

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra hospodářské úpravy lesů



Možnosti využití nástrojů pro podporu rozhodování pro plánování těžeb v ČR

Bakalářská práce

Autor: Daniel Provazník

Vedoucí práce: Ing. Jan Kašpar, Ph.D.

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Provazník

Lesnictví

Název práce

Možnosti využití nástrojů pro podporu rozhodování pro plánování těžeb v ČR

Název anglicky

Possibilities of using of decision support systems for harvest scheduling in the Czech Republic

Cíle práce

Cílem práce je analyzovat výhody nástrojů pro podporu rozhodování, které mohou tyto software poskytnout lesním správcům a majitelům, případně taxačním kancelářím a státní správě. Nástroje pro podporu rozhodování ale představují některé odlišnosti od současného stavu plánování, které mohou být odbornou veřejností vnímány negativně. Zhodnocení i těchto zdánlivých nevýhod bude v práci rozebráno. Analýza bude provedena na reálném lesním hospodářském celku v České republice.

Metodika

- 1) Teoretický přehled historických a v současnosti používaných metod pro plánování mýtních a předmýtních těžeb v lesích ČR
- 2) Teoretický rozbor problematiky nástrojů pro podporu rozhodování
- 3) Popis práce s vybraným nástrojem pro podporu rozhodování pro plánování mýtních a předmýtních těžeb
- 4) Otestování práce s nástrojem na vybraném lesním hospodářském celku a posouzení výhody/nevýhod

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

plánování těžeb; systémy pro podporu rozhodování; mýtní těžby; předmýtní těžby

Doporučené zdroje informací

BURSTEIN, F. – HOLSAPPLE, C W. *Handbook on decision support systems. Vol. 2, Variations*. Berlin: Springer, 2008. ISBN 978-3-540-48715-9.

HOLSAPPLE, C W. – BURSTEIN, F. *Handbook on decision support systems 1 : basic themes*. Berlin: Springer, 2008. ISBN 978-3-540-48712-8.

Marušák R., Kašpar J. *Hospodářská úprava lesů II*. Vysokoškolská skripta ČZU 2016. ISBN 978-80-213-2617-0

Priesol A., Polák L. *Hospodářská úprava lesov. Příroda*, Bratislava 1991. ISBN 80-07-00430-0

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Kašpar, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra hospodářské úpravy lesů

Elektronicky schváleno dne 9. 8. 2017

Ing. Peter Surový, PhD.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 17. 04. 2018

"Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Možnosti využití nástrojů pro podporu rozhodování pro plánování těžeb v ČR vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jan Kašpara, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 19. 4. 2018

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce Ing. Janu Kašparovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a vynaložený čas. Práce byla vypracována ve spolupráci se společností Lesy města Rokycan s.r.o., které patří díky za poskytnutí dat z LHP, zejména pak jejímu jednateři a vedoucímu odbytu Václavu Blechovi, DiS. za ochotu a vynaložený čas při konzultaci plánovaných těžeb.

Abstrakt

Práce obsahuje literární rešerši, ve které jsou popsány historické a současné metody plánování těžeb, dále se zabývá problematikou systémů pro podporu rozhodování a možnostmi jejich využití v lesnictví, zejména pro plánování těžeb. Je v ní zahrnuto otestování vybraného DSS (DSS Optimal) na části reálného hospodářského celku v ČR. Na základě testování a literární rešerše jsou v práci zhodnoceny výhody a nevýhody, které by v lesnictví mohly DSS nabídnout. Z provedené analýzy vyplývá, že žádný z již vyvinutých zahraničních DSS není v jejich současném stavu vzhledem k přírodním podmínkám a platným zákonům platících v ČR vhodný. DSS Optimal podmínkám ČR vyhovuje, nicméně zatím není plně vhodný pro použití ve smíšených porostech. V monokulturách již použitelný je. DSS mohou poskytnout lesním hospodářům, majitelům lesů atd. řadu nesporných výhod, a tak by jejich další vývoj pro podmínky ČR měl pokračovat.

Klíčová slova: systémy pro podporu rozhodování; plánování těžeb; mýtní těžby

Abstract

This thesis contains literary research of the historical and the present methods of harvest scheduling. It also deals with the main issues of decision support systems and their utilization in practical forestry, particularly harvest scheduling. This work includes testing of a chosen DSS (DSS Optimal) on a part of a real commercial forest in the Czech Republic. Based on the results of testing and the literary research the possible advantages and disadvantages that DSS can bring to the forestry management are assessed in this thesis. The analysis shows that none of the currently available foreign DSS is fit to be used in natural conditions and legal restrictions of the Czech Republic. DSS Optimal is fit for the conditions of Czech Republic, but it still isn't ready to be fully used for mixed stands yet. It can already be used for monocultures. DSS can offer indubitable advantages to the forest managers, owners, etc. so their further development for the conditions in the Czech Republic should continue.

Key words: decision support systems; harvest scheduling; main felling

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíl práce	12
3	Rozbor problematiky plánování těžeb a možností využití DSS v České republice.....	13
3.1	Historický vývoj metod pro plánování těžeb	13
3.1.1	První pokusy o regulaci těžby dříví	13
3.1.2	Vývoj metod plánování těžeb, jejich způsobu a vyrovnanosti.....	14
3.2	Současné metody pro plánování mýtních a předmýtních těžeb	15
3.2.1	Způsoby stanovení výše těžeb.....	15
3.2.2	Kombinované metody	18
3.2.3	Těžební ukazatelé.....	19
3.2.4	Důležitá zákonná omezení týkající se plánování těžeb.....	20
3.3	Nástroje pro podporu rozhodování.....	20
3.3.1	Důvody pro zvážení výhod a nevýhod využití DSS v lesnictví pro plánování těžeb.....	20
3.3.2	Definice nástrojů pro podporu rozhodování	21
3.3.3	Rozhodování	22
3.3.4	Rozhodování v komplexní situaci a prostředí.....	22
3.3.5	Příprava pro proces rozhodování	23
3.3.6	Tradiční způsob vytváření rozhodnutí	24
3.3.7	Způsob vytváření rozhodnutí na základě znalostí.....	25
3.3.8	Geografické informace a rozhodování	26
3.3.9	Systémy pro podporu rozhodování v lesnictví.....	27
4	Metodika	37
4.1	Základní údaje o území vybraném pro testování.....	37

4.1.1	Přírodní lesní oblast	37
4.1.2	LHC.....	37
4.1.3	Polesí.....	37
4.1.4	Vybrané území	38
4.2	DSS Optimal.....	39
4.3	Popis práce s DSS Optimal	40
4.3.1	Příprava dat pro samotné testování	40
4.3.2	Testování a práce s DSS Optimal	41
5	Výsledky	44
5.1	Výsledky testování DSS Optimal.....	44
6	Diskuze.....	47
6.1	Testování DSS Optimal na reálné části LHC	47
6.2	Možnosti využití zahraničních DSS v ČR.....	51
7	Závěr	52
8	Seznam literatury a použitých zdrojů.....	53
9	Seznam příloh.....	59
10	Přílohy.....	60

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Seznam tabulek:

Tabulka č. 1: Vybrané charakteristiky z LHP pro 4 nejzastoupenější dřeviny v polesí Vršíček.	38
Tabulka č. 2: Přehled parametrů pro výpočet zahrnutých v jednotlivých testech	43
Tabulka č. 3: Výsledky optimalizace pro jednotlivé testy v m ³	45
Tabulka č. 4: Výsledky optimalizace pro jednotlivé testy v Kč	46

Seznam obrázků:

Obr. č. 1: Plochy porostů vzhledem k zadaným parametrům o velikostech sečí. .	41
Obr. č. 2 Plochy porostů vzhledem k zadaným parametrům o velikostech sečí po rozdělení.....	42

Seznam grafů:

Graf č. 1: Výsledky vyhledávání ukazující počet relevantních publikací k tématu DSS v kategorii lesnictví na webu Web of science za jednotlivé roky.....	31
Graf č. 2: Výsledky optimalizace pro jednotlivé testy v m ³	45
Graf č. 3: Výsledky optimalizace pro jednotlivé testy v m ³	46

Seznam použitých zkratek a symbolů

DSS = Systém pro podporu rozhodování

GIS = Geografický informační systém

URM = Model omezující prostorovou jednotku (unit restriction model)

ARM = Model omezující plochu (area restriction model)

PLO = Přírodní lesní oblast

OPRL = Oblastní plán rozvoje lesů

LHC = Lesní hospodářský celek

LHP = Lesní hospodářský plán

AVB = Absolutní výšková bonita

ČSH = Čistá současná hodnota

HS = Hospodářský soubor

ČR = Česká republika

SM = Smrk

BO = Borovice

DB = Dub

MD = Modřín

1 Úvod

Těžba dříví tvoří v České republice výraznou většinu výnosů z hospodaření v lesích (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016). Stávající používání těžební ukazatelé však nedokáží plně zajistit jejich dlouhodobou plynulost a vyrovnanost, navíc postrádají jakékoli aspekty prostorového rozdělení těžeb. Prostorová distribuce těžebních celků, je tradičně plánována subjektivně podle odborných znalostí lesníků. To v praxi často může znamenat selhání při optimalizaci těžeb (Marušák, Kašpar 2016).

Z faktorů hrajících roli při rozhodování o prostorové distribuci těžebních celků, optimalizaci a maximalizaci těžeb mohou být charakterizovány jako soubor pravidel, který může být automatizován a distribuován k uživatelům pomocí systémů pro podporu rozhodování. To může lesním hospodářům ušetřit spoustu času a poskytnout jim možnost porovnat rozdílné možnosti k porovnání během pouhých minut (Marušák a kol. 2015).

Hospodaření v lesích se s vzrůstajícím vlivem globálních změn klimatu a pod narůstajícím ekonomickým, sociálním, environmentálním tlakem stává daleko složitějším (Acosta a kol. 2017). DSS mohou být velmi užitečné k řešení takto komplexních situací. Jejich použití s sebou však nese i některá rizika a nevýhody, které mohou být vnímány negativně (Johnson a kol. 2007).

Je proto třeba tyto zdánlivé výhody i nevýhody analyzovat a určit, zda by bylo DSS možné použít v blízké budoucnosti i v praxi.

2 Cíl práce

Cílem práce je provést literární rešerši, která se bude týkat historických a současných metod plánování těžeb v České republice. Dále v ní bude rozebrána problematika nástrojů pro podporu rozhodování, jejich součástí a možnosti využití v lesním hospodářství, zejména v oblasti plánování těžeb. Součástí rešerše bude i stručný popis některých vybraných příkladů DSS. Na základě toho bude v práci zhodnoceno, zda by se tyto DSS daly použít i pro plánování v České republice. Případné nedostatky pro jejich použití budou v práci také rozebrány. Součástí práce bude i otestování vybraného DSS (DSS Optimal) na části reálného lesního hospodářského celku v České republice. Na základě toho bude provedena analýza výhod a nevýhod, které by tyto softwary mohly poskytnout lesním hospodářům, majitelům, taxačním kancelářím nebo státní správě, případně co by mohlo být u těchto systémů zlepšeno pro jejich možné uplatnění v praxi.

3 Rozbor problematiky plánování těžeb a možností využití DSS v České republice

3.1 Historický vývoj metod pro plánování těžeb

3.1.1 První pokusy o regulaci těžby dříví

S postupným rozvojem výrobních sil společnosti začal velký nápor na lesy už na konci středověku. Následkem nijak neplánované těžby, vypalování lesa za účelem rozšiřování zemědělské půdy a velké spotřeby dřeva v některých regionech, začal být znát jeho nedostatek (Priesol, Polák 1991). Spotřeba stavebního dříví šla ruku v ruce s osidlováním území. Nejprve se jednalo především o místa nižších poloh, což potvrzují doklady o stáří místních názvů. Nejstarší pojmenování byla odvozena od dřevin rovinatých a lužních lesů, kdežto jména po některých jehličnanech, jako jsou smrk a jedle se začala vyskytovat až od 14. století (Lenoch 2014).

Více důkladným a uceleným zákonným ustanovením o hospodaření s lesem byly až tzv. lesní řády. Jedním z prvních lesních řádů v Čechách byl lesní řád Rudolfa II. Lesní řády obsahovaly nejen ustanovení o těžbě, ochraně a využití lesa, ale také předpisy o kontrole výroby a hospodaření (Priesol, Polák 1991).

Koncem 17. a na začátku 18. století při průmyslové revoluci dochází opět k velké spotřebě dříví a k nové vlně devastace mnohých lesů. Nedostatek dříví se projevoval nejvíce v okolí dolů, skláren, splavných řek, ale také zemědělských oblastí. Změny ve stylu hospodaření s dřívím nastaly nejprve v oblastech s jeho výrazným nedostatkem. Významnou událostí je proto vydání lesního řádu roku 1754. Ten mimo jiné obsahoval například povinnost složení zkoušky pro lesního hospodáře, omezení těžby dříví pro hutě nebo zákaz rozšiřování pastvin a orné půdy na úkor lesa (Lenoch 2014). Tento lesní řád vydaný za Marie Terezie zakazoval pustošení lesů. Propagoval jejich umělou obnovu, ochranu, nepřetržitou a rovnoměrnou úpravu těžeb (Priesol, Polák 1991). Tato zákonná opatření měla jeden společný cíl, a to zvýšení produktivity lesa a zajištění dostatku dříví neboli tzv. intenzifikaci lesnictví (Lenoch 2014).

3.1.2 Vývoj metod plánování těžeb, jejich způsobu a vyrovnanosti.

Lesní těžba měla nejdříve charakter toulavého výběrového způsobu, ve které se těžba soustředila hlavně na výběr a kácení vhodných stromů pro daný účel. Obnova lesů se zaručovala ponecháváním výstavků. Protože se stav lesa po takto rozptýlené těžbě značně zhoršoval, doporučovaly se koncentrované holoseče, což automaticky vyvolalo potřebu umělé obnovy lesa. Narůstající nároky na produkci dříví vyvolaly snahy o dosažení trvalých a vyrovnaných těžeb. K jejich zajištění však bylo potřeba odhadnout zásobu dříví, aby bylo možno vypočítat dobu, za kterou budou lesy schopné zajišťovat jeho potřebné množství. Tomu se tak dělo od 18. století spolu s lesním mapováním a stanovováním výšky porostů. Prvním výsledkem snah stanovit průměrnou roční těžbu byl Beckmannův návrh z roku 1759, ten jako první objasnil vztah mezi zásobou, přírůstem a těžbou (Priesol, Polák 1991).

Hospodářská úprava lesů se ze začátku omezovala pouze na těžební regulaci. Obavy z budoucího nedostatku dřeva vedly ke vzniku hospodářské úpravy lesů, která se nejprve soustředila hlavně na těžební regulaci. Rozdělením lesa na tolik stejných pasek, kolik let trvalo obmýetí vznikly první lánové soustavy. Lánová soustava mohla být buď geometrická (rozměření sečí nejprve na mapě), která chránila les před přetěžením, anebo úměrná (plošné přiděly sečí podle produkčních schopností stanoviště), ta zajišťovala i větší vyrovnanost výnosů (Lenoch 2014).

Plánovat těžby a zabezpečovat prostorové rozdělení na celou dobu obmýetí představovalo v praxi spoustu problémů. V 16. století se tak už zavádí pokusy o plánování na kratší časové periody, konkrétně dvaceti až čtyřicetiroční. Tímto způsobem vznikly první staťové soustavy. Vědecké přepracování objemové staťové soustavy publikoval roku 1795 německý lesník Hatig. Doporučoval rozdělení lesa na distrikty o velikosti 50 ha, vytvoření věkových tříd s intervalem 30 let a trval na přísném zachování trvalosti těžeb. Roku 1804 přišel další německý lesník Cotta s přepracovanou staťovou soustavou plochovou, která kladla důraz na princip prostorového pořádku. Hospodářskou jednotkou byla oddělení, jež měla tvořit jednu věkovou třídu, aby uspořádání věkových tříd tvořilo souhrnné těžební svazy. Bylo typické sestavení generálního plánu těžby na celé produkční období a speciálního těžebního plánu po jednotlivou periodu (stať) (Priesol, Polák 1991).

V rámci staťových soustav se začaly na přelomu 18. a 19. století rozvíjet metody odvozující etát ze vztahu mezi přírůstem lesa, skutečnou a normální zásobou. K těm patří většina vzorcových metod. Nejznámější byla Rakouská kamerální taxa, která vznikla v důsledku uplatňování patentu Josefa II. z roku 1785 o tzv. Josefinském katastru. Uveřejněna byla v roce 1811 (Lenoch 2014). Ta umožnila rozvoj vzorcových metod a tím i nový pohled na hospodářskou úpravu lesa. Na rozdíl od předešlých staťových soustav, které slučují zásady prostorové i časové úpravy, vzorcové metody se zabývají pouze problematikou časové úpravy. Na základě zásoby a přírůstu určují pouze výši těžby a výběr místa těžby tak závisí plně na rozhodnutí hospodáře (Priesol, Polák 1991).

Úpravami a zdokonalování staťových soustav vznikly v polovině 19. století soustavy věkových tříd, které jsou založeny zejména na ploše a obmýti (Lenoch 2014). Základem pro regulaci těžeb v této soustavě byl poměr věkových tříd. Jejím cílem bylo dosáhnout normálního plošného zastoupení a uspořádání věkových tříd v co nejkratším čase a s co nejmenšími hospodářskými obětmi. S příchodem soustavy věkových tříd také začíná platit zásada, že porost se má těžít až tehdy, kdy je mýtně zralý. To odstranilo dosavadní strnulost staťových soustav, a tudíž i hospodářské ztráty vzniklé z předčasného mýcení porostů (Priesol, Polák 1991).

3.2 Současné metody pro plánování mýtních a předmýtních těžeb

3.2.1 Způsoby stanovení výše těžeb

Metody těžební úpravy lesa jsou pracovními postupy, které určují výši těžby (etátu), za použití vhodných těžebních ukazatelů s ohledem na daný ekonomický princip. Metody musí vystihovat produkční a těžební možnosti porostu hospodářského souboru. Zároveň by měly v těchto porostech, které jsou produkčně i hospodářsky méně vhodné, vytvořit předpoklady pro následnou vyšší a kvalitnější produkci dříví. K určení výše etátu se v dnešní době používají tři základní metody: induktivní, deduktivní a kombinovaná. Jejich cílem je především zjistit těžební možnosti v porostech upravovaného hospodářského souboru pomocí vhodně zvolených těžebních ukazatelů a rozboru stavu porostů. Na základě toho je pak

třeba výsledný etát zdůvodnit a s ohledem na platné zákonné předpisy rozhodnout o jeho finální výši (Priesol, Polák 1991).

3.2.1.1 Induktivní metoda

Induktivní metodou se etát pro hospodářský soubor (nebo pro jinou prostorovou jednotku) stanovuje jako součet těžeb mýtních a předmýtních v něm navržených. Výsledkem je induktivní etát těžby mýtní, předmýtní a celkové (Marušák, Kašpar 2016).

3.2.1.1.1 Předmýtní těžba

Induktivní etát těžby předmýtní se v jednotlivých porostech stanoví dle stavu porostu a druhu výchovného zásahu, který daný porost vyžaduje. V úvahu se musí vzít i zastoupení dřevin v porostu, jeho zakmenění, věk, produkční schopnost a cíl hospodaření. K samotnému stanovení výše těžeb se používají tzv. probírkové zkusné plochy o velikosti 1 nebo 2 ary. Na zkusné ploše se musí postupně změřit tloušťka a výška všech stromů tak, aby se z nich poté dokázaly pomocí objemových rovnic nebo objemových tabulek určit objemy jednotlivých stromů. Na základě objemů se posuzuje, které jedince v rámci probírky vytěžit při dodržení druhu aplikovaného výchovného zásahu. Z poměru součtu objemů stromů zařazených do probírky a celkového objemu všech stromů na zkusné ploše vznikne jako výsledek určená intenzita probírky pro daný porost (Marušák, Kašpar 2016).

3.2.1.1.2 Mýtní těžba

Induktivní výše mýtní těžby se v jednotlivých mýtních porostech stanovuje na základě jejich stavu a zvoleného hospodářského způsobu. Při užití holosečného způsobu se výše mýtní těžby v porostu určí jako součet výše mýtní těžby jednotlivých dřevin nacházejících se na obnovných prvcích. Výše mýtní těžby pro jednotlivé dřeviny se stanoví jako násobek plochy obnovných prvků a skutečné hektarové zásoby dané dřeviny. Pokud se na některém obnovném prvku liší zakmenění, je třeba ještě násobit skutečnou hektarovou zásobu poměrem zakmenění obnovného prvku a průměrného zakmenění porostu. Při plánování clonných sečí jako formy podrostitního hospodářského způsobu se musí rovněž uvažovat se zakmeněním a jeho snižováním. Při plánování mýtních těžeb hraje roli

také jejich prostorové umístění, existuje tedy vždy několik různých variant. Jednotlivé varianty ovlivňují celkovou výši mýtních těžeb i jejich trvalost a vyrovnanost. V praxi se zatím prostorové umístění při plánování těžeb řeší individuálně (Marušák, Kašpar 2016).

3.2.1.2 Deduktivní metoda

Deduktivní metodou se etát mýtní těžby odvozuje na základě taxačních veličin platných pro celý hospodářský soubor. Při jeho určování se používá buď výpočet různých ukazatelů (vzorcové metody) nebo se jako srovnávací kritérium používají jiné ukazatele jako například zastoupení věkových stupňů, vývojové metody, průměrný přírůst atd. (Priesol, Polák 1991).

Na rozdíl od metody induktivní, deduktivní metoda nevyžaduje znalost podrobných informací o porostech, ve kterých se její pomocí těžby plánují. K tomuto způsobu stanovení výše těžeb se používají metody modelové, které jsou většinou vyjádřeny formou procenta zásahu. Výsledná hodnota plánované těžby se stanovuje jednoduše dosazením vstupních hodnot do vzorců pro tyto účely odvozených. Toto stanovení výše těžby je značně rychlejší a jednodušší, ale nemůžeme vědět, jestli je určená výše těžeb pro konkrétní porost vhodná, reálná a zda se její realizací splní cíl výchovy nebo obnovy (Marušák, Kašpar 2016).

3.2.1.2.1 Předmýtní těžba

Předmýtní těžba se deduktivním způsobem stanovuje pomocí probírkových procent nebo s využitím lesní hospodářské evidence. Probírková procenta jsou odvozena pouze pro stejnověké a stejnorodé porosty, což znamená, že jejich použití ve smíšených porostech není ideální, protože nemusejí odpovídat skutečným potřebám výchovy porostu, a to i když jsou smíšené porosty stejnověké. Probírkové procento se musí stanovit zvlášť pro každou dřevinu podle věku a zakmenění porostu (Marušák, Kašpar 2016).

3.2.1.2.2 Mýtní těžba

Odvození etátu mýtních těžeb deduktivní metodou má za cíl docílit vyrovnaných těžeb. Vlivem toho, že je vyrovnanost těžeb ve skutečném lese velmi

těžko dosažitelná, se postupně snižovalo období, pro které se etát mýtní těžby deduktivní metodou zjišťoval (Priesol, Polák 1991).

Deduktivní způsoby stanovení mýtní těžby představuje využití některých ze vzorcových metod používaných v rámci souboru porostů s cílem zajistit plynulost těžeb. Jako příklad může posloužit například použití těžebních procent k odvození mýtní těžby v rámci jednoho hospodářského souboru. Procenta jsou sice stanovena pro věkové stupně a soubory porostů, rámcově ale informují i o možném rozvržení obnovních zásahů v průběhu obnovní doby, jsou však navržena pouze pro holosečný hospodářský způsob, jejich použití pro jiné hospodářské způsoby proto není úplně správné (Marušák, Kašpar 2016).

3.2.2 Kombinované metody

Obě předchozí metody mají své výhody a nevýhody. Induktivní metodou stanovená výše těžeb je ve skutečnosti realizovatelná, ale nedokáže zajistit její plynulost a vyrovnanost, a to ani v případě, kdy je věková struktura vyrovnaná. Deduktivní metoda sice zajišťuje plynulost a vyrovnanost těžeb, ale má tendenci reálnou potřebu těžeb nadhodnocovat, nebo naopak podhodnocovat (Marušák, Kašpar 2016). U kombinovaných metod se uplatňují prvky obou předchozích metod. Jde o induktivně-deduktivní nebo deduktivně-induktivní metodu. Kombinované metody se uplatňují, pokud je třeba zajistit více ekonomických principů. Zpravidla jde o zajištění principu nejvyššího čistého výnosu z půdy, principu výnosové vyrovnanosti, principu rozšířené reprodukce a principu plynulosti výnosů. Podle toho, který princip převažuje, klade se větší důraz na jednu nebo druhou metodu (Priesol, Polák 1991).

Pokud je výše mýtní těžby stanovená induktivním způsobem pro daný lesní majetek vyšší nežli výše mýtní těžby stanovená způsobem deduktivním, musí se z hlediska dosažení těžební plynulosti výše induktivní těžby snížit na výši těžby deduktivní. Výsledný etát tak vychází z reálné potřeby a těžebních možností nejen jednotlivých hospodářských souborů, ale i celého lesního majetku. Pokud je však naopak vyšší stanovená výše mýtní těžby deduktivním způsobem, znamená to, že podle použitého těžebního ukazatele můžeme teoreticky těžít vyšší objem, než je prakticky vzhledem k stavu porostů a obnovních postupů možné v porostech reálně

umístit. V tomto případě se musí deduktivní výše mýtní těžby stanovit pomocí jiného těžebního ukazatele (Marušák, Kašpar 2016).

3.2.3 Těžební ukazatelé

Těžební ukazatel je údaj informující o teoretických těžebních možnostech hospodářského souboru. Slouží k odvození těžebního etátu. Dá se vyjádřit v objemových anebo plošných jednotkách (Priesol, Polák 1991).

Ke stanovení výše těžby pomocí deduktivního způsobu je vždy zapotřebí použití nějakého těžebního ukazatele. Mezi hodnotou těžebního ukazatele a etátu může být rozdíl plynoucí například z použití, již v předchozí kapitole zmiňované, induktivně-deduktivní metody. Dále se hodnota těžebního ukazatele a etátu může lišit i z důvodu existence nějakých zákonných nebo jiných omezení a cílů, které si může stanovit vlastník lesa (Marušák, Kašpar 2016). V současnosti legislativa stanovuje závazná ustanovení o maximální celkové výši těžeb pomocí ukazatelů těžební procento a normální paseka. U lesů o výměře menší než 50 ha se mýtní těžba stanoví v souladu s rámcovými směrnici hospodaření. Při výměře lesů větší než 50 ha nesmí výše mýtní těžby navržená plánem překročit rozmezí $\pm 10\%$ od ukazatele těžební procento. Pro lesy s výměrou nad 500 ha nesmí výše mýtní těžby navržená plánem překročit rozmezí $\pm 20\%$ od ukazatele normální paseka. Pokud zároveň nelze splnit podmínku $\pm 10\%$ od ukazatele těžební procento, je výše navržené těžby stanovena při nedostatku mýtních porostů na horní hranici tohoto ukazatele, při nadbytku pak na jeho spodní hranici (Vyhláška č. 84/1996 Sb.)

Všechny těžební ukazatele mýtní a celkové těžby jsou založené na představě normálního lesa. O těžebních ukazatelích se dá obecně tvrdit, že čím je věková struktura více nevyrovnaná, tím jsou méně vhodné. Zároveň neexistuje žádný, který by byl vhodný pro všechny typy věkové struktury. Žádný z těžebních ukazatelů nebere nijak v úvahu prostorová omezení těžeb. Tudiž naplnění výše těžebního ukazatele nemusí být v praxi reálné a dosažitelné. Dále těžební ukazatele nikterak nestanovují optimální výši mýtních těžeb a ani nezajišťují jejich trvalou vyrovnanost (Marušák, Kašpar 2016).

3.2.4 Důležitá zákonná omezení týkající se plánování těžeb

Lesní hospodářské plány obsahují závazná a doporučující ustanovení. Jedním takovým je maximální celková výše těžeb. Dále pak pro lesy státní a lesy ve vlastnictví obcí je závazným ustanovením též minimální plošný rozsah výchovných zásahů v porostech do 40 let věku. Při mýtní těžbě úmyslné existují omezení, která určují maximální velikost a šíři holých sečí. Jejich plocha nesmí být větší než 1 ha a jejich šíře nemůže překročit jednonásobek (na exponovaných hospodářských souborech) a dvojnásobek (v ostatních hospodářských souborech) výšky těženého porostu. Šířka holé seče není omezena při domýcení porostních zbytků a porostů o výměře menší než 1 ha. V odůvodněných případech může orgán státní správy lesů při schvalování plánu nebo při zpracování osnovy nebo na žádost vlastníka lesa povolit výjimku ze stanovené velikosti nebo šířky holé seče. V neposlední řadě platí to, že nelze úmyslnou těžbou snižovat zakmenění porostu pod sedm desetin plného zakmenění; to neplatí, jestliže se prosvětlení provádí ve prospěch následného porostu nebo za účelem zpevnění porostu (Zákon č. 289/1995 Sb.).

3.3 Nástroje pro podporu rozhodování

3.3.1 Důvody pro zvážení výhod a nevýhod využití DSS v lesnictví pro plánování těžeb

Od 18. století bylo v Evropě vyvinuto mnoho různých metod za účelem dosažení rovnoměrné produkce z lesů. Většina z nich zahrnuje koncept normálního stejnověkého lesa, jehož použití v praktickém lesnictví je přinejmenším problematické kvůli přírodním disturbancím, jejichž počet díky změnám klimatu v posledních letech narůstá. Navíc les s vyváženou a regulovanou distribucí věkových stupňů není jen nesnadno dosažitelný, ale také nežádoucí pro dlouhodobou stabilitu lesa. Jednou takovou metodou je i těžební procento. Tento ukazatel je určen pouze pro plánování na jedno decennium. Jeho použitelnost pro dlouhodobější plánování není možná, navíc nebere ohledy na žádné prostorové aspekty těžeb, což vede k nerovnoměrným těžbám v jednotlivých deceniích (Marušák a kol. 2015). Pro lesní hospodáře jsou největší výzvou velmi dlouhé plánovací horizonty, pro které musí tvořit svá rozhodnutí. Kapacita lidské mysli pro

analýzu a následnou tvorbu rozhodnutí je omezena použitím jen určitého množství informací, tudíž je pro člověka zahrnutí celé komplexnosti situace nemožné (Bruin a kol. 2015). Lesní hospodaření je komplexní problém, protože v něm kromě dlouhodobosti hraje roli také mnoho cílů, požadavků a omezení (často i protichůdných). Důsledkem toho vzniká potřeba vyvinout DSS, který by byl nápomocný lesním hospodářům v tvorbě jejich rozhodnutí (Marušák a kol. 2015).

3.3.2 Definice nástrojů pro podporu rozhodování

Systémy pro podporu rozhodování (DSS) jsou informační systémy, které jsou navrženy, aby interaktivně podporovaly všechny fáze rozhodovacího procesu konečného uživatele (Holsapple, Burstein 2008b). Jsou to nástroje, které pomáhají zhodnotit alternativní možnosti a scénáře, vypořádají se s komplexitou situace, mají jasný jednoduše zopakovatelný protokol (Johnson a kol. 2007). Dají se definovat jako: interaktivní, flexibilní a adaptabilní informační systémy založené na výpočetní technice, speciálně vyvinuté pro podporu řešení organizačního problému a pro vylepšení tvorby rozhodnutí (Holsapple, Burstein 2008b). Klíčovými znaky těchto systémů jsou problém-zpracovávající systém a úmyslná podpora procesu tvorby rozhodování (Reynolds a kol. 2014). Byla by chyba brát DSS jen jako modely, do nichž se pouze vkládají data, ze kterých nakonec vystupují řešení. Spíše by o nich mělo být uvažováno jako o možném komponentu zahrnutém v procesu rozhodování, o sadě nástrojů, která může být v určitých situacích užitečná ke zlepšení schopnosti rozmyšlení (Johnson a kol. 2007). Využívají data, poskytují jednoduché uživatelské rozhraní a dovolují vlastní náhled uživatele (rozhodujícího). V dnešní době se objevuje vzrůstající trend poskytovat manažerům z nejrůznějších oborů informační systémy, aby jim pomáhaly s jejich nejdůležitějším úkolem – tvorbou rozhodnutí (Holsapple, Burstein 2008b).

Pokud se uživatel rozhodne využít systém pro podporu rozhodování, může to mít značné následky na efektivnost rozhodnutí. Tyto následky mohou být pozitivní i negativní, takže to, jestli použít pro daný problém nějaký systém pro podporu rozhodování, je významné rozhodnutí samo o sobě (Johnson a kol. 2007). Účel systémů pro podporu rozhodování je pomáhat lidem zlepšit proces rozhodování

(Acosta a kol. 2017), nemělo by však jít o hledání jediné odpovědi, ale o porovnávání velké škály alternativních výsledků (Johnson a kol. 2007).

DSS jsou speciálně vyvíjeny pro usnadnění procesu rozhodování, měly by spíše podporovat nežli automaticky vytvořit rozhodnutí. Velmi důležité je, aby byly schopné rychle reagovat na měnící se potřeby uživatele tvořícího rozhodnutí (Athanasiadis, Zacharoula 2011).

Nejprve byly tyto systémy vyvíjeny, aby pomáhaly obchodním manažerům. Později vzbudily zájem i v oblasti ochrany přírody a nyní jsou považovány za zásadní pro trvale udržitelný rozvoj ekosystémů (Acosta a kol. 2017).

3.3.3 Rozhodování

Pro správné porozumění problematice DSS je třeba nejprve pochopit a definovat i rozhodování samotné.

Každé rozhodnutí má v sobě skrytý jistý odhad budoucnosti, a tak lidé, kteří se rozhodují, musejí spoléhat na svůj úsudek a intuici. Když řešíme nějaký problém, snažíme se odhadnout situaci a poté očekáváme, že pokud podnikneme určitý krok, vytvoří se jiná situace, která byla naším cílem (Holsapple, Burstein 2008b). Lidé by nepřežili, pokud by každé své rozhodnutí nepodrobili detailnímu zhodnocení všech možných cílů, alternativ a důsledků (Johnson a kol. 2007). Když očekáváme určitý výsledek našeho rozhodnutí, ve skutečnosti pouze odhadujeme, jaký výsledek bude. Jak se svět tvorby rozhodnutí stává čím dál tím více komplexnější, tím je těžší tyto výsledky našich rozhodnutí očekávat, proto se proces rozhodování musí stát co nejefektivnějším (Holsapple, Burstein 2008b).

3.3.4 Rozhodování v komplexní situaci a prostředí

Většina problémů plynoucích ze snah hospodařit s životním prostředím se dá považovat za komplexní. Dají se charakterizovat velkým množstvím navzájem souvisejících nejistých veličin a alternativ (Zhu a kol. 1998).

Komplexnost je podmínkou systému (situace nebo organizace), která je do nějaké míry spojena s jeho uspořádáním, ale má moc součástí a vztahů na to, aby jim bylo možno rozumět jednoduchými analytickými nebo logickými způsoby. Přestože v prostředí jsou patrné různé trendy a vzory, jsou většinou natolik spleťité,

až je to dělá nerozeznatelnými (Holsapple, Burstein 2008b). Pro řešení takových problémů již často nelze využít klasické empirické a statistické metody, ale vyžadují postupy, které jsou občas více heuristické nežli algoritmické. Statistické modely nemohou být v mnoha případech použity k řešení takovýchto více nestrukturovaných problémů v lesním hospodářství (Peng, Wen 1999). U každého informovaného procesu rozhodování musíme vstoupit do komplexnosti rozhodovacího prostoru se sadou nástrojů, a s tak hlubokým porozuměním situace, jak to jen jde. Tato sada nástrojů zahrnuje zkušenosti, vzdělání, síť vzájemných vztahů, znalosti o minulém vývoji, znalost vnějších i vnitřních přírodních tlaků atd. Rozhodovací prostor, ve kterém se uvažuje o používání relevantního procesu pro podporu rozhodování, jako jsou: analytický hierarchický proces, modelování dynamických systémů, plánování scénářů, informační a technologické systémy zahrnují charakteristiky situací a rozhodování, výsledné scénáře, potenciální sadu řešení, zdroje, cíle, limity a znalosti o politických, sociálních a ekonomických důsledcích. Stejně jako u rozhodovacího procesu založeného na logice, uvažované prvky v komplexní situaci obsahují určité hranice vnímané systémem. Základy pro porozumění komplexní situace tvoří všechny shromážděné informace a znalosti. Ty musejí být následně posouzeny, což je ve skutečnosti téměř nemožný úkol. Velkou roli také hraje kvalita dat, jež vstupují do procesu rozhodování, protože nekvalitní data mohou vést ke špatným důsledkům rozhodnutí (Holsapple, Burstein 2008b).

3.3.5 Příprava pro proces rozhodování

Když je aplikován tradiční proces rozhodování na jednoduchou nebo složitou situaci, cílem je proměnit situaci ze současného do požadovaného stavu. U komplexní situace neexistuje přímý vztah mezi příčinou a následkem, který by bylo možno sledovat. Je tedy nutná rozsáhlá příprava. Tato příprava zahrnuje porozumění oblasti zájmu, rozpoznání úrovně nejistoty, povahu prostředí, plánování procesu získávání zdrojů informací a zvážení všech dostupných alternativ. Při pokusu pochopit nebo vytvořit strategii rozhodování do budoucna v určité situaci nestačí znát pouze pravidla, vzory chování a vzájemné vztahy, ale také základní teorie, principy a instrukce (pokud existují), aby bylo možno generalizovat získané znalosti z dané situace. Tato generalizace může být poměrně

složitá (Holsapple, Burstein 2008b). Před řešením problému je vhodné vytvořit jeho model. Je to proces rozčlenění a zjednodušení problému. Je třeba předložit parametry a součásti daného problému s jejich vzájemnými vztahy v co nejpřesnější podobě. K tomu se používají různé grafy. Diagramy závislosti jsou nejčastější grafickou reprezentací modelů problémů pro analýzu rozhodnutí. Jsou to představitelé neurčitých proměnných a rozhodnutí, která otevřeně odhalují možné závislosti, a také tok informací. V diagramu závislosti existují tři typy uzlů. Uzly rozhodnutí reprezentují alternativy, které má osoba tvořící rozhodnutí. Uzly šance představují neurčité proměnné, které neleze ovlivnit. Poslední uzly hodnoty reprezentují cíl nebo užitečnost, u které je snaha ji maximalizovat (Zhu a kol. 1998).

Referenční rámec člověka tvořícího rozhodnutí by také měl být brán v úvahu, protože definuje a limituje jeho pohled na problematiku. Několik referenčních rámců slouží jako nástroj k pozorování a interpretování situace tak, aby bylo možno najít nejlepší interpretaci a vysvětlení komplexní situace (Holsapple, Burstein 2008b).

3.3.6 Tradiční způsob vytváření rozhodnutí

Proces tvorby rozhodnutí je metoda, která vede jednotlivce nebo skupinu sérií úloh od identifikace problému přes analýzu až k návrhu alternativ a výběru konečné možnosti řešení (Reynolds a kol. 2014). Tradiční způsob tvorby rozhodování se skládá z několika kroků. Nejprve je třeba definovat problém nebo otázku, poté rozeznat jednotlivé alternativy a zvolit kritéria pro výběr jedné z nich. Až jako poslední přijde na řadu koncové rozhodnutí založené na jeho zhodnocení dle daných kritérií (Johnson a kol. 2007).

Při vytváření rozhodnutí existuje n možných průběhů událostí a jen jedna z nich je vybrána jako konečné rozhodnutí. Množství různých možností může být velmi vysoké. Práce zahrnutá v uvědomění si všech alternativ představuje významnou část v procesu rozhodování. Aby byl zajištěn dostatečný počet alternativ a mohlo jich být vzato v úvahu velké množství, je vhodné zahrnout do procesu systému založené na výpočetní technice. Nakonec je vždy vybrána jedna možnost z n alternativ jako rozhodnutí. Která z nich by však měla být vybrána? Tím se zabývá studium alternativ. Práce vynaložená na studium alternativ je také

významnou částí procesu rozhodování. Mělo by být umožněno srovnání jednotlivých alternativ ve smyslu jejich vlastních důsledků. Dále zvážit tyto důsledky vzhledem k cílům, účelům, tlakům a omezením, pod kterými rozhodující operuje. Některé DSS mohou dokonce doporučit ke zvolení určitou alternativu a vysvětlit racionální základ této rady (Holsapple, Burstein 2008b).

3.3.7 Způsob vytváření rozhodnutí na základě znalostí

Tento pohled na vytváření rozhodnutí zastává názor, že rozhodnutí je znalost, která indikuje povahu dané akce. Rozhodnutí tedy může být popisná znalost nebo procedurální znalost zahrnující detailní specifikaci ohledně toho, jak dosáhnout nějakého cíle. Vědomostně založený přístup k rozhodování je kompatibilní s tradičním způsobem. Oproti tomu nabízí extra náhled na povahu tvorby rozhodnutí (Holsapple, Burstein 2008b). DSS mohou vnímány jako informativní. Zapojit systém pro podporu rozhodování do procesu tvorby rozhodnutí by nemělo být bráno jako definitivní a poslední krok, ale jako část organizovaného výukového procesu (Johnson a kol. 2007). Když pohlížíme na rozhodnutí jako na znalost, tvorba rozhodnutí znamená tvorbu nových znalostí, které před tím neexistovaly. Tuto novou znalost formujeme z již existujících vědomostí z vnějších a vnitřních zdrojů. Pokud tvorbu rozhodování vnímáme jako činnost vytvářející nové vědomosti, tak DSS jsou v tomto případě chápány jako systémy, které pomáhají tomuto výrobnímu procesu, stejně jako stroje pomáhají při výrobě hmotných výrobků. Po vytvoření rozhodnutí toho víme více než před ním. Proces rozhodování je zároveň procesem učení. Znalosti jsou materiálem, vedlejším produktem a výsledkem procesu tvorby rozhodnutí (Holsapple, Burstein 2008b).

Do nedávna většina lidí ani neuvažovala v souvislosti se znalostmi o nějaké jejich organizaci a řízení, pokládala je pouze za osobní přínos, který je souhrnem našich zkušeností, vzdělání atd., který nám pomáhá lépe fungovat v komplexním světě. V poslední době přístup k hospodaření s vědomostmi indikuje změnu postoje ke znalostem. Již nejsou brány jen jako osobní přínos, ale získávají další význam pro organizace především ve formě nějaké výpočetní podpory. Vylepšování řízení informací může pomoci vědcům lépe předat svůj výzkum do rukou uživatelů. Je evidentní, že ve vývoji a využití DSS v lesnictví bude profitovat

z všestranného a systematického řízení různých druhů znalostí, které jsou v tomto oboru relevantní (Vacík a kol. 2013).

Systémy založené na znalostech uchovávají a interpretují vědomosti a zkušenosti lidských odborníků v jejich okruhu zájmu. Kombinují schopnost simulovat heuristické uvažování odborníků s vysvětlujícím zařízením pro odůvodnění jejich argumentace a závěrů. Velmi běžný postup je navrhovat tyto systémy jako rozšíření již existujících geografických informačních systémů, expertních systémů a různých modelovacích technik a komponentů (Zhu a kol. 1998).

3.3.8 Geografické informace a rozhodování

3.3.8.1 Prostorový komponent při tvorbě rozhodování v lesnictví

Mnoho případů rozhodování má v sobě zakomponovaný prostorový komponent. Volba umístění hraje důležitou roli v konečném rozhodování. Pro mnohá odvětví je prostorové umístění zásadní při tvorbě rozhodování. Takovým odvětvím může být třeba zemědělství. Protože k adekvátní reprezentaci geografických vztahů je třeba velké množství dat, vývoj prostorových aplikací se mohl rozvinout až v době, kdy byly dostupné výkonné počítače. Projekt Kanadská inventarizace pozemků, který probíhal od 60. let 20. století byl první geografický výpočetní projekt většího měřítká, který začal být znám jako Kanadský geografický informační systém (CGIS), z čehož vzniknul pojem GIS. GIS může pomoci při mnoha komplexních prostorových kalkulacích, které pomáhají tvorbě rozhodnutí. Dovoluje měření geografických prvků, identifikuje sousednost, umožňuje zvětšení nebo redukci velikosti prostorových prvků, poskytuje možnost prolínat prvky z jednotlivých vrstev (map), dále nabízí možnost úpravy prostorových dat. Moderní GIS zahrnují sofistikované rozhraní s kartografickou reprezentací prostorového problému, ale i prvky, které dovolují uživateli zasahovat do kalkulací a prvků databáze softwaru. Dále GIS poskytují propracovanou databázi, což dohromady s rozhraním umožňuje reprezentaci mnoha typů prostorových problémů. Vizualizace takovýchto problémů může člověku, který je v pozici rozhodujícího, potenciálně poskytnout velkou výhodu. Užitečnost GIS v problematice rozhodování může být zvýšena začleněním

nějaké jiné formy informační technologie a modelů z jiných odvětví (Holsapple, Burstein 2008a).

3.3.9 Systémy pro podporu rozhodování v lesnictví

Po mnoho let používali lesní hospodáři pro předpověď důsledků jejich hospodaření empirické, statistické nebo matematické modely, aby jim pomohly s jejich rozhodováním. Nicméně některé procesy tvorby rozhodování zahrnují kvalitativní komponenty, které není možné vyjádřit pomocí matematických rovnic. To vedlo k prvnímu použití umělé inteligence do oblasti lesnictví, které začalo vývojem expertních systémů a systémů pro podporu rozhodování v tomto oboru (Peng, Wen 1999).

První generace systémů pro podporu rozhodování v lesnictví byla pevně naprogramována a navržena k řešení relativně specifických, dobře definovatelných problémům, jako jsou předpisy pro pěstování lesa nebo management určitých škůdců na určitých druzích dřevin (Reynolds a kol. 2014). Naproti tomu v poslední době je trend tvorby menšího množství, ale široce zaměřených multifunkčních systémů. Za tímto trendem stojí nejen rapidní rozvoj výpočetních technologií, ale i potřeby lesních hospodářů efektivně zvládat komplexní problémy hospodaření v lesním ekosystému. Celosvětově jsou lesy klíčovým zdrojem, který poskytuje mnoho různých funkcí a služeb. Tato situace představuje značnou výzvu pro lesní hospodáře, kteří musejí vzít v úvahu spoustu cílů (občas i protichůdných) v různých prostorových a časových variacích (Holsapple, Burstein 2008a).

Odborníci, kteří v praxi musejí tvořit rozhodnutí neberou oproti systémům v úvahu tak velký rozsah možných alternativ. Místo toho jim jejich zkušenosti pomáhají rozeznat známé prvky i v unikátním prostředí. Dále jim umožňují vidět situace jako vzory a vztahy, které pocházejí z minulých rozhodnutí a pomáhají jim odhadnout vývoj do budoucna. Jsou schopni rozeznat opodstatněnou reakci na problém a vzít ji v úvahu jako první. Všeobecně tyto odborníci zhodnotí výhody každé možnosti zvlášť, většinou neporovnávají jednotlivé alternativy proti sobě. Tento myšlenkový proces při hledání správné možnosti probíhá pouze chvíli a téměř podvědomě (Johnson a kol. 2007).

U systém pro podporu rozhodování v lesnictví se ukázalo jako velmi důležité zahrnout kvalifikované osoby do procesu tvorby rozhodování. Zahrnují postupy umožňující aktivní účast na plánování, čímž berou v úvahu zkušenosti uživatele. Dále by měly obsahovat modely a metodiku simulující různé proměnné, které se v lesním hospodářství vyskytují, aby byly schopné podpořit předpověď výsledků konkrétního rozhodnutí. Celková užitečnost nástroje pro podporu rozhodování závisí především na škále nástrojů, které zahrnují (Pastorella a kol. 2016).

DSS v lesním prostředí užívají různé procedury a nástroje nejen ke zvýšení počátečních znalostí o předmětu zájmu, ale také jsou přes ně zpracovány a zhodnocovány všechny dostupné informace (Acosta a kol. 2017).

Lesní hospodáři se musejí v jejich každodenní činnosti zabývat mnoha různými faktory, které mohou ovlivnit jejich hospodaření. Proto není překvapením, že literatura v posledních několika desetiletích klasifikuje tvorbu rozhodování v lesnictví jako komplexní. Za nejvíce náročnou se dá považovat dlouhodobost lesního hospodaření, která je spjatá s produkčními cykly v lese a musí být vzata v úvahu. Lidská schopnost analyzovat a rozhodovat je limitována určitým maximálním počtem informací, není proto jednoduše možné zvážit úplně všechny, obzvláště pokud se jedná o dlouhodobé plánování. Nicméně tento způsob rozhodování v lesnictví stále převládá. Existuje tak větší riziko, že člověk, který rozhodnutí tvoří, nesprávně zjednoduší situaci, na základě které se rozhoduje. Což vede logicky ke zhoršení výsledků vyplývajících z rozhodnutí. Jako další problém se může jevit subjektivní pohled na daný problém, který je vždy u každého jedince jiný. Každý lesní hospodář může přihlížet k jiným faktorům, a tak mohou vzniknout různá rozhodnutí ve stejné situaci. Tyto faktory se dají dělit na vnitřní a vnější. Vnitřní faktory závisí na konkrétní osobě, jejím věku, pohlaví, schopnostech atd. Vnější faktory záleží na prostředí. Záleží však na člověku tvořícím rozhodnutí, kolik a které faktory bere v úvahu. Mezi šest nejčastějších faktorů podle lesních hospodářů patří v pořadí od nejvýznamnějšího: samotný les, cíle organizace, náklady na hospodaření, názor veřejnosti, nové vědecké objevy a ceny na trhu (Bruin a kol. 2015).

V posledních několika desetiletích se globální pozornost zaměřila na současné a potenciálně i budoucí problémy v oblasti trvalé udržitelnosti stavu ekosystémů. (Reynolds a kol. 2014).

Jako reakci na vzrůstající počet a vliv faktorů muselo 69 států světa od roku 2005 pozměnit své současné lesní zákony. Tyto změny přispěly ke zvýšení poptávky po systémech, které by podpořily uživatele v rozhodování a pomohly při zvládnutí těchto moderních výzev. Novodobé DSS v lesnictví musejí většinou zahrnovat moderní výpočetní technologie, aby dokázaly zvládnout tyto nové požadavky (Nobre a kol. 2016).

3.3.9.1 Potřeba softwarů GIS pro tvorbu rozhodování v lesnictví

V poslední době se stávají problémy lesního plánování stále více komplexní (Dong a kol. 2015). V lesnictví je potřeba analyzovat vývoj prostorového rozdělení lesa, protože bez prostorového aspektu není možné dodržet cíle a omezení lesního hospodaření. Požadovaná velikost, tvar a pozice těžebních prvků je to, co dělá plánování lesního hospodaření tolik odlišné od jiných plánování. Metody operační analýzy ve spojení s moderní výpočetní technologií a GIS mohou být použity k tvorbě plánovacího modelu, který bere v úvahu i prostorové rozdělení, které je pro tvorbu rozhodnutí v lesnictví nezbytné (Marušák a kol. 2015).

Prostorový model pro plánování těžeb požaduje nejen popis stavu každého porostu, ale také popis stavu jeho sousedů. To značí, že mezi jednotlivými variantami v rámci rozhodování musí být použity nelineární vztahy. Pro řešení těchto problémů mohou být použity přesné matematické metody. Heuristické metody jsou v lesním plánování stále více používány jako alternativa pro vytvoření řešení blízkého optimu v mnohem kratších výpočetních časech. Takovýchto metod existuje hned několik, jejich použití záleží především na komplexnosti problému a racionalitě parametrů (Dong a kol. 2015).

Nejpoužívanějšími modely k omezení finální velikosti těžebních prvků jsou unit restriction model (URM) a area restriction model (ARM). Při používání URM nemohou být sousední jednotky těženy ve stejné časové periodě. U ARM mohou být sousední jednotky těženy souběžně za podmínky, že dohromady nepřekročí maximální velikost plochy (Dong a kol. 2018). ARM model je více flexibilní

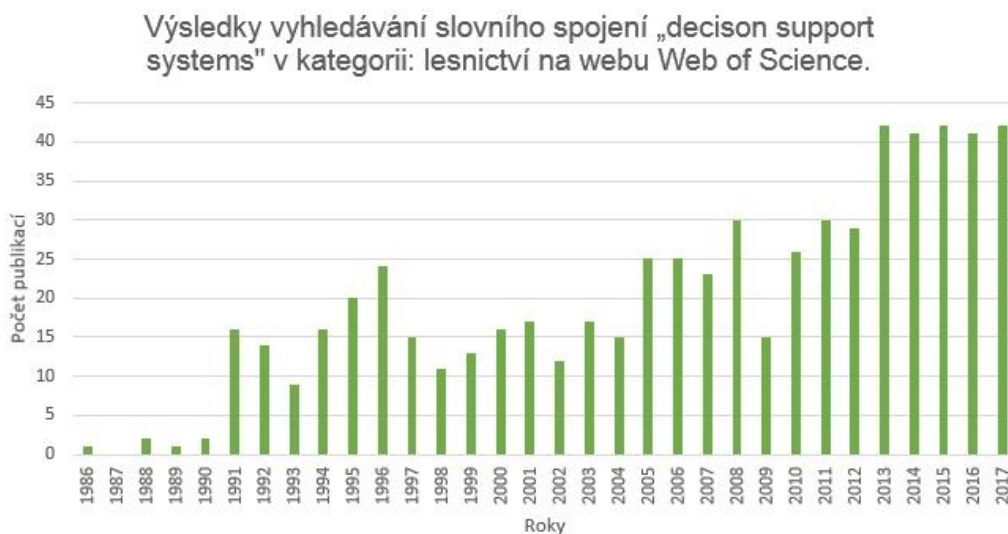
ohledně umístění a načasování těžeb, teoreticky by měl produkovat lesnické plány s většími hodnotami než URM model. Nicméně ARM model je příliš výpočetně složitý pro využití v lesním hospodářství zejména pro země střední Evropy, kde není omezena zákonem pouze maximální plocha sečí, ale také jejich šířka a délka. Pro zahrnutí prostorových požadavků do modelů plánování těžeb je nutné vyvinout algoritmy pro specifikaci omezení sousednosti (Kašpar a kol. 2016).

Z doby, než se les na vytěžené ploše obnoví, se vytvoří časová perioda, která reprezentuje čas, po jaký nemohou být sousední plochy těženy (Dong a kol. 2018).

Vzhledem k prostorové povaze problémů v oblasti hospodaření v oboru životního prostředí bylo mnoho DSS navrženo tak, aby dokázaly používat technologii GIS spojenou se specifickými analytickými modelovacími technikami a modely. Tento přístup klade důraz na dostupnost informací, vizualizaci a na číselné výpočty analytických modelů. Nicméně v oblasti managementu životního prostředí je zapotřebí ještě zahrnout další složky včetně heuristických znalostí odborníků. Proto matematické modely musí být při vytvoření finálního řešení spojeny s lidskou odborností. Takový systém by měl být schopný používat podstatné informace o oblasti problému a měl by vést uživatele tak, aby mohl systematicky zkoumat různé potenciální scénáře, než dospěje k finálnímu rozhodnutí. (Zhu a kol. 1998).

3.3.9.2 Možnosti aplikace nástrojů pro podporu rozhodování v lesnictví

Jako základ literární rešerše týkající se DSS v lesnictví byl využit informační zdroj Web of Science. Vyhledávání odborných článků bylo provedeno v kategorii forestry (lesnictví) a vyhledáváno bylo slovní spojení „decision support systems“ (systémy pro podporu rozhodování). Množství publikovaných vědeckých článků, které nepřímě svědčí o vývoji DSS v lesnictví, je možné vidět v grafu č. 1. Vzrůstající počet vědeckých článků v posledních letech nasvědčuje zvýšenému zájmu vědecké komunity o tuto oblast a tím i o zvyšování významu DSS v lesnictví.



Graf č. 1: Výsledky vyhledávání ukazující počet relevantních publikací k tématu DSS v kategorii lesnictví na webu Web of science za jednotlivé roky.

DSS můžou být děleny podle různých charakteristik. Velmi významnou charakteristikou je předmět podpory rozhodování. Problémů z oblasti lesnictví, pro které se tato podpora hodí je mnoho. Ve světě se lesnické DSS využívají pro řešení lesních požárů, využití půdy, ochranu biodiverzity, lesnické plánování, zalesňování, kontrolu zákonných omezení, využití financí, správu vodních zdrojů, řešení škod způsobených větrem, biotickými škůdci a nemocemi (Athanasiadis, Zacharoula 2011).

Například v lesích, v nichž je velké až střední riziko požárů je výhodné zpracovávat plány pro redukci škod způsobených jejich vlivem. Velkou výhodou mohou v tomto případě být DSS, které jsou pro podporu toho plánování navrhovány, ty musí mimo jiné komponenty zahrnovat simulátory chování požáru. Dále je třeba pro tento druh plánování znát dlouhodobé riziko vzniku a chování požárů v oblasti (Kaloudis a kol. 2008).

Významnou roli hrají tyto systémy zejména v oblasti plánování těžeb. Řešit reálný problém plánování těžeb bez podpory moderních prostředků výpočetní techniky je již téměř nemožné. Proto byla již v tomto odvětví vytvořena řada různých systémů pro podporu rozhodování (Marušák, Kašpar 2016). Lesní hospodáři tradičně pánovali lesní těžby na základě svých vlastních odborných znalostí. Plánování dle vlastních znalostí se týká především prostorového rozdělení

jednotlivých sečí. Z odborných znalostí již jde v dnešní době vytvořit sadu pravidel, která mohou být automatizována. Plánování těžeb prováděné počítačem ušetří lesnímu hospodáři nejen čas, ale také mu umožní porovnat různé scénáře v řádech minut. Aby toto bylo možné, je nutné nějak definovat cíle plánování. V hospodářských lesích je hlavním cílem maximální produkce dříví. Do výsledného modelu však lze přidat i další cíle a kritéria hospodaření. Vedle ekonomického hlediska je možné přidat také hlediska ekologická nebo sociální. Velmi důležitou součástí by měla být zákonná omezení, která platí v zemi, ve které se těžby chystáme plánovat (Marušák a kol. 2015). Proces plánování těžeb provázejí tři nejvýznamnější složky, které plánování usměrňují. První z nich je maximální výše těžeb. Ta zabraňuje tomu, aby byl les nadměrnou těžbou poškozen a napomáhá tak k trvale udržitelnému rozvoji lesního ekosystému. Další složkou je plynulost těžeb, která napomáhá ke stálosti příjmů z lesa za určitý čas (Dong a kol. 2018). Od rozdílu v plynulosti těžeb se odvíjí celková výše těžeb i množství porostů nevyužitých k těžbě v průběhu časového období. Pokud je rozdíl v plynulosti větší, netěžených porostů je méně a celková výše těžeb naopak stoupá. Tento trend však po dosažení určitého bodu nemusí fungovat (Kašpar a kol. 2015). Naproti tomu plynulost těžeb napomáhá k maximálnímu využití mechanizace a pracovníků. Poslední důležitou částí procesu plánování těžeb jsou prostorová omezení, která zahrnují i pravidla sousednosti (Dong a kol. 2018).

Ve střední Evropě jsou jako hospodářský způsob běžně používány různé seče, hlavně díky jejich ekonomické výhodnosti. Pro zachování biodiverzity jsou u sečí zákonem většinou limitovány jejich velikosti a vzájemné prostorové vztahy. Všechna tyto omezení dělají modely plánování těžeb výpočetně velmi složité. Dnes většina plánů v lesním hospodářství může být navržena pouze za pomoci nějakého geografického informačního systému. V posledním desetiletí se zvedá zájem o řešení problému prostorového aspektu plánování lesních těžeb. DSS, které se zabývají i prostorovým uspořádáním již byly vyvinuty. Vytvořené systémy však postrádají zabudované prostředky nutné k upravování a kontrole navrhovaných těžebních jednotek tak, aby mohly být použity i ve státech s přísnějšími předpisy plánování těžeb. Zákonná omezení sečí jsou v každé zemi jiná, což dělá

použitelnost těchto systémů v jiných zemích přinejmenším složitou (Vopěnka a kol. 2015).

3.3.9.3 Stručné shrnutí struktury a vývoje DSS používaných v lesnictví

Od osmdesátých let minulého století se DSS staly oblíbenou platformou pro přenášení vědomostí z oblasti výzkumu do praktického lesnictví. Nejprve byly DSS častěji využívány samotnými výzkumníky pro případové studie a různé ukázky. Postupně poptávka konečných uživatelů po nástrojích s uživatelským rozhraním uzpůsobeným jejich potřebám vedla k vytvoření řady různých softwarových verzí uzpůsobených specifickým datům, uživatelům a aplikacím. Údržba a další vývoj těchto softwarů se však stal pro vývojáře velmi náročný. V lesnické vědě se klade důraz na schopnost a spolehlivost modelů napodobovat lesní dynamiku. Schopnost systémů vzájemně spolupracovat je důležitá při propojování různých dat a zdrojů informací včetně dalších nástrojů pro podporu rozhodování. Moderní softwary spolu s informačními a komunikačními technologiemi nabízí řešení pro integraci systémů. Rozložení softwaru do modulů a komponentů, dělá softwary snazší pro údržbu, ta může být prováděna po jejich jednotlivých částech, zároveň umožňuje jejich použití i v jiných systémech. DSS distribuované přes web umožňují rychlejší přenos výsledků výzkumu do praxe a usnadňují jeho modernizaci. Mimoto pomáhají řešit problém kompatibility související s rozdílnými operačními systémy a softwarovými platformami (Packalen a kol. 2013).

V dnešní době poskytuje spousta akademických disciplín základy pro DSS. Databázové systémy nabízí nástroje pro management dat, jsou vyvíjeny matematické modely pro vytváření DSS založených na modelech. Internet také svým způsobem přispívá k dalším rozvoji DSS, hraje roli zejména v dostupnosti a poskytování velkého množství informací a služeb souvisejících s různými vědeckými odvětvími (Athanasiadis, Zacharoula 2011).

DSS mohou být klasifikovány například podle jejich vnitřní architektury, modelů, metod, optimalizačních možností, nástrojů na management znalostí, které používají atd. Velmi důležitou vlastností systému pro srovnání s jinými je schopnost vícekriteriální analýzy variant nebo účast uživatele na procesu rozhodování (Packalen a kol. 2013).

3.3.9.4 Příklady vybraných DSS používaných v lesnictví

Uvedené DSS byly vybrány ze stručného přehledu lesnických DSS uvedených v FORSYS wiki od Packalena a kol. (2013). Dalším kritériem pro výběr bylo zastoupení a popis DSS v další (v rešerši již použité) literatuře vhodné k porovnání těchto systémů. Zejména od Holsapple, Burstein (2008) nebo od Mowrer a kol. (1997). Výběr byl proveden tak, aby zmíněné příklady DSS byly rozmanité z hlediska svých cílů, funkcí, komponentů a možností využití.

3.3.9.4.1 LANDIS

Tento DSS funguje na operačním systému Windows a je poskytován zdarma. Slouží k předpovědi změn v lesích vlivem přírodních i člověkem zaviněných příčin. Je možné ho použít pro strategické, taktické i operativní plánování (Sturtevant a kol. 2016). Model simuluje přirozenou obnovu porostů, konkurenci a reakci na disturbance v krajině v rozsahu od tisíců do desetitisíců hektarů. Zahrnuje prostorový aspekt. Výsledky lze v různém čase uložit a zobrazit nebo analyzovat běžnými nástroji GIS (Mowrer a kol. 1997). Jako možné příčiny disturbancí jsou modelovány požáry, vítr, těžba a globální změny klimatu (Sturtevant a kol. 2016). LANDIS je kalibrován pouze pro místa a druhy z některých částí USA. Pro případné použití v jiných oblastech by musel být překalibrován (Mowrer a kol. 1997).

3.3.9.4.2 NED

DSS NED také funguje na operačním systému Windows a je poskytován zdarma na vyžádání. Je navržen ke zlepšení plánování a procesu tvorby rozhodnutí tím, že poskytuje užitečné a odborné informace v oblasti hospodaření s přírodními zdroji. Mezi zahrnuté přírodní zdroje patří: vizuální kvalita lesů, ekologie, zdravotní stav lesů, dříví, vodní zdroje a divoká zvěř. Proces rozhodování je tzv. cílem-hnaný, který zajišťuje, že všechny relevantní cíle jsou vzaty v úvahu (Twery a kol. 2005). NED je sbírka softwarových nástrojů vytvořených, aby pomáhaly lesním hospodářům vytvořit cíle, ohodnotit a současně a budoucí podmínky a vytvořit plány pro udržitelné hospodaření pro lesy (Johnson a kol. 2007). NED (North East Decision Model) byl, jak anglický název napovídá, původně navržen pouze pro

severovýchodní část USA, ale postupně byl rozšířen i pro jih a středozápad této země (Twery a kol. 2005). NED využívá originální systém pro návrh předpisu k zachycení hospodářských cílů, analyzování současného stavu lesa, doporučení alternativ hospodaření a predikci budoucích podmínek. Klíčové výstupy zahrnují jeden nebo všech pět zdrojů: vizuální kvalitu lesa, život divoké zvěře, vodu, produkci dřeva a všeobecné ekologické cíle (Johnson a kol. 2007). Všechny existující verze NED jsou schopny manuálního napojení na některé vizualizační programy. Je možné ho použít pro strategické, taktické i operativní plánování (Twery a kol. 2005).

3.3.9.4.3 FVS

FVS (Forest Vegetation simulator) je modelový systém růstu a výtěžnosti, který je využíván pro předpověď vývoje porostů s i bez různých disturbancí (Cawrse a kol. 2009). K používání je potřeba znát detailní data o jednotlivých stromech (Johnson a kol. 2007). Existují různé varianty kalibrované pro většinu geografických oblastí USA (Cawrse a kol. 2009). Analytické nástroje systému jsou založeny na vědeckých znalostech z desetiletých výzkumu přírodních zdrojů. FVS umí simulovat velké množství pěstebních zásahů (Johnson a kol. 2007). Systém lze použít pro strategické a taktické plánování. Systém zvládá analyzovat několik podmínek sousednosti a velikost jednotlivých sečí. Pro řešení dalších prostorových problémů musí být výstup otevřen v nějakém jiném programu, což je běžné (Cawrse a kol. 2009).

3.3.9.4.4 Woodstock

Jedná se o komponent RSPS (Remsoft spatial planning system), který je klíčový, protože jsou na něm postaveny další komponenty. Woodstock je komerční software vhodný pro dlouhodobé lesnické plánování. Zahrnuje čtyři separátní komponenty, které se spolu pomáhají lesním hospodářům při strategickém plánování, přičemž vzniklé plány jsou poté proveditelné takticky i operativně (Holsapple, Burstein 2008a). Tento kanadský systém funguje na operačních systémech Windows a slouží pro tvorbu modelů ekosystémů, plánování těžeb a hospodaření s vegetací (Mowrer a kol. 1997). Může být použit pro udržitelné hospodaření s dřevními zásobami, biodiverzitu, řízení povodí, dodržení podmínek certifikace lesů a ekonomické

efektivnosti. Vymodelovaná řešení jsou získána simulací, optimalizací nebo kombinací obojího. Další komponent RSPS Stanley slouží k plánování těžebních celků, je možné nastavit jejich maximální a minimální velikost (Holsapple, Burstein 2008a). Woodstock je relativně flexibilní co se týče použití v jiných zeměpisných polohách (Mowrer a kol. 1997).

3.3.9.4.5 Heureka

Heureka je příkladem multikriteriálního DSS, který byl vytvořen ve Švédsku. Její tři hlavní aplikace jsou tvořeny interaktivním simulátorem porostů, nástrojem pro dlouhodobé lesnické plánování (strategické a taktické) s optimalizačním modulem a simulátorem pro regionální analýzu. Dále obsahuje nástroj PlanEval, který slouží pro multikriteriální tvorbu rozhodování. Systém se dokáže úspěšně zabývat ekonomickými hodnotami, výchovnými zásahy, těžbou, produkcí dříví, biodiverzitou, obnovou a ukládáním uhlíku. Dále je možné tvořit předpovědi pod vlivem rozdílných klimatických vlivů. V systému jsou zabudovány i funkce pro dodržování podmínek sousednosti a maximální velikosti holých sečí. Navíc systém zahrnuje velké množství podpůrných aplikací pro nahrávání dat z různých zdrojů, včetně dat z laserového skenování a jiných dat z dálkového průzkumu země. Heureka je ideální platformou pro studium vícekritériálního rozhodování, dokonce se zahrnutím většího počtu uživatelů tvořících rozhodnutí do rozhodovacího procesu (Wikström a kol. 2011).

3.3.9.4.6 ESC

ESC (Ecological Site Classification) je příkladem softwaru, který je dostupný přes webový prohlížeč. Používá se ve Velké Británii pro určování kvality stanovišť, aby tak pomohl uspokojit lesním hospodářům jejich hospodářské cíle. ESC bere v úvahu klimatická a edafická data ke zhodnocení kvality stanoviště. Klasifikace se poté používá k předpovědi ekologické vhodnosti komerčních, okrasných a autochtonních druhů dřevin pro dané stanoviště. ESC dokáže podporovat i jiné druhy rozhodování oblasti hospodaření s lesy. Jedná se například o pěstování lesů, dlouhodobou retenční schopnost stanoviště a aplikaci hnojiv (Ray a kol. 1998).

4 Metodika

4.1 Základní údaje o území vybraném pro testování

4.1.1 Přírodní lesní oblast

Vybrané území se nachází v přírodní lesní oblasti 06 - Západočeská pahorkatina. Celé území PLO 06 se nachází v západočeském regionu. Pro podmínky v PLO 06 obecně platí charakteristiky jako poměrný nedostatek vláhy spolu s převážně chudším půdním substrátem, což nevytváří nejpříznivější podmínky pro růst a produkci lesních dřevin (textová část OPRL PLO 06). Průměrná roční teplota vzduchu je zde 7 – 7,8 stupňů °C a průměrný roční úhrn srážek činí 560 - 600 mm. Převládá zde 3. a 4. lesní vegetační stupeň, tj. dubobukový a bukový (textová část LHP).

Co se týče geomorfologických poměrů v oblasti, jedná se zejména o pahorkatiny s přechody do vrchovin. Území spadá do geomorfologické provincie Česká vysočina, soustavy Poberounské, podsoustavy Plzeňská pahorkatina a celku Rokycanská pahorkatina. Ta je členitou pahorkatinou v povodí řeky Klabavy, její střední výška je 410 m n. m., je tvořena převážně ordovickými, proterozoickými a kambrickými horninami (textová část OPRL PLO 06).

4.1.2 LHC

Území, které bylo vybráno pro testování je majetkem města Rokycan. Nachází se v LHC Lesy města Rokycan I, což je první ze dvou LHC, které spadají do majetku města. Na lesním majetku města hospodaří Lesy města Rokycan s.r.o. Celková plocha LHC Lesy města Rokycan I činí 1868,09 ha. Území LHC spadá do dvou PLO: PLO 06 - Západočeská pahorkatina a PLO 07 - Brdská vrchovina. Celé LHC regionálně náleží k Plzeňskému kraji, majetek v něm je soustředěn ve čtyřech nesouvislých porostech, které tvoří jednotlivá polesí.

4.1.3 Polesí

Území pro testování se nachází v polesí Vršiček. Celé toto polesí patří pouze do PLO 06 - Západočeská pahorkatina. Rozkládá se ve dvou okresech (Rokycany

a Plzeň-město) na třech katastrálních územích, těmi jsou Litohlavy, Klabava a Dýšina. Celkovou rozlohu polesí tvoří 184,01 ha, z čehož 178,37 ha je porostní půda. Průměrné obmýetí v polesí je 115,66 let a průměrná obnovní doba činí 24,51 let. Nejzastoupenějšími dřevinami v polesí jsou smrk, borovice, dub a modřín, jejich stručné charakteristiky jsou uvedeny v tabulce č. 1 (textová část LHP).

Tabulka č. 1: Vybrané charakteristiky z LHP pro 4 nejzastoupenější dřeviny v polesí Vršíček.

DŘEVINA	PRŮMĚRNÁ AVB	ZÁSOBA [%]	PLOCHA [%]
SM	24,28	43,63	33,47
BO	23,92	40,65	44,74
DB	22,89	4,36	7,86
MD	25,95	4,20	3,82

4.1.4 Vybrané území

Pro účely otestování nástroje pro podporu rozhodování bylo nutné vybrat část reálného LHC o minimální výměře 100 ha. Ideálně odlehlou od ostatních částí a neobklopenou lesem, aby mohla být analýza práce s nástrojem provedena reálněji, jen s využitím dat o této části, zejména s ohledem na pravidla sousednosti u holosečí a náseků.

Nakonec byla vybrána oddělení 15, 16 a 17 z LHC Lesy města Rokycan I. Vybrané území tvoří větší ze dvou částí polesí Vršíček, zabírá porostní plochu o výměře 143,07 ha, tvoří ho relativně souvislé území, kromě malé části zhruba 1 km jižně o rozloze 1,78 ha. Zvolená část LHC sousedí s lesem (jedná se o lesy jiných majitelů) na méně než jedné třetině svého obvodu, což z ní dělá ideální volbu o potřebné velikosti v tomto LHC pro účely testování. Na území jsou jako hospodářské způsoby uplatňovány zejména holoseče a náseky.

Na vybraném území je průměrné obmýetí 113,91 let a průměrná obnovní doba 24,68 let. Podle údajů z LHP je zde zastoupen pouze 2. lesní vegetační stupeň, tj. bukodubový. Převládajícím hospodářským souborem je HS 23. Z celkových 143,07 ha porostní půdy bylo vybráno 33,04 ha jako mýtní pro následující 3

decennia. Ve výběru byla ponechána jedna porostní skupina, která v průběhu následujících 3 decenníí mýtního věku nedosáhne (převládající dřevina = LP; věk = 81 let; obmýti = 140 let; obnovní doba = 40 let). Byla zahrnuta pro demonstraci schopnosti programu napravit případnou podobnou lidskou chybu. V oddělení 17 dílci B nebyly naplánovány žádné mýtní těžby, i když se zde nachází porostní skupiny v mýtním věku, protože se jedná o les zvláštního určení se zvýšenou funkcí půdoochrannou, viz pracovní mapa v přílohách č. 2, 3 a 4. Průměrná zásoba ve vybraných mýtních porostech činí 383 m³/ha, průměrné obmýti 109,45 let a průměrná obnovní doba 21,37 let. Převládajícími dřevinami v těchto porostech jsou: borovice (porostní plocha: 22,53 ha, průměrná AVB = 24,7), smrk (porostní plocha: 15,16 ha, průměrná AVB = 23,5).

4.2 DSS Optimal

DSS Optimal je rozšíření geografického informačního systému ArcGIS, vyvinutého pro podporu plánování mýtních těžeb za použití holosečného, násečného a podrovního hospodářského způsobu ve střední Evropě. Optimal je nástroj nápomocný při prostorovém a časovém rozhodování ohledně plánování mýtních těžeb. Předmýtní těžby pomocí něj plánovat nelze. Je užitečný pro taktické plánování. Jeho cílovou funkcí je maximalizace vytěženého objemu dříví, nebo čisté současné hodnoty z těžeb plynoucí. Optimal je jedno-cílový DSS určený pro jediného člověka tvořícího rozhodnutí. Zahrnuje všechny hlavní komponenty, které by DSS měl mít. Má databázový řídicí systém, je možné použít všechny databáze podporované softwarem ArcGIS. Dále zahrnuje modely, jako jsou: růstový model založený na růstových tabulkách pro hlavní dřeviny ČR, optimalizační model používaný pro prostorové plánování těžeb a další. Program také obsahuje omezení sousedností sečí a zábrany ovlivňující plynulost těžeb během plánované období. Optimal se dá rozdělit do dvou částí. První část funguje plně v prostředí ArcGIS, některé funkce, které Optimal používá jsou z původního softwaru, jiné byly přidány. Po instalaci je Optimal v prostředí ArcGis zobrazen jako nástrojová lišta. Druhá část tvoří optimalizační balíček Gurobi, který je použit jako tzv. solver pro optimalizační model (Marušák a kol. 2015).

4.3 Popis práce s DSS Optimal

4.3.1 Příprava dat pro samotné testování

Pomocí rozšiřujícího pluginu jiného softwaru GIS (konkrétně QGIS) byla konvertována data LHP z formátu XML do prostředí QGIS, kde se data uložila do separátních vrstev a tabulek. Některé tyto tabulky a vrstvy se pomocí funkcí softwaru QGIS sjednotily do jedné hlavní vrstvy obsahující prostorová a kvalitativní data o porostech. Ta byla následně uložena ve formátu SHP, aby s ní mohlo být následně pracováno v prostředí ArcGis.

Z výsledné vrstvy byla odstraněna všechna oddělení kromě oddělení 15, 16 a 17. Bohužel nebylo možné zachovat, kvůli relativní jednoduchosti zvoleného DSS, všechna reálná data o porostech, a tak musela být data pro účely testování zjednodušena. V příslušných sloupcích atributových tabulek mohla být uvedena vždy jen jedna dřevina k jednomu porostu, respektive polygonu, protože každý je reprezentován pouze jediným řádkem. Jako dřevina byla vždy zvolena dřevina převládající, stejně tak to bylo i s AVB, která byla uvedena také pouze pro ni. Poslední zjednodušení se týká zásoby v porostů, ta sice odpovídá datům z LHP, ale je sloučena vždy k převládající dřevině tak, že její zásobu nadhodnocuje.

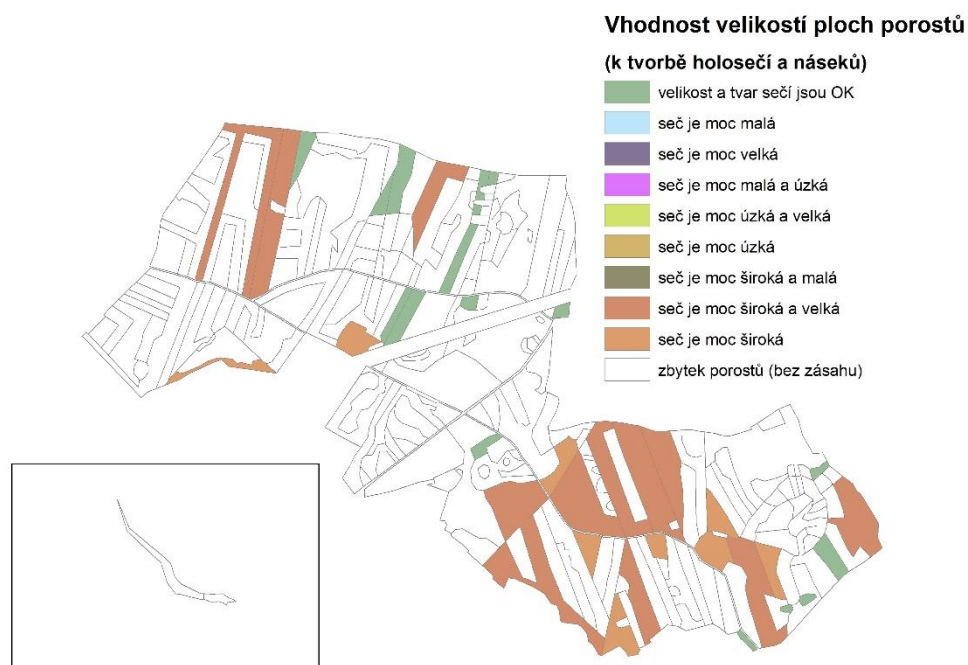
Aby bylo rozdělení porostů na těžební prvky smysluplné, bylo třeba je naplánovat přímo v porostech a ne tzv. od stolu. Pro lepší orientaci v porostech byla vytvořena pomocí funkcí GIS zjednodušená porostní mapa, viz příloha č. 1. Dále bylo nutné vytvořit pracovní mapu v měřítku 1 : 5000, do které by plánování v terénu mohlo být zaznamenáváno, viz přílohy č. 2, 3 a 4. Pracovní mapa byla vytvořena nejen z transformovaných dat z LHP, ale také z mapových vrstev zapůjčených z Českého úřadu zeměměřického a katastrálního.

Pro účely testování DSS bylo nutné určit, které porostní skupiny v mýtním věku by mohly být těženy v následujících třech decenniích, určit hospodářský způsob, který by na nich měl být uplatněn a následně je rozdělit do jednotlivých sečí, pokud to bylo třeba. Co se týče prvního decennia byly tyto informace převzaty z LHP. Tento LHP má platnost od 1. 1. 2016, jelikož práce na bakalářské práci začala začátkem roku 2017, uvažuje se v ní začátek roku 2016 jako počátek pro plánování na další 3 decennia. Plánování na druhé a třetí decennium bylo provedeno

v terénu, zaznamenáno do pracovní mapy a následně konzultováno se zástupcem společnosti Lesy města Rokycan s.r.o.

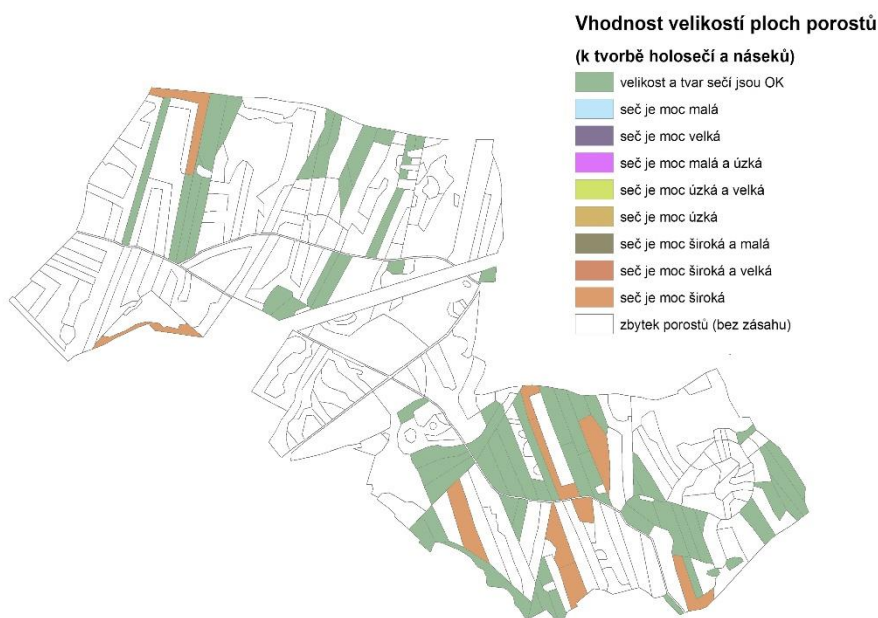
4.3.2 Testování a práce s DSS Optimal

Nejprve bylo třeba načíst zjednodušená data z LHP o vybraném území ve formátu SHP do prostředí ArcGIS. Poté byly z dat odstraněny ty porostní skupiny, které nebyly zvoleny jako potenciálně mýtní v průběhu následujících tří decenníí, pro zkrácení doby výpočtů a větší přehlednost. Nejprve bylo třeba nastavit v Optimalu základní parametry pro plánování sečí a přiřadit cestu k příslušným sloupcům v atributové tabulce ve vrstvě vybraného území, které obsahují zásadní informace pro další výpočty (zásoba/ha, dřevina, AVB, věk, obmýtí a obnovní doba). Jako omezující parametry sečí byla zvolena maximální velikost plochy 1 ha a maximální šířka sečí 50 m. Plochy zvolených porostů byly poté programem automaticky zbarveny podle toho, jak odpovídají zadaným parametrům, viz obr. č. 1.



Obr. č. 1: Plochy porostů vzhledem k zadaným parametrům o velikostech sečí.

Tyto porostní plochy byly poté rozděleny podle poznámek z pracovní mapy, viz přílohy č. 2, 3 a 4, pomocí nástroje pro dělení polygonů, tak aby odpovídaly zvoleným parametrům a všechny editace byly uloženy. Konečné rozdělení porostů na jednotlivé seče je možné vidět na obr. č. 2. Některé seče zůstaly programem vnímány jako příliš široké. Tomu tak je ze dvou důvodů. V prvním případě jde o to, že se maximální šířka sečí nastavuje globálně v metrech pro všechna území jednotně. V praxi tedy je vzhledem ke skutečné výšce porostu vše v pořádku. V druhém případě jde o netypický tvar sečí, zejména ve tvaru písmena L. V praxi lze tyto seče plánovat, program je však kvůli povaze způsobu výpočtu maximální šířky obnovního prvku hodnotí jako nevhodné.



Obr. č. 2 Plochy porostů vzhledem k zadaným parametrům o velikostech sečí po rozdělení.

Nakonec byly nastaveny parametry výpočtů. Při nastavování se rozhoduje především o zahrnutí jednotlivých modelů, dále pak o cíli optimalizace (zásoba nebo čistá současná hodnota.) Číselně lze nastavit vzdálenosti sousedních sečí, úrokovou sazbu, počet a délku plánovacích period, dovolené procento plynulosti těžeb a plochu bez těžebních zásahů. Číselné hodnoty zisků, které plynou z jednotlivých dřevin byly změněny v atributové tabulce. Celkem bylo testování DSS Optimal na vybraném území provedeno čtyřikrát s rozdílnými parametry.

Rozdíl v parametrech jednotlivých testů je možné vidět v tabulce č. 2. Z výsledků optimalizace těžeb a ČSH byly pro lepší přehlednost zhotoveny grafy.

Tabulka č. 2: Přehled parametrů pro výpočet zahrnutých v jednotlivých testech

zahrnuté parametry:	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
maximální vzdálenost souseda	25 m	25 m	25 m	25 m
model plynulosti těžeb	ano	ano	ano	ano
model sousednosti	ano	ano	ano	ano
cíl optimalizace	zásoba	ČSH	zásoba	ČSH
úroková sazba	3 %	3 %	3 %	3 %
počet plánovacích period	3	3	3	3
délka plánovací periody	10 let	10 let	10 let	10 let
povolené procento plynulosti	10 %	10 %	10 %	10 %
minimální plocha bez zásahu	0 m ²	0 m ²	0 m ²	0 m ²
zisk BO/m³	1000 Kč	1000 Kč	1500 Kč	1500 Kč
zisk SM/m³	1000 Kč	1000 Kč	1800 Kč	1800 Kč
náklady/m³	700 Kč	700 Kč	700 Kč	7000 Kč

5 Výsledky

5.1 Výsledky testování DSS Optimal

Výsledky optimalizace jsou uvedeny v tabulce č. 3 a 4 a v grafech č. 2 a 3. Výsledné prostorové znázornění mýtních těžeb v průběhu tří decenníí z provedených testů se nachází v přílohách 5, 6, 7 a 8.

Při porovnání prostorového rozdělení těžeb v jednotlivých testech je patrné, že ve všech plánovaných scénářích zůstává netěženo stále 6 stejných ploch. V případě jediného území, kde je převládající dřevina lípa (červeně zakroužkováno v příloze č. 9), je tomu tak proto, že program dokázal z věku, obmýti a obnoví doby určit, že tato prostní skupina v průběhu následujících tří decenníí ještě nedosáhne mýtního věku. Zbylých 5 ploch není vhodných k těžbě kvůli jejich prostorovému umístění a pravidlům sousednosti v souvislosti s maximalizací těžeb. Díky tomu, že program při tomto plánování uvažoval o domýcení nad nárstem jako o holosecích nebo násecích, platila pro ně při plánování programem stejná pravidla sousedností, i když v praxi tomu tak není a jejich těžba by mohla být naplánována efektivněji. Konkrétní příklady, viz příloha č. 9. Další nevýhodou je, že díky výběru pouze mýtních porostů pro vstup do testování, program nemůže brát v úvahu žádné informace o ostatních porostech, zejména o holinách. Je tedy možné, že v prvním decenniu bude některá seč plánována vedle holiny, viz příloha č. 9. V praxi by se tak muselo čekat na zajištění této holiny.

Z výsledků testů 1 a 3 je patrné, že rozdílné zisky plynoucí z různých dřevin nemají vliv na prostorové rozložení těžeb, tím pádem ani na jejich objem. Výrazný vliv však lze pozorovat u plynulosti ČSH v jednotlivých decenníích. U testu 1 tvoří rozdíl mezi ČSH v 1. a 3. decenniu pouhých cca 5 % z průměru ČSH za tyto 3 decennia, u testu 3 je to už 31 %. Dále je patrné, že těžby v průběhu decenníí stoupají v mezích maximálně povoleného procenta plynulosti. Program se tím snaží dosáhnout co největší maximalizace vytěžené zásoby, kdyby nebyla omezení plynulosti těžeb zahrnuta, byla by všechna těžba naplánována do 3. decennia.

Z výsledků testu 2 je patrné, že aby byla maximalizována ČSH, program se snaží naplánovat co nejvíce těžeb do 1. decennia, ale aby dodržel parametry vyrovnanosti, musí díky povaze výpočtu ČSH následně v 3. decenniu zahrnout

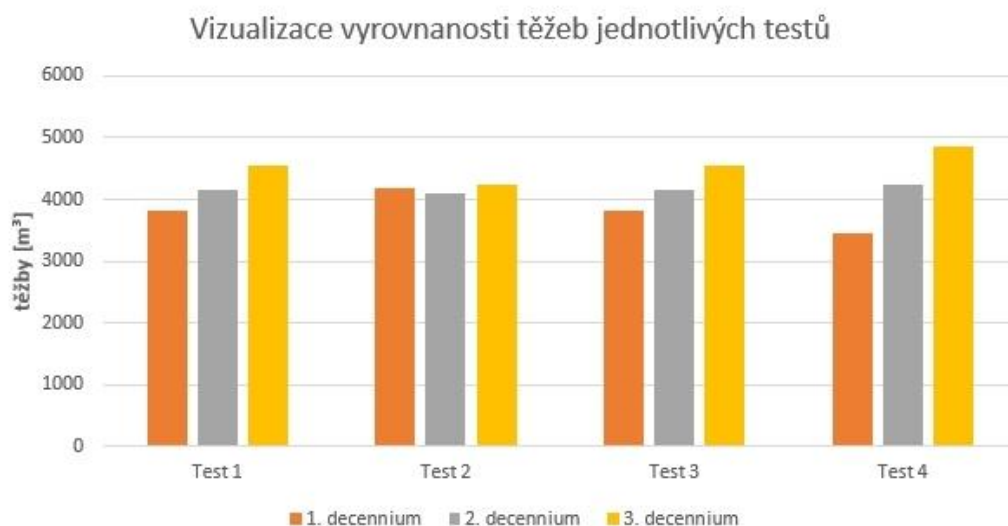
největší množství těžeb, tento trend by pokračoval i kdyby bylo plánováno na více decenníí. V rámci plánování pouze na 3 decennia má test 2 nejvíce plynulé těžby.

V testu 4 je ČSH v průběhu decenníí relativně plynulá. Těžby naopak v průběhu decenníí vykazují nejmenší plynulost ze všech provedených testů. To je způsobeno rozdílnými zisky z různých dřevin, stejné množství dříví odlišných dřevin neodpovídá stejnému množství zisků z něj plynoucích.

Výsledné hodnoty ČSH prvních dvou testů se nedají porovnat s výslednými hodnotami z druhých dvou testů, kvůli nastavení rozdílného zisku z dřevin. Dá se diskutovat pouze o vyrovnanosti ČSH během jednotlivých decenníí.

Tabulka č. 3: Výsledky optimalizace pro jednotlivé testy v m³

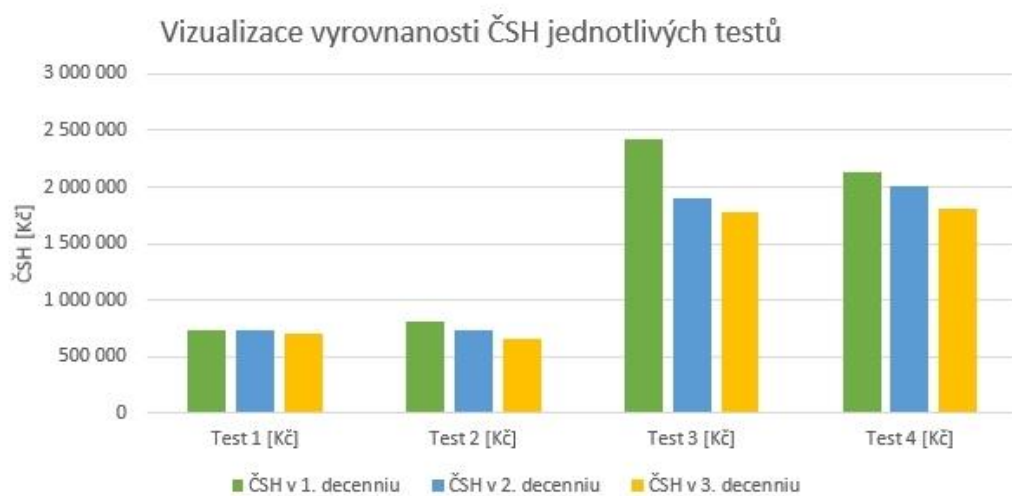
	Test 1 těžby [m ³]	Test 2 těžby [m ³]	Test 3 těžby [m ³]	Test 4 těžby [m ³]
1. decennium	3829	4170	3829	3459
2. decennium	4154	4096	4154	4240
3. decennium	4553	4242	4553	4845
celkem	12537	12509	12537	12545



Graf č. 2: Výsledky optimalizace pro jednotlivé testy v m³

Tabulka č. 4: Výsledky optimalizace pro jednotlivé testy v Kč

	Test 1 [Kč]	Test 2 [Kč]	Test 3 [Kč]	Test 4 [Kč]
ČSH v 1. decenniu	737 308	803 017	2 419 011	2 127 655
ČSH v 2. decenniu	734 214	723 931	1 900 768	2 014 277
ČSH v 3. decenniu	700 706	652 859	1 782 595	1 814 989
ČSH celkem	2 172 229	2 179 807	6 102 375	6 066 922
zisk v 1. decenniu	3 768 573	4 098 075	6 345 994	5 810 588
náklady v 1. decenniu	2 637 998	2 868 649	2 637 998	2 382 146



Graf č. 3: Výsledky optimalizace pro jednotlivé testy v m³

6 Diskuze

6.1 Testování DSS Optimal na reálné části LHC

Na to, že na vybraném území byly plánovány obnovy pouze pomocí holosečného a násečného hospodářského způsobu, by mohlo být nahlíženo negativně, vzhledem k tomu, že podrovní hospodářský způsob nebyl v tomto testování použit a v praxi je běžně aplikován.

V případě použití podrovního hospodářského způsobu je výsledná celková těžba vyšší. Pro podrovní hospodářský způsob totiž neplatí prostorové zákonitosti týkající se přiřazování sečí (Marušák, Kašpar 2015).

Použití holosečí a náseků bylo zvoleno vzhledem dřevinné skladbě, charakteru porostů a doporučením z LHP. Část plánování těžeb týkající se rozdělení sečí a zvolených hospodářských způsobů byla konzultována se zástupcem společnosti Lesy města Rokycan s.r.o., proto lze říci, že testování bylo provedeno v reálných podmínkách. Použití podrovního hospodářského způsobu by navíc bylo ještě méně reálné vzhledem k zjednodušenosti vstupních dat.

Užití podrovního hospodářského způsobu má vliv na maximalizaci těžeb, navíc vzhledem k tomu, že se k němu neváží žádná prostorová zákonná omezení, může s ní být lépe plánováno pro zajištění plynulosti a vyrovnanosti těžeb. Volba hospodářského způsobu však není předmětem optimalizace a nelze ji ani snadno automatizovat.

Plynulost a vyrovnanost je jednou z nejdůležitějších podmínek pro plánování těžeb. Dong a kol. řadí plynulost vyrovnanost těžeb mezi tři hlavní ukazatele pro vývoj lesnických plánů. V jejich výzkumu bylo plánováno také na 3 decennia, pro 4 hypotetické porosty s různým zastoupením věkových tříd. Výsledné těžby byly také plánovány s povoleným procentem plynulosti těžeb 10 %. Všechny plánované těžby vykazovaly trend neklesajících vyrovnaných těžeb, které se postupně mírně zvyšovaly v průběhu decenií (Dong a kol. 2015). Stejný trend mohl být pozorován i u testů s DSS Optimal, ve kterých byly maximalizovány těžby.

Mezi případy, kdy je maximalizována těžba a čistá současná hodnota, nejsou patrné zásadní rozdíly (pokud jsou zahrnuty jednotné ceny pro všechny dřeviny)

(Marušák, Kašpar 2015). Z testování DSS Optimal provedeného v této bakalářské práci lze vyvodit stejný závěr.

Jelikož se u testu 3 nijak nezměnily plánované těžby vzhledem k testu 1 (rozdíl mezi testy byl pouze v ziscích plynoucích z odlišných dřevin), je pravděpodobné, že by v praxi při různých ziscích plynoucích z rozdílných dřevin mohly být zisky z jednotlivých decenníů často velmi nevyrovnané. Stejně tak výsledek, že celková ČSH u testu 3 je větší než u testu 4 může být náhodný, vzhledem k tomu, že rozmístění těžeb se nezměnilo oproti testu 1, jen byly přepočítány zisky plynoucí z provedených těžeb. Statisticky by se ale tyto rozdíly s rostoucí velikostí majetku, pro který je plánováno mohly zmenšovat, pokud na něm platí podobné přírodní podmínky.

V rámci plánování pouze na 3 decennia měl test 2 nejvíce plynulé těžby. V praxi je však situace, kde by ze všech dřevin plynuly stejné zisky, silně nereálná, pokud by nešlo pouze o monokultury, ale ani u nich to nemusí být pravidlem.

Se zvyšujícím se maximálním procentem plynulosti se celková vytěžená zásoba také zvyšuje (Marušák a kol. 2015, Vopěnka a kol. 2015). Nicméně toto zvyšování začíná kolem hranice 25 % stagnovat a dále roste jen velmi málo (Marušák a kol. 2015). Volba mezi perfektní plynulostí těžeb a maximální vytěženou zásobou zůstává na rozhodnutí a cílech lesního hospodáře, majitele, nebo jiného subjektu tvořícího plán.

U testu 4 vyšla ČSH v průběhu 3 decenníů relativně plynulá. Těžby naopak během těchto period vykazovaly největší rozrůzněnost. To je způsobeno rozdílnými zisky z jednotlivých dřevin. To sice odrazuje od použití pro strategické a taktické plánování vyrovnaných těžeb, ale mohlo by být nápomocno při operativním plánování v průběhu jednoho decennia, aby zajistilo vlastníkovu co nejplynulejší příjmy z těžeb. Pro tento účel by bylo vhodné do programu zahrnout i možnost optimalizace zisků nebo alespoň jejich zobrazení, a to nejen pro jedno, ale pro všechna plánovaná decennia.

Nespornou výhodou pro vlastníka by měl být i fakt, že může vyzkoušet mnoho variant nastavení optimalizace. Na základě srovnání výsledných variant pak vybere řešení, které je nejvíce v souladu s jeho cíli. Výpočet totiž probíhá jen v řádech několika minut. Rychlost výpočtů by mohla být nápomocna zejména

v případě přizpůsobení etátu mýtních úmyslných těžeb k množství těžeb nahodilých, tak aby byla dodržena maximální výše mýtních těžeb daná platnými těžebními ukazateli. V takovém případě by se hodilo, aby v použitém DSS mohla být nastavena maximální hodnota těžeb, která by odpovídala rozdílu maximální výše těžeb a výše těžeb nahodilých.

O všech testech se dá říci, že v nich naplánované těžby byly relativně vyrovnaně rozvrhnuty do jednotlivých decenií a vzhledem k podmínkám sousednosti maximalizovány. Výhled těžeb z textové části LHP pro LHC Lesy města Rokycan I se sice nedá přímo srovnat výsledky výhledů těžeb z této práce (v této práci bylo plánováno jen pro jeho malou část), ale jelikož z něj vyplývá, že celkové těžby v LHC během následujících 3 decenií klesnou téměř o 25%, dá se uvažovat o tom, že pokud by mohlo být plánování těžeb na tyto 3 decennia provedeno a optimalizováno pomocí DSS a vhodného procenta plynulosti, bylo by to pro vlastníka přínosem. V prvním decenniu by těžba sice o něco klesla, ale v konečném důsledku by vyrovnanost těžeb měla být pro udržitelné hospodaření výhodnější.

Na druhou stranu DSS Optimal zatím není dostatečně vyvinutý na to, aby mohl nahradit stávající těžební ukazatele. Během testování byly evidentní dva zásadní problémy. 1) Chybí mu jednoduchý způsob importování dat (ideálně z digitálního formátu LHP). 2) Nelze v něm plánovat pro smíšené porosty (zvládá pouze 1 dřevinu). Při rozdělování porostů na jednotlivé seče by bylo výhodou, kdyby program dokázal pracovat rovnou s výškami konkrétních porostních skupin místo globálního nastavení jedné porostní výšky pro všechny porosty. Program také nevyužívá možnosti plánovat dvě holoseče nebo náseky vedle sebe během jednoho decennia po zajištění první vzniklé holiny, což mírně ubírá na maximalizaci těžeb.

Při dělení porostů na jednotlivé seče mohou v porostech, které nejsou po celé své ploše stejnorodé, vznikat nepřesnosti v informacích v atributové tabulce vzniklých sečí. Kvalitativní data jsou totiž pouze převzata z původních celých porostů a kvantitativní přepočítána pro jinou plochu.

Výraznou výhodou se naopak zdá posuzování prostorových možností mýtních těžeb v porostu.

Těžební procento neumožňuje prostorovou distribuci těžebních prvků v průběhu plánovacího horizontu. Volba prostorového umístění je proto subjektivně rozdělena člověkem, který není schopen těžby optimalizovat tak dobře jako systém (Marušák, Kašpar 2015).

V prostorovém rozdělení sečí z výsledků testů v průběhu decenií však nehrají žádnou roli převládající větry. Pro případné použití by výsledky musely být ještě kvalifikovanou osobou posouzeny a případně mírně pozměněny. Nebo by se rozmístění sečí s ohledem na převládající směry větrů také mohlo zakomponovat do DSS.

Zásadním poznatkem je i to, že plánování pomocí DSS může být jen tak dobré, jak kvalitní jsou data, které pro své rozhodování používá. Data nemusí býti naprosto přesná, důležité je však vědět, jak přesná jsou a jestli tato přesnost pro účely plánování dostačuje. Například při plánování vyrovnaných těžeb nemusí tolik vadit systematické nadhodnocování nebo podhodnocování dat, těžby plánované pomocí takto nepřesných dat budou sice vykazovat nepřesné hodnoty těžeb v jednotlivých deceniích, nicméně na jejich plynulost by to nemělo mít zásadní vliv.

DSS mohou pomoci s uvážením detailních a komplexních informací a vztahů, dále mohou vyzdvihnout na první pohled ne úplně evidentní výsledky. Výhodou je i možnost zopakovat rozhodnutí i po určité době dokonce jiným uživatelem. DSS mohou přispět i k organizaci informací, a tudíž i k definování informací chybějících. Naopak výraznými nevýhodami, které mohou DSS přinést jsou: omezení kreativního myšlení a vzniklá iluze jistoty a vědění. Je nutné brát na vědomí, že každý model v sobě zahrnuje různé předpoklady a omezení (Johnson a kol. 2007).

Výsledky optimalizace by proto neměly být brány jako konečné rozhodnutí. DSS by měly v tvorbě konečného rozhodnutí uživateli být pouze nápomocny a poskytnout mu řadu alternativ k výběru, posouzení a případnému pozměnění v případě vlivu faktoru, který používaný DSS není schopen posoudit. Případná účast uživatele na procesu rozhodování přispívá ke zlepšení tvorby rozhodování. To platí ještě více, pokud je do procesu zahrnuto dokonce více uživatelů.

6.2 Možnosti využití zahraničních DSS v ČR

Velmi častou překážkou pro využití DSS v jiném regionu, než pro který byly navrženy, je jejich kalibrace pro tamější dřeviny a stanoviště. Pro jejich případné využití jinde by bylo nutné je překalibrovat. U DSS z rozdílných států hraje roli také důraz, který je v těchto státech kladen na funkce lesa. Ty často odpovídají lesnatosti států, například ve Velké Británii nehraje produkční funkce lesa takovou roli jako ve Skandinávii.

V jiných zemích se často plánuje pro daleko větší a souvislejší území než v ČR, to představuje problém zejména pro případné plánování těžeb pomocí zahraničních DSS.

Zákonná omezení dělají modely pro plánování těžeb výpočetně velmi složité k vyřešení, dokonce i pro relativně malé lesní celky (Vopěnka a kol. 2015). Zahraniční DSS mají většinou nastavitelné pouze maximální a minimální velikosti sečí, proto nemohou být tyto DSS v ČR využity. Musely by podporovat editaci obnovních prvků a obsahovat modely, které by zajistily, aby byla dodržena prostorová omezení těžeb.

Žádné systémy pro podporu rozhodování užívané ve světě zatím nezahrnují nástroje pro editaci těžebních prvků tak, aby byly v souladu se zákony platnými v ČR (Marušák a kol. 2015). Lepším řešením se proto zdá být vývoj DSS určených přímo pro podmínky ČR. Prvním příkladem takového DSS je právě Optimal.

Optimal dovoluje editaci těžebních celků a kontrolu jejich přísných prostorových omezeních, je ho proto možné využít nejen v České republice, ale i v některých dalších zemích střední Evropy, kde platí podobné limity omezující těžby (Marušák a kol. 2015). I tento systém má však zatím spoustu nedostatků, a tak by bylo třeba ho pro případné použití v praxi dále vyvíjet. Jeho pořizovací náklady jsou navíc značné, díky nutnosti zakoupení licence pro komerční software ArcGIS. Jinou možností je vytvoření dalšího DSS, který už by byl vhodný pro použití v podmínkách ČR a splňoval by náležitosti pro všestranné praktické využití. Navíc by z hlediska snížení nákladů mohl využívat některý z volně distribuovaných GIS.

7 Závěr

Práce se zabývala otestováním konkrétního DSS na části reálného LHC. Dále pak možnostmi využití použitého DSS, případně jiných zahraničních DSS v oblasti lesnictví (zejména pro plánování těžeb) v ČR.

Po zhodnocení výsledků je možné konstatovat, že testovaný DSS zatím není dostatečně vyvinut a připraven pro řešení všech problémů plánování těžeb ve smíšených porostech. Naopak při jeho aplikaci v monokulturách se již využití DSS jeví jako vhodnější než stávající metody plánování těžeb.

Využití zahraničních DSS by bylo možné pouze v případě jejich vylepšení a překalibrování pro podmínky ČR.

Ve vývoji DSS vhodných pro podmínky lesního hospodaření v ČR by se rozhodně mělo pokračovat. Dobré by bylo směřovat vývoj tak, aby nebylo třeba využívat komerčních softwarů, což by snížilo jejich pořizující náklady a zvýšilo tak jejich finanční dostupnost. DSS by mohly být použity i pro plánování předmýtních těžeb. Relativně jednoduché by mělo být plošné plánování zásahů pro celé porosty, které by mohlo být definováno podle cílů vlastníka (co maximalizovat). Použití takového způsobu plánování předmýtních těžeb by však bylo vhodné pouze pro monokultury. U nově vyvíjených DSS by bylo vhodné zahrnout lepší a jednodušší způsob importování dat (ideálně přímo z digitálního formátu LHP). To by systému navíc zpřístupnilo cestu k daleko většímu množství informací o porostech, které by mohl využívat. Příkladem může být využití porostních výšek jednotlivých porostních skupin při kontrole velikosti vytvořených sečí.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

1. ACOSTA M.; CORRAL S. Multicriteria Decision Analysis and Participatory Decision Support Systems in Forest Management *Forests* [online]. 2017, vol. 8, no 4 [cit. 2018-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.mdpi.com/1999-4907/8/4/116>>. ISSN 199-4907.
2. ATHANASIADIS A.; ZACHAROULA A. DSS applications in forest policy and management: Analysis of current trends. *CEUR Workshop Proceedings* [online]. 2011, vol. 1152 [cit. 2018-03-09]. Dostupné z WWW: <<http://ceur-ws.org/Vol-1152/paper48.pdf>>. ISSN 1613-0073.
3. BRUIN J.; HOOGSTRA-KLEIN M.; MOHREN G.; ARTS B. Complexity of Forest Management: Exploring Perceptions of Dutch Forest Managers. *Forests* [online]. 2015, vol. 6, no 9 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.mdpi.com/1999-4907/6/9/3237>>. ISSN 199-4907.
4. CAWRSE D.; KEYSER C.; KEYSER T.; MEADOR A.; SMITH-MATEJA E.; DYCK M. Forest Vegetation Simulator Model Validation Protocols. *US Forest Service* [online]. 2009-01-12 [cit. 2018-03-18]. Dostupné z WWW: <https://www.fs.fed.us/fmsc/ftp/fvs/docs/steering/FVS_Model_Validation_Protocols.pdf>.
5. Česko. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 84 ze dne 18. března 1996, o lesním hospodářském plánování. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1996, částka 28, s. 971. Dostupné také z WWW: <<http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/legislativa/legislativa-cr/lesnictvi/chronologicky-prehled/vyhlaska-1996-84-lesnictvi.html>>.
6. Česko. Ministerstvo zemědělství. Zelená zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016. 2017. Dostupné také z WWW: <http://eagri.cz/public/web/file/567452/Zprava_o_stavu_lesa_2016.pdf>. ISBN: 978-80-7434-389-6.
7. Česko. Vláda. Zákon č. 289/1995 Sb., ze dne 3. listopadu 1995 o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). In *Sbírka zákonů České republiky*. 1995, částka 76. Dostupné také z WWW: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289/zneni-20180101>>.

8. DONG L.; BETTINGER P.; LIU Z.; QIN H. Spatial Forest Harvest Scheduling for Areas Involving Carbon and Timber Management Goals. *Forests* [online]. 2015, vol. 6, no 4 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.mdpi.com/1999-4907/6/4/1362>>. ISSN 199-4907.
9. DONG L.; BETTINGER P.; QIN H.; LIU Z. Reflections on the number of independent solutions for forest spatial harvest scheduling problems: a case of simulated annealing. *Silva Fennica* [online]. 2018, vol. 52, no 1 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z WWW: <<https://www.silvafennica.fi/article/7803>>. ISSN 2242-4075.
10. HOLSAPPLE C. W.; BURSTEIN F. *Handbook on decision support systems. Vol. 2, Variations*. Berlin : Springer, 2008a. ISBN 978-3-540-48715-9.
11. HOLSAPPLE C. W.; BURSTEIN F. *Handbook on decision support systems 1 : basic themes*. Berlin : Springer, 2008b. ISBN 978-3-540-48712-8.
12. JOHNSON K.; GORDON S.; DUNCAN S.; LACH D.; MCCOMB B.; REYNOLDS K. Conserving Creatures of the Forest:: A Guide to Decision Making and Decision Models for Forest Biodiversity. [online]. [Corvallis (Oregon)] : Oregon State University Press 2007 [cit. 2018-03-8]. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/publication/235350025_Conserving_Creatures_of_the_Forest_A_Guide_to_Decision_Making_and_Decision_Models_for_Forest_Biodiversity>.
13. KALOUDIS S.; COSTOPOULOU C.; LORENTZOS N.; SIDERIDIS A.; KARTERIS M. Design of forest management planning DSS for wildfire risk reduction. *Ecological Informatics* [online]. 2008, vol. 3, no 1 [cit. 2018-03-09]. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/publication/220110096_Design_of_forest_management_planning_DSS_for_wildfire_risk_reduction>. ISSN 1574-9541.
14. KAŠPAR J.; MARUŠÁK R.; BETTINGER P. Time Efficiency of Selected Types of Adjacency Constraints in Solving Unit Restriction Models *Forests* [online]. 2016, vol. 7, no 5 [cit. 2018-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.mdpi.com/1999-4907/7/5/102>>. ISSN 199-4907.

15. KAŠPAR J.; MARUŠÁK R.; HLAVATÝ P. A Forest Planning Approach with Respect to the Creation of Overmature Reserved Areas in Managed Forests *Forests* [online]. 2015, vol. 6, no 2 [cit. 2018-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.mdpi.com/1999-4907/6/2/328>>. ISSN 199-4907.
16. LENOCH J. *Dějiny lesního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu* [online]. Brno : Mendelova univerzita v Brně, 2014 [cit. 2017-10-19]. Dostupné z WWW: <https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Dejiny_lesniho_hospodarstvi_a_drevozpracujiciho_prumyslu_2014_03_31.pdf>.
17. MARUŠÁK R.; KAŠPAR J. *Hospodářská úprava lesů II*. 1. vyd. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. 120s. ISBN 978-80-213-2617-0
18. MARUŠÁK R.; KAŠPAR J. Spatially-constrained harvest scheduling with respect to environmental requirements and silvicultural system. *Lesnícky časopis - Forestry Journal* [online]. 2015 [cit. 2018-04-03]. Dostupné z WWW: <http://www.nlcsk.sk/fj/images/pdf/Rocnik_61/Cislo_2_2015/Marusak_Kaspar.pdf>.
19. MARUŠÁK R.; KAŠPAR J.; VOPĚNKA P. Decision Support Systems (DSS) Optimal—A Case Study from the Czech Republic. *Forests* [online]. 2015, vol. 6, no 1 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.mdpi.com/1999-4907/6/1/163>>. ISSN 199-4907.
20. MOWRER T.; BARBER K.; CAMPBELL J.; CROOKSTON N.; DAHMS C.; DAY J.; LAACKE J.; MERZENICH J.; MIGHTON S.; RAUSCHER M.; SOJDA R.; THOMPSON J.; TRENCHI P.; TWERY M. Decision Support Systems for Ecosystem Management: An Evaluation of Existing Systems. *US Forest Service* [online]. 1997 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z WWW: <https://www.fs.fed.us/rm/pubs_rm/rm_gtr296.pdf>.
21. NOBRE S.; ERIKSSON L.; TRUBINS R. The Use of Decision Support Systems in Forest Management: Analysis of FORSYS Country Reports. *Forests* [online]. 2016, vol. 7, no 3 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.mdpi.com/1999-4907/7/3/72>>. ISSN 199-4907.

22. PACKALEN T.; MARQUES A.; RASINMÄKI J.; ROSSET C.; MOUNIR F.; RODRIGUEZ L.; NOBRE S. Review. A brief overview of forest management decision support systems (FMDSS) listed in the FORSYS wiki. *Forest Systems* [online]. 2013, vol. 22, no 2 [cit. 2018-03-09]. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/publication/274413247_Review_A_brief_overview_of_forest_management_decision_support_systems_FMDSS_listed_in_the_FORSYS_wiki>. ISSN 2171-5068.
23. PASTORELLA F.; BORGES J.; DE MEO I. Usefulness and perceived usefulness of Decision Support Systems (DSSs) in participatory forest planning: the final users' point of view. *iForest* [online]. 2016, vol. 9 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z WWW: <<http://www.sisef.it/iforest/contents/?id=ifor1356-008>>.
24. PENG C.; WEN X. Recent Applications of Artificial Neural Networks in Forest Resource Management: An Overview. *Association for the Advancement of Artificial Intelligence* [online]. 1999, [cit. 2018-03-08]. Dostupné z WWW: <<https://pdfs.semanticscholar.org/9e4c/948ab8b9cc0a1dedcdd1417c3da6a8042907.pdf>>.
25. PRIESOL A.; POLÁK L. *Hospodárská úprava lesov*. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 1991. 448 s. ISBN 80-07-00430-0.
26. RAY D.; REYNOLDS K.; SLADE J.; HODGE S. A spatial solution to Ecological Site Classification for British Forestry using Ecosystem Management Decision Support. *Geocomputation* [online]. 1998 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z WWW: <http://www.geocomputation.org/1998/37/gc_37.htm>.
27. REYNOLDS K.; HESSBURG P. An Overview of the Ecosystem Management Decision-Support System. In REYNOLDS K.; HESSBURG P.; BOURGERON P. *Decision Support for Environmental Management: Applications of the Ecosystem Management Decision Support System*. [online]. Berlin : Springer-Verlang, 2014 [cit. 2018-03-8]. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/publication/261676440_An_Overview_of_the_Ecosystem_Management_Decision-Support_System>. ISSN 1863-5520.

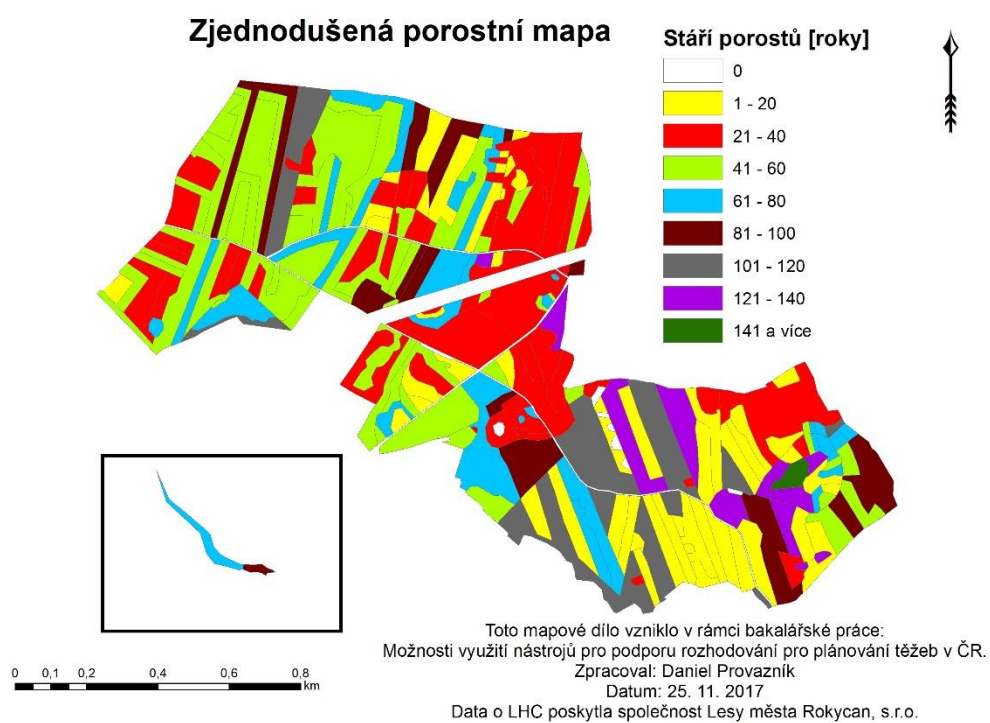
28. STURTEVANT B.; GUSTAFSON E.; SHIFLEY S.; THOMPSON F. About LANDIS Landscape Disturbance and Succession model. *US Forest Service* [online]. 2016-12-8 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z WWW: <<https://www.nrs.fs.fed.us/tools/landis/>>.
29. Textová část LHP pro LHC Lesy města Rokycan I pro období 1. 1. 2016 – 31. 12. 2025.
30. TWERY M.; ICNOPP P.; THOMASMAC S.; MICHAEL H.; NUTE D.; POTTER W.; MAIER F.; WANG J.; DASS M.; UCHIYARNA H.; GLENDE A.; HOFFMAN R. NED-2: A decision support system for integrated forest ecosystem management. *Computers and Electronics in Agriculture* [online]. 2005, vol. 49 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z WWW: <https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_twery003.pdf>. ISSN: 0168-1699.
31. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem pobočka Plzeň. Textová část oblastního plánu rozvoje lesů, Přírodní lesní oblast 06 Západočeská pahorkatina. Platnost 2000 - 2019.
32. VACIK H.; TORRESAN C.; HUJALA T.; KHADKA C.; REYNOLDS K. The role of knowledge management tools in supporting sustainable forest management. *Forest Systems* [online]. 2013, vol. 22, no 3 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z WWW: <<http://revistas.inia.es/index.php/fs/article/view/2954/1945>>. ISSN: 2171-5068.
33. VOPĚNKA P.; KAŠPAR J.; MARUŠÁK R. GIS tool for optimization of forest harvest-scheduling. *Computers and Electronics in Agriculture* [online]. 2015, vol. 113 [cit. 2018-01-26]. Dostupné z WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169915000587>>. ISSN: 0168-1699.

34. WIKSTRÖM P.; EDENIUS L.; ELFVING B.; ERIKSSON L.; LÄMÅS T.; SONESSON J.; ÖHMAN K.; WALLERMAN J.; WALLER C.; KLINTEBÄCK F. The Heureka Forestry Decision Support System: An Overview. *Mathematical and Computational Forestry and Natural-Resource Sciences* [online]. 2011, vol. 3, no 2 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/publication/220479340_The_Heureka_Forestry_Decision_Support_System_An_Overview>. ISSN 1946-7664.
35. ZHU X.; HEALEY R.; ASPINALL R. A Knowledge-Based Systems Approach to Design of Spatial Decision Support Systems for Environmental Management. *Environmental Management* [online]. 1998, vol. 22, no 1 [cit. 2018-03-08]. Dostupné z WWW: <<https://faculty.mu.edu.sa/public/uploads/1338160289.9934fulltext9.pdf>>. ISSN 1432-1009.

9 Seznam příloh

Příloha č. 1: Zjednodušená porostní mapa vybraného území	60
Příloha č. 2: Pracovní mapa – titulní strana (po naskenování měřítko mapy na titulní straně neodpovídá skutečnosti)	61
Příloha č. 3: Pracovní mapa – severozápadní část vybraného území.....	62
Příloha č. 4: Pracovní mapa – jihovýchodní část vybraného území	63
Příloha č. 5: Test 1: Prostorové rozložení mýtních těžeb v průběhu 3 decenií... 64	
Příloha č. 6: Test 2: Prostorové rozložení mýtních těžeb v průběhu 3 decenií... 64	
Příloha č. 7: Test 3: Prostorové rozložení mýtních těžeb v průběhu 3 decenií... 65	
Příloha č. 8: Test 4: Prostorové rozložení mýtních těžeb v průběhu 3 decenií... 65	
Příloha č. 9: Vybrané příklady k znázornění v prostorové vizualizaci těžeb z testu 1. Červeně zakroužkováno – porostní skupina, která ještě nespadá do mýtního věku. Oranžovo-hnědé šipky – domýcení nad nárůstem. Hnědo-žluté šipky – holiny umístěné vedle náseku, plánovaného pro těžbu v 1. decenniu.....	66

10 Přílohy










Příloha č. 1: Zjednodušená porostní mapa vybraného území

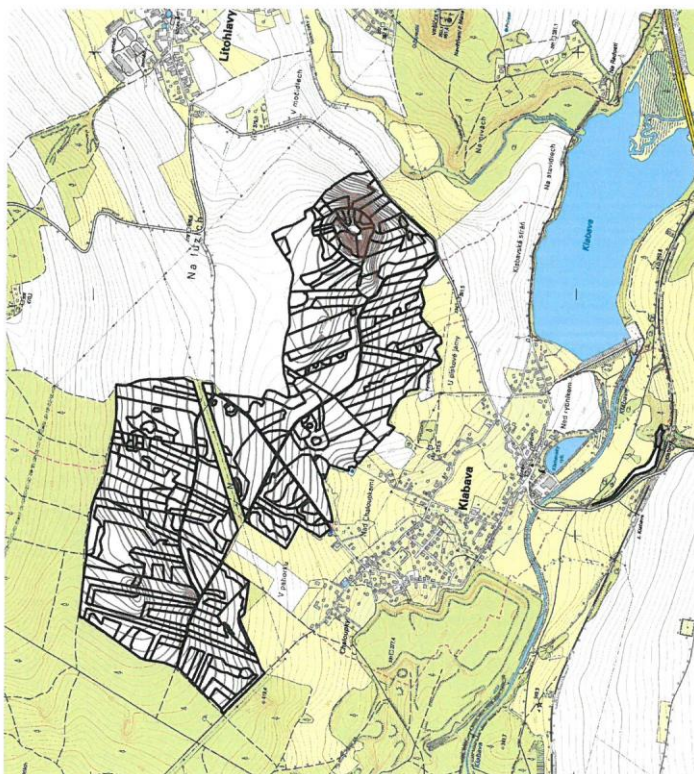
Pracovní mapa

Titulní strana



Legenda

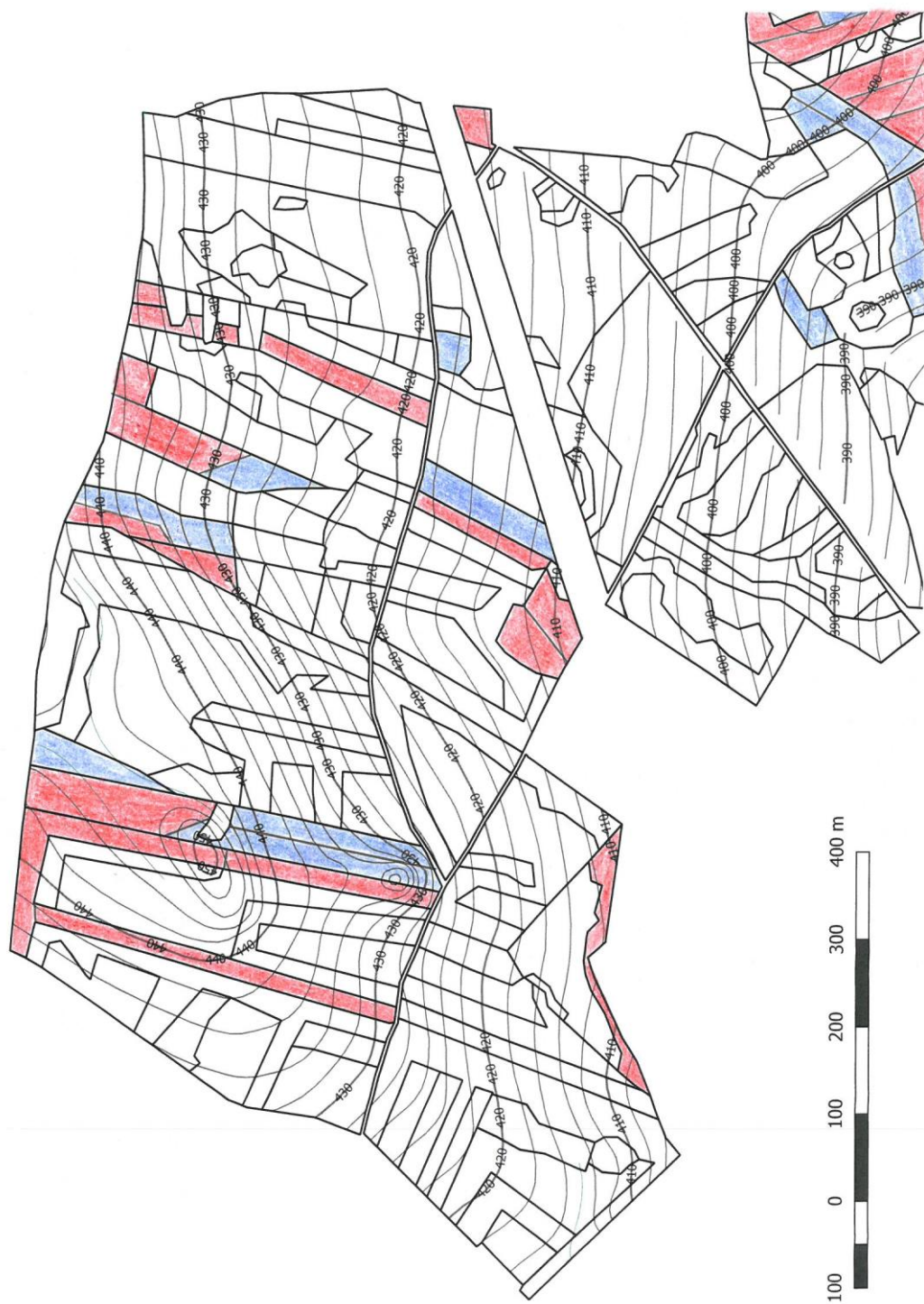
-  Lesní porosty
 -  Vrstevnice zesílená (po 10 m n. m.)
 -  Vrstevnice hlavní (po 2 m n. m.)
 -  Vrstevnice doplňková (po 1 m n. m.)
- Rozdělení porostů určených k obnově během následujících 3 decenníí na jednotlivé seče:**
-  Převzato z plánovaných těžeb pro LHC v průběhu 1. decennia
 -  Naplánováno v terénu
 -  Les zvláštního určení se zvýšenou funkcí púdochrannou (oddělení 17, dílec B)



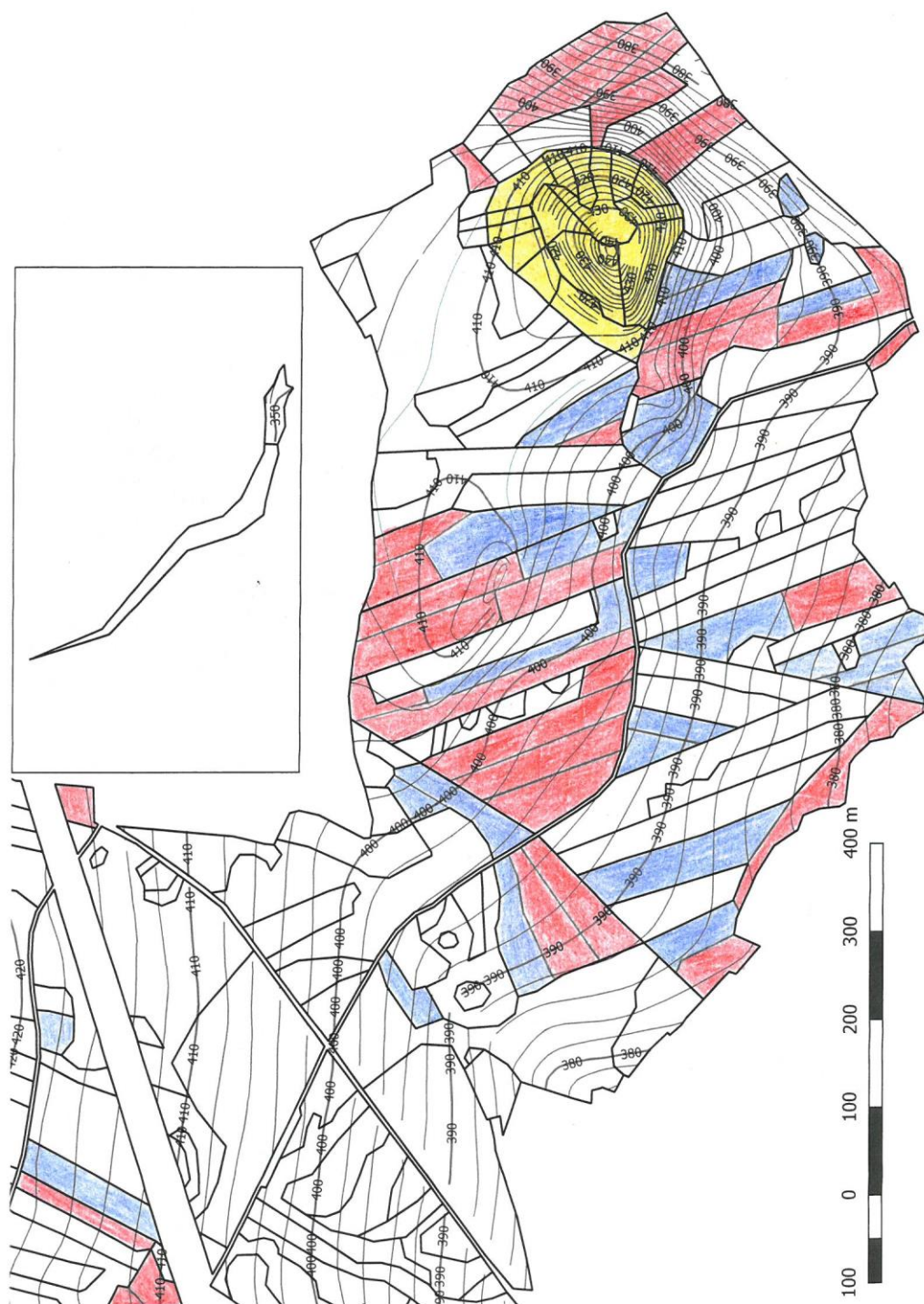
Toto mapové dílo vzniklo v rámci bakalářské práce - Možnosti využití nástrojů pro podporu rozhodování pro plánování těžeb v ČR.
Zpracoval: Daniel Provazník
Datum: 30. 11. 2017

Data pro zpracování práce zapůjčil Zeměměřický úřad.
Mapový podklad © Český úřad zeměměřický a katastrální, www.cuzk.cz
Data o LHC zapůjčila společnost Lesy města Rokycan, s.r.o.

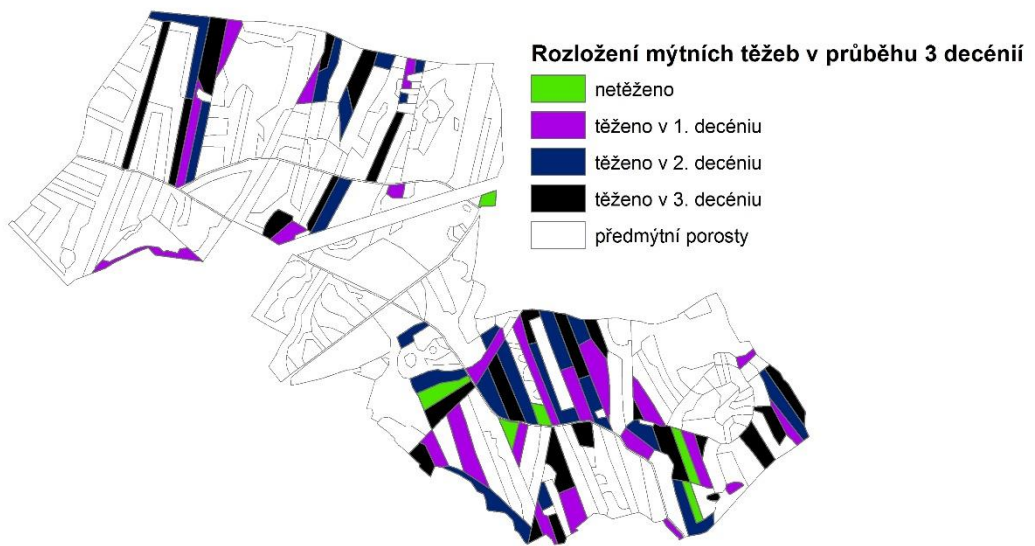
Příloha č. 2: Pracovní mapa – titulní strana (po naskenování měřítko mapy na titulní straně neodpovídá skutečnosti)



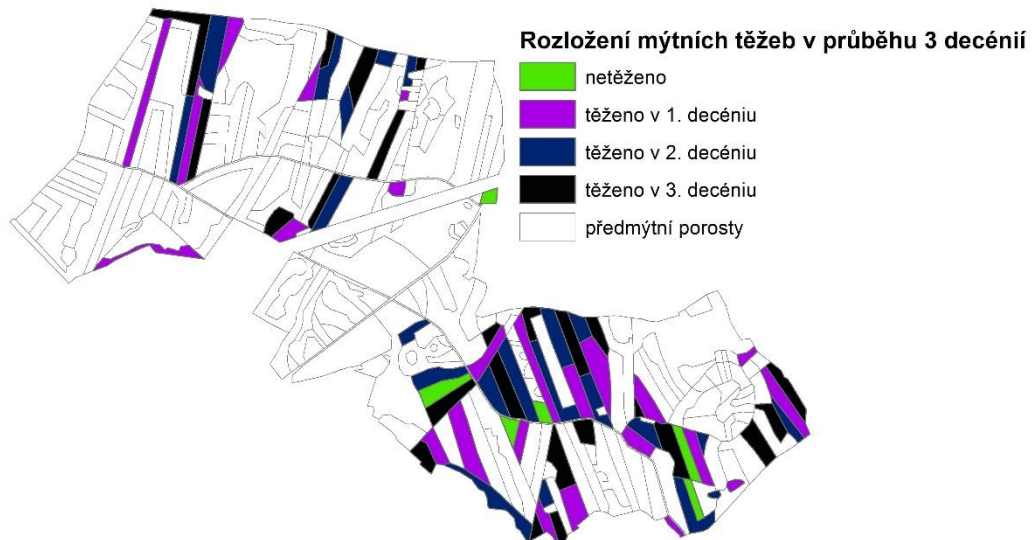
Příloha č. 3: Pracovní mapa – severozápadní část vybraného území



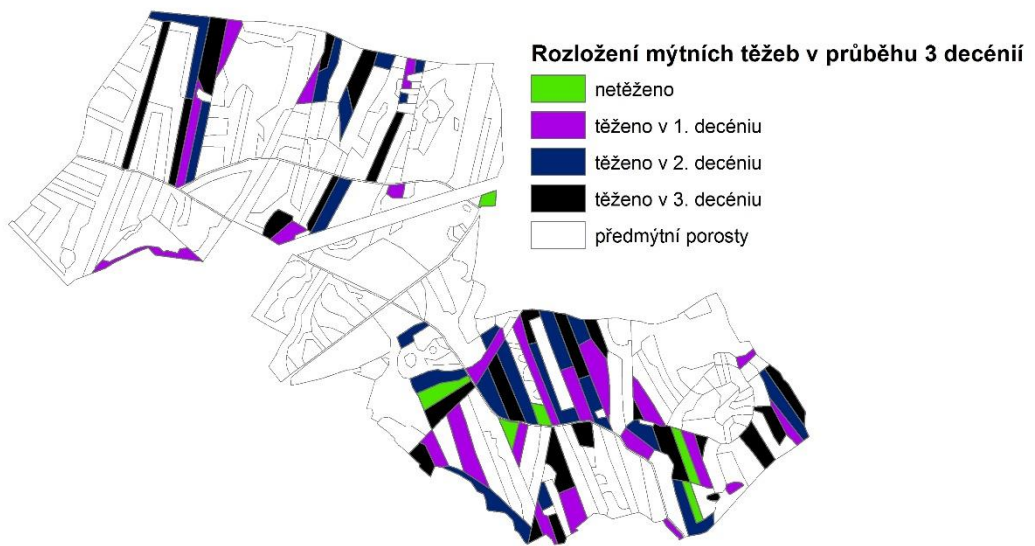
Příloha č. 4: Pracovní mapa – jihovýchodní část vybraného území



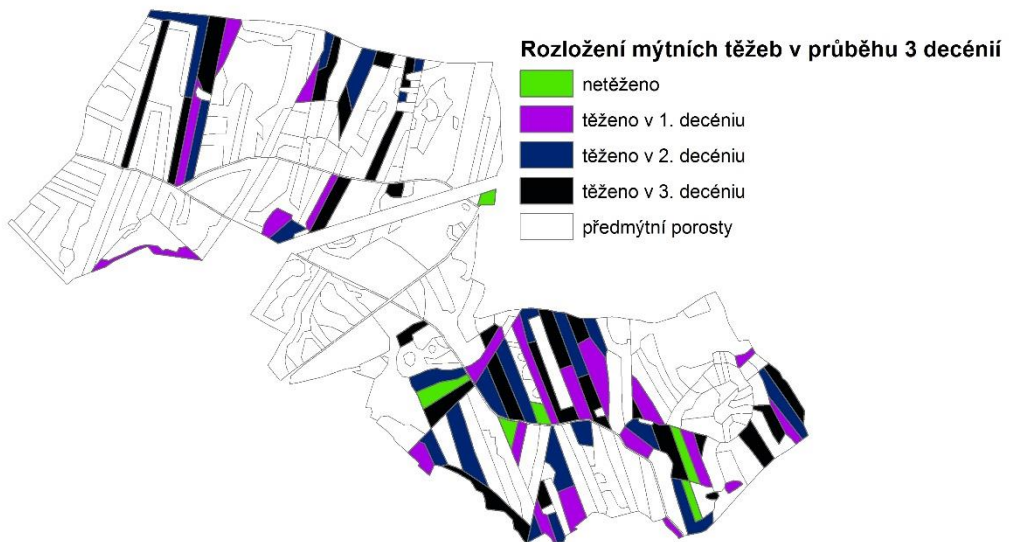
Příloha č. 5: Test 1: Prostorové rozložení mýtních těžeb v průběhu 3 decenií



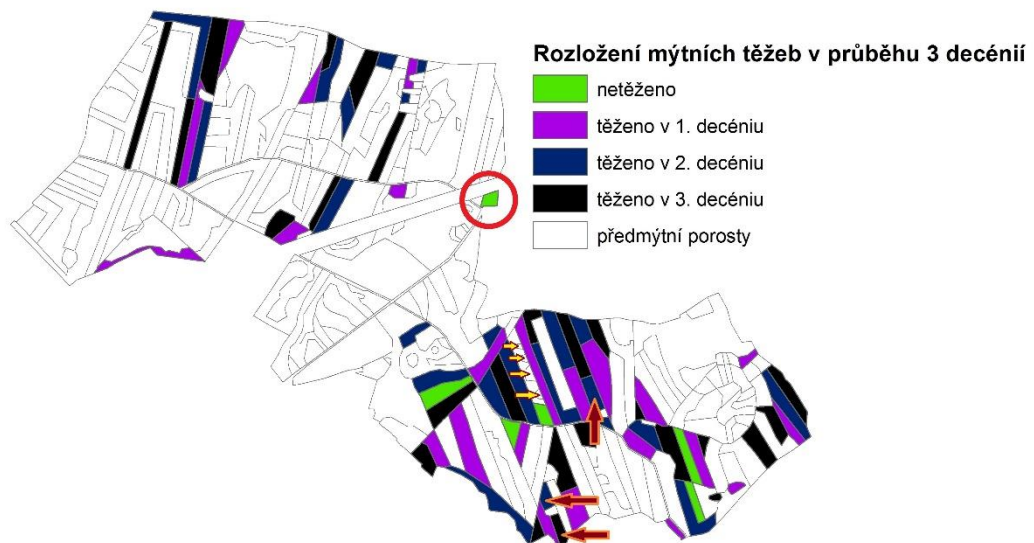
Příloha č. 6: Test 2: Prostorové rozložení mýtních těžeb v průběhu 3 decenií



Příloha č. 7: Test 3: Prostorové rozložení mýtních těžeb v průběhu 3 decenií



Příloha č. 8: Test 4: Prostorové rozložení mýtních těžeb v průběhu 3 decenií



Příloha č. 9: Vybrané příklady k znázornění v prostorové vizualizaci těžeb z testu 1. Červeně zakroužkováno – porostní skupina, která ještě nespadá do mýtního věku. Oranžovo-hnědé šipky – domýcení nad nárostem. Hnědo-žluté šipky – holiny umístěné vedle náseku, plánovaného pro těžbu v 1. decenniu.