

# Možnosti využití optimalizačních metod při plánování osetí zemědělské půdy

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Ing. Luboš Střelec, Ph.D.

Bc. Anna Bulíčková

Brno 2015

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Luboši Střelcovi, Ph.D. a také Ing. Pavlu Kolmanovi, Ph.D. za ochotu a vstřícnost, ale také za cenné rady a připomínky, které mi při zpracovávání práce poskytli. Dále děkuji předsedovi Zemědělského družstva Třebelovice, Ing. Miloši Křivanovi, za poskytnutá data a spolupráci.

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Možnosti využití optimalizačních metod při plánování osetí zemědělské půdy** vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

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

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

V Brně dne 29. prosince 2014

---

## **Abstract**

Bulíčková, A. The opportunities of using optimization methods for crop planning. Diploma thesis. Brno: Mendel University, 2015.

This diploma thesis deals with the opportunities of using optimization methods as a decision-making tool for the structure of crop rotation. The aim of this thesis is to consider the possibilities of using the methods of the operation research in crop planning and suggest appropriate optimization tools. The suitable model will be applied to a chosen agricultural company.

The important terms of the farmland, crop rotation and optimization methods using in agriculture are described in this thesis. Subsequently, the structure of agricultural production in ZD Třebelovice is analyzed and appropriate optimization model suggested. The problem is solved by using the MS Excel software. The example of ZD Třebelovice is used for the generalization in the agricultural sector.

## **Keywords**

Agricultural production, crop rotation, mathematical programming, optimization.

## **Abstrakt**

Bulíčková, A. Možnosti využití optimalizačních metod při plánování osevní zemědělské půdy. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015.

Diplomová práce se zabývá možnostmi využití optimalizačních metod jako nástroje pro podporu rozhodování o struktuře osevního postupu. Cílem diplomové práce je zhodnotit možnosti využití optimalizačních metod operačního výzkumu při plánování osevní zemědělské půdy a na základě toho navrhnout vhodné optimalizační nástroje pro plánování osevní zemědělské půdy za účelem maximalizace zisku podniku. Vhodný model bude aplikován na vybraný zemědělský podnik, jenž poslouží jako reprezentativní vzorek pro provedení optimalizace struktury zemědělské výroby.

V práci jsou popsány důležité pojmy týkající se zemědělské půdy, osevního postupu a optimalizační metody využívané v zemědělství. Následně je analyzována struktura zemědělské výroby v Zemědělském družstvu Třebelovice a navržen vhodný model pro její optimalizaci. Optimální řešení je vypočteno pomocí MS Excel. Na závěr jsou z uvedeného příkladu na ZD Třebelovice vyvozeny obecné závěry pro podniky v odvětví zemědělství.

## **Klíčová slova**

Zemědělská výroba, osevní postup, matematické programování, optimalizace.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod a cíl práce</b>	<b>13</b>
1.1	Úvod.....	13
1.2	Cíl práce.....	14
<b>2</b>	<b>Literární přehled</b>	<b>15</b>
2.1.1	Půda a půdní fond České republiky.....	16
2.2	Zemědělské výrobní území České republiky .....	17
2.3	Osevní postup .....	20
2.3.1	Plodiny pěstované v ČR.....	22
2.3.2	Nároky plodin na zařazení do osevního postupu .....	25
2.4	Dotace .....	27
2.5	Optimalizační metody a operační výzkum .....	31
2.5.1	Využití metod matematického programování při plánování osetí zemědělské půdy .....	33
<b>3</b>	<b>Charakteristika podniku</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>Materiál a metodika</b>	<b>43</b>
4.1	Materiál .....	43
4.1.1	Analýza výnosů .....	43
4.1.2	Kalkulace tržeb a nákladů v zemědělské výrobě .....	45
4.2	Metodika .....	50
4.2.1	Vybrané optimalizační metody.....	51
4.2.2	Metodický postup sestavení matematického modelu.....	51
<b>5</b>	<b>Vlastní práce</b>	<b>53</b>
5.1	Matematický model .....	53
5.2	Výchozí model .....	55
5.2.1	Modifikace modelu .....	57
5.2.2	Porovnání hodnot účelové funkce .....	61
<b>6</b>	<b>Diskuse výsledků</b>	<b>63</b>

---

<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b>Literatura</b>	<b>68</b>
<b>A</b>	<b>Půdní fond</b>	<b>75</b>
<b>B</b>	<b>Hektarové výnosy</b>	<b>79</b>
<b>C</b>	<b>Krmné dávky a obrat stáda</b>	<b>83</b>
<b>D</b>	<b>Proměnné modelu</b>	<b>85</b>
<b>E</b>	<b>Výchozí model</b>	<b>86</b>

## Seznam zkratk

AEO	Agroenvironmentální opatření
BPEJ	Bonitovaná půdně-ekologická jednotka
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
EAFRD	Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova
EAGF	Evropský zemědělský záruční fond
EU	Evropská unie
HDP	Hrubý domácí produkt
KBTPM	Krávy bez tržní produkce mléka
LEADER	Iniciativa společenství pro rozvoj venkova (Liasion Entr Actions de Developpement de l'Economie Rurale)
LFA	Méně příznivé oblasti (Less Favoured Area)
MZe	Ministerstvo zemědělství
OŘ	Optimální řešení
PF	Půdní fond
PN	Podmínky nezápornosti
PRV	Program rozvoje venkova
PVP	Přechodné vnitrostátní podpory
SAPS	Jednotná platba na plochu (Single Area Payment Scheme)
SZIF	Státní zemědělský intervenční fond
SZP	Společná zemědělská politika
ÚF	Účelová funkce
ÚZEI	Ústav zemědělské ekonomiky a informací
VBJ	Vysokobřezí jalovice
VDJ	Velká dobytčí jednotka
VOP	Vlastní omezující podmínky
ZPF	Zemědělský půdní fond
ZD	Zemědělské družstvo

## **Seznam obrázků**

<b>Obr. 1</b>	<b>Zemědělské výrobní oblasti v ČR</b>	<b>19</b>
<b>Obr. 2</b>	<b>Mapa půdních typů v ČR</b>	<b>75</b>



## Seznam grafů

<b>Graf č. 1</b>	<b>Stav půdního fondu ČR k 31. 12. 2013</b>	<b>17</b>
<b>Graf č. 2</b>	<b>Vývoj osevních ploch v ČR</b>	<b>24</b>
<b>Graf č. 3</b>	<b>Vývoj výměry zemědělské půdy v letech 1991-2012</b>	<b>25</b>
<b>Graf č. 4</b>	<b>Zastoupení polních plodin na orné půdě v roce 2013/2014</b>	<b>39</b>
<b>Graf č. 5</b>	<b>Vývoje hektarových výnosů pšenice ozimé</b>	<b>40</b>
<b>Graf č. 6</b>	<b>Vývoje hektarových výnosů řepky ozimé</b>	<b>41</b>
<b>Graf č. 7</b>	<b>Hektarové výnosy hrachu</b>	<b>80</b>
<b>Graf č. 8</b>	<b>Hektarové výnosy ječmene</b>	<b>80</b>
<b>Graf č. 9</b>	<b>Hektarové výnosy jetele</b>	<b>81</b>
<b>Graf č. 10</b>	<b>Hektarové výnosy kmín</b>	<b>81</b>
<b>Graf č. 11</b>	<b>Hektarové výnosy kukuřice sklízené nazeleno</b>	<b>81</b>
<b>Graf č. 12</b>	<b>Hektarové výnosy vojtěšky seté</b>	<b>81</b>
<b>Graf č. 13</b>	<b>Hektarové výnosy máku setého</b>	<b>82</b>
<b>Graf č. 14</b>	<b>Hektarové výnosy ovsa</b>	<b>82</b>
<b>Graf č. 15</b>	<b>Hektarové výnosy pšenice</b>	<b>82</b>
<b>Graf č. 16</b>	<b>Hektarové výnosy řepky ozimé</b>	<b>82</b>

## Seznam tabulek

Tab. 1	Zemědělské plodiny pěstované v ČR	22
Tab. 2	Struktura osevních ploch zemědělských plodin v ČR v roce 2014	23
Tab. 3	Typová struktura pro hospodaření s/bez chovu skotu pro bramborářskou ZVO - B1	26
Tab. 4	Sazby SAPS a výše vnitrostátních stropů na přímé platby	29
Tab. 5	Sazby PVP v roce 2013	30
Tab. 6	Hektarové výnosy 2013 (t/ha)	40
Tab. 7	Průměrné stavy skotu a prasat v roce 2013 (ks)	41
Tab. 8	Dotace	42
Tab. 9	Hektarové výnosy pěstovaných plodin v t/ha	44
Tab. 10	Průměrné roční ceny zemědělských výrobků v r. 2013	46
Tab. 11	Tržby v živočišné výrobě (ks/rok/Kč)	46
Tab. 12	Kalkulační vzorce nákladů zemědělských výrobků	47
Tab. 13	Náklady rostlinné výroby	48
Tab. 14	Náklady v živočišné výrobě (ks/rok/Kč)	48
Tab. 15	Ekonomické vyhodnocení rostlinné výroby	49
Tab. 16	Ekonomické vyhodnocení živočišné výroby (ks/rok/Kč)	49
Tab. 17	Maximální koncentrace plodin na orné půdě (%)	52
Tab. 18	Optimální struktura rostlinné výroby (ha)	55
Tab. 19	Optimální struktura živočišné výroby (ks)	56
Tab. 20	Optimální struktura rostlinné výroby (ha)	57
Tab. 21	Bilance krmiv	58

---

<b>Tab. 22</b>	<b>Rostlinná výroba (Kč/rok)</b>	<b>60</b>
<b>Tab. 23</b>	<b>Živočišná výroba (Kč/kategorie/rok)</b>	<b>60</b>
<b>Tab. 24</b>	<b>Optimální struktura rostlinné výroby (ha)</b>	<b>61</b>
<b>Tab. 25</b>	<b>Zisk (Kč/rok)</b>	<b>62</b>
<b>Tab. 26</b>	<b>Klasifikační systém půd v České republice</b>	<b>75</b>
<b>Tab. 27</b>	<b>Přehled ZVO v ČR</b>	<b>76</b>
<b>Tab. 28</b>	<b>Zemědělská půda (ha)</b>	<b>77</b>
<b>Tab. 29</b>	<b>Půdní fond České republiky (stav k 31. 12. 2013)</b>	<b>78</b>
<b>Tab. 30</b>	<b>Hektarové výnosy jednotlivých plodin</b>	<b>79</b>
<b>Tab. 31</b>	<b>Roční spotřeba zemědělských plodin v krmných dávkách skotu (t/ks)</b>	<b>83</b>
<b>Tab. 32</b>	<b>Obrat stáda skotu</b>	<b>83</b>
<b>Tab. 33</b>	<b>Krmné dávky prasat (t/ks/rok)</b>	<b>84</b>
<b>Tab. 34</b>	<b>Obrat stáda prasat</b>	<b>84</b>
<b>Tab. 35</b>	<b>Proměnné modelu</b>	<b>85</b>



# 1 Úvod a cíl práce

## 1.1 Úvod

Optimalizace v oblasti plánování výroby by měla být cílem nejen každého průmyslového podniku, ale měly by ji využívat i podniky zemědělské. Význam optimalizace v agrárním sektoru vyplývá z charakteru zemědělské výroby, která má oproti výrobě průmyslové jedno velké specifikum. Rostlinná i živočišná produkce je vázaná na půdu a tento vzácný, nereprodukovatelný výrobní faktor je třeba chránit a zamezit jeho znehodnocování.

Snižování kvality půdních vlastností lze zabránit efektivním obhospodařováním půdy. Nutným předpokladem pro optimální využívání půdního fondu je vhodná lokalizace zemědělské výroby. Za tím účelem byla v České republice provedena rajonizace území podle výrobních předpokladů, ze které vznikly kategorie území s podobnými přírodními podmínkami a produkčními vlastnostmi. Na základě lokace konkrétního podniku a podmínek pro pěstování jednotlivých plodin se pak vyberou plodiny, které je vhodné zařadit do osevního postupu.

Jedním z nejefektivnějších způsobů jak udržet kvalitu a úrodnost půdy je střídání plodin. Rozmanitá struktura plodin zajišťuje druhovou diverzitu a nedochází k jednostrannému vyčerpávání půdních vlastností a životního prostředí. Pozitivním efektem střídání plodin jsou také nižší ekonomická a klimatická rizika a časové rozvržení zemědělských činností.

Způsob osévání zemědělské půdy má také podstatný dopad i na erozi, výskyt plevelů a škůdců, což jsou všechno faktory ovlivňující produktivitu, hektarové výnosy a následně i hospodářský výsledek zemědělského podniku.

Optimalizací rostlinné a živočišné výroby, resp. správným sestavením osevního plánu lze kromě udržení kvality půdy také zvýšit výnosy bez dodatečných vstupů. Optimalizací si lze také zajistit požadovanou kvalitu sklizně, zvýšit či stabilizovat úrodnost půdy případně udržet optimální organizační strukturu rostlinné výroby. Důvodem optimalizace bývá i dodržování ekologických požadavků nebo uspokojení nároků živočišné výroby.

Pro nalezení vhodné struktury zemědělské výroby se, zejména v USA, využívají metody lineární programování asi od 50. let 20. století. Přestože využívání metod operačního výzkumu v zemědělství má dlouholetou tradici, jejich aplikace je obecně méně úspěšná než v ostatních oborech. Důvodem jsou právě specifické rysy tohoto odvětví, a to závislost na okolních podmínkách (počasí, půda, klima), které lze matematicky těžko vyjádřit a popsat. Se vznikem nových metod operačního výzkumu byl v řešení problému optimalizace osevních ploch zohledněn prvek nejistoty či rizika pramenící z charakteru zemědělské výroby modelováním pomocí stochastických metod.

Matematické modely se využívají při plánování zemědělské výroby za účelem maximalizace zisku podniku. Musí respektovat zásady sestavování osevního postupu, ať už se jedná o biologické, pěstitelské či technicko-organizační principy pěstování plodin.

V současnosti již existují i softwary, počítačové programy či informační systémy pro zemědělce, které agronomové mohou využít k sestavení osevního plánu. V ČR využití optimalizačních metod velmi rozšířené není a plánování osetí zemědělské půdy se ve většině případů zakládá na zkušenostech a dlouholeté praxi manažerů či agronomů v konkrétním zemědělském podniku.

## 1.2 Cíl práce

Tématem diplomové práce je optimalizace výrobní struktury využívaná při plánování osetí zemědělské půdy. Bude se zabývat optimalizací v oblasti zemědělské výroby a to jak rostlinné, tak i živočišné, bez které se zemědělská půda nedá efektivně obhospodařovat. Cílem diplomové práce je zhodnotit možnosti využití metod operačního výzkumu při plánování osetí zemědělské půdy s ohledem na specifika v odvětví zemědělství a následně navrhnout vhodné optimalizační nástroje pro plánování osetí zemědělské půdy za účelem maximalizace zisku. Nejvhodnějších metody, zvolené dle předchozí analýzy budou aplikovány na reprezentativní vzorek dat konkrétního zemědělského podniku.

K naplnění hlavního cíle bude postupováno v několika fázích:

- Nastudování teoretických literárních zdrojů a zpracování literárního přehledu za účelem seznámení se s problémem;
- Identifikace manažerských metod vhodných pro optimalizaci osevního plánu a formulace optimalizační úlohy pro konkrétní zemědělský podnik;
- Návrh vhodného modelu, získání optimálního řešení a interpretace výsledků;
- Vyvození závěrů pro zemědělské podniky.

## 2 Literární přehled

Zemědělství je jedním z tradičních odvětví národního hospodářství, které podle Klasifikace ekonomických činností (CZ-NACE) tvoří spolu s lesnictvím a rybářstvím skupinu A. Dle ČSÚ se v roce 2012 odvětví Zemědělství podílelo na tvorbě nominálního HDP 1,32 %, tj. o 0,09 % méně než v roce předchozím. Dle *Strukturálního šetření v zemědělství* prováděného za rok 2013 pracovalo v zemědělské výrobě celkem 23 345 fyzických osob a 2 901 právnických osob, z toho 516 družstev. V zemědělství bylo zaměstnáno celkem 181 756 pracovníků, což jsou přibližně 3 % všech pracujících.<sup>1</sup>

Agrární sektor se dle SYNKA A KOL. (2010) primárně zabývá získáváním úrody (rostlinná výroba) a chovem hospodářských zvířat (živočišná výroba). TOUŠEK (2008, s. 135) definuje **zemědělskou výrobu** jako „vědomé obhospodařování půdy za účelem výroby rostlinných a živočišných produktů pro uspokojování potřeb lidské společnosti a zdrojem potravin rostlinného i živočišného původu nutných k obživě obyvatelstva“. Dále podotýká, že realizace této činnosti v rámci určitého regionu se velmi liší v závislosti na okolních podmínkách. Výsledkem je rozdílná kvalita zemědělské výroby mezi jednotlivými regiony a státy, která se následně odráží do vývoje životní úrovně společnosti.

SYNEK A KOL. (2010) dále uvádí, že základními výrobně ekonomickými a technicko-organizačními jednotkami, které uskutečňují zemědělskou výrobu s cílem maximalizovat zisk, jsou zemědělské podniky. Ačkoli primárním úkolem zemědělských podniků je zajištění obživy a surovin pro potravinářský průmysl, má toto odvětví širší rozměr. Jak píše TOUŠEK (2008) zemědělství plní i společenskou, krajinářskou a ekologickou funkci. Významnou roli v zemědělství dnes hrají také dotační nástroje.

Zemědělství je odvětvím, které má svoje určitá specifika. Jedním z nich je podle TOUŠKA (2008) výrazná závislost na přírodních podmínkách a biologických faktorech, která zapříčiňuje nestabilitu úrovně výnosů. Jedná se o komplex limitujících lokalizačních faktorů, které mají vliv na rozmístění zemědělské výroby:

- fyzicko-geografické (klíma, půda, georeliéf);
- socioekonomické faktory.

Zemědělství se také odlišuje hlavním výrobním prostředkem, který je předpokladem pro produkci statků. Zdrojem statků je půda a právě vázanost zemědělské výroby na půdu je dle TOUŠKA (2008) dalším specifickým rysem. Pro zemědělství je také charakteristická sezónnost práce a časový nesoulad průběhu výrobního a pracovního procesu, což platí hlavně pro rostlinnou výrobu, kde SYNEK A KOL. (2010) vyčíslil délku trvání výrobního procesu hektaru pšenice na deset měsíců, zatímco pracovní proces zabere 70 hodin na jeden hektar.

---

<sup>1</sup> Zpráva o stavu zemědělství za rok 2013 dosud nabyta vydána, ale dle předběžných informací ČSÚ se zemědělství v roce 2013 na HDP podílelo 1,57 %.

### 2.1.1 Půda a půdní fond České republiky

**Půda** patří mezi tři základní výrobní faktory. Vzniká zvětráváním nejsvrchnější části zemského povrchu, tzv. pedosféry, vlivem působení ovzduší, vody a činnosti organismů. Zásadní vlastností půdy je úrodnost, tedy schopnost zajišťovat reprodukci rostlin, od které se následně odvíjí reprodukce zvířat i lidí. Z toho důvodu je třeba s tímto vzácným, nereprodukovatelným a omezeným výrobním faktorem zacházet opatrně a zajistit potřeby dlouhodobé udržitelnosti vlastností půdy. Úrodnost půdy roste nebo alespoň neklesá díky správnému užívání a obhospodařování (TOMÁŠEK, 2007, s. 8).

SYNEK A KOL. (2010) dodává, že zvláštností tohoto výrobního faktoru je fakt, že je v klidu, zatímco vedlejší výrobní faktory práce a stroje jsou v pohybu, což zvyšuje náklady na dopravu.

Vzhledem k poloze ČR, nacházející se na rozhraní oceánského a kontinentálního klimatu, je zde typická velká rozmanitost terénních, půdních a klimatických podmínek. Základní klasifikační jednotkou, která vymezuje skupiny půd se stejnými půdotvornými faktory, je **půdní typ**. CHLOUPEK (2005, s. 7) rozlišuje typy půd podle půdních horizontů na:

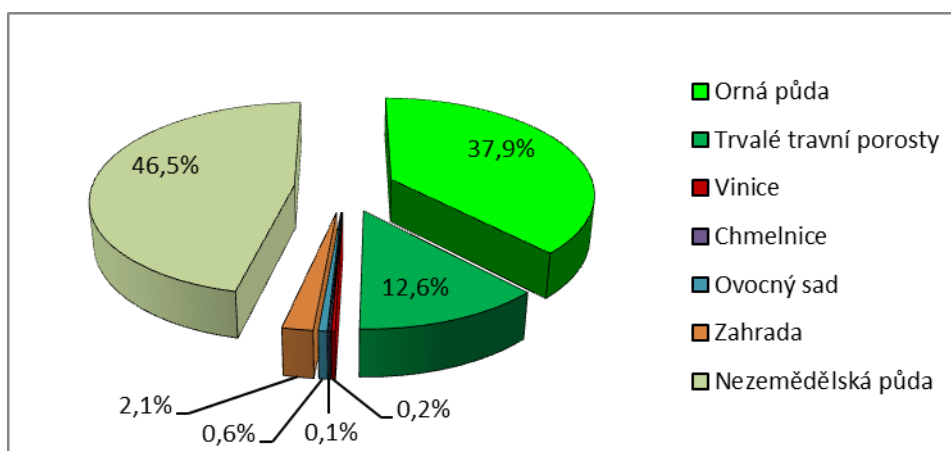
- černozemě (11 % zemědělského půdního fondu);
- hnědozem (13 % zemědělského půdního fondu);
- luvizem (5 % zemědělského půdního fondu);
- kambizem (45 % zemědělského půdního fondu);
- fluvizem (6 % zemědělského půdního fondu);
- pseudogalej (7 % zemědělského půdního fondu);
- černice (1,8 % zemědělského půdního fondu).

Dle TOMÁŠKA (2007) jsou nejrozšířenějším půdním typem na území ČR hnědé půdy, tzv. kambizemě. Kompletní klasifikační systém půdních typů v České republice podle NĚMEČKA (2008) je uveden v příloze v tabulce č. 26 a graficky zobrazen na mapě půdních typů v ČR na obrázku č. 2 tamtéž. Dalším klasifikačním kritériem je zrnitost. Podle toho, jaké částice v půdě převažují, se rozlišují jílovité, písčité a hlinité **půdní druhy**.

Celková rozloha **půdního fondu** České republiky ke dni 31. 12. 2013 byla dle údajů ČZÚK 7 886 707 hektarů (viz *Ročenka půdního fondu 2014*). Část z celkové plochy půdního fondu využívaná pro zemědělské účely se nazývá zemědělská půda. Pojem **zemědělský půdní fond** (dále také ZPF) je definován v § 1 odst. 1 zákona č. 33/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů. ZPF je považován a prohlášen za základní přírodní bohatství naší země, nenahraditelný výrobní prostředek umožňující zemědělskou výrobu a představuje jednu z hlavních složek životního prostředí. V zákoně o ZPF je také uveden taxativní výčet kategorií půdy, které tvoří celek s názvem zemědělská půda. Do této skupiny jsou zahrnuty orná půda, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady, louky, pastviny,



ale také půda, která dočasně obdělávaná není. Podíl těchto složek na celkovém půdním fondu ČR znázorňuje graf na grafu č. 1.



Graf č. 1 Stav půdního fondu ČR k 31. 12. 2013.

Zdroj: Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky, 2014.

Zemědělský půdní fond zaujímá plochu 4 219 867 hektarů, tj. 53,51 % celkové rozlohy ČR. Největší část zemědělské půdy představuje orná půda s výměrou 2 985 792 hektarů (tj. 70,85 % z ZPF a 37,86 % PF).

Podle zemědělských statistik prováděných ČSÚ, které hodnotí vývoj zemědělství, se výměra obhospodařované zemědělské půdy dlouhodobě zmenšuje. GÉBLOVÁ (2014) uvádí, že od roku 2000 došlo v ČR k úbytku 113 000 hektarů. S tímto poklesem souvisí i snižování počtu pracujících v zemědělství.

Široké zastoupení půdních druhů a typů na našem území se promítá do velké rozdílnosti stanovištních podmínek a tím pádem není snadné uspokojit nároky pěstovaných plodin. NĚMEC (2001, s. 46) uvádí, že potřeby zemědělců se staly prvotním impulzem pro mapování půd. Na základě map půdních typů a půdních druhů pak byly sestaveny mapy výrobních typů a podtypů, které jsou charakteristické klimatickými podmínkami a hlavní pěstovanou plodinou.

## 2.2 Zemědělské výrobní území České republiky

Česká republika se rozkládá na malém území, pro které je význačná velká rozdílnost přírodních podmínek. Důsledkem jsou diference produkční schopnosti a nákladovosti jednotlivých územních celků. Nutným předpokladem pro optimální využívání půdního fondu, kterým se zamezí znehodnocování půdních vlastností, je dle KOHOUTA (2002) vhodná lokalizace zemědělské výroby. Z toho důvodu byl proveden rajonizační výzkum. **Rajonizace** v zemědělské výrobě podle TYŠERA znamená takové rozmístění zemědělské výroby na území státu, kdy jsou efektivně využity zemědělské výrobní síly a rozvoj zemědělské produkce respektuje přírodní

a ekonomické předpoklady jednotlivých oblastí země. Smyslem zeměpisného rozdělení je produkce optimálního množství a jakosti zemědělských výrobků.

V praxi se dnes rozlišují 3 typy zemědělského území podle jeho využití:

- Zemědělské výrobní oblasti (ZVO).
- LFA = Less Favoured Areas neboli méně příznivé oblasti pro zemědělství.  
LFA byly vymezeny v r. 2000 na základě kritérií EU. Účelem bylo poskytování podpor a NĚMEC (2001) uvádí, že jejich smyslem je zachování zemědělské činnosti, krajiny a zajištění trvalého užívání půdy.
- Zranitelné oblasti.

V ČR se zranitelné oblasti nachází na 49 % celkové plochy ZPF. V těchto oblastech platí specifické podmínky pro používání hnojiv, střídání plodin či provádění protierozních opatření.

Úrodnost půdy je velmi rozdílná, což podle SYNKA A KOL. (2010) ovlivňuje výsledky hospodaření podnikatelských subjektů, takže z ekonomického pohledu má zásadní význam klasifikace zemědělské půdy podle její kvality. Kvalita neboli bonita půdy je vlastnost, která se dle KOHOUTA (2002) promítá do produkční schopnosti stanoviště, takže tohle rozčlenění území je důležité pro hodnocení potenciálně možných ekonomických výsledků podniků v zemědělské výrobě (KOHOUT, 2002). TYŠER uvádí, že prvním motivem pro bonitaci a oceňování produkční schopnosti zemědělských pozemků byly daňové účely, resp. spravedlivý výběr zemědělské daně. NĚMEC (2001) dodává, že dalšími podněty ke klasifikaci velmi rozmanitého výrobního území byly vedení zemědělských statistik, provádění hodnocení a analýzy zemědělských subjektů a kvantifikace produkčních a ekonomických výsledků či poskytování dotací a podpor.

Hodnocení územních celků podle výrobních podmínek a využití ZPF se stalo podkladem pro **kategorizaci zemědělského území** a vymezení zemědělských výrobních oblastí. Jedno z nejstarších rozdělení území proběhlo v roce 1959<sup>2</sup>, kdy byly obce zařazeny do jedné z 5 výrobních oblastí a 11 podoblastí. V dalších letech pokračovala tvorba nových systémů kategorií, které byly později využity pro rajonizaci zemědělské výroby. Mapování, klasifikaci a hodnocení území bylo završeno bonitační klasifikací zemědělské půdy. V roce 1996 byly vyhláškou MF č. 178/94 Sb. na základě nové bonitace půdy upraveny nové ZVO (5 výrobních oblastí a 21 podoblastí). CHLOUPEK A KOL. (2002) uvádějí, že se jednalo o kukuřičnou, řepařskou, obilnářskou, bramborářskou a pícninářskou ZVO. Základním elementem při oceňování kvality zemědělské půdy se stala tzv. **bonitovaná půdně ekologická jednotka**, která určuje produkční vlastnost půdy prostřednictvím úředních cen. Charakteristiku hlavních půdních jednotek obsahuje vyhláška Ministerstva zemědělství

---

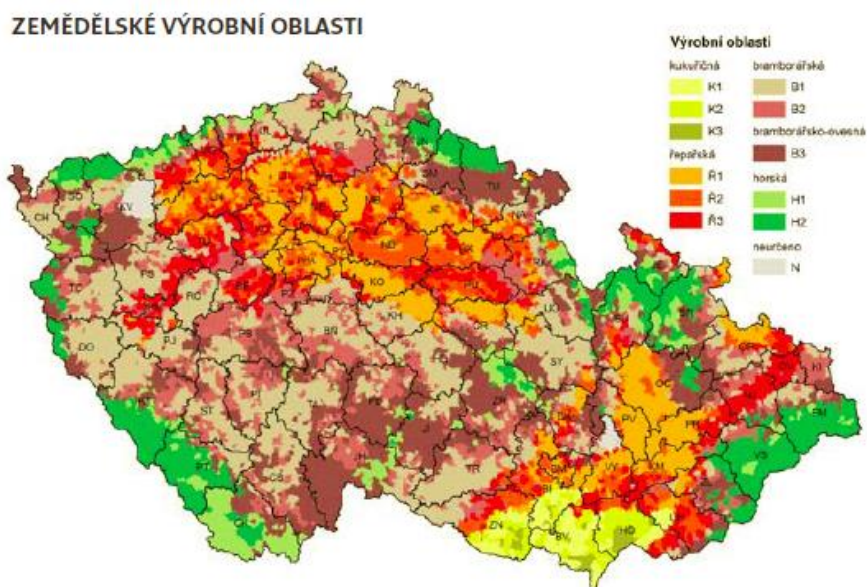
<sup>2</sup> Právně byly tyto oblasti zakotveny vyhláškou MZe č. 213/1959 Ú. l., o zařazení obcí do výrobních oblastí pro účely vyměření zemědělské daně.

ČR (MZe) č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci, vzpp.

Zde je uvedeno členění území na zemědělské výrobní oblasti, které pro účely statistické analýzy a hodnocení produkčních a ekonomických výsledků agrárního sektoru využívá Český statistický úřad a Český úřad zeměměřičský a katastrální:

- kukuřičná (K), typ kukuřično-řepařsko-obilnářský (3 podoblasti);
- řepařská (Ř), typ řepařsko-obilnářský (3 podoblasti);
- bramborářská (B), typ bramborářsko-obilnářský (3 podoblasti);
- horská (H), typ pícninářský s rozhodujícím zaměřením na chov skotu (2 podoblasti).

Tato soustava ZVO je vytvořená podle agroekologických a ekonomických předpokladů. Podrobnější informace jsou uvedeny v tabulce č. 28 v příloze. Členění je převzato ze *Situační a výhledové zprávy: Půda* (2012) vydávané MZe ČR, stejně tak jako grafické znázornění výrobních typů v ČR na následujícím obrázku:



Zdroj: ČÚZK, 2009

Obr. 1 Zemědělské výrobní oblasti v ČR  
Převzato ze *Situační a výhledové zprávy: Půda*, 2012.

Z mapy na obrázku č. 1 je patrné, že největší plochu v ČR zaujímá bramborářská a řepařská výrobní oblast, tj. 50,32 % a 40,9 % celkové výměry ZPF. Kukuřičnou výrobní oblast lze najít pouze na Jižní Moravě a rozprostírá se na nejmenší části území. Bližší informace k jednotlivým ZVO jsou uvedeny v příloze v tabulce č. 27.

Způsob osévání zemědělské půdy má podstatný dopad na půdní vlastnosti a podmínky, erozi, výskyt plevelů a škůdců.

## 2.3 Osevní postup

Prostorové, agrotechnicky zdůvodněné, střídání plodin na určité výměře pozemku během určitého období se nazývá osevní postup. Podle KVĚCHA (1985) je střídání plodin jedním z nejefektivnějších prostředků na udržení a podporu úrodnosti půdy. CHLOUPEK A KOL. (2005, s. 15) dodává, že správným osevním postupem je možné s využitím přírodních podmínek docílit zvýšení produkce při neměnných nákladech. Opakem střídání plodin je monokultura, tj. opakované pěstování stejné plodiny na stejném pozemku po více let bezprostředně po sobě následujících.

Cílem optimalizace struktury plodin je podle PROCHÁZKOVÉ A KOL. (2011) taková strukturální skladba rostlinné výroby, ve které se plodiny co nejvíce se liší ve svých nárocích na stanovištní podmínky a ve které jsou dostatečně zastoupeny zúrodnující plodiny. Jak píše KOHOUT (2002), požadovaným výsledkem může být růst nebo udržení hektarových výnosů, zajištění požadované kvality sklizně, zvýšení či alespoň stabilizace úrodnosti půdy, udržení optimální organizační struktury rostlinné výroby, dodržování ekologických požadavků nebo uspokojení nároků živočišné výroby.

Vysvětlení pojmů používaných při plánování osevního postupu:

- Sled plodin = pořadí plodin, které se po sobě pěstují na konkrétním pozemku.
- Plodina = hospodářsky využitelná rostlina (jednoletá, dvouletá, víceletá).
- Rotace plodin = doba, za kterou se všechny plodiny zařazené do osevního postupu jednou vystřídají na každém honu. V ČR je nejčastější 4-9honná rotace.
- Hon = jednotka osevního postupu (celistvá či dělená); skupina pozemků osetych zpravidla jednou plodinou.
- Struktura plodin = souhrn osevních ploch plodin pěstovaných v rámci osevního postupu.
- Hlavní plodina, tj. plodina, která se na honu pěstuje většinu vegetačního období.<sup>3</sup>

Množství produktů vyprodukovaných za jeden rok na celé ploše (honech) osevního postupu převedené na společnou veličinu vyjadřuje výrobnost osevních postupů. Podle SYNKA A KOL. (2010) je základním intenzitním ukazatelem využití zemědělské půdy hektarový výnos, tj. poměr sklizně a sklizňové plochy. Tato veličina závisí na různých faktorech např. na druzích pěstovaných plodin, užitkovém směru, výnosu, termínu setí a sklizně, výměrách plodin. (KOHOUT, 2002)

Univerzální osevní postup neexistuje. Osevní postupy se sestavují individuálně a podle KOHOUTA (2002) se liší podle klimatických podmínek, typu zemědělské

---

<sup>3</sup> Před hlavní plodinou se pěstuje tzv. předplodina. Následná plodina je ve sledu zařazená po pěstované plodině. v meziporostním období se pěstuje meziplodina. Tzv. krycí plodina poskytuje podseté plodině v počátku růstu ochranu zastíněním.

půdy, a podle účelu, ke kterému se na daném honu plodina pěstuje<sup>4</sup>. Musí zohledňovat nároky jednotlivých plodin na stanoviště, dále musí být voleny vhodné předplodiny, meziplodiny a krycí či mulčovací plodiny.

Při střídání plodin je nutné dodržovat určité zásady. Biologická hlediska shrnuje CHLOUPEK (2005) do následujících bodů:

- vztah plodin k vodě;
- vztah plodin k živinám;
- vliv plodin na strukturu půdy;
- vliv plodin na prokořenění půdy;
- vztah plodin k plevelům;
- vztah plodin k rozvoji specifických chorob a škůdců;
- vztah plodin ke hnojení statkovými hnojivy;
- vztah plodin a posklizňových zbytků;
- vztah k délce meziporostního období;
- plodiny a únava půdy.

Vedle biologických zásad jsou důležitá také pěstitelské a organizační aspekty, které zahrnují i způsob a technologie zpracování půdy. Na základě osevního postupu podnik následně vytvoří osevní plán, tj. plánovité rozmístění plodin na pozemcích zemědělského podniku v daném roce.

- Biologická (plodiny náročné na vodu, na živiny, vliv na půdu /zakořenění, struktura půdy, nesnášenlivost plodin po sobě), únava půdy, organická hmota v půdě).
- Pěstitelská (zastínění, vegetační doba, vliv na půdní strukturu, kvalita posklizňových zbytků, odčerpání živin a vláhy, doba sklizně, nároky následné plodiny, ostatní činitelé).
- Technologická a organizační (respektovat délku vegetační doby při návaznosti prací, pracovní špičky, potřeby trhu, specializace podniku, živočišná výroba, používané technologie).

### **Výhody střídání plodin**

Střídání plodin stejně tak i monokultura má svoje výhody a nevýhody. Podle KOHOUTA (2002) monokultura umožňuje vyšší specializaci a z toho plynoucí zvýšení produktivity práce a pokles výrobních nákladů, ale z dlouhodobého pohledu u monokultur dochází k poklesu výnosu a vyšší náchylnosti plodin na škůdce i přes vysokou úroveň agrotechniky, hnojení a postřiků proti škůdcům. Konečným

---

<sup>4</sup> Jedním z typů osevního postupu je polní osevní postup, kdy podnik pěstuje běžné polní plodiny. V případě, že podnik ve své struktuře má zahrnutou některou z plodin více, než je běžné, využívá specializovaný osevní postup, např. osevní postup s vyšším zastoupením obilnin (KOHOUT, 2002).

a fatálním důsledkem je pokles úrodnosti půdy. Naproti tomu střídání plodin je v souladu s požadavkem druhové diverzity a nepředstavuje takovou ekologickou zátěž.

Vhodná struktura a střídání plodin mají příznivý vliv na půdní podmínky, což podle COWELLA A CLIFTA (1995) vede k nárůstu produktivity a výnosů prostřednictvím zvýšení úrodnosti půdy, protože různé plodiny a zemědělské postupy mají odlišný vliv na půdu a její vlastnosti, např. úrodnost, texturu, strukturu, populaci mikroorganismů, počet semen plevelů atd. BRANKASTCHK A FINKBEINER (2014) dodávají, že díky správnému sledu plodin v osevním postupu lze dosáhnout pozitivního účinku současné plodiny na plodinu následnou, zejména co se týče zlepšení rostlinolékařských podmínek (a tím se vyhnout nemocem, nižší tlak na onemocnění díky střídání plodin) nebo zlepšení dostupných živin pro následnou plodinu (pomocí různých živin nebo zanechávání různé živiny v posklizňových zbytcích nebo získávání různých půdních horizontů), což se v konečném důsledku může projevit snížením výrobních vstupů, jako jsou umělá hnojiva a postřiky. Jak píše ZEGADA-LIZARAZU A MONTI (2011) pozitivem rozmanité struktury plodin jsou také nižší ekonomická a klimatická rizika a časově lépe rozvržené zemědělské činnosti.

Ve prospěch střídání plodin hovoří také ekologický aspekt, protože touto cestou je zajištěna druhová diverzita a nedochází tak k jednostrannému vyčerpávání životního prostředí, protože plodiny jsou pěstovány v souladu s přírodou. ODUM (1977) říká, že za ekologicky prozíravé zemědělství lze označit takové, které zabezpečuje, že alespoň polovina vyprodukované biomasy zůstane v agroekosystému v podobě kořenových a posklizňových zbytků nebo aby se vracela v podobě statkových hnojiv apod.

### 2.3.1 Plodiny pěstované v ČR

Mezi hlavní skupiny plodin, které se v podmínkách ČR pěstují podle TICHÉ A VYZÍNOVÉ (2006) patří obiloviny, luskoviny, olejniny, píce a okopaniny. Obiloviny jsou plodiny náročné na dusík a jsou náchylné na různé choroby. Potřebují střední množství posklizňových zbytků. Výnosnost obilovin významně závisí na správnosti zvolené předplodiny. Po obilninách se v osevních postupech zařazují luskoviny, které jsou zároveň vhodnou předplodinou pro ozimé obiloviny. Jak píše KOHOUT (2002), kostru osevních postupů představují pícniny, protože jsou to tzv. zúrodnující plodiny, které zanechávají kvalitní humusotvorný materiál a potlačují plevel. Okopaniny patří mezi plodiny s dlouhou vegetační dobou a jsou náročné na dostatek živin.

Tab. 1 Zemědělské plodiny pěstované v ČR

Druh	Zástupci
Obilniny	Pšenice obecná, žito seté, triticales, ječmen, oves, kukuřice, cirok, proso seté, rýže setá, pohanka setá, laskavec
Pícniny	Jednoleté a víceleté pícniny, trvalé travní porosty, jeteloviny, trávy
Luskoviny	Sója luštinatá, bob, hrách setý, fazol obecný, čočka jedlá, vikev, vlčí bob

	(lupina), cizrna beraní
Olejninny	Řepka olejná, slunečnice roční, len setý, hořčice bílá, mák setý, tykev olejná, světlice barvířská + seznam indický, podzemnice olejná, bavlník
Okopaniny	Čukrovka, krmná řepa, čekanka obecná, brambory

Zdroj: CHLOUPEK A KOL., 2005 a TICHÁ A VYZÍNOVÁ, 2006.

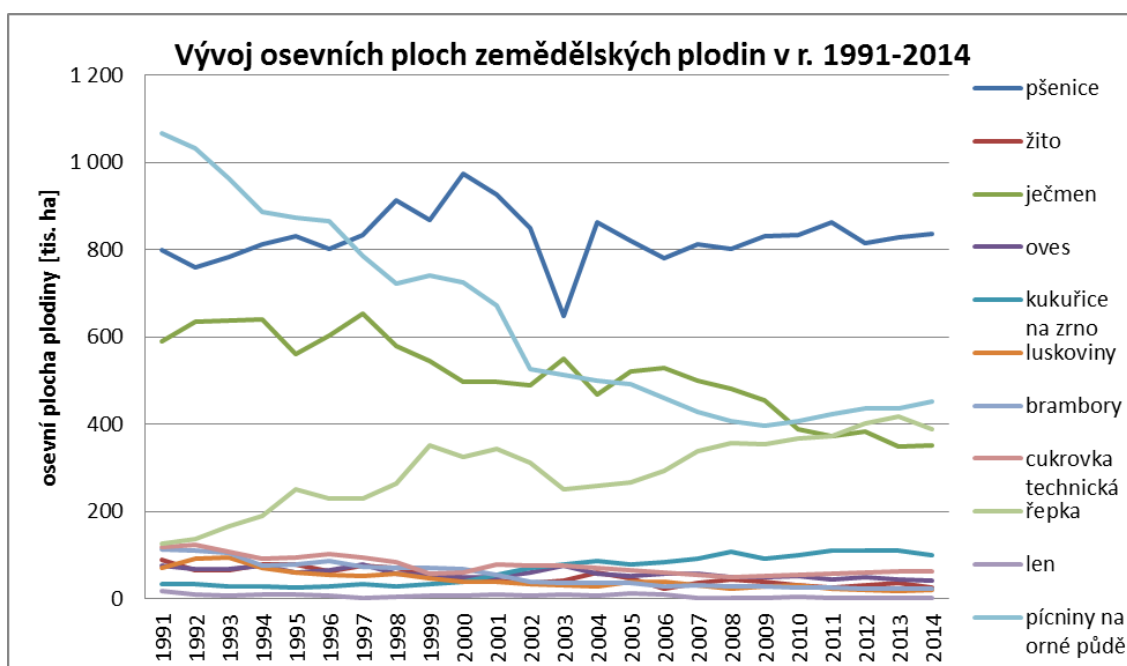
Nejen v ČR, ale celosvětově nejvýznamnější rostlinnou komoditou je pšenice. Podle údajů ČSÚ bylo v roce 2014 pšenicí oseto 33,8 % celkové osevní plochy, z toho pšenice ozimá byla oseta na 32 %. Spolu s ječmenem představují 80 % plochy oseté obilovinami.

Tab. 2 Struktura osevních ploch zemědělských plodin v ČR v roce 2014

Plodiny	Osevní plocha [ha]	Srovnání s r. 2013	Podíl na orné půdě
Obiloviny	1 411 000	-1,2 %	57,2 %
Okopaniny	87 000	+ 1000 ha	3,5 %
Olejninny	464 000	-23000 ha	18,8 %
Pícniny	452 000	+ 16000 ha	18,3 %
Luskoviny	20 000	+ 2000 ha	0,8 %

Zdroj: ČSÚ, 2014.

Jak je vidět v tabulce č. 2, další nejčastěji pěstované plodiny jsou pícniny a olejinny. Zatímco pícniny v posledních letech zaznamenávají pokles, olejinny jsou na tom přesně opačně, což naznačuje rostoucí trend časové řady „Řepka“ na grafu č. 2. Olejinami bylo podle ČSÚ v roce 2014 oseto 18,8 % osevní plochy, z toho samotná řepka představuje 83,9 % této plochy. Naopak nejméně jsou na orné půdě vysévány luskoviny. Zbytek orné půdy představuje půda neosetá a úhor a konzumní zelenina.



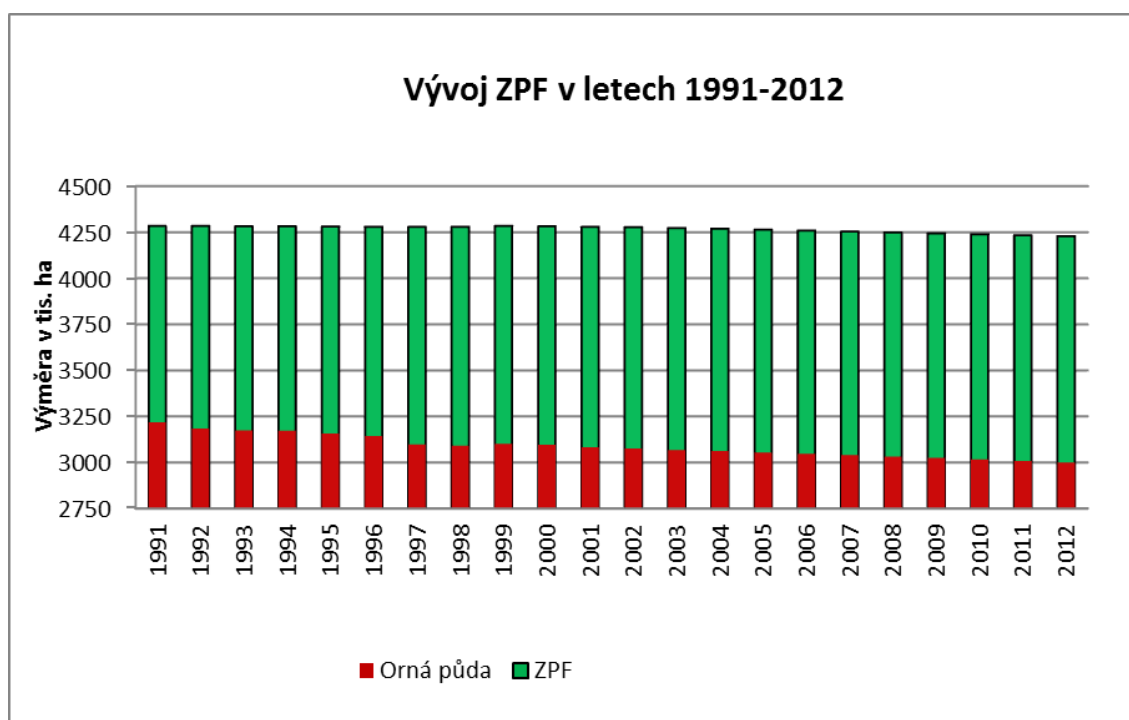
Graf č. 2 Vývoj osevních ploch v ČR  
Zdroj: ČSÚ, 2014.

České zemědělství prošlo za posledních 30 let obdobím velkých změn, které souvisí se změnou politické situace a přechodem z režimu socialistického plánování produkce na tržně orientované hospodářství. Postavení dříve dominantního sektoru českého zemědělství se změnilo díky tomu, že na významu nabývá průmysl. Změny se dle názoru VĚŽNÍKA, KRÁLE A SVODOBOVÉ (2013) týkají struktury produkce, což přineslo pokles zaměstnanosti v odvětví zemědělství. K těmto změnám významně přispěl i vstup ČR do Evropské unie.

Poklesl počet druhů chovaných hospodářských zvířat a obměňuje se druhové zastoupení a podíl na osetých plochách jednotlivých plodin. Jak uvádí VĚŽNÍK, KRÁL A SVODOBOVÁ (2013) tradiční plodiny, jako jsou brambory či cukrovka, jsou nahrazeny dotovanými plodinami. To je důvod, proč se pěstování řepky stává čím dál tím oblíbenějším. Za posledních pět desetiletí se její osevní plochy rozšířily téměř dvacetinásobně z původního 1 % (v polovině 20. stol.). Podle GÉBLOVÉ (2014) je nárůst ploch osávaných řepkou kompenzován méně častým vyséváním víceletých pícnin, ječmene či pšenice. LHOTSKÁ (2014) uvádí, že řepka představuje významnou ekonomicky úspěšnou rostlinnou komoditu a ČR se stala pátým největším producentem v EU.

Změny ve využívání pozemků přináší i změny plochy orné půdy a velikost obhospodařovaných ploch. Celková výměra osevní plochy se v ČR postupně redukuje. V posledním desetiletí se plocha obhospodařované zemědělské půdy snížila o 4 %.





Graf č. 3 Vývoj výměry zemědělské půdy v letech 1991-2012.

Zdroj: Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky, 2014.

Podle soupisu ploch osevů prováděného ČSÚ (2014) byla zjištěna výměra zemědělské půdy v roce 2014 3 516 tis. hektarů, což je o 0,2 % méně, než v roce 2013 (pokles o 5 000 ha). Orná plocha se zmenšila o 0,5 %, rozkládá se na 2489 tis. hektarech. Časové řady vývoje výměry ZPF a pokles ploch orné půdy z celkové výměry ZPF zobrazuje graf č. 3.

### 2.3.2 Nároky plodin na zařazení do osevního postupu

Nároky jednotlivých plodiny se liší podle přírodních podmínek, alokace výrobní oblasti, pěstovaných odrůd, úrovně výživy, výskytu škůdců, úrovni agrotechniky, apod. Charakteristika jednotlivých plodin a jejich nároky na zařazení do osevního postupu jsou zpracovány podle PROCHÁZKOVÉ A KOL. (2011):

**Ozimá pšenice** je nejvýnosnější a nejčastěji pěstovanou plodinou. Vhodnými předplodinami jsou plodiny s nízkou spotřebou vody, jako jsou luskoviny, ozimá řepka či rané brambory.

**Jarní ječmen** představuje nejvýznamnější jarní plodinu. Ideální podmínky pro pěstování této plodiny poskytují řepařské a kukuřičné ZVO. Jarní ječmen je více tolerantní na obilní předplodinu než ozimá pšenice. Nejvhodnějšími předplodinami jsou cukrovka a kukuřice, dále ozimá pšenice, žito, oves.

**Ozimý ječmen** je vhodnou předplodinu pro řepku, takže se v posledních letech osévá na větší plochy. Před ozimým ječmenem je dobré volit takové plodiny, které brzo opustí pozemek, např. ozimá řepka, luskoviny, brambory, ale nejčastější předplodinou jsou obilniny.

**Ozimé žito** se pěstuje na méně úrodných půdách, které se nachází v bramborářské a horské ZVO. Tato plodina má nejlepší snášenlivost sama po sobě ze všech obilnin. Vhodné jsou takové předplodiny, které se brzo sklízí, např. ozimá řepka, luskoviny.

**Oves** vyžaduje dobré vláhové poměry. Často je zařazován na konec obilního sledu, protože je nejvíce tolerantní na předplodinu. Není snášenlivý sám po sobě. Nejčastějšími předplodinami jsou obiloviny (lepší jsou ozimé), vhodné jsou také víceleté pícniny, luskoviny, rané brambory či kukuřice na siláž.

**Kukuřice** se používá se jako přerušovač obilních sledů. Je snášenlivá sama po sobě, ideální je dvouletý sled kukuřice. Kukuřice je tolerantní na předplodinu, v oblastech s dostatkem vláhy se jako předplodiny používají plodiny náročné na vodu a naopak. Jako předplodina se používá ozimá pšenice.

**Ozimá řepka** je nejvýznamnější olejnina. Nejlépe se jí daří v řepařské a bramborářské ZVO. Není snášenlivá sama po sobě, je nutné dodržovat časový odstup 4-6 let. Předplodiny: luskoviny, rané brambory či ozimý ječmen, přičemž minimalizační technologie zpracování půdy snižují rozdíly obilních předplodin.

**Brambory** jsou náročné na strukturní stav půdy, proto je vhodnou předplodinou některá jetelovina. Naopak jako předplodina se nehodí oves či brambory. Vliv předplodin na výnosy není významný.

**Cukrovka** je plodina náročná na vodu. Není snášenlivá sama po sobě a ideálním odstupem jsou 4 roky. Nejčastěji se jako předplodina vysévá některá obilovina. Před cukrovkou není vhodné do osevního plánu řadit vojtěšku.

Pro názornost je v tabulce č. 3 uvedena typová struktura plodin konkrétní výrobní oblasti a stanovištní skupiny:

Tab. 3 Typová struktura pro hospodaření s/bez chovu skotu pro bramborářskou ZVO - B1

Plodina	Hospodaření s chovem skotu		Hospodaření bez chovu skotu	
	TS 1	TS 2	TS 1	TS 2
Pšenice	30 %	30 %	30 %	30 %
Ječmen	20 %	20 %	25 %	30 %
Ostatní obiloviny			5 %	5 %
Brambory	10 %	5 %	15 %	10 %
Ozimá řepka	10 %	15 %	15 %	15 %

Mák	5 %	5 %	5 %	5 %
Hrách	5 %		5 %	5 %
Kukuřice na siláž	12 %	15 %		
Jetel luční	8 %	10 %		
Obilniny celkem	55 %	50 %	60 %	65 %

Zdroj: PROCHÁZKOVÁ A KOL., 2011.

Střídání plodin je prospěšné pro životní prostředí, kulturu krajiny a udržitelnost zemědělských systémů, přináší tedy užitek pro celou společnost. Přesto jsou podle SCHÖNHARTA, SCHMIDA A SCHNEIDERA (2009) rozhodnutí zemědělců o střídání plodin a osevním postupu často založena pouze na osobním užítku (ekonomickém zájmu). Zemědělské podniky se chovají jako ostatní racionálně jednající hospodářské subjekty, takže do struktury plodin promítají podmínky na trhu a tržní ceny jednotlivých komodit, přičemž porovnávají pouze soukromé náklady s přínosy svých ekonomických činností. Dochází zde k efektu tzv. negativních externalit, který HOLMAN (2010, s. 184-191) popisuje jako situaci, kdy subjekty neberou v úvahu externí dopady svých rozhodnutí, která pak negativně ovlivňují efektivitu ekonomického systému.

Nepříznivým důsledkem rozhodování soukromých zemědělců jsou ekologické dopady v podobě nadměrného využívání přírodních zdrojů, protože rozdíl mezi soukromými a společenským přínosem se může promítnout do struktury pěstovaných plodin. Zemědělci ve snaze maximalizovat svůj soukromý krátkodobý zisk zužují strukturu pěstovaných plodin na ty, které jsou dobře zpeněžitelné, což má za následek pokles biodiverzity téměř na úroveň monokultury. Proto jsou tyto negativní jevy řešeny tržně orientovanými opatřeními ve formě subvencování cen či přímými dotacemi. Různé agroenvironmentální programy v zemědělství se snaží podpořit zachování biodiverzity a zemědělcům kompenzovat rozdíly a proto jim nabízejí platby za splnění určitých norem střídání plodin.

## 2.4 Dotace

Dotace představuje poskytnutí určitého objemu finančních prostředků z veřejných rozpočtů na základě splnění určitých podmínek. V ČR lze dotace rozdělit na dvě základní skupiny podle původu finančních prostředků. Zemědělci z hlavní části čerpají finanční prostředky z evropských dotačních titulů, ale využívají také dotace plně hrazené ze státního rozpočtu ČR neboli národní dotace. Zemědělci nemají na dotace právní nárok, ale jsou poskytovány na základě žádosti. Administrací a vyplácením dotačních prostředků pro zemědělské subjekty je pověřen Státní zemědělský intervenční fond (SZIF), který funguje jako Agrární platební agentura.

Jak již bylo naznačeno, v souvislosti se vstupem ČR do EU se změnilы podmínky v českém zemědělství. Na jednu stranu se sice musí přizpůsobovat tzv. Společné zemědělské politice EU (SZP), ale opačnou stranou mince je právě možnost čerpat finanční podporu z EU a různé druhy výhod, mezi které SYNEK A KOL. (2010) řadí

zvýšení příjmů, zvýšení výkupních cen díky nastavení cenových minim pro zemědělské produkty a rozšíření tržních příležitostí. SZP provádí MZe ČR ve spolupráci se SZIF, který administruje finance poskytované z Evropského zemědělského záručního fondu (EAGF), Evropského zemědělského fondu pro rozvoj venkova (EAFRD) a Evropského rybářského fondu (EFF).

Podle informací SZIF bylo v ČR vyplaceno v rámci SZP za rok 2013 celkem 31,4 miliardy Kč, přičemž nejvyšší podíl tvořily přímé platby (11 mld. Kč). V roce 2013 byla také schválena legislativa po roce 2014, takže ačkoli je rok 2014 součástí finančního rámce 2014-2020, je považován za přechodný, protože legislativu je nutné nejdříve implementovat a v platnost vstoupí až od roku 2015. V tomto období bude SZP směřovat k větší ochraně životního prostředí, spravedlivějšímu rozdělení fondů a bude zaměřena na pomoc zemědělcům lépe se vyrovnávat s problémy na trhu.

Mezi základní skupiny dotačních nástrojů poskytovaných v souvislosti s obhospodařováním orné půdy v ČR patří:

### 1. Přímé platby

Přímé platby podléhají předpisům EU, tím nejdůležitějším je nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1307/2013, kterým se stanoví pravidla pro přímé platby zemědělcům v režimech podpory v rámci společné zemědělské politiky. Podle informací uvedených na EAGRI (2014) přinesla reforma SZP na období 2015-2020 členským státům větší volnost v rozhodování o nastavení přímých plateb v rámci prvního pilíře a přímé platby se rozrostly, k platbě SAPS přibyly další druhy finančních podpor. V ČR jsou přímé platby součástí tzv. jednotné žádosti.

V zásadě lze přímé platby rozdělit podle toho, zda jsou poskytovány z evropských nebo národních zdrojů:

#### ***Přímé platby z evropských zdrojů***

Po vstupu ČR do EU mohou čeští zemědělci využít některý z nabízených evropských dotačních programů. Na webovém portálu Ministerstva zemědělství ČR EAGRI (2014) jsou uvedeny tyto dotační tituly:

- ***Jednotná platba na plochu (SAPS).***

ASOCIACE SOUKROMÉHO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR (2014) uvádí, že SAPS představuje hlavní přímou platbu a nejrozšířenější formu dotace v ČR. Dotace je plně hrazená z evropských fondů a ve většině případů jsou tyto platby poskytovány na hektar obhospodařované půdy. Žadatelem může být fyzická či právnická osoba obhospodařující zemědělskou půdu. MZe ČR schválilo poskytování SAPS až do roku 2020. Z tabulky č. 4 je patrné, že výše sazby SAPS není konstantní, závisí na počtu žadatelů a na velikosti zdrojů určených pro výplatu SAPS v daném roce.

Tab. 4 Sazby SAPS a výše vnitrostátních stropů na přímé platby

Rok	Strop na PP [mil. EUR]	Na SAPS [mil. EUR]	Sazba SAPS [EUR/ha]	Sazba SAPS [Kč/ha]
2012	832,144	755,659	214,28	5387,30
2013	909,313	832,828	235,86	6068,88
2014	875,305	773,751	218,88	5997,23

Zdroj: SZIF, 2014.

V roce 2012 bylo podle údajů uvedených ve *Zprávě o stavu zemědělství ČR za rok 2012* podáno 27 628 žádostí na výměru 3526,5 tis. hektarů zemědělské půdy. SAPS jsou vypláceny ve formě zálohových plateb.

- *Prostředky na podporu méně příznivých oblastí (LFA).*  
Smysl poskytování těchto dotací je finančně vyrovnat méně výhodných oblastí a oblastí s ekologickými omezeními, které se vyskytují hlavně v podhorských a horských oblastech. Prostředky jsou poskytovány z EAFRD.
- *Oddělená platba za cukr (SSP).*
- *Oddělená platba za rajčata (STP).*

BYDŽOVSKÁ uvádí, že po vstupu do EU byli Češi znevýhodněni oproti farmářům ve starých členských státech, protože obdrželi pouze 25 % přímých plateb. Dotace byly postupně navyšovány, až se v roce 2013 srovnaly, ale do té doby mohly nové členské státy přímé platby dorovnávat z vlastních zdrojů pomocí tzv. národních doplňkových zdrojů.

Další přímou platbou je tzv. Zvláštní podpora na krávy chované v systému s tržní produkcí mléka (dojnice). Vztahuje se na počet VDJ<sup>5</sup> a na podíl příjmů nebo tržeb za prodané mléko. Sazby za rok 2013 činily 1504,2 Kč za jednu VDJ.

### **Národní dotace**

Národní dotace jsou zemědělcům poskytovány ze státního rozpočtu ČR na základě zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství, vzpp. Smyslem národních dotací je udržení výrobního potenciálu zemědělství a jeho podílu na rozvoji venkova. Velký důraz je kladem na agroenvironmentální charakter ochrany a podporu ozdravování polních a speciálních plodin. Mezi dotace financované z národních zdrojů patří:

- *Přechodné vnitrostátní podpory (PVP).*  
Představují nejdůležitější formu národních dotací a nahradily tzv. Top-Up, což byly národní doplňkové platby poskytované v letech 2007-2012 k vyrovnání rozdílů v některých komoditách v nových a starších členských státech EU, pro které platil plný systém přímých podpor. Stejně jako Top-up jsou i PVP posky-

<sup>5</sup> 1 VDJ = 1dojnice.

továny jako doplněk k přímým platbám, konkrétně k dotaci SAPS, a to na základě podání tzv. Jednotné žádosti.

PVP umožňuje novým členským státům podpořit citlivé sektory zemědělství a v následující tabulce je uveden výčet jednotlivých PVP a jejich sazeb.

Tab. 5 Sazby PVP v roce 2013

PVP	Jednotka	Sazba [Kč/jednotka]
Chmel	ha	6556,52
Ovce, kozy	VDJ	94,43
KBTPM	VDJ	190,92
Přežvýkavci	VDJ	129,42
Zemědělská půda	ha	247,78
Škrob	t	2208,92

Zdroj: SZIF, 2014.

Výsledná částka PVP je vypočtena individuálně pro každého žadatele podle speciálního mechanismu, tzv. modulace PVP.

## 2. Program rozvoje venkova ČR

Program rozvoje venkova (PRV) vychází z Národního strategického plánu rozvoje venkova a je zpracován v souladu s nařízením Rady (ES) č. 1698/2005. Finanční prostředky jsou poskytovány EU z EAFRD a částečně jsou kofinancovány ČR. Účelem programu je přispívat ke konkurenceschopnosti zemědělství, udržitelnému řízení přírodních zdrojů a vyváženému územnímu rozvoji venkova.

Sedmileté období PRV v roce 2013 skončilo a legislativa na následující období se finalizuje. Připravený návrh PRV na další období 2014-2020 byl vládou schválen dne 9. 7. 2014 a předpokládá se schválení po připomínkování Evropskou komisí je v prvním čtvrtletí roku 2015. Struktura PRV na předcházející období 2007-2013 měla 4 základní osy, které sledovaly následující cíle:

- OSA I: zlepšení konkurenceschopnosti zemědělství, potravinářství a lesnictví;
- OSA II: zvýšení biodiverzity, ochrana vody a půdy, zmírnění klimatických změn;
- OSA III: zkvalitnění života ve venkovských oblastech a diverzifikace hospodářství venkova;
- OSA IV: rozvoj území venkovských mikroregionů a podpora projektů na jeho rozvoj metodou LEADER.

Přehled podpor vyplácených v rámci PRV je uveden například ve *Zprávě o stavu zemědělství ČR za rok 2012*. Podle tiskové zprávy SZIF (2014) největší podíl na čerpání finančních zdrojů v rámci PRV v roce 2013 měla Osa II, a to 59 % z celkových 11 mld. Kč.

Jednou z podpor poskytovaných v rámci Programu rozvoje venkova jsou tzv. Agroenvironmentální opatření (AEO), jejichž úkolem je podpořit využívání zemědělské půdy, které je v souladu s ochranou a zlepšováním životního prostředí a krajiny, podporuje zachování obhospodařování území, přírodních zdrojů a údržbu krajiny.

### 3. Dotace v rámci společné organizace trhu

Podle informací uvedených na internetových stránkách SZIF jsou tyto dotace určeny k minimalizaci rozdílů v nabídce komodit a tím i cen placených producentům stejně jako stabilizace konečných spotřebitelských cen. EU u vybraných komodit stanovuje podmínky výroby a obchodu, poskytuje dotace, licence, upravuje obchodní podmínky apod. V roce 2013 byla na prostředky SOT vynaložena 1 mld. Kč.

#### Kontrola podmíněnosti (Cross compliance)

Řešení negativních důsledků dopadů zemědělství na krajinu a životní prostředí patří mezi jedno z hlavních témat v rámci SZF. Jedním z opatření je systém kontroly podmíněnosti, jehož dodržováním je podmíněna výplata přímých plateb a některých podpor v rámci PRV a SOT. Podmínky musí být dodržovány po celý rok a bez ohledu na to, zda žadatel požaduje dotace nebo ne. Jak je uvedeno v *Situační a výhledové zprávě: Půda 2012*, kontrola se zaměřuje na dodržování následujících skupin požadavků:

- Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC).
- Povinné požadavky na hospodaření (SMR).
- Minimální požadavky pro užití hnojiv a přípravků na ochranu rostlin a agroenvironmentálních opatření (AEO).

Za nedodržení či nesplnění hrozí sankce v podobě snížení podpor, v horším případě jejich neposkytnutí.

## 2.5 Optimalizační metody a operační výzkum

Disciplíny, které se věnují různým typům rozhodovacích problémů, se souhrnně nazývají operační výzkum. Při rozhodování je třeba respektovat určitá omezení a výsledkem řešení rozhodovacího problému je co možná nejlepší splnění cíle. Formulce a řešení úlohy rozhodovacího problému by podle JABLONSKÉHO (2007) mělo probíhat v několika fázích:

1. rozpoznání problému a jeho definice;
2. formulace ekonomického modelu;
3. formulace matematického modelu;
4. řešení matematického modelu;

5. interpretace a verifikace řešení;
6. implementace.

Základním nástrojem operačního výzkumu je matematické modelování. HOLOUBEK (2006) říká, že model je výsledkem procesu modelování, tj. nepřímý způsob poznání, který se zakládá na napodobování zásadních vlastností objektu našeho zájmu. Při sestavování modelu je využita metoda abstrakce. Ekonomický model si lze podle JABLONSKÉHO (2007) představit jako slovní či číselnou formulaci rozhodovacího problému, matematický zápis ekonomického modelu se pak nazývá matematický model.

Jednou z disciplín operačního výzkumu je matematické programování, které se zabývá řešením optimalizačních úloh. Formulace úlohy LP probíhá v několika krocích JABLONSKÝ (2007):

1. identifikace rozhodovacích proměnných (počet, význam, atd.);
2. definice optimalizačního kritéria a sestavení účelové funkce;
3. určení a vyjádření činitelů modelu v podobě omezujících podmínek.

V případě, že cílová funkce a všechny nerovnice i rovnice v matematickém modelu mají lineární tvar, jedná se o úlohu lineárního programování. Matematický model úlohy lineárního programování má podle RARDINA (2009) následující strukturu:

- Účelová funkce (ÚF), která slouží jako kritérium pro srovnání řešení a výběr toho nejlepšího, optimálního řešení (tj. řešení s nejvyšší hodnotou ÚF).
- Vlastní omezující podmínky (VOP) popisující problém pomocí soustavy lineárních rovnic či nerovnic.
- Podmínky nezápornosti (PN).

Obecný zápis matematického modelu úlohy lineárního programování dle JABLONSKÉHO (2007):

$$Z_{\max/\min} = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

kde  $(n)$  je počet strukturních proměnných,  $(m)$  je počet vlastních omezení,  $(c_j)$  je konstantní koeficient účelové funkce vztahující se k  $j$ -té proměnné,  $(x)$  je strukturní



proměnná, jejíž velikost se mění tak, aby ÚF byla extrémní,  $(b_i)$  je hodnota pravé strany daného omezení  $i$  ( $i$ -té VOP),  $(a_{ij})$  = technicko-ekonomický koeficient vyjadřující vztah mezi  $i$ -tou VOP a  $j$ -tou proměnnou.

Samotná optimalizace spočívá dle KISLINGEROVÉ (2007) v určení minimálních nákladů nebo maximálního zisku. Cílem úlohy LP je tedy určit takové hodnoty strukturních proměnných, kdy účelová funkce dosahuje extrémní hodnoty, tzn. u maximalizační úlohy nejvyšší hodnotu účelové funkce a naopak. V takovém případě bylo nalezeno tzv. optimální řešení.

Po sestavení modelu následuje jeho samotné řešení. Jak uvádí PLEVNÝ A ŽIŽKA (2007), nejpoužívanějším postupem pro hledání optimálního řešení úloh lineárního programování je simplexová metoda. Jedná se o univerzální, exaktní a iterativní metodu řešení úlohy LP pomocí simplexového algoritmu. Algoritmus postupuje od jednoho řešení k dalšímu, které je vždy lepší než to přechází, což se projevuje zlepšováním hodnoty ÚF a směřuje k nalezení řešení optimálního. HOLOUBEK (2006) popisuje, že algoritmus začíná od tzv. výchozího bazického řešení úlohy, které je podrobeno testu optimality. Pokud test splněn není, přechází se k hledání dalšího bazického řešení, dokud není nalezeno optimum. To je takové bazické řešení, jehož hodnota ÚF již nelze zlepšit, je extrémní.

SMEJKAL A RAIS (2013) podotýkají, že zejména při řešení reálných rozhodovacích problémů je vhodné se na závěr zabývat otázkami, jaký vliv má změna vstupních údajů na optimální řešení, protože u praktických úloh často dochází ke změnám ve výchozích parametrech. Modelování změn a zkoumání jejich dopadu na optimální řešení se věnuje postoptimalizační analýza, která se také někdy nazývá analýza citlivosti. Analyzuje se stabilita optimálního řešení na dodatečné změny parametrů úlohy. Díky tomu lze poznat citlivost ekonomického systému na změny a odhadovat jejich následky. Význam tohoto nástroje spočívá v tom, že management organizace získává představu o rizicích jejich strategických rozhodnutí.

STEVENSON (2009) uvádí, že modely lineárního programování mají v praxi široké využití, např. při plánování a organizaci výroby a výrobního programu. Stejnou otázkou je zde alokace dostupných zdrojů (práce, půda, kapitál).

### 2.5.1 Využití metod matematického programování při plánování osetí zemědělské půdy

Aplikace metod operačního výzkumu jako podpora při rozhodování má v zemědělství dlouholetou tradici. Pro optimalizaci osevního plánu se podle RARDINA (2009) tradičně využívá lineární programování, konkrétně modely alokace zdrojů. JANOVA A AMBROŽOVÁ (2009) dodávají, že s rozvojem stochastických, dynamických a nelineárních metod operačního výzkumu začaly zkoumat možnosti zavedení i těchto nových přístupů při řešení rozhodovacích problémů v zemědělství. Obecně je, jak uvádí JANOVA (2011), úspěšnost aplikace matematických metod v environmentálních vědách menší, než v ostatních oborech, což je dáno specifič-

ností zemědělské produkce. Je těžké vyjádřit matematicky vazby a omezení plynoucí z životního prostředí.

Modely lineárního programování předpokládají maximalizaci zisku s ohledem na specifická omezení daného zemědělského podniku. Tyto limity mohou podle AURBACHERA A DABBERTA (2011) představovat skupiny požadavků týkající se pozemku, omezení plynoucí z agronomických a biologických zásad a omezení na úrovni zemědělského podniku. Do první skupiny omezení patří výměra celkových osevních ploch a maximální či minimální výměra určitých plodin. Druhá skupina představuje limity plynoucí požadavků a zásady kladených na střídání plodin. Poslední skupinou omezení jsou disponibilní zdroje práce (pracovní síla), politická regulace a požadavky na množství krmení.

IRMA (2011) zmiňuje, že matematický model se vzhledem k heterogenitě klimatických a půdních podmínek, struktury plodin a s tím spojenou různou produktivitou může lišit od jedné ZVO k druhé. Podle JANOVÉ A AMBROŽOVÉ (2009) mají modely často lokální charakter, takže je nelze aplikovat na každou oblast, např. do prostředí ČR bez potřebných úprav.

### Obecný model matematického lineárního programování

Maximalizace zisku zemědělských subjektů představuje kritérium, od kterého se odvíjí podoba účelové funkce matematického modelu optimalizace osevních ploch. Jak popisuje JANOVÁ (2012), model má následující podobu:

$$Z^* = \max \sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{1j} \cdot x_i \leq b_j, \quad (5)$$

$$q_i \cdot x_i \geq Q_j, \quad (6)$$

$$x_i \geq 0, \quad 1 \leq i \leq n, \quad (7)$$

kde  $(x_i)$  jsou hledané proměnné velkosti plochy orné půdy oseté plodinou  $i$ . Dále v maximalizační účelové funkci (4) figurují parametry  $(c_i)$ , které představují náhodné proměnné celkového výnosu na 1 hektar plodiny  $i$  a jsou definovány následovně:

$$c_i = (p_i \cdot q_i - n_i), \quad (8)$$

kde  $(n_i)$  považujeme za celkové náklady na 1 hektar orné půdy oseté plodinou  $i$ , přičemž  $i$  a  $n$  jsou konstanty známých hodnot.

$$P = \sum_{i=1}^n (p_i \cdot q_i - n_i) \cdot x_i. \quad (9)$$

Zisk ( $P$ ) je náhodná proměnná, která závisí na velikosti sklizně ( $q_i$ ), což je náhodná veličina s normálním rozdělením. Kromě standardních podmínek nerovnosti (7) obsahuje model VOP (5 a 6), v nichž  $a_{ij}$  a  $b_j$  jsou známé konstanty.

Jedním z důležitých omezení jsou také minimální požadované sklizně jednotlivých plodin potřebných jako krmivo pro hospodářská zvířata  $Q_i$  (6). RARDIN (2009) uvádí, že tyto bilanční rovnice je nutné zavést v každé výrobě, kde existují různé úrovně produkce, v tomto případě živočišná výroba spotřebovává produkty předcházející produkce, resp. rostlinné produkce.

Výsledkem řešení optimalizačního modelu je stanovení *optimální struktury osevních ploch jednotlivých plodin* ( $x_i$ ) tak, aby bylo splněno kritérium, tzn. maximální zisk zemědělského podniku.

Modely v lineárním programování jsou podle JANOVÉ (2009) konstruovány dle přísných omezení, které často vyžadují kontrolu dosažených výsledků, jestli je řešení proveditelné v praxi. Modely LP jsou vhodné v případě, že úmyslem zemědělce je zlepšit krátkodobou produktivitu. Proto jsou v současnosti zkoumány možnosti zavedení komplexních matematických modelů do zemědělství.

Na druhou stranu JANOVÁ (2009) podotýká, že metody operačního výzkumu jako podpora rozhodování zemědělců, jsou samotnými zemědělci považovány za složité a komplikované aplikovatelné a poradenství odborníků či nákup SW je pro malého zemědělce či družstvo příliš nákladné, ačkoliv přínos těchto metod může být pro ně zásadní. Dále JANOVÁ (2011) zmiňuje, že čeští zemědělci se při rozhodování o podobě osevního plánu řídí dlouholetou praxí a zkušenostmi z předchozích let.

### Modely stochastického programování

DURY A KOL. (2012) uvádí, že pro plánování produkce v zemědělství je typickým jevem riziko, čili nejistota pramenící z charakteru dat využívaných pro plánování. Ta jsou ovlivněna výskytem nejistoty či chyb v měření, například co se týče budoucího hektarového výnosu či tržní ceny komodit.

Ačkoli je často riziko v matematických modelech ignorováno, v případě, že v rozhodovacím problému zohledníme náhodnost některých veličin, má optimalizační úloha stochastickou povahu. Aby bylo možné problém řešit v rámci lineárního programování, je nutné náhodné veličiny z modelu eliminovat. Způsob ošetření náhodných proměnných je dán tím, zda se vyskytují v účelové funkci či v omezujících podmínkách. Pokud se náhodné parametry nachází pouze v účelové funkci, lze je odstranit těmito způsoby:

1. nahrazením náhodné veličiny její střední hodnotou (Bayesovo kritérium);
2. použít kritérium, které minimalizuje rozptyl účelové funkce (rizikové kritérium);

3. využitím přístupu založeného na maximalizaci pravděpodobnosti, že hodnota účelové funkce klesne pod určitou úroveň (kvantilové kritérium);
4. minimalizovat pravděpodobnosti že užitková funkce nabyde hodnotu nižší (P-kritérium).

Takto modifikovaná účelová funkce si zachovává lineární tvar a, jak píše JANOVÁ (2009), úloha může být řešena v rámci lineárního programování, protože upravená účelová funkce ani model neobsahují náhodné parametry, ty jsou nahrazeny jinou hodnotou. Úpravou bylo eliminováno riziko nestability optimálního řešení.

JANOVÁ (2010) popisuje další alternativu, jak transformovat úlohu stochastického programování do deterministické povahy. Deterministický ekvivalent původní účelové funkce s náhodnými parametry lze získat pomocí tzv. Markowitzova kritéria. Markowitz byl jedním z prvních, kdo se zabýval zohledněním rizika v plánování zemědělské výroby a optimalizaci osevního plánu. Předpokladem je normální rozdělení proměnných  $q_i : N(\mu_i, \sigma_i^{\tilde{\epsilon}})$  a  $c_i : N(\gamma_i, \tilde{\sigma}_i^{\tilde{\epsilon}})$ . JANOVÁ (2010) popisuje konstrukci deterministického modelu kvadratického programování rozhodovacího problému typického českého zemědělce o optimálním osetí orné půdy za předpokladu maximalizace zisku a s ohledem na dodržování zásad rotace a časového odstupu mezi pěstováním stejných plodin následovně:

$$z^* = \min \left( \frac{a}{2} x \sum x^T - \gamma x^T \right), \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n n_i x_i \leq N, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n m_i x_i \leq M, \quad (12)$$

$$(\mu_i - F^{-1}(P)\sigma_i) \cdot x_i \geq Q_i, \quad (13)$$

$$x_i \geq A_i, \quad (14)$$

$$x_i \leq B_i, \quad (15)$$

$$p=1 \text{ to } n: \sum_{s=1}^p x_{i_s} \leq X - \tilde{x}_{i_1 \dots i_p} - \tilde{y}_{i_1 \dots i_p}, \quad (16)$$

$$x_i \geq 0, \quad 1 \leq i \leq n, \quad (17)$$

přičemž parametry ( $c_i$ ) v účelové funkci (10) jsou definovány stejně jako v modelu lineárního programování. Část komponent modelu je shodná s modelem klasického lineárního programování. Nově je zavedeno omezení:

- celkové rozlohy osevní plochy ( $X$ );
- disponibilní zdroje kapitálu ( $N$ );
- maximální plocha hnojená chlévskou mrvou (hnojem) ( $M$ );
- minimální množství krmných plodin ( $Q_i$ );
- minimální nebo maximální plocha osetá jednotlivými plodinami ( $A_i$  resp.  $B_i$ );
- zohlednění zásad osevního postupu a časového odstup osetí stejné plodiny znovu na stejný pozemek (16).

Tato podmínka podle JANOVÉ (2011) vyjadřuje, že stejná plodina nemůže být na stejném pozemku zasetá určitou dobu a že se na pozemku neobjeví dvě po sobě nesnášenlivé plodiny. Podmínka může být zkonstruována jako lineární nerovnice, kde  $\tilde{x}_{i_1..i_p}$  označuje celkovou plochu osetou všemi plodinami  $i_1..i_p$  v průběhu minulých let  $r(i_1)..r(i_p)$ ;  $r(i_s)$  je počet let, po kterých plodina  $i_s$  může být znovu vyseta na stejný pozemek;  $\tilde{y}_{i_1..i_p}$  představuje celkovou plochu neosetou v minulých letech plodinami  $i_1..i_p$ , protože v předchozím roce byla oseta plodinou, po které nemůže být oseta žádná další.

### Verifikace a validace modelu

Model optimalizace osevních ploch má sloužit jako nástroj pro podporu rozhodování zemědělských subjektů. Jako takový musí být správný a platný, takže je nutné model podrobit verifikaci a validaci a tím ověřit, zda je řešení aplikovatelné v praxi.

V procesu verifikace jde o ověření předpokladů modelu. Je nutné vyhodnotit, zda jsou získané výsledky a řešení v souladu se stanovenými omezeními a limity. Kontroluje se, zda jsou omezující podmínky správně zkonstruovány a zda jsou získány správně hodnoty výměr pozemků a to tak, že se porovnají limity ploch pro osetí orné půdy danou plodinou a zda jsou dodrženy podmínky a zásady a časový odstup plodin ve sledu.

JANOVÁ (2012) se věnuje problematice validace optimálního řešení úlohy o osevním plánu. Cílem validace je ověřit, zda bylo skutečně splněno kritérium a zda optimální osevní plán skutečně generuje maximální zisk. Provádí se to pomocí vyhodnocení rentability optimálního osetí zemědělské půdy. Prakticky se validace modelu provádí pomocí simulace Monte Carlo.

**Další metody využívané při rozhodování o osevním plánu**

Kromě deterministických či stochastických modelů lineárního programování, kterým se věnují např. AMBROŽOVÁ (2009) či JANOVÁ (2009, 2012), lze na rozhodovací úlohu o vhodném rozdělení zemědělské produkce aplikovat i jiné přístupy, nejen z oblasti operačního výzkumu.

Další způsoby, jak při plánování zemědělské produkce zohlednit informace pravděpodobnostního charakteru (např. budoucí tržní ceny či hektarové výnosy) popisuje například CHARVAT A GNIP (2012). Jako jednu z možností uvádějí využití analýzy rizika. Doporučují sestavení scénářů, které zohlední různé hodnoty náhodných proměnných, tj. hektarových výnosů, prodejních cen a nákladů. Jak uvádí HNILICA A FOTR (2014) scénáře představují podpůrný nástroj řešení rozhodovacích problémů, protože pomáhají pochopit a poznat faktory ovlivňující podnik a umožňují se připravit na možný budoucí vývoj. Nejčastěji se sestavují tři varianty výrobních plánů, a to optimistická, pesimistická a neutrální, ze kterých si následně management vybírá jednu variantu.

Při rozhodování kde některé z parametrů jsou náhodné veličiny lze dle CHARVATA A GNIPA (2012) aplikovat také vícekriteriální rozhodování matematického programování. Vícekriteriální modely matematického programování obsahují více účelových funkcí, které jsou následně agregovány do jedné. Řešením takových úloh je tzv. kompromisní řešení, které ale není optimální, protože nelze splnit kritéria pro všechny objektivní funkce.

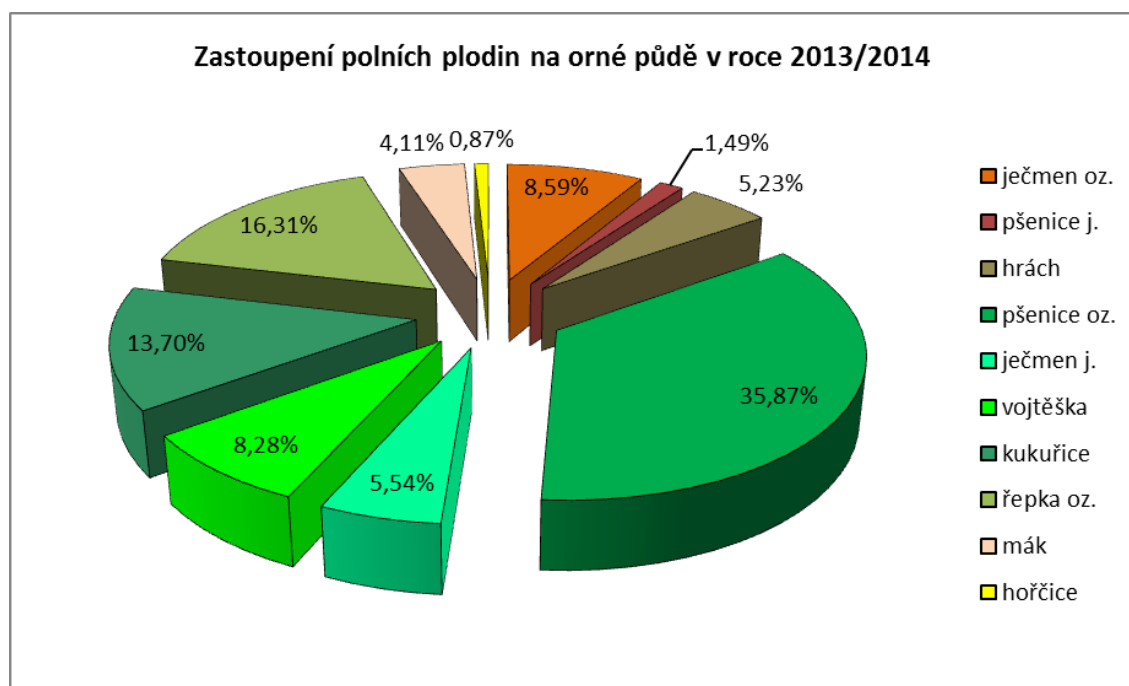
V současnosti jsou k dispozici SW nástroje, které zemědělcům umožňují snadno vypočítat vhodnou strukturu zemědělské výroby. V ČR jsou však stále nejčastěji využívány vlastní zkušenosti, znalosti a předchozí praxe.

### 3 Charakteristika podniku

Vhodné optimalizační metody budou aplikovány při plánování osetí zemědělské půdy v Zemědělském družstvu Třebelovice (dále také ZD Třebelovice). ZD Třebelovice se nachází v kraji Vysočina, v okrese Třebíč a hospodaří na katastrech Třebelovice, Mladoňovice a Rácovice. Tato výrobní oblast se vyznačuje písčitohlinitými půdami a všechny zemědělské pozemky družstva se nacházejí v obilnářské výrobní oblasti. Družstvo se věnuje jak výrobě rostlinné, tak živočišné.

#### Rostlinná výroba

Zemědělské družstvo obhospodařuje výměru 1684 hektarů zemědělské půdy, přičemž orná půda představuje 95,4 % celkového ZPF družstva. Do osevního plánu agronomové pravidelně zařazují ječmen ozimý a jarní, pšenici ozimou, hrách setý, vojtěšku, kukuřici na siláž a řepku ozimou. Dále pak pšenici jarní, mák, jetel luční či oves. V několika letech pěstovali také kmín, či hořčici bílou a triticales. Stěžejní místo ve struktuře rostlinné produkce zaujímají obiloviny, které jsou tradičně osévány na největší část orné půdy.



Graf č. 4 Zastoupení polních plodin na orné půdě v roce 2013/2014.

Zdroj: podniková data.

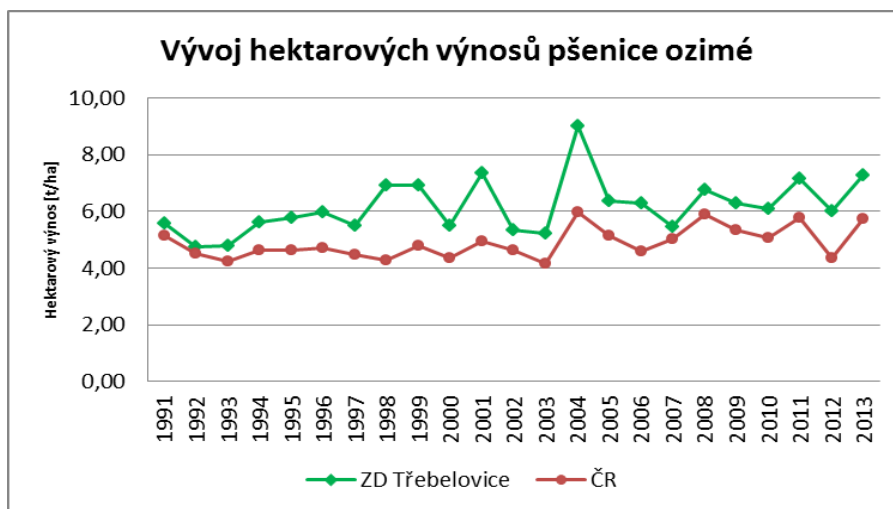
V roce 2013/2014 obiloviny zaujímaly 51,5 %, přičemž největší podíl na osevním plánu měla pšenice ozimá a řepka, což znázorňuje graf č. 4. Následující tabulka obsahuje porovnání hektarových výnosů plodin pěstovaných v ZD Třebelovice s průměrnými výnosy v kraji Vysočina a celorepublikovými hodnotami.

Tab. 6 Hektarové výnosy 2013 (t/ha)

Komodita	ZD	Kraj Vysočina	ČR
Pšenice ozimá	7,29	5,49	5,75
Pšenice jarní	5,80	3,74	4,15
Ječmen ozimý	7,10	4,27	4,47
Ječmen jarní	5,50	4,33	4,61
Oves	-	3,23	3,19
Triticale	-	4,46	4,58
Řepka ozimá	4,28	3,37	3,45
Luskoviny celkem	2,82	1,95	2,14
Kukuřice na zeleno a na siláž	(hrách) 45,72	30,31	32,66

Zdroj: podniková data a ČSÚ.

Z tabulky č. 6 je patrné, že výnosnost plodin v ZD Třebelovice se pohybuje nad úrovní průměrných hektarových výnosů dosahovaných v kraji Vysočina a rovněž jsou vyšší, než je celorepublikový průměr. Další dva grafy zobrazují časové řady vývoje hektarových výnosů pšenice ozimé a řepky ozimé. Komparují hektarové výnosy dvou hlavních komodit ZD Třebelovice s celorepublikovými hodnotami.

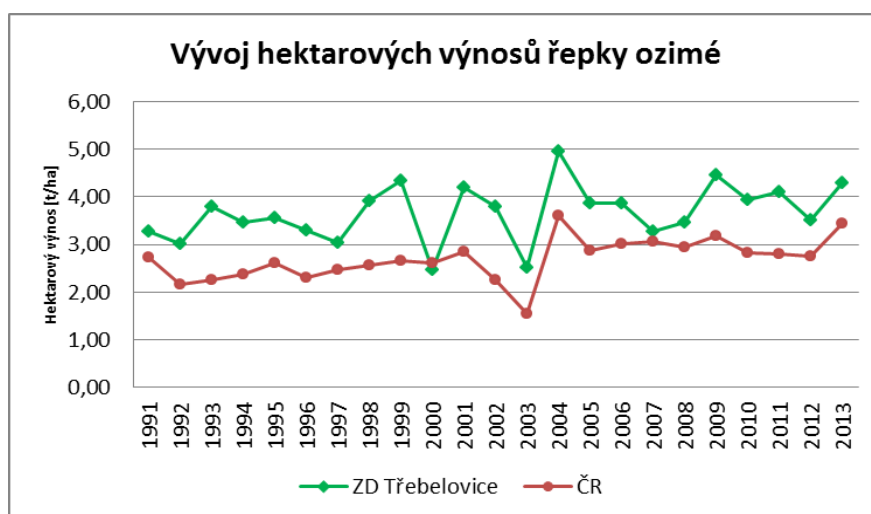


Graf č. 5 Vývoje hektarových výnosů pšenice ozimé.

Zdroj: podniková data a ČSÚ.

Z grafů lze vidět, že výnosnost obou rostlinných komodit pěstovaných v ZD Třebelovice je vyšší, než průměrné hodnoty v ČR.





Graf č. 6 Vývoje hektarových výnosů řepky ozimé.  
Zdroj: podniková data a ČSÚ.

### Živočišná výroba

V živočišné výrobě se ZD Třebelovice zaměřuje na chov skotu a prasat. Chovají dvě plemena skotu, a to Český strakatý skot a Holštýnský skot, které lze podle FRELICHA A KOL. (2001) zařadit mezi tzv. dojně užitkové typy. To, že se jedná o plemena s mléčnou užitkovostí, předem naznačuje, že cílem ZD je maximalizace produkce mléka. ZD Třebelovice má tzv. uzavřený obrat stáda, což dle MIKŠÍKA A ŽIŽLAVSKÉHO (2006) znamená, že družstvo zajišťuje vlastní reprodukci stáda a základní stádo doplňuje jalovicemi z vlastního odchovu. V kravínech se tedy nacházejí všechny kategorie skotu od telat, jalovic, březích jalovic až po dojnice a skot ve výkrmu. Dalším živočišným druhem, který v ZD chovají, jsou prasata. I u prasat si družstvo obstarává vlastní reprodukci. Malá selata nenakupují, ale mají chovné prasnice, které rodí selata, z nichž si odchovávají prasata na výkrm. Průměrné stavy hospodářských zvířat jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Tab. 7 Průměrné stavy skotu a prasat v roce 2013 (ks)

Kategorie	
Dojnice	360
Telata	285
Jalovice	180
VBJ	35
Skot ve výkrmu	210
Selata	1435
Prasnice	270
Prasata ve výkrmu	1923

Zdroj: podniková data.

**Dotace**

ZD Třebelovice v roce 2014 získalo několik dotačních titulů. Nejvyšší podporu získalo v souvislosti se zemědělskou půdou z tzv. jednotné platby na plochu (SAPS), což je hlavní přímá platba poskytovaná v zemědělství. Dále ZD čerpalo přechodné vnitrostátní podpory na zemědělskou půdu, na přežvýkavce a také tzv. zvláštní podporu na krávy chované v systému s tržní produkcí mléka (tzv. Dojnice). Jednotlivé dotační tituly a sazby jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 8 Dotace

<b>Dotační titul</b>	<b>Sazby</b>
SAPS	5997,23 Kč/ha
PVP na zemědělskou půdu	247,78 Kč/ha
PVP Přežvýkavci	129,42 Kč/VDJ
Dojnice	1504,2 Kč/VDJ

Zdroj: podniková data.

## 4 Materiál a metodika

V předchozích kapitolách byly shrnuty informace potřebné pro vhodné plánování osetí zemědělské půdy a stručně popsána charakteristika podniku, na němž bude ilustrována možnost využití optimalizačních metod jako nástroje pro rozhodování o vhodné struktuře zemědělské výroby, resp. osevním postupu. V následující části práce budou teoretické poznatky aplikovány na výrobu ve zkoumaném zemědělském podniku. Podklady byly získány od vedení ZD Třebelovice. Stěžejním krokem k dosažení cíle práce bude rozbor vhodné metodiky k vyřešení úlohy optimalizace struktury zemědělské výroby a na základě získaných informací výběr a sestavení vhodného optimalizačního modelu z oblasti matematického lineárního programování. Na základě jeho sestavení bude provedena optimalizace a výsledky budou porovnány se skutečným stavem, popřípadě učiněna doporučení pro upravení struktury výroby.

### 4.1 Materiál

Ve vlastní práci budou zpracována data z oblasti plánování výroby v zemědělství, konkrétně plánování osetí zemědělské půdy. Zdrojová data k vypracování diplomové práce poskytl podnikatelský subjekt Zemědělské družstvo Třebelovice–družstvo. Podklady poslouží jako reprezentativní vzorek, na který budou aplikovány metody operačního výzkumu vhodné pro optimalizaci osetí zemědělské půdy. Byly použity následující údaje:

- soupis ploch osevů;
- vývoj hektarových výnosů pěstovaných plodin od r. 1991 do r. 2014;
- ceny a náklady jednotlivých zemědělských výrobků;
- informace o provozu a způsobu plánování rostlinné a živočišné výroby v zemědělském družstvě.

Dále bylo čerpáno z pramenů a zdrojů informací uvedených v seznamu použité literatury. Na základě nastudování podkladů a pochopení problematiky plánování osetí zemědělské půdy byla vypracována vlastní práce.

#### 4.1.1 Analýza výnosů

Získané podklady o pěstovaných plodinách za období od roku 1991 do roku 2014 v ZD Třebelovice obsahovaly soupis ploch osevů a hektarové výnosy jednotlivých plodin na daném pozemku v každém roce. Nejdříve bylo nutné původní data upravit. Plodiny, které se v osevním postupu objevovaly nárazově a nebyly pěstovány pravidelně, byly vyřazeny, protože při optimalizaci nehrají důležitou roli. Jedná se o hořčici, která byla pěstována pouze v roce 1995 na 8 ha půdy a v roce 2014 na výměře 14 ha z celkových 1606 hektarů.

Následně byly analyzovány časové řady ročních hektarových výnosů jednotlivých plodin. Byla provedena grafická analýza vývoje časových řad pomocí spojnicového grafu. Pro účely diplomové práce bylo potřebné zjistit popisné charakteristiky souboru dat. Pomocí aritmetického průměru byly vypočteny střední hodnoty hektarových výnosů jednotlivých plodin a pomocí směrodatné odchylky byla charakterizována jejich variabilita. Z důvodu lepších statistických vlastností byl zvolen výpočet výběrových hodnot těchto ukazatelů, které jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Tab. 9 Hektarové výnosy pěstovaných plodin v (t/ha)

	<b>Výnosy 2014 [t/ha]</b>	<b>Střední hodnota</b>	<b>Výběrová sm. odchylka</b>
Hrách	3,68	3,43	0,5366
Ječmen j.	5,60	5,00	0,8415
Ječmen oz.	6,45	5,72	0,7914
Jetel		20,42	1,3394
Kmín		1,15	0,4158
Kukuřice na siláž	40,40	45,50	3,9757
Mák	1,50	0,97	0,3010
Oves		4,54	0,7495
Pšenice j.	5,10	5,37	0,6521
Pšenice oz.	7,98	6,25	1,0237
Řepka oz.	5,13	3,73	0,6583
Triticale (žito)		4,38	0,8839
Vojtěška setá	27,5	25,32	3,6690

Zdroj: Vlastní výpočty na základě podnikových dat.

Nejvyšší variabilitu mají hektarové výnosy plodin pěstovaných na zeleno určené ke krmným účelům. Od průměrných hodnot se nejvíce liší výnosy kukuřice na siláž a vojtěšky seté. To může být způsobeno nevhodnými stanovištními podmínkami či počasím v období sklizně. Vzhledem k lokaci ZD Třebelovice, které hospodaří na hlinitopísčitých až jílovitých půdách, se na všech pozemcích nemusí dařit vojtěšce seté. Ta na půdách s vysokou hladinou spodní vody a nepropustnou spodinou trpí. I přes tato negativa a proměnlivý vývoj hektarových výnosů má vojtěška nezastupitelné místo v osevním postupu. Jedná se o plodinu s vysokou produkcí kvalitní píče potřebné pro krmení hospodářských zvířat, ale ještě důležitější je její zúrodnující efekt. Podle VACHA A JAVŮRKA (2008) vojtěška patří mezi plodiny tvořící kvalitní kořenovou hmotu obohacující půdu o důležité živiny a dále uvádějí, že zejména na méně úrodných půdách je využívání plodin regenerujících půdní úrodnost nezbytné. Větší pestrost plodin zajistí stabilizaci agroekosystému a zvyšuje ekonomickou jistotu zemědělského podniku.

Na hlinitopísčítých až jílovitých půdách je ideální pěstovat obilniny a technické plodiny např. mák, řepka. Variabilita výnosů těchto plodin tedy nebude způsobena nevhodnými půdními podmínkami, ale spíše počasím v období vegetace i sklizně. Nejmenší výkyvy v úrovni hektarových výnosů jsou u jedné z technických plodin, máku setého, kterému právě půdní podmínky hlinitopísčítých půd vyhovují. V roce 2014 byl zaznamenán vysoký výnos máku, který se obvykle pohybuje kolem 1 t/ha.

Na základě posouzení grafického vývoje časových řad hektarových výnosů jednotlivých plodin (viz grafy č. 7-16 v příloze) bylo usouzeno, že vývoj časových řad odpovídá lineární funkci času.

#### **4.1.2 Kalkulace tržeb a nákladů v zemědělské výrobě**

České zemědělství se potýká se závažným problémem prosperity a konkurenceschopnosti vůči ostatním evropským zemím. Kalkulace tržeb a nákladů je důležitá z hlediska vyhodnocení rentability jednotlivých komodit a pro posouzení, které plodiny je dobré pěstovat a v jaké výměře, resp. jaké kategorie hospodářských zvířat a v jakém počtu. Tržby z prodeje a náklady těchto komodit budou využity při sestavování matematického modelu. Výsledek hospodaření ovlivňují také poskytované podpory či subvence ze strany státu a EU, proto je důležité v modelu zohlednit i výši poskytovaných dotací.

##### **Kalkulace tržeb**

Tržby zemědělského podniku tvoří získané peněžní prostředky za prodej zemědělských komodit rostlinné a živočišné povahy. Výše tržeb producentů zemědělských výrobků závisí na mnoha faktorech, přičemž jedny z nejdůležitějších jsou tržní ceny a velikost produkce.

Úroveň výkupních cen plodin se odvíjí od vzájemné interakce mezi nabídkou a poptávkou, dosažené úrovně produkce a stavu světových zásob jednotlivých komodit. V průběhu roku se tržní ceny komodit mění v závislosti na situaci na evropském či světovém trhu s komoditami a proto odhady jejich budoucího vývoje mají pravděpodobnostní charakter. Vzhledem k tomuto faktu budou při modelování použity průměrné ceny z roku 2013, vypočtené z měsíčních průměrných cen zveřejňovaných ČSÚ (vybrané výrobky viz tab. č. 10).

Tab. 10 Průměrné roční ceny zemědělských výrobků v r. 2013

Výrobek	Tržby [Kč/t]
Hrách jedlý	6494
Ječmen krmný	4485
Ječmen potravinářský	5408
Jetel	1591
Kmín	23500
Kukuřice na siláž	800
Mák	51962
Oves krmný	4127
Pšenice krmná	4901
Pšenice potravinářská	5288
Řepka oz.	10949
Triticale (žito)	4599
Vojtěška	900
Telata do 6M	54848
Jalovice	36256
Březí jalovice	36256
Dojnice	31135
Skot ve výkrmu	45540
Selata	58000
Prasnice	18000
Prasata ve výkrmu	33430

Zdroj: ČSÚ, 2013.

Tržby z produktů živočišné výroby byly vypočítány při stanovení obratu stáda s ohledem na průměrné roční ceny jednotlivých kategorií chovaných zvířat za kilogram živé hmotnosti v roce 2013 uvedené v tabulce č. 10.

Tab. 11 Tržby v živočišné výrobě (ks/rok/Kč)

Kategorie	Tržby (ks/rok/Kč)
Dojnice	73169,59
Telata	812,63
Jalovice	1157,93
VBJ	-
Skot ve výkrmu	13305,39
Selata	2346,80
Prasnice	279,19
Prasata ve výkrmu	14874,10

Zdroj: Vlastní výpočty.

### Kalkulace nákladů

Stejně jako se hektarový výnos jednotlivých komodit odvíjí od lokálních faktorů daných přírodními a klimatickými podmínkami jednotlivých zemědělských výrobních oblastí, tak i náklady na pěstování plodin se mění podle produktivity stanoviště. Zásadní roli hraje správné střídání plodin, které umožní zvýšit výnos bez dodatečných vstupů do výroby.

Největší položkou nákladů v rostlinné výrobě jsou přímé výrobní náklady na nákup materiálu (osivo, hnojivo a postřiky, krmivo atd.) a mzdy zaměstnancům. Podrobný rozpis kalkulačního vzorce nákladů výrobků rostlinné a živočišné výroby je uveden v tabulce č. 12.

Tab. 12 Kalkulační vzorce nákladů zemědělských výrobků

Rostlinná výroba	Živočišná výroba
Nakoupená osiva a sadba	Nakoupená krmiva a steliva
Vlastní osiva a sadba	Vlastní krmiva a steliva
Nakoupená hnojiva	Léčiva a desinfekční prostředky
Vlastní hnojiva	Ostatní přímý materiál
Prostředky ochrany rostlin	Ostatní přímé náklady a služby
Ostatní přímý materiál	Pracovní náklady celkem
Ostatní přímé náklady a služby	Odpisy dospělých zvířat
Pracovní náklady celkem	Odpisy dlouhodobého nehmotného a hmotného majetku
Odpisy dlouhodobého nehmotného a hmotného majetku	Náklady pomocných činností
Náklady pomocných činností	Výrobní režie
Výrobní režie	Správní režie
Správní režie	
Náklady celkem	Náklady celkem

Zdroj: ÚZEI, 2010.

Způsob zjišťování vlastních nákladů v zemědělství představuje složitou problematiku zejména z důvodu objektivního hodnocení rentability jednotlivých výrobků pro mezipodnikové srovnání. POLÁČKOVÁ A KOL. (2010) uvádějí, že metoda kalkulace nákladů a otázka objektivní komparace si vyžaduje při kalkulaci zohlednit zejména hledisko využitelnosti metody pro řízení výroby v podniku a také zásadu srovnatelnosti podnikových vlastních nákladů s jinými podniky. Proto byl pro účely práce využit expertní odhad nákladů výrobků rostlinné i živočišné povahy převzatý z certifikované metodiky ÚZEI vypracované za účelem poskytnout nástroj pro ekonomické vyhodnocení přínosu jednotlivých zemědělských komodit. Pro názornost jsou v tabulce č. 13 uvedeny náklady rostlinné výroby, náklady živočišné výroby jsou uvedeny v další části práce.

Tab. 13 Náklady rostlinné výroby

Komodita	Kč/ha	Kč/t
Hrách	17944	6869
Ječmen j.	17167	4275
Ječmen oz.	17274	3578
Jetel	12279	607
Kmín	21806	27603
Kukuřice na siláž	25269	723
Mák	30752	35884
Oves	13344	4240
Pšenice j.	19849	4717
Pšenice oz.	20788	3949
Řepka oz.	21901	7066
Triticale (žito)	16148	3473
Vojtěška (víceleté pícniny)	9609	308

Zdroj: ÚZEI, 2010.

Výše nákladů na jednotlivé kategorie chovaných zvířat byla upravena, resp. snížena o náklady na vlastní krmiva, protože tato položka už je zahrnuta v nákladech na rostlinnou výrobu, a v případě absence této úpravy by byly v modelu započítány dvakrát.

Tab. 14 Náklady v živočišné výrobě (ks/rok/Kč)

Kategorie	Náklady
Dojnice	59037,29
Telata	17989,76
Jalovice	14183,90
VBJ	13369,95
Skot ve výkrmu	18798,23
Selata	5142,85
Prasnice	23944,00
Prasata ve výkrmu	8391,35

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

### Ekonomické vyhodnocení zemědělské výroby

Ekonomická efektivnost rostlinné výroby závisí na tržbách získaných prodejem rostlinných komodit, na jejichž výši má kromě tržních cen vliv i dosažený hektarový výnos plodin. V následující tabulce jsou vyhodnoceny ekonomické ukazatele jednotlivých plodin a podle vypočtené střední hodnoty hektarových výnosů v ZD jsou vyčísleny tržby z prodeje plodin vypěstovaných na jednom hektaru půdy a zisk z pěstování plodiny na jednom hektaru zemědělské půdy.



Tab. 15 Ekonomické vyhodnocení rostlinné výroby

	Náklady [Kč/ha]	Průměrné ceny 2013 [Kč/t]	Výnos [t/ha]	Tržby [Kč/ha]	Zisk [Kč/ha]
Hrách	17944	6494	3,43	22304,61	4360,61
Ječmen j.	17167	5408	5,00	27034,52	9867,52
Ječmen oz.	17274	5408	5,72	30951,41	13677,41
Jetel	12279	1591	20,42	32487,34	20208,34
Kmín	21806	23500	1,15	27103,33	5297,33
Kukuřice na siláž	25269	800	45,50	36399,10	11130,10
Mák	30752	51962	0,97	50429,79	19677,79
Oves	13344	4127	4,54	18749,19	5405,19
Pšenice j.	19849	5288	5,37	28413,49	8564,49
Pšenice oz.	20788	5288	6,25	33030,94	12242,94
Řepka oz.	21901	10949	3,73	40843,67	18942,67
Triticale (žito)	16148	4599	4,38	20120,63	3972,63
Vojtěška	9609	900	23,79	21409,38	11800,38

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

Jak je vidět z tabulky, nejlépe se na trhu prodá mák, kmín a řepka ozimá. Nejvyšší zisk je generován z jetele. Ten ale není určen k prodeji, je pěstován pouze pro krmné účely a u takových plodin hrají větší roli vynaložené náklady. Z plodin pěstovaných za účelem prodeje přináší nejvíce zisku z hektaru půdy oseté touto plodinou mák a řepka ozimá. Na dalším místě je ječmen ozimý spolu s pšenicí ozimou. Nejméně výhodné je pěstovat hrách a triticale.

Následující tabulka č. 16 obsahuje ekonomické vyhodnocení jednotlivých kategorií chovaných zvířat. Tržby byly vypočteny na základě obratu stáda (viz příloha), přičemž kilogram živé hmotnosti byl oceněn průměrnou roční prodejní cenou dané kategorie, která je uvedena v tabulce č. 10. Náklady byly upravené o náklady na vlastní krmiva stanovené podle krmných dávek. Celkové náklady byly dále sníženy o finanční ohodnocení roční produkce statkových hnojiv (chlévského hnoje) jednoho kusu dané kategorie, protože družstvo ušetří za nákup hnojiv.

Tab. 16 Ekonomické vyhodnocení živočišné výroby (ks/rok/Kč)

Kategorie	Náklady	Tržby	Zisk
Dojnice	55267,29	73169,58	17902,30
Telata	17259,51	812,62	-16446,88
Jalovice	12726,40	1157,92	-11568,47
VBJ	10427,45		
Skot ve výkrmu	15718,23	13336,33	-2381,89

Selata	4961,85	2346,80	-2615,05
Prasnice	23121,50	279,19	-22842,31
Prasata ve výkrmu	8104,35	14874,10	6769,75

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

Tabulka naznačuje, že živočišná výroba nepřináší velký zisk. Ziskové jsou pouze kategorie dojnice a prasata ve výkrmu. U skotu je to způsobeno tím, že ZD chová mléčné užitkové typy skotu, jejichž primárním účelem je maximální produkce mléka. U chovu prasat se ekonomické výsledky posuzují dle finální kategorie, tj. prasata ve výkrmu a ta zisk generuje. Navzdory tomu se dle analýzy zpracované ČSÚ čeští výrobci potýkají s nízkou konkurenceschopností živočišné produkce v tržních podmínkách EU. ČSÚ (2013) na svých webových stránkách uvádí, že od roku 2000 do roku 2011 klesl stav skotu o 15 % a prasat o 52,6 % a výrazně se na tom podepsala rozdílná politika zemědělských dotací. Přesto je z pohledu ZD živočišná výroba důležitá. Její význam spočívá také v produkci statkových hnojiv, které by v případě absence chovu skotu a prasat musela nakupovat.

Do zhodnocení ekonomické efektivity zemědělské produkce nebyly zakalkulovány dotace zvyšující výsledek hospodaření, které budou zohledněny až v samotném matematickém modelu.

## 4.2 Metodika

Pro diplomovou práci zabývající se možnostmi využití metod operačního výzkumu při plánování osetí zemědělské půdy byl nejprve zajištěn vhodný podnikatelský subjekt, který poskytl podkladové číselné údaje o osevním postupu sloužící jako reprezentativní vzorek. Získaná data byla následně zpracovávána. Nejprve byla provedena úprava dat a z reálných hodnot byly vypočítány základní statistické charakteristiky úrovně a variability. Pomocí aritmetického průměru byla vypočtena střední hodnota hektarových výnosů pěstovaných plodin v letech 1991-2014, charakterizující úroveň souboru dat a směrodatná odchylka, která charakterizuje variabilitu souboru dat.

Následně byly zjištěny další informace nezbytné pro sestavení matematického modelu. Bylo nutné vyčíslit náklady a výnosy jednotlivých produktů rostlinné i živočišné výroby. Z důvodu mezipodnikové srovnatelnosti byla výše nákladů převzata z *Metodiky kalkulací nákladů a výnosů v zemědělství*, ÚZEI (2010). Výnosy zemědělského podniku představují tržby z prodeje zemědělských výrobků, které byly oceněny průměrnými cenami z roku 2013 uvedenými v databázi ČSÚ (2014). V souvislosti s ekonomickým vyhodnocením nákladů a tržeb v živočišné výrobě bylo nutné vypočítat obrat stáda, zjistit krmné dávky hospodářských zvířat a také produkci statkových hnojiv.

Po nastudování teoretických znalostí a specifík živočišné a rostlinné výroby bude zvolena vhodná metoda matematického programování a bude zahájena stěžejní část diplomové práce. Na základě seznámení se s praktickými poznatky

o chodu a plánování výroby v zemědělském družstvu bude podle požadavků a limitů sestaven matematický model a bude optimalizována rostlinná a živočišná výroba v tomto družstvu. Samotný výpočet bude proveden s využitím tabulkového procesoru *MS Excel*, konkrétně jednoho z jeho nástrojů, *Řešitele*. Po obdržení optimálního řešení budou výsledky interpretovány.

#### 4.2.1 Vybrané optimalizační metody

Pro plánování setí zemědělské půdy a stanovení osevních ploch jednotlivých zemědělských plodin se tradičně využívá metod operačního výzkumu, konkrétně lineárního plánování. Specifickým rysem podnikání v zemědělství je nejistota spojená s úrovní výnosů a tento fakt byl při výběru vhodného optimalizačního modelu rozhodující. Rozhodovací problém byl modelován pomocí stochastického programování. Aby bylo možné problém řešit v rámci lineárního programování bylo nutné náhodné veličiny z modelu eliminovat a za tímto účelem proběhla úprava dat. Z hektarových výnosů jednotlivých plodin v letech 1991-2014 byly vypočteny jejich střední hodnoty a směrodatné odchylky. Pak mohly být náhodné parametry proměnných z účelové funkce odstraněny pomocí tzv. Bayesova kritéria. Tato úprava, spočívající v nahrazení hodnot parametrů proměnných střední hodnotou s normálním rozdělením, umožnila řešit úlohu v rámci lineárního programování.

Střední hodnota byla odhadnuta pomocí výběrového aritmetického průměru a směrodatná odchylka pomocí výběrové směrodatné odchylky. Tyto výběrové charakteristiky úrovně a variability byly zvoleny proto, že vykazují nejlepší statistické vlastnosti z hlediska teorie bodového odhadu.

#### 4.2.2 Metodický postup sestavení matematického modelu

Sestavení modelu probíhalo v následujících fázích:

##### 1. Volba proměnných

Samotné volbě strukturních proměnných předcházelo rozhodnutí, jaké plodiny bude podnik pěstovat a to nejen s ohledem na klimatické a půdní podmínky, ale zejména na ekonomické faktory. Zemědělské družstvo jakožto podnikatelský subjekt chce pěstovat takové plodiny, které překročí práh ekonomické rentability, tzn., že se dobře prodají. Vzhledem k lokaci zemědělského družstva, které hospodaří na méně úrodných půdách, je nutné, aby na osevním plánu byly zastoupeny také píce, které lze vhodně využít jako krmivo pro hospodářská zvířata, tudíž zemědělská výroba bude zahrnovat jak rostlinnou, tak živočišnou výrobu. Výměra zvolených plodin a počet kusů hospodářských zvířat pak představovaly hledané proměnné matematického modelu.

##### 2. Sestavení účelové funkce

Prvním konstrukčním prvkem modelu byla účelová funkce, jejímž kritériem byla maximalizace zisku, tj. rozdílu mezi tržbami a vlastními náklady. Výsledek hospodaření ovlivňují také získané dotace, které byly v účelové funkci přičteny k tržbám.

### 3. Konstrukce VOP a PN

Dalším krokem bylo sestavení vlastních omezujících podmínek modelu, čili převedení požadavků a limitů výroby do podoby lineárních rovnic a nerovnic. VOP představují matematicky formulovaný zápis zásad sestavování osevního postupu a limitů v podobě celkové výměry orné půdy, nároky plynoucí z agrotechnických a krmivářských potřeb a další požadavky ze strany podniku.

Podle VACHA A JAVŮRKA (2008) pěstování minimálně pěti různých druhů plodin nejenom zvyšuje ekonomickou jistotu podniku, ale také nedochází k nadměrné koncentraci některých plodin na orné půdě a narušování biologické rovnováhy. Při konstrukci omezujících podmínek byl zohledněn i tento základní agrotechnický požadavek týkající se maximální koncentrace plodin na orné půdě (viz tab. č. 17).

Tab. 17 Maximální koncentrace plodin na orné půdě (%)

Plodina	Max. podíl
Mák setý	20
Řepka olejka	12,5-15
Hořčice bílá	15
Hrách setý	20-25
Vojtěška setá	30-33
Jetel luční	20

Zdroj: VACHA A JAVŮREK, 2008.

Ačkoli v některých oblastech lze dlouhodobě hospodařit bez chovu hospodářských zvířat, resp. bez zařazení pícnin do osevního postupu, v oblastech s méně úrodnými půdami je nutné pěstovat jeteloviny, aby nebyla dlouhodobě snižována bonita půdy. Z toho důvodu byla do modelu zařazena i živočišná výroba, pro niž jsou jeteloviny nezbytné jako krmivo pro zvířata, což současně podmínilo zařazení jetelovin do osevního postupu. Nakonec byly nadefinovány podmínky nezápornosti hledaných proměnných.

### 4. Řešení

Následně bylo s pomocí výpočetní techniky, resp. modulu *Řešitel* v MS Excel vypočítáno optimální řešení. Nejprve bylo nutné zapsat model do tabulkového procesu. Proměnné byly zapsány do jednotlivých sloupců. Vlastní omezující podmínky byly zapsány do řádků, přičemž před VOP byla vložena účelová funkce. Zápis modelu je uveden v příloze.

Následně byl nadefinován skalární součin parametrů a strukturních proměnných. Poté bylo přistoupeno k vlastnímu řešení matematického modelu pomocí řešitele byly zadány jednotlivé prvky modelu a pomocí simplexové metody bylo získáno optimální řešení.

### 5. Interpretace výsledků a modifikace modelu

Následovala interpretace získaných výsledků a zhodnocení optimálního řešení. Byly pozměněny některé prvky modelu a provedena postoptimalizační analýza.

## 5 Vlastní práce

V následující části bude sestaven vhodný ekonomicko-matematický model a na základě získaných a zpracovaných dat, bude model aplikován na reálný problém plánování osetí zemědělské půdy v ZD Třebelovice. Výstupem řešení optimalizačního modelu bude stanovení optimální struktury osevních ploch jednotlivých plodin a optimální počty zvířat jednotlivých kategorií při dosažení maximálního zisku.

### 5.1 Matematický model

Plánování produkce v zemědělství je spojeno s nejistotou pramenící z povahy využívaných dat. Bude předpokládáno, že tržní ceny či velikost sklizně jsou náhodné veličiny, které mají normální rozdělení a které jsou charakterizovány svou střední hodnotou a rozptylem. Vzhledem k náhodnému charakteru těchto veličin, které do modelu vstupují jako parametry, bylo pro optimalizaci osevního plánu využito metod stochastického plánování. Z modelu byly pomocí tzv. Bayesova kritéria odstraněny náhodné parametry vysvětlovaných proměnných a úloha byla řešena v rámci lineárního programování.

Matematický model obsahuje 33 strukturních proměnných:

- $P_1, P_2, \dots, P_{13}$ ...hledané výměry jednotlivých plodin [ha];
- $L$ ...výměra luk [ha];
- $Z_1, Z_2, \dots, Z_8$ ...hledaný počet hosp. zvířat v jednotlivých kategoriích [ks];
- $K_1, K_2, \dots, K_7$ ...potřebné množství krmných směsí pro hospodářská zvířata [t];
- $H$ ...nákup hnojiv [ha];
- $N$ ...náklady [Kč];
- $T$ ...tržby [Kč];
- $D$ ...dotace a podpory [Kč].

Podrobný výčet jednotlivých proměnných i vlastních omezujících podmínek je uveden v tabulkách v dalším textu a v příloze práce.

Účelová funkce je sestavena tak, aby bylo při dané výrobní struktuře dosaženo maximálního zisku a má podobu následující rovnice:

$$Z^*_{\max} = T + D - N, \quad (18)$$

Omezující podmínky jsou sestaveny tak, aby byly dodrženy základní agrotechnické požadavky, limity v podobě maximálních výrobních kapacit, maximální výměry půdy či dalších požadavků ze strany vedení zemědělského družstva. Celkem model obsahuje 45 VOP, které vyjadřují:

- VOP č. 1 a 2 představuje limit v podobě celkové výměry orné půdy a luk [ha]; VOP č. 1 je sestavena jako rovnice, aby byla využita celá výměra orné půdy a aby některé pozemky nebyly nechány ladem. Rozloha luk je neměnná, tzn. omezující podmínka, byla sestavena také jako rovnice.
- VOP č. 3 - 11 reprezentují agronomické zásady a maximální koncentraci plodin na orné půdě [ha];
- VOP č. 12 - 16 představují požadavky ze strany družstva na produkci jednotlivých plodin [t];
- VOP č. 17 - 24 představují limity v podobě maximálních kapacit pro chov hospodářských zvířat [ks];
- VOP č. 25 je požadavek na množství vyprodukované chlévské mrvy potřebné pro hnojení orné půdy [t];
- VOP č. 26 - 35 představují potřebu krmiv na krmné dávky [t];  
Tyto požadavky jsou formulovány jako bilanční nerovnice krmiv splňující podmínku, že zdroj musí být větší nebo roven spotřebě.

$$23,79 \cdot P_{13} \geq 1,46 \cdot Z_1 + 5,11 \cdot Z_2 + 5,11 \cdot Z_3 + 5,84 \cdot Z_4 + 1,46 \cdot Z_5, \quad (19)$$

Nerovnice vyjadřuje, že musí být vyprodukováno alespoň takové množství vojtěšky, které pokryje její spotřebu jako krmivo v krmných dávkách. Vojtěška slouží pouze k výkrmu skotu, proto nerovnice obsahuje proměnné  $Z_1$ - $Z_5$  označující jednotlivé kategorie skotu a koeficienty těchto proměnných označují roční spotřebu vojtěšky v krmné dávce jednoho kusu dané kategorie. V matematickém modelu se pak tato nerovnice objeví v podobě:

$$0 \geq -23,79 \cdot P_{13} + 1,46 \cdot Z_1 + 5,11 \cdot Z_2 + 5,11 \cdot Z_3 + 5,84 \cdot Z_4 + 1,46 \cdot Z_5, \quad (20)$$

- VOP č. 36-42 představují převodní poměry na základě obratu stáda [ks];
- VOP č. 43 představují výše dotací na jednotku [Kč];
- VOP č. 44 představují tržby [Kč];
- VOP č. 45 představují náklady [Kč].

Poslední tři podmínky nepředstavují omezení, ale vyjadřují získané dotace, tržby a náklady v návaznosti na zvolenou strukturu zemědělské výroby, proto mají podobu rovnic. Hodnota těchto ukazatelů je pro každou hledanou proměnnou vyjádřena strukturálním koeficientem vztaheným na jednotku (ha, ks) a celková hodnota tržeb, nákladů a dotací je tedy odvozena od rostlinné a živočišné produkce.

Nezbytnou podmínkou je také splnění nezápornosti proměnných. Proměnné  $Z_1, Z_2, \dots, Z_8$ , neboli hledaný počet jednotlivých kategorií hospodářských zvířat musí splňovat také podmínky celočíselnosti.

Na základě formulace stochastického optimalizačního modelu bylo s využitím algoritmu simplexové metody hledáno optimální řešení, tj. optimální výměra půdy pro pěstování zvolených plodin a optimální stavy chovaných zvířat. Výpočet proběhl s využitím doplňkového nástroje *Řešitel* v MS Excel.

## 5.2 Výchozí model

Výchozí model obsahoval 33 proměnných a 45 vlastních omezujících podmínek spolu s podmínkami nezápornosti. V modelu nebylo uvažováno s pěstováním hořčice, protože ZD Třebelovice ji pěstovalo za sledované období v letech 1991-2014 pouze dvakrát. Některé parametry modelu bylo nutné upravit. Za hektarové výnosy byly dosaženy výběrové aritmetické průměry hektarových výnosů v jednotlivých letech. Další úpravy se týkaly nákladů. Hodnoty nákladů jednotlivých zemědělských komodit byly upraveny o již vynaložené vlastní náklady, např. náklady na vlastní krmiva, aby tyto náklady nebyly započteny dvakrát. V případě živočišné výroby bylo kalkulováno také s cenou vyprodukovaného hnoje, jako vedlejšího produktu živočišné výroby, který snižuje náklady na nákup hnojiv.

Požadavek celočíselnosti proměnných hledaného počtu chovaných zvířat od jednotlivých kategorií, tj. proměnné  $Z_1, Z_2, \dots, Z_8$ , musel být z modelu vyřazen, protože způsoboval neřešitelnost matematického modelu v důsledku převodních poměrů jednotlivých kategorií na jednu dojnici či prasnici, vycházejících z výpočtu obratu stáda. Vypočtené hodnoty těchto proměnných byly tedy zaokrouhleny směrem dolů na celá čísla.

### Řešení stochastického modelu optimalizace zemědělské výroby

Výchozí matematický model byl sestaven s cílem maximalizovat zisk zemědělského družstva. Konstrukční prvky modelu byly převzaty z dostupných podnikových údajů. Náklady zemědělských komodit byly převzaty z certifikované metodiky z důvodu objektivního posouzení a mezipodnikového srovnání a ceny byly převzaty z údajů zveřejňovaných ČSÚ. Vlastní omezující podmínky byly sestaveny na základě agrotechnických principů či požadavků ze strany vedení ZD Třebelovice.

Model byl vyřešen pomocí MS Excel a bylo získáno optimální řešení struktury zemědělské výroby. Výchozí model je uveden v příloze.

Tab. 18 Optimální struktura rostlinné výroby (ha)

Plodiny		Skutečnost v r. 2013/2014	Optimální řešení
P <sub>1</sub>	Hrách	84	145,58
P <sub>2</sub>	Ječmen jarní	89	68,22
P <sub>3</sub>	Ječmen ozimý	138	252,98
P <sub>4</sub>	Jetel	0	0,00
P <sub>5</sub>	Kmín	0	0,00

P <sub>6</sub>	Kukuřice	220	76,92
P <sub>7</sub>	Mák	66	321,20
P <sub>8</sub>	Oves	0	0,00
P <sub>9</sub>	Pšenice jarní	24	0,00
P <sub>10</sub>	Pšenice ozimá	576	393,93
P <sub>11</sub>	Řepka ozimá	262	240,90
P <sub>12</sub>	Triticale	0	0,00
P <sub>13</sub>	Vojtěška	133	106,27
	Hořčice	14	-
	<b>celkem</b>	1606	1606

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

Nejziskovějšími plodinami jsou mák s řepkou, proto je v optimálním řešení pro jejich pěstování využita maximální možná výměra. Jetel, vojtěška, kukuřice na siláž a hrách jsou v ZD určeny pouze ke krmným účelům a proto je pěstováno jen takové množství, které je spotřebováno na krmiva. Dle vývoje osevních ploch je patrné, že pěstování jetele bylo nahrazeno vojtěškou, která je méně nákladná a to je také příčinou nulového zastoupení jetele ve struktuře rostlinné výroby.

Ve srovnání s osetím půdy v roce 2013/2014 je v optimálním řešení oseta větší plocha ječmenem ozimým a mákem, což je způsobeno jeho vyšší ziskovostí. Také osevní plocha hrachu je vyšší, což je dáno dodržáním požadavku ZD na získání minimálního množství této plodiny určené jako krmivo pro hospodářská zvířata. Nárůst osevních ploch těchto plodin je kompenzován osetím menší plochy ječmenem jarním, kukuřicí a pšenicí ozimou. Nejméně výrazné změny v osevních plochách jsou zaznamenány u ječmene jarního, řepky ozimé či vojtěšky, která je používána pouze jako krmivo. Výrazný pokles osevních ploch kukuřice je dán faktem, že v minulém roce bylo vzhledem k počtu zvířat potřeba více kukuřice pro krmné účely a pro výrobu směsí. Do modelu byl ale zařazen pouze požadavek na minimální výnos kukuřice potřebný na silážování. V případě OŘ lze místo kukuřice do krmných dávek zařadit jiný druh zrnin, který bude mít nejnižší jakost, takže jeho prodejem by družstvo nemuselo získat výhodnou prodejní cenu či nakoupit směs.

Tab. 19 Optimální struktura živočišné výroby (ks)

Hospodářská zvířata		Průměrný roční stav zvířat	Optimální řešení
Z <sub>1</sub>	Dojnice	360	186
Z <sub>2</sub>	Telata	285	86
Z <sub>3</sub>	Jalovice	180	98
Z <sub>4</sub>	VBJ	35	32
Z <sub>5</sub>	Skot ve výkrmu	210	220
Z <sub>6</sub>	Selata	1435	1010



Z <sub>7</sub>	Prasnice	270	313
Z <sub>8</sub>	Prasata ve výkrmu	1923	2100

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

Vzhledem k vyřazení podmínky celočíselnosti hledaných počtů kusů jednotlivých kategorií hospodářských zvířat z modelu, byly získané hodnoty proměnných zaokrouhleny směrem dolů. Z tabulky č. 19 je patrné, že optimální struktura živočišné výroby se liší od skutečného stavu hospodářských zvířat. V případě stáda skotu klesly počty kusů u téměř všech kategorií, což je primárně způsobeno tím, že od počtu dojnic se odvíjí počet kusů v ostatních kategoriích a optimální počet dojnic je nižší. Kategorie březí jalovice a skot ve výkrmu se od skutečného stavu liší ale jen velmi nepatrně (v řádu kusů), přičemž počet skotu ve výkrmu se zvýšil. Dosahuje počtu 220 ks, což je maximální přípustná hranice, vzhledem ke kapacitnímu omezení kravínů pro tuto kategorii.

Optimální řešení navrhuje změnit strukturu chovu prasat. Počet selat se snížil, na rozdíl od počtu prasnic a prasat ve výkrmu. Zvýšení počtu prasat ve výkrmu má pozitivní vliv na účelovou funkci, protože podle této finální kategorie se posuzují ekonomické výsledky chovu prasat.

Přestože ČR ztrácí konkurenceschopnost v tržních podmínkách chovu prasat i skotu, pozitivním efektem živočišné výroby je produkce statkových hnojiv, udržení pracovních míst potřebných v živočišné výrobě a využití výrobních kapacit, resp. hospodářských budov.

## 5.2.1 Modifikace modelu

### 1. Modifikace

Vzhledem k tomu, že optimální struktura zemědělské výroby se lišila od skutečného stavu hospodářských zvířat, změnily se i nároky na množství krmiv. Z modelu bylo možné odstranit původní požadavky ze strany družstva na minimální množství vyprodukovaných plodin určených pro krmné účely. Jako dostačující byly považovány podmínky bilance krmiv, kdy produkce musí být alespoň stejná nebo větší, než je samotná spotřeba. Ty byly v modelu ponechány.

Tab. 20 Optimální struktura rostlinné výroby (ha)

Plodiny		Optimální řešení	Optimální řešení Modifik. 1
P <sub>1</sub>	Hrách	145,58	128,05
P <sub>2</sub>	Ječmen jarní	68,22	68,22
P <sub>3</sub>	Ječmen ozimý	252,98	252,98
P <sub>4</sub>	Jetel	0,00	0,00
P <sub>5</sub>	Kmín	0,00	0,00
P <sub>6</sub>	Kukuřice	76,92	38,64

P <sub>7</sub>	Mák	321,20	321,20
P <sub>8</sub>	Oves	0,00	0,00
P <sub>9</sub>	Pšenice jarní	0,00	0,00
P <sub>10</sub>	Pšenice ozimá	393,93	481,80
P <sub>11</sub>	Řepka ozimá	240,90	240,90
P <sub>12</sub>	Triticale	0,00	0,00
P <sub>13</sub>	Vojtěška	106,27	74,21
	Hořčice	-	-
	<b>celkem</b>	1606	1606

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

V případě 1. modifikace došlo pouze ke změně rostlinné produkce, právě v důsledku odstranění VOP týkajících se požadovaného množství vyprodukovaných krmiv. To je příčinou poklesu plochy oseté hrachem, kukuřicí a vojtěškou. Pokles je kompenzován nárůstem osevní plochy pšenice ozimé, protože je to druhá nejrentabilnější plodina, hned po máku a řepce. Tyto plodiny jsou dle OŘ pěstovány na maximální možné výměře, proto jejich osevní plochu již nelze zvětšit. Struktura živočišné výroby se nezměnila.

V následující tabulce je uvedena bilance krmiv. Jedná se pouze o krmivo pro skot, protože krmné dávky prasat se skládají pouze z nakupovaných směsí a nejsou závislé na vlastní produkci krmiv. Lze konstatovat, že produkce a spotřeba plodin určených ke krmným účelům je vyrovnaná, protože nižší hodnota spotřeby je způsobena zaokrouhlením původních hodnot počtů hosp. zvířat směrem dolů.

Tab. 21 Bilance krmiv

Produkt		Kategorie	Ks	t/rok	Spotřeba
Siláž		Dojnice	186	6,94	1289,91
		Telata	86	0,37	31,39
		Jalovice	98	1,46	143,08
		VBJ	32	1,46	46,72
		Skot ve výkrmu	220	1,10	240,90
Produkce		1758,01	Spotřeba		1752
Senáž	Vojtěška: 1765,49	Dojnice	186	5,84	1086,24
	Hrách: 439,22	Telata	86	1,46	125,56
		Jalovice	98	5,11	500,78

		VBJ	32	5,11	163,52
		Skot ve výkrmu	220	1,46	321,20
Produkce		2204,70	Spotřeba		2197,3
<b>Seno</b>		Dojnice	186		0,00
		Telata	86	0,365	31,39
		Jalovice	98		0,00
		VBJ	32		0,00
Přebytek	417,01	Skot ve výkrmu	220		0,00
Produkce		448,40	Spotřeba		31,39
<b>Krmná sláma</b>		Dojnice	186	0,55	101,84
		Telata	86		0,00
		Jalovice	98	0,55	53,66
		VBJ	32	0,55	17,52
		Skot ve výkrmu	220	0,73	160,60
Produkce		1059,03	Spotřeba		1056,31

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

Ze sestavené bilance krmiv je patrné, že vypočtená optimální struktura výroby produkuje dostatečné množství krmiv pro daný počet kusů hospodářských zvířat. Není problém se zdroji, je vyprodukováno požadované množství plodin na zkrmování. V případě slámy dochází k jejímu přebytku, ale ten lze použít spolu s močovinou jako substitut chlévského hnoje, kterého je nedostatek. Vzhledem k tomu, že výměra luk je neměnná a bylo počítáno s produkcí sena z této celé plochy, bylo vyprodukováno nadbytečné množství. Zbytek sena lze buď prodat drobným chovatelům, nebo nesusit trávu z celé plochy luk.

V závislosti na rentabilitě jsou některé plodiny, jako vojtěška a kukuřice, produkovány pouze pro krmné účely, ale živočišná výroba je na nich závislá. Další modifikace bude tedy vycházet z tohoto faktu. Vzhledem k tomu, že výnosnost plodin je také náhodná veličina, účelem další úpravy modelu bude zajistit, aby bylo vyprodukováno alespoň takové množství plodin, které pokryje vlastní spotřebu na krmiva.

### Rozbor ekonomických výsledků

V tabulce č. 22 je vidět, že hrách, kukuřice a řepka jsou ztrátové plodiny, což je dáno tím, že se jedná o plodiny určené ke krmným účelům. Celkově vzato přináší rostlinná výroba zisk téměř 17 mil. Kč. Živočišná výroba přináší 4,6 mil. Kč zisku za rok. Výsledek hospodaření zvýší ještě příjem z dotací, naopak sníží ho náklady na hnojiva, která je potřeba dodatečně dokoupit, protože hospodářská zvířata nevyprodukují požadovaný objem hnojiv statkových.

Tab. 22 Rostlinná výroba (Kč/rok)

		OŘ [ha]	Výnos [t/ha]	Náklady [Kč]	Tržby [Kč]	Zisk [Kč]
P <sub>1</sub>	Hrách	128,05	3,43	2297729,20		-2297729,20
P <sub>2</sub>	Ječmen j.	68,22	5,00	1171132,74	1844668,8	673536,06
P <sub>3</sub>	Ječmen oz.	252,98	5,72	4369976,52	7825622,61	3455646,09
P <sub>4</sub>	Jetel	0,00	20,42	0	0	0
P <sub>5</sub>	Kmín	0,00	1,15	0	0	0
P <sub>6</sub>	Kukuřice	38,64	45,50	976394,16		-976394,16
P <sub>7</sub>	Mák	321,20	0,97	9877542,40	16189488,57	6311946,17
P <sub>8</sub>	Oves	0,00	4,54	0	0	0
P <sub>9</sub>	Pšenice j.	0,00	5,37	0	0	0
P <sub>10</sub>	Pšenice oz.	481,80	6,25	10015658,40	15923490,00	5907831,60
P <sub>11</sub>	Řepka oz.	240,90	3,73	5275950,90	9838300,59	4562349,69
P <sub>12</sub>	Triticale	0,00	4,38	0	0	0
P <sub>13</sub>	Vojtěška	74,21	23,79	713083,89		-713083,89
				34697468,21	51621570,57	16924102,36

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

Tab. 23 Živočišná výroba (Kč/kategorie/rok)

		OŘ [ks]	Náklady [Kč]	Tržby [Kč]	Zisk [Kč]
Z <sub>1</sub>	Dojnice	186	12906567,9	13609542,8	3329826,9
Z <sub>2</sub>	Telata	86	1711068,9	69885,9	-1414431,5
Z <sub>3</sub>	Jalovice	98	1912264,2	113476,7	-1133710,5
Z <sub>4</sub>	VBJ	32	598366,4		
Z <sub>5</sub>	Skot ve výkrmu	220	4717625	2927185,8	-530824,8
Z <sub>6</sub>	Selata	1010	5194278,5	2370268,0	-2641200,5
Z <sub>7</sub>	Prasnice	313	7494472,0	87386,5	-7149643,0
Z <sub>8</sub>	Prasata ve výkrmu	2100	17621835,0	31235610,0	14216475,0
	celkem		52156477,9	50413355,7	4676491,6

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

## 2. Modifikace

Modifikace spočívala v tom, že byla eliminována nejistota týkající se výnosnosti plodin na krmné účely. Požadavkem bylo, aby s 90% pravděpodobností bylo získáno potřebné množství krmiv. Změny se dotkly vlastních omezujících podmínek rostlinné výroby. Získané výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 24.

Tab. 24 Optimální struktura rostlinné výroby (ha)

Plodiny		Optimální řešení	Optimální řešení Modifik. 1	Optimální řešení Modifik. 2
P <sub>1</sub>	Hrách	145,58	128,05	163,88
P <sub>2</sub>	Ječmen jarní	68,22	68,22	68,22
P <sub>3</sub>	Ječmen ozimý	252,98	252,98	252,98
P <sub>4</sub>	Jetel	0,00	0,00	0,00
P <sub>5</sub>	Kmín	0,00	0,00	0,00
P <sub>6</sub>	Kukuřice	76,92	38,64	49,52
P <sub>7</sub>	Mák	321,20	321,20	321,20
P <sub>8</sub>	Oves	0,00	0,00	0,00
P <sub>9</sub>	Pšenice jarní	0,00	0,00	0,00
P <sub>10</sub>	Pšenice ozimá	393,93	481,80	440,26
P <sub>11</sub>	Řepka ozimá	240,90	240,90	240,90
P <sub>12</sub>	Triticale	0,00	0,00	0,00
P <sub>13</sub>	Vojtěška	106,27	74,21	69,05
	Hořčice	-	-	
	celkem	1606	1606	1606

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

V důsledku úpravy modelu se do optimálního řešení promítla snaha zajistit dostatečné množství krmiv tak, že byly rozšířeny osevnické plochy krmných plodin. Zvětšila se tedy osevnická plocha hrachu a kukuřice. Osevnická plocha vojtěšky se sice zmenšila, ale v siláži ji lze částečně nahradit hrachem, takže dle bilance krmiv bude vyprodukováno dostatečné množství těchto plodin, které pokryje krmné dávky pro počty skotu obsažené v optimálním řešení a nemělo by dojít k nedostatku silážního krmiva. Navíc vojtěšku lze částečně nahradit i senem či jinými plodinami sklizenými nazeleno. Struktura živočišné výroby zůstala opět nezměněna.

Negativním důsledkem dané struktury produkce by mohl být dopad poklesu plochy oseté vojtěškou na kvalitu půdy. Z dlouhodobého hlediska by bylo vhodné zařadit do osevnického postupu alternativní plodiny s kvalitním kořenovým systémem, aby nedošlo k poklesu bonity půdy či pěstovat více vojtěšky a přebytky prodávat.

### 5.2.2 Porovnání hodnot účelové funkce

V tabulce č. 25 jsou uvedeny hodnoty účelových funkcí optimalizačních modelů, resp. maximální zisk dosažený při dané optimální struktuře zemědělské výroby.

Tab. 25 Zisk (Kč/rok)

<b>Optimální řešení</b>	<b>Výchozí model</b>	<b>Modifikace 1</b>	<b>Modifikace 2</b>
Tržby	101007027,23	103518579,66	102945518,14
Náklady	90131223,80	90367875,62	90372475,61
<b>Zisk</b>	22056745,61	24331646,22	23753984,71

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

Maximálního zisku bylo dosaženo v případě první modifikace výchozího modelu. Pokles zisku v případě druhé modifikace je způsoben odstraněním nejistoty z modelu a zajištěním dostatečného množství krmiv, která jsou osetá na větší výměře, což snížilo výměru ziskovějších plodin, které tak přispívají celkovému zisku méně.

## 6 Diskuse výsledků

Diplomová práce se zabývá plánováním osetí zemědělské půdy a pro účely optimalizace zemědělské výroby byla využita data získaná od Zemědělského družstva Třebelovice.

ZD Třebelovice se věnuje jak rostlinné, tak i živočišné výrobě. Stěžejními plodinami jsou obiloviny a řepka ozimá, ale celkem pěstují 13 různých druhů plodin. Rozhodování o osevním postupu je založeno na předchozích zkušenostech a praxi. Živočišná výroba zahrnuje chov skotu a prasat. Vzhledem k tomu, že živočišná výroba je závislá na krmivu vyprodukovaném rostlinnou výrobou, primárně je důležité zvolit vhodnou strukturu rostlinné výroby. Krmivo je možné samozřejmě i nakoupit, což ale ještě více prodraží živočišnou výrobu, která se v podmínkách ČR setkává s nízkou konkurenceschopností. Živočišná výroba má smysl zejména tehdy, pokud podnik nemá odbytu pro svou rostlinnou produkci, popřípadě pokud by ji prodal za velmi nízké prodejní ceny, které by byly téměř na úrovni cen krmiv.

Optimalizace struktury zemědělské a živočišné výroby v ZD Třebelovice byla vypočtena pomocí programu MS Excel a jeho doplňkového nástroje *Řešitel*. Optimalizace byla provedena úspěšně, bylo nalezeno optimální řešení a porovnáním se skutečným stavem zemědělské výroby v ZD Třebelovice lze zhodnotit, že hodnoty proměnných získané optimalizací jsou podobné, jako reálný stav.

Z vytvořeného modelu lze vyvodit doporučení nejen pro tento konkrétní podnik, ZD Třebelovice, ale pro všechny ekonomické subjekty zabývající se zemědělskou výrobou.

Jak již bylo zmíněno ve vlastní práci, menší zemědělské podniky, kterých je v ČR převážná většina, nepřikládají optimalizaci struktury výroby velký význam. Jedním důvodem je nízká konkurenceschopnost českých zemědělců, kteří v tržních podmínkách nejsou schopni konkurovat nižším cenám výrobků od zahraničních producentů, takže jejich primárním cílem je přežít a volí takovou strukturu výroby, kterou na trhu co nejlépe zpeněží. Navíc v ČR, na rozdíl od USA, jsou metody operačního výzkumu považovány za složité a komplikované a poradenství odborníků nebo nákup SW jsou pro malého zemědělce či družstvo příliš nákladné, přestože přínos může být pro ně zásadní. Zejména s přihlédnutím ke zmíněným důvodům nelze předpokládat, že by malé podniky prováděly náročnou optimalizaci. Pro jejich účely je vhodné celou problematikou zjednodušit, avšak při zachování komplexní optimalizace a využití lineárních metod tak, jak to bylo ilustrativně demonstrováno na příkladu ZD Třebelovice. Pro ostatní podniky to může být názorná ukáзка toho, jak při optimalizaci postupovat.

Je nutné, aby si i malé zemědělské podniky uvědomily, že střídáním plodin a vhodnou strukturou plodin mohou zvýšit výnosy bez dodatečných vstupů do výroby, ale především zachovat kvalitu půdy, výrobního prostředku, bez kterého by zemědělství ztratilo smysl. Proto by při rozhodování o osevním postupu neměl hrát hlavní roli pouze subjektivní přínos konkrétního zemědělského podniku, ale měla by být zohledněna také ekologická zátěž a dopady rozhodnutí. Neměly by být majoritně pěstovány pouze plodiny, které přinesou co nejvyšší krátkodobý zisk, ale

do osevního postupu by měly být zařazen dostatečný podíl plodin, které ačkoli nepřinášejí nejvyšší zisk, pomáhají zachovat bonitu půdy. V tomhle směru by si ZD Třebelovice mělo dát pozor na podíl zúrodňujících plodin na osevním postupu. V modelu byla zařazena pouze maximální hranice pro podíl vojtěšky na osevním postupu a podmínka v podobě bilance krmiv. Proto optimální výměra vojtěšky představuje plochu potřebnou pro získání dostatečného množství krmiv, ale jedná se pouze o necelých 5 % orné půdy, což by v dlouhodobém kontextu mohlo způsobit snížení její kvality. Problém s udržení bonity půdy by mohl být vyřešen zavedením další omezující podmínky, která by do modelu zařadila požadavek na minimální plochu, která by byla osetá touto zúrodňující plodinou. Přebytek vojtěšky by byl prodán.

Přestože je model vzhledem k účelům této práce dostačující, v praxi by se jistě potkal s několika problémovými oblastmi:

- Jedná se o model sestavený pro jeden konkrétní podnik;  
Tento model má lokální charakter a nelze ho aplikovat na každou zemědělskou výrobní oblast a na každý podnik bez potřebných úprav. Při konstrukci omezujících podmínek byly zohledněny maximální koncentrace plodin definované pro zemědělskou výrobní oblast, do které spadá ZD Třebelovice. V případě jiné lokalizace by musely být podle klimatických a půdních podmínek dané oblasti upraveny nejen VOP ale i vysvětlující proměnné, podle vhodné struktury pěstovaných plodin. Upraveny případně odstraněny by musely být i VOP týkající se specifických požadavků vedení podniku.

Model je nutné přizpůsobit potřebám každého konkrétního podniku. Zde byla zahrnuta jak rostlinná, tak živočišná výroba zahrnující chov skotu a prasat. V případě, že by zemědělský podnik choval jiné kategorie hospodářských zvířat, musel by být model upraven.

- Kalkulace nákladů  
Vzhledem k možnosti mezipodnikového srovnání bylo v modelu počítáno s úrovní nákladů převzatou z metodiky pro kalkulaci nákladů a výnosů v zemědělství, ale vynaložené náklady se u konkrétního podniku mohou lišit. Pro zpřesnění výsledků výpočtu optimalizace by bylo vhodné výši nákladů upravit podle skutečné výše nákladů vynakládaných na produkci statků v daném podniku.
- Zohlednění podílu hnojivových látek ve statkových hnojivech;  
Model by mohl být rozšířen i o splnění základních principů hnojení plodin. Mohl by být rozebrán nutný obsah chemických látek ve statkových hnojivech a stanovení vhodných dávek hnojení, podle množství živin, které je potřebné rostlinám dodat.
- Zohlednění zásad rotace.

V modelu nejsou přímo zohledněny zásady rotace plodin a podmínka, že jedna plodina se nesmí zaset na tomtéž pozemku po sobě. V případě menších země-



dělských podniků, které si vedou soupis osevních ploch, lze uhlídat, aby se tohle nestalo. U podniku, který obhospodařuje větší plochy zemědělské půdy, by bylo vhodné tuto podmínku zavést.

## 7 Závěr

Tato práce je zaměřena na možnosti využití optimalizace při plánování osetí zemědělské půdy. Stejně jako v tradičních průmyslových odvětvích, má využití optimalizačních metod svoje místo i v zemědělské výrobě.

Teoretická část diplomové práce se zabývala obecným literárním přehledem v oblasti zemědělské výroby a osevního postupu. Byl popsán význam optimálního využívání zemědělské půdy, rozdělení území České republiky na zemědělské výrobní oblasti. V kapitole věnované osevnímu postupu byly popsány principy sestavování osevního postupu, charakterizovány zemědělské plodiny, které se nejčastěji pěstují v podmínkách ČR a jejich nároky na pěstování. Teoretická práce se věnuje také problematice dotací v zemědělství.

Dále byla teoretická část práce zaměřena na manažerské metody využívané při plánování osetí zemědělské půdy a stěžejní část byla věnována optimalizačním metodám operačního výzkumu.

V praktické části byly získané teoretické poznatky pro ilustraci optimalizace osevního postupu aplikovány na konkrétní zemědělský podnik. K tomuto účelu byla využita data poskytnutá od Zemědělského družstva Třebelovice sloužící jako reprezentativní subjekt pro znázornění využitelnosti vybraných metod při plánování osetí zemědělské půdy.

V práci byla popsána rostlinná a živočišná produkce ZD Třebelovice. Rostlinná výroba se zaměřuje na pěstování obilovin, zejména pšenice ozimé a ječmene ozimého, a řepky olejné. Bylo zjištěno, že osevní postup je sestavován na základě předchozích zkušeností a lety zaběhnuté praxe. Do osevního plánu pravidelně zařazují třináct druhů zemědělských plodin, přičemž některé z nich jsou pěstovány výhradně ke krmným účelům, např. kukuřice, vojtěška. Živočišná výroba zahrnuje chov skotu s tržní produkcí mléka a chov prasat. V družstvě si zajišťují vlastní reprodukci a proto jejich chov zahrnuje všechny kategorie skotu i prasat.

Na základě teoretických poznatků a požadavků ze strany vedení zemědělského družstva byl sestaven matematický model. Jeho vyřešením s pomocí doplňkového nástroje MS Excel bylo získáno optimální řešení struktury výroby v ZD Třebelovice. V dalším kroku byla provedena postoptimalizační analýza a byly upraveny některé prvky matematického modelu.

V případě první modifikace modelu byly upraveny vlastní omezující podmínky týkající se požadavku na množství vyprodukovaných krmných plodin. Potřebné množství krmných plodin bylo upraveno podle optimálního počtu hospodářských zvířat. Bylo zjištěno, že je potřeba pěstovat méně krmných plodin, takže se zvětšily osevní plochy ekonomicky výhodnějších komodit určených k prodeji, což se promítlo ve zvýšení hodnoty účelové funkce, resp. vyšším ziskem. V další modifikaci byla zavedena podmínka, aby s 90% pravděpodobností bylo vyprodukováno potřebné množství krmiv. Tento požadavek opět ovlivnil hodnotu účelové funkce, ale v opačném směru. Celkový zisk klesl, protože nejistota pramenící z otázky budoucího výnosu plodin se v modelu projevila v nutnosti oset větší plochy krmnými plodinami, aby byly zajištěny krmné dávky pro hospodářská zvířata.

Diskuse byla věnována rozboru vhodnosti optimalizačního modelu pro jiné podniky v odvětví zemědělství a možnostech jeho úprav a vylepšení. Model vyhovuje požadavkům práce, je aplikovatelný na jiné podniky, ale pouze za předpokladu úprav modelu dle konkrétního podniku, protože matematické modely optimalizace struktury zemědělské výroby mají lokální charakter. Jsou tzv. ušité na míru každému podniku, a to podle jeho umístění v zemědělské výrobní oblasti, podle charakteru jeho výroby či podle specifických požadavků vedení podniku, avšak v práci byl uveden návod, jak mohou zemědělské podniky využít metody operačního výzkumu pro optimalizaci své výroby.

Hlavním cílem práce bylo zhodnotit možnosti využití metod operačního výzkumu při plánování osetí zemědělské půdy s ohledem na specifika v odvětví zemědělství a následně navrhnout vhodné optimalizační nástroje pro plánování osetí zemědělské půdy za účelem maximalizace zisku. Optimalizační metody byly zkoumány v teoretické části práce, kde byl popsán způsob sestavování matematických modelů a specifické úpravy modelů podle podmínek odvětví zemědělství. V podkapitole 4.2.1. byla vybrána vhodná optimalizační metoda a v podkapitole 4.2.2. byl uveden postup sestavení modelu vhodného pro plánování osetí zemědělské půdy.

V kapitole 5 byly vhodné metody aplikovány na data získaná od Zemědělského družstva Třebelovice. Bylo interpretováno optimální řešení a provedena postoptimalizační analýza. Diskuse výsledků a doporučení pro podniky působící v odvětví zemědělství týkající se vhodných optimalizačních nástrojů pro plánování osetí zemědělské půdy za účelem maximalizace zisku je uvedeno v kapitole č. 6.

## 8 Literatura

- BUKOVSKÝ, J. A KOL. *Situační a výhledová zpráva: PŮDA*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, prosinec 2012, 102 s. ISBN 879-80-7434-088-8.
- FOLTÝN, I. A KOL. *Predikce rentability zemědělských komodit do roku 2014: certifikovaná metodika*. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2010, 213 s.
- FRELICH, J. A KOL. *Chov skotu*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2001, 211 s. ISBN 80-7040-512-0.
- HNILICA, J. AJ. FOTR. *Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování*. 2. aktualiz. a rozš. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2014. 304 s. ISBN 978-80-247-5104-7.
- HOLMAN, R. *Základy ekonomie pro studenty vyšších odborných škol a neekonomických fakult VŠ*. 1. vydání. Praha: C.H. Beck, 2000. 360 s. ISBN 80-7179-434-1.
- HOLOUBEK, J. *Ekonomicko-matematické metody*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2006. 153 s. ISBN 80-715-7970-X.
- CHLOUPEK, O., PROCHÁZKOVÁ, B. A HRUDOVÁ, E. *Pěstování a kvalita rostlin*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005, 178 s. ISBN 80-7157-897-5.
- JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 2. vydání. Praha: Professional Publishing, 2007. 323 s. ISBN 80-864-1942-8.
- JANOVÁ, J. Crop Planning Optimization Model: the Validation and Verification Processes. *Central European Journal of Operations Research*. 2012. sv. 20, č. 3, s. 451-462. ISSN 1435-246X.
- JANOVÁ, J. Crop Validation of production planning optimization model in agriculture. *Forum Statisticum Slovacum*. 2010. sv. 2010, č. 2, s. 57-62. ISSN 1336-7420.
- JANOVÁ, J. On a stochastic programming approach to production planning in agriculture. *Forum Statisticum Slovacum*. 2009. sv. 2009, č. 6, s. 47-53. ISSN 1336-7420.

- JANOVÁ, J., AMBROŽOVÁ, P. Využití lineárního programování v optimalizaci osevního plánu zemědělského družstva v ČR. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2009. sv. 57, č. 6, s. 99-104. ISSN 1211-8516.
- KOLEKTIV AUTORŮ. *Zpráva o životním prostředí České republiky 2012*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2013, 189 s. ISBN XXX-XX-XXX-XXX-X.
- KUDRNA, K. A DUŠEK, M. *Zemědělské soustavy*. 2. Doplněné vyd. Praha: SZN, 1985, 719 s. ISBN (váz.).
- KVĚCH, O. *Osevní postupy*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985, 208 s. ISBN
- MIKŠÍK, J. A J. ŽIŽLAVSKÝ. *Chov skotu*. 1. vyd. Brno: MZLU, 2006, 162 s. ISBN 80-7157-883-5.
- NĚMEC, J. *Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky*. 1. vyd. Praha: VÚZE, 2001, 257 s. ISBN 80-85898-90-x.
- ODUM, E. P., A OBRTEL, R. *Základy ekologie: investice do rozvoje vzdělávání, reg. č: CZ1.07/2.2.00/15.0084*. 1. vyd. Praha: Academia, 1977, 733 s.
- PLEVNÝ, M.; ŽIŽKA, M. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2007. 296 s. ISBN 978-807-0434-352.
- POLÁČKOVÁ, J. A KOL. *Metodika kalkulací nákladů a výnosů v zemědělství*. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2010, 78 s. ISBN 978-80-86671-75-8.
- PROCHÁZKOVÁ, B. *Význam a možnosti optimalizace struktury a střídání plodin v systémech hospodaření na půdě: uplatnění certifikované metodika*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011, 46 s. ISBN 978-7375-525-6.
- RARDIN, R. L. *Optimization in operations research*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2009. 919 s. ISBN 0-02-398415-5.
- SMEJKAL, V. A K. RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4. aktualiz. a rozš. vydání. Praha: Grada, 2013. 483 s. ISBN 978-80-247-4644-9.

STEVENSON, W. J. -- OZGUR, C. *Introduction to management science with spreadsheets*. Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2009. 812 s. ISBN 978-0-07-299066-9.

SYNEK, M., KISLINGEROVÁ, E. A KOL. *Podniková ekonomika*. 5. přepracované a doplněné vyd. Praha: C.H. Beck, 2010. 479 s. ISBN 978-80-7400-336-3. (s. 310)

TOUŠEK, V. A KOL. *Ekonomická a sociální geografie*. 1. vyd. Plzeň: Aleš Čeněk, 2008. 411s. ISBN 978-80-7380-114-4.

TOMÁŠEK, M. *Půdy České republiky*. 4. vyd. Praha: Česká geologická služba, 2007, 67 s. ISBN 978-80-7075-688-1.

### Internetové zdroje:

AURBACHER, J., S., DABBERT. Generating crop sequences in land-use models using maximum entropy and Markov chains. *Agricultural Systems* [online]. Elsevir, 2011, č. 104, s. 10 [cit. 2014-11-08]. ISSN:0308-521X. Dostupné z: <http://www.journals.elsevier.com/agricultural-systems/>.

BRANKASTCHK, G. A M. FINKBEINER. From wheat to beet: challenges and potential solutions of modeling crop rotation systems in LCA. In: *9th International Conference LCA of Food San Francisco* [online]. San Francisco, 2014 [cit. 2014-11-10]. Dostupné z: <http://lcafood2014.org/papers/162.pdf>.

COWELL, S.J. A R. CLIFT (1995): Life Cycle Assessment for Food Production Systems. *Proceedings of The Fertiliser Society* [online], Peterborough. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF02978767#page-1>.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD [online]. [cit. 2014-11-08]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/home>.

DURY, SCHALLER, GARCIA, REYNAUD, JACQUES BERGEZ. *Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review*. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag (Germany), 2012, 32 (2), pp. 567-580. Dostupné z: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00930508>.

GÉBLOVÁ, A. Od roku 2000 ubylo 113 tis. ha půdy. *Statistika&My* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2014, roč. 2014, č. 9 [cit. 2014-10-27]. ISSN 1804-7149. Dostupné z: <http://www.statistikaamy.cz/wp-content/uploads/2014/09/18041409.pdf>

- CHARVAT, K. A P. GNIP. *Using linear programming for tactical planning in agriculture in the frame of the COIN project* [online]. Praha: Vysoká škola ekonomická, 2012 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <http://www.coin-ip.eu/research/coin-results/Papers/sp7papers/done-Ch-3-Using%20linear%20programming%20for%20tactical%20planning%20in%20agriculture%20-2.pdf/view>.
- INFORMATION RESOURCES MANAGEMENT ASSOCIATION, [editor]. *Green technologies: concepts, methodologies, tools and applications* [online]. Hershey, PA: Information Science Reference, 2011, 3 v. [cit. 2014-11-09]. ISBN 16-096-0472-5. Dostupné z: [http://books.google.cz/books/about/Green\\_Technologies.html?id=p16y9zuEJ5IC&redir\\_esc=y](http://books.google.cz/books/about/Green_Technologies.html?id=p16y9zuEJ5IC&redir_esc=y)
- JANOVÁ, J. A stochastic programming model of the sowing plan with crop succession restrictions. *MENDELU Working Papers in Business and Economics*. 10/2011. Mendel University in Brno. Dostupné z: <http://vyzsc.pef.mendelu.cz/cz/publ/papers>.
- LHOTSKÁ, D. Snížil se podíl orné půdy, zlepšila se užitkovost. *Statistika&My* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2014, roč. 2014, č. 7-8 [cit. 2014-11-3]. ISSN 1804-7149. Dostupné z: <http://www.statistikaamy.cz/2014/07/snizil-se-podil-orne-pudy-zlepsila-se-uzitkovost/>
- KOHOUT, V. A KOL. *Zemědělské soustavy*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. Elektronická skripta. Dostupné na WWW: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:\\_XL71AdBim4J:www.dalkari.xf.cz/opr/Fytoins5.rtf+rajonizace+zem%C4%9Bd%C4%9Blsk%C3%A9&cd=17&hl=cs&ct=clnk&gl=cz](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_XL71AdBim4J:www.dalkari.xf.cz/opr/Fytoins5.rtf+rajonizace+zem%C4%9Bd%C4%9Blsk%C3%A9&cd=17&hl=cs&ct=clnk&gl=cz)
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR. *EAGRI: Dotace* [online]. © 2009-2014 [cit. 2014-11-13]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/>.
- NĚMEČEK, J. A KOL. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, 95 s. Dostupné na WWW: <http://af.czu.cz/~penizek/TKSP%202008.pdf>.
- BYDŽOVSKÁ, M. VLÁDA ČESKÉ REPUBLIKY. *Euroskop.cz: Věcně o Evropě* [online]. © 2005-14 [cit. 2014-11-13]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/8924/sekce/zemedelstvi/>

- SCHÖNHART, M., E. SCHMID A U. A. SCHNEIDER. *CropRota: A Model to Generate Optimal Crop Rotations from Observed Land Use* [online]. Vienna, 2009 [cit. 2014-11-10]. Dostupné z: [https://wpr.boku.ac.at/wpr\\_dp/DP-45-2009.pdf](https://wpr.boku.ac.at/wpr_dp/DP-45-2009.pdf). Diskussionspapier. University of Natural Resources and Applied Life Sciences.
- Situační a výhledová zpráva Půda, 2012* [online]. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, prosinec 2012, 102 s. [cit. 23. 10. 2014]. ISBN 879-80-7434-088-8. Dostupné na WWW: [http://eagri.cz/public/web/file/181775/Zprava\\_Puda\\_kniha\\_web\\_1\\_.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/181775/Zprava_Puda_kniha_web_1_.pdf)
- SMEJKAL, V. A K. RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4. aktualiz. a rozš. vydání. Praha: Grada, 2013. 483 s. ISBN 978-80-247-4644-9.
- Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky: Stav ke dni 31. 12. 2013*. 1. vyd. Praha: Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2014, 86 s. ISBN 978-80-86918-69-3. ISSN 1804-2422. Dostupné na WWW: [http://www.cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenka-pudniho-fondu\\_2014.aspx](http://www.cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenka-pudniho-fondu_2014.aspx).
- STÁTNI ZEMĚDĚLSKÝ INTERVENČNÍ FOND. *SZIF: Státní zemědělský intervenční fond* [online]. © 2013 [cit. 2014-11-13]. Dostupné z: <https://www.szif.cz/cs/>.
- SZIF vyplatil za rok 2013 na dotačních titulech téměř 31,4 miliardy korun. SZIF. *BusinessInfo.cz: Oficiální portál pro podnikání a export* [online]. 2014 [cit. 2014-11-13]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/szif-vyplatil-za-rok-2013-na-dotacnich-titulech-temer-314-miliardy-korun-48760.html>
- TICHÁ, M. A P. VYZÍNOVÁ. *Polní plodiny*. 1. Vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita-Ústav vegetabilních potravin a rostlinné produkce, 2006. 41 s. Dostupné na WWW: <http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/index.htm>.
- TYŠER, L. *Kategorizace zemědělského území České republiky*. Praha: Česká zemědělská univerzita, neuvedeno. Studijní materiál, 14 s. Dostupné na WWW: <http://www.zemedelske-systemy.cz/rajonizace.pdf>.
- VĚŽNÍK, A., KRÁL, M., SVOBODOVÁ, H. *Agriculture of the Czech Republic in the 21st century: From productivism to post-productivism. Quaestiones Geographicae 32(4)*, Poznaň: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 2013. 7-14 s, 8 stránek. DOI 10.2478/guageo-2013-0029, ISSN 0137-477X. Dostupné na WWW: [http://geoinfo.amu.edu.pl/qg/archives/2013/QG324\\_007-014.pdf](http://geoinfo.amu.edu.pl/qg/archives/2013/QG324_007-014.pdf).



- ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ EKONOMIKY A INFORMACÍ. *Zpráva o stavu zemědělství ČR za rok 2012: „Zelená zpráva“*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2013, 403 s. Dostupné na WWW: [http://eagri.cz/public/web/file/291876/Zprava\\_o\\_stavu\\_zemedelstvi\\_CR\\_za\\_rok\\_2012.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/291876/Zprava_o_stavu_zemedelstvi_CR_za_rok_2012.pdf)
- VACH, M. A M. JAVŮREK. *Rostlinná produkce s ohledem na agroekologická hlediska* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008 [cit. 2014-11-08]. ISBN: 978-80-87011-58-4. Dostupné z: <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-58-4.pdf>.
- ZEGADA-LIZARAZU, W., A., MONTI. Energy crops in rotation. A review. *Biomass and Bioenergy* [online]. Elsevir, 2011, sv. 35, č. 1, s. 12-25 [cit. 2014-11-08]. ISSN:0308-521X. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953410002588%20%20>.

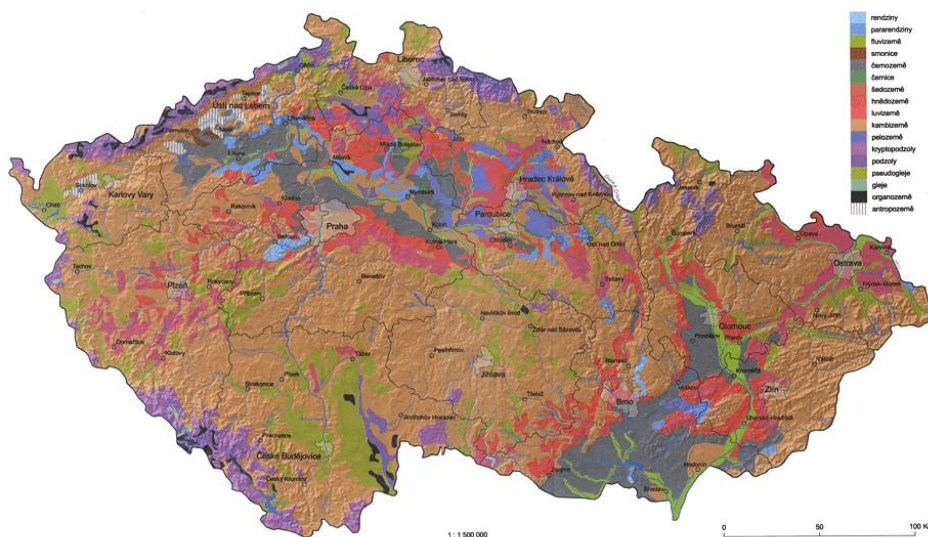
# Přílohy

# A Půdní fond

Tab. 26 Klasifikační systém půd v České republice

Skupiny půdních typů a půdní typy ČR 2001	
Referenční třídy	typy
LEPTOSOLY	litozem, ranker, rendzina, pararendzina
REGOSOLY	regozem
FLUVISOLY	fluvizem, koluvizem
VERTISOLY	smonice
ČERNOSOLY	černozem, černice
LUVISOLY	šedozem, hnědozem, luvizem
KAMBISOLY	kambizem, pelozem
ANDOSOLY	andozem
PODZOSOLY	kryptopodzol, podzol
STAGNOSOLY	pseudoglej, stagnoglej
GLEJSOLY	glej
SALISOLY	solončák
NATRISOLY	slanec
ORGANOSOLY	organozem
ANTHROPOSOLY	kultizem, anthrozem

Zdroj: NĚMEČEK A KOL., 2008.



Obr. 2 Mapa půdních typů v ČR.

Zdroj: Ministerstvo životního prostředí, 2014.

Tab. 27 Přehled ZVO v ČR

Zemědělské výrobní oblasti v ČR					
ZVO	kukuřičná (K)	řepařská (Ř)	obilnářská (O)	bramborářská (B)	pícninářská (P),
Podoblasti	K <sub>1</sub> -K <sub>5</sub>	Ř <sub>1</sub> -Ř <sub>5</sub>	O <sub>1</sub> -O <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> -B <sub>4</sub>	P <sub>1</sub> -P <sub>3</sub>
Typ	kukuřično- řepařsko- obilnářský	řepařsko- obilnářský	obilnářsko- krmivářský	bramborářsko- obilnářský	pícninářský s rozhodujícím zaměřením na chov skotu
Podíl na celkovém ZPF v ČR	6,7 %	24,3 %	40,5 %	18,3 %	10 %
Nadmořská výška [m.n.m]	< 230	< 250-350	300-600	400-650	600
Typické plodiny	kukuřice, cukrovka, sladovnícký ječmen, teplomilné plodiny (ovocné sady)	cukrovky, potravinářské pšenice, sladovníckého ječmene, polní zeleniny, řepky olejné, případně chmele	Obilniny, krmné plodiny, luskoviny a řepka olejná	Brambory, méně vhodné pro krmné plodiny, řepka olejná a obilniny.	Pěstitelské podmínky pro většinu plodin nevhodné. Vhodné k pěstování lnu a sadbových brambor

Zdroj: KOHOUT, 2002.

Tab. 28 Zemědělská půda (ha)

OBLAST	Zemědělská půda (ha)												výměra celkem
	kukuřičná			řepařská			bramborářská		bramb.- ovesná	horská		Nezař.	
Okres, kraj	K1	K2	K3	Ř1	Ř2	Ř3	B1	B2	B3	H1	H2	N	
Havlíčkův Brod	0	0	0	1959	621	0	36009	7319	12938	542	0	0	59388
Jihlava	0	0	0	0	0	0	12268	4540	32569	3146	289	0	52812
Pelhřimov	0	0	0	0	0	0	10792	12581	34886	1534	0	0	59794
Třebíč	0	0	0	0	2112	2161	48588	16849	11625	388	0	0	81722
Žďár n. Sázavou	0	0	0	0	0	0	11492	14685	28370	6195	2374	0	63116
kraj Vysočina	0	0	0	1959	2733	2161	119149	55974	120388	11805	2663	0	316832
<b>ČR celkem (ha)</b>	<b>95269</b>	<b>59132</b>	<b>15991</b>	<b>545394</b>	<b>385477</b>	<b>295990</b>	<b>772223</b>	<b>340979</b>	<b>396730</b>	<b>50966</b>	<b>42238</b>	<b>1</b>	<b>3000390</b>
<b>ČR celkem (%)</b>	<b>3,18</b>	<b>1,97</b>	<b>0,53</b>	<b>18,18</b>	<b>12,85</b>	<b>9,87</b>	<b>25,74</b>	<b>11,36</b>	<b>13,22</b>	<b>1,7</b>	<b>1,41</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

Zdroj: Situační a výhledová zpráva: Půda, 2012.

Tab. 29 Půdní fond České republiky (stav k 31. 12. 2013)

<b>Druh pozemku</b>	<b>Výměra [ha]</b>
Orná půda	2985792
Trvalé travní porosty	994461
Vinice	19652
Chmelnice	10312
Ovocný sad	46172
Zahrada	163476
<b>Zemědělská půda</b>	<b>4219867</b>
<b>Nezemědělská půda</b>	<b>3666840</b>
<b>Celkem</b>	<b>7886707</b>

Zdroj: Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky, Ročenka půdního fondu, 2014.

## B Hektarové výnosy

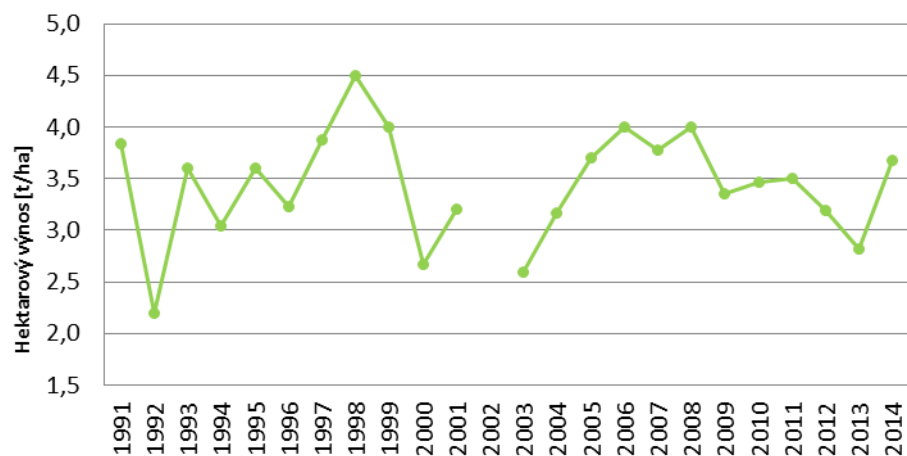
Tab. 30 Hektarové výnosy jednotlivých plodin

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	...	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	$\mu$	Výběr. $\sigma$
Hrách	3,83	2,20	3,60	3,04	3,60	3,23	3,88	4,50	4,00	2,67	...	3,17	3,70	4,00	3,78	4,00	3,35	3,47	3,50	3,19	2,82	3,675	3,43	0,5366
Ječmen j.	5,40	3,84	5,43	4,73	4,85	4,72	4,88	5,24	5,80	2,68	...	6,80	5,11	4,56	4,86	4,91	5,30	3,70	6,18	5,16	5,5	5,6	5,00	0,8415
Ječmen oz.	5,90	6,73	5,40	5,88	6,10	4,45	5,43	5,40	6,30	4,70	...	6,23	5,63	5,20	5,80	6,55	4,93	4,77	6,10	6,18	7,1	6,45	5,72	0,7914
Jetel	17,00	19,67	21,50	20,20	22,00	20,00	20,67	22,00	20,00	21,00	...												20,42	1,3394
Kmín	2,00			1,30	1,20		1,50			0,80	...	0,50	1,03					0,80					1,15	0,4158
Kukuřice	45,14	40,13	47,75	42,22	46,40	47,00	52,00	47,67	46,33	54,25	...	42,11	42,14	52,75	45,38	44,90	43,60	41,00	45,00	43,75	45,72	40,4	45,50	3,9757
Mák									1,20		...	0,90	0,80	0,80	0,95	0,80	0,67	0,60	1,15		1,1	1,5	0,97	0,3010
Oves	5,58		4,20		3,73	4,10	4,30	5,20	5,60	5,20	...		4,50	4,50	3,10	4,50							4,54	0,7495
Pšenice j.									5,36	4,28	...	6,06							5,80	5,13	5,8	5,1	5,37	0,6521
Pšenice oz.	5,58	4,75	4,77	5,63	5,79	5,96	5,48	6,93	6,93	5,52	...	9,00	6,36	6,29	5,48	6,76	6,29	6,10	7,14	6,00	7,288	7,982	6,25	1,0237
Řepka oz.	3,28	3,02	3,80	3,46	3,55	3,30	3,03	3,92	4,34	2,47	...	4,95	3,88	3,87	3,28	3,46	4,45	3,93	4,10	3,52	4,283	5,129	3,73	0,6583
Triticale	3,75									5,00	...												4,38	0,8839
Vojtěška	23,50	24,00							18,33	23,20	...	30,00	27,50	20,00	28,50	31,67	29,00	23,33	27,50	27,50	25,19	27,5	25,32	3,6690

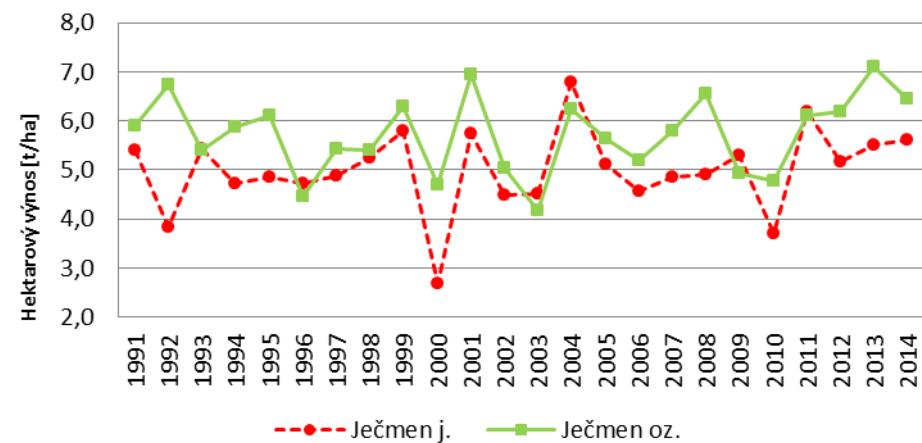
Zdroj: podniková data.

## Hektarové výnosy

V následujících tabulkách je graficky zobrazen vývoj průměrných ročních hektarových výnosů jednotlivých plodin.



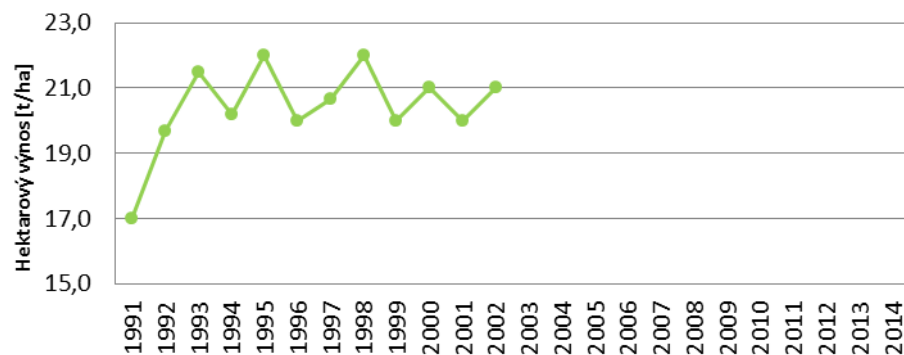
Graf č. 7 Hektarové výnosy hrách  
Zdroj: podniková data



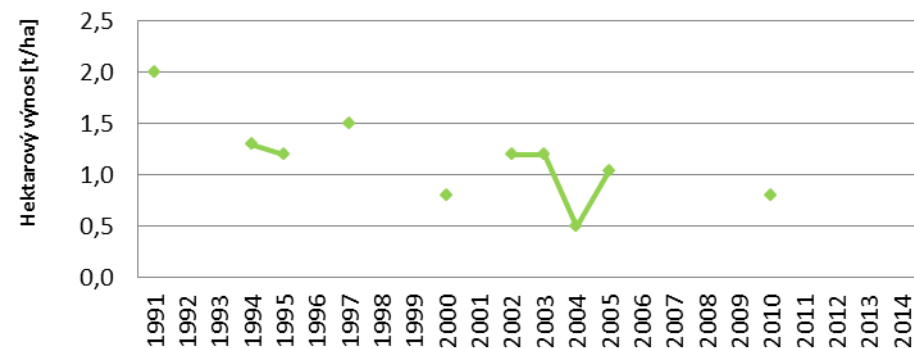
Graf č. 8 Hektarové výnosy ječmene  
Zdroj: podniková data.



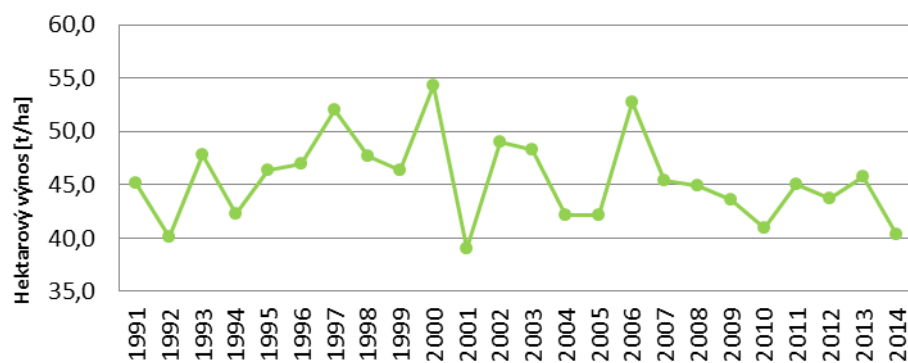
## Hektarové výtyny



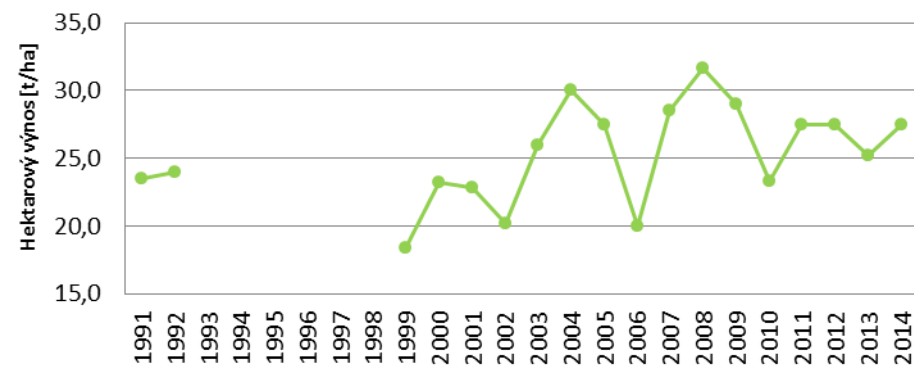
Graf č. 9 Hektarové výtyny jetel  
Zdroj: podniková data.



Graf č. 10 Hektarové výtyny kmín  
Zdroj: podniková data.

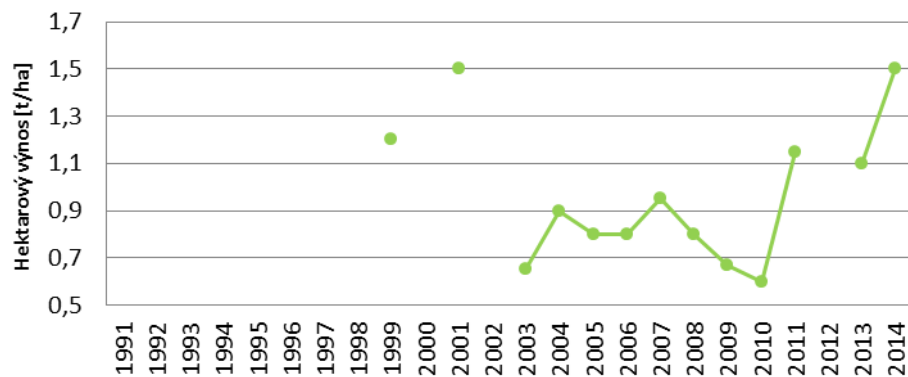


Graf č. 11 Hektarové výtyny kukuřice sklízené nazeleno  
Zdroj: podniková data.

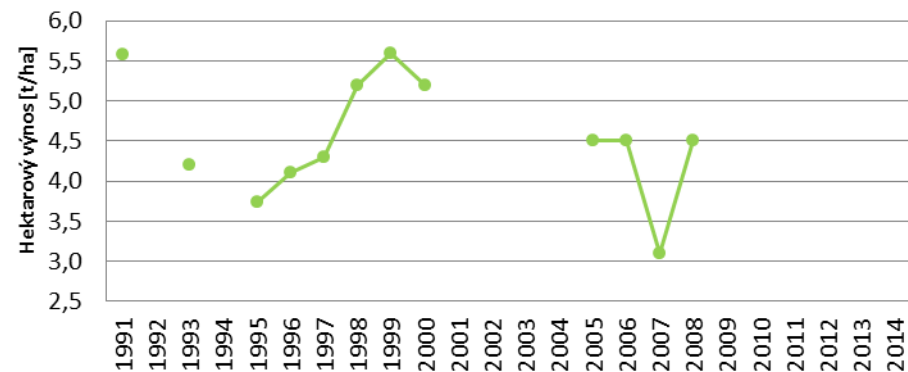


Graf č. 12 Hektarové výtyny vojtěšky seté  
Zdroj: podniková data.

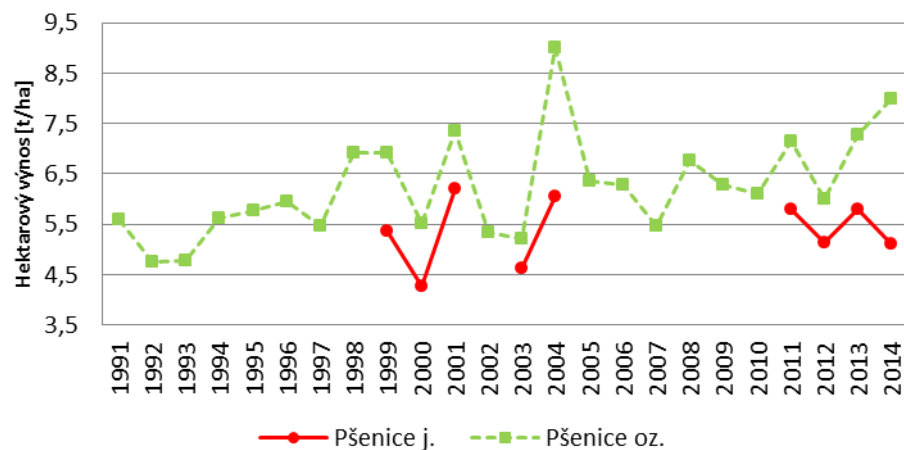
## Hektarové výnosy



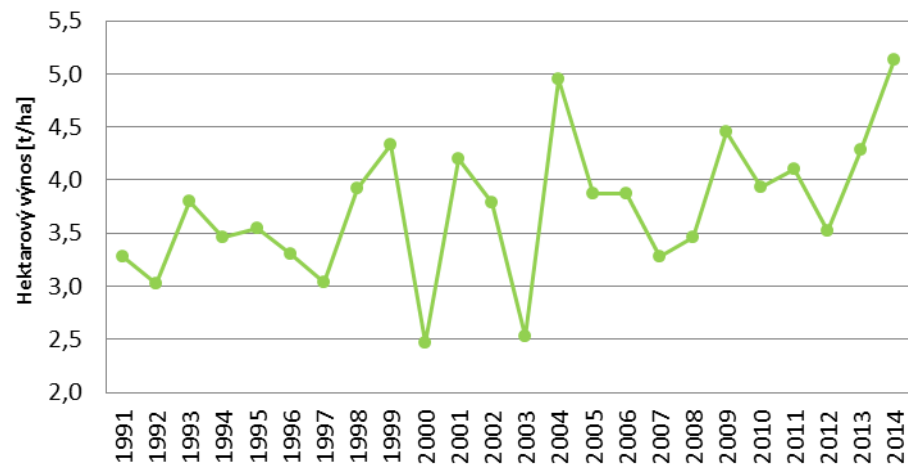
Graf č. 13 Hektarové výnosy máku setého  
Zdroj: podniková data.



Graf č. 14 Hektarové výnosy ovsy  
Zdroj: podniková data.



Graf č. 15 Hektarové výnosy pšenice  
Zdroj: podniková data.



Graf č. 16 Hektarové výnosy řepky ozimé  
Zdroj: podniková data.

## C Krmné dávky a obrat stáda

Tab. 31 Roční spotřeba zemědělských plodin v krmných dávkách skotu (t/ks)

	Senáž	Siláž	Seno	Směs	Sláma
Telata	1,46	0,365	0,365	0,9125	
Jalovice	5,11	1,460		0,2555	0,5475
Dojnice	5,84	6,935		2,9200	0,5475
Skot ve výkrmu	1,46	1,095		1,8250	0,7300

Zdroj: podniková data.

Tab. 32 Obrat stáda skotu

	užitkový přírůstek (l,kg)	Přírůstek			Úbytek			Hmotnost (kg)	Hmotnost na 1 VDJ	Prům. počet KD	Přepočít na 1 VDJ (Kč)	Cena Kč/kg ž. hm.	Tržby na 1 VDJ v Kč	Tržby na 1 ks za rok v tis. Kč
		nákup	nar	převod	prodej	úhyn	převod							
Dojnice	7315	-	-	0,355	0,35	0,005	-	650	227,5	365	1,00	31,14	7083,21	73169,59
Telata	0,8	-	1,05	-	0,07	0,09	0,89	115	6,86	169	0,46	54,85	376,26	812,6267
Jalovice	0,71	-	-	0,4	0,035	0,01	0,355	480	16,8	192	0,53	36,26	609,10	1157,926
VBJ	-	-	-	0,355	-	-	0,355	535	-	63	0,17	36,26		
Skot výkrm	1	-	-	0,475	0,46	0,015	-	750	345	431	1,18	45,54	15711,30	13305,39

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

Krmné dávky a obrat stáda

Tab. 33 Krmné dávky prasat (t/ks/rok)

	Směs ČOS	Směs A1	Směs KPK	Směs KPB	Směs CDP
Selata	0,1095	0,4015			
Prasnice			2,5550	0,7300	
Prasata ve výkrmu		0,3285			0,4745

Zdroj: podniková data.

Tab. 34 Obrat stáda prasat

	užitko vý přírůs tek	Přírůstek			Úbytek			Hmotnost (kg)		Průměrný počet KD		Cena Kč/kg ž. hm.	Tržby prasnice/ Kč/rok	Tržby ks/rok/ tis. Kč
		nákup	nar	převod	prodej	úhyn	převod	na 1 prasnici	na 1 prasnici					
	(l,kg)													
Prasnice	28,18	-	-	0,35	0,27	0,08	-	235	61,10	365,00	1	33,43	2346,80	2,35
Selata	0,62	-	-	28,18	-	0,85	27,33		0,29	1176,93	3,22	58,00	884,50	0,28
Prasata výkrm	0,7	-	-	27,33	27,06	0,27			-	2443,50	6,69	33,43	99507,74	14,87

Zdroj: Vlastní výpočty zpracované pomocí programu MS Excel.

## D Proměnné modelu

Tab. 35 Proměnné modelu

Značka	Slovní popis	Jednotka
P <sub>1</sub>	hledaná výměra hrachu	[ha]
P <sub>2</sub>	hledaná výměra ječmene jarního	[ha]
P <sub>3</sub>	hledaná výměra ječmene ozimého	[ha]
P <sub>4</sub>	hledaná výměra jetele lučního	[ha]
P <sub>5</sub>	hledaná výměra kmínu	[ha]
P <sub>6</sub>	hledaná výměra kukuřice nazeleno	[ha]
P <sub>7</sub>	hledaná výměra máku setého	[ha]
P <sub>8</sub>	hledaná výměra ovsa	[ha]
P <sub>9</sub>	hledaná výměra pšenice jarní	[ha]
P <sub>10</sub>	hledaná výměra pšenice ozimé	[ha]
P <sub>11</sub>	hledaná výměra řepky ozimé	[ha]
P <sub>12</sub>	hledaná výměra triticales (žita)	[ha]
P <sub>13</sub>	hledaná výměra vojtěšky seté	[ha]
L	výměra luk	[ha]
Z <sub>1</sub>	hledaný počet dojnic	[ks]
Z <sub>2</sub>	hledaný počet telat	[ks]
Z <sub>3</sub>	hledaný počet jalovic	[ks]
Z <sub>4</sub>	hledaný počet VBJ	[ks]
Z <sub>5</sub>	hledaný počet skotu ve výkrmu	[ks]
Z <sub>6</sub>	hledaný počet selat	[ks]
Z <sub>7</sub>	hledaný počet prasnic	[ks]
Z <sub>8</sub>	hledaný počet prasat ve výkrmu	[ks]
K <sub>1</sub>	potřeba zrnin	[t]
K <sub>2</sub>	nákup směsi pro skot	[t]
K <sub>3</sub>	nákup směsi A1	[t]
K <sub>4</sub>	nákup směsi ČOS	[t]
K <sub>5</sub>	nákup směsi KPK	[t]
K <sub>6</sub>	nákup směsi KPB	[t]
K <sub>7</sub>	nákup směsi CDP	[t]
H	nákup hnojiv	[t]
N	vlastní náklady	[Kč]
T	tržby	[Kč]
D	dotace	[Kč]

Zdroj: Vlastní zpracování.

## **E Výchozí model**