

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4101 Zemědělské inženýrství  
Studijní obor: 4101T013 / Zemědělské inženýrství – Prvovýroba  
Katedra: Agroekosystémů  
Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

Diplomová práce

Zvýšení efektivity zemědělské bioplynové stanice „Měčín“  
v okrese Klatovy.

Vedoucí diplomové práce:  
prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Autor diplomové práce:  
Bc. Stanislav Mach

České Budějovice 2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Stanislav MACH**  
Osobní číslo: **Z15468**  
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Zemědělské inženýrství - Prvovýroba**  
Název tématu: **Zvýšení efektivity zemědělské bioplynové stanice "Měčín" v okrese Klatovy.**  
Zadávající katedra: **Katedra agroekosystémů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je plné využití kapacitních možností a dosažení co nejvyšší efektivity (BPS) "Měčín" v okrese Klatovy optimálním využitím stávající technologie. To je např. možné zlepšením využitím daných či jiných substrátů při zvýšení výtěžnosti bioplynu. Významným momentem je zabezpečení dostatečného množství substrátu v rámci podniku při optimálních nákladech. Jednou z možností je technologie pěstování kukuřice pro výrobu bioplynu např. různé způsoby setí. Rozhodujícím parametrem je výnos sušiny biomasy z hektaru a optimalizace biologické rozložitelnosti zpracovávaného substrátu s cílem dosažení zvýšené transformace organického C do bioplynu. Volba skladby substrátu ve prospěch rozložitelnějších substrátů s vyšší výtěžností bioplynu. Zvýšení biologické rozložitelnosti a vyšší výtěžnosti metanu různou předúpravou suroviny. Při použití doporučené i další literatury vypracujte literární rešerši na téma: "Faktory ovlivňující efektivitu bioplynové stanice" a) technologie b) substráty vhodné pro zemědělskou BPS c) metody předúpravy substrátu d) technologie pěstování a hnojení silážní kukuřice e) technologie setí silážní kukuřice f) ekonomika pěstování silážní kukuřice jako substrátu pro BPS. Založte, proveďte, vyhodnoťte a diskutujte výsledky pokusu pěstování a hnojení kukuřice klasickou technologií a technologií strip-till. Poznatky získané z pokusu a z literární rešerše uplatněte v návrhu opatření vedoucích ke zvýšení efektivity BPS "Měčín". Diplomovou práci vypracujte, vycházejte z Vaší již obhájené Bc práce, kterou doplníte a rozšíříte v souladu se zadáním a požadavky na Dp. Diplomovou práci vypracujte dle Opatření děkana č. 4 ze dne 14. 3. 2014 při využití poznatků získaných ve Vaší bakalářské práci. Ke zpracování diplomové práce využijte skriptu Technika zpracování bakalářských a diplomových prací (Kareš J., Vaněček D., Burešová M., 2007) a Práce s VTI (Milota J., Nýdl V., 1996). Využijte publikaci prof. Kalače - Jak vypracovat diplomovou práci v zemědělských oborech, 2009.

Rozsah grafických prací: tabulky, grafy, obrázky dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 40-60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


Wiggans, D.R. et al (2012): Maize Water Use in Living Mulch Systems with Stover Removal. *Crop Science*, 52, 1, 327-338; Glowacka, A (2013): The Influence of Different Methods of Cropping and Weed Control on The Content and Uptake of Fe and Mn by Dent Maize. *Journal of Elementology*, 18, 4, 605-619; Cociu, A.I. et al.(2011): Yield and some qualita traits of winter wheat, maize and Soybean, grown in different tillage and deep loosening systems aimed to soil conservation. *Romanian Agricultural Research*,28, 109-120.; Mashingaidze, A. B. et al (2009): Narrow rows reduce biomass and seed production of weeds and increase maize yield. *Annals of Applied Biology*, 155, 2, 207-218; Has, V. et al (2008): Optimum density and stand uniformity as determinant parameters of yield potential and productivity in early maize hybrids. *Romanian Agricultural Research*, 25, 43-46; Demmel, M. et al (2000): Results of two years equal distance narrow row corn planting investigations. *Conference agricultural engineering. VDI Berichte*, 1544, 261-266; Straka F. a kol (2006).: Bioplyn- příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových stanic. *Gas Praha*.706 s.; Schulz, H., Eder, B. (2004): Bioplyn v Praxi. *Hel Ostrava* 167 ; Stürmer B. et al. (2011): Impacts of biogas plant performance factors on total substrate costs. *Biomass and Bioenergy*, 35, 1552-1560; Lianhua Li et al.(2012): Biogas Production Potential and Kinetics of Microwave and Conventional Thermal Pretreatment of Grass. *Appl. Biochem Biotechnol*, 166:1183-1191; Kim M. et al. (2002): Comparative process stability and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. Thermophilic. *Water Research*, 36, 4369-4385; Zhong W. et al.( 2012): Biogas productivity by co-digesting Taihu blue algae with corn straw as an external carbon source. *Bioresource Technology*, 114, 281-286. Další materiály poskytnuté vedoucím práce.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

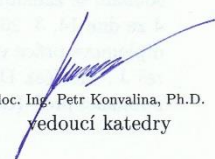
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: 15. března 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2017

  
prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
střední oddělení  
Studentská 1898, 370 05 České Budějovice  
L.S.

  
doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 16. listopadu 2016

### **Poděkování**

Touto cestou bych chtěl poděkovat prof. Ing. Stanislavu Kuželovi, CSc. za cenné rady a připomínky k mé diplomové práci. Neměl bych zapomenout poděkovat také ZD Měčín, zejména pak vedoucímu rostlinné výroby Ing. Vladimíru Steinerovi za poskytnutí informací o jednotlivých technologiích pěstování kukuřice.

### **Prohlášení autora DP**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum

Podpis studenta

.....

.....

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá metodami pěstování silážní kukuřice pro následné využití v bioplynové stanici s cílem zefektivnění provozu bioplynové stanice. Jsou srovnávány celkem tři způsoby pěstování této plodiny. Hlavním ukazatelem porovnávání jednotlivých způsobů pěstování byl čistý zisk z 1 ha a výnos zelené hmoty v tunách z 1 ha. Porovnána byla klasická technologie pěstování a dvě novější moderní technologie, které zohledňují protierozní zpracování půdy.

Klíčová slova: Bioplynová stanice, strip – till, pěstování a hnojení kukuřice

## **The abstract**

The thesis deals with growing methods of silage corn for subsequent use in a biogas plant in order to increase the efficiency of a biogas plant. There are compared three methods of growing this crop. As a main indicator comparing the different methods of cultivation was a net profit from 1 hectare yield and the profit from green mass in tons from 1 hectare. A classic growing technology was compared with two modern technologies that take into account anti erosion techniques.

Keywords: Biogas plant, strip – till, planting and fertilizing maize

# Obsah

1. Úvod.....	9
2. Faktory ovlivňující efektivitu bioplynové stanice.....	10
2.1. Volba koncepce BPS.....	10
2.2. Elektrická energie a výkupní cena .....	11
2.3. Vstupní suroviny.....	12
2.4. Kvalitní technologie.....	12
2.5. Fermentace .....	13
2.5.1 Mokrý fermentace .....	13
2.5.2 Suchá fermentace .....	14
2.6. Důležité vedlejší přínosy.....	15
3. Substráty vhodné pro BPS .....	16
3.1. Kukuřičná siláž .....	17
3.2. Energetická cukrovka.....	18
3.3. Kukuřičná sláma .....	18
3.4. Čirok .....	19
3.5. Žito na siláž.....	19
3.6. Travní siláž.....	20
3.7. Kejda.....	22
3.8. Chlévská mrva .....	23
3.9. Řepné řízky .....	24
4. Metody předúpravy substrátu.....	26
4.1. Intenzifikace anaerobní fermentace .....	26
4.2. Rychlost rozkladu .....	26
4.3. Kvalita a množství .....	27
4.4. Vliv chemického složení substrátu na výtěžnost metanu.....	27
4.5. Úprava a uskladnění surovin.....	27
4.5.1. Mechanické předúpravy .....	28
4.5.2. Chemické předúpravy .....	29
4.5.3. Fyzikální metody.....	30
4.5.4. Biotechnologické metody .....	31
5. Pěstování Kukuřice .....	33
5.1. Tradiční technologie .....	33

5.2. Minimalizační technologie.....	34
5.2.1. při pěstování kukuřice po obilninách .....	34
5.2.2. při pěstování kukuřice po kukuřici a okopaninách .....	35
5.2.3. zakládání porostů kukuřice do meziplodin .....	36
5.3. Hnojení a výživa kukuřice .....	36
5.3.1. Dusík.....	38
5.3.2. Fosfor .....	39
5.3.3. Draslík.....	40
5.3.4. Vápník.....	40
5.3.5. Hořčík .....	41
5.3.6. Síra .....	41
5.3.7. Ostatní mikroprvky .....	42
6. Ekonomika pěstování kukuřice.....	42
6.1. Intenzita – hlavní nástroj ziskovosti.....	42
6.2. Vliv kukuřičné siláže na ekonomiku výroby energie z bioplynu.....	43
7. Cíl práce .....	46
8. Metodika .....	47
8.1. Charakteristika podniku ZD Měčín.....	47
8.1.1. Rostlinná výroba .....	47
8.1.2. Živočišná výroba.....	48
8.2. Charakteristika pokusu.....	48
8.2.1. Pokus číslo 1 .....	49
8.2.2. Pokus číslo 2 .....	51
8.2.3. Pokus číslo 3 .....	52
9. Výsledky a diskuze .....	54
9.1. Pokus číslo 1 .....	54
9.2. Pokus číslo 2 .....	55
9.3. Pokus číslo 3 .....	57
10. Závěr .....	59
11. Seznam použité literatury.....	60
12. Seznam tabulek, obrázků, grafů a schémat .....	66
13. Přílohy.....	68



## 1. Úvod

V podniku, kde jsem prováděl pokusy pro diplomovou práci, se v současné době hledá alternativa v pěstování kukuřice na siláž z důvodů neustále se zmenšující výměry celkové obhospodařované půdy. Dalším problémem ovlivňujícím pěstování jsou neustále se zpřísnující nároky na protierozní opatření. Na základě těchto poznatků jsem se rozhodl založit tři pokusné pozemky s kukuřicí. Na každém z těchto pozemků byl zvolen jiný způsob pěstování kukuřice.

Hlavními sledovanými parametry byly: vliv na protierozní opatření, výnos zelené hmoty kukuřice z 1 ha a ekonomické ukazatele jako čistý zisk a náklady na 1 t produkce.

## **2. Faktory ovlivňující efektivitu bioplynové stanice**

V zemědělských podnicích se nyní diskutuje výhodnost či nevýhodnost provozování bioplynových stanic. To souvisí i s řešením stále častějšího odmítavého postoje obyvatel obcí ke stavbě nových bioplynových stanic. Hlavním impulsem pro stavbu bioplynové stanice je produkce elektrické energie a její prodej za zajímavé výkupní ceny. Producent elektrické energie má dopředu zajištěný odbyt a pravidelné casch flow. Výkup elektrické energie zajišťuje podniku stabilní zisk na rozdíl od ostatních komodit, kde se výkupní ceny neustále mění a v poslední době padají na samou hranici, kdy je možné tyto komodity rentabilně vyrobit.

Lze tyto faktory rozdělit do několika bodů:

- volba koncepce BPS
- výkupní cena, elektrické energie
- vstupní suroviny
- kvalita technologie
- fermentace
- důležité vedlejší přínosy (Hrůza, Stober, 2009)

### **2.1. Volba koncepce BPS**

Kvalitně a odpovědně navržená bioplynová stanice musí být koncipována s ohledem na dostupné suroviny. Navržení a optimalizace je daleko složitější, což nezvládají vyloženě jen dealersky orientovaní dodavatelé. Bioplynová stanice musí být postavena tak, aby byla v souladu uspořádána stavební řešení, dávkovací, míchací systém a řízení fermentačního procesu spolu s následnými garancemi a laboratorním servisem. Bioplynová stanice musí být schopna zpracovat neupravenou chlévskou mrvu, což umí málo bioplynových stanic, a proto je vhodné si najít dodavatele, který dodá takovou technologii, která to dokáže. Ostatní dodavatelé šíří dost často fámy o škodlivosti a malém výnosu bioplynu z této suroviny [Stober (1), 2012].

Nedostatkem a nevhodnými informacemi o technologiích bioplynových stanic se investoři mohou rozhodnout pro špatnou koncepci bioplynové stanice. Důvodem je i přístup některých firem, které navrhuji nevhodné koncepty

bioplynových stanic, kde se například jako vstup plánuje téměř ze 100 % kukuřičná siláž, nebo stanice s nadbytečnými výkony i přes 1000 kW. Výjimkou nejsou ani technologie, které plánují spotřebu 15 – 20 000 tun siláže ročně (Hrůza, Stober, 2009).

## 2.2. Elektrická energie a výkupní cena

Elektrická energie je nejhodnotnějším produktem a její produkce by měla být co nejvyšší. Čistá dodávka z daného množství bioplynu je výsledkem rozdílu hrubé svorkové výroby a vlastní spotřeby stanice (Voříšek, 2013). Podmínkou dosažení co nejvyšší výkupní ceny je, že nadpoloviční množství hmotnosti sušiny musí pocházet z pěstovaných rostlin. Ostatní vstupní suroviny do BPS může tvořit slamnatý hnůj, kejda, či lihovarské výpalky a další (nesmějí se používat jatečné odpady). Pokud tato podmínka není splněna, tak se cena snižuje (Hrůza, Stober, 2009).

Tabulka č. 1: Výkupní ceny a roční zelené bonusy (Anonym 9)

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Kategorie biomasy a proces využití	Jednotarifní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)		Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
	a	b	c	d	e	k	l	m
300	Spalování důlního plynu z uzavřených dolů	-	31. 12. 2012	-	-	-	2 739	1 919
301	Spalování skládkového plynu a kalového plynu z ČOV	-	31. 12. 2003	-	-	-	3 206	2 386
302		1. 1. 2004	31. 12. 2005	-	-	-	3 089	2 269
303		1. 1. 2006	31. 12. 2012	-	-	-	2 739	1 919
304		1. 1. 2013	31. 12. 2013	-	-	-	1 977	1 157
320	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroje nesplňující podmínku výroby a efektivního využití vyrobené tepelné energie podle bodu 1.8.3.	1. 1. 2012	31. 12. 2012	-	-	AF1	3 550	2 700
321	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích pro zdroje splňující podmínku výroby a efektivního využití vyrobené tepelné energie podle bodu 1.8.3.	1. 1. 2012	31. 12. 2012	-	-	AF1	4 120	3 270
322	Spalování bioplynu v bioplynových stanicích	-	31. 12. 2011	-	-	AF1	4 120	3 270
323		-	31. 12. 2012	-	-	AF2	3 550	2 730
324		1. 1. 2013	31. 12. 2013	0	550	AF	3 550	2 700
325		1. 1. 2013	31. 12. 2013	550	-	AF	3040*	2190*

\* Výkupní cena a roční zelený bonus je pouze informativní a není možné je nárokovat, dle ust. § 12 odst. 2 zákona č. 165/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů

### **2.3. Vstupní suroviny**

Podívejme se nejdříve na suroviny vstupující do bioplynové stanice. V první řadě musí zemědělský podnik využívat maximum surovin, na jejichž získání není třeba vynaložit dodatečné finanční prostředky kromě manipulace, která je s nimi spojena. Těmito surovinami je myšlena chlévská mrva, kejda, odpady z posklizňového zpracování obilovin, odpadní brambory, zbytky krmiva a mírně problematické skrývky siláží atd. Následují suroviny s minimálními náklady na jejich získání, což jsou biomasa z neudržovaných ploch a veřejných prostranství, poslední seče trvalých travních porostů, které by se jinak nesklízely, nebo by se zmulčovaly, sklizeň přerostlého zeleného hnojení před zaorávkou, biomasa po výmlatu trav pěstovaných na semeno, hroznové výlisky atd. Nakonec následují plodiny cíleně pěstované pouze za účelem zplynování (kukuřičná siláž, senáž či GPS). Je zde naprosto propastný rozdíl v nákladech na jejich získání oproti výše uvedeným surovinám. Proto by mělo být jejich využívání dobře vykalkulováno a neměly by tvořit hlavní zdroj surovin pro bioplynovou stanici, která je efektivní pouze při používání levných surovin. Důležitou skutečností je fakt, že k produkci siláží, senáží či GPS nejsou potřeba průmyslová hnojiva, pokud plně využijeme výstupy z bioplynové stanice. Díky tomu se bioplynová stanice může stát přímo nezávislá, na rozdíl od pěstování obilí pro trh [Stober (2), 2012].

### **2.4. Kvalitní technologie**

Prvním krokem při projektování bioplynové stanice by mělo být stanovení velikosti zařízení v závislosti na dostupných surovinách. Pro některý zemědělský podnik tak bude vhodná stanice o výkonu 250 kW, pro jiný 360kW či 500kW. Málodky je vhodné uvažovat o stavbě větší bioplynové stanice s vyšším výkonem. Častou chybou je obrácený přístup, kdy se vybírá velikost bioplynové stanice, ale nedomýšlí se, jestli bude podnik schopen zabezpečit dostatek vstupních surovin na její provoz.

Velmi důležitá je kvalita, životnost a bezpečnost použité technologie. Investor musí předem sledovat zejména tato kritéria:

- jak kvalitní jsou exponované části bioplynové stanice (potrubí, míchadla, motor, folie)

- co se stane v případě poruchy a jaká je dostupnost servisu
- zda technologie zvládne bez problémů zpracovat slámatou chlévskou mrvu
- co se stane, pokud se substrátem vnikne do zařízení cizí předmět
- jaká je energetická náročnost jednotlivých prvků (dávkovací zařízení, doprava surovin, míchání)
- jak je zajištěna bezpečnost ve výbušném prostoru plynojemu (Hrůza, Stober, 2009).

## 2.5. Fermentace

Návrh každé BPS je svým způsobem vlastně unikátní. Volba konkrétní technologie závisí především na předpokládané skladbě substrátů, místních podmínkách, teplotním režimu fermentace, na uplatnění zfermentovaných výstupů apod. Základním rozhodovacím dokumentem by měla být studie proveditelnosti, řešící otázky optimalizace technologie na předpokládanou skladbu biomasy. Technologie mokré fermentace je v České republice více preferovaná než suchá fermentace.

### Základní rozlišení technologií BPS podle vstupu sušiny

Z hlediska obsahu sušiny ve zpracovávaném vstupním substrátu existují dvě základní technologie BPS, které jsou nazývány mokrá a suchá fermentace.

#### 2.5.1 Mokrý fermentace

Mokrý fermentace využívá obvykle fermentoru s vertikální osou a materiál o sušiny do 12%. V praxi to znamená, že materiál s vyšším obsahem sušiny, což je například hnůj, různé druhy podestýlek, siláže a senáže, se před vstupem do fermentoru ředí na odpovídající podíl sušiny kejdou nebo procesní vodou vyseparovanou z již zfermentovaného kalu. Nadměrný obsah slámy (byť i rozdrčené) nebo dokonce podestýlka na bázi pilin může u mokrých technologií působit potíže (poruchy míchacího systému, tvorba krust, ucpávání čerpadel, apod.). Je tedy nutné pečlivě zvážit použití technologie, systémy míchání, přípravy suroviny tak, aby celý proces mohl bezproblémově fungovat. Většina aplikací je v současnosti založena na mokré technologii (Anonym 10).

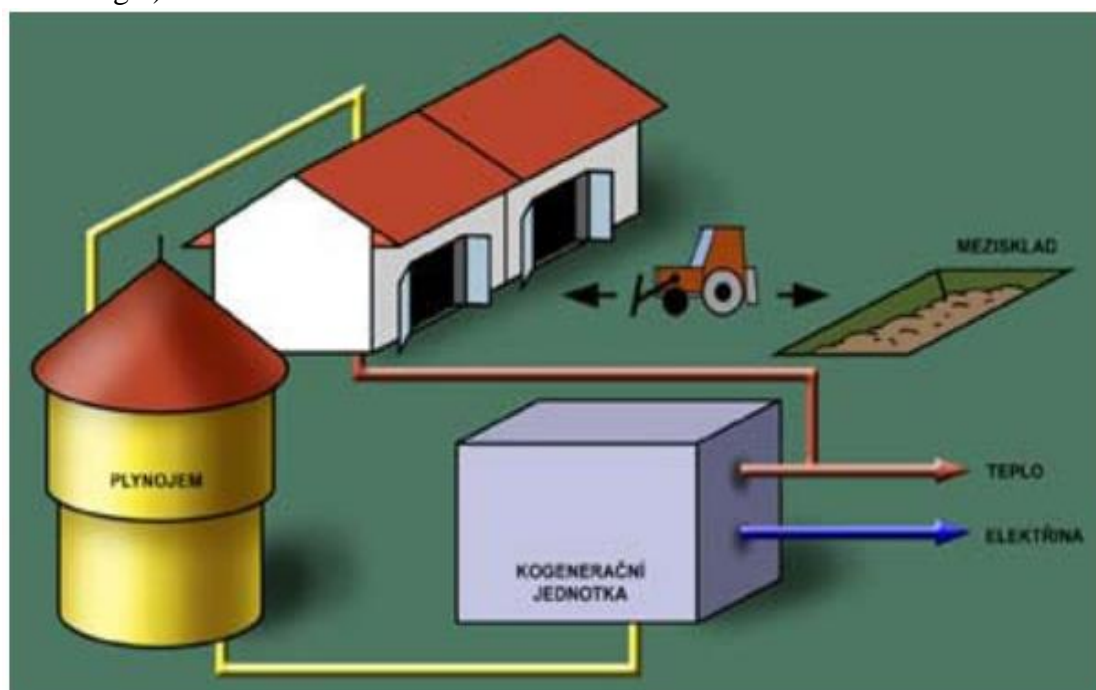
## 2.5.2 Suchá fermentace

Suchá fermentace zpracovává substráty o sušině 30–35 %. Zpravidla jde o aplikaci mezofilního anaerobního procesu, rozsah používaných reakčních teplot je 32–38°C. Optimální pH by se mělo pohybovat v rozmezí 6,5 – 7,5. V zásadě lze rozdělit technologie na diskontinuální (vsázkové) a kontinuální.

### Diskontinuální technologie

Diskontinuální technologie suché fermentace sestává z několika reakčních komor (kovový kontejner nebo zděná komora s plynotěsnými vraty) a meziskladu. Doprava zpracovávaného materiálu do komor a z nich se provádí běžnou technikou, která je dostupná na farmě (např. traktor s čelním nakladačem nebo manipulátor). Anaerobní proces je řízen dávkováním procesní tekutiny. Proces je diskontinuální, což znamená – vyprázdnění a nové naskladnění komory + start reakce 3 dny, vlastní reakce a produkce bioplynu 24–27 dnů. Podle druhu výstavby je můžeme rozdělit na výstavbové (postavené na zelené louce) a vestavbové – využívají instalace lehčených fermentačních komor do nevyužívaných zemědělských objektů (seníky, ocelokolny, kravíny apod.) Principiálně lze technologii navrhovat jako jedno či vícestupňovou. Ta je investičně a provozně náročnější. Příkladem je technologie ENBEA®Bots.

Obrázek č. 1: Technologie ENBEA®Bots (suchá fermentace, diskontinuální technologie)



Pro potřeby inokulace je využíváno jednak pravidelné vstřikování tzv. perkolátu (je to látka, která obsahuje vhodné kultury anaerobních mikroorganismů) a přídavku části fermentačního zbytku z předešlého cyklu do čerstvé dávky substrátu.

### Kontinuální technologie

Kontinuální technologie jsou doprovázeny vysokou investiční a provozní náročností a jsou využívány zpravidla pro zpracování komunálních a tříděných domovních odpadů. Reakční objem bývá rozdělen na několik fermentorů. Běžně jsou využívány ležaté fermentory (válcové i komorové) s jedním pomaloběžným míchacím zařízením, uloženým napříč celým fermentorem.

Konkrétním příkladem je technologie KOMPOGAS. Tento systém využívá železobetonové reaktory ve tvaru plynotěsných komor. Dávkování do reaktoru je zajišťováno pomocí hydraulického dopravního systému, který odebírá biomasu z mezizásobníku a posunuje ji přes přehřívací trubkový výměník tepla (provedení trubka v trubce) do zadní části reakční komory. Pohyb, míchání a vyprazdňování reaktoru zajišťuje šnekový dopravník, který je uložen uvnitř reakční komory. Vyprazdňování fermentačního zbytku probíhá na čele reakční komory, odkud je pro další zpracování materiál odebírán systémem dopravních cest (Anonym 11).

## **2.6. Důležité vedlejší přínosy**

Odpadní teplo je částečně využito pro provoz bioplynové stanice a zbytek lze využít k dalším činnostem. Zde se nabízí podniku mnoho možností, například posklizňové sušení obilovin nebo sena, vytápění provozů nebo obytných domů, které se nachází v blízkosti BPS. Ne vždy jde takto efektivně odpadní teplo využít, ale i přesto mají projekty dobrou návratnost (Hrůza, Stober, 2009).

Jsou zde i další vedlejší přínosy:

- lepší hospodaření s živinami ze statkových hnojiv,
- množnost úspory průmyslových hnojiv (při porovnání s hnojištěm či kejdovou jámkou nedochází ke ztrátám živin),
- vyřešení hnojných koncovek a úspory za budování nových hnojišť či možnost využití stávajících izolovaných hnojišť na uskladnění siláží či senáží (velké

množství podniků investuje do nových hnojišť či kejdových jímek a přitom by se tyto prostředky daly výhodněji použít k vybudování BPS),

- zlepšení krmivové základny, protože siláže a senáže s problematickou kvalitou již lze využít v bioplynové stanici a zvířatům krmit pouze tu nejlepší kvalitu,
- zisk z dosud nevyužívaných surovin, využít suroviny, které se nachází dosud mimo podnik (výpalky a jiné odpady, zelená hmota z údržby veřejných ploch), [Stober (2), 2012].

### **3. Substráty vhodné pro BPS**

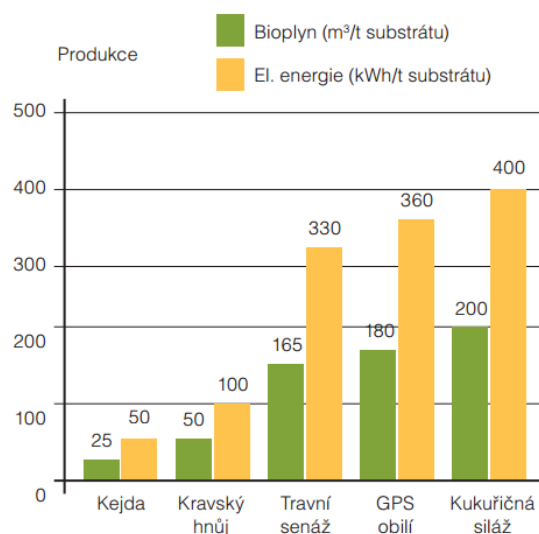
Bioplyn může být produkován z jakéhokoli organického materiálu, který je produkován zemědělským podnikem. Podmínkou tohoto materiálu je, aby mohl být následně degradován fermentací. Pro provoz BPS je důležité využívat širší spektrum různých substrátů, díky nimž se snižují ekonomické náklady na pěstování kukuřice. Musí se také dodržovat oseední postupy, čímž se zajistí střídání plodin na jednotlivých pozemcích a rozložení pracovních sil. Nesmíme zapomenout při pěstování jednotlivých substrátů na ochranu půdy a půdní úrodnost (Anonym 2).

V zemědělských BPS jsou nejvíce využívány substráty:

- kukuřičná siláž
- žitná siláž
- travní senáž
- energetická cukrovka
- kukuřičná sláma
- čirok
- kejda
- hnůj
- řepné řízky



Graf č. 1: Produkce bioplynu a elektrické energie dle vstupních substrátů (Anonym 2)



### 3.1. Kukuřičná siláž

Ve srovnání kukuřice s ostatními energetickými plodinami dosahuje tato především vysoce nadprůměrného výnosu metanu z hektaru v podobě kukuřičné siláže. Projevuje se u ní výhoda v podobě fotosyntézy efektivnějšího typu C4 rostliny, zajišťující této skupině plodin vysoký přírůstek biomasy. Kukuřice se vzhledem k relativně vysoké specifické produkci metanu a především k vysokému výnosu biomasy jeví jako jedna z neekonomičtějších surovin pro bioplynové stanice v současnosti (Třináctý, Gazdík, Andert, 2012). Hlavním zdrojem tvorby metanu u kukuřice je celulóza. Škrobnaté typy hybridů nevykazují v žádném stupni zralosti vyšší výnos energie než bioplynové hybridy. Nežádoucím jevem je stárnutí, dřevnatěním rostliny, kdy na úkor stravitelné vlákniny přibývá lignin. Hybridy kukuřice určené pro výrobu bioplynu musí vykazovat i ostatní kvalitativní vlastnosti, jako jsou odolnost vůči chladu a perfektní zdravotní stav. Vzhledem k jejich výšce nesmí docházet k poléhání. Typickým znakem energetických hybridů je silný stonek s bohatým olistěním (Anonym 3).

### **3.2. Energetická cukrovka**

Cukrovka je vzhledem ke svému výnosovému potenciálu nesmírně perspektivní plodinou pro využití ve fermentorech bioplynových stanic. Navíc je téměř stoprocentně degradovatelná, protože obsahuje zanedbatelné množství nerozložitelného ligninu.

Pěstitelská technologie včetně sklizně je shodná s cukrovkou určenou pro cukrovar. Odlišností v technologii je, že se cukrovka musí před silážováním, anebo před vstupem do fermentoru bioplynové stanice zbavit ulpělých nečistot, zejména půdy. Tento problém se intenzivně řeší v Německu. Pro odstranění maximálního podílu nečistot se vyvíjejí nejrůznější mobilní pračky.

Také konzervace cukrovky není ještě úplně zvládnutá, především z pohledu technologických linek a způsobu konzervace. První možností, která se nám nabízí, je silážování nedrcené cukrovky do kukuřičné siláže. Celá řepa se zhomogenizuje až při vybírání kukuřičné siláže. Další možností, která se v praxi využívá, je konzervace drcené cukrovky společně s LKS. Tato možnost je nevýhodná z pohledu kukuřice, protože cca 40-50 % sušiny obsažené ve stéble a listech zůstává na poli a není využito v bioplynových stanicích. Jako pozitivní vliv této metody můžeme hodnotit, že do půdy se dostává velké množství organické hmoty, která může chybět v úzkých osevních postupech specializovaných na výrobu bioplynu pro BPS (Anonym 4).

### **3.3. Kukuřičná sláma**

Perspektivní biomasou pro výrobu bioplynu jsou i tzv. odpadní suroviny ze zemědělské produkce. Při využití těchto surovin a se sníží náklady na výrobu bioplynu. Lze využít i kukuřičnou slámu po sklizni kukuřice na zrno.

Tuto slámu je však nutné přimíchávat k tradičním substrátům – kukuřičné siláži, GPS a travní senáži. Podle typu BPS může být podíl slámy různě upravován, tak abychom získávali pořád dostatek metanu na provoz kogenerační jednotky. Při využití rostlinných zbytků v BPS je důležité vrátit do půdy alespoň digestát. Technologický postup využití kukuřičné slámy pro BPS zahrnuje sklizeň zrna kukuřice, sběr a odvoz kukuřičné slámy, její rozdrčení, následnou konzervaci a následné zkrmení ve fermentoru. Důležitou částí technologie je způsob drcení. Pokud je podíl kukuřičné slámy nižší než 25% z celkové krmné dávky, je výhodnější použít

mobilní drtící zařízení. Když však objem přesáhne přes 25%, je výhodnější namontovat drtící zařízení přímo na bioplynovou stanici. Toto zařízení nám umožňuje zpracovat i jiné rostlinné odpady, měnit dávkování substrátu a dovoluje ve větším objemu použít i hnůj nebo méně kvalitní senáž (Trnavský, 2014).

### **3.4. Čirok**

Čirok je teplomilná rostlina typu C4, obdobně jako kukuřice. Jeho domovinou jsou suché oblasti Afriky. Čirok se svým zevnějškem podobá kukuřici, ale nevytváří palici nýbrž latu (Anonym 4). Od počátku bioplynového boomu v Německu a také v České republice se snaží zemědělská praxe nalézt další vysoce výnosnou plodinu, kromě kukuřice, pro výrobu substrátu do BPS. Díky tomu se do pozornosti vědy a praxe dostal čirok, jako plodina produkující velké množství zelené masy, zejména v oblastech sužovaných suchem. Výnosový potenciál sušiny je přibližně 17 – 23 t/ha (Chobotová, Prokeš, 2013). Čirok na tvorbu 1kg sušiny spotřebuje velmi malé množství vody, což je 200 – 300 litrů. Tím je čirok optimálně přizpůsoben k pěstování v regionech s celkovým ročním srážkovým úhrnem 400 – 600 mm.

Při kvasném procesu ve fermentoru bioplynové stanice je organická hmota čiroku velmi dobře štěpena a v produkci bioplynu a metanu je naprosto srovnatelná s kukuřicí. Pokud se dobře zvládne agrotechnika, ve které na pěstitele číhají rizika a úskalí, poskytne čirok z jednotky plochy stejné množství energie jako kukuřice. Na stanovištích, kde je pro kukuřici limitující voda, je čirok dokonce výnosnější. To ovšem neznamená, že čirok jako energetická plodina bude do budoucna vytlačovat kukuřici. Tyto dvě plodiny mají však veškeré předpoklady pro to, aby se navzájem doplňovaly (Anonym 4).

### **3.5. Žito na siláž**

Energetická hybridní žita rozšiřují spektrum plodin pro produkci bioplynu, a tím dochází i ke zpestření osevních postupů. Žito produkuje dostatek kvalitní silážní hmoty, která zajišťuje vysoké výnosy metanu. Je ideální pro první sklizeň již na konci května a v první polovině června. Zajišťuje dostatečné množství silážní hmoty. Díky žitu může pěstitel překlenout nedostatek produkce přes období července, srpna a září až po novou sklizeň kukuřice. Je vhodnou alternativou ke kukuřici. Je možné ho vysévat do kvalitativně horších půd a nedochází k ohrožení výnosu vlivem

přísušku (Anonym 2). Energetické žito se v některých aspektech odlišuje od agrotechniky pěstovaného žita na zrno. Odlišnosti spočívají především v tom, že při pěstování energetického žita není třeba aplikovat fungicidy a listovou výživu. Naopak je stejný termín setí. Pouze při aplikaci N je třeba dávat pozor na přehnojení, jelikož může dojít k polehnutí porostu (Anonym 4). S prodlužujícím se naléváním zrna se produkuje více biomasy, zrno nabývá, rostlina má větší listovou plochu. Žito na GPS má nejvyšší výnosový potenciál právě v mléčné zralosti, proto by se mělo sklídit tři týdny po květu. Po této sklizni je možné ještě pěstovat další plodinu (Vrzalová, 2009).

Pokud uvažujeme o setí velmi raných hybridů kukuřice po energetickém žitě, nevyhne se zřejmě časnější dvoufázové sklizni žita, se zavádáním na pokosu, především ve vyšších polohách. Výnos sušiny z jednotky plochy bude nižší, ale získaná hmota bude výborně degradovatelná ve fermentoru BPS a výtěžnost metanu bude na skvělé úrovni. Při zasetí kukuřice do konce května je pak předpoklad, že co ztratíme na výnosu sušiny z jednotky plochy u žita, to získáme u kukuřice (Anonym 4).

### **3.6. Travní siláž**

S rozvojem BPS se vyskytuje možnost, jak využít TTP, kterých je ke stavu přežvýkavců nadbytek. Bohužel většina jich k výrobě kvalitní siláže využít nelze (Anonym 5). Výnosový potenciál TTP je v České republice využíván jen z 30-60%. TTP jsou využívány v převážné míře extenzivně, jsou hnojeny nedostatečnými dávkami průmyslových hnojiv a statkových hnojiv. Přesto dochází k jejich přehnojování v místech, kde je soustředěn výkrm prasat, drůbeže a skotu jako havarijní opatření. Jedná se však o velmi malý podíl ploch v celostátním měřítku. Důvodem omezené péče o travní porosty jsou nízké stavy skotu a ovcí a k jinému využití travní hmoty zatím nebyly příležitosti. Toto se týká hlavně podhorských a horských oblastí (Leština, 2011).

Velká část luk byla léta opomíjena a sklízena až když na ně byl čas – pokud vůbec. Tímto způsobem se dostalo botanické složení do takového stavu, kdy je z těchto porostů často prakticky nemožné vyrobit kvalitní siláž. Také porosty na plochách zatravněných po roce 1990 jsou mnohde už vyčerpané a potřebují zlepšit botanické složení a případně, kde je to možné, obnovit. V první řadě je nutné porosty

posoudit a zjistit jejich botanické složení (tzv. inventarizace TTP) a rozhodnout se, zda a s jakými opatřeními je vhodné jej přisít, nebo obnovit. Důležité je dobře zvolit travní druh, jetelovinu nebo směs.

O možnosti produkce bioplynu z jednotlivých travních druhů vypovídají údaje v následující tabulce. Významným faktorem pro vysokou produkci bioplynu je časná sklizeň zajišťující vysokou kvalitu hmoty (Anonym 5).

Tabulka č. 2: Výnos sušiny, výtěžnost metanu a potenciální produkce metanu hodnocených travních druhů v tříletém průměru (2009-2011), (Kohoutek a kol., 2015)

Travní druh	Počet odrůd	Roční průměry <sup>1</sup> produkce sušiny v t.ha <sup>-1</sup>				Specifická výtěžnost metanu (Nm <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> suš.)	Potenciální roční produkce metanu (Nm <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )
		2009	2010	2011	průměr		
Ovsík vyvýšený	1	15,4	11,7	11,2	12,8	247	3152
Jílek mnohokvětý	1	17,4	8,82	--	13,1 <sup>2</sup>	237	3108
Kostřava rákosovitá	1	17,5	11,1	9,60	12,7	239	3045
Bojínek luční	2	17,1	12,1	9,40	12,9	227	2924
Srha laločnatá	2	16,4	11,1	10,0	12,5	230	2873
Festucololium (festucoid)	4	16,1	10,8	8,70	11,8	228	2700
Festucololium (loloid)	3	18,3	10,6	5,90	11,6	222	2577
Kostřava luční	3	15,6	9,59	7,00	10,7	214	2293
Jílek vytrvalý	5	15,2	8,47	4,20	9,3	233	2162
Trojštět žlutavý	1	14,1	10,7	6,00	10,3	200	2054
<sup>3</sup> LSD <sub>0,05</sub>		3,82	2,74	1,97	2,16	19	376

Poznámky: <sup>1</sup> v případě počtu odrůd většího než 1 se jedná o průměr všech odrůd;

<sup>2</sup> dvouletý průměr (v třetím ročníku porost vypadl);

<sup>3</sup> Fisherovo LSD - nejmenší významný rozdíl na hladině významnosti  $\alpha_{0,95}$ .

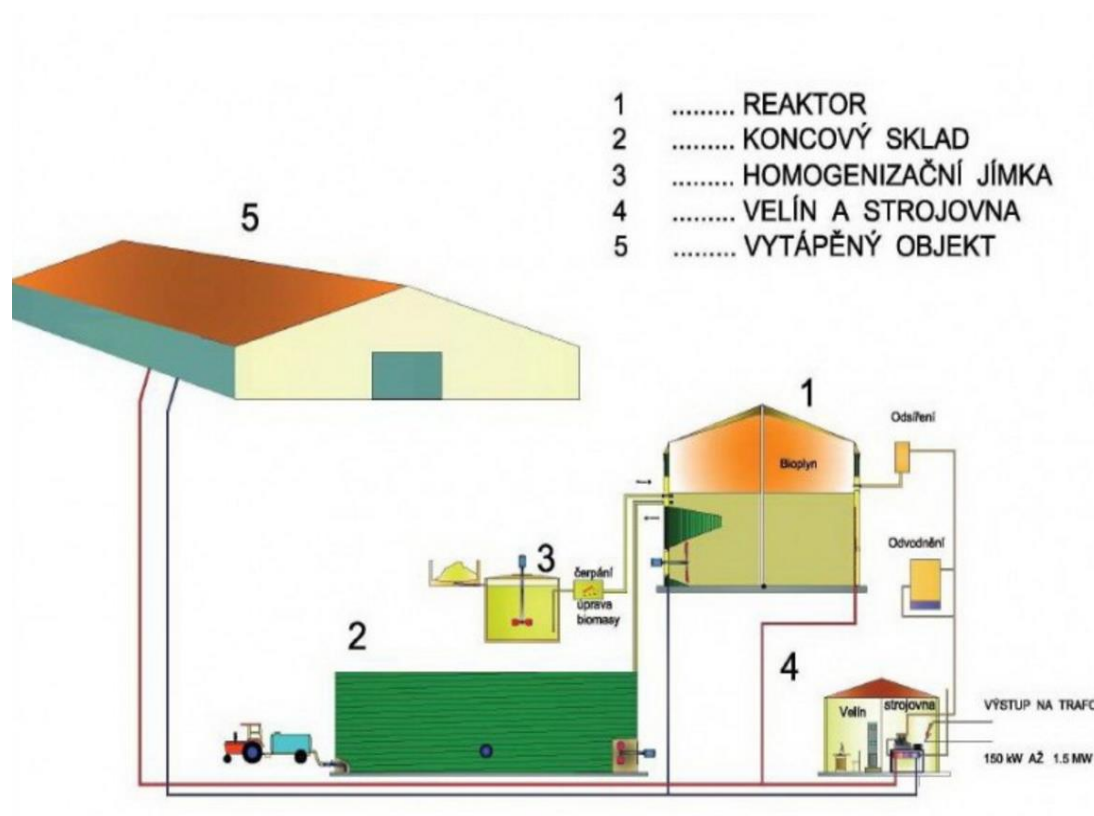
### 3.7. Kejda

V poslední době stavy hospodářských zvířat klesají, ale i přesto tvoří kejda významný potenciál substrátů pro výrobu bioplynu. Hovězí i prasečí kejda se dá díky nízkému obsahu sušiny relativně dobře kombinovat s ostatními substráty. Kejda je obvykle přiváděna do bioplynové stanice přímo nebo se k tomu využívá předjímka (Kratochvílová, 2009).

Spojení chovu prasat s výrobou elektrické energie z obnovitelných zdrojů nabízí podnikům nové možnosti. V chovu prasat se ušetří výrazné částky využitím odpadního tepla vznikajícího při výrobě elektrické energie. Naopak kejda prasat při zpracování v bioplynové stanici jednak jako surovina částečně přispívá k výrobě bioplynu, a jednak pomáhá udržet v bioplynové stanici určitou rovnováhu celého fermentačního procesu. Pokud kejdu prasat pouze vyvezeme na pole, ztrácíme tím energii, kterou z ní můžeme vyrobit. Z jedné tuny kejdy je asi 30 m<sup>3</sup> bioplynu, z toho se vyrobí zhruba 60 kW energie (Rytina, 2008).

Pěkným příkladem bioplynové stanice, která zpracovává prasečí kejdu spolu s masokostní moučkou, je BPS Vysoká u Dobřan. Do této bioplynové stanice je přiváděna kejda z jednotlivých stájí. Kejda putuje do jímky na surovou kejdu, do této jímky je z ocelových zásobníků řízeně dávkována masokostní moučka. Jímka je vybavena čerpací a míchací technikou a je zakrytá membránou s odvětráváním přes biologický filtr. Z jímky je tato směs dávkována do anaerobního reaktoru (Anonym 7).

Schéma č. 1: Bioplynové stanice na zpracování tekutých materiálů (Anonym 6)



### 3.8. Chlévská mrvva

V současné době dochází k masovému budování zemědělských bioplynových stanic. Většina technologií je založena na zpracování kukuřičné siláže a prasečí kejdy. Mnoho podniků však potřebuje řešit hospodaření se slámnatou chlévskou mrvou a kejdou skotu. Volbou správné technologie se tak může podnik vyhnout problémům při skladování a aplikaci hnoje a zároveň snížit spotřebu kukuřičné siláže. Také nebude třeba výstavba nových silážních žlabů pro provoz bioplynové stanice.

Legislativní předpisy nutí zemědělské podniky s rozvinutou živočišnou výrobou vážně se zamyslet nad hospodařením s chlévskou mrvou. Většina podniků nemá dostatečné skladovací kapacity ve formě odizolovaných zpevněných hnojišť, jelikož moderní ustájovací technologie produkují chlévskou mrvu v polotekuté konzistenci znemožňující její následné vrstvení. Aplikace hnoje na pozemky v nepříznivých klimatických podmínkách znamená spíše devastaci než zúrodnění pozemku. Pokračování v tomto systému hospodaření bude do budoucna vyžadovat

milionové investice do nových hnojišť i obnovy techniky a stejně nevyřeší provozní problémy spojené s velkovýrobní praxí.

Skvělým způsobem, jak se zbavit slamnatého nebo polotekutého hnoje v bioplynové stanici je důležité při stavbě bioplynové stanice zvolit správnou technologii, která ho dokáže dobře zpracovat. Tato technologie se v praxi běžně nevyskytuje. Požadavek investorů je následující: využít maximálním způsobem slamnatou mrvu s minimálními náklady a maximálním efektem výnosu bioplynu. Slamnatou mrvu lze zpracovávat tzv. mokrou dvoustupňovou fermentací, nebo suchým způsobem garážovou metodou. Druhý způsob je již překonaný z hlediska investičních i provozních nákladů a z hlediska bezpečnosti práce. Při klasické kapalně fermentaci není problém použít samotný hnůj, naopak se využije lépe než při tzv. suché fermentaci. Pokud podnik chová skot i prasata, může navíc míchat hnůj a kejdu dohromady.

#### Přínos BPS zpracovávající mrvu

Pokud se rozhodneme pro technologii využívající neupravenou chlévskou mrvu, dosáhneme následujících efektů v celém podniku:

- není třeba budovat hnojiště
- siláže jsou z větší míry nahrazeny chlévskou mrvou, takže potřebujeme méně silážních žlabů, nevznikají nám neúměrné špičky během sezóny
- náklady na vstupy do BPS se snižují, zisk zůstává a ekonomika je výrazně lepší
- menší závislost na tržních cenách vstupů v budoucnu
- pokud by v budoucnu došlo ke zrušení živočišné výroby, lze mrvu nahradit kukuřičnou siláží
- technologie na slamnatou mrvu zvládá bez problémů i senáže (Stober, 2009).

### **3.9. Řepné řízky**

Během extrakce cukru z cukrové řepy vzniká množství vyslazených řepných řízků – z jedné tuny zpracované řepy cca 250 kg řepných řízků s obsahem vody pohybující se kolem 80 %. Tradičním způsobem využití řepných řízků je zkrmování hospodářským zvířatům. Vzhledem k rostoucím nákladům na toto zpracování

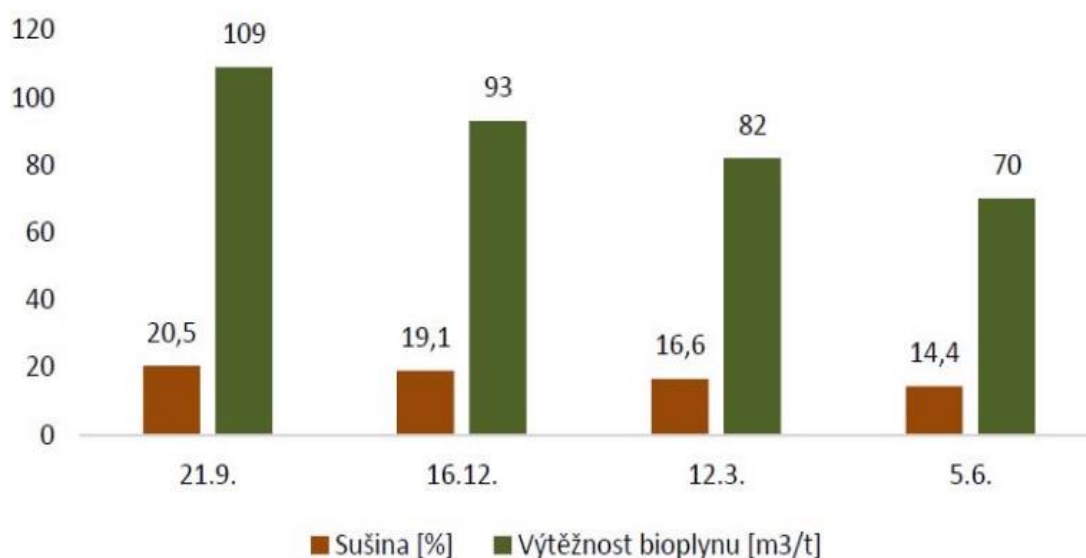


řepných řízků je velmi ekonomicky výhodná alternativa využití řepných řízků zpracovaných anaerobní fermentací.

Řepné řízky jsou složeny převážně ze sacharidů, jako je celulóza 22-30 %, hemicelulóza 24-32 %, pektinové látky 24-32% a lignin 4-6%. Zbytek řepných řízků je tvořen bílkovinami a popelem. Díky nízkému obsahu ligninu, který je velmi těžko biologicky rozložitelný, zvyšuje jeho malý obsah v řepných řízcích vhodnost pro zpracování v bioplynových stanicích.

Účinnost rozložitelnosti řepných řízků je následující cca 72 % a složení vznikajícího bioplynu je v průměru cca 50 % metanu. Důležité je konstatovat, že řepné řízky jsou velmi vhodný substrát pro bioplynové stanice. Je ale důležité si uvědomit, že stářím řepných řízků jejich kvalita rychle klesá, a tím dochází i ke snížené výtěžnosti bioplynu (Hora, 2014).

Graf č. 2: Energetický potenciál řepných řízků v závislosti na stáří (Hora, 2014)



## **4. Metody předúpravy substrátu**

Plné využití kapacitních možností bioplynové stanice a dosažení co nejvyšší výtěžnosti elektrické a tepelné energie je snahou každého, kdo vlastní bioplynovou stanici. Obecně toho lze dosáhnout zlepšením využití daného substrátu – zvýšením výtěžnosti bioplynu.

Současný provoz BPS je založen kromě produkce odpadů z velkochovů hospodářských především na produkci cíleně pěstované fytomasy jako hlavního substrátu. Vzhledem k malé biologické rozložitelnosti celulózy a jejích derivátů a také přítomnosti ligninu ve fytomase, pouze část přítomného organického uhlíku je při anaerobní fermentaci transformovaná na bioplyn a značná část zůstává nevyužita.

Produkce rostlinné fytomasy pro bioplynové stanice je omezena výkonností zemědělské produkce, a proto další zvyšování produkce bioplynu může být dosaženo pouze lepším využitím zpracovávaných surovin. To znamená zvýšení biologické rozložitelnosti zpracovávaného substrátu s cílem dosažení zvýšené transformace organického uhlíku do bioplynu (Dohányos, 2008).

### **4.1. Intenzifikace anaerobní fermentace**

Intenzifikace fermentačních procesů musí vycházet ze základních vlastností procesu. Mikroorganismy, které se fermentace zúčastňují, se vyznačují nízkými růstovými rychlostmi a nízkou rychlostí odstraňování substrátu a jejich biomasa narůstá velmi pomalu. Intenzifikace tedy musí být zaměřena především na rychlost rozkladu a na množství a aktivitu anaerobní mikrobiální kultury.

### **4.2. Rychlost rozkladu**

Anaerobní fermentace je procesem následných i souběžných reakcí. V takovémto případě limitující reakcí celého systému je reakce nejpomalejší. Tou může být hydrolýza makromolekulárních látek, rozpuštěných i nerozpuštěných nebo za určitých okolností v případě snadno rozložitelných substrátů to může být i metanogeneze. Z dalších limitujících faktorů jsou reakce rozkladu kyseliny propionové a kyseliny máselné, které jsou důležité z hlediska udržení dynamické rovnováhy celého systému.

### **4.3. Kvalita a množství**

Rychlost rozkladu organických látek závisí na kvalitě a množství aktivní kultury mikroorganismů, proto je snahou udržet jejich koncentraci v reaktoru na co nejvyšší úrovni. Koncentrace biomasy mikroorganismů v reaktoru závisí přímo úměrně na koeficientu produkce biomasy, množství odstraněného substrátu a době zdržení biomasy mikroorganismů a nepřímo závisí na hydraulické době zdržení. Reaktory bioplynových stanic fungují z hydraulického hlediska jako chemostaty. To znamená, že koncentrace biomasy mikroorganismů bude záviset pouze na produkční konstantě biomasy a množství odstraněného substrátu (Trnavský, 2013).

### **4.4. Vliv chemického složení substrátu na výtěžnost metanu**

Biologická rozložitelnost a tím i výtěžnost bioplynu závisí na chemickém složení substrátu, na obsahu sacharidů, tuků, proteinů, na podílu celulózy, hemicelulóz a ligninu, po případě dalších interních složek materiálu a na poměru jednotlivých komponent. Vzhledem k tomu, že poměr těchto komponent v různých druzích surovin je různý, odlišná je i rozložitelnost a výtěžnost metanu (Dohányos, 2008).

V technologické praxi se většinou setkáváme s komplexním složením suroviny pro anaerobní fermentaci, v níž jsou suroviny zastoupeny v různém poměru podle jejich původu a zpracování. Jak již bylo uvedeno, ne všechny organické látky přítomné v surovině se v průběhu procesu rozloží, část jich zůstává jako tzv. nerozložitelný zbytek ve zfermentovaném materiálu. Na podílu organických látek, které se během procesu nerozloží, závisí technologické podmínky procesu (teplota, doba zdržení, předúprava), (Dohányos, 2008).

### **4.5. Úprava a uskladnění surovin**

Ke zvýšení biologické rozložitelnosti různých surovin pro anaerobní fermentaci se uplatňují různé metody předúpravy substrátu. Cílem předúpravy je:

- prohloubení biologického rozkladu a tím zvýšení výtěžnosti metanu (bioplynu)
- hygienizace fermentovaného substrátu, kde to požaduje legislativa

- minimalizace množství výstupního stabilního materiálu. Vzhledem k tomu, že většina zpracovaných organických látek je v partikulární formě, nejdůležitějším procesem rozkladu je jejich převedení do roztoku – hydrolýza. Ta probíhá v důsledku přítomnosti bakterií produkujících hydrolytické enzymy a její rychlost může být podstatně zvýšena různými způsoby dezintegrace a fyzikální nebo chemickou předúpravou zpracovávaného materiálu (Trnavský, 2013).

Rozdělení jednotlivých metod předúpravy:

- mechanické metody
- chemické metody
- fyzikální metody
- biotechnologické metody

#### **4.5.1. Mechanické předúpravy**

Mechanická destrukce vstupního substrátu je často opomenuta, nebo se bere za dostatečné zpracování plodin během sklizně a následného skladování. Do fermentoru tak vstupuje nejčastěji siláž o délce 4 až 11 mm, či různé formy senáží. Ačkoliv se může zdát, že během procesu senážování či silážování rostliny se pletiva dostatečně zjemnila, stále zůstávají vůči mikroorganismům vcelku odolné. Proto je žádoucí ještě před vstupem do fermentoru je dále mechanicky či jinak upravit.

Při mechanickém zpracování lignocelulózových materiálů se nejčastěji uplatňuje sekání, stříhání, trhání, otírání, působení úderem nebo třením. Kombinací lámání, drcení a mletí lze dosáhnout výsledné velikosti částic 10–30 mm, při lámání a mletí 0,2 – 2 mm. Za tímto účelem lze použít různé drtiče nebo koloidní mlýny. Dobrým příkladem takového zařízení je desintegrační mixer v technologii EnviTec (Trnavský, 2011).

#### **Desintegrační technologie od RSJ ENERGIE s.r.o.**

Tuto technologii lze namontovat u bioplynových stanic, které mají tzv. přímé dávkování vstupních surovin do fermentoru. Díky širokému vtoku zařízení lze optimálně kombinovat s různými předřazenými zásobníky, jako jsou vertikální mixery, nebo posuvné podlahy.

Princip zařízení:

Vstupní substráty jsou například z vertikálního mixeru posouvány do příjmového bodu tohoto zařízení, kde je uložen pomaloběžný nerezový šnekový dopravník. Šnekový dopravník posouvá substrát do kompresní komory, kde se odloučí tekutiny a sjednotí se sušina u vstupních dávkovaných substrátů. Za kompresní komorou je uložen rotační nůž, který stlačenou směs ukrajuje. Z druhé strany komory jsou přiváděny tekuté složky jako je kejda a recirkulát, které se mísí s dezintegrovanou směsí. Takto upravená směs se ještě jednou přemele a při tom se oddělí nežádoucí materiály (kamení, plasty, části kovů atd.) pro správný chod bioplynové stanice. Výsledkem celého procesu je dokonale dezintegrovaná a homogenní směs, která je následně čerpána do fermentoru (Anonym 8).

Výše uvedený proces má několik výhod oproti přímému dávkování vstupních surovin ze zásobníků do fermentační nádrže:

- 1) Zabránění přívodu nečistot do fermentoru
- 2) Snížení vlastní spotřeby elektrické energie
- 3) Snížení spotřeby vstupních surovin
- 4) Možnost využití širšího spektra vstupních surovin (Anonym 8).

#### **4.5.2. Chemické předúpravy**

Chemická předúprava zahrnuje alkalickou nebo kyselou hydrolyzu a použití oxidačních činidel, a to samostatně nebo ve vzájemné kombinaci s vyšší teplotou. Rozklad kyselinami a louhy – hydrolyzu lze realizovat v podstatě v celém rozsahu pH. V kyselém prostředí kyseliny chlorovodíkové při pH 6 proběhne hydrolyza zhruba během 6 až 12 hodin. V zásaditém prostředí při pH 11,5 – 12,5 dochází k hydrolyze během 20 až 30 minut. Tuto metodu lze aplikovat zejména na materiály obsahující celulózu (Dohányos, 2013).

Termochemickou předúpravu lze aplikovat na chlévskou mrvu při zahřátí na 120 °C za přidání CaO a snížením sušiny na 4 %. Takto bylo dosaženo navýšení produkce metanu o 64 % (Moller et al., 2005).

## Oxidace

Jako oxidační činidlo se nejčastěji používá ozón. Ozón vyvolá současně částečnou oxidaci a hydrolýzu organické hmoty. Buněčné stěny mikroorganismů jsou narušeny a cytoplasma je rozpuštěna. Látky nerozpustné ve vodě s vysokou molekulovou hmotností jsou rozštěpeny na menší ve vodě rozpustné a rozložitelné fragmenty. Při ozonizaci také dochází ke snížení počtu patogenních mikroorganismů (Dohányos, 2013).

### **4.5.3. Fyzikální metody**

#### Termická dezintegrace

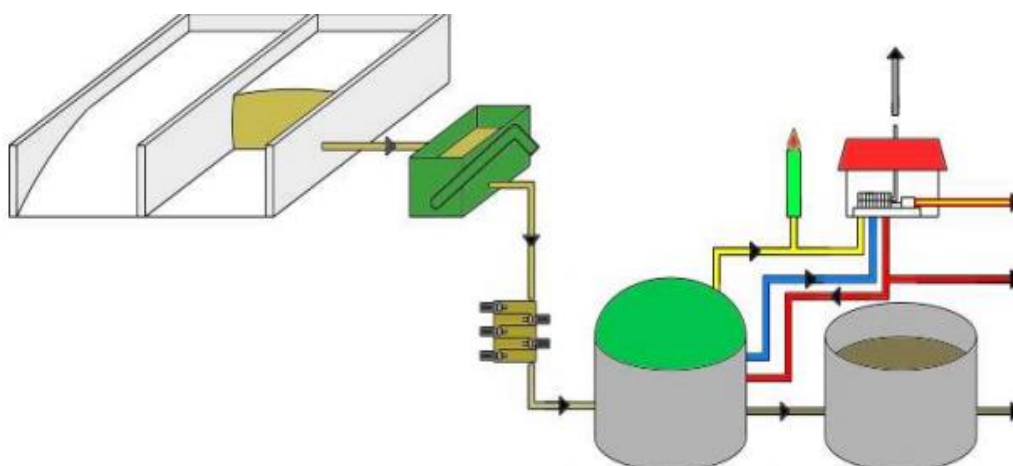
Principem je, že zpracovávaný substrát se za vysokého tlaku zahřeje na vysokou teplotu (130 až 180 °C) po určitou dobu (1 až 30 minut), poté se tlak uvolní, čímž dojde k další destrukci kavitací. Termickou dezintegrací substrátu dochází k hydrolýze tuhých buněčných komponent. Vysoká teplota narušuje buňky a způsobí hydrolýzu proteinů, uhlovodíků, tuků a dalších makromolekul vylučovaných z buňky. Působením termické úpravy se však mohou rozpouštět, popřípadě vznikat sloučeniny, které nejsou biologicky rozložitelné. Termická předúprava rozbije buněčné stěny a zpřístupní proteiny biologickému rozkladu.

Termická předúprava se hlavně používá při úpravě čistírenských kalů, v poslední době se termická předúprava zavádí pro zpracování jatečného odpadu a ojediněle i pro předúpravu jiných materiálů (Dohányos, 2013).

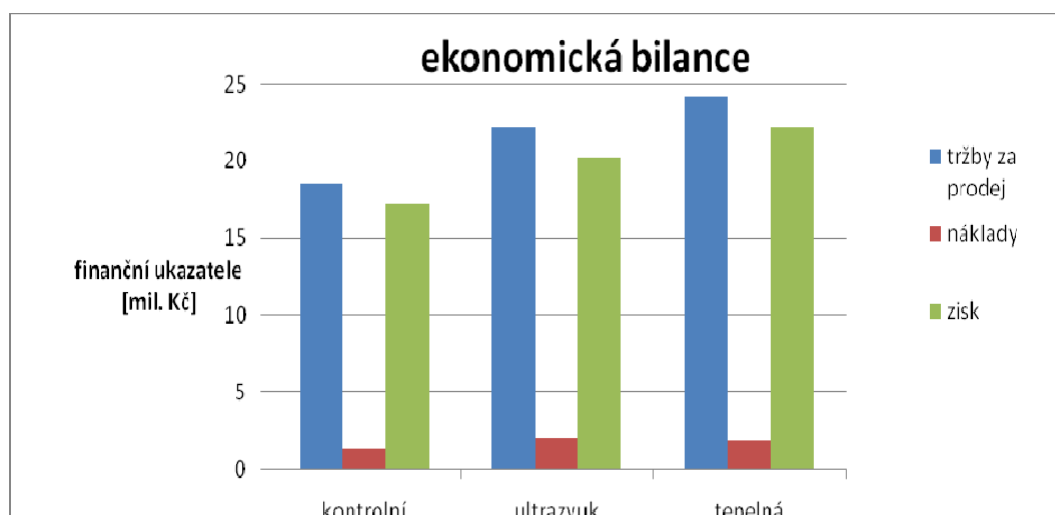
#### Ultrazvuková metoda

Surový substrát je transportován dopravníkem přes drtič do ultrazvukového generátoru, kde dojde k úpravě. Když substrát projde přes ultrazvukový generátor, dojde k jeho kativaci. Při kativaci dochází vlivem působení sil k destrukci organických látek obsažených v substrátu až na buněčné struktury. Energie potřebná pro provoz ultrazvukového generátoru je zhruba 1 % z vyrobené elektrické energie v kogenerační jednotce. Po tomto zásahu je hydrolyzovaná organická hmota dopravena potrubím do fermentoru (Hrušák, 2010).

Schéma č. 2: Bioplynové stanice s ultrazvukovým generátorem (Hrušťák, 2010)



Graf č. 3: Ukazuje roční příjmy za elektrickou energii, náklady a zisk (u nejmenované bioplynové stanice), (Hrušťák, 2010)



#### 4.5.4. Biotechnologické metody

Mezi biotechnologické metody se řadí enzymová či mikrobiální předúprava – použití čistých komerčně vyráběných enzymů – např. celuláz, přímé použití mikroorganismů s vysokou celulázovou aktivitou – bacherové či anaerobní houby. Dotování fermentované směsi mikronutrienty, jako například Co, Ni, Mo, může v případě průmyslových jednodruhových substrátů podstatně vylepšit proces.

## Enzymatická hydrolýza

Nejdůležitější pro uskutečnění enzymatické hydrolýzy jsou samotné enzymy, jež se dají získat z bakterií nebo plísní, které jsou producenty celuláz. Enzymatická hydrolýza se skládá ze tří kroků: adsorpce enzymů celuláz na povrchu celulózy, biologický rozklad celulózy na fermentovatelné cukry a desorpce celuláz. Její účinnost závisí především na koncentraci substrátu, typu a koncentraci enzymů založených na celulázách a dalších podmínkách, při kterých reakce probíhá (pH, teplota). Zvýšením dávky celuláz se může zvýšit rychlost a rozklad celulózy, ale zvýší se i cena. Avšak výhodou je, že se může celulóza získaná z kalové vody opět použít pro další rozklad.

Při adsorpci celuláz na povrch celulózy však dochází ke zpomalování zcukření, a proto je potřeba tomuto nežádoucímu jevu zabránit. Jednou z metod, jak toho dosáhnout, je přidat do roztoku tenzidy, které změní vlastnosti povrchu celulózy a minimalizují nevratné vázání celuláz na celulózu. Dalším možným způsobem je tzv. SSF metoda. Je to proces založený na současně probíhajícím zcukření a fermentaci vzniklých cukrů. Děj probíhá při teplotě 38 °C, což je kompromis mezi teplotou vhodnou pro hydrolýzu (45 až 50 °C) a teplotou fermentace (30 °C) a má následující výhody:

- nižší požadavky na enzymy
- vyšší produkce cukrů
- nižší požadavky na sterilní podmínky, protože glukóza je odstraněna hned
- kratší čas
- vše lze provádět v jednom reaktoru

K nevýhodám patří:

- rozdílné teploty hydrolýzy a fermentace
- zpomalení činnosti enzymů etanolem
- schopnost přežití mikroorganismů produkujících enzymy v etanolu (Kokrhelová, Jirout, 2008).



## 5. Pěstování Kukuřice

V botanickém systému je kukuřice (*Zea mays* L.) zařazena mezi jednoleté plodiny. Kukuřice je jednodomá s různopohlavními květy uspořádanými do oddělených květenství laty a palice. Řadí se mezi cizosprašné rostliny.

Kukuřice má některé znaky společné s jinými druhy čeledě lipnicovitých, ale v některých znacích se odlišuje (Zimolka, 2008).

### Příprava půdy

Kukuřice je na přípravu půdy velmi náročná. Aby se mohl plně rozvinout mohutný kořenový systém kukuřice, je důležité vytvořit příznivé podmínky pro příjem vody a živin. Rostlina vyžaduje hluboko zpracované půdy (Šroller, 1998). Pro kukuřici se v současné době nabízí vcelku rozsáhlý výběr technologických postupů. Přitom se musí volba pracovních postupů přizpůsobit podmínkám stanoviště, zařazení kukuřice do osevního postupu včetně managementu posklizňových zbytků, stavu půdy po sklizni předplodiny, ale i dalším faktorům. U kukuřice lze využít v současné době jak tradiční technologii, tak i minimalizační technologii (Zimolka, 2008).

### 5.1. Tradiční technologie

V České republice zatím převažují ve velké míře tradiční technologie, které využívají orbu (Zimolka, 2008). Na podzim se provádí základní zpracování půdy: podmítka, která se provede v co nejkratší době po předplodině, v hloubce 6-12 cm a využívají se k tomu talířové, anebo radličkové kypřiče. Po podmítce následuje střední orba se zaorávkou organických či minerálních hnojiv (Šroller, 1998). Při pěstování kukuřice po sobě nebo po okopaninách je dobré provést hlubokou orbu. Kvalitní orba by nám měla zajistit podmínky, při kterých budou na jaře minimální vstupy na pozemek. Veškeré jarní práce se zahajují, jakmile to půdní podmínky dovolí (Zimolka, 2008). Během jarní přípravy půdy pro kukuřici se musí dosáhnout rychlého prohřátí půdy, udržet půdu dostatečně kyprou a šetřit půdní vodou (Šroller, 1998). Příprava půdy se provádí pouze do hloubky setí, nesmí se tvořit hroudy a nadměrně utužit půda. Vhodná je dělená příprava, která v první fázi zajistí urovnání pozemku a ve druhé fázi pak vytvoří seťové lůžko. K těmto jarním pracím se

využívají brány, kombinátory a kompaktrory, nedoporučuje se využívat smyky (Zimolka, 2008).

Tradiční technologie zpracování půdy s orbou jsou u nás prověřeny dlouholetou praxí. Mezi jejich hlavní výhody patří rychlé prohřívání půdy na jaře, snížení nákladů na chemickou ochranu, hlubší a rovnoměrné zapravení posklizňových zbytků do půdy. Nevýhodou je především jejich vysoká pracovní a energetická náročnost (Smutný a kol. 2014).

## **5.2. Minimalizační technologie**

V posledním období jsme svědky rozšiřování minimalizačních technologií i u kukuřice. Hlavním problémem při využívání minimalizačních technologií u kukuřice je nedostatečně prohřátá půda v jarním období, což je v období setí a vzházení. Vlhkostní podmínky půdy jsou naopak lepší oproti tradiční technologii (Hůla, Procházková, Kovaříček, 2004). Při používání minimalizačních technologií se využívají hlavně postupy s mělkým či středně hlubokým zpracováním půdy. Ke kypření na podzim se hlavně využívají radličkové nebo talířové stroje a na jaře se provede mělké kypření těsně před setím. K setí kukuřice jsou pak využívány přesné secí stroje, které jsou schopny aplikovat minerální hnojiva pod patu.

Vzhledem k ochraně životního prostředí a půdy je minimalizační technologie zpracování půdy žádoucí. Co se musí poznamenat je především omezení eroze půdy, na kterou je kukuřice náhlá, a ztrát pohyblivých forem dusíku z půdního prostředí do podzemních vod (Zimolka, 2008).

*Minimalizační technologie můžeme rozdělit do třech směrů:*

### **5.2.1. Při pěstování kukuřice po obilninách**

Při zařazení kukuřice po obilninách jsou hojně rozšířené technologické postupy s podmínkou, po které následuje mělké zpracování půdy nebo hlubší kypření do 20 cm (Hůla, Procházková, Kovaříček, 2004). V poslední době se zejm. uplatňuje i postup podmínky s následnou regulací vzešlého výdrolu a plevelů neselektivním herbicidem (Zimolka, 2008). Tento postup využívají hlavně v teplejších a sušších oblastech (Hůla, Procházková, Kovaříček, 2004). Na jaře se provádí mělké zpracování půdy, při kterém se zapraví minerální, anebo tekutá organická hnojiva. Po

této aplikaci se provede výsevek kukuřice přesnými secími stroji (Zimolka, 2008). Tento postup se využívá hlavně na erozně ohrožených půdách, kde se vysévá kukuřice do vymrzajících meziplodin, anebo po obilninách, které se sklízí přímo na siláž.

### **5.2.2. Při pěstování kukuřice po kukuřici a okopaninách**

U kukuřice, která se pěstuje po okopaninách, tak přichází v úvahu využití technologických postupů s mělkým zpracováním půdy na podzim. Na jaře se zapraví minerální hnojiva a následně se může využít přesný secí stroj s podpovrchovým zapravením tuhých nebo kapalných hnojiv. Pokud kukuřici budeme hnojit kejdou, je vhodné provést mělké zpracování půdy na podzim pomocí radličkových kypřičů, spojené s podpovrchovým zapravením kejdy (Hůla, Procházková, Kovaříček, 2004).

Při pěstování kukuřice po sobě je postup obdobný jako po okopaninách. Na podzim je dobré půdu zpracovat mělce, nejlépe talířovým nářadím, aby se do půdy zapravily posklizňové zbytky kukuřice. Zbytky kukuřice musí být před zapravením do půdy dobře rozdrceny a rovnoměrně rozprostřeny po pozemku za pomoci mulčovacích strojů. Na jaře je třeba zkontrolovat stav pozemku a podle toho se rozhodnout, jaké nářadí použít, jestli talířové nebo radličkové. V teplejších a sušších oblastech je možné využít aplikaci neselektivního herbicidu s následným přímým setím. Setí se provede přesnými secími stroji, pokud možno se současnou podpovrchovou aplikací minerálních hnojiv.

Vynechání zpracování půdy na podzim i na jaře s následným přímým setím kukuřice do nezpracované půdy je krajní variantou po všech předplodinách. V tomto případě vznikají problémy s kvalitou založení porostu v důsledku velkého množství posklizňových zbytků na povrchu půdy, tento problém se vyskytuje hlavně u kukuřice na zrno, která tvoří předplodinu následné kukuřici. Půda se velmi pomalu na jaře prohřívá a v neposlední řadě musíme počítat i s vyšším procentem zaplevelení porostů (Zimolka, 2008).

### **5.2.3. Zakládání porostů kukuřice do meziplodin**

Ve výrobních oblastech s nedostatečnými nebo nerovnoměrnými srážkami a dále v oblastech, kde jsou svažitá a erozně ohrožené podmínky, je tato technologie velice dobrá. Tlak na rentabilitu pěstování plodin nutí každého zemědělce zvažovat, co je nebo není prioritní. Nezanedbatelný je také zvýšený zájem vlastníků půdy o to, jak se s jejich pozemky zachází a pečuje se o ně, a proto si nemůžeme nadále dovolit půdu devastovat (Šebela, 2012).

Tuto technologii můžeme zaznamenat na pozemcích, které jsou erozně ohrožené, je vhodný výsev kukuřice do vymrzající nebo i přezimující, chemicky likvidované meziplodiny. Hlavním úkolem postupu je ochrana půdy a životního prostředí před erozí (Zimolka, 2008). Pro rostlinu zajišťujeme páskovým setím ochranu před splavením, snadnější prohřátí seťového lůžka, které nám umožní dřívější setí i za méně příznivých klimatických podmínek a nakonec důležitým faktorem je zachování dostatku vláhy v půdě (Šebela, 2014).

Výsevy kukuřice do meziplodin se provádí nejčastěji v osevním postupu po obilninách, aby byl dostatek času na pěstování meziplodiny. Při zařazení kukuřice po kukuřici nebo po okopaninách mohou nastat při opožděné sklizni problémy se založením porostu a vypěstováním meziplodiny (Zimolka, 2008).

### **5.3. Hnojení a výživa kukuřice**

Kukuřice patří mezi rostliny typu C-4. Tyto rostliny velmi dobře využívají sluneční energii. S tím je spojeno i efektivní využití přijatých živin, které jsou důležité k tvorbě výnosu. Obsah živin v rostlinách je ovlivněn především půdně klimatickými podmínkami, úrovní hnojení a pěstovaným hybridem, a proto i odběr živin se může významně lišit.

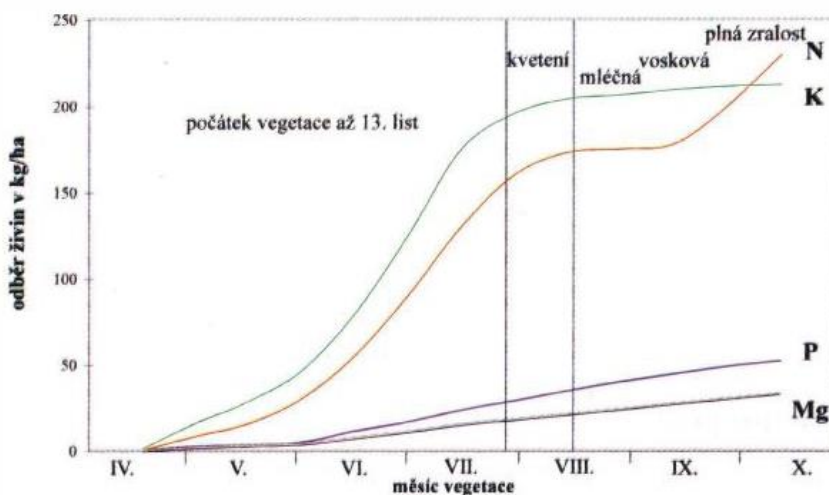
U kukuřice v porovnání s ostatními obilovinami je zřejmé, že vliv hnojení na výnosové prvky je nižší. Dusíkatým hnojením nejvíce ovlivníme počet zrn v palici a dále hmotnost 1000 semen. Ke hnojení kukuřice se velmi často využívají organická hnojiva, zvláště na půdách s malou úrodností. Dávky hnoje na ha se pohybují do 40 t. Většinou se doporučují podzimní aplikace, ale na lehkých půdách se může tolerovat i jarní aplikace. Vhodné před předseťovou přípravou je použití močovky v dávkách mezi 40 – 70 t na ha podle obsahu dusíku (Kulovaná, 2001).

Živiny, které se dodají statkovými hnojivy, se uvolňují postupně v průběhu celé vegetace dle potřeby rostlin. Tento způsob hnojení je především významný u půd, které mají nižší sorpční schopnost. U těchto půd se projevují ztráty zásobního hnojení průmyslovými hnojivy vyplavováním do podzemních vod. Jednorázová aplikace průmyslových hnojiv před setím má za následek až 50% ztráty na živinách v půdě, které pak schází v období intenzivního nárůstu hmoty (Vrzal, Novák 1995).

Tabulka č. 3: Normativní potřeba živin pro kukuřici (Vaněk a kol., 2007)

Produkt	kg na 1 tunu produktu					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Zrno + sláma	22 – 26	4,4 – 6,6	21 – 33	4,3 – 7,1	4 – 6	3,1 – 3,5
Silážní hmota	3,4 – 4	0,7 – 0,9	2,9 – 3,7	0,9 – 1,3	0,3 – 0,6	0,4 – 0,5

Graf č. 4: Dynamika odběru živin kukuřicí (Anonym 15)



### 5.3.1. Dusík

Kukuřice patří mezi velmi náročné plodiny na spotřebu dusíku. Hnojení se provádí jak průmyslovými, tak organickými hnojivy v dávkách 80–200 kg N na ha. Největší část dusíku se většinou aplikuje před setím, ale největší odběr živin mají rostliny až v období intenzivního růstu, tedy asi za 8–10 týdnů po zasetí. Snahy o přesun hnojení do vegetačního období jsou zcela oprávněné s ohledem na ztráty dusíku, ale běžné metody přihnojení dusíkatými hnojivy vedou většinou k poškození porostu (popálení paždí listů). Proto jsou upřednostňovány metody aplikace hnojiv, které by nepoškozovaly porost (hnojení pod listy, na povrch půdy), (Kulovaná, 2001).

Ke hnojení lze využít prakticky všechna jednoduchá dusíkatá hnojiva. Je také nutné zdůraznit význam močoviny, kterou můžeme využít jak na jaře, tak i daleko výhodněji na podzim. Použití dusičnanu amonného s vápencem přichází v úvahu při předset'ové přípravě. To platí též i u síranu amonného, přestože je v suchých podmínkách někdy vhodnější jeho aplikace již na podzim. (Špaldon 1982)

S ohledem na ekonomiku hnojení a ekologické aspekty je hnojení dusíkatými hnojivy třeba uskutečnit ve dvou termínech, a to základní hnojení před setím a přihnojení během vegetace (Kulovaná, 2001).

**Základní hnojení před setím** – v teplejších a sušších oblastech řepařské výrobní oblasti se může dát dávka až 120 kg/ha a v humidnějších oblastech a lehkých půdách se pohybuje dávka do 70 kg/ha. Pokud jsme nestihli provést před setím, je možné dodatečně aplikovat nejdéle do 3 dnů po zasetí asi 40 kg N/ha LAV nebo DAM. (Vaněk, 2002).

**Přihnojení během vegetace** – dělení nám umožňuje docílit zvýšení výnosu a vyššího využití dusíkatých hnojiv, zvláště na lehčích půdách a v oblastech a obdobích s vyššími srážkami. Přihnojení se má uskutečnit v období, kdy porost dosáhl výšky 20–40 cm. K přihnojení z granulovaných hnojiv by se měly využít LAV, a to při výšce porostu cca 20 cm. Aplikovaná dávka by se měla pohybovat v rozmezí 20–40 kg N na ha. Nejvíce rozporuplná otázka visí nad využitím DAM k přihnojení kukuřice. Při klasické aplikaci může docházet ke značnému poškození porostu popálením. I když rostliny většinou dobře regenerují, má poškození porostu

za následek snížení obsahu sušiny. Proto se hlavně z tohoto důvodu přihnojení DAM na list v klasické podobě nedoporučuje. V současnosti jsou, však se již aplikátory upravují tak, aby byly schopny aplikovat hnojivo pod listy, čímž nedochází k poškození rostlin. Při tomto způsobu lze využít až dávku okolo 60 kg N na ha (Kulovaná, 2001).

### 5.3.2. Fosfor

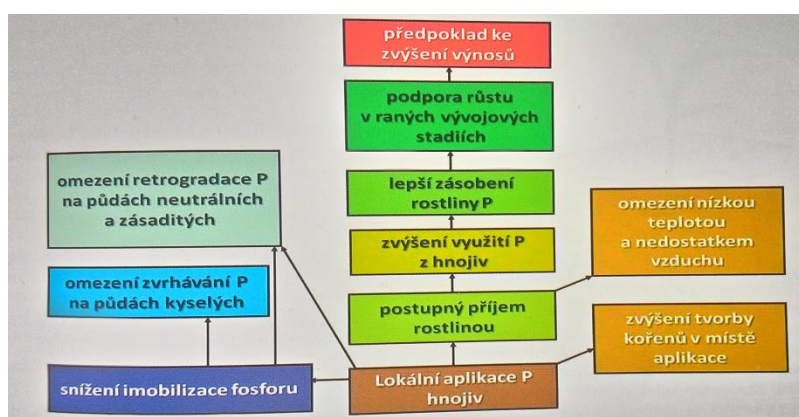
Kukuřice je plodinou náročnou na fosfor zvláště v počátečních růstových fázích. Proto je potřeba zajistit jeho optimální množství v celém půdním profilu. Aplikace fosforu na půdách s jeho nízkým obsahem zlepšuje výživný stav rostlin zejména v raných fázích růstu, a to se nejvíce projevuje ve zvýšené tvorbě fytomasy kořenů a nadzemních částí rostlin. Podmínkou pro hnojení fosforem je, aby se hodnota půdní reakce pohybovala v oblasti slabě kyselé až neutrální (Zimolka, 2008).

Tabulka č. 4: Přehled hnojiv s obsahem P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Tuhá fosforečná hnojiva	Složení (hmotnostní %)	Použití
<b>S obsahem vodorozpustné formy fosforu</b>		
Superfosfáty jednoduché granulované	17 – 19 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	vhodné pro aplikaci při podzimní orbě a k hnojení pod patu
Trojité superfosfát	45 – 48 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	stejně jako superfosfát jednoduchý
<b>S obsahem fosforu rozpustným ve 2% kyselině citronové<sup>1</sup> nebo v citranu amonném<sup>2</sup></b>		
Hyperkorn <sup>1</sup>	26 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	vhodné k základnímu hnojení na kyselejší půdy (obsahuje 3 % MgO)
Fosmag MK <sup>2</sup>	25 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	vhodné k zásobnímu hnojení (obsahuje 2 % MgO, 36 % CaO,

Na jaře je nejvhodnějším hnojivem *amofos*, který použijeme před setím na široko v dávce 100 až 300 kg na ha, podle toho jaká je zásobenost půdy, nebo ho můžeme využít na přihnojení pod patu. Pro počáteční růst kukuřice stačí do 100 kg na ha pod patu *amofos*. Toto hnojivo, které obsahuje vodorozpustná P, má velký význam při vzcházení kukuřice především v méně příznivých klimatických podmínkách. Při hnojení pod patu se projevuje lepší příjem fosforu v raných fázích růstu rostliny. Nedostatek fosforu se projevuje u mladých rostlin nižším vzrůstem, užším načervenalým listem, kdy dochází ke snížené tvorbě chlorofylu a hromadění glycidů v listech (Kačicová, 2006).

Schéma č. 3: Působení fosforečných hnojiv aplikovaných pod patu (Zimolka, 2008)



### 5.3.3. Draslík

Draselnými hnojivy se hnojí hlavně na podzim nebo před setím. Zvláště je vhodná aplikace těchto hnojiv na posklizňové zbytky před orbou, kdy lze docílit lepšího rozmístění draslíku v půdním profilu. Z hnojiv se upřednostňují hlavně draselná hnojiva chloridového typu. Zvýšení výnosu zrna může být způsobeno odstraněním chloridového deficitu, který má za následek potlačení kořenových chorob a zlepšení vodního režimu rostliny.

### 5.3.4. Vápník

Příjem vápníku rostlinou je pasivní a nevyžaduje žádný přívod energie. Mobilita vápníku se odehrává v rostlině za pomoci xylemového pletiva spolu s vodou. Proto příjem vápníku je přímo závislý na rychlosti transpirace rostliny [Sela (1), 2017]. Vápník v rostlině ovlivňuje propustnost buněčných membrán, dále pak působí na stabilitu struktur a rostlinných pletiv. Má pozitivní rozvoj na kořenový systém (Richter, 2013). Při vysoké vlhkosti vzduchu a nízkých teplotách může dovézt ke snížené transpiraci a tím i k nedostatku vápníku v rostlině [Sela (1), 2017].

Nedostatek: netvoří se kořenové vlásky

tvorí se sterilní pyl

zrna jsou malá a zasychají (Richter, 2013).



### 5.3.5. Hořčík

Produkce kukuřice se výrazně zvýšila v posledním desetiletí, ale hnojení hořečnatými hnojivy se nepokládalo za moc důležité. Ve standardní zemědělské praxi je hořečnaté hnojivo nejčastěji aplikováno do půdy před setím (Grzebisz, 2013). Hořčík má celou řadu klíčových rolí v mnoha funkcích rostlin. Jeden ze známých rolí hořčíků je v procesu fotosyntézy, neboť se jedná o stavební blok chlorofylu, což se na listech projevuje zelenou barvou.

V půdě je hořčík přítomen ve třech frakcích:

- Hořčík v půdním roztoku – hořčík v půdním roztoku, je v rovnováze s vyměnitelnými ionty hořčíku a je snadno dostupný pro rostliny.
- Výměnný hořčík – to je nejdůležitější část pro stanovení hořčíku, který je k dispozici pro rostliny. Tato frakce se skládá z hořčíku drženého v jílových částicích a organické hmotě.
- Špatně vyměnitelný hořčík – se stává, který je složkou primárních minerálních látek v půdě. Z rozpadlých minerálních látek v půdě je pohyb hořčíku velmi pomalý. Proto tato frakce hořčíku není pro rostliny k dispozici (Anonym 1).

Rozhodující pro hnojení hořčíkem je obsah přístupného hořčíku v půdě. Do potřeby se zpravidla nezahrnuje hořčík obsažený v posklizňových zbytcích, poněvadž jeho obsah je nízký. Aplikace hořečnatých hnojiv se může provádět samostatně nebo v rámci vápnění, kdy se použije dolomitický vápenec, případně při aplikaci draselných a dusíkatých hnojiv, z nichž některá již hořčík obsahují. K základnímu hnojení se využívá většinou Kieserit nebo hořká sůl (Zimolka, 2008).

### 5.3.6. Síra

Síra je základní živina pro růst rostlin. V posledních letech jsou nedostatky síry stále častější a význam síry v rostlinné výrobě nabírá na důležitosti. Síra má různé funkce v rostlinách. Rostliny síru využívají s některými aminokyselinami jako stavební kámen bílkovin. Většina síry je absorbovaná rostlinami a asi 90 % se jí využívá pro tento účel. Dostatek síry je nezbytný pro tvorbu chlorofylu. Nedostatky síry jsou s větší pravděpodobností v písčitéch půdách s nízkým obsahem organické hmoty (méně než 2%), a to za podmínek při větším množství srážek [Sela (2), 2017].

S ohledem na pokles síry v půdě v posledních letech je doporučováno využít při předset'ové přípravě půdy i hnojiva se sírou. Dobré zkušenosti jsou se sádrovcem, jednoduchým superfosfátem, draselnými i hořečnatými hnojivy s obsahem síry. Jejich pozitivní vliv se projevuje hlavně v oblastech s dlouhodobě nízkými emisemi síry a na půdách s nízkým obsahem vodorozpustné síry. Při výpočtu množství síry potřebné ke hnojení se vychází z předpokládaného výnosu stejně jako u ostatních živin. Na jednu tunu produkce zrna se počítá, že rostlina odebere 3,1 – 3,5 kg síry. S obsahem síry, který se nachází v posklizňových zbytcích, se nepočítá (Zimolka, 2008).

### **5.3.7. Ostatní mikroprvky**

Kukuřice je z mikroelementů zvláště náročná na bor a zinek. Jejich nedostatek se objevuje na půdách vyvápňených s pH od 6,4 a výše, zvláště za déletrvajícího suchého počasí. Deficit lze odstranit pomocí různých typů listových hnojiv (Nitrozink, Folibor aj.), (Richter, 2005).

## **6. Ekonomika pěstování kukuřice**

### **6.1. Intenzita – hlavní nástroj ziskovosti**

V posledním desetiletí se české zemědělství potýká s problémem střídání vysokých a nízkých výkupních cen jednotlivých komodit. Podle toho se mění postoj českých zemědělců k rozsahu a pěstování kukuřice na siláž pro skot a na zrna. Jediné odvětví, kde zemědělci nediskutují o nutnosti intenzivního pěstování kukuřice, je její využití pro výrobu bioplynu. Intenzita pěstování je nutná především pro rentabilitu a ziskovost každého odvětví, kde je kukuřice využívána jako surovina, anebo kde je tržní plodinou.

Intenzivní pěstování kukuřice přináší:

- nižší náklady na jednotku produkce při dosažení požadované kvality siláže pro skot či bioplynovou stanicí nebo zrna,
- snížení plochy potřebné pro pěstování kukuřice, a tím vznikající možnost tuto vyšetřenou plochu využít k osetí jinou tržní plodinou

Dle šetření struktury nákladů na pěstování kukuřice je zřejmé, že intenzifikační faktory, kterými jsou osiva, hnojiva a pesticidy, činí průměrně pouze 40 % z celkových nákladů vynaložených na hektar. Pravděpodobně proto, že jejich úspory jsou nejnepříznivěji a nejrychleji proveditelné, i když neúčelné. Zbývajících 60 % nákladů jsou vnitropodnikové, kde je úspora nákladů většinou pomalá a namáhavá.

Tlak na snížení nákladů vede některé pěstitele k jednoduššímu uvažování, kdy se podřizuje výživa kukuřice cenám hnojiva, čistota cenám pesticidů a výběr hybridů ceně osiva bez zřetele na výnos, kvalitu a konečný výsledek výroby.

## **6.2. Vliv kukuřičné siláže na ekonomiku výroby energie z bioplynu**

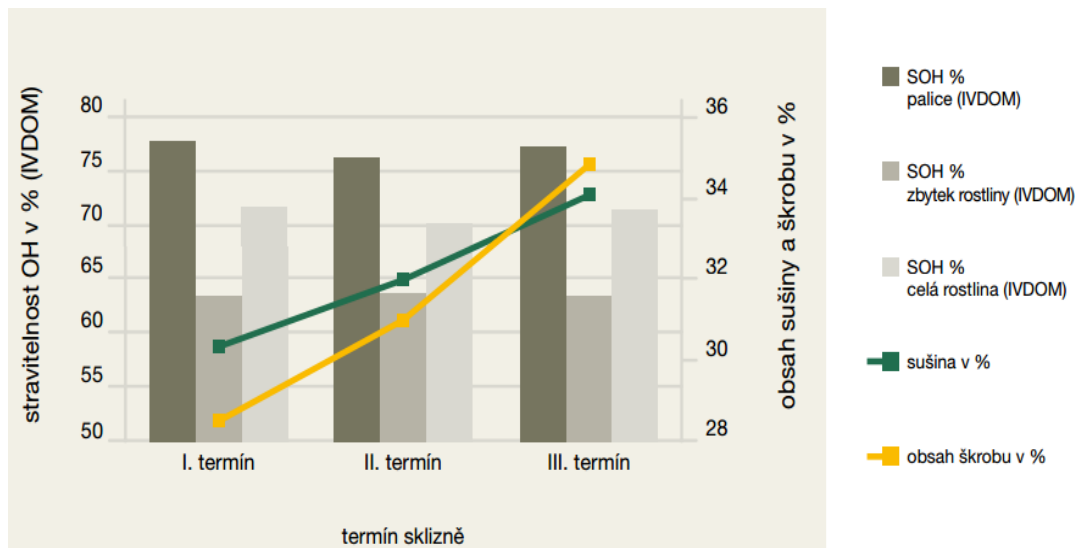
Má – li vyrobená kukuřičná siláž stabilní zisk z výroby energie při fermentaci v bioplynových stanicích, je nutno si uvědomit zásadní požadavky pro přípravu kukuřičné siláže. O nich je třeba přemýšlet již při výběru hybridů (Anonym 4).

Charakteristika silážních hybridů:

Velice důležité vlastnosti hybridů, které umožňují sklizeň v optimální koncentraci živin po delší časové období.

- 1) vysoký výnosový potenciál
- 2) optimální koncentrace živin
  - vysoký podíl škrobu
  - nízký obsah vláknitých frakcí (ADF a NDF)
  - předpoklad vysoké stravitelnosti organické hmoty
- 3) maximální délka sklizňového okna
  - všechny silážní hybridy, aby měly co nejdelší sklizňové okno
  - v období 2–3 týdnů dochází k nárůstu obsahu škrobu v palici i přírůstku sušiny s tím, že nedochází k poklesu stravitelnosti organické hmoty celé rostliny (Anonym 12).

Graf č. 5: Sklizňové okno silážních hybridů (Anonym 12)

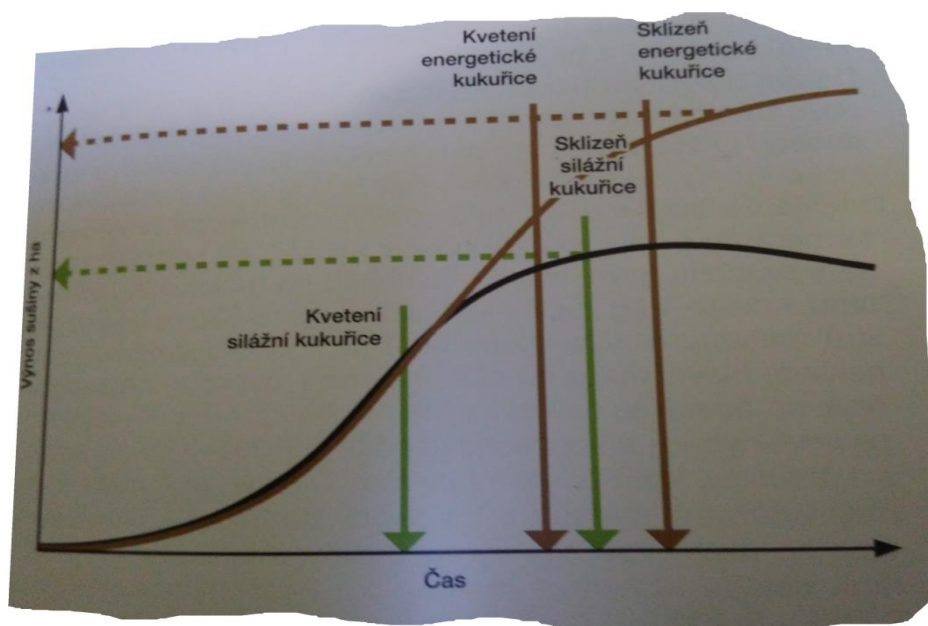


Požadavky na kukuřičnou siláž pro bioplynovou stanici lze specifikovat:

- maximální produkce sušiny z 1 ha
- vysoká produkce bioplynu s co nejvyšším obsahem metanu z 1t sušiny
- vysoká degradabilita buněčných stěn ve fermentoru
- výnos zelené hmoty není určující
- vysoký obsah škrobu není důležitý

Požadavky na kukuřičnou siláž pro bioplynové stanice jsou diametrálně odlišné od požadavků na siláž pro dojnice či výkrm skotu. Dnešní šlechtění se ubírá cestou zvyšování výnosu sušiny z 1 ha.

Graf č. 6: Vývoj energetické kukuřice



Z grafu je patrné, že energetické hybridy kukuřice mají prodloužený vegetativní růst oproti silážním hybridům pro dojnice. Prodloužené období je využito k tvorbě dalších listů a internodií. Mohutnější asimilační aparát produkuje velké množství jednoduchých cukrů, které jsou ukládány i ve stéble.

Provoz a ekonomiku bioplynové stanice neovlivňuje jen kvalita vstupního substrátu, ale také náklad na jednotku produkce (Anonym 4).

Tabulka č. 5: Náklady technologických operací na 1 ha (Anonym 13)

KUKUŘICE NA SILÁŽ	Ukazatel	Jednotka	Normativ / výrobní oblast		
			K+Ř	B	BO+H
<b>Náklady</b>	MATERIÁLOVÉ NÁKLADY CELKEM	Kč.ha <sup>-1</sup>	12975	13911	12975
	Mechanizované práce	Kč.ha <sup>-1</sup>	9297	9610	10147
	Spotřeba paliva	l.ha <sup>-1</sup>	94.1	99.6	108.2
	Potřeba práce	h.ha <sup>-1</sup>	5.3	6.2	6.5
	VARIABILNÍ NÁKLADY CELKEM	Kč.ha <sup>-1</sup>	22272	23521	23122
	FIXNÍ NÁKLADY	Kč.ha <sup>-1</sup>	4000	4000	4000
	NÁKLADY CELKEM (variabilní + fixní)	Kč.ha <sup>-1</sup>	26272	27521	27122
<b>Produkce</b>	Hlavní produkt - výnos	t.ha <sup>-1</sup>	32	35	32
	NÁKLADY VARIABILNÍ - bez dotací	Kč.t <sup>-1</sup>	696	673	723
	NÁKLADY CELKEM - bez dotací	Kč.t <sup>-1</sup>	821	787	848
	Dotace 2009 (SAPS + TOP UP)	Kč.ha <sup>-1</sup>	5878	5878	5878
	NÁKLADY VARIABILNÍ - včetně dotací	Kč.t <sup>-1</sup>	513	505	539

## **7. Cíl práce**

Cílem práce je zvýšení efektivity bioplynové stanice ZD Měčín pomocí tří metod pěstování kukuřice. V této práci jsou porovnávány tři metody a hlavním sledovacím faktorem je výnos zelené hmoty z ha a zajištění rentabilního pěstování kukuřice. Dále byl sledován vliv metody pěstování kukuřice na snížení vodní eroze půdy.

## **8. Metodika**

### **8.1. Charakteristika podniku ZD Měčín**

Vznik družstva je datován 3. 5. 1951. Podnik byl postupně rozšiřován slučováním s okolními družstvy až do současné podoby. Po roce 1980 bylo vybudováno nové sídlo družstva a zároveň největší středisko v zemědělském areálu na okraji města Měčín. Zde se nachází bioplynová stanice, výkrm býků a v zimě jsou tu ustájeny krávy bez tržní produkce mléka. Druhé největší středisko podniku se nachází v obci Petrovice u Měčina.

Obhospodařované pozemky leží na rozhraní 2 geomorfologických celků - vrchoviny blanické a pahorkatiny nepomucké. Velká část pozemků náleží k vrchovině blanické, charakterizované mírně zvlněným terénem přerušovaným mělkými táhlými depresemi. Nadmořská výška se pohybuje od 420 až po 500 metrů nad mořem. Velká část pozemků je na mírných svazích s převládající jihozápadní a jižní expozicí.

Území ZD Měčín patří k povodí řeky Úhlavy. Zhoršenou vodopropustnost mají všechny půdy hnědozemního typu na svažitých pozemcích. Zhoršený vodní režim mají půdy na těžší oglejené spodině, kde dochází k zamokření. Trvalé zamokření se projevuje hlavně v okolí vodních toků a v hlubších depresích, vlivem trvale zvýšené hladiny spodní vody.

Roční průměr srážek je cca 620 mm a teplota vzduchu má roční průměr + 7,3°C.

#### **8.1.1. Rostlinná výroba**

Družstvo obhospodařuje 2 150 ha zemědělské půdy. Na orné půdě pěstuje 860 ha obilovin, 320 ha ozimé řepky, 110 ha víceletých píceňin a 8 ha brambor a 360 ha kukuřice na siláž (70 ha s žitem jako předplodinou, 100 ha metodou strip – till po hořčici a zbytek klasicky). U klasického pěstování kukuřice se musí vytvářet protierozní pásy, kde se pěstuje hořčice, a to na 5–15 % celkové rozlohy kukuřice. Luk a pastvin má družstvo dohromady 320 ha.

### **8.1.2. Živočišná výroba**

V živočišné výrobě se podnik výhradně zaměřil na chov skotu v celkovém počtu 1270 ks. Dojné stádo tvoří 190 dojnic a další kategorie, které k tomuto stádu náleží. Dále podnik vlastní krávy bez tržní produkce mléka, které se pasou v pěti pastevních areálech v celkovém počtu 300 ks krav a dalších kategorií. Dále podnik vlastní 8 plemenných býků. Živočišná výroba má uzavřený obrat stáda. To znamená, že v podniku nalezneme i výkrm býků.

## **8.2. Charakteristika pokusu**

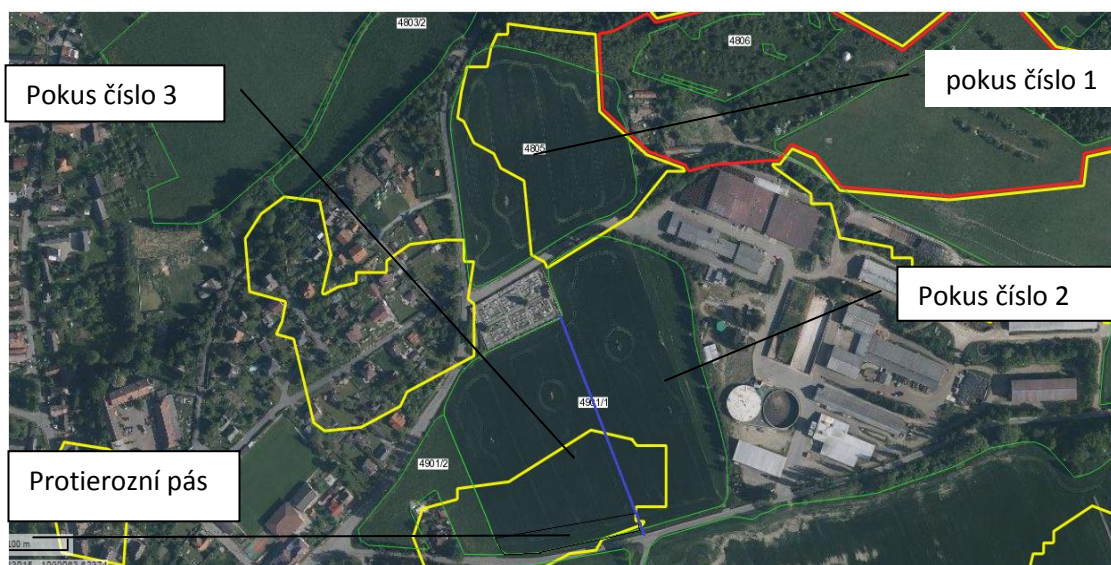
Po konzultacích s hlavním agronomem ZD Měčín Ing. Vladimírem Steinerem jsme došli k závěru, že pro podnik bude nejsnazší a nejjednodušší, se při snaze o zefektivnění bioplynové stanice zaměřit na výrobu a získání dostatečného a kvalitního množství krmení pro bioplynovou stanici. Důvodem našeho rozhodnutí byla neustále se zmenšující výměra celkové plochy půdy, na které podnik hospodaří. Podnik rozhodl zakoupit nový secí stroj na kukuřici značky Kuhn a rýhovač stejné značky. Do budoucna by podnik touto kombinací chtěl osívat přibližně 50 % ploch kukuřice. Jako předplodina by se pěstovalo žito na GPS. Cílem je zabránit erozi na erozně ohrožených půdách. Tímto způsobem pěstování kukuřice chce podnik zajistit dostatečné množství kvalitního krmení.

K realizaci vlastního pokusu, který byl založen v ZD Měčín, jsem získal dva pozemky o celkové výměře 8,51 ha. První pozemek o výměře 2,90 ha, kde bylo pěstováno jako předplodina žito na GPS s následnou plodinou kukuřicí. Ta byla zaseta do strniště metodou strip-till. Druhý pozemek o výměře 5,61 ha. Ten byl rozdělen na polovinu. Na jedné polovině byla pěstována kukuřice tradičním způsobem. Druhá polovina byla oseta do podmítky na podzim meziplodinou, kterou byla hořčice. Do hořčice byla zaseta kukuřice technologií strip-till.

Celková ekonomika pokusů byla počítána bez dotací a nájmu. Podnik mi nechtěl sdělit jejich výši a výši pachtovného. Ačkoliv byly pokusy provedeny jen na dvou pozemcích, přesto pod těmito půdními bloky najdeme několik vlastníků a výše pachtovného se u každého majitele liší. To by zkreslovalo celkovou ekonomiku pěstování. Zbylé ekonomické ukazatele, které jsou uvedeny v jednotlivých tabulkách a které se týkají pokusů, jsou převzaty z hospodářského výsledku podniku.



Obrázek č. 2: Letecký pohled na pokusná pole



### 8.2.1. Pokus číslo 1

Pokus byl proveden na pozemku o výměře 2,9 ha. Na tomto pozemku byla zasetá kukuřice metodu strip-til do strniště žita, které bylo předplodinou a bylo sklizeno na konci metání. Termín výsevu žita byl 21. září a byla zasetá odrůda Herakles. Výsevek byl 190 kg/ha. Před setím proběhla zaorávka hnoje v dávce 35 t/ha. Na konci února proběhlo regenerační hnojení v podobě LAV v dávce 100 kg/ha a na konci odnožování a začátku sloupkování se přihnojilo DAM – 390 v dávce 120 l/ha. Žito bylo sklizeno 13. května v období na konci metání, což samozřejmě není ideální stav pro sklizeň, jelikož žito není dostatečně vyzrálé a není schopno produkovat takové množství plynu jako při voskové zralosti. Tento termín sklizně se volí z důvodu následující plodiny, kterou je kukuřice. Proto, aby měla dostatek času na vytvoření sušiny v době sklizně.

Po sklizni proběhla na pozemku aplikace digestátu pomocí hadic, a to kvůli úniku dusíku v dávce 18 t/ha (což činí 36 kg č. N). Po této aplikaci byl použit rýhovač, který byl naváděn po pozemku pomocí GPS navigace. Rýhovač pracoval do hloubky okolo 15 cm. Po dokončení práce rýhovače, den před samotným setím, byl aplikován DAM – 390 v dávce 270 l/ha spolu s CLINIC v dávce 3 l/ha.

23. května bylo pokusné pole oseto hybridem SY COMANDOR od firmy Syngenta s číslem FAO 220 a současně proběhlo hnojení pod patu hnojivem AMOFOS v dávce 100 kg/ha (12 % N, 52 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Traktor v agregaci se secím strojem byl také naváděn GPS navigací s přesností 3 cm proto, aby jednotlivá zrna kukuřice nebyla mimo rýhu. Takto nízké číslo FAO bylo zvoleno z toho důvodu, aby hybrid byl schopen v době sklizně dosáhnout optimální sušiny. Po zasetí byl opět aplikován digestát v dávce 18 t/ha (36 kg č. N). Sklizeň proběhla 20. září. Během vegetačního období byla na pozemku pozorována minimální eroze díky zbylému strništi po žitu. Využitím této technologie nemusel být vytvořen protierozní pás, a tím se nesnížila výměra kukuřice o 0,23 ha.

Byl dosažen výnos žita v zelené hmotě 30 t/ha a kukuřice 38 t/ha při sušině 30 %.

Tabulka č. 6: Náklady na pokus číslo 1

úkon + položka	náklady na 1 ha	náklady na celý pozemek
orba	1350	3915
setí žita (secí kombinace)	1080	3132
osivo žito	1214	3520,6
organická hnojiva žito	3500	10150
minerální hnojiva žito	1707	4950,3
sklizeň žito	2700	7830
odvoz žita	3333	9665,7
<b>celkem žito</b>	<b>14884</b>	<b>43163,6</b>
rýhování a setí kukuřice	2000	5800
osivo kukuřice	2000	5800
organická hnojiva kukuřice	8118	23542,2
minerální hnojiva kukuřice	3419	9915,1
sklizeň kukuřice	1890	5481
odvoz kukuřice	4223	12246,7
<b>celkem kukuřice</b>	<b>21650</b>	<b>62785</b>

Obrázek č. 3: Traktor New Holland s rýhovačem Kuhn striger



### 8.2.2. Pokus číslo 2

Pokusné pole mělo výměru 2,9 ha. Zde byla využita opět technologie strip – till, jako v pokusu číslo 1. Na pozemku byla provedena podmítka během prvního týdne září. Pak následovalo okamžitě zasetí hořčice. Hořčice byla zasetá naširoko pomocí neseného rozmetadla průmyslových hnojiv. Poté se pozemek nechal v klidu až do 30. března, kdy proběhlo rýhování do hloubky 16–18 cm. Podmínkou tohoto postupu je zůstatek minimálně 30 % organických zbytků na povrchu půdy.

Před plánovaným setím byl na pozemek aplikován DAM – 390 v dávce 270 l/ha spolu s CLINIC v dávce 4 l/ha, z důvodu likvidace přezimujícího výdrolu, plevelů a popřípadě nevymrzlé hořčice. Samotné setí kukuřice proběhlo 25. dubna. Opět byl secí aparát naváděn GPS navigací. Sečka při setí provedla aplikaci hnojiva AMOFOS v dávce 100 kg/ha (12 % N, 52 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) přímo pod patu. Po setí byl pozemek ještě pohnojen digestátem v dávce 18 t/ha (36 kg č. N). Byl opět využit hybrid od společnosti Syngenta SY – KARDONA s číslem FAO 250. Ve fázi třech listů byl na pozemek aplikován herbicid ZEAGRAN v dávce 2 l/ha. Sklizeň proběhla též 20. září jako u předchozího pozemku. Na tomto pozemku měla kukuřice vegetační dobu delší o 28 dní než na předešlém pozemku, proto bylo také zvolen hybrid s vyšším číslem FAO.

Výnos kukuřice v zelené hmotě byl 44,6 t/ha při sušině 30 %.

Tabulka č. 7: Náklady na pokus číslo 2

úkon + položka	náklady na 1 ha	náklady na celý pozemek
podmítka	810	2349
setí hořčice	200	580
organická hnojiva	2629	7624,1
minerální hnojiva	2849	8262,1
osivo	2730	7917
rýhování + setí	2000	5800
chemická ochrana + aplikace	1650	4785
sklizeň	1890	5481
odvoz	4955	14369,5
celkem	<b>19713</b>	<b>57167,7</b>

Obrázek č. 4: Zbytky hořčice v meziřádcích kukuřice



### 8.2.3. Pokus číslo 3

U tohoto pozemku se vrátíme ke klasické technologii. Pozemek měl výměru 2,71 ha. Na protierozní pás z něj muselo být ubráno 0,25 ha. Ten tvořila hořčice na semeno. V polovině října proběhla zaorávka hnoje v dávce 35 t/ha střední orbou. Předset'ová příprava půdy proběhla 18. dubna kompaktozem. Před setím byla na pozemek aplikována draselná sůl rozmetadlem na průmyslová hnojiva v dávce 60 kg/ha. Na pozemek byl aplikován DAM – 390 v dávce 270 l/ha. Na tento pozemek přišel hybrid od společnosti Syngenta SY – KARDONA s číslem FAO 250. Při setí byl pod patu aplikován AMOFOS v dávce 100 kg/ha (12 % N, 52 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Po zasetí

na pozemek přišel digestát v dávce 18 t/ha. Chemická ochrana byla provedena preemergetně, a to herbicidem LAUDIS v dávce 2 l/ha. Sklizeň proběhla ve stejný den jako u předchozích pozemků - 20. září.

Výnos kukuřice v zelené hmotě byl 48 t/ha při sušině 30 %. Pokud bychom nemuseli dělat na tomto pozemku protierozní pás, byl by výnos vyšší o 12 t z celého pozemku. A tím by se i snížily náklady na ha o 2 214 Kč.

Tabulka č. 8: Náklady na pokus číslo 3

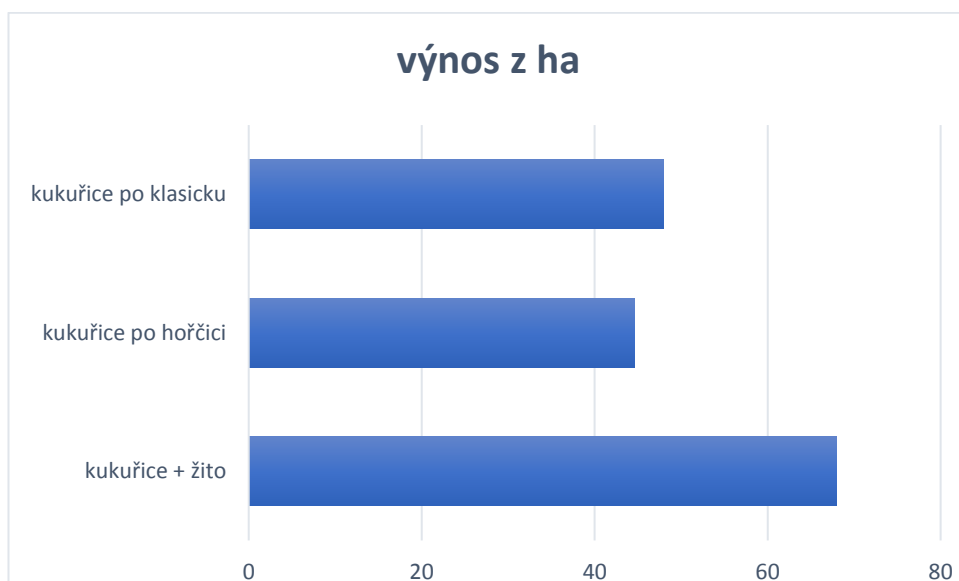
úkon + položka	náklady na 1 ha	náklady na celý pozemek
orba	1350	3321
příprava půdy	600	1476
organická hnojiva + aplikace	8442	20767,32
minerální hnojiva + aplikace	3613	8887,98
osivo	2700	6642
setí	1080	2656,8
chemická ochrana + aplikace	1990	4895,4
sklizeň	1890	4649,2
odvoz	5332	13116,72
<b>celkem</b>	<b>26997</b>	<b>66412,42</b>

Obrázek č. 5: Strniště kukuřice zaseté klasickou technologií



## 9. Výsledky a diskuze

Graf č. 7: Znárodnující výnos z ha



### 9.1. Pokus číslo 1

Tabulka č. 9: Ekonomika kukuřice + žito

položka	náklady na 1 jednotku	celkem na pozemku
náklady na 1 ha žito	14884	43163
náklady na 1 ha kukuřice	21650	62785
<b>náklady na 1 ha kukuřice + žito</b>	<b>36534</b>	<b>105948</b>
náklady na 1 t/Kč žito	496,13	43163
náklady na 1 t/Kč kukuřice	569,74	62785
<b>náklady na 1 t/Kč kukuřice + žito</b>	<b>1065,87</b>	<b>105948</b>
výnos v t/ha žito	30	87
výnos v t/ha kukuřice	38	110,2
<b>výnos v t /ha kukuřice + žito</b>	<b>68</b>	<b>197,2</b>
hrubý zisk žito z 1 ha (700 Kč)	21000	60900
hrubý zisk kukuřice z 1 ha (500Kč)	19000	55100
<b>hrubý zisk kukuřice a žito z 1 ha</b>	<b>40000</b>	<b>116000</b>
čistý zisk kukuřice a žito z 1 ha	3466	10052

Tato technologie je zisková díky tomu, že je pozemek během celého roku „zelený“, a tím získáme dvě sklizně za rok. Pokud vezmeme v potaz, že pozemek máme neustále zelený, omezíme tím erozi, ale také se do půdy dostane mnohem více organické hmoty než u ostatních technologií během jednoho roku, a to u bioplynových stanic s velkým výkonem může být velmi prospěšné. Technologie pěstování žita jako předplodiny kukuřice snižuje riziko, že nebude čím krmit bioplynovou stanicí. O tom jsme se mohli přesvědčit v roce 2015, kdy došlo k velkým přísuškům během července a srpna. To mělo fatální následky na výnos, který byl snížen až o polovinu, což se promítlo do snížení výnosu plynu. Pokud by byla technologie kukuřice s předplodinou žita využita plošně v celém podniku ZD Měčín, mohlo by dojít ke snížení pěstované plochy kukuřice až o 1/3. Kdyby k tomu došlo, bylo by velmi časově náročné stihnout vše ve správných časových termínech (sklizeň žita a zasetí kukuřice). Vyšetřená plocha by se mohla v podniku využít k pěstování máku, který se zde dříve pěstoval, než se postavila bioplynová stanice a zabrala tyto plochy pro pěstování kukuřice.

## 9.2. Pokus číslo 2

Tabulka č. 10: Ekonomika kukuřice po hořčici

položka	náklady na 1 jednotku	náklady celkem na pozemku
náklady na 1 ha/Kč	19713	57167,7
náklady na 1 t/Kč	441,99	57167,7
výnos v t/ha	44,6	129,34
hrubý zisk	22300	64670
čistý zisk	2587	7502,3

Technologie kukuřice po hořčici má nejnižší náklady na 1 ha i na 1 t. Tato technologie se vyznačuje minimálními vstupy. Vzhledem k tomu, že je to bezorebná technologie a na pozemku se musí nacházet minimálně 30 % rostlinných zbytků, tak se nemusí vytvářet protierozní pásy. Pokud by se nepoužila tato technologie, u druhého pokusu by se musel vytvořit protierozní pás, který by na tomto pozemku měl výměru přibližně 0,20 ha. Pěstování kukuřice po hořčici s využitím technologie strip – till nám zajišťuje poměrně stabilní výnos, který měl v rámci celého podniku

výkyv  $\pm 5$  t. Takto pěstovaná kukuřice se velmi hodí pro podniky, které plošně využívají minimalizaci.

### Technologie pěstování kukuřice pásovou přípravou půdy strip-till

Tlak na rentabilitu pěstování plodin, omezení investic do vstupů v rámci technologie pěstování plodin nutí každý zemědělský subjekt zvažovat, co je nebo není prioritní. Jestliže budeme přemýšlet společně, tak po odbourání zelené nafty dojde k dalšímu tlaku na úsporu, zvyšující se ceny pesticidů a hnojiv nás nutí k dalším a dalším úsporám. Nezanedbatelný není také zvýšený zájem vlastníků půdy – pronajímatelů o to, jak se s jejich pozemky zachází a zároveň jak se o ně pečuje, a nemůžeme si proto dovolit půdu devastovat a znehodnocovat. Všichni hledáme nové možnosti, jak dobře hospodařit. Díky tomu vidíme vedle sebe tradiční a moderní zemědělství, doprovázené rozvojem bioplynových stanic. Pro všechny zemědělce, kteří musí řešit situaci, jak nakrmit současně bioplynovou stanicí a skot, nebo jak bezproblémově zakládat porosty na erozně ohrožených půdách, anebo jak hospodařit s vodou v suchých oblastech, je vhodná technologie pásového zakládání porostů (Anonym 14).

Úspory v rámci pracovního procesu jsou velmi důležitou součástí konceptu rostlinné výroby, jehož součástí je technologie pěstování širokořádkových plodin. Kukuřice je plodinou, která se často pěstuje v horších klimatických podmínkách (Anonym 14). Díky tomu pásové setí zažívá v posledních letech velký rozmach. Je to také z důvodu sílícího tlaku na používání protierozních technologií, či vytváření protierozních pásů. Právě pásové zpracování půdy vykazuje výrazný protierozní efekt. Hlavní předností je zpracování půdy hloubkovým kypřením v pásu do hloubky až 35 cm, s možností aplikace hnojiva do kořenové zóny. Rostlinné zbytky jsou ukládány do meziřádku, a tím je zajištěna nejenom eliminace erozních procesů, ale i neproduktivního výparu (Anonym 14).



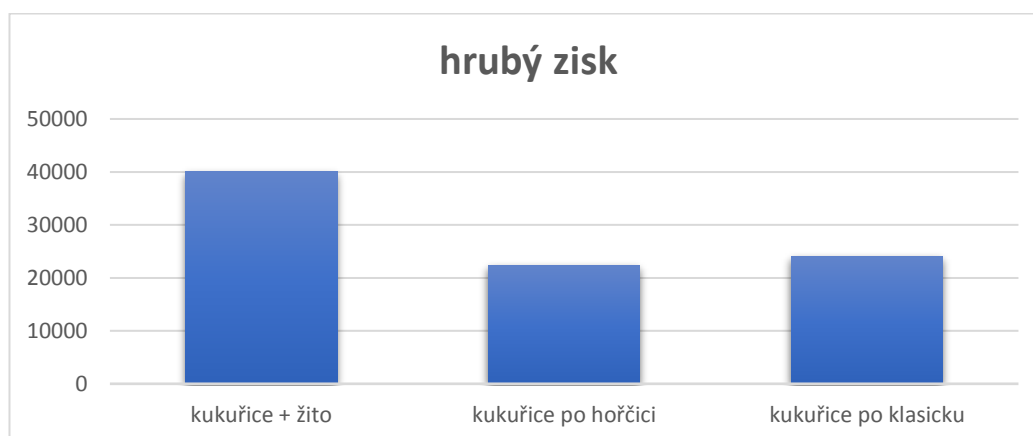
### 9.3. Pokus číslo 3

Tabulka č. 11: Ekonomika kukuřice klasickou technologií

položka	náklady na 1 jednotku	náklady celkem na pozemek
náklady na 1 ha/Kč	26997	66412,42
náklady na 1 t/Kč	562,44	66412,42
výnos v t/ha	48	118,08
hrubý zisk	24000	59040
čistý zisk	-2997	-7372,62

Technologie pěstování kukuřice klasickou cestou v rámci všech třech pokusů vyšla nejhůře. Když se podíváme do tabulky, vidíme zápornou hodnotu v položce čistý zisk. Po konzultaci s hlavním agronomem, aby se dosáhlo příště lepších výsledků, musela by se pěstovat kukuřice na pozemcích, které nejsou zařazeny ani v mírně erozně ohrožených půdách. U tohoto pěstování kukuřice musel být totiž vytvořen protierozní pás, který zmenšil pozemek o 0,25 ha, což mělo negativní dopad na ekonomické vyhodnocení. Celá technologie se dostala do záporných čísel. Velkou nevýhodou této technologie jsou také velké výkyvy ve výnosech zelené hmoty z ha. Výkyvy se pohybovaly i v rozmezí  $\pm 20$  t/ha. Jelikož se neustále zpřisňují pravidla pro pěstování širokořádkových plodin, tak je tato technologie v podniku ZD Měčín na ústupu a do budoucna by ji měly plně nahradit předchozí dvě technologie.

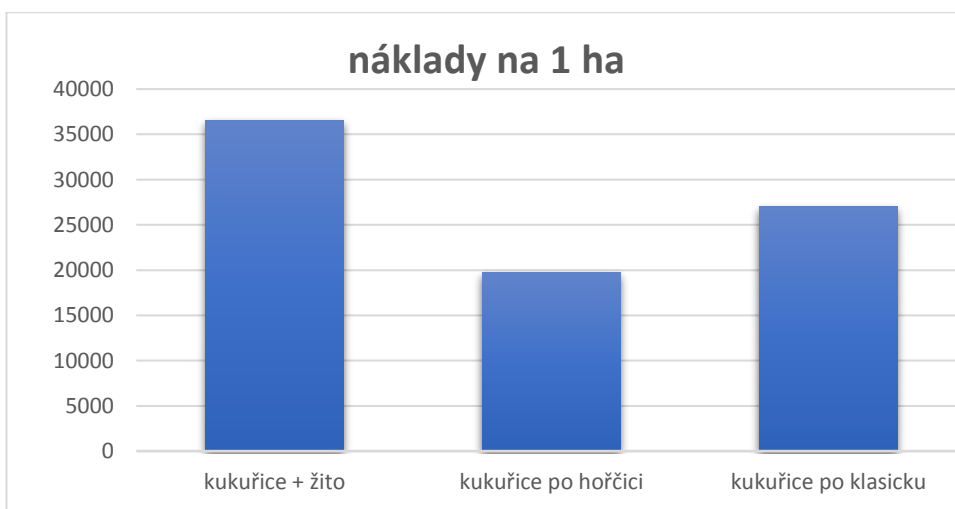
Graf č. 8: Hrubý zisk z 1 ha



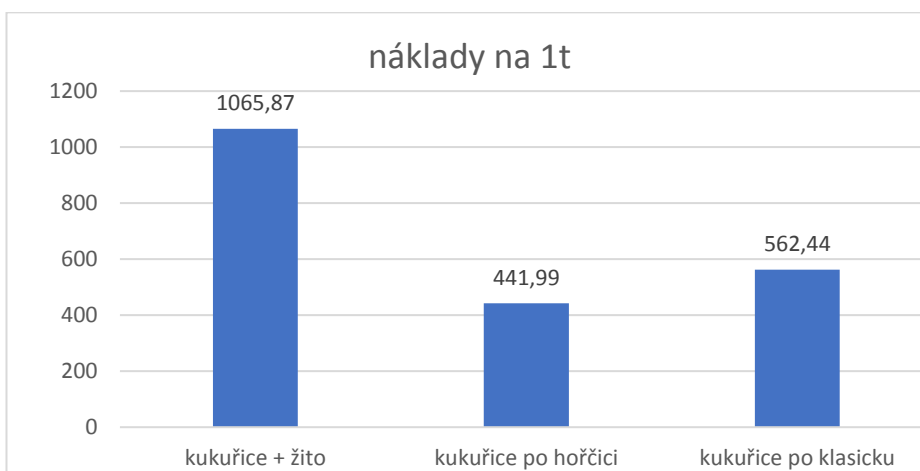
Graf č. 9: Čistý zisk z 1 ha



Graf č. 10: Náklady na 1 ha



Graf č. 11: Náklady na 1 t



## 10. Závěr

Ve své diplomové práci jsem chtěl nastínit problematiku zemědělských bioplynových stanic a jejich substrátů. V praktické části diplomové práce jsem se zaměřil na pěstování silážní kukuřice pro bioplynovou stanici v ZD Měčín. Při pěstování kukuřice byly využity tři možné způsoby pěstování kukuřice, které podnik využívá.

Ze založených pokusů a jejich výsledků je patrné, že kukuřice pěstovaná klasickým způsobem je nerentabilní. Tyto výsledky jsem konzultoval s hlavním agronomek ZD Měčín Ing. Vladimírem Steinerem a dospěl jsem k názoru, že pro podnik by bylo nejlepší pěstovat kukuřici technologií strip-til s předplodinou žita. Tato metoda by byla v praxi velmi dobrá, jelikož udržuje pozemek po celý rok zelený a zajišťuje velké množství zelené hmoty z ha díky dvěma sklizním za rok. Navíc tato metoda v podniku sníží pěstování kukuřice až o 1/3 ploch, což by znamenalo, že by tuto plochu mohl podnik využít k pěstování jiné plodiny, například máku, který se dřív v podniku pěstoval.

## 11. Seznam použité literatury

Anonym 1: MAGNESIUM IN PLANTS AND SOIL. *SMART Fertilizer Management* [online]. ©2017 [cit. 2016-10-27]. Dostupné z: <http://www.smart-fertilizer.com/articles/magnesium>

Anonym 2: *Bioplyn: Využití kukuřice, žita a travních směsí pro produkci bioplynu* [online]. Prostějov: Soufflet Agro, 2013 [cit. 2016-11-21]. Dostupné z: <http://www.soufflet-agro.cz/data/download/cs/soufflet-bioplyn-www.pdf>

Anonym 3: *Sortiment hybridů kukuřice 2013* [online]. Velké Meziříčí: KWS Osiva, 2013 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://www.zea.cz/download/katalog-kws-2013.pdf>

Anonym 4: *Kukuřice do kapsy*. Velké Meziříčí: KWS Osiva, 2012.

Anonym 5: Travní porosty pro výrobu siláží na BIOPLYN. *DLF Seeds* [online]. Hladké Životice [cit. 2016-10-08]. Dostupné z: [www.dlf.cz/bioplyn.aspx](http://www.dlf.cz/bioplyn.aspx)

Anonym 6: Bioplyn. *Bioplynová stanice* [online]. [cit. 2016-11-02]. Dostupné z: <http://bioplyn.wbl.sk/>

Anonym 7: *Bioplynová stanice Vysoká* [online]. Klatovy: K&K Technology, [2007] [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: [http://www.kk-technology.cz/download/bps\\_vysoka.pdf](http://www.kk-technology.cz/download/bps_vysoka.pdf)

Anonym 8: Nová technologie pro zefektivnění provozu BPS. *RSJ Energie* [online]. Praha, ©2010 [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://www.rsj-energie.eu/news/nova-technologie-pro-zefektivneni-provozu-bps/>

Anonym 9: Ceny paliv a energií: Výše výkupních cen a zelených bonusů. *TZB-info* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-01-20]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/91-vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>

Anonym 10: Spolehlivá a ověřená technologie bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2020-12-18 [cit. 2017-02-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/spolehliva-a-overena-technologie-bioplynove-stanice>>. ISSN: 1801-2655.

Anonym 11: Anaerobní technologie. *Bioprofit* [online]. Lišov, ©2007 [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: [http://www.bioplyn.cz/at\\_popis.htm](http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm)

Anonym 12: *Sortiment hybridů kukuřice 2017* [online]. Velké Meziříčí: KWS Osiva, 2017 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: [https://www.kws.cz/global/show\\_document.asp?id=aaaaaaaaawizfj&hi=ekonomika](https://www.kws.cz/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaawizfj&hi=ekonomika)

Anonym 13: Ekonomika plodin: Kukuřice na siláž. *Výzkumný ústav zemědělské techniky* [online]. Praha, 2017 [cit. 2016-10-02]. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/index.php?I=A37>

Anonym 14: Farmet STRIP-TILL: Novinka v pásovém zpracování půdy. *Farmet* [online]. Česká Skalice, 2016 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.farmet.cz/cs/aktuality/2016-03-farmet-strip-till>

Anonym 15

[http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/hnojeni\\_plodin/images/obilniny/kukurice/obr\\_3.bmp](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/images/obilniny/kukurice/obr_3.bmp) [cit. 2016-11-27].

DOHÁNYOS, Michal. Závislost výtěžku metanu na složení a předúpravě suroviny. *Česká bioplynová asociace* [online]. České Budějovice, ©2013 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/zavislost-vytezku-metanu-na-slozeni-a-preduprave-suroviny.html>

DOHÁNYOS, Michal. Zvyšování efektivity fermentace - nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi. *Česká bioplynová asociace* [online]. Praha, 2008 [cit. 2016-10-23]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi.html>

Grzebisz W., Crop response to magnesium fertilization as affected by nitrogen supply, *Plant and Soil*, 2013, Volume 368, Number 1-2, Page 23

HORA, Petr. Řepné řízky – využitelnost v BPS, pozitiva a negativa. *EnviTec Biogas* [online]. 2014 [cit. 2017-01-28]. Dostupné z: <http://www.envitec-biogas.cz/publikace-a-novinky/news-single-view/article/repne-rizky-vyuzitelnost-v-bps-pozitiva-a-negativa.html>

HRUŠŤÁK, David. Energeticko ekonomické srovnání metod intenzifikace bioplynu. In: *Procesní technika 2010* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, 2010, s. 79-86 [cit. 2016-10-28]. ISBN 978-80-01-04580-0. Dostupné z: <http://chps.fsid.cvut.cz/pt2010/docs/sbornik7.pdf>

HRŮZA, Radim, STOBER, Karel: Co ovlivňuje efektivitu provozu bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2009-04-01 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z WWW: <[http://biom.cz/cz/odborne-clanky/co-ovlivnuje-efektivitu-provozu-bioplynovy-stanice?sel\\_ids=1&ids\[xfd3637eefa4eb6a329667428f50cb50e\]=1](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/co-ovlivnuje-efektivitu-provozu-bioplynovy-stanice?sel_ids=1&ids[xfd3637eefa4eb6a329667428f50cb50e]=1)>. ISSN: 1801-2655.

HŮLA, Josef, Blanka PROCHÁZKOVÁ a Pavel KOVAŘÍČEK. *Minimalizační a půdoochranné technologie*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2004. ISBN 80-86884-01-5.isbn 80-86884-01-5

CHOBOTOVÁ, Magdaléna a Karel PROKEŠ. Čírok, plodina s budoucností. *Farmář*. Praha: Profi Press, 2013, **19**(2), 24-26.

KAČICOVÁ, Ludmila. Zakládání porostů kukuřice v letošním roce. *KWS* [online]. Velké Meziříčí: KWS Osiva, 2006 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://www.kws.cz/aw/Kuku-345-ice/rok-2006/Zakladan-porost-367-kuku-345-ice-v-1/~bnup/>

KOHOUTEK, Alois, Sergej UŠŤAK, Miroslav JURKA, Věra ODSTRČILOVÁ, Pavel NERUŠIL a Petra NĚMCOVÁ. *Výtěžnost bioplynu u vybraných odrůd trav, jetelovin a jetelovino travních směsí perspektivních pro pěstování náhradou za kukuřičí setou*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2015. ISBN 978-80-7427-179-3.

KOKRHELOVÁ, Květoslava a Tomáš JIROUT. Enzymatická hydrolýza lignocelulósových plodin a odpadů pro výrobu biopaliv. In: *Konference studentské tvůrčí činnosti* [online]. Praha: Fakulta strojní, ČVUT v Praze, 2008 [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: [http://stc.fs.cvut.cz/history/2008/sbornik/Papers/S2/Kokrhelova\\_Kvetoslava\\_12118.pdf](http://stc.fs.cvut.cz/history/2008/sbornik/Papers/S2/Kokrhelova_Kvetoslava_12118.pdf)

KRATOCHVÍLOVÁ, Zuzana. *Průvodce výrobou a využitím bioplynu* [online]. Praha: CZ Biom - České sdružení pro biomasu, 2009 [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: [http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/pruvodce\\_vyrobou\\_vyuzitim\\_bioplynu.pdf](http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/pruvodce_vyrobou_vyuzitim_bioplynu.pdf)

KULOVANÁ, Eliška. *Principy hnojení kukuřice. Úroda* [online]. Praha: Profi Press, 2001 [cit. 2016-12-21]. Dostupné z: <http://uroda.cz/principy-hnojeni-kukurice/>

LEŠTINA, Jan: Některé aspekty pěstování plodin pro výrobu bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2011-04-27 [cit. 2016-11-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nekte-re-aspekty-pestovani-plodin-pro-vyrobu-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

Møller H.B. et al.: Effects on anaerobic biodegradability from thermo-chemical pre-treatment of solid manure fractions. Proceedings of the 4th. International Symposium Anaerobic Digestion of Solid Waste, Vol. 1. pp. 151-156, Copenhagen, August 31 – September 2. 2005.

NOVÁK, Daniel a Jaroslav VRZAL. *Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin*. Vyd. 1. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1995. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR)

RICHTER, Rostislav. *Kukuřice. Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin: Obilniny* [online]. Brno: Ústav agrochemie a výživy rostlin, MZLU v Brně, 2005 [cit. 2016-10-21]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/hnojeni\\_plodin/html/obilniny/kukurice.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/obilniny/kukurice.htm)

RICHTER, Rostislav. *Výživa a hnojení kukuřice* [online]. Letovice: Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova, 2013 [cit. 2017-01-01]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/17809956-Vyziva-a-hnojeni-kukurice-prof-ing-rostislav-richter-drsc.html>

RYTINA, Lukáš. Chov prasat a bioplynová stanice. *Zemědělec*. Praha: Profi Press, 2008, **16**(36), 28-29.

SELA, Guy (1). CALCIUM IN PLANTS AND SOIL. *SMART Fertilizer Management* [online]. ©2017 [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: <http://www.smart-fertilizer.com/articles/calcium-in-plants>

SELA, Guy (2). SULFUR IN PLANTS AND SOIL. *SMART Fertilizer Management* [online]. ©2017 [cit. 2016-11-29]. Dostupné z: <http://www.smart-fertilizer.com/articles/sulfur>

SMUTNÝ, Vladimír, Martin HOUŠŤ, Blanka PROCHÁZKOVÁ, Lubomír NEUDERT, Vojtěch LUKAS, Tamara DRYŠLOVÁ a František ILLEK. Pěstování kukuřice na zrno při různých způsobech zpracování půdy. *Úroda*. 2014, 2014(2), 12 – 16.

STOBER, Karel [1]. *Bioplynová stanice - prosperita nebo krach?* [online]. Světlá nad Sázavou: BGS Biogas, 2012 [cit. 2017-02-09]. Dostupné z: <http://www.bgs-biogas.cz/wordpress/wp-content/uploads/2012/01/Bioplynova-stanice-prosperita-nebo-krach.pdf>

STOBER, Karel [2]. *Efektivita bioplynové stanice v zemědělském podniku* [online]. Praha: Renergy, 2012 [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://www.bgs-biogas.cz/wordpress/wp-content/uploads/2012/01/Bioplynova-stanice-v-zemedelskem-podniku.pdf>

STOBER, Karel. Bioplynové stanice a chlévská mrva. *Zemědělec*. Praha: Profi Press, 2009, 17(22), 32.

ŠEBELA, Josef. Technologie pěstování kukuřice, slunečnice a řepky pásovou přípravou půdy STRIP-TILL „1TRIPR“. *CIME* [online]. Pelhřimov: CIME, [2012], [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <https://www.cime.cz/o-nas/clanky/technologie-pestovani-kukurice-repy/>

ŠPALDON, Emil; et al. Rostlinná výroba. Vyd. 1. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1982.

ŠROLLER, Josef. *Speciální fytotechnika-rostlinná výroba. ..[a i.]*. 1.vyd. Praha: Ekopress, 1998. ISBN 80-86119-04-1. isbn 80-86119-04-1

TRNAVSKÝ, Jiří. Kukuřičná sláma pro výrobu bioplynu. *Energie 21* [online]. Praha: Profi Press, 2014 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://energie21.cz/kukuricna-slama-pro-vyrobu-bioplynu/>



TRNAVSKÝ, Jiří. Úprava vstupů zvýší produkci bioplynu. *Mechanizace zemědělství* [online]. Praha: Profi Press, 2011 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <http://mechanizaceweb.cz/uprava-vstupu-zvysi-produkci-bioplynu/>

TRNAVSKÝ, Jiří: Možnosti intenzifikace produkce bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2013-11-11 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-intenzifikace-produkce-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

TŘINÁCTÝ, Jiří, Zbyněk GAZDÍK a David ANDERT. Kukuřičná siláž jako surovina pro bioplynové stanice. *Úroda*, 2012, roč. 60, č. 11, s. 22-23. ISSN 0139-6013.

Vaněk, Václav a kol. *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, 2007. ISBN 978-80-86726-25-0. 176 s.

VANĚK, Václav. Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. 3. dopl. vyd. Praha: Martin Sedláček, 2002. ISBN 80-902413-1-X

VOŘÍŠEK, Tomáš. *Energetická efektivnost bioplynových stanic: Možná opatření pro vyšší stupeň využití bioplynu* [online]. Praha: SEVEn, 2013 [cit. 2016-12-17]. Dostupné z: <http://www.svn.cz/assets/files/informacni-materialy/2013/Publikace-energeticka-efektivnost-BPS-kompletni.pdf>

VRZALOVÁ, Jana. Bioplynové stanice a nové substráty. *Úroda* [online]. Praha: Profi Press, 2009 [cit. 2017-01-15]. Dostupné z: <http://uroda.cz/bioplynove-stanice-a-nove-substraty/>

ZIMOLKA, Josef. *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-31-1. isbn 978-80-86726-31-1

## 12. Seznam tabulek, obrázků, grafů a schémat

Tabulka č. 1: Výkupní ceny a roční zelené bonusy

Tabulka č. 2: Výnos sušiny, výtěžnost metanu a potenciální produkce metanu hodnocených travních druhů v tříletém průměru (2009-2011)

Tabulka č. 3: Normativní potřeba živin pro kukuřici

Tabulka č. 4: Přehled hnojiv s obsahem P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Tabulka č. 5: Náklady technologických operací na 1 ha

Tabulka č. 6: Náklady na pokus číslo 1

Tabulka č. 7: Náklady na pokus číslo 2

Tabulka č. 8: Náklady na pokus číslo 3

Tabulka č. 9: Ekonomika kukuřice + žito

Tabulka č. 10: Ekonomika kukuřice po hořčici

Tabulka č. 11: Ekonomika kukuřice klasickou technologií

Obrázek č. 1: Technologie ENBEA®Bots (suchá fermentace, diskontinuální technologie)

Obrázek č. 2: Letecký pohled na pokusná pole

Obrázek č. 3: Traktor New Holland s rýhovačem Kuhn striger

Obrázek č. 4: Zbytky hořčice v meziřádcích kukuřice

Obrázek č. 5: Strniště kukuřice zaseté klasickou technologií

Graf č. 1: Produkce bioplynu a elektrické energie dle vstupních substrátů

Graf č. 2: Energetický potenciál řepných řízků v závislosti na stáří

Graf č. 3: Ukazuje roční příjmy za elektrickou energii, náklady a zisk (u nejmenované bioplynové stanice)

Graf č. 4: Dynamika odběru živin kukuřicí

Graf č. 5: Sklizňové okno silážních hybridů

Graf č. 6: Vývoj energetické kukuřice

Graf č. 7: Znázorňující výnos z ha

Graf č. 8: Hrubý zisk z 1 ha

Graf č. 9: Čistý zisk z 1 ha

Graf č. 10: Náklady na 1 ha

Graf č. 11: Náklady na 1 t

Schéma č. 1: Bioplynové stanice na zpracování tekutých materiálů

Schéma č. 2: Bioplynové stanice s ultrazvukovým generátorem

Schéma č. 3: Působení fosforečných hnojiv aplikovaných pod patu

## 13. Přílohy

Obrázek č. 6: Kukuřice zasetá po hořčici



Obrázek č. 7: Sklizeň kukuřice po žitě



Obrázek č. 8: Klíčící semeno kukuřice rýže (technologie strip – till)



Obrázek č. 9: Setí kukuřice po žitě (technologíí strip – til)



Obrázek č. 10: Rýhovač Kuhn striger



Obrázek č. 11: Přesný secí stroj Kuhn MAXIMA 2 RT

