

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

---



STUDIJNÍ OBOR: VŠEOBECNÉ ZEMĚDĚLSTVÍ  
KATEDRA: AGROEKOLOGIE  
SEKCE: AGROCHEMIE A PEDOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

***Téma: Možnosti a limity produkce bioenergie ve zvoleném zemědělském podniku  
v podhorské oblasti***

*Vedoucí diplomové práce:*  
prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

*Konzultant diplomové práce:*  
Ing. Marie Šindelářová, CSc.

Autor: Monika Jiříková

---

2006

Knihovna JU - ZF



3114703835

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: Monika JIŘÍKOVÁ

Studijní program: M 4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Všeobecné zemědělství

Název tématu: Možnosti a limity produkce bioenergie ve zvoleném zemědělském podniku v podhorské oblasti

### Zásady pro vypracování:

(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

Cílem práce je vyhodnotit možnosti a limity produkce bioenergie ve zvoleném zemědělském podniku v západočeském regionu.

Bude vypracován návrh výrobní struktury zemědělské soustavy, zaměřený na produkci plodin pro energetické účely, zejména zrna obilovin pro výrobu etanolu, případně dalších plodin, zejména řepky. Bude rovněž vyhodnocena možnost výroby bioplynu z odpadů z chovu skotu. Vlastnímu návrhu bude předcházet analýza vnitřní struktury zemědělské soustavy s výpočtem a vyhodnocením vybraných parametrů vnitřní struktury a jejich vzájemných vztahů.

Jako podklad pro analýzu i návrh vnitřní struktury zemědělské soustavy budou použity:

- plochy sklizně a výnosy plodin
- stavy skotu
- spotřeba minerálních hnojiv

v jednotlivých letech přibližně 7 ÷ 10-leté časové řady.

Podrobná metodika bude dohodnuta s vedoucím diplomové práce.

Rozsah grafických prací: cca 10 grafů a map

Rozsah průvodní zprávy: 40 ÷ 60 stran

Seznam odborné literatury:

- Kudrna, K.: Zemědělské systémové inženýrství, jeho cíle, metody a uplatnění v zemědělských soustavách. Centrum pro zemědělské soustavy, Neuměřice, 1996, 56 s.
- Kára, J.: Motorová paliva z biomasy v České republice. Zemědělské informace, 2001 (25), ÚZPI Praha, 39 s.
- Tichý, F. a kol.: Pěstební technologie a úprava zrna pšenice ozimé a tritikale pro výrobu etanolu. Zemědělské informace, 2001 (5), ÚZPI Praha, 41 s.
- Šoch, M.: Výroba a využití bioplynu. Agroenergetika a její zapojení do výuky na FŽP UJEP Ústí nad Labem. ZF JU České Budějovice, 1996, 35 s.
- Kudrna, K., Šindelářová, M.: K problému uzavřené zemědělské soustavy na energetickém principu. Coll. Sci. Pap., Fac. Agric. Č. Budějovice, Ser. Crop Sci., 17, 2000 (2): 121-129.

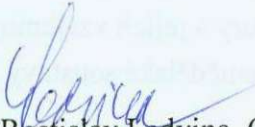
Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

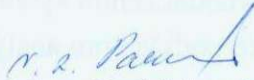
Konzultant: Ing. Marie Šindelářová, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 6. 1. 2004

Termín odevzdání diplomové práce: 30. 4. 2006

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Rostislav Ledvina, CSc.  
Vedoucí katedry

  
doc. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.  
Děkan

V Českých Budějovicích dne 8. 3.

2004

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, na základě vlastních zjištění a materiálů uvedených v seznamu použité literatury.

*Monika Jirková*

V Českých Budějovicích dne 28. dubna 2006

### **Poděkování:**

Děkuji své konzultantce diplomové práce paní Ing. Marii Šindelářové, CSc. za metodické vedení, pomoc a cenné rady při zpracování diplomové práce. Dále děkuji panu Ing. Zdeňkovi Vlasákovi za jeho ochotu při poskytnutí podkladů pro moji práci.

## ABSTRACT

Chosen agricultural farm: Měcholupská zemědělská corporation is in the Klatovy district in the Plzeň region. Analysis of inner structure of agricultural system was calculated for ten-year period 1995 – 2004. Data used for analysis: acreage and yield of individual crops, consumption of mineral fertilizers, cattle stock.

Parameters of inner structure have been calculated, and their course in time has been evaluated, possibly their relations. On the basis of this analysis, using carbon balance principle, variants of agricultural inner structure project have been worked out, aimed at bio-energy production: cereals for production of bio-ethanol, raps for production of methylester of raps oil, biogas.

Suitability of projected variants – orientation on individual energetic sources – from aspect of natural and production conditions of the agricultural farm has been evaluated.

**Keywords:** agricultural system, structure of system, carbon-balance method, bioenergy

## Použité symboly a označení

C- bilance – uhlíková bilance

$C_2^P$  – Planckova konstanta – přepočet sušiny jednoletých píceň, víceletých píceň a drnového fondu na objem zrna obilovin ( $C_2^P = 1,4388$ )

$\Sigma C_k$  – aktivní uhlík po konverzi polygastrickými zvířaty

DJ – dobytčí jednotka (500 kg)

ETA 0 - hmota jednoletých píceň na jednotku hlavních uhlíkatých zdrojů

EEŘO – etylester řepkového oleje

ETBE – etylterciální butyléter řepkového oleje

$G_{ps}$  – geologickopetrografický substrát

hz – hustota skotu [ $DJ \cdot ha^{-1}$ ]

$k_n$  – krmná norma pro skot [ $t \cdot DJ^{-1} \cdot rok^{-1}$ ]

i – indexy jednotlivých plodin a skupin plodin:

0 – jednoleté píceňiny

1 – víceleté píceňiny

2 – obiloviny

2<sub>z</sub> – zrno obilovin

2<sub>sl</sub> – sláma obilovin

3<sub>a</sub> – brambory ostatní

3<sub>b</sub> – brambory rané

4<sub>a</sub> – louky

4<sub>b</sub> – pastviny

5 – řepka

6 – hrách

9 – zelenina

ri - rhizomy

MEŘO – metylester řepkového oleje

MTBE – metyltercbutyléter řepkového oleje

$N_h$  – nadmořská výška

OMEGA 2 – potřeba aktivního uhlíku na produkci zrna obilovin

Por – plocha orná půda [ha]

Pz – plocha zemědělská půda [ha]

$Y_i$ – výnos plodiny [ $t \cdot ha^{-1}$ ]	
$Y_{s_i}$ – výnos suché hmoty plodiny [ $t \cdot ha^{-1}$ ]	
$\Sigma Y_{s_i}$ – objem sklizně suché hmoty plodiny [ $t \cdot ha^{-1}$ ]	3
$\Sigma Y_s$ – objem sklizně suché hmoty všech plodin [ $t \cdot ha^{-1}$ ]	4
$\Sigma C_k$ – aktivní uhlík pro konverzi polygastrickými zvířaty [t]	4
ZS – zemědělská soustava	4
$\Sigma Z$ – stavy zvířat [DJ]	4
$\zeta_2$ – parametr vyjadřující poměr zdrojů a spotřebitelů uhlíku pro strukturu $(Y_{s_{(1+4)}} P_{(1+4)}) \leftrightarrow (Y_{s_2} P_2)$	5
$\zeta_3$ – parametr vyjadřující poměr zdrojů a spotřebitelů uhlíku pro strukturu $(Y_{s_{(1+4)}} P_{(1+4)} + Y_{s_2} P_2) \leftrightarrow (Y_{s_3} P_3)$	8
$k_{1-4}$ – přepočítací koeficienty pro jednotlivé plodiny	9
$k_1 = 1,00$	9
$k_2 = 0,75$	10
$k_4 = 0,50$	11
2.5 ANALÝZA VÝNĚKŮ VÝTVARŮ V ZEMĚDĚLSKÉ Soustavě	12
2.5.1 Úroveň oporní struktury zemědělské soustavy	13
2.5.2 Normativní změny vlivů vlivů vlivů	13
2.5.3 Metoda uhlíkové bilance v zemědělské soustavě	14
2.6 OBNOVITELNÉ POKROU ENERŽIE	15
2.6.1 Biomasa	18
2.6.1.1 Pěstování jako palivo	19
2.6.1.2 Kvalita	21
2.6.1.3 Výroba MEPO	22
2.6.1.4 Výrobní jednotky výroby křídlení biomasy	25
2.6.1.5 Kvalita	25
2.6.1.6 Složení křídlení biomasy	25
2.6.1.7 Materiál vhodné pro výrobu bioplynu	26
2.6.1.8 Anorganická fermentace	26
2.6.1.9 Technologické systémy vhodné pro zpracování digestní biomasy	30
2.6.1.10 Kategorizace rostlin s ohledem na jejich použitelnost pro výrobu bioplynu	30
3 METODIKA	32
3.1 PŘÍKLADY PRO ANALÝZU A NÁVRH VNITŘNÍ STRUKTURY ZS	32



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ ČÁST.....</b>	<b>4</b>
2.1	ZEMĚDĚLSKÉ SYSTÉMOVÉ INŽENÝRSTVÍ .....	4
2.2	TEORIE ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY .....	4
2.3	KLÍČOVÉ PARAMETRY STAVU ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY:.....	5
2.3.1	<i>Struktura zemědělské soustavy .....</i>	<i>5</i>
2.3.2	<i>Rovnovážný stav zemědělské soustavy a její stabilita .....</i>	<i>8</i>
2.3.3	<i>Ideální zemědělské soustavy .....</i>	<i>8</i>
2.3.4	<i>Stabilizace zemědělské soustavy.....</i>	<i>8</i>
2.4	OPTIMALIZACE PROCESŮ V ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY.....	9
2.4.1	<i>Analýza výrobního území zemědělské soustavy.....</i>	<i>10</i>
2.4.2	<i>Zákony rozdělení parametrů <math>\zeta_2</math>, <math>\zeta_3</math> na výrobním území .....</i>	<i>11</i>
2.5	ANALÝZA VNITŘNÍCH VZTAHŮ V ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY.....	12
2.5.1	<i>Stanovení optimální struktury zemědělské soustavy.....</i>	<i>13</i>
2.5.2	<i>Normální stav zemědělské soustavy.....</i>	<i>13</i>
2.5.3	<i>Metoda uhlíkové bilance v zemědělské soustavy.....</i>	<i>14</i>
2.6	OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE .....	15
2.6.1	<i>Etanol .....</i>	<i>18</i>
2.6.1.1	<i>Etanol jako palivo.....</i>	<i>19</i>
2.6.2	<i>Bionafta .....</i>	<i>21</i>
2.6.2.1	<i>Výroba MEŘO.....</i>	<i>22</i>
2.6.2.2	<i>Vývojové trendy výroby a užívání bionafty .....</i>	<i>23</i>
2.6.3	<i>Bioplyn.....</i>	<i>25</i>
2.6.3.1	<i>Složení a vlastnosti bioplynu.....</i>	<i>25</i>
2.6.3.2	<i>Materiály vhodné pro výrobu bioplynu .....</i>	<i>26</i>
2.6.3.3	<i>Anaerobní fermentace.....</i>	<i>26</i>
2.6.3.4	<i>Technologické systémy vhodné pro anaerobní digesci fytomasy .....</i>	<i>30</i>
2.6.3.5	<i>Kategorizace rostlin s ohledem na jejich použitelnost pro výrobu bioplynu</i>	<i>30</i>
<b>3</b>	<b>METODIKA .....</b>	<b>32</b>
3.1	PODKLADY PRO ANALÝZU A NÁVRH VNITŘNÍ STRUKTURY ZS .....	32

3.2	DEKOMPOZICE STRUKTURY ZS METODOU UHLÍKOVÉ BILANCE .....	34
3.3	VÝPOČET NORMÁLNÍ STRUKTURY ZS .....	35
3.4	VÝPOČET PARAMETRŮ .....	36
3.5	ENERGETICKÉ PARAMETRY: .....	37
<b>4</b>	<b>VLASTNÍ PRÁCE.....</b>	<b>38</b>
4.1	CHARAKTERISTIKA ZEMĚDĚLSKÉHO PODNIKU .....	38
4.2	PŘÍRODNÍ PODMÍNKY .....	39
4.2.1	<i>Klimatologické podmínky</i> .....	39
4.2.2	<i>Geologicko – litologické poměry</i> .....	40
4.2.3	<i>Hydrologické podmínky</i> .....	41
4.2.4	<i>Půdní podmínky</i> .....	42
4.3	ANALÝZA PŮVODNÍ STRUKTURY ZS - MĚCHOLUPSKÁ ZEMĚDĚLSKÁ, A. S. 1995 – 2004 .....	43
4.4	NORMÁLNÍ STRUKTURA ZS – MĚCHOLUPSKÁ ZEMĚDĚLSKÁ, A. S. 1995 – 2004 .....	48
4.5	NÁVRH STRUKTURY ZS – MĚCHOLUPSKÁ ZEMĚDĚLSKÁ, A. S. : VARIANTA 1 .....	50
4.6	NÁVRH STRUKTURY ZS – MĚCHOLUPSKÁ ZEMĚDĚLSKÁ, A. S. : VARIANTA 1A (ZAMĚŘENÍ NA OBILOVINY) .....	54
4.7	NÁVRH STRUKTURY ZS – MĚCHOLUPSKÁ ZEMĚDĚLSKÁ, A. S. : VARIANTA 1B (ZAMĚŘENÍ NA ŘEPKU) .....	56
4.8	VÝPOČET MOŽNOSTÍ NAVÝŠENÍ STAVŮ SKOTU – PRO BIOPLYN MĚCHOLUPSKÁ ZEMĚDĚLSKÁ, A. S. – PRO $P_1 = 25 \% \text{ POR}$ .....	58
4.9	VÝPOČET MOŽNOSTÍ NAVÝŠENÍ STAVŮ SKOTU – PRO BIOPLYN MĚCHOLUPSKÁ ZEMĚDĚLSKÁ, A. S. – PRO $P_1 = 20 \% \text{ POR}$ .....	60
4.10	ENERGETICKÉ ZHODNOCENÍ .....	63
<b>5</b>	<b>DISKUSE.....</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>70</b>

# 1 Úvod

Zemědělství je jedno z nejstarších odvětví lidské činnosti. Nástup vědeckého poznání a techniky postupně měnily zemědělské technologie na technologii průmyslového typu. Zemědělství se stává klíčovým krajino tvorným a ekologickým činitelem za velmi náročných ekologických podmínek.

Zemědělství je jedinou lidskou činností, která plně souvisí s přírodou, probíhá v ní a je na ní závislá. Je proto samozřejmé, že využívá ve velké míře její zdroje, zejména půdu a vodu. Zemědělství má tedy velmi úzké vazby na naše životní prostředí.

V zemědělství má na životní prostředí vliv zejména způsob využívání půdy a chov hospodářských zvířat.

Funkce zemědělství nespočívá pouze ve výrobě potravin, ale plní současně řadu mimoprodukčních funkcí, jako zachování kulturní krajiny, ochrana a zlepšování životního prostředí, či zaměstnanosti a rozvoje venkova.

Mezi základní principy v příznivě ekologickém hospodaření zemědělského podniku by mělo patřit využívání přírodních zdrojů v souladu s přírodními možnostmi a podmínkami konkrétní lokality a respektování funkcí krajiny jako celku.

Zemědělství je chápáno jako důležitá aktivita, která bezpochyby slouží všem a zahrnuje celou řadu odvětví od vlastní výroby potravin až po udržování esteticky hodnotné a ekologicky vyvážené krajiny. Zemědělství svými demografickými, sociálními a ekonomickými důsledky významně působí na rozvoj celých oblastí.

V práci je řešen návrh vnitřní struktury podniku Měcholupská zemědělská, a. s. Předslav v Plzeňském kraji. Na základě provedené analýzy byly s využitím metody C-bilance vypracovány návrhy se zaměřením na produkci bioenergie – obilí pro výrobu bioetanolu, řepky pro výrobu řepkového oleje, bioplynu. Byla posouzena vhodnost zaměření na jednotlivé energetické zdroje z pohledu přírodních a výrobních podmínek zemědělského podniku.

## 2 Literární část

### 2.1 Zemědělské systémové inženýrství

Zemědělské systémové inženýrství vzniklo na základě dlouhodobých analýz vývoje světového zemědělství, lesního, vodního hospodářství a energetiky, tedy odvětví, na něž je položen největší požadavek pro zabezpečení existence lidstva při téměř exponenciálním růstu.

Systémové analýzy vývoje zemědělství prokázaly, že další vývoj zemědělských soustav nutno odvinout od základního parametru – hustota obyvatel při extrémně rostoucí demografické křivce a všech důsledků, které tato situace přináší.

Systémové analýzy ukazují, že situaci nelze řešit ani soustavným zvyšováním výkonnosti polních plodin, protože současně s tím klesá stabilita celé soustavy. Nahodilé jevy v soustavě způsobují, že celá soustava se stává nahodilou veličinou.

Systémové inženýrství je mnohostranné a zahrnuje:

1. Oblast činnosti, jež se oddělila od tradiční inženýrské praxe a zaměřila se na cílevědomé řízení a organizaci procesů vytváření, vývoje a využití složitých inženýrských soustav.
2. Oblast vědeckého poznání – jako komplexní vědeckou disciplinu, která spojuje metody analýzy a inženýrské činnosti, postupy projektování, využití matematických, technických, přírodovědných a společenských disciplin, které budou při řešení a projektování složitých dynamických soustav využity (KUDRNA, 1985).

Zemědělské systémové inženýrství představuje moderní obor, který bude mít klíčové postavení při řešení složitých problémů vývoje budoucího zemědělství jako složitých dynamických soustav (KUDRNA, 1996).

### 2.2 Teorie zemědělské soustavy

KUDRNA (1985) definujeme zemědělskou soustavu jako soubor vzájemně na sobě závislých a vzájemně se podmiňujících prvků, procesů, prostředků a zařízení, racionálně uspořádaných, řízených a regulovaných v prostoru a čase za účelem dosažení optimální kvantitativní a kvalitativní úrovně výroby organické hmoty.

## 2.3 Klíčové parametry stavu zemědělské soustavy:

1. struktura soustavy,
2. rovnováha soustavy.

### 2.3.1 Struktura zemědělské soustavy

Struktura zemědělské soustavy je charakteristickou veličinou jejího stavu proto, že určuje všechny další parametry stavů a procesů v biologické, technické a ekonomické oblasti (KUDRNA, 1979).

Strukturu soustavy členíme na:

- a) Vnější strukturu (základní) zemědělské soustavy charakterizujeme jako prostorové uspořádání jednotlivých dílčích soustav (podsoustav) z hlediska vzájemných vazeb prvků zemědělské soustavy a krajinného prostoru. Vnější struktura zemědělské soustavy je předpokladem pro strukturu vnitřní.
- b) Vnitřní strukturu definujeme jako prostorové a časové uspořádání jednotlivých prvků uvnitř jednotlivých podsoustav (druhy zvířat, druhy a odrůdy polních plodin apod.).

Základní struktura zemědělské soustavy je určena třemi podsoustavami, jež mají funkci transformačních soustav:

1. Soustava rostlinných společenstev transformuje kinetickou energii slunečního záření v energii potenciální - organickou glycidobílkovinnou hmotu.
2. Soustava hospodářských zvířat transformuje glycidobílkovinnou hmotu z 1. transformační soustavy jednak v kvalitnější živočišnou bílkovinu, jednak ji zčásti ve formě uhlíkatých látek vrací do půdy; její funkce záleží v rozdělení glycidobílkovinné (uhlíkatodusíkaté) hmoty na původní složky.
3. Soustava mikrobiálních společenstev resyntézuje uhlíkatou a z části dusíkatou hmotu z 1. a 2. transformační soustavy a dokončuje cyklický oběh uhlíku.

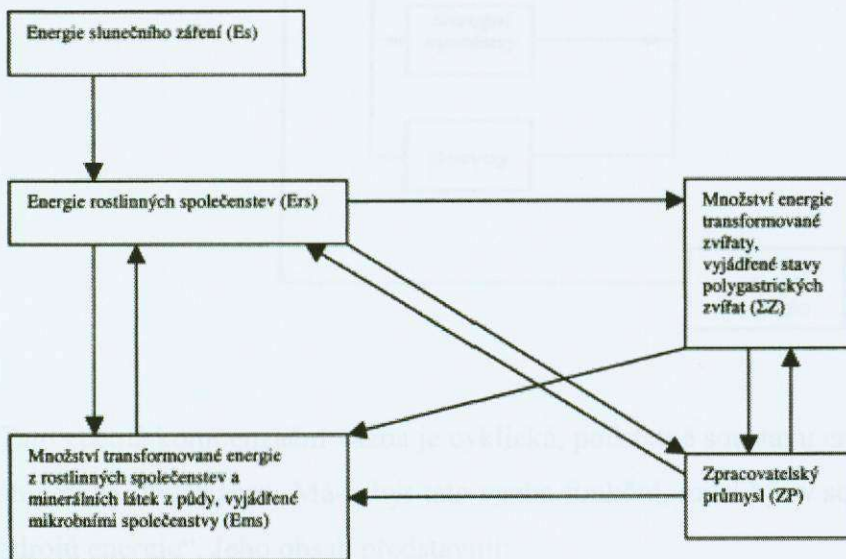
V podstatě jde ve všech soustavách o přenos a transformaci energií - od transformace kinetické energie slunečního záření v potenciální energii - uhlíkatodusíkatou hmotu, přes její zpětnou transformaci v žaludku polygastrických zvířat až k resyntéze a uvolnění uhlíkaté

hmoty v půdě. K těmto transformačním procesům, v nichž rozhodující postavení má uhlík, je potřeba různých prostředků.

Jako konzervativní prvky označujeme Gps a nadmořskou výšku, jako progresivní prvky označujeme energii klimatu, vklad práce člověka a příkon energie a konečně reliktovými prvky prostředí činnosti zemědělské soustavy jsou pak ty, které vznikly působením progresivních prvků; do této skupiny náleží půda.

Všechny uvedené podmínky biosféry musí být časově i prostorově uspořádány tak, aby odpovídaly maximální účinnosti jednotlivých transformačních soustav, má-li být splněna podmínka optimální kvantitativní a kvalitní úrovně zemědělské výroby.

Obrázek 1: Vazby mezi jednotlivými podsoustavami v ZS (KUDRNA, 1985)



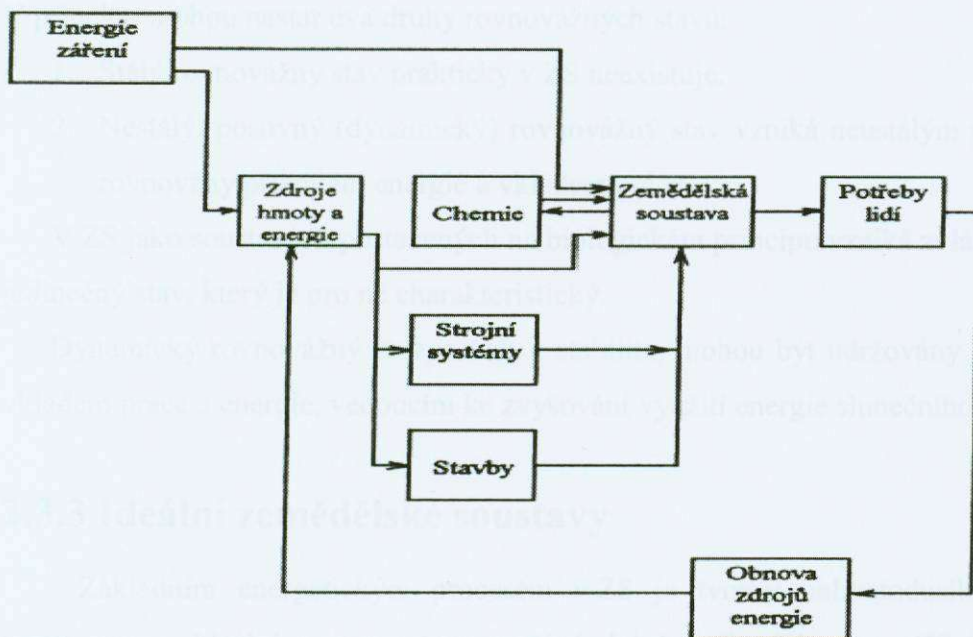
Historicky se ZS vyvíjely tak, že se postupně stále více stávaly závislými na těchto faktorech, které pomáhaly využití přírodních zdrojů energie. Proto průmyslová zařízení i celá odvětví průmyslu s rostoucí intenzifikací života společnosti se stávají dále důležitější regulační složkou celého zemědělského systému a jsou již jeho neoddělitelnými podsystémy.

Velmi důležitou a novou složkou zemědělskoprávního komplexu jsou prostředky pro energii a obnovení jejich zdrojů.

Pro dosažení stability musí být soustava vybavena příslušnými strojními a stavebními technologiemi. Množství zdrojů uhlíku ve struktuře ZS musí rovněž vykompenzovat transformaci části odpadových hmot v soustavě ještě před jejich návratem do půdy, aby z nich byla uvolněna energie v soustavě znovu využitelná, která z velké části může nahradit příkon vnější energie (paliv, elektřiny, plynu). Tak v ZS vzniká uzavřený kruh – zpětná kompenzační

vazba, již můžeme vyjádřit v agregátorovém schématu zemědělské soustavy (KUDRNA, ŠINDELÁŘOVÁ, 2000).

Obrázek 2: Agregátorové schéma energetického obvodu zemědělské soustavy (KUDRNA, 1979, 1985)



Tato zpětná kompenzační vazba je cyklická, podstatně soustavu energeticky uzavírá a zvyšuje stupeň její invariance. Má-li být tato vazba funkční, musí být v soustavě agregát na „Obnovu zdrojů energie“. Jeho obsah představují:

1. technologie, jež umožní využít část odpadních hmot v zemědělské soustavě a transformovat ji na využitelnou energii
  2. změna vnitřní struktury ZS zařazením energetických plodin, ze kterých lze uvolnit a racionálně využít energii v soustavě
  3. zařízení pro transformaci části produkce (obilí, brambory apod.) na energeticky bohaté látky sloužící jako pohonné hmoty
  4. technologie, jež umožní návrat biogenních prvků do soustavy a odstraní ztráty
- (KUDRNA, ŠINDELÁŘOVÁ, 2000).

### 2.3.2 Rovnovážný stav zemědělské soustavy a její stabilita

Rovnovážný stav (ZS) nastává tehdy, když vstupní a výstupní vektory jsou konstantní a stav soustavy v čase se nemění. Rovnovážný stav je spojen s vratnými a cyklickými procesy, které v ní probíhají.

V principu mohou nastat dva druhy rovnovážných stavů:

1. Stálý rovnovážný stav prakticky v ZS neexistuje.
2. Nestálý, posuvný (dynamický) rovnovážný stav vzniká neustálým porušováním stálé rovnováhy příkonem energie a vkladem práce.

V ZS jako soustavách postavených na biologickém principu vzniká zvláštní a svého druhu jedinečný stav, který je pro ně charakteristický.

Dynamický rovnovážný stav, a tedy i stabilita, mohou být udržovány jen permanentním vkladem práce a energie, vedoucím ke zvyšování využití energie slunečního záření.

### 2.3.3 Ideální zemědělské soustavy

Základním energetickým procesem v ZS je tvorby uhlikatodusíkaté hmoty a její transformace. Ideální stav soustavy nastává, když veškerá hmota v ZS je transformována soustavou polygastrických zvířat s mikrobními společenstvy a hmota odcházející za hranice ZS je transformována tak, že se tak akumuluje a transformuje veškeré množství hmoty. Soustava je prakticky uzavřena. Každý vklad práce je trvalý a způsobuje trvalé zvýšení akumulace organické hmoty až na horní hranici výkonnosti organismu.

Struktura ideální soustavy odpovídá přesně podmínkám bioenergetických prvků krajinného prostoru a podmínkám klimatickým (KUDRNA, 1985).

### 2.3.4 Stabilizace zemědělské soustavy

Aby ZS byla stabilní, musí mít alespoň jednu zpětnou vazbu o zcela určitých vlastnostech. Zpětné vazby musí být takové, aby přiváděly do půdy hmotu, jež je schopna zabezpečit příslušné transformace. Funkce takových vazeb tedy spočívá v tom, že musí oslabit změny stavů vstupu těch aktivních prvků ZS, jež vyvolávají odchylky soustavy od stavu rovnováhy.

Tyto zpětné vazby nazýváme kompenzačními zpětnými vazbami a protože přivádějí soustavu ke stabilnímu stavu, nazýváme je též stabilizátory nebo regulátory soustavy.



V případě, že by ZS neměla zpětnou kompenzační vazbu, pak stav její rovnováhy není určen, soustava je nestabilní a vyvedena z rovnováhy, může nabývat různých, nekontrolovatelných stavů. Soustava je neutrální.

Pozitivní zpětná vazba kompenzační je taková, když zvětšení hodnoty proměnné, představující stav vstupu určitého prvku soustavy, je současně předpokladem pro zvětšení hodnoty proměnné, představující stav výstupu prvku spojeného s ním zpětnou vazbou. Podobně je tomu, když se jeho hodnoty zmenšují.

Negativní zpětná vazba je charakterizována nepřímou úměrností – se zvětšením hodnoty vstupujícího prvku se hodnota proměnné prvku spojeného s ním zpětnou vazbou zmenšuje.

## **2.4 Optimalizace procesů v zemědělské soustavě**

Řešení problému optimalizace je sice závislé na přesnosti modelu, avšak vzhledem ke složité problematice sestrojení přesných modelů procesů probíhajících v ZS při transformacích hmot a omezeních v jejich podsoustavách, je účelné volit určitou hladinu obecnosti, která by umožnila poznat zákony procesu při změně proměnných.

Postupy sestrojení modelu

1. volba proměnných,
2. zhodnocení dostupné informace,
3. přístupné zjednodušení modelu procesu, který musí odpovídat pouze sledovanému účelu.

V modelu je optimalizována vždy pouze tzv. účelová funkce, která vyjadřuje cíl, účel procesu. Proto model musí být koncipován tak, aby vyjádřil potřebné vazby mezi proměnnými stavu a proměnnými regulace.

### **Způsoby realizace optimální regulace procesů**

Realizace optimální regulace spočívá v řešení úlohy optimalizace v průběhu sledovaného procesu. Přitom není rozhodující, v jakém časovém intervalu proces probíhá, zda jde o okamžik či dobu mnoha let; záleží jen na tom, aby model procesu, jehož účelová funkce je optimalizovaná, přesně odrážel proměnné skutečného procesu (KUDRNA, 1985).

## 2.4.1 Analýza výrobního území zemědělské soustavy

Geologickopetrografický substrát půd ( $G_{ps}$ ), geomorfologie (reliéf) území a nadmořská výška ( $N_h$ ) jsou typickými představiteli konzervativních prvků výrobního území ZS, jež určují její klíčový parametr – strukturu a podstatně působí na její členění v krajinném prostoru.

Problematika bioenergetického potenciálu půdy naznačuje, že rozhodujícím faktorem, jenž určuje kvalitu půdy, je obsah aktivních povrchů v půdě. Kvalita těchto povrchů je určena obsahem jílových minerálů a obsahem vysokomolekulárních uhlíkatých látek, a to zejména huminových kyselin, s rostoucí nadmořskou výškou roste potřeba aktivních povrchů organického původu. Sedimenty obsahující i značné množství jílových minerálů vytvářejí velké aktivní povrchy a v důsledku toho i potřeba aktivních povrchů organického původu je menší (KUDRNA, 1979).

Ve vyšších nadmořských výškách a na relativně málo příznivých  $G_{ps}$ , na půdách s nízkým obsahem jílových minerálů a jejich nízkou sorpční kapacitou je z pohledu využití živin rostlinami nutné stálé vyrovnávání tohoto deficitu vyšším zastoupením plodin charakteru zdrojů uhlíku (prekursorů humusu – a zároveň objemných krmiv) a tomu odpovídajícími stavy skotu (ŠINDELÁŘOVÁ et al., 1999).

První skupinu plodin nazýváme zdroji uhlíkatých prekursorů humusu, druhou spotřebiteli. Zdroji uhlíku jsou všechny víceleté pícniny na orné půdě a pícniny drnového fondu, spotřebiteli pak všechny okopaniny. Obilniny jsou slabými zdroji či spotřebiteli podle toho, jaké množství organického uhlíku se vrací cyklickou kompenzační vazbou  $\Sigma_z \rightarrow \Sigma_m$  zpět do půdy.

Struktura zemědělské soustavy, tj. poměr zdrojů a spotřebitelů uhlíku, je proto odrazem konzervativních prvků výrobního území zemědělské soustavy a krajinného prostoru (KUDRNA, 1979).

Intenzita činnosti spotřebitelů bude vždy impulsem pro další zvýšení intenzity zdrojů ve smyslu zákona o účinnosti hmoty. Proto zdroje jsou limitujícím faktorem dalšího vývoje ZS a po dosažení jejich mezní hodnoty zůstávají rezervy jen v jejich vyšším využití (KUDRNA, 1987).

Parametry  $\zeta_{2,3}$  charakterizují strukturu zemědělské soustavy:

$$\zeta_2 = \frac{k_1 p_1 Y_{s_1} + k_4 p_4 Y_{s_4}}{p_2 Y_{s_2}} = \frac{k_1 \Sigma Y_{s_1} + k_4 \Sigma Y_{s_4}}{\Sigma Y_{s_2}}$$

$$\zeta_3 = \frac{k_1 p_1 Y_{S_1} + k_4 p_4 Y_{S_4} + k_2 p_2 Y_{S_2}}{p_3 Y_{S_3}} = \frac{k_1 \Sigma Y_{S_1} + k_4 \Sigma Y_{S_4} + k_2 \Sigma Y_{S_2}}{\Sigma Y_{S_3}}$$

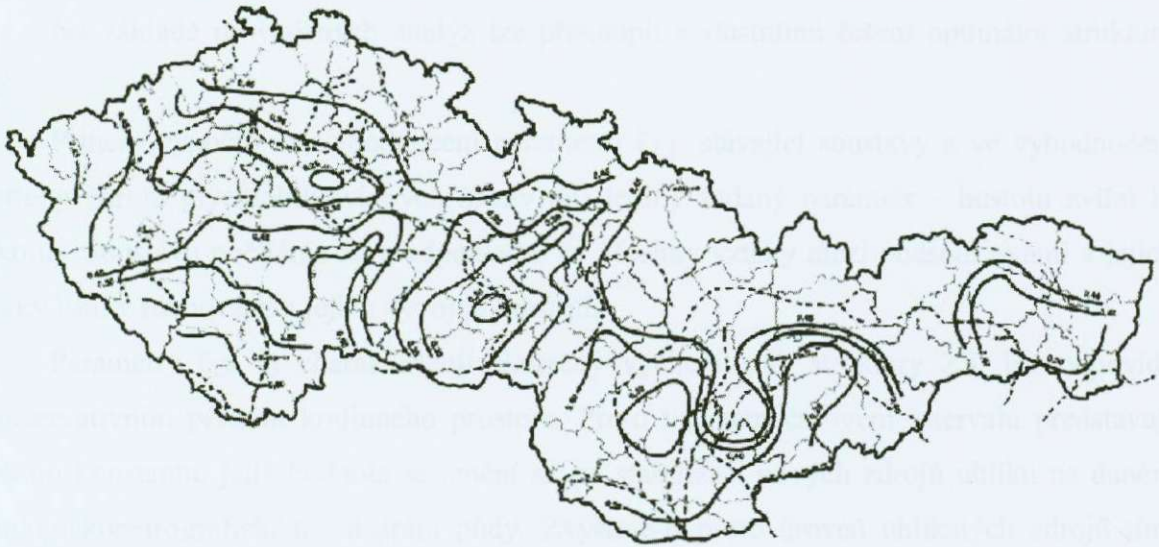
## 2.4.2 Zákony rozdělení parametrů $\zeta_2, \zeta_3$ na výrobním území

Vyhodnotíme-li parametry  $\zeta_{2,3}$  pomocí izočar na výrobním území a jestliže interpolujeme nalezené hodnoty, projeví se v rozdělení parametrů tyto zákonitosti:

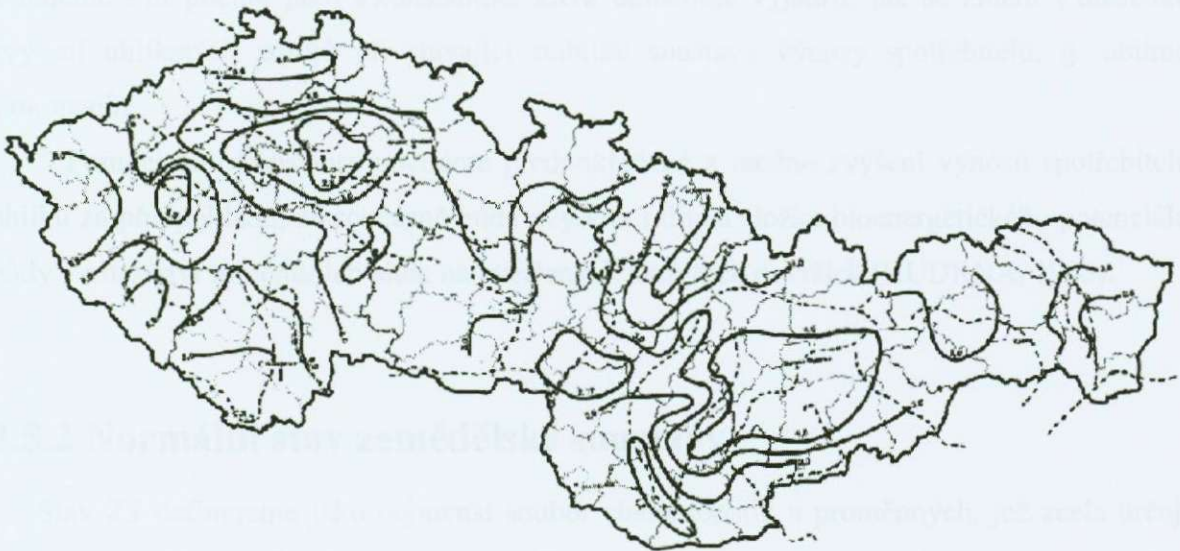
1. Rostoucí hodnoty parametrů  $\zeta_{2,3}$  naznačují, že se kvalita aktivních povrchů zhoršuje.
2. Oblasti s vyšší nadmořskou výškou a méně příznivým geologickopetrografickým substrátem vykazují vyšší hodnoty než oblasti nížinné s aluviálním či sprašovým substrátem. Proto v oblastech s vyšší nadmořskou výškou je nutno zvýšit množství aktivních povrchů organického původu.
3. Zvláštní úlohu v rozdělení izočar parametrů  $\zeta_{2,3}$  mají vodní toky z hlediska transportu sedimentů a jejich akumulace. Sedimenty obsahující zřejmě i značné množství jílových minerálů vytvářejí velké aktivní povrchy, a v důsledku toho i potřeba aktivních povrchů organického původu je menší. Sorpční kapacita těchto půd je podstatně ovlivněna minerální složkou půdy.
4. V oblastech, kde dochází k nejnižším hodnotám  $\zeta_{2,3}$ , vytváří se nejdříve ve směru toku řeky izočára  $\zeta_2$  a za ní teprve izočára  $\zeta_3$ . Tento jev přesně odpovídá i vývoji sedimentace v inundačních oblastech řek. Při vyšší rychlosti proudu vyběžených vod nejdříve sedimentují hrubší sedimenty a postupně pak se zpomalující rychlostí sedimenty jemnější. První odpovídají optimálním podmínkám obilnin, druhé optimálním podmínkám cukrovky.
5. Všechny izočáry parametrů  $\zeta_{2,3}$  směřují kolmo na směry vodních toků a jejich hodnoty stoupají s nadmořskou výškou proti směru vodního toku.

Proto parametry  $\zeta_{2,3}$  jsou veličinami, jež umožňují charakterizovat vzájemný zákonitý vztah struktury zemědělské soustavy ke konzervativním prvkům krajinného prostoru. Označíme-li konzervativní prvky – geologickopetrografický substrát ( $G_{ps}$ ) s nadmořskou výškou ( $N_h$ ), pak uvedený proces představuje analýzu soustavy  $\zeta_{2,3} \leftrightarrow (G_{ps}, N_h)$  (KUDRNA, 1985).

Obrázek 3: Mapa izočar  $\zeta_2$  parametrů na území ČSSR (KUDRNA, 1985)



Obrázek 4: Mapa izočar  $\zeta_3$  parametrů na území ČSSR (KUDRNA, 1985)



## 2.5 Analýza vnitřních vztahů v zemědělské soustavě

Vnitřní vazby v ZS determinují způsob její činnosti a její stabilní stav. Proto je nutno najít takové měřitelné příznaky, jimiž by bylo možné vyjádřit vztahy charakterizující způsob činnosti a stavy jednotlivých podsoustav, a to:

1. zpětnou kompenzační vazbu  $\varepsilon_{rs} \leftrightarrow \varepsilon_p$
2. vazbu  $\varepsilon_{rs} \rightarrow \Sigma_z$
3. cyklickou kompenzační vazbu  $\varepsilon_{rs} \rightarrow \Sigma_z \rightarrow \varepsilon_p \rightarrow \varepsilon_{rs}$

## 2.5.1 Stanovení optimální struktury zemědělské soustavy

Na základě provedených analýz lze přistoupit k vlastnímu řešení optimální struktury ZS.

Princip výpočtu ve vyhodnocení parametrů  $\xi_{2,3}$  stávající soustavy a ve vyhodnocení potřeby zdrojů glycidobílkovinných krmiv pro jediný zadaný parametr – hustotu zvířat  $h_z$  (skotu). Soustavu počítáme za předpokladu, že všechny vztahy mezi podsoustavami a jejich prvky jsou v rovnováze a jejich vývoj je lineární.

Parametry  $\xi_2$  a  $\xi_3$  charakterizují skutečný výchozí stav struktury ZS, jež odpovídá konzervativním prvkům krajinného prostoru. Proto v daném časovém intervalu představují určitou konstantu, jejíž hodnota se změní až po stabilizaci nových zdrojů uhlíku na daném geologickopetrografickém substrátu půdy. Zvýšíme-li proto úroveň uhlíkatých zdrojů tím, že zvýšíme hustotu skotu, pak hustota skotu parametry okamžitě nezmění, zůstane stejná a budeme s ní počítat jako s konstantou, která umožňuje vyjádřit, jak se změní v důsledku zvýšení uhlíkatých zdrojů při stávající stabilitě soustavy výnosy spotřebitelů, tj. obilnin a okopanin.

Pomocí této konstanty počítáme předpokládané a možné zvýšení výnosů spotřebitelů uhlíku za předpokladu, že současně bude zvýšena i druhá složka bioenergetického potenciálu půdy – množství minerálních látek na zvětšených aktivních površích (KUDRNA, 1985).

## 2.5.2 Normální stav zemědělské soustavy

Stav ZS definujeme jako nejmenší soubor charakteristik a proměnných, jež zcela určují její činnost v čase. Za normální stav ZS pak označujeme takový, kdy všechny reakce na podněty jednotlivých podsoustav a prvků se pohybují v rozmezích, jež zabezpečují její lineární vývoj.

Normálního stavu používáme jako srovnávací veličiny pro stanovení odchylek jež vznikají ve výrobě zemědělských produktů. Reakce na stejný podnět jsou různé.

Koeficienty účinnosti jednotlivých polních plodin ve vztahu k bioenergetickému potenciálu půdy:

1.  $Y_{S_0} * 0,386$
2.  $Y_{S_1} * 0,386$  (nadzemní hmota)
3.  $Y_{S_{1k}} * 0,360$  (podzemní hmota)
4.  $Y_{S_2} * 0,065$  (zrno)

5.  $Y_{s2sl} * 0,386$  (sláma obilnin)

6.  $Y_{s4a} * 0,386$  (píce z luk)

Součin suché hmoty těchto plodin (zdrojů uhlíku) a příslušného koeficientu poskytuje představu o množství aktivních uhlíkatých povrchů v půdě, kterou označíme  $\Sigma C$  a budeme ji považovat za další charakteristiku bioenergetického potenciálu půdy.

$\Sigma C$  charakterizuje předpoklad mezního výnosu obilnin, jehož lze za dané struktury dosáhnout. Pro dosažení této hodnoty musí být proto uhlík na danou plochu zkoncentrován.

### 2.5.3 Metoda uhlíkové bilance v zemědělské soustavě

Dekompozicí ZS na velkých výrobních územích se prokázalo, že v každé soustavě platí určitá posloupnost závislostí, která musí být při výpočtu optimální struktury ZS uvážena. Tato posloupnost charakterizuje základní vnitřní strukturu ZS a může ji vyjádřit takto: Akumulace uhlíku v rizosféře víceletými píceňinami implikuje akumulaci zrna obilnin a akumulace uhlíku obilninami (zrna i slámy) implikuje akumulaci suché hmoty spotřebitelů uhlíku – cukrovky a brambor.

Z uvedeného je patrné, že další přívod uhlíkaté hmoty do soustavy (např. zvýšení přívodu uhlíku z organických hnojiv, z pícnin drnového fondu a odpovídajícím zvýšením stavů skotu) vede ke stabilizaci soustavy.

Na tomto principu byla odvozena metoda uhlíkové bilance v ZS, jež umožňuje vyhodnotit stupeň rovnováhy ZS, vypočítat její optimální strukturu při změně zastoupení spotřebitelů uhlíku a determinovat i stav jejího maximálního zatížení. Metoda uhlíkové bilance umožňuje soustavně vyhodnocovat všechny odchylky od normálního stavu soustavy.

Princip metody spočívá v poznání, že objem aktivního uhlíku vypočítaný pomocí koeficientů je roven objemu suché hmoty bulev cukrovky nebo hlíz brambor a objemu suché hmoty víceletých pícnin na orné půdě.

$Y_{2z}$  obilnin je přibližně roven  $\Sigma C - \Sigma C_0$ , čili jednoleté pícniny se svým uhlíkem na objemu zrna (celkové sklizni) nepodílejí kromě kukuřice na siláž ( $\Sigma Y_{se}$ ). Na objemu sklizně brambor se nepodílí uhlík zrna obilovin a víceletých pícnin (nadzemní i podzemní hmoty).

Metoda uhlíkové bilance poskytuje možnosti nejen předpokladu výroby, nýbrž i jejího prognózování a stanovení všech odchylek od normálního stavu soustavy. V souvislosti s tím však musíme uvážit ještě korekci na vlivy způsobené negativními zpětnými vazbami v ZS,

na vlivy způsobené porušením struktury soustavy, které již překročily stav maximálního zatížení, na vlivy vzniklé porušením cyklických a zpětných kompenzačních vazeb apod. Proto vyhodnocujeme ještě koeficienty, které charakterizují skutečnost činnosti ZS. Odvozujeme je ze součtových čar akumulace uhlíku a příslušného výnosu v časovém intervalu 5 – 7 let jako poměr derivací těchto čar. Protože derivace představují rychlost přírůstku uhlíku v suché hmotě plodiny, dostáváme z jejich poměru změnu rychlosti přírůstku obou veličin v daném časovém intervalu a tím i skutečnou účinnost soustavy (KUDRNA, 1979).

Bilance organické hmoty v ornících je ovlivněna řadou faktorů, z nichž nejvýznamnější je intenzita mineralizace a poměr uhlíku k dusíku. Při vysokých dávkách organické hmoty s širokým poměrem C : N se netvoří tolik humusu jako ve vyváženém osevním sledu. Neplatí pravidlo, že čím více organických látek dodám, tím větší obsah humusu v půdě bude (POKORNÝ, 1997).

## 2.6 Obnovitelné zdroje energie

Podle MOUDRÉHO, STRAŠILA (1998) obnovitelné zdroje energie jsou přírodní zdroje, které se neustále obnovují. Hlavním zdrojem přímé i nepřímé obnovitelné energie je slunce. Mezi obnovitelné zdroje patří přímá energie slunečního záření, energie vodních toků, energie větru, energie vnějšího prostředí, energie biomasy. Specifikem zemědělství je zpracování exkrementů hospodářských zvířat na bioplyn, spalování dřeva a slámy pro energetické účely a zpětné využití biologického tepla z odvětraného stájového vzduchu. Tyto činnosti je možno posuzovat jako obnovitelné i jako druhotné zdroje energie.

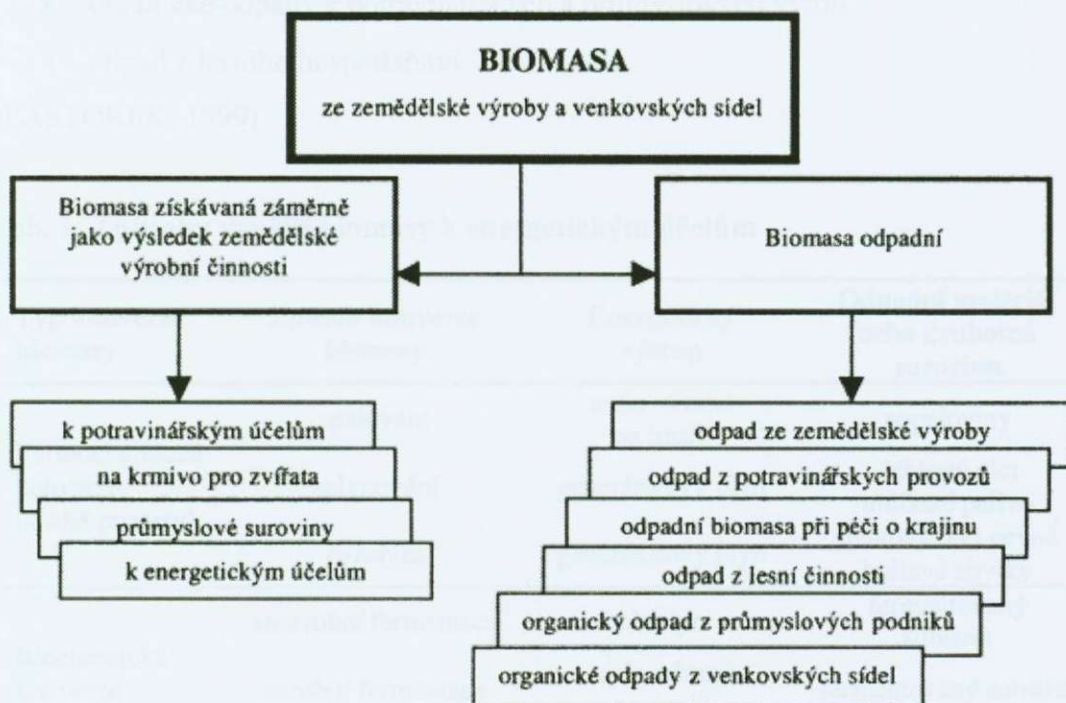
### Výhody energie z obnovitelných zdrojů

- obnovitelný charakter
- místní zdroje energie
- řízená produkce
- péče o krajinu
- využití odpadů
- náhrada některé ekologicky nevhodné energie
- energetická soběstačnost venkova
- zaměstnanost v regionu
- omezení monopolního postavení výrobců energie

Za biomasu v užším pojetí je považována organická hmota rostlinného původu získaná na bázi fotosyntetické konverze solární energie (fytomasy). Pro naše účely se jeví vhodnější definice biomasy jako substance biologického původu, která zahrnuje rostlinnou biomasu

pěstovanou na půdě, hydroponicky nebo ve vodě, živočišnou biomasu, vedlejší organické produkty a organické odpady.

Obrázek 5: Rozdělení druhů biomasy



(PASTOREK, 2001)

### 1. Biomasa záměrně produkována k energetickým účelům

Energetické plodiny lignocelulózoové:

- energetické dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty atd.)
- obiloviny (celé rostliny)
- travní porosty (např. sloní tráva, chřastice, trvalé travní porosty)
- ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka)

Olejnáté:

- řepka olejná, slunečnice, len, dýně na semeno

Škrobnato-cukernaté:

- brambory, cukrová řepa, obilí (zrno), topinambur, cukrová třtina, kukuřice



## 2. Biomasa odpadní

- rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny
- odpady z živočišné výroby
- komunální organické odpady z venkovských sídel
- organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob
- odpad z lesního hospodářství

(PASTOREK, 1999)

Tab. 1: Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

Typ konverze biomasy	Způsob konverze biomasy	Energetický výstup	Odpadní materiál nebo druhotná surovina
Termochemická konverze (suché procesy)	spalování	teplo vázané na nosič	popeloviny
	zplynování	generátorový plyn	dehtový olej uhlíkaté palivo
	pyrolýza	generátorový plyn	dehtový olej pevné hořlavé zbytky
Biochemická konverze (mokré procesy)	anaerobní fermentace	bioplyn	fermentovaný substrát
	aerobní fermentace	teplo vázané na nosič	fermentovaný substrát
	alkoholová fermentace	etanol metanol	vykvašený substrát
Fyzikálně-chemická konverze	esterifikace bioolejů	metylester biooleje	glycerin

(PASTOREK, 1999)

## Biogenní paliva

Biomasa, ze které je získáván bioplyn, představuje mezi všemi obnovitelnými zdroji energie vlastně akumulovanou část sluneční energie. Energetický potenciál biomasy je téměř desetinásobek ročního objemu světové produkce ropy a plynu dohromady. Přestože biomasa nemůže nahradit zcela klasické zdroje (fosilní), odhaduje se, že může být v ČR pokryto 15 až 20 % spotřeby všech paliv a energií. Biomasa a z ní vyrobený bioplyn, představuje pro zemědělství v budoucnu velkou perspektivou.

Česká republika se vstupem do EU zavázala uplatňovat na celém území ČR všechna legislativní pravidla platná v rámci EU. Jedním takovým závazkem je, že do roku 2010

by Česká republika měla vyrábět 8 % energie z obnovitelných zdrojů (malé a velké vodní elektrárny, větrné elektrárny, solární a geotermální energie, bioplynové stanice apod.)

Biomasa jako nejracionálnější zdroj energie (BABIČKA, 2006).

Spalováním biomasy se neprodukuje žádný CO<sub>2</sub>, neboť během spalování se uvolní jenom tolik plynu, kolik biomasa během růstu rostlin ze vzduchu spotřebovala. Biomasa je definována jako substance biologického původu, která je získávána buď záměrně (výsledek výrobní činnosti), nebo se jedná o využití odpadů výroby (zemědělské, lesnické, potravinářské apod.) (KAMEŠ, 2004).

Využití biopaliv z rostlinné biomasy k získání energie se dnes pokládá za důležitou cestu ke snížení skleníkového efektu produkcí antropogenního CO<sub>2</sub> ekv., vzniklého především v důsledku používání fosilních nosičů energie. Využití domácích nosičů energie má dále národohospodářské přednosti ve zvýšení jistoty energetického zásobování, zmírněním odlivu kupní síly a odlehčením devizové bilance. Protože oblast uplatnění biomasy daleko přesahuje tepelné zhodnocení (výroba elektrické energie, pohonných hmot a další surovinové využití), ukazují se další aktivity v této perspektivní oblasti účelným vkladem do budoucnosti.

### **2.6.1 Etanol**

Nepotravinářské (technické) využití zrna obilovin, zpracování v lihovarském průmyslu kvasnou technologií na etanol, přináší pro zemědělství nový směr RV především v marginálních oblastech. Pro tento nový směr využití byly vybrány ze stávajícího sortimentu ty odrůdy ozimé pšenice a tritikale, které jsou svými technologickými a nutričními parametry vhodné pro výrobu etanolu a pro které byla vypracována podrobná metodika pěstební technologie v marginálních oblastech České republiky, kde jsou velmi nepříznivé podmínky rozvoje zemědělské výroby. Významnou součástí řešení problému se stala také část zabývající se prefinalizační úpravou suroviny – způsoby odstranění obalových vrstev zrna, které jsou balastním materiálem při technologickém postupu výroby etanolu. Výsledky jsou přínosem nejen pro technologii kvasného procesu, ale také pro krmivářskou základnu, která je schopna tyto separované obalové vrstvy zrna spolu s destilačními výpalky, které vznikají v technologickém procesu výroby etanolu jako odpad, využít jako suroviny pro výrobu nutričně hodnotných krmiv. Dají se také využít v potravních doplňcích pro lidskou výživu.

Nejvhodnějšími obilninami pro možnou výrobu etanolu jsou ozimá pšenice a tritikale, respektive jejich určité odrůdy. Zrno tritikale a vybraných odrůd pšenice ozimé má vysoký obsah škrobu současně se sníženým obsahem bílkovin a nízkou hodnotou čísla poklesu.

Výroba etanolu z obilovin zahrnuje v prvním technologickém kroku enzymatickou konverzi škrobu obilného zrna na zkvasitelné cukry pomocí syntetického amylázového komplexu a dále klasickou kvasnou technologií výroby etanolu pomocí kvasinek rodu *Sacharomyces* s konečnou destilační fází. Z technologického postupu je zřejmé, že limitujícím faktorem určujícím vhodnost druhu obiloviny a následně genotypu je obsah škrobu v zrně. Druhý požadavkem je nízký obsah bílkovin v zrně. K výrobě etanolu je třeba, aby zrno mělo tyto parametry:

Bílkoviny	max. 11 %
Škrob v sušině zrna	min. 65 %

Způsob odstraňování obalových vrstev pšeničného zrna novou moderní metodou debranningu – Tkáčův proces. Při této metodě se kombinací loupání a broušení oddělí obalové vrstvy zrna pšenice a tritikale do tří frakcí, označených A, B a C.

Frakce první (A) obsahuje především balastní celulózu, druhá (B) a třetí (C) frakce obsahují nutričně velmi zajímavé látky aleuronové a subaleuronové vrstvy, které mohou být přidány do destilačních výpalků k zahuštění a zvýšení nutriční hodnoty výpalků jako vhodného krmiva. Poslední frakcí zůstává škrobový endosperm (ve formě oloupaného zrna), který je možné použít pro kvasnou výrobu etanolu, výtěžnost procesu dosahuje cca 85 – 86 %.

Získané výsledky přesvědčivě ukazují na vhodnost debranningu při prefinalizačním procesu obilovin určených pro výrobu etanolu. Výtěžnost oloupaného zrna je cca o 15 % vyšší než u klasického mlýnského procesu a získané frakce oddělují balastní celulóзовou obalovou vrstvu (frakce A) od nutričně významných aleuronových a subaleuronových vrstev (frakce B a C) (TICHÝ, 2001).

### 2.6.1.1 Etanol jako palivo

Podle KÁRY (2001) první cestou se prakticky jako jediná vydala Brazílie. Ani zde se nepoužívá etanol jako jediná složka motorového paliva, v každém případě se jedná o pohon upravených zážehových motorů.

Používaná paliva (podmínkou je úprava motorů):

- Alkoholické (95 % vodného etanolu + 5 % autobenzinu),
- Směsné benzinové palivo (22 % bezvodného etanolu + 78 % autobenzinu),
- Směs „MEG“ (33 % metanolu, 60 % etanolu, 7 % autobenzinu).

Důvodem je především snaha snížit škodlivost emisí, zejména ve městech v určitém období hrozby smogového nebezpečí. Přídavkem oxigenátů (bioetanol, MTBE, ETBE) se sníží předem obsah oxidu uhelnatého (CO) a uhlovodíků (CH) v emisích. Vysoké oktanové číslo oxigenátů umožní omezit zároveň obsah škodlivých aromátů a sloučenin olova v autobenzínech. To vše ve svém souhrnu snižuje nebezpečí tvorby smogu. (KÁRA, 1997).

### **Bioetanol (obecně kvasný líh)**

- má výrazně menší výhřevnost ( $\text{kJ}\cdot\text{l}^{-1}$ ) proti autobenzinu (o 29 %), jeho nižší výhřevnost má negativní vliv na spotřebu paliva, která je vyšší
- přináší riziko obsahu vody
- má vyšší oktanové číslo než klasický autobenzin
- zvyšuje hořlavost paliva v míře odpovídající jeho obsahu v palivu

Bioetanol má proti motorové naftě o 34 % horší výhřevnost a tím i vyšší spotřebu v motorech, proto vychází lépe metylester řepkového oleje (bionafta) jako alternativní palivo do vznětových motorů.

### **Použití etanolu pro benzinové motory**

Největší výhodou lihových paliv – tedy i etanolu – proti palivům uhlovodíkovým je to, že jejich zdroje jsou prakticky rozloženy rovnoměrně po celé polokouli, zatímco více než 50 % zásob ropy je v oblasti Středního východu. Navíc jsou tyto zdroje zcela obnovitelné.

Jak kapalná paliva uvedeného typu se používají paliva lihová, tj. metanol a etanol a metylestery olejnatých plodin, v našich podmínkách metylester řepkového oleje. Po zkušenostech s těmito palivy a s ohledem na jejich fyzikální, chemické a termodynamické vlastnosti se tato paliva zpravidla používají jen ve směsích s palivy klasickými, kde tvoří obvykle menší díl ve směšovacím poměru (KŘEPELKA, 1997).

V současné době je tato podpora schválena pro období od 1. července do 31. prosince 2005. S podporou výroby i v dalším období (tj. v roce 2006) výše uvedené nařízení vlády nepočítá, avšak výrobci MEŘO mají o prodloužení této podpory zájem i v budoucnosti.

### **Vývoj v roce 2005**

Tento rok Státní zemědělský intervenční fond přijal čtrnáct žádostí o dotaci. Žadatelé měli zájem o podporu na 79 tisíc tun MEŘO. Dotovaná množství jim byla krácena o třetinu, neboť stát v tomto zpracovatelském období podpoří pouze 50 tisíc tun MEŘO (KVÍDOVÁ, 2005).

V červenci 2004 Česko poslalo do Bruselu zprávu, ve které se zavazuje plnit poměrně vysoká procenta uvádění biopaliv na trh. Evropská unie se s velkou pravděpodobností bude snažit udělat z nepovinných závazků povinný cíl. Program výroby směsné bionafty v ČR pořádně nefunguje, bionafta není na stojanech čerpacích stanic dostupná zhruba od poloviny roku 2004. Bez razantního rozhodnutí vlády se situace nezmění, protože bez státní podpory biopaliva fungovat nemůžou a nebudou. Dokud vlády okolních zemí EU budou své investory podporovat výrazněji než česká vláda, investoval by do výstavby výrobní jednotky za více než jednu miliardu snad jen kaskadér (ANONYM, 2005).

### **2.6.2 Bionafta**

Metylester řepkového oleje (MEŘO) se vyrábí rafinačním procesem zvaným esterifikace, při kterém se mísí metanol s hydroxidem sodným a dále s olejem vylisovaným ze semene řepky olejné (POKORNÝ, 1998).

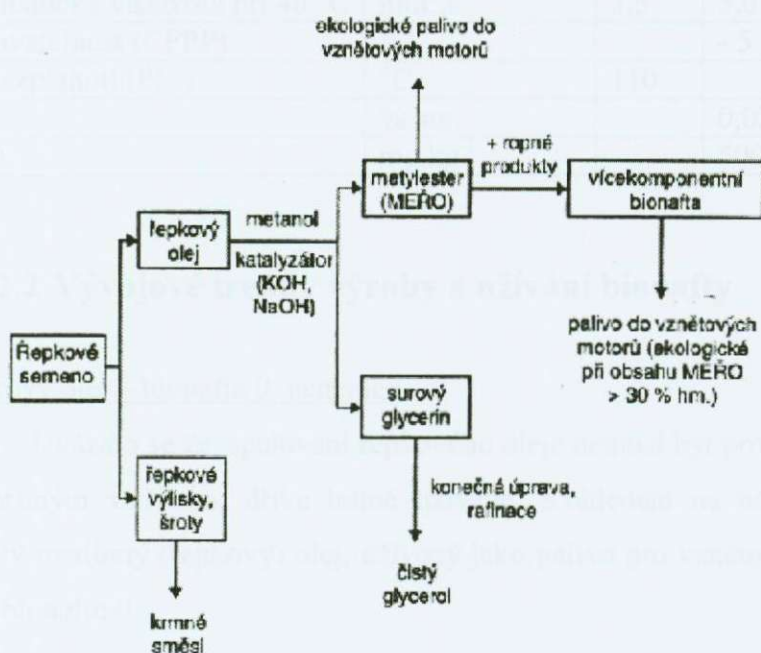
MEŘO – čirá nažloutlá tekutina bez mechanických nečistot a viditelné vody je neomezeně mísitelná s motorovou naftou. Je netoxická, neobsahuje těžké kovy ani žádné látky škodlivé zdraví, je agresivní vůči běžným nátěrům a pryžím (KÁRA, 2001).

#### **Složení MEŘO:**

- asi 98 % metylesterů mastných kyselin řepkového oleje
- do 1 % směsi mono-, di- a triglyceridů
- do 0,3 % volných mastných kyselin
- do 0,3 % metanolu
- do 0,02 % volného glycerolu

- zbytek tvoří nezmýdelnitelné látky (KÁRA, 2001)

Obrázek 6: Základní technologické schéma výroby MEŘO (POKORNÝ, 1998)



### 2.6.2.1 Výroba MEŘO

Chemickým procesem (tzv. reesterifikací) se z řepkového oleje vyrobí MEŘO a vedlejším produktem je surový glycerin. V podstatě jde o chemickou reakci s metanolem (za přítomnosti alkalických hydroxidů jako katalyzátorů), která probíhá buď za běžné, nebo i zvýšené teploty (v závislosti na zvolené technologii). Získaný MEŘO se izoluje od vedlejšího produktu – surového glycerinu – a čistí.

Velké výroby MEŘO jsou schopny izolovat i mastné kyseliny jako další vedlejší produkt (pro výrobu technických přípravků v tukovém průmyslu).

MEŘO se v ČR využívá jako nezastupitelná složka ekologického směsného motorového paliva (obsah přes 30 % hm. MEŘO) (POKORNÝ, 1998).

Tab. 2: **Technické požadavky na MEŘO podle ČSN 65 6507 (změna 1997)**

Vlastnosti	Měrné jednotky	Mezní hodnoty		Zkouší se podle
		min.	max.	
Hustota při 15 °C	kg.m <sup>-3</sup>	870	890	ČSN EN ISO 3675
Kinematická viskozita při 40 °C	mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>	3,5	5,0	ČSN EN ISO 3104
Filtrovatelnost (CFPP)	°C		- 5	ČSN 65 6166
Bod vzplanutí (PM)	°C	110		ČSN EN 22719
Síra	% hm.		0,02	ČSN EN ISO 8754
Voda	mg.kg <sup>-1</sup>		500	ČSN 65 0330

### 2.6.2.2 Vývojové trendy výroby a užívání bionafty

#### Řepkový olej – bionafta 0. generace

Ukázalo se že, spalování řepkového oleje nemusí být problémem pro vznětové motory s nepřímým vstřikem, dříve hojně užívané. S ohledem na následující vývoj bionafty lze surový rostlinný (řepkový) olej, užívaný jako palivo pro vznětové motory, dodatečně označit jako bionaftu 0.

#### Methylester řepkového oleje – bionafta 1. generace

Značným pokrokem bylo zahájení pokusů a později i výroby methylesterů řepkového oleje, u nás často označovaných zkratkou MEŘO. Tento produkt již dosahuje alespoň u hustoty a viskozity hodnot poměrně blízkých motorové naftě. MEŘO je znatelněji „těžší“, to znamená, že destiluje později, až při poněkud vyšších teplotách než motorová nafta. To se nutně musí projevit po vstříknutí paliva do válce, kdy se jeho kapičky odpařují hůře než u motorové nafty a tudíž lze očekávat o něco horší spalování.

Řepkový olej obsahuje zejména 3 mastné kyseliny: oleovou, linolovou a linoleovou, kterých se především týká proces esterifikace.

Vlastnosti MEŘO jako motorového paliva byly zakotveny v ČSN 65 6507 (1994).

Stručně je to ekologické palivo pro vznětové motory, jehož biologická odbouratelnost je snadná v případě úniku paliva z vozidla např. do půdy. Z tohoto hlediska běžná motorová nafta není schopna konkurence. Tak se z MEŘO stal rázem ekologický hit.

#### Směsná bionafta – bionafta 2. generace

Ke vzniku tzv. směsné bionafty u nás vedly dva hlavní důvody: palivářské a ekonomické. Vlastnosti směsné bionafty jsou nyní u nás zakotveny v normě ČSN 65 6508 (1998), podle které má obsahovat minimálně 30 % MEŘO, ale nejvýše 36 % MEŘO. Přitom

se požaduje i značná biologická rozložitelnost tohoto směsného paliva, min. 90 % za 21 dní dle mezinárodního testu CEC, aby mohlo být přiznáno daňové zvýhodnění směsné bionafty, což je základní otázka její ekonomiky (BOUČEK, 2000).

Pro zážehové motory může být použit etanol přímo, nebo po přepracování jako etylterc-butyl-éter. Obě suroviny fungují jako antidetonační činidlo (zvyšují oktanové číslo benzínu) a oxidační činidlo (obsahují kyslík, který zlepšuje spalování, což vede ke snížení obsahu některých škodlivých látek ve výfukových plynech).

### **Výhody a nevýhody záměny metanolu bioetanolem ve výrobě esterů řepkového oleje**

Výhody:

- bioetanol je vyráběn ze zemědělských produktů (cukrovka, obilí), je obnovitelným zdrojem na rozdíl od metanolu vyráběného ze zemního plynu (fosilní energetický zdroj);
- záměna sníží tvorbu klimatických plynů (skleníkový efekt);
- bioetanol není toxický (kategorie jed);
- EEŘO má některé poněkud příznivější vlastnosti než MEŘO (cetanový index, bod tuhnutí, filtrovatelnost, výhřevnost, nižší tenze par, nižší teplota spalování); jde o předpoklady, které je třeba v širším měřítku;
- úspora dovozu metanolu (v ČR se nevyrábí) (KÁRA, POKORNÝ, 2000).

Snížování emisí škodlivin je především potřebné všude tam, kde traktory, automobily a samojízdné zemědělské stroje pracují v uzavřených prostorách, jako jsou průjezdné stáje, skleníky, sklady, haly pro výrobu krmiv atd. (KŘEPELKA, 1997).

Nevýhody:

- Vyšší cena bioetanolu (není jasné, zda dotovaná cena pro ETBE postačí pro konkurenceschopnost EEŘO vůči MEŘO);
- Nižší reaktivnost bioetanolu než metanolu v průběhu reesterifikace (lze řešit úpravou technologického režimu);
- Vyšší spotřeba bioetanolu pro výrobu jednotkového množství esteru (předpoklad, vyřešení cenou na úrovni dotovaného bioetanolu pro výrobu ETBE);
- Některé technické vlastnosti mohou být u EEŘO o něco horší než u MEŘO (obsah vody, skladovatelnost, biologická rozložitelnost, oxidační stabilita); jde o předpoklady, které je třeba ověřit (KÁRA, POKORNÝ, 2000). Podle KÁRY (2001) je nevýhodou vyšší produkce uhlovodíků ve výfukových plynech a nutnosti zajistit



vyšší požární bezpečnost vozidla vzhledem k větší zápalnosti v případě unikajícího paliva netěsností nebo při havárii.

Tento rok stát podpoří pouze výrobu metylesteru z řepkového oleje, a to na rozdíl od let předchozích, kdy řepku olejnou stát vykupoval, zajišťoval její skladování a opět prodával výrobcům MEŘO (KVÍDOVÁ, 2005).

## 2.6.3 Bioplyn

Bioplyn je produktem procesu metanizace – anaerobního rozkladu organických látek, anaerobní stabilizace kalů a anaerobního čištění odpadních vod. Vzhledem k vysokému obsahu methanu je cennou energetickou surovinou (DOHÁNYOS, 2001).

### 2.6.3.1 Složení a vlastnosti bioplynu

Bioplyn obsahuje 55 – 70 % methanu, 27 – 47 % CO<sub>2</sub>, 1 % H<sub>2</sub>, 3 % H<sub>2</sub>S (objem) a N<sub>2</sub>. Zápalná teplota je stejná jako u zemního plynu 650 až 750 °C, hustota 0,72 kg·m<sup>-3</sup>.

Bioplyn je plně hodnotný jako zemní plyn, proto jsou vozidla v Německu, Švýcarsku i jinde označována jako zemní/bio plynová vozidla. Ve Švýcarsku je bioplyn jako alternativní palivo nejvíce rozšířen a propaguje se tím, že 1 kg kuchyňských odpadků odpovídá jednomu km jízdy automobilem (KAMEŠ, 2004).

Při výstupu z metanizačního reaktoru obsahuje ještě určité množství vody (3 – 4 %) a může obsahovat stopová množství amoniaku, mastných kyselin aj. Složení bioplynu závisí na složení substrátu a na podmínkách procesu (DOHÁNYOS, 2001).

Vedle metanu a oxidu uhličitého obsahuje bioplyn dále v různém procentickém zastoupení oxid uhelnatý, vodík, dusík, kyslík, sirovodík a čpavek.

Se vzduchem tvoří metan výbušnou směs již při 5 – 6 % objemu.

PASTOREK (1995) uvádí následující vlastnosti bioplynu:

Tab. 3: Vlastnosti bioplynu

Charakteristika	Metan (CH <sub>4</sub> )	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Bioplyn (60% CH <sub>4</sub> 40 % CO <sub>2</sub> )
Objemový díl (%)	55 – 70	27 – 47	1	3	100
Výhřevnost (MJ.m <sup>-3</sup> )	35,8	-	10,8	22,8	21,5
Hranice zápalnosti (obj. %)	5 - 15	-	4 - 80	4 - 45	6 - 12
Zápalná teplota (°C)	650 – 750	-	585	-	650 - 750
Měrná hmotnost (kg.m <sup>-3</sup> )	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2

### 2.6.3.2 Materiály vhodné pro výrobu bioplynu

Největší množství organických materiálů lze získat ve formě vodních suspenzí jako městské kaly, experimenty hospodářských zvířat, také městské odpady, odpady potravinářského průmyslu a z části i odpady z dřevozpracujícího průmyslu. Největším produktem organických látek u nás jsou hospodářská zvířata.

Výroba bioplynu:

Z prasečí kejdy 0,4 – 0,7 m<sup>3</sup> plynu / kg sušiny (69 % metanu)

Z dobytčího hnoje 0,19 – 0,25 m<sup>3</sup> / kg suš. (55 – 65 % CH<sub>4</sub>) 5 % suš.

6,5 % suš. 0,35 m<sup>3</sup> / kg (69 % CH<sub>4</sub>)

12,5 % suš. 0,30 m<sup>3</sup> / kg (69 % CH<sub>4</sub>).

Pro klasický způsob zpracování anaerobní fermentací je tato velikost přibližně 4 000 až 5 000 ks prasat, 500 DJ skotu a 60 000 nosnic u bezstelivových nebo jen slabě přistýlaných provozů (ŠOCH, 1996).

### 2.6.3.3 Anaerobní fermentace

Jedná se o velmi složitý biochemický proces, který se skládá z mnoha dílčích, na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biochemických procesů. Metanogeneze je pouze konečná fáze biochemické konverze biomasy v anaerobních podmínkách na bioplyn a zbytkový fermentovaný materiál.

**1. fáze – HYDROLÝZA**- začíná v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro její nastartování je mimo jiné dostatečný obsah vlhkosti – nad 50 % hmotnostního podílu-

hydrolytické mikroorganismy ještě striktně nevyžadují bezkyslíkaté prostředí. Enzymatický rozklad mění polymery (polysacharidy, proteiny, lipidy atd.) na jednodušší organické látky (monomery).

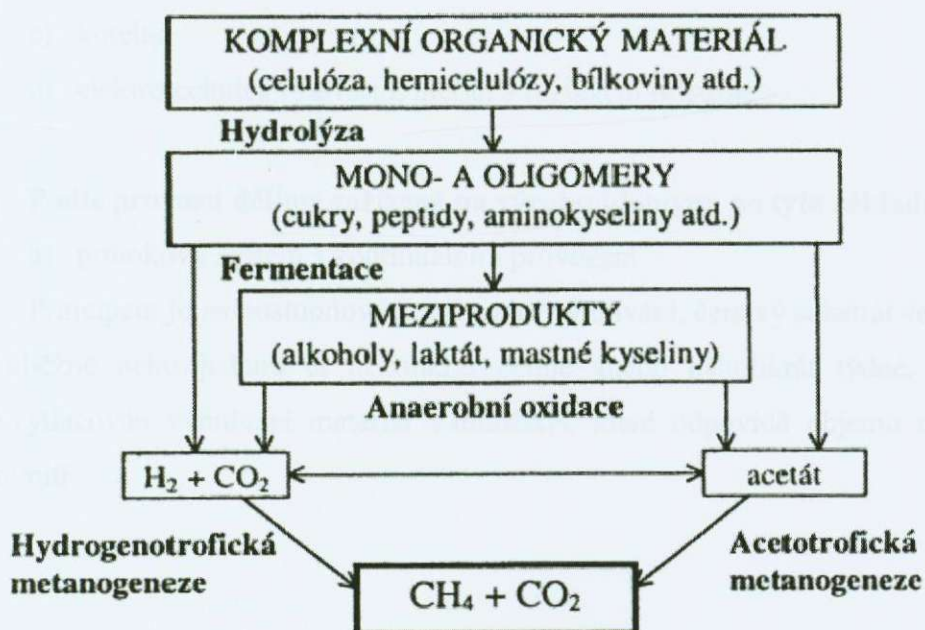
**2. fáze – ACIDOGENEZE** – zpracovávaný materiál může obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku, v této fázi však dojde definitivně k vytvoření anaerobního (bezkyslíkatého) prostředí. Zajistí to četné kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou prostředích.

Vznik  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  a  $\text{CH}_3\text{COOH}$  umožňuje metanogenním bakteriím tvorbu metanu. Kromě toho vznikají jednodušší organické látky (vyšší organické kyseliny, alkoholy).

**3. fáze – ACETOGENEZE** – je někdy označována jako mezifáze. Acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), vodík ( $\text{H}_2$ ) a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ).

**4. fáze – METANOGENEZE** – metanogenní acetotrofní bakterie rozkládající především kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) na metan  $\text{CH}_4$  a oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ , hydrogenotrofní bakterie produkují metan z vodíku a oxidu uhličitého. Určité kmeny metanogenních bakterií se chovají jako obojetné (PASTOREK et al., 2004).

Obrázek 7: Průběh čtyřfázové anaerobní fermentace (NORDBERG, 1996)



## Faktory prostředí

Podle Šocha (1996) je hodnota pH homogenizovaného tekutého hnoje od skotu se pohybuje v rozmezí 7,2 – 8,8. Nižší hodnota než 6,2 znamená akutní toxické problémy pro mikroorganismy. Vyšší hodnota pH než 8,0 může také zabrzdit činnost bakterií, zejména je-li pH zvýšená v důsledku vysokého obsahu amoniaku.

Těkavé mastné kyseliny vznikají v nemetanogenní fázi fermentace exkrementů. Stanovení těkavých kyselin je podle zahraničních pramenů ještě důležitější než sledování pH, protože vyjadřuje aktuální situaci uvnitř fermentoru.

Metanogenní bakterie jsou velmi ovlivňovány teplotou. Ideální teplota je okolo 35 °C, když je teplota někdy nižší, dochází k výraznému snížení tvorby plynu. Při 10 °C se proces víceméně zastavuje. Teplota ve fermentoru by měla být udržována tak, aby v průběhu dne nebyly výkyvy větší než o 1 °C.

Obvyklé poměry C : N v hnoji od skotu jsou okolo 10 : 1. Z výzkumu ale vyplývá, že když se zvýší poměr C : N na 25 – 30 : 1, dosáhne se lepšího výtěžku plynu i stupně vyhnití. Je však důležité, aby se většina dusíku nevyskytovala ve formě amonia nebo amoniaku.

## Provozně technologické zařízení pro anaerobní fermentaci

Základní technologická část anaerobního zpracování kejdy se dělí:

- a) kalové hospodářství - jímky s míchacím a drticím zařízením
  - čerpadla
  - izolovaná vyhnívací nádrž s ohřívacím a míchacím zařízením
- b) plynové hospodářství – plynojem
- c) kotelna
- d) elektrotechnická zařízení, měřicí a regulační přístroje

### Podle provozu dělíme zařízení na výrobu bioplynu na tyto základní systémy:

- a) průtokový systém s kontinuálním provozem

Principem je jednostupňové kontinuální vyhnívání, čerstvý substrát se přivádí do reaktoru průběžně nebo jednou či několikrát denně anebo několikrát týdně. Okrajovou výпустí je vytlačován vyhnívací materiál v množství, které odpovídá objemu materiálu čerpaného dovnitř

b) vkladkové vyhnívání – diskontinuální

Vyhnívací komora se naplní čerstvým materiálem, který pak v ní zůstává po celou vypočtenou dobu zdržení. Vyprazdňování komory se neprovádí úplně, nýbrž cca 20 % obsahu se ponechá jako očkovací materiál.

c) systém vyhnívacího kanálu – „plug – flow“

Jednoduchý způsob vyhnívání s kontinuálním provozem. Zařízení je tvořeno žlabem o průřezu písmene „V“, tepelně z izolovaným a překrytí plastovou fólií, zapuštěným do země a překrytým nafukovací plastovou fólií (plynojemem).

d) akumulční systém

Vystačí s jednou nádrží, která přejímá i úlohu vyhnívací nádrže a skladuje vyhníly kal až do jeho rozvozu na pole. Nádrž se nikdy úplně nevyprazdňuje a zbytek kalu slouží k očkování další náplně.

e) zvláštní a nové systémy

V Číně se staví jednoduchý typ vyhnívací komory z cihel, obvykle umístěné pod zemí. Veškerá manipulace probíhá manuálně. Míchání se neprovádí a tak je nutné vyhnívací komoru jednou ročně vyprázdnit.

Flexibilní pružné vyhnívací nádrže tvoří husté plastové nebo gumové pouzdro ve tvaru bubliny, zapuštěné do kulové jámy nebo umístěné na povrchu a obklopené pevným válcovým obalem.

Nové prvky uplatňované v nové generaci bioplynových stanic:

- dokonalá izolace fermentoru
- prostorové oddělení fermentoru na acidogenní a metanogenní část
- dokonalý systém tepelných výměníků, popř. tepelných čerpadel
- mikrobiální aktivace matrice
- očkování vsádky metanogenními bakteriemi
- pojízdné zařízení na bioplyn

Požadavky kladené na vyhřívací nádrže:

- vodotěsnost a plynotěsnost
- trvanlivost
- stabilita konstrukce

#### **2.6.3.4 Technologické systémy vhodné pro anaerobní digesti fytomasy**

##### *Kofermentace fytomasy*

Podle VÁNI a SLEJŠKY (1998) tradiční bioplynové stanice jsou založeny na míchaných biofermentorech, které jsou plněny kontinuálně nebo diskontinuálně (většinou v denních intervalech) substrátem o sušině nižší než 10 %.

Biozplynování fytomasy na bioplynových stanicích tohoto typu se provádí kofermentací fytomasy s kejdou, přičemž sušina kejdy v substrátu činí vyšší podíl než sušina fytomasy. Kofermentace fytomasy s kejdou umožňuje stabilizovaný proces produkce bioplynu vlivem pufrční schopnosti kejdy v substrátu a omezuje disfunkce způsobené vyššími koncentracemi čpavku. Přídavek fytomasy optimalizuje poměr uhlíku a dusíku a kejda vnáší do substrátu potřebné živiny a mikroelementy nezbytné pro rozvoj mikroflóry.

Při kofermentaci fytomasy s čistírenskými kaly vzniká problém kontaminace substrátu zbylého po biozplynování těžkými kovy, čímž se omezuje jeho využití jako organického hnojiva na zemědělské půdy. Přídavek jednoho kg slámy do biofermentoru při anaerobní stabilizaci čistírenských kalů zvyšuje produkci bioplynu o 150 – 350 l.

Na současné úrovni technologických poznatků, cen energie a ekologické nezbytnosti substituce fosilních energetických zdrojů celá řada autorů doporučuje výrobu bioplynu z biomasy energetických rostlin a z rostlinných odpadů. Pro biozplynování je zvláště vhodná fytomasa při sklizňové vlhkosti nad 45 % a s poměrem C : N je vhodnější pro přímé spalování.

#### **2.6.3.5 Kategorizace rostlin s ohledem na jejich použitelnost pro výrobu bioplynu**

Bioplyn je možné získat z řas, chaluh, vodního hyacintu, zemědělských plodin, dřevin a z veškerého fytoodpadu. Anaerobní digestce je nejlepší způsob nakládání s odpady z ovoce

a zeleniny, a to nejen pro získávání metanu, ale i proto produkci stabilizované nepáchnoucí organické hmoty.

V evropských podmínkách je třeba zabezpečovat provoz bioplynových stanic především mimo vegetační období, kdy je spotřeba bioplynu k výrobě tepla nejvyšší. K tomuto účelu je třeba fytomasu konzervovat sušením, senážováním a silážováním.

Pro bioplynování jsou nejvhodnější pícniny. VÁŇA (1997) v modelovém vsádkovém biofermentoru získal při anaerobní digesci různé travní fytomasy 220 – 270 l metanu na 1 kg sušiny spalitelných látek. Výtěžek z kukuřice siláže 158 – 207 l metanu na 1 kg sušiny. Výtěžek metanu při anaerobní digesci travních senáží ve vsádkových modelových biofermentorech se u různých autorů při 14 – 53 denní fermentaci pohybují v rozmezí 204 – 410 l/kg sušiny.

I přesto, že dřevo bývá považováno za nevhodné pro produkci bioplynu, výzkumy prokazují, že některé druhy by mohly být (po předúpravě mletím) pro výrobu bioplynu použity (VÁŇA, 1998).

## 3 Metodika

### 3.1 Podklady pro analýzu a návrh vnitřní struktury ZS

Analýza vnitřní struktury zemědělské společnosti Měcholupská zemědělská, a. s. byla zpracována podle metodických postupů doporučených akademikem Kudrnou. Cílem bylo provést návrh vnitřní struktury soustavy zemědělské společnosti Měcholupská zemědělská, a. s., která by spolu s návrhem některých předběžných opatření na její optimalizaci tvořila jeden z podkladů pro stanovení optimální struktury ZS metodou C-bilance.

K výpočtům byl použit program „Soustavy“ od Ing. S. Vithy na počítači katedry obecné produkce rostlinné.

Vstupní údaje byly získány z ročních statistických výkazů Měcholupské zemědělské, a. s. za časovou řadu deseti let, tj. od roku 1995 – 2004.

Jsou to údaje:

- plochy sklizně a výnosy plodin
- stavy skotu [DJ]
- celková spotřeba minerálních hnojiv (v t čistých živin N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O)

Plochy sklizně a výnosy plodin:

- kukuřice na siláž
- ostatní jednoleté píce
- vojtěška
- jetel
- ostatní víceleté píce
- obiloviny
- hrách
- brambory rané
- brambory ostatní
- řepka
- zelenina
- louky
- pastviny



Stavy skotu:

Do počítačového programu se uvádějí jedním číslem za každý rok: skot celkem v dobytčích jednotkách [DJ] (stačí přesnost na 1 DJ). Výpočet se provádí z průměrného stavu jednotlivých kategorií skotu v určitém roce, vynásobením koeficientem přepočtu na DJ.

Průměrné stavy počítáme takto:

$$\frac{(\text{stav k 1. 1.}) + 2 * (\text{stav k 1. 7.}) + (\text{stav k 31. 12.})}{4}$$

4

nebo jednodušším, ale méně přesným způsobem:

$$\frac{(\text{stav k 1. 1.}) + (\text{stav k 31. 12.})}{2}$$

2

Tab. 4: Přepočet kategorií skotu na DJ:

Kategorie	Koeficient
Krávy	1,00
Telata	0,22
Skot chovný do 1 roku	0,47
Skot chovný od 1 – 2 let	0,79
Skot ve výkrmu	0,65
Vysokobřezí jalovice (od 6. měsíce březosti)	1,00

Spotřeba minerálních hnojiv:

Množství minerálních hnojiv ( $N + P_2O_5 + K_2O$ ) je uváděno celým číslem za každý rok v tunách, tj. NPK [t] celkem.

Pro biologické vědy lze použít klasifikace stupně závislosti dle koeficientu korelace, kterou udává následující tabulka.

Tab. 5: Stupeň statistické závislosti

Hodnota koeficientu korelace	Stupeň statistické závislosti
$0,3 > /r_{xy}/$	nízký
$0,3 \leq /r_{xy}/ < 0,5$	mírný
$0,5 \leq /r_{xy}/ < 0,7$	střední
$0,7 \leq /r_{xy}/ < 0,9$	vysoký
$0,9 \leq /r_{xy}/ < 1,0$	velmi vysoký
$/r_{xy}/ = 1,0$	matematická (funkční) závislost

(ČERMÁKOVÁ, STŘELEČEK, 1995)

### 3.2 Dekompozice struktury ZS metodou uhlíkové bilance

Při dekompozici struktury zemědělské soustavy se vyhodnotí suchá hmota všech plodin, které jsou zdroji uhlíku a přepočítá se na aktivní uhlík pomocí koeficientu.

Přepočítávací koeficienty:

**0,386** – suchá hmota všech plodin na aktivní uhlík

**0,785** – objem uhlíku po konverzi živin zvířaty

**0,450** – suchá hmota rhizomů, ze suché hmoty víceletých píceňin

**0,360** – aktivní uhlík ze sušiny rhizomů víceletých píceňin

**0,065** – aktivní uhlík zrna obilovin

**1,270** – koeficient pro převod zrna obilovin na slámu

**1,600** – koeficient přepočtu zrna hrachu na slámu hrachu

Tab. 6: Způsob vypočtení dekompozice ZS

Index	$Y_s$ * přepočítávací koeficienty	$\Sigma C_k$ [t]
$\Sigma Y_{s0}$	$\Sigma Y_{s0} * 0,386 * 0,785$	$\Sigma C_0$
$\Sigma Y_{s1}$	$\Sigma Y_{s1} * 0,386 * 0,785$	$\Sigma C_1$
$\Sigma Y_{s1ri}$	$\Sigma Y_{s1} * 0,450 * 0,360$	$\Sigma C_{1ri}$
$\Sigma Y_{s2z}$	$\Sigma Y_{s2z} * 0,065$	$\Sigma C_{2z}$
$\Sigma Y_{s2sl}$	$\Sigma Y_{s2z} * 1,270 * 0,386$	$\Sigma C_{2sl}$
$\Sigma Y_{s6z}$	$\Sigma Y_{s6z} * 0,065$	$\Sigma C_{6z}$

$\Sigma Y_{S_{6sl}}$	$\Sigma Y_{S_{6z}} * 1,6 * 0,386$	$\Sigma C_{6sl}$
$\Sigma Y_{S_{4a}}$	$\Sigma Y_{S_{4a}} * 0,386 * 0,785$	$\Sigma C_{4a}$

### 3.3 Výpočet normální struktury ZS

Při výpočtech normální struktury ZS podniku Měcholupská zemědělská, a. s. vycházíme z průměrných výnosů a ploch orné půdy za časovou řadu 1995 – 2004.

Potřeba zdrojů uhlíku ( $\Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}}$ ) se vypočte vynásobením průměrné sklizně zrna obilovin ( $\Sigma Y_{2z}$ ) Planckovou konstantou ( $C_2^P$ ).

$$C_2^P = 1,4388$$

$$\Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}} = \Sigma Y_{2z} * C_2^P \text{ [t]}$$

Podíl jednoletých (silážních) plodin ( $\Sigma Y_{S_0}$ ) z celkového objemu zdrojů uhlíku ( $\Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}}$ ) by měl činit podíl 0,215. Plochu ( $P_0$ ) vypočteme vydělením průměrným výnosem jednoletých (silážních) plodin ( $Y_{S_0}$ ).

$$\Sigma Y_{S_0} = \Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}} * 0,215 \text{ [t]}$$

$$P_0 = \frac{\Sigma Y_{S_0}}{Y_{S_0}} \text{ [ha]}$$

$$P_0 = \frac{P_0}{P_{or}} * 100 \text{ [% Por]}$$

Potřeba víceletých píceňin ( $\Sigma Y_{S_1}$ ) je rozdíl potřeby celkového objemu zdrojů uhlíku  $\Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}}$ , jednoletých plodin ( $\Sigma Y_{S_0}$ ) a luk ( $\Sigma Y_{S_{4a}}$ ). Plochu ( $P_1$ ) vypočteme vydělením průměrným výnosem víceletých píceňin ( $Y_{S_1}$ ).

$$\Sigma Y_{S_1} = \Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}} - \Sigma Y_{S_0} - \Sigma Y_{S_{4a}} \text{ [t]}$$

$$P_1 = \frac{\Sigma Y_{S_1}}{Y_{S_1}} \text{ [ha]}$$

$$P_1 = \frac{P_1}{P_{or}} * 100 \text{ [% Por]}$$

Podíl zrna obilovin ( $\Sigma Y_{S_{2z}}$ ), výnos ( $Y_{S_{2z}}$ ) a plocha ( $P_2$ ) jsou průměry za časovou řadu.

$$P_2 = \frac{\Sigma Y_{2z}}{Y_{2z}} \text{ [ha]}$$

$$P_2 = \frac{P_2}{P_{Or}} * 100 \quad [\% \text{ Por}]$$

Sklizeň suché hmoty spotřebitelů uhlíku ( $\Sigma Y_{S(3+5+9)}$ ) se rovná uhlíku slámy. Koeficient přepočtu zrna na slámu je 1,270 a koeficient přepočtu slámy na uhlík je 0,386. Plochu spotřebitelů vypočteme vydělením jejich průměrným výnosem ( $Y_{S(3+5+9)}$ ).

$$\Sigma Y_{S(3+5+9)} = \Sigma C_{2sl} \quad [t]$$

$$P_{(3+5+9)} = \frac{\Sigma Y_{S(3+5+9)}}{Y_{(3+5+9)}} \quad [ha]$$

Procentický součet všech plodin na orné půdě:

$$P_{0+1+2+(3+5+9)} \quad [\%]$$

Použité koeficienty:

1,4388 – Planckova konstanta – přepočet sušiny jednoletých píceň, víceletých píceň a drnového fondu na objem zrna obilovin

0,215 – koeficient konverze (množství sušiny krmného množství, která odchází prostřednictvím zvířat ze soustavy)

### 3.4 Výpočet parametrů

Sklizeň silážní kukuřice ke sklizni víceletých píceň a luk:

$$ETA0 = \frac{\Sigma Y_{S_{0-kuk.}}}{\Sigma Y_{S_{(1+4a)}}$$

Poměr zrna ke všem uhlíkatým zdrojům:

$$ETA2 = \frac{\Sigma Y_{2z}}{\Sigma Y_{S_{(0+1ri+4a)}}$$

Aktivní uhlík na zrno obilovin:

$$OMEGA2 = \frac{\Sigma C_k}{\Sigma Y_{2z}}$$

Spotřeba minerálních hnojiv na 1 ha Pz:

$$\Sigma H / Pz \quad [t \cdot ha^{-1}]$$

Hustota skotu:

$$h_z = \frac{\Sigma Z}{Pz} \quad [DJ \cdot ha^{-1}]$$

Krmné množství:

$$k_n = \frac{\sum Y_{S(0+1+4)}}{\sum Z} \text{ [t.DJ}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}]$$

### 3.5 Energetické parametry: okružního podniku

1 DJ = 0,943 m<sup>3</sup> bioplynu denně – 1,69 kWh energie

1 t zrna obilí – 342 l etanolu

1 l etanolu – 0,885 kg etanolu – 2,99 kWh

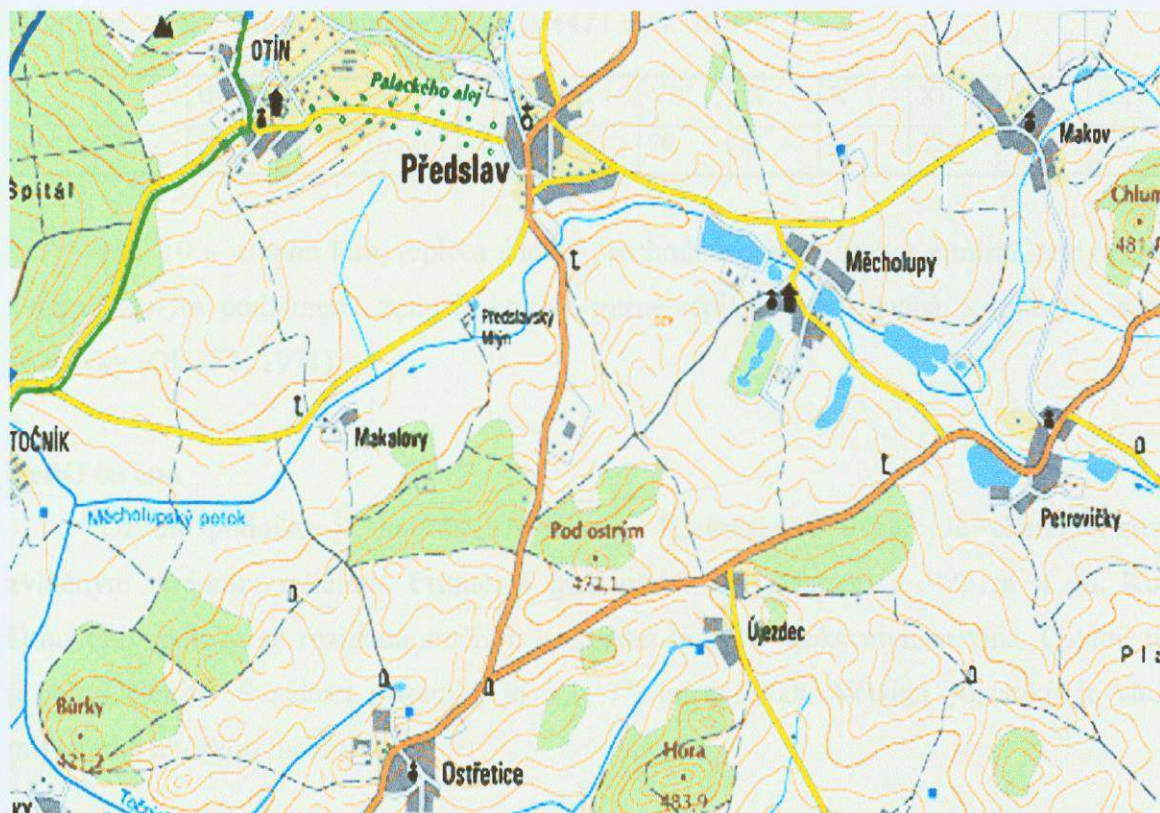
1 t semene řepky – 320 kg oleje

1 kg oleje – 2,52 kWh

## 4 Vlastní práce

### 4.1 Charakteristika zemědělského podniku

Společnost Měcholupská zemědělská, a. s. Předslav hospodaří v Plzeňském kraji na území bývalého Klatovského okresu. Společnost zahájila svoji činnost počátkem roku 1999, kdy převzala veškerý zemědělský provoz místního zemědělského družstva. Momentálně hospodaří na 2840 hektarech, z toho je 2011 půdy orné a zbylých 829 hektarů tvoří louky a pastviny. Další hektary orné půdy jsou věnovány pěstování pícnin, jelikož počet kusů chovaného skotu se pohybuje mezi 2150 až 2300, z toho je 950 kusů krav, z nichž 350 je bez tržní produkce mléka. Počet kusů prasat se pohybuje okolo 3000 a jsou stejně jako skot chována v uzavřeném obratu stáda. Pro výrobu krmných směsí postavila společnost vlastní výrobnu a provozuje i vlastní jatky.



## 4.2 Přírodní podmínky

### 4.2.1 Klimatologické podmínky

Měcholupská zemědělská patří do bramborářského výrobního typu. Z hlediska základních klimatologických charakteristik spadá výrobní území do klimatického okrsku MT 10 – s průměrnou roční teplotou 7 – 8 °C, ročním úhrnem srážek 550 – 650 mm. Jedná se o oblast mírně teplou, mírně vlhkou.

Klimatologické charakteristiky ze stanice Klatovy

#### Průměrné teploty ve °C

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
-2,1	-0,9	3,1	7,3	12,4	15,3	17,1	16,4	12,9	7,7	2,6	-0,8	7,6

Na kvalitu ovzduší mají vliv převládající směry větru.

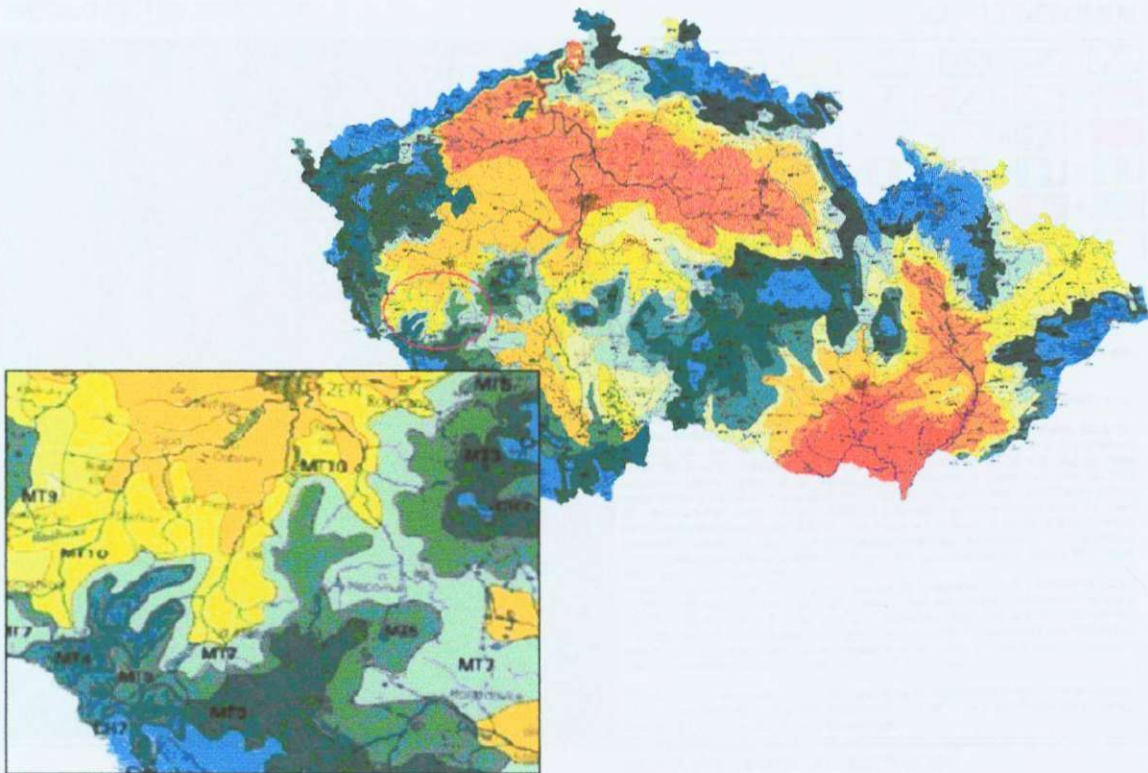
Průměrné srážky v mm ze stanice Klatovy (421 m n. m.):

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
30	27	28	46	65	76	82	70	51	42	32	33	582

MT 10 – dlouhé léto, teplé a suché, přechodné období krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá, s krátkým trváním pokrývky (QUITT, 1971).

#### Reliéf terénu

Území podniku je součástí Nýrsko – Klatovského úvalu. Je charakterizováno zvlněným terénním reliéfem. Průměrná nadmořská výška území je 425 m n. m. Kolem Drnového potoka se rozkládá směrem k západní hranici široká nivní rovina. Ostatní terén je velmi členitý. Svažitosť pozemků je 3 – 7°, mírný svah. Většina pozemků je vhodná pro střední a těžkou mechanizaci.



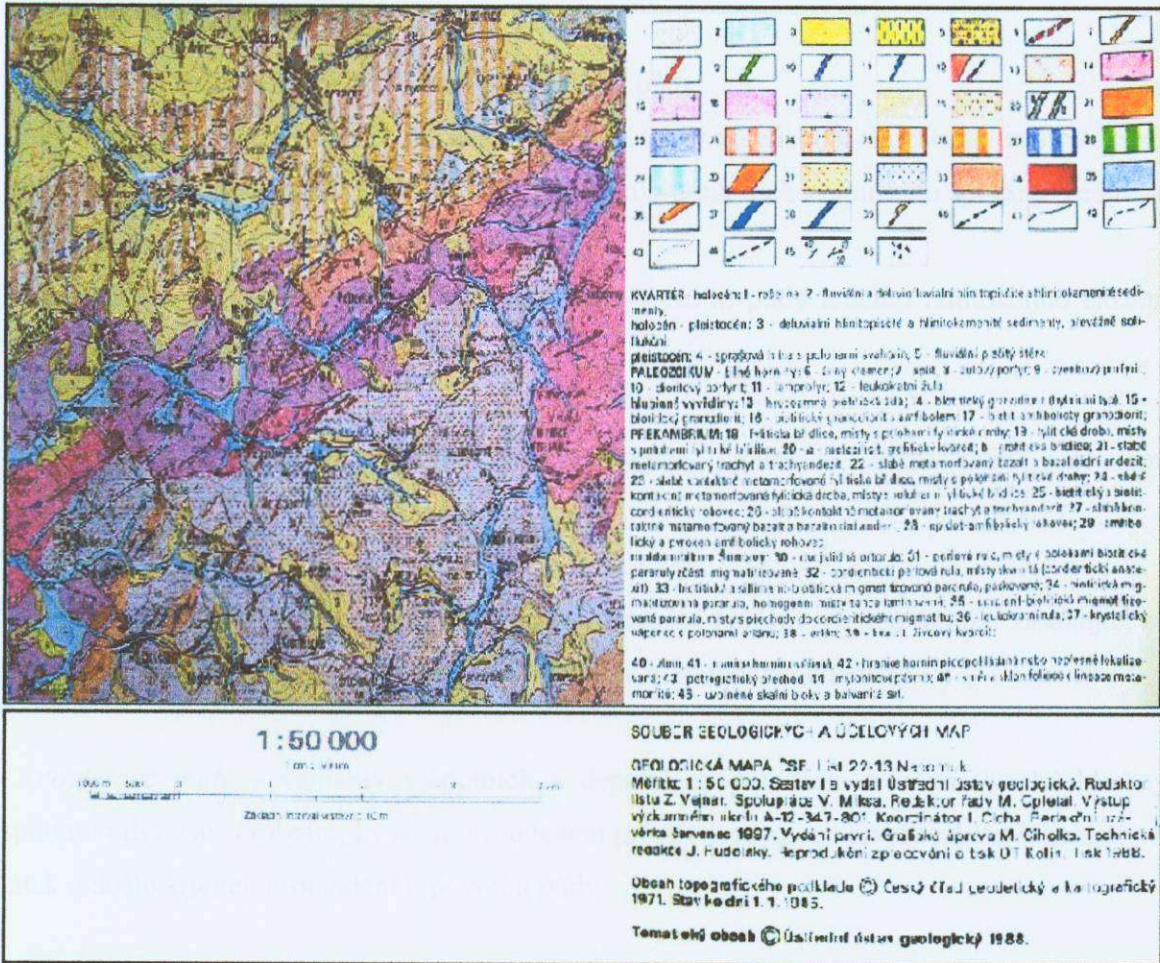
(QUITT, 1971)

#### 4.2.2 Geologicko – litologické poměry

Území zemědělského podniku leží v oblasti metamorfovaných hornin prostoupených hlubinnými horninami vyvřelými, tak zvaným krystalinikem. Pouze lokálně jsou tyto horniny překryty útvary čtvrtohorními (svahovinami).

Údolní polohy kolem vodních toků jsou vyplněny nánosy (mladšími naplaveninami).





### 4.2.3 Hydrologické podmínky

Území podniku náleží do povodí řeky Úhlavy. Hydrologická síť je reprezentována Drnovým potokem a při severozápadní hranici řekou Úhlavou a několika menšími rybníky. Jarní, výjimečně letní povodňové záplavy Drnového potoka jsou téměř každoročním pravidlem.

Žádný z těchto zdrojů nemá větší hydrologický význam. Pro zachycení většího množství srážek slouží jako svodnice vody i umělé příkopy a strouhy.

Pro vodní režim půd jsou nejdůležitější podmínky mikroklimatické, geologické a vnitřní drenáž půdních substrátů.

#### 4.2.4 Půdní podmínky

Na území zemědělského podniku se vyskytují tyto půdy:

*Illimerizované půdy* – vznikly na svahovinách, které vzhledem k nedostatku zvětratelných primárních minerálů podlehly větší intenzitě promyvu půdních koloidů do spodiny. Jedná se o půdy s poměrně vyšší sorpční mohutností.

*Hnědé půdy* – vznikly na žulových zvětralinách. Jsou to půdy lehčího zrnitostního složení s dobrou vnitřní drenáží.

*Hnědé půdy oglejené* – vznikly na hlubokých deluviích. Půdy mají omezenou vodopropustnost.

*Nivní půdy* – vznikly intenzivním zvětráváním mateční horniny vlivem účinku zasakující se vody. Značný vliv měla též kolísající vodní hladina a pravidelné povodně.

*Drnoglejové půdy* – vznikaly v údolních a depresních polohách. Vlivem vysoké hladiny spodní vody, v anaerobním, kyselém a studeném prostředí se zpomaloval rozklad organických látek a došlo k jejich hromadění u povrchu půdy.



### 4.3 Analýza původní struktury ZS - Měcholupská zemědělská, a. s. 1995 – 2004

Tab. 7: Struktura zemědělské soustavy

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Ys [t.ha <sup>-1</sup> ]	ΣYs [t]
Kukuřice na siláž	P <sub>0</sub>	305,1	16,95	6,3	1908
Ostatní jednolet. píc.	P <sub>0</sub>	65,2	3,62	4,2	272
Vojtěška	P <sub>1</sub>	28,7	1,59	8,4	241
Jetel	P <sub>1</sub>	73,0	4,05	10,1	735
Ostat. vícelet. píc.	P <sub>1</sub>	23,0	1,28	9,1	210
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1014,0	56,33	4,27 <sup>♦</sup>	4330 <sup>♦</sup>
Hrách	P <sub>6</sub>	3,3	0,18	0,76 <sup>♦</sup>	2,5 <sup>♦</sup>
Brambory rané	P <sub>3b</sub>	0,6	0,03	9,1	5,5
Brambory ostatní	P <sub>3a</sub>	15,9	0,89	7,2	115
Řepka	P <sub>5</sub>	269,6	14,98	3,12 <sup>♦</sup> (9,4)	2526 (842) <sup>♦</sup>
Zelenina	P <sub>9</sub>	1,6	0,09	3,2	5,3
<b>Půda orná</b>	<b>P<sub>or</sub></b>	<b>1800</b>	<b>100,0</b>		
Louky	P <sub>4a</sub>	566,3	21,94 % Pz	3,6	2060
Pastviny	P <sub>4b</sub>	214,3	8,30 % Pz	4,1	881
<b>Půda zemědělská</b>	<b>Pz</b>	<b>2580,6</b>			

(<sup>♦</sup> poznámka: výnos zrna nebo semen)

Výpočet ETA 0:

$$ETA0 = \frac{\Sigma Y_{S_{0-kuk}}}{\Sigma Y_{S_{(1+4a)}}$$

$$ETA0 = \frac{1908}{3246}$$

$$ETA0 = 0,588$$

Tab. 8: Dekompozice struktury ZS – Měcholupská zemědělská, a. s. 1995 – 2004

Index	Plodina	Ys [t] * přepočítávací koeficienty	ΣC <sub>k</sub> [t]
ΣY <sub>S0</sub>	Kukuřice na siláž	1908 * 0,386 * 0,785	578
ΣY <sub>S0</sub>	Ostatní jednolet. píc.	272 * 0,386 * 0,785	82
ΣY <sub>S1</sub>	Vojtěška	241 * 0,386 * 0,785	73
ΣY <sub>S1</sub>	Jetel	735 * 0,386 * 0,785	223
ΣY <sub>S1</sub>	Ostat. vícelet. píc.	210 * 0,386 * 0,785	64
ΣY <sub>S1ri</sub>	Rhizomy	1186 * 0,45 * 0,360	192
ΣY <sub>S2z</sub>	Zrno obilovin	4330 * 0,065	(281)
ΣY <sub>S2sl</sub>	Sláma obilovin	4330 * 1,27 * 0,386	2123
ΣY <sub>S6z</sub>	Zrno hrachu	2,5 * 0,065	0,2
ΣY <sub>S6sl</sub>	Sláma hrachu	2,5 * 1,6 * 0,386	1,5
ΣY <sub>S4a</sub>	Louky	2060 * 0,386 * 0,785	624
	<b>Celkem</b>		<b>3961</b>

Celkový součet aktivního uhlíku:

$$OMEGA2 = \frac{\sum C_k}{\sum Y_{2z}}$$

$$OMEGA2 = \frac{3961}{4330}$$

$$OMEGA 2 = 0,915$$

Výnos zrna obilovin je téměř zcela pokryt aktivním uhlíkem zdrojů.

$$OMEGA_{(2+6)} = \frac{\sum C_k}{\sum Y_{(2+6)z}}$$

$$OMEGA_{(2+6)} = \frac{3961,2}{4332,5}$$

$$OMEGA_{(2+6)} = 0,914$$

Graf 1 – Tento graf vyjadřuje spotřebu minerálních hnojiv NPK. Parametr (H/Pz) se výrazně nemění.

Graf 2 – Výnos suché hmoty všech plodin v čase (Ys/Pz) se pohybuje ve stejném rozmezí.

Graf 3 – Parametr silážních plodin, závislost parametru ETA 0 v čase má rostoucí charakter.

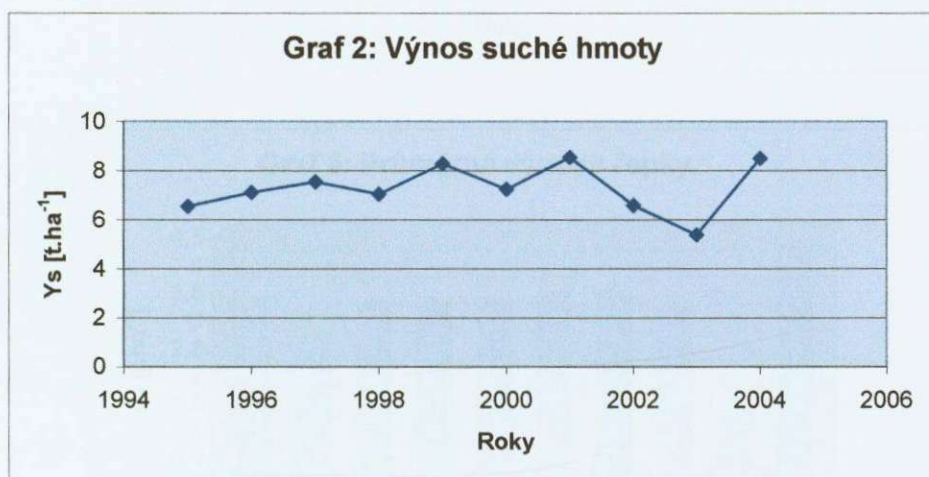
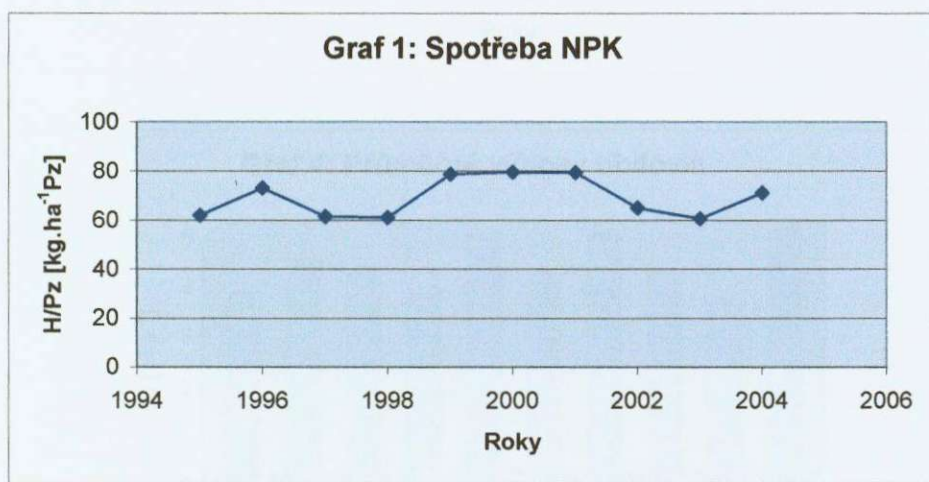
Graf 4 – Průměrné výnosy obilovin. V roce 1999 je výnos nejvyšší 4,99 t.ha<sup>-1</sup> a v roce 2003 nejnižší 3,51 t.ha<sup>-1</sup>.

Graf 5 – Průměrné výnosy řepky. V roce 2004 je výnos nejvyšší 4,24 t.ha<sup>-1</sup> a v roce 2003 nejnižší 1,13 t.ha<sup>-1</sup>.

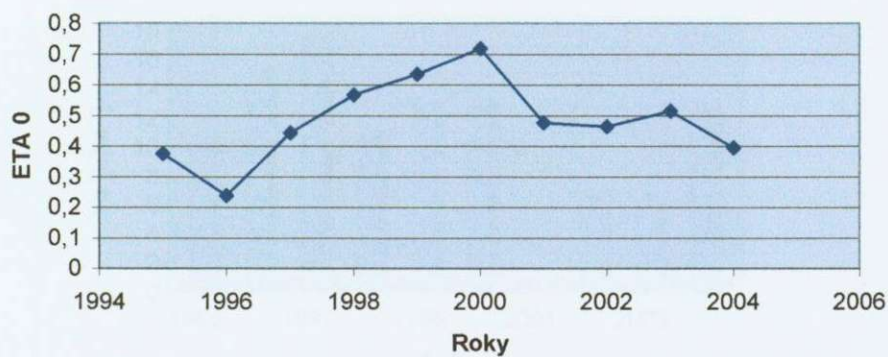
Graf 5 – Průměrné výnosy jetele. V roce 2001 se žádný jetel nepěstoval. V roce 1997 je výnos nejvyšší 17,04 t.ha<sup>-1</sup> a v roce 2003 nejnižší 4,36 t.ha<sup>-1</sup>.

Graf 6 – Tento graf ukazuje hustotu skotu na hektar. Se zvyšujícími se stavy skotu roste i počet dobytčích jednotek.

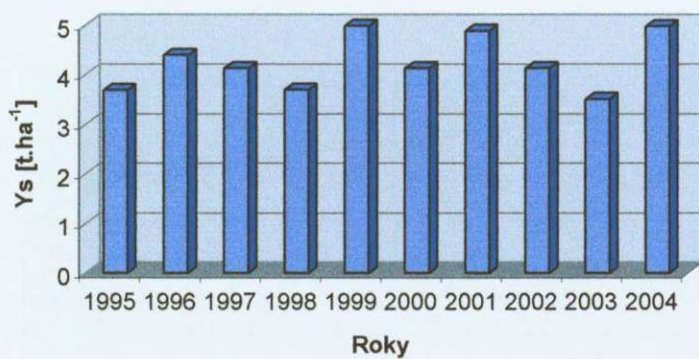
Graf 7 – Krmné množství pro skot. S rostoucím stavem skotu se nezvyšuje zastoupení objemných krmiv a proto má tento parametr klesající charakter.



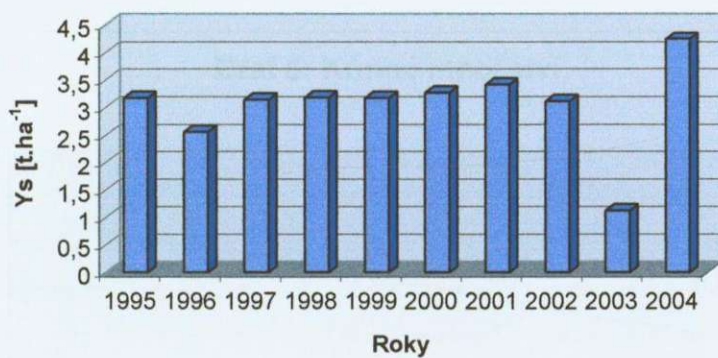
**Graf 3: Parametr silážních plodin**



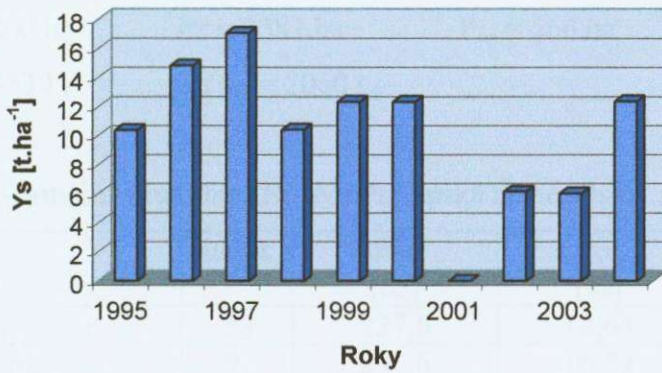
**Graf 4: Průměrné výnosy obilovin**



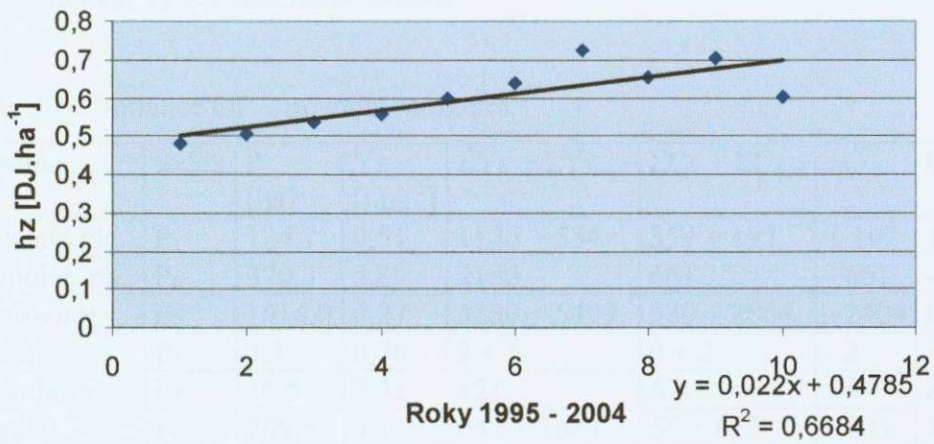
**Graf 5: Průměrné výnosy řepky**



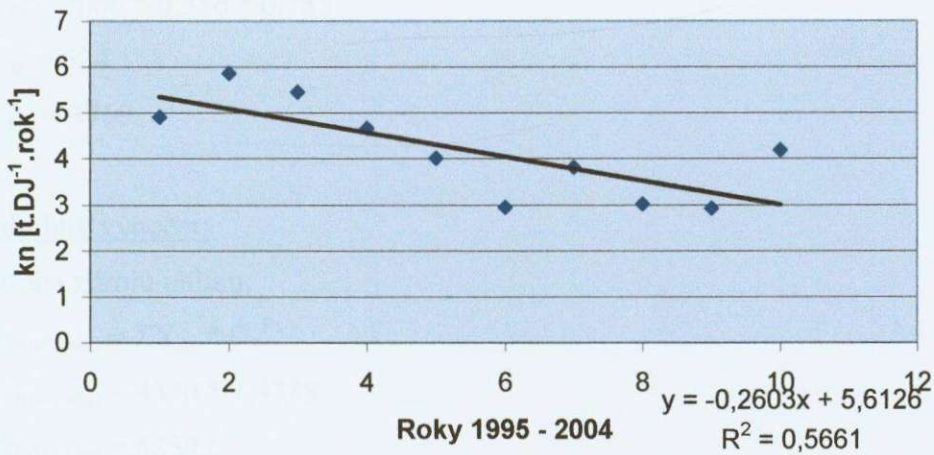
Graf 6: Průměrné výnosy jetele



Graf 7: Hustota zvířat



Graf 8: Krmné množství



## 4.4 Normální struktura ZS – Měcholupská zemědělská, a. s. 1995 – 2004

$P_{or} = 1800$  ha       $P_z = 2581$  ha       $P_{4a} = 566$  ha       $P_{4b} = 214$  ha  
 $\Sigma Y_{2z} = 4330$  t       $\Sigma Y_{s_{4a}} = 2060$  t

Tab. 9: Normální struktura ZS – Měcholupská zemědělská, a. s. 1995 – 2004

Plodina	Index	Por [ha]	Por [%]	Ys [t.ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s$ [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	227,6	12,65	5,89	1340
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	297,6	16,53	9,51	2830
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1014,0	56,33	4,27*	4330*
Brambory + řepka + zelenina	P <sub>(3+5+9)</sub>	230,3	12,80	9,22	2123
Půda orná	Por	1769,5	98,31		

(\* poznámka: výnos zrna nebo semen)

Tab. 10: C-bilance OP – původní struktura

Plodina	Index	P [ha]	Ys [t.ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s + \Sigma Y_{s_{ri,sl}}$	$\Sigma C_s + \Sigma C_{ri,sl}$	$\pm C$	C-bilance	C/ha
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	124,7	9,51	1186 + 534	359 + 192	+ 192	192	
Jednolet. píc.	P <sub>0</sub>	370,3	5,89	2180	661	- 661	-469+3769	
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1014,0	4,27	4330 + 5499	380 + 2864	- 2404	896	
Hrách	P <sub>6</sub>	3,3	0,76	3 + 5	0 + 2	- 2	894	
Brambory	P <sub>3</sub>	16,5	7,33	121	47	- 47	847	
Řepka	P <sub>5</sub>	269,6	3,12	842 + 1684	55 + 650	- 705	142	
Zelenina	P <sub>9</sub>	1,6	3,2	5	2	- 2	140	0,078

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{s_{4a}} = 566,3 * 3,6 = 2060$$

$$\Sigma C_{4a} = 2060 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 624$$

$$\Sigma C_{org} = 3769$$

Podrobný výpočet:

Potřeba zdrojů uhlíku:

$$\Sigma Y_{s_{(0+1+4a)}} = \Sigma Y_{2z} * C_2^P$$

$$\Sigma Y_{s_{(0+1+4a)}} = 4330 * 1,4388$$

$$\Sigma Y_{s_{(0+1+4a)}} = 6230 \text{ t}$$



Podíl jednoletých (silážních) plodin  $\Sigma Y_{S_0}$ :

$$\Sigma Y_{S_0} = 6230 * 0,215 = 1340 \text{ t}$$

$$P_0 = \frac{1340}{5,89}$$

$$P_0 = 227,64 \text{ ha} \Rightarrow 12,65 \% \text{ Por}$$

Potřeba víceletých pícnin  $\Sigma Y_{S_1}$ :

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 2060 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S_1} = 6230 - 1340 - 2060$$

$$\Sigma Y_{S_1} = 2830 \text{ t}$$

$$P_1 = \frac{2830}{9,51}$$

$$P_1 = 297,6 \text{ ha} \Rightarrow 16,53 \% \text{ Por}$$

Obiloviny  $\Sigma Y_{2z}$ :

$$\Sigma Y_{2z} = 1014 \text{ ha} * 4,27 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$\Sigma Y_{2z} = 4330 \text{ t}$$

$$P_2 = \frac{4330}{4,27}$$

$$P_2 = 1014 \text{ ha} \Rightarrow 56,33 \% \text{ Por}$$

Sklizeň suché hmoty spotřebitelů uhlíku  $\Sigma Y_{S(3+5+9)}$ :

$$\Sigma Y_{S(3+5+9)} = \Sigma C_{2sl} = 4330 * 1,27 * 0,386 = 2123 \text{ t}$$

$$P_{(3+5+9)} = \frac{2123}{9,22}$$

$$P_{(3+5+9)} = 230,3 \text{ ha} \Rightarrow 12,80 \% \text{ Por}$$

Součet vypočtených ploch všech plodin na orné půdě  $P_{0+1+2+(3+5+9)}$ :

$$P_{0+1+2+(3+5+9)} = 12,65 + 16,53 + 56,33 + 12,80$$

$$P_{0+1+2+(3+5+9)} = 98,31 \%$$

Součet ploch plodin na orné půdě vychází o něco menší než 100 %. To znamená, že teoretická potřeba zdrojů podle uhlíkové bilance se téměř rovná skutečnému zastoupení.

Tab.11: Masný skot:

Roky	$\Sigma Z$	$\Sigma Z - \text{dospělý masný skot}$	$\Sigma Z - \frac{\Sigma Z_{\text{mas. skot}}}{2}$	$\Sigma Y_{S(0+1+4)}$	$\Sigma Y_{S_{4b}}$	$\Sigma Y_{S(0+1+4a)}$	$k_n - \text{opravené vzhledem k mas. skotu}$
1995	1437	154	1360	6160	234	5926	4,36
1996	1321	181	1231	7722	460	7262	5,90
1997	1349	158	1270	7336	421	6915	5,44
1998	1427	217	1319	6618	1418	5200	3,94
1999	1538	349	1364	6138	837	5301	3,89
2000	1624	341	1454	4774	1078	3696	2,54
2001	1801	364	1619	6875	1049	5826	3,60
2002	1643	430	1428	4937	938	3999	2,80
2003	1826	396	1628	5335	953	4382	2,69
2005	1725	398	1526	7175	1421	5754	3,77

Tab. 12: Posouzení jak se v  $k_n$  projeví použití  $k_{s,1,4}$ 

	$k_{s,1,4} = 0,8$	$k_{s,1,4} = 1,0$
$\Sigma Y_{S_0}$	0,71	0,71
$\Sigma Y_{S_1}$	2,59	3,24
$\Sigma Y_{S(0+1+4)} + 16\% \text{ na ztráty}$	3,30	3,95
	3,83	4,58

## 4.5 Návrh struktury ZS – Měcholupská zemědělská, a. s. : varianta 1

Por = 2011 ha      Pz = 2840 ha      P<sub>4a</sub> = 509 ha      P<sub>4b</sub> = 320 ha

hz = 0,7 [DJ.ha<sup>-1</sup>]      k<sub>n</sub> = 4,0 [t.DJ<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>]

Tab. 13: Návrh struktury ZS – Měcholupská zemědělská, a. s.: varianta 1

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Y <sub>s</sub> [t.ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s$ [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	244,2	12,14	6,3	1539
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	336,3	16,72	10,3	3464
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1243,0	61,81	4,47 <sup>*</sup>	5556 <sup>*</sup>
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	0,30	7,99	48
Řepka	P <sub>5</sub>	181,6	9,03	10,23 (3,41 <sup>*</sup> )	1858 (619 <sup>*</sup> )
<b>Půda orná celkem</b>	<b>Por</b>	<b>2011</b>	<b>100</b>		
Louky	P <sub>4a</sub>	509,0	17,92 % Pz	4,23	2153
Pastviny	P <sub>4b</sub>	320,0	11,27 % Pz	4,23	1354
<b>Půda zemědělská</b>	<b>Pz</b>	<b>2840</b>			

(<sup>\*</sup> poznámka: výnos zrna nebo semen)

Tab. 14: Dekompozice struktury ZS – Měcholupská zemědělská, a. s.: varianta 1

Index	Plodina	Ys [t] * přepočítávací koeficienty	$\Sigma C_k$ [t]
$\Sigma Y_{S_0}$	Kukuřice na siláž	1539 * 0,386 * 0,785	466
$\Sigma Y_{S_1}$	Vícelet. píc.	3464 * 0,386 * 0,785	1050
$\Sigma Y_{S_{1ri}}$	Rhizomy	3464 * 0,45 * 0,360	561
$\Sigma Y_{S_{2z}}$	Zrno obilovin	5556 * 0,065	(361)
$\Sigma Y_{S_{2sl}}$	Sláma obilovin	5556 * 1,27 * 0,386	2724
$\Sigma Y_{S_{4a}}$	Louky	2153 * 0,386 * 0,785	652
	<b>Celkem</b>		<b>5453</b>

Výpočet aktivního uhlíku na zrno obilovin:

$$OMEGA2 = \frac{\sum C_k}{\sum Y_{2z}}$$

$$OMEGA2 = \frac{5453}{5556}$$

$$OMEGA2 = 0,981$$

Výnos zrna obilovin je zcela pokryt aktivním uhlíkem zdrojů.

Tab. 15: C-bilance OP – var. 1

Plodina	Index	P [ha]	Ys [t.ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s + \Sigma Y_{S_{ri,sl}}$	$\Sigma C_s + \Sigma C_{ri,sl}$	$\pm C$	C-bilance	C/ha
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	336,3	10,3	3464 + 1559	1050 + 561	+ 561	561	
Jednolet. píc.	P <sub>0</sub>	244,2	6,3	1538	466	- 466	95+4892	
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1243,0	4,47	5556 + 7056	361 + 2724	- 3085	1902	
Hrách	P <sub>6</sub>	6,0	7,99	48	19	- 19	1883	
Brambory	P <sub>3</sub>	181,6	3,33	605 + 1209	39 + 467	- 506	1377	0,685

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 2153$$

$$\Sigma C_{4a} = 2153 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 652$$

$$\Sigma C_{org} = 4892$$

Podrobný výpočet:

Počítám se současným stavem masného skotu:

$$\Sigma Z \text{ mas. sk.} = 398 \text{ DJ}$$

$$\Sigma Z \text{ doj. sk.} = 1590 \text{ DJ}$$

$$\Sigma Z \text{ celkem} = 2840 * 0,7 = 1988 \text{ DJ}$$

Potřeba zdrojů uhlíku  $\Sigma Y_{S(0+1+4a)}$ :

$$\Sigma Y_{S(0+1+4a)} = (1590 + \frac{398}{2}) * k_n$$

$$\Sigma Y_{S(0+1+4a)} = 1789 * 4,0$$

$$\Sigma Y_{S(0+1+4a)} = 7156 \text{ t}$$

Podíl jednoletých (silážních) plodin  $\Sigma Y_{S_0}$ :

$$\Sigma Y_{S_0} = \Sigma Y_{S(0+1+4a)} * 0,215$$

$$\Sigma Y_{S_0} = 7156 * 0,215$$

$$\Sigma Y_{S_0} = 1539 \text{ t}$$

$$P_0 = \frac{\Sigma Y_{S_0}}{Y_{S_0}}$$

$$P_0 = \frac{1539}{6,3}$$

$$P_0 = 244,2 \text{ ha} \Rightarrow 12,14 \% \text{ Por}$$

Podíl víceletých pícnin  $\Sigma Y_{S_1}$ :

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = P_{4a} * Y_{S_{4a}}$$

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 509 * 4,23$$

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 2153 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S_1} = \Sigma Y_{S(0+1+4a)} - \Sigma Y_{S_0} - \Sigma Y_{S_{4a}}$$

$$\Sigma Y_{S_1} = 7156 - 1539 - 2153$$

$$\Sigma Y_{S_1} = 3464 \text{ t}$$

$$P_1 = \frac{\Sigma Y_{S_1}}{Y_{S_1}}$$

$$P_1 = \frac{3464}{10,3}$$

$$P_1 = 336,3 \text{ ha} \Rightarrow 16,72 \% \text{ Por}$$

Obiloviny  $\Sigma Y_{2z}$ :

$$\Sigma Y_{S_{2z}} = \frac{\Sigma Y_{S(0+1+4a)}}{C_2^P}$$

$$\Sigma Y_{S_{2z}} = \frac{7156}{1,4388}$$

$$\Sigma Y_{S_{2z}} = 5527 \text{ t}$$

$$P_2 = \frac{4974}{4,47}$$

$$P_2 = 1112,7 \text{ ha} \Rightarrow 55,33 \% \text{ Por}$$

Spočítám  $\Sigma Y_{2z}$  s využitím ETA 2 parametru:

$$ETA2 = \frac{\Sigma Y_{S_{2z}}}{\Sigma Y_{S_{(0+1+ri+4a)}}}$$

$$ETA2 = \frac{4330}{1908 + 272 + (241 + 735 + 210) * 1,3 + 2060}$$

$$ETA2 = 0,749$$

$$\Sigma Y_{S_{2z} \text{ ETA}2} = \Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}} * ETA2$$

$$\Sigma Y_{S_{2z} \text{ ETA}2} = (1539 + 1,3 * 3464 + 2153) * 0,749$$

$$\Sigma Y_{S_{2z} \text{ ETA}2} = 6138$$

Počítám s průměrem hodnoty podle  $C_2^P$  a ETA 2 :

$$\Sigma Y_{S_{2z}} = \frac{4974 + 6138}{2}$$

$$\Sigma Y_{S_{2z}} \text{ vypočítaná} = 5556 \text{ t}$$

$$P_2 = \frac{5556}{4,47}$$

$$P_2 = 1243,0 \text{ ha} \Rightarrow 61,81 \% \text{ Por}$$

Na spotřebitele zbývá:

$$100 - (12,14 + 16,72 + 61,81) = 9,33 \% \text{ Por}$$

Sklizeň suché hmoty spotřebitelů uhlíku  $\Sigma Y_{S_{(3+5)}}$ :

$$\Sigma Y_{S_{(3+5)}} = \Sigma C_{2sl} = 5556 * 1,27 * 0,386 = 2724 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S3a} = 6,0 * 7,99$$

$$\Sigma Y_{S3a} = 48 \text{ t}$$

Na řepku zbývá:

$$\Sigma Y_{S5 \text{ max}} = 2724 - 48$$

$$\Sigma Y_{S5 \text{ max}} = 2676 \text{ t}$$

Součet vypočtených ploch všech plodin na orné půdě  $P_{0+1+2+3+5}$ :

$$P_{0+1+2+3+5} = 12,14 + 16,72 + 61,81 + 0,3$$

$$P_{0+1+2+3+5} = 90,97 \%$$

$$P_{5 \text{ max}} = 9,03 \% \text{ Por} \Rightarrow 181,6 \text{ ha}$$

$$Y_{5z \text{ vypočt.}} = 2676 / 181,6 = 14,74 \text{ t.ha}^{-1}$$

$$Y_{5z \text{ vypočt.}} = 14,74 \text{ t.ha}^{-1} / 3 \Rightarrow 4,91 * \text{t.ha}^{-1} \Rightarrow \text{to je víc než } \Sigma Y_{S5 \text{ max}} \text{ a tedy nereálné}$$

Budeme počítat s výnosem  $Y_{S5z \text{ čet. } 6/10} = 3,41 \text{ t.ha}^{-1}$

$$\Sigma Y_{S5} = 181,6 \text{ ha} * 3,41 * 3$$

$$\Sigma Y_{S5} = 1858 \text{ t} \Rightarrow \Sigma Y_{S5z} = 619 \text{ t}$$

## 4.6 Návrh struktury ZS – Měcholupská zemědělská, a. s. : varianta 1a (zaměření na obiloviny)

Odvozeno od var. 1

$$P_{or} = 2011 \text{ ha}$$

$$P_z = 2840 \text{ ha}$$

$$P_{4a} = 509 \text{ ha}$$

$$P_{4b} = 320 \text{ ha}$$

$$h_z = 0,7 [\text{DJ.ha}^{-1}]$$

$$k_n = 4,0 [\text{t.DJ.rok}^{-1}]$$

Výpočet pro  $P_2 = 65 \% \text{ Por} \Rightarrow 1307,2$  (= navýšení o 3,19 % Por)

Ponecháme  $Y_{S2z}$  z var. 1  $\Rightarrow 4,47 \text{ t.ha}^{-1}$

Na řepku zbývá: 5,84 % Por  $\Rightarrow 117,4 \text{ ha}$

Tab.16: Návrh struktury ZS – Měcholupská zemědělská, a. s.: varianta 1a

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Y <sub>s</sub> [t.ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s</sub> [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	244,2	12,14	6,3	1539
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	336,3	16,72	10,3	3464
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1307,2	65,0	4,47 <sup>♦</sup>	5843 <sup>♦</sup>
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	0,30	7,99	48
Řepka	P <sub>5</sub>	117,4	5,84	9,98 (3,33 <sup>♦</sup> )	1172 (391 <sup>♦</sup> )
<b>Půda orná celkem</b>	<b>Por</b>	<b>2011</b>	<b>100</b>		
Louky	P <sub>4a</sub>	509,0	17,92 % Pz	4,23	2153
Pastviny	P <sub>4b</sub>	320,0	11,27 % Pz	4,23	1354
<b>Půda zemědělská</b>	<b>Pz</b>	<b>2840</b>			

(<sup>♦</sup> poznámka: výnos zrna nebo semen)

Var. 1a porovnáme s var. 1 z pohledu C-bilance pomocí schématu výpočtu, používaného pro vyhodnocení C-bilance OP

Tab. 17: C-bilance OP – var. 1a

Plodina	Index	Por [ha]	Y <sub>s</sub> [t.ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s</sub> + ΣY <sub>S<sub>ri,sl</sub></sub>	ΣC <sub>s</sub> + ΣC <sub>ri,sl</sub>	±C	C-bilance	C/ha
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	336,3	10,3	3464 + 1559	1050 + 561	+ 561	561	
Kukuřice	P <sub>0</sub>	244,2	6,3	1538	466	- 466	95 + 5032	
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1307,2	4,47	5843+7421	380+ 2864	- 3244	1883	
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	7,99	48	19	- 19	1864	
Řepka	P <sub>5</sub>	117,4	3,33	391+ 782	25 + 302	- 327	1537	0,764

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 2153$$

$$\Sigma C_{4a} = 2153 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 652$$

$$\Sigma C_{org} = 5032$$

Při takto snížené ploše řepky je uhlíkem pokryt mnohem vyšší výnos než  $\Sigma Y_{S_5 \max} \Rightarrow$  lze počítat se stabilizací a růstem výnosů řepky.

## 4.7 Návrh struktury ZS – Měcholupská zemědělská, a. s. : varianta 1b (zaměření na řepku)

Odvozeno od var. 1

Por = 2011 ha      Pz = 2840 ha      P<sub>4a</sub> = 509 ha      P<sub>4b</sub> = 320 ha

hz = 0,7 [DJ.ha<sup>-1</sup>]      k<sub>n</sub> = 4,0 [t.DJ.rok<sup>-1</sup>]

Výpočet pro P<sub>5</sub> = 15 % Por => 301,7 (= navýšení o 5,97 % Por)

Ponecháme Y<sub>S2z</sub> z var. 1 => 4,47 t.ha<sup>-1</sup>

Bude možno ponechat výnos řepky?

Tab. 18: Návrh struktury ZS – Měcholupská zemědělská, a. s.: varianta 1b

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Y <sub>s</sub> [t.ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s</sub> [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	244,2	12,14	6,3	1539
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	336,3	16,72	10,3	3464
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1122,9	55,84	4,47 <sup>♦</sup>	5020 <sup>♦</sup>
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	0,30	7,99	48
Řepka	P <sub>5</sub>	301,7	15,0	9,98 (3,33 <sup>♦</sup> )	3011 (1004 <sup>♦</sup> )
<b>Půda orná celkem</b>	<b>Por</b>	<b>2011</b>	<b>100</b>		
Louky	P <sub>4a</sub>	509,0	17,92 % Pz	4,23	2153
Pastviny	P <sub>4b</sub>	320,0	11,27 % Pz	4,23	1354
<b>Půda zemědělská</b>	<b>Pz</b>	<b>2840</b>			

(<sup>♦</sup> poznámka: výnos zrna nebo semen)

Tab. 19: Dekompozice struktury ZS – Měcholupská zemědělská, a. s.: varianta 1b (zaměření na řepku)

Index	Plodina	Y <sub>s</sub> [t] * přepočtené koeficienty	ΣC <sub>k</sub> [t]
ΣY <sub>s0</sub>	Kukuřice na siláž	1539 * 0,386 * 0,785	466
ΣY <sub>s1</sub>	Ostat. vícelet. píc.	3464 * 0,386 * 0,785	1050
ΣY <sub>s1</sub>	Rhizomy	3464 * 0,45 * 0,360	561
ΣY <sub>s2z</sub>	Zrno obilovin	5020 * 0,065	(326)
ΣY <sub>s2sl</sub>	Sláma obilovin	5020 * 1,27 * 0,386	2461
ΣY <sub>s4a</sub>	Louky	2153 * 0,386 * 0,785	652
	<b>Celkem</b>		<b>5190</b>

Výpočet aktivního uhlíku na zrno obilovin:

$$OMEGA2 = \frac{\sum C_k}{\sum Y_{2z}}$$



$$OMEGA2 = \frac{5190}{5020}$$

$$OMEGA2 = 1,034$$

Var. 1b porovnáme s var. 1 z pohledu C-bilance pomocí schématu výpočtu, používaného pro vyhodnocení C-bilance OP

Tab. 20: C-bilance OP – var. 1b

Plodina	Index	Por [ha]	Y <sub>s</sub> [t.ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s</sub> + ΣY <sub>s<sub>ri,sl</sub></sub>	ΣC <sub>s</sub> + ΣC <sub>ri,sl</sub>	±C	C-bilance	C/ha
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	336,3	10,3	3464 + 1559	1050 + 561	+ 561	561	
Kukuřice	P <sub>0</sub>	244,2	6,3	1538	466	- 466	95 + 4629	
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1122,9	4,47	5556+7056	326+ 2461	- 2787	1937	
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	7,99	48	19	- 19	1918	
Řepka	P <sub>5</sub>	301,7	3,33	1004 + 2008	65 + 775	- 840	1078	0,536

Skližeň z luk:

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 2153$$

$$\Sigma C_{4a} = 2153 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 652$$

$$\Sigma C_{org} = 4629$$

Podrobný výpočet:

Pověření výnosu řepky Y<sub>S<sub>5z</sub></sub> pro var.: 1b

$$\Sigma Y_{S_{(3+5)}} = \Sigma C_{2sl} = 5020 * 1,27 * 0,386 = 2461 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S_3} = 48 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S_{5 \max}} = 2461 - 48$$

$$\Sigma Y_{S_{5 \max}} = 2413 \text{ t}$$

$$Y_{S_{5z \max}} = \frac{2413}{301,7}$$

$$Y_{S_{5z \max}} = 2,67 \text{ t.ha}^{-1}$$

Řepka se chová jako spotřebitel v poměru = 0,791

$$\Sigma Y_{S_{5 \max - opr.}} = 2413 / 0,791$$

$$\Sigma Y_{S5 \max - opr.} = 3051$$

$$Y_{5 \max - opr.} = \frac{3051}{301,7}$$

$$\Sigma Y_{S5 \max - opr.} = 10,11$$

Závěr: můžeme ponechat výnos řepky 3,33\* t.ha<sup>-1</sup>

## 4.8 Výpočet možností navýšení stavů skotu – pro bioplyn Měcholupská zemědělská, a. s. – pro P<sub>1</sub> = 25 % Por

Vycházíme ze základní varianty – var. 1

$$P_{1var. 1} = 16,72 \% \text{ Por}$$

$$P_{1 \text{ bioplyn}} = 25 - 16,72 = 8,28 \% \text{ Por} \Rightarrow 166,5 \text{ ha}$$

$$\Sigma Y_{S1 \text{ bioplyn}} = 166,5 \text{ ha} * 10,3 \text{ t.ha}^{-1} = 1715 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S0 \text{ bioplyn}} = 0,274 \Sigma Y_{S1 \text{ bioplyn}} = 0,274 * 1715 = 470 \text{ t}$$

$$P_0 = \frac{470}{6,3}$$

$$P_0 = 74,6 \text{ ha} \Rightarrow 3,71 \% \text{ Por}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = \frac{\Sigma Y_{S(0+1)}}{k_n}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = \frac{2185}{4}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = 546,25 \text{ DJ}$$

Závěr:

Možnosti produkce objemných krmiv limitují na hodnotě 546,25 DJ.

Možnosti:

- ustájení
- zástava mladého skotu

budou zřejmě limitovat na hodnotách výrazně nižších.

Bude třeba respektovat rovněž kapacitu zvolené bioplynové stanice

Přesto dopočítáme struktury pro = 546,25 DJ  $\Rightarrow P_1 = 25 \% \text{ Por}$

Tab. 21: Struktura plodin – část pro bioplyn =>  $P_{\text{bioplyn}}$

Plodina	Index	Por [ha]	Por [%]	Ys [t.ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s$ [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	74,6	3,71	6,3	470
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	166,5	8,28	10,3	1715
Půda orná	Por	241,1	11,99		

Úvaha:

Produkce odchází ze soustavy, jediným zdrojem aktivního uhlíku jsou rhizomy víceletých píceň  $\Sigma Y_{s1 \text{ ni}}$ .

Náš závěr:

- budeme počítat s výnosy  $Y_{2z}$ ,  $Y_{s5}$  z var. 1 nebudeme je navyšovat
- ponecháme poměr  $P_2 : P_5$  z var. 1
- vyhodnotíme C-bilanci (metoda pro OP) a porovnáme s var. 1

Tab. 22: Struktura plodina - standardní část =>  $P_1 = 25 \% \text{ Por}$

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Ys [t.ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s$ [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	244,2	13,80	6,3	1539
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	336,3	19,00	10,3	3464
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1032,6	58,34	4,47*	4616*
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	0,30	7,99	48
Řepka	P <sub>5</sub>	150,8	8,52	9,98 (3,33*)	1505 (502*)
Půda orná celkem	Por	1769,9	100		
Louky	P <sub>4a</sub>	509,0	19,59 % Pz	4,23	2153
Pastviny	P <sub>4b</sub>	320,0	12,31 % Pz	4,23	1354
Půda zemědělská	Pz	2598,9			

(\* poznámka: výnos zrna nebo semen)

$$P_{(0+1+3)} = 12,75 + 17,56 + 0,31 = 33,14 \% \text{ Por} \Rightarrow 586,5 \text{ ha}$$

$$\text{Na } P_{(2+5)} \text{ zůstává} = 100 - 33,14 = 66,86 \% \text{ Por} \Rightarrow 1769,9 - 586,5 = 1183,4 \text{ ha}$$

var. 2 a:

$$P_2 = 61,81 \%$$

$$P_5 = 9,03 \%$$

$$70,84 \%$$

$$P_{2\text{vypoč.}} = 1183,4 * \frac{61,81}{70,84}$$

$$P_2 \text{ vypoč.} = 1032,6 \text{ ha} \Rightarrow 58,34 \% \text{ Por}$$

$$P_{5 \text{ vypoč.}} = 1183,4 * \frac{9,03}{70,84}$$

$$P_5 \text{ vypoč.} = 150,8 \text{ ha} \Rightarrow 8,52 \% \text{ Por}$$

Var. 2 a (souhrnně část pro bioplyn a část standardní) porovnáme s var. 1 z pohledu C-bilance pomocí schématu výpočtu používaného pro vyhodnocení C-bilance OP

Tab. 23: C-bilance OP – var. 2 a

Plodina	Index	Por [ha]	Ys [t.ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s + \Sigma Y_{s_{ri,sl}}$	$\Sigma C_s + \Sigma C_{ri,sl}$	$\pm C$	C-bilance	C/ha
Víceleté píc.	P <sub>1bioplyn</sub>	166,5	10,3	1715 + 772	520 + 278	278	278	
Kukuřice	P <sub>0bioplyn</sub>	74,6	6,3	470	142	-142	136+ 4431	
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	336,3	10,3	3464 + 1559	1050 + 561	+ 561	5128	
Kukuřice	P <sub>0</sub>	244,2	6,3	1539	466	- 466	4662	
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1032,6	4,47	4616 + 5862	300 + 2263	- 2563	2099	
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	7,99	48	19	- 19	2080	
Řepka	P <sub>5</sub>	150,8	3,33	502 + 1004	33 + 388	- 421	1659	0,825

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{s_{4a}} = 2153$$

$$\Sigma C_{4a} = 2153 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 652$$

$$\Sigma C_{org} = 4431$$

Závěr:

V C-bilanci OP vychází příznivěji var. 2 a (0,825 t.ha<sup>-1</sup>) než výchozí var. 1 (přírůstek C 0,685 t.ha<sup>-1</sup> za rok)

Lze tedy u ní předpokládat stabilizaci a růst výnosů (s tím je ovšem už v návrzích počítáno)

## 4.9 Výpočet možností navýšení stavů skotu – pro bioplyn Měcholupská zemědělská, a. s. – pro P<sub>1</sub> = 20 % Por

Vycházíme ze základní varianty – var. 1

$$P_{1 \text{ var. 1}} = 16,72 \% \text{ Por}$$

$$P_{1 \text{ bioplyn}} = 20 - 16,72 = 3,28 \% \text{ Por} \Rightarrow 66,0 \text{ ha}$$

$$\Sigma Y_{s_{1 \text{ bioplyn}}} = 66,0 \text{ ha} * 10,3 \text{ t.ha}^{-1} = 679 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S_0 \text{ bioplyn}} = 0,274 \Sigma Y_{S_1 \text{ bioplyn}} = 0,274 * 679 = 186 \text{ t}$$

$$P_0 = \frac{186}{6,3}$$

$$P_0 = 29,5 \text{ ha} \Rightarrow 1,47 \% \text{ Por}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = \frac{\Sigma Y_{S_{(0+1)}}}{k_n}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = \frac{865}{4}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = 216,25 \text{ DJ}$$

Závěr:

Možnosti produkce objemných krmiv limitují na hodnotě 216,25 DJ.

Bude třeba brát v úvahu možnosti:

- ustájení
- zástava mladého skotu

Přesto dopočítáme struktury pro = 216,25 DJ  $\Rightarrow P_1 = 20 \% \text{ Por}$

Tab. 24: Struktura plodin – část pro bioplyn  $\Rightarrow P_{\text{bioplyn}}$

Plodina	Index	Por [ha]	Por [%]	Ys [t.ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s$ [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	29,5	1,47	6,3	186
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	66,0	3,28	10,3	679
Půda orná	Por	95,5	4,75		

Úvaha:

Produkce odchází ze soustavy, jediným zdrojem aktivního uhlíku jsou rhizomy víceletých píceň  $\Sigma Y_{S_1 \text{ ri}}$ .

Náš závěr:

- budeme počítat s výnosy  $Y_{S_{2z}}$ ,  $Y_{S_5}$  z var. 1, nebudeme je navyšovat
- ponecháme poměr  $P_2 : P_5$  z var. 1
- vyhodnotíme C-bilanci (metoda pro OP) a porovnáme s var. 1

Tab. 25: Struktura plodin – standardní část => P<sub>1</sub> = 20 % Por

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Y <sub>s</sub> [t.ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s</sub> [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	244,2	12,75	6,3	1539
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	336,3	17,56	10,3	3464
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1159,6	60,54	4,47*	5183*
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	0,31	7,99	48
Řepka	P <sub>5</sub>	169,4	8,84	9,98 (3,33*)	1691 (564*)
<b>Půda orná celkem</b>	<b>Por</b>	<b>1915,5</b>	<b>100</b>		
Louky	P <sub>4a</sub>	509,0	18,55 % Pz	4,23	2153
Pastviny	P <sub>4b</sub>	320,0	11,66 % Pz	4,23	1354
<b>Půda zemědělská</b>	<b>Pz</b>	<b>2744,5</b>			

(\* poznámka: výnos zrna nebo semen)

$$P_{(0+1+3)} = 12,75 + 17,56 + 0,31 = 30,62 \% \text{ Por} \Rightarrow 586,5 \text{ ha}$$

$$\text{Na } P_{(2+5)} \text{ zbyvá} = 100 - 30,62 = 69,38 \% \text{ Por} \Rightarrow 1915,5 - 586,5 = 1329,0 \text{ ha}$$

var. 2 b:

$$P_2 = 61,81 \%$$

$$P_5 = 9,03 \%$$

$$70,84 \%$$

$$P_2 \text{ vypočt.} = 1329,0 * \frac{61,81}{70,84}$$

$$P_2 \text{ vypočt.} = 1159,6 \text{ ha} \Rightarrow 60,54 \% \text{ Por}$$

$$P_5 \text{ vypočt.} = 1329,0 * \frac{9,03}{70,84}$$

$$P_5 \text{ vypočt.} = 169,4 \text{ ha} \Rightarrow 8,84 \% \text{ Por}$$

Var. 2 b (souhrnně část pro bioplyn a část standardní) porovnáme s var. 1 z pohledu C-bilance pomocí schématu výpočtu používaného pro vyhodnocení C-bilance OP

Tab. 26: C-bilance OP – var. 2 b

Plodina	Index	Por [ha]	Y <sub>s</sub> [t.ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s</sub> + ΣY <sub>s<sub>ri,sl</sub></sub>	ΣC <sub>s</sub> + ΣC <sub>ri,sl</sub>	±C	C-bilance	C/ha
Víceleté píc.	P <sub>1</sub> bioplyn	66,0	10,3	679 + 306	206 + 110	110	110	
Kukuřice	P <sub>0</sub> bioplyn	29,5	6,3	186	56	-56	54 + 4709	
Víceleté píc.	P <sub>1</sub>	336,3	10,3	3464 + 1559	1050 + 561	+ 561	5324	
Kukuřice	P <sub>0</sub>	244,2	6,3	1539	466	- 466	4858	
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1159,6	4,47	5183 + 6582	337 + 2541	- 2878	1980	
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	7,99	48	19	- 19	1961	
Řepka	P <sub>5</sub>	169,4	3,33	564 + 1128	37 + 435	- 472	1489	0,740

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 2153$$

$$\Sigma C_{4a} = 2153 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 652$$

$$\Sigma C_{org} = 4709$$

Závěr:

V C-bilanci OP vychází mírně příznivěji var. 2 b (0,740 t.ha<sup>-1</sup>) než výchozí var. 1 (přírůstek C 0,685 t.ha<sup>-1</sup> za rok)

## 4.10 Energetické zhodnocení

Tab. 27: Celkový počet zvířat

Varianta	$\Sigma Z$ [DJ]	$\Sigma Y_{2z}$ krmení
1	1 988	2 883
1 a	1 988	2 883
1 b	1 988	2 883
2 a	1 988 + 546,25 = 2 534	3 675
2 b	1 988 + 216,25 = 2 204	3 196

Tab. 28:  $\Sigma Y_{S_{2z}}$  pro bioetanol

Varianta	$\Sigma Y_{2z}$						
	Produkce	Osivo + žito potr.	Krm. obilí – prodej	Na bioetanol zbývá	Etanol [l]	Etanol [t]	Produkce energie [kWh]
1	5 556	380	1 925	368	125 856	111 383	376 309
1a	5 843	380	1 925	655	224 010	198 249	669 790
1b	5 020	380	1 925	-168	-57 456	-50 849	- 171 793

Tab. 29:  $\Sigma Y_{S_{2z}}$  pro bioetanol

Varianta	$\Sigma Y_{2z}$						
	Produkce	Osivo + žito potr.	Krm. obilí – potřeba	Na bioetanol zbývá bez prodeje krm. obilí	Etanol [l]	Etanol [t]	Produkce energie [kWh]
1	5 556	380	2 883	2 293	784 206	694 022	2 344 776
1a	5 843	380	2 883	2 580	882 360	780 889	2 638 256
1b	5 020	380	2 883	1 757	600 894	531 791	1 796 673

Tab. 30:  $\Sigma Y_{5z}$  pro řepkový olej, případně MEŘO

Varianta	Produkce $\Sigma Y_{5z}$	Olej [t]	Produkce energie [kWh]
1	605	193,6	487 872
1 a	391	125,1	315 252
1 b	1004	321,3	809 676

Tab. 31: Bioplyn

Varianta	Produkce $\Sigma Z$ [DJ]	Bioplyn [ $m^3 \cdot rok^{-1}$ ]	Produkce energie [kWh]
2 a	546,25	188 017	317 749
2 b	216,25	74 432	125 790

**Výpočet produkce  $\Sigma Y_{2z}$ ,  $\Sigma Y_{5z}$  ve variantách pro bioplyn, možné pro energetické využití**

Tab. 32:  $\Sigma Y_{2z}$  – lze použít pro bioetanol

Varianta	$\Sigma Y_{2z}$					
	Produkce	Osivo + žito potr.	Krm. obilí – prodej	Krm. obilí – potřeba	Na bioetanol zbývá	Na bioetanol zbývá bez prodeje krm. obilí
2 a	4 616	380	1 925	3 675	-1 364	561
2 b	5 183	380	1 925	3 196	- 318	1 607

Tab. 33:  $\Sigma Y_{2z}$  – lze použít pro bioetanol

Varianta	Na bioetanol zbývá bez prodeje krm. obilí			
	$\Sigma Y_{2z}$ [t]	Etanol [l]	Etanol [t]	Produkce energie [kWh]
2 a	561	191 862	169 798	573 667
2 b	1607	549 594	486 391	1 643 286

Tab. 34:  $\Sigma Y_{5z}$  – lze použít pro řepkový olej, případně MEŘO

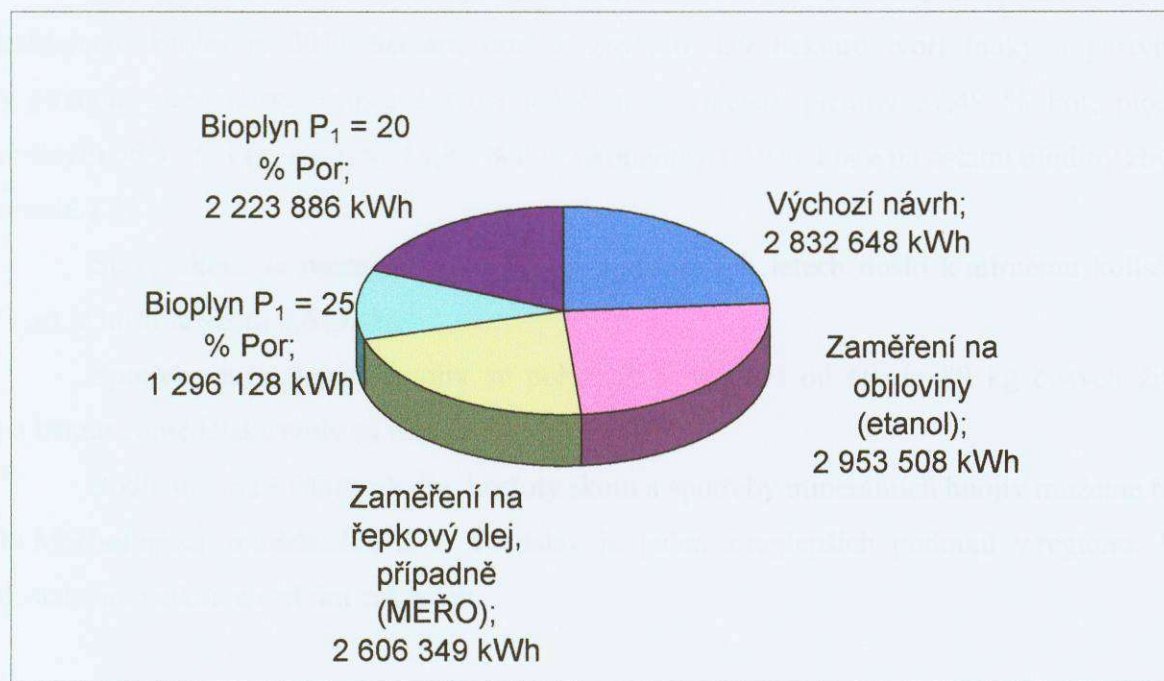
Varianta	Produkce $\Sigma Y_{5z}$	Olej [t]	Produkce energie [kWh]
a	502	160,6	404 712
b	564	180,5	454 810



Tab. 35: Celková produkce bioenergie [kWh] v jednotlivých variantách

Varianta	Etanol [kWh]	Řepkový olej [kWh]	Bioplyn [kWh]	Energie celkem [kWh]
1	2 344 776	487 872		2 832 648
1 a	2 638 256	315 252		2 953 508
1 b	1 796 673	809 676		2 606 349
2 a	573 667	404 712	317 749	1 296 128
2 b	1 643 286	454 810	125 790	2 223 886

Graf 9: Celková produkce energie



Z grafu vidíme, že varianta 1a zaměřená na obiloviny (etanol) má největší energetický zisk. O něco menší energetický zisk má varianta 1 b zaměření na řepkový olej, případně MEŘO. Nejhorší výsledky jsou u varianty 2a a 2b, zaměřené na produkci bioplynu z exkrementů skotu.

## 5 Diskuse

Analýza vnitřní struktury Měcholupské zemědělské, a. s. byla provedena za desetiletou časovou řadu (1995 – 2004) pomocí metody uhlíkové bilance .

K provedení analýzy zemědělské soustavy bylo třeba získat údaje o plochách sklizně a výnosech plodin, stavy skotu a celkovou spotřebu minerálních hnojiv.

Plochy zemědělské a orné půdy neustále rostou. V současnosti hospodaří na 2840 hektarech, z toho je 2011 hektarů orné a zbylých 829 hektarů tvoří louky a pastviny. V původní zemědělské soustavě tvoří jednoleté a víceleté pícniny 27,49 % Por, plochy obilovin 56,33 % Por, olejnin 14,98 % Por, okopaniny 1,19 % Por a na ostatní plodiny zbývá necelé 1 %.

Stavy skotu se postupně zvyšují, jen v posledních letech došlo k mírnému kolísání. Nyní je hustota skotu  $0,6 \text{ DJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Spotřeba minerálních hnojiv se pohybuje v rozmezí od 60 do 80 kg čistých živin na hektar zemědělské půdy za rok.

Podle úrovně výnosů plodin, hustoty skotu a spotřeby minerálních hnojiv můžeme říci, že Měcholupská zemědělská, a. s. Předslav je jeden z nejlepších podniků v regionu. Má dostatečně velkou a stabilní základnu.

Zastoupení silážních plodin v původní struktuře a v návrzích je hodnoceno parametrem ETA 0. Původní struktura s hodnotou parametru 0,588 značně překračuje normu – činí její 2,15-násobek. V návrzích je zajištěna normální hodnota 0,274.

Pokrytí sklizně zrna obilovin aktivním uhlíkem je vyjádřeno parametrem OMEGA 2, kde norma činí 1,00, skutečnost za časovou řadu 0,915. Tuto hodnotu lze vzhledem k přírodním podmínkám zemědělského podniku hodnotit jako relativně dobré krytí potřeby uhlíku pro obiloviny, a zároveň jako velmi dobré využití  $C_{\text{akt}}$  obilovinami.

Abych vyjádřila pokrytí potřeby  $C_{\text{akt}}$  pro všechny plodiny, tedy včetně spotřebitelů, použila jsem k výpočtu C-bilanci, běžně používanou pro vyhodnocení osevního postupu. Z tohoto pohledu vykazují všechny navržené varianty velmi uspokojivé hodnoty ročního přírůstku  $C \cdot \text{ha}^{-1}$  (rozmezí 0,536 – 0,825, nejnižší hodnota je ve var. 1b – zaměření na řepku,

nejvyšší ve var. 2a – bioetanol při zastoupení víceletých píceňin 25 % Por), zatímco původní struktura vykazuje jen velmi nízký přírůstek ( $0,078 \text{ t C}_{\text{akt.}}\text{ha}^{-1}$ ).

Při výpočtech získané energie (kWh) z řepkového oleje, či z etanolu jsou použity přepočítávací koeficienty dle KUDRNY, ŠINDELÁŘOVÉ (2000), které uvedli ve své práci. Pro přepočet bioplynu byl použit koeficient 1,69; pro etanol 2,99; a pro řepkový olej 2,52.

Při řešení problematiky výroby bioplynu je v návrzích uvažována výroba bioplynu z exkrementů skotu.

Využívání biopaliv by v budoucnu mohlo pomoci řešit zaměstnanost venkovských oblastí a zároveň podpořit obdělávání půdy.

## 6 Závěr

Tato práce obsahuje analýzu vnitřní struktury zemědělské soustavy Měcholupské zemědělské, a. s. Předslav. Analýzu jsem provedla metodou uhlíkové bilance. Také jsem stanovila dekompozici ZS, vypočetla potřebné parametry. Navrhla jsem novou strukturu s variantou pro produkci obilovin na etanol, produkci olejnin na výrobu řepkového oleje a dvě varianty zemědělských struktur se zaměřením na výrobu bioplynu.

Všechny varianty vycházejí z původní zemědělské struktury Měcholupské zemědělské, a. s. Předslav. Tato struktura byla upravena na optimální zemědělskou soustavu a z ní jsou vypracovány další varianty. Jako hlavní parametry pro hodnocení jednotlivých návrhů jsou použity parametry ETA 0 a OMEGA 2.

Varianta 1a zaměřená na produkci obilovin (etanol) vychází z C-bilance. V návrhu jsem navýšila plochu obilovin na 65 % Por, tj. o 3,19 % Por. Plochu řepky jsem snížila na hodnotu 5,84 % Por. Počítala jsem s hustotou skotu  $0,7 \text{ DJ} \cdot \text{ha}^{-1}$  a krmnou normou  $4,0 \text{ t} \cdot \text{DJ}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Variantu 1b lze použít pro řepkový olej, případně pro MEŘO. Počítám s navýšením ploch řepky o 5,97 % Por, tj. na 15 % Por. Plochy obilovin jsem snížila na 55,84 % Por. Ostatní hodnoty jako hustota skotu, krmná norma a ostatní plochy jsou stejné jako v předchozích variantách.

Ve variantě 2a na výrobu bioplynu z exkrementů skotu se zvyšuje plocha víceletých pícnin o 8,28 % Por, tj. na 25 % Por. Možnosti produkce objemných krmiv limitují na hodnotě 546,25 DJ.

Ve variantě 2b na výrobu bioplynu z exkrementů skotu se zvyšuje plocha víceletých pícnin o 3,28 % Por, tj. na 20 % Por. Možnosti produkce objemných krmiv limitují na hodnotě 216,25 DJ.

Zastoupení silážních plodin v původní struktuře a v návrzích je hodnoceno parametrem ETA 0. V původní struktuře značně překročuje normu, ale v návrzích je zajištěna normální hodnota 0,274.

Pokrytí sklizně zrna obilovin aktivním uhlíkem je vyjádřeno parametrem OMEGA 2, kde norma činí 1,00. Hodnotu 0,915 lze vzhledem k přírodním podmínkám zemědělského podniku hodnotit jako relativně dobré krytí potřeby uhlíku pro obiloviny, a zároveň velmi dobré vyžití  $C_{akt}$  obilovinami.

Z hlediska produkce energie a jejího zisku v daných přírodních podmínkách je nejlepší varianta 1a zaměřená na produkci obilovin pro výrobu etanolu. Tahle varianta je finančně nenáročná, nemusí se měnit agrotechnika a mechanizační prostředky. Negativem je odbyt etanolu, kde rozhodující úlohu hraje podpora státu.

Varianta 1b zaměřená na výrobu řepkového oleje je druhá nejvýhodnější. Varianta je zaměřená na dvě plodiny (obiloviny a řepku). Není finančně náročná a při nepříznivých podmínkách pro pěstování a situaci na trhu jedné plodiny např. obilovin, je možnost dát větší váhu druhé plodině, tj. řepce.

Varianta 2 zaměřená na bioplyn se jeví jako nejhorší. Je ekonomicky velice náročná. Musela by se postavit bioplynová stanice, postavit stáje a proškolit pracovníky. Měcholupská zemědělská, a. s. chová masný skot na pastvinách a není tedy nutné řešit využití trvalých travních porostů výstavbou bioplynové stanice.

Z pohledu celkové produkce bioenergie je nejvýhodnější varianta zaměřená na obiloviny s energetickým ziskem 2 953 508 kWh. O něco menší energetický zisk má varianta zaměřená na řepkový olej 2 606 349 kWh. Nejhorší výsledky jsou u varianty zaměřené na produkci bioplynu z exkrementů skotu.

## 7 Použitá literatura

1. ANONYM. Program výroby bionafty dala vláda k ledu. Agro magazín. 2005, roč. 6, č. 8, s. 6-7
2. BABIČKA, L. Hledání alternativních zdrojů energie. Farmář. 2006, roč. 12, č. 1, s. 10-11.
3. BOUČEK, J. Bionafta jako ekologické motorové palivo. Sborník referátů z konference. Brno : VÚZT, 2000. s. 124 – 135
4. ČERMÁKOVÁ, A. a STŘELEČEK, F. Statistika I. JU ZF ČB, 1995. 172 s.
5. DOHÁNYOS, M. Možnosti výroby a využití bioplynu v zemědělství. Sborník referátů z konference. Třeboň : Ústav technologie vody a prostředí, 2001. 28 s.
6. KAMEŠ, J. Alternativní pohony automobilů. Praha : BEN – technická literatura, 2004. 226 s.
7. KÁRA, J. et al. Využití biomasy pro energetické účely. Praha : ČEA, 1997. 157 s.
8. KÁRA, J. Technika a technologie pro nepotravinářské využití půdy a její udržování v klidu. Praha : VÚZT, 2000. 172 s.
9. KÁRA, J. a POKORNÝ, Z. Využití bieotanolu jako složky pohonných hmot. Sborník referátů z konference. Brno : VÚZT, 2000. s. 137 – 140
10. KÁRA, J. Motorová paliva z biomasy v České republice. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2001. 39 s.
11. KUDRNA, K. Zemědělské soustavy. Praha : SZN, 1979. 708 s.
12. KUDRNA, K. Zemědělské soustavy. 2. doplněné vydání. Praha : SZN, 1985. 720 s.
13. KUDRNA, K. Obecné parametry zemědělských soustav při modelování jejich optimální struktury. Praha : Rostlinná výroba, 1987, roč. 33, č. 4, s. 337 – 346
14. KUDRNA, K. Zemědělské systémové inženýrství. Kladno : Centrum pro zemědělské soustavy, 1996. 56 s.
15. KUDRNA, K. a Šindelářová, M. K problému uzavřené zemědělské soustavy na energetickém principu. Coll. Sci. Pap., Fac. Agric. České Budějovice, 2000, sv. 17, č. 2, s. 121 – 129
16. KVÍDOVÁ, D. Řepka olejná k výrobě bionafty. Farmář. 2005, roč. 11, č. 10, s. 10-11.
17. KŘEPELKA, V. Využití bioetanolu jako paliva v zemědělství. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997. 37 s.

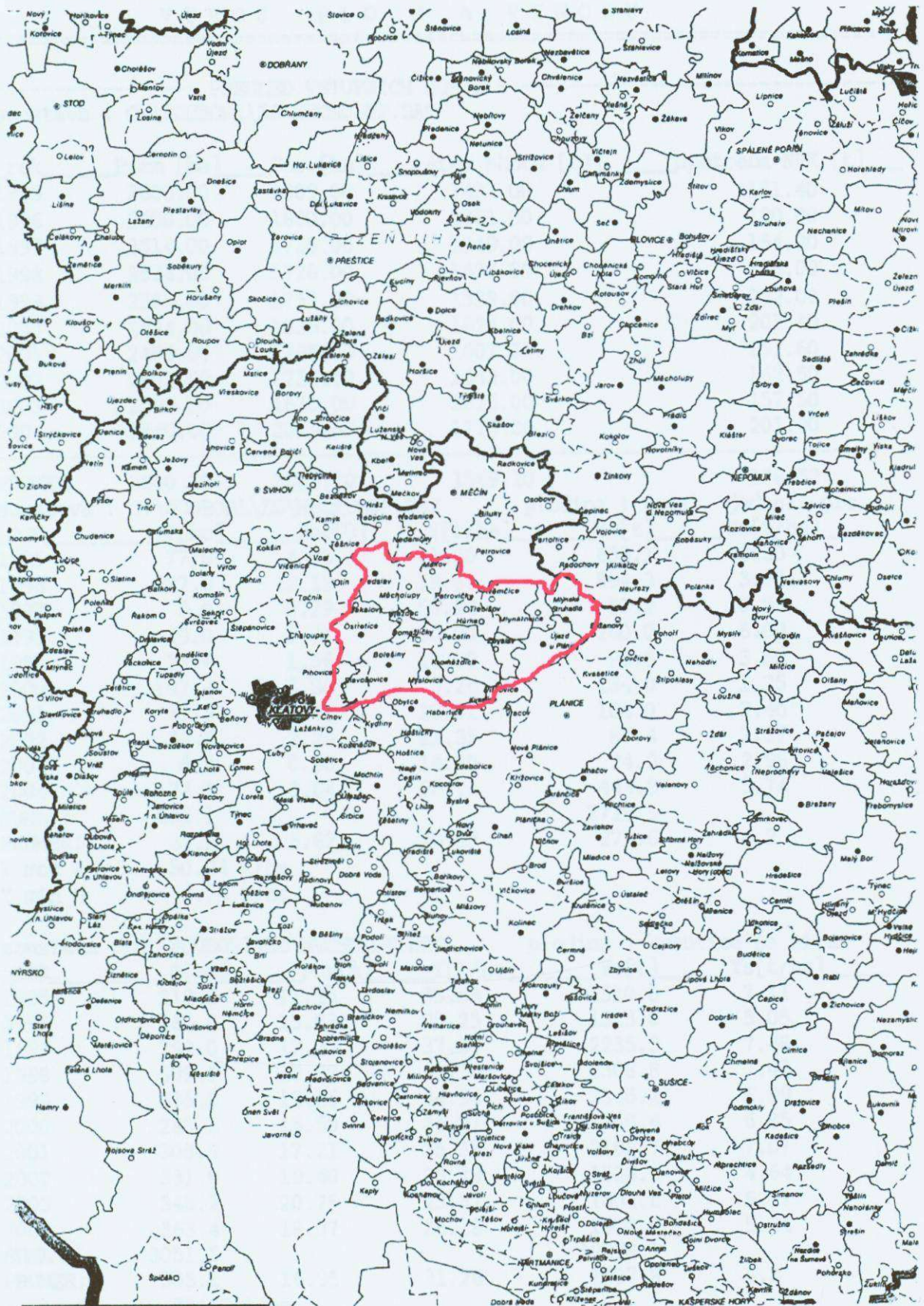
18. MOUDRÝ, J. a STRAŠIL, Z. Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Hradec Králové : vh press, 1998. 56 s.
19. NORDBERG, A. One-and two-phase anaerobi digestion of ley crop silane with and without liquid recirculation. [Dissertation.] Swedish Univ. Agric. Sci., Rep. 64, 1996
20. PASTOREK, Z. Bioplyn v zemědělství. Sborník semináře „Efektivní využití obnovitelných zdrojů energie“. České Budějovice : Celostátní výstava Země živitelka, 1995, s. 2 – 7
21. PASTOREK, Z. a kol. Využití odpadní biomasy rostlinného původu. Metodiky pro zemědělskou praxi. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1999. 65 s.
22. PASTOREK, Z. Obnovitelné zdroje energie. Druhé, opravené a doplněné vydání. Praha : FCC PUBLIC s. r. o., 2001. 208 s.
23. PASTOREK, Z. et al. Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha : FCC PUBLIC s. r.o., 2004. 208 s.
24. POKORNÝ, Z. Bionafta ekologické alternativní palivo do vznětových motorů. Praha : Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1998. 43 s.
25. POKORNÝ, E. et al. Vliv dlouhodobě vedených osevních postupů na vlastnosti ornice černozemě hnědozemní. Slovník referátů z mezinárodní vědecké konference. Agroregion '97 Problematika současného zemědělství a Případové studie. České Budějovice, 1997. 157 – 162 s.
26. ŠINDELÁŘOVÁ, M. et al. Výrobní parametry zemědělských podniků v různých přírodních podmínkách. Coll. Sci. Pap., Fac. Agric. České Budějovice, 1999, sv. 16, č. 2, s. 123 – 129
27. ŠOCH, M. Agroenergetika a její zapojení do výuky na FŽP JEP Ústí nad Labem. Výroba a využití bioplynu. České Budějovice : Zemědělská fakulta JU České Budějovice, 1996. 36 s.
28. TICHÝ, F. Pěstební technologie a úprava zrna pšenice ozimé a tritikale pro výrobu etanolu. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2001. 41 s.
29. VÁŇA, J. a SLEJŠKA, A. Bioplyn z rostlinné biomasy. Praha : Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. 40 s.
30. VÁŇA, J. Zpracování biomasy travních a rákosovitých porostů na bioplyn a organické hnojivo. Praha : VÚRV, 1997.
31. OUITT, E. Klimatické oblasti Československa. GÚ ČSAV Brno : Academia Studia Geographica, 1971. 73 s.

## Přílohy

- Příloha 1 – Mapa polohy Měcholupské zemědělské, a. s. Předslav
- Příloha 2 – Podklady pro výpočet zemědělské soustavy zpracované programem „Soustavy“
- Příloha 3 – Výpočet potřeby obilovin
- Příloha 4 – Rozdělení četností výskytu výnosů



Příloha 1: Mapa polohy Měcholupské zemědělské, a. s. Předslav



Příloha 2: Podklady pro výpočet ZS zpracované programem „Soustavy“

VYVOJ PLOCH A VYNOSU

----- PREHLED VSTUPNICH UDAJU -----

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT

rok	Pzem [ha]	Por [ha]	stav skotu [DJ]	spotreba NPK [t]
1995	2608.00	1889.00	1437.00	161.40
1996	2600.00	1880.00	1321.00	190.00
1997	2514.00	1735.00	1349.00	154.90
1998	2556.00	1728.00	1427.00	156.00
1999	2568.00	1752.00	1538.00	202.00
2000	2534.00	1826.00	1624.00	201.40
2001	2489.00	1795.00	1801.00	197.60
2002	2503.00	1710.00	1643.00	162.50
2003	2595.00	1675.00	1826.00	157.50
2004	2840.00	2011.00	1725.00	201.90

-----  
 PRUMER 2580.70 1800.10 1569.10 178.52

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT

plodina : ostat. jednol. pic.

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1995	77.0	4.08	41.50	639.1	8.30
1996	227.8	12.12	19.63	894.3	3.93
1997	5.0	0.29	50.24	50.2	10.05
1998	40.0	2.31	30.00	240.0	6.00
1999	27.4	1.56	18.00	98.6	3.60
2000	107.4	5.88	6.24	134.0	1.25
2001	43.3	2.41	12.01	104.0	2.40
2002	38.5	2.25	11.35	87.4	2.27
2003	8.4	0.50	14.80	24.9	2.96
2004	77.3	3.84	28.71	443.9	5.74
SUMA :	652.1			2716.5	
PRUMER:	65.2	3.62	20.83	271.6	4.2
Y max =	50.24 t/ha				
Y min =	6.24 t/ha				

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT

plodina : kukurice na silaz

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1995	212.5	11.25	35.53	1510.0	7.11
1996	260.0	13.83	25.25	1313.0	5.05
1997	299.0	17.23	37.38	2235.3	7.48
1998	309.0	17.88	37.36	2308.8	7.47
1999	335.6	19.16	34.94	2345.2	6.99
2000	283.1	15.50	34.27	1940.4	6.85
2001	308.9	17.21	35.33	2182.7	7.07
2002	331.8	19.40	23.18	1538.2	4.64
2003	348.2	20.79	25.87	1801.6	5.17
2004	363.4	18.07	26.18	1902.8	5.24
SUMA :	3051.5			19078.0	
PRUMER:	305.1	16.95	31.26	1907.8	6.3
Y max =	37.38 t/ha				
Y min =	23.18 t/ha				

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT

plodina : vojteska

<u>ROK</u>	<u>P[ha]</u>	<u>Por[%]</u>	<u>Y[t/ha]</u>	<u>Ys[t]</u>	<u>Ys[t/ha]</u>
1995	20.0	1.06	10.36	165.8	8.29
1996	20.0	1.06	28.25	452.0	22.60
1997	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1998	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1999	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2001	37.4	2.08	19.39	580.1	15.51
2002	72.8	4.26	4.74	276.1	3.79
2003	85.7	5.12	4.36	298.9	3.49
2004	51.1	2.54	15.66	640.2	12.53
SUMA :	287.0			2413.1	
PRUMER:	28.7	1.59	10.51	241.3	8.4
Y max =	28.25 t/ha				
Y min =	4.36 t/ha				

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT

plodina : jetel

<u>ROK</u>	<u>P[ha]</u>	<u>Por[%]</u>	<u>Y[t/ha]</u>	<u>Ys[t]</u>	<u>Ys[t/ha]</u>
1995	194.4	10.29	10.37	1612.7	8.30
1996	170.0	9.04	14.81	2014.2	11.85
1997	169.4	9.76	17.04	2309.3	13.63
1998	60.0	3.47	10.42	500.2	8.34
1999	0.1	0.01	12.33	1.0	9.86
2000	0.1	0.01	12.33	1.0	9.86
2001	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2002	35.5	2.08	6.14	174.4	4.91
2003	48.8	2.91	6.00	234.2	4.80
2004	51.3	2.55	12.34	506.4	9.87
SUMA :	729.6			7353.3	
PRUMER:	73.0	4.05	12.60	735.3	10.1
Y max =	17.04 t/ha				
Y min =	6.00 t/ha				

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT

plodina : ostat. vicelet. pic.

<u>ROK</u>	<u>P[ha]</u>	<u>Por[%]</u>	<u>Y[t/ha]</u>	<u>Ys[t]</u>	<u>Ys[t/ha]</u>
1995	101.8	5.39	3.40	276.9	2.72
1996	19.0	1.01	47.63	724.0	38.10
1997	22.0	1.27	14.54	255.9	11.63
1998	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1999	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2001	87.5	4.87	12.00	840.0	9.60
2002	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2003	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2004	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
SUMA :	230.3			2096.8	
PRUMER:	23.0	1.28	11.38	209.7	9.1
Y max =	47.63 t/ha				
Y min =	3.40 t/ha				

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\MECHOLUP.DAT

plodina : obiloviny

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1995	916.2	48.50	3.69	7674.4	8.38
1996	828.8	44.09	4.40	8278.1	9.99
1997	922.5	53.17	4.13	8648.5	9.38
1998	1040.8	60.23	3.70	8741.7	8.40
1999	1073.6	61.28	4.99	12161.0	11.33
2000	1142.5	62.57	4.13	10711.1	9.38
2001	1022.8	56.98	4.89	11353.4	11.10
2002	1015.8	59.40	4.13	9523.2	9.38
2003	1008.2	60.19	3.51	8033.0	7.97
2004	1168.9	58.13	4.98	13213.9	11.30
SUMA :	10140.1			98338.3	
PRUMER:	1014.0	56.33	4.27	9833.8	9.7
Y max =		4.99 t/ha			
Y min =		3.51 t/ha			

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\MECHOLUP.DAT

plodina : hrach sety

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1995	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1996	33.0	1.76	0.76	65.2	1.98
1997	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1998	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1999	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2001	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2002	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2003	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2004	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
SUMA :	33.0			65.2	
PRUMER:	3.3	0.18	0.76	6.5	2.0
Y max =		0.76 t/ha			
Y min =		0.76 t/ha			

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\MECHOLUP.DAT

plodina : brambory rane

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1995	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1996	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1997	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1998	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1999	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2000	6.0	0.33	26.67	54.7	9.12
2001	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2002	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2003	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2004	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
SUMA :	6.0			54.7	
PRUMER:	0.6	0.03	26.67	5.5	9.1
Y max =		26.67 t/ha			
Y min =		26.67 t/ha			

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT plodina : brambory ostatni

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1995	65.0	3.44	19.43	431.9	6.65
1996	33.0	1.76	19.90	224.6	6.81
1997	27.0	1.56	25.60	236.4	8.76
1998	4.5	0.26	15.56	23.9	5.32
1999	7.0	0.40	19.61	46.9	6.71
2000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2001	6.0	0.33	28.33	58.1	9.69
2002	6.0	0.35	25.06	51.4	8.57
2003	5.0	0.30	14.66	25.1	5.01
2004	6.0	0.30	25.00	51.3	8.55
SUMA :	159.5			1149.7	
PRUMER:	15.9	0.89	21.08	115.0	7.2
Y max =	28.33		t/ha		
Y min =	14.66		t/ha		

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT plodina : repka

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1995	290.0	15.35	3.17	2757.9	9.51
1996	285.0	15.16	2.56	2188.8	7.68
1997	290.0	16.71	3.14	2731.8	9.42
1998	274.0	15.86	3.18	2614.0	9.54
1999	308.4	17.60	3.17	2932.9	9.51
2000	287.1	15.72	3.27	2816.5	9.81
2001	288.7	16.08	3.41	2953.4	10.23
2002	210.1	12.29	3.11	1960.2	9.33
2003	170.0	10.15	1.13	576.3	3.39
2004	292.9	14.56	4.24	3725.7	12.72
SUMA :	2696.2			25257.4	
PRUMER:	269.6	14.98	3.12	2525.7	9.4
Y max =	4.24		t/ha		
Y min =	1.13		t/ha		

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT plodina : zelenina

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1995	12.4	0.66	22.26	38.6	3.12
1996	4.0	0.21	25.75	14.4	3.61
1997	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1998	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1999	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2001	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2002	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2003	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2004	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
SUMA :	16.4			53.1	
PRUMER:	1.6	0.09	23.11	5.3	3.2
Y max =	25.75		t/ha		
Y min =	22.26		t/ha		

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT

plodina : louky

ROK	P[ha]	Pzem[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1995	633.1	24.28	3.40	1722.0	2.72
1996	633.1	24.35	3.68	1863.8	2.94
1997	598.9	23.82	4.31	2065.0	3.45
1998	601.5	23.53	4.47	2151.0	3.58
1999	586.1	22.82	6.09	2855.5	4.87
2000	477.6	18.85	4.24	1620.0	3.39
2001	464.7	18.67	5.70	2119.0	4.56
2002	532.8	21.29	4.51	1922.3	3.61
2003	625.5	24.10	4.04	2021.6	3.23
2004	509.3	17.93	5.55	2261.3	4.44
SUMA :	5662.6			20601.6	
PRUMER:	566.3	21.94	4.55	2060.2	3.6
Y max =	6.09 t/ha				
Y min =	3.40 t/ha				

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT

plodina : pastviny

ROK	P[ha]	Pzem[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1995	85.9	3.29	3.40	233.6	2.72
1996	85.9	3.30	6.70	460.4	5.36
1997	180.0	7.16	2.92	420.5	2.34
1998	225.8	8.83	7.85	1418.0	6.28
1999	230.0	8.96	4.55	837.2	3.64
2000	230.0	9.08	5.86	1078.2	4.69
2001	230.0	9.24	5.70	1048.8	4.56
2002	260.0	10.39	4.51	938.1	3.61
2003	295.0	11.37	4.04	953.4	3.23
2004	320.0	11.27	5.55	1420.8	4.44
SUMA :	2142.6			8809.1	
PRUMER:	214.3	8.30	5.14	880.9	4.1
Y max =	7.85 t/ha				
Y min =	2.92 t/ha				

### Regresní přímka vývoje parametru:

$$Y_0 \quad Y = 35,77 - 1,04 x \quad r = - 0,419$$

$$Y_1 \quad Y = 14,82 - 0,56 x \quad r = - 0,157$$

$$Y_2 \quad Y = 3,94 + 0,05 x \quad r = 0,145$$

$$Y_3 \quad Y = 20,50 + 0,29 x \quad r = 0,294$$

$$Y_4 \quad Y = 3,97 + 0,13 x \quad r = 0,374$$

DEKOMPOZICE ZEMEDELSKE SOUSTAVY

soustava : C:\SOUBORI\ZS\MECHOLUP.DAT      období 1995 - 2004

\*\*\*\* dzeta 2 = 0.270      \*\*\*\* Eta 0 = 0.462  
 \*\*\*\* dzeta 3 = 79.817      \*\*\*\* omega 1 = 0.763  
                                  \*\*\*\* omega 2 = 0.914

PARAMETR plodina	suma Ys [t/rok]	suma C [t/rok]	suma Ck [t/rok]
jednolete	2179.4	841.3	660.4
vicelete	1186.3	457.9	359.5
rhizomy	1186.3	192.2	192.2
zrno ob.	4334.6	281.7	
slama ob.	5504.9	2124.9	2124.9
obiloviny celkem	9839.5	2406.7	
olejniny	2525.7		
okopaniny	125.8		
louky	2060.2	795.2	624.3

celkova suma Ck                    [t/rok] = 3961.2  
 suma Ck - suma Y2(z)            [t/rok] = -373.4  
 suma C2(sl) - suma Ys(3)       [t/rok] = -526.6

ROK	VYVOJ PARAMETRU								
	ETA 0	Y2(z)	Ys2/ Ys0+1+4	Ys/ Ys0+1+4	Ys0+1+4/ Z	Ys/Z	Ys/H	hz	Ys/Pz
1995	0.376	3380.8	1.246	2.770	4.287	11.87	105.719	0.551	6.543
1996	0.238	3671.8	1.080	2.395	5.845	14.00	97.331	0.508	7.113
1997	0.443	3809.9	1.179	2.583	5.438	14.05	122.356	0.537	7.539
1998	0.567	3851.0	1.321	2.719	4.638	12.61	115.369	0.558	7.041
1999	0.635	5357.3	1.981	3.467	3.991	13.84	105.338	0.599	8.286
2000	0.719	4718.5	2.244	3.845	2.939	11.30	91.141	0.641	7.244
2001	0.476	5001.5	1.651	3.090	3.817	11.79	107.488	0.724	8.533
2002	0.465	4195.3	1.929	3.337	3.005	10.03	101.362	0.656	6.581
2003	0.514	3538.8	1.506	2.619	2.922	7.65	88.693	0.704	5.383
2004	0.394	5821.1	1.842	3.368	4.160	14.01	119.694	0.607	8.509
prumer	0.462	4334.6	1.560	2.981	4.019	11.98	105.303	0.608	7.284

ROK	VYVOJ PARAMETRU						
	H/Pz [kg NPK]	Ys [t]	Ys0 [t]	Ys2 [t]	Ys3 [t]	Ys1+4 [t]	Ys0+1+4 [t]
1995	61.89	17063.0	2149.1	7674.4	470.6	4011.1	6160.2
1996	73.08	18492.8	2207.3	8343.3	239.0	5514.4	7721.7
1997	61.61	18952.9	2285.6	8648.5	236.4	5050.7	7336.2
1998	61.03	17997.6	2548.8	8741.7	23.9	4069.1	6618.0
1999	78.66	21278.3	2443.8	12161.0	46.9	3693.7	6137.5
2000	79.48	18355.9	2074.4	10711.1	54.7	2699.2	4773.6
2001	79.39	21239.6	2286.7	11353.4	58.1	4588.0	6874.7
2002	64.92	16471.4	1625.6	9523.2	51.4	3310.9	4936.5
2003	60.69	13969.1	1826.5	8033.0	25.1	3508.2	5334.7
2004	71.09	24166.3	2346.6	13213.9	51.3	4828.7	7175.3
prumer	69.175	18798.7	2179.4	9840.3	125.8	4127.4	6306.8

**Příloha 3: Výpočet potřeby obilovin**

Tab. č. : OBILOVINY – OSIVA

Obiloviny celkem 2004	Produkce	Prodej	Vlastní spotřeba	Zbylo na skladě
Pšenice	34	26	5	3
Ječmen	123	99	24	0
Oves				
Obiloviny celkem	157	125	29	3

Obiloviny celkem 2005	Produkce	Prodej	Vlastní spotřeba	Zbylo na skladě
Pšenice	109	43	71	-5
Ječmen	119	99	21	-1
Oves	4		4	0
Obiloviny celkem	232	142	96	-6

Obiloviny – zachovat i v návrzích

Rok 2004

Osivo – prodej	142
Osivo – vlast. spotřeba	96
<u>Žito potravin.</u>	<u>142</u>
Celkem	380 – to použijeme v návrzích

Rok 2005

Osivo – prodej	125
<u>Osivo – vlast. spotřeba</u>	<u>29</u>
Celkem	154

Při zahrnutí prodaného krmného obilí

Rok 2004

Osivo + žito potrav.	380
<u>Krmné obilí</u>	<u>1175</u>
Celkem	1555

Rok 2005

Osivo – prodej	154
<u>Krmné obilí</u>	<u>2140</u>
Celkem	2294

Průměr z obou roků = 1925

Potřeba krmného obilí pro vlastní spotřebu v návrzích  
 skutečná spotřeba  $_{1995-2004} = 1,45 \text{ t.DJ}^{-1}.\text{rok}^{-1}$



Rozdělení četností výskytu výnosů jetele – Měcholupská zemědělská, a. s. 1995 – 2004

	Výnosy [t.ha <sup>-1</sup> ]	Intervaly	Četnost	% četnosti
1.	4,80	4,01 – 5,00	2	28,57
2.	4,91	5,01 – 6,00	-	-
3.	8,30	6,01 – 7,00	-	-
4.	8,34	7,01 – 8,00	-	-
5.	9,87	8,01 – 9,00	2	28,57
6.	11,85	9,01 – 10,00	1	14,29
7.	13,63	10,01 – 11,00	-	-
		11,01 – 12,00	1	14,29
		12,01 – 13,00	-	-
		13,01 – 14,00	1	14,29
Součet			7	100

Aritm. průměr  $61,70 : 7 = 8,814$  [t.ha<sup>-1</sup>]  
 Průměr součtu četností  $60,535 : 7 = 8,648$  [t.ha<sup>-1</sup>]

Rozdělení četností výskytu výnosů brambory ostatní – Měcholupská zemědělská, a. s. 1995 – 2004

	Výnosy [t.ha <sup>-1</sup> ]	Intervaly	Četnost	% četnosti
1.	14,66	14,01 – 15,00	1	11,11
2.	15,56	15,01 – 16,00	1	11,11
3.	19,43	16,01 – 17,00	-	-
4.	19,61	17,01 – 18,00	-	-
5.	19,90	18,01 – 19,00	-	-
6.	25,00	19,01 – 20,00	3	33,33
7.	25,06	20,01 – 21,00	-	-
8.	25,60	21,01 – 22,00	-	-
9.	28,33	22,01 – 23,00	-	-
		23,01 – 24,00	-	-
		24,01 – 25,00	-	-
		25,01 – 26,00	3	33,33
		26,01 – 27,00	-	-
		27,01 – 28,00	-	-
		28,01 – 29,00	1	11,11
Součet			9	100

Aritm. průměr  $193,15 : 9 = 21,461$  [t.ha<sup>-1</sup>]  
 Průměr součtu četností  $193,545 : 9 = 21,505$  [t.ha<sup>-1</sup>]

Rozdělení četností výskytu výnosů řepky – Měcholupská zemědělská, a. s. 1995 – 2004

	Výnosy [t.ha <sup>-1</sup> ]	Intervaly	Četnost	% četnosti
1.	1,13	1,01 – 1,20	1	10
2.	2,56	1,21 – 1,40	-	-
3.	3,11	1,41 – 1,60	-	-
4.	3,14	1,61 – 1,80	-	-
5.	3,17	1,81 – 2,00	-	-
6.	3,17	2,01 – 2,20	-	-
7.	3,18	2,21 – 2,40	-	-
8.	3,27	2,41 – 2,60	1	10
9.	3,41	2,61 – 2,80	-	-
10.	4,24	2,81 – 3,00	-	-
		3,01 – 3,20	5	50
		3,21 – 3,40	1	10
		3,41 – 3,60	1	10
		3,61 – 3,80	-	-
		3,81 – 4,00	-	-
		4,01 – 4,20	-	-
		4,21 – 4,40	1	10
Součet			10	100

Aritm. průměr  $30,38 : 10 = 3,038$  [t.ha<sup>-1</sup>]

Průměr součtu četností  $30,25 : 10 = 3,025$  [t.ha<sup>-1</sup>]

TTP – Měcholupská zemědělská, a. s. 1995 – 2004

$K_{s4} = 0,20$

roky	Louky		Pastviny		TTP		
	P <sub>4a</sub> [ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s4a</sub> [t]	P <sub>4b</sub> [ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s4b</sub> [t]	P <sub>4</sub> [ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s4</sub> [t]	Y <sub>s4</sub> [t.ha <sup>-1</sup> ]
1995	633	1722	86	234	719	1956	2,72
1996	633	1864	86	460	719	2324	3,23
1997	599	2065	180	420	779	2485	3,19
1998	602	2151	226	1418	828	3569	4,31
1999	586	2856	230	837	816	3693	4,53
2000	478	1620	230	1078	708	2698	3,81
2001	465	2119	230	1049	695	3168	4,56
2002	793	2860	-	-	793	2860	3,61
2003	920	2975	-	-	920	2975	3,23
2004	829	3682	-	-	829	3682	4,44

Rozdělení četností výskytu výnosů trvalých travních porostů – Měcholupská zemědělská, a. s.  
1995 – 2004

	Výnosy [t.ha <sup>-1</sup> ]	Intervaly	Četnost	% četnosti
1.	2,72	2,61 – 2,80	1	10
2.	3,19	2,81 – 3,00	-	-
3.	3,23	3,01 – 3,20	1	10
4.	3,23	3,21 – 3,40	2	20
5.	3,61	3,41 – 3,60	-	-
6.	3,81	3,61 – 3,80	1	10
7.	4,31	3,81 – 4,00	1	10
8.	4,44	4,01 – 4,20	-	-
9.	4,53	4,21 – 4,40	1	10
10.	4,56	4,41 – 4,60	3	30
Součet			10	100

Aritm. průměr  $3763 : 10 = 3,763$  [t.ha<sup>-1</sup>]  
 Průměr součtu četností  $3785 : 10 = 3,785$  [t.ha<sup>-1</sup>]