

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Návrh optimální strategie hospodaření s využitím růstového simulátoru SIBYLA (LS Český Rudolec, HS 53)

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Olomouci dne 13. 4. 2017

1 Přehled problematiky smíšené dřevin

Umělé stejnověké smrkové monokultury rostoucí na stanovištích přirozených smíšených a listnatých porostů se rozkládají v Evropě na milionech hektarů. Jsou málo stabilním lesním ekosystémem vyžadujícím víceméně trvalou cílenou pěstební péči, aby byl udržen a přinesl očekávaný hospodářský výsledek. Jeho velký hospodářský potenciál ohrožuje mnoho činitelů. (Spiecker et al. 2004).

Přetrvávání smrkových monokultur na stanovištích s přirozeným výskytem smíšených a listnatých porostů je neúnosné z hlediska trvale udržitelného hospodaření a v zájmu uchování biologické rozmanitosti pro budoucnost. Očekávané změny klimatu a s nimi spojený posun vegetačních stupňů se negativně nejvíce dotknou právě smrku, a proto je třeba již dnes přetvářet lesní ekosystémy tak, aby měly co nejvíce adaptačních schopností na globální změny ekologických podmínek.

S nárůstem odlišností stanovištních podmínek od růstového optima smrku se zvyšuje nebezpečí poškození smrkových monokultur nahodilými těžbami. Výše celkové objemové produkce smrkových monokultur, považovaná v minulosti za jeden z hlavních faktorů při volbě dřevinné skladby, ustupuje do pozadí. Zvýšený důraz je kladen na kvalitu dřeva a ve stále větší míře i na plnění mimoprodukčních funkcí lesa. Od odklonu od monokulturního smrkového hospodaření se tedy očekává lepší plnění požadovaných ekologických, sociálních i ekonomických funkcí. Slodičák a Novák (2007) uvádějí, že Postupné zvyšování zastoupení buku je oprávněné s ohledem na jeho, ve srovnání s ostatními hlavními dřevinami, nejširší přirozené rozšíření (od 2. do 7. LVS).

1.1 Smrkové hospodářství v ČR

Přestože smrk ztepilý je hlavní hospodářskou dřevinou lesů v České republice, v přirozené dřevinné skladbě jeho podíl v rozsahu celého státu podle předpokladů nepřesahoval 11 %. Nesmíšené porosty vytvářel pouze v jemu vlastním smrkovém lesním vegetačním stupni (LVS), od 5. LVS se podílel spolu s bukem, jedlí, popř. jinými dřevinami na tvorbě klimaxových společenstev. Maximum objemové produkce smrk

dosahuje ve 4. a 5. LVS. Značná ekologická valence mu umožňuje růst v široké amplitudě půdních podmínek s rozdílným vodním režimem v celém rozpětí lesních vegetačních stupňů.

Zastoupení smrku v posledních 50 letech pokleslo téměř o 10 %, dnešní zvýšený podíl smrku 53 % je zejména na úkor buku, dubů a jedle (MZe 2008). Smrkové monokultury, v tomto případě chápané jako smrkové porosty se zastoupením jiných dřevin do 10 %, pokrývají 23 % výměry lesní půdy, podle přírodních lesních oblastí (PLO) v rozmezí 3 – 63 %. V okrajových pohořích zaujímají více jak polovinu výměry. V nejrozšířenějším cílovém hospodářském souboru (CHS) 45 roste smrk na 57 % výměry, z toho na 18 % v monokultuře a 14 % výměry tvoří porosty s převládajícím zastoupením smrku (71 – 90 %). Ve druhém nejrozšířenějším CHS 53 smrk zaujímá 75 % porostní plochy.

Doporučovaná dřevinná skladba jako optimalizovaný kompromis mezi přirozenou dřevinnou skladbou a skladbou hospodářsky výhodnou předpokládá snížení zastoupení smrku na 37 % (MZe 2008) s cílem minimalizovat hospodářská a ekologická rizika pro smrkové hospodářství. Zejména v nižších a středních polohách by smrk měl být nahrazen stanovištně vhodnými dřevinami, které zvyšují stabilitu porostů a příznivě ovlivňují koloběh látek v prostředí (v současné legislativě označované za meliorační a zpevňující – MZD). Míra jejich pozitivního působení závisí na stanovištních podmínkách, zastoupení a cenotickém postavení v porostu.

Přednosti smrkových monokultur:

- Předpokládaná vyšší objemová produkce dřeva
- Monokultury jsou schopny zajistit požadovaný podíl sortimentů dřeva.
- Postup hospodaření, blízký plantážnímu, umožňuje široké využití mechanizace.

Nevýhody smrkových monokultur:

- Mělký kořenový systém
 - nezaručuje dostatečnou stabilitu při mechanickém namáhání stromu větrem, popř. jiným zatížením. Snížená porostní stabilita zvyšuje riziko rozpadu porostů a tím ztrátu funkčnosti;

- nezaručuje dostatečné zásobení vodou v suchých obdobích, nedostatek půdní vody omezuje růst a zvyšuje stres stromů;
- poškození mělkých kořenů je cestou pro infekci houbovými chorobami.
- Hromadí se opad, v zapojeném porostu se rozkládá pomalu a to brzdí koloběh živin v ekosystému.
- Riziko degradace stanovišť vlivem hromadění opadu, jednostranného vyčerpávání živin a zrychlení podzolizace.
- Vzniká riziko vyšší depozice škodlivin z ovzduší a následné degradace půdy

Negativní působení smrku na stanoviště je tím větší, čím více je smrk danému stanovišti cizí. Některé nevýhody smrkových monokultur lze částečně omezit postupy hospodaření a úpravou porostní struktury. Odpovídající výchova zvýší porostní stabilitu, vhodné rozvolnění zápoje upraví porostní mikroklima a tím umožní tvorbu příznivějších forem humusu.

Výhody smíšených porostů:

- Specificky rozdílné pronikání světla, tepla a srážek pod různé dřeviny ovlivňuje porostní mikroklima a vodní režim půdy. Pestrost podmínek prostředí ve smíšených porostech umožňuje vyšší porostní biodiverzitu.
- Rozdílná hloubka a charakter prokořenění jednotlivými dřevinami upravují koloběh vody a živin. Různé množství a charakter opadu smíšených porostů se příznivě projevuje na jeho ukládání, typu a rychlosti rozkladu.
- Nižší intercepce kyselých atmosférických depozic korunami listnáčů snižuje nebezpečí zakyselování lesních půd.
- Výše uvedené přednosti smíšených porostů vysvětlují, proč jsou obecně odolnější proti poškození vnějšími faktory, absolutně odolné však nejsou.
- Možný vysoký podíl zvláště cenných sortimentů dřeva v mýtních porostech.
- Smíšeným porostům je přikládána vyšší estetická hodnota.

Nevýhody smíšených porostů:

- Široká sortimentní skladba se značným podílem hospodářsky méně hodnotných sortimentů po značnou část obmýtní doby
- Obtížnější uplatnění mechanizace těžebních činností

- Vyšší nároky na odbornost při pěstování lesa; výhodnější je skupinové smíšení.

1.2 Vliv smíšení smrku a buku na objemovou produkci

Diskuze o tom, zda jsou smíšené porosty produktivnější než monokultura, se datuje od otců zakladatelů lesní vědy v Evropě. Cotta (1828) rozhodl, že smíšené porosty jsou produktivnější, na druhou stranu Hartig (1791) oponuje, že to tak není.

Lorey (1896,1902) a Dieterich (1923) zjistili, že produkce tohoto smíšení je menší i porovnání se součtem produkcí porovnatelných ploch stejnorodých porostu smrku a buku. Flury považuje za optimální zastoupení buku asi 20% (max. 35%) následně se produkce snižuje. Stanoviště bohatší na vápník je lepší pro růst buku a kyselejší pro smrk. V mládí vyžaduje toto smíšení větší péči, protože smrk se vysazuje dodatečně jednotlivě nebo ve skupinkách. Wiedemann (1942) zjistil, že se klimatické výkyvy projevují na přírůstku, hlavně smrku v období sucha asi o 50%. Z toho vyplývá, že v suchém období může být COP smíšených porostů větší jak ve stejnorodých smrkových porostech. Assmann (1961) uvádí, že pokud je smrk v buku nebo buk ve smrku jen vtroušený, tak toto smíšení má význam jen z ekologické stránky, ne produkční (minimální výchovný účinek) Kennel (1964) zjistil, že produkce smrku ve smíšeném porostu je průměru o 16% vyšší jak ve stejnorodém, ale buk dosahuje jen 87% běžného přírůstu stejnorodého porostu (smrk je předrůstavý).

Pretzch (2003) uvádí, že produkce smíšených porostů závisí především na kvalitě stanoviště a jeho zásobení látkami a dále na způsobu výchovy porostu. Produktivita a zásoba smíšeného porostu je podle Pretzche méně ovlivněna snížením zakmenění než jsou monokultury. Podle Brava a kol. (2001) jsou smíšené porosty schopny více kompenzovat ztráty stromů v porostu díky rozdílné morfologii korun smrku a buku.

1.3 Výchova porostů

1.3.1 Specifika výchovy monokultur

Pro stejnorodé stejnověkové porosty existují tzv. modely výchovy. Tento pojem začal být používán a uplatňován v Německu (Abetz 1969) a Rakousku koncem šedesátých a začátkem sedmdesátých let minulého století. V souhrnné podobě byly u nás modely výchovy poprvé publikovány v periodiku VÚLHM – v Lesnickém průvodci (Pařez,

Chroust 1988). Bezprostředně poté byla vydána známá a lesnickou praxí používaná monografie „Provozní systémy v lesním plánování“ (Plíva, Žlábek 1989). V současné době jsou původní modely výchovy upřesňovány a precizovány na základě vyhodnocení dlouhodobých probírkových ploch Výzkumné stanice Opočno (Slodičák 1996, 2001, Novák, Slodičák 2001).

V uměle založených smrkových porostech dle Slodičáka a Nováka (2007) převládá tendence k velmi rychlému růstu v mládí s kulminací tloušťkového přírůstu již ve věku 10 – 15 let a výškového přírůstu ve věku 20 – 30 let. V tomto období vyžaduje smrk dostatek růstového prostoru k vytvoření souměrného stabilního kmene a mohutného kořenového systému. Ke splnění tohoto cíle je potřebná co největší hmota asimilačních orgánů – vyvinutá koruna. Cílem výchovy smrkových porostů a porostů s převahou smrku je především:

- zvýšení kvality a bezpečnosti produkce (odolnost vůči námraze a škodám sněhem a větrem),
- vytvoření mikroklimatu příznivého pro plynulou dekompozici opadu (především zlepšení půdních podmínek a koloběhu živin),
- snížení intercepce a zlepšení vláhových poměrů v rhizosféře,
- úprava druhové skladby a porostní struktury.

Pěstování bukových porostů je založeno na několika důležitých vlastnostech této dřeviny (zejména ve srovnání s ostatními hlavními dřevinami pěstovanými v lesích ČR):

- je dostatečně odolný vůči účinkům škodlivých abiotických i biotických činitelů,
- díky hlubšímu kořenovému systému a příznivým charakteristikám opadu (ve srovnání se smrkem) má pozitivní vliv na vlastnosti půd,
- vzhledem ke svým biologickým vlastnostem je pěstebně nejtvrdnější dřevinou (má schopnost snášet zastínění a na druhou stranu velkou citlivost na světelné podmínky),
- je náchylný k rozrůstání korun do šířky, čímž mohou vznikat nepravidelné až excentrické koruny,
- od stadia mlazin dochází často u této dřeviny k zakřivení kmene a k vytváření vidlic.

1.3.2 Specifika výchovy smíšených porostů

Slodičák a Novák (2007) uvádějí, že při výchově smíšených porostů je nutné stejně jako u porostů stejnorodých respektovat vlastnosti dřevin a stanovištní poměry. Pro úspěšný vývoj buku je nutné včasné odstranění předrostů a hustý zápoj v mládí. Naopak ve starším věku snese buk vzhledem ke své odolnosti vůči větru uvolnění korun, na které reaguje světlostním přírůstem. Pro stabilizaci smrku je bezpodmínečně nutný vývoj ve volném zápoji v mládí a ochrana proti větru hustým zápojem ve druhé polovině doby obmýtní. Výchova porostních směsí smrku a buku je proto závislá zejména na způsobu založení porostu. Při vhodnějším skupinovém smíšení se obě dřeviny vychovávají odpovídajícím specifickým způsobem, tj. smrkové skupiny v mládí silně, později slabě a skupiny buku v mládí méně s individuálním uvolněním ve věku pozdějším. V případě méně vhodného jednotlivého smíšení je nutno co nejdříve (při horní výšce 3 – 4 m) vybrat určitý počet (200 – 300 ks na 1 ha) nejkvalitnějších jedinců smrku a ty individuálně úplně uvolnit. Zbytek porostu se ponechá bez zásahu a vytvoří prostředí pro vývoj buku a smrk zde plní funkci výplňové dřeviny. Tak jak bylo naznačeno na příkladu smrku a buku, problémy výchovy porostních směsí jsou mnohem komplikovanější a vyžadují vyšší lesnickou odbornost a cit než výchova porostů stejnorodých. Zanedbání výchovy může mít i ve smíšených porostech nepříznivé následky. Smíšené porosty smrku a buku jsou sice odolnější vůči větru, avšak odolnost vůči sněhu je závislá pouze na individuální statické stabilitě každého jednotlivého stromu.

2 Přírodní poměry LHC Český Rudolec

2.1 Poměry orografické a hydrografické

Na území LHC jsou následující orografické jednotky:

- a. Novobystřická vrchovina – je to nejvýše položené jádro celého území. V horské části jsou nejvyšší vrcholy Vysoký kámen severně od Kaprouna (738 m), Šibeník západně od Zvůle (732 m) a Vysoký kámen nedaleko Rožnova (728 m). Vrchovina lze rozdělit na horskou část patřící do 6. LVS a vrchovinnou část patřící do 5. LVS.
- b. Jihlavské vrchy – Jsou pokračováním hlavního hřbetu Českomoravské vrchoviny. Na území LHC zasahuje nepatrně v okolí Radlic. Nejvyšší vrchol na území LHC je Radlický vrch (668 m), nejvyšší vrchol Jihlavských vrchů je Javořice, která je zároveň nejvyšší vrchol Českomoravské vrchoviny (837 m).
- c. Jindřichohradecká pahorkatina – leží v západním území LHC a přiléhá k Novobystřické vrchovině svým jihovýchodním okrajem. Hraniční čára sleduje přibližně spojnicí obcí Nová Bystřice – Číměř – Kunžak – Velký Jeníkov a vrstevnici 600 m n. m.
- d. Dačická pahorkatina a kotlina – přiléhá k východnímu okraji Novobystřické vrchoviny. Hranici tvoří spojnice obcí Zadní Vydří – Dolní Němčice – Volfřov – Dolní Bolíkov – Slavonice a sleduje přibližně vrstevnici 520 m n. m.
- e. Brtnická vrchovina – zasahuje na území LHC jen v jeho jihovýchodní části, jižně od silnice Slavonice – Staré Hobzí.

Z hlediska hydrografického je toto území zvláštní. Celým LHC prochází hlavní evropské rozvodí mezi úmořímí Severního (západní svahy) a Černého moře (východní svahy). Z Novobystřické vrchoviny tak stékají potoky do všech světových stran. Někde jsou hluboko zaříznuty do terénu, jinde vytékají z plochých úžlabin s rašeliništi. Potoky odvodňující západní svahy vrchoviny stékají do Jindřichohradecké pahorkatiny a zde se vlévají do Kačležského potoka. Potok je napájen Kačležským rybníkem a je pravostranným přítokem řeky Lužnice. Z okolí Nové Bystřice odvádí vodu do Lužnice potok Dračice. Do Nežárky se v Jindřichově Hradci vlévá Hamerský potok, na němž a jeho přítocích je vybudována soustava velkých rybníků (Krvavý, Ratmírovský, Hejtman,

Komorník a další). Hamerský potok odvodňuje severozápadní svahy Novobystřické vrchoviny a přilehlou část Jindřichohradecké pahorkatiny. Severovýchodní a východní svahy Novobystřické vrchoviny jsou odvodňovány drobnými toky, které protékají Dačickou hornatinou a kotlinou a vlévají se do Moravské Dyje. Moravská Dyje se poté v Rakousku slévá s Rakouskou Dyjí a společně vytváří řeku Dyji. Z jižních svahů odtéká voda v potocích do Rakouské Dyje.

2.2 Geologické poměry

Základní osu vrchoviny, na které leží LHC, tvoří mohutné intruzivní těleso centrálního plutonu moldanubika, které proráží plášť moldanubických krystalických břidlic.

V Jindřichohradecké pahorkatině se udržely ojedinělé zbytky neogenních sedimentů. V Dačické pahorkatině a kotlině se vyskytují čtvrtohorní sprašové hlíny.

2.2.1 Moldanubikum

Je nejstarší stavební jednotkou, pravděpodobně spodnostarohorního stáří. Je tvořeno metamorfovanými horninami. B dačické pahorkatině a v kotlině se vyskytují biotické pararuly, které jsou dobře zásobeny živinami. Jsou méně propustné a vysychavé než půdy na vyvřelých horninách. Uvnitř biotických pararul je několik ostrůvků magmatických ortorul. Půdy jsou na nich chudé. Na západní části Dačické pahorkatiny se vyskytují Kordieritické ruly a nebulitické migmatity, které také lemují kraj LHC na severozápadě v okolí Kunžaku a Strmilova. Dále jsou jen malé plochy amfibolitu a serpentinitu.

2.2.2 Moldanubický pluton

Je tvořen těmito horninami

- Dvojslídny granit – je místy porfirická (landštejnského typu) hrubozrná hornina. Tvoří velké těleso v centrální části Novobystřické vrchoviny. Půdy na granitu jsou slabě zásobeny živinami. Mají nedostatek hořčíku a vápníku, dobře jsou zásobeny draslíkem Jsou dobře propustné, na hřebenech a slunných svazích jsou vysychavé.

- Dvojslídny granit až granodiorit – převážně porfyrický (číměřského typu) je středně zrnitá hornina, která dává vzniknout půdám příznivějších vlastností než u žuly landštejnského typu. Zaujímá převážnou část Novobystřické vrchoviny.
- Dvojslídny albitický granit – nevýrazně porfyrický (zvolského typu) je hornina geologicky vymezena v roce 1999 Scharbertovou a Breitrem. Je více homogenní než granit číměřského typu, na živiny je však chudší. V celé oblasti okolo Zvůle, kde se tato hornina nachází, se erozí vytvořilo velké množství žokovitých balvanů často značné velikosti.
- Neogenní sedimenty – V oblasti Jindřichohradecké pahorkatině se zachovaly v okolí Kačležského a Hamerského potoka zbytky písčitých a jílovitých sedimentů.
- Kvartérní uložení – holocenní uložení fluvialní jsou tvořeny převážně písčitymi hlínami v údolních dnech potoků a řeky Dyje. v Dačické kotlině jsou dále eolitické uložení sprašových hlín. Na celém území LHC se vyskytují svahové uložení vzniklé v pleistocénu soliflukcí na plochých bázích svahů a na mírně skloněných plošinách. V nejchladnějších a na srážky nejbohatších polohách Novobystřické vrchoviny vznikly rašelinné uložení. Mají charakter přechodných rašelin, výjimečně vrchovišť.

2.3 Klimatické podmínky

Teplota vzduchu

Průměrná roční teplota vzduchu je nejvyšší v Dačické pahorkatině a kotlině – 7,0-7,1°C. Nejchladnější je horská část Novobystřické vrchoviny, vymezená 6. LVS. Průměrná teplota klesá pod 6,0°C. Ve zbylých částech LHC je průměrná roční teplota 7,0°C až 6,0°C.

Ve vegetačním období (duben až září) se průměrné teploty pohybují od 13°C do 12°C. V Dačické pahorkatině je to více než 13°C, v 6. LVS méně než 12°C.

Mrazových dní je na LHC od 130 do 140.

Srážky

Množství srážek se obecně zvyšuje s přibývajícím nadmořskou výškou, zde je však výrazně ovlivňováno exponovaností krajiny vůči větrům, které přinášejí srážky. Nejmenší roční úhrn srážek bývá v Dačické kotlině – méně než 600 mm. Ve zbylé části Dačické pahorkatiny a na východní závětrné straně hřebenu Novobystřické vrchoviny jsou roční srážky od 600 do 700 mm (obec Český Rudolec – průměr 700 mm). Nejvyšší srážky jsou na vrcholcích Novobystřické vrchoviny a na její západní návětrné straně. Roční úhrn srážek přesahuje 700 mm, v nejvyšších polohách až 800 mm.

Vítr

Nejčastěji vane vítr od severozápadu. Bořivé větry vanou nejčastěji od západu a jihovýchodu. Pro LHC je nebezpečné zimní proudění od jihovýchodu, které z panonské nížiny přináší vlhký teplejší vzduch, který po styku s chladnějším vzduchem Novobystřické vrchoviny vytváří na stromech jinovatku a námrazu, a tak vznikají časté námrazové kalamity v této oblasti.

2.3.1 Klimatické oblasti.

Celé území patří dle Atlasu podnebí ČR do mírně teplé oblasti B.

- B5 – Okrsek mírně vlhký s mírnou zimou, pahorkatinatý. Oblast Dačické kotliny a pahorkatiny a přilehlou část Novobystřické vrchoviny.
- B8 – Okrsek mírně vlhký, vrchovinný. Převážná část Novobystřické vrchoviny a zvláště část Jindřichohradecké pahorkatiny.
- C1 – Mírně chladný – lze sem zařadit nejvyšší vrcholky LHC.

2.4 Lesní vegetační stupně

Zastoupení vegetačních stupňů je úzce spjato s klimatickými a orografickými poměry

- 4. LVS (bukový) vyplňuje Dačickou kotlinu a převážnou část Brtnické vrchoviny, dosahuje přibližně do nadmořské výšky 550 m.
- 5. LVS (jedlobukový) zaujímá nižší části Novobystřické vrchoviny a celou Jindřichohradeckou pahorkatinu v západní části LHC

- 6. LVS (smrkobukový) zaujímá výše položené části Novobystřické vrchoviny. Dělicí čára mezi oběma stupni probíhá po izolinii průměrné roční teploty 6°C (to odpovídá přibližně nadmořské výšce 650 m)

2.5 Přírodní lesní oblasti

Tabulka 1 Přírodní lesní oblasti

PLO	kód	Porostní půda	
		v hektarech	v procentech
Českomoravská vrchovina	16	14949,17	91,56
Předhoří Českomoravské vrchoviny	33	1377,2	8,43
Suma		16326,37	100

Většina LHC se nachází v PLO 16, z důvodu rozdělení samosprávních celků ČR byla k LHC přiřazena i část spadající do PLO 33.

2.6 Typologie

Z hlediska stanovištních podmínek je nejvíce zastoupená kyselá a oglejená ekologická řada (viz tabulka příloha č. 2) Řada K kyselá zabírá 68,5 % celkové plochy lesní půdy LHC, v rámci kyselé řady se jedná o soubory lesních typů 5K a 6K. Druhá významná řada na LHC je řada P oglejená, která je zastoupena na 15% plochy LHC. Na řadu B živná připadá 12 %, zbylé ekologické řady jsou zastoupeny pouze minimálně.

2.6.1 Řada K kyselá

Plošně nejvýznamnější řada na minerálně chudých půdách, dobře provzdušněných, se zhoršenou humifikací. Zhoršený vodní režim se projevuje menším vázáním vody v půdách, horší chemické vlastnosti způsobují snížení sorpční kapacity s nižším stupněm nasycení půdních koloidů.

Hospodářskými znaky společnými pro celou řadu je oproti řadě B (bohaté) snížená produkce, slabší buřnění a tím lepší možnost přirozené obnovy a větší stabilita porostu vzhledem k vyvinutějšímu kořenovému systému v poměru ke koruně.

V 5. LVS jsou společenstvy kyselé smrkové bučiny. Drsnější a humidnější klima podmiňuje přirozené zastoupení smrku, mírně sníženou vitalitu buku i zvýšený podíl jedle oproti 4. LVS. Keřové patro není vyvinuto a bylinné je druhově chudé. Převládá *Avenella flexuosa* a *Calamagrostis villosa*, v chudších typech *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Dryopteris dilatata*. Dále *Prenanthes purpurea* a *Polygonatum verticillatum*.

V 6. LVS jsou kyselé bukové smrčiny, které jsou i při nedostatku vlastních charakteristických druhů v synuzii podrostu významné z hlediska lesnického (buk zaostává za smrkem) i vodohospodářského (horizontální srážky). Fytocenologicky jsou na přechodu k vlastní smrčině.

Řada P oglejená

Je vymezena především režimem půdní vody. Další rozdělení kategorie je podle trofnosti půd. Charakteristická vlastnost pro P řadu je střídavě zamokřená půda, kdy na jaře je zamokřovaná, v létě vyschlá a v nižších LVS značně ztvrdlá. Průběh humifikace je vždy zpomalený a spolu s tím složení fytocenózy je řízeno příslušnou kategorií.

V 5. LVS mají jedliny zúžený areál, je zde na přechodu mezi dubovou jedlinou a smrkovou jedlinou. Jen na středně bohatých půdách vzniká samostatnější společenstvo s příměsí buku.

Smrkové jedliny mají v přirozeném stavu podíl smrku až 40%. V druhové kombinaci chybějí druhy subalpínské, je zde dominantní *Calamagrostis villosa* a rašelíniky.

Jedlové smrčiny jsou již na přechodu mezi střídavě a trvale zamokřenými půdami, nedochází zde k letnímu vysychání půdy.

2.7 Zastoupení cílových hospodářských souborů

Tabulka 2

Cílové hospodářství	Celkem za LHC	
	(ha)	(%)

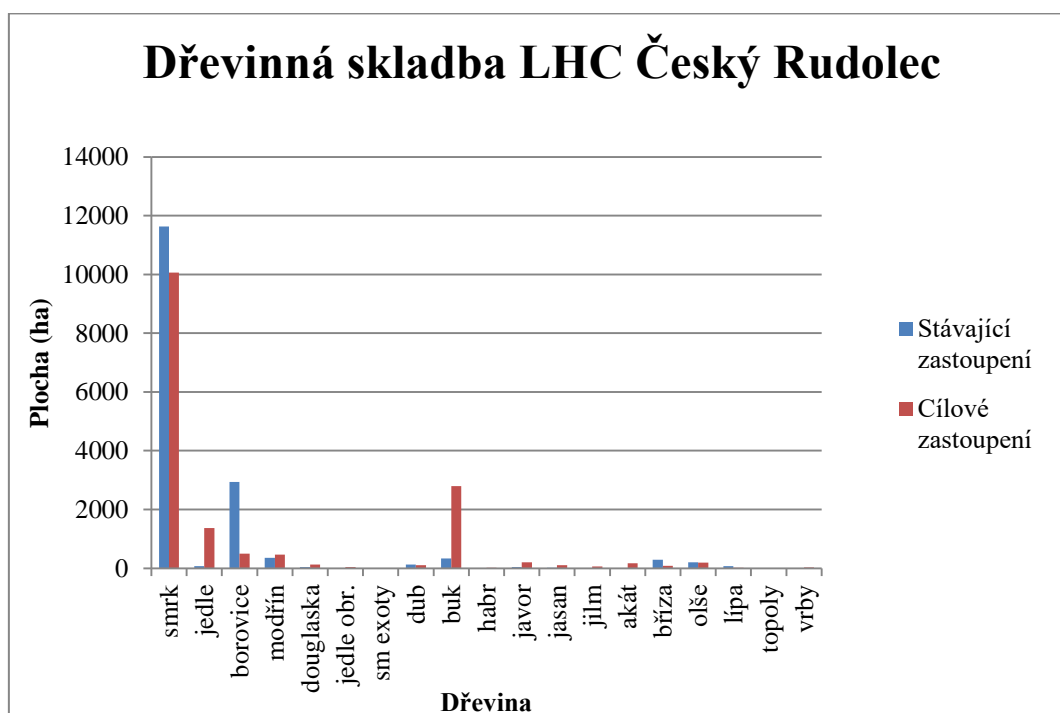
23 – Hospodářství kyselých stanovišť nižších poloh	45,49	0,28%
43 – Hospodářství kyselých stanovišť středních poloh	541,3	3,32%
45 – Hospodářství živných stanovišť středních poloh	413,52	2,53%
51 – Hospodářství exponovaných stanovišť středních poloh	630,7	3,86%
53 – Hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh	10140,04	62,14%
55 – Hospodářství živných stanovišť vyšších poloh	864,62	5,30%
57 – Hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh	2360,98	14,47%
79 – Hospodářství podmáčených stanovišť horských poloh	519,82	3,19%
44 – Účelové hospodářství na živných stanovištích středních poloh	185,27	1,14%
52 – Účelové hospodářství na kyselých stanovištích vyšších poloh	617,27	3,78%
	16319,01	

Zastoupení cílových hospodářských soborů odpovídá zastoupení ekologických řad. Nejvyšší zastoupení má Hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh (HS 53, soubory lesních typů 5K, 6K, a další).

2.8 Zastoupení dřevin

Na zastoupení dřevin se výrazně projevila historie hospodaření na území dnešního LHC. V minulosti byla dřevinná skladba výrazně změněna ve prospěch smrku ztepilého, který je nyní na 71,29% plochy LHC, vytváří zde monokultury, případně porosty s přimíšenou borovicí nebo bukovými kotlíky. Další významná dřevina je borovice lesní (18 %), která také tvoří čisté porosty. Buk lesní (2,02%) je zde buď jako jednotlivá příměs nebo vnášena do smrkových monokultur v rámci maloplošných obnovních sečí jako zpevňující dřevina. Hospodářský význam má i modřín (2,17%) který je používán jako příměs. Z hlediska cílové druhové skladby je plánované zvýšit zastoupení buku na 17 % a smrk snížit o deset procent na 60% celkové plochy.

Graf 1 Dřevinná skladba LHC Český Rudolec



2.9 Charakteristika hlavních dřevin

Smrk ztepilý

Popis

Je to jehličnatá dřevina s pravidelným vzrůstem a přeslenitým větvením. Stavbu, velikost a postavení jehlic podstatně ovlivňuje osvětlení. Kořenový systém je povrchový. Smrk dosahuje vzrůstového maxima mezi 40-50 roky, na lepších bonitách dřívě, a naopak. Smrk dosahuje výšek až 50 metrů, fyzické stáří je 500, výjimečně více. V našich hospodářských letech je maximální věk do 150 let.

Rozšíření

Smrk ztepilý má rozsáhlý areál rozšíření přes celou Evropu. Výškové optimum je obvykle v 1000 m n. m. V horách vytváří přirozené souvislé porosty. Smrk je dřevinou pátého, šestého a sedmého lesního vegetačního stupně s častým výskytem na extrémních stanovištích v rašelinných, luhových a dřípatkových smrčinách. Podle místa původu lze rozlišit mnoho klimatipů i ekotypů. V Nižších lokalitách (Moravský kras) obsazoval smrk inverzní polohy.

Ekologie

Kříž a kol. (1971) popisují smrk jako dřevinu polostinnou. V mládí je však schopen snášet i silné zastínění. Potřeba světla roste s nadmořskou výškou stanoviště. Polena a Vacek (2009) uvádějí, že pro smrk je především důležité chladné kontinentální klima s dostatečným zásobením půdy vodou, ale ne stagnující vodou. Autoři dále uvádějí, že ačkoliv smrk není dřevina náročná na živiny, jejich nedostatek razantně brzdí přírůst. Vysoký obsah živin pak na druhou stranu často způsobuje hniloby dřevokaznými houbami.

Hospodářský význam

Pro své zastoupení a stav trhu je smrk nenahraditelnou dřevinou.

Buk lesní (*Fagus silvatica*)

Popis

Buk je jedna z nejrozšířenějších dřevin ČR. Dorůstá výšky 35-50 m. Výčetní tloušťka může dosahovat ve vhodných podmínkách i 1,5 m. Dožívá se věku 200-500 let. Vzrůstové maximum je mezi 35 a 55 lety. Výškový přírůst končí přibližně ve věku 100 let, tloušťkový přírůst však pokračuje i nadále, buk je totiž schopen i ve vyšším věku dobře reagovat na uvolnění. V zápoji vytváří buk dlouhé, přímé, silné a nesbíhavé kmeny (pokud se ovšem nejedná o genotyp s vrozenou vidličnatostí kmene). (Kříž a kol 1971)

Rozšíření

Buk je dřevinou oceánického až přechodného klimatu, Ve střední Evropě roste hlavně v oblastech středních poloh, na severu i v nížinách, na Balkáně se vyskytuje i v horských oblastech. V rámci ČR je jeho optimum 400-800 m n. m. V rámci lesních vegetačních stupňů je buk hlavní dřevinou ve 3-6 LVS. Ve druhém LVS nepřevyšuje zastoupení 30%, v sedmém LVS je už jako dominantní dřevina smrk.

Ekologie

Buk je stinná dřevina, která v mládí snáší i silnější zastínění, proto je při vhodných podmínkách jeho agresivní zmlazení limitující pro výskyt ostatních dřevin. Vyhovují mu expozice severní a severozápadní s dostatkem vláhy v půdě. Je náchylný na pozdní mrazy, kdy omrzají narašené listy. Spodní hranice ročního úhrnu srážek pro buk je 600 mm. Je používán jako meliorační a zpevňující dřevina, protože svým hlubokým a bohatým kořenovým systémem přispívá k dobrému provzdušnění lesní půdy a její stabilizaci. (Kříž a kol, 1971)

Hospodářský význam

Dřevo má buk pórovité, tvrdé, těžké, bez barevně odlišeného jádra. Kvůli houbovým onemocněním, výskytu vody ve dřevě, málo vyvinutým korunám a jiným příčinám se vyskytuje často nepravé jádro, které se v dřevařském a nábytkářském průmyslu České republiky považuje za vadu.

2.10 Hospodaření na území LHC

První rozdělení a popis lesů jádra LHC, na již neexistujícím polesí Mosty (to bylo součástí telčského panství), provedl v roce 1770 telčský lesmistr František Loschan. Druhová skladba byla tehdy zcela jiná než nyní: a jedle 40 %, buk 25%, smrk 33%, javor klen a mléč 2%, borovice vtroušeně. Loschan hospodařil na polesí 40 let, doporučoval clonnou seč nebo okrajovou seč v úzkých pruzích.

Na konci 18. století se přecházelo na lesní kulturu likvidací holin a ředin, přibližně v polovině devatenáctého století je zaváděn smrk a nastupuje porostní hospodaření ve stejnověkových monokulturách.

Podle hospodářského plánu na roky 1900-1909 je patrné, že nebyly prováděny prořezávky nebo byly zanedbávány, obnova byla holosečná a smrk byl vysazován v trojúhelníkovém sponu.

Po zestátnění ve dvacátých letech byl pro období 1930-1940 uplatňován obnovní způsob Říhův. Ve většině případů tak bylo používáno podrovní hospodářství s velkým podílem přirozené obnovy.

Během druhé světové války spadaly lesy na nynějším LHC pod německou správu Dolního Rakouska. V této době se těžilo holosečně.

Po roce 1945 způsobilo vysídlení německého obyvatelstva nedostatek pracovních sil. V obnově se proto začaly používat pouze okrajové seče prosvětlovací.

Po vzniku LZ Český Rudolec v roce 1956 došlo k ustanovení nového LHP, který byl v souladu ministerskými směnicemi a postupy v podrovním hospodářství. Výchova porostů byla ve slabších věkových třídách zanedbávána. Pro období 1969 – 1978 byly vypracovány směnice pro plánování hospodářských opatření podle hospodářských souborů lesních typů a porostních provozních typů.

V dalších letech byly používány především skupinové seče pro zavedení stinných dřevin, okrajové clonné seče nebo clonné seče uvnitř porostů pro využití přirozené obnovy a holou seč tehdy, když to není ekonomicky výhodné. Druh a zaměření probírek nebyl specifikován, záleželo to na odpovědném lesním hospodáři.

Po roce 1989 a především pak po vydání nového lesního zákona došlo ke změnám v hospodaření, přestala se využívat přirozená obnova, podíl přirozené obnovy se pohybuje mezi 10 a 15 %. Nejčastěji používaný způsob obnovy je holosečný s umělým zalesněním, výchova porostu je podle rámcových směnic hospodaření, ve smrku se používá negativní podúrovňový výběr.

3 Teorie modelování lesa

Fabrika a Pretzsch (2011) se zabývají mimo jiné i definicí pojmů simulátor a simulace lesních ekosystémů. Úkolem simulátoru lesa je prostřednictvím počítačového programu napodobovat chování lesních ekosystémů v daných podmínkách. Samotný simulátor splňuje parametry modelu reálného systému, který se využívá pro účely simulace. Simulací rozumíme metodu experimentování s počítačovým modelem, jejíž výsledek slouží k optimalizaci obhospodařování reálného systému.

3.1 Historický vývoj modelů lesa

Lesní ekosystém svou podstatou představuje velice složitou soustavu vzájemných vazeb mezi jeho jednotlivými prvky. Tato složitost vyvolává zvýšenou pozornost lesnické vědy, která se snaží napodobit růstové procesy formou matematických zákonitostí a algoritmů, využitelných pro praktické účely (Fabrika, 2005).

Postupný vývoj růstových tabulek a růstových modelů lze charakterizovat podle Drápely (2010) následovně. Nejstaršími modely prognózování stavu lesa byly první růstové tabulky, vznikající ve druhé polovině 18. století v Německu. Růstové tabulky prošly několika generacemi vývoje. Za první generaci se považují tabulky přelomu 18. a 19. století (Cotta, Heyer), založené na omezeném a náhodném datovém materiálu. Proto na přelomu 19. a 20. století vznikla druhá generace růstových tabulek, jejíž základ byl tvořen rozsáhlým empirickým materiálem (Weise, Schwappach). Z meziválečného období pochází první pokusy o třetí generaci růstových modelů, založených již na statistických regresních modelech (Assmann, Franz, Halaj). V 70. a 80. letech začala vznikat čtvrtá generace modelů – růstových simulátorů.

Hlavní smysl růstových simulátorů vidí Drápela (2010) v tom, že na základě výchozího stavu porostu, přírodních podmínek pro růst a navržených managementových opatření, dokáží modelovat budoucí stav porostů.

Pro potřeby současné lesnické praxe připadají v úvahu stromové růstové simulátory, které pracují na úrovni jednotlivých stromů. Tyto modely spadají do skupiny empirických, což znamená, že jsou konstruované prostřednictvím statistických vztahů odvozených z empirických měření. Jsou zhotovené na základě výběrových statistických údajů, takže platí jen pro reprezentovaný základní soubor. Mezi hlavní výhody jejich konstrukce patří schopnost reagovat na širokou škálu vnějších vlivů: konkurenční vztahy, strukturní změny, probírkové zásahy, rušivé faktory. Modely často zahrnují i algoritmy pro výpočet ekonomických ukazatelů a indexů biodiverzity (Fabrika, 2005).

Z empirické podstaty těchto modelů vyplývá i jejich hlavní nevýhoda, kterou je nutnost kalibrace při použití v jiných podmínkách, než ve kterých byly vytvořeny.

3.2 Koncepce a konstrukce modelu SIBYLA

Jedním z modelů používaných v současném lesnictví je Simulátor biodynamiky lesa SIBYLA, vyvinutý na Slovensku doc. Fabrikou (2005). Tento model je parametrizovaný pro smrk, jedli, borovici, buk a dub. Jeho konstrukce umožňuje modelovat stejnověké i

různověké porosty, stejně jako monokultury či strukturně bohaté lesy. Model se zařazuje do skupiny pozičně závislých stromových modelů se semi-empirickým přístupem. Semi-empirický přístup napovídá, že hovoříme o modelu hybridním, který zahrnuje prvky empirické i procesní. V těchto modelech jsou empirické rovnice odvozeny tak, aby obsahovaly i kauzální souvislosti, případně heuristické vztahy, které lépe odráží reálné biologické procesy (Fabrika a Pretzsch, 2011).

Tento simulátor se podle Fabriky (2005) skládá ze souboru matematických modelů a algoritmů, které jsou zakomponovány v uceleném programovém balíku SIBYLA Suite.

Vstupními daty pro simulátor jsou informace o jednotlivých stromech (tloušťka, výška, pozice, výška nasazení koruny, zdravotní stav). Pokud některé veličiny nejsou k dispozici, vygeneruje je generátor struktury porostu. Zadané lesní porosty jsou zobrazeny pomocí 3-D modelu a kalkulační model dopočítá jejich produkční, ekonomické a ekologické atributy. Při predikování budoucího vývoje jsou aktivovány modely mortalitní, kalamitní, probírkové, konkurenční a růstové, díky kterým program vypočítá budoucí parametry stromů. Model mortalitní určuje, zda strom do dalšího období přežije či ne, probírkový model stanoví, jestli bude vytěžen či ne, kalamitní model určí stromy podléhající škodlivým činitelům. Ve vazbě na konkurenci okolních stromů se ke každému přeživšímu jedinci přiřadí redukční růstový faktor. Následuje aktivace růstového modelu. Ten vypočítá tloušťkový a výškový přírůst pro stromy postupující do další periody. Nově vzniklá porostní struktura je vizualizována opět 3-D modelem a jsou aktualizovány veškeré biometrické, ekologické a ekonomické veličiny (Drápela, 2010).

3.3 Probírkový model Sibyla

Modelování probírkových a těžebních zásahů vychází z metodiky Fabriky (2005) a vychází z několika modelů: modelu bio-sociologického postavení stromu, modelu existenčního skore stromu a modelu síly zásahu.

Biosociologické postavení stromu – využívá se zjednodušená klasifikace dle Konšela (1931)

1. předrůstavé stromy
2. úrovňové stromy
3. vrůstavé stromy
4. zastíněné stromy

Existenční skóre stromu je fuzzy hodnota, která pomáhá vybírat stromy při některých zásazích. Nabývá hodnot 0 až 1. Čím vyšší je hodnota, tím vyšší šanci má strom, že v porostu zůstane a naopak. Hodnota vychází z konkurenčního tlaku stromu, kvality stromu, vitality a mortality stromu.

Síla zásahu se stanovuje dle metody, která je použita.

- **Probírkové procento** – relativní množství těžené zásoby v procentech
- **Vývojová křivka hlavního porostu** – vývoj veličiny hlavního porostu (zásoba, kruhová základna, počet stromů) na hektar v závislosti na zvolené růstové veličině (věk, střední tloušťka, střední výška, horní výška)
- **Zakmenění hlavního porostu** – udržuje požadovaný relativní stupeň hustoty porostu
- **Objem podružného porostu** – přímá hodnota těžené zásoby v m^3
- **Počet cílových stromů** – potřebný hektarový počet budoucích cílových stromů
- **Cílový rozestup stromů** – je zadávána požadovaná teoretická vzdálenost mezi budoucími cílovými stromy
- **Poloměr uvolnění** – poloměr kruhu v metrech, v kterém se okolo budoucího cílového stromu nemůže nalézat žádný strom
- **Stupeň pomoci** – síla zásahu se určuje počtem těžených stromů na jeden budoucí cílový strom

3.4 Druhy probírkových a těžebních zásahů simulátoru Sibyla

3.4.1 Podúrovňová probírka

Na začátku se určí pro každý strom biosociologické postavení a vypočítá se existenční skóre. Podle Konšelovy klasifikace se rozdělí stromy do dvou podskupin – (3+4) a 2. V obou podskupinách se stromy seřadí podle existenčního skóre. Podle síly zásahu se poté vypočítá počet probírkových stromů, případně kruhová základna. Poté

začne postupné odstraňování stromů s nejnižšími hodnotami existenčního skóre. Odstraňování nejprve probíhá v podskupině (3+4) – zastíněné a vrůstavé stromy. Po vyčerpání stromů z této podskupiny pokračuje výběr v skupině 2 – úrovnových stromech. Po dosažení požadované síly zásahu se proces zastaví.

3.4.2 Úrovnová probírka

Probíhá podle stejného principu jako podúrovnová, ale jsou vybrané jiné podskupiny – (1+2) a 3. Předrůstavé a úrovnové stromy se vybírají nejdříve, poté se přechází na vrůstavé stromy.

3.4.3 Neutrální probírka

stromy se seřadí dle existenčního skóre v rámci celého porostu ze všech kategorií (1+2+3+4)

3.4.4 Metoda budoucích mýtních stromů

Modeluje se ve dvou fázích

- a) Výběr budoucích mýtních stromů (nadějných nebo cílových)

Velikost výběru je definovaná počtem cílových stromů. Postup výběru je podobný jako u úrovnové probírky, ale při výběru se postupuje od hodnoty nejvyššího existenčního skóre, vybrané stromy jsou určeny jako cílové.

- b) Výběr probírkových stromů

Modeluje se třemi různými způsoby. Buď poloměrem uvolnění budoucích mýtních stromů, na základě výpočtu A-hodnoty.

3.4.5 Metoda cílové tloušťky

Do modelu vstupuje cílová tloušťka a cílové procento. Nejdříve se vypočítá existenční skóre pro každý strom, poté se určí počet vytěžených stromů podle metody cílového procenta. Následně se stromy rozdělí do dvou skupin podle toho, zda jejich tloušťka je menší nebo větší než cílová. Stromy, které splňují cílovou tloušťku, jsou poté seřazeny podle existenčního skóre a potřebný počet stromů s nejnižší hodnotou existenčního skóre se odstraní,

3.4.6 Metoda cílové frekvenční křivky

Stromy jsou rozděleny do 4cm tloušťkových stupňů a na základě křivky (Liocourt nebo Meyer) jsou z každého tloušťkového stupně odstraněny stromy s nejnižší hodnotou existenčního skóre.

3.4.7 Metoda obnovního prvku

Vytěží se všechny stromy, které se nacházejí uvnitř definovaného obnovního prvku. Nastavit lze buď kruhová seč nebo pruhová seč. V rámci plochy se určí relativní poloha obnovního prvku a jeho šíře, případně průměr. Dále lze nastavit spodní hranici výšky stromu (marginální výška), pod kterou program nebude těžit. Používá se v případě, kdy chceme zachovat přirozenou obnovu, případně spodní etáž.

4 Práce se simulátorem Sibyla

Práce se simulátorem sestávala ze dvou etap. První etapa byla generování porostů dle LHP, druhá etapa simulace probírkových modelů. Simulace byly prováděny na zkušních plochách o velikosti 0,25 m².

4.1 Generování porostů

Pro podklady simulace byla použita data z aktuálního lesního hospodářského plánu pro LHC Český Rudolec. Generováno bylo celkem 5 porostů s variabilním zastoupením smrku a buku. Generované porosty jsou v následující tabulce:

Tabulka 3 Charakteristiky porostů

Porost	Dřevina	Zastoupení (%)	Výčetní tloušťka	Střední výška	Zásoba v m ³ /ha
Porost I	SM	100	9	8	79
Porost II	SM	75	12	10	91
	BK	25	11	10	22
Porost III	SM	60	9	9	46
	BK	40	8	8	22
Porost IV	SM	30	7	7	15
	BK	70	7	7	20
Porost V	BK	100	8	8	54

Porost I: Čistý smrkový porost.

Porost II: Smrčina s přimíšením buku, buk je rozmístěn po celém porostu.

Porost III: Varianta s bukovým kotlíkem, ten je lokalizován uprostřed zkušné plochy a průměr kotlíku je 35 m (plocha cca 0.1 ha)

Porost IV: Varianta s převahou buku. Buk je na ploše jako násek, který je orientován v severovýchodním směru a prochází středem zkušné plochy, šířka náseku je 35 metrů.

Porost V: Čistý bukový porost.

Lokalizace porostů byla daná na 650 m n. m., na půdě „chudé mírně svěží“, která odpovídá SLT 5K.

4.2 Probírkové modely

Simulace probírek byla u všech metod daná na 70 let (do počátku obnovní doby) s intervalem mezi zásahy 10 let. Pro každý scénář bylo dáno 10 opakování prognózy.

Varianta A: Bez probírky. Dochází pouze k odstraňování odumřelých stromů.

Varianta B: Podúrovňová probírka. Podle počtu stromů na počátku simulace je nastavené probírkové procento, aby po zásahu odpovídal počet stromů na hektar modelům výchovy dle Slodičáka a Nováka (2005) a další zásahy jsou z důvodu nastavení po deseti letech dány podle přílohy vyhlášky č. 86/1996 Sb.

Varianta C: Úrovňová probírka. Stejně nastavení jako varianta B, rozdíl je v určování probírkových stromů.

Varianta D: Metoda budoucích cílových stromů. V prvním zásahu byl nastaven cílový počet jedinců. U smrku to je 250 ks/ha, u buku 150 ks/ha. Další zásahy jsou vedeny pro podporu těchto stromů.

Varianta E: Metoda cílové tloušťky. V prvních třech intervalech probíhala výchova neutrální probírkou, v čtvrtém intervalu byly stanoveny cílové tloušťky pro smrk (40 cm) a buk (45 cm). Při dosažení této tloušťky bude strom vytěžen.

Ve výsledku proběhlo 25 scénářů, od I-A po V-E.

4.3 Vyhodnocované veličiny

Pro vyhodnocování byly sledovány následující hodnoty:

1. zásoba dřevin/ha,
2. střední tloušťka porostu
3. střední výška porostu

pro stabilitu poslední veličina:

4. štíhlostní koeficient

5 Použitá literatura

Abetz, P.: The European Stem-Number-Experiments in Norway spruce. IUFRO conference „Thinning and Mechanization”, 1969, 6 s. Croust 1988

Assmann, E. 1961 Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. BLV Verlagsgesellschaft, Munchen. 490 pp. Kennel 1964

Bravo a kol. 2001: Impact of competitor species composition on predicting diameter growth and survival rates of Douglas fir trees in southwestern Oregon. Canadian Journal of Forest Research 31

Cotta, H. 1828 Anweisung zum Waldbau. Carl Heinrich Edmund von Berg, Dresden, Germany

Drápela, K. 2010. Modely vývoje lesa. In: SIMON J. et al. Strategie managementu lesních území se zvláštním statutem ochrany. Vyd. 1., Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 180–189. ISBN 9788087154502.

Fabrika, M., Pretzch, H. 2011. Analýza a modelovanie lesných ekosystémov. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 599 s. ISBN 978-80-228-2181-0.

Fabrika, M. 2005. Simulátor biodynamiky lesa SIBYLA, koncepcia, konštrukcia a programové riešenie. Habilitačná práca, Technická univerzita vo Zvolene, 238 s.

Hartig G.L., 1791. Anweisung zur Holzzucht für Förster. Marburg, Neue Akademische Buchhandlung

Lorey, T. 1896: Mischbestände aus Fichte und Buche.

Lorey, T. 1902: Mischbestände aus Fichte und Buche.

Dieterich 1923

Plíva, K., Žlábek, I.: Provozní systémy v lesním plánování. Praha: SZN, 1989. 208 s.

Poleno, Z. et al. 2009. Pěstování lesů. III. Praktické metody pěstování lesů. vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 951 s. ISBN 978-80-87154-34-2.

Pretzch, H., 2003: Diversität und Produktivität von Wäldern. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 174

Slodičák, M.: Současné zaměření výzkumu porostní výchovy na Výzkumné stanici v Opočně. In 50 let pěstebního výzkumu v Opočně. Sborník z celostátní konference konané ve dnech 12. – 13. 9. 2001 v Opočně... Jíloviště-Strnady: VÚLHM, 2001, s. 109-118. ISBN 80-86461-11-4

Slodičák, M.: Stabilizace lesních porostů výchovou. Lesnický průvodce, 1996, 50 s.

Slodičák, M.: Současné zaměření výzkumu porostní výchovy na Výzkumné stanici v Opočně. In 50 let pěstebního výzkumu v Opočně. Sborník z celostátní konference konané ve dnech 12. – 13. 9. 2001 v Opočně Jíloviště-Strnady: VÚLHM, 2001, s. 109-118. ISBN 80-86461-11-4

Spiecker et al. 2004 Norway Spruce Conversion – Options and Consequences. European Forest Institute Research Report 18. Brill, Leiden. 269 p.

Wiedemann E., 1942. Der gleichaltrige Fichten-Buchen-Mischbestand. Mitt. Forstwirtsch. u. Forstwiss

Kříž a kol. 1971