

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnické a dřevařské ekonomiky



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Návrh optimalizačního modelu výrobní struktury lesních
školek**

Bakalářská práce

Renata Pánková

Vedoucí práce

doc. Ing. Jan Kašpar, Ph.D.

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Renata Pánková

Lesnictví
Ekonomika a řízení lesního hospodářství

Název práce

Návrh optimalizačního modelu výrobní struktury lesních školek

Název anglicky

Optimization model of the production structure of forest nurseries

Cíle práce

Cílem práce je navrhnout jednoduchý optimalizační model s cílem minimalizace výrobních nákladů v lesních a okrasných školekách. Tento model bude založen na lineárním programování. Součástí cílů práce je i ověřit dostupnost dat pro navrženou optimalizaci v provozních podmínkách lesní a okrasné školky. Navržený model i dostupnost dat budou ověřeny v podmínkách soukromé firmy Vladimír Joska – Školka okrasných rostlin.

Metodika

- 1) Definování modelu problému – definování cíle a omezení (září 2023)
- 2) Ověření dostupnosti potřebných dat v provozních podmínkách a případná modifikace problému (říjen 2023)
- 3) Vytvoření matematického modelu lineárního programování (prosinec 2023)
- 4) Pořízení vstupních dat a výpočet modelu (únor 2024)
- 5) Předložení výsledků ke kontrole (březen 2024)

Samotná bakalářská práce bude předkládána ke kontrole minimálně jednou za měsíc počínaje lednem 2024.

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

lineární programování; analýza citlivosti; operační výzkum

Doporučené zdroje informací

BUONGIORNO, Joseph.; GILLESS, J. Keith. *Decision methods for forest resource managers*. Amsterdam ; Boston: Academic Press, 2003. ISBN 0121413608.

EMMETT, Stuart. *Řízení zásob : jak minimalizovat náklady a maximalizovat hodnotu*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1828-3.

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum : kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-86419-42-8.

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum*. V Praze: Vysoká škola ekonomická, 1996. ISBN 80-7079-031-8.

LINDA, Bohdan; VOLEK, Josef; UNIVERZITA PARDUBICE. EKONOMICKO-SPRÁVNÍ FAKULTA. *Lineární programování*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2009. ISBN 978-80-7395-207-5.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Kašpar, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra hospodářské úpravy lesů

Elektronicky schváleno dne 18. 7. 2023

doc. Ing. Peter Surový, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Návrh optimalizačního modelu výrobní struktury lesních školek vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 3. 4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Janu Kašparovi, Ph.D., za inspiraci k napsání této práce, za podnětné připomínky a cenné rady. Dále bych velice ráda vyjádřila poděkování firmě pana Josky za poskytnuté informace a odborné konzultace. V neposlední řadě také svým dětem, rodičům a svému příteli za neutuchající podporu během celého mého dosavadního studia.

Návrh optimalizačního modelu výrobní struktury lesních školek

Souhrn

Za pomoci různých metod modelování jsme schopni vytvořit zjednodušenou kopii různých oblastí praktického života, které lze následně nejen pozorovat, ale i zkoumat. Přestože se tyto modely v lesnickém sektoru těší oblibě, v oblasti lesního školkařství není jejich potenciál dosud plně využíván. Lineární programování, jež je předmětem této bakalářské práce, náleží mezi matematické modelování a je důležitým nástrojem pro efektivní rozhodování a plánování v různých oblastech, především však v ekonomických oborech. Základním principem metody lineárního programování je nalezení optimálního řešení při současném splnění omezujících podmínek. Za předpokladu, že všechny tyto podmínky jsou definovány buď jako lineární rovnice nebo nerovnice. Cílem této práce bylo poukázat na fakt, že i v oblasti lesního školkařství lze metodu lineárního programování efektivně použít. Byly navrženy jednoduché modely, za pomoci kterých lze predikovat budoucí strukturu pěstování vybraných dřevin při plném využití maximální kapacity školky. Veškeré modely byly sestaveny na základě odhadu z finančních dokladů.

Klíčová slova: lineární programování, lesní školkařství, sadební materiál, plánování

Optimization model of the production structure of forest nurseries

Summary

Using various modelling methods, we are able to create a simplified copy of various areas of practical life, which can then be not only observed but also investigated. Although these models are popular in the forestry sector, their potential has not yet been fully exploited in the field of forest nurseries. Linear programming, which is the subject of this bachelor thesis, belongs to mathematical modelling and is an important tool for effective decision-making and planning in various fields, but especially in economic fields. The basic principle of the linear programming method is to find the optimal solution while satisfying the constraints. Assuming that all these conditions are defined as either linear equations or inequalities. The aim of this thesis was to show that the linear programming method can be effectively applied in the field of forest nursery as well. Simple models have been proposed which can be used to predict the future structure of the planting material of selected trees when the maximum nursery capacity is fully utilised and different interest rates are set. All models were built based on estimation from financial documents.

Keywords: linear programming, forest nursery, planting material, planning

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce	12
3	Historie lesního školkařství.....	13
3.1	Právní předpisy upravující lesní školkařství.....	15
4	Sadební materiál lesního školkařství.....	17
4.1	Třídění a jakostní znaky	17
4.2	Technologie	17
4.2.1	Pěstování krytokořenného SMLD	18
4.2.2	Pěstování školkovaných a podřezávaných sazenic.....	18
4.2.3	Metoda podřezávání kořenů.....	19
5	Sdružení lesních školkařů ČR.....	20
6	Plánování v lesním školkařství.....	21
7	Operační výzkum	24
7.1	Charakteristika operačního výzkumu.....	24
7.2	Základní disciplíny operačního výzkumu.....	24
7.2.1	Matematické programování	26
7.2.2	Formulace úloh LP.....	26
7.2.3	Simplexová metoda.....	27
7.2.3.1	Popis a formulace simplexové metody.....	27
7.2.3.2	Simplexová tabulka	28
7.2.3.3	Zakončení výpočtu v úlohách lineárního programování	28
7.2.4	Dualita.....	29
7.3	Výpočetní technika a řešení úloh LP	29
8	Náklady	31
8.1	Druhé třídění nákladů	31
8.2	Účelové třídění nákladů.....	32
8.3	Kalkulační členění nákladů.....	32
8.4	Klasifikace nákladů dle změn v objemu výroby.....	33
9	Metodika	34
9.1	Školka okrasných roslin – Martin Joska	34
9.2	Zadání úlohy	35
9.3	Optimalizační model	36
9.4	Odvození nákladů.....	37
10	Výsledky	41

10.1 Model bez vyrovnanosti nákladů.....	41
10.2 Model s vyrovnaností nákladů.....	44
11 Diskuse.....	48
12 Závěr.....	50
13 Literatura.....	51

1 Úvod

Hlavním cílem lesního školkařství je zajištění dostatečného množství kvalitního sadebního materiálu pro obnovu lesů, a to jako důsledku lidské činnosti i přírodních úkazů jako jsou vichřice, kůrovec a další. Úkolem lesních školek je produkce kvalitních sazenic, které jsou nezbytné pro obnovu takto zasažených lesních porostů. Jejich správné fungování a rozvoj přispívají k efektivní obnově lesů, napomáhají udržovat biodiverzitu a přispívají tak k ochraně životního prostředí. S lesním školkařstvím může být ale také spojena výsadba nových stromků sloužících spíše k estetickému účelu, v tomto případě se jedná o tzv. okrasné školky.

Historicky se les obnovoval pouze tzv. přirozenou obnovou. Se stále rostoucím odlesňováním území se však projevila potřeba umělého zásahu člověka a postupně začala vznikat jednoduchá semeniště, která postupně přecházela v lesní školky, jejichž podobu známe dnes. Na našem území je obnova lesa již více jak 150 let prováděna převážně uměle za využití právě lesních školek (FOLTÁNEK 2016).

Rovněž přístup k obnově lesa se neustále vyvíjí. Současná společnost klade stále větší důraz na environmentálně přívětivý přístup, dochází tak i ke změnám v rámci přístupu k obnově lesa a klade se stále většího důraz na přirozený způsob obnovy lesa. To sebou nese i vývoj fungování lesních školek tak, aby došlo k naplnění udržitelného hospodaření s lesy a jejich zachování i pro další generace. Posun je směrem k důslednějším přístupu fungování lesních školek s ohledem na zachování diverzity, vitality lesa a zachování ekosystému, což klade na provoz lesních školek další nároky. Rovněž je nutné zohledňovat stále se vyvíjející snahu o zachování dřevinné skladby českých lesů. Jedná se zejména o potřebu zajistit profesně kvalifikovanou pracovní sílu, otevřený přístup k přijímání nových technologií a inovací, jejich převzetí a adaptaci, v neposlední řadě ale i orientaci v relevantních legislativních předpisech. Souběžně s plněním výše uvedených požadavků je rovněž potřeba optikou obchodní společnosti provozující lesní školku najít vyvážený model, který je environmentálně co nejpřívětivější a ekonomicky udržitelný. V rámci uvedeného přístupu je proto velmi důležité optimalizovat výrobu jako takovou, jelikož důkladná analýza procesů výroby a jednoznačná identifikace úskalí mohou přispět k optimalizaci celého systému.

Tématem bakalářské práce je navržení jednoduchého optimalizačního modelu s cílem minimalizace výrobních nákladů v okrasné školce. Práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou. Teoretická část popisuje historii lesního školkařství až po současnost a fungování lesních školek v dnešní době. Navazuje popisem a definicí pojmu lineárního programování jako zvolené metody. Praktická část pak uvádí východiska a současné poznatky o nákladech

předmětné školky a jejich dělení. Následně se data implementují na jednoduchý model, na jehož základě bude provedena ukázka optimalizace, za pomoci které bude moci školka predikovat budoucí strukturu pěstování vybraných dřevin.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je navržení optimalizačního modelu výrobní struktury v okrasné školce – Vladimír Joska a prokázat, že lineární programování může být vhodnou alternativní metodou za účelem plánování v lesních školkách. Přestože se jedná o stabilní a finančně zdravou společnost, tak zefektivnění výrobních procesů by mohlo vést k růstu společnosti a zlepšení její konkurenceschopnosti, adaptability a schopnosti čelit současným výzvám. Východiskem této práce bude celková analýza nákladů za rok 2022. Hlavním cílem bakalářské práce je naznačit směr, kterým by se mohlo za pomoci lineárního programování při výpočtech postupovat a prokázat tak, že lineární programování může být vhodnou alternativní metodou pro školkařské plánování.

3 Historie lesního školkařství

První zmínky o obnově lesa pocházejí již z období antiky, ale první v Evropě dokumentovaný záznam o záměrné obnově lesa z borového semene pochází z norimberské oblasti z roku 1368 a je (FANTA 2007). První písemný doklad o obnově lesa dubovými odrostky je z Nizozemí z roku 1514. Již v 15. století existovala ve střední Evropě lesnická škola jako součást uherské Bánské akademie v Banské Štiavnici (FOLTÁNEK 2016).

Velký rozmach prvních semenářských firem je spojen s rozvojem průmyslu a z toho vzniklou velkou potřebou dřeva. Na konci 18. století již docházelo k systematickému a plánovitému mýcení lesů, tj. holosečnému způsobu hospodaření a bylo třeba tyto vykácené plochy zalesnit, tím vzrostla potřeba lesního osiva, především smrk a borovice. Umělá obnova lesů se postupem času ukázala jako ekonomicky výhodnější a efektivnější než přirozená obnova. Zvyšovaly se požadavky na osivo jenž bylo požadováno každoročně. Když byly káceny původní smrkové a borové porosty, šišky se sbíraly a luštily po domácku. Smrk a borovice byly zaváděny i do míst, kde původně nerostly, to je do oblastí listnatých dřevin, s tím byl spojen další nárůst potřeby osiva. Nejprve se přímo osévaly vytěžené plochy, později se začaly pěstovat semenáčky a sazenice v semeništech a ve školkách. Dosavadní způsoby sběru a luštění již nebyly dostačující pro uspokojení poptávky. V období koncem 18. století a počátkem 19. století vznikaly první semenářské firmy především v Rakousku-Uhersku a v Německu, jejichž hlavní náplní bylo luštění a čištění semen jehličnanů a listnáčů a jejich krátko nebo dlouhodobé skladování. Nejstarší luštitelna byla založena Conradem Applem v německém Darmstadtu v roce 1789 (SIMANOV 2016).

V Čechách je pak jeden z nejstarších záznamů o uměle vysazeném lesu zmíněn v místodržitelském dopise z roku 1571 a jednalo se o vysazení lesíka za starou pražskou Oborou. Z roku 1718 pochází spis o umělé obnově lesa od Josefa von Feldecka, v tomto spise prokázal nejen značnou znalost o zakládání a práci v lesních školkách, ale podívoval se i skutečnosti, že na území tehdejších českých zemích se nenacházejí školky žádné a považoval je za možnost dobré obživy (FOLTÁNEK 2016). Umělá obnova lesa se v Čechách více rozmohla až od druhé poloviny 18. století a v jejím důsledku se zvýšila poptávka po sadebním materiálu. Nejprve se ustálilo zakládání trvalých umělých lesních školek u velkostatků. První komerční lesní školky většího rozsahu byly podle dobových záznamů založeny roku 1895 ve Zdechovicích a Kladrubech nad Labem. Další školky vznikaly pak po roce 1900. Zvláštní zmínku si zaslouží zejména školkařský závod v Řečanech nad Labem, jako jediný specializovaný závod na pěstování sazenic ve své době (FOLTÁNEK 2016). Na našem území

byl první semenářský závod (Pošumavská lušτίrna) založen E. Rechtsem v roce 1910 v Českých Budějovicích. Lušτίrna vznikla rekonstrukcí místního pivovaru a měla kapacitu cca 500 tun šišek za rok.

V nově vzniklém Československu byl ve snaze o zlepšení přístupu ke správě lesů již v roce 1918 vydán nejprve provizorně prozatímní zákon, který byl roku 1928 nahrazen běžným zákonem č. 37/1928 Sb., o zatímní ochraně lesa, ukládající mimo jiné povinnost hospodařit podle hospodářského plánu. V období po první světové válce vzniká v i organizace spravující veřejný majetek v oblasti lesnictví, konkrétně se jednalo o Generální ředitelství státních lesů a statků, které vzniklo v roce 1921 (FOLTÁNEK 2016).

Po druhé světové válce došlo k navýšení výměry lesa ve vlastnictví státu až na 88 %, které obhospodařoval národní podnik Československé státní lesy. Cílem i výsledkem navýšení vlastnictví lesních ploch státem bylo direktivní řízení lesního hospodářství. V rámci jednotného direktivního řízení byla uložena povinnost zalesnit nelesní půdy a kalamitní holiny, které vznikaly v důsledku válečného hospodářství a částečně se také rozšířily v důsledku sucha a kůrovce.

S ohledem na výše uvedené se stávající stav lesního školkařství projevil jako nevyhovující, jelikož převažovaly spíše malé školky, které nebyly s ohledem na svoji velikost a umístění schopné zajistit pokrytí potřeb obnovy lesů. Nebyly totiž schopné zajistit produkci potřebného množství sadebního materiálu. Nedostatek sadebního materiálu měl být vyřešen zakládáním nových větších lesních školek, jejichž zakládání bylo navíc podpořeno usnesením vlády ČSR č. 448/1956, o lesnictví (FOLTÁNEK 2016).

V období po 2. světové válce se také do školek zavádějí nové stroje a postupy, uplatňují se nové vědecké poznatky z oboru fyziologie rostlin, genetiky a biologie. V lesním školkařství se rozvíjí technologie školkování a podřezávání sadebního materiálu, hledá se nejvhodnější typ sadebního materiálu. Zakládání větších školek a tzv. velkošcolek bylo zejména hitem sedmdesátých a osmdesátých let minulého století. Při centralizaci školkařské činnosti dochází k výstavbě provozního zařízení školek a budování závlahových systémů, fóliovníků, klimatizovaných skladů.

K dalšímu zásadnějšímu posunu došlo v devadesátých letech 20. století, kdy jako veřejnoprávní správce vznikl státní podnik Lesy České republiky a majetek většiny lesních školek přešel privatizací do rukou soukromoprávních subjektů. Privatizace měla zásadní vliv na fungování lesního školkařství tak, jak jej známe dnes, kdy se ze státní sféry přesunulo právě do podnikatelské sféry jako dodavatelská činnost, prováděná, jak pro soukromoprávní vlastníky lesů, tak i pro státní podnik Lesy České republiky v rámci dodávek na základě výběrových

řízení. Nicméně valná většina lesních školek v té době byla technologicky zaostalá a byla potřeba modernizace. Vzhledem k tomu, že většina školkařských provozů v České republice je v privátní sféře, je koncepce provozu u každého z vlastníků jiná. Každá fungující školkařská firma je odlišná odbytovými a obchodními podmínkami, vztahy a také různorodostí přírodních podmínek dané lokality (FOLTÁNEK 2016).

3.1 Právní předpisy upravující lesní školkařství

Lesní školkařství v České republice bylo od 90. let minulého století upraveno několika právními předpisy a zasahuje do něj také množství právních předpisů obecně platných pro podnikatelskou sféru.

Byla přijata celá řada právních předpisů, mezi ty nejpodstatnější patří zejména zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). Lesní zákon obsahuje ustanovení týkající se hospodaření s lesními porosty, ochranu lesních ekosystémů a reguluje práva a povinnosti vlastníků lesa. Jedná se o klíčový právní předpis v oblasti lesnictví v České republice. Dále zákon č. 149/2003 Sb., o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnický významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin), ve znění pozdějších předpisů (novelizován zákonem č. 387/2005 Sb. a zákonem č. 232/2013 Sb.). Tento zákon stanovuje pravidla posuzování kvality a náležitosti spojené s evidencí reprodukčního materiálu lesních dřevin. K jeho provedení vydaná vyhláška č. 29/2004 Sb., kterou se provádí zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin, ve znění pozdějších předpisů. Dále pak vyhláška č. 456/2021 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa, ve znění pozdějších předpisů.

Na lesní školkařství však dopadá i celá řada dalších právních předpisů, jako například zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, jenž upravuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob týkající se ochrany rostlin a rostlinných produktů proti škodlivým organismům a poruchám, ochrany proti zavlékání organismů škodlivých rostlinám nebo rostlinným produktům do České republiky z ostatních členských států Evropské unie a ze třetích zemí. Dále se jedná o zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých

zákonů, ve znění pozdějších předpisů a vyhláška č. 129/2012 Sb., o podrobnostech uvádění osiva a sadby pěstovaných rostlin do oběhu, ve znění pozdějších předpisů, která provádí ustanovení tohoto zákona.

Nelze také opomenout i další důležité prováděcí předpisy, které se vztahují k problematice lesního školkařství, jako jsou například vyhláška č. 393/2013 Sb., o seznamech druhů lesních dřevin, kterou se provádí zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin, a která upravuje seznam druhů lesních dřevin, jejichž reprodukční materiál lze uvádět do oběhu pouze jako identifikovaný, selektovaný, kvalifikovaný nebo testovaný a seznam druhů lesních dřevin, které mohou být zařazeny do Národního programu. Relevantní pro oblast lesního školkařství je i vyhláška č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů, ve znění pozdějších předpisů, kterou se provádí lesní zákon, a která upravuje podrobnosti o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. Rovněž byla vydána i řada technických norem, pro lesní školkařství je pak zejména důležitá norma ČSN 48 1211 Lesní semenářství – Sběr, jakost a zkoušky jakostí plodů a semen lesních dřevin, norma ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin, norma ČSN 48 2116 Umělá obnova lesa a zalesňování a norma ČSN 48 2117 Příprava stanoviště pro obnovu lesa a zalesňování.

V rámci Evropského práva jsou pro lesnictví relevantní zejména Směrnice Rady 1999/105/ES, o uvádění reprodukčního materiálu lesních dřevin na trh a Nařízení Komise (ES) č. 1597/2002, kterým se stanoví prováděcí pravidla ke směrnici Rady 1999/105/ES.

4 Sadební materiál lesního školkařství

Cílem lesního školkařství je zajistit dostatečné množství produkce kvalitního sadebního materiálu pro umělou obnovu lesa (POLENO a kol. 2009). Přestože dochází k rychlému rozvoji technologií a modernizaci tohoto odvětví, základní principy zůstávají stále stejné.

4.1 Třídění a jakostní znaky

Kvalita sadebního materiálu lesních dřevin (dále jen „SMLD“), jež rozhoduje o úspěšnosti umělé obnovy, je dána souborem vzájemně podmíněných znaků. Jedná se o znaky genetické, fyziologické a morfologické. Závazným podkladem pro třídění SMLD je zákon č. 149/2003 Sb. ve znění zákona č. 387/2005 Sb. o obchod s reprodukčním materiálem lesních dřevin, dále vyhláška ministerstva zemědělství č.29/2004 Sb. o obchodu s reprodukčním materiálem a statní norma ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Nedílnou součástí kvality SMLD je pak schopnost odolávat nepříznivým vlivům.

Jak se zmiňují LEUGNER, MARTINCOVÁ (2019) nevhodnou manipulací se sadebním materiálem se ztráty zvyšují o 5 až 25 %. Podle způsobu pěstování se výpěstky dělí na prostokořenné, jež se vyzvedávají ze záhonů a krytokořenné, kdy substrát chrání kořenový systém. Na základě velikosti, věku a pěstebních postupů rozlišujeme tzv. semenáčky, sazenice, poloodrostky a odrostky (POLENO a kol. 2009).

Základním předpokladem pro pěstování všech typů sazenic je kvalitní půda. Nejenže má vliv na životaschopnost sazenic, přispívá také k jejich celkové vitalitě. Při její přípravě je třeba dbát na dostatečně hluboký půdní profil, patřičný obsah humusu v půdě a hodnotu pH. Důležitou roli hraje i ochrana půdy proti škůdcům a chorobám (POLENO a kol. 2009). Příprava půdy v sobě zahrnuje několik úkonů. Od počáteční orby, přes vláčení, jež má za úkol vrchní vrstvu prokypřit, následné smykování, sloužící k urovnání povrchu zoraných ploch, k tvorbě záhonů a válcování. K výsevu semene dochází zpravidla na jaře, některé druhy dřevin se vysévají v létě, na podzim dochází k výsevu buku a dubu (POLENO a kol. 2009).

4.2 Technologie

Současný sortiment SMLD, pěstovaný českými školkařskými provozy se přizpůsobuje podmínkám dané oblasti a cílům lesního hospodářství. Situace, kdy se v malém regionu nachází mnoho samostatných školkařských podniků zabývajících se produkcí SMLD nejsou ojedinělé.

Neexistuje jediná technologie, která by uspokojila všechny různorodé požadavky současně, proto dochází k pěstování SMLD rozdílnými způsoby.

4.2.1 Pěstování krytokořenného SMLD

Pěstování obalovaného materiálu má ve světě dlouhou historii. S ohledem na skutečnost, že možnost sledovat vývoj lesního školkařství v zahraničí byla před rokem 1989 značně omezená, se obalovaná sadba v Československu začala využívat až od poloviny šedesátých let (FOLTÁNEK 2016). Jak se zmiňují JURÁSEK a kol. (1999) k největšímu rozmachu používání krytokořenného sadebního materiálu docházelo v osmdesátých letech. S postupem času však zájem o obalovanou sadbu klesal, a to vzhledem k obtížné manipulaci a nákladné dopravě, ale také z důvodu nevhodnosti používaných typů obalů, jež deformovaly kořenový systém, čímž klesala kvalita vypěstovaného materiálu. V devadesátých letech došlo opět k postupnému návratu používání obalové sadby, zejména díky vyspělejšími zahraničními technologiím (FOLTÁNEK 2016). V současné době je pěstování obalované sadby opět na vzestupu nejen ve světě, ale i u nás. Nespornou výhodou této metody je výrazně kratší délka pěstování než u klasické prostokořenné metody a snížení rizika deformací kořenů po výsadbě, nevýhodou je pak vyšší cena a s ní spojené vyšší náklady na dopravu a vysoké investiční náklady související s pořízením technologií.

4.2.2 Pěstování školkových a podřezávaných sazenic

Účelem školkování sazenic je vypěstovat kvalitní sazenice s bohatým kořenovým systémem a vyšší vyvinutou nadzemní částí. Jedná se o proces, kdy dochází k přesazování semenáčků do minerální půdy na záhonech v pravidelném sponu. Ke školkování může docházet v několika termínech, a to na jaře, v létě a na podzim. Pro jarní školkování jsou vhodné všechny druhy dřevin, školkuje se v březnu a dubnu. Pro letní školkování jsou vhodné zejména semenáčky vypěstované intenzivním způsobem a školkuje se od konce července do poloviny září. Podzimní školkování se využívá v nižších polohách, kdy konec listopadu je nejzazším termínem prací, školkuje se pouze některé druhy dřevin. Předpokladem pro úspěšné školkování jsou nejen kvalitně vytríděné semenáčky, ale zároveň řádně připravená půda. Základem je využívat pouze takové semenáčky, které svou kvalitou dávají předpoklad dobrého ujmoutí. V tomto ohledu je důležitý především dobrý kořenový systém, fyziologický stav a zachovalý terminální pupen, poškození jedinci se vyrazují. Při manipulaci je třeba vhodným způsobem dbát na snížení rizika poškození sadby neodborným zacházením a zamezit možného vlivu škodlivých abiotických činitelů, zejména větru a slunečního záření.

V současnosti dosahují technické možnosti školkování vysoké úrovně. Z tohoto důvodu se ruční školkování využívá jen zřídka, a to zpravidla ve školkách malých výměr. Polomechanizované školkování se využívá zejména u některých druhů listnatých dřevin. Prostřednictvím mechanizačních prostředků dochází na záhonech k vytlačení rýhy, do které se následně vkládají ručně školkované rostliny a dochází k jejich mechanickému zasypání. Manuální hloubení rýh tak odpadá. Ve velkých školkách se školkuje výhradně s pomocí školkovacích strojů, dochází tak k omezení podílu ruční práce, kdy obě pracovní fáze, jak hloubení rýh, tak vkládání školkované rostliny do půdy, jsou prováděny školkovacím strojem (POLENO a kol. 2009).

4.2.3 Metoda podřezávání kořenů

Jedná se o mechanickou úpravu kořenového systému, jež je založena na principu stimulace tvorby náhradních kořenových systémů bohatých na koncové kořeny. Obdobně jako u školkování je účelem této metody vypěstovat sazenice s bohatým kořenovým systémem. Tato metoda se využívá nejen pro tvorbu kvalitního kořenového systému, ale také k předržení sazenic na záhonech do dalšího období (POLENO a kol. 2009). Předpokladem kvalitního pěstování podřezávaných sazenic je respektování hloubky podřezávání. Podřezávání kořenového systému se provádí ve vodorovné a svislé rovině za pomoci nožů, které jsou uloženy na strojích šikmo a jsou vyrobeny z vysoce kvalitních materiálů. Vzhledem k tomu, že tloušťka nože ovlivňuje kvalitu řezu, je žádoucí, aby byly co nejtenčí. Jak zmiňují POLENO a kol. (2009) nejkvalitnějšího řezu lze dosáhnout za použití nožů do tloušťky 3 mm, v případě použití tlustších nebo tupých nožů dochází k rozštěpování a vychylování kořenů. Rány se nezacelují a hrozí riziko napadení kořenového systému houbovými chorobami.

5 Sdružení lesních školkařů ČR

Na základě podnětu několika školkařských subjektů o oborové zastřešování jejich potřeb bylo založeno v roce 1995 Sdružení lesních školkařů České republiky.

Po dokončení privatizace majetku státních lesních podniků v roce 1992, jejíž součástí byl i majetek lesních školek, se stále více začal projevovat zájem o vznik oborové zájmové organizace, která by zastřešila společné profesní zájmy. Motivem založení bylo jednak vzájemné sdílení profesních informací a zkušeností, především však vzájemná orientace v příslušné legislativě. Na základě výše uvedeného posléze několik vlastníků větších školkařských subjektů v součinnosti s pracovníky výzkumné stanice Opočno dali podnět k založení této oborové organizace. V roce 1995 bylo oficiálně založeno Sdružení pěstitelů sadebního materiálu lesních dřevin (FOLTÁNEK 2016).

V současné době je ve sdružení registrováno 72 členských subjektů zabývajících se produkcí sadebního materiálu lesních dřevin, obhospodařují cca 885,22 ha, což je zhruba 71,7 % produkčních ploch všech lesních školek v České republice. Dále má organizace 8 členů bez produkčních ploch a 3 čestné členy (www.lesniskolky.cz). Sdružení pěstitelů sadbového materiálu lesních dřevin sdružuje právnické a fyzické osoby, které produkují sadební materiál určený pro obnovu lesa a zalesňování v České republice.

Sdružení usiluje o ochranu a prosazování zájmů svých členů, zejména ve vztahu k obchodním partnerům. V této souvislosti vytváří podmínky pro specializované spolupráce. Průběžně spolupracuje nejen s orgány státní správy, ale také s výzkumnými středisky v tuzemsku i zahraničí. Podílí se na přípravě podkladů legislativních předpisů a norem. Pro své členy a zaměstnance svých členských subjektů organizuje vzdělávací akce, které souvisí s tematikou věnovanou školkařskému provozu aj. (www.lesniskolky.cz).

6 Plánování v lesním školkařství

Jak již bylo zmíněno na začátku, význam lesního školkařství spočívá v mnoha aspektech, nejenže jsou klíčovým prvkem pro udržitelný rozvoj lesního hospodářství, zároveň také přispívají k ekonomické stabilitě a rozvoji regionů, ve kterých jsou lesní školky umístěny. V neposlední řadě mohou hrát školky nemalou roli v adaptaci lesních ekosystémů na změny klimatu a to díky výběru odolných druhů stromů a technice jejich pěstování. Prakticky to tedy znamená, že jejich správné fungování přispívá i k ochraně životního prostředí.

Postavení a ekonomická stabilita lesního školkařství je závislá na mnoha faktorech. Klíčovou roli hrají klimatické podmínky, regionální a globální trendy v lesním hospodářství, ekonomická situace a mnoho dalšího. Situace na trhu lesních sazenic je variabilní v závislosti na regionu a typu pěstovaných stromů, poptávka po sazenicích bývá navíc často ovlivněna mimořádnými událostmi. Právě proto může efektivní řízení a diferenciací nabízených sazenic napomoci školcům udržet konkurenční výhodu. Způsoby, jakými jsou lesní školky provozovány mohou změnit moderní technologie, automatizace procesů a různá využití informačních technologií, jež zvyšují efektivitu a produktivitu. Zároveň tyto inovace mohou přispět ke zvýšení odolnosti sazenic vůči dopadům klimatických změn, které mají vliv na přežití sazenic.

Lesní školkařství patří mezi nejdynamičtější se rozvíjející obory lesní činnosti. I přesto, že existence lesa a tím i produkce dřevní hmoty následujících let je závislá na produkci sadebního materiálu lesních dřevin, je lesní školkařství v posledních letech z komplexního obsahu vnímání lesního hospodářství vytěšňováno (FOLTÁNEK 2010). Vzhledem k růstu podílu přirozené obnovy lesů se spotřeba sadebního materiálu stále snižuje. V takto měnících se podmínkách lesního hospodářství se lesní školkařství dostává do nelehké pozice a jeho existence nezávisí pouze na vnímání jeho potřeb ve vazbě na lesnictví, ale také na důkladném plánování. Vstup do problematiky plánování v lesním hospodářství je klíčovým krokem k porozumění komplexnosti a výzvam spojeným s udržitelným hospodařením s lesními zdroji. Plánování v lesním školkařství musí brát ohled na specifika přírodního prostředí, jako jsou klimatické podmínky, půdní charakteristiky a rozmanitost místních druhů. Efektivní plánování by mělo zajistit, aby sadební materiál harmonizoval s přirozenými procesy lesních ekosystémů. Rovněž musí zohledňovat náklady spojené s pěstováním sadebního materiálu, péči o něj a další faktory ovlivňujícími finanční stránku lesního školkařství. Tato udržitelnost je klíčová pro dlouhodobou schopnost udržet lesní školkařství jako životaschopný prvek lesního hospodářství.

Efektivní plánování si tak klade za cíl zajistit, aby lesní školkařství naplňovalo svou roli v udržitelném hospodaření s lesními zdroji a přispělo tak k zachování a ochraně lesního prostředí pro budoucí generace.

Od počátku 60. let 20. století se v lesním hospodářství využívají různé optimalizační přístupy, jež se i nadále rychle vyvíjejí a využívají nejen výpočetní techniku, ale i řadu specializovaných programů. Cílem je tyto přístupy zahrnout do plánovacích procesů na úrovni stromu, porostů, lesů a krajiny (KAYA, BETTINGER 2006). RIVIÈRE, CAURLA (2020) pro změnu zmiňují, že první programové modely lesnického sektoru byly vyvinuty/vznikaly v 70. letech 20. století, přičemž původ mají nejen v lesnické ekonomii, ale také v ekonomii přírodních zdrojů, ekonometrii a zároveň v dopravní problematice. JEFFERS (1964) uvádí, že matematické modely hrají klíčovou roli v lesním výzkumu při porozumění a simulaci různých procesů. Nejenže umožňují zkoumání složité interakce mezi různými faktory ovlivňující lesní ekosystém, ale zároveň jejich používání slouží k efektivnímu plánování výroby. Softwarových programů, které slouží k optimalizaci lesního hospodářství existuje celá řada, například LAPPI, LEMPINEN (2014) uvádí, že kombinací simulace porostů a optimalizací na úrovni lesa lze modelovat scénáře těžby na lesní ploše, a to následujícím způsobem, v první fázi se generují plány pro každou porostní jednotku, ve fázi druhé se následně tyto plány kombinují za pomoci lineárního programování s plány, jež zohledňují vytyčené cíle a jejich omezení. Optimalizace lesního hospodářství však není předmětem této práce, proto nebude dále rozváděna.

Přestože kvalitní sazenice v potřebném množství jsou předpokladem k úspěšnému zalesnění, neexistuje v lesním školkařství mnoho nástrojů, které by napomohly získat vodítko pro budoucí plánování a vyhodnotit, zda se v lesní školce hospodaří efektivně, bývá velmi obtížné. SADIQ a kol. (1998) například uvádí, že potřebné množství kvalitních sazenic je závislé na intenzivním plánování, pro jehož fáze jsou velmi důležité informace nejen z minulosti, ale také informace získané na základě osobních zkušeností. Proto byl vyvinut interaktivní multimediální počítačový program, autoři SADIQ a kol. (1998) ovšem neuvádí, o jaký multimediální počítačový program se jedná. Program si klade za cíl, zachytit a integrovat již zdokumentované poznatky o lesním školkařství. Nejenže se zaměřuje na oblast plánování a následnou realizaci pěstebních režimů, které umožňují pěstování dřevin během jednoho období, slouží také jako nástroj pro začínající školkaře. V 70. letech 20. století byl také navržen informační systém pro správu lesních školek (NMIS) s využitím MS Access®, který sloužil k podpoře školkařského programu v 9 lesních školkách USDA Forest Service. Cílem vytvoření informačního systému bylo sledovat stav od sběru osiva, následné manipulace se sadebním materiálem, včetně inventarizace až po jeho výsadbu. Systém se skládá ze zdrojového

a produktového subsystému (osivo, sazenice). Výhodou systému je, že dokáže pracovat jak s prostokořennými, tak s kontejnerovanými produkty, bez nutnosti tvořit pro každý sadebním materiál samostatný formulář (DAVIS 2003).

7 Operační výzkum

7.1 Charakteristika operačního výzkumu

Počátky operačního výzkumu jsou datovány do 30. a 40. let minulého století, jeho rozvoj nastal během 2. světové války, ale největší roli sehrál poválečný masivní ekonomický rozvoj a zdokonalování výpočetní techniky. Operační výzkum má rozmanité možnosti využití, dá se aplikovat v oblasti řízení zásob a výroby, při tvorbě dlouhodobých plánů a koncepcí, ale také střednědobých a krátkodobých projektů, lze jej také využít v problematice přímého řízení technologických a výrobních procesů (PLEVNÝ, ŽIŽKA 2010).

Základním nástrojem operačního výzkumu je matematické modelování. Model je pouze zjednodušeným obrazem tohoto systému, ale modelování má celou řadu výhod. Dle JABLONSKÉHO (2007) lze jako základní výhody modelového přístupu uvést:

- Použití matematických modelů umožňuje strukturalizaci systému a specifikaci všech možných variant systému, může jich být často neomezené množství.
- Modely umožňují analýzu chování systému ve zkráceném čase, mohou být simulovány na počítačích ve zlomcích sekund.
- Manipulace s modely je snadná, experimenty lze provádět pomocí změn jejich parametrů.
- Náklady na realizaci modelu nejsou sice nízké, ale jsou výrazně nižší než experimentování s reálným systémem (GROS 2003).

Úspěšnost aplikace modelu při řešení reálných problémů podmiňuje přesné vymezení účelové funkce a omezujících podmínek. Pokud model vyhovuje soustavě omezujících podmínek, mluví se o přípustném řešení. O optimální řešení se jedná při nalezení hodnoty rozhodovacích proměnných, které nejenže vyhovují soustavě omezujících podmínek, ale zajišťují i dosažení maxima či minima účelové funkce.

7.2 Základní disciplíny operačního výzkumu

Operační výzkum lze využít v široké škále oblastí reálného života. Mezi základní disciplíny operačního výzkumu v podnikové praxi lze zařadit:

- Matematické programování – zabývá se řešením úloh, ve kterých se jedná o optimalizaci kriteriální funkce na množině variant, které jsou dány soustavou omezení

ve formě lineárních nebo nelineárních rovnic či nerovnic. Lineární programování bývá nejčastěji použito pro finančnímu plánování tak, aby bylo dosaženo co nejvyššího zisku.

- Dopravní úloha – slouží k určení co nejméně nákladné přepravy materiálu, výrobků z několika míst (výroby, sklady) k několika odběratelům.
- Teorie grafů – používá se u analýz rozhodovacího problému, jehož model je vyjádřen ve formě grafu. V praxi se používá především při řešení tzv. problému obchodního cestujícího, tj. cílem je najít takovou cestu mezi všemi uzly, aby se každý uzel v této cestě vyskytl jednou a cesta začínala i končila ve stejném uzlu.
- Teorie zásob – zabývá se se strategií řízení zásobovacího procesu a optimalizací objemu skladovaných zásob s ohledem na minimalizaci celkových skladovacích nákladů nebo maximalizaci zisku. Jeden ze základních vzorců teorie zásob je např. Harris-Wilsonův vzorec.
- Teorie hromadné obsluhy – tzv. teorie front, cílem je optimalizovat systém tak, aby pracoval co nejefektivněji. Typickými místy pro využití jsou banky, pošty, mýtné brány na dálnicích, čerpací stanice, supermarkety atd.
- Modely obnovy – zkoumají systémy, ve kterých jsou jednotky, které po určité době provozu selžou a je třeba je opravit případně nahradit novými.
- Markovovské rozhodovací procesy – obecný prostředek pro popis chování dynamických systémů, které se mohou ve sledovaných časových úsecích nacházet vždy v některém z konečného počtu stavů základem je predikce budoucího chování takového systému (např. v pojišťovnictví odhad počtu klientů, kteří například i po 5 letech budou stále bez nehody).
- Přiřazovací problém – přidělení zdrojů jednotlivým alternativám tak, aby se například maximalizoval celkový zisk.
- Teorie her – analyzuje optimální strategie chování účastníků rozhodovacích situací, kteří si navzájem konkurují.
- Simulace – řešení některých rozhodovacích problémů pomocí počítačového experimentování s matematickým modelem daného systému (JABLONSKÝ 2007).

Řešení úloh operačního výzkumu je jednodušší při použití vhodných programových prostředků. Je možné využít tabulkový kalkulátor MS Excel (např. pro řešení úloh lineárního programování), mezi profesionálními programy jsou například STROM, Lindo, Lingo, DSWin, DecisionPro, CPLEX, OSL, XA a další (PLEVNÝ, ŽIŽKA 2010).

7.2.1 Matematické programování

Matematické programování se snaží o nalezení minima nebo maxima předem definovaného kritéria (zisk, náklady, objem výroby...) na množině všech přípustných řešení. Znamená to, že se hledá extrém zmíněného kritéria při platnosti omezujících podmínek, dané kritérium je vyjádřeno funkcí více proměnných a omezující podmínky jsou vyjádřeny pomocí soustavy rovnic či nerovnic (PLEVNÝ, ŽIŽKA 2010).

Matematické programování dále dělíme na lineární a nelineární programování, může být děleno i na programování celočíselné.

V lineárním programování jsou kriteriální funkce i všechny rovnice a nerovnice omezujících podmínek tvořeny lineárními výrazy. Lineární programování (dále jen „LP“) je nejpropracovanější oblastí operačního výzkumu. Důvody jsou následující: (PLEVNÝ, ŽIŽKA 2010).

- Vysoké množství typů a variant manažerských problémů lze formulovat pomocí modelů LP.
- Pokud se problém správně formuluje, je k dispozici celá řada dobrých programových prostředků a lze dosáhnout rychlé řešení i pro poměrně rozsáhlé úlohy.
- Algoritmy pro řešení úloh LP poskytují jako vedlejší produkt i řadu dalších informací velmi důležitých pro řídicí management.
- Praxe s používáním LP rozvíjí schopnosti využívat tento koncept při hledání optima (při splnění omezujících podmínek) i při intuitivním rozhodování.

O nelineární programování se jedná, pokud kriteriální funkce nebo alespoň jedna rovnice či nerovnice z omezujících podmínek je tvořena nelineárním výrazem. Řešení je složitější a často je nalezeno jen řešení dílčí, a zároveň ne úplně optimální. V praxi se proto využívají méně (PLEVNÝ, ŽIŽKA 2010).

7.2.2 Formulace úloh LP

U definovaného problému se musí nejdříve stanovit jeho ekonomický model. Je třeba stanovit optimalizační kritérium tj., znát cíl. Dále je třeba znát procesy pro ovlivnění výsledného efektu, tj. říditelné vstupy a znát také činitele, které mohou nějak omezit realizaci těchto procesů a které v rámci našich kompetencí a řešení daného problému nedokážeme ovlivnit (neříditelné vstupy).

Při formulaci modelu je také nutná dobrá znalost fungování zkoumaného reálného systému, dále mít přístup k věrohodným datům a znát i souvislosti, které mohou mít na

správnost řešení vliv. Je tedy vhodné, aby se formulace účastnil odpovědný pracovník daného podniku.

Po splnění výše uvedeného lze přistoupit ke konstrukci matematického modelu. V tomto okamžiku je důležité si také stanovit, co jsou rozhodovací proměnné. Jedná se o číselné hodnoty, které chceme po vyřešení modelu získat a na základě jakých dat lze považovat úlohu za vyřešenou. Každá z těchto doposud neznámých hodnot pak bude tvořit jednu proměnnou. Rovněž je nutné formulovat kritériální (účelovou) funkci, ta je v podstatě měřítkem kvality řešení a závisí na hodnotách v předchozím kroku definovaných proměnných. Při řešení se pak hledají takové hodnoty proměnných, při kterých tato funkce nabývá svého maxima nebo minima. Musí se také definovat všechna omezení dané úlohy, ta jsou formulována ve formě rovnic a nerovnic. Matematický model problému musí obsahovat všechna omezení. Nejčastěji se jedná o omezení související s disponibilním množstvím zdrojů nebo o tzv. „vazební“ podmínky (např. pokud není vyroben výrobek A, nemůže být vyráběn ani výrobek B), popřípadě o omezení určující obor hodnot jednotlivých proměnných (jako je například jejich nezápornost) (PLEVNÝ, ŽIŽKA 2010).

7.2.3 Simplexová metoda

Simplexová metoda nebo také tzv. simplexový algoritmus je základním, nejznámějším a nejčastěji používaným algoritmem pro nalezení optimálního řešení úloh v kanonickém tvaru úlohy, který poprvé odvodil a publikoval americký vědec Georg B. Dantzig. Jde o nejpoužívanější a velmi jednoduchou metodu, která se dobře programuje. Výpočet začínáme od kteréhokoliv přípustného řešení. Pokud toto řešení není optimální, tak poté v dalším kroku přecházíme k dalšímu přípustnému řešení, která má lepší (tzn. u maximalizační úlohy vyšší, u minimalizační nižší) nebo stejnou hodnotu účelové funkce (JABLONSKÝ, LAGOVÁ 2009). Existují však i jiné, asymptoticky rychlejší algoritmy pro řešení úloh lineárního programování. Patří mezi ně například elipsoidová metoda, či metoda vnitřních bodů.

7.2.3.1 Popis a formulace simplexové metody

Simplexovou metodu lze použít jen pokud je úloha v kanonickém tvaru. V případě, kdy tomu tak není, musí se úloha do kanonického tvaru převést. Kanonický tvar úlohy lineárního programování předpokládá minimalizační účelovou funkci. Úlohy, vztahující se například k zisku, ale mají účelovou funkci maximalizační. Převod maximalizačního problému na minimalizační se provede změnou tvaru účelové funkce, nová účelová funkce se z té původní získá změnou znamének všech koeficientů na opačná. Dále kanonický tvar úlohy lineárního

programování vyžaduje, aby omezující podmínky byly ve tvaru rovnic a pokud je omezující podmínka vyjádřena ve tvaru nerovnice, musí se nerovnost odstranit pomocí tzv. doplňkových proměnných. V případě nerovnosti typu \leq se k levé straně náležitě omezující podmínky připočte nová doplňková proměnná, u nerovnosti typu \geq se odečte od levé strany příslušné omezující podmínky další doplňková proměnná. Tyto doplňkové proměnné zůstávají v řešení, proto jsou jim v účelové funkci přiřazovány nulové koeficienty a tyto proměnné tak neovlivňují hodnotu účelové funkce. Rovněž platí, že vektor pravých stran omezujících podmínek musí být kladný, případně musí být příslušný řádek vynásoben minus jedničkou. Pro nalezení počátečního řešení je také nutné, aby existoval stejný počet jednotkových vektorů, jako je počet omezujících podmínek. A pokud některé jednotkové vektory chybí, přidávají se tzv. umělé proměnné, a to tak, že k řádku, kde má být jednička chybějícího jednotkového vektoru se tato umělá proměnná přičte. Přidání umělé proměnné mění i účelovou funkci. Zde, obdobně jako u doplňkových proměnných, se o každou umělou proměnnou rozšiřuje účelová funkce, v průběhu řešení jsou pak tyto umělé proměnné po vynulování odstraňovány (slouží pro nalezení počátečního řešení, nemají ekonomický význam). K umělým proměnným se tedy v účelové funkci přiřazuje jako koeficient velmi vysoké číslo, což je založeno na úvaze, že při minimalizaci účelové funkce budou tyto umělé proměnné s vysokými koeficienty vytlačeny. Toto číslo nebývá přesně definováno a přiřazuje se mu koeficient ω . Jedná se tedy o neurčité číslo a předpokládá se, že je dostatečně vysokým kladným číslem a je pro všechny umělé proměnné stejné. Při transformaci úlohy lineárního programování se nejprve tvoří doplňkové proměnné a teprve pak proměnné umělé. Doplňková proměnná může být zároveň také proměnnou umělou. „*Pokud by umělá proměnná měla zůstat v optimálním řešení, tak to naznačuje, že řešení ÚLP neexistuje.*“ (LINDA, VOLEK, 2011).

7.2.3.2 Simplexová tabulka

Simplexová tabulka je grafická pomůcka pro zjednodušení a vyšší přehlednost výpočtů prováděných v simplexové metodě a každému řešení odpovídá jedna simplexová tabulka. Není obecně formalizována a může nabývat různých podob.

7.2.3.3 Zakončení výpočtu v úlohách lineárního programování

Při aplikaci simplexové metody může dojít k několika různým způsobům zakončení výpočtu, přičemž ke čtyřem základním patří:

1. Jediné optimální řešení nastává tehdy, pokud neexistuje jiné řešení se stejnou hodnotou účelové funkce.

2. Nekonečně mnoho optimálních řešení. Tato situace nastává, pokud nalezneme alespoň dvě řešení se stejnou hodnotou účelové funkce.

3. Úloha nemá omezenou hodnotu účelové funkce, pokud nelze v kroku 3 simplexového algoritmu zvolit vedoucí řádek z důvodu, že všechny $p_{ik} < 0$. „V takovém případě je výpočet ukončen a tato situace indikuje skutečnost, že účelová funkce není omezená. Tato situace se někdy označuje tak, že optimální řešení je v nekonečnu.“ (JABLONSKÝ 2007).

4. Úloha nemá řešení. Tato možnost nastane, jestliže množina přípustných hodnot je prázdná. Při řešení některých úloh lineárního programování se může stát, že dojde k zacyklení a simplexový algoritmus se opakuje do nekonečna. Aby k tomu nedocházelo, bylo vyvinuto několik metod, například tzv. perturbační metoda.

7.2.4 Dualita

Každé úloze lineárního programování lze dle určitých pravidel přiřadit úlohu s ní sdruženou, tzv. duální úlohu. Pokud vytvoříme duální úlohu k duální úloze, vznikne znovu úloha primární. Proto se často mluví o dvojici duálně sdružených úloh (JABLONSKÝ, LAGOVA 2009).

Důvodů pro vytváření duálních úloh může být několik. Jedním z nich je skutečnost, že duální simplexový algoritmus nepracuje s umělými proměnnými a jejich řešení je tudíž technicky snadnější. Takovéto úlohy řešíme pomocí duálního simplexového algoritmu, ten se od primárního odlišuje pouze jinými podmínkami, dle kterých se vybírá vektor, který vyloučíme a vektor, který jej v novém řešení nahradí. Duální algoritmus použijeme, pokud je úloha primárně nepřipustná (některá pravá strana omezení je záporná) a duálně přípustná (všechny $z_j - c_j < 0$) a skončíme, když je úloha primárně i duálně přípustná. Ale ne všechny úlohy ale lze pomocí duálního algoritmu řešit.

7.3 Výpočetní technika a řešení úloh LP

Už v úvodu kapitoly o operačním výzkumu byl zmíněn velký vliv rozvoje výpočetní techniky a následně i vzniku velkého množství speciálních počítačových programů, kterých lze využít ke zjednodušení řešení úloh lineárního programování. Jedním z těchto programů je MS Excel, který je běžně dostupný a obsahuje speciální modul Řešitel (<https://support.microsoft.com/cs-cz>). Modul Řešitel obsahuje více metod pro řešení a lze jej použít jak pro řešení lineárního programování, tak nelineárního. Jedná se o gradientovou metodu, evoluční algoritmus a samozřejmě simplexovou metodu.

Samotná vlastní práce s tímto modulem je velice jednoduchá. Podstatnou a velice důležitou částí zpracování je příprava před vlastním použitím samotného modulu. V listu tabulkového procesoru je nutné nejprve vytvořit všechny části modelu.

V první fázi se musí vytvořit oblasti buněk, které budou obsahovat všechny koeficienty (z účelové funkce i podmínek), oblasti proměnných a oblasti pravých stran podmínek. Tyto oblasti jsou pak použity k vytvoření účelové funkce a všech levých stran podmínek. V jednotlivých buňkách je nutné vytvořit vzorce, a to pomocí označování daných buněk koeficientů a k nim příslušných proměnných.

Pokud jsou všechny tyto oblasti připravené a přesně rozvrženy, lze přejít k vlastnímu použití Řešitele. Jako první je nutné vymezit oblast proměnných, které bude Řešitel měnit. Dále je nutné označit buňku, kde byl v předchozím kroku vytvořen vzorec pro účelovou funkci, a rozhodnout a vyznačit, zda se jedná o maximalizační či minimalizační úlohu. Po tomto kroku se nastavují podmínky modelu. Už byly vytvořeny oblasti levých a pravých stran, nyní dojde k jejich spojení.

Jednotlivé podmínky se zanáší do Řešitele postupně. Označí se buňka obsahující levou stranu dané podmínky, vybere znaménko, které má mezi stranami podmínky být, a jako poslední se vybere příslušná pravá strana podmínky. Obdobný postup je u všech podmínek. Obligátní podmínky, které určují vlastnosti samotných proměnných, co se ale týče nezápornosti, jsou v Řešiteli již nastaveny a stačí pouze určit, zda je má Řešitel do modelu přidat.

Dokončením všech těchto kroků je vytvořen celý matematický model v Řešiteli a lze přejít k samotnému spuštění řešícího algoritmu. Vybere se metoda řešení, kterou má Řešitel použít, a v možnostech lze nastavit podrobnější zadání pro každou metodu. Pak už jen zbývá spustit řešení. Po ukončení se v samotném listu objeví výsledky, v oblasti proměnných se objeví hodnota každé proměnné a v buňce se vzorcem účelové funkce bude uvedena vypočtená hodnota účelové funkce.

Užití programu je jednoduché a každý, kdo ovládá základy sestavování matematických modelů, by měl být schopen tento program bez potíží využívat. Velkou výhodou je také rovněž možnost nastavení češtiny.

Využití výpočetní techniky usnadňuje práci s dlouhými výpočty, vyřešeno je během pár vteřin, a to i bez matematických chyb, které při delších výpočtech hrozí.

8 Náklady

Všeobecně lze uvést, že náklady jsou významným ukazatelem kvality činnosti podniku. Jsou základem jakýchkoliv aktivit, jejichž cílem je navýšení výkonnosti podniku (POPEŠKO 2016). Existují dvě základní pojetí nákladů, a to finanční a manažerské.

Finanční účetnictví sleduje a zaznamenává všechny náklady podniku a slouží jako přehled vlastníkům, akcionářům, podnikovému managementu, investorům, věřitelům. Tento druh účetnictví je standardizován a jeho hlavním úkolem je zaznamenávat údaje o finanční situaci podniku a sledovat finanční vazby s jeho okolím. Patří sem vazby s dodavateli, odběrateli, úřady, bankou, zaměstnanci, zdravotními pojišťovnami a jinými subjekty. Umožňuje tedy přehled o všech aktivech (stroje, materiál, zboží, pohledávky, peníze) a pasivech podniku (zdroje financování aktiv) a jeho účetních nákladech a výnosech, popisuje tedy skutečný stav.

Manažerské účetnictví je důležitým nástrojem pro řízení podniku. Jeho cílem je poskytovat vedení firmy potřebné informace pro plánování, kontrolu a rozhodování. Může jít o efektivní alokaci zdrojů, cenotvorbu produktů a služeb, analýzy nákladů a ziskovosti, hodnocení výkonnosti projektů, vhodnou volbu dodavatelů nebo třeba o správu zásob. Základem pro manažerského účetnictví je klasické účetnictví, ale patří k němu také kalkulace, statistiky, nebo ekonometrické metody. V manažerském účetnictví se využívá rozpočtování, analýza nákladů, nákladové kalkulace, analýza ziskovosti produktů a služeb, predikce či monitoring. Na rozdíl od finančního účetnictví tedy pracuje s řadou detailů a je flexibilnější. Manažerské účetnictví rozlišuje firemní náklady z různých pohledů, jako např. druhové nebo účelové členění.

8.1 Druhové třídění nákladů

Druhové třídění nákladů je takové třídění nákladů, kde jsou náklady rozděleny do různých skupin na základě spotřeby výrobních faktorů. Toto členění napomáhá organizaci řídit své náklady a zároveň odpovídá na otázku, co bylo spotřebováno. Mezi hlavní nákladové druhy lze uvést:

- spotřeba energie, surovin, paliv, materiálu apod.,
- náklady na mzdy a ostatní osobní náklady (platy, provize aj.),
- odpisy majetku,
- finanční náklady (pojistné apod.),
- náklady vynaložené na externí práce a služby (nájemné, cestovné aj.)

Tyto náklady již nelze jinak dělit, z tohoto důvodu se také označují jako náklady jednoduché (SYNEK 2007). Druhé členění je nezbytné hlavně pro finanční účetnictví. Náklady vstupují do firemních aktivit a představují výši a strukturu zdrojů vyjádřených peněžně. Metoda třídění nákladů je pro efektivní nákladové řízení značně nevyhovující, jelikož správné manažerské rozhodování je vázáno převážně na účel, k němuž byly náklady vynaloženy (POPESKO 2016).

8.2 Účelové třídění nákladů

Účelové třídění nákladů slouží hlavně pro interní užití v podniku, řeší totiž účel nákladů. Jedná se o náklady technologické a náklady na obsluhu a řízení, dále o náklady přímé a nepřímé a také o náklady jednicové a režijní. Sledování nákladů podle odpovědnosti slouží k vymezení pravomocí a odpovědnosti. Pokud je členění dle závislosti na změnách v objemu výroby, tak se označují jako variabilní a fixní náklady.

- Technologické náklady - „Náklady technologické jsou také náklady, které jsou bezprostředně vyvolány použitou technologií transformačního procesu nebo s ní nějakým způsobem účelově souvisí“ (POPESKO 2016). Tento druh nákladů předstávají například odpisy strojů nebo náklady spojené za pronájem výrobní haly.
- Náklady na obsluhu a řízení jsou takové náklady, které zahrnují veškeré náklady spojené s provozem zařízení v rámci podniku. Příkladem těchto nákladů mohou být například mzdy personalistů, IT náklady a náklady, které souvisí s řízením atd. (POPESKO 2016).
- Jednicové náklady lze charakterizovat jako část technologických nákladů, které souvisí nejen s procesem, ale také bezprostředně s konkrétní jednotkou výkonu (SYNEK 2007). Tento druh nákladů představuje náklad na základní materiál nebo mzdy výrobních dělníků.
- Režijní náklady představují takové náklady, které jsou z části tvořeny technologickými náklady a všemi, které jsou vynaloženy na obsluhu a řízení nebo také náklady na mzdy údržbářů (SYNEK 2007).

Díky analýze nákladů a výnosů lze lépe porozumět tomu, nakolik jsou dané aktivity firmy efektivní a ziskové. Podle toho lze následně plánovat a alokovat zdroje.

8.3 Kalkulační členění nákladů

Kalkulace a cenotvorba mají v manažerském účetnictví důležitou roli, poskytují totiž informace o nákladech s výrobou produktů nebo poskytováním služeb. Hlavním principem

kalkulačního členění nákladů je systematické přiřazení a rozdělení nákladu k výkonu nebo jeho části. Kalkulační členění nákladů zahrnuje několik úrovní. V první fázi se náklady nejčastěji rozdělí na výrobní a nevýrobní, podle kterých se dále dělí na základě jednotlivých druhů činností ve výrobním procesu. Takto přidělené náklady se následně dělí do dvou hlavních skupin, a to na náklady přímé a nepřímé (POPESKO 2016).

- Přímé náklady jsou takové náklady, které jsou bezprostředně vázány s konkrétním druhem výkonu. Tyto náklady zahrnují primárně přímý materiál a přímé mzdové náklady.
- Nepřímé náklady jsou náklady, které nelze přímo přiřadit k výrobě konkrétního výrobku, jsou tedy vynaloženy na výrobu více druhů výrobků. Lze je zároveň využít na chod podniku.

8.4 Klasifikace nákladů dle změn v objemu výroby

Klasifikace nákladů dle změn v objemu výroby je význačným nástrojem manažerského účetnictví. Oproti již zmíněným klasifikacím, které se zaměřují na náklady spotřebované je tento druh členění zaměřen na budoucí objem výroby podniku. Základní rozdělení těchto nákladů je členění na variabilní a fixní náklady.

- Variabilní náklady se mění kvantitativně v závislosti na změnách v objemu výroby. Příkladem variabilních nákladů může být spotřeba základního materiálu.
- Fixní náklady jsou náklady, které jsou konstantní, bez ohledu na množství objemu produkce nebo provozní aktivity společnosti. Z pravidla se jedná o velkou část režii, například odpisy, nájemné, leasingové poplatky aj. (POPESKO 2016).

9 Metodika

9.1 Školka okrasných roslin – Vladimír Joska

Soukromá rodinná školka byla založena v roce 1989 na levém břehu Tiché Orlice v obci Malá Čermná nad Orlicí na rozloze cca 0,5 ha. Geograficky se firma nachází v podhůří Orlických hor, což je oblast vzhledem k mimořádně příznivým přírodním podmínkám jako je příznivý průběh teplot v průběhu roku, mírná zima, úrodná půda, známá jako význačná školkařská oblast. V okolí školky se proto nachází mnoho dalších samostatných školkařských podniků zabývajících se produkcí SMLD.

V současné době školka obhospodařuje cca 3,5 ha produkční plochy a jedná se o finančně zdravou a stabilní společnost, která se v minulých ani současných letech nepotýkala s většími finančními problémy. Vedle produkce SMLD se výhradně specializuje na sortiment roubovaných jehličnatých rostlin, jehličnatých semenáčků v Quick Pot obalech a jehličnatých podnoží určených k dalšímu zpracování. Celkový počet nabízených druhů je v současné době 22. Firma je členem Svazu školkařů a spolupracuje výhradně s velkoodběrateli. Kontejnerovou rostlinnou produkci dodávají do zahradnických center. K hlavním odběratelům vyprodukovaného sadebního materiálu dřevin patří primárně zákazníci z členských států Evropské unie, z nich pak nejvíce Slovensko, ojediněle není ani Holandsko a další. Školka úzce spolupracuje se školkařskými podniky v Polsku. Převážnou většinu veškeré produkce pěstují na základě objednávek, proto důležitou roli hraje plánování a odhad budoucího vývoje.

Celkové fungování této rodinné školky je založeno na rodinném know-how. Pracovní prostředí se vyznačuje neformálními vztahy, vysoce týmovou prací a příjemnou pracovní atmosférou, což je z velké části dáno právě rodinným charakterem. Základem firmy jsou její majitelé, tj. zakladatel se synem a jejich manželky, součástí týmu jsou 3 stálí zaměstnanci a v menší míře brigádníci, převážně v období sezonních prací.

Majitelé školky si velmi zakládají na moderních způsobech produkce, proto je provoz průběžně inovován. Nejedná se jen o hmotné vybavení (fóliovníky, technologické linky, stroje), ale také i používané technologie (secí linky, třídičky sazenic aj.). Technologickou specialitou je technologie tzv. „posuvných stolů“. Posuvné stoly se sítí umožňují vytvořit dostatečný vzduchový polštář pro obalovanou sadbu, což funguje jako přirozená tepelná izolace. Pomocí těchto stolů dochází k optimalizaci využití produkční plochy, na stejnou plochu je pak možné umístit až o 20 % více rostlin. To umožní v konečném důsledku i snížení nákladů přepočtených na jednu sazenici. Posuvné stoly ulehčují výrazně i manipulaci se sadbou, umožňují totiž ruční

i automatický posun. To v praktickém důsledku představuje snížení rizika poškození sadby neodborným zacházením a snížení času potřebného pro „otuzování sadby“ v jarních měsících. Školka je vybavena plně automatizovaným závlahovým systémem a v posledních letech investovala značnou část finančních prostředků do budování tzv. fóliovníků, které umožňují minimalizovat klimatická rizika pěstování obalované sadby. Rovněž mají vliv na prodloužení sezóny a umožní manipulaci s výrobky včetně jejich vlastního pěstování při souběžném urychlení růstu.

V rámci vlastních prostor školky jsou všechny přístupové a manipulační cesty zpevněné kamenivem, úložné plochy jsou pokryty textilní folií. Enormní pozornost je pak věnována pořádku a čistotě na pracovištích, kvalitě získaného osiva, důraz majitelé kladou na péči o pracovníky, a to kmenové i brigádníky. Pozornost je věnována i vnější prezentaci firmy a reklamě. V popředí všeho stojí zákazník a za podstatou úspěšného fungování firmy stojí dodržování požadavků zákazníka a smluvních termínů. Kvalita produktů je zabezpečena neustálou modernizací a inovací přístrojů, zejména využíváním nejnovějších technologií, ale také vlastní recepturou substrátu.

9.2 Zadání úlohy

„Je důležité si uvědomit, že pěstování SMLD představuje proces, který trvá několik let. Mezi okamžikem rozhodnutí o tom, co bude zaseto, a samotným vysazením sazenice v lese, uplynou roky“ (MARTINEC 2019).

Společnost před 18 lety vybudovala první fóliovníky, které umožňují minimalizovat klimatická rizika. Před dvěma roky byla jejich plocha rozšířena o dalších 4500 m². V současnosti se budují fóliovníky pro dalších 1200 m² produkční plochy. Jejich celkový počet je pět. První s plochou 0,46 ha je vybaven již zmíněnými posuvnými stoly. Jednotlivé stoly pojmu například 46 sadbovačů se SMLD (335 x 515 mm). Další tři fóliovníky o rozměrech 46 x 9 m již posuvnými stoly nedisponují a jejich kapacita se odvíjí od velikosti používaných kontejnerů. Společnost využívá tři druhy velikostí kontejnerů, a to v závislosti na typu dřeviny. Velikost posledního fóliovníku je 12 x 62 m a ani tento není vybaven posuvnými stoly.

Ve výsledku je školka schopna vypěstovat jednoletý výpěstek, který lze následně použít již na podzim téhož roku k výsadbě. Převážně se v tomto případě jedná o výpěstky listnaté, u jehličnanů se pak jedná o modřín a borovici. V případě jedle či staršího SMLD (odrostky a poloodrostky) trvá vypěstování společnosti tři až čtyři roky.

Samotný periodický proces výpěstku lze popsat následovně – k výsadbě dochází na jaře, v květnu se sazenice přesazují a vyváží na venkovní plochu. Po dopěstování SMLD dochází na

podzim k tzv. vyzvedávání rostlin. Výpěstky se protřídí dle prodejních parametrů a požadavků zákazníka. Samotná expedice materiálu probíhá převážně na podzim, popřípadě opět na podzim následujícího roku. Celkový roční objem SMLD školky činí tři miliony kusů, přičemž 2,5 milionů se vysazuje v první etapě, po vyvezení na venkovní plochy dochází k dopěstování zbývajících objemu produkce.

Vzhledem k omezeným prostorovým kapacitám jen zlomek produkce může být přenesen do následujícího roku. V celkovém objemu se však jedná o zanedbatelná čísla (cca 10 000 sazenic).

9.3 Optimalizační model

Před řešením modelu lineárního programování je důležité stanovit jeho proměnné, omezující podmínky (rovnice a nerovnice) a účelovou funkci s jejich extrémy (maximalizací nebo minimalizací).

Účelová funkce:

$$\min Z = \sum_{t=1}^T \sum_{d=1}^D n_{td}^o x_{td}^o + n_{td}^s x_{td}^s$$

kde T je celkový počet let, na které chceme plánovat, D je celkový počet dřevin, pro který chceme vytvořit plán n_{td}^o jsou jednotkové náklady v roce t pro dřevinu d , která byla vypěstována z osiva, n_{td}^s jsou jednotkové náklady v roce t pro dřevinu d , která byla vypěstována z nakoupených sazenic, x_{td}^o a x_{td}^s jsou počty kusů ve školce v roce t dřeviny d .

Za podmínek:

$$x_{td}^o + x_{td}^s \geq A_{td} \quad \forall t, d$$

kde A je minimální požadovaný počet kusů dřeviny d v roce t (například zasmluveněné počty sazenic, které musí být dodány odběrateli).

$$\sum_{d=1}^D x_{td}^o + x_{td}^s = K_t \quad \forall t$$

kde K je celková kapacita školky. Je požadavek tuto kapacitu využít celou, proto se v modelu pracuje s rovnicemi. Model musí umožňovat teoreticky změnu maximální kapacity v průběhu plánovacího horizontu (například kvůli změně technologie, rozšíření pěstebních ploch apod.).

$$x_{td}^o + x_{td}^s = o_{td} + s_{td} \quad t = 1, \forall d$$

Tato rovnice platí pro první rok plánu a vyjadřuje předpoklad, že v prvním roce plánu je počet kusů dané dřeviny roven nákupu osiva a sazenic. Množství osiva vstupuje do modelu upravené o očekávanou klíčivost. U sazenic se počítá se 100% úspěšností.

Pro každý další rok plánu platí, že počty sazenic ve školce jsou rovny počtu sazenic z předešlého roku, které jsou kráceny o prodej z předešlého roku (p_{t-1d}) a navýšený o nákup nového osiva a sazenic:

$$x_{td}^o + x_{td}^s = x_{t-1d}^o + x_{t-1d}^s - p_{t-1d} + o_{td} + s_{td} \quad t > 1, \forall d$$

Tato rovnice je pak při řešení upravována pomocí nulových koeficientů v závislosti na typu dřeviny a roku plánu vyjadřující různé školkařské postupy pro různé dřeviny.

Povinnou součástí modelu musí být i podmínky nezápornosti:

$$x_{td}^o, x_{td}^s \geq 0$$

Vytvořený matematický model byl řešen v softwaru MS excel a jeho pluginu Solver (<https://support.microsoft.com/cs-cz>).

9.4 Odvození nákladů

Pro dosažení úspěšné optimalizace nákladů a sestavení modelů lineárního programování bylo důležité provést důkladnou analýzu stávajících nákladů a identifikovat oblasti, kde lze úspory provést. Základem této analýzy bylo zjištění a popis základních složek jednotlivých nákladů, které se podílejí na tvorbě celkových nákladů jedné sazenice, základní metodou je pak lineární programování.

Data, použitá v balářské práci, byla získána z účetní závěrky společnosti za období roku 2022, pro postupnou analýzu byla použita podrobnější data z účetnictví společnosti.

Ceny jednotlivých výpěstků byly stanoveny na základě odhadu z finančních podkladů. V případě celkových nákladů bylo nejprve nutné, identifikovat všechny složky a procesy, které se na nákladech podílejí. Předešlá kapitola uvádí, že maximální kapacita školky činí tři miliony kusů sazenic. Z celkového objemu produkce bylo dle vlastníka v roce 2022 prodáno cca 570 000 sazenic buku, cca 1000 000 dubu, 300 000 sazenic smrku a 250 000 jedle. Zbývající objem produkce tvořily ostatní druhy dřevin. Lze tedy říci, že 2 120 000 sazenic, tj. 70, 66% produkce, tvořil prodej 4 druhů sazenic. Všechny náklady byly rozděleny do 6 skupin. Tabulka č. 1 obsahuje skupinu nákladů, které bezprostředně souvisí se stroji, které společnost vlastní. Tato skupina nákladů však zahrnuje i náklady na pohonné hmoty a dopravu. Tabulka č. 2 zahrnuje veškerý materiál potřebný pro následnou manipulaci se SMLD. Jedná se například o

substrát, strečové fólie, bambusy, kokosová vlákna proti plevelu a jiné předměty. Z tabulky je zřejmé, že nejvyšší náklady byly vynaloženy na obaly, a to z důvodu nákupu zásob do budoucna. Jednalo se tedy o jednorázovou investici. V tabulce č. 3 jsou uvedeny režijní náklady. Tato skupina nákladů zahrnuje náklady na elektrickou energii, platy zaměstnanců společnosti a zákonem stanovené povinné odvody (tj. sociální a zdravotní pojištění), dále je tato skupina doplněna o náklady vynaložené na telefonní služby, internetové připojení a služby účetní. Další samostatnou skupinu nákladů tvoří náklady spojené s manipulací SMLD, v tomto případě se jedná nejen o stratifikaci a uchování osiva, ale i o náklady vynaložené na nákup osiva a sazenic. Dle vlastníka a finančních dokladů dochází k nákupu osiva u všech druhů dřevin, sazenice jedle vlastníka nenakupuje, z tohoto důvodu tento druh nákladu zahrnut u této dřeviny nebyl. V případě zájmu vlastníka o přesnější výsledky by bylo nutné tento druh nákladů dále dělit. Předmětem této práce ovšem není důkladná analýza nákladů, z tohoto důvodu je takovéto dělení dostačující. Celkové vyčíslení všech nákladů činí 13 576 002 korun.

Tabulka č. 1

Náklady na stroje	v Kč
PHM – stroje	373 568
Servis strojů	31 419
Pojištění strojů	36 261
Náklady na dopravu	519 312
CELKEM:	960 561

Tabulka č. 2

Zahradní materiál	v Kč
Květináče	3 939 500
Substrát	1 100 000
Hnojivo	240 000
Doplňky	273 524
Vápenec	858
CELKEM:	5 553 882

Tabulka č. 3

Režijní náklady	v Kč
Zálohy energie	180 660
Náklady na ubytování sezonních zaměstnanců	177 100
Povinné odvody na sociální, zdravotní pojištění	421 204
Mzdy – sezonní zaměstnanci	1 227 351
Telefon	25 163
IT výdaje, předplatné	9 000
Služby účetní	191 100
CELKEM:	2 231 578

Tabulka č. 4

Manipulace se SMLD	v Kč
Stratifikace, luštění, uskladnění	677 067
Nákup osiva	2 148 126
Nákup sazenic	2 004 788
CELKEM:	4 829 981

Tabulka č. 5 Náklady na jednu sazenici

Náklady (Kč/ks)	Buk	Dub	Smrk	Jedle
Sadební materiál	1,27 Kč	2,63 Kč	0,46 Kč	-
Osivo	3,63 Kč	0,46 Kč	0,09 Kč	0,20 Kč
Stratifikace	0,86 Kč	0,16 Kč	-	-
Pěstování	0,41 Kč	0,41 Kč	0,41 Kč	0,41 Kč
Stroje a auta	0,07 Kč	0,07 Kč	0,07 Kč	0,07 Kč
Režijní náklady	0,17 Kč	0,17 Kč	0,17 Kč	0,17 Kč

Tabulka č. 5 uvádí přehled jednotlivých položek nákladů školky a jejich finančních hodnot ve vztahu k vybraným dřevinám v korunách. Tato analýza slouží jako podklad k tvorbě modelů za pomoci lineárního programování.

10 Výsledky

Všechny výpočty byly odvozeny z reálných dat firmy pana Vladimíra Josky. S ohledem na širokou nabídku nabízených produktů, bylo v další fázi nutné, stanovit klíčové dřeviny, které budou vybrány pro model lineárního programování. Vliv na rozhodnutí měla poptávka po SMLD z posledních let. Nejen důraz na environmentálně přívětivý přístup, ale také snaha lesníků udržet pestrou druhovou skladbu zapříčinily, že se společnost potýkala se zvýšenou poptávkou po sazenicích dubu a buku. Z tohoto důvodu byly pro modely zvoleny dva zástupci listnatých a dva zástupci jehličnatých dřevin.

Dalším krokem bylo nezbytné stanovit jednotkovou cenu klíčových dřevin. S ohledem na citlivost údajů a zachování firemního tajemství byla data stanovena odhadem z poskytnutých finančních dokladů. Zde bylo počítáno s průměrnou klíčivostí osiva 50 % a ujímavostí sazenic 100 %. Z takto vypočítané ceny byly následně vytvořeny dva druhy modelů. První model pracuje s daty bez vyrovnanosti nákladů a druhý model pracuje s daty s vyrovnaností nákladů.

Oba modely počítají s možností maximálního využití kapacity školky. Jak již bylo uvedeno, maximální kapacita školky činí 3 miliony kusů sazenic. Oba modely podmiňují stejné parametry. První parametr – zasmluvnění počtu prodaných sazenic - 100 000, 200 000, 300 000 a 400 000 kusů. Druhý parametr – míra inflace, v úrokových sazbách 2 %, 5 % a 10 %. Takto zvolené hodnoty inflace odrážejí hospodářský vývoj v České republice. Dle České národní banky dosáhla celková inflace v roce 2023 hodnoty 10,7 %. Celková inflace v 1Q. 2024 byla 2,9 % a odhad pro nadcházející rok 2025 je 2,0 % (cnb.cz). Oba modely byly vytvořeny na 4leté období. Odlišnost modelů spočívá ve vyrovnanosti nákladů. Zatímco první model nepočítá s nákladovou vyrovnaností, model druhý je náklady striktně omezen.

10.1 Model bez vyrovnanosti nákladů

V tabulce č. 6 jsou prezentovány počty sazenic při stanovené úrokové míře 2 % při požadavku na minimální počet sazenic 100 000, 200 000, 300 000 a 400 000 kusů od každé dřeviny. Z tabulky je patrné, že v prvním roce jsou vyrovnané sazenice buku, smrku a jedle. Naopak u sazenic dubu spatřujeme markantní rozdíl oproti ostatním druhům. V následujících letech se počty vypěstovaných sazenic dubu oproti prvním roku výrazně snižují. Toto výrazné snížení zapříčiňují nízké náklady na vypěstování sazenic jedle, jak dokazuje tabulka č. 5. Z tabulky je dále zřejmé, že náklady ve druhém a třetím roce, oproti prvnímu a druhému roku, kolísají u sazenic všech druhů, a to nejen z důvodu nutnosti nákupu osiva pro nadcházející období. Z hlediska plánování by bylo žádoucí tento výkyv zohlednit.

Další varianty výsledků, které jsou uvedeny tabulkách 7 a 8, se odlišují pouze úrokovou mírou inflace. Tabulka č. 7 interpretuje výsledky pro úrokovou míru inflace 5 % a tabulka č. 8 pro 10 %. Obdobně jako u prvního modelu, převažuje vyšší počet sazenic dubu pouze v prvním roce, následně je upřednostněna jedle. Náklady kolísají taktéž v roce druhém a třetím, v roce čtvrtém markantně narůstají, a to z možného důvodu plánování dalšího výrobního cyklu.

Ze všech uvedených modelů lineárního programování je patrné, že upřednostňují jedli, jelikož se jedná o dřevinu s nejnižšími náklady na vypěstování. Dále je zřejmé, že úroková míra nemá vliv na strukturu sazenic, ovlivňuje pouze výši nákladů. Tyto výsledky nemají pro společnost zásadní vliv, ale pro účel této práce jsou relevantní.

Tabulka č. 6

Navržené optimální počty sazenic pro 2 % úrokovou míru inflace a minimální požadované kusy sazenic jednotlivých dřevin 100 000, 200 000, 300 000 a 400 000

		Buk	Dub	Smrk	Jedle	Celkem	Celkové náklady
Rok	Minimálně 100 000 kusů						
	1	200000	2600000	100000	100000	3000000	3 845 000,00 Kč
	2	100000	100000	100000	2700000	3000000	162 180,00 Kč
	3	100000	100000	100000	2700000	3000000	276 746,40 Kč
	4	100000	100000	100000	2700000	3000000	2 863 139,18 Kč
	Minimálně 200 000 kusů						
	1	400000	2200000	200000	200000	3000000	3 880 000,00 Kč
	2	200000	200000	200000	2400000	3000000	324 360,00 Kč
	3	200000	200000	200000	2400000	3000000	553 492,80 Kč
	4	200000	200000	200000	2400000	3000000	3 370 396,61 Kč
	Minimálně 300 000 kusů						
	1	600000	1800000	300000	300000	3000000	3 915 000,00 Kč
	2	300000	300000	300000	2100000	3000000	486 540,00 Kč
	3	300000	300000	300000	2100000	3000000	830 239,20 Kč
	4	300000	300000	300000	2100000	3000000	3 877 654,03 Kč
	Minimálně 400 000 kusů						
	1	800000	1400000	400000	400000	3000000	3 950 000,00 Kč
	2	400000	400000	400000	1800000	3000000	648 720,00 Kč
	3	400000	400000	400000	1800000	3000000	1 106 985,60 Kč

	4	400000	400000	400000	1800000	3000000	4 384 911,46 Kč
--	---	--------	--------	--------	---------	---------	-----------------

Tabulka č. 7

Navržené optimální počty sazenic pro 5 % úrokovou míru inflace a minimální požadované kusy sazenic jednotlivých dřevin 100 000, 200 000, 300 000 a 400 000

		Buk	Dub	Smrk	Jedle	Celkem	Celkové náklady
Rok	Minimálně 100 000 kusů						
	1	200000	2600000	100000	100000	3000000	3 845 000,00 Kč
	2	100000	100000	100000	2700000	3000000	166 950,00 Kč
	3	100000	100000	100000	2700000	3000000	293 265,00 Kč
	4	100000	100000	100000	2700000	3000000	3 123 272,25 Kč
	Minimálně 200 000 kusů						
	1	400000	2200000	200000	200000	3000000	3 880 000,00 Kč
	2	200000	200000	200000	2400000	3000000	333 900,00 Kč
	3	200000	200000	200000	2400000	3000000	586 530,00 Kč
	4	200000	200000	200000	2400000	3000000	3 676 617,00 Kč
	Minimálně 300 000 kusů						
	1	600000	1800000	300000	300000	3000000	3 915 000,00 Kč
	2	300000	300000	300000	2100000	3000000	500 850,00 Kč
	3	300000	300000	300000	2100000	3000000	879 795,00 Kč
	4	300000	300000	300000	2100000	3000000	4 229 961,75 Kč
	Minimálně 400 000 kusů						
	1	800000	1400000	400000	400000	3000000	3 950 000,00 Kč
	2	400000	400000	400000	1800000	3000000	667 800,00 Kč
	3	400000	400000	400000	1800000	3000000	1 173 060,00 Kč
	4	400000	400000	400000	1800000	3000000	4 783 306,50 Kč

Tabulka č. 8

Navržené optimální počty sazenic pro 10 % úrokovou míru inflace a minimální požadované kusy sazenic jednotlivých dřevin 100 000, 200 000, 300 000 a 400 000

		Buk	Dub	Smrk	Jedle	Celkem	Celkové náklady
Rok	Minimálně 100 000 kusů						
	1	200000	2600000	100000	100000	3000000	3 845 000,00 Kč

2	100000	100000	100000	2700000	3000000	174 900,00 Kč
3	100000	100000	100000	2700000	3000000	321 860,00 Kč
4	100000	100000	100000	2700000	3000000	3 591 038,00 Kč
Minimálně 200 000 kusů						
1	400000	2200000	200000	200000	3000000	3 880 000,00 Kč
2	200000	200000	200000	2400000	3000000	349 800,00 Kč
3	200000	200000	200000	2400000	3000000	643 720,00 Kč
4	200000	200000	200000	2400000	3000000	4 227 256,00 Kč
Minimálně 300 000 kusů						
1	600000	1800000	300000	300000	3000000	3 915 000,00 Kč
2	300000	300000	300000	2100000	3000000	524 700,00 Kč
3	300000	300000	300000	2100000	3000000	965 580,00 Kč
4	300000	300000	300000	2100000	3000000	4 863 474,00 Kč
Minimálně 400 000 kusů						
1	800000	1400000	400000	400000	3000000	3 950 000,00 Kč
2	400000	400000	400000	1800000	3000000	699 600,00 Kč
3	400000	400000	400000	1800000	3000000	1 287 440,00 Kč
4	400000	400000	400000	1800000	3000000	5 499 692,00 Kč

10.2 Model s vyrovnaností nákladů

Z tabulky č. 9 je patrné, že oproti předchozí tabulce bez vyrovnanosti nákladů ovlivňuje míra inflace v případě modelu s vyrovnaností nákladů jak výši nákladů, tak i strukturu pěstovaných sazenic. Model i nadále upřednostňuje v určitých situacích sazenice jedle, avšak rozdíl již není ve všech obdobích tak markantní.

Velmi obdobná je situace v případě zasmluvnění 100 000 a 200 000 kusy, při 2 % úrokové míře inflace je patrné, že model upřednostnil ve všech obdobích striktně jedli. Na druhou stranu je z tabulky zřejmé, že se zvyšujícím se počtem zasmluvnění struktura sazenic jedle kolísá a oproti tomu nárůstá struktura smrku. Zcela odlišná situace je v případě zasmluvnění 400 000 kusy. V prvním roce model klade důraz na sazenice smrku, naopak v roce druhém má smrk výsledky nejnižší a upřednostňují se listnaté dřeviny. Ve třetí a čtvrtém roce je zjevné, že model upřednostňuje opět smrk.

Zcela odlišná není situace ani při inflaci 5 a 10 %. Jak je zřejmé z tabulky č. 10 a 11. I zde platí, že při nízkém počtu zasmluvnění (100 000 a 200 000) model velmi striktně upřednostnil ve všech čtyřech obdobích jedli oproti ostatním dřevinám. I zde je patrné, že čím vyšší zasmluvnění je, tím různorodější je struktura sazenic. A tento fakt by tedy mohl mít vliv i na budoucí nákupy sazenic.

Tabulka č. 9

Navržené optimální počty sazenic pro 2 % úrokovou míru inflace a minimální požadované kusy sazenic jednotlivých dřevin 100 000, 200 000, 300 000 a 400 000

		Buk	Dub	Smrk	Jedle	Celkem	Celkové náklady
Rok	Minimálně 100 000 kusů						
	1	100000	285274	459742	2154984	3000000	2 726 243,35 Kč
	2	260855	446129	138032	2154984	3000000	2 726 243,35 Kč
	3	445016	100000	300000	2154984	3000000	2 726 243,35 Kč
	4	345016	100000	500000	2054984	3000000	2 726 243,35 Kč
	Minimálně 200 000 kusů						
	1	200000	200000	849486	1750514	3000000	3 096 604,94 Kč
	2	478818	478818	291850	1750514	3000000	3 096 604,94 Kč
	3	449486	200000	600000	1750514	3000000	3 096 604,94 Kč
	4	249486	200000	1000000	1550514	3000000	3 096 604,94 Kč
	Minimálně 300 000 kusů						
	1	300000	300000	1200000	1200000	3000000	3 466 966,54 Kč
	2	750000	750000	300000	1200000	3000000	3 466 966,54 Kč
	3	600000	300000	900000	1200000	3000000	3 466 966,54 Kč
	4	300000	300000	1500000	900000	3000000	3 466 966,54 Kč
	Minimálně 400 000 kusů						
	1	400000	425197	1474803	700000	3000000	3 849 001,42 Kč
	2	937401	962599	400000	700000	3000000	3 849 001,42 Kč
	3	800000	400000	1100000	700000	3000000	3 849 001,42 Kč
	4	400000	400000	1800000	400000	3000000	3 849 001,42 Kč

Tabulka č.10

Navržené optimální počty sazenic pro 5 % úrokovou míru inflace a minimální požadované kusy sazenic jednotlivých dřevin 100 000, 200 000, 300 000 a 400 000

		Buk	Dub	Smrk	Jedle	Celkem	Celkové náklady
Rok	Minimálně 100 000 kusů						
	1	219445	102203	538362	2139990	3000000	2 973 938,63 Kč
	2	439727	320283	100000	2139990	3000000	2 973 938,63 Kč
	3	460010	100000	300000	2139990	3000000	2 973 938,63 Kč
	4	360010	100000	500000	2039990	3000000	2 973 938,63 Kč
	Minimálně 200 000 kusů						
	1	200000	200000	866518	1733482	3000000	3 377 949,75 Kč
	2	533259	533259	200000	1733482	3000000	3 377 949,75 Kč
	3	466518	200000	600000	1733482	3000000	3 377 949,75 Kč
	4	266518	200000	1000000	1533482	3000000	3 377 949,75 Kč
	Minimálně 300 000 kusů						
	1	1077085	300000	422915	1200000	3000000	3 781 960,88 Kč
	2	750000	750000	300000	1200000	3000000	3 781 960,88 Kč
	3	600000	300000	900000	1200000	3000000	3 781 960,88 Kč
	4	300000	300000	1500000	900000	3000000	3 781 960,88 Kč
	Minimálně 400 000 kusů						
	1	400000	400000	1800000	400000	3000000	4 198 705,88 Kč
	2	1100000	1100000	400000	400000	3000000	4 198 705,88 Kč
	3	800000	400000	1100000	700000	3000000	4 198 705,88 Kč
	4	400000	400000	1800000	400000	3000000	4 198 705,88 Kč

Tabulka č.11

Navržené optimální počty sazenic pro 10 % úrokovou míru inflace a minimální požadované kusy sazenic jednotlivých dřevin 100 000, 200 000, 300 000 a 400 000

		Buk	Dub	Smrk	Jedle	Celkem	Celkové náklady
Rok	Minimálně 100 000 kusů						
	1	208196	100000	598399	2093405	3000000	3 419 339,00 Kč
	2	403298	403298	100000	2093405	3000000	3 419 339,00 Kč
	3	506595	100000	300000	2093405	3000000	3 419 339,00 Kč
	4	406595	100000	500000	1993405	3000000	3 419 339,00 Kč
	Minimálně 200 000 kusů						
	1	258914	635988	400000	1705097	3000000	3 883 858,00 Kč

2	547451	547451	200000	1705097	3000000	3 883 858,00 Kč
3	494903	200000	600000	1705097	3000000	3 883 858,00 Kč
4	294903	200000	1000000	1505097	3000000	3 883 858,00 Kč
Minimálně 300 000 kusů						
1	900000	300000	600000	1200000	3000000	4 348 377,00 Kč
2	750000	750000	300000	1200000	3000000	4 348 377,00 Kč
3	600000	300000	900000	1200000	3000000	4 348 377,00 Kč
4	300000	300000	1500000	900000	3000000	4 348 377,00 Kč
Minimálně 400 000 kusů						
1	400000	588727	1611273	400000	3000000	4 827 537,00 Kč
2	1100000	1100000	400000	400000	3000000	4 827 537,00 Kč
3	800000	400000	1100000	700000	3000000	4 827 537,00 Kč
4	400000	400000	1800000	400000	3000000	4 827 537,00 Kč

11 Diskuse

Lesní školkařství má dlouhodobý charakter výroby. Jak zmiňuje MARTINEC (2019), pěstování SMLD trvá i několik let. Proto je nezbytné plánovat výsadbu sazenic opatrně a promyšleně. Například VASCONCELOS a kol. (2012) uvádějí, že podnikání v oboru lesního školkařství vyžaduje vyšší úroveň kontroly nákladů a vyšší úroveň plánování. Vzhledem k tomu, že školka pana Josky v posledních letech investovala značnou část finančních prostředků do zavádění nových technologií je návratnost investice celkem diskutabilní. A to nejen s ohledem na velmi turbulentní dobu na trhu se sadebním materiálem, ale i s téměř nemožnou predikcí jeho budoucího vývoje. Lineární programování by tedy mohlo být vhodným výpočetním nástrojem, který napomůže vlastníkovi s odhadem budoucího objemu produkce.

Také výsledky v brazilských lesních školkách dle VASCONCELOS a kol. (2012) ukazují, že drtivá většina lesních školek nemá žádný typ řízení nákladů. Většina cen bývá stanovena nepřesně, z procentního podílu z odhadovaných nákladů. Obdobnou praxi lze nalézt i v České republice. MARTINEC (2019), uvádí že převážná většina veškeré produkce SMLD je pěstována pouze na základě odhadů dalšího vývoje. To je dalším důkazem toho, že lineární programování může být možnou alternativou, i přestože má určitá omezení a nevýhody. Zejména to, že nedokáže zohlednit změny v čase. V reálném světě se podmínky velmi často rychle mění, což má vliv na optimální řešení. Obtížná často bývá i jeho interpretace, zejména v případě, kdy model obsahuje velký počet omezujících podmínek. I přes tyto nevýhody ho lze však považovat za užitečný nástroj, který nachází uplatnění v mnoha oborech.

Dosažené výsledky zřejmě neovlivní zásadním způsobem budoucí chod školky, jelikož v použitých modelech lineárního programování chybí celá řada podmínek. Jak dokazuje jednoznačné upřednostnění sazenic jedle, které jsou řádově o desítky procent větší, v důsledku nízkých nákladů na vypěstování než ostatní druhy sazenic. Výsledky jednotlivých modelů se mezi sebou liší pouze vyrovnaností nákladů. Parametry mají oba modely shodné. Přestože varianta modelu s vyrovnaností nákladů variovala více se strukturou sazenic, oproti variantě bez vyrovnanosti, výsledky se od sebe lišily jen minimálně. To je dalším důkazem toho, že použité podmínky nebyly zřejmě dost striktní. Nicméně záměrem této bakalářské práce nebylo hledání optimálního modelu pro fungování školky, ale snaha naznačit směr, jakým by se mohl další výzkum a plánování věnované lineárnímu programování v lesním školkařství ubírat.

Abychom mohli hledat východiska pro budoucnost plánování v lesním školkařství, je třeba vycházet nejen z dobrých zkušeností školkařů. Přesná predikovatelnost trhu se SMLD je

stále spíše výjimkou. Krátkodobé předpovědi založené na odhadu vlastníka mohou být často poměrně přesné, avšak dlouhodobé výhledy bývají obvykle velmi nejisté, z tohoto důvodu je třeba k takovým predikcím přistupovat opatrně. Se stále rostoucí automatizací a nasazováním umělé inteligence a s ní spojeným rozvojem využívání v mnoha odvětvích, máme nejen v oblasti plánování, ale i jiných oborech zcela jistě jiné možnosti než naši předchůdci. Budoucnost tak slibuje veliké možnosti a výzvy nejen v tomto oboru. Přesto je stále nutné průběžně hledat taková řešení, která by zvládla reagovat i na neočekávané změny, přičemž nelze očekávat, že samotný počítačový program by byl něčeho takového v nejbližší budoucnosti schopný. Na metodu lineárního programování je tedy možné nahlížet jen jako na vhodnou alternativní metodu a pomocný nástroj.

Ačkoliv v rámci této práce nebyl plně využit potenciál lineárního programování a jeho metody nebyly vyčerpány (zejména jeho duální pojetí), dokázala přesto naznačit směr, kterým by se mohlo plánování v okrasné školce pana Josky v budoucnu ubírat. A to i přesto, že ze současných výsledků nevyplývaly žádné významné přínosy.

12 Závěr

Předložená bakalářská práce prezentuje důležitost exaktního plánování v lesním školkařství, a to s ohledem na všechny vnější faktory, ať už přírodního nebo ekonomického směru. Téma plánování je bohužel v lesním školkařství v České republice i ve světě podceňováno i s ohledem na potíže predikce poptávky po jednotlivých výrobcích.

Prezentovaný model lineárního programování v bakalářské práci poskytuje základní představu o možnostech jeho využití v prostředí plánování v lesním školkařství a určuje směry dalšího potenciálního vývoje a výzkumu v této oblasti pro implementaci do provozních podmínek. Postrádá však řadu dalších faktorů, přesto výsledky modelu mohou poskytnout celkovou analýzu pro rozhodování o budoucím fungování lesních školek.

13 Literatura

- DAVIS, DB. *The Nursery Management Information System (NMIS) at J. Herbert Stone Nursery using MS Access®*, Western-Forest-and-Conservation-Nursery-Association/Forest-Nursery-Association-of-British-Columbia 2003 National proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations 2002 (28) , pp.130-132.
- FANTA, Josef. *Lesy a lesnictví ve střední Evropě III. Počátky organizovaného hospodářství*. Živa, 2007, č.3, s. 112.
- FOLTÁNEK, Vladimír. *Lesní školkařství v České republice – od historie k současnosti*. První vydání. Praha: Národní zemědělské muzeum, s. p. o., 2016. 155 stran. ISBN 978-80-86874-70-8.
- FOLTÁNEK, Vladimír. *Malé ohlédnutí za 15 lety činnosti Sdružení lesních školkařů ČR*. 2010. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2010, roč. 89 (3/10).
- GROS, Ivan. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2003. 432 stran. ISBN 80-247-0421-8.
- JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum*. 3. vydání. Praha: Professional Publishing, 2007. 323 stran. ISBN 978-80-8694-644-3.
- JABLONSKÝ, Josef, LAGOVÁ, Milada. *Lineární modely*. 2. vydání. Praha: Oeconomica, 2009. 302 stran. ISBN 978-80-245-1511-3.
- JEFFERS J. N. R. *Mathematical Models in Forestry Research*, The Commonwealth Forestry Review Vol. 43, No. 2 (116) (June 1964), pp. 159-168 (10 pages) Published By: Commonwealth Forestry Association.
- JURÁSEK, Antonín a kol., *Krytokořenný sadební materiál a úspěšnost obnovy lesa. Pěstování a užití krytokořenného sadebního materiálu*. Sborník referátů z mezinárodní konference. Trutnov, 1999. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita 1999, s. 5 - 23. - ISBN 80-7157-361-2.

KAYA, A; BETTINGER, P; (...); *Optimisation in forest management*. Cieszewski, March 2016 2 (1) , pp.1-17.

LAPPI, J and LEMPINEN,R., *A linear programming algorithm and software for forest - level planning problems including factories* Nov 1 2014 Scandinavian Journal of Forest Research 9 , pp.178-184.

LEUGNER, Jan., MARTINCOVÁ Jarmila. *Zásady manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin*. Lesnická práce, 98 (6): 378-381.

LINDA, Bohdan, VOLEK, Josef. *Lineární programování*. Druhé vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011. 139 stran. ISBN 978-80-7395-133-7.

MARTINEC, Petr, *Představení lesního školkařství*. Farmář. 2019, 25(5), 81-83. ISSN 1210-9789

PLEVNÝ, Miroslav, ŽIŽKA, Miroslav. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. První vydání. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2010. 296 stran. ISBN 978-80-7043-933-3

POLENO, Z. a kolektiv. *Pěstování lesů III.- praktické postupy pěstování*. První vydání. Praha: Lesnická práce, 2009. 951 stran. ISBN 978-80-87154-34-2.

POPESKO, Boris a PAPADIKI Šárka. *Moderní metody řízení nákladů*. 2., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada, 2016. 264 stran. ISBN 978-80-247-5773-5.

RIVIÈRE, M a CAURLA, S. *Representations of the Forest Sector in Economic Models*. 2020 Oeconomia-history methodology philosophy pp.521-553.

SADIQ, R; STOCK, M; (...); ROBBERECHT. *An Expert system for forest nursery management*. 1998 12 (1-3) , pp. 41-50

SIMANOV, Vladimír. *České lesy v datech a číslech*. První vydání. Praha: Národní zemědělské muzeum, s. p. o., 2016. 398 stran. ISBN 978-80-86874-75-3.

SYNEK, Miroslav a kolektiv. *Manažerská ekonomika*, 4., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada, 2007. 452 stran. ISBN 978-80-247-1192-4.

VASCONCELOS, YL; YOSHITAKE, M; (...); DA SILVA, GF. *Methods of costing applicable to nurseries*. Apr-jun 2012 CUSTOS E AGRONEGOCIO 8 (2), pp.158-175.

ČESKO. Zákon č. 289 ze dne 3. listopadu 1995, o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). In: Sbíрка Zákonů České republiky. 1995, částka 76, s. 3946-3967. Dostupný z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/1995/289?zalozka=text>. ISSN: 1211-1244.

ČESKO. Zákon č. 149 ze dne 18. dubna 2003, o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnický významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin). In: Sbíрка zákonů České republiky. 2003, částka 57, s. 3279-3294. Dostupný z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2003/149/2022-02-01?f=149%2F2003&zalozka=text>. ISSN 1211-1244.

ČESKO: Zákon č. 219 ze dne 25. června 2003, o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby). In: Sbíрка zákonů České republiky. 2003, částka 79, s. 4053-4085. Dostupný z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2003/219/2023-11-01?f=219%2F2003&zalozka=text>. ISSN 1211-1244.

ČESKO. Zákon č. 326 ze dne 29. dubna 2004, o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2004, částka 106, s. 6618-6664. Dostupný z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2004/326/0000-00-00?zalozka=text>. ISSN: 1211-1244.

ČESKO. Vyhláška č. 29 ze dne 20. ledna 2004, kterou se provádí zákon č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2004, částka 9, s. 467-524. Dostupná z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2004/29/2020-03-15?f=29%2F2004&zalozka=text>. ISSN 121-1244.

ČESKO. Vyhláška č. 456 ze dne 25. listopadu 2021, o podrobnostech přenosu reprodukčního materiálu lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnostech o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2021, částka 204, s. 6246-6255. Dostupná z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2021/456/2022-07-01?f=456%2F2021&zalozka=text>. ISSN 1211-1244.

ČESKO. Vyhláška č. 129 ze dne 4 dubna 2012, o podrobnostech uvádění osiva a sadby pěstovaných rostlin do oběhu. In. Sbírka zákonů České republiky. 2012, částka 48, s. 1962-2201. Dostupná z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2012/129?zalozka=text>. ISSN 1211-1244.

ČESKO. Vyhláška č. 393 ze dne 28. listopadu 2013, o seznamech druhů lesních dřevin. In. Sbírka zákonů České republiky. 2013, částka 153, s. 6785-6790. Dostupná z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2013/393/2014-01-01?f=393%2F2013&zalozka=text>. ISSN 1211-1244.

ČESKO. Vyhláška č. 298 ze dne 11. prosince 2018, o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. In. Sbírka zákonů České republiky. 2018, částka 149, s. 5050-5073. Dostupná z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2018/298/2019-01-01?f=298%2F2018&zalozka=text>. ISSN 1211-1244.

Evropská Unie. Směrnice Rady 1999/105/ES ze dne 22. prosince 1999 o uvádění reprodukčního materiálu lesních dřevin na trh. In: *Úřední věstník L 011, 15/01/2000 S. 0017–0040*. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1999/105/oj>.

Evropská Unie. Nařízení Komise (ES) č. 1597/2002 ze dne 6. září 2002, kterým se stanoví prováděcí pravidla ke směrnici Rady 1999/105/ES, pokud jde o vzor pro národní seznamy zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin. In: *Úřední věstník L 240, 07/09/2002 S. 0034–0038*. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32002R1597&qid=1711476668061>.

ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. Prognóza. [cnb.cz](http://www.cnb.cz). ©ČNB 2024 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognóza/>

LESNÍ ŠKOLKY. ©2024 Sdružení lesních školkařů ČR, z.s. [cit. 2024-01-15]. Dostupné z: <http://www.lesniskolky.cz>

MICROSOFT. © Microsoft 2024 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: <https://support.microsoft.com/cs-cz/office/zavedeni-doplňku-řešitel-v-excelu>