

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, CSc.

**Bakalářská práce**  
**Využití obilovin pro energetické účely**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Štěrba, Ph.D.

Autor: Alena Kňourková

České Budějovice, duben 2013

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Využití obilovin pro energetické účely“ vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. V platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne.....

.....

Alena Kňourková

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Zdeňku Štěrbovi Ph.D. za cenné rady, připomínky a čas, který této práci věnoval.

## **Abstrakt**

V dnešní době je fenoménem spalování obnovitelných zdrojů. Mezi tyto zdroje patří i obiloviny. Hlavním důvodem, proč dochází k využívání nejen obilovin k energetickým účelům, je snižování stavu neobnovitelných zdrojů v přírodě. Dalším důvodem je zabránit znečišťování ovzduší spalováním fosilních paliv. Spalování biomasy v podobě obilovin využívají i zemědělci ke své potřebě- výroba tepla a elektrické energie.

Cílem této bakalářské práce je shrnutí formou literární rešerše využití obilovin pro energetické účely, možnosti využití obilovin jednotlivých druhů podle skupin. Obiloviny se rozdělují do dvou skupin. Obě skupiny slouží i jako zdroj biomasy. Nejznámější olejinou využívanou k energetickým účelům je řepka olejka a obilnina kukuřice setá. Jsou pěstovány jako hybridy kukuřice, které se využívají jen pro energetické účely. Hybridy se docílí pomalé ukládání škrobu, tvorba zelené hmoty, celulózy, která je důležitá při spalování. Cílené pěstování biomasy se musí držet v rozsahu, který je naše zemědělství schopné zvládnout a který nepoškozuje krajinu či nevysiluje půdu.

klíčová slova: Biomasa, obnovitelné zdroje, obiloviny, hybridy

## **Abstract**

The utilization of renewables became the phenomena of the present. The cereals belong among others to the family of renewables resource. The key point leading to the utilization of cereals in the energy production is based on the depletion of non – renewables resource in our nature. Another reason is to prevent the air pollution caused by the fossil fuel combustion. The utilization of cereal biomass for the heat and electric energy is also taking place at the sites of agricultural producers.

The aim of this work is to provide a summary of the utilization of cereals in the field of energy production split by the individual grain groups. The grains are divided into two main groups whereas both can be utilized as a source of biomass. Among the most popular oil plants utilized for energy purposes belong oilseed rape and maize. Both are grown as hybrids which are utilized for energy purposes exclusively. Within the category of hybrids a slow starch deposition can be achieved as well as efficient growth of cellulose, the plant material which is important for the combustion. The management of biomass production must take into account the capability of our agriculture and the principles of sustainable utilization of soil and landscape.

Keywords: Biomass, Renewable, cereals, hybrids

## Obsah:

1. Úvod.....	8
2. Biomasa jako zdroj energie.....	10
2.1 Rozdělení biomasy.....	10
2.2 Využití biomasy.....	12
2.3 Zdroje biomasy využitelné pro energetické účely v ČR.....	13
3. Obilniny pro energetické využití	
3.1 Pěstování jednoletých obilnin jako energetických rostlin.....	16
3.2 Stručná charakteristika nejběžnějších energetických a průmyslových plodin.....	17
3.2.1 Pšenice a tritikale.....	18
3.2.2 Ječmen.....	21
3.2.3 Žito.....	22
3.2.4 Kukuřice.....	22
3.2.4.1 Kukuřice pro produkci bioetanolu.....	24
3.2.4.2 Kukuřice pro produkci bioplynu.....	25
3.2.5 Čirok.....	27
4. Biomasa polních plodin využitelná pro energii	
4.1 Spalování polní biomasy.....	28
4.2 Sláma obilovin.....	29
4.2.1 Využití slámy k energetickým účelům.....	29
4.2.2 Objem produkce slámy v České republice.....	30
4.2.3 Světový objem produkce slámy.....	31
5. Přínosy a překážky při pěstování rostlin pro nepotravinářskou produkci	
5.1 Globální přínosy.....	32
5.2 Lokální přínosy.....	32
5.3 Překážky.....	32
6. Zelená energie z mláta.....	33
7. Dotace.....	34
8. Závěr .....	36
9. Použitá literatura .....	38

10. Příloha.....	40
------------------	----

# 1. ÚVOD

Energie získávaná ze spalování biomasy je historicky nejstarším energetickým zdrojem, který lidstvo využívá. Palivo vyrobené přímo nebo nepřímo z biomasy je nazýváno biopalivem. Energie produkovaná různými způsoby z biomasy, resp. z biopaliv je nazývána bioenergií. Základní výhodou biomasy je její nefosilní původ a obnovitelnost (www zdroj č. 2).

O možnost rozvíjet se na základě využívání obnovitelných zdrojů energie, zejména sluneční energie a energie z biomasy, jsme se připravili se zahájením rabování neobnovitelných zdrojů energie v historicky nedávné době. Toto neefektivní nakládání s přírodními zdroji bylo a stále je prováděno v obrovském měřítku. Během dvou století jsme spálili třetinu toho, co se vytvářelo po stovky milionů let (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006).

Urychlený přechod na využívání biomasy ve stávajících zdrojích a budování nových tepláren a elektráren na biomasu je nezbytný pro nastartování trhu s cíleně pěstovanou biomasou. Je také nezbytný pro vytvoření silného zázemí pro inovace, pro další výzkum jak v oblasti technologií, tak i pro pěstování stávajících a nových druhů a odrůd energetických plodin (PETŘÍKOVÁ A KOL., 2006).

Využití obilovin k nepotravinářským (průmyslovým) účelům se dostává do popředí zájmu zemědělské veřejnosti. Důvodem je rozhodnutí vlády ČR splnit závazky, vyplývající ze směrnice č. 2003/30/ES evropského parlamentu a rady, cestou zapracování bioetanolu vyrobeného z obilí do pohonných hmot. Přínosem tohoto rozhodnutí je zejména využití zemědělské půdy pro pěstování plodin k nepotravinářským účelům, nárůst pracovních míst v zemědělství, zlepšení stavu životního prostředí snížením škodlivých emisí ve výfukových zplodinách spalovacích motorů pomocí přídavku etanolu produkovaného z obilovin nebo jeho organických derivátů, úsporou energie a vyšším využíváním obnovitelných zdrojů energie. V neposlední řadě vede ke snižování závislosti na dovozech fosilních paliv (ZIMOLKA, 2005).

V usnesení vlády ČR ze dne 17. Června 1998 se předpokládalo využití orné půdy pro výrobu etanolu v první a druhé etapě na výměře 45000 ha, ve třetí etapě 135 000 ha. Výroba 650000 hl lihu dává možnost zpracovat asi 195000 tun obilí a zajistit tak obdělávání až 45000 ha půdy ( ZIMOLKA, 2005).

Zemědělská biomasa je bezesporu nejkomplexnější složkou potenciálu biomasy ČR (www zdroj č. 5).

Obnovitelné zdroje energie hrají stále důležitější roli v energetické politice vyspělých států. Nahrazují klasické fosilní zdroje, pomáhají snižovat emise skleníkových plynů a zvyšují energetickou bezpečnost. Jedním z významných obnovitelných zdrojů energie je zemědělská odpadní a zbytková biomasa z obilovin a olejnin – především sláma. Celková produkce této biomasy se pohybuje v ČR okolo



6 až 6,5 mil tun ročně. Biomasa je z hlediska využitelného potenciálu pro ČR nejperspektivnější z obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny. Její využití je již dobře technicky i technologicky zvládnuto, rovněž je charakteristická stabilitou zdrojů (www zdroj č. 11).

## **2. BIOMASA JAKO ZDROJ ENERGIE**

### **Co si pod pojmem biomasa představít?**

Biomasa je veškerá organická hmota v koloběhu živin v biosféře. Jsou to všechny organismy (živočichové, rostliny, houby, bakterie a sinice), živé i mrtvé, od největších po mikroskopické (www zdroj č. 3).

Vláda schválila Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020. Jeho cílem je především vymezit opatření a principy, která povedou k účelnému využití energetického potenciálu biomasy a pomohou tak naplnit závazky ČR pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020. Podíl energie na hrubé domácí spotřebě by měl v roce 2020 dosáhnout 13,5 % a podíl obnovitelné energie v dopravě 10 % (www zdroj č. 1).

Ministerstvu zemědělství a Ministerstvu průmyslu a obchodu se podařilo vzájemně propojit předložení Státní energetické koncepce a zpracování „Akčního plánu pro biomasu, který obsahově na tuto koncepci navazuje, neboť biomasa zaujímá stále významnější komplementární postavení v energetickém mixu energetických zdrojů v ČR (www zdroj č. 1).

Prioritní využití zemědělské půdy v České republice spočívá v zajištění potravinové soběstačnosti. Na rozdíl od řady jiných zemí však disponuje naše republika dostatečnou rozlohou půdy k zajištění tohoto strategického cíle. Část půdního fondu je tak možné využít pro energetické účely. Akční plán pro biomasu se soustřeďuje na míru a účelnost tohoto energetického využití biomasy. Mezi energeticky využitelnou biomasu ze zemědělské produkce patří zbytková biomasa navázaná na živočišnou výrobu (sláma, plevy, výpalky, šroty, exkrementy), cíleně pěstovaná biomasa, trvalé travní porosty a rychle rostoucí byliny a dřeviny (www zdroj č. 1).

Využití biomasy pro výrobu energie má řadu příznivých ekologických, krajinářských nebo regionálně-rozvojových dopadů. Vedle diversifikace zemědělského hospodaření je to rozvoj biodiverzity české krajiny a rovněž možnost pěstování biomasy s půdoochrannými a protipovodňovými opatřeními. Pěstování některých energetických rostlin může snížit rizika eroze a zvýšit retenci půdy. Vhodnou podporou vybraných technologií využití biomasy lze zvýšit zaměstnanost na českém venkově a zároveň snížit strategickou závislost (včetně výdajů) na dovážených primárních zdrojích (uhlí, zemní plyn) (www zdroj č. 1).

### **2.1 Rozdělení biomasy**

Biomasu dělíme dle přílohy č. 1 k vyhlášce č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy v platném znění, na tři hlavní druhy:

- zemědělskou biomasu – fytomasu pěstovanou na zemědělské půdě

- lesní biomasu – dendromasu a
- zbytkovou biomasu - vedlejší produkty zemědělského a zpracovatelského průmyslu (www zdroj č. 3)

#### Zemědělská biomasa

Energetickou konverzí (dle vyhlášky č. 482/2005 Sb., - Skupina 1 a 2) je možné zužít:

- cíleně pěstované energeticky využitelné plodiny, které mohou být:
  - jednoleté: hořčice, světlice, laskavec, konopí seté,
  - víceleté: topinambur, křídlatka, šťovík,
  - ozimé a jarní pro nepotravinářské účely (obiloviny, kukuřice, olejnin a přádné rostliny),
  - rychle rostoucí dřeviny pěstované na zemědělské půdě (vrba, topol, akát),
  - energetické trávy: ozdobnice, rákos, chrastice, psineček.
- část vedlejších zemědělských produktů (sláma olejnin, obilovin), kterých je díky snižování stavu skotu dostatek nebo
- nepotřebované seno z údržby luk a pastvin (www zdroj č. 3).

Energetický potenciál zemědělské biomasy je stanoven ve 2 variantách s ohledem na potravinovou bezpečnost a to:

- pro maximální možný energetický potenciál i s ohledem na potravinovou bezpečnost (159,4 PJ)

dle dat pro potravinovou bezpečnost poskytnutých MZe (108,8 PJ) (www zdroj č. 3).

Přínosy pěstování fytohmoty:

- údržba krajiny, zadržení vody v krajině
- šetrný přístup k životnímu prostředí
- efektivní nakládání se zemědělskými odpady a přebytky
- snížení nezaměstnanosti
- využití tradiční zemědělské techniky (www zdroj č. 3)

Zemědělská biomasa je nejkomplexnější složkou potenciálu biomasy ČR. Využití fytohmoty pěstované na zemědělské půdě podporuje restrukturalizaci našeho zemědělství při přechodu od potravinářských komodit k alternativním technickým nebo energetickým plodinám (www zdroj č. 3).

Dalším pozitivním efektem pěstování alternativních plodin je zajištění energetické soběstačnosti zemědělských oblastí, cílená regionální spotřeba vyprodukovaných finančních zdrojů a zvýšení atraktivity obcí (www zdroj č. 3).

Přínosy produkce lze využít pouze po zvládnutí relativně náročné logistiky a velkého množství a rozmanitosti zpracovatelských technologií (www zdroj č. 3).

## 2.2 Využití biomasy

Energetická biomasa

Pro výrobu energie a paliv je důležitá jen energeticky využitelná biomasa (energetická biomasa nebo zkráceně pouze biomasa). Biomasu lze považovat za nashromážděné sluneční záření, sice s nízkou účinností, ale s téměř nulovými ztrátami při dlouhodobé akumulaci (www zdroj č. 3).

Energetické využití biomasy:

- přímé spalování - tepelná nebo elektrická energie
- kogenerace - elektrická energie a teplo
- výroba bioplynu
- výroba kapalných biopaliv

Neenergetické využití biomasy:

Neenergetické využívání biomasy bude nabývat na významu v závislosti na poptávce na trhu, neboť v tomto průmyslovém odvětví nejsou obvyklé dotace či pobídky. Zatímco v současnosti se zde zpracovává hlavně lesní a zbytková dřevní biomasa, do budoucna se bude zvyšovat podíl zemědělské biomasy (www zdroj č. 3).

Neenergetické – materiálové využití biomasy

Materiálové využití zahrnuje veškerou zbytkovou i cíleně pěstovanou biomasu určenou jako surovinu pro průmyslovou výrobu:

- papíru a buničiny
- stavebních hmot (výroba stavebních desek, cihel apod.)
- chemickou a farmaceutickou
- v nových odvětvích, která budou materiály na bázi biomasy nahrazovat část produkce výrobků z ropy (např. „plasty“ na bázi rostlinného škrobu) (www zdroj č.3)

Rizika při využívání biomasy

Zvyšování produkce biomasy vyžaduje rozšíření produkčních ploch nebo zvýšení intenzity výroby biomasy. Proto je nezbytný velký objem finančních investic, jejichž návratnost může být zpočátku riziková, neboť v současnosti získávání energie z biomasy (např. spalováním dřevních pelet) jen s obtížemi ekonomicky konkuruje klasickému spalování tradičních paliv - uhlí, zemního plynu (www zdroj č. 3).

Problematické zůstává i využití zdrojů biomasy z hlediska vzdáleností a rozmístění zdrojů od spotřebitelů energie. To způsobuje komplikace s akumulací, transportem a distribucí získané energie (www zdroj č. 3).

### **2.3 Zdroje biomasy využitelné pro energetické účely v ČR**

Pokud jde o současnou situaci týkající se obnovitelných zdrojů energie, potom do 21. století se očekává, že k energetickým zdrojům významně přispěje i rostlinná biomasa. Evropská komise přijala 26.11.1997 dokument s názvem "White paper" pro zahájení prvních kroků v souborné strategii a akční plán určený k tomu, aby se dosáhlo zdvojnásobení ze současných 6 % (průměr za EU) na celkových 12 % celkového podílu obnovitelných zdrojů na produkci energie EU z toho v roce 1995 připadal na biomasu podíl 60 % z celkových obnovitelných zdrojů energie a v roce 2010 se počítá s navýšením na 80 % (www zdroj č. 11).

Podíl energie z biomasy na celkové produkci energie k roku 1997 států přidružených v AE BIOM byl následující: Finsko 23%, Švédsko 18%, Rakousko 12,6%, Irsko 12%, Dánsko 7%, Francie 4,6%, Norsko 4,4%, Itálie 2,1%, Slovensko 1,5%, Holandsko 1,1%, Belgie 0,7%, ČR 0,6% (www zdroj č. 11).

V ČR energetická potřeba představuje cca 1750 PJ.r-1 a je ze 62,9% kryta ekologicky nevhodným hnědým uhlím, z 26% zemním plynem a naftou z dovozu, z 10,5% jadernou a vodní energií a pouze z 0,6% energií z biomasy. Do budoucna se počítá s rozšířením využití energie z biomasy (www zdroj č. 11).

V první fázi využívání rostlinných energetických zdrojů bude u nás nejjednodušší využívat stávající a v současné době málo využívané zdroje, jako jsou odpady z lesů nebo slámu z některých zemědělských komodit. V druhé fázi bude potřebné nastartovat program s využíváním nadbytečné zemědělské půdy nově zakládanými plantážemi energetických rostlin (www zdroj č. 11).

Další možností využití stávajících zdrojů pro energetické účely je sláma ze zemědělské produkce. Celková výměra zemědělského půdního fondu (ZPF) České republiky k 1.1.2012 činí 4 229 167 ha, což je 53,6 % celkové rozlohy půdního fondu ČR (7 886 598 ha). Orná půda zaujímá 3 000 390 ha (tj. 37 % z celkové výměry půdního fondu), chmelnice 10 454 ha, zahrady 163 152 ha, ovocné sady 46 390 ha a trvalé travní porosty (louky a pastviny) 989 293 ha. Odečteme-li slámu potřebnou pro krmení a stlaní (cca 4.160.000 tun) a dále slámu zaoranou potřebnou pro tvorbu organické hmoty v půdě a dále různé ztráty při manipulacích se slámou, je možné využít nejméně 277.000 tun slámy obilovin pro spalování (viz tab. 1). Dále je možné spalovat všechnu slámu vytvořenou olejninami hlavně řepkou, která nemá většího praktického využití (www zdroj č. 11).

Tab. 1. Zdroje možné biomasy k energetickému využití v ČR

Zdroje slámy ze zemědělství:	Plocha (ha)	Výnos z plochy celkem
Sláma obilovin celkem	1 586 600	7 774 000 tun
Sláma obilovin pro energii (1/4 produkce)	277 000	1 357 300 tun
Sláma kukuřice na zrno	36 000	207 400 tun
Sláma olejnin celkem	300 000	1 350 000 tun

(www zdroj č. 3)

Důležité na všech komoditách je, že v sobě obsahují relativně vysoký obsah energie. Jejich výhřevnost na hmotnostní jednotku je větší než u běžného hnědého uhlí (viz tab. 2). Výhřevnost dřeva a slámy však obecně klesá se zvyšující se vlhkostí. Přesto však např. dřevo s obsahem vody kolem 25 % má v průměru výhřevnost 13,5MJ.kg-1, což je podobná výhřevnost jakou má běžné hnědé uhlí (www zdroj č. 3).

Energetické byliny a odpadní zemědělská biomasa tvoří významný potenciál náhrady fosilních paliv při vytápění. V současné době se využívá sláma a jiné energetické rostliny. Pro využití energetických rostlin ve spalovacích zařízeních je nutné, aby spalovací proces probíhal za optimálních podmínek. Bez těchto předpokladů není spalování energetických rostlin přínosem. Podpora zemědělské nepotravinářské produkce pro její využití jako obnovitelné zdroje energie je považována nejen z ekologických hledisek za perspektivní (SOUČKOVÁ, MOUDRÝ, 2005).

Tab. 2. Porovnání výhřevnosti některých paliv (SLADKÝ, 1989)

Druh paliva	Výhřevnost (MJ.kg-1)
Motorová nafta	42,5
LTO	42,5
TTO	41,45
Uhlí hnědé (české)	10 - 16
Dřevo palivové při obsahu vody 20 %	14,23
Dřevo palivové při obsahu vody 50 %	8,1
<b>Sláma obilovin (obsah vody 10 %)</b>	<b>15,5</b>

Dalšími možnostmi, jak ze zemědělských komodit vytvářet ušlechtilá paliva, je výroba bionafty a etanolu, kde je možné využít běžně pěstované plodiny (www zdroj č. 3).

Dalším biopalivem, o kterém je v současné době jednáno je bioetanol. Jedná se o obdržení státní podpory z výnosu spotřební daně. Uvažuje se, že v první etapě bude bioetanol využíván k přípravě etyl-terciál-butyl-éteru (ETEBE) jako přípravku do bezolovnatých benzínů. V druhé etapě bude bioetanol přidáván do směsí pro diesellové motory. Bioetanol je v ČR také získáván poloprovozně na zařízení s kyselou hydrolyzou slámy při současném získávání ligninu (www zdroj č. 3).

V poslední době se začíná rozvíjet i využívání fytohmoty k výrobě fytopaliv pro přímé spalování nebo zplyňování za účelem výroby tepla a popř. i elektřiny. V ČR je vyráběn kompletní sortiment zařízení na spalování fytopaliv až do tepelného výkonu 3 MW včetně energobloků na zplyňování fytohmoty pro výrobu tepla a elektrické energie do výkonu 650 kW. Největší rozvoj představuje výroba zplyňujících kotlů na biomasu pro rodinné domky 20-50 kW, kterých bylo vyrobeno více než 30 000 (polovina byla prodána do zahraničí) (www zdroj č. 3).

V současné době se kromě výše uvedeného klasického upotřebení věnuje velká pozornost využití škrobu i na výrobu etanolu (viz tab. 3 a 4) (www zdroj č. 3).

Tab. 3. Výtěžnost etanolu u různých polních plodin (DAMBROTH, 1980)

Plodina	% škrobu (cukru) v čerstvé hmotě	Výnos produktu (t.ha-1)	Výtěžnost etanolu (l.t-1)	Výtěžnost etanolu (hl.ha-1)
Pšenice	62,0	2-5	370-420	8-20
Ječmen	52,0	2-4	310-350	7-13
Žito	55,5	3,5	360	13
Kukuřice zrno	60,0	4-8	360-400	15-30
Kukuřice na zeleno	11,0	47	67	31,9

(www zdroj č. 3)

Tab. 4. Orientační výtěžnost bioetanolu z hlavních plodin z roku 2011

Produkt	Plodina	Výnos plodiny [t/ha]	Výtěžnost paliva z plodiny [hl/t]	Výtěžnost paliva z ha [hl/ha]
BIOETANOL	pšenice	4,86	3,85	18,71
BIOETANOL	žito	4,27	4,15	17,72
BIOETANOL	triticale	3,93	3,98	15,64
BIOETANOL	kukuřice	6,49	3,80	24,66
BIOETANOL	ječmen	4,19	3,68	15,44

Zdroj: ČSÚ (www zdroj č. 14)

Vedle již uvedených zdrojů, které mohou sloužit k energetickému využití, se v současné době začínají speciálně pěstovat rostliny za účelem produkce fytohmoty. V literatuře se uvádí kolem jednoho sta rostlinných druhů rostoucích po celém světě, které byly vytipovány jako potenciální zdroj pro energetické využití. Zakládají se tzv. energetické plantáže jednoletých nebo víceletých bylin nebo dřevin (www zdroj č. 3).

Bioetanol lze použít jako motorové palivo nebo jako aditivum benzínu. Vysoce výnosnou surovinou pro výrobu bioetanolu je obilné zrno. Obilná zrna obsahující méně lepku – proteiny glutein a gliadin, ale s vysokým obsahem škrobu, jsou zvýhodněna palírnami, protože zvyšují bioetanolu konverzi (BUREŠOVÁ, HŘIVNA, 2011).

Přímý účinek pšeničného lepku při výrobě bioetanolu byl sledován na tritikale. Posuzované tritikale Presto 1R. 1D5 10 – 2 a PrestoValdy byly vyvinuty zavedením vybraných segmentů 1D pšenice chromozomů do chromozomů tritikale 1R (BUREŠOVÁ, HŘIVNA, 2011).

V posuzovaných vzorcích mělo více výrazný vliv přítomnost gliadinu než přítomnost gluteninu. Přítomnost podjednotek gluteninu nijak výrazně nesnížily sledovanost parametrů – specifické hmotnosti, Hagbergovo pádové číslo a obsah škrobu v zrnu, splnily požadavky na obilí pro výrobu bioetanolu – obsah bílkovin byl vyšší než je optimum (BUREŠOVÁ, HŘIVNA, 2011).

Fermentační pokusy prokázaly dobré výnosy bioetanolu, ale deprese výnosů v obilí způsobená přítomností pšenice snížila energetickou bilanci Presto Valdy a Presto 1R. 1D5 10 – 2 (BUREŠOVÁ, HŘIVNA, 2011).

Vývoj v poslední době naznačuje možnou cestu k dosažení vysokého podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě energie. V roce 2009 došlo k propadu průmyslové výroby a v důsledku toho k významnému snížení spotřeby elektřiny a tepla. Protože však obnovitelné zdroje energie jsou využívány přednostně, jejich podíl v celkové výrobě i spotřebě se zvýšil (www zdroj č. 6).

## **3. OBILNINY PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ**

### **3.1 Pěstování jednoletých obilnin jako energetických rostlin**

Havlíčková a kol. 2007 uvádí, že pěstování obilovin k energetickým účelům má oproti jiným plodinám své přednosti v tom, že výsev, ošetřování, hnojení, ochrana a sklizeň je zemědělcům dobře známá. Mohou začít produkovat biomasu pro energetické využití bez větších investic, protože obvykle vlastní potřebnou techniku.

Pěstování obilí je jedna z nejvýhodnějších variant pro cílené pěstování uvažovaných energetických plodin (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

Při přímém tepelném využití obilovin záleží především na výnosu biomasy, méně na kvalitě. Přestože by měla být zachována určitá úroveň výnosu, nemusí se uskutečnit produkční a kvalitativní přihnojení a ušetří se také při ochraně rostlin (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

Jako u každého paliva je spalování biomasy závislé na jejím chemickém složení a fyzikálních vlastnostech. Nejvýznamnější vlastností obilovin z hlediska spalování, vedle nízké objemové hmotnosti, je jejich rychlá a energeticky málo náročná



zplynovatelnost. Z tohoto důvodu se při spalování obilovin tvoří velmi dlouhé plameny a tomu musí být přizpůsobeno i spalovací zařízení (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

Výhřevnost celých rostlin obilovin je v průměru jen málo nižší než u dřeva, rašeliny a hnědého uhlí. Dřevěné uhlí, černé uhlí a koks mají zhruba dvojnásobnou výhřevnost. Topný olej má oproti slámě a obilí skoro trojnásobnou výhřevnost. Největší vliv na snížení výhřevnosti má obsah vody, u stébelnin je v suchém stavu asi 15 – 20 %. Výhřevnost se pohybuje přibližně od 12 do 15 GJ/t, což zhruba odpovídá různým kvalitativním třídám hnědého uhlí (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

Je zřejmé, že pro energetické účely, vzhledem k malému rozdílu ve spalném teple slámy a zrna, je rozhodující celkový výnos sušiny biomasy bez ohledu na sklizňový index. Ozimé žito a tritikale jsou také vhodnými obilovinami pro produkci biomasy spalováním (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

### **3.2 Stručná charakteristika nejběžnějších energetických a průmyslových plodin**

Obilniny se dělí do dvou skupin. Do první skupiny patří pšenice – *Triticum*, žito – *Secale*, ječmen – *Hordeum*, oves – *Avena* a tritikale – *Triticale*. Do druhé skupiny patří kukuřice – *Zea*, proso – *Panicum*, čirok – *Sorghum*, rýže – *Oryza*, mohár a čumíza – *Setaria* a pohanka – *Fagopyrum*.

#### **Jednoleté plodiny**

Obiloviny pěstované k energetickým účelům mají své přednosti v tom, že mohou produkovat biomasu bez větších investic na pořízení nové techniky. Využívá se technika vhodná i pro jiné klasické plodiny. Rozšíření pěstování obilovin je proto jednou z nejvýhodnějších variant pro cílené pěstování k energetickým a průmyslovým účelům. U obilovin je nutné zohlednit hnojivou hodnotu slámy. Podle většiny odborníků je bez negativního vlivu na úrodnost půdy možné "odebrat" z koloběhu živin 25-33 % každoročně sklizené slámy a použít ji pro průmyslové a energetické účely (www zdroj č. 11).

Pšenice ozimá dává větší výnos biomasy než pšenice jarní, a proto je vhodnější, ji pěstovat k tomuto účelu (www zdroj č. 11).

Energetické a průmyslové využití obilovin se může uplatnit ve všech oblastech, ale především v méně příznivých, aniž musí dojít k výrazným změnám ve struktuře plodin (www zdroj č. 11).

Obiloviny (triticale a pšenice ozimá) - jako energetická surovina je vhodná sláma po sklizni provedené sklízecí mlátičkou, která oddělí zrno od slámy. Zrno se využije k

průmyslovému zpracování, ke krmným účelům nebo spalování, sláma ke krmení, k zaorání, ke spalování. Výhřevnost slámy obilovin se pohybuje přibližně od 12 do 15 MJ.kg-1 při obsahu sušiny 80-85 % hmotnosti. V poslední době se začíná využívat rovněž pro výrobu stavebních panelů (www zdroj č. 11).

### **3.2.1 Pšenice a tritikale**

Z obilnin je pro účely získávání škrobu nejvhodnější pšenice, protože z obilnin poskytuje nejvyšší výnosy zrna. Pro technické využití ozimé pšenice na výrobu etanolu jsou především vhodné odrůdy krmných pšenic (ŠIMON, STRAŠIL, 2000).

Pěstitelské plochy tzv. průmyslové pšenice budou hlavně v podhorských oblastech, kde nejsou vhodné podmínky pro pěstování potravinářské pšenice (ŠIMON, STRAŠIL, 2000).

U ozimé pšenice bude třeba pro průmyslové účely využívat stávající odrůdy, které mají vysoký obsah škrobu, nebo šlechtit odrůdy s horší pekařskou kvalitou a nízkým obsahem bílkovin, ale s vysokým obsahem škrobu. Důležitým cílem bude maximální produkce škrobu z jednotky plochy. Kromě toho je třeba přihlížet k celkové produkci nadzemní fytomasy těchto „průmyslových odrůd“, neboť celulóza a hemicelulóza může být přeměňována i na etanol. Celková produkce nadzemní fytomasy bude též zvláště významná i v případech, kdy se budou obilniny používat jako pevné palivo pro přímé spalování (ŠIMON, STRAŠIL, 2000).

Tritikale, které je křížencem žita a pšenice, dosahuje dobré výnosy i v méně příznivých podmínkách. Není náročné na předplodinu, snáší půdu i s nepříznivým pH, má menší nároky na ochranu proti chorobám a škůdcům (www zdroj č. 7).

Z evropských zemí je příkladem využití zemědělské produkce (obilovin a cukrovky) pro výrobu etanolu s následným použitím jeho derivátů v motorových palivech Francie, která v roce 1996 zpracovala 675 tis. hl etanolu. Také v sousedním Polsku je ve vysoké míře využíván etanol ze zemědělských produktů jako přímé aditivum v benzínu do výše 10%, což je v souladu se směrnicí EU (ZIMOLKA, 2005).

Z mimoevropských zemí je zaznamenán rozvoj zpracování zrna obilnin pro výrobu etanolu a jeho využití v motorových palivech především v USA (zpracování kukuřice) a dále v Kanadě, kde je využíváno zrno drobnozrnných cereálií (pšenice, tritikale, popř. žito) (ZIMOLKA, 2005).

Na základě potřeb technologického procesu s přihlédnutím k ekonomice provozu byly navrženy technologické znaky pro ozimou pšenici a tritikale k výrobě bioetanolu, které by měly sloužit jako podklad pro tvorbu podnikových norem, případně ČSN. Tab. 5 (ZIMOLKA, 2005).

Tab. 5. Technologické znaky obilovin k výrobě bioetanolu (DIVIŠ, ŠIMŮNEK, VOLESKÝ, 2004)

KRITÉRIA	PŠENICE	TRITIKALE
Vlhkost v % (m/m), nejvýše	14	14
Objemová hmotnost v kg/hl, nejméně	73	68
Příměsi v % (m/m), nejvýše z toho zrnové (žito, tritikale)	12 3	12 3
Nečistoty v % (m/m), nejvýše z toho anorganické	3 0,5	3 0,5
Číslo poklesu (ze zkušebního vzorku 7 g) v s	150 – 300	neurčeno
Obsah škrobu v sušině v % (m/m), nejméně	58	60

Údaje uvedené v tabulce mají pouze informativní charakter. Definice znaků a způsob stanovení vychází ze stávajících skupin norem ( ZIMOLKA, 2005).

Jednotlivé technologické znaky:

1. Obsah škrobu – je nejdůležitějším kritériem, přímo ovlivňující výtěžnost bioetanolu. Minimální prahová přípustná hodnota pro výkup obilovin k výrobě bioetanolu je 58% (m/m) škrobu v sušině ( ZIMOLKA, 2005).
2. Objemová hmotnost – přímo koreluje s obsahem škrobu. Vyšší objemová hmotnost charakterizuje zrna plná s nízkým podílem obalových vrstev. Základní ukazatel, který charakterizuje celkový stav zrna ( ZIMOLKA, 2005).
3. Číslo poklesu – charakterizuje aktivitu zrna vlastních enzymů štěpících škrob, např. amylasy. Při výrobě bioetanolu musí dojít nejdříve k rozštěpení škrobu na zkvasitelné cukry. Skladováním se aktivita enzymů snižuje. Vzhledem k tomu, že číslo poklesu je významně ovlivňováno klimatickými podmínkami daného roku, bude nutné při výkupu obilovin pro výrobu bioetanolu brát v potaz skutečnost, že se jedná o tzv. ročníkovou záležitost ( ZIMOLKA, 2005).

S ohledem na účel využití (výroba bioetanolu kvasnou cestou) lze benevolentně přihlížet k následujícím znakům:

- obsah bílkovin – je v nepřímé korelaci s obsahem škrobu, optimální množství je do 10 % v sušině za použití faktoru  $N \times 5,7$
- příměs zrn cizích druhů (žito, tritikale, ale ne ječmen)
- mechanicky poškozená zrna
- zrna porostlá ( ZIMOLKA, 2005)

Zvláštní posouzení je doporučováno u následných znaků:

- zrna plesnivá, naplesnivělá nebo jinak mikrobiologicky napadená,
- rezidua pesticidů s potenciálně negativním vlivem na kvasný proces (ZIMOLKA, 2005).

Registrované odrůdy tritikale mají více než 65 % škrobu a jsou perspektivní pro další využití. U vybraného souboru odrůd ozimé pšenice Alka, Astella, Boka, Bruneta, Rexia, Torysa a Trane byl nalezen nejvyšší obsah škrobu ze všech sledovaných odrůd (více než 69 %) a průměrný obsah škrobu 67 % (ZIMOLKA, 2005).

Tab. 6. Energetické vlastnosti tritikale (MOUDRÝ, POKORNÝ, 1998)

Obilnina	Výhřevnost (MJ/kg)	Obsah (%) sušiny	Obsah (%) vody	Spalné teplo sušiny (MJ/kg)
Tritikale klasy	87,05	12,95	15,17	14,11
Tritikale sláma	91,48	8,52	16,50	15,58

Registrované odrůdy tritikale k energetickým účelům:

DISKO – 1997, KOLOR – 1996, MODUS - 1998 (www zdroj č. 2), AGOSTINO – 2011, TULUS – 2009 (HORÁKOVÁ A KOL., 2012).

Registrované odrůdy pšenice ozimé k energetickým účelům:

HEWITT – 2012, KWS OZON – 2012 (HORÁKOVÁ A KOL., 2012)

Tritikale je u nás ideálním obilným druhem pro produkci etanolu. Neovlivňuje potravinovou jistotu jako pšenice a kukuřice. Jeho pěstování v méně příznivých oblastech má jistě vliv na kvalitu zrna. V chladnějších oblastech s vyšší nadmořskou výškou je menší příjem slunečního záření, a to se spolu s nižší teplotou projeví na menším obsahu bílkovin, které potřebují na svou syntézu více sluneční energie než syntéza sacharidů. Proto zde mají obiloviny méně bílkovin a často horší potravinářskou jakost. V těchto podmínkách však bývá obecně vyšší obsah škrobu, důležitého právě pro produkci bioetanolu (PETR A KOL., 2008).

V úrodných podmínkách, s vysokou zásobou dusíku v půdě a obvykle též vysokou úrovní hnojení, se zvyšuje obsah bílkovin a obsah škrobu je nižší. Z výše uvedených důvodů by mělo být těžiště pěstování tritikale k produkci lihu v obilnářské a bramborářské oblasti (PETR A KOL., 2008).

Pěstitelský systém by se měl blížit integrované technologii, která by zachovala přiměřený energetický vstup k energii získané bioetanolem. Výrazná specializace jen na rostlinnou produkci, resp. jen na produkci lihového obilí, by přinesla značnou koncentraci ploch jedné plodiny, a tím vyšší výskyt chorob a škůdců a potřebu intenzivní chemické ochrany a hnojení. Tím by se znehodnotily výše oceňované vlastnosti tritikale a celkové cíle a pojetí tohoto programu směřujícího k trvale udržitelnému zemědělství (PETR A KOL., 2008).

Další možností energetického využití tritikale může být i produkce bioplynu. Bioplyn má u nás dlouholetou tradici související s provozem velkovýkrmů prasat. V případě tritikale jde o využití rostlinné biomasy sklizené formou celých rostlin na siláž, kterou známe z Německa jako GPS (Ganzpflanzensilage). V poslední době se v Evropě začínají stavět bioplynové stanice na rostlinný materiál z obilných a kukuřičných siláží přímo na farmách k pokrytí vlastní energetické potřeby (PETR A KOL., 2008).

Při pěstování tritikale k produkci bioplynu se volí odrůdy s vysokou produkcí nadzemní biomasy. Důležitá je volba doby sklizně, která leží mezi mléčnou zralostí a voskovou zralostí obilky. Později již stoupá obsah ligninu a výtěžnost bioplynu klesá. Tritikale s produkcí 600 l z jednoho kilogramu sušiny představuje 5,5 kWh/l (PETR A KOL., 2008).

### 3.2.2 Ječmen

Ozimý ječmen by v budoucnu mohl hrát velkou roli v produkci bioenergie. Zejména v osevních postupech s energetickými rostlinami by mohl být v mnoha oblastech světa alternativou ke kukuřici pro výrobu etanolu. Jako přerušovací plodina v rámci pěstování kukuřice může ječmen díky růstu v zimě redukovat riziko eroze a ztráty živin (www zdroj č. 8).

Odborníci z ministerstva zemědělství USA (USDA) použili ječmen k výrobě bioetanolu, zbytky po fermentaci a rozřezaná sláma posloužily jako substrát pro biopalivo druhé generace. Zbytky z tohoto procesu je možné využít jako efektivní půdní hnojivo (www zdroj č. 8).

Tzv. bioolej je vyráběn tepelným rozkladem fermentačních zbytků a rozřezané slámy. Po intenzivním zahřátí na 400 až 550 °C bez přístupu kyslíku vzniká viskózní kapalina, která obsahuje mezi 50 a 65 % energetického obsahu nafty. Podle výsledků výzkumu jeden kilogram zbytků substrátu a sláma z ječmene produkuje více než půl kilogramu biooleje (www zdroj č. 8).

Finální produkt je vhodný jako topný olej. Může být snadno transportován a rafinován na velmi kvalitní automobilový olej. Vedlejší produkt zpracovatelského procesu je v USA označován jako biouhlí. Zlepšuje akumulaci schopnost půdy a zabraňuje vymývání živin (www zdroj č. 8).

Speciální využití ječmene se nabízí ve škrobárenství, kde ječmen poskytuje škrob s drobnějšími zrny. Vedle tradičních lihových nápojů má ječmen, zvláště jarní, perspektivu využití k výrobě etanolu (lihobenzinový program) jako náhradní plodina za vymrzlé či jinak poškozené porosty ozimých obilnin (pšenice, tritikale) (ZIMOLKA A KOL., 2006).

Registrované odrůdy ječmene k energetickým účelům: JUP – 2009, KWS MERIDIAN – 2010, KWS TENOR – 2011 (DVOŘÁČKOVÁ A KOL., 2012).

### 3.2.3 Žito

V zemích s velkým podílem pěstování žita se vede intenzivní výzkum širšího nepotravinářského využití, nejčastěji na produkci bioetanolu spolu s pšenicí a tritikale. U nás se s využitím žita k tomuto účelu příliš nepočítá. V Německu dospěl výzkum využití žita k produkci bioplastů, jejichž základem je termoplastový granulát Getrex, izolačních hmot z materiálu Rofa a dalších bioplastových produktů (PETR A KOL., 2008).

Žito kromě pěstitelských předností nabízí také výhody při výrobě bioplynu. Při sklizni celých rostlin produkuje relativní vysoký výnos sušiny na hektar. Současně žitná siláž vykazuje nejvyšší obsah tuků, které maximalizují výtěžnost bioplynu (www zdroj č. 9).

Žito se v porovnání s kukuřicí sklízí podstatně dříve. Rozloží se tak časová špička zemědělských prací a žitná siláž může pomoci překlenout období před vyrobením nové kukuřičné siláže. Žito navíc nabízí vysokou stabilitu výnosu, jednoduchou pěstební technologii a nízké náklady na pěstování. Z praxe i laboratorních pokusů navíc vyplývá, že smícháním obou siláží se vytváří podstatně víc bioplynu (www zdroj č. 9).

- Senážování žita

výnos biomasy 15–25 t/ha, tj. sušina 4-6 t/ha

- Silážování žita

výnos biomasy 20–35 t/ha, tj. sušina 7-12 t/ha (www zdroj č. 9)

Registrované odrůdy žita k energetickým účelům: KWS MAGNIFIKO- 2012, WIANDI – 2008 (HORÁKOVÁ A KOL., 2011).

Bohužel u žita nebudou výnosy nikdy tak vysoké jako u kukuřice. Především proto, že se pěstuje na kvalitativně horších půdách než kukuřice. Z 1t siláže energetického žita získáme 200 m<sup>3</sup> bioplynu, který obsahuje 52 – 53 % CH<sub>4</sub>. Máme tedy 105 m<sup>3</sup> metanu, což odpovídá 343 kWh elektrické energie, tedy 14 000 kWh<sub>el</sub>/ha při výnosu 35t/ha (z 1t sušiny získáme 1 045 kWh elektrické energie). Je to sice méně, ale z hlediska přísušků je to jistější. 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. Mělo by se sklídit tři týdny po květu systémem GPS a pak je možné pěstovat ještě následnou plodinu (VRZALOVÁ, 2010).

### 3.2.4 Kukuřice

Kukuřice – plodina pro široké využití. Nachází ho jako potravina, plodina pro další zpracování, jako krmivo pro hospodářská zvířata a v neposlední řadě jako energetická plodina pro bioplynové stanice (SPURNÝ A KOL., 2012).

Kukuřice je díky svým produkčním parametrům a chemickému složení zrna i biomasy celých rostlin plodinou předurčenou k využívání formou energetických transformací (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Kukuřice je vedle potravinářské produkce a krmivářských vlastností bezesporu vhodnou plodinou pro získávání bioenergie (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Pěstování kukuřice pro energetické účely má však zdatné konkurenty v jiných plodinách. V produkci bioetanolu se jedná o cukrovou třtinu a cukrovku. V rámci EU jsou to i další obiloviny. V posledních letech se šlechtitelé energetických plodin zaměřují na tritikale, které má pro výrobu etanolu řadu pozitivních vlastností, jako např. vysoký obsah škrobu, nízký obsah proteinů a vysokou enzymatickou činnost (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Výstavba stanic na výrobu bioplynu z kukuřice má pro zemědělce velké kouzlo. Budoucí bioplynové stanice pak mohou následně vyrobeným teplem a elektřinou zásobovat nejen svůj provoz, ale mohou případné přebytky energií nabídnout do celostátní sítě. A právě takovéto projekty podporuje Evropská unie ve snaze snížit závislost zemí na spotřebě fosilních paliv. Při výběru vhodného substrátu pro tyto stanice jsou vhodné zejména rostliny bohaté na škrob. Proto se při realizaci projektů a provozu zemědělských bioplynových stanic hlavní pozornost věnuje přípravě kvalitního substrátu tj. výrobě kvalitní kukuřičné siláže, která se jeví jako nejvhodnější a nejekonomičtější substrát v současnosti. Z těchto důvodů se řada osivářských firem již zabývá šlechtěním kukuřice pro využití na bioplyn, kdy hlavním rozdílem mezi hybridem určeným pro výrobu bioplynu a hybridem určeným pro skot je větší podíl stonků a listů a menší podíl zrna či škrobu. Důvodem je fakt, že se ze zrna vyprodukuje zhruba o 20 % méně bioplynu než ze zelených částí rostliny. Na druhou stranu určitý podíl zrna či škrobu na výnosu hmoty je potřebný i z důvodu, aby při požadované sušině hmoty 30 – 33 % při silážování netekly silážní šťávy. To je o to důležitější, že při sklizni na bioplyn se zkracuje řezanka na 3 – 8 mm, ale současně musí být rostlina zelená, aby byla „stravitelná“ s co největším výtěžkem bioplynu (SPURNÝ A KOL., 2012).

Šlechtění hybridů kukuřice KWS pro výrobu bioplynu probíhá od roku 2002. Firma KWS jako jediná vychází potřebám farmářů vstříc. Přichází s vysoce výkonným hybridem Atletico, prvním speciálním hybridem pro výrobu bioplynu. Šlechtitelům firmy KWS se díky jedinečným metodám šlechtění daří každý rok u nových hybridů navyšovat výnos suché hmoty o 0,5 t/ha při sušině 33 % je to o 1,5 t více sklizené hmoty z hektaru. Tyto hybridy ukládají škrob pomaleji a později, jejich prvořadým úkolem je tvorba zelené hmoty, celulózy. Celulóza je u kukuřice hlavním zdrojem tvorby metanu (SPURNÝ A KOL., 2012).

Šlechtitelé firmy KWS se zabývají využitím i jiných energetických plodin pro bioplynové stanice (BPS). Po kukuřici je jako zdroj bioplynu v praxi nejvíce využíváno žito na GPS (SPURNÝ A KOL., 2012).

Velký pokrok je očekáván u čiroku, plodiny s vysokým výnosovým potenciálem (SPURNÝ A KOL., 2012).

Bioplyn vzniká z organických látek, jejichž základním stavebním kamenem je uhlík. Jejich obsah je dán množstvím sušiny v substrátu. Proto více sušiny znamená více bioplynu. S narůstající sušinou ovšem rostlina stárne a stárnutí rostliny znamená přeměnu celulózy v nežádoucí lignin (SPURNÝ A KOL., 2012).

### 3.2.4.1 Kukuřice pro produkci bioetanolu

Jak uvádí Zimolka J. a kolektiv 2008, je v současnosti u kukuřice primární produkce bioetanolu ze zrna, i když v souvislosti s konkurencí v produkci potravin a krmiv by bylo zřejmě vhodnější uvažovat o produkci bioetanolu ze zbytků po sklizni zrna. Kukuřičné zrno poskytuje škroby, nikoli přímo fermentovatelné cukry. Proto i vlastní zrno musí být před fermentací upraveno do podoby zpracovatelné bakteriemi alkoholového kvašení, tedy zajištěna konverze škrobů na cukry. Celý proces produkce je potom tvořen těmito fázemi:

- zbavení zrna klíčků
- mletí (zde jsou tři možnosti – obrušování celého zrna, suché mletí, mokré mletí)
- separace endospermu od plev
- vytvoření kašovitě směsi/zkapalňování
- hydrolyza škrobu na cukry obvykle enzymem amylázou
- fermentace, obvykle kvasinkami druhu *Sacharomyces cerevisiae*
- destilace
- dehydratace

V konečné fázi musí být zpracovány také vedlejší produkty. Těmi jsou v procesu technologické přeměny zrna kukuřice zejména oxid uhličitý a pevné zbytky (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Využití zbytků po sklizni zrna, tedy slámy a palic, je procesem zpracování celulózních materiálů. Tyto materiály se obecně skládají z ligninu, hemicelulózy a celulózy a v první kroku musí být zbaveny ligninu. Součástí pevných zbytků jsou pentozany a hexózany (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Celulózní výchozí produkty mohou být přeměněny na etanol při využití tří základních procesů:

- hydrolyza kyselinou
- enzymatická hydrolyza
- termochemický proces (ZIMOLKA A KOL., 2008)



Využití kukuřičné moučky pro absorbování vody má v provozu přeměňujícím kukuřici na etanol nesporné výhody. Kukuřičnou moučku by bylo totiž možné pořídit za poměrně nízké náklady a spotřebovávané vysoušecí činidlo poté následně též transformovat na etanol (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Pro produkci bioetanolu je cílem pěstování získání homogenního porostu s maximálním obsahem škrobu v zrně za dosažení co nejvyššího výnosu (80 t/ha podle oblasti). Kukuřice v našich podmínkách dosahuje sklizňové zralosti s vlhkostí zrna pod 30 % (optimálně 86 % sušiny). O zajištění maximálního výnosu zrna rozhodují zejména tyto aspekty:

- konkrétní hybrid
- agrotechnika
- hustota porostu
- termín sklizně
- stupeň zralosti zrna (ZIMOLKA A KOL., 2008)

Pro dosažení uspokojivého ekonomického efektu je třeba zajistit vysokou kvalitu zrna s minimálním podílem zlomků a obsahem škrobu v sušině min. 65 %. Na obsah škrobu má podle šlechtitelů nejvýznamnější vliv list pod palicí, a je tedy třeba zabezpečit oslunění v průběhu dozrávání (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Stanovené minimální hodnoty biopaliv podle nařízení vlády:

- 2 % z energetického obsahu jejich celkových dodávek k 31. 12. 2005
- 5,75 % z energetického obsahu jejich celkových dodávek k 31. 12. 2010
- objem bioetanolu pro období od 1. 1. 2007 do 31. 12. 2012 ve výši 2 mil. hl/rok
- objem bionafty pro období od 1. 1. 2007 do 31. 12. 2012 ve výši 200 tis. t/rok (ZIMOLKA A KOL., 2008)

Od 1.1.2008 dochází k přimíchávání bioetanolu do benzínu na úrovni 2 %. Podle údajů Ministerstva zemědělství bylo v roce 2006 vyprodukováno 1789,7 tuny bioetanolu, z toho na výrobu ETBE. Do budoucna je předpokládáno navýšení výrobní kapacity v České republice na 5,6 mil. t. Díky vysokým cenám obilovin na trhu se totiž výrazně snížila rentabilita výroby bioetanolu. Výchozími surovinami je cukrovka, resp. zrniny (převážně však pšenice). Kukuřice tedy není doposud základní surovinou produkce bioetanolu (ZIMOLKA A KOL., 2008).

### **3.2.4.2 Kukuřice pro produkci bioplynu**

Kukuřice je pro anaerobní fermentaci ideální plodinou ve formě kukuřičné siláže, která je právě schopna zajistit po celý rok kvalitativně stejné parametry vstupu

substrátu BPS s vhodným chemickým složením. Pro zlepšení podmínek fermentoru bývá často do substrátu přidáváno i zrno kukuřice o vysoké vlhkosti (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Podobně jako u produkce bioetanolu je i při produkci bioplynu nutné zajistit homogenní, vyrovnaný porost. Pro produkci bioplynu lze u kukuřice uvažovat o následujících pěstebních technologiích:

- energetická kukuřice se ve vegetačním roce pěstuje a využívá jako jediná hlavní kultura
- energetická kukuřice se pěstuje jako hlavní kultura po předplodině, jako je třeba ozimé žito
- energetická kukuřice se pěstuje v kombinaci s jinými druhy kulturních rostlin, jako je například slunečnice (ZIMOLKA A KOL., 2008)

U příslušných hybridů kukuřice pro efektivní produkci bioplynu je požadován vysoký výnos silážovatelné hmoty, 50 – 70 t/ha. Podobně jako u bioetanolu je též nutné zajistit dostatečný vývin palic a zrn (jsou důležité pro celkový výnos bioplynu), a proto je také třeba co nejvíce eliminovat případné poškození škůdci a chorobami. Případné toxiny by totiž opět inhibovaly fermentační proces (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Kukuřice oproti jiným plodinám dává nejvyšší možný výnos bioplynu (5700 – 7800 m<sup>3</sup>/ha) a následně elektrické energie z hektaru. Již při výnosu 50 t/ha je energetický zisk 16 MWh/ha v podobě elektrické energie. Takovému výtěžku nemůže konkurovat ani cukrovka a potenciál hustě setých obilnin v energetickém výnosu je výrazně nižší (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Pro využití kukuřice jako vstupního substrátu BPS bude kritická cena této suroviny a provozovatelé BPS se stanou konkurenty krmivářské spotřeby kukuřičné siláže (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Thomsen (2005) popisuje nejčastější vedlejší zemědělské produkty, které mohou být použity jako surovina pro výrobu etanolu a Weiland (2006) popisuje vhodné plodiny pro výrobu bioplynu (www zdroj č. 10).

Kukuřice může být široce využívána v zařízení pro výrobu bioplynu a výrobu bioetanolu (dlouhodobé uložení kukuřičné siláže v průběhu celého roku). Kukuřičná siláž je úroda celé rostliny kukuřice, sklízí se asi 10 – 20 cm nad zemí. Skládá se z kmene, listů a palice. Celé sklizené rostliny jsou nařezány na malé kousky asi 1,5 cm a silážovány anaerobně. Při správném silážování ve fermentačním procesu dominují bakterie mléčného kvašení. Nejlepší čas sklizně pro správné silážování je, když celá plodina má celkový obsah asi 30 – 33 % sušiny, optimální pro hutnění (www zdroj č. 10).

V současné době je kukuřičná siláž používána hlavně jako krmivo, ale má velký potenciál stát se vysoce účinným materiálem pro výrobu bioenergie. Hlavním cílem výzkumu je, prozkoumat vlastnosti předlčené kukuřičné siláže jako efektivní zdroj

uhlíku pro mikroorganismy jakož i zkoumat, zda směs předlěčených AD hnoje a pevných látek z předlěčených kukuřičných siláží by mohly být účinné jako živiny a zdroj uhlíku pro proces fermentace etanolu (www zdroj č. 10).

Tab. 7. Cukr, proteiny a mastné kyseliny koncentrace v neošetřené lignocelulózové biomasy

Surovina	Celuloza (g/100 g DM)	Hemiceluloza (g/100 g DM)	Lignin (g/100 g DM)	Proteiny (g/100 g DM)	Mastné kyseliny (g/100 g DM)
Kukuřičná siláž	51.7	19.5	16.6	7.9	1.4
Pšeničná sláma	33.9	23.0	19.1	3.3	0,5

(www zdroj č. 10)

### 3.2.5 Čirok

Čirok představuje nejvýznamnější potravinářskou obilninu aridních oblastí. Čirok se opticky podobá kukuřici. Čirok súdánský, cukrový a jeho křížence lze pěstovat i jako energetickou plodinu pro spalování biomasy. Pro účely energetického využití je možné jmenovat tři základní botanické druhy čiroku, které se od sebe liší především počtem odnoží a tloušťkou stébla – *Sorghum bicolor* (čirok dvoubarevný), *Sorghum bicolor x Sudanense* (kříženec čiroku dvoubarevného a súdánského), *Sorghum sudanense* (čirok súdánský). Z těchto tří druhů má nejvíce odnoží súdánská tráva a nejméně čirok dvoubarevný (CHOBOTOVÁ, PROKEŠ, 2013).

Čirok je využíván jako potravinářská, krmná nebo průmyslová plodina. Nově se využívá i na výrobu bioetanolu a v našich klimatických zónách je jeho nejčastější užití na výrobu biomasy pro bioplynové stanice. V nepotravinářském průmyslu je z 95 % z čiroku vyráběn bioetanol a bioplyn. Pro výrobu bioetanolu jsou používána především zrna a částečně i celé rostliny, to se pak ale jedná o tzv. *Sweet sorghum*. Pro účely bioplynu se sklízí celá rostlina, která se následně siláží. Jako energetická rostlina získává čirok stále více na významu. Z cukru se lehce vyrobí etanol. 1ha *Sweet sorghum* stačí na produkci mezi 3000 a 4000 litry čistého etanolu. Jako substrát v bioplynové stanici dodá 1ha asi 4800 m<sup>3</sup> metanu. Z tohoto množství se vyrobí 18 500 kWh proudu a to je roční spotřeba proudu asi pro 4 domácnosti (CHOBOTOVÁ, PROKEŠ, 2013).

Spalné teplo stébel čiroku je 17,9 MJ/kg suché biomasy a produkce sušiny nadzemní biomasy až 19,9 t/ha. V posledních letech stoupá i význam čiroku jako substrátu pro zařízení na výrobu bioplynu (MOUDRÝ A KOL., 2011).

Podle způsobu upotřebení lze čirok rozdělit do čtyř skupin:

- zrnový (obecný) – formy s nižším vzrůstem pěstované na zrno, k výrobě pečiva apod. nebo ke krmným účelům

- metlový (technický) – silně vyvinutá pružná lata, je surovinou pro výrobu košťat a kartáčů, zrno se zkrmuje
- cukrový – stébla obsahují šťávu až s 18 % převážně hroznového cukru, využívá se v potravinářství, lihovarnictví a jako krmivo
- súdánská tráva – je pícninou

V posledních letech jsou v ČR dostupné hybridy pro produkci bioplynu či krmiva pro skot, např. Goliath, Nutrihoney, NK Sucrosorgo 506.

Na spalování je nejlépe sklízet čirok koncem zimy (únor), kdy mráz rostliny vysuší (MOUDRÝ A KOL., 2011).

Čirok súdánský – súdánská tráva – vytváří velké množství nadzemní biomasy. Mladé rostliny obsahují v zelené hmotě glykosid durin, ze kterého se rozkladem uvolňuje kyanovodík. V posledních letech se více využívají hybridní odrůdy vzniklé křížením čiroku cukrového a súdánské trávy. Jejich výhodou je produkce jakostní zelené hmoty, která v pozdějších růstových fázích nedřevnatí (www zdroj č. 11).

Zrno se používá jako zdroj škrobu ve škrobárenském a lihovarnickém průmyslu. Z fytomasy (slámy) se vyrábějí kartáče, košťata a v neposlední řadě lze čirok používat jako energetickou plodinu pro spalování fytomasy. Z hlediska vysokého obsahu vody v rostlinách během celé vegetace jsou čiroky vhodnější pro výrobu bioplynu. V současné době neexistují v ČR praktické poznatky z velkovýrobního pěstování (zejména sklizně a zpracování biomasy na fytopalivo) (www zdroj č. 11).

## **4. BIOMASA POLNÍCH PLODIN VYUŽITELNÁ PRO ENERGII**

### **4.1 Spalování polní biomasy**

Spalování je nejstarší známou a také v současné době nejrozšířenější termochemickou přeměnou biomasy. Při vysokých teplotách nad 660 °C dochází k rozkladu organického materiálu. Spalování biomasy slouží k výrobě tepla, páry nebo elektrické energie (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

Způsob využití rostlinné hmoty závisí na množství látek, na jejich skladovatelnosti, obsahu vody, struktuře a látkovém složení. 50 % sušiny je přibližná hranice mezi mokrymi a suchými procesy. Látky s vysokým obsahem vody je nejlépe zpracovávat kvašením, látky s nízkým obsahem vody se hodí pro spalování nebo suchou destilaci (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

V poslední době se začíná rozvíjet využívání fytomasy k výrobě fytopaliv pro přímé spalování nebo zplyňování za účelem výroby tepla nebo elektřiny (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

## 4.2 Sláma obilovin

Sláma je vedlejší produkt vznikající při sklizni dané plodiny. Rozeznáváme slámu obilnou: z pšenice, tritikale, žita, ječmene a ovsa a slámy kukuřičnou, řepkovou, slámu z luskovin a lněné stonky (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

Potřeba slámy pro stelivové účely se v posledních letech v ČR zmenšila vlivem snížení skotu a přechodem části živočišné výroby na bezstelivové technologie. Pozvolna roste množství slámy využívané k energetickým a průmyslovým účelům. Sláma se používá jako palivo, v menší míře jako izolační anebo stavební materiál. Bez ohledu na způsob využití je nutnou podmínkou, aby sklizená sláma splňovala potřebné kvalitativní parametry. Těch lze dosáhnout, vedle vhodného způsobu skladování, také včasným a vhodným způsobem sklizně a přepravy do místa skladování (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

### 4.2.1 Využití slámy k energetickým účelům

Možnost využívání slámy k energetickým účelům v zemědělství se rychle mění v nutnost. Řepková a pšeničná sláma mají vyšší výhřevnost než některé druhy hnědého uhlí. Značnou předností slámy je, že obsahuje jen velmi málo popele a neobsahuje síru a těžké kovy (STRAŠIL, ŠIMON, 2000).

Nejvhodnější ke spalování je sláma pšeničná, dále sláma olejnin, především řepky, ale i slunečnice a sláma kukuřice na zrno. Výhřevnost slámy se v sušině pohybuje kolem 16 – 18 MJ/kg. Při vlhkosti kolem 15 % kolem 13 – 14 MJ/kg, přičemž výhřevnější je sláma řepková. Prakticky však výhřevnost ovlivňuje spíše okamžitá vlhkost (STRAŠIL, ŠIMON, 2000).

Výnosy slámy a ostatních stébelnin k pálení jsou velmi variabilní a jsou odvislé od způsoby sklizně (STRAŠIL, ŠIMON, 2000).

Chemické složení slámy pro spalování je velmi příznivé. Sláma má vysoký obsah uhlíku, vodíku a kyslíku a málo dusíku a velmi málo síry. Základem úspěchu při zajišťování ekologického spalování slámy je:

- suchá sláma nebo- li s obsahem vody povoleným výrobcem
- dvoustupňový, primárním a horkým sekundárním vzduchem zajištěný systém spodního odhořívání
- vyvážený vzájemný podíl spalované slámy a spalného vzduchu (7 – 9 m<sup>3</sup>/kg )
- potřebný tah v celém systému topeniště (20 – 50 Pa)
- koncové odlučovače úlet (STRAŠIL, ŠIMON, 2000)

Tab. 8. Vedlejší produkce polních plodin s možným využitím na fytopaliva (osevní plochy v roce 1998) (STRAŠIL, ŠIMON, 2000)

Plodina	Osevní plocha (tis. ha)	Výnosy vedlejšího produktu (t/ha)	Produkce vedlejšího produktu (tis. t)	Krmení a stlaní (tis. t)	Zaorávka a ztráty <sup>x</sup> (t)	Sláma pro spalování (tis. t)
Ozimá pšenice	848	5,15	4 352	2 611	1 306	435
Jarní pšenice	64	3,85	246	148	74	24
Žito	72	4,54	327	164	131	32
Tritikale	20	5,85	117	58	47	12
Kukuřice	33	6,70	221	-	21	200

x) ztráty ve výši 10 %

Příprava slámy určené ke spalování začíná v podstatě ihned po sklizni plodin. Jedná se především o sklizeň z pole, úpravu a skladování (STRAŠIL, ŠIMON, 2000).

Při převedení rostlinné výroby na nepotravinářskou produkci se u některých plodin nabízí také využití celé nadzemní biomasy jako fytopaliva (STRAŠIL, ŠIMON, 2000).

#### 4.2.2 Objem produkce slámy v České republice

Při výhřevnosti obilní slámy 14,4 GJ/t s roční produkcí cca 7 717 tis. t, uvažované v dlouhodobém horizontu, a účinností spalování 80 %, je teoreticky možno z vyprodukované slámy získat 88 746 TJ energie. V současné době při předpokládaném využití čtvrtiny slámy obilnin a celého objemu řepkové a kukuřičné slámy je v energetice k dispozici přes 3,6 mil. tun slámy (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

Tab. 9. Produkce slámy v ČR za rok 2005 (KONVALINA, BAZGIER, MOUDRÝ 2006)

Plodina	Sklizňová plocha v roce	Průměrný výnos	Poměr	Průměrná produkce slámy
---------	-------------------------	----------------	-------	-------------------------

	2005 (ha) <sup>1)</sup>	(t/ha) <sup>1)</sup>	zrno:sláma <sup>2)</sup>	(tis. t)
Pšenice ozimá	762 792	5,2	1:1	3 967
Pšenice jarní	57 647	3,7	1:1	213
Žito	46 903	4,2	1:1	197
Ječmen ozimý	124 804	4,4	1:1	549
Ječmen jarní	396 723	4,2	1:0,8	1 333
Oves	51 666	2,9	1:1	150
Tritikale	64 810	3,9	1:1	253
Kukuřice na zrno	98 044	7,17	1:1,5	1 055
Obilniny celkem				7 717

### 4.2.3 Světový objem produkce slámy

Roční vyprodukované množství biomasy ve světě se odhaduje na  $20 \times 10^{11}$  t a její energetický potenciál na  $3 \times 10^{21}$  J, což téměř desetkrát převyšuje roční objem světové produkce ropy a plynu. Velice důležité je, že se jedná o zdroj energie trvale se obnovující. Vyprodukované biomasy se však pro energetické účely využívá pouze asi 2 – 3 % (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007).

Tab. 10. Odhad světové dostupnosti specifických nedřevnatých rostlinných vláknitých surových materiálů (tis. tun sušiny) (HAVLÍČKOVÁ A KOL., 2007)

Plodina	Tis. tun
Pšeničná sláma	545 000
Ječná sláma	175 000
Ovesná sláma	60 000
Žitná sláma	40 000
Rýžová sláma	350 000
Len olejní	2 000
Tráva (semenářský porost)	3 000
Sláma celkem	1 175 000
Stonky bavlny	68 000

Stonky kukuřice	690 000
Stonky čiroku	242 0

## **5. PŘÍNOSY A PŘEKÁŽKY PŘI PĚSTOVÁNÍ ROSTLIN PRO NEPOTRAVINÁŘSKOU PRODUKCI**

### **5.1 Globální přínosy**

1. Využití přírodních zdrojů a vegetačních faktorů, tj. především půdy, tepla, vody a živin k produkci rostlinné biomasy.
2. Zachování celoplošného zemědělství, a to nejen pro udržení úrodnosti půdního fondu, ale i pro zajištění jeho produkční funkce včetně udržení pracovních míst na venkově.
3. Stabilizace krajinného prostoru s příznivými ekologickými dopady do ekosystémů a četnými kladnými celospolečenskými dopady (nejen rekreace a relaxace, ale i umožňování řady různých dalších podnikatelských aktivit) (ŠIMON, STRAŠIL, 2000).

### **5.2 Lokální přínosy**

1. Podle stanovištních podmínek a potřeb daného regionu poskytovat řadu rostlinných surovin a biopaliv pro místní zpracovatelské podniky a komunální sféru.
2. Vybudování nových zpracovatelských kapacit především v regionech s vysokou nezaměstnaností (ŠIMON, STRAŠIL, 2000).

### **5.3 Překážky**

1. Celková nepřipravenost národního hospodářství na využívání obnovitelných zdrojů, a to jak ve výrobní a zpracovatelské sféře, tak i v nedostatku podnikatelských záměrů včetně větší propagace, osvěty a legislativy.
2. Chybí razantnější prosazování větší finanční podpory (levné úvěry, státní dotace aj.) výrobců i zpracovatelů nepotravinářské produkce včetně využívání průmyslových a energetických rostlin jako surovin a biopaliv.



3. Není zajištěna koordinace celé problematiky v České republice, které by řídilo a usměrňovalo veškeré aktivity na tomto velmi širokém úseku (ŠIMON, STRAŠIL, 2000).

## 6. ZELENÁ ENERGIE Z MLÁTA

Plzeňský Prazdroj spustil do plného provozu nové zařízení na částečné odvodnění mláta, které připravuje pro Plzeňskou teplárenskou, a. s. palivo k výrobě zelené elektřiny. Výhřevnost mláta při 40% obsahu sušiny přitom činí 6,6 GJ/t. Spálením 500 tun mláta tak teplárna ušetří 244 tun hnědého uhlí nebo jiného fosilního paliva. K výrobě zelené energie je určeno přibližně 40 000 tun mláta z plzeňského pivovaru ročně (HORÁKOVÁ, 2012).

Varny plzeňského pivovaru vyprodukují cca 80 000 tun mláta ročně. Pivovarské mláto vzniká jako vedlejší produkt při výrobě piva, v surovém stavu obsahuje přibližně 80 % vody a v současnosti se používá především jako krmivo v zemědělství. V souladu s cíli v oblasti trvale udržitelného rozvoje se Plzeňský Prazdroj rozhodl instalovat novou technologii na odvodnění mláta odstředivým lisováním a dopravovat do blízké teplárny surovinu připravenou k výrobě energie a páry (www zdroj č. 12).

Lisování a spalování mláta přispěje k dalšímu snižování uhlíkové stopy, kterou se podařilo za posledních 5 let snížit o 20 %. Příznivý vliv na životní prostředí má také fakt, že se mláto už nepřepravuje na velké vzdálenosti, ale využívá se v zařízeních Plzeňské teplárenské, která je v přímém sousedství pivovaru. Nová technologie na lisování mláta je další z investic do oblasti trvale udržitelného rozvoje, které se řídí přesně definovanou strategií. Ta definuje deset priorit, z nichž jedna je právě snižování uhlíkové stopy (www zdroj č. 12).

Upravené mláto má téměř srovnatelnou výhřevnost jako například lesní biomasa z probírek a prořezávek. Plzeňská teplárenská, a.s. tak vyrobí více páry a následně elektřiny s úsporou fosilních paliv. To má pozitivní dopad na snížení produkce CO<sub>2</sub>, takzvané uhlíkové stopy. Využívání pivovarského mláta tak přispívá ke snížení emisí skleníkových plynů (www zdroj č. 12).

Během několikaměsíčního zkušebního provozu dodal Plzeňský Prazdroj do Plzeňské teplárenské, a.s. více než 500 tun vylisovaného odvodněného mláta. S náběhem plného provozu se začalo začátkem srpna 2012. Vedle dřevní štěpky, triticales, tuhých alternativních paliv a připravovaného miscanthusu se opět pokračuje v mnohaletém trendu Plzeňské teplárny – rozšiřování palivového mixu (www zdroj č. 12).

V jihočeském kraji Budějovický Budvar n.p. nepřistoupil k využití mláta jako paliva pro výrobu tepla z důvodu toho, že celá roční produkce mláta cca 24 000 tun

je prodávána jako druhotná surovina, využívaná jako krmná směs. Požadavky ze strany zájemců, osob podnikajících v zemědělství, převyšují schopnosti produkce této suroviny a ceny, ze kterého je mláto prodáváno, jsou pro pivovar výhodné (ČÁP, ústní sdělení, 2013).

Budějovický Budvar n.p. rovněž nevlastní vlastní zdroj pro výrobu tepla. Veškeré spotřebované teplo cca 150 000 GJ ročně je nakupováno od místní teplárny. Teplárna České Budějovice poskytuje toto teplo za jedny z nejnižších cen v ČR (ČÁP, ústní sdělení, 2013).

## 7. DOTACE

Otázkou je, proč v ČR již není dotována výstavba BPS, nepodporuje se pěstování energetických plodin a EK přehodnocuje přístup ke kapalným biopalivům. Budou naši zemědělci mít ještě zájem produkovat „čistou“ energii (www zdroj č. 15)?

Tato skutečnost se odráží i v předloženém materiálu Strategie pro růst – české zemědělství a potravinářství v rámci Společné zemědělské politiky EU po roce 2013, který představilo Ministerstvo zemědělství a v opatření z Akčního plánu pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020 (APB). Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020 se zaměřil zejména na analýzu využití biomasy pro energetické účely a navrhl vhodná opatření a principy, která pomohou k efektivnímu a účelnému využití energetického potenciálu biomasy s výhledem do roku 2020. Hlavním cílem bylo určit potenciál zemědělské půdy pro zajištění 100% potravinové soběstačnosti země a možnost efektivního využití zbývajících potenciálu zemědělské půdy ČR a lesní dendromasy pro energetickou potřebu. Cílem bylo také upřesnit odhad možného přínosu biomasy pro energetickou bilanci, a to především vzhledem k připravované Státní energetické koncepci (www zdroj č. 15).

Nový zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie zavádí z hlediska podpor biomasy pro energetické užití několik zásadních změn, mezi které patří především tlak na vyšší efektivnost využití energie obsažené v biomase (tlak na využití dosud nevyužívaného tepla navázáním podpory pouze na elektřinu vyrobenou spalováním biomasy v kombinované výrobě elektřiny a tepla, resp. u BPS podmiňuje podporu minimálně 30 % substrátu mimo pěstovanou biomasu a minimálně 50 % využití energie. Nově zavádí podporu užití obnovitelných zdrojů energie (OZE) pro výrobu tepla a podporu výroby biometanu z bioplynu a dále limituje max. výši podpory. Produkce a užití biomasy byly v předchozí dekádě dále podporovány specifickými dotačními tituly (např. na zakládání plantáží RRD, což bylo zrušeno po vstupu do EU). Mimo podporu energetického užití biomasy dle zákona č. 180/2005 Sb. tvoří nejdůležitější část dotace zemědělským prvovýrobcům např. SAPS, LFA a nenárokové investiční dotace z fondů EU a z dalších zdrojů (www zdroj č. 16).

Současně je třeba věnovat velkou pozornost aktuálním návrhům EK v oblasti biopaliv. Biopaliva jsou podporována ve formě snížení nebo osvobození od spotřební

daně z minerálních olejů na základě Víceletého programu podpory dalšího uplatnění biopaliv v dopravě, který předložilo MZe, a který byl implementován do zákona č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních. Výše podpory (úroveň snížení spotřební daně) je přímo odvozena od podílu biosložky v palivu. Palivo B100 má nulovou spotřební daň, palivo B30 ji má sníženou o 30 %. V případě paliva E85 je podpora realizována vratkou daně na základě podílu bioetanolu ve směsi, který se může pohybovat v rozmezí 70 – 85 % (www zdroj č. 16).

Dosavadní schéma podpory užití OZE podle zákona č. 180/2005 Sb., které platilo ještě v roce 2012 (pro nové zdroje), bude platné po dobu 20 let (malé vodní elektrárny 30 let) od zahájení provozu zdrojů. Vzhledem k tomu, že rozvoj užití biomasy pro výrobu elektřiny nastal až po roce 2006, ale spíše později, budou přetrvávat dosavadní podpory v absolutní výši až do roku 2026. To platí pro všechny kategorie OZE včetně biomasy s výjimkou spoluspalování biomasy, které mělo dle současných pravidel nárok na podporu pouze formou zelených bonusů (www zdroj č. 16).

## **8. ZÁVĚR**

Důležitou roli v energetické politice vyspělých států hrají obnovitelné zdroje energie. Využívání zemědělské biomasy k energetickým účelům má své výhody a nevýhody.

Ukazuje se a kladně hodnotí jejich využívání, protože dokáží plnohodnotně nahradit klasické fosilní zdroje, ale také pomáhají snižovat emise skleníkových plynů a zvyšují energetickou bezpečnost. Nejen spalování biomasy, ale i další možnosti energetického využití obnovitelných zdrojů jsou šetrné k životnímu prostředí. Při zpracování zemědělské biomasy na biopalivo se dnes používají tepelně – chemické procesy, při kterých se získávají i cenné chemické látky.

Problémy mohou vznikat už při pěstování biomasy. Touto nevýhodou se může stát zmenšování ploch využitelných pro potravinářskou zemědělskou výrobu v důsledku pěstování energetických plodin. Některé osivařské firmy se již zabývají pouze pěstováním a šlechtěním hybridních odrůd, které plně vyhovují energetickým účelům. Biopaliva pro automobily apod. jsou vyráběna výhradně z plodin, které se pěstují na zemědělské půdě. Intenzivní pěstování kukuřice, řepky nebo pšenice silně zatěžuje krajinu, protože se používají velké dávky průmyslových hnojiv a také pesticidů, které se používají proti škodlivým činitelům. Tento fakt přispívá ke kontaminaci půdy, erozi půdy, snižování úrodnosti a kvality půdy a k znečištění vody.

Levným palivem pro spalování je kukuřičná siláž, řepková sláma a sláma obilovin. Je to vhodné palivo, protože se v současné době již tolik nevyužívá pro potřeby živočišné výroby. Sláma by se proto musela zaorávat. Obsahuje velmi málo živin a je obtížně rozložitelná. Z tohoto důvodu je nutné aplikovat např. průmyslová dusíkatá hnojiva. Přestože jsou stébelniny levným biopalivem, tak jejich spalování je velmi problematické. Tímto se zabývá celá řada autorů, kteří chtějí zefektivnit spalovací proces slámy a chtějí aditivací zlepšit její termické vlastnosti.

Zatím není příliš doceněna biomasa v podobě slámy, protože spalování přináší i některé problémy, především ekonomického charakteru. Zvláště popel ze slámy, který je bohatý na alkalické kovy (narušování kotlových těles). Také spotřeba elektrické energie a výše finančních prostředků je náročné při spalování. Tuto nevýhodu může vyrovnávat nízká cena tohoto paliva.

Z ekonomického hlediska je pěstování zemědělské biomasy pro energetické účely také negativní, protože se vynaloží více energie na pěstování, dopravu a zpracování biopaliva než se získá jeho spálením. Tím v budoucnu vzniká riziko, že investice na pěstování biomasy pro výrobu např. bioplynu se nemusí vyplatit. V zemědělství bude zaměření produkce biomasy a její zpracování záviset především na ekonomice. Vláda se již zabývá akčním plánem dotací pro biomasu.

Při vlastní výrobě bioplynu není dopad na životní prostředí téměř žádný. Jde pouze o zápach z BPS respektive surovin, které se na výrobu bioplynu používají a nadměrnou dopravu biomasy do BPS, která zatěžuje životní prostředí výfukovými plyny, hlukem.

Dalším ekonomickým problémem při výrobě bioplynu je nízká účinnost, která může být způsobena špatnou rozložitelností rostlinných materiálů. Nutností se stává stavba velkoobjemových fermentorů s vysokými požadavky na investování a na

energii, a proto nelze zajistit požadavek v ekonomičnosti procesu. Požadavkem je bezpečnost a spolehlivost provozu, který je také důvodem, proč je bioplynová technologie nákladná.

Výhodou zůstává fakt, že jedna vyrobená kWh z BPS je 6x levnější než z fotovoltaiky a zisk z BPS zůstává v ČR. Výroba v BPS není závislá na podnebí a výkyvech počasí – slunce, vítr, voda.

Odpad- digestát z BPS lze využívat jako hnojivo. Z bioplynu lze vyrábět teplo a el.energii.

Dalším produktem z biomasy jsou biopaliva, která se dělí na biopaliva první generace (bionafta, bioetanol) a druhé generace (etanol vyráběný z lignocelulózy – např. sláma).

Výroba biopaliv bude mít na životní prostředí minimální vliv pouze v případě, že se výroba zaměří na efektivní plodiny a vhodnou technologii. V opačném případě dochází při výrobě ke zvyšování emise skleníkových plynů, než je jejich úspora při spalování. Nutností je zmírnit negativum nepřímých emisí N<sub>2</sub>O – významný skleníkový plyn, který vzniká v důsledku používání dusíkatých hnojiv a uvolňuje se z půdy, ale je špatně měřitelný.

Ve vztahu k životnímu prostředí může být výhodou biopaliv jejich lepší biologická odbouratelnost. Bohužel se tato vlastnost odráží v nižší stabilitě paliva.

Intenzivní a energeticky náročné pěstování zemědělské biomasy bude stále využívat vysoké dávky průmyslových hnojiv a bude dále docházet k degradaci přirozené úrodnosti půdy.

Přestože z ekonomického hlediska jsou biopaliva druhé generace vhodnější díky nižším nákladům, lepší bilanci skleníkových plynů, obsažené energii a lepší kvalitě, tak jsou stále vysoké náklady na jejich výrobu a tím nízká konkurenceschopnost. Vysoká investice do výroby, vysoká výrobní cena, vysoká energetická náročnost výroby jsou závislé na nutnosti podpory ze strany státu.

Tímto se ukazuje – ANO pro biomasu k energetickým účelům. Můžeme ji využívat, ale v omezeném množství, pokud to bude výhodné a v budoucnu nevzniknou žádná rizika jak pro člověka, tak pro životní prostředí.

## 9. POUŽITÁ LITERTURA

1. Burešová I., Hřivna L., Effect of wheat gluten proteins on bioethanol yield from grain. Applied Energy. 2011. sv. 88, č. 4, s. 1205 -1210. ISSN 0306-2619.
2. Čáp D., Hlavní energetik v B.Budvaru n.p., ústní sdělení, (2013)

3. Dvořáčková O. a kolektiv, Seznam doporučených odrůd 2012, Přehled odrůd 2012, ISBN 978 – 80 – 7401 – 059 – 0, 203 s., Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno
4. Havlíčková K. a kol. autorů, Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin 2007, ISBN 978 – 80- 85116 – 00 – 7, 978 – 80 – 7040 – 948 – 0, 92 s., Výzkumný ústav Průhonice
5. Horáková P., Odpovědné podnikání, Hospodářské noviny 11/2012
6. Horáková V. a kolektiv, Seznam doporučených odrůd 2012, Přehled odrůd 2012, ISBN 978 – 80 – 7401 – 059 – 0, 203 s., Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno
7. Chobotová M., Prokeš K., Čirok, plodina s budoucností, Farmář 2/2013, s. 24 – 26, Profi Press Praha
8. Kolektiv autorů: Petříková V., Sladký V., Stražil Z., Šafařík M., Ust'ak S., Váňa V., Energetické plodiny 2006, ISBN 80 – 86726 – 13 – 4, 126 s., Profi Press Praha
9. Moudrý J. a kolektiv, Alternativní plodiny 2011, ISBN 978 – 80 – 86726 – 40 – 3, 142 s., Profi Press Praha
10. Petr J. a kolektiv, Žito a tritikale – biologie, pěstování, kvalita a využití 2008, ISBN 978 – 80 – 86726 – 29 – 8, 192 s., Profi Press Praha
11. Sladký V., Využití fytomasy k vytápění zemědělských objektů – část I (sláma a stébelniny), 1992, 50 s., ÚVTIZ Praha
12. Součková H., Moudrý J., Využití fytomasy pro energetické účely 2005, ISBN 80 – 7040 – 833 – 2, 123 s., JČU České Budějovice ZF, VÚZE Praha
13. Spurný M. a kolektiv autorů, Kukuřice – hybridy, agrotechnika, využití, Farmář speciál 2/2010, 24 s., Profi Press Praha
14. Stražil Z., Šimon J., Perspektivy pěstování plodin pro nepotravinářské účely 2000, ISBN 80 – 7271 – 047 – 8, str. 50, Ústav zem. a potr. informací Praha
15. Vrzalová J., časopis Úroda 1/2010, 70 s., Profi Press Praha
16. Zimolka J., Pšenice – pěstování, hodnocení a užití zrna 2005, ISBN 80 – 86726 – 09 – 6, 180 s., Profi Press Praha
17. Zimolka J. a kolektiv, Ječmen a užitkové směry v České Republice 2006, ISBN 80 – 86726 – 18 – 5, 199 s., Profi Press Praha

## Internetové zdroje

1. Zdroj č. 1: [www.agroweb.cz](http://www.agroweb.cz)
2. Zdroj č. 2: [www.mpo-efekt.cz](http://www.mpo-efekt.cz)
3. Zdroj č. 3: [www.bohemia-bioenergy.cz](http://www.bohemia-bioenergy.cz)
4. Zdroj č. 4: [www.ekowatt.cz](http://www.ekowatt.cz)
5. Zdroj č. 5: [www.ateap.cz/new/AP](http://www.ateap.cz/new/AP)
6. Zdroj č. 6: [www.energetika.tzb-info.cz](http://www.energetika.tzb-info.cz)
7. Zdroj č. 7: [www.stv.pl.gin.cz](http://www.stv.pl.gin.cz)
8. Zdroj č. 8: [www.scienceshop.cz](http://www.scienceshop.cz)
9. Zdroj č. 9: [www.vpagro.cz](http://www.vpagro.cz)
10. Zdroj č. 10: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
11. Zdroj č. 11: [www.biom.cz](http://www.biom.cz), <http://biom.cz/cz-pestovani-biomasy/odborne-clanky/moznosti-energetickeho-vyuziti-netradicnich-plodin>
12. Zdroj č. 12: [www.regionplzen.cz](http://www.regionplzen.cz)
13. Zdroj č. 13: [www.i-ekis.cz](http://www.i-ekis.cz)
14. Zdroj č. 14: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/bioen.pdf>
15. Zdroj č. 15: [http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Vyhodou-zemedelcu-je-dostupnost-energeticke-biomasy\\_s303x62951.html](http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Vyhodou-zemedelcu-je-dostupnost-energeticke-biomasy_s303x62951.html)
16. Zdroj č. 16: [http://eagri.cz/public/web/file/179051/APB\\_final\\_web.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/179051/APB_final_web.pdf)

## 10. PŘÍLOHA

### Seznam tabulek (č. 1 – 10)

1. Zdroje možné biomasy k energetickému využití v ČR
2. Porovnání výhřevnosti některých paliv
3. Výtěžnost etanolu u různých polních plodin
4. Orientační výtěžnost bioetanolu z hlavních plodin z roku 2011
5. Technologické znaky obilovin k výrobě bioetanolu
6. Energetické vlastnosti triticales
7. Cukr, proteiny a mastné kyseliny koncentrace v neošetřené lignocelulózové biomasy
8. Vedlejší produkce polních plodin s možným využitím na fytopaliva
9. Produkce slámy v ČR za rok 2000
10. Odhad světové dostupnosti specifických nedřevnatých rostlinných vláknitých surových materiálů (tis. tun sušiny)