

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, Ph.D.

Bakalářská práce

Energetické využití fytomasy v Jihočeském kraji

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jan Moudrý, Csc.

Autor: Alice Nejedlá

České Budějovice, duben 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem 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 15.4. 2011

.....

Alice Nejedlá

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce prof. Ing. Janu Moudrému CSc., za odborné vedení, trpělivost, zájem a čas, který mi věnoval. Další díky patří mé rodině, za pochopení a podporu.

Energetické využití fytomasy v Jihočeském kraji

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na energetické využití fytomasy v Jihočeském kraji. Byl zjišťován stav reálné a potenciální produkce biomasy v České republice a v jižních Čechách.

Na základě získaných informací z literatury, internetu a dotazníkových šetření bylo zjištěno využití zdrojů energie a cíleně pěstované biomasy pro energetické účely, včetně množství pěstovaných energetických plodin v Jihočeském kraji.

Z výsledků vyplývá, že Česká republika splnila závazek, podílet se 6% z obnovitelných zdrojů energie, podílela se 8%. Jižní Čechy se podílí 4,5% na obnovitelných zdrojích energie z ČR. Bylo zjištěno, že v ČR je nedostatek biomasy, proto se musí vypěstovat pomocí energetických plodin (PEP) a rychle rostoucích dřevin (RRD).

Jako energetické plodiny se v ČR pěstují: Šťovík krmný, Ozdobnice čínská, Křídlatky, Chrastice rákosovitá, Konopí seté, Čiroky. Jako rychle rostoucí dřeviny jsou vhodné vrby a topoly.

V jižních Čechách tvoří největší podíl obnovitelných zdrojů energie biomasy a její spalování. Potenciál je veliký, nejvíce využívané palivo jsou odpady ze zpracování dřeva zejména piliny a štěpka z kusového materiálu. Energetické využití biomasy má v jižních Čechách perspektivu. Nevyužité jsou odpady po těžbě dřeva i sláma v zemědělské výrobě. Potenciál je také v pěstování energetických bylin a rychle rostoucích dřevin (RRD). Rozvoji brání především ekonomické důvody na realizaci, a finanční podpora od státu.

Klíčová slova: OZE (obnovitelné zdroje energie), fotovoltaika, fotovoltaický článěk, biomasa, fytomasa, fytoenergetika, pelety, brikety, štěpka, bionafta, bioplyn, etanol, dřevní oleje

Energetic use of phytomass in the Southern Bohemia

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on energetic use of phytomass in the Southern Bohemia. There was identified real and potential production of biomass in the Czech Republic and in the Southern Bohemia.

According to the information acquired from literature, internet and questionnaire research there was identified volume of use of energetic sources and biomass deliberately cultivated in Southern Bohemia for energetic use.

The results of this research show that Czech Republic meets the commitment to cover 6% of energetic consumption by renewable energy source – it even reached 8%. Southern Bohemia produces 4,5% of all renewable energy sources of the Czech republic. The research shows that there is a lack of biomass in the Czech Republic, that is why it must be produced by growing energy crops (PEP) and fast growing woods (RRD).

Energy crops produces in the Czech Republic are: Sorrel Feed, Miscanthus Chinese, Knotweed, Reed Canary Grass, Hemp, Sorghum. As fast growing woods there are willows and poplars recommended.

The most of the renewable energy sources in Southern Bohemia is represented by biomass and its combustion. Its potential is huge, mostly the waste of wood processing – sawdust and wooden chips, is the most used fuel. Energetic use of biomass has a good perspective in Southern Bohemia. There is still unused waste from logging and straw in agricultural production. There is still hidden potential in growing energy crops and fast growing woods. The development is defended especially by economic reasons and state financial support.

Key words: renewable energy sources, photovoltaic, photovoltaic cell, biomass, phytomass, phytoenergetics, pellets, briquettes, wooden chips, biodiesel, biogas, ethanol, wood oil.

OBSAH

1. ÚVOD	1-4
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	5
2.1 Využívání zdrojů energie celosvětově	5-6
2.1.1 Obnovitelné zdroje energie	6-7
2.1.2 Neobnovitelné zdroje energie	7
2.2 Energetická situace v ČR	
– podíl obnovitelných/neobnovitelných zdrojů	7-8
2.2.1 Obnovitelné zdroje v ČR	8-9
2.2.1.1 Solární energie	9
2.2.1.2 Větrná energie	9-10
2.2.1.3 Energie vody	10-11
2.2.1.4 Energie biomasy	11
2.2.2 Neobnovitelné zdroje v ČR	12
2.2.2.1 Uhelny elektrárny	12
2.2.2.2 Plynové elektrárny	12
2.2.2.3 Jaderné elektrárny	12
2.3 Fytomasa v ČR	12-14
2.3.1 Typy fytomasy a jejich použití	14-16
2.3.2 Způsoby využití fytomasy	16-18
2.3.2.1 Pevná fytopaliva	18-19
2.3.2.2 Kapalná fytopaliva	19-20
2.3.2.3 Plynná fytopaliva	20
2.3.3 Zdroje fytomasy v ČR	21
2.3.3.1 Odpadní a vedlejší produkty	21-22
2.3.3.2 Cíleně pěstované energetické rostliny	22-23
2.3.4 Rozdělení zdrojů fytomasy na dřeviny a byliny	23
2.3.4.1 Jednoleté byliny	23
2.3.4.2 Vytrvalé byliny	24-27
2.3.4.3 Energetické dřeviny	27-29

2.4 Využití fytomasy	30
2.4.1 Termochemická přeměna biomasy	30
2.4.1.1 Spalování biomasy	30-31
2.4.1.2 Zplyňování biomasy	31
2.4.2 Biochemická přeměna biomasy (mokrý procesy)	32
2.4.2.1 Metanové kvašení	32-36
2.4.2.2 Alkoholové kvašení	36-39
2.4.3 Chemická přeměna biomasy	39
2.4.3.1 Esterifikace	39-41
3. MATERIÁL A METODY	42
3.1 Sběr a sumarizace dat	42
3.2 Analýza a vyhodnocení veškerých dat	42
3.3 Dotazníkové šetření	42-43
4. VÝSLEDKY A DISKUSE	43
4.1 Rozdělení fytomasy z hlediska dostupnosti a způsobu využití v Jihočeském kraji	43
4.1.1 Rychlerostoucí dřeviny a energetické plodiny	43
4.1.2 Biomasa v Jihočeském kraji – výroba elektřiny	44-45
4.2 Současný stav produkce, zpracování a využití odpadní a cíleně pěstované fytomasy pro energetické účely v ČR – ve srovnání s EU a v Jihočeském kraji detailněji	46
4.2.1 Základní bilance dřevěných pelet	47
4.2.2 Základní bilance rostlinných pelet	47
4.2.3 Základní bilance dřevěných briket	48
4.2.4 Základní bilance rostlinných briket	49
4.3 Rozdělení potenciálně a reálně využívaných zdrojů odpadní a cíleně pěstované fytomasy	49-52
4.4 Přehled zdrojů energeticky využitelné fytomasy v Jihočeském kraji	53-54
5. ZÁVĚR	55-59
6. LITERATURA	60-65

1. ÚVOD

Zásoby neobnovitelných zdrojů energie, kterými jsou ropa, uhlí, zemní plyn a uran nám podle dosud získaných informací vydrží přibližně na 120 let. Jaké jsou tedy alternativní zdroje energie ? Jsou to tzv. obnovitelné zdroje energie, mezi něž patří sluneční záření, větrná energie, vodní energie, energie přílivu, geotermální energie, energie bioplynu a další.

V České republice se na výrobě energie podílí : uhlí 60%, ropa a zemní plyn 15%, obnovitelné zdroje energie 4%. Naše republika patří mezi špičky v produkci oxidu uhličitého 14,5 tuny/obyvatele ! V roce 2010 se Česká republika zavázala, že podíl obnovitelných zdrojů energie bude činit 6%. Podle posledních zpráv se Česká republika podílela 8% z obnovitelných zdrojů energie, a to nejvíce z vodních elektráren, spalováním biomasy a solárních elektráren. Mezi obnovitelné zdroje energie v České republice patří energie vody, větru, slunečního záření, biomasy a geotermální energie. Do roku 2020 se Česká republika zavázala, že podíl obnovitelných zdrojů energie bude činit 13%.

Zdroje fytohmoty v ČR :

- dřevní a lesní odpady (štěpka)
- pelety (ze slámy nebo dřevní biomasy)
- vedlejší produkty ze zemědělství (sláma obilovin, řepky apod.)
- brikety (i z řepkové slámy)
- rostlinné odpady (kukuřičná sláma, řepková sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletů dřevin, odpady ze sadů a vinic, ze zeleně a travnatých ploch)
- odpady ze živočišné výroby (kejda, slámatý hnůj, zbytky krmiv)
- cíleně pěstované energetické plodiny (RRD – rychle rostoucí dřeviny, PEP – polní energetické plodiny)

Vzhledem k nedostatku biomasy je třeba 50% zajistit z cíleně pěstovaných energetických rostlin. Zakládání plantáží RRD je ekonomicky náročné a první seč je možné provádět nejdříve za 5 let. Pro rychlé vypěstování nedostatkové biomasy se tedy lépe hodí PEP, které jsou jednoleté, víceleté nebo vytrvalé. První seč je možná již v 1.roce = řešení pro nedostatek biomasy v ČR.

Celosvětově se jako RRD používají eukalypty, platany, topoly, akáty, vrby, olše.

V ČR se používají hlavně vrby a topoly, ojediněle málo výkonné bříza, olše, akát, osice. Je zde 250 ha topolových plantáží, v Evropě je to 30 000 ha vrbových a topolových plantáží.

U nás je možná sklizeň po velmi krátkém obmýtí, již za 3-6 let (minirotace) = dává vyšší výnos sušiny.

Jako energetické plodiny se v ČR pěstuje Šťovík krmný, který má největší význam pro zajištění biomasy. Dále jsou vhodné Ozdobnice čínská, Křídlatky, Chrastice rákosovitá, Konopí seté, Čiroky.

Energie z biomasy se získává přímo (spalováním), nebo nepřímo (výroba paliv). Energie je používána k výrobě tepla, elektřiny a biopaliva (bioplyn, bionafta). Spalování se provádí ve velkých provozech tepláren a elektráren, kdy se používá dřevní štěpka nebo sláma. Pro rodinné domy a menší budovy je třeba fytomasu upravit na brikety a pelety. Popel ze spalování lze použít jako hnojivo na zahradu.

Nepřímým spalováním je např. výroba *bioplynu* z městských odpadů nebo komunálních odpadních vod. Hlavní náplní pro zemědělské bioplynové stanice je kombinace kukuřice a kejdy. Kukuřice má vysoký výnos biomasy, veliký výtěžek bioplynu a dobrou silážovatelnost.

Komunální bioplynové stanice využívají biologický odpad jako jsou zbytky ovoce, tráva, maso apod.

Mezi **pevná paliva** řadíme polena, štěpku, piliny, kůru, brikety, pelety, stébelniny – balíky a řezanka.

Kapalná fytopaliva jsou lisované oleje z olejnin jako je řepka, hořčice, slunečnice, sezam, amarantus aj. Pro energetiku je významný pouze řekový olej pro výrobu bionafty, výhledově bude významný i etanol.

MEŘO (*metylester řepkového oleje*) může nahradit fosilní motorovou naftu – obdobná konzistence – viskozita, hustota, výhřevnost, průběh spalování. V ČR se míchá 30% MEŘO s motorovou naftou = bionafta = ekologické palivo = sleva na spotřební dani.

Etanol (*etylalkohol*) vzniká alkoholovým kvašením cukrů. Kapalně palivo s poloviční výhřevností než má benzín a nafta, ale výroba je možná z jakékoliv organické hmoty obsahující cukr, škrob, glukozu nebo celulózu. Používá se pro spalování v plynových turbínách či kotlích. Ve Světě se používá jako motorové palivo. V ČR byl schválen bioetanolový program, tzn. využití půdy, která neslouží pro potravinářskou produkci k pěstování cukrovky a obilí pro bioetanol (odrůdy pšenice a triticales s vyšším podílem škrobu). Optimálním řešením pro zpracování cukrovky na etanol je kombinát cukrovar-lihovar, kdy řídí poměrnou výrobu cukru a lihu dle poptávky a cen obou výrobků na trhu. Úspěšné kombináty cukrovar-lihovar jsou v Brazílii a ve Francii.

Mezi **plynná fytopaliva** patří i hoření dřeva (*dřevní plyn*), které je z 80% spalování teplem uvolněného dřevního plynu. Dále sem patří **bioplyn**, který má největší perspektivu z plyných biopaliv. Pro výrobu bioplynu jsou vhodné všechny organické odpady s vyšším obsahem vody – vytváří vysoce hodnotné plyné palivo. Technologicky je možné upravit bioplyn až na čistý metan (zemní plyn) – u nás se v praxi zatím nepoužívá.

V jižních Čechách tvoří největší podíl obnovitelných zdrojů energie biomasy a její spalování. Potenciál je veliký, ale v realizaci brání v největší míře ekonomické důvody. Nejvíce využívané palivo jsou odpady ze zpracování dřeva zejména piliny a štěpka z kusového materiálu. Energetické využití biomasy má v jižních Čechách

perspektivu. Nevyužité jsou odpady po těžbě dřeva i sláma v zemědělské výrobě. Potenciál je také v pěstování energetických bylin a rychle rostoucích dřevin (RRD).

V poslední době roste zájem o brikety a pelety do automaticky řízených kotlů či kamen pro domácnosti a rodinné domy. Je to ekologická a poměrně dostupná varianta topení.

Rozvoj pěstování energetických bylin a rychle rostoucích dřevin je perspektivní pro zemědělství, kdy by bylo vhodné nahradit tradiční potravinářské plodiny, kterých je nadbytek, za energetické plodiny, kterých je nedostatek. V tomto směru bude záležet na státní podpoře, která by měla být vyšší pro pěstování energetických plodin, než podpora pro pěstování potravinářských plodin.

Také by měla být státní podpora pro zpracovatele biomasy na pelety a brikety.

Cílem mé bakalářské práce bylo zjistit jaký je potenciál pěstování biomasy v České republice a v jižních Čechách. Podle dostupných informací bylo zjištěno, že potenciálem ČR do roku 2020 by mohlo být polní dříví a energetické rostliny, dřevo a kůra, sláma obilnin. V ČR je nyní 170 bioplynových stanic a do roku 2020 by jich mohlo být více jak 500. Je zde 16 výroben MEŘO – 150 000 t řepkových metylesterů. RRD je pouze 300 ha.

Podle statistik Ministerstva průmyslu a obchodu se jižní Čechy podílejí na výrobě energie z obnovitelných zdrojů 4,5%, a to : 180 malých vodních elektráren, 200 solárních systémů, 800 tepelných čerpadel, 250 kotlů na biomasu (větší instalace nad 200 kW) – spalování štěpky, dřevní odpad, palivové dřevo, rostlinný materiál a pelety.

Nejefektivnější pro pěstování biomasy v jižních Čechách jsou Bechyně, Boletice, Český Krumlov, České Velenice, Kaplice, Lišov, Nová Bystřice, Nové Hradky, Protivín, Sezimovo Ústí, Suchdol nad Lužnicí, Vimperk, Volary, Volyně a Vyšší Brod. Potenciál dostupné biomasy je z 65% lesní a 23% z orné půdy.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Využívání zdrojů energie celosvětově

Těžba fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn) za pomoci vnějších dodávek energie zajišťuje energetické zdroje, vzniklé dlouholetou transformací sluneční energie rostlin dávné minulosti, příp. rozkladem materiálů rostlinného nebo živočišného původu. Vzhledem ke stále rostoucímu počtu obyvatel světa se rovněž stále zvyšuje i potřeba energie, jež se v současnosti převážně získává využíváním fosilních paliv. Ve světě je dnes otázka využití netradičních energetických zdrojů energie značně rozsáhlým a novým oborem. Hlavním cílem je nahradit energetickou potřebu fosilních paliv a tím snížit i nebezpečí ohrožení životního prostředí škodlivinami (CO₂, SO₂, NO_x). V zemědělství mají zatím netradiční zdroje energie menší uplatnění, avšak i této otázce věnuje zemědělský i další energetický výzkum značnou pozornost. (Vráblíková, 2000)

Energie světelného záření se například přeměňuje fotosyntézou na energii chemickou a ta je po určitý čas na zemském povrchu uskladněna v rozmanitých „skladech“. Z takových pozemských skladů například pocházejí fosilní paliva, jako je uhlí a ropa. Z jiných skladů – například energetických lesů pochází palivové dříví a ostatní energetická biomasa. Sklady fosilního paliva jsou většinou velmi obtížně dobyté sklady, které byly budovány a naplňovány velmi dlouho a důkladně. Tyto sklady po jejich vyprázdnění už nikdo dále nedoplňuje, resp. jak se mnohdy říká, tyto zdroje se již neobnovují. Jsou to tedy neobnovitelné zdroje energie. Energetické lesy po vytěžení znovu rostou, resp. mohou být založeny na jiném místě. Dřevní hmota se tak neustále obnovuje. Jsou to obnovitelné zdroje energie. (Celjak, et al., 2007)

Tab. č. 1: Disponibilní primární energie a její ověřené a pravděpodobné zásoby

	Disponibilní energie (P)	Životnost zásob (R/P)	Ověřené a pravděpodobné zásoby (R)
	EJ (10 ⁹ GJ)/rok	roky	EJ (10 ⁹ GJ)
sluneční záření	5674480	7000000000	-
ropa	172	42	7203
uhlí	124	155	19215
zemní plyn	101	67	6796
uran	31	85	2666

Zdroj: (Štysová (ed.) 2009)

2.1.1 Obnovitelné zdroje energie

Zdroje, v jejichž čerpání lze teoreticky pokračovat další tisíce až miliardy let, jsou obnovitelné zdroje. (Anonymus 1)

Obnovitelný zdroj energie je označení některých vybraných, na Zemi přístupných forem energie, získané primárně především z jaderných přeměn v nitru Slunce. Dalšími zdroji jsou teplo zemského nitra a setrvačnost soustavy Země-Měsíc. Lidstvo je čerpá ve formách např. slunečního záření, větrné energie, vodní energie, energie přílivu, geotermální energie, biomasy a další. (Anonymus 2)

Definice obnovitelného zdroje podle českého Zákona o životním prostředí č.17/1992 Sb.: „Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu“. (Anonymus 3)

Definice podle zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) : „Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu“.
(Anonymus 4)

2.1.2 Neobnovitelné zdroje energie

Za neobnovitelný zdroj energie je obvykle považován takový zdroj energie, jehož vyčerpání je očekáváno v horizontu maximálně stovek let, ale jeho případné obnovení by trvalo mnohonásobně déle. Typickými příklady neobnovitelných zdrojů energie především fosilní paliva - uhlí, ropa, zemní plyn, rašelina. Dále sem patří jaderná energie, protože přirozené přírodní zásoby štěpných materiálů jsou také vyčerpátné. (Anonymus 1, Štysová (ed.), 2009)

2.2 Energetická situace v ČR – podíl obnovitelných/neobnovitelných zdrojů

Za obnovitelné zdroje energie v podmínkách České republiky považujeme: energii vody, větru, slunečního záření, biomasy a geotermální energii. Všechny obnovitelné zdroje jsou nefosilní přírodní zdroje energie. (Kohout, et al., 2010) V České Republice se v roce 2002 podílelo stále ještě uhlí na celkové spotřebě energie 55 až 60%, ropa a zemní plyn po zhruba 15% a obnovitelné zdroje energie jako biomasa, voda, vítr a sluneční energie jen asi 2-3%, snad i více, statistika všechno nesleduje.

Naše republika se připojením k mezinárodním dohodám zavázala, že do roku 2010 bude činit podíl obnovitelných zdrojů 6%.

Domácnosti – lokální topení v roce 2007

Tab. č. 2: Hrubá výroba tepla v domácnostech podle paliv a technologií

Zemní plyn	52,87%
Biomasa	17,61%
Elektřina	15,05%
Hnědé uhlí tříděné	10,34%
Černé uhlí tříděné	1,49%
Hnědouhelné brikety	1,33%
LPG	0,50%
Teplo prostředí z tepelných čerpadel	0,41%
Koks	0,31%
Teplo ze solárních kolektorů	0,07%
Černouhelné kaly a granulát	0,02%
Lignit tříděný	0,01%

Zdroj: (Bufka, 2009)

V roce 2007 bylo prodáno cca 7,5tis. kotlů na dřevoplyn a přes 800 kotlů na pelety. (Bufka, 2009)

V ČR v domácnostech přes 70 tis. kotlů na dřevoplyn a cca 3,5 tis. kotlů na pelety. (Bufka, 2009)

2.2.1 Obnovitelné zdroje v ČR

Podíl hrubé výroby elektřiny z OZE na její domácí spotřebě (2008) = 5,2%

Podíl hrubé výroby elektřiny z OZE na její celkové hrubé výrobě (2008) = 4,5%

Podíl hrubé výroby tepla z OZE na celkové výrobě tepla (2007) = 9,5% . (Bufka, 2009)

Podle údajů Ministerstva průmyslu a obchodu činila v roce 2006 celková hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE) v ČR 3,52 TWh. To představuje 4,91 % z celkové hrubé domácí spotřeby elektřiny. Z celkového množství elektrické energie vyrobené z OZE (100 %) nejvyšší podíl tvoří elektrická energie vyrobená ve vodních elektrárnách (72,5 %).

Elektrická energie vyrobená spalováním biomasy představuje 20,8 %. Elektrická energie z větrných elektráren, ze spalování komunálních odpadů a fotovoltaiky dohromady představuje méně než 2 % podíl. Výroba elektrické energie z bioplynu se podílela v roce 2006 na OZE pěti procenty. (Neuwirtová, et al., 2010)

2.2.1.1 Solární energie

Potenciál solární energie je z perspektivy současných potřeb nevyčerpatelný. Na území ČR dopadá stokrát více energie, než je současná spotřeba primárních energetických zdrojů. Při využívání sluneční energie narážíme na dva problémy: skladovatelnost a účinnost. Slunce lze výborně skladovat v biomase, ovšem zde je účinnost velmi nízká – v biomase zůstane asi jedno procento dopadnuvší sluneční energie. Naopak vysoké účinnosti lze dosáhnout při výrobě tepla (termální kolektory) i elektřiny (fotovoltaika), ale zde je drahá akumulace zachycené energie. (Anonymus 6)

Výkon sluneční elektrárny závisí na sluneční energii, která dopadne ze Slunce na zemský povrch. V ČR dopadne na metr čtvereční 800-1200 kWh sluneční energie. Pro výrobu elektrické energie nebo tepla je však zužitkována minimální část. Nevýhodou sluneční energie je, že nejmíň je jí k dispozici v zimě, kdy je nejvíce potřeba. Sluneční energie se využívá jak pro ohřev teplé vody, tak pro výrobu elektřiny – fotovoltaický článek. V roce 2008 bylo instalováno 39,5 MW fotovoltaických elektráren a elektrická energie získaná z těchto zdrojů byla necelých 13 Gwh. (Kohout, et al., 2010)

2.2.1.2 Větrná energie

Větrná energie je jen jedna z forem sluneční energie. Vzniká díky tomu, že Slunce zahřívá Zemi nerovnoměrně. Mezi různě zahřátými oblastmi vzduchu v zemské atmosféře vznikají tlakové rozdíly, které se vyrovnávají prouděním vzduchu. Pod pojmem vítr rozumíme pouze horizontální složku proudění vzduchu, ve vrstvě několika desítek metrů nad zemí jsou stoupavé vzdušné proudy nevýznamné. Výhodou větrné energie je, že ji, na rozdíl třeba od energie biomasy, dokážeme poměrně snadno přeměnit na žádanou elektřinu. Využívání větru tak může napomoci

splnění národního cíle – produkovat v roce 2010 z obnovitelných zdrojů 8% celkové spotřeby elektřiny.

Potenciál větrné energie v ČR se odhaduje na 4 000 Gwh ročně. To je asi 4% naší celkové spotřeby elektřiny. V bilanci celkové energetické spotřeby jde asi o jedno procento. (Anonymus 7)

Větrná energie se v naší republice využívá od středověku. Největší rozvoj byl zaznamenán v 18.-19. století. Z této doby je známo 260 větrných mlýnů. V posledních letech zažívá větrná energie v Evropě velký rozvoj, neboť jde o jednoduchý způsob, jak vyrobit vysoce žádanou elektřinu. V současné době jsou stavěny elektrárny s výkonem 1 MW a více, s výškou stožáru okolo 100m a průměrem rotoru i 90m. V ČR je potenciál pro výstavbu větrných elektráren malý, odhaduje se jen na 4000 MWh. Obvykle se uvádí, že na lokalitě by měla být průměrná roční rychlost větru více než $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Vhodné lokality pro větrné elektrárny se nacházejí nad 600 m n.m.

Podle Energetického regulačního úřadu bylo koncem roku 2008 v ČR instalováno 150 MW elektrického výkonu ve větrných elektrárnách, což je o 36,2 MW více než v roce 2007. Hrubá výroba elektrické energie z větrných elektráren v roce 2008 byla 244,7 Gwh. (Kouhout, et al., 2010)

2.2.1.3 Energie vody

Potenciál vodní energie je u nás využíván po staletí. Před I. světovou válkou zde bylo několik tisíc malých vodních elektráren, vesměs na místě původních vodních mlýnů, pil a hamrů. Vodní energie se dá velmi dobře a účinně přeměnit na žádanou elektřinu.

Z celkové produkce elektřiny v ČR se ve vodních elektrárnách vyrobí asi 3,3%. Vodní elektrárny (včetně přečerpávacích) představují asi 12% instalovaného výkonu elektráren v ČR. Většina tohoto výkonu (cca 90%) připadá na zařízení s výkonem vyšším než 5 MW. V ČR se za malou vodní elektrárnu považují zařízení s výkonem pod 10 MW, v EU pod 5 MW. (Anonymus 8)

Využití energie vodních toků má v naší republice bohatou tradici. Před druhou světovou válkou zde bylo více než 11 tisíc malých vodních elektráren. Většina však byla v pozdějších letech zrušena. Byly nahrazeny většími vodními díly jako například vltavskou kaskádou. V roce 2004 představovaly vodní elektrárny 5,8% instalovaného výkonu v ČR, dalších 6,6% připadlo na přečerpávací elektrárny. Na celkové produkci elektřiny se však vodní elektrárny podílejí méně než 4%. V roce 2003 vyrobily veškeré vodní elektrárny v ČR 2551 MWh elektřiny. Volný potenciál vodních elektráren je asi 1500 MWh, jedná se však jen o lokality pro malé vodní elektrárny. (Kohout, et al., 2010)

2.2.1.4 Energie biomasy

Biomasa vzniká díky dopadající sluneční energii. Jde o hmotu organického původu. Pro energetické účely se využívá buď cíleně pěstovaných rostlin nebo odpadů ze zemědělské, potravinářské nebo lesní produkce. Zásadní výhodou je, že biomasa slouží jako akumulátor energie a lze ji poměrně jednoduše a dlouhodobě skladovat. Nevýhodou je nízká účinnost přeměny slunečního záření na energii. Z hektaru pole získáme hmotu s energetickým obsahem 40 až 90 MWh, podle typu plodiny. To je méně než 1% slunečního záření, které na tuto plochu za rok dopadne. Při zpracování biomasy a konečném spalování získaného paliva další ztráty.

Biomasu můžeme rozlišit podle obsahu vody :

Suchá – zejména dřevo a dřevní odpady, sláma a další suché zbytky z pěstování zemědělských plodin. Lze ji spalovat přímo, případně po dosušení.

Mokrá – zejména tekuté odpady, jako kejda a další odpady ze živočišné výroby a tekuté komunální odpady. Nelze ji spalovat přímo, využívá se zejména v bioplynových technologiích.

Speciální biomasa – olejniny, škrobové a cukernaté plodiny. Využívají se ve speciálních technologiích k získání energetických látek – zejména bionafty nebo lihu.

V přírodních podmínkách ČR lze využívat biomasu odpadní a záměrně produkovanou k energetickým účelům (energetické plodiny). (Anonymus 9)

2.2.2 Neobnovitelné zdroje v ČR

2.2.2.1 Uhelné elektrárny

V České republice se momentálně nachází 15 uhelných elektráren. Naprostá většina elektráren je dotována hnědým uhlím z oblasti severočeské hnědouhelné pánve a menšinou spalující černé uhlí z oblasti Ostravska. Uhelné elektrárny jsou největšími znečišťovateli ovzduší, co se týče produkce CO₂. Náš stát patří s přidělem 14,5 tuny na obyvatele za rok mezi evropské špičky v produkci oxidu uhličitého. A největším viníkem této hodnoty jsou právě uhelné elektrárny. (Anonymus 10)

2.2.2.2 Plynové elektrárny

Plynové elektrárny jsou především vhodné z důvodu, že neemitují do ovzduší tak velké množství emisí jako třeba uhelné elektrárny. Ovšem skýtají obrovskou nevýhodu závislosti na zahraničním plynu. (Anonymus 11)

2.2.2.3 Jaderné elektrárny

ČR disponuje dvěma jadernými zdroji energie. Jedná se o Dukovany a Temelín. Oba zdroje pokrývají ani ne čtvrtinovou spotřebu státu. Velká nevýhoda je, že se jedná o zdroj centralizovaný a při jeho výpadku by to zasáhlo velký počet odběratelů. Jaderné elektrárny neprodukují téměř žádné emise CO₂ při svém provozu. Bohužel při štěpení paliva v reaktoru vzniká vysoce radioaktivní odpad, který musí být ukládán na složiště a finančně nákladně do prostor zabraňujících úniku ionizujícího záření. (Anonymus 12)

2.3 Fytomasa v ČR

Fytomasa je objem rostlinné hmoty (zejména jejích organických látek) vytvořený díky působení fotosyntézy na určitém území. Je dílčí součástí biomasy. Množství (hmotnost) fytomasy se stanovuje především v suchém stavu, bez vody. (Anonymus 13)

Pojem biomasa označuje veškerou organickou hmotu vzniklou prostřednictvím fotosyntézy (Dykyjová, 1989), nebo hmotu živočišného původu.

Tímto pojmem je často označována rostlinná biomasa využitelná pro energetické účely jako obnovitelný zdroj energie. (Adamovský, Svoboda, 1996)

Pojem fytomasa zahrnuje veškeré organické látky rostlinného původu vznikající v přírodě v průběhu fotosyntézy. (Havlíčková, et al., 2008) Zájem o využití fytomasy pro energetické účely podnítil rozvoj technologického oboru zvaného fytoenergetika. (Součková, Moudrý, 2005; Havlíčková, et al., 2008) Je to souhrn technologií umožňujících energetické využívání biomasy. Jde především o přímé spalování v domovních kotlích či kotlích centrálního zásobování teplem. (Sladký, 1996)

Do pojmu fytomasa (biomasa) patří veškeré organické látky rostlinného původu vznikající v přírodě v průběhu fotosyntézy, tj. při zachycování části na Zemi dopadající sluneční energie – části slunečního krátkovlnného záření ve vlnových délkách 400 – 700 nm procesem tvorby organických sloučenin představovaných zejména glukózou z oxidu uhličitého (CO_2) a vody (H_2O) a určitého množství anorganických živin jako je draslík (K), vápník (Ca), fosfor (P), dusík (N) a dalších stopových prvků. (Sladký, et al., 2002)

Mezi známé případy energetických rostlin lze zařadit např.:

- Rychlerostoucí dřeviny – platany, topoly, vrby, apod.
- Víceleté rostliny – křídlatka sachalinská, sloní tráva, konopí seté, energetický šťovík, atd.
- Jednoleté rostliny a jejich části – různé druhy slám (obilní, řepková), atd.

(Neuwirtová, et al., 2010)

Tab. č. 3: Energetická výtěžnost energetických rostlin podle Petříkové

Plodina	Průměrný výnos (t.ha-1) (různé plochy)	Energetický obsah (MJ.kg-1)	Energetická výtěžnost (GJ.ha-1)
Konopí	10,52	18,060	190,0
Hyso	10,66	17,657	188,2
Čírok zrnový	5,78	17,633	101,9
Čírok cukrový	11,48	17,588	201,9
Křídlatka	20,43	19,444	397,2
Slunečnice	8,31	16,700	138,8
Len (sláma)	4,78	18,580	88,7
Koriandr	5,14	18,88	297,0
Řepka ozimá (sláma)	4,74	17,484	82,8
Lnička	4,71	18,840	88,9
Ozdobnice (Miscanthus)	15,00	17,887	268,3
Sláma obilí	4,50	15,200	68,4

Zdroj: (Moudrý, Stražil, 1999)

2.3.1 Typy fytoomasu a jejich použití

Pro fytoenergetické účely se používají rychlerostoucí dřeviny. Mezi tyto rostliny patří topoly, vrby, pajasany, jilmy, olše, lípy, lísky, jeřáby. Topoly a vrby jsou z hlediska fytoenergetiky ověřené. Pajasany a jilmy jsou v dnešní době ověřovány. Ve fytoenergetice se také využívají jednoleté, víceleté a vytrvalé rostliny. Mezi jednoleté fytoenergetické rostliny patří z obilnin tritikale a ozimé žito, sudanská tráva, konopí seté, laskavec, sléz krmný, světlice barvířská a lnička setá.

Mezi víceleté a vytrvalé fytoenergetické rostliny patří pupalka dvouletá, komonice bílá, slunečnice topinambur, šťovík krmný a čičorka pestrá, a dále fytoenergetické trávy. Mezi fytoenergetické trávy patří chrastice rákosovitá, kostřava rákosovitá, psineček veliký, ovsík vyvýšený, sveřep samužníkovitý a sveřep bezbranný. Nejvýznamnější z těchto rostlin je šťovík krmný. (Součková, Moudrý, 2005; Havlíčková, et al., 2008)

a) Dřevěné pelety

Velkým tlakem zpracovaný suchý dřevní prach, drť nebo piliny zpravidla do tvaru válečků o průměru 6 nebo 8 mm. Bez příměsy pojidla. Tmavé pelety obsahují příměs kůry. Reálná průměrná výhřevnost pelet v původním vzorku se pohybuje okolo 16,5 GJ/t (a více – závisí na vlhkosti a materiálu, z něhož jsou lisovány). (Bufka, 2010)

b) Rostlinné pelety

Velkým tlakem zpracované suché, drcené nebo nakrátko řezané stébelniny (sláma obilovin a olejnin, traviny a energetické byliny) do tvaru válečků většinou o průměru 6 nebo 8 mm. Pelety z odpadních surovin jsou vyráběny z odpadu po čištění např. pšenice, ječmene, hrachu, máku, lnu, kukuřice, řepky apod. Výhřevnost rostlinných pelet je v průměru 15,4 GJ/t (průměr dodávek pro energetiku v letech 2009/2010). (Bufka, 2010)

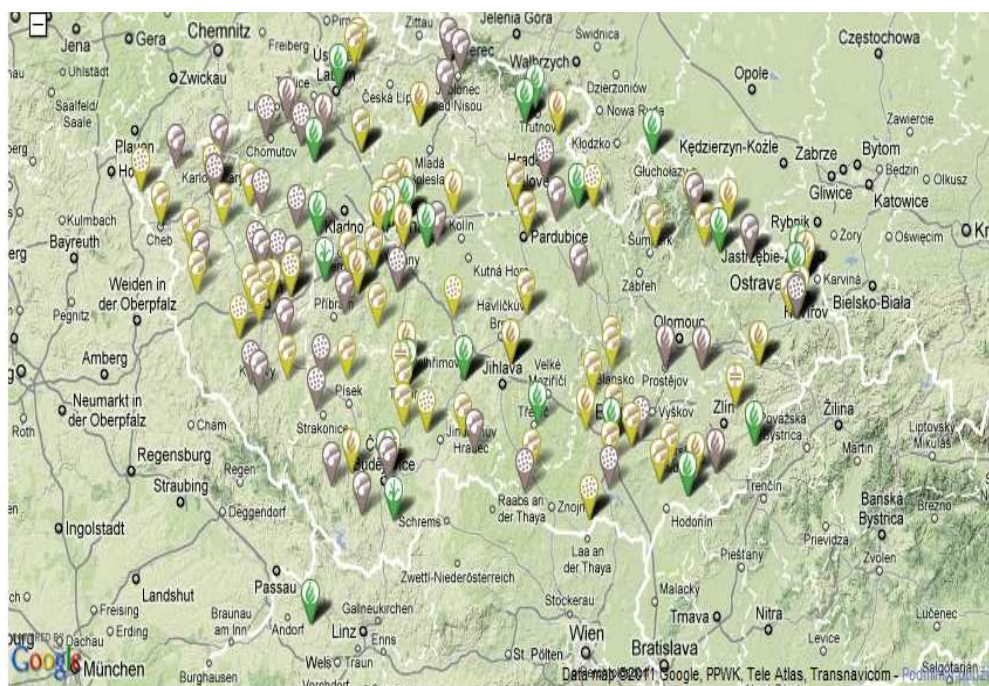
c) Dřevěné brikety

Velkým tlakem zpracovaný suchý dřevní prach, drť nebo piliny, zpravidla do tvaru malých nebo velkých válečků s dírou i bez díry, hranolů (RUF), čtyř, šesti, nebo osmistěnnů (Pini & Key), o průměru 40 až 100 mm. V nabídce jsou též čisté kůrové brikety. Reálná průměrná výhřevnost briket v původním vzorku se pohybuje okolo 16,5 GJ/t (a více – závisí na vlhkosti a materiálu, z něhož jsou lisovány). (Bufka, 2010)

d) Rostlinné brikety

Velkým tlakem zpracované suché, drcené nebo nakrátko řezané stébelniny (sláma obilovin a olejnin, traviny a energetické byliny) do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnnů o průměru 40 až 100 mm. Výhřevnost 12 až 19 GJ/t. V nabídce dnes především ve formě válce s dírou vyrobené na šnekových lisech. Méně častější jsou válce bez díry, či brikety hranaté. Z dovozu jsou nabízeny slunečnicové brikety Pini & Key. (Bufka, 2010)

Obr. č. 1: Mapa pelety, brikety, štěpka a kotle na biomasu, CZ Biom



legenda

- | | | | |
|---|---|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Pelety dřevěné | <input checked="" type="checkbox"/> Ostatní pelety z biomasy | <input checked="" type="checkbox"/> Kotle na pelety | <input checked="" type="checkbox"/> Peletovací lis |
| <input checked="" type="checkbox"/> Brikety dřevěné | <input checked="" type="checkbox"/> Ostatní brikety z biomasy | <input checked="" type="checkbox"/> Kotle na brikety | <input checked="" type="checkbox"/> Briketovací lis |
| <input checked="" type="checkbox"/> Štěpka | <input checked="" type="checkbox"/> Kotle na štěpku | | |

Zdroj: (Anonymus 17)

2.3.2 Způsoby využití fytomasy

Energii z biomasy lze získávat různými způsoby, a to přímo – spalováním, nebo nepřímo – výrobou paliv a zpracováním na plynné či kapalné produkty. energii lze pak využívat pro výrobu tepla nebo elektřiny, nebo jako biopaliva (bionafta, bioplyn). Pro vytápění se používá zejména přímého spalování fytomasy. Je také možné využívat energii odpadní biomasy (zbytky krmiv, potravin, hnůj,...). V tomto případě je nejběžnější technologií výroba a další využití bioplynu. (Kára, et al., 2001; Sladký, 1996)

Tab. č. 4: Výhled energetického potenciálu fytopaliv v ČR (mil. tun)

Palivo	Zdroj	Roky		
		2005	2010	2020
Dřevo, kůra	Odpady lesní těžby, dřevo-průmyslu, prořezávky	2,6	3	4
Sláma obilnin	25 až 40% sklizně při výnosu 4-5 t/ha	1,6	2,2	3
Sláma olejnin	90 až 100% sklizně při výnosu 3,5-4 t/ha	1	1,2	1,5
Traviny, rákos	Z 20% trvalých porostů při výnosu 2-3 t/ha	0,8	1	1,2
Polní dříví a energetické rostliny	Uvolněná zemědělská půda	0	4	6
Dřevní šrot, obaly	Stavební, obal. a komun. odpad	0,6	1	2
Celkem energeticky využitých fytopaliv		6,6	12	17,7

Zdroj: (Sladký, et al., 2002)

Současné rostliny mohou být po různých úpravách, z nichž hlavní je sušení, využity jako pevné, kapalné a plynné palivo. (Sladký, et al., 2002)

a) Přímé spalování fytoomas

Ve velkých provozech tepláren či elektráren se pro přímé spalování fytoomas používá nejčastěji dřevní štěpka nebo sláma. Pro vytápění menších budov, jako např. rodinných domů je nutné biomasu upravit do vhodné formy, schopné manipulace při přikládání do kamen či krbů. (Sladký, 1996) K takovým formám patří brikety a pelety. Brikety mají válcový tvar, jsou dlouhé cca 30 cm a lze je s úspěchem použít obvyklým způsobem, jako při přikládání polen ze dřeva. Výhřevnost je velmi dobrá, v podstatě se neliší od běžného dřeva. Brikety se vyrábí lisováním z řezanky přímo sklizené z pole, bez přídavku jiných materiálů. Vedle dlouhých briket lze vyrábět na jiném typu lisu též brikety kratších rozměrů. Přikládají se do kamen obdobně jako kusové uhlí. Na rozdíl od uhlí jsou brikety z biomasy mnohem čistší, nezatěžují okolí

škodlivými emisemi a mají oproti uhlí velmi nízký obsah popele. Tento popel lze použít jako hnojivo na zahradu nebo na pole. (Adamovský, Svoboda, 1996)

Podobné vlastnosti mají i tzv. pelety. Jsou to drobné granule, tvarované na lisech, kde se běžně vyráběly krmné granule pro hospodářská zvířata. Dále jsou již i u nás vyvinuty speciální lisy, určené výhradně k výrobě topných pelet z biomasy. Pelety mají zpravidla průměr 0,8 až 1 cm, dlouhé jsou 1 až 3 (4) cm. Výhodou pelet je možnost jejich automatického přikládání do speciálně konstruovaných kotlů. (Sladký, 2001)

b) Nepřímé spalování fytomasy : výroba bioplynu

Z literárních údajů vyplývá, že jakákoliv fytomasa může být po vhodné mechanické úpravě, optimalizaci chemických jakostních znaků a při vhodné volbě technologie anaerobní digesce efektivně využita pro výrobu bioplynu. (Fuksa, 2009) Bioplyn je plyn produkovaný během anaerobní digesce organických materiálů a skládající se zejména z metanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2). Energeticky hodnotný je v bioplynu metan a vodík. Problematickými jsou sirovodík a čpavek, které je často nutné před energetickým využitím bioplynu odstranit, aby nepůsobily agresivně na strojní zařízení. (Kára, et al., 2001; Gaduš, Šágrová, 2005)

2.3.2.1 Pevná fytopaliva

Zatím při využívání dřevní hmoty naprosto převažují pevná fytopaliva ve formě polen, polínek, dřevní štěpky, pilin, kůry, briket a peletek. Stébelniny jsou spalovány zatím ve formě malých i obřích balíků a volné řezanky. Oblast výroby a využití stébelnin ve formě briket a peletek se zkoumá a hledají se vhodné způsoby úprav a kombinací s jinými palivy, například s uhlím. Další metody využití, například hydrolýza nebo zplynování jsou sice známé, ale na jejich využití se čeká, až nastanou vhodné ekonomické podmínky. (Sladký, et al., 2002)

Brikety jsou vyráběny lisováním např. ze suchého dřevního prachu, drtě, pilin, kůry, jemných hoblin nebo rostlinných zbytků do tvaru válečků, hranolů nebo šestihranů, o průměru 40 až 100 mm a délky do 300 mm.

Podle zvoleného typu materiálu, se na trhu můžeme setkat s briketami ze dřeva, kůry, slámy, energetických plodin nebo s briketami vyrobených ze směsí těchto materiálů – tzv. směsnými briketami. (Stupavský, Holý, 2010)

2.3.2.2 Kapalná fytopaliva

V ČR jsou hlavními představiteli kapalných paliv vyliisované oleje z olejnin, jako je řepka, hořčice, slunečnice, sezam, amarantus a další. Rozhodující podíl pro energetiku má však jenom olej řepkový pro výrobu bionafty, zatímco ostatní mají jiné využití v potravinářství, lékařském průmyslu, farmacii. Výhledově bude významný i etanol. (Sladký, et al., 2002)

a) Řepkový olej

Přefiltrovaný řepkový olej se za určitých podmínek může stát bez dalších úprav motorovou pohonnou látkou, ale pro sjednocení vlastností s běžnou motorovou naftou se řepkový olej chemicky zpracovává esterifikací na metylester řepkového oleje, (tzv. MEŘO), který plně může nahradit fosilní motorovou naftu co do výhřevnosti, emisí i ceny. V ČR se míchá 30% MEŘO s motorovou naftou, směs se označuje jako bionafta a prodává se v důsledku slevy na spotřební dani jako ekologické palivo. (Sladký, et al., 2002)

b) Etylalkohol

Etylalkohol (etanol) je kapalné palivo vznikající v lihovarech na základě kvasných procesů cukrů a škrobů a následné destilace. Je to kapalné palivo s výhřevností přibližně poloviční než má benzín nebo nafta, ale je možno jej vyrábět prakticky z každé organické hmoty obsahující cukry, škroby, glukozu, ale i třeba celulozu. (Sladký, et al., 2002)

c) Dřevní oleje

Dřevní oleje jako produkty pyrolýzy dřevin představují významnou, u nás dosud zcela opomíjenou formu kapalných paliv a surovin ze dřeva. Výrobní dřevního uhlí, kterého se z původního materiálu – dřeva – vyrobí asi jen 20%, všechen ostatní vzniklý produkt ve formě dehtového plynu zatím jen spalují, mnohdy

zcela bez užitku. Ochlazením a kondenzací lze získat zdánlivě nevábnou kapalinu, obsahující dehty, organické kyseliny, vodu a různé směsi dřevních olejů, ale která představuje cennou surovinu odpovídající asi 75-80% hmotnosti použitého dřeva. (Sladký, et al., 2002)

2.3.2.3 Plynná fytopaliva

a) Dřevní plyny

Všechna energetická využití fytopaliv se ve skutečnosti neobejdou bez zplyňující fáze – i prosté hoření dřeva je z 80% spalování teplem uvolněného dřevního plynu a teprve po jeho odplynění a spálení těkavých látek zbytek dřevního uhlí shoří přímou oxidací žhnutím. Fenomén ohně je využíván lidstvem asi 400 000 let a v klasické formě byl dřevní plyn využíván už ve starověku a středověku ve sklárnách, kovohutích i při vytápění. (Sladký, et al., 2002)

b) Bioplyn

Bioplyn má nejvíce perspektivní význam ze všech plynných biopaliv. Předností všech metod na výrobu bioplynu je, že plní dvě nezastupitelné funkce :

- zpracovávají všechny organické odpady s vyšším obsahem vody, nevhodné pro spalování na kvalitní organické hnojivo, aplikovatelné v jakémkoliv požadovaném množství na jakýkoliv pozemek bez škodlivých účinků, jaký mohou mít např. čerstvá kejda, nebo čistírenské kaly, či čerstvý slamnatý hnůj. Odfermentované suroviny ztratily sice část uhlíku a vodíku, ale obsahují jinak všechny aktivní látky, potřebné pro výživu rostlin.
- vytváří vysoce hodnotné plynné palivo – bioplyn s obsahem až 65% metanu (CH_4) a vodíku (H_2) a s nepatrným množstvím relativně snadno odstranitelného oxidu siřičitého (SO_2), určitého množství oxidu uhličitého (CO_2) a vody.

Technologicky je možno bioplyn upravit až na čistý metan, čili zemní plyn, ale toto není u nás v praxi zatím využíváno, protože původní výhřevnost postačuje i pro pohon stacionárních motorů. (Sladký, et al., 2002)

2.3.3 Zdroje fytohmasy v ČR

2.3.3.1 Odpadní a vedlejší produkty

Nejčastěji to jsou dřevní či lesní odpady ve formě dřevní štěpky, která se získává zpravidla drcením při těžbě dřeva. Rovněž moderní topné pelety jsou vyráběny také většinou z dřevní biomasy. Z vedlejších produktů, zejména ze zemědělství, se nejčastěji jako biomasa pro energii používá sláma – především sláma obilovin, nebo také řepky apod. Ve velkých kotelnách se spalují zpravidla celé balíky slámy slisované přímo na poli po sklizni hlavní plodiny. V poslední době se již také začaly lisovat pelety ze slámy, někdy i brikety (hlavně ze slámy řepkové).

Zbytková biomasa je v našich podmínkách převážně snadno dostupná a levná forma paliva. Bývá tedy prvním a zatím také hlavním zdrojem biopaliv v existujících nebo budovaných výtopnách a kotelnách na spalování biomasy. (Petříková, 2011)

a) rostlinné odpady

Zemědělské těžební zbytky – zejména obilná sláma má široké uplatnění. Energetické využití u nás se začíná pomalu uplatňovat, i když v porovnání se skandinávskými zeměmi se zpožděním – vedle několika zemědělských podniků, které si slámou kryjí potřebu tepla, jsou už vytápěny i celé vesnice. Řepková sláma se svojí výhřevností 15-17,5 GJ/t přibližuje lepším druhům hnědého uhlí. Není pro ní prakticky jiné využití než v energetice. Pro živočišnou výrobu ani pro zaorání se příliš nehodí. Dalšími rostlinnými odpady je kukuřičná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady ze zeleně a travnatých ploch. (Havlíčková, et al., 2007)

b) lesní těžební zbytky

Slibným zdrojem je odpadní dřevní biomasa z výchovných a mýtních těžeb v lesních porostech. Přesto, že je její potenciál velmi vysoký, není v takové míře využíván, protože lesnické společnosti, které provádějí těžbu, většinou nejsou schopny tuto biomasu vyklízet z lesa ekonomicky rentabilním způsobem. (Havlíčková, et al., 2007)

c) organické odpady z průmyslových výro

Nejčastějším zdrojem bývají pilařské a dřevozpracující provozy, které často jako odpadní produkt poskytují piliny, odřezky, hobliny a kůru. Tato forma biomasy – zejména z velkých zdrojů – začíná být pomalu zcela využita zejména pro výrobu biopaliv, např. lisovaných dřevních pelet a briket. Menší lokální pily však stále mohou být rentabilním zdrojem pro místní potřeby. (Havlíčková, et al., 2007)

d) odpady ze živočišné výroby

Ze zemědělských odpadů se v největší míře využívá kejda (tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat s vodou), případně i slamnatý hnůj, zbytky krmiv, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit. (Havlíčková, et al., 2007)

e) komunální organické odpady

2.3.3.2 Cíleně pěstované „energetické“ rostliny

Poměrně novým zdrojem biomasy jsou porosty tzv. energetických rostlin. Tímto termínem jsou označovány botanické druhy dřevin, trvalek a bylin, jejich kultivary a sorty, přírodní a záměrní kříženci. Jejich růst a zejména objemové produkce (t/ha/rok) při intenzivním pěstování výrazně převyšuje průměrné hodnoty ostatních plodin ve sledované oblasti. (Havlíčková, et al., 2007)

Z předběžných výpočtů a bilancí potřeby biomasy vyplývá, že je třeba zajistit biomasu téměř z 50% cíleně pěstovanými rostlinami, abychom v ČR dosáhli stanoveného podílu energie z biomasy (podle ukazatelů daných z EU). Tyto plodiny, pěstované pro energii lze rozdělit na 2 skupiny : dřeviny a polní plodiny.

a) rychle rostoucí dřeviny (RRD)

Tzv. rychle rostoucí dřeviny (RRD) jsou schopné vysokého výnosu nadzemní biomasy v krátkém obmětí 3-6 let a životností 20-35 let. Jejich růst a zejména objemová produkce (t/ha/rok) v prvních letech nebo po opakovaném seříznutí výrazně převyšuje průměrné hodnoty ostatních dřevin. (Havlíčková, et al., 2007)

Podstata spočívá v založení plantáže, obvykle výsadbou řízků do volné půdy. Rostliny v průběhu (zpravidla) prvních 5 let od výsadby postupně zakořeňují,

rozzrůstají se a vytvářejí dřevní biomasu. První sklizeň se provádí obvykle po 5 letech vegetace (v případě vrb i dřívě). Po sklizni je třeba nechat biomasu vyschnout, protože mívá při sklizni až 50% vody. Po vyschnutí se pak drtí a vzniká tak rovněž dřevní štěpka. V roce 2010 bylo v celé ČR přibližně jen asi 300 ha. Z toho je zřejmé, že tato produkce nevyřeší obecný nedostatek biomasy a už vůbec ne rychle, I kdyby se najednou vysázelo např. 1000 ha, musíme čekat nejméně 5 let na první sklizeň.

b) polní energetické plodiny (PEP)

Druhou skupinou cíleně pěstované biomasy jsou polní energetické plodiny (PEP) bylinného charakteru, nejsou to tedy dřeviny. Jedná se o různé druhy jednoletých, víceletých i vytrvalých rostlin. Zakládání porostů většiny těchto polních plodin spočívá v jednoduchém zasetí na volnou půdu za použití běžného secího stroje a také k další kultivaci včetně sklizně, se používá tradiční technika, která je v každém zemědělském podniku k dispozici. Polní energetické plodiny (PEP) se poměrně snadno pěstují a mohou poskytnout biomasu mnohem rychleji, než např. RRD. V případě jednoletých plodin se biomasa získá hned v roce zasetí, víceleté a vytrvalé PEP poskytují biomasu zpravidla od druhého roku vegetace. Záměrné pěstování PEP může tedy zajistit v poměrně krátkém časovém období významný podíl energetické biomasy a přispět tak reálně k řešení současné svízelné situace s nedostatkem biomasy. (Petříková, 2011)

2.3.4 Rozdělení zdrojů fytohmoty na dřeviny a byliny

V našich podmínkách připadají z jednoletých nebo víceletých do úvahy pro pěstování ozdobnice, křídlatky, chrastice, rákos, konopí, čirok, šťovík apod.. (Moudrý, Stražil, 1999)

2.3.4.1 Jednoleté byliny

Zde připadá do úvahy sláma obilnin (pšenice, ječmen, žito, triticales) nebo celé rostliny obilnin, řepková sláma, čiroky, konopná sláma apod.

Z čiroků se podle hlavních směrů využití (obecný, technický, cukrový, sudánský) na spalování nejméně hodí čirok cukrový, který si při porovnání s ostatními druhy čiroků i při sklizni po zimě (únor, březen) uchovává značné množství vody v rostlinách (30 – 40 %). (Moudrý, Stražil, 1999)

2.3.4.2 Vytrvalé byliny

a) Šťovík krmný (*Rumex*)

Pro zajištění biomasy cíleným pěstováním rostlin má dosud největší význam krmný – energetický šťovík, Rumex OK 2. V současnosti je v ČR pěstován na celkové výměře asi 1300 ha. Krmný šťovík Uteuša – Rumwx OK 2 je kříženec šťovíku zahradního a tjanšanského, vyšlechtěného na Ukrajině v botanické zahradě Akademie věd v Kijevě, prof. Uteušou a Dr. Rachmetovem. Pro své vlastnosti je jednou z nejperspektivnějších plodin, záměrně pěstovaných pro energetické účely. (Kára, Petříková, 2007)

Podle Součkové a Moudrého (2006) se plocha využívání „energetického“ šťovíku začíná zdárně rozvíjet. Osevní plochy této plodiny se rozšířili již na několik set hektarů půdy po celé ČR. Jeho předností je zejména vytrvalost. Lze jej pěstovat na jednom stanovišti po dobu deseti a více let. Plně zapojený porost tohoto energetického šťovíku je závislý zejména na způsobu jeho založení a na jeho ošetřování během vegetace. Půdně-klimatické podmínky nejsou vyhraněné, byl úspěšně pěstován až do výšky 650 m n. m. Není náročný na typy půd, nevyhovující jsou pouze podmáčené půdy s vysokou hladinou spodní vody. (Kára, Petříková, 2007)

Součková a Moudrý (2006) tvrdí, že kulové kořeny šťovíku po proniknutí do vody zahnívají a porost je proto poškozen. Jinak se mu daří dobře v nížinách i ve vyšších polohách. Snáší dobře i kamenité chudší půdy a je méně náročný na hnojení oproti kukuřici. Energetický šťovík je vhodné fytopalivo, které lze spalovat i v kombinaci se slámou, nebo i dřevní štěpkou. Souhrnně lze konstatovat, že šťovík – Rumex OK 2 je jedna z nejvýznamnějších energetických rostlin. (Kára, Petříková, 2007)

b) Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis* Anderss.)

Ozdobnici se nejlépe daří na lehčích strukturních půdách, spíše v teplejších oblastech s vyšším množstvím srážek. Doporučují se humózní písčité půdy s vysokou hladinou podzemní vody (ne více než 600mm) a pokud možno s malým zaplevelením vytrvalými plevelely (pýr, šťovíky). (Moudrý, Strašil, 1999)

Spalné teplo sušiny celých rostlin činí cca 19,06kJ/g. Kromě toho je možné fytomasu použít k výrobě buničiny (vysoký obsah celulózy kolem 40%), stavebních materiálů jako jsou dřevovláknité desky, rohože apod., geotextilií nebo snadno likvidovatelných obalových materiálů. (Šimon, Strašil, 2000)

c) Křídlatky (*Reynoutria*)

Křídlatky jsou vytrvalé vysoce agresivní byliny původem z východní Asie, které dosahují výnosů 15-27 t sušiny na hektar. V současné době se uvažuje o jejich využití jako energetické plodiny. Spalné teplo sušiny nadzemní fytomasy křídlatky je cca 19,14 kJ/g. (Šimon, Strašil, 2000)

Křídlatka je v současné době diskutovanou problematickou plodinou. Vzhledem k častému zplaňování a schopnostem nekontrolovaně se šířit patří v současné době mezi několi nejobtížnějších invazních plevelných druhů v Evropě. V některých státech Evropy je křídlatka na listině karanténních druhů plevelů. Proto i přes vysoké výnosy fytomasy, bude nutné odpovědně zvažovat její pěstování pro energetické využití, zejména pokud se potvrdí skutečnost, že křídlatka je schopna v našich podmínkách se šířit semeny. (Moudrý, Strašil, 1999)

d) Chrastice rákosovitá (*Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, syn. *Phalaris arundinacea* L., *Baldingera arundinacea* (L.) Dumort)

Tato rostlina se nazývá také lesknice rákosovitá. Je vytrvalá tráva rostoucí u nás od nížin až vysoko do hor. V zahraničí kromě energetického využití se o ní uvažuje jako o potenciálním zdroji buničiny. (Šimon, Strašil, 2000)

V přirozených travních porostech se chrastice rákosovitá nejvíce vyskytuje v okolí vodních toků. Její rozšíření vysoko do hor upozorňuje na její velkou odolnost vůči drsným klimatickým podmínkám. Nejlépe se jí daří na těžších půdách s bohatou zásobou živin. (Moudrý, Strašil, 1999)

Patří mezi naše nejvyšší trávy. Výška stébel často přesahuje přes 2 m. Chrastice rákosovitá vytváří dlouhé podzemní oddenky, které jsou rozprostřeny těsně pod povrchem půdy. Kořenový systém je mohutný, jdoucí do značné hloubky. (Stražil, 1999)

Je náročná na vodu a živiny. Je rozšířená na celém území našeho státu, převážně na vlhkých lokalitách. Nejčastěji roste v okolí vodních toků. Pro chrastici není zastínění ani krátkodobé zavodnění limitujícím faktorem. (Hron, Zejbrlík, 1979)

Chrastice rákosovitá se pěstuje na semeno, píci a pro energetické účely. Chrastice je nenáročná na agrotechniku. Porost chrastice se zakládá na nezapleveleném pozemku. Seje se po všech předplodinách. Chrastice je odolná vůči škůdcům i vůči chorobám. (Havlíčková, et al., 2008)

Havlíčková, et al. (2008) uvádí, že pěstování chrastice rákosovité poskytuje několik výhod. Hustý kořenový systém zpěvňuje půdu. Zapojený travní porost zabraňuje erozi. Chrastice zlepšuje fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Z finanční stránky není zakládání porostu náročné. Chrastice nebývá často zaplevelená, a proto nevyžaduje ošetřování herbicidy ani pesticidy. Může se pěstovat ve většině klimatických podmínek od nížin až po hory.

e) Konopí seté (*Canabis sativa L.*)

Konopí seté je jednodomá nebo dvoudomá jednoletá rostlina. Celosvětová výměra technického konopí není velická a dosahuje v současnosti kolem 300 000 ha. Využití produktu může být velmi rozmanité. Semeno konopí lze také uplatnit v chemickém průmyslu (mýdlo, olejové barvy, náhrada lněné fermeže). Slámu a pazdeří lze spalovat (spalné teplo slámy 18,16 kJ/g). Vlákna lze použít k výrobě lan, provazů, sítí, vázacích provázků, nití, popruhů, plachet, plátna, nábytkových látek, tkanin (látková obuv, tašky) a dále jako stavební hmoty (cementovláknité desky, pokrývací materiál, izolanty), lisované součásti (dvevní výplně u automobilů) a na speciální papír. (Šimon, Stražil, 2000)

f) Čiroky (*Sorghum*)

Čiroky jsou jednoleté byliny z čeledi lipnicovité (*Poaceae*) patřící mezi rostliny typu C₄. Čiroky patří k teplomilným rostlinám. Vytvářejí četná stébla vysoká 3m i více. V teplejších oblastech dávají vysoké výnosy (až 30 t sušiny/ha). Pro spalování se nejlépe hodí čirok metlový, krmný nebo čirok sudánská tráva. Čiroky sklizené na hmotu (spalování) je nejlépe sklízet např. samohodnými sklízecími řezačkami koncem zimy (únor-březen), kdy mráz během zimy rostliny vysuší. Tento termín sklizně má však také určité nevýhody. Čiroky mají ze všech uvedených rostlin nejkřehčí stonky, které se přes zimní období vlivem nepříznivých podmínek velmi často lámou. Porosty také často poléhají, což znesnadňuje sklizeň. Proto ztráty fytomasy přes zimní období jsou z uvedených rostlin největší a dosahují až 50% v porovnání s podzimními termíny sklizně. (Šimon, Stražil, 2000)

2.3.4.3 Energetické dřeviny

Výsadba rychle rostoucích dřevin určených k energetickému využití je jednou z možností využití půdy k nepotravinářským účelům. Pro klimatické a půdní podmínky naší republiky, jak se ukázalo z prováděných výzkumných pokusů, je nejvhodnější pěstování topolů a také vrb. Při zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin je nutné volit vhodné klony pro konkrétní stanoviště a region. Na vegetaci topolů má značný vliv průměrná teplota v letních měsících a vodní režim v půdě. Tyto faktory ovlivňují produkci dřevní hmoty. (Abrham, et al., 2001)

Rychle rostoucí dřeviny patří v Evropě mezi perspektivní plodiny. Pro zakládání porostů je nejvyšší možná nadmořská výška 650 m n. m. V Evropě se v současné době pěstuje přes 30 000 ha vrbových a topolových plantáží. V našem státě bylo dosud založeno přes 250 ha topolových plantáží. Topoly jsou rozšířeny zejména v mírném pásu severní polokoule. (Havlíčková, et al., 2008)

Založení produkční plantáže je velmi nákladné. Na 1 ha se v průměru počítá 10 000 řízků (od 8 000 do 12 000) podle kvality stanoviště, při čemž cena jednoho řízku činí cca 3,- Kč. Orientační náklady na založení produkční plantáže rychle rostoucích dřevin činí cca 55 000,- Kč na 1 ha. (Abrham, et al., 2001)

Příprava pozemku musí začít rok dopředu před výsadbou, aby se pozemek dokonale odplevelil. Před výsadbou se provádí kvalitní podzimní orba, na jaře již stačí pozemek jen zkultivovat popřípadě vyrovnat. Nejčastěji se vysazují řízky, které jsou nařezány z jednotlivých prýtů (prutů, výhonů). Řízky se skladují do výsadby ve vhodných skladovacích prostorách s optimální teplotou 2 - 4°C a s vysokou vzdušnou vlhkostí. Cílem je dosáhnout 70% ujímavosti řízků. Následné dosazování je velmi náročné a nákladné.

Většina orné půdy na území naší republiky je pro topoly a vrby dostatečně zásobena živinami, proto se nemusí hnojit průmyslovými hnojivy. V ojedinělých případech se přihnojuje na chudých lokalitách. Při zakládání porostu se nedoporučuje hnojit proto, že se spíše podpoří rozvoj a nárůst plevelu. Nejlépe po dosažení by se mělo odplevelovat. V řádcích se odpleveluje ručně. Mezi řádky se zbavujeme plevelu mechanicky, nejčastěji sečením nebo plečkováním. Odstaňování plevelu se provádí 2 – 3x ročně.

Při kvalitním založení porostu jsou agrotechnické zásahy ojedinělé anebo žádné. Při vyšším výskytu zvěře se vyplatí výsadbu celou oplotit. Houbové choroby a hmyzí škůdci nepůsobí vážnější škody. (Havlíčková, et al., 2008)

Plantáže se sklízí v tzv. velmi krátkém obmýtí, které se v našich podmínkách pohybuje mezi 3 – 6 roky. (Součková, Moudrý, 2006)

Hlavní rozdíl při pěstování energetických dřevin na plantážích oproti běžnému způsobu je v době mezi sázením stromů a těžbou dřeva, která je u energetických plantáží kratší (2-8 let). Pro zřizování plantáží rychle rostoucích dřevin se nejlépe hodí eukalypty, platany, topoly, akáty, vrby, olše.

Pro naše podmínky nejlépe vyhovuje pěstování topolů (nejvýznamnější jsou topol černý – *Populus nigra L.*, topol balzámový – *Populus balsamifera L.* a dále kříženci mezi topolem černým a bavlníkovým – *Populus x euroamericana Dode Guinier.*) a vrb.

Z ostatních druhů, které jsou však málo výkonné, je možno uvažovat o akátu, bříze, olši, osice. Zakládáním plantáží rychle rostoucích dřevin (RRD) je možno účelně využít uvolněnou zemědělskou půdu, nebo nevyužívanou půdu např. kolem dálnic, silnic, na půdních výsypkách nebo složištích popele, lokalitách ohrožených imisemi apod. (Moudrý, Stražil, 1999)

Podle Součkové a Moudrého (2006) lze produkci rychle rostoucích topolů a vrb ve fytoenergetice využít v několika formách. Především jako je štěpka, polena, kusové sekané dříví a malé energetické otepi. Každá forma je určena pro určitý druh topidla. Cílem pěstování rychle rostoucích dřevin je získání dřevní štěpky nebo palivového dříví (polena nebo krátké kusové dřevo). Štěpka se využívá především v centrálních teplárnách a výtopnách. V úvahu připadá i spalování štěpky s uhlím v elektrárnách. (Havlíčková, et al., 2008)

Podle délky obmýtí rychle rostoucích dřevin rozeznáváme tři způsoby pěstování:

a) Minirotace

Při tomto způsobu je délka trvání obmýtí do 5 let, kdy se při tloušťce rostlin asi 100 mm docílí průměrný roční výnos 10-20 t.ha⁻¹ sušiny fytohmoty. Počet řízků se pohybuje od 3 do 30 tis. (dle druhu dřeviny a sponu). Pařezy se po sklizni nechávají obrážit a cyklus se opakuje 3-4x.

b) Midirotace

Při tomto způsobu se použije kolem 5 tis. řízků, případně se provede prořezávka. Tloušťka mlází se při sklizni pohybuje kolem 120 mm a průměrný výnos činí asi 8-14 t.ha⁻¹ za rok v suché hmotě. Sklízí se po 10-ti letech a pařezy se nechávají obrůstat.

c) Maxirotace

Sází se asi 4 tis. řízků na 1 ha a sklízí se po 20-ti letech. Kmeny dorůstají tloušťky 200-300 mm s průměrným výnosem 8-12 t.ha⁻¹ za rok. Pařezy se pak dále nechávají obrůstat.

Z uvedených způsobů pěstování najde v našich současných podmínkách největší uplatnění minirotace a to hlavně z důvodů vyššího výnosu sušiny. (Moudrý, Stražil, 1999)

2.4 Využití fytomasy

2.4.1 Termochemická přeměna biomasy

2.4.1.1 Spalování biomasy

Spalování je nejstarší známou termochemickou přeměnou biomasy. Při vysokých teplotách nad 660°C dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny, destilační produkty, uhlí a dále oxidací na oxid uhličitý a vodu. Spalování biomasy slouží k výrobě tepla, páry (ohřev vody), nebo elektrické energie.

Pro spalování biomasy se používají kamna nebo kotle nejrůznějších velikostí, výkonů a systémů. Pro spalování biomasy nelze použít kotelní zařízení konstruovaná na uhlí. Také topeniště kotlů musí být upraveno druhu a stavu paliva, které bude použito. Na rozdíl od fosilních paliv, které po vytěžení nevyžadují velkých úprav, aby je bylo možno spalovat, je třeba paliva z biomasy většinou upravit (krácení, štípání, sekání, lisování, mletí, sušení apod.). Množství uvolněné energie závisí také na výhřevnosti spalované látky. (Moudrý, Stražil, 1999)

Tab. č. 5: Porovnání výhřevnosti některých paliv podle Sladkého

Druh paliva	Výhřevnost (MJ.kg-1)
Motorová nafta	42,5
LTO	42,5
TTO	41,45
Uhlí černé	29,3
Uhlí hnědé (české)	10-16
Dřevo palivové při obsahu vody 20%	14,23
Dřevo palivové při obsahu vody 50%	8,1
Sláma obilovin (obsah vody 10%)	15,5

Zdroj: (Moudrý, Stražil, 1999)

Z uvedené tabulky je patrné, že výhřevnost paliv silně závisí na vlhkosti spalovaného materiálu. Spalování biomasy má své kladné a záporné stránky. Při spalování biomasy nevzniká více CO₂ než bylo předtím rostlinami přijato.

Biomasa neobsahuje téměř síru (ve slámě je asi 0,1%, ve dřevě téměř není, nejvíce je v seně do 0,5%, hnědé uhlí má min. 2%). (Moudrý, Strašil, 1999)

2.4.1.2 Zplyňování biomasy

Zplyňování biomasy je proces termochemické přeměny pevného materiálu na plyn, který se dále používá jako palivo nebo dále pro chemickou syntézu na výrobu metanolu. V porovnání s biochemickými reakcemi, je zplyňování rychlou reakcí, která nevyžaduje velká, investičně nákladná zařízení. Rozklad biomasy na plynné palivo je možný různými způsoby:

a) *pyrolýza (zplyňování teplem)* je rozklad, kdy se biomasa při nízkých teplotách rozkládá na dehet, olejová paliva a plyny (H_2 , CO) při současném vzniku kyslíku,

b) *zplyňování vzduchem* je rozklad biomasy za přítomnosti vzduchu přidávaného v limitovaném množství do reaktoru. Při tomto způsobu se uvolňuje plyn s nízkou výhřevností (pod $8000\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}$),

c) *zplyňování kyslíkem* je rozklad biomasy, kdy se do reaktoru vhání kyslík. Tím jsou odstaněny nespalitelné složky. Získaný plyn má střední výhřevnost ($8000\text{--}14000\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}$),

d) při *zplyňování vodíkem* dochází k přeměně biomasy pod tlakem ve vodíkovém prostředí. Vzniklý plyn má vysokou výhřevnost (nad $20000\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}$),

e) *zplyňování vodní parou* probíhá spolu s vhněným vzduchem. Vodní pára je vedena přes rozžhavené uhlí. Získaný plyn je středně výhřevný. (Moudrý, Strašil, 1999)

2.4.2 Biochemická přeměna biomasy (mokrý proces)

2.4.2.1 Metanové kvašení

Organické látky se v anaerobních podmínkách pomocí mikroorganismů rozkládají a produktem jejich rozkladu je bioplyn. Tento pochod je nazýván anaerobní fermentace či metanogenní kvašení. (Vráblíková, 2000) Zemědělství vytváří velké množství organických odpadů, které anaerobní fermentace umožňuje nejen likvidovat ale také energeticky využívat. Pro výrobu bioplynu se dají využívat také městské odpady a komunální odpadní vody. Ze zemědělských odpadů se nejvíce využívají kejda, sláma, zbytky travin apod. Z výkalů dospělé krávy nebo 6 prasat (velká dobytčí jednotka) se denně vyprodukuje cca 1,5m³ bioplynu. Obecně se počítá s produkcí 0,7-1,0m³ z 1kg biologicky rozložitelných látek. (Moudrý, Stražil, 1999)

Udává se, že biochemický proces tvorby bioplynu probíhá v následujících fázích :

- hydrolyza – dochází k přeměně polymolekulárních organických látek na nižší monomery,
- acidogeneze – přeměna jednoduchých organických sloučenin na mastné kyseliny působením acidogenních bakterií,
- acetogeneze – hlavním produktem je kyselina octová,
- metanogeneze – působením metanogenních bakterií se tvoří metan a oxid uhličitý.

Pro udržení stability anaerobní fermentace je třeba zajistit v pracovním prostoru fermentoru optimální podmínky (druh a množství surového materiálu, vysoký obsah těkavých organických látek, vlhkost, teplota, pH, poměr látek C:N, zamezit působení inhibitorů). Optimální teplota je v rozmezí od 4-60°C – podle druhu bakterií (psychrofilní, mezofilní, termofilní). Optimální hodnota pH je v rozmezí 4,5-8. Za optimální poměr uhlíkatých a dusíkatých látek v materiálu je považován 20:1 až 30:1. Lze ho upravovat míšením různých materiálů nebo chemickými přísadami. Pro zdárný průběh anaerobní fermentace je nutný vyšší podíl vlhkosti materiálu jak 50%. Optimální vlhkost pro kejdu se pohybuje mezi 88-92%, pro chlévský hnůj 75-78%. Dalším faktorem, který ovlivňuje fermentaci je teplota. (Vráblíková, 2000)

K anaerobnímu rozkladu se používají dvě skupiny bakterií – kyselinotvorné a metanotvorné. Metanové bakterie vyžadují ke své činnosti specifické prostředí, které je dáno hodnotou pH, teplotou, obsahem živin, dobou zdržení, koncentrací pevných látek, mícháním apod. Pro výrobu bioplynu se používají jednoduché nebo složité systémy. Složité systémy se sestávají prakticky ze stejných částí jako jednoduché. Mají však při provozu vyšší energetickou náročnost a jsou tedy méně hospodárné než jednoduchá zařízení.

Základními stavebními prvky jsou čerpací jímka, vyhnívací nádrž (fermentor), zásobník plynu, kotelna a příslušné řídicí a monitorovací přístroje. V počáteční fázi se nahromaděné odpady předzpracovávají (míchání a rozměňování). Následuje plnění vyhnívacích nádrží. Zde probíhá zahřívání, míchání a nakonec vyprazdňování. Plyn se odvádí a skladuje v plynojemech, vyhnílý kal se skladuje a využívá k různým účelům. Vyhnílý kal obsahuje po fermentaci nerozložené složky výchozí biomasy a mikroorganismy. Obsahuje dusíkaté látky, je tedy využitelný jako hnojivo a po usušení i jako krmivo. Fermentory jsou stavěny z různých materiálů jako je ocel, beton, a plasty a to podle konkrétních specifických podmínek. Existuje několik systémů výroby bioplynu. Dnes je standardním průtokový (kontinuální) systém. K dalším základním typům patří zásobníkový (diskontinuální) systém a systém střídavých zásobníků. (Moudrý, Stražil, 1999)

V Česku by do roku 2020 mohlo stát více než 500 bioplynových stanic s celkovým výkonem až 417 MWh elektřiny a tepla. Využily by produkce až z 240 000 ha zemědělské půdy. Podle dostupných údajů je v ČR v současnosti více než 170 bioplynových stanic a další stále přibývají.

Stanice, která patří akciové společnosti Zemědělské Klučenice, přešla do plného provozu po osmi měsících budování a tříměsíční zkušební době. Zařízení dokáže vyrobit 703 kW elektrické energie za hodinu. Získané teplo pak bude kromě zajištění provozu stanice využíváno také k vytápění areálu živočišné výroby. Zdrojem klučenické stanice budou výhradně suroviny z produkce zdejší rostlinné a živočišné výroby. Denně půjde o 20 tun kukuřičné siláže, 13 tun travní senáže a zbytky od krmení hovězího skotu společně se zhruba 40m³ hovězí kejdy.

Hlavní náplní pro zemědělské bioplynové stanice je kombinace kukuřice a kejdy. Naopak komunální bioplynové stanice využívají biologický odpad jako zbytky ovoce, trávy, masa apod. Největší rozvoj bioplynových stanic nastává v posledních letech. Na rozdíl od prvních zemědělských stanic z 80.let 20.století už nejsou zaměřené hlavně na zpracování kejdy, ale na společné využití cíleně pěstované biomasy, například kukuřice smíchané s kejdou a hnojem. (Anonymus 15)

Celoroční provoz bioplynových stanic vyžaduje kontinuální zásobování fermentoru organickou hmotou. Z tohoto důvodu je nutné vstupní rostlinnou surovinu konzervovat. Nejrozšířenějším způsobem konzervace je silážování a nejvhodnější plodinou pro tento způsob uchování biomasy je kukuřice. Tato plodina se vyznačuje i dalšími přednostmi, pro které je v současnosti k výrobě bioplynu nejvíce využívána. Jedná se zejména o vysoký výnos biomasy z jednotky plochy, velmi dobrý výtěžek bioplynu z 1 kg sušiny, propracovanou pěstební a konzervační technologií a výbornou silážovatelností. (Fuksa, Hakl, 2009)

Tab. č. 6: Rozdíl hybridů

Hybrid	Užití	Podíl jednotlivých částí kukuřice na výnose v %			
		zrno	listy	vřeteno	stonek
Gavott	Siláž dojnice FAO 270	50	10	13	26
Mikado	Siláž bioplyn FAO 300	35	16	16	32
Doge	Siláž bioplyn FAO 700 Itálie	23	20	17	39

Zdroj: (Anonymus 16)

Hlavní rozdíl hybridu pro bioplyn oproti kukuřici pro skot je větší podíl stonků a listů a naopak nižší 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 výnose 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 3-8mm, ale současně musí být rostlina zelená, aby byla „stravitelná“ co největším výtěžkem bioplynu.

V SRN je pěstováno cca 300 000ha kukuřice na bioplyn a podíl hybridů KWS je okolo 50%. Při výnosu 20 tun sušiny (60 t hmoty/ha) u speciálního hybridu KWS Atletico je výtěžek v přepočtu 20 000 kWh na 1 ha, což odpovídá hrubým tržbám přes 80 000 Kč/ha.

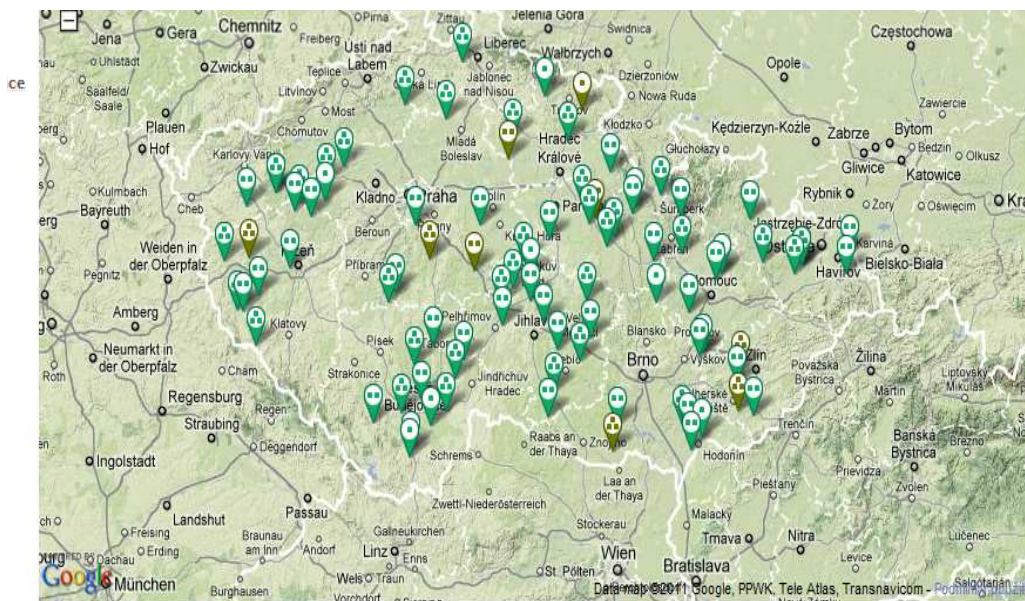
Vysokou kvalitu hybridu Atletico na bioplyn doplnil i doc. Diviš z pokusů z JČU v Českých Budějovicích, kdy hybrid Atletico vyprodukoval o zhruba 20% více bioplynu než konkurenční hybridy určené na siláž skotu.

Přehled hybridů KWS ověřených a vyšlechtěných na bioplyn – Atletico (FAO 280), KWS 5133 Eco (FAO 250), Cingaro (FAO 230), Touran (FAO 260), KWS 1393 (FAO 390), Kovadis (FAO 410). (Anonymus 16)

Mezi nejobvyklejší způsoby využití bioplynu patří :

- přímé spalování a ohřev teplotnosného média (vaření, topení, svícení, chlazení, sušení, ohřev užitkové vody),
- výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média (kogenerace),
- pohon spalovacích motorů nebo turbín pro získání mechanické energie (pohon mobilních energetických prostředků),
- neenergetické využití bioplynu (úprava atmosféry v zakrytých pěstebních prostorách, chemická výroba sekundárních produktů z bioplynu). (Bufka, 2009)

Obr. č. 2: Mapa bioplynových stanic



legenda	
<input checked="" type="checkbox"/> Bioplynové stanice KOMUNÁLNÍ	nad 550 kW do 550 kW do 250 kW
<input checked="" type="checkbox"/> Bioplynové stanice ZEMĚDĚLSKÉ	nad 550 kW do 550 kW do 250 kW
<input checked="" type="checkbox"/> Bioplynové stanice OSTATNÍ	nad 550 kW do 550 kW do 250 kW
<input type="checkbox"/> Bioplynové stanice ve výstavbě	
Akce	Dodavatelské firmy
Pobočky bank	Dodavatelé kogeneračních jednotek
Poradenské firmy	Dodavatelé fermentorů
Vzdělávací instituce	Poptávka po digestátu

Zdroj: CZ Biom (Anonymus 17)

2.4.2.2 Alkoholové kvašení

Etanol vzniká alkoholovým kvašením cukrů. Výchozími surovinami jsou produkty obsahující cukr, škrob příp. celulózu. Teoreticky je možno vyrobit z 1kg cukru 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však výtěžnost 90-95%, protože vedle etanolu se tvoří vedlejší produkty jako např. glycerin. Fermentace cukrů probíhá v mokřém prostředí, vzniklý alkohol je nakonec oddělován destilací. Etanol je vysoce hodnotné palivo pro spalovací motory. Jeho předností je ekologická čistota a antidetonační schopnosti. (Moudrý, Stražil, 1999)

Má vysokou výhřevnost (27 MJ/kg) a je možné jej s dobrou účinností spalovat v plynových turbínách či kotlích. Ve světě je bioetanol používán jako motorové palivo většinou ve formě nízkopodílové složky benzínové směsi.

Spaliny lihu neobsahují popel a síru a mají oproti benzínu nižší podíl oxidu uhličitého a oxidů dusíku. (Vráblíková, 2000)

Nedostatkem etanolu jako paliva pro motory je jeho schopnost vázat vodu a působit tím korozi motoru, což je možné eliminovat přidáním antikorozních přípravků. V mnoha zemích (Brazílie, USA) se prodává motorové palivo jako směs benzínu a etanolu. Ve směsi s benzínem při 5% etanolu je možné pohonnou směs spalovat bez zvláštních úprav motoru. (Moudrý, Stražil, 1999)

Používání lihu jako základu pohonné směsi by vyžadovalo speciální konstrukční úpravu, což je zatím výraznou překážkou bránící většímu rozšíření bioetanolu, nepočítáme-li jeho využití v určitém uzavřeném vozovém parku jak již tomu je např. v prostředcích městské hromadné dopravy v některých západoevropských městech. (Vráblíková, 2000)

V ČR je do benzínu přimícháván MTBE (metyl-terc-butyl-eter). Roční dovoz metanolu (suroviny pro jeho výrobu) činí kolem 35 000 tun. MTBE lze nahradit ve složení benzínu ETBE (etyl-terc-butyl-eter). Lihovary v ČR mají v současné době kapacitu na výrobu 900 000 hl kvasného lihu za rok. Současná roční výroba lihu je kolem 600 000 hl. Při schválení náhrady MTBE v benzínech ETBE by mohly naše lihovary využívat plně svoji kapacitu. K výrobě etanolu se dá používat široký sortiment plodin. (Moudrý, Stražil, 1999)

Na našem území se zemědělský líc využíval jako palivo v první i druhé světové válce z nedostatku pohonných hmot. V r. 1932 byl u nás přijat zákon, který stanovil závazný 20% podíl lihu v benzínové pohonné směsi. Roční výroba etanolu poté přesáhla hranici 1 mil. hla (hektolitrů absolutního lihu), které byly ze 60% spotřebovány v palivech. Pro srovnání dnešní výroba lihu činí asi 600 tis. hla. Po druhé světové válce byla tato strategie opuštěna a donedávna se o kvasném lihu jako palivu až do devadesátých let vůbec neuvažovalo. (Vráblíková, 2000)

Záměry na využití bioetanolu jsou mimo jiné podchyceny v Zákoně č.61/1997 Sb. o lihu. Byl schválen „Bioetanolový program“, který předpokládá

využití půdy, která v současnosti neslouží pro potravinářskou produkci. Jako suroviny pro bioetanol byly doporučeny cukrovka a obilí (odrůdy pšenice a triticales s vyšším podílem škrobu). (Vráblíková, 2000)

V klimatických podmínkách střední Evropy jsou hlavní obnovitelné suroviny pro výrobu bioetanolu obiloviny, řepa a brambory. Mezi obiloviny – žito, pšenici, ječmen – lze ještě zařadit kukuřici, pěstovanou v menším množství v jižních oblastech. Možné je i zpracování čiroku, topinambur a čekanky pro tyto účely.

Obilí má vysoký obsah sušiny a je dlouhodobě dobře skladovatelné, jako sypký materiál se dobře dopravuje. Nejprve se vypere vodou a potom se sešrotuje, nebo se mele na mouku, je možné pracovat i bez této dispergace. Vnese se do pařáku, kde se pod tlakem rozvří. Tato operace trvá 1 až 2 hodiny postupně do tlaku 4 bar dle jednotlivých druhů obilovin. Potom se přidá ječný slad, kterým se škrob obsažený v obilí rozštěpí amylásami ze sladu na jednoduché cukry a želatinuje. Tento zátokas se pak převede do hlavní kvasné kádě k vlastní fermentaci.

Kukuřice má obdobně jako obilí vysoký obsah sušiny a je dobře skladovatelná. Patří sem celá zrna v okyselené vodě stejným postupem jako obilí.

Cukrovka a krmná řepa – řepa má omezenou skladovatelnost. Dříve se zpracovávala přímo v tzv. zemědělských lihovarech. Ty byly vybaveny buď extrakcí jako cukrovary nebo používaly paření, jak je popsáno u brambor a obilí. Vypraná řepa se rozřezala na řízky a v nádobách podobných Robertovým difuzerům se okyselenou vodou získával roztok, který se potom zkvašoval. Při paření se na rozdrcenou řepu v okyselené vodě působilo párou o tlaku max. 2 bar celkem asi 1 hodinu. Roztok obsahující hydrolyzovaný škrob se doplnil živinami a dopravoval se do hlavní kvasné nádoby k fermentaci

K přímému zpracování cukrovky pro fermentaci na bioetanol se nyní nabízejí nové jednodušší způsoby:

- *elektroporace*, kdy se na celé řepné bulvy působí silným elektrickým polem, čímž dojde k destrukci buněk. Následným rozmísením tohoto materiálu

vodou s teplotou do 60°C lze získat substrát vhodný nejen pro přímou fermentaci sacharosy kvasinkami na etanol a též pro štěpení celulosy řepné dřeň enzymy na glukosu, která je fermentovatelná

- *přímé rozmělnění řepných bulev tlakovým paprskem vody* (toto zařízení se v průmyslu běžně používá pro čištění odparek, trubek zahřívačů od inkrustací, k čištění potrubí apod.). Získaný substrát se zpracuje dále biochemicky, jak je uvedeno výše.

Optimálním řešením pro zpracování cukrovky na etanol je kombinát cukrovar – lihovar. Takový komplex umožňuje řídit poměrnou výrobu cukru a lihu podle poptávky a cenách obou výrobků na trhu. Maximálně se využije logistika, pomocné provozy a především tepelně-energetický systém. Dokladem takového účelné „symbiozy“ jsou úspěšně pracující kombináty cukrovar-lihovar v Brazílii a v Evropě ve Francii.

Brambory se pro průmyslovou výrobu bioetanolu v Evropě nyní velmi málo užívají. Dříve u nás bylo v provozu mnoho malých zemědělských lihovarů, po válce vyráběly 85% z celkové produkce lihu. Tyto závody pracovaly pařením, které trvalo asi 1 hodinu při tlaku 3 bar, pak následovalo enzymatické štěpení – želatinace získaného substrátu – škrobu amylázami obsaženými v přidaném ječném sladu.

Další suroviny, které se zatím pro výrobu bioetanolu nepoužívají, ale jsou svým složením pro fermentaci vhodné - čirok, topinambur, čekanka aj.. (Číž, 2011)

2.4.3 Chemická přeměna biomasy

2.4.3.1 Esterifikace

Bionafta nebo biodiesel je směs esterů a motorové nafty. Podle druhu materiálu, z kterého byly získány, se používají v literatuře označení např. MEŘO – metylester řepkového oleje, MESO – metylester slunečnicového oleje, MEUO – metylester upotřebeného oleje atd.

Nejčastěji využívané suroviny pro její výrobu jsou :

- v Evropě : řepka, slunečnice, použité tuky, živočišné tuky,
- v Severní Americe : sója, řepka, slunečnice, použité tuky,
- ve Východní Asii : palmový olej, použité tuky, řepka.

V České republice v roce 1992 v rámci tzv. „oleoprogramu“ byly zahájeny experimenty v provozním měřítku s výrobou metylesteru kyselin řepkového oleje jako biologicky odbouratelné náhrady motorových paliv. Projekt vychází z předpokladu, že 8-9% orné půdy lze použít pro pěstování řepky olejné. Při výnosu 3 t.ha⁻¹ lze získat minimálně 1 t bionafty z 1 ha řepky. (Vráblíková, 2000)

Tab. č. 7: Energetický obsah upravených produktů z řepky při výnosu semene 3 t.ha⁻¹

	Produkce z 1 ha (t)	Jednotkový energetický obsah (GJ)	Produkce energie celkem (GJ.ha ⁻¹)
bionafta	1	38,9	38,9
tukové pokrutiny	1,9	17,3	32,9
sláma	4,7	13,8	64,9
celkem	7,6	18	136,7

Zdroj: (Vráblíková, 2000)

Metylester kyselin řepkového oleje (bionafta) se liší chemicky od ropných produktů, avšak má podobnou hustotu, viskozitu, výhřevnost a průběh spalování jako motorová nafta. To znamená, že při použití bionafty ve vznětových motorech není třeba žádných konstrukčních změn. Navíc se dá bionafta neomezeně mísit s motorovou naftou. Spotřeba bionafty je přibližně o 15% vyšší než nafty motorové. Bionafta ve srovnání s motorovou naftou nezatěžuje životní prostředí. Bionafta se během tří týdnů biologicky odbourává z 90%, běžná motorová nafta jen asi z 10%. Bionafta má lepší parametry v emisích CO, SO₂, kouřivosti a má sedmdesátkrát méně oxidů síry. Pouze mírně vyšší jsou emise NO_x. Výfukové plyny z bionafty mají výraznější charakteristický zápach oproti motorové naftě. Mají však nižší obsah polycyklických aromátů. (Vráblíková, 2000; Moudrý, Stražil, 1999)

Bionafta nevyžaduje žádné zvláštní podmínky pro uskladnění. Čistá bionafta není toxická, je biologicky odbouratelná a neobsahuje žádné aromatické látky ani síru. Největším světovým výrobcem bionafty je Francie, která ji používá i jako topný olej. (Vráblíková, 2000)

Energetická bilance při pěstování řepkového oleje vyznívá velmi příznivě : energetický vstup pro řepku včetně agrotechniky a zpracování na olej činí 17,6 GJ.ha-1, zatímco výstup 46,6 GJ.ha-1, což je 2,65 násobný zisk energie z jednoho hektaru. Vezme-li se však do bilance energetický obsah vedlejších produktů (např. slámy, šrotu, glycerínu apod.), pak podle údajů výzkumníků francouzského ústavu SOFIPROTEOL stoupne energetický zisk až 6 krát. Z 1 ha můžeme v našich poměrech získat až 1000 kg surového oleje po technologickém zpracování řepkového semene. (Vráblíková, 2000)

V České republice je v současnosti 16 výroben řepkových metylesterů, které jsou schopny (3 směnný provoz, 330 dní v roce) vyrobit cca 150 000 t řepkových metylesterů. Z toho je 14-ti výrobnám, 13-ti podnikatelských subjektů u Státního zemědělského intervenčního fondu udělena licence na výrobu standardizovaných řepkových metylesterů.

70% výrobní kapacity je soustředěno ve třech zpracovatelských závodech :

- Setuza, a.s., závod Olomouc (39 000 t),
- Setuza, a.s., závod Mydlovary (13 000 t),
- Agropodnik, a.s. Jihlava – Dobronín (55 000 t),
- ostatní výroby s kapacitou od 2 000 do 20 000 t/rok.

(Součková, Moudrý, 2006)

3. MATERIÁL A METODY

3.1. Sběr a sumarizace dat

Sběr a sumarizace dat s využitím databází (Českého statistického úřadu, Ministerstva zemědělství, Ministerstva životního prostředí, Ministerstva průmyslu a obchodu, Lesy české republiky s.p., Agrární komora České republiky), odborná literatura (Perspektivy pěstování plodin pro nepotravinářské účely, Úvod do agroenergetiky, Pěstování alternativních plodin, Rádce pro začínající pěstitele plantáží rychle rostoucích topolů, Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin, Obnovitelné zdroje energie – Fytopaliva, aj.), přehledy a webové stránky (www.biom.cz, www.calla.cz, www.wikipedia.cz, www.krasec.cz, www.eccb.cz, www.vurv.cz, www.kraj-jihocesky.cz, aj.).

3.2. Analýza a vyhodnocení veškerých dat

Údaje zjištěné z výše uvedených zdrojů byly sumarizovány, porovnávány a hodnoceny.

3.3. Dotazníkové šetření

1) Příprava dotazníkového šetření – bylo připraveno 10 dotazníků pro 3 okruhy respondentů. A to PRODUCENTI, ZPRACOVATELÉ a UŽIVATELÉ biomasy.

2) Zpracování dotazníku – diskuse s experty, odsouhlasení si formulace otázek.

3) Předprůzkum – srozumitelnost otázek je dobrá, ale bylo by lepší větší množství informací

4) Volba výběrového souboru respondentů – Producenti – Agrární komora České republiky – zemědělci, Zpracovatelé – Ministerstvo průmyslu a obchodu, Uživatelé – okolí známých.

5) Určení rozsahu šetření – co producenti pěstují, co zpracovatelé vyrábí, co uživatelé používají a znají

6) Způsob šetření – elektronicky-poštou – nikdo z 20-ti oslovených nereagoval, proto bylo šetření prováděno telefonicky

7) Sumarizace dat – tabulka MS Excel

8) Vyhodnocení

- Producenti (lesy, zemědělci) -10 dotázaných zemědělských družstev,
- Zpracovatelé – 10 dotázaných výrobců pelet, briket,
- Uživatelé – 10 dotázaných osob z mého okolí.

9) Závěry z dotazníkového šetření

Na základě telefonického šetření bylo zjišťováno :

- od producentů, jakou formou pěstování biomasy se zabývají,
- u zpracovatelů, jaké formy biomasy a jakým způsobem zpracovávají,
- u uživatelů, jaký druh paliva používají a důvod použití

4. VÝSLEDKY A DISKUSE

4.1 Rozdělení fytohmoty z hlediska dostupnosti a způsobu využití v Jihočeském kraji

4.1.1 Rychlerostoucí dřeviny a energetické plodiny

Jako energetickou biomasu lze pěstovat rychlerostoucí dřeviny a energetické plodiny. Rychlerostoucí dřeviny představují nejperspektivnější zdroj energie. Produkce těchto dřevin představuje 15 – 18 t/ha sušiny za rok, při vědomí všech provozních specifik je možné kalkulovat s přibližnou roční produkcí okolo 10 t/ha (ověřeno v provozních podmínkách, například v Neznašově u Týna nad Vltavou). (Neuwirtová, et al., 2010)

4.1.2 Biomasa v Jihočeském kraji - výroba elektřiny

5 provozovatelů: AES Sezimovo Ústí, Teplárna Písek, Komterm Písek, Teplárna Trhové Sviny, Energetické centrum Jindřichův Hradec. Hrubá výroba elektřiny cca 16,5 Gwh (celá ČR cca 1200 Gwh), spotřeba paliva přes 50 tis. tun. (Bufka, 2009)

Jako rychlerostoucí energetické plodiny se obvykle označují byliny pěstované na orné půdě se záměrem získat energeticky využitelnou biomasu. Patří spolu s předchozími rychlerostoucími dřevinami mezi velmi perspektivní záležitosti, jejich většímu rozšíření dosud brání především určitý konzervatismus zemědělců a odbytová nejistota.

Rozdělení je možné i podle následujících skupin:

- rychlerostoucí rostliny – energetický šťovík
- plodiny cukerné – cukrová řepa, čirok
- plodiny škrobové – kukuřice, pšenice, ječmen, ...
- plodiny olejnaté – řepka, slunečnice, ...

V rámci Jihočeského kraje je možné pěstovat (vzhledem ke klimatickým podmínkám) skupinu 1, velmi omezeně cukrovku ze skupiny 2, s výjimkou kukuřice bezpečně obiloviny ze skupiny 3 a ze skupiny 4 řepku. Půdní podmínky zde nejsou nejpříznivější, a představují výrazný limitní faktor pro zemědělsky pěstovanou biomasu. Důvodem je celkově nižší půdní úrodnost, nežli jaká je například na severním okraji Panonie, v Polabí či moravských úvalech.

Co se týče rychle rostoucích dřevin je potřebné upozornit na nebezpečí, které bývá opomíjeno, a totiž značné vyčerpání půdy. Tyto rostliny pro své metabolické pochody silně odčerpávají zásobu živin z dostupného prostředí a mění je na dřevní hmotu, se kterou se následně dostávají do popela. Pokud by byl popel navrácen (nikoli však pouze samotný) na stanoviště, bylo by riziko degradace půdy relativně nízké. Ve skutečnosti tomu tak však není, což se na plantážích viditelně projevuje. Ani energetické plodiny nerostou pouze z půdy, ale vyžadují (často velmi intenzivní) hnojení.

To je opět vinou stále se snižujících stavů zemědělských zvířat nedostačující a vzniklý deficit se projevuje na snižování výnosů. Hnojení umělými hnojivy je pouze pomocné a představuje jiná rizika, odhlédnout od finanční náročnosti. Půdy Jihočeského kraje jsou navíc velmi chudé vápníkem (tedy velmi kyselé), a pro mnoho plodin je nezbytné dotovat tento prvek. To je rovněž nákladné a nezůstává bez vlivu na životní prostředí. Proto lze obecně říci, že využití zemědělské půdy ve formě travní hmoty (pro kompostování nebo kvasné procesy) či sena, případně zbytkové slámy, je nejefektivnější a představuje také nejmenší rizika pro životní prostředí. Nelze totiž dopustit, aby se přínos na straně jedné kompenzoval zhoršením jiné složky životního prostředí. (Neuwirtová, et al., 2010)

Z bilancí dostupné biomasy v Jihočeském kraji vyplývá, že na tomto území je možná roční produkce cca 1135 tun biomasy. Bilancovanou biomasu lze získávat z orné půdy, zahrad a sadů, luk, lesní biomasy a ostatních ploch. Potenciál dostupné biomasy byl stanoven s respektováním potřeb rostlinné a živočišné výroby. (Neuwirtová, et al., 2010)

Podle statistiky Ministerstva průmyslu a obchodu činí v současnosti podíl obnovitelných zdrojů na primárních energetických zdrojích asi 4,5%. V Jihočeském kraji se nachází asi 180 malých vodních elektráren, v provozu je přes 200 solárních systémů a více než 800 tepelných čerpadel. Nejvíce využívaným obnovitelným zdrojem v České republice i na jihu Čech je biomasa. Větší instalace zařízení pro spalování biomasy pro výrobu tepla, tedy kotle nad 200 kW, jsou v Jihočeském kraji v provozu asi ve 250 subjektech. V největší míře spalují štěpky a dřevní odpad, dále pak palivové dřevo, rostlinné materiály a pelety. (Seifertová, 2011)

4.2 Současný stav produkce, zpracování a využití odpadní a cíleně pěstované fytohmoty pro energetické účely v ČR – ve srovnání s EU a v Jihočeském kraji detailněji.

Ze získaných údajů vyplývá, že v České republice se k výrobě elektrické energie a tepla nejvíce využíván zemní plyn 53%, biomasa 18% a elektřina 15%, další zdroje jsou zanedbatelné.

Z celkového množství elektrické energie vytvořené z obnovitelných zdrojů energie tvoří 72,5% vodní elektrárny, 20,8% spalování biomasy, 5% bioplyn a 2% větrné elektrárny, spalování komunálních odpadů a fotovoltaika.

Na základě dat bylo zjištěno, že v roce 2009 byla spotřeba palivového dřeva v domácnostech okolo 3 345 303 tun. Spotřeba rostlinných pelet byla 120 000 tun, dřevěných pelet 28 000 tun, dřevěných briket 63 000 tun a rostlinných briket 1 000 tun. V roce 2009 bylo vyvezeno 635 000 tun dřevní biomasy vhodné k energetickým účelům. To je o 12% méně než v roce 2008. Oproti tomu vzrostl dovoz o 76% (dřevěné brikety a pelety – Ukrajina a Slovensko).

V roce 2009 bylo spotřebováno 1 613 216 tun dřevního odpadu, štěpky, pilin atd., palivové dřevo 30 861 tun, rostlinné materiály 94 861 tun, brikety a pelety 120 672 tun, celulózní výluhy 1 051 130 tun a ostatní biomasa 7 986 tun.

4.2.1 Základní bilance dřevěných pelet (tis. tun)

Tab. č. 8: Dřevěné pelety

	Produkce	Dovoz	Vývoz	Dodávka na tuzemský trh vč. zásob
2003	4	0	3	1
2004	11	0	9	2
2005	16	0	12	4
2006	27	0	20	7
2007	60	0	46	14
2008	135	0	112	23
2009	158	4	134	28

Zdroj: (Bufka, 2010)

Vývoj v oblasti využívání pelet je pozitivní. V roce 2009 bylo vyrobeno zhruba 158 tisíc tun dřevěných pelet, z toho vývoz činil 134 tisíc tun, dovoz přesáhl 4 tisíce tun. Tuzemská spotřeba se tak pohybuje okolo 30 tisíc tun. Spotřeba dřevěných pelet stabilně roste především v sektoru domácností. (Bufka, 2010)

4.2.2 Základní bilance rostlinných pelet (tis. tun)

Tab. č. 9: Rostlinné pelety

	Produkce	Dovoz	Vývoz	Dodávka na tuzemský trh vč. zásob
2003	-	-	-	-
2004	1	0	0	1
2005	7	0	0	7
2006	26	0	0	26
2007	40	2	0	42
2008	60	2	0	62
2009	110	10	0	120

Zdroj: (Bufka, 2010)

V současné době je evidováno více jak 100 výrobců rostlinných pelet. Lze odhadovat, že výrobní kapacita zařízení dosáhla ke konci roku 2009 necelých 200 tis.

tun/rok. Vyrobeno bylo cca 110 tis. tun rostlinných pelet a dovezeno bylo nejméně 10 tis. tun. Vývoz činil nejméně 400 tun. Prakticky veškerá spotřeba je realizována v sektoru velké energetiky – 115 tis. tun. (Bufka, 2010)

4.2.3 Základní bilance dřevěných briket (tis. tun)

Tab. č. 10: Dřevěné brikety

	Produkce	Dovoz	Vývoz	Dodávka na tuzemský trh vč. zásob
2003	90	0	65	25
2004	110	1	82	29
2005	103	1	80	24
2006	111	3	82	32
2007	113	6	67	52
2008	96	8	69	35
2009	106	22	65	63

Zdroj: (Bufka, 2010)

Spotřeba dřevěných briket je ovlivněna především jejich prodejní cenou. Pro toto palivo je zde vysoká konkurence německých uhelných briket. Tuzemští výrobci jsou omezeni kapacitou a cenou vstupní suroviny, proto rostou dovozy.

Dřevěných briket se v roce 2009 dovezlo okolo 22 tisíc tun. Novinkou na trhu jsou zvýšené dodávky ukrajinských briket (většinou kvalitní brikety typu (Pini & Key) – jenom v prvním čtvrtletí roku 2010 se jich dovezlo 4 tisíce tun při průměrné dovozní ceně 2,8 Kč/kg (FCO hranice). Ze Slovenska se dovážení brikety RUF. Z bilance je zřejmý nárůst spotřeby briket v roce 2010. (Bufka, 2010)

4.2.4 Základní bilance rostlinných briket (tis. tun)

Tab. č. 11: Rostlinné brikety

	Produkce	Dovoz	Vývoz	Dodávka na tuzemský trh vč. zásob
2003	-	-	-	-
2004	-	-	-	-
2005	-	-	-	-
2006	-	-	-	-
2007	-	-	-	-
2008	-	-	-	-
2009	1	0	0	1

Zdroj: (Bufka, 2010)

O produkci rostlinných briket se již několik let snaží řada výrobců, mnohdy malých soukromníků. Jako vstupní surovina se dříve využíval šťovík, konopí, dnes spíše sláma klasických obilnin a olejnin. Část produkce se již spaluje ve velkých zdrojích (vykazováno pro zjednodušení v kategorii pelety).

Ve větší míře jsou rostlinné brikety nabízeny v maloobchodě až od roku 2009. V té době se na trhu objevují též první dovozové (slunečnicové) brikety z Ukrajiny. Tento dovoz však v současné době nelze statisticky podchytit. Celkově je však tuzemská spotřeba, vzhledem ke konkurenčním dřevěným briketám, v současné době nevýznamná.

O vývoji do budoucna rozhodne cena, mechanické (rozpadovost) a energetické vlastnosti (popelnatost, průběh spalování). (Bufka, 2010)

4.3 Rozdělení potenciálně a reálně využívaných zdrojů odpadní a cíleně pěstované fytomasy

Evropská komise požaduje, aby Unie jako celek do roku 2020 zajišťovala pětinu své spotřeby energie z obnovitelných zdrojů. Podíl jednotlivých členských států je různý – v případě ČR činí 13%. Podle některých odborníků však můžeme v

roce 2020 z obnovitelných zdrojů vyrábět minimálně 177 PJ (petejoulů – 1 PJ = 1015 joulů), tedy asi 16% současné spotřeby.

Podíl jednotlivých druhů obnovitelných zdrojů by pak mohl být v roce 2020 následující : vodní energie – 8,8 PJ, větrná energie – 9,3 PJ, sluneční energie – 5,8 PJ, bioplyn – 14,6 PJ, biomasa – 94,0 PJ, biologicky rozložitelný odpad – 4,1 PJ, geotermální energie – 12,3 PJ, biopaliva – 28,6 PJ. (Anonymus 14)

V poslední době se začíná doporučovat i pěstování tzv. sloní trávy – *Miscanthu*. Je to statná, vysoká a vytrvalá tráva (údajně až 15-20 let), která má poskytovat vysoké výnosy biomasy. Naše první zkušenosti – od r. 1990 nebyly ale příznivé, proto jsme se jí dále nevěnovali. *Miscanthus* trpí v prvním roce vymrzáním a v průběhu vegetace jsou třeba pravidelné vydatnější srážky, aby byl získán dostatečně vysoký výnos. V současné době je snaha tuto plodinu u nás přece jenom rozšířit a to i přesto, že je její předpokládaný úspěch založen zatím jen na výsledcích z pokusných ploch a na provozních plochách jsou zkušenosti jen z krátkodobého pěstování. Náklady na sadbu *Miscanthu* na 1 ha jsou v podstatě obdobné, jako při zakládání plantáže rychle rostoucích dřevin. (Petříková, 2011)

Vedle vysokých nákladů má pěstování těchto „drahých“ energetických rostlin i další nevýhody :

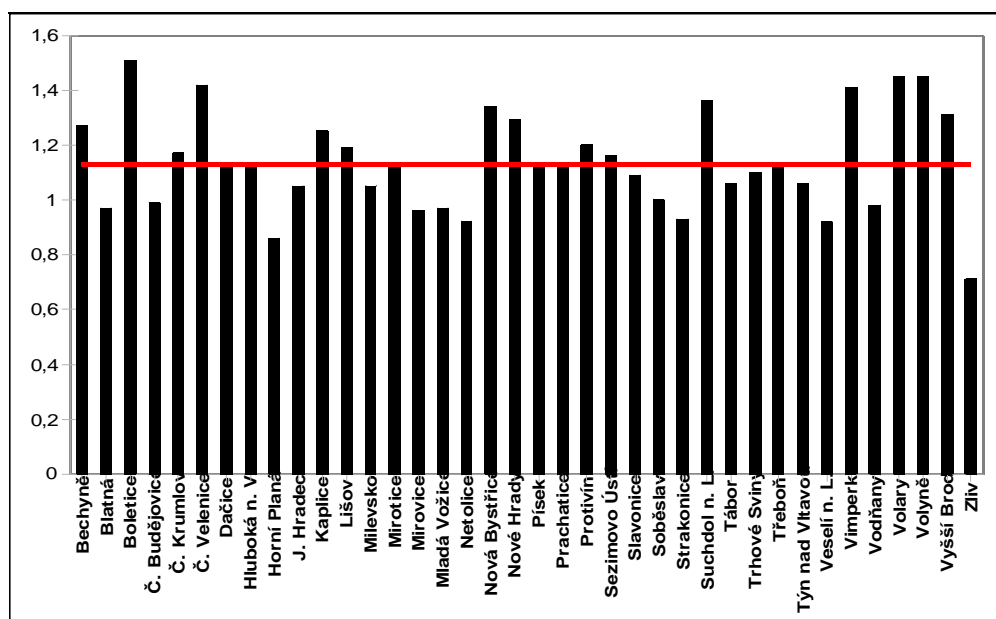
1. mají oproti zmíněným PEP opožděnou produkci, v případě RRD přibližně po 5 letech od založení kultury (a po této sklizni je nutné zase čekat dalších 5 let na druhou sklizeň), *Miscanthus* poskytuje plnou produkci nejdříve od 3. roku vegetace.
2. RRD i *Miscanthus* se zakládají vysazováním, což bývá obvykle řádově nákladnější, než jednoduché setí polních plodin.

Tab. č. 12: Rozdíl v nákladech na osivo/sadbu

Cena osiva/sadby na založení porostů energetických rostlin a termín první produkce					
rostliny	Osivo Kč/kg	Sadba Kč/kus	Potřeba/ha	Celkem Kč/ ha	První sklizeň
setí					
Lesknice rákosovitá	150	-	20 – 25 kg	3.000 – 3.750	Od (1.) 2. roku
Sveřep bezbranný	30 - 35	-	40 – 50 kg	1.200 – 1.750	Od 2. roku
<i>Rumex</i> OK 2	400 - 500	-	10 kg	4.000 – 5.000	Od 2. roku
výsadba					
<i>Miscanthus</i>	-	cca 4 - 10	10 tis. kusů	40 – 100 tis.	Od (2.)3. roku
RRD (dřeviny)	-	cca 5 - 10	10 tis. kusů	50 – 100 tis.	Od (3.)5. roku

Zdroj: (Petříková, 2011)

Obr. č. 3: Potenciál disponibilní biomasy v obcích s rozšířenou působností v Jihočeském kraji



Zdroj: (Neuwirtová, et al., 2010)

Z provedených výpočtů je zřejmé, že z hlediska kraje je nejefektivnější využití pro biomasu s ohledem na její přepočtení ve vztahu k ploše území obce s rozšířenou působností Bechyně, Boletice, Český Krumlov, České Velenice, Kaplice, Lišov, Nová Bystřice, Nové Hrady, Protivín, Sezimovo Ústí, Suchdol nad Lužnicí, Vimperk, Volary, Volyně a Vyšší Brod (Neuwirtová, et al., 2010).

4.4 Přehled zdrojů energeticky využitelné fytohmoty v JČK

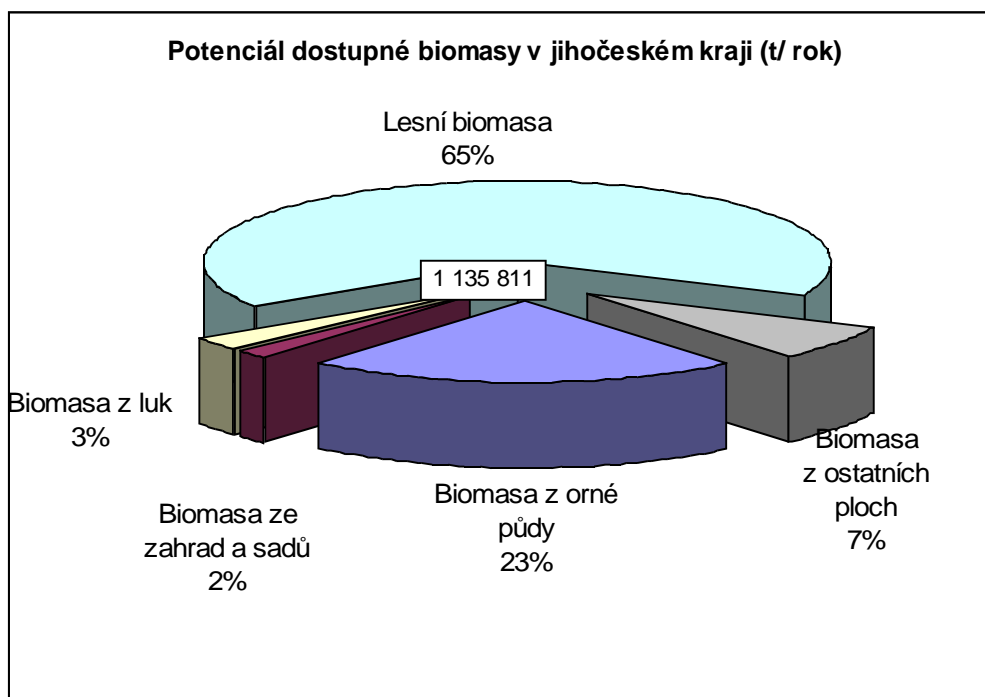
Pokud se srovnají všechny (významnější) zdroje biomasy na území Jihočeského kraje, vznikne sumární tabulka :

Tab. č. 13: Celková bilance dostupné biomasy v Jihočeském kraji

O. s r. p.	Biomasa z orné půdy v tunách	Biomasa ze zahrad a sadů v tunách	Biomasa z travních porostů v tunách	Biomasa z lesních porostů v tunách	Biomasa z ostatních ploch v tunách	Biomasa v tunách celkem
Blatná	10 008	516	569	63818	1 950	76861
České Budějovice	29 180,8	490	3218	46732	7 778	87 398,8
Český Krumlov	9 571,2	1378	824	13740	15 841	41 354,2
Dačice	17896	1405	1061	24420	2 781	47563
Jindřichův Hradec	23 250,4	348	4948	105764	6 492	140 802,4
Kaplice	7 510,4	1086	1586	79334	3 829	93 345,4
Milevsko	13 344,8	710	2234	49626	2 166	68 080,8
Písek	24 922,4	1159	3712	23296	4 407	57 496,4
Prachatice	11 161,6	944	2320	53818	8 245	76 488,6
Soběslav	11 523,2	1896	1238	37172	2 137	53 966,2
Strakonice	20 840	619	2127	59500	4 509	87595
Tábor	35 424,8	2321	1050	69742	6 683	115 220,8
Trhové Sviny	11 752,8	2262	945	17938	2 508	35 405,8
Třeboň	9 774,4	568	2582	50488	3 650	67 062,4
Týn nad Vltavou	10072	614	2135	14388	2 197	29406
Vimperk	3 884,8	427	1128	29982	5 184	40 605,8
Vodňany	6464	679	506	8256	1 242	17147
Celkem	256					1135800
	581,6	17422	32183	748014	81599	

Zdroj: (Neuwirtová, et al., 2010)

Obr. č. 4: Potenciál dostupné biomasy v JčK (t/rok)



Zdroj: (Newirtová, et al., 2010)

Dostupnou biomasu lze dále rozdělit na biomasu lesní (748 tisíc t/rok) a ostatní biomasu z orné půdy, zahrad a sadů, luk a ostatních ploch (387 tisíc t/rok).

Z bilancí území Jihočeského kraje jednoznačně vyplývá možný využitelný potenciál biomasy, který však v současné době není v plné míře využíván.

Území Jihočeského kraje je rozčleněno podle obcí s rozšířenou působností. Každé z těchto území bylo samostatně zbilancováno a z obcí lze vybrat několik území s vysokou hodnotou potenciální biomasy. Bechyně, Boletice, Český Krumlov, České Velenice, Kaplice, Lišov, Nová Bystřice, Nové Hrady, Protivín, Sezimovo Ústí, Suchdol nad Lužnicí, Vimperk, Volary, Volyně a Vyšší Brod. (Newirtová, et al., 2010)

5. ZÁVĚR

Ze získaných údajů vyplývá, že v České republice se k výrobě elektrické energie a tepla nejvíce využíván zemní plyn 53%, biomasa 18% a elektřina 15%, další zdroje jsou zanedbatelné.

Z celkového množství elektrické energie vytvořené z obnovitelných zdrojů energie tvoří 72,5% vodní elektrárny, 20,8% spalování biomasy, 5% bioplyn a 2% větrné elektrárny, spalování komunálních odpadů a fotovoltaika.

Největší potenciál v České republice (výhledově rok 2020) jsou fytopaliva, a to :

- uvolněná zemědělská půda (polní dříví a energetické plodiny) = 6 mil. tun
- dřevo a kůra (odpady lesní těžby, dřevo-průmyslu a prořezávky) = 4 mil. tun
- 25-40% sklizně při výnosu 4-5 t/ha (sláma obilnin) = 3 mil. tun
- stavební, obalový a komunální odpad (dřevní šrot a obaly) = 2 mil. tun

Využití fytopaliv :

Řepkový olej pro MEŘO (metylester řepkového oleje) – náhrada za fosilní motorovou naftu. Má srovnatelnou výhřevnost, viskozitu, emise i cenu. V České republice se míchá 30% MEŘO s motorovou naftou, vzniká bionafta = ekologické palivo, které má slevu na spotřební dani. V České republice byl v roce 1992 schválený tzv. Oleoprogram, kdy bylo 8-9% orné půdy pro pěstování řepky při výnosu 3t/ha lze získat min. 1t bionafty z 1ha řepky. V České republice je 16 výroben MEŘO = 150 000 t řepkových metylesterů.

Etanol – vzniká kvašením cukrů. Kapalné palivo s poloviční výhřevností než má benzín a nafta, ale je možné ho vyrábět z jakékoliv organické hmoty obsahující cukry, škrob, glukozu nebo celulozu. V České republice je tzv. Bioetanolový program = využití půdy, která neslouží pro potravinářskou produkci – cukrovka a obilí pro bioetanol (odrůdy pšenice a triticales s vysokým podílem škrobu).

Bioplyn

Dnes je standardním způsobem výroby bioplynu průtokový (kontinuální) systém. K dalším základním typům patří zásobníkový (diskontinuální) systém a systém střídavých zásobníků. V České republice je nyní okolo 170 bioplynových stanic a v roce 2020 by měl tento počet vzrůst na 500 bioplynových stanic s celkovým výkonem 417 MWh elektřiny a tepla.

Odpadní a vedlejší produkty (sláma obilovin nebo řepky)

Sláma obilovin je dostupná a levná forma paliva, řepková sláma má stejnou výhřevnost jako hnědé uhlí a není pro ni jiné využití. Dřevní biomasa skýtá obrovský potenciál – zatím není ekonomicky rentabilní způsob vyklízení lesa.

Cíleně pěstované energetické rostliny v našich podmínkách

Jednoleté byliny – sláma obilnin (pšenice, ječmen, žito, triticales) nebo celé rostliny obilnin, řepková sláma, konopná sláma apod.

Vytrvalé byliny - Šťovík krmný, Ozdobnice čínská, Křídlatky, Chrastice rákosovitá, Konopí seté, Čiroky

Rychle rostoucí dřeviny – v našich podmínkách topoly a vrby – jejich vhodné klony pro konkrétní stanoviště a region = tyto faktory ovlivňují produkci dřevní hmoty. V Evropě se pěstuje přes 30 000 ha vrbových a topolových plantáží. V České republice je prozatím přes 250 ha topolových plantáží. Pro naše podmínky jsou vhodné topol černý (*Populus nigra L.*), topol balzámový (*Populus balsamifera L.*) a kříženci mezi topolem černým a bavlníkovým (*Populus x euroamerikana Dode Guinier.*). Pro zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin je možné využít veškerou půdu nevhodnou pro zemědělské účely – pěstování plodin pro potravinářské účely. Rychle rostoucí dřeviny jsou určeny zejména pro dřevní štěpku a palivové dříví.

Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno u producentů, zpracovatelů a uživatelů následující :

Producenti

Řepku pěstuje 8 zemědělských družstev na výměře 1650 ha, s odbytem problém nemají – jen už dále nesledují, na co je řepka určena. Odběratelé si pro řepku jezdí sami.

1 družstvo pěstuje kukuřici a čirok na 400ha pro vlastní bioplynovou stanici.

1 družstvo pěstuje japonské topoly na 14ha jako palivové dřevo.

Žádný z 9 dotázaných producentů neuvažuje o tom, že by mohl být zároveň zpracovatelem energetických plodin.

Zpracovatelé

Piliny a hobliny z měkkého dřeva zpracovává 8 z dotázaných zpracovatelů. Používají metodu lisování. 4 zpracovatelé lisují pelety průměru 6mm a 4 zpracovatelé lisují brikety a RUF. Všichni dotázaní zpracovatelé prodávají formou obchodu a webových stránek.

Další 2 dotázaní zpracovatelé lisují slámu pšenice a řepky na pelety a brikety o průměru 6-25mm. K prodeji využívají obchod a webové stránky.

Uživatelé

2 uživatelé topí pouze plynem, protože nemají jinou možnost (bytovka, panelák), 1 uživatel topí plynem, protože je to pohodlné. Další 3 uživatelé topí plynem v kombinaci s krbovou vložkou na dřevo, protože je to pohodlné a úsporné. 2 uživatelé topí kotlem na pelety, protože je to ekologické, cenově dostupné a pohodlné – automatická obsluha. 1 uživatel topí uhlím, protože je nejlevnější a 1 uživatel topí dřevem z vlastního polomu, protože je to ekologické a levné řešení. Všichni dotázaní znají v průměru všechny zdroje energie. Za ideální zdroje považují ekologické, dostupné a pohodlné zdroje energie. Alternativní zdroje energie využívají 2 dotázaní, a to: fotovoltaická elektrárna na RD + kotel na pelety a další má solární ohřev vody + kotel na pelety. Ostatní dotázaní nevyužívají alternativní zdroje z nedostatku financí na jejich realizaci a 2 z nich nemají jinou možnost.

V Jihočeském kraji je možná produkce biomasy 1135 tun z orné půdy, zahrad a sadů, luk, lesní biomasy a ostatních ploch. Podle statistik Ministerstva průmyslu a obchodu se jižní Čechy podílejí na výrobě energie z obnovitelných zdrojů 4,5%, a to: 180 malých vodních elektráren, 200 solárních systémů, 800 tepelných čerpadel, 250 kotlů na biomasu (větší instalace nad 200 kW) – spalování štěpky, dřevní odpad, palivové dřevo, rostlinný materiál a pelety.

Nejefektivnější pro pěstování biomasy v jižních Čechách jsou Bechyně, Boletice, Český Krumlov, České Velenice, Kaplice, Lišov, Nová Bystřice, Nové Hrady, Protivín, Sezimovo Ústí, Suchdol nad Lužnicí, Vimperk, Volary, Volyně a Vyšší Brod. Potenciál dostupné biomasy je z 65% lesní a 23% z orné půdy.

Spotřeba dřevěných pelet roste zejména v domácnostech – nyní okolo 30 000 tun, rostlinné pelety využívá sektor velké energetiky - 115 000 tun, dřevěné brikety z dovozu - 22 000 tun a rostlinné brikety zatím nelze statisticky podchytit.

Celková bilance dostupné biomasy v Jihočeském kraji, namátkou 3 města :

České Budějovice – 29.181t (orná půda) – 490t (zahrady a sady) – 3.218t (travní porosty) – 46.732t (lesní porosty) – 7.778t (ostatní plochy)

Český Krumlov – 9.571t (orná půda) – 1.378t (zahrady a sady) – 824t (travní porosty) – 13.740t (lesní porosty) – 15.841t (ostatní plochy)

Jindřichův Hradec – 23.250t (orná půda) – 348t (zahrady a sady) – 4.948t (travní porosty) – 105.764t (lesní porosty) – 6.492t (ostatní plochy)

Evropská unie požaduje, aby jako celek do roku 2020 zajišťovala 1/5 své spotřeby energií z obnovitelných zdrojů. Podíl členských států je různý – Česká republika se podílí 13%.

Podíl v České republice by měl v roce 2020 vypadat následovně :

vodní energie 8,8 PJ, větrná energie 9,3 PJ, sluneční energie 5,8 PJ, bioplyn 14,6 PJ, biomasa 94,0 PJ, biologicky rozložitelný odpad 4,1 PJ, geotermální energie 12,3 PJ a biopaliva 28,6 PJ.

V České republice je malá podpora pro pěstitele a zpracovatele energetických plodin a rychle rostoucích dřevin. Nyní se situace začíná zlepšovat, ale donedávna se veškerá biomasa odvážela za hranice ČR, kam se prodávala a pak se do ČR vracela zpátky v podobě briket, pelet atp.

Ideální by byla také podpora konečných uživatelů a jejich motivace, proč používat ekologické palivo. Důležitá především osvěta a přesvědčení lidí, proč by měli uvažovat ekologickým způsobem, ať už jde o vytápění, třídění odpadů, nebo o bionaftu.

U nás bohužel stále platí rovnice, co je ekologické to je drahé. Je třeba se posunout o kus dopředu a tuto rovnici jednou pro vždy vymazat.

6. LITERATURA

1. ADAMOVSKEÝ, R.; SVOBODA, A.. *Ekologické aspekty využití a výroby energie v zemědělství. Sborník vědeckého semináře*. ČZU. Praha : 1996. 120 s. ISBN 80-213-0272-0
2. BUFKA A.. *Současný stav ve využívání biomasy v Jihočeském kraji a v ČR. III. Krajské fórum na podporu Akčního plánu EU Biomasa, ECČB*. České Budějovice : 2009. 22 s.
3. CELJAK, I.; BOHÁČ, J.; KOHOUT, P.. *Rádce pro začínající pěstitele plantáží rychle rostoucích topolů*. ZFJČU. České Budějovice : 2007. 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2
4. DYKYJOVÁ, D., et al.. *Metody studia ekosystémů*. Academia. Praha : 1989
5. GADUŠ, J., ŠÁGROVÁ, S. (2005) : *Possibilites of biomass co-fermentation*. In: SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J. (ed.). *Využití fytomasy pro energetické účely*. In: *Sborník vědeckých publikací z mezinárodního semináře „Nepotravinářské využití fytomasy“*. ZFJČU. České Budějovice : 2005. 123 s. ISBN 80-7040-833-2
6. HAVLÍČKOVÁ, K., et al.. *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin*. ZFJČU. České Budějovice : 2007. 92 s. ISBN 978-80-7040-948-0
7. HAVLÍČKOVÁ, K., et al.. *Rostlinná biomasa jako zdroj energie*. VÚKOZ. Průhonice : 2008. ISSN 0374-5651
8. HRON, F.; ZEJBRLÍK, O.. *Rostliny luk, pastvin, vod a bažin*. SPN. Praha : 1979. 424 s.

9. KÁRA, et al. (2001) : *Anaerobní fermentace vlhkých materiálů – výroba bioplynu*. In: *EKOTREND 2001 – trvale udržitelný rozvoj – Sborník z mezinárodní konference*. ZFJČU. České Budějovice : 2001
10. KOHOUT, P., et al. *Rychle rostoucí dřeviny v energetice (topoly a vrby)*. ZFJČU. České Budějovice : 2010. 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2
11. MOUDRÝ, J.; STRAŠIL, Z.. *Pěstování alternativních plodin*. ZFJČU. České Budějovice : 1999. 165 s. ISBN 80-7040-383-7
12. PETŘÍKOVÁ, V., et al. *Energetické plodiny*. Profi Press, s. r. o.. Praha : 2006. 126 s. ISBN 80-86726-13-4
13. SLADKÝ, V.. *Spalování biomasy – ekonomika a ekologie*. In: ADAMOVSKEÝ, R.; SVOBODA, A.. *Ekologické aspekty využití a výroby energie v zemědělství. Sborník vědeckého semináře*. Brno : 1996
14. SLADKÝ, V.. *Dřevní peletky – standardní fytopalivo budoucnosti*. In: *EKOTREND 2001 – trvale udržitelný rozvoj. Sborník z mezinárodní konference*. ZFJČU. České Budějovice : 2001
15. SLADKÝ, V.; DVOŘÁK, J; ANDERT, D. *Obnovitelné zdroje energie – fytopaliva – VÚZT*. Praha : 2002. 25 s. ISBN 80-238-9952-X
16. SOUČKOVÁ, H; MOUDRÝ, J.. *Využití fyto­masy pro energetické účely*. In: *Sborník vědeckých publikací z mezinárodního semináře „Nepotravinářské využití fyto­masy“*. ZFJČU. České Budějovice : 2005. 123 s. ISBN 80-7040-833-2
17. SOUČKOVÁ, H; MOUDRÝ, J.. *Nepotravinářské využití fyto­masy*. ZFJČU. České Budějovice : 2006. 95 s. ISBN 80-7040-857-X

18. ŠIMON, J.; STRAŠIL, Z.. *Perspektivy pěstování plodin pro nepotravinářské účely*. ÚZPI. Praha : ÚZPI, 2000. 50 s. ISBN 80-7271-047-8
19. ŠTYSOVÁ, N. (ed.). *Energie pro jihočeský venkov*. ÚFBJU. Nové Hrady : 2009. 71 s. ISBN 978-80-7394-122-2
20. VRÁBLÍKOVÁ, J.. *Úvod do agroenergetiky*. FŽP UJEP. Ústí nad Labem : FŽP UJEP, 2000. 142 s. ISBN 80-7044-231-X

Internetové zdroje

21. ABRHAM, Z., et al. *Pěstování a využití rychle rostoucích dřevin (topolů) na ekonomiku zemědělského podniku*. In ABRHAM, Z., et al. *Pěstování a využití rychle rostoucích dřevin (topolů) na ekonomiku zemědělského podniku*. [s.l.] : [s.n.], 2001 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW:<<http://212.71.135.254/vuzt/vyzkum/2001/topoly.htm>>
22. BUFKA, A. *Brikety a pelety v roce 2009 – výsledky statistických zjišťování* [s.l.] : [s.n.], 2010 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW:<<http://www.mpo.cz/dokument81928.html>>
23. ČÍŽ, K. *Některé zemědělské suroviny a jejich úprava pro výrobu bioetanolu. Listy cukrovarnické a řepařské*. [s.l.] : [s.n.], 2010 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW:<www.cukr-listy.cz> [online], ISSN: 1210-3306
24. FUKSA, P. *Netradiční využití biomasy v praxi*. [s.l.] : [s.n.], 2009 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW:<<http://www.scienceshop.cz/default.asp?ids=2922&ch=392&typ=1&val=94349>>

25. FUKSA, P.; HAKL, J. *Využití pícních plodin pro výrobu bioplynu. Biom.cz* [online]. 2009-11-25 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-picnich-plodin-pro-vyrobu-bioplynu>. ISSN: 1801-2655
26. KÁRA, J.; PETŘÍKOVÁ, V. *Krmný šťovík a jeho využití pro výrobu bioplynu. Biom.cz* [online]. 2007-11-27 [cit. 2011-03-22]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/krmny-stovik-a-jeho-vyuziti-pro-vyrobu-bioplynu>. ISSN: 1801-2655
27. NEUWIRTHOVÁ, P., et al.. *Aktualizace energetické koncepce Jihočeského kraje, Analýza stávajícího stavu, prognóza vývoje JČK a vnějších podmínek, varianty rozvoje* [s.l.] : [s.n.], 2008 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW: <http://212.71.135.254/vuzt/vyzkum/2001/topoly.htm>
28. PETŘÍKOVÁ, V. *Nedostatek biomasy . Biom.cz* [online]. 2011-03-14 [cit. 2011-03-20]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nedostatek-biomasy>. ISSN: 1801-2655
29. Seifertová E. *Využití biomasy v Jihočeském kraji* [s.l.] : [s.n.], 2007 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW: <http://212.71.135.254/vuzt/vyzkum/2001/topoly.htm> agroweb.cz/Vyuziti-biomasy-v-Jihoceskem-kraji_s43x29227.html
30. STRAŠIL, Z. *Energetické rostliny – 1 – Chrastice rákosovitá. Biom.cz* [online]. 1999, 1 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW: <http://stary.biom.cz/biom/5/strasil.html>

31. STUPAVSKÝ, V.; HOLÝ, T. *Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety*. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2011-03-17]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>. ISSN: 1801-2655)
32. Anonymus 1: http://cs.wikipedia.org/wiki/Neobnoviteln%C3%BD_zdroj_energie, 13.2. 2011
33. Anonymus 2: http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD_zdroj_energie#cite_note-0, 10.2. 2011
34. Anonymus 3: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1992/sb004-92.pdf>, 15.1. 2011
35. Anonymus 4: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2005/sb066-05.pdf>, 12.2. 2011
36. Anonymus 5: http://cs.wikipedia.org/wiki/Neobnoviteln%C3%BD_zdroj_energie, 2.1. 2011
37. Anonymus 6: http://ekowatt.cz/upload/8d8404454da8be9d52d9234092c9d457/slunecni_tep_lo_web.pdf, 3.3. 2011
38. Anonymus 7: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-vetru>, 5.4. 2011
39. Anonymus 8: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-vody>, 5.4. 2011
40. Anonymus 9: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>, 5.4. 2011

41. [Anonymus 10: http://environmental-idea.webnode.cz/uhelne-el/](http://environmental-idea.webnode.cz/uhelne-el/), 4.4. 2011
42. [Anonymus 11: http://environmental-idea.webnode.cz/plynova-el/](http://environmental-idea.webnode.cz/plynova-el/), 4.4. 2011
43. [Anonymus 12: http://environmental-idea.webnode.cz/jaderna-el/](http://environmental-idea.webnode.cz/jaderna-el/), 4.4. 2011
44. [Anonymus 13: http://cs.wikipedia.org/wiki/Fytomasa](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fytomasa), 1.3. 2011
45. [Anonymus 14: http://krasec.cz/krasec/otazkydetail/348?highlight=biomasa](http://krasec.cz/krasec/otazkydetail/348?highlight=biomasa),
[2.3. 2011](#)
46. [Anonymus 15: http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/mze-v-cr-muze-byt-v-roce-2020-vice-nez-500-bioplynovych-stanic](http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/mze-v-cr-muze-byt-v-roce-2020-vice-nez-500-bioplynovych-stanic), 12.2. 2011
47. [Anonymus 16: http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/bioplynovy-stanice-se-bez-kukurice-neobejdou](http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/bioplynovy-stanice-se-bez-kukurice-neobejdou), 10.3. 2011
48. [Anonymus 17: http://www.biom.cz](http://www.biom.cz), 5.2. 2011