

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH**

Zemědělská fakulta

Katedra rostlinné výroby a agroekologie

---

---

Studijní program: N4101 Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie

**Využití kukuřice  
k energetickým účelům**

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Jiří Diviš, CSc.

Autor:

Bc. Antonín Wollner

---

---

České Budějovice

2011

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Akademický rok: 2009/2010

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Antonín WOLLNER**  
Osobní číslo: **Z09777**  
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Agroekologie**  
Název tématu: **Využití kukuřice k energetickým účelům**  
Zadávací katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

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

**Úvod:** Stručný nástin významu tématu.

**Literární přehled:** Názory domácích a zahraničních autorů k řešené problematice.

**Cíl:** Zhodnocení hybridů kukuřice vhodných k energetickým účelům.

**Materiál a metody:**

Na základě experimentů zhodnotit produkční schopnosti hybridů kukuřice vhodných k energetickému využití.

**Výsledky:** Výsledky budou zpracovány do tabulek a grafů se slovním hodnocením.

**Diskuse:** Srovnání dosažených výsledků s literárními údaji.

**Závěr:** Dosažené výsledky shrnout do bodů.

**Seznam literatury:** Uvedení citované literatury.

Rozsah grafických prací: 10 - 15 stran  
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

**Belej, J. a kol.: Kukurica, Priroda, Bratislava, 1982**  
**Procházka, S. a kol.: Fyziologie rostlin, Academia, Praha 1998**  
**Havlíčková, K. a kol.: Rostlinná biomasa jako zdroj energie. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice, 2008**  
**Odborné a vědecké časopisy a databáze knihovny.**  
**Internetové odkazy.**

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Diviš, CSc.**  
Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Datum zadání diplomové práce: 15. února 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2011

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

prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.  
děkan

L.S.

prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. února 2010

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma využití kukuřice k energetickým účelům vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 74b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 20.4.2011

Antonín Wollner

## Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Jiřímu Divišovi, CSc., za cenné rady a odborné vedení mé práce.

Dále chci poděkovat majitelům bioplynových stanic za ochotu a poskytnutí podkladů pro tuto práci.

# **Využití kukuřice k energetickým účelům**

## **ABSTRAKT**

Cílem práce je zhodnotit význam kukuřice v bioplynových stanicích. Ke zjištění parametrů hybridu kukuřice, její sklizni, následnému silážování, začlenění do denní vsádky bioplynové stanice a jednotlivých technických a ekonomických parametrů byl vytvořen dotazník. Osloveno bylo 25 bioplynových stanic. I přes příslibení anonymity dotazníku se podařilo získat údaje pouze u 6 bioplynových stanic.

Bioplynové stanice se nacházejí v různých oblastech České republiky, v různých nadmořských výškách. Poslední šestá bioplynová stanice se nachází v Rakousku.

**Klíčová slova:** kukuřice, bioplynová stanice, energie, bioplyn

## **The utilization of maize for energetic purposes**

### **SUMMARY**

The goal of my thesis is to evaluate the importance of maize in biogas plants. The questionnaire was made to determine the parameters of hybrid corn, its harvest, subsequent silage, inclusion in the daily batch of biogas plants, and various technical and economic parameters. Twenty five biogas plants were addressed to participate in the survey. Despite the promise of anonymity, the data were obtained from only six biogas plants.

Biogas plants are located in different regions of the Czech Republic, at different altitudes. The sixth and the last biogas plant is located in Austria.

**Key words:** maize, biogas plant, energy, biogas

## OBSAH:

<b>1. Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Literární přehled .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Energetické plodiny .....</b>	<b>11</b>
2.1.1. Kukuřice pro energetické účely .....	11
2.1.2. Využití produkce kukuřice .....	12
2.1.3. Zpracování půdy .....	12
2.1.4. Ochrana proti erozi.....	13
2.1.5. Výběr hybridu .....	16
2.1.6. Požadavky na prostředí, zařazení do osevního postupu.....	17
2.1.7. Založení porostu.....	17
2.1.8. Ošetření porostu během vegetace .....	23
2.1.9. Sklizeň a konzervace.....	26
<b>2.2. Bioplynová stanice .....</b>	<b>29</b>
2.2.1. Typy bioplynových stanic .....	32
2.2.2. Hlavní části bioplynové stanice .....	33
<b>2.3. Substrát.....</b>	<b>39</b>
2.3.1 Substráty pro BPS zemědělského typu .....	40
<b>2.4. Bioplyn .....</b>	<b>42</b>
2.4.1. Vznik bioplynu – komplexní proces .....	42
2.4.2 Výtěžnost bioplynu .....	43
<b>2.5. Digestát .....</b>	<b>44</b>
<b>2.6. Odpadní a zbytkové teplo .....</b>	<b>46</b>
<b>3. Cíl práce.....</b>	<b>48</b>
<b>4. Metodika .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1. Charakteristika bioplynové stanice.....</b>	<b>49</b>
<b>4.2. Postup práce .....</b>	<b>49</b>

<b>4.3. Metoda zjištění investičních nákladů</b> .....	<b>50</b>
<b>4.4. Prostá doba návratnosti</b> .....	<b>50</b>
<b>5. Výsledky</b> .....	<b>51</b>
<b>5.1. Lokalita bioplynových stanic</b> .....	<b>51</b>
<b>5.2. Technická data BPS</b> .....	<b>51</b>
5.2.1. Teplota ve fermentoru .....	53
5.3.2. Typ míchání fermentoru.....	53
5.3.3. Denní vsádka.....	53
5.3.4. Doba zdržení denní vsádky ve fermentoru .....	54
5.3.5. Potřeba substrátu pro zajištění provozu na 1 rok.....	55
5.3.6. Informace o energetickém hybridu kukuřice .....	55
5.3.7. Digestát .....	56
5.3.8. Zúžitkování zbytkového tepla.....	56
5.3.9. Zisk z elektrického výkonu .....	57
5.3.10. Cena výstavby bioplynové stanice .....	57
5.3.11. Návratnost investic.....	58
<b>6. Závěr</b> .....	<b>59</b>
<b>7. Seznam použité literatury</b> .....	<b>63</b>
<b>8. Přílohy</b> .....	<b>67</b>



# 1. Úvod

Využití biomasy se po roce 2000 jeví jako stále perspektivní způsob získávání energie. Nejvýznamnější jednoletou plodinou vhodnou pro tyto účely je kukuřice na siláž. Vysoký produkční nebo výnosový potenciál z této rostliny dělá jednu z nejpěstovanějších plodin nejen u nás, ale i na celém světě.

Kukuřice oproti jiným plodinám ukládá větší množství sluneční energie a přeměňuje ji na organickou hmotu, čímž patří k typu rostlin s efektivnější fotosyntézou. Kukuřice se zpravidla pěstuje pro krmivářské a potravinářské účely.

V našich podmínkách není problém přejít na výrobu kukuřičné biomasy k energetickým účelům. Agrotechnika pro pěstování kukuřice je prověřená léty výroby kvalitní siláže, která se takřka shoduje s kukuřičnou biomasou pro bioplynové stanice. Podniky v současnosti pěstující kukuřici na siláž již mají veškerou potřebnou techniku i skladovací prostory. Je tedy nutné pouze vybrat správný hybrid kukuřice pro energetické účely, který bude pro místní podmínky a danou lokalitu nejvhodnější. Zároveň je nezbytné veškerou technologii pěstování kukuřice uplatňovat jako neměnný celek – to znamená od zařazení do osevního postupu a předseťové přípravy až po sklizeň a následné zpracování. (*Navrátil, 2009*)

Při pěstování kukuřice musí být věnována dostatečná péče zejména při zakládání porostu kukuřice. Pěstitel by se měl vyhnout nejčastějším chybám v podobě nevhodné hloubky setí, přehuštěním porostu, zaplevelení kukuřice již ve fázi raného vývoje, přehnojení dusíkem či volbou nevhodného hybridu pro danou pěstitelskou oblast.

S přibývajícím plochou kukuřice vzniká nebezpečí zařazení ploch na pozemky ohrožené erozí a zařazení kukuřice na stejný pozemek vícekrát po sobě.

Eroze půdy se stává velmi nežádoucím doprovodným jevem prudkých bouřek a přívalových dešťů, které se vyskytují v poslední době stále častěji. Nejvíce ohrožené jsou půdy s porosty jednoletých plodin, zejména těch, které vzhází později a kdy ještě není vytvořen dostatečně kompaktní vegetační kryt. Nejkrizovější plodinou je proto kukuřice. (*Petříková, 2008*) Pěstitelů kukuřice v oblastech s pozemky ohroženými erozí se dotýká plnění podmínek GAEC 2.

Cílem diplomové práce je zhodnotit rozsah uplatnění kukuřičné siláže v energetických zařízeních, tzv. bioplynových stanic. Hodnoceny jsou nejen hybridy kukuřice, ale také jednotlivé technické a ekonomické údaje jednotlivých bioplynových stanic.

Bioplynová stanice je technologické zařízení využívající procesu anaerobní digesce ke zpracování bioodpadu, případně jiného biologicky rozložitelného materiálu. V našem případě se jedná o bioplynové stanice zemědělského typu, které zpracovávají kukuřičnou siláž nejčastěji v kombinaci s kejdou. Hlavním produktem anaerobní digesce je bioplyn, který lze využít jako alternativní zdroj energie.

Boom v oblasti bioplynových stanic trvá v České republice přibližně přes tři roky. Ke konci loňského roku jich bylo evidováno celkem 174. Tím ale rozvoj těchto zařízení nekončí. Do roku 2020 by jich mohlo přibýt ještě 400. Záleží však na tom, jak bude výroba energie z obnovitelných zdrojů v rámci společné zemědělské politiky dále podporována, ale i na ekonomickém zdraví investorů, tedy i zemědělců. Výstavba takové stanice je nákladná záležitost, banky však prověřeným investorům vycházejí vstříc a považují jejich provozování za prospěšné. (*Seifertová, 2011*)

## 2. Literární přehled

### 2.1. Energetické plodiny

Energetické plodiny jsou cíleně pěstované rostliny, které se využívají pro energetické účely. energii z energetických rostlin lze získat chemickými, popř. biochemickými procesy. Základní technologií je spalování (dřevo energetických stromů, rostlinné pelety apod.) a doplňují ho další technologie. Např. lisování semen řepky olejky (bionafta), fermentace cukrů (alkoholové kvašení cukrové řepy, obilí, kukuřice apod.), pyrolýza suché biomasy a další. Energetické plodiny mohou být využity pro výrobu elektřiny, tepla a mohou sloužit k pohonu vozidel. V tuzemsku má největší podíl výroba tepla, postupně se rozvíjí výroba elektřiny (zejména v souvislosti se závazky ČR v rámci obnovitelných zdrojů energie).

Energetické plodiny (včetně rychlerostoucích dřevin) dělíme na rostliny celulóznové, olejnaté a škrobno-cukernaté. Z celulóznových rostlin se v tuzemsku využívají dřeviny, obiloviny, travní porosty, popř. konopí či netradiční ozdobnice čínská. Mezi olejnatými rostlinami dominuje řepka olejka, dále pak slunečnice nebo len. Také pěstování brambor, cukrové řepy a kukuřice (škrobno-cukernaté rostliny) má v ČR dlouhou tradici. (*Nazeleno, 2008*)

V České republice je substrát do zemědělských bioplynových stanic tvořen nejčastěji kukuřičnou siláží v kombinaci s kejdou. (*Havlíčková, 2008*)

#### 2.1.1. Kukuřice pro energetické účely

Kukuřice, plodina s vysokým potenciálem produkce biomasy z hektaru, vyžaduje intenzitu. Jakékoliv chyby v agrotechnice, nekvalitní předset'ová příprava, nestejněm'erné seté do nesprávné hloubky, snížení dávek hnojiva nebo omezený vstup herbicidní ochrany se negativně projeví na konečném výsledku, to je na množství a kvalitě siláže. Důležitým agrotechnickým opatřením je volba hybridu. Pěstitel by měl vědět, co od hybridu očekává, ať už ve vztahu k nárokům hybridu na stanoviště, klimatickým podmínkám, ale i kvantitě a kvalitě konečného produktu. (*Kačicová, Prokeš, 2011*)

Kukuřice pochází ze dvou geografických oblastí – střeđoamerické a jihoamerické. Kukuřice patří k rostlinám, jejichž původní formu neznáme. Se vznikem kulturní kukuřice jsou nejčastěji spojovány dva příbuzné druhy. *Tripsacum* a *Teosinta*. Do Evropy se dostaly koncem 15. století. Kukuřice v ČR má poměrně krátkou historii pěstování. (*Havlíčková a kol., 2008*)

### **2.1.2. Využití produkce kukuřice (*Procházková, 2007*)**

Produkce zrna:

- krmivo, potravina, osivo

Celé rostliny:

- krmivo (siláž, zelené krmení)
- výroba bioplynu
- přímé spalování biomasy

### **2.1.3. Zpracování půdy**

Na základě dosud získaných poznatků k zpracování půdy se přistupuje spíš z pohledu ovlivnění a zlepšení fyzikálních vlastností půdy a především vodního režimu půdy. (*Šuškevič, 1976*) Mazúr (1988) doplňuje, že tyto vlastnosti více nebo méně cyklicky ovlivňujeme v časovém průběhu daného osevního postupu.

Mechanické zásahy je třeba hodnotit ze širšího hlediska, především z hlediska úpravy půdního stavu ve vztahu k tvorbě výnosu. Vyžaduje to dokonalou znalost ekologických a půdních podmínek. (*Fortuník, 1986*)

Aldrich, Leng (1966) uvádí, že kukuřice, aby mohla plně rozvinout mohutný kořenový systém, vyžaduje půdu hluboko zpracovanou jako okopaniny.

Po obilovinách, jako nejčastější předplodině, se pozemek podmítá. Tím se šetří vláha, zaklopí posklizňové zbytky, ničí plevely, škůdci a choroby. Vhodné je podmítku ošetřit vláčením. Podpoří se klíčení plevelů a šetří se více půdní vláhy. Podzimní orbou (hloubka 20 - 30 cm dle hloubky ornice) se zapraví chlévský hnůj (hnojení 30 - 40 t/ha), zelené hnojení případně organické zbytky předplodiny,

minerální hnojiva, ničí se plevele, choroby a škůdci. U kukuřice, jako poměrně pozdě na jaře seté plodině, se může příznivě projevit jarní orba – lepší prohřívání půdy v teplotně méně příznivých podmínkách. (*Diviš, 2001*)

Jarní přípravě půdy věnujeme náležitou pozornost. Práce zahájíme ihned, jakmile to dovolí půdní podmínky s dodržением těchto zásad:

- Omezit vstupy na pozemek na minimum (zabránit utužení půdy)
- Maximálně šetřit půdní vláhu, potřebnou pro klíčení a vzcházení kukuřice
- Připravit podmínky pro vzejití plevelů a jejich následné ničení
- Zapravit průmyslová hnojiva, eventuelně půdní herbicidy
- Vytvořit seťové lůžko a zajistit rovnoměrné vzcházení (půdu kypříme jen na hloubku setí)

Při jarní přípravě půdy se snažíme vyvarovat použití smyků. Používáme brány nebo kombinátory (kompaktory). Snažíme se půdu neutužit a nepřerušit, prokypřit jen na hloubku setí (5 - 10 cm), nenarušit půdní kapilaritu a přirozenou výměnu vzduchu. (*Svoboda, 2004*)

Z hlediska ochrany půdního a životního prostředí je používání minimalizačních technologií zpracování půdy ke kukuřici žádoucí. Významné je především omezení eroze půdy a ztrát pohyblivých forem dusíku z půdního prostředí do podzemních vod. U technologických postupů s výsevy kukuřice do meziplodin je navíc půda obohacována o snadno rozložitelnou organickou hmotu meziplodin, což zvyšuje mikrobiální aktivitu půdy. Organická hmota z kořenů a nadzemních částí meziplodin dále zlepšuje fyzikální, zejména strukturní stav půdy. (*Procházková, 2005*)

#### **2.1.4. Ochrana proti erozi**

Eroze půdy je, jak známo, do značné míry přirozený proces, který v přírodních podmínkách probíhá většinou pozvolna bez patrných škodlivých důsledků. V podmínkách ČR jsou hodnoty přípustné ztráty půdy erozí (přirozená eroze) dány hloubkou půdního profilu. Průměrná dlouhodobá ztráta půdy by neměla překročit následující hodnoty:

- mělké půdy (hloubka profilu do 30 cm) 1 t/ha/rok
- středně hluboké půdy (hloubka profilu 30 - 60 cm) 4 t/ha/rok
- hluboké půdy (hloubka profilu nad 60 cm) 10 t/ha/rok

Při zemědělském hospodaření je nutné udržovat erozi na těchto akceptovatelných mezích tak, abychom nepřipustili větší odnos půdy, než kolik jí na daném stanovišti vznikne.

Zemědělci v boji proti erozi mohou používat například následující opatření:

- kvalitní předseťovou přípravou půdy
- ochranné obdělávání půdy
- rajonizaci plodin
- osevní postupy na svažitéch pozemcích
- obdělávání orné půdy po vrstevnici
- zlepšování půdní struktury

Je všeobecně známo, že omezování hnojení organickou hmotou (statková hnojiva, organické zbytky po sklizni či zelené hnojení), pěstování širokořádkových plodin (kukuřice, brambory aj.) na nevhodných (svažitých) pozemcích, snižování plochy protierozních prvků v krajině či ponechávání půdy po sklizni v holém stavu nejsou správné postupy ochrany půdy vůči erozi a zachování její úrodnosti. (Kouřil, 2011)

## **GAEC 2 (Good Agricultural and Environmental Conditions) (eAgri, 2007)**

GAEC 2 upravuje podmínky dobrého zemědělského a environmentálního stavu.

Žadatel na ploše půdního bloku, popřípadě jeho dílu, označené v evidenci půdy jako silně erozně ohrožená, zajistí, že se nebudou pěstovat širokořádkové plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója a slunečnice. Porosty obilnin a řepky olejné na takto označené ploše budou zakládány s využitím půdoochranných technologií, zejména setí do mulče nebo bezorebné setí. V případě obilnin nemusí být dodržena podmínka půdoochranných technologií při zakládání porostů pouze v případě, že budou pěstovány s podsevem jetelovin. Cílem tohoto standardu je ochrana půdy před vodní erozí (podobně jako je tomu u standardu č. 1) a snaha omezit negativní působení důsledků eroze, jako jsou např. škody na komunikacích a nemovitostech způsobené zaplavením nebo zanesením splavenou půdou. Tento standard řeší

problematiku protierozní ochrany půdy stanovením požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně erozně ohrožených půdách. Pro vymezení kategorie silně erozně ohrožených půd je nově využito nejen kritérium sklonitosti svahu, ale rovněž i další faktory jako délka svahu po spádnicí, erodovatelnost půdy, faktor přívalových dešťů, faktor protierozních opatření a faktor ochranného vlivu vegetace. Vrstva silně erozně ohrožených půd je od 1. ledna 2010 přístupná v LPIS prostřednictvím Portálu farmáře či na Agenturách pro zemědělství a venkov. LPIS poskytne jak vlastní vymezení ploch ohrožených půd, tak doporučený management pro celý půdní blok. Jako půdoochranné technologie jsou označovány technologie ochranného zpracování půdy, pro něž je charakteristické nejméně 30% pokrytí povrchu půdy posklizňovými rostlinnými zbytky do doby vzcházení porostu a snížení intenzity zpracování půdy. Standardu GAEC č. 2 vyhovují následující půdoochranné technologie:

- bezorebné setí (technologie přímého setí do nezpracované půdy)
- setí do mulče
- setí do mělké podmítky (za předpokladu dodržení stanovené pokryvnosti povrchu půdy rostlinnými zbytky)
- setí do ochranné plodiny (např. do vymrzající meziplodiny – svazenka vratičolistá, hořčice bílá)
- důlkování

V technologiích ochranného zpracování půdy není používán radličný pluh, ornice tedy není při zpracování obracena. Šetrného kypření, které přispívá k vytvoření a udržení stabilní struktury půdy, je dosahováno zejména pasivními kypřicími nástroji (v případné kombinaci se secím strojem). Doporučená zemědělská technika s pasivními kypřicími nástroji vyhovující tomuto standardu:

- radličkové kypřiče (např. se šípovými podřezávacími radličkami)
- dlátové kypřiče
- prutové kypřiče
- kombinované kypřiče (pouze s pasivním pracovním ústrojím)
- talířové kypřiče (za předpokladu omezeného zapravování rostlinných zbytků do půdy)

### 2.1.5. Výběr hybridu

Výběr hybridu kukuřice pro výrobu bioplynu má své zvláštnosti, které vyplývají z požadavků celého technologického procesu a potřeby jistoty plynulého zásobování bioplynové stanice. Rozhodující kritéria pro volbu odrůdy jsou následující. (KWS, 2010)

#### RANOST HYBRIDU

Stupeň ranosti hybridu je nutno zvolit tak, aby bylo možno bezpečně dosáhnout obsahu sušiny minimálně 28%. Pro optimální tvorbu bioplynu je vhodnější nižší obsah sušiny než u krmiva. Proto je možno zvolit hybridy, které mají o něco vyšší FAO oproti hybridům obvykle používaným na výrobu siláže pro skot.

#### VÝKONNOST HYBRIDU

Cílem je vybírat hybridy s největším výnosovým potenciálem silážní hmoty z hektaru (měřeno v suché hmotě). Čím vyšší je výnos biomasy z hektaru, tím vyšší je také výnos metanu z hektaru a konečně i rentabilita zařízení na výrobu bioplynu.

#### VÝNOSOVÁ STABILITA HYBRIDU

Pro hospodářsky úspěšný provoz zařízení na výrobu bioplynu je nutno zajistit dostatek kvalitního substrátu, který je k dispozici celoročně. Při výběru hybridu je tedy třeba dbát nejen na výnosový potenciál, ale také na stabilitu výnosu. To znamená dobrý zdravotní stav rostliny, toleranci vůči přísušku, rychlý počáteční vývoj a minimální reakci na vliv ročníku.

#### POŽADAVKY NA ENERGETICKOU HODNOTU HYBRIDU

Vedle maximálních výnosů a výnosové jistoty jsou důležité také energetické hodnoty hybridů pro výrobu bioplynu. Zatímco při výživě zvířat má velký význam nutričně hodnotný škrob, a zvláště škrob stabilní v batoru, pro fermentační zařízení není velký obsah škrobu přínosem. Vzhledem k dlouhé době setrvání substrátu ve fermentoru se přeměňují na bioplyn i ty části rostlin, které potřebují poněkud delší dobu k vegetaci. Určující pro kvalitu a tím výtěžnost metanu je vláknina. Vlákna je obsažena především ve stéble a částečně ve vřetenu.



Klasický silážní hybrid poskytne maximálně 6 000 m<sup>3</sup> metanu z 1 ha. U hybridů kukuřice šlechtěných k energetickým účelům je cílem dosáhnout 10 000 m<sup>3</sup> metanu. Z 1 m<sup>3</sup> se vyrobí 9,9 kWh. (*Kajan, Diviš, 2011*)

### **2.1.6. Požadavky na prostředí, zařazení do osevního postupu**

Kukuřice je teplomilná rostlina s vysokým transpiračním koeficientem. Vzhledem k vysoké produkci hmoty žádá dostatek srážek, zejména v době mezi metáním a mléčnou zralostí. Nároky na půdu jsou tím vyšší, čím je pěstována v méně příznivých podmínkách. V bramborářské a chladnější řepářské výrobní oblasti je třeba vybírat hluboké, hlinité, výhřevné půdy s dostatkem humusu. Nejvýhodnější expozice je jižní nebo k ní přilehlá. Nevhodné jsou pozemky v mrazových kotlinách. Nevhodné jsou dále svažité pozemky, kde je nebezpečí vodní eroze. Co se týká zařazení v osevním postupu, není kukuřice plodinou, která by vyžadovala speciální předplodinu. Nejvýhodnější předplodinou pro kukuřici je jetelovina nebo víceletá píceň. Po ní zůstává v půdě značné množství dusíku, které se pozvolna uvolňuje z organických vazeb v průběhu vegetace. Výborná předplodina je také animálně hnojená okopanina. Takového zařazení však bývá možné jen zřídka, proto jsme zpravidla nuceni zařadit ji mezi dvě obiloviny jako zlepšující plodinu. V tomto případě se považuje za nejlepší předplodinu pšenice. Kukuřice je možné s úspěchem pěstovat i několik let po sobě. Tento způsob je možné využít při odplevelování pozemků za použití herbicidů s razantnějším působením. Předpokladem však je vyšší intenzita agrotechniky hnojení. (*Agrokrom, 2001*)

### **2.1.7. Založení porostu**

Při zakládání porostu kukuřice by se měla dodržovat tato pravidla:

- silný kořenový systém má pro výživu kukuřice rozhodující úlohu v průběhu celé vegetace,
- v počátečních fázích vývoje upřednostnit zaměření výživy kukuřice na tvorbu kořenového systému, a to dodáním většího množství přijatelného P,

- příliš vysoké dávky N před výsevem mají za následek zhoršení poměru tvorby nadzemní biomasy a kořenového systému právě v neprospěch kořenů,
- při hnojení vyššími dávkami P je potřebné brát v úvahu možná deficit zinku, který má nenahraditelnou úlohu v raných fázích vývoje kukuřice a při tvorbě kořenů,
- hnojení K na jaře je účelné pouze v podmínkách písčitých půd a na půdách s nízkou až střední zásobou tohoto prvku,
- efektivitu hnojení při zakládání porostů kukuřice jednoznačně zvyšuje aplikace hnojiv při setí „pod patu“. Je to dáno jednak výraznějším využitím živin rostlinou, ale i snížením nákladů na hnojiva díky nižšímu dávkování (*Kolenčík, 2011*)

## Výsev

Změnou technologie zpracování půdy z konvenční na půdoochrannou se postupně mění některé fyzikální a technické parametry i pro proces tvorby seťového lůžka, ukládání osiva, hnojiv a popřípadě insekticidů. S využitím půdoochranných technologií (POT) se zvýší penetrační odpor a na povrchu půdy zůstane velká část rostlinných zbytků. Tyto podmínky stanoví vyšší požadavky na kvalitu a konstrukční řešení secího stroje na kukuřici, sóju, slunečnici a další plodiny. Prioritně jde o to zajistit správné uložení osiva a hnojiva tak, jak stanovují agrotechnické požadavky. V případě kukuřice uložit osivo do hloubky 4 - 5 cm a hnojivo vedle a pod osivo, tedy 6 cm. Je nezbytné, aby i v podmínkách POT byla zajištěna maximální přesnost a rovnoměrnost umístění semen v řádku. To znamená, že výsevní ústrojí musí být konstruováno tak, aby odolávalo otřesům a vibračním secí botky v průběhu setí. Poznatky z praxe potvrzují, že podmínky pro setí kukuřice nejlépe splňují stroje, které jsou dostatečně masivní a jsou řešeny jako tažené. Pouze u tažených strojů lze docílit celkové hmotnosti stroje a dimenze secích botek, které v systému POT, nebo přímého setí do meziplodiny požadované parametry na uložení osiva splňují. (*Šedek, 2011*)

Agrotechnický termín setí kukuřice nastává, když teplota půdy v hloubce setí dosáhne 8° C. Proto se tento termín mění v závislosti na průběhu ročníku, typu půdy, orientaci stanoviště a nadmořské výšky. Obecně nastává v podmínkách České

republiky mezi 10. dubnem a 5. květnem. Optimální podmínky pro setí kukuřice na konkrétním stanovišti trvají velmi krátce, dva až tři dny, a naším cílem je zasetí kukuřice v tomto termínu. V minulosti zemědělci začínali se setím kukuřice, až po dosažení agrotechnického termínu. Ovšem nové zkušenosti a poznatky od nás i ze zahraničí způsobily změnu v termínu. Dnes doporučujeme raný termín setí, ovšem při dodržení následujících podmínek: (*Kulovaná, 2001*)

- Teplota půdy v hloubce setí by měla být kolem 6° C
- Hloubka setí se vypočítá podle vzorce  $hs = HTS \times 1.5/100$ , čili sejeme mělčeji
- Chladový test osiva kukuřice musí mít minimální hodnotu 88 %
- Hnojení pod patu v dávce 100 kg Amofosu.

Vrzal, Novák (1995) uvádí, že by termín setí měl být stanoven tak, aby doba mezi setím a vzejitím porostu nebyla delší než 12 dnů.

## **Hustota výsevku**

Závisí na vlastnostech jednotlivých hybridů (např. na délce vegetace, toleranci k zahuštění), na vláhových podmínkách, na úrovni hnojení a termínu setí. (*Prokop, 2009*)

Hustota výsevu je dána číslem FAO. FAO, tzv. číslo ranosti, určuje délku vegetační doby hybridu. Ty se rozdělují do několika znalostních skupin s ohledem na podmínky ČR. Rozdíl o 10 č. FAO znamená rozdíl ve zralosti 1 - 2 dny, případně 1 - 2% sušiny. Důležitým předpokladem úspěšného pěstování kukuřice je použití kvalitního osiva s vysokou biologickou hodnotou.

Pro jednotlivé skupiny FAO jsou doporučeny tyto počty rostlin (Tabulka 1) na ha (je nutno zvýšit výsevek podle kvality osiva a půdních podmínek o 15 - 20%) (*Vrzal, Novák a kol., 1995*).

Podle čísla můžeme rozdělit hybridy na:

<b>velmi rané -</b>	FAO do 200
<b>rané-</b>	FAO 200 - 300
<b>středně rané -</b>	FAO 300 - 400
<b>pozdní -</b>	FAO 400 - 500
<b>velmi pozdní -</b>	FAO nad 500

Pro bramborářskou výrobní oblast se doporučují hybridy s číslem FAO do 200 (případně 250), kukuřice se pak seje do 15. května (velmi raná a raná). Pro obilnářskou výrobní oblast by mělo být FAO 250. Pro řepářskou výrobní oblast 280 - 350 a sít by se měla 1. 5 (středně raná). Pro nejteplejší oblasti je možné použít hybridy s číslem FAO nad 300. Kukuřici začneme v kukuřičné výrobní oblasti vysévat kolem 25. dubna.

Při pěstování kukuřice se doporučuje meziřádková vzdálenost 70 nebo 75 cm. (Prokop, 2009)

Tabulka 1 – Rozdělení jednotlivých počtu jedinců v tis. Na ha dle čísla FAO (Vrzal, Novák a kol., 1995)

Číslo FAO	Nejvhodnější počet jedinců v tis. Na ha
150 - 200	100 - 125
200 - 240	90 - 115
240 - 290	80 - 95
290 - 350	70 - 85
Nad 350	60 - 75

## Secí stroj

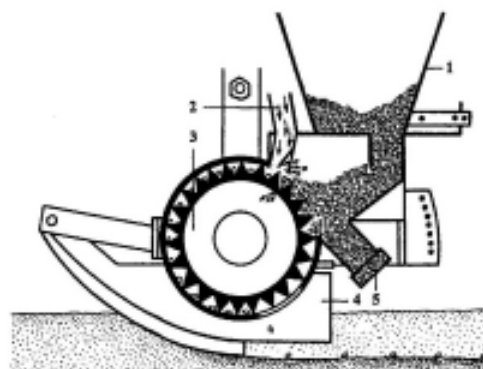
Pro výsev kukuřice se používají secí stroje s přesným výsevem. V dnešní době se používají čtyři základní výsevní ústrojí: (Kuběňová, 2009)

### KOTOUČOVÉ VÝSEVNÍ ÚSTROJÍ

Je ústrojí, u něhož je základním prvkem kotouč s různým počtem otvorů o různé velikosti. Kotouč se vyměňuje podle vysévané plodiny. V každém otvoru musí zůstat pouze jedno semeno. Přebytečná semena odstraňuje z povrchu kotouče např. kartáček, odmítací kotouč nebo hradítko. Výměnou kotoučů dosahujeme různé řádkové vzdálenosti vysévaných plodin. Kotoučové výsevní ústrojí je zobrazeno na obrázku 1.

Obrázek 1 - Kotoučové výsevní ústrojí s pneumatickým přetlakovým přidržováním semen

- 1 – výsevní skříň
- 2 – ofukovací tryska
- 3 – výsevní kotouč
- 4 – secí botka
- 5 – vypouštěcí otvor

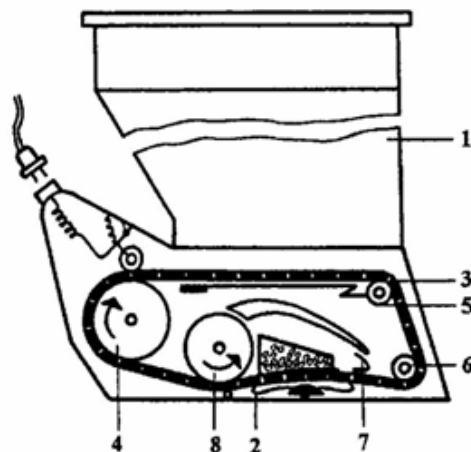


## PÁSKOVÉ VÝSEVNÍ ÚSTROJÍ

Je v podstatě založeno na podobném principu jako u kotoučového výsevního ústrojí. Osivo z výsevní skříňe dopravují k semenovodům pásky s různým počtem otvorů o různé velikosti. Pásky jsou výměnné podle vysévané plodiny. Odmítací kotouč zajišťuje, aby v každém otvoru zůstalo pouze jedno semeno. Páskové výsevní ústrojí je zobrazeno na obrázku 2.

Obrázek 2 - Páskové výsevní ústrojí:

- 1 – zásobník
- 2 – přívodní kanál
- 3 – perforovaný pásek
- 4 – hnací kotouč
- 5 – napínací váleček
- 6 – vodící váleček
- 7 – pružná clona
- 8 – stírací kotouč

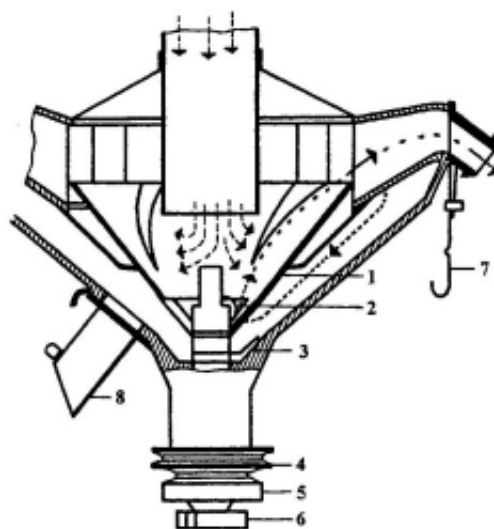


## ODSTŘEDIVÉ VÝSEVNÍ ÚSTROJÍ

Obsahuje svisle postavený rotující kužel, jež vynáší odstředivou silou semena na obvod kužele, kde padají do semenovodů, které je dopraví až do připraveného seřového lůžka. Odstředivé výsevní ústrojí je zobrazeno na obrázku 3.

Obrázek 3 - Odstředivé výsevní ústrojí:

- 1 – vnitřní kužel
- 2 – stavitelná clona
- 3 – rotující rameno
- 4 – klínové řemenice
- 5 – stupnice
- 6 – matice
- 7 – šoupátko
- 8 – vyprazdňovací otvor

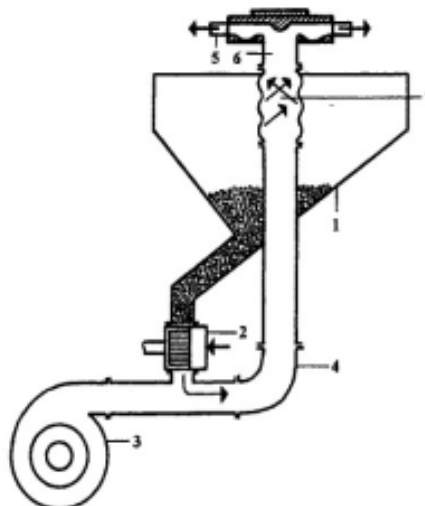


## PNEUMATICKÉ VÝSEVNÍ ÚSTROJÍ

obsahuje dávkovací váleček, jež vyhrnuje jednotlivá semena do proudu vzduchu od ventilátoru. V rozdělovací hlavě se rozdělí semena do jednotlivých semenovodů, které je dopraví k secím botkám. Toto pneumatické přetlakové výsevní ústrojí se také nazývá tryskové. Pneumatické výsevní ústrojí je zobrazeno na obrázku 4.

Obrázek 4 - Schéma pneumatického výsevního ústrojí:

- 1 – zásobník
- 2 – dávkovač
- 3 – ventilátor
- 4 – potrubí
- 5 – potrubí k semenovodům
- 6 – rozdělovací hlavice
- 7 – vyrovnávač



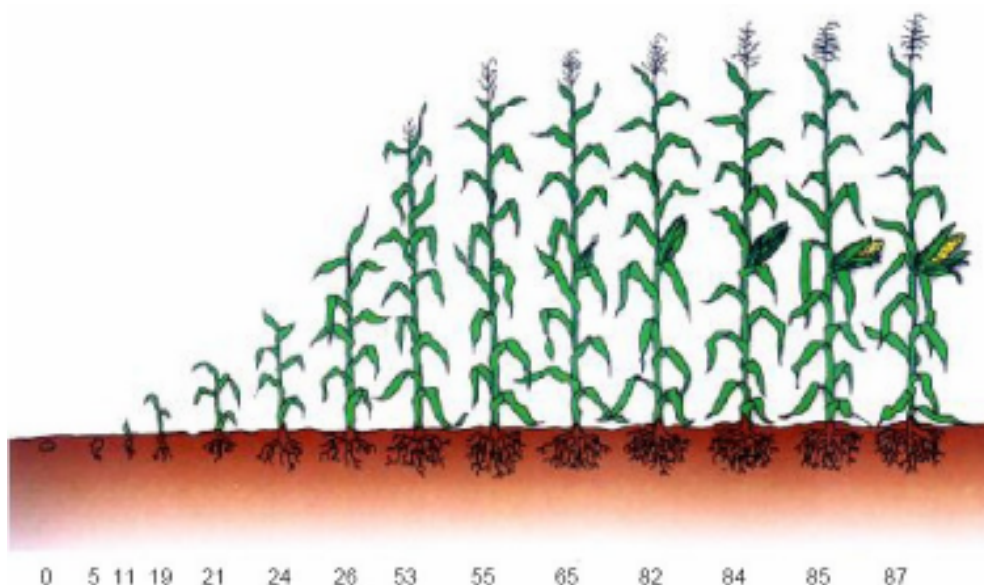
### 2.1.8. Ošetření porostu během vegetace

Prvním zásahem po zasetí kukuřice bývá válení. V suchých oblastech a za suchého jara je nutné na všech druzích půdy, ve vlhčích oblastech pouze na lehké půdě. Na těžší půdě se válením zvyšuje nebezpečí vytváření půdního škraloupu. Na svažitéch pozemcích válení podporuje erozi spojenou se splavováním nejen půdy, ale i herbicidů a živin. (*Vrzal, Novák a kol., 1995*)

V ochraně proti vzcházejícím plevelům se uplatňuje vláčení před vzejitím porostů. Používáme lehké brány a vláčíme kolmo na řádky. Vlácením po vzejití snižujeme hustotu porostů o 10 %. Porosty je nutné vláčet za teplejšího a slunného počasí, kdy jsou rostliny částečně zavadlé a méně se poškozují. Nevláčíme v době vzcházení kukuřice. Vzhledem k zapojení porostu se v období od vzejití do fáze čtyř listů nedoporučuje žádným způsobem mechanicky kultivovat. Na růst rostlin příznivě působí plečkování, zvláště na ulehle a těžké půdě. Plečkování musí být mělké, maximálně na hloubku setí. V případě druhého plečkování je nutné ponechat širší ochranné pásy kolem řádků. Vlácením a plečkováním ničíme vzcházející plevele, a tím snižujeme dávku herbicidů a účinky reziduí na životní prostředí. Prokypřování dále zlepšuje předplodinovou hodnotu kukuřice. Tato opatření zpravidla uskutečňujeme při nižším účinku chemické ochrany. (*Svoboda, 2005*)

Kukuřice vykazuje v porovnání s jinými zemědělskými plodinami určité rozdíly v reakci na pěstování a výživu. Je to způsobeno tím, že je rostlinou typu C4 na rozdíl od většiny zemědělských plodin s cyklem C3. Tato metabolická odlišnost ji řadí mezi rostliny s vyššími nároky nejen na teplotu vzduchu, ale i půdy a současně vytváří předpoklad pro efektivní využití přijatých živin na tvorbu výnosu. Kukuřice, a to hlavně pozdnější hybridy nebo odrůdy, vytváří mohutný kořenový systém, což jí umožňuje dobře využívat živiny z hlubších půdních vrstev. Hloubka půdního profilu, odkud dochází k odběru živin, se během vegetace mění.

Před objevením laty přijme až 75 % všech živin. V těchto vývojových fázích (obrázek 5) má kukuřice vedle velkých požadavků na dusík ještě větší nároky na draslík (*Richter, 2005*).



Kód DC	Popis
0	Klíčení
5	Objevení primárního kořínku
7	Objevení koleoptile
9	Délka koleoptile 2,5 cm
10	Vzchýzení - počáteční vývoj
11	Koleoptile proniká povrchem půdy
15	1. základní list
19	rozvinutí 2. listu
20	Růst listů
23	5. list již rozvinut
25	7. list
27	12. a další listy
30	Prodlužovací růst
32	1. kolénko
35	3. kolénko
36	4. kolénko
40	Mezání
51	Začátek mezání listů
53	Objevuje se vrchol listů
55	Listy vysuší a obalových listů
56	Konec mezání - listy již vyvinuté
60	Kvetení listů
61	Začátek přilnutí ve střední části listů
65	Plná přilnutí všech poslůnků
70	Kvetení blážen
73	Objevují se špičky blážen
75	Většina blážen varou
79	Blázně zaschlé
80	Zrakovost
82	Mléčná
84	Vosková
85	Psychologická
87	Sklizňová
89	Konečná fáze - sláma suchá, listy žluté

Obrázek 5 – růstové fáze u kukuřice (Richter, 2005)

## Výživa a hnojení

Další nedílnou součástí úspěšného pěstování kukuřice je hnojení. Kukuřice vyžaduje vyváženou výživu porostu. Při intenzivním způsobu pěstování kukuřice



odčerpá až 580 kg čistých živin, které je potřeba zapravit do půdy. Základ ve výživě kukuřice by měla tvořit organická hnojiva, protože při max. odběru živin kukuřicí, což je období metání až mléčné zralosti, dochází k uvolňování živin z těchto hnojiv ve formě pro rostliny dobře přístupné. Dodáváním org. hnojiv jako je chlévská mrva nebo kejda, zajistíme půdě živiny, které vytvářejí „starou půdní sílu“. **Chlévskou mrvu** aplikujeme nejlépe na podzim, zapravíme ji podmínkou nebo orbou do půdního profilu. V současnosti je aplikace statkových hnojiv upravena nitrátovou směrnicí. Tato určitým způsobem omezuje aplikaci org. hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem (např. kejda) na podzim, ale v předjaří a plné vegetaci nijak vážně neomezuje aplikaci těchto hnojiv. **Kejda** jako tekuté hnojivo má výhodu v tom, že se dostane stejnoměrně do celého profilu půdy využitelného pro kořenový systém kukuřice. Kejdu aplikujeme na jaře před setím kukuřice se zapravením, nejlépe mělkou podmínkou, po vzejití kukuřice za použití hadicových aplikátorů až do takové výšky porostu, která dovolí tuto aplikaci provést bez mechanického poškození rostlin (nejčastěji 30 - 50cm). Jednorázová dávka kejdy se pohybuje v rozmezí 10 - 20 m<sup>3</sup> . ha<sup>-1</sup>, většinou podle délky pozemku a možností plnění hadicového aplikátoru (přístupnost pozemku z více stran je výhodou). V mnoha případech jsme org. hnojením schopni pokrýt základní potřebu příjmu živin kukuřice. Aplikací vepřové kejdy dodáváme do půdy i dostatek Zn, který je pro kukuřici důležitým prvkem. Méně známým org. hnojivem, jsou **lihovarnické výpalky**. Vznikají jako odpad při výrobě lihu, jsou org. hnojivem využitelným pro většinu plodin. Jejich aplikaci pro kukuřici lze provést před setím hadicovým aplikátorem s dávkovacím zařízením upraveným na aplikaci nižších dávek. Lih. výpalky se aplikují v dávce 3 - 5 t.ha<sup>-1</sup>, jejich pH je 5,8 - 6, obsahují v 1 t zhruba 20 kg N, 40 kg K, 2 kg Ca, zanedbatelně P a Mg, vše organicky vázané.

Pokud nemáme možnost použít organická hnojiva, používáme minerální hnojiva, která mohou sloužit také jako doplněk k organickému hnojení.

**Síran amonný** v dávce 0,5-0,6 t.ha<sup>-1</sup>, před setím se zapravením, je vhodný na půdách s pH nad 6, jeho nevýhodou je nepřesná aplikace (napruhování). Pokud je vyroben v krystalech, jeho cena je nepoměrně vyšší. **DAM 390** je ideálním hnojivem pro aplikaci s preemergentními herbicidy, ať už před setím se zapravením (nesmí být zapraven náradím se smykem), nebo po zasetí v dávce 300 l/ha i více, dle potřeby kukuřice. Způsob aplikace se zapravením do půdy je vhodný na lehkých, výsušných půdách nebo svažitých pozemcích. Zapravením se také jistí účinnost půdního herbicidu, která je vázána na půdní vláhu. Při aplikaci DAMu s preemergentními

herbicidey v srážkově chudších oblastech, doporučujeme počkat si „na vláhu“, tzn. postřík provést těsně před očekávanými srážkami anebo ihned po nich, na vlhkou půdu (jen při dobré sjízdnosti pozemku). V humidních oblastech se aplikace po zasetí nemusíme obávat. Je-li v tomto období již příliš teplo a větrno, je lépe provést aplikaci navečer nebo ráno, nebezpečí ztráty dusíku z DAMu se sníží. Přihnojení na list kukuřice DAMem 390 se nedoporučuje z důvodu popálení listové plochy a tím zpomalení růstu, oddálení kvetení a dozrávání. Vhodným min. hnojivem pro kukuřici je také **močovina**, aplikuje se pouze před setím a to velmi snadno, v dávce 0,2 - 0,3 t.ha<sup>-1</sup>. Podmínkou aplikace je rychlé zapravení močoviny (nejlépe do 1 hod) do půdy. Jinak dochází k úniku 15 - 30 % dusíku do ovzduší. **Ledek amonný s vápencem** je méně vhodným hnojivem ke kukuřici, dá se použít k přihnojení pod list trubicovými aplikátory na lehkých kyselejších půdách, jeho povrchové rozhození na list způsobuje poškození kukuřice.

Hnojení **draslíkem** se provádí podle jeho zásoby v půdě. Pokud se nenaplní potřeba drasla pro kukuřici org. hnojivy, použije se **draselná sůl** na podzim se zapravením.

Pro hnojení **fosforem** je stále nejdůležitější udržování dobrého výživného stavu půdy v celém profilu pomocí zásobního hnojení. Na jaře je nejvhodnějším hnojivem **amofos**, který použijeme před setím na široko v dávce 0,1 - 0,3 t.ha<sup>-1</sup> podle zásoby v půdě, případně v kombinaci s přihnojením pod patu v dávce 70 - 100 kg.ha<sup>-1</sup>. Přihnojení pod patu hnojivem amofos, které obsahuje vodorozpustný fosfor, má velký význam při vzcházení kukuřice především v méně příznivých klimatických podmínkách (zima, sucho), na půdách nedostatečně zásobených fosforem, utužených, studených a biologicky málo činných. Při hnojení pod patu je výrazně lepší příjem fosforu v raných fázích růstu kukuřice. Nedostatek fosforu se projeví u mladých rostlin nižším vzrůstem, užším načervenalým listem, kdy dochází k snížené tvorbě chlorofylu a hromadění glycidů v listech. (Kačicová, 2011)

### 2.1.9. Sklizeň a konzervace

Sklizeň a příprava siláže pro využití v zařízení na výrobu bioplynu se musí provádět se stejnou pečlivostí, s jakou se vyrábí kukuřičná siláž pro vysokoužitkové dojnice.

Špičkové siláže jsou ideálním předpokladem pro vysokou výtěžnost bioplynu a vysokou stabilitu procesů biochemické přeměny v zařízení na výrobu bioplynu.

Proto se při sklizni kukuřice pro výrobu bioplynu musí dbát na tři základní kritéria:

- optimální obsah sušiny 28 - 34 %
- narušení zrna pomocí corncrackeru
- délku řezanky do 8 mm

*(ZZN Pelhřimov, 2011)*

### **Optimální termín sklizně**

Podstatným kritériem pro vysokou výtěžnost metanu z kukuřice je sklizeň rostlin se správným obsahem sušiny. Optimální obsah sušiny je v rozmezí 28 - 34 %.

Tento obsah sušiny zajišťuje:

- výnosové maximum
- stabilitu siláže
- vysokou degradabilitu ve fermentoru
- optimalizaci výtěžnosti metanu
- optimální průběh fermentace v zařízení na výrobu bioplynu (žádná tvorba plovoucí vrstvy atd.) *(KWS, 2010)*

### **Požadavky na sklízecí techniku**

Při sklizni se musí dbát na správnou délku řezanky a narušení všech zrn. Nastavení řezačky se musí přizpůsobit sušině celé rostliny.

Docílení krátké řezanky (do 8 mm) představuje ekonomický efekt:

- nižší náklady na dopravu
- snadnější a kvalitnější zhutnění (měrná hmotnost cca 650 kg.m<sup>-3</sup>)
- zlepšení průběhu kvašení
- zrychlení uvolňování buněčné šťávy, a tím rychlé mléčné kvašení
- vyšší obsahy kyselin díky vyšší aktivitě bakterií léčného kvašení
- menší aktivita kvasinek

- větší povrch znamená rychlejší rozklad v procesu výroby bioplynu
- zabránění druhotnému zahřívání a kvašení → delší aerobní stabilita siláže  
(Agronom, 2011)

## Požadavky na uskladnění

Cílem silážování musí být konzervace sklizené kvalitní biomasy hmoty v optimální kvalitě a minimalizace ztrát silážní hmoty. Stabilní siláže se dosáhne jen tehdy, když se kyslík rychle vydýchá, zabrání se dalšímu přístupu vzduchu a vzniklý oxid uhličitý se zadrží v krmivu (KWS, 2010)

Při naskladňování hmoty do silážního žlabu je nutno dodržet několik zásad:

- rychlé naplnění silážního žlabu
- správné naskladňování (maximální tloušťka vrstvy by neměla překročit 30 cm, plnění do „klínu“)
- vysoký stupeň zhutnění
- rychlé a vzduchotěsné uzavření silážního žlabu
- zabezpečení před poškozením ptáky a divokou zvěří

Zhutnění musí být největší prioritou, aby se vytvořily anaerobní podmínky pro bakterie mléčného kvašení. Rychlost plnění žlabu určuje dusací technika, nikoliv řezačka. Optimálního zakrytí silážního žlabu docílíme použitím:

- transparentní fólie
- kvalitní polyetylenové fólie
- tkaninové fólie, ochranné sítě
- dostatečného zatížení celé plochy žlabu (Doležal a kol., 2008)

## Hygienická nezávadnost siláže

Znečištění znamená vnesení inhibitorů kvašení a závadných příměsí (např. písku) do kvasného substrátu, což může vést k narušení fermentace a k poruchám zařízení na výrobu bioplynu. Inhibitory kvašení (např. plísně produkující mykotoxiny)

vedou k závadnému kvašení a ztrátám na substrátu. Písek nebo podobná znečištění způsobují tvorbu sedimentu a znamenají zvýšené opotřebení čerpací a mísicí techniky, popřípadě zanesení fermentoru. (KWS, 2010)

Dobře zkvašená kukuřičná siláž se vyznačuje relativně vysokým zbytkem fermentovatelných uhlovodíků. Pochybení v silážním managementu, jako je malý odběr hmoty nebo špatné udusání se projeví aerobní nestabilitou s následným zahříváním, které je způsobeno masivním pomnožením kvasinek na odebírané ploše siláže. (Mathies, Kurtz, 2009)

## 2.2. Bioplynová stanice

Bioplynová stanice je zařízení k využití energetického potenciálu organických surovin a odpadů - tzv. biomasy. Těmi mohou být siláž, kejda, drůbeží hnůj, senáž, vedlejší živočišné produkty atd. Získaná energie je klasifikována jako energie z obnovitelných zdrojů, stejně jako energie větrná či solární.

Kompletní zařízení na výrobu bioplynu tvoří nádrž na sbírání a přípravu surového substrátu, anaerobní fermentor, vyrovnávací přechodová nádrž pro výsledný bioplyn, skladovací nádrž na vyhnílý substrát a kogenerační motor na výrobu elektrické energie.

Za pomoci anaerobní technologie se organický odpad prostřednictvím rozkladu mikroorganismů mění na bioplyn. Anaerobní fermentace je proces, kdy za nepřístupu vzduchu dochází při určité teplotě pomocí specifických bakterií k rozkladu organické hmoty za současného vývinu bioplynu. Při fermentačním procesu vzniká také vedlejší produkt - digestát, což je stabilní zbytek, který splňuje kvalitativní požadavky vyhlášky o biologických metodách zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Je možné ho využít přímo do půdy jako hnojivo, přidávat do kompostu, interní pokryv skládkových vrstev apod.

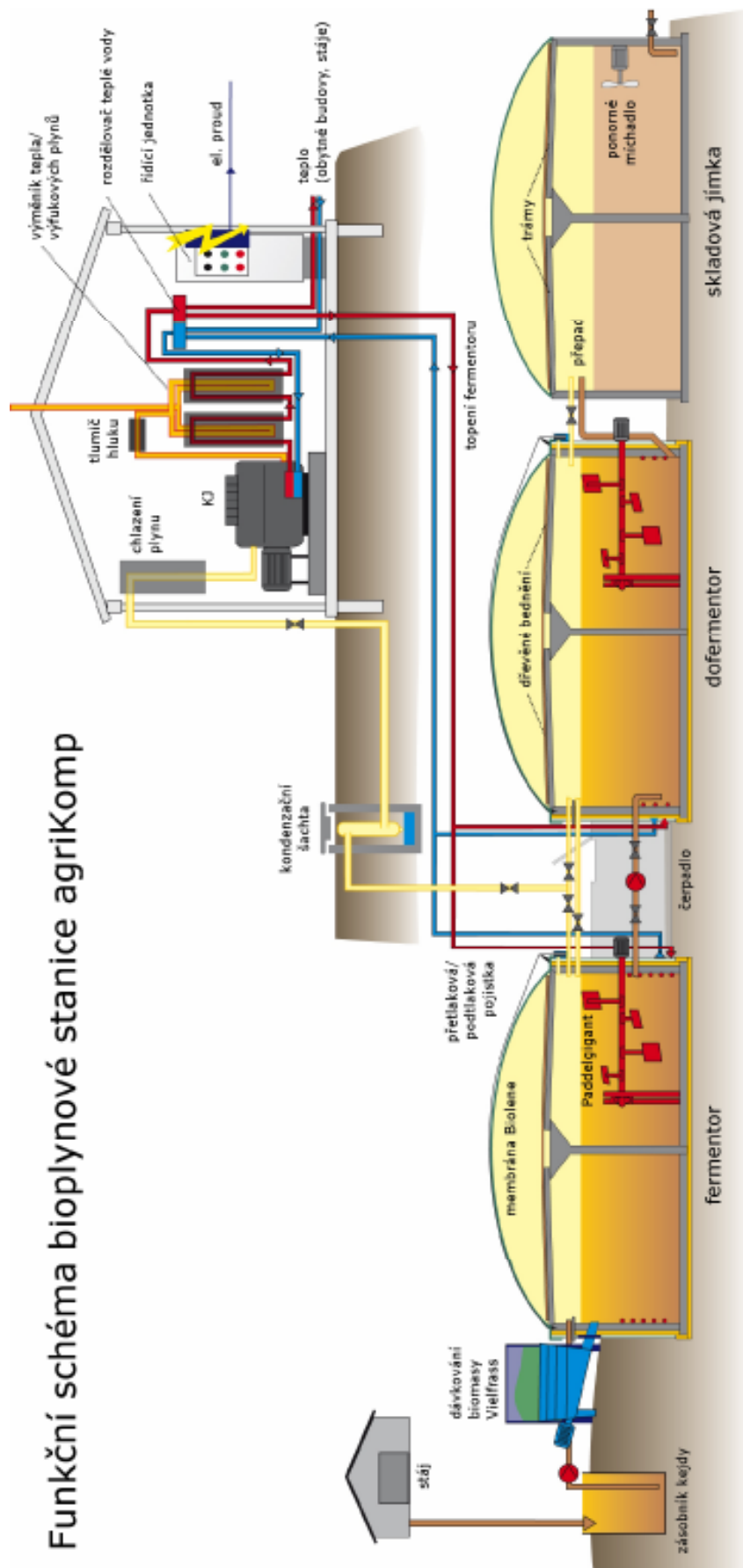
Bioplyn představuje surovinu, kterou lze přes kogenerační motory přeměnit na elektrickou energii a teplo. Energie se dodává do rozvodné sítě a teplo využívá dle vlastních možností. (Zdětín, 2008)

Velikost bioplynové stanice závisí na množství zpracovaného organického materiálu. Bioplynové stanice v zemědělství zpravidla dělíme na stanice malé a centralizované. Pod pojmem malá bioplynová stanice si můžeme představit

samostatnou jednotku zpracovávající určitý druh biomasy. Bioplyn je využíván k produkci elektrické energie. Produkované teplo a elektrická energie slouží k využití na farmě, čímž snižuje provozní náklady farmy. Možný přebytek lze prodávat do veřejné sítě. Centralizované bioplynové stanice na rozdíl od malých bioplynových stanic zpracovávají odpad z několika samostatných farem. Je zde vytvořeno dokonalé propojení těchto stanic za účelem včasného doplňování substrátu. Jejich výhodou je nižší cena investic, efektivnější využití investic, kvalifikovanější obsluha. Vzhledem k větší produkci bioplynu možnost komplexnějšího uplatnění přebytku tepla a vyrovnanější kvalita anaerobního procesu. (*Kajan, 2011*)

Schéma bioplynové stanice je zobrazeno na obrázku 6.

Obrázek 6 – Schéma bioplynové stanice (AgriKomp, 2011)



## 2.2.1. Typy bioplynových stanic

Podle zdroje, který má největší procentní zastoupení zpracovávaného substrátu, se BPS dělí do čtyř základních skupin:

- Zemědělské bioplynové stanice (zpracovávají zemědělské produkty) (Obr. 7)
- Bioplynové stanice komunálních čistíren odpadních vod (Obr. 8)
- Průmyslové bioplynové stanice – musí splňovat nařízení EU a přísná hygienická pravidla (zpracovávají např. odpad z jatek, tuky) (Obr. 9)
- Skládkové bioplynové stanice – zpracovávají bioodpad, komunální odpad, zbytky potravinářského průmyslu (Obr. 10)

(Skalický, 2006)

Obr. 7 – Zemědělská bioplynová stanice v Chrobolech (Zdroj: foto [www.agrifair.cz](http://www.agrifair.cz), 2011)



Obr. 8 – ČOV České Budějovice (Zdroj: foto Wollner, 2010)



Obr. 9 – Průmyslová bioplynová stanice Velký Karlov (Zdroj: foto [www.ekobrana.cz](http://www.ekobrana.cz), 2011)





Obr. 10 – Skládková bioplynová stanice Žďár nad Sázavou (Zdroj: [www.mm.denik.cz](http://www.mm.denik.cz), 2011)



### 2.2.2. Hlavní části bioplynové stanice

Bioplynová stanice se skládá z homogenizační jímky, nejméně jednoho reaktoru, uskladňovací nádrže, plynojemu, kogenerační jednotky, tepelného výměníku a rozvodu tepla.

#### **Homogenizační jímka**

Tento úsek je především závislý na požadovaných úpravách vstupního materiálu z farem rostlinné či živočišné výroby. Zpravidla se jedná o soustavu nádrží, kde dochází k úpravě substrátu. Dle vstupního substrátu se může jednat o odstranění nežádoucích příměsí, homogenizaci a v některých případech je možno již předeheřivát. Materiál použitý pro přípravné nádrže je buď ocel, plast nebo beton. Většina těchto nádrží je vybavena míchacími či čerpacími jednotkami. (Malík, 2010)

#### **Fermentor (reaktor)**

Jedná se o nejdůležitější zařízení. Fermentor, ve kterém probíhá samotný proces anaerobní digesce, je možné přirovnat k žaludku (bachoru), ve kterém jsou

za pomoci několika druhů kultur mikroorganismů vstupní materiály postupně zpracovány až na výslednou produkci bioplynu. Jedná se tedy o živý proces, který dovede být citlivý na kvalitu a na změnu podmínek prostředí (zejména konstantní teplota ve fermentoru a pH). Chybná „výživa“ a nevhodné podmínky proto mohou vést k redukci výnosu bioplynu, popř. až k zastavení fermentačních procesů.

Materiály s větším množstvím bílkovin či jiné složky s vyšším obsahem dusíku mohou v reaktoru působit negativně na aktivitu anaerobních společenstev a snížit tak produkci bioplynu. Toto nebezpečí hrozí např. u nevhodného dávkování drůbežích podestýlek, jatečních odpadů, masokostní moučky apod. Materiály jako kukuřice, hnůj či kejda mají naopak vhodný obsah dusíku a podobné obtíže jsou omezeny na minimum. Pro optimální chod je nutné držet co nejvíce jednotné složení vstupních surovin a přechody mezi jinými materiály dělat pouze pozvolna a v řádu měsíců. U různých technologií je míra flexibility samozřejmě rozdílná (VSB, 2010)

Fermentory lze rozlišovat dle vlastností zpracovávaného materiálu, především jedná-li se o materiál v rozpustné formě nebo v suspenzi. Z tohoto hlediska lze fermentory rozdělit do tří základních skupin:

- reaktory pro zpracování rozpustného substrátu (odpadní vody),
- reaktory pro zpracování substrátu v suspenzi (obsah sušiny do cca 10 - 12 %),
- reaktory pro zpracování tuhých materiálů (obsah sušiny cca 10 - 50 %).

(Malík, 2010)

Dle konstrukčního provedení se můžeme setkat se dvěma druhy fermentorů. Jde o fermentory horizontální a vertikální. Technologické linky se mohou skládat z jednoho nebo více fermentorů v sériovém nebo paralelním řazení. (Pastorek, Wolff, 1992)

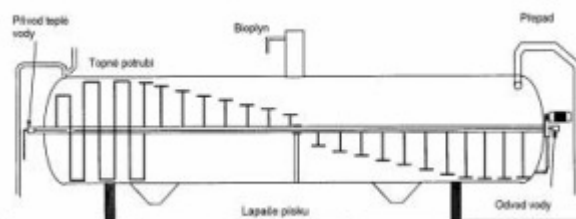
### **Horizontální (ležící) fermentory**

Ležící fermentory mají cylindrický tvar a jsou omezeny s ohledem na svůj objem, neboť jsou často vyráběny předem před místem umístění.

Nutný transport fermentorů k místu jejich použití je možný ovšem jen do jisté velikosti nádrže nebo jako předfermentory pro větší zařízení se stojícími hlavními fermentory. Horizontální fermentory jsou provozovány paralelně, aby bylo možno zpracovat větší množství substrátu. (CZ Biom, 2010)

Horizontální fermentor je zobrazen na obrázku 11.

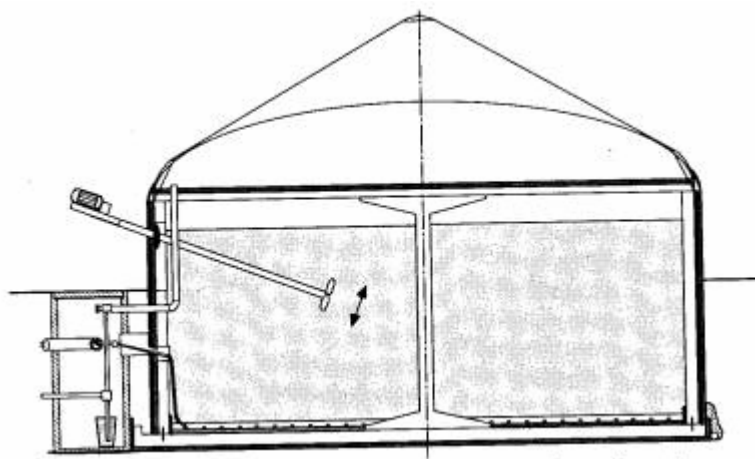
Obr. 11 – horizontální fermentor (Zdroj: [www.biom.cz](http://www.biom.cz), 2011)



### Vertikální fermentor

Vertikální fermentory bývají vyrobeny z betonu a mají kruhový průřez. Objem těchto nádrží se pohybuje v rozmezí 250 - 600 m<sup>3</sup>, ale v dnešní době se setkáme i s objemy nad 1 200 m<sup>3</sup>. Tyto reaktory můžeme používat jako dvouúčelové, kdy v průběhu roku pracují s různým harmonogramem dávkování. Oproti horizontálnímu provedení mají výhodu v tom, že lze dosáhnout lepšího poměru objemem a povrchem, čímž snížíme náklady a tepelné ztráty. (Kajan, 2011)

Obr. 12 – vertikální fermentor s míchadlem (Zdroj: [www.biom.cz](http://www.biom.cz), 2011)



## Míchání

Míchání suspenzních reaktorů je pro zdárný průběh procesu anaerobní fermentace nezbytné z několika důvodů:

- zabezpečení homogenizace prostředí a tím snazší transport hmot mezi mikroorganismy a okolním prostředím
- rovnoměrné rozdělení teploty uvnitř reaktoru
- omezení vzplývání lehkých částic a následnou tvorbu „deky“ na hladině suspenze

Z konstrukčního hlediska existuje několik základních způsobů míchání mechanizačních reaktorů:

- mechanické – různé druhy mechanických míchadel a turbin,
- hydraulické – cirkulací obsahu reaktoru za pomoci čerpadel různých typů a konstrukcí umístěných uvnitř nebo vně nádrže,
- pneumatické – míchání recirkulací plynu. Bioplyn je čerpán z plynového prostoru a pod tlakem vháněn do různých míst nádrže. (*Havlíčková a kol., 2008*)

## Ohřev

V našich klimatických podmínkách musí být bioplynové stanice uměle vytápěny, aby se udržovala žádoucí teplotní úroveň a vyrovnaly se tepelné ztráty způsobené únikem tepla do okolí. Vytápění nádrží je nejčastěji prováděno:

- teplou vodou nebo párou a topnými tělesy uvnitř nádrže,
- teplou vodou nebo parou ve výměnících tepla vně nádrže (ohřívá se surový kal),
- přímým injektováním vodní páry (přímo do nádrže nebo do proudu recirkulovaného kalu),
- ponořenými plynovými hořáky. (*Malík, 2010*)

## **Plynojem**

Aby BPS pracovala na špičkové úrovni, je akumulace bioplynu v místě výroby a spotřeby nutnou podmínkou. Zpravidla se jedná o tlakové zásobníky kulového či válcového tvaru. Dle použití mluvíme o vysokotlakých, středotlakých a nízkotlakých plynojemech. Plynojem má za úkol plyn shromažďovat a oddělovat od pěny a kapalných částí. (*Pastorek, Wolff, Praha 1992*)

Obr. 13 – plynojem v Libni (*Zdroj: www.ihned.cz, 2011*)



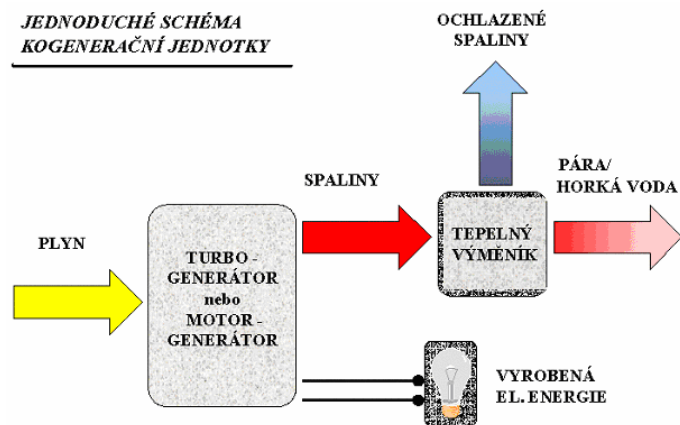
## **Kogenerační jednotka**

Kogenerační jednotka slouží v bioplynové stanici k výrobě dvou forem energie z jednoho primárního paliva. To bývá nejčastěji bioplyn, zemní plyn či propan-butan. Nejběžnější kogenerační jednotka se skládá ze spalovacího motoru a elektrického (synchronního nebo asynchronního) generátoru. Obě zařízení jsou propojeny.

Obr. 14 – Kogenerační jednotka (Zdroj: foto Wollner, 2011)



Obr. 15 – Schéma kogenerační jednotky (Zdroj: www.ppas.cz, 2011)



## Skladovací nádrž

Vyhnilý substrát (fermentační zbytek nebo digestát) se shromažďuje ve skladovací nádrži. Ta by měla být tak velká, aby v době vegetačního klidu, kdy nedochází k jejímu vyprazdňování, mohl být digestát skladován. Nádrž je nadzemní,

částečně podzemní nebo podzemní jímka. Musí být dokonale utěsněna, aby nedocházelo k úniku fermentačního zbytku.

Obr. 16– Skladovací nádrž na fermentační zbytek – digestát (Zdroj: foto Wollner, 2011)



### 2.3. Substrát

V bioplynové stanici lze zpracovávat kejdu, hnůj a jiné odpady z živočišné výroby, fytomasu, odpady z rostlinné výroby, ze stravování, biologicky rozložitelný komunální odpad a čistírenské kaly. Vhodné jsou zvláště materiály s vyšší vlhkostí. Často se uplatňuje kofermentace. (Schulz, Eder, 2004)

Kofermentace je zpracování různých materiálů v jednom zařízení. Vhodnou kombinací substrátů lze docílit složení, které bude mít příznivý vliv na průběh procesu a tím i na výsledné množství a kvalitu bioplynu. Využitím metody kofermentace námi zvolených kosubstrátů bychom měli dosáhnout zvýšení produkce plynu a obsahu metanu ve vzniklém bioplynu oproti běžné anaerobní digesci. V našem případě se jedná o kosubstráty, které jsou zastoupeny, jak produkty klasifikovanými jako odpad,

tak produkty vznikající cíleným pěstováním zemědělskými společnostmi. Jsou to např.:

- běžné produkty zemědělské výroby (silážovaná kukuřice, senáž nebo čerstvá tráva, energetické rostliny)
- biologicky rozložitelný podíl komunálního odpadu
- odpad z údržby zeleně
- kuchyňský odpad (*Židek, 2005*)

### 2.3.1. Substráty pro BPS zemědělského typu

#### Statková hnojiva

V poslední době stavy hospodářských zvířat v České republice klesají, ale i přesto tvoří statková hnojiva významný potenciál substrátů pro bioplyn. Hovězí i prasečí kejda se dají díky relativně nízkému obsahu sušiny dobře kombinovat s ostatními substráty. Obtížnější je situace u slamatého hnoje, neboť ten musí, kvůli svému vysokému podílu sušiny, být zpravidla naředěn, aby byl pumpovatelný. Kejda je obvykle přiváděna k bioplynové stanici přímo nebo přes předjímku. (*Biom, 2009*)

V tabulce 1 je zobrazen výtěžek plynu a obsah metanu ze statkových hnojiv.

Tabulka 1 – Výtěžek plynu a obsah metanu ze statkových hnojiv

substrát	výnos plynu		obsah metanu
	[m <sup>3</sup> /t substrátu]	[m <sup>3</sup> /t org. sušiny]	[objem. %]
kejda skotu	20 - 30	200 - 500	60
kejda prasat	20 - 35	300 - 700	60 - 70
hnůj skotu	40 - 50	210 - 300	60
hnůj prasat	55 - 65	270 - 450	60
hnůj kuřat a slepic	70 - 90	250 - 450	60



## Kukuřice

Jak bylo uvedeno, hlavním substrátem pro zemědělské bioplynové stanice je kukuřičná siláž. Pro využití kukuřice na výrobu bioplynu jsou tyto důvody:

- Kukuřice má jeden z nejvyšších výnosových potencionálů biomasy na jednotku plochy
- Do budoucna lze očekávat další nárůst výnosu biomasy z jednotky plochy
- Technologie pěstování a silážování kukuřice je rozvinutá a propracovaná
- Technologií pěstování lze respektovat i požadavky ochrany životního prostředí (*Havlíčková a kol., 2008*)

## Řepa

Řepa se pro výrobu bioplynu hodí zejména díky vysokým výnosům hmoty bulvy (krmná nebo cukrová řepa). Řepa však vyžaduje vysoké nároky na půdu a podnebí, potřebuje spíše mírné podnebí a hlubokou ornou humózní půdu.

Výnosy jsou rozdílné vždy podle půdních předpokladů a pohybují se u cukrové řepy kolem 50 - 60 t/ha.

Problémy ovšem nastanou při suchém čistění řep. Ulpívající zemina musí být pokud možno úplně odstraněna, neboť se jinak usadí a nahromadí na dně fermentoru. Také kameny musí být odstraněny ještě před rozdrolením. Neboť řepa i řepný list jsou sklizeny jen sezónně, je potřebné uskladnění, abychom měli substrát po celý rok k dispozici, což se zpravidla děje silážováním drcených rostlin. (*Biom, 2010*)

## Další substráty

Vedle těchto nejvíce rozšířených substrátů se používá dále travní senáž, vedlejší produkty např. z výroby piva a alkoholu, škrobu, vedlejší produkty ze zpracování ovoce a cukru a různé.

## 2.4. Bioplyn

Bioplyn je plyn produkovaný během anaerobní digesce organických materiálů a skládající se zejména z metanu ( $\text{CH}_4$ ) a oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ).

### 2.4.1. Vznik bioplynu – komplexní proces

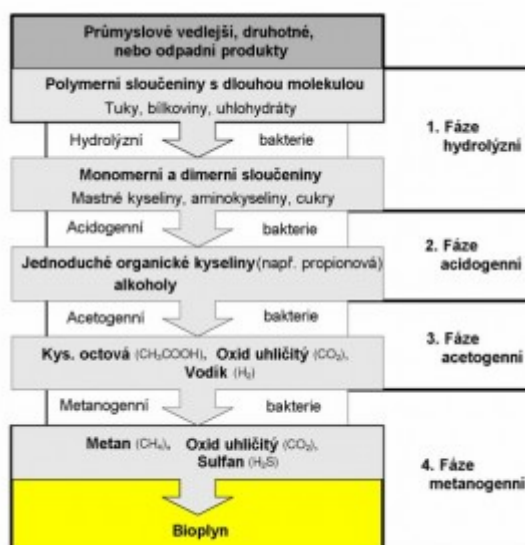
Bioplyn je produkt anaerobního rozkladného procesu. Tento proces se dá v podstatě rozdělit do čtyřech fází. Na každém stupni procesu se podílejí odlišné mikroorganismy a rozličné enzymy, které vzájemně spolupracují v těsné prostorové blízkosti a tvoří jistý druh symbiózy.

#### Bioplyn vzniká ve čtyřech fázích

V prvním kroku, fáze hydrolýzy, jsou štěpeny sacharidy na jednodušší cukry, tuky na mastné kyseliny a bílkoviny na aminokyseliny. Produkty hydrolýzy jsou ve fázi tvorby kyselin (acidogeneze) odbourány na organické kyseliny a nižší alkohol. Fáze tvorby kyseliny octové (acetogeneze) představuje spojovací článek k tvorbě metanu. Zde jsou produkty fáze tvorby kyselin přeměněny na kyselinu octovou, oxid uhličitý a vodík, které jsou konečnými výchozími produkty pro tvorbu metanu (metanogeneze). Ve zdravém procesu běží všechny tyto kroky synchronně. (Zachová, 2010)

Vznik bioplynu je zobrazen na obrázku 17.

Obrázek 17 – vznik bioplynu  
(Zdroj: [www.biom.cz](http://www.biom.cz), 2011)

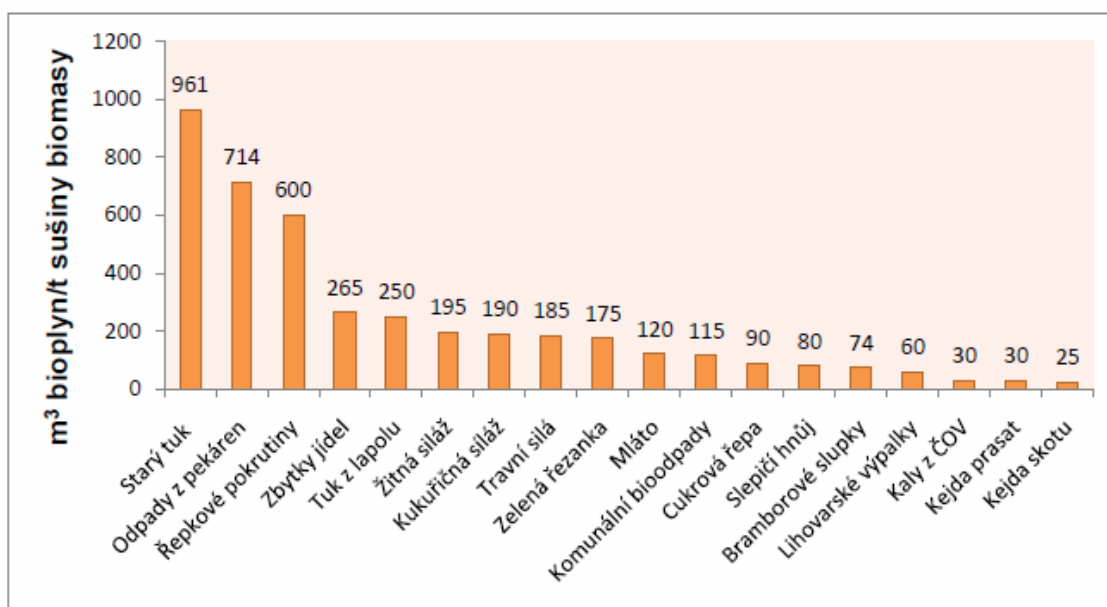


## 2.4.2. Výtěžnost bioplynu

Výtěžnost bioplynu významně závisí jednak na vlastnostech a kvalitě vstupního materiálu, a jednak musí být vždy vyhodnocena podle konkrétních podmínek (např. způsob provozu zařízení, výše a stabilita teploty v reaktoru, doba zdržení). Z tohoto důvodu dochází i u stejných substrátů ke značným rozptylům hodnot ve výtěžnosti bioplynu. (VSB, 2010)

Následující graf 1 ukazuje hodnoty teoretické výtěžnosti u jednotlivých surovin. V tabulce 2 je zobrazeno průměrné složení bioplynu.

Graf 1 – Teoretická výtěžnost bioplynu u jednotlivých surovin



Tabulka 2 – průměrné složení bioplynu

Podíl	Koncentrace
Metan	40 - 75%
Oxid uhličitý	25 - 55%
Vodní pára	0 - 10%
Dusík	0 - 5%
Kyslík	0 - 2%
Čpavek	0 - 1%
Sulfan	0 - 1%

## 2.5. Digestát

Digestát – nerozložený podíl zpracovávané suroviny a biomasa mikroorganismů účastnících se fermentace, vzniká jako vedlejší produkt výroby bioplynu. Jelikož v průběhu fermentace klesá jeho obsah organických látek ve zpracovávané surovině, je složení závislé hlavně na složení zpracovávané suroviny. Výsledná sušina digestátů se v naprosté většině případů pohybuje v rozsahu 4 - 9%. (Havlíčková, 2008)

Digestát se dělí na dvě složky:

- Separát - Jedná se o tuhý vyhnílý zbytek se sníženým obsahem biologicky rozložitelných látek. Tento materiál pokud vyhovuje všem normám a shoduje se s parametry vyhlášky stanovené Ministerstvem životního prostředí, lze využívat jako hnojivo, přídatek do kompostu nebo k vyrovnání povrchu terénu. (Verner, 2010) Separát je zobrazen na obrázku 18.
- Fugát - neboli procesní voda, je tekutý produkt vyhnívacího procesu a má charakter vody odpadní. Je silně zakalený a obsahuje produkty anaerobního rozkladu organických látek. Zpravidla je odváděn do čistírny odpadních vod (EnviWEB, 2009). Fugát je zobrazen na obrázku 19. Složení digestátu pak v tabulce 3. a 4.

Obr. 18 – Separát



Obr. 19 - Fugát



Tabulka 3 - Obsah organických látek a rostlinných živin v tuhé a tekuté části digestátu  
(Havlíčková, 2008)

Parametr	Jednotka	Kejda prasat		Siláž kukuřice	
		tuhý	tekutý	tuhý	tekutý
sušina	%	27,20	5,20	26,10	4,90
organické látky	% suš.	51,80	47,30	82,30	64,60
dusík N	% suš.	3,90	11,00	2,70	9,90
fosfor P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% suš.	5,60	5,40	5,00	3,90
draslík K <sub>2</sub> O	% suš.	1,60	5,80	1,70	9,10
vápník CaO	% suš.	4,90	3,00	2,20	2,60
hořčík MgO	% suš.	6,10	1,70	2,00	1,00
uhlík C	% suš.	25,90	23,60	41,15	32,30
C:N	x	8,93	2,15	15,20	3,26

Tabulka 4 – Obsah těžkých kovů v digestátu z kukuřičné siláže (Havlíčková, 2008)

Těžký kov	v mg.kg <sup>-1</sup> suš	
	tuhý digestát	tekutý digestát
Arsen (As)	< 0,10	0,18
Kadmium (Cd)	< 0,15	0,35
Olovo (Pb)	< 3,50	3,3
Rtuť (Hg)	0,003	0,021
Chrom (Cr)	6,8	57
Měď (Cu)	10	49
Molybden (Mo)	1,5	4,4
Zinek (Zn)	54	280

## 2.6. Odpadní a zbytkové teplo

Zužitkování „odpadního“ tepla z kogenerační jednotky je dnes již podmínkou pro získání dotací na výstavbu BPS. Současně to ale přináší majiteli BPS rychlejší návratnost investice. Odpadní tepelný výkon z kogenerační jednotky je využíván především k vytápění fermentorů.

Obvyklým nedostatkem bioplynových stanic s kogeneračními jednotkami je nevyužívání více než poloviny vyrobeného tepla a nutnost jeho ztrátového maření. Většinou se toto zbytkové teplo odvádí přes ventilátorové chladiče do atmosféry. Vzhledem k tomu, že se jedná o teplo vyrobené z obnovitelných zdrojů, není tento nedostatek bioplynových stanic tak závažný, jako u energetických zařízení, která využívají fosilní paliva. Přebytkové teplo z termodynamického procesu výroby elektřiny u bioplynových stanic odváděné do atmosféry není přímo spojeno ani s produkcí nebezpečných skleníkových plynů, ani se spotřebou vzácných fosilních paliv. (*Bechník, 2009*)

Jednou z možností, jak lze efektivně využít horkou vodu o teplotě 90° C a navíc splnit požadovaný úkol pro získání dotace, tj. využít odpadní teplo z BPS, je sušení rostlinného materiálu. Důležité je, že v zemědělských šachtových sušičkách lze takto využít teplo i během letních měsíců. (*Pawlica, 2010*)

Pokud je v blízkém okolí bioplynové stanice možnost úplného využití zbytkového tepla, které zbývá po odebrání tepla pro ohřev fermentoru a jiné další nutné spotřeby tepla pro vlastní bioplynovou stanici, je téměř vždy vhodné uvažovat o instalaci akumulátoru tepla, který umožní určitou časovou a výkonovou nezávislost mezi výrobou tepla a jeho spotřebou. Typ, parametry a velikost akumulátoru tepla by měly být vždy zvoleny na základě konkrétních podmínek. Velikost a cena zařízení pro potřebnou akumulaci tepla se bude řídit i jinými faktory, než jen velikostí elektrického výkonu a délkou provozu kogenerační jednotky v průběhu dne. Je pravděpodobné, že celé zařízení pro akumulaci tepla u bioplynové stanice s kogenerační jednotkou s větším elektrickým výkonem bude dražší, ale může to být i opačně. Například pokud se přebytkové teplo bude využívat pro nějakou technologii, provozovanou pouze v denní pracovní směně, tedy například pro tepelnou hygienizaci nebo jinou tepelnou úpravu některých vstupních surovin. Tedy jednoznačná závislost mezi velikostí kogenerační jednotky pro účely špičkovací výroby elektřiny a investičními náklady

na akumulaci přebytečného tepla u bioplynových stanic není, a proto není tato investice připočítána k více nákladům na pořízení větší jednotky, většího plynojemu a větších a výkonnějších nouzových chladičů kogenerační jednotky. (*Bláha, 2007*)

### 3. Cíl práce

Cílem práce je hodnocení zemědělských bioplynových stanic využívajících kukuřičnou siláž z hlediska:

- technických údajů bioplynové stanice (BPS)
- parametrů hybridu kukuřice
- složení denní vsádky
- využití elektrického a tepelného výkonu BPS
- roční spotřeba jednotlivých složek substrátu

Dalším cílem práce je zpracování:

- charakteristika podmínek bioplynové stanice (lokalita, nadmořská výška)
- finanční náklady na výstavbu bioplynové stanice
- návratnost investice



## 4. Metodika

### 4.1. Charakteristika bioplynové stanice

Vzhledem k utajení citlivých informací jednotlivých bioplynových stanic je ke každé BPS přiřazeno číslo. K charakteristice území, kde se BPS nachází, je uvedena nadmořská výška a část České republiky (Rakouska), kde se BPS nachází.

### 4.2. Postup práce

Ke zjištění parametrů hybridu kukuřice, její sklizni, následnému silážování, začlenění do denní vsádky bioplynové stanice a jednotlivých technických a ekonomických parametrů byl vytvořen dotazník (viz. příloha).

Osloveno bylo 25 bioplynových stanic ze serveru [www.biom.cz](http://www.biom.cz). I přes příslibení anonymity dotazníku se povedlo získat informace šesti bioplynových stanic. Pět se nachází v různých částech České republiky a jedna v Rakousku.

V dotazníku byly sledovány hlavně tyto parametry:

- **lokality bioplynové stanice** (dále jen BPS) – uvedena byla nadmořská výška a část České republiky, kde se BPS nachází
- **užití kogenerační jednotky** (počet a výkon)
- **typ a objem fermentoru** (m<sup>3</sup>)
- **teplota ve fermentoru** (°C)
- **typ míchání fermentoru**
- **denní vsádka** (t, m<sup>3</sup>)
- **doba zdržení denní vsádky ve fermentoru** (dny)
- **potřeba substrátu pro zajištění provozu na 1 rok** (ha)
- **název hybridu kukuřice**
- **délka řezanky kukuřice** (mm)
- **nakládání s digestátem**
- **zužitkování zbytkového tepla BPS**

- zisk z elektrického výkonu (Kč/kWh)
- cena výstavby BPS (Kč)

### **4.3. Metoda zjištění investičních nákladů**

Pomocí interních zdrojů v podniku byly zjišťovány investiční náklady. Součtem těchto nákladů a potřebných nákladů spojených s výstavbou byla zjištěna celková investice.

### **4.4. Prostá doba návratnosti**

Prostá návratnost investic je pomocným kritériem pro investiční rozhodování. Prostá návratnost nezohledňuje skutečnou časovou hodnotu peněz (ocenění toků hotovosti prostřednictvím diskontní míry), proto je její vypovídací schopnost omezená a slouží jen jako orientační kritérium. Kritérium určuje, za jak dlouho pokryjí příjmy z projektu jeho investiční náklady. (*Valach, a kol., Praha 1997*)

## 5. Výsledky

### 5.1. Lokalita bioplynových stanic

Jak již bylo uvedeno, dotazník je anonymní. V lokalitě není tedy uvedeno město, kde se bioplynová stanice nachází, ale pouze část České republiky a přibližná nadmořská výška. Výsledky jsou znázorněny v tabulce 5 - 1.

Tabulka 5 - 1 – Lokalita BPS

Bioplynová stanice 1	Jižní čechy, 400 m.n.m.
Bioplynová stanice 2	Morava, 250 m.n.m.
Bioplynová stanice 3	Západní čechy, 650 m.n.m
Bioplynová stanice 4	Východní čechy, 500 m.n.m
Bioplynová stanice 5	Jižní čechy, 400 m.n.m
Bioplynová stanice 6	Horní Rakousy, 350 m.n.m

### 5.2. Technická data BPS

Technická data bioplynové stanice, jakou je počet kogeneračních jednotek, jejich výkon, typ a objem fermentorů jsou uvedeny v tabulce 5 - 2. U BPS 6 nejsou uvedeny data o kogenerační jednotce, neboť tato BPS nevyrábí elektrický a tepelný výkon, ale bioplyn, který je dále upravován a prodáván do sítě zemního plynu.

Tabulka 5 - 2 – technická data BPS

	BPS 1	BPS 2	BPS 3	BPS 4	BPS 5	BPS 6
počet kogeneračních jednotek (KGJ)	2	2	2	1	1	--
výkon KGJ [kW]	1019	500	498	526	998	--
typ a počet fermentorů	2x vertikální fermentory + 1x vertikální postfermentor	1x vertikální fermentor + 1x vertikální postfermentor	2x vertikální fermentor	1x vertikální fermentor	2x vertikální fermentor, 1x vertikální postfermentor	1x vertikální fermentor, 1x postfermentor
objem fermentorů [m <sup>3</sup> ]	2x 2076 + 1x 2493	1x 1885 + 1x 2280	2x 1855	1x 2670	2x 2300 + 1x 2900	1x 2880 + 1x 1500

### 5.2.1. Teplota ve fermentoru

V našich klimatických podmínkách musí být bioplynové stanice uměle vytápěny, aby se udržovala žádoucí teplotní úroveň a vyrovnaly se tepelné ztráty způsobené únikem tepla do okolí. Při nestabilní teplotě může dojít k redukci výnosu bioplynu, popř. až k úplnému zastavení fermentačních procesů. Doporučená teplota by se měla pohybovat v rozmezí 39 - 43° C.

Teplota fermentoru bioplynových stanic je znázorněna v tabulce 5 - 3.

Tabulka 5 - 3 – Teplota ve fermentoru

	Bioplynová stanice 1	Bioplynová stanice 2	Bioplynová stanice 3	Bioplynová stanice 4	Bioplynová stanice 5	Bioplynová stanice 6
Teplota ve fermentoru	41° C	41,6° C	40,6° C	41° C	42° C	40,6° C

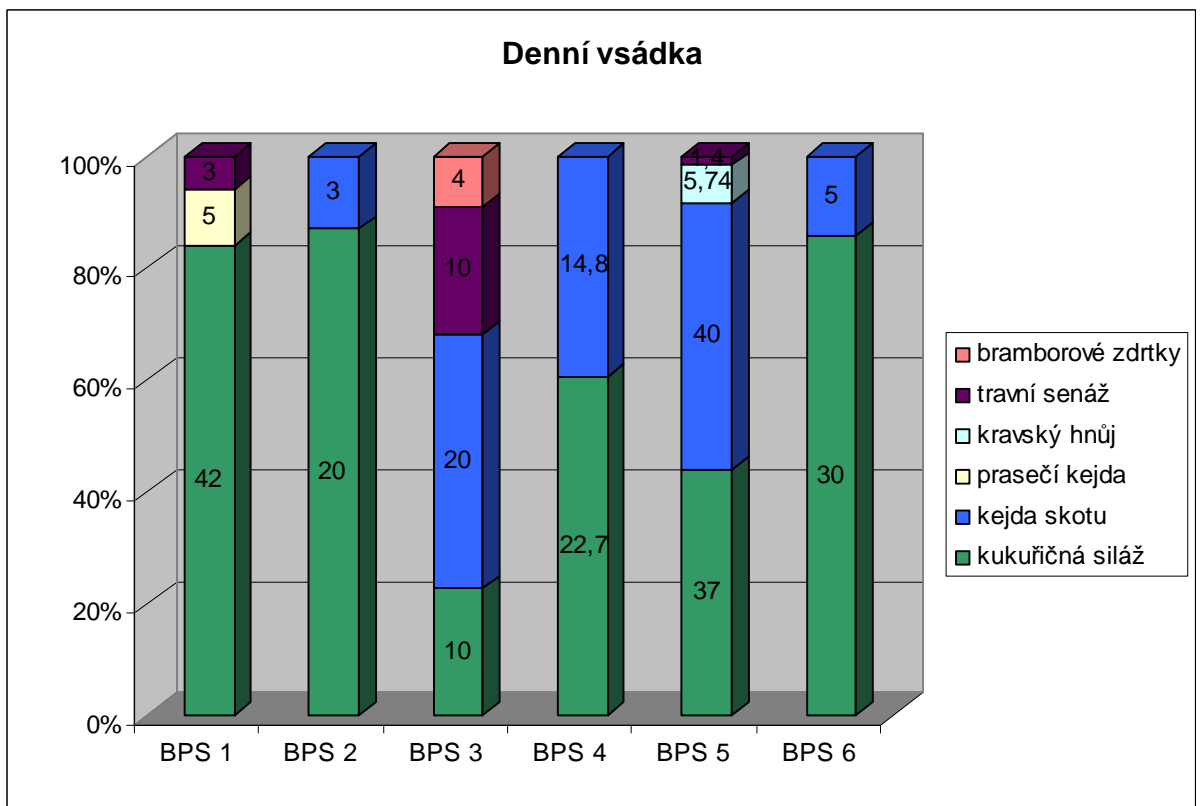
### 5.3.2. Typ míchání fermentoru

Míchání suspenzních reaktorů je pro zdárný průběh procesu anaerobní fermentace nezbytné. U bioplynové stanice 1 a 5 jsou použity rychloběžná míchadla. U BPS 6 to jsou pádlová míchadla. U zbylých třech BPS jsou užitá mechanická míchadla.

### 5.3.3. Denní vsádka

Denní vsádkou se rozumí množství materiálu, které se musí do fermentoru každých 24 hodin doplnit. Denní vsádky jednotlivých BPS jsou znázorněny v grafu č. 1. Kukuřičná siláž, travní senáž, kravský hnůj a bramborové zdrtky jsou uvedeny v tunách, kejda skotu a prasečí kejda v m<sup>3</sup>.

Graf 1 – Denní vsádka bioplynových stanic



#### 5.3.4. Doba zdržení denní vsádky ve fermentoru

Dobou zdržení se rozumí průměrná doba zdržení denní vsádky ve fermentoru. Ta je udávána ve dnech. Dobu zdržení u jednotlivých BPS znázorňuje tabulka 5 - 4.

Tabulka 5 - 4 – Doba zdržení denní vsádky ve fermentoru

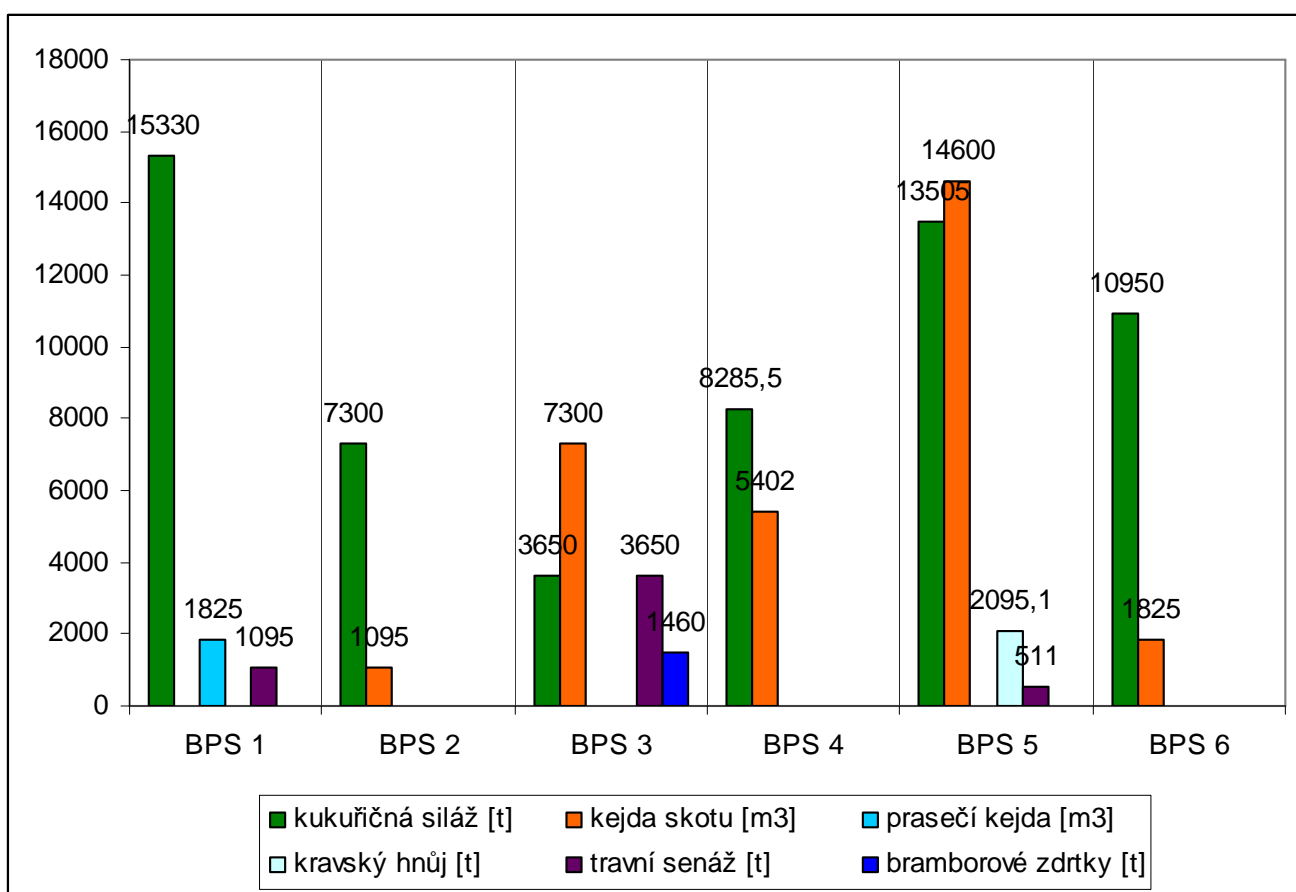
	Bioplynová stanice 1	Bioplynová stanice 2	Bioplynová stanice 3	Bioplynová stanice 4	Bioplynová stanice 5	Bioplynová stanice 6
Doba zdržení denní vsádky [dny]	65	90	85	80	63	60

### 5.3.5. Potřeba substrátu pro zajištění provozu na 1 rok

Největším problémem bioplynových stanic je zajištění substrátu po celou dobu ročního provozu. Pouze střední a velké zemědělské podniky mohou „živit“ bioplynovou stanicí z vlastních zdrojů. Menší podniky vlastníci bioplynovou stanicí jsou závislí na dodavatelích substrátů.

Potřeba substrátu různých BPS je znázorněna v grafu 2.

Graf 2 – Potřeba substrátu pro zajištění provozu na 1 rok



### 5.3.6. Informace o energetickém hybridu kukuřice

Název kukuřičného hybridu, obsah sušiny, výnos, délku řezanky a stroj, kterým se sklizeň provádí, uvádí tabulka 5 - 5.

Tabulka 5-5 – sklizňové parametry kukuřice

	Bioplynová stanice 1	Bioplynová stanice 2	Bioplynová stanice 3	Bioplynová stanice 4	Bioplynová stanice 5	Bioplynová stanice 6
Název hybridu	Lavena, Crispi	KWS Atletico	Pioneer PR38H20	KWS Atletico	KWS (Atletico, Beatus), Pioneer	KWS
Výnos kukuřice [t]	36 - 38	41 - 42	35	40	45	48
Obsah sušiny [%]	29 - 33	30 - 32	31 - 33	29 - 33	28 - 34	34 - 36
Délka řezanky při sklizni [mm]	10 - 15	12 - 16	10 - 15	8 - 14	7 - 9	5 - 10
Název řezačky	Claas Jaguar	Case IH	Claas Jaguar	New Holland FX	Claas Jaguar	John Deere Claas Jaguar

### 5.3.7. Digestát

Ve všech šesti BPS se digestát používá jako hnojivo pro zemědělskou půdu. Aplikace se provádí nejčastěji pomocí kejdovače. Bioplynová stanice 6 je vybavena zařízením, které rozděljuje digestát na separát a fugát.

### 5.3.8. Zužitkování zbytkového tepla

Využití tepelného výkonu u jednotlivých stanic uvádí tabulka 5 - 6. U BPS 6 není uvedena hodnota, neboť tato bioplynová stanice nemá žádný tepelný výkon.



Tabulka 5 - 6 – Využití zbytkového tepla

	Bioplynová stanice 1	Bioplynová stanice 2	Bioplynová stanice 3	Bioplynová stanice 4	Bioplynová stanice 5	Bioplynová stanice 6
Průměrné roční využití zbytkového tepla [%]	60	90	47	45	55	--

### 5.3.9. Zisk z elektrického výkonu

Elektrický výkon je od českých BPS vykupován firmami ČEZ a EON. Cena je dána sazebníkem. Aktuální cena je 4,13 Kč/kWh. Tato cena je garantována po dobu 20 let.

V případě rakouské bioplynové stanice je cena dána za 1m<sup>3</sup> plynu dodaného do rozvodné sítě zemního plynu. Aktuální cena je 0,26 €/m<sup>3</sup>.

### 5.3.10. Cena výstavby bioplynové stanice

Ceny výstavby jednotlivých BPS jsou uvedeny v tabulce 5 - 7. V případě bioplynové stanice 4 majitel nechtěl uvést cenu výstavby.

Tabulka 5 - 7 – Ceny výstavby BPS

	Bioplynová stanice 1	Bioplynová stanice 2	Bioplynová stanice 3	Bioplynová stanice 4	Bioplynová stanice 5	Bioplynová stanice 6
Cena výstavby BPS [mil. Kč]	120	45	60	--	87	105

### **5.3.11. Návratnost investic**

Návratnost investic je u každé bioplynové stanice jiná. Záleží především na velikosti BPS a její pořizovací ceně.

Díky dotacím se návratnost investic pohybuje u všech BPS v rozmezí 7 - 10ti let.

## 6. Závěr

Na základě zjištěných výsledků je možno vyvodit tyto závěry:

Za příznivých půdně-klimatických podmínek dokáže vyprodukovat kukuřice značné množství organické hmoty. Tato vyprodukovaná biomasa se dále může používat jako složka do bioplynové stanice, což je v případě zemědělských bioplynových stanic základním substrátem.

Podle České bioplynové asociace v České republice tvoří kukuřičná siláž 35% veškerého substrátu všech zemědělských bioplynových stanic. Zhruba 85% tohoto substrátu je tvořeno právě energetickými hybridy kukuřice.

Energetické hybridy od firmy KWS na základě provedeného průzkumu byly nejčastěji využívány v bioplynových stanicích zemědělského typu a 80% zkoumaných bioplynových stanic je buď používá nebo v minulosti používalo. Nejčastěji se jednalo přímo o energetický hybrid KWS Atletico.

Všichni majitelé bioplynových stanic se ovšem shodují, že hybrid nehraje prakticky žádnou roli. Nejdůležitější je, aby kukuřice při sklizni měla požadovanou sušinu 28-34%, tedy nejvýznamnějším faktorem je u kukuřice hmotnost sušiny na hektar. Výběr hybridu záleží ryze na místních půdně-klimatických podmínkách.

Dalším cílem práce bylo zhodnocení jednotlivých technických a ekonomických údajů. Z těchto výsledků je možno vyvodit tyto závěry:

- **Denní vsádka**

Denní vsádka je ve všech BPS tvořena vždy kukuřicí + kejdou. U BPS 2,3,4,5 je tato kejda od skotu, u BPS 1 je to prasečí kejda, což je výhodnější zejména díky získání cca 30 m<sup>3</sup> bioplynu z 1 tuny sušiny prasečí kejdy oproti 22 m<sup>3</sup> z 1t sušiny kejdy skotu. Bramborové zdrtky, použité u BPS 3, mají zisk cca 74m<sup>3</sup> bioplynu na 1 tunu sušiny. U BPS 1 a BPS 3 byla použita travní senáž. Průměrný zisk bioplynu z travní senáže je 185m<sup>3</sup> na 1t sušiny. V bioplynové stanici 5 je použito také kravského hnoje. K nařezání stébel slámy je použito zvláštního dávkovacího zařízení vybaveného vertikálními šneky s noži. Díky systému míchání mechanických pádel

v BPS 6 je i v této BPS možno přidávat do denní vsádky kravský hnůj bez jakékoliv úpravy.

V případě kukuřičné siláže se ukázal hybrid KWS Atletico jako stále nejužívanější. Je použit u BPS 2,4 a 5. BPS 1 v minulosti také používala KWS Atletico, avšak loňský rok byl testujícím pro hybrid Lavena a Crispi francouzského Maisadour. BPS 3 používá nejznámější energetický hybrid značky Pioneer a to PR38H20 (BPS 5 rovněž přidává do denní vsádky určité procento energetického hybridu značky Pioneer). Ve všech šesti BPS je tedy hlavní složka substrátu, silážní kukuřice, tvořena energetickými hybridy kukuřice. Z 1 tuny sušiny kukuřičné siláže vznikne 190m<sup>3</sup> bioplynu. Kukuřičná siláž je v našich podmínkách nejčastěji a nejvíce používaným substrátem do zemědělských BPS. V České republice ji používá 90% zemědělských bioplynových stanic.

- **Doba zdržení, teplota a míchání fermentoru**

Jak mi bylo řečeno jedním z majitelů BPS, doba zdržení denní vsádky ve fermentoru je „velká alchymie“. Najít ten správný časový údaj bývá v prvním roce spuštění BPS takřka nadlidský výkon. Každá bioplynová stanice má jinou dobu zdržení ve fermentoru. Je to dané zejména složením substrátu a velikostí fermentoru. U všech BPS se ukázalo, že by doba zdržení mohla být o 5-8% delší, než je aktuální. Vytěžilo by se více bioplynu na tunu sušiny u jednotlivých surovin, ale tento fakt je neekonomický. Vzhledem k objemu fermentoru by se musela denní dávka o 5-10% zmenšit, což by v konečném výsledku znamenalo menší celkový zisk bioplynu.

Ideální stabilní teplota uvnitř fermentoru je 39-42°C. Tento fakt splňují všechny uvedené BPS.

K zajištění potřebného míchání fermentoru používají všechny BPS mechanická míchadla. V praxi se ukázala jako efektivnější a účinnější, než míchadla pneumatická.

- **Sklizňové parametry kukuřice**

Sklizňové parametry kukuřice jasně hovoří, že bez kvalitní siláže se neobejde žádná BPS. Ve všech případech se sklízí drahými a výkonnými řezačkami, které splňují i přísné kritérium délky řezanky. Výnos kukuřice je dán zejména klimatickými

podmínkami, kde se jednoznačně daří nejvíce rakouské BPS 6 následované BPS 2, která je umístěna v nížině na Moravě. Obsah sušiny je u všech hybridů zhruba stejný, vždy splňuje kritérium 28-34% sušiny na 1 tunu.

- **Potřeba substrátu pro zajištění provozu na 1 rok**

Potřeba substrátu byla u každé bioplynové stanice jiná. Zpravidla se užívá u každé bioplynové stanice ta složka substrátu, kterou má buď zemědělský podnik přebytek nebo je lehce dostupná na trhu (díky nutnosti mít substrát po celý rok má většina bioplynových stanic smlouvy s dodavateli).

U BPS 1 je třeba pro roční provoz 15330t kukuřičné siláže, 1825m<sup>3</sup> prasečí kejdy a 1095t travní siláže.

BPS 2 musí ročně disponovat 7300 tuny kukuřičné siláže a 1095m<sup>3</sup> kejdy skotu.

U BPS 3 je pro roční provoz třeba 3650 tuny kukuřičné siláže, 7300m<sup>3</sup> kejdy skotu, 3650t travní senáže a 1460t bramborových zdrtek.

8285,5 tuny kukuřičné siláže a 5402 m<sup>3</sup> kejdy skotu potřebuje mít k zajištění ročního provozu bioplynová stanice 4.

BPS 5 disponuje 13505 tuny kukuřičné siláže, 14600 m<sup>3</sup> kejdy skotu, 2095 tun kravského hnoje a 511 tun travní senáže.

Rakouská bioplynová stanice, která je v majetku čtyř zemědělců, musí zajistit pro roční provoz svého zařízení 10950 tun kukuřičné siláže a 1825 m<sup>3</sup> kejdy skotu.

- **Využití zbytkového tepla**

Využití zbytkového tepla znamená zvýšení efektivnosti BPS a tudíž jejímu rychlejšímu navrácení investic. Zpravidla je tepelný výkon BPS větší, než elektrický výkon BPS. U BPS 1 je roční průměrné využití zbytkového tepla (nezapočítává se ohřev fermentoru) 60%, u BPS 2 dokonce 90% (vytápí rodinné domy a sušičku místního zemědělského družstva), u BPS 3 47% (ohřev vody a vytápění ubytovny), u BPS 4 45% (vytápí mateřskou a základní školu) a u BPS 5 55% (vytápí kompletně celý areál zemědělského družstva, aktuálně se jedná o využití celého zbytku odpadního tepla pro bytové vytápění přilehlé vesnice).

- **Celková cena výstavby**

Celková cena výstavby BPS je největší u BPS 1 – 120 milionů Kč, nejnižší u BPS 2 – 45 milionů Kč. V případě BPS 1 je tato cena vysoká proto, že se jednalo o netradiční provedení stavby, kdy se hlavní kogenerační jednotka nenachází přímo v bioplynové stanici, ale v sousedním městě. Druhá výstavbou nejdražší bioplynová stanice, č. 6, se díky své specifické technologii pro úpravu bioplynu vystoupala rovněž nad 100 mil. Kč. Prodávání bioplynu do plynovodu zemního plynu totiž vyžaduje předepsanou výhřevnost (zemní plyn z Ruska toto např. splňovat nemusí). To se provádí v různých zařízeních, které jsou umístěny v tzv. kontejnerovém městečku. Cena tohoto kontejnerového městečka se pohybuje kolem 1 mil. €.

Zemědělské bioplynové stanice jsou bezesporu užitečné. Mají hned několik kladů. Jednak nabízí zemědělcům měsíčně stabilní zisky, což se hodí v době, kdy cena zemědělských komodit (mléko, maso, obilí atd.) není jistá. A za druhé pomáhají splnit závazky, kdy se Česká republika zavázala, že bude do roku 2020 produkovat 13% energie z obnovitelných zdrojů.

Faktem ale zůstává, že výstavba bioplynových stanic na území ČR není neomezená. Už teď je jisté např. v jižních Čechách, že se bioplynová stanice nemůže postavit kdekoli, poněvadž by mohla konkurovat té sousední – nebyl by dostatek substrátu pro obě. Ten by se musel dovážet ze vzdálenějších míst, což by se při spotřebě fermentoru i několika desítek tun siláže a kejdy za den, dosti prodražilo.

A v neposlední řadě tu vyvstává otázka potravinové a krmivářské bezpečnosti. Ministerstvo průmyslu a obchodu tvrdí, že toto v nejbližší době nehrozí, ovšem jisti si jsou pouze do roku 2020, kdy nemá být v ČR 225 bioplynových stanic, jako je tomu dnes, ale až 600. Šest set bioplynových stanic je totiž údajně třeba k zajištění 417 MWe, což je minimální limit ke splnění zmiňovaného akčního plánu.

## 7. Seznam použité literatury

*Agrokrom* [online]. 3.5.2001 [cit. 2011-03-30]. Kukuřice na zrno a siláž. Dostupné z WWW:

<[http://www.agrokrom.cz/texty/metodiky/radce\\_hospodare/radce\\_kukurice\\_na\\_zrno\\_a\\_silaz\\_celkem.pdf](http://www.agrokrom.cz/texty/metodiky/radce_hospodare/radce_kukurice_na_zrno_a_silaz_celkem.pdf)>.

BECHNÍK, Bronislav. *TZB info* [online]. 1.6.2009 [cit. 2011-04-12]. Bioplyn, kogenerace a biomasa - synergická kombinace. Dostupné z WWW: <<http://energie.tzb-info.cz/kogenerace/5683-bioplyn-kogenerace-a-biomasa-synergicka-kombinace>>.

*Bioplyn : Základy kvasné biotechnologie*. Velké Meziříčí : KWS, 2010. 86 s.

BLÁHA, Pavel. *Biom.cz* [online]. 2007 [cit. 2011-04-05]. Možnost využití bioplynových stanic pro pokrytí velké části vysoké denní spotřeby elektřiny v elektrizační soustavě ČR. Dostupné z WWW: <[http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyuziti-bioplynovych-panic-pro-pokryti-velke-casti-vysoke-denni-spotreby-elektriny-v-elektrizacni-soustave-CR?sel\\_ids=1](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyuziti-bioplynovych-panic-pro-pokryti-velke-casti-vysoke-denni-spotreby-elektriny-v-elektrizacni-soustave-CR?sel_ids=1)>.

DIVIŠ, Jiří. *Možnosti pěstování kukuřice na siláž v méně příznivých agroekologických podmínkách*. České Budějovice, 2001. 305 s. Habilitační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

*eAgri.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-04-02]. Metodika k provádění nařízení vlády. Dostupné z WWW: <[http://eagri.cz/public/web/file/48127/AEO\\_79\\_2010\\_web.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/48127/AEO_79_2010_web.pdf)>.

*Educo* [online]. 5.12.2007 [cit. 2011-04-12]. Krmný šťovík a jeho využití pro výrobu bioplynu. Dostupné z WWW: <[http://aa.ecn.cz/img\\_upload/9dde8a86bc39c815ad93f4e52cbe3ebf/petrikova\\_faze\\_vyroby\\_bioplynu\\_thumb.jpg](http://aa.ecn.cz/img_upload/9dde8a86bc39c815ad93f4e52cbe3ebf/petrikova_faze_vyroby_bioplynu_thumb.jpg)>.

- EnviWeb* [online]. 2003 [cit. 2011-04-15]. Co je to bioplynová stanice?. Dostupné z WWW: <[http://www.enviweb.cz/page/co\\_je\\_to\\_bioplynka](http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka)>.
- HAVLÍČKOVÁ, Kamila. *Rostlinná biomasa jako zdroj energie*. Průhonice : Pelhřimov, 2008. 83 s.
- KAČICOVÁ, Ludmila; PROKEŠ, Karel. *Kukuřice v praxi 2011 : Sborník z odborného semináře*. Brno : AF Mendelova univerzita v Brně, 2011. Otevíráme nové možnosti s produktem KWS, s. 6-16.
- KAJAN, Miroslav; DIVIŠ, Jiří. Bioplyn a kukuřice. *Agromanuál*. 2011, 6, 2, s. 64.
- KOLENČIK, Peter. Strategie výživy kukuřice : Cíle při zakládání porostu kukuřice. *Agromanuál : Profesionální ochrana rostlin*. 2011, 6, 2, s. 61.
- KOUŘIL, Milan. Ochrana půdy proti erozi : Obrana proti erozi půdy. *Zemědělec : Zpracování půdy a zakládání porostů*. 26.6.2009, 09, 26, s. 16-19. Dostupný také z WWW: <[http://www.agroweb.cz/Ochrana-pudy-proti-erozi\\_s395x33872.html](http://www.agroweb.cz/Ochrana-pudy-proti-erozi_s395x33872.html)>.
- KUBĚŇOVÁ, Dagmar. Mechanizační prostředky pro setí a sázení. *Projekt.sosvsetin.cz*. 2010, 1, s. 2-3.
- KULOVANÁ, Eliška. Víte jak dosáhnout vysoký výnos kukuřice z hektaru?. *Agroweb* [online]. 26.11.2001, 5, [cit. 2011-05-05]. Dostupný z WWW: <[http://www.agroweb.cz/Vite-jak-dosahnout-vysoky-vynos-kukurice-z-hektaru\\_s44x9454.html](http://www.agroweb.cz/Vite-jak-dosahnout-vysoky-vynos-kukurice-z-hektaru_s44x9454.html)>.
- KWS Osiva s.r.o. *Kukuřice v praxi 2011 : Sborník z odborného semináře*. Brno : AF Mendelova univerzita v Brně, 2011. 55 s.
- MALÍK, Vladimír. *Vyhodnocení provozu bioplynové stanice ve vybrané lokalitě I.* České Budejovice, 2010. 78 s. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budejovicích.



MATHIES, Edmund; KURTZ, Holger. Stabilní siláže jistotou : Bonsilage Mais. *Úspěch ve stáji*. 2009, 1, s. 12-13.

*Mpo-efekt* [online]. 2010 [cit. 2011-04-05]. CZ Biom. Dostupné z WWW: <[http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Pruvodce\\_vyrobou\\_vyuzitim\\_bioplynu\\_2.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Pruvodce_vyrobou_vyuzitim_bioplynu_2.pdf)>.

NAVRÁTIL, Martin. *Pěstování kukuřice k energetickým účelům*. České Budějovice, 2009. 51 s. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

*Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2011-03-20]. Energetické plodiny. Dostupné z WWW: <<http://nazeleno.cz/energetické-plodiny.dic>>.

*Obec Zdětín* [online]. 28.5.2008 [cit. 2011-04-12]. Co je bioplynová stanice. Dostupné z WWW: <<http://www.zdetin.net/news/bioplynova-stanice-chrastecky-dvur/>>.

PASTOREK, Zdeněk; WOLFF, Jiří. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství, ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství*, Praha, 1992.

PAWLICA, Petr. Teplo z kogenerační jednotky slouží k dosoušení : Využití k dosoušení. *Energie 21 : Bioplynové stanice*. 2010, 3, s. 18. Dostupný také z WWW: <<http://www.energie21.cz/>>.

PETŘÍKOVÁ, Vlasta.: *Biom.cz* [online]. 2008 [cit. 2011-04-05]. Půdní eroze a energetické plodiny. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pudni-eroze-a-energeticke-plodiny>>

PROCHÁZKOVÁ, Božena, et al. Minimalizace zpracování půdy a zakládání porostů kukuřice. *Úroda*. 2005, 3, s. 19-21.

PROKOP, M. Jak stanovit ztráty kukuřice poškozené vlivem nepříznivého počasí. *Agromanuál*. 2008, 8, s. 44-45.

RICHTER, Rostislav. *Web2.mendelu.cz* [online]. 2005 [cit. 2011-04-05]. Kukuřice.

Dostupné z WWW:

<[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)>.

SEIFERTOVÁ, Eva. Příliv bioplynových stanic nekončí. *Zemědělec*. 2011, 2011, 6, s. 27.

SCHULZ, H.; EDER, B.: *Bioplyn v praxi – Teorie, projektování, stavba zařízení, příklady*. Ostrava: HEL, 2004. 166 s

SKALICKÝ, Vladimír. Bioplyn na pořadu dne. *Agroweb* [online]. 30.11.2006, 1, [cit. 2011-04-13]. Dostupný z WWW: <[http://www.agroweb.cz/zemedelska-technika/Bioplyn-na-poradu-dne\\_\\_s46x26370.html](http://www.agroweb.cz/zemedelska-technika/Bioplyn-na-poradu-dne__s46x26370.html)>.

SVOBODA, M. K pěstování kukuřice, *Úroda*, 4/2005, s. 23-26

ŠEDEK, Antonín. *Kukuřice v praxi 2011*. Brno : AF Mendelova univerzita v Brně, 2011. Zakládání porostu kukuřice půdoochrannými technologiemi, s. 23-34.

VRZAL, Jaroslav; NOVÁK, Daniel. *Základy pěstování kukuřice a jednoletých píceňin*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR v Praze : Agrodat, Nové Město nad Cidlinou, 1995. 32 s.

VSB [online]. 2010 [cit. 2011-03-30]. Bioplyn. Dostupné z WWW:

<[http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD\\_Biomasa\\_nove/Pdf/Bioplyn.pdf](http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/Bioplyn.pdf)>.

Výběr hybridu. In *Bioplyn : Základy kvasné biotechnologie*. Velké Meziříčí : KWS, 2010. s. 12.

ZACHOVÁ, Jaroslava. Základy biologie fermentace : Vznik bioplynu. *Úspěch ve stáji : Bioenergie*. 2010, 1, s. 22.

ZZNPE[online]. 2010 [cit. 2011-04-05]. Rostlinné produkty. Dostupné z WWW:

<[http://www.zznpe.cz/?\\_core\\_cnt\\_SetActiveGroup=980](http://www.zznpe.cz/?_core_cnt_SetActiveGroup=980)>.

## 8. Přílohy

### Příloha č. 1 – Dotazník

1. V jaké lokalitě se nachází bioplynová stanice (dále jen BS)?
2. Kolik Kč stála celkově výstavba BS?
3. Jaké užíváte kogenerační jednotky (počet, model, výkon)?
4. Jaká je denní vsádka substrátu (kg)?
5. V jakém poměru je skládaná denní vsádka?
6. Jaký hybrid kukuřice používáte?
7. Kolik tun sušiny máte průměrně z jednoho hektaru kukuřice?
8. Kolik hektarů kukuřice potřebujete na zajištění provozu BS na jeden rok?
9. Kolik m<sup>3</sup> kejdy potřebujete na zajištění provozu BS na jeden rok?
10. Jaký máte typ fermentoru?
11. Jak dlouho máte denní vsádku ve fermentoru, než dojde k jejímu zpracování?
12. Jakou teplotu máte ve fermentoru a jaký způsob míchání používáte?
13. Kolik fermentorů máte a jaký je jejich objem?
14. Jakou volíte délku řezanky při sklizni kukuřice?
15. Jakým strojem sklízíte kukuřici?
16. Jak nakládáte se vzniklým digestátem?
17. Jak zužitkujete zbytkové teplo z BS?
18. Kdo od Vás odebírá výsledný výkon a kolik platí Kč za 1 kW?

Příloha č. 2 – Silážní jáma BPS 1 (Zdroj: foto Wollner, 2011)



Příloha č. 3 – Dávkovací zařízení BPS 5 (Zdroj: foto Wollner, 2011)



Příloha č. 4 – Fermentory BPS 1 (Zdroj: foto Wollner, 2011)



Příloha č. 5 – Substrát v BPS 6 (Zdroj: foto Wollner, 2011)





Příloha č. 6 – Kogenerační jednotka BPS 5 (Zdroj: foto Wollner, 2011)



Příloha č. 7 – Zásobník s digestátem BPS 6 (Zdroj: foto Wollner, 2011)



Příloha č. 8 – „Kontejnerové městečko“ obsahující plynový kotel a úpravnu bioplynu u BPS6 (Zdroj: foto Wollner, 2011)



Příloha č. 9 – Ovládání BPS 5 (Zdroj: foto Wollner, 2011)

