíli pak bylo posoudit adaptační potenciál modřínu jako stabilizující dřeviny v době probíhající klimatické změny. K tomuto účelu byly provedeny dendrochronologické analýzy vývrtů z vybraných modřínů a analyzovat přirozenou obnovu lesa ve zkoumaných porostech na 4 transektech, kde byl detailně zmapován počet jedinců, druhové složení a výšková vyspělost podle výškových tříd. Výzkum byl proveden na celkové ploše 1 ha, která byla rozdělena celkem na 4 výzkumné plochy, každá byla o velikosti 0,25 ha.

Práce je řešena na lokalitě Ptačí vrch. Ptačí vrch spadá do katastrálního území obce Lenora – okres Prachatice. Lokalitu Ptačí vrch obhospodařuje státní podnik Lesy ČR, kde spadá pod lesní závod Boubín a polesí Zátoň.

2 Literární rešerše

2.1 Modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.)

2.1.1 Současné rozšíření

Modřín opadavý je charakteristický svým disjunktním areálem ve střední Evropě. Vyskytuje se především v alpské a karpatské oblasti s dalším menším výskytem v Polsku a Nížkém Jeseníku. V České republice je modřín opadavý označován jako dřevina původní. Jako samostatné geografické rasy modřínu můžeme označit modřín karpatský, alpský, polský a slezský, které se od sebe liší nejen morfologicky ale také ekologicky. Rozšíření modřínu v současné době je silně závislé na antropických vlivech. V oblastech, ve kterých je modřín přirozeně rozšířen, je jeho zastoupení a výskyt podporován zejména pastvou dobytka a požáry. Modřín převládá na bývalých spáleništích, kde se uchovaly jen staré exempláře jako záruka náletu na obnaženou minerální půdu. Charakteristické jsou pasené louky s modřínovými výstavky nebo vypásané modřínové řediny. (Úradníček a kol. 2014). Areál modřínu se standardně dělí na 4 skupiny (klimatické oblasti):

- Slezský modřín
- Karpatský modřín
- Polský modřín
- Alpský modřín (Musil, Hamerník, 2007)

Slezský modřín, někdy označován také jako Jesenický nebo Sudetský modřín je původní – autochtonní modřín na území České republiky. Vyskytuje se ve východní části České republiky v západní části Nížkého Jeseníku, konkrétně v okolí Bruntálu. Skalnatý a suťový čedičový podklad osamělých sopečných kup tvoří podloží, na kterém roste modřín v jesenické oblasti. Hranici jeho areálu v jesenické oblasti

vymezují Zlaté hory ze severu, Moravský Beroun z jihu, Opava na východě a Libeň na západě. Rozpětí nadmořské výšky se pohybuje v rozmezí 350–750 m (Úradníček a kol., 2014). V Nížkém Jeseníku tvoří modřín snadno směsi s jedlím, bukem a smrkem, což dokazuje fakt, že je modřín v této směsi více odolný ke stínu (Fér, Pokorný 1993). Tento podruh modřínu má značné adaptační schopnosti, charakterizované přežíváním, dobrým růstem, produkcí a vysokou odolností (Šindelář, 1996).

Karpatský modřín má ostrůvkovité a velmi nesouvislé rozšíření. Těžištěm rozšíření je tatranská a transylvánská oblast, které jsou propojeny řadou drobných ostrůvků menších lokalit v Karpatském oblouku (Úradníček a kol., 2014). K tatranské a transylvánské oblasti se na západě připojuje slezská oblast, na severu polská oblast a na východě šarišská oblast (Fér, Pokorný, 1993). Značné výškové rozpětí výskytu modřínu reprezentuje karpatskou oblast a oblast transylvánských Alp, kde se výskyt modřínu pohybuje v rozmezí od 600 do 1850 m. n. m. V Tatrách je výskyt soustředěn na horní hranici lesa, a to v rozmezí 1200–1500 m. n. m. (Úradníček a kol., 2014).

Polský modřín navazuje svým areálem na Karpatský modřín na severních předhořích Karpat, zejména slovenských Beskyd. Dále se jeho areál rozprostírá přes menší pahorkatiny dále na sever až k Varšavě (Fér, Pokorný, 1993). V těchto lokalitách je výskyt modřínu už pouze ostrůvkovitý a jeho původ zůstává sporný. Jádro Polského modřínu, jak už z názvu vyplývá je v Polsku, kde se jeho výskyt soustředí na Łysou Góru a Svatokřížské, zejména v okolí hory Chelm. Rozpětí nadmořských výšek pro polský modřín je od 200 do 600 m. n. m., čímž ho můžeme označit jako typ nižších poloh, schopný snášet mírné zastínění ve směsi s jinými dřevinami (Úradníček a kol., 2014).

Alpský modřín je rozšířen v celém horském komplexu Alp – na západě od Přímořských Alp až po Julské Alpy na východě. Na východní straně zasahuje až do nižších poloh Vídeňského lesa, avšak v nižších oblastech je jeho výskyt pouze ojedinělý (Úradníček a kol. 2014). Ve Vídeňském lese roste Alpský modřín ve 300 m. n. m. (Musil, Hamerník, 2007). Standardně je alpský typ modřínu rozšířen kolem

horní hranice lesa ve výškách 1500–1900 m. n. m. a vystupuje až na 2400–2500 m n. m. v Přímořských Alpách (Úradníček a kol. 2014).

2.1.2 Popis druhu

Modřín je výrazně světlomilná rychle rostoucí dřevina, která trpí na zastínění (Úradníček a kol. 2014). Je poměrně vysokého vzrůstu 40–50 m (Geburek, 2014) s rovným kmenem, vysoko nasazenou kuželovitou korunou a tloušťkou ($d_{1,3}$) okolo 1,5 m (Hejný, Slavík, 1997). Největších rozměrů dosahuje Karpatský modřín rostoucí v jihozápadním Rumunsku, kde dorůstá do výšky až 60 m a tloušťkou ($d_{1,3}$) 2 m (Kobliha a kol., 2010). Alpský modřín se dorůstá nejvíce 50–54 m a to i ve stáří 800 let. Největší Tatranský modřín při změření vykazoval tloušťku 0,65 m výšku jen 30 m (Musil, Hamerník, 2007). Populace českého (Slezského) modřínu jsou všeobecně považované za kvalitativně nejlepší provenience, jednak z hlediska kvality kmene, ale také z hlediska rychlosti růstu (Šindelář a kol. 2006), jejich průměrné výšky dosahují 24–48 m a tloušťky ($d_{1,3}$) do 0,8 m (Šindelář, 1996). Slezský modřín, někdy také označovaný jako Jesenický modřín, rostoucí na území Bruntálska měl svého „Krále“, jehož výška dosáhla 54,8 m a tloušťka $d_{1,3}$ 1,1 m. Stáří stromu se odhadovalo na 180 let. V České republice dosahuje modřín opadavý průměrného věku 63 let (Malčánková, Lukášová, 2017). Maximální dosažitelný věk modřínu je 530–800 let (Musil, Hamerník, 2007). V Italských Alpách, na dně údolí Selvio Parku nedaleko San Geltrude di Ultimo byl nalezen modřín, u kterého bylo později v rámci výzkumu zjištěno stáří neuvěřitelných 2200 let. Ze skupiny 3 posledních nejstarších stromů byl jeden z nich vyvrácen vichřicí v roce 1930 a na zpracovaném vývratu bylo napočítáno 2150 letokruhů, stáří ostatních dvou stromů se na konci 20. století odhadovalo na 2200 let (Bortolotti a kol., 1990).

Kmen modřínu je přímý s mírnou kmenovou výmladností. Borka je rozpraskaná, hrubá, šedavá a na řezu hnědočervená. V dospělosti tvoří borka v bazální části kmene 10–20 % z jeho průměru a slouží jako izolace proti požárům. Dřevo se vyznačuje zřetelným a červenohnědým smolnatým jádrem a nažloutlou až načervenalou velmi úzkou bělí (Musil, Hamerník, 2007).

Kořenový systém modřínu je v mládí kůlový (Martinec, Novák, 2018), avšak později vytváří srdčitý kořenový systém, který obecně umožňuje modřínům zajistit lepší stabilitu (Danjon a kol., 2007). U starších jedinců jsou často zřetelné kořenové náběhy. Modřín nepodléhá vývrátům a je dobře ukotven v zemi. Díky hlubokým kořenům může čerpat vodu a živiny z hlubších vrstev půdy (Úradníček a kol., 2014). Ve smíšených porostech, kde tvoří modřín příměs, často zůstávají po vichřici právě jedinci modřínu, a proto je považován za důležitou zpevňovací dřevinu (Musil, Hamerník, 2007). Pravděpodobnost výskytu modřínových monokultur roste převážně s nadmořskou výškou, modřínové monokultury se stabilně vyskytovaly v horských a subalpínských pásmech. Odolnost modřínových lesů se může zvýšit s nadmořskou výškou, nejpravděpodobněji v důsledku vlivu nadmořské výšky na klima. Za stejných klimatických podmínek se schopnost využívání půdy jeví jako hlavní faktor ovlivňující dominanci modřínových lesů (Moris a kol., 2017).

Modřín kvete v dubnu až květnu, před rašením jehlic (Musil, Hamerník, 2007). Plodit začíná již v útlém věku, což v porostu bývá už mezi 20. – 30. rokem, v horských polohách pak později. V optimálních podmínkách je periodičita semenných let po 3 až 5 letech, v polohách s vyšší nadmořskou výškou po 6 až 10 letech (Musil, Hamerník, 2003). Velikost a tvar šišek podle ekotypů dosti kolísá, obvykle jsou šišky vejcovité s kožovitými až zdřevnatělými, přitisklými semennými šupinami, s tenkým okrajem někdy jen slabě ohrnutým vně (Musil, Hamerník, 2007). Barva dozrávajících šišek je zelená až lehce červeně naběhlá. Podpurné šupiny vyčnívají jen na spodní straně šišky nebo je není vidět vůbec (Úradníček a kol., 2014). Šišky zůstávají na stromě často i 3-4 roky (Musil, Hamerník, 2007). Po dozrání se semena z šišek uvolňují a vylétají i následující léta. Semena modřínu se vyznačují obzvláště vysokým podílem prázdných semen (Messer 1956, Nilsson 1959), mají velice nízkou klíčivost a podržují si ji 2-4 roky (Úradníček a kol., 2014). Standardně je více než 70 % semen prázdné, z toho 17 % je způsobeno nedostatečným opylováním (Hall, Brown, 1977), 9 % je způsobeno poruchami megasporogeneze, 17 % je způsobeno selháním pylu a 30 % v důsledku degenerace embryí (Kosinski, 1987).

Semenáček modřínu se skládá z 6 útlých děloh, které v prvním roce vyhání dlouhý prýt se spirálně umístěnými jehlicemi a bočními pupeny (Musil, Hamerník, 2007). Z bočních pupenů se v druhém roce života vyvinou brachyblasty se svazečky

jehlic. Jehlice na krátkých brachyblastech jsou uspořádány do shluku 20–40 jehlic, zatímco jehlice na dlouhých brachyblastech jsou uspořádány střídavě. Typické pro modřín je každoroční opad jehlic v podzimním období, což je mezi evropskými jehličnany jedinečné (Geburek, 2014). Jelikož si modřín uchovává spící pupeny i na silnějším kmeni, je zde možnost tvorby výmladků. Po vyvětvení obráží kmen výhonky, jak se také stává po ulámaní větví sněhovými závěsy (Úradníček a kol., 2014).

V mládí modřín trpí na poškození zvěří a dost špatně se hojí (Úradníček a kol., 2014), proto je nezbytná ochrana proti vytloukání zvěří a kontrola případného poškození myšovitými hlodavci (Balcar a kol., 2007). Později modřínu narůstá hrubá kůra a není nutné v takové míře klást důraz na nebezpečí poškození zvěří. V lesích, kde je vysoká koncentrace spárkaté zvěře a nějakým způsobem se před ní modřín v mládí ochrání, dokáže pak postupně získat převahu nad smrkem, který zvěř loupe do vyššího věku (Úradníček a kol., 2014).

Modříny jsou citlivé na lýkožrouta smrkového (*Ips Typographus*) a na jiné druhy rodu *Ips*, jako je „*Ips cembrae*“. Tito kůrovci jsou také spojováni jako vektory důležitých houbových patogenů (Marin a kol., 2005; Holuša a kol., 2013; Kirschner a kol., 2001; Giordano a kol., 2013; De Rigo a kol., 2016). U modřínů se může také vyskytovat rakovina modřínu způsobená plísní „*Lachnellula wilkomii*“. Považuje se za nejničivější chorobu modřínu v Evropě, zejména v nižších nadmořských výškách a na nedostatečných, špatně odvodněných lokalitách (Praciak, 2013). Dalšími plísnovými chorobami jsou: „*Meria laricis*“, která může způsobit výrazné odlistění, hniloba kořenů „*Heterobasidion annosum*“ (Savill, 2013) a sametová houba „*Phaeolus schweinitzii*“. Defoliace jehlic mohou být způsobeny hmyzem, jako například „*Coleophora laricella*“ nebo „*Zeiraphera diniana*“. Úhyny stromů způsobené deflátoři jsou vzácné události, ale napadené porosty modřínu trpí, což má za následek výrazné snížení růstu a také výrazné ekonomické ztráty (Habermann, 2000, Nola a kol., 2006).

Modřínové jádrové dřevo je vysoce ceněno z důvodu jeho pevnosti, pružnosti, trvanlivosti a zároveň lehkosti, má také pěknou barvou a lesk (Úradníček a kol., 2014). Dřevo modřínu bylo po staletí používáno v Alpách a Karpatech ke stavbě domů. Dalším tradičním využitím jsou ploty, brány, stojany na krmení a vodní žlaby pro zvířata. Modřínové dřevo se používá hlavně na řezivo, zejména ve stavebnictví, kde se vyžaduje dřevo s vysokou pevností a tvrdostí (Kotok, 1973). Vyrábí se z něho také

jemná dýha a používá se na sloupy, železniční pražce a důlní dřevo (Western Pine Association, 1953; Wilson, 1964). Modřín se používá zaměnitelně s douglaskou pro stavební řezivo a překližku (Kotok, 1973). Stromy se zakřivenou bází kmene byly druhováním rozděleny na jednotlivé sortimenty a následně se z nich vytvořily „Alphorný“, velké dechové nástroje s hlubokým nízkým tónem (Farjon, 2017). Dříve se také z modřínů v Alpách těžila pryskyřice tzv. „benátský terpentýn“, který byl využíván v medicíně jako antitusikum. Při ozeleňování a v sadovnictví nachází modřín menší uplatnění, ač je to pěkný solitér s přitažlivým podzimním zbarvením jehličí (Úradníček a kol., 2014). Modřín se také často používá jako okrasný strom, který se pěstuje v parcích a zahradách, kde mohou být stromy zavlažovány nekvalitní vodou s vysokou koncentrací solí (Plesa a kol., 2018).

2.1.3 Ekologické nároky

V oblasti střední Evropy je modřín díky svým vlastnostem a ekologické hodnotě je modřín zastoupen zejména v horských oblastech (Fellner a kol., 2016), existují zde však ekotypy hodící se k výsadbě v nižších polohách (Schober, 1949; Mayer, 1977; Englisch a kol., 2011; Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), 2013). V nižších nadmořských výškách na místech od chudých stanovišť až po středně živinami bohatými půdami funguje modřín jako kolonizátor lépe než jiné druhy horských stromů (Praciak, a kol., 2013; Del Favero, 2004), zatímco v podhorském pásu vytváří stabilnější lesy v čistých nebo smíšených porostech (Ellenberg, 2009). Ve srovnání s jinými jehličnany je modřín velmi netolerantní vůči stínu (Schober, 1949; Mayer, 1977; Englisch a kol., 2011; Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), 2013). Modřín přirozeně neroste ve slaném prostředí, ale může být ovlivněn relativně vysokou koncentrací solí v porostech poblíž horských silnic, v důsledku použití velkého množství NaCl k odmrázování silnic v zimním období (Plesa a kol., 2018). Z půdního hlediska je velice tolerantní k širokému spektru půdních podmínek. Vyvíjí se lépe v hlubokých půdách, dobře strukturovaných a provzdušněných s pH mezi 5,5 a 7 (Matras, Paques, 2008), ale někdy také na mělkých půdách suťových svahů s dostatkem vláhy (Anderson, 1950). Vyhýbá se písčitém a vysoce podmáčeným půdám chudým na živiny (Kölling, Zimmermann, 2007). Vyskytuje se na různých horninách, jaké představují vápence, dolomity, nebo čediče (Úradníček a kol., 2014). Dokáže také osídlovat surové půdy, a

jelikož se takové půdy v horách stále vytvářejí působením lavin, erozivní činností vody, spásáním a požáry, má tu zajištěno stále dostatek místa (Fér, Pokorný, 1993). Také se dokáže velice dobře vyrovnat s živinami chudou půdou a s malou dostupností vody (Schober, 1949; Mayer, 1977; Englisch a kol., 2011; Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), 2013). V oblastech s dostatkem, nebo dokonce s nadbytkem srážkové vláhly roste modřín na skalách a obsazuje místa v deštném stínu s kontrastním klimatem. Modřín se vyznačuje výraznou transpirací a s tím souvisí i jeho značná spotřeba vody (Úradníček a kol., 2014).

Modřín preferuje spíše kontinentální klima se suchým vzduchem s mnoha slunečnými dny a minimálním průměrným ročním úhrnem srážek 450 mm (Wolfslehner a kol., 2011; Falk a kol., 2012). Dokáže snášet i velmi nízké teploty, dokonce i pod -30°C (Masson, 2005). Na základě této skutečnosti se můžeme setkat s hojným zastoupením modřínu na hřebenových polohách závětrné strany, zatímco na návětrné straně chybí (Úradníček a kol., 2014).

2.1.4 Hospodářský význam

Modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.) sice nepatří k nejvýznamnějším, resp. k nejrozšířenějším dřevinám v lesním hospodářství České republiky, ale ve střední Evropě se řadí mezi jednu z nejdůležitějších a nejcennějších dřevin (Falk a kol., 2012). Někteří autoři, jako např. Matras a Pagues (2008) označují modřín jako nejrychleji rostoucí jehličnatý druh v západní a střední Evropě. Díky svému rychlému růstu v mládí a pionýrskému charakteru našel modřín řadu uplatnění nejen v lesnictví, ale také v dnešní době dosti rozšířeném agrolesnictví (Matras, Pagues, 2008). Na základě pozitivních výsledků výzkumu se ČR doporučuje jeho pěstování (Šindelář a kol., 2006). Ačkoli jsou lesy s příměsí modřínu velice málo zkoumané, jsou stejně důležité jako ostatní typy lesů a vyznačují se kvalitní ochranou funkcí proti sesuvům půdy (Sterba a kol., 2018; Tichavský a kol., 2019). V minulých desetiletích význam modřínu opadavého značně stoupá, je tomu tak díky jeho imisní odolnosti. Jehlice modřínu jsou velice citlivé k imisím, ale jelikož je každoročně obměňuje, můžeme konstatovat, že je modřín jako dřevina k imisím relativně odolná, výrazněji více než smrk (Úradníček a kol., 2014). Modřín dokáže snášet velké výkyvy teplot a na

některých hospodářských souborech zastupuje funkci pionýrské dřeviny (Martinec, Novák, 2018).

Modřín opadavý se stává v širším kontextu dřevinou žádanou, nejen pro jeho známé stabilizační a produkční funkci, ale i z hlediska rostoucí poptávky po vysoce kvalitní dřevní hmotě této dřeviny. Jednou z možností významného nárůstu produkce dřevní hmoty je využití geneticky vysoce vhodného – šlechtěného materiálu. Šlechtění lesních dřevin uplatňuje poznatky lesnické genetiky a tyto využívá ke zvyšování produkce dřevní hmoty, ke zvýšení konkrétních podílů kvalitativně hodnotnějších sortimentů, případně k produkci sortimentů na základě potřeb odběratele (Slávik, 2006).

2.1.5 Pěstební vlastnosti a způsoby pěstování

Aktuální zastoupení modřínu opadavého v českých lesích činí 3,8 %, přičemž v doporučené dřevinné skladbě by měl dosáhnout zastoupení až 4,5 %. Na Šumavě je zastoupení modřínu malé až skoro mizivé, uvádí se 0,72 % (Ministerstvo zemědělství, 2020).

Tabulka 1 - Zastoupení modřínu opadavého v jednotlivých PLO (Přírodní lesní oblasti, 2020)

	% zastoupení MD
PLO 1 - Krušné hory	5,00
PLO 2a - Podkrušnohorské pánve - Chebská a Sokolovská pánev	2,90
PLO 2b - Podkrušnohorské pánve - Mostecká a Žatecká pánev	4,00
PLO 3 - Karlovarská vrchovina	1,85
PLO 4 - Doupovské hory	8,93
PLO 5 - České středohoří	6,10
PLO 6 - Západočeská pahorkatina	3,00
PLO 7 - Brdská vrchovina	5,93
PLO 8 - Křivoklátsko a Český kras	7,00
PLO 9 - Rakovnicko-kladenská pahorkatina	8,10
PLO 10 - Středočeská pahorkatina	4,00
PLO 11 - Český les	1,00
PLO 12 - Předhoří Šumavy a Novohradských hor	2,80
PLO 13 - Šumava	0,72
PLO 14 - Novohradské hory	0,80
PLO 15a - Jihočeské pánve - část budějovická pánev	2,00
PLO 15b - Jihočeské pánve - část třeboňská pánev	1,00

PLO 16 - Českomoravská vrchovina	3,00
PLO 17 - Polabí	2,50
PLO 18 - Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	2,30
PLO 19 - Lužická pískovcová vrchovina	6,60
PLO 20 - Lužická pahorkatina	6,00
PLO 21 - Jizerské hory a Ještěd	2,45
PLO 22 - Krkonoše	1,00
PLO 23 - Podkrkonoší	5,60
PLO 24 - Sudetské mezioří	5,50
PLO 25 - Orlické hory	1,40
PLO 26 - Předhoří Orlických hor	4,00
PLO 27 - Hrubý Jeseník	1,24
PLO 28 - Předhoří Hrubého Jeseníku	7,00
PLO 29 - Nízký Jeseník	6,00
PLO 30 - Drahanská vrchovina	7,70
PLO 31 - Českomoravské mezioří	5,93
PLO 32 - Slezská nížina	4,70
PLO 33 - Předhoří Českomoravské vrchoviny	3,12
PLO 34 - Hornomoravský úval	2,00
PLO 35 - Jihomoravské úvaly	0,00
PLO 36 - Středomoravské Karpaty	7,01
PLO 37 - Kelečská pahorkatina	8,64
PLO 38 - Bílé Karpaty a Vizovické vrchy	5,00
PLO 39 - Podbeskydská pahorkatina	2,70
PLO 40 - Moravskoslezské Beskydy	1,00
PLO 41 - Hostýnskovsetínské vrchy a Javorníky	2,10

V hospodářských lesích je častá jednotlivá, nebo skupinovitá příměs modřínu a výrazně se nedoporučuje pěstování čistých modřínových porostů. Pěstování čistých modřínových porostů se považuje za nepřírozené, ani v areálu jeho přirozeného rozšíření nevznikají modřínové monokultury (Novák, Slodičák, 2006). Monokultury modřínu lze zakládat primárně v imisemi znečištěných oblastech, kde plní funkci náhradní dřeviny. Ačkoliv nesmíšené porosty modřínu špatně kryjí půdu, je tento nepříznivý vliv mírněn každoročním opadem jehlic. Zakládání nesmíšených modřínových porostů není ekologicky ani produkčně vhodné, poněvadž špatně kryjí půdu a umožňují tak rozvoj bylinné vegetace, která pak brání přirozené obnově modřínu (Poleno a kol., 2009). Přestože modřín na území ČR je původní pouze v Jesenické oblasti, je pro své vlastnosti a hospodářskou užitečnost vysazován na

celém území ČR zcela běžně. Dobrým příkladem je směs modřínu, smrku a buku (Poleno a kol., 2009). Pokud se vytvoří směs buku a modřínu je důležité, aby modřín dostatečně výškově předrůstal buk (Skořepa, 2004).

U modřínových monokultur je důležité zajistit dostatek horního a bočního světla nadějným jedincům. Správné načasování výchovných zásahů spočívá už v zapojujících se mlazinách, kde se negativním výběrem odstraní nemocní a netvární jedinci v úrovni a podúrovni. Nadějný jedince je třeba v porostu uvolnit tak, aby mezi jednotlivými stromy byla mezera v rozmezí 3–4 m (Vyskot a kol., 1978, Korpeřl a kol., 1991). Husté skupiny modřínu je třeba včas a silně proředit odstraněním v růstu zaostávajících jedinců přísným fenotypovým výběrem (Poleno a kol., 2009). Pro výchovu modřínu je nejdůležitější včas uvolnit vybrané úrovňové stromy v období pročistek. V růstové fázi tyčovin je modřín dorůstán ostatními dřevinami a jeho výchova spočívá ve výběru kvalitních jedinců, které chceme dopěstovat do mýtního věku v počtu podle požadovaného cílového zastoupení v porostu (Poleno a kol., 2009).

V pozdějším věku výchova porostů směřuje k odstranění utlačované podúrovně, ale v nastávajících tyčovinách a kmenovinách jsou významně doporučovány ve velké míře podúrovňové zásahy (Bezecný a kol., 1992). Úrovňový zásah není v této fázi úplně vyloučen, koruna by se měla uvolnit od tlaku okolních stromů, protože vyžaduje volnou korunu nejen shora ale i z boku (Poleno a kol., 2009). V modřínových porostech, ve kterých byla nějakým způsobem zanedbaná výchova, může dojít ke zmenšení přírůstu. Výchovná opatření ve stejnověkových, nesmíšených a kvalitních porostech II. věkové třídy je potřeba podříditi potřebám podsadeb a náletu přidaných dřevin (Novák, Slodičák, 2006).

Vysokou produkci poté vykazují nejkvalitnější dvouetážové porosty vzniklé touto metodou. Také v modřínových monokulturách, které byly založeny na zemědělských půdách, lze použít popisovaný postup. Modřín vytváří nejvhodnější jednotlivou, nebo skupinovou příměs především na živných stanovištích. Příměs modřínu více než 20 % je doporučována na stanovištích SLT 1B, 2B, 2H, 3C, 4S a 5N (Průša, 2001; Plíva, 2000). Na stanovištích SLT 3-4H a 3-4D může modřín tvořit příměs do 30 %. V porostech jiných dřevin, kde je modřín přimíšen, musí trvale předrůstat ostatní stromy, z čehož vyplývá, že musí být velice záhy uvolňován (Novák, Slodičák, 2006).

Ve smrkových porostech, kde hustota sazenic vychází na 3–4 tis. na 1 ha a které se nacházejí na bohatých živných stanovištích CHS 45 a 55 se doporučuje zahájit výchovné zásahy při horní porostní výšce 5 m selektivním podúrovňovým zásahem, po kterém by mělo v porostu zůstat rovnoměrně rozestoupeno minimálně 1600 ks nejkvalitnějších jedinců modřínu (Poleno a kol., 2009).

Obecně se ve smíšených porostech první zásah modřínu odloží až do odrůstající mlaziny výšky 3-5 m. Zásah se provede mírným proředěním se záporným výběrem spolu se zásahem do úrovně tak, aby se brzy opět zapojila koruna až na dotyk spodních nejdelších větví, a tím se podpořilo jejich usychání. Do stádia tyčoviny a slabé kmenoviny se pokračuje obdobným způsobem, kdy je výška stromu ve 20–30 letech na 2. bonitním stupni 10–15 m. V tomto případě se vyznačí zhruba 100 jedinců na ha a ty se jedním až dvěma zásahy uvolní. Poté by se měla vysadit příměs buku, lípy nebo javoru, sloužící jako stínící podrost pro udržení modřínového kmene přirozeně vyvětveným (Košulič, 2010).

Porosty, u kterých je předpoklad plnění všech funkcí v budoucnosti (přijatelná hustota jedinců více méně rovnoměrně po ploše) můžeme říct, že se jedná o geneticky kvalitní porosty. Jedná se o porosty, spadající do pásem ohrožení imisemi C-B, SLT 5–7 M, 6-7 K, 7 S, 6-7 V, 6-7 O a 8 Q. Výchova těchto porostů je zaměřena na zlepšení a udržení mimoprodukčních funkcí a rovněž na zvýšení kvality produkce. S výchovou je potřeba začít ve věku 7-10 let a při střední porostní výšce 2–3 m. Při prvním výchovném zásahu je nutné rozčlenit rozsáhlejší porosty linkami o šířce cca 4 m. Šířka pracovního pole se tak může pohybovat kolem 20 m. Výchovné zásahy disponují negativním úrovňovým výběrem, popřípadě s výběrem kombinovaným. Z úrovně se tím odstraní geneticky netvární a nevhodní jedinci a nadějně stromy se uvolní v počtu 300–500 ks na 1 ha. Při výchovných zásazích je kladen důraz na šetření přimíšených dřevin, které mají v podúrovni modřínových porostů příznivé podmínky k růstu. Ve věku přibližně 15 let a při střední porostní výšce 5–7 m se úrovňový zásah opakuje s kladným výběrem. Porosty lze již od II. věkové třídy podsazovat bukem, nebo jedlí (Novák, Slodičák, 2006). Cíl pěstebního opatření směřuje k vytvoření smíšených porostů s modřínem v nadúrovni a s bukem, jedlí a smrkem v úrovni a podúrovni (Poleno a kol., 2009).

Porosty zpravidla geneticky nekvalitní a nevhodné, avšak s dostatečnou hustotou stromů více méně rovnoměrně rozmístěnými po ploše označujeme jako porosty produkčně nefunkční, avšak plnící mimoprodukční funkce. Spadají do pásma ohrožení A, (B), SLT 5–8 Z, 8 K, 6–7 N, 8 V, 8 Q, 7–8 G a 7–8 R, tedy pro modřín nevhodná stanoviště. Pěstebním cílem je zde prohloubení a zachování ekologických funkcí a zvýšení stability porostů vůči imisím a škodlivým abiotickým činitelům. Výchovu porostů po rozsáhlejší rozčlenění je nutné zaměřit na negativní výběr v úrovni, při němž je potřeba odstranit nejvíce poškozené stromy. Cílem pěstebních zásahů je vytvořit smíšený porost s co nejvyšším ekologickým účinkem. Další úrovně výchovné zásahy s pozitivním výběrem jsou zaměřeny na podporu individuálně nejtolerantnějších a vitálních jedinců v porostní směsi a opakují se v 5–10letých intervalech (Novák, Slodičák, 2006). Nejvhodnější se z pěstebního hlediska jeví jednotlivá příměs modřínu v porostech. V takovýchto porostech by se mělo dbát na přiměřenou redukci už ve stádiu nárostů a mlazin na vzdálenost asi 15-20 m s ohledem na produkční cíl porostu (Vyskot a kol., 1978, Korpel a kol., 1991).

Při vzniku větších skupin modřínu, kde není předpoklad budoucího přirozeného přechodu s rostoucím věkem k příměsi jednotlivé, je třeba v nich hospodařit podle výše uvedených zásad (Novák, Slodičák, 2006).

2.1.6 Historie šíření druhu v České republice a na Šumavě

První zmínky o výskytu modřínu se datují již do 16. století, konkrétně v roce 1523 v prvním českém urbáři oblasti Krnovska. Nejpodstatnější záznamy o historii modřínu v Čechách byly kvůli rozsáhlému požáru v roce 1945 požáru zničeny v tehdejším říšském archivu v Opavě (Nožička, 1962).

Modřín opadavý byl na Šumavě poprvé zaveden roce 1791. Postupem času, se pěstování modřínu velice rozšířilo a ve třicátých letech byl zde obecně rozšířen, hlavně v panských lesích (Macar, Maršík, 2005).

V 16. století nebyl modřín na většině území původní dřevinou, ale modřínové dřevo bylo v Čechách velice známo. Dováželo se do Prahy z Jesenické oblasti. V okolí Hluboké nad Vltavou proběhly v roce 1771 první pokusy o pěstování modřínu, ale výsledek však není znám. Ve Štýrsku, na muravském panství proběhl druhý pokus o

pěstování modřínu po 11 letech v roce 1682. Kníže Schwarzenberg nechal nasbírat a poslat modřínová semena do Hluboké nad Vltavou tehdejšímu hejtmanu Hosinskému, který modřín zasel v blízkosti zámku, u Vltavy, na kamenité, vlhké a písčité půdě (Nožička, 1962).

V říjnu roku 1798 bylo od tyrolského obchodníka Ondřeje Hubra z Obernfussu u Innsbruck zakoupeno 112 kg semene modřínu a 8,96 kg bylo knížetem Schwarzenbergem přiděleno na Šumavu do města Vimperk (Nožička, 1962).

Nejdříve byla použita semena sudetského původu přizpůsobená místním podmínkám, ale od poloviny 19. století přišla možnost nakoupit levnější semena, původem od evropských modřínů ze středních Alp. Výsadby, ve kterých byla použita semena z vysokohorských alpských lokalit, utrpěly obrovské ztráty: 90 % lesních porostů ve věku 20–50 let bylo napadeno a zničeno rakovinou dřeva (Małgorzata a kol., 2018).

V důsledku této události začali lesníci více přihlížet na původ semene a postupně přicházeli na fakt, že podhorská a horská oblast nejvíce vyhovuje semenu z jesenické oblasti. Po tomto typu semene rapidně vzrostla poptávka a začal ho být velký nedostatek. Českým lesníkům se podařilo i přes všechny tyto nedostatky vypěstovat kvalitní modřínové porosty a rozšířit jejich zájem o další šíření (Nožička, 1962).

Základem pro využití modřínu v ČR je modřín z jesenické oblasti a je také označován jako sudetský ekotyp. Ačkoli u nás má v přirozené druhové skladbě pouze velice malé zastoupení, uvádí se, že doporučené zastoupení by mělo být 4,5 % plochy. V roce 2015 bylo v České republice zastoupení modřínu 3,9 %, Ústecký kraj přitom vykazuje největší zastoupení modřínu v ČR, ale porosty, které dosahují nejvyšší bonity, jsou v oblasti Moravy (Malčánková, Lukášová, 2017).

Ve vybraném zájmovém území s názvem Ptačí vrch, které spravuje Polesí Zátoň, které patří pod organizační jednotku Lesní závod Boubín podniku – Lesy České republiky s.p., není modřín původní dřevinou. Podle sdělení od Ing. Chlady, bývalého vedoucího polesí Zátoň, byly stromy vysázeny před ca 160 lety a semeno pocházelo z Murau v Rakouských Alpách. Aktuální zastoupení modřínu v druhové skladbě na Polesí Zátoň činí 0,33 % (14,21 ha) z celkových 4291,81 ha všech dřevin a na LZ Boubín 1,08 %.

3 Metodika

3.1 Zájmové území Ptačí Vrch – Šumava

Ptačí vrch – LHC Vimperk

- 867,7 m.n.m.
- roční průměrná teplota 5,1°C
- průměrný roční úhrn srážek na daném území 864 mm, vegetační doba trvá 121 dní

Porost 240A16

- výměra – 10,25 ha
- věk – 166 let
- lesní typ – 6S1 (svěží smrková bučina)
- cílový hospodářský soubor – 55 (bohatší podloží hlubších půd na bohatém a svěžím stanovišti)
- dřevinná skladba – MD (20 %), SM (50 %), BK (15 %), BO (5 %), JD (10 %)

Porost 233B16

- výměra – 10,25 ha
- věk – 166 let
- lesní typ – 6K6 (kyselá smrková bučina)
- cílový hospodářský soubor – 53 (stanoviště na kyselém podloží středně hlubokých půd a vodou ovlivněných stanovištích)
- dřevinná skladba – MD (9 %), SM (71 %), BK (1 %), BO (9 %), JD (10 %)

Lesní hospodářský celek (LHC) Vimperk je rozložen na území přírodních lesních oblastí PLO 12 – předhoří Šumavy a Novohradských hor a na PLO 13 – Šumava. Celkově se na LHC Vimperk rozkládá na ploše 18 468, 92 ha lesa. Ptačí vrch spadá do geomorfologického celku Šumavského podhůří, které se nachází v jeho jihovýchodní části. Šumavské podhůří má charakter členité vrchoviny vrásno-zlomového původu s výraznou modelací selektivní eroze a denudace. Protékají zde řeky Vltava, Otava, Volyňka, Otava a Blanice. Geologické podloží zkoumaných ploch modřínu pravděpodobně pochází z jednotvárné série moldanubika, která je zastoupena biotickými pararulami a migmatity rozličného typu. Na všech zkoumaných plochách jsou vytvořeny kambizemě (Textová část LHP – LHC Vimperk, 2015).

Oblast Šumavy je rozdělná na dvě základní klimaticky odlišné oblasti. První oblast, kterou je pohraniční pásmo společně s údolím Vltavické brázdy, horní Vltavy a Otavy v nadmořských výškách nad 800 m, dále pak jihozápadní svahy Boubínské hornatiny a Želnavské hornatiny. Druhou oblast zaujímají severní a severovýchodní svahy Boubínské hornatiny a také přilehlá část Šumavského podhůří. Většina Šumavy patří podle klimatického členění do chladné oblasti střeoevropského středohorského typu podnebí. Údolí Vltavy od Lenory a jižní svahy Želnavské hornatiny s některými částmi Šumavského podhůří spadají už do mírně teplé oblasti. Podnebí Šumavy má obecně přechodný charakter mezi kontinentálním (vnitrozemským) a oceánským (přímořským) podnebím, roční výkyvy teplot jsou malé a značně vysoké úhrny srážek se stejnoměrným rozložením během roku (Zavřel, Anděra, 2003).

Šumavské pláně, které jsou nejchladnější částí Šumavy, se rozkládají na 450 km² a tvořící tak nejrozsáhlejší souvislou plochu ve střední Evropě v nadmořských výškách nad 1000 m. n. m. V blízkosti těchto plání se nachází meteorologická stanice Churáňov s nadmořskou výškou 1122 m. n. m. Průměrná roční teplota se zde pohybuje maximálně do 4°C, nachází se zde také místo s průměrnou roční teplotou 2°C lokalizováno pod Jezerní slatí nad Kvildou v nadmořské výšce 1058 m. Nejchladnější den byl zaznamenán 30. ledna 1987, kdy byla naměřena teplota -41,6°C, naopak nejteplejší šumavský den byl 27. července 1983 s naměřenou teplotou +34,2°C (Zavřel, Anděra, 2003).

3.2 Produkční a růstové charakteristiky

3.2.1 Výčetní tloušťka ($d_{1,3} = \text{mm}$)

Postupně byl změřen každý strom, který se nacházel na výzkumné ploše digitální průměrkou „Digitech Professional.“ Pro větší přesnost měření tloušťky bylo zvoleno měření křížem každé dřeviny od výčetní tloušťky 7 cm.

3.2.2 Výška (m)

Pro stanovení zásoby porostu byly naměřeny výšky stromů v porostu. Výška byla měřena výškoměrem Vertex Laser 400 zapůjčeným z lesní správy Zátoň.

Počet výšek měřených pro každou dřevinu je udáván podle počtu všech změřených jedinců pro každou dřevinu. Při počtu stromů do 5 ks je nutno změřit všechny výšky. Při počtu stromů od 6 do 50 kusů je nutno změřit minimálně 6 výšek u každé dřeviny (Valenta, Šešulka, 2015).

3.2.3 Objem (m^3)

Objem stojících stromů byl následně vypočítán v excelových tabulkách, kde byly použity postupně na každou dřevinu vzorce objemových rovnic s kůrou i bez kůry podle Petráše a Pajtíka (1991).

3.2.4 Letokruhové analýzy

Pro analýzu růstových poměrů byly odebrány vývrty Presslerovým nebozezem ve výšce 1,3 m. Při odběru vývrtů práci významně komplikovala hniloba, která byla rozšířena u více než poloviny jedinců na zkusných plochách. Celkem bylo odebráno 37 vzorků z živých, nadúrovňových jedinců modřínu opadavého na dvou plochách. Šířka letokruhů byla změřena s přesností na 0,01 mm na měřícím stole LINTAB pomocí binolupy Olympus a zaznamenávána programem TsapWin od firmy Rinntech.

Série přírůstků letokruhů byly individuálně křížově datovány (odstranění chyb souvisejících s výskytem mylně zaznamenaných, nebo chybějících letokruhů) pomocí statistických testů v softwaru CDendro (Larsson, 2013) a následně vizuálně

zrevidovány odhalené nesrovnalosti. Pokud byl nalezen chybějící letokruh, na jeho místo byl následně přidán letokruh nulové hodnoty. Letokruh, mylně zaznamenaný byl odstraněn a hodnota jeho přírůstu byla přičtena k předcházejícímu letokruhu.

Konkrétní křivky byly následně v programu R, v balíčku Dplr., dvoukrokově detrendovány. Statistické srovnání časových řad přírůstků průměru a časových řad klimatických faktorů nám umožní zjistit, jaký je dlouhodobý průměrný vliv studovaných klimatických parametrů na přírůsty jednotlivých jedinců modřínu. Vlivy, které se vyskytují s nízkou frekvencí a které mají také zásadní vliv na růst stromů, nemusí být v korelační analýze statisticky významně prokázány (Kienast a kol., 1987). Ke stanovení těchto účinků byla použita analýza let negativních ukazatelů. Rok negativního ukazatele je definován jako extrémně úzký letokruh s redukcí růstu nepřesahující 40 % ve srovnání s průměrnou šířkou letokruhu ve čtyřech předchozích letech a výrazné snížení přírůstu bylo zjištěno alespoň u 20 % stromů z oblasti (Kroupová, 2002). Exponenciálně klesající a věkem podmíněný růstový trend byl odstraněn v prvním kroku metodou ModNegExp (Bunn, Korpela, 2021) a poté byla data detrendována metodou spline s časovým oknem 67 % stáří série (Cook, Kairiukstis, 1990). Detrendované letokruhové série byly následně použity na tvorbu stanovištní chronologie jako robustní průměr.

Průměrné letokruhové série z TVP byly korelovány s klimatickými daty (teplota, srážky) podle jednotlivých měsíců a let. Data o klimatu (1855–2019) byla získána z meteorologické stanice Lenora na Šumavě. Pro vytvoření modelu tloušťkového přírůstu v závislosti na klimatických charakteristikách byl použit software DendroClim (Biondi, Waikul, 2004).

3.2.5 Korfova růstová funkce

Korf (1939) při formulaci této funkce vycházel z tzv. intenzity růstu α , která je dána poměrem první derivace funkce k funkci samotné:

$$\alpha = \frac{f'(t)}{f(t)}$$

Růstová intenzita v okolí počátku růstu má nekonečně velké hodnoty. V první růstové fázi klesá velmi rychle, potom pomaleji a ve vysokém věku se blíží nule. Růstová intenzita byla vyjádřena rovnicí:

$$\alpha = \frac{k}{t^n}$$

Úpravou této rovnice se získal základní tvar Korfovy růstové funkce (A , k , n jsou parametry určující tvar funkce, parametr A je asymptota, k níž se hodnoty růstové veličiny v nekonečnu přibližují, t je věk, e je základ přirozených logaritmů)

$$y = A \cdot e^{\frac{k}{(1-n) \cdot t^{n-1}}}$$

Její první derivace (běžný přírůst) je:

$$BP = A \cdot e^{\frac{k}{(1-n) \cdot t^{n-1}}} \cdot \frac{k}{t^n}$$

Průměrný přírůst je definován jako podíl růstové funkce a příslušného věku. Důležitou veličinou je také výpočet doby kulminace běžného a průměrného přírůstu. Běžný přírůst kulminuje ve věku t_1 :

$$t_1 = \sqrt[n-1]{\frac{k}{n}}$$

Průměrný přírůst kulminuje ve věku t_2 :

$$t_2 = \sqrt[n-1]{k}$$

3.3 Monitorované plochy

Na základě terénní rekognoskace byly v porostu vybrány 4 monitorované plochy. Výzkum byl zaměřen hlavně na Modřín opadavý (*Larix decidua Mill.*), protože zde je prezentován jeho pěstební potenciál na Šumavě. Celková výměra monitorovaných ploch je 1 ha. Na všech monitorovaných plochách byl změřen každý strom, který splňoval kritérium $d_{1,3} > 7$ cm.

Po změření základních dendrometrických veličin ($d_{1,3}$, výška) byla data z digitální průměrky stažena do počítače, kde v programu excel probíhala jejich úprava a další zpracování. Pomocí výčetní tloušťky ($d_{1,3}$) a výšky (h) byly vypočítány objemy jednotlivých stromů a jednotlivých dřevin. Pro výpočet objemu stojících stromů byly použity vzorce Petráše a Pajtíka (1991). Dále byla provedena dendrochronologická analýzy na základě měření tlouštěk letokruhů odebraných vývrtů. Měření bylo provedeno na příčném řezu. Aby byla šířka letokruhů dobře měřitelná, musí se povrch opracovat broušením, k této operaci byla použita kotoučová a pásová bruska.

3.3.1 Severní expozice

Monitorované plochy severní expozice spadají do CHS 53 - hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh a 6K6 – Kyselé smrkové bučiny (6. LVS)

CHS 53 - jedná se o stanoviště na kyselém podloží středně hlubokých půd. Porosty s průměrnou produkcí, které jsou částečně ohroženy větrem a sněhem. Intenzivní výchovné zásahy ve smrkových porostech se zaměřením na stabilitu a kvalitu porostu a úpravu druhové skladby ve prospěch vtroušených a přimíšených dřevin. Prořezávky v bukových a smíšených porostech pouze úrovňové a nadúrovňové s odstraněním netvárných jedinců a uvolnění vtroušených a přimíšených dřevin. Probírky jsou realizovány pozitivním výběrem s cílem podpory nadějných vybraných stromů v úrovni, jejichž počet je v rozmezí 250–400 jedinců. Pro přirozenou obnovu porostu vytváří CHS 53 dobré podmínky s využitím maloplošné clonné seče. Chybějící cílové dřeviny se doplňují umělou obnovou. Pokud není možná přirozená obnova, obnovuje se uměle, často s výhodou pro stinné dřeviny. (Poleno a kol., 2009)

6K6 – reprezentuje drsnější a humidnější klima středních horských poloh s přirozeným zastoupením smrku ztepilého, sníženou kvalitou buku lesního a malým výskytem jedle bělokoré. Zaujímá členité vrchoviny a hornatiny na kyselých horninách, méně zvlňené plošiny nebo hřbety, v oblastech údolního pískovcového dna. V některých hornatinách je nejrozšířenějším souborem lesních typů. Na Šumavě se zaujímá celkem 23 % souboru lesních typů. Půda je zde čerstvě vlhká a středně hluboká, hlinitopísčité až písčité a slabě až středně skeletovitá. Půdním typem je převážně kryptopodzol typicky oligotrofní, někdy kambizem oligotrofní, většinou podzolovaná. Humusová forma je morový moder až mor, na kambizemích i moder. Dřeviny, které se na tomto stanovišti přirozeně vyskytují, jsou: buk, smrk, jedle, borovice, bříza a jeřáb (Průša, 2001).



Obrázek 1 - Porostní mapa a vyznačené zkusné lochy č. 1 a 2

Pomocí pásma byly vytyčeny velikosti ploch. Každá plocha o velikosti 50 x 50 m. Dohromady obě plochy čítaly 1 ha. Jako ohraničení obou ploch byly použity smrkové kůly, poskytnuté od zaměstnanců polesí Zátoň, které byly následně zatlučené

do země v rozích ploch. Pro zlepšení orientace a viditelnosti hraničních bodů plochy byly vrcholy kůlů zvýrazněny oranžovým sprejem.

3.3.2 Jižní expozice

Monitorované plochy jižní expozice spadají do CHS 55 – hospodářství živných stanovišť vyšších poloh a 6S1 – svěží smrková bučina (6. LVS).

CHS 55 – bohatší podloží hlubších půd na bohatém a svěžím stanovišti. Velké ohrožení rozvoje buřeně, zvýšené ohrožení sněhem a větrem. Porosty s průměrnou a nadprůměrnou produkcí. Výchova se v mladých smrkových porostech realizuje intenzivní prořezávkou za účelem zvýšení stability porostů a na úpravu druhové skladby porostů. Mírnější úrovňové zásahy se doporučují provádět ve starších porostech. Aby se předešlo zabuřenění, doporučuje se udržet zápoj nad 90 %. Výchovné zásahy v bukových porostech jsou podobné jako u CHS 53. Probírky jsou zaměřeny tak, aby cílový počet nadějných stromů na 1 ha v úrovni byl mezi 300–500 jedinci. Přirozená obnova je značně omezena díky vitálnímu rozvoji buřeně, proto je důležité zachovat plný zápoj až do mýtního věku. Upřednostňují se malé clonné seče, pro dosažení kvalitní přirozené obnovy. Pokud není možná přirozená obnova, obnovují se porosty uměle – násečným postupem, což je často výhodné pro stinné dřeviny (Poleno a kol., 2009).

6S1 – Jedná se o svěží smrkovou bučinu, hojnou v horní i dolní části svahů, hřebeny a úžlabiny, ve vrchovinách a horských polohách na různém podloží. Převážně v nadmořských výškách zhruba 650 – 1050 m.n.m. Čerstvě vlhká, kyselá, hluboká půda. Slabě až středně zásobená živinami. Půdním typem je kryptopodzol typický mezotrofní, někdy kambizem oligo-mezotrofní. Humusová forma je moder. Dřeviny, které se na tomto stanovišti přirozeně vyskytují, jsou: buk, smrk, jedle, klen (Průša, 2001).



Obrázek 2 – porostní mapa a vyznačené zkusné plochy č. 3 a 4

Plocha číslo 3 a 4 se nachází v porostu 240 A16. Pro vytvoření těchto dalších ploch byla použita stejná metoda jako pro první dvě plochy.

3.3.3 Přirozená obnova

Přirozená obnova byla hodnocena podle expozičních stran na severní a jižní straně TVP. Byly vytvořeny 4 plochy, každá o velikosti 50 m². Hodnoty přirozené obnovy byly sloučeny do jedné plochy na každé expozici a přepočítány na 1 ha.

3.4 Testované hypotézy

3.4.1 Rozdíly produkčních charakteristik mezi dřevinami na celém zkoumaném území

V práci se předpokládá, že v produkčních charakteristikách mezi zastoupenými druhy dřevin (modřín, smrk, buk, borovice, jedle) existují statisticky významné rozdíly, a to na základě 3 základních produkčních charakteristik (výčetní tloušťka, výška, objem b.k.). Pro ověření daného předpokladu byla stanovena následující obecná hypotéza:

H₀: Z hlediska vybrané produkční charakteristiky (výčetní tloušťka, výška, objem b.k.) není mezi zkoumanými dřevinami významný rozdíl.

H₁: Z hlediska vybrané produkční charakteristiky (výčetní tloušťka, výška, objem b.k.) existuje mezi zkoumanými dřevinami významný rozdíl.

Pro ověření této hypotézy byl použit mediánový test. Jedná se o neparametrický test, který ověřuje hypotézu shodnosti mediánu pro dva či více nezávislé výběry. Výhodou je, že není nutný předpoklad podobnosti rozptylů napříč výběrovými soubory (normalita dat totiž nebyla potvrzena). Tento test je také vhodný za situace, kdy se v souboru vyskytuje mnoho odlehých hodnot (Siegel, Castellan, 1988). Test je principiálně založen na rozdílu množství hodnot pod a nad společným mediánem všech skupin.

Pro posouzení, které dvojice výběrů (dřevin) se od sebe významně liší, byla dále využita metoda vícenásobného porovnávání p-hodnot, využívající Kruskal-Wallisův H test.

3.4.2 Rozdíly produkčních charakteristik mezi jednotlivými plochami

Dále se v práci předpokládá, že v produkčních charakteristikách jednotlivých ploch (1,2,3,4) existují statisticky významné rozdíly. Pro plochy byla na základě produkčních charakteristik stanovena následující obecná hypotéza:

H0: Zkoumané TVP (1,2,3,4) nejsou z hlediska vybrané produkční charakteristiky (výčetní tloušťka, objem b.k., výška) významně rozdílné.

H1: Zkoumané TVP (1,2,3,4) jsou z hlediska vybrané produkční charakteristiky (výška, objem b.k., výčetní tloušťka) významně rozdílné.

Pro ověření této hypotézy byl ze stejných důvod jako analýz rozdílů mezi produkčními charakteristikami dřevin použit mediánový test. Pro posouzení, které dvojice výběrů (dřevin) se od sebe významně liší, byla dále využita metoda vícenásobného porovnávání p-hodnot, využívající Kruskal-Wallisův H test.

3.4.3 Rozdíly produkčních charakteristik modřínu mezi expozicemi

Dále se v práci předpokládá, že v produkčních charakteristikách modřínu existují statisticky významné rozdíly mezi výzkumnými plochami s jižní a severní expozicí. Pro modřín byla na základě produkčních charakteristik stanovena následující obecná hypotéza:

H0: Zkoumaná dřevina (modřín) není z hlediska vybrané produkční charakteristiky (výčetní tloušťka, objem b.k., výška) významně rozdílná na ploše se severní a jižní expozicí.

H1: Zkoumaná dřevina (modřín) je z hlediska vybrané produkční charakteristiky (výška, objem b.k., výčetní tloušťka) významně rozdílná na ploše se severní a jižní expozicí.

Vzhledem k tomu, že nelze usuzovat na normální rozdělení hodnot těchto znaků, byl pro ověření této hypotézy použit Mann-Whitneyův U test. Výhodou je také to, že není podmínkou, stejná velikost souboru pro obě stanoviště. Test porovnává mediány vybrané charakteristiky ve dvou nezávislých souborech.

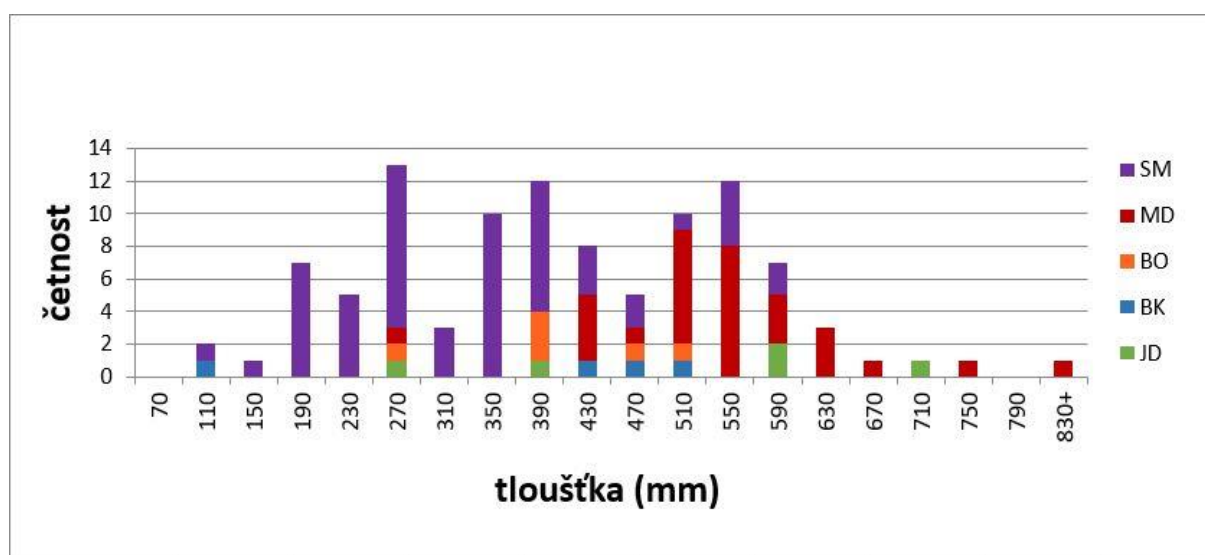
Statistické výpočty a modelování růstu pomocí Korfovy růstové funkce byly provedeny v softwaru TIBCO Statistika, version 13.4.0.14.

4 Výsledky a diskuze

4.1 Tloušťková struktura

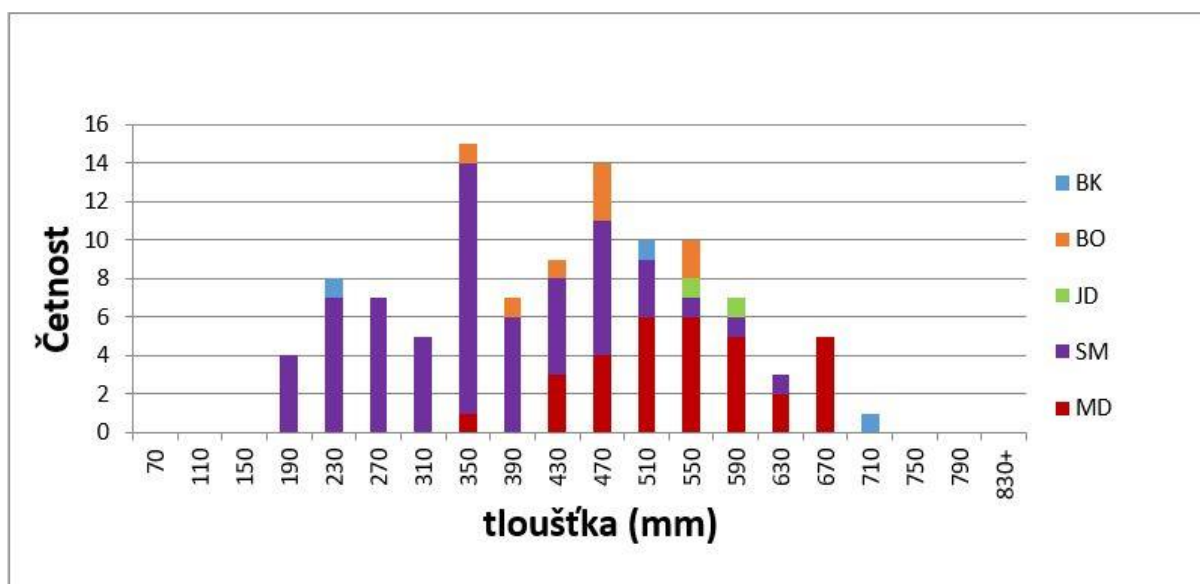
Grafy pro tloušťkovou strukturu byly vypracovány pro každou plochu zvlášť. Každá dřevina je jinak barevně odlišena. Grafy nebylo možné vyhotovit tak, aby byl každý zvlášť pro jednotlivou dřevinu z důvodu malého zastoupení jednotlivých dřevin v porostu. Tloušťkové stupně jsou v milimetrech a rozstup mezi jednotlivými tloušťkovými stupni je 40 mm.

Obrázek č. 3 ukazuje tloušťkovou strukturu na ploše č. 1, na které v četnosti výrazně dominuje smrk, který se vyskytuje převážně v první polovině tloušťkových stupňů. Tloušťkové rozpětí smrku končí ve stupni 590. Modřín jako druhá nejvýznamnější dřevina na této ploše má zastoupení také v mnoha tloušťkových stupních, ale oproti smrku především ve druhé polovině tloušťkových stupňů. Zbytek dřevin se vyskytuje napříč tloušťkovými stupni a nějak výrazně nedominují. Můžeme tedy konstatovat, že modřín vytváří hlavní úroveň porost, smrkem tvoří podúroveň porostu, ale částečně zasahuje i do hlavní úrovně. Zastoupení jednotlivých dřevin na první zkusné ploše je: jedle – 5 %, buk – 4 %, borovice – 6 %, modřín – 29 % a smrk 56 %.



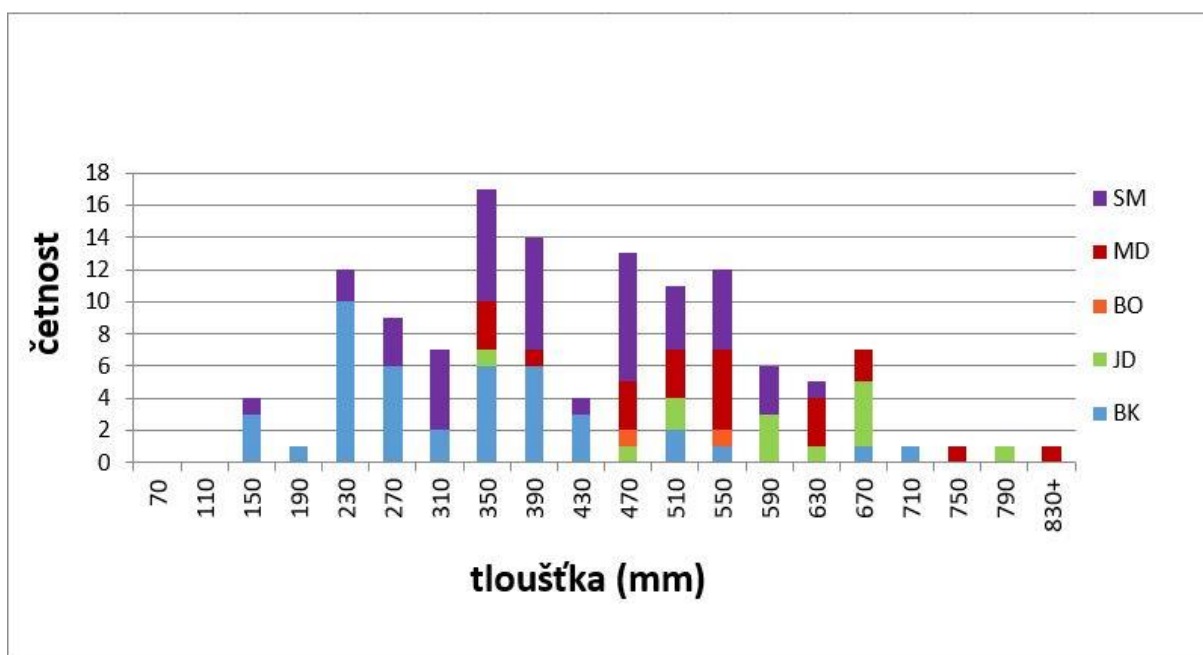
Obrázek 3 - Histogram tloušťkových stupňů na ploše č. 1

Na obrázku č. 4, který reprezentuje plochu č. 2, můžeme znovu vidět výraznou početní dominanci smrku ve spodních tloušťkových stupních. Smrk nicméně zasahuje s výjimkou dvou posledních do všech tloušťkových stupňů. Na smrk postupně navazuje modřín a tvoří tak dominantní dřevinu v druhé polovině tloušťkových stupních a zároveň také hlavní úroveň porostu. Buk a borovice zde výrazně nedominují. Zastoupení dřevin na ploše č. 2 je podobné ploše č. 1, zastoupení buku a jedle je však nižší. Procentuální zastoupení je: jedle – 2 %, buk – 3 %, borovice – 8 %, modřín – 30 % a smrk – 57 %.



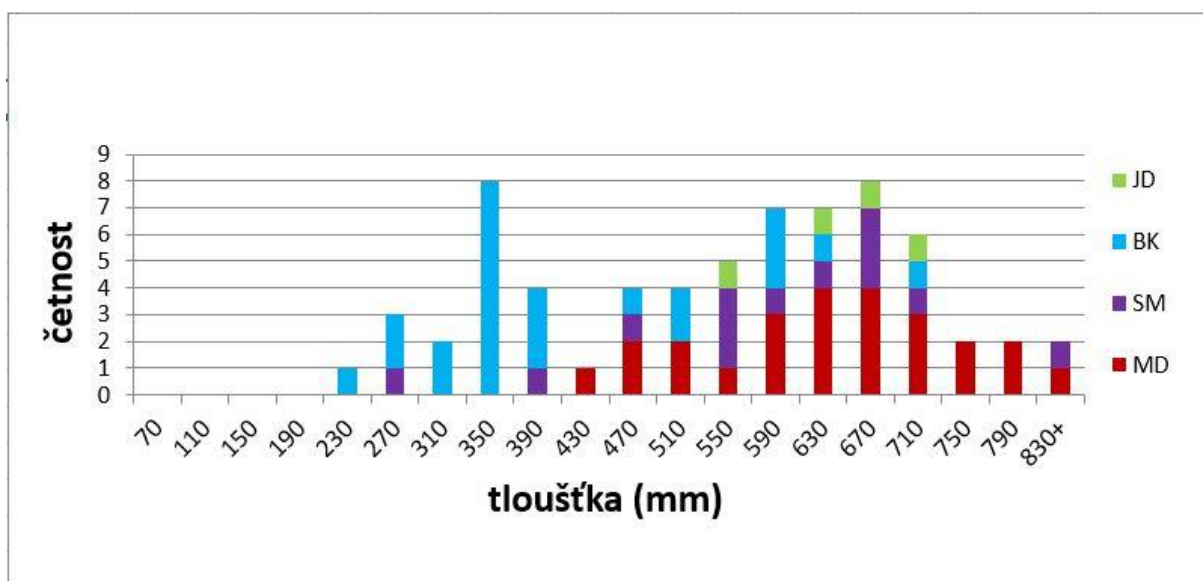
Obrázek 4 - Histogram tloušťkových stupňů na ploše č. 2

Na ploše č.5 je podstatně vyšší zastoupení buku, který v tomto porostu vytváří jak podúroveň, tak i hlavní úroveň porostu. Dokazuje to jak zastoupení v nižších tloušťkových stupních, tak i zastoupení v tloušťkových stupních 670 a 710. Smrk je i v tomto porostu stále dominantní dřevinou z hlediska zastoupení v jednotlivých tloušťkových stupních, které končí ve stupni 630, ale buk mu zde dokáže velice dobře konkurovat a dosahuje vyšší maximální tloušťky (stupeň 710). Zastoupení dřevin je na této ploše s jižní expozicí: buk – 33 %, jedle – 10 %, borovice – 2 %, modřín – 17 %, smrk – 37 %.



Obrázek 5 - Histogram tloušťkových stupňů na ploše č. 3

Také na ploše č.4 dokazuje modřín růstovou dominanci největším zastoupením ve druhé polovině tloušťkových stupňů (obr. 6). Srovnatelně je na tom buk, který tak vytváří s modřínem hlavní úroveň porostu. Na této ploše můžeme stejně jako na předchozí ploše č.3 sledovat vyšší zastoupení buku, naopak borovice na poslední ploše úplně chybí. Podmínky, které má modřín na ploše č.4 se podle grafu jeví jako optimální, protože zde dosahuje největší dimenzí a maximální produkční potenciál. Zastoupení podle jednotlivých dřevin zde je: jedle – 6 %, buk – 36 %, smrk – 20 % a modřín 38 %.



Obrázek 6 - Histogram tloušťkových stupňů na ploše č. 4

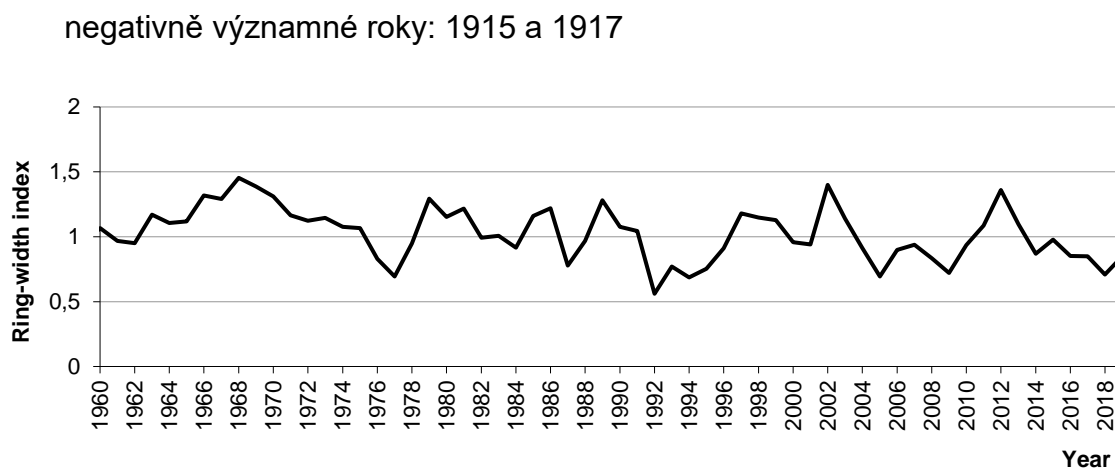
Z předešlých grafů můžeme konstatovat, že modřín v CHS 55 dokáže jednoznačně dosahovat vyšších produkčních parametrů než v CHS 53, v obou případech však v porovnání s ostatními dřevinami produkčně dominuje.

4.2 Radiální růst dřevin v závislosti na klimatu

Standardní letokruhová chronologie modřínu byla zkoumána na dvou plochách s různou expozicí. Výzkum letokruhové chronologie ovlivnil fakt, že většina stromů na výzkumných plochách byla výrazně poškozena hnilobou a nebylo možné získat vzorky dostatečné kvality. Druhým omezujícím faktorem byla mýtní úmyslná těžba, která se orientovala převážně na modřín. Na základě těchto faktů se sloučily dohromady plochy severní expozice č. 1 a 2 a plochy jižní expozice č. 3 a 4.

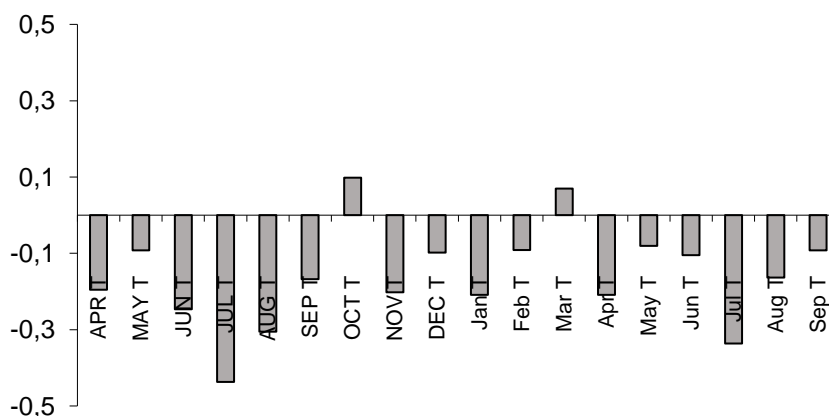
4.2.1 Severní expozice

Na ploše severní expozice se podařilo odebrat celkem 30 vzorků vývrtů modřínu a výsledky ze standardní letokruhové chronologie v letech 1960-2018 ukazují nevyrovnaný radiální přírůst pohybující se kolem letokruhového indexu 1,0. Můžeme zde vyzorovat výrazný pokles radiálního růstu v letech 1977, 1992 což bylo způsobeno výrazným poškozením asimilačního aparátu pozdním mrazem a v r. 1994 vlivem sucha. Další významný pokles radiálního růstu můžeme sledovat v letech 2005, 2009, kde byl pokles radiálního růstu významně ovlivněn nadprůměrně vysokým úhrnem srážek (obr. 7). Autoři Fourchy (1952), Sandoz a Barbero (1974) uvádí, že pokles radiálního růstu může významně ovlivnit vyšší úhrn srážek.



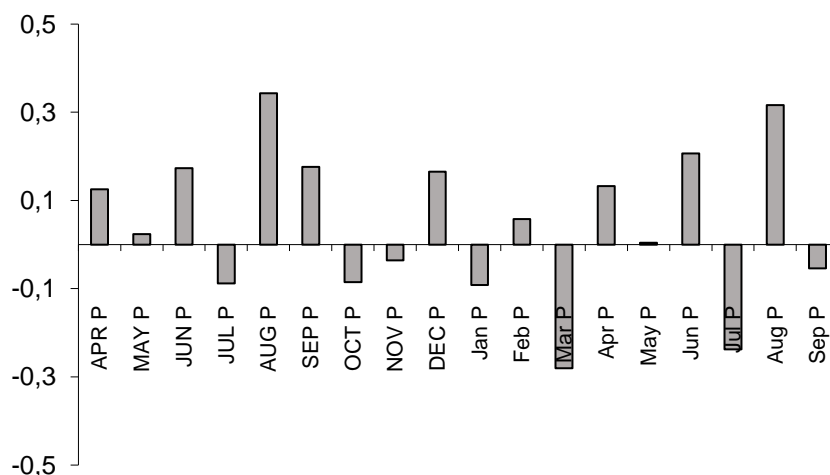
Obrázek 7 - Standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na severní expozici vyjádřena letokruhovým indexem

Korelační koeficienty regionální stanovištní chronologie modřínu s průměrnými měsíčními teplotami jsou statisticky významné. Hodnoty jsou od dubna předchozího roku až po září toho roku v časovém období 1964–2017. Tloušťkový přírůst modřínu vykazuje negativní korelaci s teplotou v měsících duben, květen, červen, červenec, srpen, září, listopad a prosinec předchozího roku a také leden, únor, duben, květen, červen, červenec, srpen a září toho roku (obr. 8). Nejvýznamnější negativní korelaci vykazuje měsíc červenec předchozího roku, kde je hodnota $r = -0,4$. Stejných výsledků dosáhli i Danek a kol. (2017), kteří uvádějí, že hlavním faktorem omezujícím radiální přírůst letokruhů modřínu ve vegetačním období je teplota. Tloušťkový přírůst modřínu vykazuje také pozitivní korelaci s měsíčními teplotami, a to v říjnu předchozího roku a březnu toho roku, kde se obě hodnoty r rovnají 0,1 (obr. 8).



Obrázek 8 - Hodnoty koeficientů korelace standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na TVP severní expozice s měsíčními teplotami (T) od dubna v předchozím roce do září běžného roku za období 1960–2018 pro teploty. Hodnoty jsou statisticky významné ($\alpha = 0,05$).

Korelační koeficienty regionální stanovištní chronologie modřínu s průměrnými měsíčními srážkami vykazují statisticky významné hodnoty. Hodnoty jsou uvedeny od dubna předchozího roku až po září toho roku v časovém období 1964–2017. Tloušťkový přírůst modřínu vykazuje statisticky významnou negativní korelaci v měsících červenec, říjen a listopad předchozího roku, ale také leden, březen, červenec a září toho roku. Nejvýznamnější statisticky průkaznou negativní korelaci vykazuje měsíc březen předchozího roku, kde hodnota $r = -0,3$. Tloušťkový přírůst modřínu vykazuje také statisticky významnou pozitivní korelaci s měsíčními srážkami, a to v dubnu, květnu, červnu, srpnu, září a prosinci předchozího roku a v únoru, dubnu, červnu a srpnu toho roku. Nejvýznamnější statisticky průkaznou kladnou korelaci vykazuje měsíc srpen předchozího roku, kde je hodnota $r = 0,3$ (obr. 9).

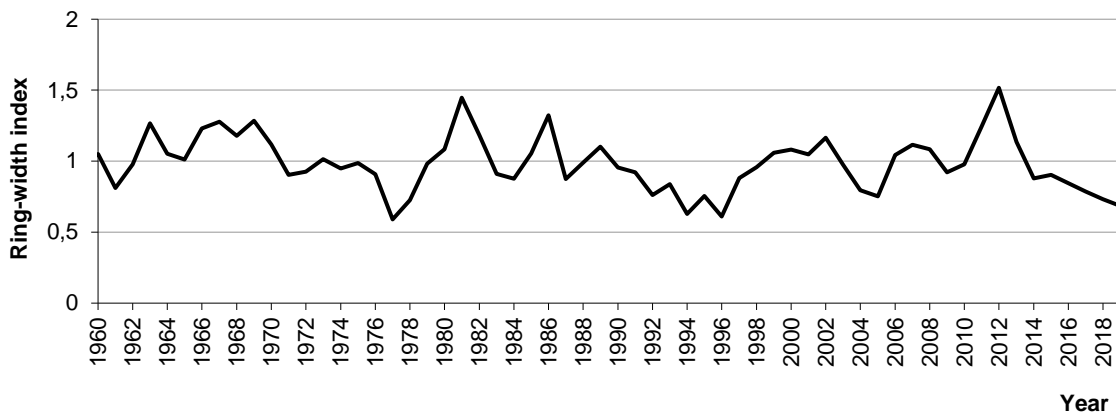


Obrázek 9 - Hodnoty koeficientů korelace standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na TVP severní expozice s měsíčními srážkami (P) od dubna v předchozím roce do září běžného roku za období 1960–2018 pro srážky. Hodnoty jsou statisticky významné ($\alpha = 0,05$).

4.2.2 Jižní expozice

Na ploše s jižní expozicí (č. 3 a 4) se podařilo odebrat jen 17 vzorků, také z důvodu rozsáhlé hniloby. Výsledky ze standardní letokruhové chronologie modřínu v letech 1960-2018 ukazují nevyrovnaný radiální přírůst pohybující se kolem letokruhového indexu 1,0. Můžeme zde vyzorovat zvýšený radiální přírůst v letech 1981, 1986 a 2012, kde průměrný roční úhrn srážek a průměrná roční teplota vytvořila nadprůměrné podmínky pro růst modřínu. Výrazný pokles radiálního růstu můžeme vyzorovat v roce 1977, který byl významně ovlivněn poškozením asimilačního aparátu pozdním mrazem a také v letech 1994 a 1996, kde byl pokles radiálního přírůstu pravděpodobně způsoben suchem (obr. 10). Tuto teorii potvrzují např.: EEA (2012), Elkin a kol. (2013) a APCC (2014), kteří tvrdí že zvyšující se teploty a snižující se srážky působí zvýšený stres.

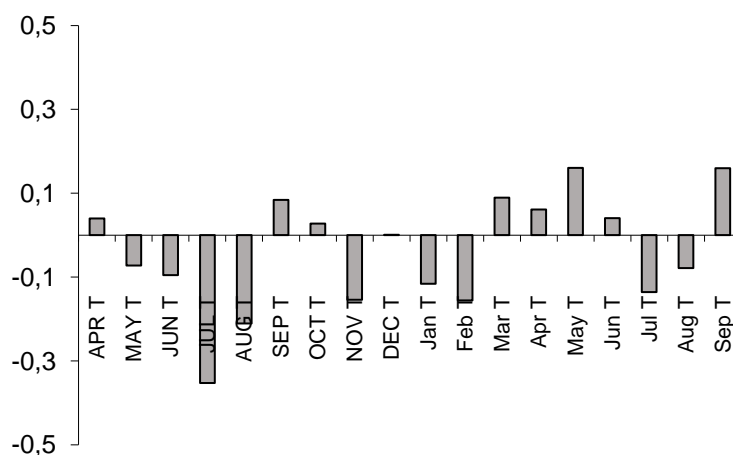
Negativně významné roky na jižní expozici nebyly zjištěny.



Obrázek 10 - Standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na jižní expozici vyjádřena letokruhovým indexem

Korelační koeficienty regionální stanovištní chronologie modřínu s průměrnými měsíčními teplotami jsou statisticky významné. Hodnoty jsou uvedeny od dubna předchozího roku až po září toho roku v časovém období 1964–2017. Tloušťkový přírůst modřínu na jižní expozici vykazuje statisticky průkaznou negativní korelaci

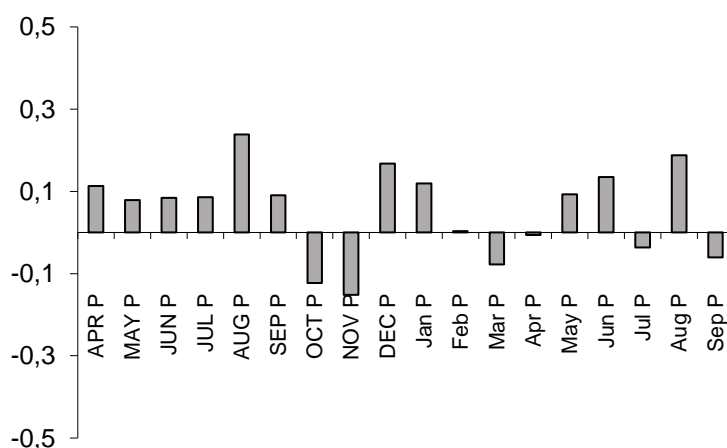
v měsících květen, červen, červenec, srpen a listopad předchozího roku, ale také v měsících leden, únor, červenec a srpen toho roku. Nejvýznamnější statisticky průkaznou negativní korelaci vykazuje červenec předchozího roku, kde hodnota $r = -0,4$. Tloušťkový přírůst modřínu vykazuje také statisticky průkaznou pozitivní korelaci s měsíčními teplotami, a to v září, říjnu a prosinci předchozího roku a březnu, dubnu, květnu, červnu a září toho roku. Nejvýznamnější statisticky průkaznou kladnou korelaci vykazují měsíce květen a září toho roku, kde hodnota $r = 0,2$ (obr. 11).



Obrázek 11 - Hodnoty koeficientů korelace standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na TVP severní expozice s měsíčními teplotami (T) od dubna v předchozím roce do září běžného roku za období 1960–2018 pro teploty. Hodnoty jsou statisticky významné ($\alpha = 0,05$).

Korelační koeficienty regionální stanovištní chronologie modřínu s průměrnými měsíčními srážkami vykazují statisticky významné korelační hodnoty. Hodnoty jsou uvedeny pro období od dubna předchozího roku až po září toho roku v časovém období 1964–2017. Tloušťkový přírůst modřínu vykazuje negativní korelaci s průměrnými srážkami v měsících říjen a listopad předchozího roku a také březen, duben, červenec a září toho roku. Nejvýznamnější statisticky průkaznou negativní korelaci vykazuje měsíc listopad předchozího roku, kde je hodnota $r = -0,2$. Tloušťkový přírůst modřínu vykazuje také pozitivní korelaci s měsíčními teplotami, a to v dubnu,

květnu, červnu, červenci, srpnu, září a prosinci předchozího roku a květnu, červenci a srpnu toho roku. Nejvýznamnější statisticky průkaznou kladnou korelaci vykazuje měsíc srpen předchozího roku, kde je hodnota $r = 0,2$ (obr. 12).



Obrázek 12 - Hodnoty koeficientů korelace standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na TVP jižní expozice s měsíčními srážkami (P) od dubna v předchozím roce do září běžného roku za období 1960–2018 pro srážky. Hodnoty jsou statisticky významné ($\alpha = 0,05$).

Studie provedená v Polsku ukázala statisticky průkaznou negativní korelaci mezi teplotou vzduchu v červenci – září předchozího roku a velikostí radiálního přírůstu. Srážky ukazují statisticky průkaznou pozitivní korelaci v květnu – září předchozího roku. (Koprowski, 2012). Tyto poznatky se téměř shodují s výsledky tohoto výzkumu, mimo teplot v září předchozího roku, kde naše studie na jižní expozici ukazuje statisticky průkazné pozitivní korelace s teplotami vzduchu. Autoři Oleksyn a Fritts (1991) dospěli k závěru, že radiální přírůst ukazuje statisticky průkaznou pozitivní korelaci s teplotami v letních měsících. Výsledky na jižní expozici se neshodují s výsledky autorů Oleksyn a Fritts a radiální přírůst ukazuje statisticky průkaznou negativní korelaci s teplotami v letních měsících, a to výrazně v měsíci červenec a srpen (Obr. 11). Důvodem by mohla být odlišná lokalita, ve které se modřín vyskytuje např. jiná nadmořská výška nebo odlišné průměrné roční teploty.

4.3 Statistické vyhodnocení produkčních vlastností všech dřevin u všech ploch dohromady

4.3.1 Výčetní tloušťka

V této kapitole ověřujeme stanovenou hypotézu z kapitoly 3.4.1 pro výčetní tloušťku ($D_{1,3}$).

Tabulka 2 - Mediánový test, výčetní tloušťka ($D_{1,3}$) pro všechny dřeviny

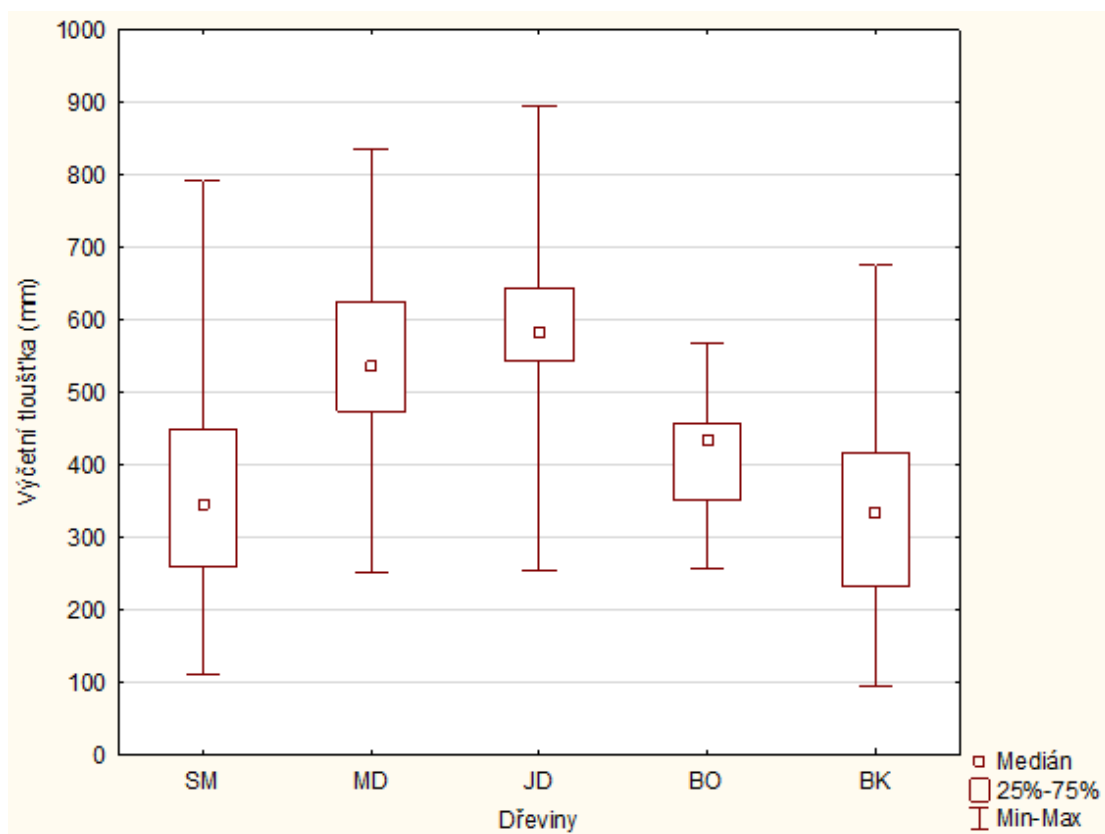
Závislá: Prom5	Mediánový test, celk. medián = 425,500; Prom5 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom4 Chi-Kvadr. = 127,8287 sv = 4 p = 0,000					
	SM	MD	JD	BO	BK	Celkem
<= Medián: pozorov.	122,0000	12,0000	3,00000	8,00000	57,0000	202,0000
očekáv.	89,0000	55,0000	12,50000	8,50000	37,0000	
poz.-oč.	33,0000	-43,0000	-9,50000	-0,50000	20,0000	
> Medián: pozorov.	56,0000	98,0000	22,00000	9,00000	17,0000	202,0000
očekáv.	89,0000	55,0000	12,50000	8,50000	37,0000	
poz.-oč.	-33,0000	43,0000	9,50000	0,50000	-20,0000	
Celkem: oček.	178,0000	110,0000	25,00000	17,00000	74,0000	404,0000

Na hladině významnosti 0.05 lze dle hodnoty kritéria χ^2 (příslušné p hodnoty 0.000) zamítnout nulovou hypotézu (tab. 2). Můžeme tedy říct, že testované soubory (druhy dřevin) nepatří do jednoho souboru se stejným rozdělením pravděpodobnosti a lze konstatovat, že rozdíly mezi mediány výčetní tloušťky kmene jsou statisticky významné.

Tabulka 3 - Kruskal-Wallisův test, výčetní tloušťka (D1,3) pro všechny dřeviny

Závislá: Prom5	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Prom5 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom4 Kruskal-Wallisův test: $H(4, N=404) = 142,6391$ $p = 0,000$				
	SM (R:155,39)	MD (R:294,64)	JD (R:317,54)	BO (R:200,53)	BK (R:140,45)
SM		0,000000	0,000000	1,000000	1,000000
MD	0,000000		1,000000	0,019836	0,000000
JD	0,000000	1,000000		0,014345	0,000000
BO	1,000000	0,019836	0,014345		0,557300
BK	1,000000	0,000000	0,000000	0,557300	

Dále byla využita metoda mnohonásobného porovnávání, pro posouzení dvojic dřevin, které se od sebe významně liší. Výběrové mediány se liší, pokud je ve výše uvedené tabulce 3 hodnota p nižší než stanovená hladina významnosti 0,05. Statisticky významně odlišné střední hodnoty tloušťky kmene jsou pak ve studované oblasti dvojice smrk – modřín, smrk – jedle, modřín – buk, modřín – borovice, jedle – borovice, jedle - buk. Z hlediska mediánu (střední hodnoty) kmene tak lze vyčlenit 2 skupiny, které nejsou významně statisticky odlišné – buk + smrk + borovice, modřín + jedle.



Obrázek 13 - Krabicový graf mediánu výčetní tloušťky všech dřevin

Rozdíly mezi jednotlivými dřevinami jsou podle obrázku č. 13 obzvláště patrné, například rozdíl mezi střední výčetní tloušťkou jedle a buku se liší o více než 200 mm.

Největší výčetní tloušťky ($D_{1,3}$) dosahovala jedle, její zastoupení v porostu je však celkově velmi malé. Modřín se však v kritériu výčetní tloušťky jedli výrazně blíží a rozdíl není statisticky významný.

4.3.2 Výška

V této kapitole ověřujeme stanovenou hypotézu z kapitoly 3.4.1 pro výšku (h).

Tabulka 4 - Mediánový test, výška (h) pro všechny dřeviny

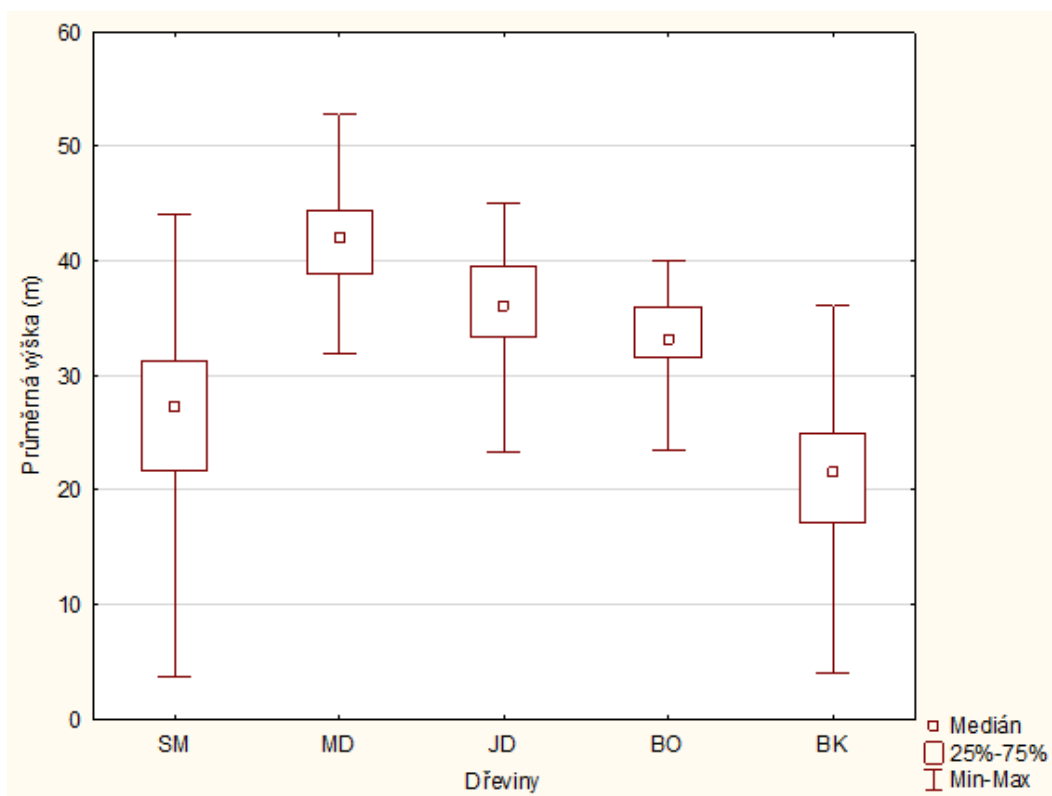
Závislá: Prom8	Mediánový test, celk. medián = 30,4000; Prom8 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom4 Chi-Kvadr. = 219,2193 sv = 4 p = 0,000					
	SM	MD	JD	BO	BK	Celkem
<= Medián: pozorov.	124,0000	0,0000	3,00000	4,00000	71,0000	202,0000
očekáv.	89,0000	55,0000	12,50000	8,50000	37,0000	
poz.-oč.	35,0000	-55,0000	-9,50000	-4,50000	34,0000	
> Medián: pozorov.	54,0000	110,0000	22,00000	13,00000	3,0000	202,0000
očekáv.	89,0000	55,0000	12,50000	8,50000	37,0000	
poz.-oč.	-35,0000	55,0000	9,50000	4,50000	-34,0000	
Celkem: oček.	178,0000	110,0000	25,00000	17,00000	74,0000	404,0000

Na hladině významnosti 0.05 lze dle hodnoty kritéria χ^2 (hodnoty příslušné p 0.000) zamítnout nulovou hypotézu (tab. 4). Můžeme tedy říct, že testované soubory (druhy dřevin) nepatří do jednoho souboru se stejným rozdělením pravděpodobnosti a lze konstatovat, že rozdíly mezi mediány výšek jsou statisticky významné.

Tabulka 5 - Kruskal-Wallisův test, výška (h) pro všechny dřeviny

Závislá: Prom8	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Prom8 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom4 Kruskal-Wallisův test: H (4, N= 404) =251,5077 p =0,000				
	SM (R:154,09)	MD (R:336,59)	JD (R:268,36)	BO (R:228,71)	BK (R:91,351)
SM		0,000000	0,000046	0,118284	0,001026
MD	0,000000		0,083579	0,003922	0,000000
JD	0,000046	0,083579		1,000000	0,000000
BO	0,118284	0,003922	1,000000		0,000122
BK	0,001026	0,000000	0,000000	0,000122	

Výběrové mediány se liší, pokud je v tabulce č. 5 hodnota p nižší než stanovená hladina významnosti 0,05. Statisticky významně odlišné střední hodnoty výšky jsou pak ve studované oblasti dvojice smrk – borovice, modřín – jedle, jedle – borovice, jedle – buk.



Obrázek 14 - Krabicový graf mediánu výšky všech dřevin

Výškově nejvyspělejší dřevinou na zkoumaných plochách je modřín, který dosahuje mediánu výšky 42 m a potvrzuje tak, že na těchto stanovištích má pro růst ideální podmínky (obr. 14). Toto potvrzuje i Bartoš a kolektiv (2009), který říká, že nejlepší růstovou dynamiku ve středních horských nadmořských výškách vykazuje modřín. Druhá za modřínem je jedle, která dosahuje mediánu výšky 37 m. Co se týče smrku a buku, tak pro tyto dvě dřeviny nejsou stanovištní a porostní podmínky ideální a obě dřeviny vytvářejí v daném porostu spíše podúroveň. Jejich menší výšková vyspělost je pravděpodobně výsledkem konkurence ostatních dřevin především modřínu a jedle.

4.3.3 Objem kmene bez kůry

V této kapitole ověřujeme stanovenou hypotézu z kapitoly 3.4.1 pro objem bez kůry (m³).

Tabulka 6 - Mediánový test, objem b.k. (m3) pro všechny dřeviny

Závislá: Prom10	Mediánový test, celk. medián = 1,73404; Prom10 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom4 Chi-Kvadr. = 152,8825 sv = 4 p = 0,000					
	SM	MD	JD	BO	BK	Celkem
<= Medián: pozorov.	126,0000	7,0000	3,00000	8,00000	58,0000	202,0000
očekáv.	89,0000	55,0000	12,50000	8,50000	37,0000	
poz.-oč.	37,0000	-48,0000	-9,50000	-0,50000	21,0000	
> Medián: pozorov.	52,0000	103,0000	22,00000	9,00000	16,0000	202,0000
očekáv.	89,0000	55,0000	12,50000	8,50000	37,0000	
poz.-oč.	-37,0000	48,0000	9,50000	0,50000	-21,0000	
Celkem: oček.	178,0000	110,0000	25,00000	17,00000	74,0000	404,0000

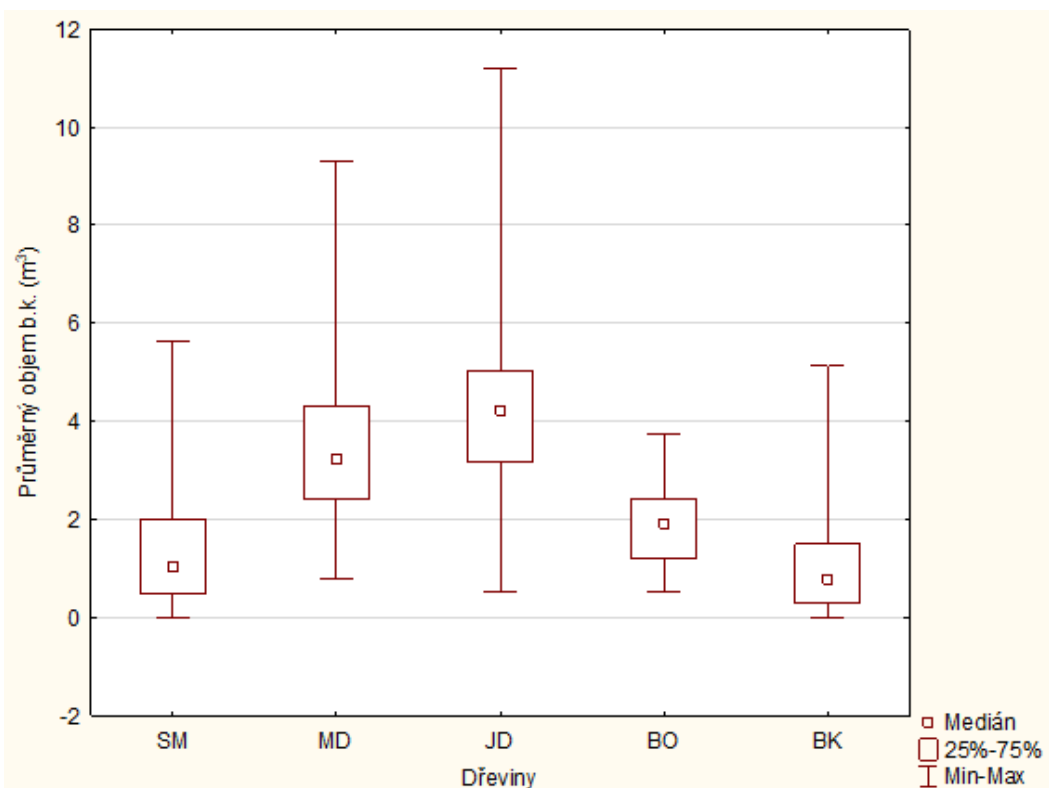
Na hladině významnosti 0.05 lze dle hodnoty kritéria χ^2 (hodnoty příslušné p 0.000) zamítnout nulovou hypotézu (tab. 6). Můžeme tedy říct, že medián objemu dřevin nepatří do jednoho souboru se stejným rozdělením pravděpodobnosti a lze konstatovat, že rozdíly mezi mediány objemu b.k. jsou statisticky významně odlišné.

Tabulka 7 - Kruskal-Wallisův test, objem b.k. (m3) pro všechny dřeviny

Závislá: Prom10	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Prom10 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom4 Kruskal-Wallisův test: H (4, N= 404) =169,0346 p =0,000				
	SM (R:153,74)	MD (R:302,18)	JD (R:325,12)	BO (R:212,18)	BK (R:127,97)
SM		0,000000	0,000000	0,486632	1,000000
MD	0,000000		1,000000	0,030991	0,000000
JD	0,000000	1,000000		0,020921	0,000000
BO	0,486632	0,030991	0,020921		0,073368
BK	1,000000	0,000000	0,000000	0,073368	

Jednotlivé dřeviny, resp. jejich výběrové mediány se liší, pokud je v tabulce č. 7 hodnota p nižší než stanovená hladina významnosti 0,05. Statisticky významně odlišné

střední hodnoty objemu jsou pak ve studované oblasti dvojice smrk – modřín, smrk – jedle, modřín – borovice, modřín – buk, jedle – borovice, jedle – buk.



Obrázek 15 - Krabicový graf mediánu objemu b.k. všech dřevin

Výsledky mediánu objemu jsou podobné jako mediány výčetní tloušťky. V obou případech dominuje jedle a těsně za ní následuje modřín. Na obrázku č. 15 můžeme vidět, že medián objemu jedle dosahuje hodnoty 4,2 m³ a modřínu 3,5 m³, rozdíl mezi těmito dřevinami není na stanovišti statisticky významný.

4.4 Statistické vyhodnocení produkčních vlastností výzkumných ploch u všech dřevin dohromady

4.4.1 Výčetní tloušťka

V této kapitole se ověřuje stanovená hypotézu z kapitoly 3.4.2 pro výčetní tloušťku ($D_{1,3}$).

Tabulka 8 - Mediánový test, výčetní tloušťka ($D_{1,3}$) pro všechny TVP

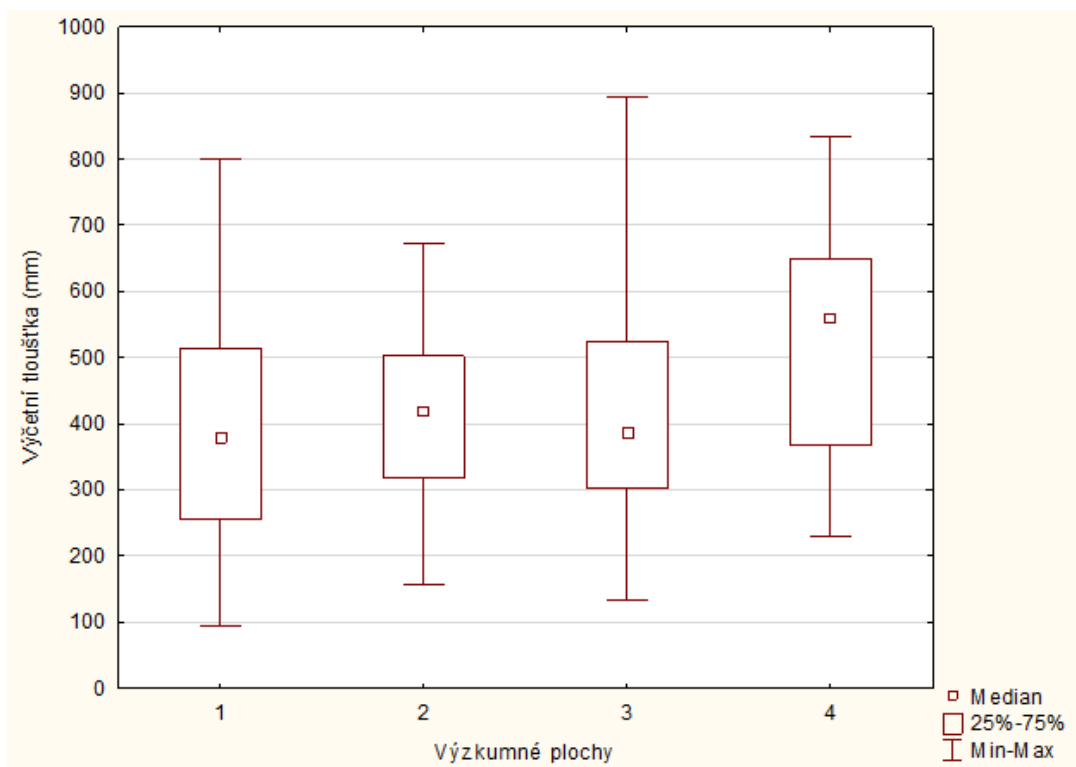
Závislá: Prom5	Mediánový test, celk. medián = 425,500; Prom5 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom1 Chi-Kvadr. = 17,53320 sv = 3 p = ,0005				
	1	2	3	4	Celkem
<= Medián: pozorov.	60,0000	56,0000	68,0000	18,0000	202,0000
očekáv.	51,0000	54,5000	63,5000	33,0000	
poz.-oč.	9,0000	1,5000	4,5000	-15,0000	
> Medián: pozorov.	42,0000	53,0000	59,0000	48,0000	202,0000
očekáv.	51,0000	54,5000	63,5000	33,0000	
poz.-oč.	-9,0000	-1,5000	-4,5000	15,0000	
Celkem: oček.	102,0000	109,0000	127,0000	66,0000	404,0000

Na hladině významnosti 0.05 lze dle hodnoty kritéria χ^2 (hodnoty příslušné p 0.000) zamítnout nulovou hypotézu (tab. 8). Můžeme tedy říct, že mediány výčetní tloušťky na TVP jsou statisticky významně odlišné.

Tabulka 9 - Kruskal-Wallisův test, výčetní tloušťka ($D_{1,3}$) pro všechny TVP

Závislá: Prom5	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Prom5 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom1 Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 404)=31,01456 p =,0000			
	1 (R:181,66)	2 (R:187,83)	3 (R:194,18)	4 (R:274,94)
1		1,000000	1,000000	0,000003
2	1,000000		1,000000	0,000010
3	1,000000	1,000000		0,000031
4	0,000003	0,000010	0,000031	

Výběrové mediány se liší, pokud je v tabulce č. 9 hodnota p nižší než stanovená hladina významnosti 0,05. Statisticky významně odlišné mediány výčetní tloušťky jsou pak na TVP dvojice: plocha č. 1 – plocha č. 4, plocha č. 2 – plocha č. 4, plocha č. 3 – plocha č. 4. Tyto výsledky můžeme pozorovat v krabicovém grafu na obrázku č.16



Obrázek 16 - Krabicový graf mediánu výčetní tloušťky všech TVP

Výčetní tloušťka porovnávaná mezi všemi TVP ukazuje, že plocha č. 4 se v mediánu výčetních tlouštěk výrazně liší od ostatních ploch a to o více než 150 mm (obr. 16). Tyto výsledky jsou vyzobrazeny také v tloušťkové struktuře na obrázku č. 6, kde má modřín největší zastupení v tloušťkových stupních (430+ mm) ze všech TVP. Podle obrázku č. 13 sice vykazuje největší medián výčetní tloušťky jedle, avšak zastoupení na TVP č.4 má jen 6 %.

4.4.2 Výška

V této kapitole ověřujeme stanovenou hypotézu z kapitoly 3.4.2 pro výšku.

Tabulka 10 - Mediánový test, výška (h) pro všechny TVP

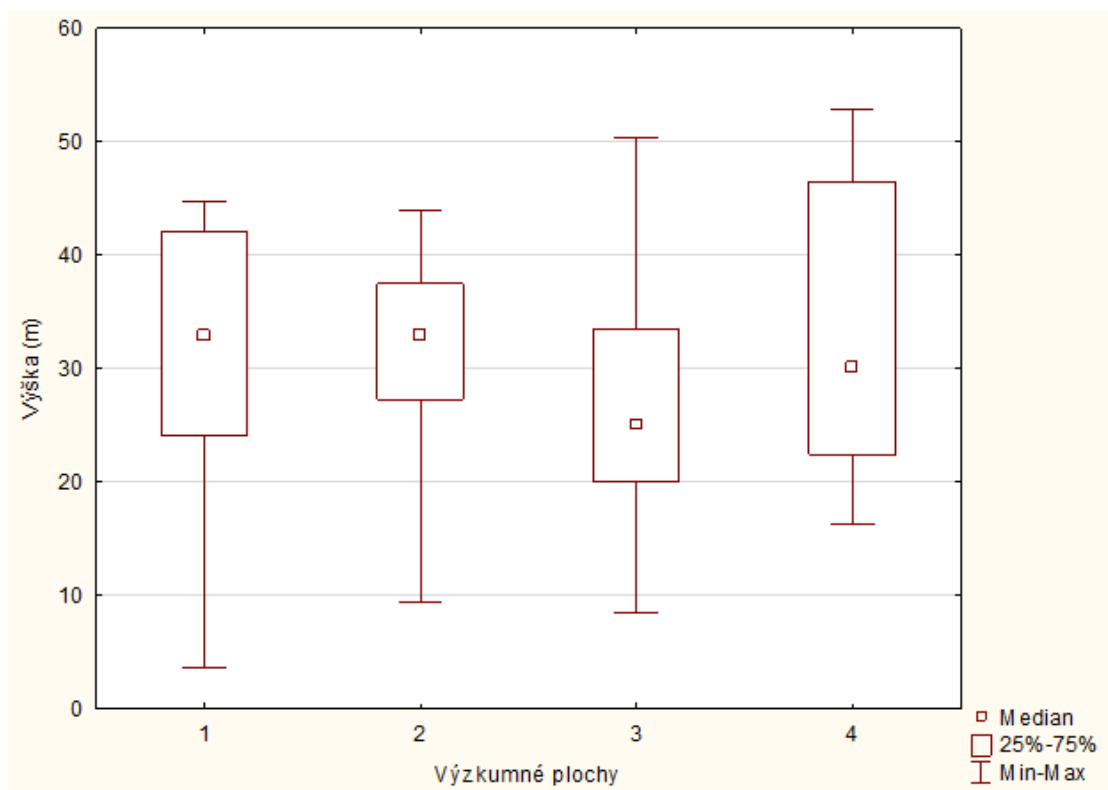
Závislá: Prom8	Mediánový test, celk. medián = 30,4000; Prom8 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom1 Chi-Kvadr. = 30,50553 sv = 3 p = ,0000				
	1	2	3	4	Celkem
<= Medián: pozorov.	36,0000	44,0000	87,0000	35,00000	202,0000
očekáv.	51,0000	54,5000	63,5000	33,00000	
poz.-oč.	-15,0000	-10,5000	23,5000	2,00000	
> Medián: pozorov.	66,0000	65,0000	40,0000	31,00000	202,0000
očekáv.	51,0000	54,5000	63,5000	33,00000	
poz.-oč.	15,0000	10,5000	-23,5000	-2,00000	
Celkem: oček.	102,0000	109,0000	127,0000	66,00000	404,0000

Na hladině významnosti 0.05 lze dle hodnoty kritéria χ^2 (hodnoty příslušné p 0.000) zamítnout nulovou hypotézu (tab. 10). Můžeme tedy říct, že mediány výšky na TVP jsou statisticky významně odlišné.

Tabulka 11 - Kruskal-Wallisův test, výška (h) pro všechny TVP

Závislá: Prom8	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Prom8 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom1 Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 404) =26,93387 p =,0000			
	1 (R:230,72)	2 (R:209,35)	3 (R:159,78)	4 (R:229,79)
1		1,000000	0,000029	1,000000
2	1,000000		0,006895	1,000000
3	0,000029	0,006895		0,000467
4	1,000000	1,000000	0,000467	

Výběrové mediány se liší, pokud je v tabulce č. 11 hodnota p nižší než stanovená hladina významnosti 0,05. Statisticky významně odlišné mediány výšky jsou pak na TVP dvojice: plocha č. 1 – plocha č. 3, plocha č. 2 – plocha č. 3, plocha č. 3 – plocha č. 4, plocha. Tyto výsledky jsou též zřejmé z obrázku č. 17.



Obrázek 17 - Krabicový graf mediánu výšky všech TVP

Na jednotlivých TVP můžeme z hlediska mediánu výšky konstatovat, že plocha č. 3 výrazně výškově zaostává za ostatními plochami.

4.4.3 Objem bez kůry

V této kapitole ověřujeme stanovenou hypotézu z kapitoly 3.4.2 pro objem b.k.

Tabulka 12 - Mediánový test, objem b.k. (m3) pro všechny TVP

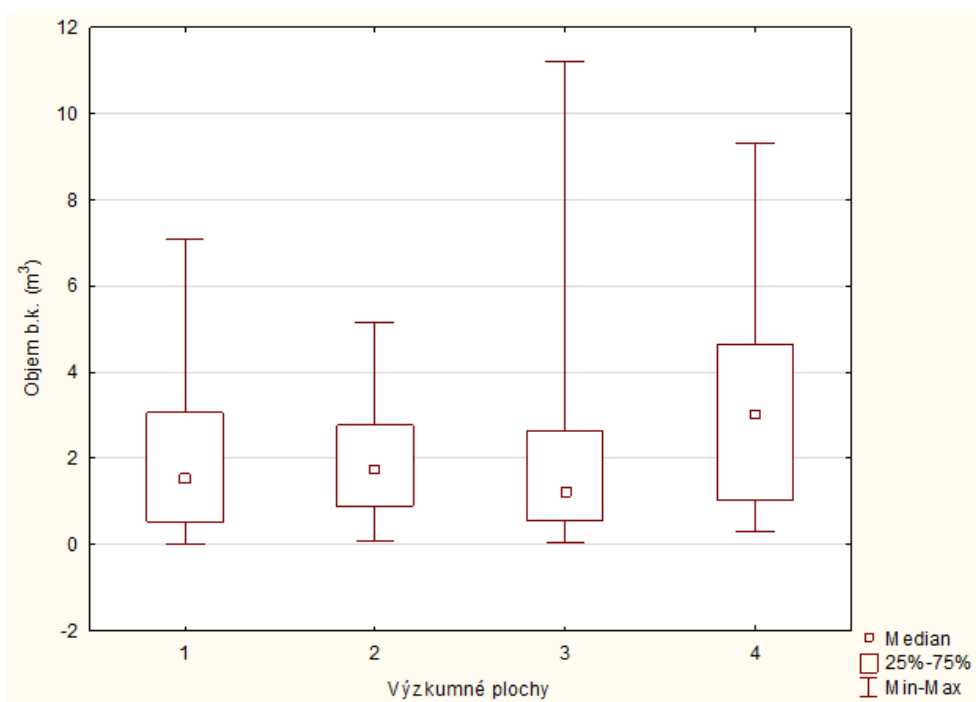
Závislá: Prom10	Mediánový test, celk. medián = 1,73404; Prom10 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom1 Chi-Kvadr. = 14,84329 sv = 3 p = ,0020				
	1	2	3	4	Celkem
<= Medián: pozorov.	54,0000	53,0000	75,0000	20,0000	202,0000
očekáv.	51,0000	54,5000	63,5000	33,0000	
poz.-oč.	3,0000	-1,5000	11,5000	-13,0000	
> Medián: pozorov.	48,0000	56,0000	52,0000	46,0000	202,0000
očekáv.	51,0000	54,5000	63,5000	33,0000	
poz.-oč.	-3,0000	1,5000	-11,5000	13,0000	
Celkem: oček.	102,0000	109,0000	127,0000	66,0000	404,0000

Na hladině významnosti 0.05 lze dle hodnoty kritéria χ^2 (hodnoty příslušné p 0.000) zamítnout nulovou hypotézu (tab. 12). Můžeme tedy říct, že mediány objemu b.k. na TVP jsou statisticky významně odlišné.

Tabulka 13 - Kruskal-Wallisův test, objem b.k. (m3) pro všechny TVP

Závislá: Prom10	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); Prom10 (Tabulka1) Nezávislá (grupovací) proměnná : Prom1 Kruskal-Wallisův test: H (3, N= 404)=22,96966 p =,0000			
	1 (R:196,04)	2 (R:193,59)	3 (R:183,17)	4 (R:264,39)
1		1,000000	1,000000	0,001265
2	1,000000		1,000000	0,000607
3	1,000000	1,000000		0,000027
4	0,001265	0,000607	0,000027	

Výběrové mediány se liší, pokud je v tabulce č. 13 hodnota p nižší než stanovená hladina významnosti 0,05. Statisticky významně odlišné mediány výšky jsou pak na TVP dvojice: plocha č. 1 – plocha č. 4, plocha č. 2 – plocha č. 4, plocha č. 3 – plocha č. 4, plocha. Tyto výsledky můžeme pozorovat na obrázku č. 18.



Obrázek 18 - Krabicový graf mediánu objemu b.k. všech TVP

Z hlediska mediánu objemu ze všech TVP vykazuje největší objemovou zásobu plocha č. 4.

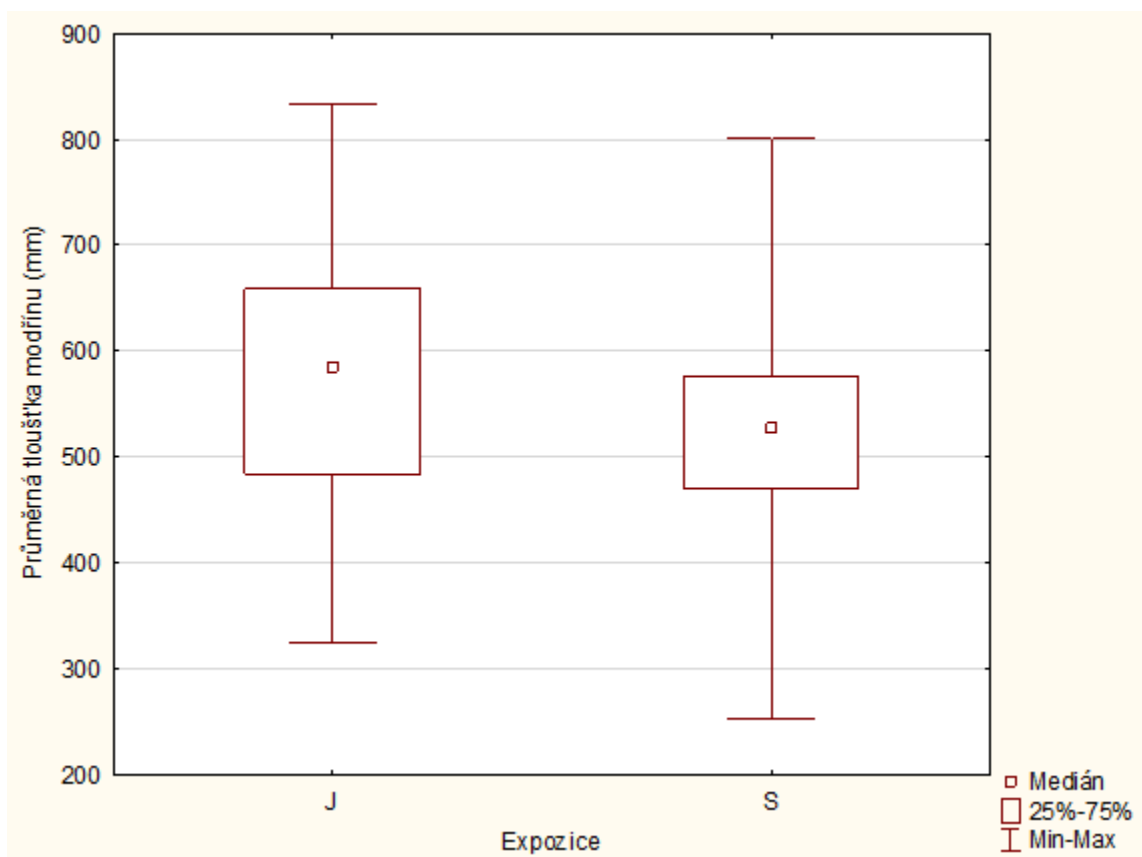
4.5 Statistické vyhodnocení produkčních vlastností Modřínu opadavého (*Larix decidua Mill.*) v závislosti na expozici

Produkční charakteristiky modřínu byly porovnávány podle dvou vybraných expozic (severní a jižní). Výsledky ukazují, že expozice má poměrně výrazný vliv na růst této dřeviny a dokazují to obrázky 19 – 21 společně s tabulkami 13 – 15. Nejvýznamnější rozdíl můžeme pozorovat u výšek, kde na jižní expozici medián výšky modřínu je 45,2 m a na severní expozici 40,3 m (rozdíl 4,9 m), ale také u mediánu objemu, kde je rozdíl mezi expozicemi 1,4 m³. V mediánu výčetní tloušťky je také výrazný rozdíl, jako u dvou předchozích veličin (S – 520 mm, J – 590 mm).

4.5.1 Výčetní tloušťka (D_{1,3})

Tabulka 14 - Mann-Whitneyův U Test výčetní tloušťky

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1) Dle proměn. Prom2 Označené testy jsou významné na hladině p <,05000 Zhrnout podmínku: V4="MD"									
	Sčt poř. (J)	Sčt poř. (S)	U	Z	p-hodn.	Z (upravené)	p-hodn.	N platn. (J)	N platn. (S)	2*1 str. (přesné p)
Prom5	3024,000	3081,000	1065,000	2,507599	0,012156	2,507706	0,012152	47	63	0,011748



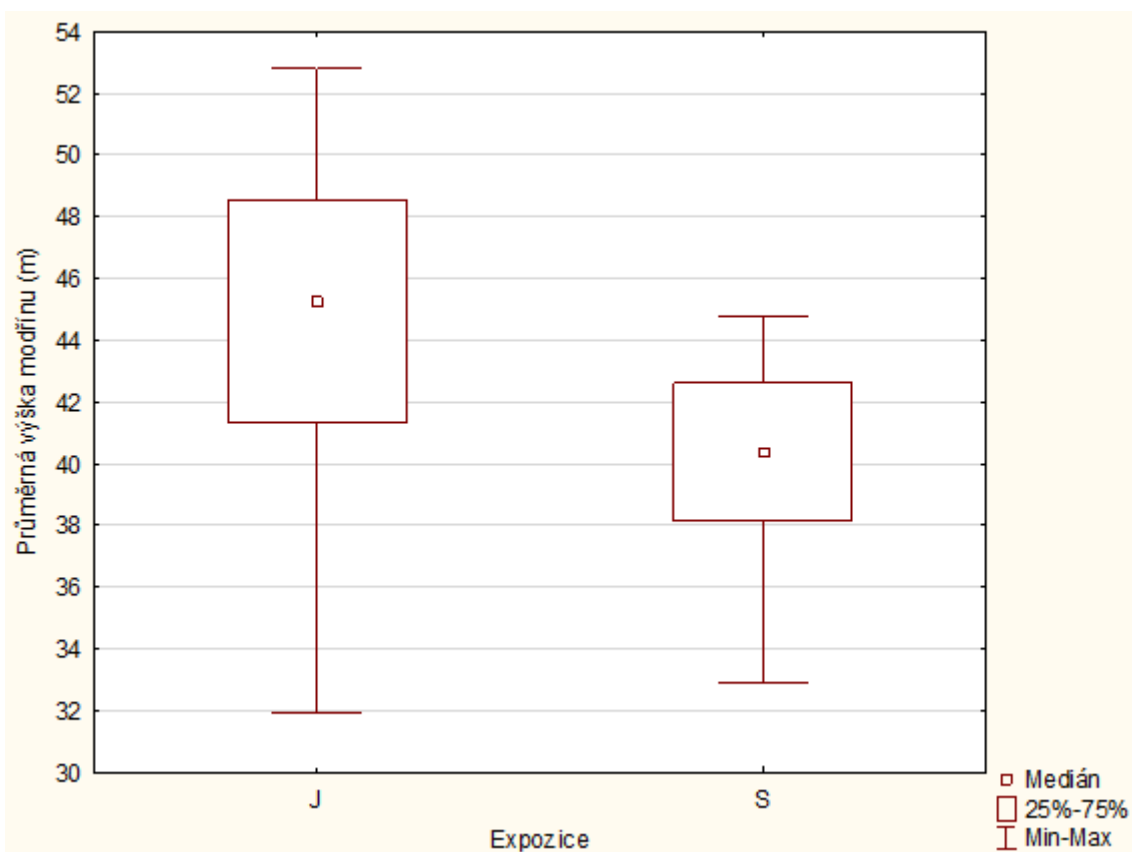
Obrázek 19 - Krabicový graf mediánu výčetní tloušťky modřinu podle expozice

Medián výčetní tloušťky ($D_{1,3}$) podle expozic: J – 590 mm, S – 520 mm

4.5.2 Výška

Tabulka 15 - Mann-Whitneyův U Test výšky

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1)									
	Dle proměn. Prom2									
Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$										
Zhrnout podmínku: V4="MD"										
	Sčt poř. (J)	Sčt poř. (S)	U	Z	p-hodn.	Z (upravené)	p-hodn.	N platn. (J)	N platn. (S)	2*1str. (přesné p)
Prom8	3421,000	2684,000	668,0000	4,906434	0,000001	4,906467	0,000001	47	63	0,000000



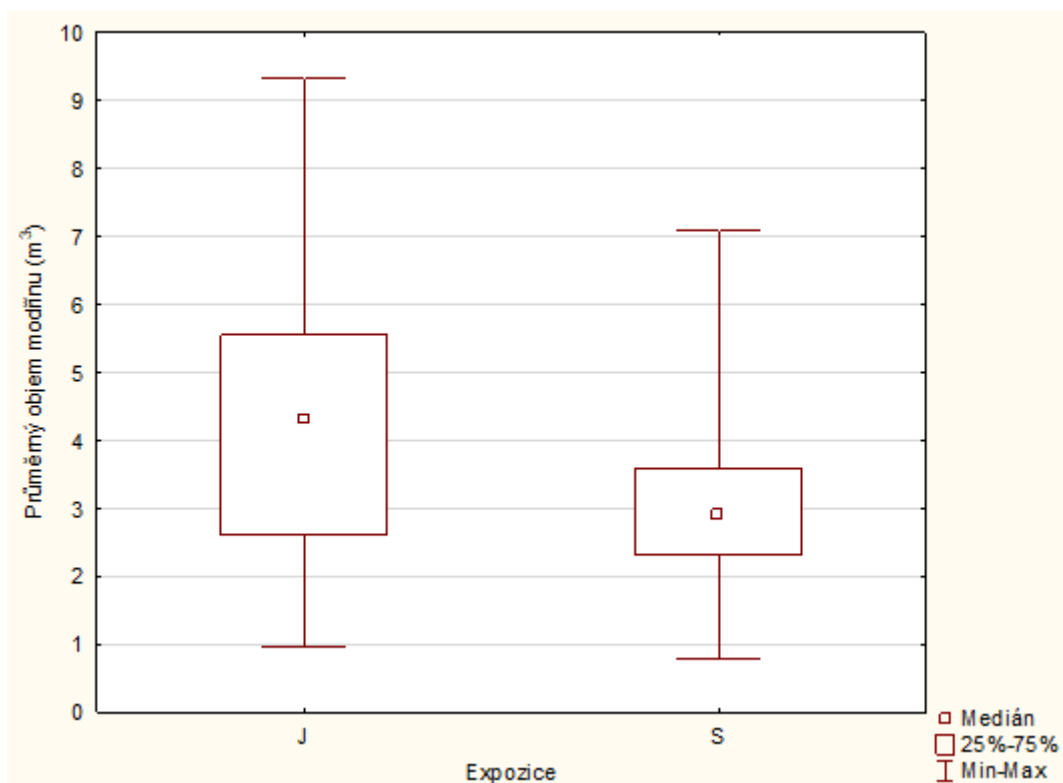
Obrázek 20 - Krabicový graf mediánu výšky modřinu podle expozi

Medián výšky (h) podle expozi: J – 45,2 m, S – 40,3 m

4.5.3 Objem bez kůry

Tabulka 16 - Mann-Whitneyův U Test objemu

Proměnná	Mann-Whitneyův U Test (w/ oprava na spojitost) (Tabulka1)									
	Dle proměn. Prom2									
Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$										
Zhrnout podmínku: V4="MD"										
	Sčt poč. (J)	Sčt poč. (S)	U	Z	p-hodn.	Z (upravené)	p-hodn.	N platn. (J)	N platn. (S)	2*1str. (přesné p)
Prom10	3162,000	2943,000	927,0000	3,341451	0,000834	3,341473	0,000833	47	63	0,000719



Obrázek 21 - Krabicový graf mediánu objemu b.k. modřínu podle expozic

Medián objemu b.k. (m^3) podle expozic: J – 4,4 m^3 , S – 3 m^3

U jednotlivých Mann-Whitneyových testů lze na základě p hodnot potvrdit, že zjištěné rozdíly zkoumaných dendrometrických veličin modřínu mezi stanovišti se severní a jižní expozicí jsou statisticky významné. Modřín dosahuje na jižní expozici významně větších dimenzí než na severní expozici.

4.6 Modelování růstu modřínu s využitím Korfovy růstové funkce

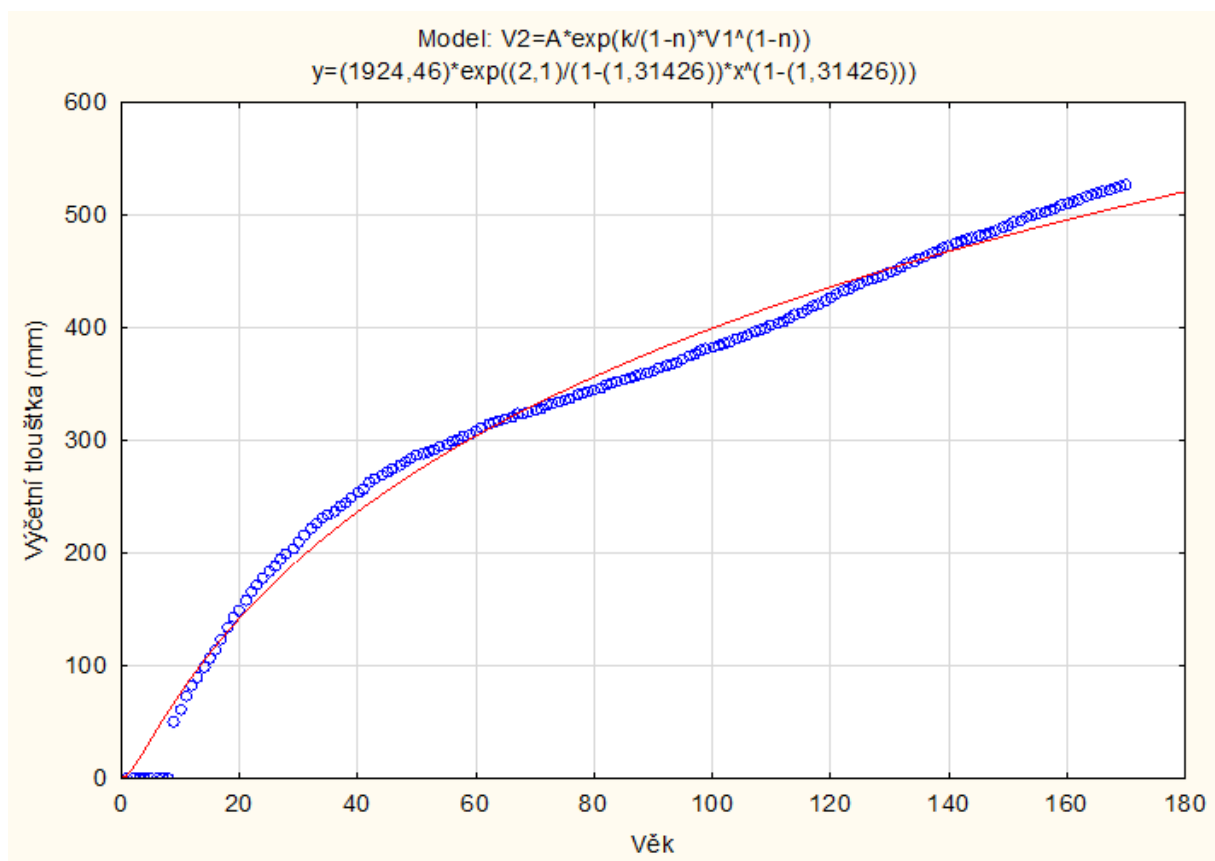
Pro účely odvození modelu přírůstu modřínu na studovaných plochách byla dendrochronologická data aproximována pomocí tříparametrické Korfovy růstové funkce.

4.6.1 Souhrnný růstový model pro obě TVP

Parametry této funkce pro výčetní tloušťku pro obě plochy dohromady byly odhadnuty pomocí metody nejmenších čtverců (tab. 17). Výsledné t-hodnoty (resp. související p-hodnoty na hladině spolehlivosti 95 %) potvrzují statistickou významnost koeficientů A , k , n , výsledný model pak vysvětluje rozptyl výčetní tloušťky (závislé proměnné) z 99,5 % ($R^2 = 0.9888$).

Tabulka 17 - odhad parametru Korfovy funkce pro výčetní tloušťku, obě plochy

Model je: $V_2 = A \cdot \exp(k/(1-n) \cdot V_1^{1-n})$ (Tabulka3) Záv.prom.:Prom2 Hladina spolehlivosti:95.0% (alfa =0.050)						
	Odhad	Standard (chyba)	t-hodn. (sv = 167)	p-hodn.	Dol. sp. (Mez)	Hor. sp. (Mez)
A	1924,461	308,6083	6,23593	0,000000	1315,184	2533,737
k	2,100	0,2464	8,52249	0,000000	1,614	2,586
n	1,314	0,0281	46,73370	0,000000	1,259	1,370

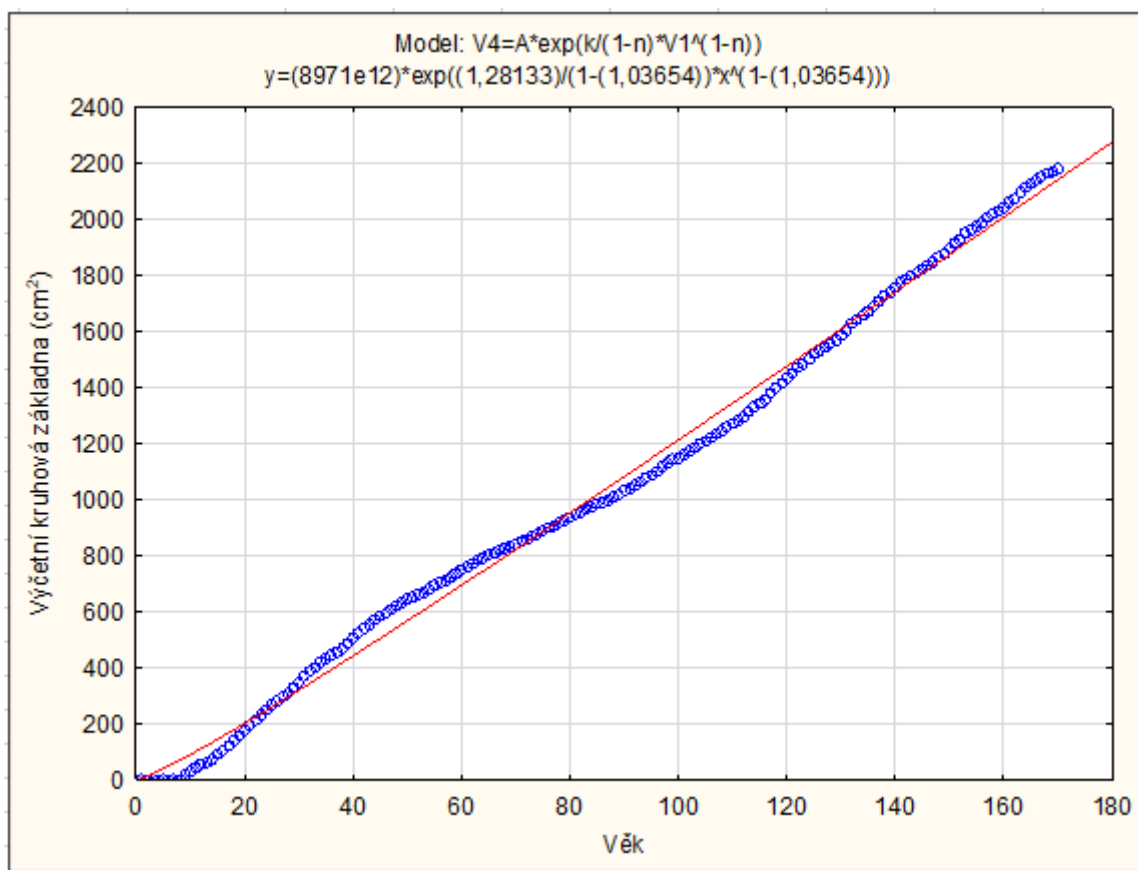


Obrázek 22 - model Korfovy funkce pro výčetní tloušťku, obě plochy

Parametry této funkce pro výčetní kruhovou základnu byly odhadnuty pomocí metody nejmenších čtverců (tab. 18). Výsledné t-hodnoty (resp. související p-hodnoty na hladině spolehlivosti 95 %) potvrzují statistickou významnost koeficientů A , k , n , výsledný model pak vysvětluje rozptyl plochy výčetní kruhovou základny (závislé proměnné) z 99,5 % ($R^2 = 0.9945$).

Tabulka 18 - odhad parametru Korfovy funkce pro výčetní kruhovou základnu, obě plochy

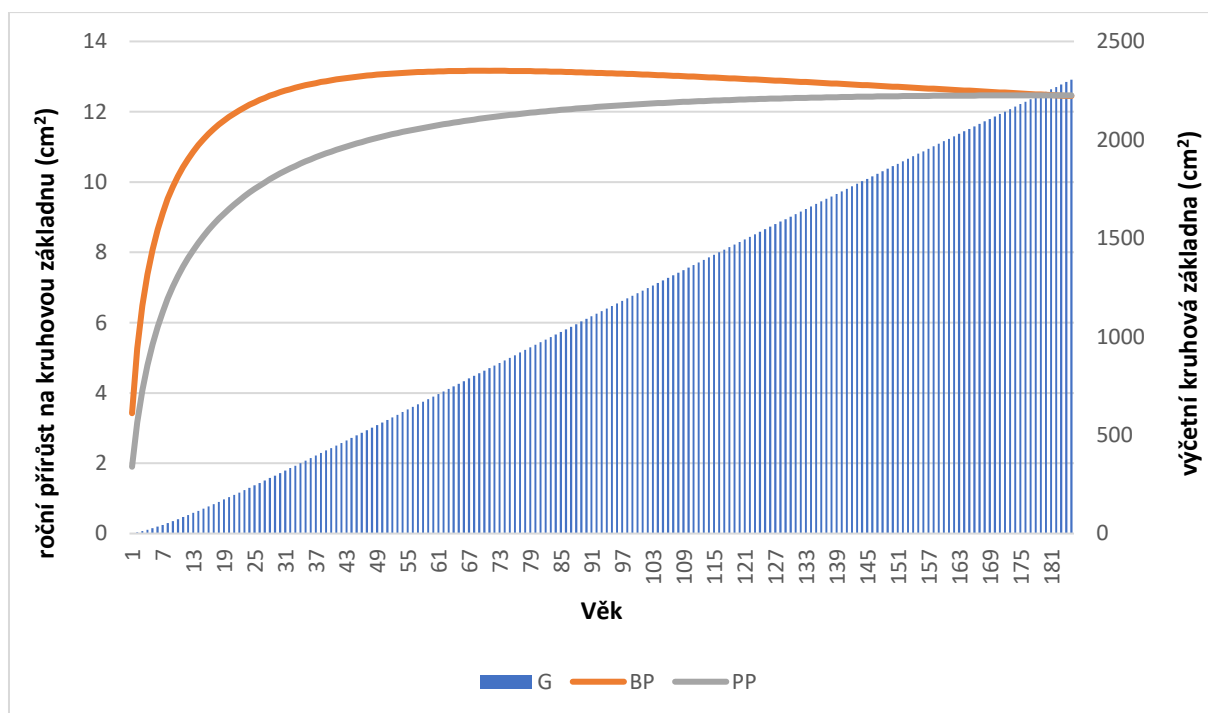
	Model je: $V4=A*\exp(k/(1-n)*V1^{(1-n)})$ (Tabulka3) Záv.prom.:Prom4					
	Odhad	Standard (chyba)	t-hodn. (sv = 167)	p-hodn.	Dol. sp. (Mez)	Hor. sp. (Mez)
A	8,970944E+15	0,000000	0,00	0,00	8,970944E+15	8,970944E+15
k	1,281330E+00	0,013054	0,00	0,00	1,255557E+00	1,307103E+00
n	1,036543E+00	0,000317	0,00	0,00	1,035918E+00	1,037168E+00



Obrázek 23 - model Korfovy funkce pro výčetní kruhovou základnu, obě plochy

Z průběhu růstu kruhové základny je zřejmé, že během dlouhého vývoje porostu se vyskytly periody intenzivnějšího růstu, a naopak periody s pomalejším růstem. Zpomalení růstu lze zaznamenat ca od věku 45 let. Podle sdělení bývalého vedoucího polesí Ing. Chlady, jsou z této doby záznamy, že se uvažovalo o vytěžení modřínu pro jeho nízkou kvalitu a vzrůst, což se nakonec nerealizovalo. Akcelerace růstu se dostavila po cca 110 letech věku a teprve v posledních letech je patrný pokles opětovný pokles intenzity růstu.

Pomocí takto získané funkce lze poté aproximovat růst modřínu a určit hodnoty běžného (BP) a průměrného přírůstu (PP) plochy kruhové základny. Běžný přírůst kulminuje kolem 70 roku, průměrný přírůst pak dosahuje maxima v bodě průsečíku funkcí BP a PP, pro modřín ve zkoumané oblasti toto odpovídá věku 182 let.



Obrázek 24 - model přírůstů plochy kruhové základny, obě plochy

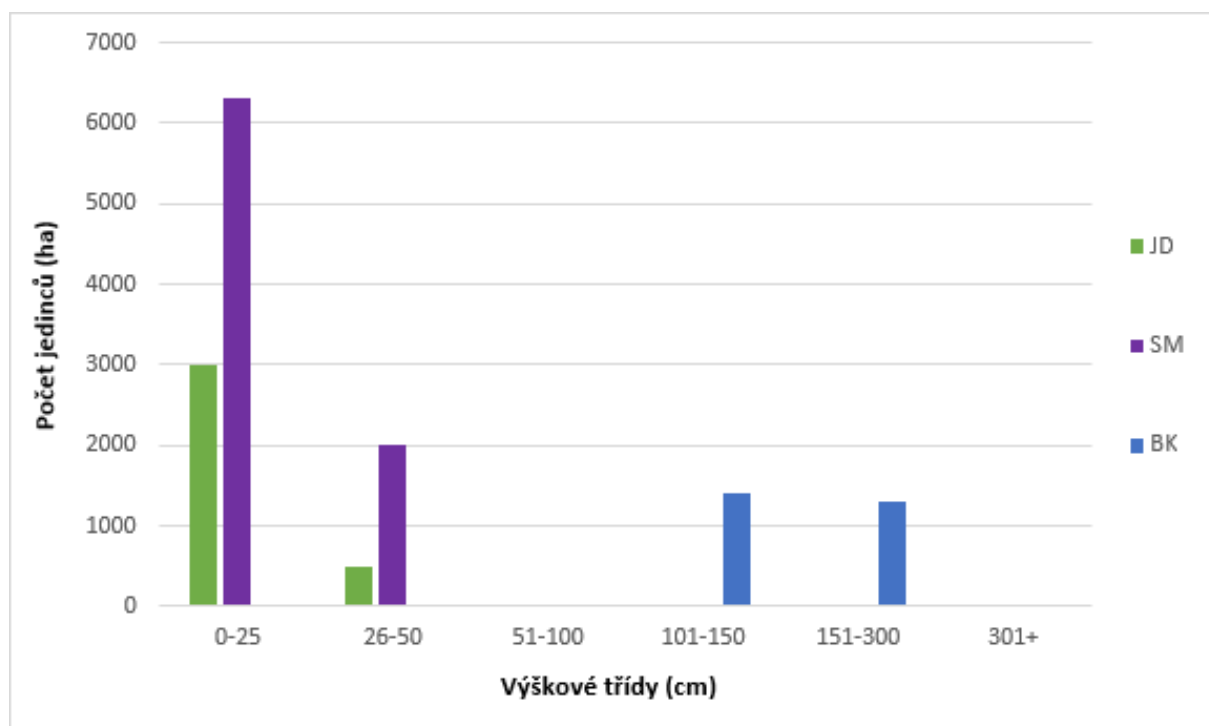
4.7 Vyhodnocení přirozené obnovy

Pomocí tloušťových tříd a výškové vyspělosti byly vyobrazeny na obr. číslo 25. a 26. Grafy byly vypracovány vždy pro hlavní obnovované dřeviny na TVP a to: buk, smrk, jedle a modřín.

4.7.1 Severní expozice

V přirozené obnově na severní expozici výrazně dominuje smrk ve výškových třídách 0-25 cm a 26-50 cm, kde počet jedinců na ha je přes 8000. Jedle se na severní expozici také dobře zmlazuje, ale stejně jako smrk jen ve spodních výškových třídách. Buk je oproti jedli a smrku vyspělejší obnovovanou dřevinou a nachází se ve výškových třídách 101–150 cm a 151–300 cm. Pokud bychom předpokládali v budoucnosti

zachovat hercynskou směs smrk, buk, jedle v obnovovaném porostu, aktuální přirozená obnova by byla ideální. Co ale v přirozené obnově severní expozice úplně chybí je modřín, což je způsobeno malým přísunem slunečního záření a vysokou konkurencí dřevin více tolerantních k zástině.



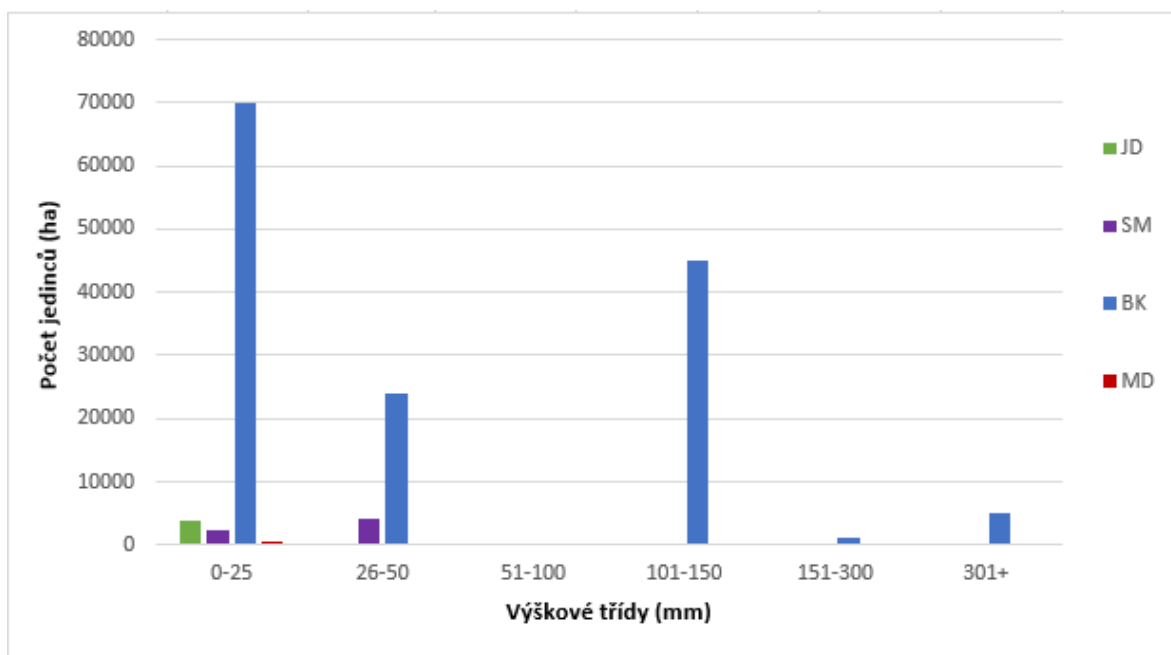
Obrázek 25 - histogram přirozené obnovy na severní expozici

S přirozenou obnovou na severní expozici by bylo dobré postupovat formou pruhového náseku tak, aby šíře nepřesahovala 1 výšku těžného porostu a aby nový porost vznikl podél okraje obnovovaného porostu, a to jak na volné ploše, tak i pod mateřským porostem.

4.7.2 Jižní expozice

Plocha jižní expozice je úplně odlišná oproti severní expozici. Dominantní dřevinou je zde buk, který kromě výškové třídy 51–100 cm má zastoupení ve všech vyobrazených stupních a vytváří tak zástin pro ostatní obnovované dřeviny v porostu. Vokoun (1997) a Míchal (1995) potvrzují situaci na jižní expozici, že na HS 55 se smrk nevyskytuje jako hlavní obnovovaná dřevina porostu. Pod bukem se teprve místy přirozeně obnovuje smrk a jedle, avšak počet obnovovaných jedinců je velice malý.

Oproti severní expozici se na jižní expozici začíná zmlazovat modřín, avšak pod silným zastínění buku nemá v podstatě žádnou šanci buku konkurovat. Pokud bychom chtěli podpořit přirozenou obnovu modřínu, museli bychom silně zredukovat obnovu buku a dodat tak více světla, které modřín v mládí potřebuje.



Obrázek 26 - histogram přirozené obnovy na jižní expozici

Přirozená obnova na jižní expozici vzhledem k tomu, že je zde zvýšené ohrožení větrem a vitální buření, postupoval bych převážně clonnou skupinovitou sečí proti větru (S – V), kde by bylo důležité sledovat stav porostu a také vitalitu buřeně, která by mohla výrazně ohrozit přirozenou obnovu modřínu.

5 Závěr

Diplomová práce byla vypracována na téma Pěstební potenciál modřínu opadavého na Šumavě na příkladu lokality Ptačí vrch (polesí Zátoň, LZ Boubín, Lesy ČR, s.p.). Cíle, které jsou uvedeny v zadání práce, byly dosaženy. Byly obnoveny 4 výzkumné plochy s různou expozicí, které se nacházejí v oblasti Ptačího vrchu, spadající pod polesí Zátoň – lesní závod Boubín. První dvě plochy se nacházejí v porostu 233B16 a jsou orientovány na sever. Druhé dvě plochy byly založeny přibližně o 2 km dál v porostu 240A16 a mají jižní expozici. Na všech plochách, které byly vybrány pro výzkum, proběhlo základní dendrometrické měření výčetních tloušťek ($d_{1,3}$) a výšek (h). Data byla standardně zpracována, posouzena byla tloušťková struktura včetně pozice jednotlivých dřevin. Nejlepší podmínky pro růst modřínu byly detekovány na trvalé výzkumné ploše č. 4.

Dále byla statisticky zpracována data, kde se porovnávaly rozdíly produkčních charakteristik mezi dřevinami na celém zkoumaném území, mezi jednotlivými plochami a produkční charakteristika modřínu rostoucího ve dvou různých expozicích. Z pohledu výčetní tloušťky, nejvyšších dimenzí na celém zkoumaném území dosahovala jedle a modřín. Stejně tomu tak bylo i u porovnání objemů (m^3) a výšek (h). Byla tak vyvrácena nulová hypotéza, že mezi zkoumanými dřevinami není z hlediska vybrané produkční charakteristiky (výška, objem b.k., výčetní tloušťka) významný rozdíl. Lze tedy konstatovat, že modřín a jedle na výzkumných plochách z produkčního hlediska dominují oproti ostatním zde zastoupeným dřevinám.

Při porovnání produkčních charakteristik dosahovaných dřevinami na jednotlivých plochách se zjistilo, že nejvyšší výčetní tloušťka ($d_{1,3}$) byla dosažena na ploše č. 4. Z hlediska porovnání výšek vykazuje největší výškovou vyspělost plocha č. 1 společně s plochou č. 2. U porovnání objemu zase výrazně dominuje plocha č. 4. Zkoumaná nulová hypotéza byla tedy taktéž vyvrácena.

Při porovnání produkčních charakteristik modřínu rostoucího ve dvou různých expozicích se nulová hypotéza, že zkoumaná dřevina není z hlediska vybrané produkční charakteristiky (výška, objem b.k., výčetní tloušťka) významně rozdílná na ploše se severní a jižní expozicí, taktéž zamítá. Můžeme tedy říct, že expozice má významný vliv na výsledné růstové ukazatele modřínu.

Dendrochronologická analýza ukázala, že modřín opadavý má nevyrovnaný radiální přírůst, což naznačuje, že jeho růst ovlivňují abiotičtí činitelé. Byla prokázána korelace standardní letokruhové chronologie s průměrnými teplotami a srážkami v některých měsících aktuálního roku, kdy se přírůst vytvářel, i roku předchozího roku. Modřín na našich TVP výrazně trpí na pozdní mrazy, které jsou spojeny s velkými teplotními výkyvy. Negativní vliv měl také nadprůměrný úhrn srážek.

Posledním bodem práce byla analýza přirozené obnovy ve zkoumaných porostech. Na severní expozici přirozená obnova modřínu vůbec neprobíhá, na jižní expozici bylo zaznamenáno pouze 500 jedinců na ha, přičemž konkurence buku je zcela zásadní. Na severní expozici se dobře obnovoval jen smrk, buk a jedle. Získané výsledky by mohly vypomoci při obnově těchto porostů, kde by měl být kladen důraz na zachování zastoupení modřínu ve směsi. Aby to bylo dosaženo, je třeba aktivně do vývoje obnovy porostů zasáhnout, redukovat buk a zvýšit přísun světla do okrajových částí porostu, aby měl modřín šanci se v obnově alespoň částečně uplatnit. Bez aktivního managementu se s největší pravděpodobností modřín v další generaci lesa na dané lokalitě neobjeví, což by bylo vzhledem k jeho růstovým, produkčním a v důsledku i ekonomickým parametrům škoda.

6 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Porostní mapa a vyznačené zkusné lochy č. 1 a 2.....	21
Obrázek 2 – porostní mapa a vyznačené zkusné plochy č. 3 a 4	23
Obrázek 3 - Histogram tloušťkových stupňů na ploše č. 1	26
Obrázek 4 - Histogram tloušťkových stupňů na ploše č. 2	27
Obrázek 5 - Histogram tloušťkových stupňů na ploše č. 3	28
Obrázek 6 - Histogram tloušťkových stupňů na ploše č. 4	29
Obrázek 7 - Standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na severní expozici vyjádřena letokruhovým indexem	30
Obrázek 8 - Hodnoty koeficientů korelace standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na TVP severní expozice s měsíčními teplotami (T) od dubna v předchozím roce do září běžného roku za období 1960–2018 pro teploty. Hodnoty jsou statisticky významné ($\alpha = 0,05$).	31
Obrázek 9 - Hodnoty koeficientů korelace standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na TVP severní expozice s měsíčními srážkami (P) od dubna v předchozím roce do září běžného roku za období 1960–2018 pro srážky. Hodnoty jsou statisticky významné ($\alpha = 0,05$).	32
Obrázek 10 - Standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na jižní expozici vyjádřena letokruhovým indexem	33
Obrázek 11 - Hodnoty koeficientů korelace standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na TVP severní expozice s měsíčními teplotami (T) od dubna v předchozím roce do září běžného roku za období 1960–2018 pro teploty. Hodnoty jsou statisticky významné ($\alpha = 0,05$).	34
Obrázek 12 - Hodnoty koeficientů korelace standardní letokruhová chronologie modřínu opadavého na TVP jižní expozice s měsíčními srážkami (P) od dubna v předchozím roce do září běžného roku za období 1960–2018 pro srážky. Hodnoty jsou statisticky významné ($\alpha = 0,05$).	35
Obrázek 13 - Krabicový graf mediánu výčetní tloušťky všech dřevin	38
Obrázek 14 - Krabicový graf mediánu výšky všech dřevin	40
Obrázek 15 - Krabicový graf mediánu objemu b.k. všech dřevin	42
Obrázek 16 - Krabicový graf mediánu výčetní tloušťky všech TVP	44

Obrázek 17 - Krabicový graf mediánu výšky všech TVP	46
Obrázek 18 - Krabicový graf mediánu objemu b.k. všech TVP	47
Obrázek 19 - Krabicový graf mediánu výčetní tloušťky modřínu podle expozice	49
Obrázek 20 - Krabicový graf mediánu výšky modřínu podle expozic	50
Obrázek 21 - Krabicový graf mediánu objemu b.k. modřínu podle expozic ...	51
Obrázek 22 - model Korfovy funkce pro výčetní tloušťku, obě plochy.....	53
Obrázek 23 - model Korfovy funkce pro výčetní kruhovou základnu, obě plochy	54
Obrázek 24 - model přírůstků plochy kruhové základny, obě plochy	55
Obrázek 25 - histogram přirozené obnovy na severní expozici.....	56
Obrázek 26 - histogram přirozené obnovy na jižní expozici	57
Obrázek 27: plocha č.1 – pohled na sever (foto autor)	72
Obrázek 28: plocha č. 2 – pohled na jih (foto autor)	72
Obrázek 29: plocha č. 3 – pohled na JV (foto autor)	73
Obrázek 30 Plocha č.4 – pohled na západ (foto autor).....	73

7 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Zastoupení modřínu opadavého v jednotlivých PLO (Přírodní lesní oblasti, 2020)	9
Tabulka 2 - Mediánový test, výčetní tloušťka (D1,3) pro všechny dřeviny	36
Tabulka 3 - Kruskal-Wallisův test, výčetní tloušťka (D1,3) pro všechny dřeviny	37
Tabulka 4 - Mediánový test, výška (h) pro všechny dřeviny	39
Tabulka 5 - Kruskal-Wallisův test, výška (h) pro všechny dřeviny	39
Tabulka 6 - Mediánový test, objem b.k. (m ³) pro všechny dřeviny	41
Tabulka 7 - Kruskal-Wallisův test, objem b.k. (m ³) pro všechny dřeviny	41
Tabulka 8 - Mediánový test, výčetní tloušťka (D1,3) pro všechny TVP	43
Tabulka 9 - Kruskal-Wallisův test, výčetní tloušťka (D1,3) pro všechny TVP	43
Tabulka 10 - Mediánový test, výška (h) pro všechny TVP	45
Tabulka 11 - Kruskal-Wallisův test, výška (h) pro všechny TVP	45
Tabulka 12 - Mediánový test, objem b.k. (m ³) pro všechny TVP	46
Tabulka 13 - Kruskal-Wallisův test, objem b.k. (m ³) pro všechny TVP	47
Tabulka 14 - Mann-Whitneyův U Test výčetní tloušťky	48
Tabulka 15 - Mann-Whitneyův U Test výšky	49
Tabulka 16 - Mann-Whitneyův U Test objemu	50
Tabulka 17 - odhad parametru Korfovy funkce pro výčetní tloušťku, obě plochy	52
Tabulka 18 - odhad parametru Korfovy funkce pro výčetní kruhovou základnu, obě plochy	53

8 Seznam použitých zdrojů

ANDERSON, M.L., Selection of Tree Species. 1950. Oliver and Boyd, London, 151 pp

APCC. 2014. Osterreichischer Sachstandsbericht Klimawandel (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), ed. 2014. Vienna, Austria: Verlag der Osterreichischen Akademie der Wissenschaften.

BALCAR, V., SLODIČÁK M., KACÁLEK D., NAVRÁTIL P. Metodika postupů přeměn porostů náhradních dřevin v imisních oblastech. Lesnický průvodce. 2007, 3(3), 34.

BARTOŠ J., ŠPULÁK O., ČERNOHOUS V. Ukládání sněhu ve vztahu k dřevinám vysazeným na kalamitní holině v hřebenové partii horských poloh. Zprávy z lesnického výzkumu. 2009, 54(3), 166-173

BEZECNÝ, P. a kol. Pěstování lesů. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992. ISBN 80-209-0222-8.

BIONDI F., WAIKUL K., Dendroclim 2002, AC++ program for statistical calibration of climate signals in tree ring chronologie. 2004. Comput Geosci 30(3):303–311.

BORTOLOTTI L., ALESSANDRINI A., FAZZUOLI F., NIEVO S., STERN M.R., Gli alberi monumentali d'Italia. (Monumentální stromy Itálie) Isole e centro 1990. sud. 2. vyd. Edizione Abetz, Roma: 1-304. Italsky, Angl.

BOURCET J. Larch forests in the internal Alps. French Forest Journal. 1984. 36: 19-32. (In French) DOI: 10.4267/2042/21703

BUNN A., KORPELA M., *An Introduction to dplR*. 2021, (4), 1-16.

BUNDESFORSCHUNGSZENTRUM für Wald (BFW). Osterreichische Waldinventur. 2013. <http://bfw.ac.at/rz/wi.home>

COOK E. R., KAIRIUKSTIS L. A., *Methods of Dendrochronology – Applications in the Environmental Sciences*. Kluwer Academic Publisher and International Institute for Applied Systems Analysis, Dordrecht, 1990, Boston, London, 394 s.

DANEK M., CHUCHRO M., WALANUS A. Variability in Larch (*Larix Decidua* Mill.) Tree-Ring Growth Response to Climate in the Polish Carpathian Mountains. *Forests*. 2017; 8(10):354. <https://doi.org/10.3390/f8100354>).

DANJON F, BARKER D.H., DREXHAGE M., STOKES A., Using three-dimensional plant root architecture in models of shallow-slope stability *Ann. Bot.*, 2007., 101 (8), pp. 1281-1293, 10.1093/aob/mcm199

DE RIGO, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. 2016., Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e01e492+

DEL FAVERO R., *I boschi delle regioni alpine italiane*, Cleup, 2004. Padova

DIRNBERGER, G., KUMER A.E., SCHNUR E. - STERBA, H. 2017., Is leaf area of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) and European larch (*Larix decidua* Mill.) affected by mixture proportion and stand density? *Ann. For. Sci.*, 74, 8.

EEA., *Climate change, impacts and vulnerability in Europe., An indicator-based report*. 2012., Copenhagen, Denmark: EEA, Copenhagen.

ELKIN C., GUTIÉRREZ AG., LEUZINGER S., MANUSCH C., TAMPERLI C., RASCHE L., BUGMANN H., A warmer world is not safe for ecosystem services in the European Alps. 2013., *Global Change Biology* 19: 1827–1840.

ELLENBERG H. H., *Vegetation Ecology of Central Europe*, 2009., Cambridge University Press, fourth edn.

ENGLISCH M., STARLINGER F., LIN H., *Die Larche—ein Baum fuer alle Falle*. 2011., BFW-Praxisinf 25:3–4

FALK W., BACHMANN-GIGL U., KOLLING C., Die Euroaische Larche im Klimawandel. In: Schmidt O, ed. Beitrage zur Europaischen Larche. 2012., Freising, Germany: Bayerische Landesanstalt fur Wald und Forstwirtschaft, 19–27.

FARJON A., *Larix decidua*. The IUCN Red List of Threatened Species., 2017., e.T42309A83969267.

FOURCHY P., Etudes sur l'écologie et la sylviculture du Mélèze (*Larix europaea* D.C.). Ecologie du Mélèze particulièrement dans les Alpes françaises. 1952., Extrait des Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences 18 (fase. 1).

FELLNER H., DIRNBERGER G.F., STERBA H., Specific leaf area of European Larch (*Larix decidua* MILL.). 2016., *Trees* 30, 1237–1244. <https://doi.org/10.1007/s00468-016-1361-1>

FÉR F., POKORNÝ J., Lesnická dendrologie. Část 1, Jehličnany Praha (Vysoká škola zemědělská), 1993., Publikace Matice lesnické Písek, 131 s.

GIORDANO L., GARBELOTTO M., NICOLOTTI G., GONTHIER P., *Mycological Progress.*, 2013., 12, 127

GEBUREK T., *Larix decidua*. In *Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie.*, 2014., (eds B. Stimm, A. Roloff, U.M. Lang and H. Weisgerber).

GSPALT, M., STERBA H, O'HARA K.L., The relationship between available area efficiency and area exploitation index in an even-aged coast redwood (*Sequoia sempervirens*) stand. *Forestry.*, 2012., 85: 567–577. doi:10.1093/forestry/cps052

HABERMANN M., *Forest Ecology and Management.* 2000., 136, 11.

HEJN, S., SLAVÍK B., *Květena České republiky 1.* Academia věd České republiky, Praha, 1997., 2. vydání ISBN 80-200-0643-5, 557 s.

HOLUŠA J. et al., Journal of Applied Entomology., 2013., 137, 181.

KIENAST, F., SCHWEINGRUBER F.H., BRÄKER O.U., SCHÄR E., Tree ring studies on conifers along ecological gradients and the potential of single-year analyses. Canadian, 1987

KIRSCHNER, R., BEGEROW D., OBERWINKLER F., Mycological Research., 2001, 105, 1403.

KOBLIHA, J., Slávik M., Hynek V., Marušák R., Produkčné dopady výberu testovaných proveniencií smrekovca opadavého; Lesnícky časopis – Forestry Journal, 2010, ročník 56, číslo 1, str. 17-30; Česká zemědělská univerzita Praha, Fakulta lesnická a dřevařská

KOLLING C., ZIMMERMANN L., Die Anfälligkeit der Walder Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft., 2007., 67: 259–268.

KONOPKA B., Analysis of interspecific differences in tree root system cardinality. Journal of Forest Science, 2001, 47: 366–372

KOPROWSKI M., Long-term increase of March temperature has no negative impact on tree rings of European larch (*Larix decidua*) in lowland Poland. Trees – Structure and Function. 2012, 26: 1895–1903.

KORPEL' Š., Pestovanie lesa. Bratislava: Príroda, Lesníctvo., 1991, ISBN 80-07-00428-9.

KOSINSKI G., Empty seed production in European larch (*Larix decidua*). For. Ecol. Manage., 1987, 19: 241-246.

KOŠULIČ M., Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu. 1. Brno: FSC ČR., 2010, 452 s. ISBN 987-80-254-6434-2.

KOTOK E. S., Western larch—an American wood. U.S. Dep. Agric, For. Serv., 1973, FS-243, 6 p.

KROUPOVÁ M., Dendroecological study of spruce growth in regions under long-term air pollution load. *Journal of Forest Science*, 2002, 48: 536–548.

LARSSON L., CooRecorder and Cdendro programs of the CooRecorder/Cdendro package version 7.6., 2013, <http://www.cybis.se/forfun/dendro/> (accessed 10.8.13)

MACAR, Václav a František MARŠÍK. Lesmistr Josef John (1802-1871) a boubínský lesní komplex s pralesní rezervací. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2005. ISBN 80-7084-340-3

MALČÁNKOVÁ, Tereza a Veronika LUKÁŠOVÁ. Modřín jako součást lesa přírodě blízkého. *Lesnická práce*. 2017, 319(5), 3.

MAŁGORZATA D., CHUCHRO M., WALANUS A., Tree-Ring Growth of Larch (*Larix decidua* Mill.) in the Polish Sudetes—The Influence of Altitude and Site-Related Factors on the Climate–Growth Relationship. *Forests*. 2018, 9(663), 23.

MARIN M., et al., *Mycological Research*, 2005, 109, 1137

MARTINEC P., NOVÁK J., Začneme navyšovat podíl modřínu opadavého v českých lesích. *Czech forest think tank*. 2018, 1(1), 4.

MASSON G., *Autécologie des Essences Forestières*; Editions TEC & DOC; Lavoisier: Paris, France, 2005; Volume 2, pp. 141–156.

MATRAS J., PAQUES L., Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use for European Larch (*Larix decidua*); Biodiversity International., 2008, Rome, Italy, p. 6.

MAYER H., Die Larche (*Larix decidua* [europaea] Mill.). Waldbau auf Soziol.—
ökologischer Grundlage., 1977, pp 22–28. Stuttgart, New York

MESSER H., Untersuchungen über das Fruchten der europäischen Larche (*Larix
decidua* Mill.). Allg. Forst. 1956, Jagdztg., 127: 8-16.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Zelená zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství
České republiky v roce 2019. Praha : Ministerstvo zemědělství 2020. ISBN 978-80-
7434-571-5.

MÍCHAL, I., Co plyne z poznání přírodních lesů pro pěstění našich smrčín ?. Lesnictví
– Forestry, 1995, roč. 41, č. 3, s. 137-144

MORIS J.V., Vacchiano G., Ascoli D., Motta R., Alternative stable states in mountain
forest ecosystems: the case of European larch (*Larix decidua*) forests in the western
Alps. Journal of Mountain Science, 2017, 14(5). DOI: 10.1007/s11629-016-4328-1

MUSIL I., HAMERNÍK J., Lesnická dendrologie 1, Jehličnaté dřeviny, 2003, Česká
Zemědělská Univerzita Praha, str. 48-52, 23-34

MUSIL I., HAMERNÍK J., Jehličnaté dřeviny: Lesnická dendrologie 1., 2007, Praha:
ACADEMIA., ISBN 978-80-200-1567-9.

NILSSON B., Om larkfro och larkhybrider For mellansverige (larch seed and larch
hybrids for Central Sweden). 1959, Sven. Skogsvardsfören. Tidskr., 57:309-324.

NOLA P., M. MORALES R., Motta R. Villalba, Trees. 2006, 20, 371.

NOVÁK J., SLODIČÁK M., Výchova porostů modřínu opadavého. Lesnická práce,
2006, 85(12), s. 10-11. ISSN 0322-9254

NOVÁK, J., SLODIČÁK M., Development of young substitute larch (*Larix decidua* Mill.) stands after first thinning. *Journal of forest science*, 52, 2006 (4): 147-157

NOŽIČKA, Josef. Jesenický modřín: původní jeho výskyt a zavádění modřínu v českých zemích. Ostrava: Krajské nakladatelství, 1962. 221 s.

OLEKSYN J., FRITTS H.C., Influence of climatic factors upon tree rings of *Larix decidua* and *L. decidua* × *L. kaempferi* from Pulawy, Poland. *Trees – Structure and Function.*, 1991, 5(2): 75–82.

PETRÁŠ R., PAJTÍK J. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnický časopis*. 1991, 37(1), 49-56.

PLESA I. M., GONZÁLES-ORENGA S.; AL HASSAN M., SESTRAS A.F., VICENTE O., PROHENS J., SESTRAS R.E., BOSCAIU M., Effects of Drought and Salinity on European Larch (*Larix decidua* Mill.) Seedlings. *Forests*. 2018, 9, 320. <https://doi.org/10.3390/f9060320>

PLÍVA K., Trvale udržitelné obhospodařování lesů podle souborů lesních typů. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 2000.

POLENO Z., VACEK S., PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., ŠTEFANČÍK I., MIKESKA M., KOBLIHA J., KUPKA I., MALÍK V., TURČÁNI M., DVOŘÁK J., ZATLOUKAL V., BÍLEK L., BALÁŠ M., SIMON J., Pěstování lesů III. - Praktické postupy pěstování lesů, Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 2009, 860 s., ISBN 978-80-87154-34-2

PRACIAK, A., & C.A.B. International., *The CABI encyclopedia of forest trees.*, 2013, Wallingford, Oxfordshire, UK: Cabi.

PRŮŠA, Eduard. Pěstování lesů na typologických základech. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2001. ISBN 80-863-8610-4.

PŘÍRODNÍ LESNÍ OBLASTI. *Ústav pro hospodářskou úpravu lesa* [online]. Brandýs nad Labem:, 2020, [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <http://www.uhul.cz/nase-cinnost/oblastni-plany-rozvoje-lesu/prirodni-lesni-oblasti-plo>

SANDOZ, H. and BARBERO, M., Les fruticées à *Rhododendron ferrugineum* et *Juniperus nana* et les Mélézéins des Alpes maritimes et ligures. *Revue de Biologie et d'Ecologie méditerranéenne.*, 1974, 1 (3)63 -96.

SAVILL, Peter. *The silviculture of trees used in British forestry*. 1. University of Oxford, Oxford, UK: CABI, 2013, 1-269. ISBN 9781780640266. Dostupné z: doi:10.1079/9781780640266.0000

SIEGEL, S., CASTELLAN, N. J. Jr. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. 1988. New York: McGraw–Hill.

SKOŘEPA, H., Modřín opadavý – obyčejná či neobyčejná dřevina?. *Nadace Živa*, 2004, 5 (1): 206-208

SLÁVIK, M., Smrekovec opadavý *Larix decidua* Mill., jeho charakteristika, ekológia a perspektívy jeho uplatnenia v lesníckej prevádzke. *European Larch larix decidua* Mill., its Characteristics, Ecology, and Utilization in the Forestry Practise. 2006,

STERBA H., DIRNBERGER G., RITTER T., The Contribution of Forest Structure to Complementarity in Mixed Stands of Norway Spruce (*Picea abies* L. KARST) and European Larch (*Larix decidua*MILL.). *Forests*. 2018, 9(410), 17.

SCHOBER R., *Die Larche: eine ertragskundlich-biologische Untersuchung*. 1949, Schaper, Hannover

ŠINDELÁŘ, J., Ekovalence sudetské populace modřínu opadavého *Larix decidua* Mill. *Lesnictví-Forestry*, 1996, 42 (3): 101-115.

ŠINDELÁŘ J., FRÝDL J., NOVOTNÝ P., Význam modřínu opadavého pro lesní hospodářství ČR. Lesnická práce, 2006, 85(12), s. 7-9. ISSN 0322-9254

Textová část LHP: LHC Vimperk: Platnost 1.1.2015 - 31.12.2024. 1. České Budějovice: Lesy České republiky, s.p., 2014.

TICHAVSKY R., KLUZOVA O., SILHAN K., Differences between the responses of European larch (*Larix decidua* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* (L) Karst) to landslide activity based on dendrogeomorphic and dendrometric data. *Geomorphology*, 2019, 330, 57-68. DOI: 10.1016/j.geomorph.2019.01.013

VALENTA, Jan a Libor ŠEŠULKA. Postup při zjišťování zásob v aukcích nastojato u Lesů ČR. Lesnická práce. 2015, (12), 3

VOKOUN J., Druhovú skladba lesů ČR v %. 1997, Praha: MZe.

VYSKOT M. a kol., Pěstění lesů. 1978, Praha, SZN, 448 s.

WESTERN Pine Association. Larch of the western pine region: its properties, uses, and grades. 1953, (Revised) A.I.A. File 19, 52 p. Portland, Oreg

WILSON ALVIN K. Output of timber products in Idaho., 1964 USDA For. Serv. Res. Pap., INT – 13, 10 p. Intermt. For. And Range Exp. Stn. Ogden, Utah

WOLFSLEHNER G., KOECK R., HOCHBICHLER E., STEINER H., FRANK G., FORMAYER H., ARBEITER F., Okologické a waldbaulické vlastnosti larche (*Larix decidua* MILL.) – závěry pro řízení lesů v Rakousku s zohledněním změny klimatu. 2011, Endbericht von Start-Clim, E inStartClim, Anpassung an den Klimawandel: Weitere Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, BMWFJ, OBF.

ZAVŘEL P., ANDĚRA M., *Šumava – příroda, historie, život*. 1. Praha: Baset, 2003. ISBN 978-80-7340-021-7.

9 Přílohy



Obrázek 27: plocha č.1 – pohled na sever (foto autor)



Obrázek 28: plocha č. 2 – pohled na jih (foto autor)



Obrázek 29: plocha č. 3 – pohled na JV (foto autor)



Obrázek 30 Plocha č.4 – pohled na západ (foto autor)