

VYUŽITÍ ORGANICKÝCH ODPADŮ ZE ZEMĚDĚLSKÉ VÝROBY A VENKOVSKÝCH SÍDEL

SBĚR, TŘÍDĚNÍ A VYUŽITÍ ORGANICKÝCH ODPADŮ. ZAŘÍZENÍ
PRO TERMICKÉ ZPRACOVÁNÍ ORGANICKÝCH ODPADŮ



J. KÁRA, P. HUTLA, Z. PASTOREK

Metodická příručka MZe ČR

Metodická příručka byla vytvořena v podpůrném programu
9.F.g Metodická činnost k podpoře zemědělského poradenského systému

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha 6 - Ruzyně

2008

V publikaci jsou využity výsledky výzkumných prací z projektů v oboru obnovitelných zdrojů energie a bioplynu, které se řešily ve VÚZT, v.v.i., jedná se o významnou část výzkumného záměru VÚZT, v.v.i. MZe 0002703101 a projektu NAZV MZe „QF3160 Výzkum nových technologických postupů pro efektivnější využití zemědělských a potravinářských odpadů“ a projektu „MŠMT 2 B06131 „Nepotravinářské využití biomasy v energetice“. Zároveň bylo využito zkušeností našich zahraničních partnerů, zejména ze SRN, Rakouska a Holandska. V publikaci je popsána řada způsobů jak nakládat s organickými odpady v zemědělském podniku, nebo při zpracování biologicky rozložitelných komunálních odpadů v obcích. Jde o výrobu tuhých alternativních paliv, pyrolýzní zpracování biomasy a výrobu bioplynu.

Autorský kolektiv

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha 6 – Ruzyně

Autoři:

Ing. Jaroslav Kára, CSc.

Ing. Petr Hutla, CSc.,

Ing. Zdeněk Pastorek, CSc.

Oponenti

Prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc., ČZU Praha

Ing. Josef Dvořák, MZe Praha

Technická spolupráce

Pavla Měkotová

© Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha, 2008

Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. 2008. 102 s.

ISBN 978-80-86884-40-0

Dotace MZe
9.F.g Metodická činnost k podpoře zemědělského
poradenského systému



**Ve spolupráci a
s finanční podporou**

Ministerstva zemědělství ČR

**VYUŽITÍ ORGANICKÝCH ODPADŮ ZE
ZEMĚDĚLSKÉ VÝROBY A
VENKOVSKÝCH SÍDEL**

**SBĚR, TŘÍDĚNÍ A VYUŽITÍ
ORGANICKÝCH ODPADŮ. ZAŘÍZENÍ
PRO TERMICKÉ ZPRACOVÁNÍ
ORGANICKÝCH ODPADŮ**

Projekt registrační číslo ZA 24/2008-7109

Praha listopad 2008

Ing. Jaroslav Kára, CSc., Ing. Petr Hutla, CSc., Ing. Zdeněk Pastorek, CSc.

**VYUŽITÍ ORGANICKÝCH ODPADŮ ZE ZEMĚDĚLSKÉ VÝROBY A VENKOVSKÝCH
SÍDEL
SBĚR, TŘÍDĚNÍ A VYUŽITÍ ORGANICKÝCH ODPADŮ. ZAŘÍZENÍ PRO TERMICKÉ
ZPRACOVÁNÍ ORGANICKÝCH ODPADŮ**

Metodická příručka je určena pro zemědělce, poradce, projektanty a dodavatele technologií a technických systémů pro zpracování energetické biomasy. V publikaci jsou využity výsledky výzkumných prací z projektů v oboru obnovitelných zdrojů energie a bioplynu, které se řešily ve VÚZT, v.v.i., jedná se o významnou část výzkumného záměru VÚZT, v.v.i. MZe 0002703101 a projektu NAZV MZe „QF3160 Výzkum nových technologických postupů pro efektivnější využití zemědělských a potravinářských odpadů“ a projektu MŠMT „2 B06131 Nepotravinářské využití biomasy v energetice“. Zároveň bylo využito zkušeností našich zahraničních partnerů, zejména ze SRN, Rakouska a Holandska. V publikaci je popsána řada způsobů jak nakládat s organickými odpady v zemědělském podniku, nebo při zpracování biologicky rozložitelných komunálních odpadů v obcích. Jde o výrobu tuhých alternativních paliv, pyrolýzní zpracování biomasy a výrobu bioplynu.

Klíčová slova:

Výroba alternativních paliv, pyrolýza, bioplyn

Jaroslav Kára, MA; Ph.D., Petr Hutla, MA; Ph.D., Zdeněk Pastorek, MA; Ph.D.

**UTILIZATION OF ORGANIC WASTE FROM AGRICULTURAL PRODUCTION AND RURAL
SETTLEMENTS
COLLECTION, CLASSIFICATION AND UTILIZATION OF ORGANIC WASTE
EQUIPMENT FOR THERMAL PROCESSING OF ORGANIC WASTE**

In the publication are used results of research work from projects regarding energy and biogas renewable resources solved in RIAEng., p.r.i., i.e. it is concerning of significant part of the RIAEng. p.r.i. research plan called MZE 0002703101 and of the project NAZV MZE „QF 3160 Research of new technological processes for more effective utilization of agricultural and food wastes“ as well as the project “MSMT 2 B06131 ,“Non-food industry utilization of biomass in energy”. At the some time the experiences of our foreign partners from Germany, Austria and Netherland were used. In the publication is described many methods how to handle with organic waste in agricultural enterprise or within the processing of biological degradable municipal waste in the willages. It regards production of solid alternative fuels, biomass pyrolysis processing and biogas production.

Keywords:

production of solid alternative fuels, biomass pyrolysis processing, biogas production

KÁRA, J., HUTLA, P., PASTOREK, Z.: *Využití organických odpadů ze zemědělské výroby a venkovských sídel. Sběr, třídění a využití organických odpadů. Zařízení pro termické zpracování organických odpadů*

Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. 2008. 102 s.

ISBN 978-80-86884-40-0

Obsah

I. Cíl metodiky	1
II. Vlastní popis metodiky	2
II. 1 Úvod	2
II. 2 Agrární odpady	3
Programy a Směrnice EU pro oblast nakládání s odpady transponované do právních předpisů ČR v souladu s nabytím jejich účinnosti	10
Akční program pro životní prostředí	10
Směrnice Rady 75/442/EEC o odpadech (Rámcová směrnice)	11
Směrnice Rady 1999/31/EC o skládkách odpadů	11
Směrnice 2000/76/ES evropského parlamentu a rady o spalování odpadů	12
Směrnice Rady 91/689/EEC o nebezpečných odpadech	13
Směrnice Rady 86/278/EEC o ochraně životního prostředí a zvláště půdy, při používání čistírenských kalů v zemědělství	13
II. 3 Využití odpadní biomasy z agrárního sektoru	15
Způsoby využití biomasy k energetickým účelům	21
Biomasa využitelná k energetickým účelům	24
II. 4 Sběr komunálního odpadu	32
Zpracování separovaného odpadu	33
Velkoobjemový odpad	35
II. 5 Paliva na bázi TAP	38
Vliv doplňkové biomasy na užité vlastnosti topných briket z rostlinných materiálů	46
Návrh technologického zařízení - linka na výrobu topných pelet	53
Ekonomické zhodnocení energetického využití vyříděné odpadní a záměrně pěstované fytohmoty - použitelné energetické rostliny	56
II. 6 Význam a přínos termického využití komunálního odpadu spalováním	60
Minispalovny komunálních odpadů	65
Technologie nízkoteplotního zplyňování s výrobou el. energie	65
II. 7 Další způsoby termického využití odpadů	70
Vybraná zařízení na zplyňování biomasy	73

Využití plynu	77
Vlastnosti pyrolýzní kapaliny	81
II. 8 Biologicky rozložitelné odpady v zemědělství a na venkově, výroba, skladování, zpracování a využití bioplynu	83
Bioplynové stanice a zařízení s anaerobním procesem zpracování bioodpadů	83
Bioplynové stanice a další zařízení s procesem anaerobní digesce	83
Využití bioplynu k energetickým účelům	86
Kogenerace (plynový motor resp. turbína + generátor el. proudu)	88
Pohon mobilních energetických prostředků	92
Nakládání s fermentačními zbytky	93
III. Srovnání novosti postupů	96
IV. Popis uplatnění metodiky	97
V. Seznam použité související literatury	99
VI. Seznam publikací, které předcházely metodice	101

I. Cíl metodiky

Cílem projektu je vypracování tištěné i internetové metodiky pro podporu rozhodovacích procesů v oblasti využití zařízení a technologií pro zpracování organických odpadů i ekonomiky pěstování plodin, technologie a ekonomiky využívání pěstované, nebo odpadní biomasy.

Výsledky budou pro uživatele zpracovány do formy:

1) tištěné metodické příručky

- technologické systémy pro zpracování organických odpadů
- stroje a zařízení v technologických systémech pro zpracování organických odpadů

2) statické internetové aplikace

- technologické systémy pro zpracování organických odpadů
- stroje a zařízení v technologických systémech pro zpracování organických odpadů

Statická internetová aplikace bude pro uživatele volně přístupná na internetových stránkách řešitele projektu (www.vuzt.cz) a dále na poradenském portálu ÚZPI (www.agroporadenstvi.cz).

II. Vlastní popis metodiky

II. 1 Úvod

Směrnice EU č. 99/31/C o skládkování odpadů ukládá členským zemím povinnost postupně snižovat množství ukládaného biologicky rozložitelného odpadu (BRO) na skládky (75% do roku 2005, 50% do roku 2009, 35% do roku 2016, 30% do roku 2020), tento předpis je v ČR plně převzat zákonem č. 185/2001 Sb. o odpadech, platným od 1.1. 2002.

V následující práci se soustředíme především na agrární odpady a odpady z venkovských sídel.

Podstatou práce bylo především rozdělení odpadů v agrárním sektoru, jeho strukturalizace a kvantita. Tyto odpady jsou průběžně inventarizovány a současně jsou zjišťovány jejich vlastnosti, důležité pro další zpracování do palivové formy. Pro potřeby řešení je vymezen pojem odpad vymezen následovně. Jedná se nejen o odpady dle článku 1(a) Směrnice Rady 75/442/EEC, ale v podstatě o veškeré produkty, které jsou vedlejšími produkty zemědělství i jiných činností agrárního sektoru v případě, že jejich tržní cena je záporná. To znamená, že pod pojmem odpad se pro naše potřeby zahrnují materiály definované v legislativě jako odpady i vedlejší produkty.

Teprve v souvislosti se schválením směrnice 75/442/EEC, která postupně omezuje ukládání biologicky rozložitelných komunálních odpadů na skládky, se tomuto druhu odpadu začíná věnovat větší pozornost. Vedle tohoto nadnárodního aspektu je tu však další, neméně důležitý, a to národní. Při zpracování agrárních odpadů se nevyhneme ani biologicky rozložitelné frakci komunálních odpadů (BRKO). Jednou ze součástí BRKO je odpad z údržby zeleně v zahradách a parcích, a další ze zahrad, který produkují především občané. Biologicky rozložitelný odpad, jako složka komunálního odpadu nebyl dosud přesněji evidován.

Ale z různých pramenů lze předpokládat, že v současné době vzniká ročně asi 1,6 mil. tun BRO jako součást KO.

Podle obecného pravidla nakládání s hmotami, jež vytvářejí TKO je vhodné snižovat množství odpadu (tzv. prevence) před recyklací tříděných složek odpadu. Třídění s následnou recyklací má zase přednost před odstraňováním (většinou spalováním nebo ukládáním na skládkách).

Podstatou naší práce je navržení a porovnání nejrůznějších možností zhodnocení odpadů jejich převedením do ušlechtilé formy vhodné pro získávání energie, ať termickým,

nebo biotechnologickým zpracováním. Průběžně byly získány různé pilotní vzorky odpadů produkovaných v agrárním sektoru a podle jejich vlastností byly navrženy následné, vesměs laboratorní experimenty (pro které byly v přiměřeném množství shromážděny). Při těchto pokusech se pak určuje vhodnost jednotlivých materiálů pro biotechnologické zpracování.

V některých případech je ovšem označení „odpad“ sporné. Příkladem je sláma, ať obilní či řepková, přebytky sena, aj. Z poslední doby je možné uvést jako mimořádný exemplární případ masokostní moučku, kdy se z velmi ceněného produktu stal v důsledku legislativní změny odpad.

Zvláštní pozornost věnujeme možnostem zpracování materiálů s vyšším obsahem vody (kolem 80%). Jednou cestou je snižování obsahu vody v odpadních materiálech. Zde je možné využít mechanický způsob lisováním, nebo biotechnologické zpracování anaerobním vyhníváním (dále je možné využít i jiné kombinované způsoby zahušťování a sušení). Pro materiály s obsahem vody do 50 % jsou průběžně laboratorně ověřovány možnosti jejich sušení v roštových velkokapacitních skladech.

II. 2 Agrární odpady

Odpady z agrárního sektoru představují v širším pojetí všechny odpady vyprodukované v zemědělství, lesnictví, komunální sféře a v bezprostředně navazujícím zpracovatelském sektoru, jako je potravinářský, dřevozpracující, papírenský či textilní průmysl.

Hlavní možnosti jejich následného zpracování je možné specifikovat následovně:

- skládkování
- kompostování
- spalování bez energetického využití
- spalování s energetickým využitím
- výroba alternativních paliv s následným využitím v předchozích dvou technologických postupech
- termické zplynování, výroba generátorového plynu, syntézního plynu
- anaerobní zpracování, výroba bioplynu s energetickým využitím
- recyklace
- opětovné využití.

Každé skupině odpadů je možné hledat vhodný způsob zpracování, případně jejich kombinace.

Produkce odpadů z hlavních skupin biologicky rozložitelných odpadů je uvedena v tabulce 2.1. Údaje o produkci odpadů byly získány ze dvou na sobě nezávislých zdrojů. Prvním z nich je databáze – Informační systém odpadového hospodářství (ISOH, dříve ISO), kterou zpracovává Centrem pro hospodaření s odpady (CeHO). CeHO je samostatnou sekci Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G. Masaryka (VÚV T.G.M.). Databáze ISOH obsahuje údaje o produkci a nakládání s odpady v ČR, zjišťovaných v letech 1998 – 2001 od původců odpadů a tzv. oprávněných osob prostřednictvím okresních úřadů na základě dnes již neplatného zákona 125/1997 Sb., o odpadech, a k němu vydaných prováděcích předpisů. Druhým zdrojem informací o produkci odpadů je Český statistický úřad (ČSÚ). Produkce komunálního odpadu byla v ČSÚ šetřena prostřednictvím vybraného souboru 1010 obcí z celého území ČR. Údaje za celou ČR byly dopočteny.

Tabulka 2.1: Produkce vybraných druhů odpadů v roce 2001 dle ISOH a ČSÚ

Produkce odpadů z vybraných skupin odpadů	množství (t) dle ISOH	množství (t) dle ČSÚ
020000 Odpady z primární produkce zemědělské a zahradnické, z lesního hospodářství, z rybářství a z výroby a zpracování potravin	6 392 639	10 665 159
030000 Odpady ze zpracování dřeva	820 616	775 045
040000 Odpady z kožedělného a z textilního průmyslu	53 433	57 849
150000 Odpadní obaly, sorbenty, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné tkaniny jinde neuvedené	212 131	133 384
170000 Stavební a demoliční odpady	8 482 248	11 339 746
190000 Odpady ze zařízení na úpravu odpadů, ze zařízení ke zneškodňování odpadů, z čistíren odpadních vod a z vodárenství	1 468 372	2 147 647
200000 Odpady komunální a jim podobné odpady ze živností, z úřadů a z průmyslu, včetně odděleně sbíraných složek těchto odpadů	3 975 952	1 676 059
Úhrnné množství odpadů v přehledu	21 405 391	26 794 889

Nejvíce odpadů z vybraných skupin vzniká jako vedlejší produkce v zemědělství. Zcela dominantní složku těchto odpadů ale tvoří exkrementy hospodářských zvířat, které jsou pro výrobu alternativních paliv nevhodné. Jedinou výjimkou může být podestýlka z chovu drůbeže. V ČR je ročně chováno odhadem 14 mil. brojlerů na hluboké podestýlce, přičemž produkce znečištěné podestýlky (drcená sláma, exkrementy a voda) je podle údajů VÚZT kolem 1,5 kg na jeden kus. Z toho vyplývá celkové množství vyprodukované znečištěné podestýlky na cca 21 000 t ročně. Celková vlhkost odklizené podestýlky bývá kolem 40% a právě vysoký podíl obsažené vody a exkrementů způsobuje, že podestýlka z chovu brojlerů není příliš vhodný materiál pro výrobu alternativních paliv. Znečištěná podestýlka ze stelivových chovů ostatních hospodářských zvířat (např. chlévská mrva) se jeví jako vhodná pro výrobu bioplynu.

Velmi kvalitní zdroj surovin pro výrobu alternativních paliv představuje položka 02010300 - rostlinná tkáň. Množství odpadů z primární zemědělské a zahradnické produkce znázorňuje tabulka 2.2.

Tabulka 2.2: Produkce odpadů z primární zemědělské a zahradnické produkce

Produkce vybraných druhů odpadů z primární zemědělské a zahradnické produkce v roce 2001	množství (t)	
	dle ISOH	dle ČSÚ
020101 Kal z praní a z čištění	20 321	45 869
020102 Živočišná tkáň	36 674	60 012
020103 Rostlinná tkáň	254 620	409 640
020106 Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištění slámy), kapalný odpad, shromažďovaný odděleně a zpracováváný mimo místo vzniku	4 702 740	8 806 511
Celkem	5 014 355	9 322 032

Většina vedlejší zemědělské produkce nachází své uplatnění přímo v zemědělství, a proto není farmáři vykazována jako odpad. Z tohoto důvodu se neobjevuje ani ve statistikách. Jak je patrné z tabulky 2.3 samotná produkce slámy (přesněji zbytkové biomasy po sklizni zrnin a olejnin) výrazně převyšuje celkové statisticky zjištěné množství zemědělských odpadů z rostlinné výroby. Plocha, sklizeň a výnos hlavního produktu uvedené v tabulce 2.3 jsou převzaty z údajů ČSÚ.

Dalším významným zdrojem zbytkové biomasy vhodné pro výrobu alternativních paliv jsou dřevní a papírenské odpady. Největší množství těchto odpadů vzniká při těžbě a zpracování dřeva, dále v papírenském průmyslu a menší množství jako obalový a stavební odpad či odděleně sbíraný papír a dřevo v komunální sféře. Produkce dřevních a papírenských odpadů je shrnuta v tabulce 2.4.

Tabulka 2.3: Produkce zbytkové biomasy po sklizni zrnin a olejnin v ČR

Plodina	M. j.	2000	2001	2002	Průměr 2000-2002	Produkce slámy	
						t/ha	celkem (tis.t)
Obiloviny celkem	P [ha]	1 650 114	1 623 624	1 562 116	1611951	3,97	6 398
	S [t]	6 454 237	7 337 589	6 770 829	6854218		
	t/ha	3,91	4,52	4,33	4,25		
Řepka	P [ha]	323 842	343 004	313 025	326624	3,34	1 092
	S [t]	844 428	973 321	709 533	842427		
	t/ha	2,61	2,84	2,27	2,57		
Trvalé travní porosty celkem	P [ha]	281 083	283 613	802 726	455807	2,53	1 155
	S [t]	604 917	671 743	2 471 666	1249442		
	t/ha	2,15	2,37	3,08	2,53		
Sláma obilovin využitelná pro průmyslové a energetické účely (40%)							2 559
Sláma řepky využitelná pro průmyslové a energetické účely (90%)							983
Traviny využitelné pro průmyslové a energetické účely (30%)							346
Celkem sláma a traviny ze zemědělské výroby							3 888

Tabulka 2.4: Produkce dřevních a papírenských odpadů

Produkce dřevních, papírenských a jim podobných odpadů v roce 2001	množství (t)	
	dle ISOH	dle ČSÚ
020100 Odpady z primární produkce v lesním hospodářství		
020107 Odpad z lesního hospodářství	67 196	56 070
030100 Odpady z pilařského zpracování dřeva a výroby desek a nábytku		
Celkem výběr z 030100	471 190	432 794
030300 Odpady z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky		
Celkem výběr z 030300	305 048	280 935
150100 Odpady obalů		
Celkem výběr z 150100	58 693	43 203
17 Stavební a demoliční odpady		
170201 Dřevo	26 079	22 521
200100 Odpad získaný odděleným sběrem		
Celkem výběr z 200100	245 240	129 639
Celkem	1 173 446	965 162

U dřevních odpadů z primární produkce v lesním hospodářství se opět vyskytují značné rozdíly mezi skutečně vyprodukovanou zbytkovou biomasou a vykazovaným množstvím odpadů. Velká část zbytků z těžby dřeva zůstává v místě těžby a není s nimi tedy nakládáno jako s odpady. Skutečné množství vyprodukované zbytkové biomasy z těžby dřeva je řádově vyšší než množství odpadů evidovaných z lesního hospodářství.

Podle údajů ČSÚ bylo v ČR v roce 2002 vytěženo celkem 14 541 000 m³ b.k. dřeva (včetně samovýroby), z toho připadalo 89,5% na jehličnaté stromy. Nahodilá těžba představovala 6 810 555 m³ b.k., tj. 46,8% z celkové těžby a souhrnné dodávky dříví zpracovatelům 13 010 020 m³ b.k. Výše uvedené údaje za pětileté období jsou shrnuty v tabulce 2.5.

Tabulka 2.5: Těžba dřeva v ČR v letech 1998 – 2002 podle ČSÚ

Množství dřevní hmoty	1998	1999	2000	2001	2002
těžba dřeva celkem [m ³ b.k.]	13 991 000	14 203 000	14 440 990	14 374 001	14 541 000
nahodilá těžba [m ³ b.k.]	3 840 000	3 736 000	3 228 123	2 373 479	4 213 140
dodávky dříví[m ³ b.k.]	12 250 120	12 422 040	12 851 020	12 680 020	13 010 020

Podíl zbytkové biomasy vznikající při těžbě dřeva, který se v současné době využívá jen ve velmi omezené míře.

Z těžby dřeva v roce 2002, docházíme k množství v ČR vyprodukované zbytkové dendromasy z těžby dřeva cca 1,2 mil. t ročně (potenciální množství štěpky přibližně 4,6 mil. m³ b.k., při výrazné převaze těžby jehličnanů a jejich průměrné měrné hmotnosti v surovém stavu 270 kg.m⁻³ s obsahem vody 50%).

Menší množství využitelného odpadu je produkováno v potravinářském průmyslu, kde jsou svým objemem a vlastnostmi zajímavé zejména odpady ze zpracování obilovin, ovoce, zeleniny a jedlých olejů a odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů. Souhrn produkce odpadů z potravinářského průmyslu je v tabulce 2.6.

Tabulka 2.6: Produkce odpadů z potravinářského průmyslu

Produkce vybraných druhů odpadů z potravinářského průmyslu v roce 2001	množství (t)	
	dle ISOH	dle ČSÚ
020200 Odpady z produkce a ze zpracování masa, ryb a ostatních potravin z živočišného původu		
Celkem výběr z 020200	157 202	194 363
020300 Odpady z produkce a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka a kávy a tabáku, odpady z tabákového průmyslu		
Celkem výběr z 020300	174 524	169 403
020400 Odpady z cukrovarnického průmyslu		
Celkem výběr z 020400	376 481	50 944
020500 Odpady z mlékárenského průmyslu		
Celkem výběr z 020500	77 086	84 865
020600 Odpady z pekáren a výroby cukrovinek		
Celkem výběr z 020600	6 783	7 662
Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kaka)		
Celkem výběr z 020700	297 312	379 145
Celkem	1 119 338	886 382

Mlýnské otruby tvoří asi 20-25% hmotnostní podíl zpracovávané pšenice v potravinářském průmyslu. Podle údajů ČSÚ bylo v roce 2002 v ČR zpracováno 1245 tis. tun pšenice pro potravinářské účely a z toho vyplývá celková produkce otrub na cca 250 tis. tun ročně. Tento vedlejší mlýnský produkt stále nachází své uplatnění především k výrobě krmiv. V posledních letech však došlo k poklesu zájmu zemědělských podniků o využití otrub pro krmivářské účely v souvislosti se snížením stavu polygastrických zvířat. Vzhledem k svým vlastnostem se jedná o materiál vhodný i pro energetické využití.

Řepné řízky z cukrovarnictví jsou další vedlejší produkci z potravinářského průmyslu, která je zatím plně využívána jako krmivo. Vyslazené řízky představují asi 40% hm. z produkované cukrovky, tedy přibližně 1 475 tis. tun v roce 2002.

Určité množství využitelného odpadu pro výrobu alternativních paliv je vyprodukováno v textilním a kožedělném průmyslu cca 2,5-2,9 mil tun. Zde jsou z našeho hlediska nejzajímavější odpady přírodních vláken rostlinného původu.

Za určitých podmínek by se daly k výrobě alternativních paliv využít i kaly z čistíren odpadních vod (ČOV). Kterých je k dispozici asi 1-1,5 mil tun. Tento odpadní materiál obvykle bývá využíván vhodnějším způsobem, např. jako hnojivo nebo surovina pro jeho výrobu. Tento způsob materiálového využití kalů z ČOV ale není vzhledem k obvykle vysokému obsahu těžkých kovů a zpříšňující se legislativě vždy vhodný.

Významný potenciál pro budoucí materiálové a energetické využití se nachází v komunálních odpadech. Jedná se zejména o směsný komunální odpad, kde bývá obsaženo cca 40% biologicky rozložitelných odpadů (BRO) s vysokým obsahem papíru. Tento biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO) je v současnosti převážně skládkován, což nebude do v takovém rozsahu v blízké budoucnosti možné. Plán odpadového hospodářství ČR totiž stanovuje postupné snižování skládkování BRKO v souladu se směrnicí Rady 1999/31/EC o skládkování odpadu, která vyžaduje snížení podílu organických odpadů jdoucích na skládky v jednotlivých letech. Tato legislativní opatření by měla v budoucnosti přispět ke zvýšení využití BRKO. Významné množství vhodných odpadů vzniká také při údržbě zeleně, na tržištích a odděleným sběrem komunálního odpadu. Produkce komunálních odpadů je uvedena v tabulce 2.7.

Tabulka 2.7: Produkce vybraných druhů komunálních a jim podobným odpadů

Produkce vybraných druhů komunálních odpadů a jim podobným odpadům ze živností a z průmyslu, včetně odděleně sbíraných složek těchto odpadů v roce 2001	množství (t)	
	dle ISOH	dle ČSÚ
200100 Odpad získaný odděleným sběrem		
200108 Organický, kompostovatelný kuchyňský odpad (včetně olejů na smažení a kuchyňského odpadu z jídelen a restaurací)	57 614	10 978
200109 Olej a/nebo tuk	3 114	2 743
Celkem výběr z 200100	60 728	13 721
200200 Odpady z údržby zeleně v zahradách a parcích (včetně hřbitovů)		
200201 Kompostovatelný odpad	96 572	33 488
200203 Ostatní nekompostovatelný odpad	93 863	47 714
Celkem výběr z 200200	190 435	81 202
200300 Ostatní odpad z obcí		
200301 Směsný komunální odpad	2 478 365	533 087
200302 Odpad z tržišť	14 576	2 152
200304 Kal ze septiků a/nebo žump, odpad z chemických toalet	550 688	557 156
Celkem výběr z 200300	3 043 629	1 092 395
Celkem	3 294 792	1 187 318

Při zpracování veškerých odpadů, zejména pak organických biologicky rozložitelných je nutné se řídit rozsáhlou legislativou, která ošetřuje činnosti všech subjektů, které se v dané oblasti pohybují, od občanů, obcí, až po profesní zpracovatelské firmy. Pro ilustraci uvádíme ty nejdůležitější předpisy pro oblast nakládání s odpady.

Programy a Směrnice EU pro oblast nakládání s odpady transponované do právních předpisů ČR v souladu s nabytím jejich účinnosti

Akční program pro životní prostředí

Dokument EU se v kap. 6. zabývá trvale udržitelným využíváním přírodních zdrojů a hospodaření s odpady a žádá v této oblasti:

- Přerušit spojení mezi produkcí odpadů a ekonomickým růstem a významně snížit v celkovém měřítku objem produkovaných odpadů zlepšením preventivních opatření týkajících se odpadů, účinnějším využíváním zdrojů a přechodem na udržitelnější způsoby spotřeby.
- Pro odpady, jež budou nadále produkovány, je třeba vytvořit stav, kdy:
 - odpady nejsou nebezpečné nebo přinejmenším představují pouze velmi nízké riziko pro životní prostředí a zdraví,
 - většina odpadů se vrací do hospodářského cyklu, zejména recyklací, nebo do

životního prostředí v užitečné nebo neškodné formě (např. kompost),
-objem odpadů určených ke konečné likvidaci je snížen na naprosté minimum a tyto odpady jsou zničeny nebo zneškodněny bezpečným způsobem,
-odpady jsou zpracovávány na místě co možná nejbližším místu, kde jsou produkovány.

- V rámci všeobecné strategie zamezování vzniku odpadů a zvyšující se recyklace výrazně snížit před ukončením programu množství odpadů určených ke konečné likvidaci a objem produkovaných nebezpečných odpadů.
- Snížit množství odpadů určených ke konečnému zneškodnění o zhruba 20 % od současnosti do r. 2010 a asi o 50 % od současnosti do r. 2050 ve vztahu k údajům z r. 2000.
- Snížit objem produkovaných nebezpečných odpadů zhruba o 20% od nynějška do r. 2010 asi o 50 % od nynějška do r. 2050 ve vztahu k údajům z r. 2000.

Koncepce EU ve věci politiky hospodaření s odpady upřednostňuje v první řadě zamezení vzniku odpadů, poté jejich zhodnocení (které zahrnuje znovuvyužití, recyklaci a energetické využití - s upřednostněním materiálového zhodnocení) a nakonec jejich zneškodnění (které zahrnuje spálení bez energetického využití a uložení na skládku). Plánovanou akcí je v tomto programu legislativní návrh týkající se biologicky odbouratelných odpadů.

Je možno konstatovat, že kvantitativní cíl 6. akčního programu při snižování množství odpadů ke konečnému odstranění lze z části naplnit právě v oblasti bioodpadů.

Směrnice Rady 75/442/EEC o odpadech (Rámcová směrnice)

Směrnice vytváří rámec pro nakládání s odpady. Stanovuje hierarchii postupů odpadového hospodářství (prevence nebo omezování vzniku odpadů a jejich nebezpečnosti, materiálové využití včetně recyklace, energetické využití, konečné zneškodnění)

Směrnice Rady 1999/31/EC o skládkách odpadů

Požadavky směrnice se týkají omezení skládkování biologicky rozložitelného komunálního odpadu:

- snížit tvorbu metanu ze skládek pro zmírnění globálního oteplování v důsledku tzv. skleníkového efektu;
- podpořit oddělený sběr, třídění a recyklaci organických odpadů;

- Členské státy jsou povinny vypracovat národní strategii pro snižování množství biologicky rozložitelného odpadu putujícího na skládky. Tato strategie bude k dosažení plánovaných cílů obsahovat opatření jako je recyklace, kompostování, výroba bioplynu nebo materiálové a energetické využití.
- Tato strategie zajistí (pro podmínky České republiky) do r. 2010 snížení množství biologicky rozložitelného odpadu putujícího na skládky na 75% celkové hmotnosti r. 1995, do r. 2013 na 50% celkového množství r. 1995 a do r. 2020 na 35% celkového množství r. 1995.

Směrnice 2000/76/ES evropského parlamentu a rady o spalování odpadů

Cílem této směrnice je předcházet negativním účinkům spalování a spoluspalování odpadu na životní prostředí, nebo tyto účinky podle možností omezit, zejména znečišťování ovzduší, půdy a vod povrchových i podzemních, a následně ohrožení lidského zdraví.

Tohoto cíle bude dosaženo přísnějšími provozními podmínkami a technickými požadavky - prostřednictvím limitních hodnot emisí pro zařízení na spalování a spoluspalování odpadů ve Společenství a prostřednictvím splnění požadavků směrnice 75/442/EHS.

Tato směrnice se vztahuje na zařízení pro spalování a spoluspalování odpadů.

Z rozsahu působnosti této směrnice jsou však vyjmuty:

zařízení, kde jsou zpracovávány pouze následující odpady:

- rostlinný odpad ze zemědělství a lesnictví,
- rostlinný odpad z potravinářského průmyslu, pokud je vznikající teplo využíváno,
- vláknitý rostlinný odpad z výroby prvotní buničiny a z výroby papíru z buničiny, pokud je spoluspalován v místě vzniku a pokud je vznikající teplo využíváno,
- odpadní dřevo s výjimkou odpadního dřeva, které může obsahovat halogenované organické sloučeniny nebo těžké kovy v důsledku jeho ošetření konzervačními prostředky nebo nátěrovými hmotami včetně

takového odpadního dřeva pocházejícího ze stavebního a demoličního odpadu

- odpadní korek
- radioaktivní odpad,
- těla uhynulých zvířat v působnosti směrnice 90/667/EHS, aniž by tím byly dotčeny její další změny,
- odpad vznikající při průzkumu a těžbě ložisek ropy a zemního plynu z námořních zařízení a spalovaný na palubě těchto zařízení;
- pokusná zařízení využívaná k výzkumu, vývoji a zkoušení s cílem zlepšit proces spalování, která zpracují méně než 50 t odpadu ročně.

Směrnice Rady 91/689/EEC o nebezpečných odpadech

Hlavním cílem této směrnice je podporovat environmentálně bezpečné nakládání s nebezpečnými odpady. Zřizuje seznam nebezpečných odpadů a vyžaduje mimo jiné zřízení kontrolních mechanismů s účastí veřejnosti.

Směrnice Rady 86/278/EEC o ochraně životního prostředí, a zvláště půdy, při používání čistírenských kalů v zemědělství

Hlavní cílem Směrnice je regulovat používání čistírenských kalů v zemědělství, aby bylo zabráněno škodlivým účinkům na půdu, vegetaci, zvířata a lidi. Směrnice vyžaduje používání maximálních limitních hodnot pro některé těžké kovy, a to jak v kalech, tak v půdě. Směrnice mimo jiné vyžaduje:

- zajistit, aby použití kalů v zemědělství bylo v souladu s limitními koncentracemi těžkých kovů v půdě,
- zakázat používání čistírenských kalů na specifických druzích půd ve vymezených časových obdobích, nebo tam, kde koncentrace těžkých kovů v půdě překračuje specifické limity,
- zajistit, aby odpovědným úřadům byly k dispozici potřebné informace,
- analyzovat kaly z čistíren odpadních vod a půdu ke zjištění, zda jsou příslušné limity plněny.

Dva základní právní předpisy ČR pro biotechnologické a termické zpracování biologicky rozložitelných odpadů

Velmi důležitými právními předpisy pro biotechnologické a termické zpracování jsou stanoveny ve dvou vyhláškách MŽP.

Jedná se o:

Vyhlášku MŽP č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy

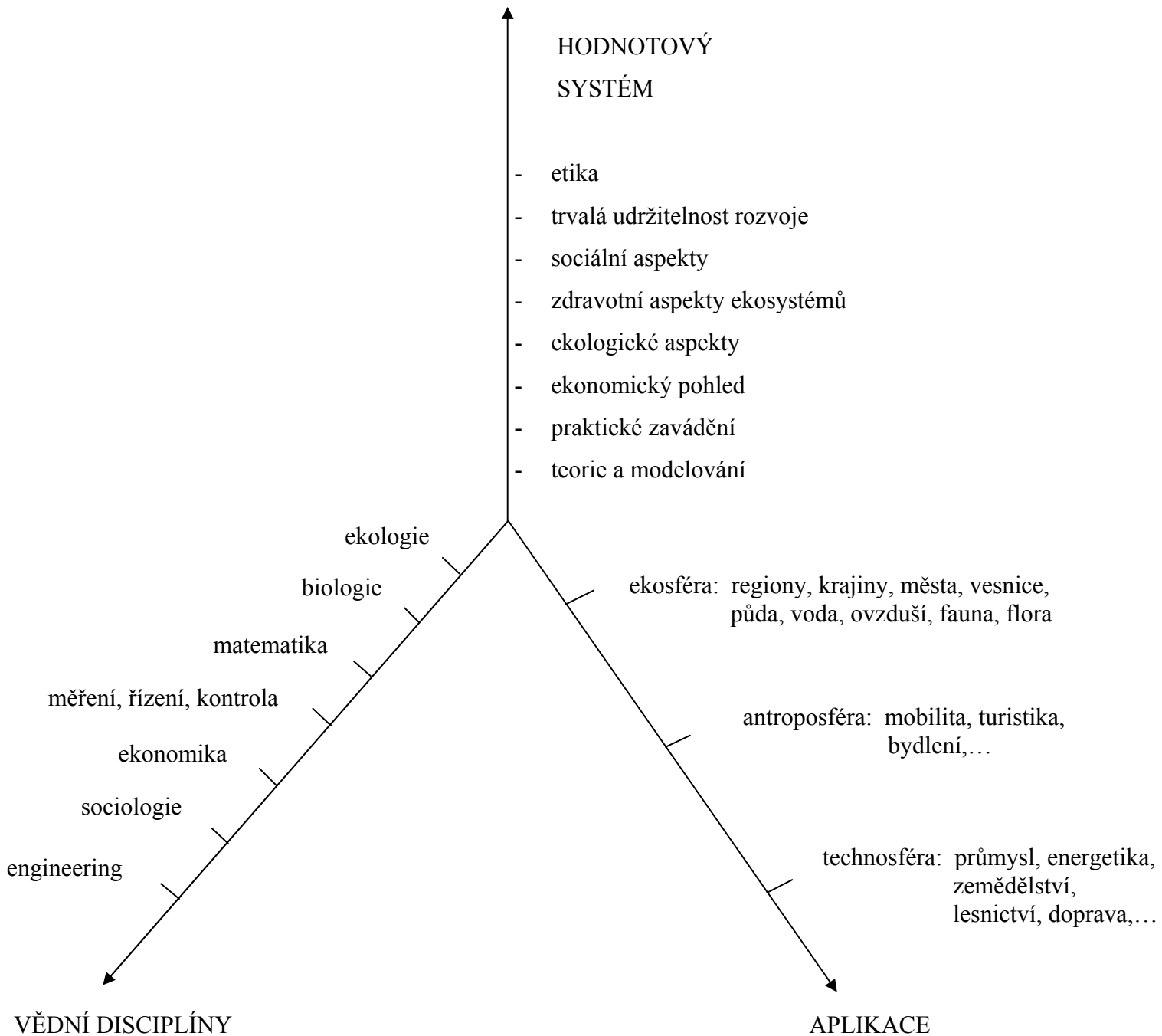
a

Vyhlášku MŽP č. 341/2008 Sb ze dne 26. srpna 2008 o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady).

Tuto vyhlášku zpracovalo Ministerstvo životního prostředí v dohodě s Ministerstvem zemědělství a Ministerstvem zdravotnictví, stanoví se v ní podle § 33b odst. 3 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění zákona č. 314/2006 Sb., podrobnosti nakládání s biologicky rozložitelnými odpady (bioodpady). Obě tyto vyhlášky budeme často citovat a jmenovat v textu, neboť jsou pro využití agrárních a komunálních odpadů zásadní.

II. 3 Využití odpadní biomasy z agrárního sektoru

Veškeré prováděné výzkumné práce a experimenty jsou dnes směřovány k pracovním postupům patřícím mezi tzv. „ECO-TECHNOLOGY“, zkráceně označované jako „EKO-TECH“.



Obr. 3.1: Třírozměrný model „EKO-TECH“ jako nové inženýrské disciplíny

V dalším textu metodiky se budeme zabývat technologickými postupy využití biomasy

1. k energetickým účelům [termické využití biomasy]

2. kombinovaným využitím [anaerobní fermentace biomasy], výroba energie a hnojiv

Kvantifikace zdrojů odpadní biomasy:

Tab. 3.1: Předpokládaná struktura zemědělské půdy

	tis. ha	%
Výměra zem. půdy	4 284	100
Předpokládaný převod do jiných kat. pozemků	84	2
Výměra marginálních oblastí	1 000	23
Půda pro produkci potravin	2 700	63
„Set-aside“ plochy	500	12

Tab. 3.2: Odhad množství odpadní fytomasy

	forma	množství 10 ⁶ t
Úhory, reserva pícnin, marginální oblasti	stébelniny	1,3
Obiloviny	stébelniny	2,6
Lesní dendromasa	štěpka polena	3,2
Celkem		7,1

Způsob nakládání s vyprodukovanou biomasou

Nové legislativní normy a předpisy dávají základní rozhodovací pravomoc vlastníkovi materiálu, který jej může deklarovat:

- 1) jako meziprodukt po úpravě využitý ve vlastním technologickém procesu (producent musí dodržovat obecné předpisy týkající se ochrany přírodních zdrojů,...)
- 2) jako finální výrobek nebo surovina uváděná na trh (takový postup spadá do režimu zákona č.22/1997 Sb. ze dne 24. ledna 1997 o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů ve znění novel č. 71/2000 Sb., 102/2001 Sb., 205/2002 Sb., 226/2003 Sb., 205/2002 Sb., 226/2003 Sb., 277/2003 Sb. a 226/2003 Sb.
- 3) v případě, že finálním výrobkem je hnojivo, řídí se dle § 5 odst. 1 zákona č. 156/1998 Sb. o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů. Sb.). Výrobek musí být registrován Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským v Praze, pro oblast použití v zemědělství.

4) jako odpad, který lze využít jiným výrobním subjektem jako druhotnou surovinu (takový postup spadá do režimu **zákonu č.125/1997** Sb., o odpadech, ve znění pozdějších novel Sb.).

Za biomasu v užším pojetí je považována organická hmota rostlinného původu získaná na bázi fotosyntetické konverze solární energie (fytomasa). Pro naše účely se jeví vhodnější definice biomasy jako substance biologického původu, která zahrnuje rostlinnou biomasu pěstovanou na půdě, hydroponicky nebo ve vodě, živočišnou biomasu, vedlejší organické produkty a organické odpady. Biomasa využívaná k energetickým účelům je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo jde o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, průmyslové výroby, z komunálního hospodářství, z údržby a péče o krajinu.

Všude ve světě je do biomasy určené k energetickému využití vkládána naděje, že se stane alternativním obnovitelným energetickým zdrojem a nahradí v budoucnu podstatnou část mizejících neobnovitelných klasických zdrojů energie (uhlí, ropné produkty, zemní plyn).

Odhadovaná roční celosvětová produkce energeticky využitelné biomasy převyšuje téměř desetkrát svým energetickým potenciálem roční objem světové produkce ropy a zemního plynu. Přesto je podíl obnovitelných zdrojů energie, kam biomasa patří, na celkové spotřebě energie poměrně malý.

Prognostický cíl států EU předpokládá, že do roku 2020 budou vytvořeny podmínky pro 20 % podíl energie z OZE na celkové spotřebě. Byl proto zpracován „Návrh Směrnice Evropského parlamentu a Rady o podpoře užívání energie z OZ“ který předpokládá:

- zavést závazný cíl 10 % minimální cíl pro podíl biopaliv v dopravě
- zavést závazné vnitrostátní cíle do r. 2020 tak, aby byl splněn celkový cíl EU 20 % podílu OZE na celkové spotřebě energie

Zatím se materiál projednává, ale pro ČR byl stanoven pracovní indikativní cíl 13 % podíl energie z OZE na celkové spotřebě

Situace v České republice ve využití obnovitelných zdrojů energie koresponduje se světovým průměrem. Jejich podíl na celkové energetické spotřebě se odhaduje na 4 – 4,5 % primárních zdrojů energie a 4,7 - 4,9% podílu výroby el energie (kolísání je způsobeno

využitím vodních elektráren, které jsou závislé na klimatických podmínkách (údaje pro roky 2006 a 2007, zdroj MPO). Teoretický potenciál obnovitelných zdrojů energie se pohybuje kolem 40 % celkové spotřeby primárních zdrojů energie a je tudíž využíván pouze asi na 6,5 %.

Tab. 3.3: Energetický potenciál obnovitelných zdrojů energie v ČR

Typ obnovitelného zdroje energie	kt OE.rok ⁻¹	PJ.rok ⁻¹
solární energie	56	2,35
větrná energie	25	1,05
biomasa	3 100	130,00
geotermální energie	1 400	59,00
malé vodní elektrárny	12 200	511,00
Celkem	16 781	703,40

Nabízí se samozřejmě otázka, čím je limitováno využití biomasy k energetickým účelům.

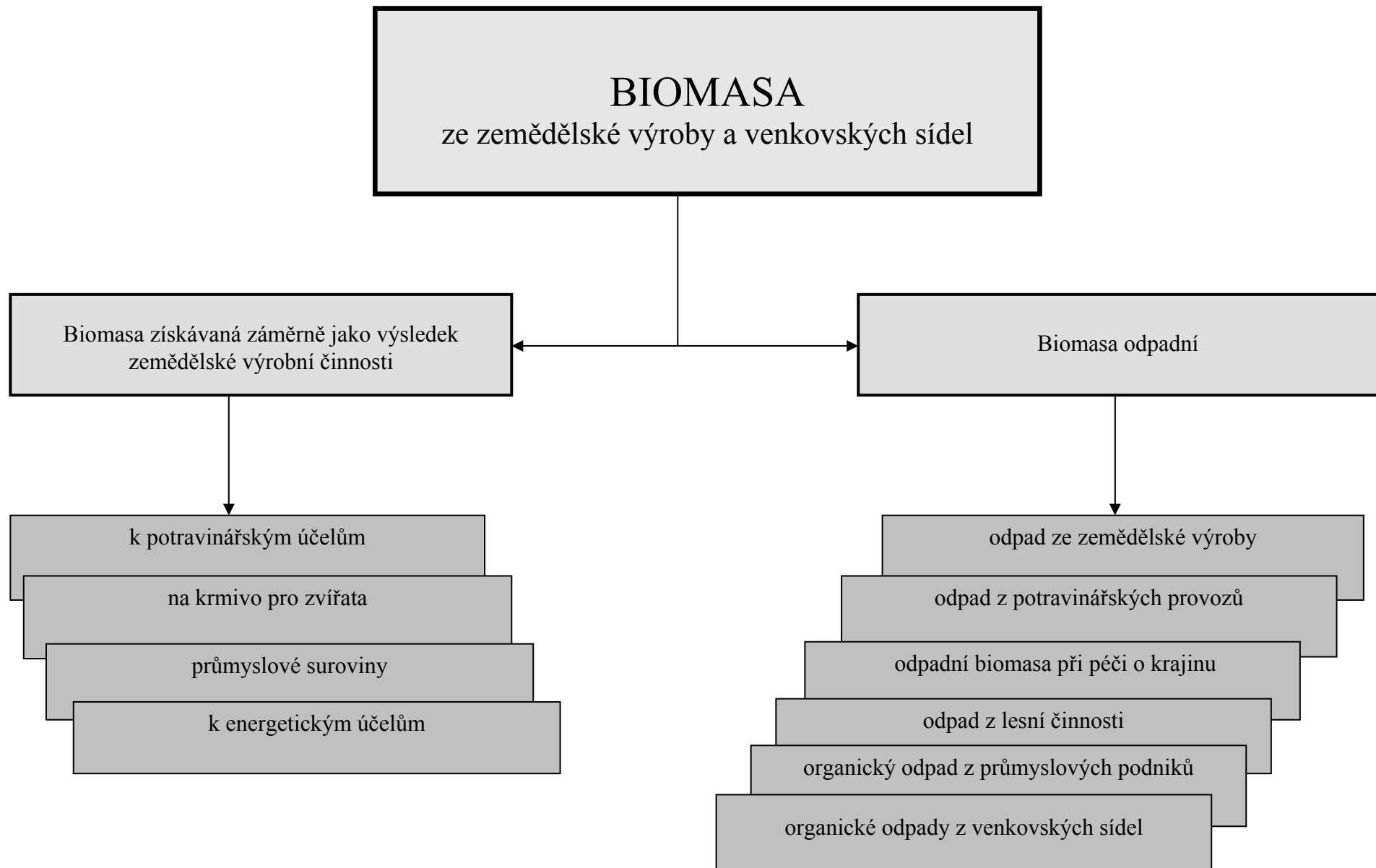
- záměrná produkce biomasy na orné půdě pro energetické účely konkuruje dalším způsobům využití biomasy (např. k potravinářským a krmivářským účelům, k zajištění surovin pro průmyslové účely,...),
- zajištění dostatečného množství energetické biomasy vyžaduje rozšiřovat produkční plochy nebo zvyšovat intenzitu výroby biomasy, což s sebou nese potřebu zvyšovat kapitálové vklady do výroby a zpracování energetické biomasy,
- získávání energie z biomasy v současných světových ekonomických podmínkách s obtížemi cenově konkuruje energii z klasických primárních zdrojů. Tato skutečnost může být eliminována dotační a úvěrovou politikou státních a bankovních institucí, výhledově také tlakem „ekologické“ legislativy,
- maximální využití zdrojů biomasy k energetickým účelům z celosvětového hlediska je problematické vzhledem k rozmístění zdrojů biomasy a energetických spotřebičů i vzhledem k obtížím s akumulací, transportem a distribucí získané energie.

Na druhé straně existují nesporné výhody, využití biomasy k energetickým účelům, které budou mít stále významnější roli.

- menší negativní dopady na životní prostředí (lepší bilance tvorby skleníkových plynů i dalších emisí, příznivý vliv na hospodaření v krajině,...),
- biomasa jako zdroj energie má obnovitelný charakter,
- zdroje biomasy nejsou lokálně omezeny (snad jenom velmi vysokou nadmořskou výškou),
- řízená produkce biomasy přispívá k vytváření krajiny a péči o ni,
- účelně se využijí spalitelné, někdy i toxické odpady a významně se sníží prostor pro skladování popelovin a nespalitelných zbytků,
- biomasa jako tuzemský zdroj energie příznivě ovlivňuje zahraniční platební bilanci státu, umožňuje diverzifikovat činnosti regionálních podniků, využití nadbytečné zemědělské půdy k nepotravinářským účelům, snížit náklady na provoz venkovských domácností, zvýšit zaměstnanost venkovského obyvatelstva při podnikatelském způsobu výroby energie z biomasy,
- decentralizace výroby energie omezuje monopolní postavení velkovýrobců a distributorů, pokud je vhodně upraveno legislativní prostředí.

Až do padesátých let 20. století si zemědělské podniky a venkovská sídla zajišťovaly z větší části své energetické potřeby využitím biomasy z vlastních zdrojů. V historických dobách sloužilo odhadem až 40 % plochy zemědělské půdy pro tyto účely, především pro chov tažných zvířat.

Skutečností je, že technický rozvoj a zvyšující se vstupy „cizí“ energie umožnily zlepšit využití produkčního potenciálu nových druhů rostlin a živočichů a plně využít zemědělskou půdu k produkci potravin. V současné době nadprodukce potravin a rychlý technický a technologický pokrok v zemědělství umožňuje vrátit část zemědělské půdy původnímu účelu, tj. krytí části energetických potřeb zemědělství a venkova. BIOENERGETIKA se sice pomalu, zato vytrvale stává středem pozornosti podnikatelských subjektů na venkově.



Obr.3.2: Rozdělení druhů biomasy

Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

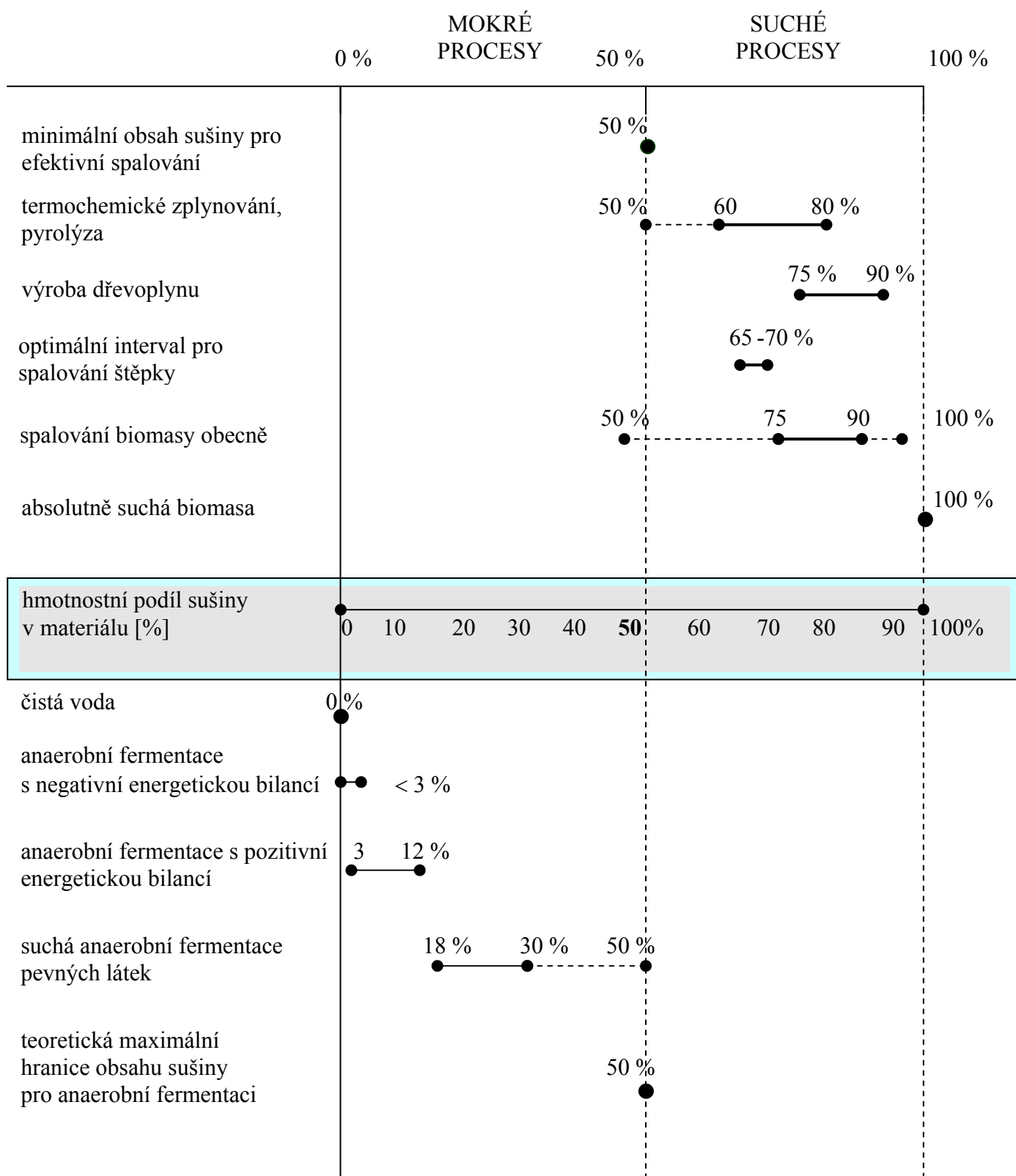
Nejvhodnější způsob využití biomasy k energetickým účelům je do značné míry předurčen fyzikálními a chemickými vlastnostmi použité biomasy.

Z principiálního hlediska lze rozlišit několik způsobů získávání energie z biomasy (tab. 4).

Tab.3.4: Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

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

Jednou z nejvýznamnějších vlastností energetické biomasy je její vlhkost charakterizovaná obsahem sušiny v biomase. Rozhraní mezi mokřými procesy (hmotnostní obsah sušiny je menší než hmotnostní obsah vody) a suchými procesy (hmotnostní obsah sušiny je větší než hmotnostní obsah vody) tvoří biomasa s 50ti % hmotnostním podílem sušiny.



Obr.3.3: Hmotnostní podíl sušiny v energetické biomase při různých způsobech zpracování

Přestože existuje více způsobů využití biomasy k energetickým účelům, v praxi převládá ze suchých procesů spalování biomasy, z mokrých procesů výroba bioplynu anaerobní fermentací vlhké biomasy. Z ostatních způsobů dominuje výroba metylesteru kyselin bioolejů získávaných v surovém stavu ze semen olejnatých rostlin.

Tab. 3.5: Vhodnost aplikace různých způsobů konverze biomasy k energetickým účelům

Druh biomasy	ostatní procesy		suché procesy			mokrý procesy		
	esterifikace bioolejů	získávání odpadního technoloického tepla	spalování	zplynování	pyrolýza	alkoholová fermentace	aerobní fermentace	anaerobní fermentace
energetické plodiny lignocelulózové (dřevo, sláma, píce, obiloviny)	0	1	3	1	1	1	2	2
olejnaté plodiny (řepka, slunečnice, len)	3	0	2	0	0	0	0	2
energetické plodiny škrobnaté nebo cukernaté (brambory, cukrová řepa, obiloviny)	0	0	1	1	1	3	0	1
odpady z živočišné výroby (exkrementy, mléčné odpady)	0	2	1	1	1	0	2	3
organický podíl komunálních odpadů	0	1	3	2	2	0	1	3
organický odpad z potravinářské nebo jiné průmyslové výroby	0	1	1	0	0	2	2	3
odpady z dřevařských provozoven	0	0	3	2	2	0	0	0
odpady z lesního hospodářství	0	1	3	2	2	0	1	2
rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a z péče o krajinu	0	1	3	1	1	0	1	2

Legenda: 0 – technicky obtížně nebo zcela nezvládnutelné
1 – technicky zvládnutelná technologie, avšak v praxi nepoužívaná
2 – technologie vhodná jen pro specifické technicko-ekonomické podmínky
3 – nejčastěji využívaná technologie

Biomasa využitelná k energetickým účelům

Energetickou biomasu můžeme rozdělit do pěti základních skupin:

1. fytomasa s vysokým obsahem lignocelulózy
2. fytomasa olejnatých plodin
3. fytomasa s vysokým obsahem škrobu a cukru
4. organické odpady živočišného původu
5. směsi různých organických odpadů.

Z technologického hlediska existují dvě hlavní skupiny zdrojů energetické biomasy:

1. Biomasa záměrně produkovaná k energetickým účelům:

- energetické plodiny

lignocelulózové: energetické dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty a další stromové a keřovité dřeviny)

obiloviny (celé rostliny)

travní porosty (sloní tráva, chrastice, trvalé travní porosty,...)

ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka)

olejnaté: řepka olejná, slunečnice, len, dýně na semeno

škrobnato-cukernaté: brambory, cukrová řepa, obilí (zrno), topinambur, cukrová třtina, kukuřice.

2. Biomasa odpadní

- rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny (sláma obilná, kukuřičná, řepková, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, zbytky z lučních a pastevních areálů, odpady ze sadů a vinic, travní porosty z úhorů, parkových úprav),
- odpady z živočišné výroby (exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady z mléčnic, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit),
- komunální organické odpady z venkovských sídel (kaly z odpadních vod, organický podíl tuhých komunálních odpadů, odpadní organické hmoty z údržby zeleně a travnatých ploch),
- organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob (odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, odpady z mlékáren, odpady z lihovarů a konzerváren, odpady z vinařských provozoven, odpady z dřevařských provozů, jako jsou odřezky, hobliny, piliny),
- odpady z lesního hospodářství (dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest).

Ve skutečnosti jsou využitelné druhy biomasy stanoveny **vyhláškou č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, ve znění vyhlášky č. 5/2007 Sb.**, jejíž úprava se v současné době připravuje. V příloze č.1 k této vyhlášce se taxativně upravuje možnost využití jednotlivých druhů biomasy k energetickým účelům.

„Příloha č.1 k vyhlášce č. 482/2005 Sb.

Zařazení druhů biomasy, které jsou předmětem podpory, do jednotlivých skupin podle kategorií

Tabulka č. 1: Procesy termické přeměny

Skupina	Popis druhu biomasy	Kategorie	
		Spoluspalování (S), paralelní spalování (P)	Spalování a zplynování čisté biomasy (O)
1	<p>a) cíleně pěstované energetické plodiny (jednoleté, dvouleté a víceleté byliny a zemědělské plodiny), tj. rostliny, jejichž hlavní produkt (z nich vyrobený) je primárně určen k energetickým účelům, a biopaliva z nich vyrobená,</p> <p>b) cíleně pěstované energetické dřeviny, tj. dřeviny vypěstované mimo lesní půdu, jejichž hmota, vyjma asimilačních orgánů, je zcela využita k energetickým účelům a biopaliva z nich vyrobená</p>	S1, P1	O1

2	<ul style="list-style-type: none"> a) sláma obilovin a olejnin, sláma kukuřice na zrno a biopaliva z ní vyrobená včetně vedlejších a zbytkových produktů z jejich zpracování, b) znehodnocené zrno potravinářských obilovin a semeno olejnin, a biopaliva z nich vyrobená včetně vedlejších a zbytkových produktů z jejich zpracování, c) ostatní rostlinná pletiva, rostliny a části rostlin použité jako biopalivo, jejich vedlejší a zbytkové produkty, biopaliva z nich vyrobená, d) rostliny uvedené v příloze č. 2 této vyhlášky, avšak pouze v případě, pokud se jedná výlučně o využití biomasy vzniklé odstraněním těchto rostlin na jejich stávajících stanovištích, a biopaliva z nich vyrobená, e) ostatní zbytková biomasa v podobě kalů z praní, čištění, extrakce, loupání, odstředování a separace, včetně zbytkové biomasy ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku, z mlékárenského, konzervářského, cukrovarnického, pivovarnického a tabákového průmyslu, z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy, z pekáren a výroby cukrovinek, výroby alkoholických a nealkoholických nápojů a další obdobná biomasa, která je nevhodná ke spotřebě nebo pro další zpracování a dále biopaliva z ní vyrobená, f) travní hmota z údržby trvalých travních porostů a z biomasy z údržby veřejné i soukromé zeleně, včetně údržby tratí, vodotečí, ochranných pásem apod., kromě dřeva, v případě přímého termického využití pouze biopaliva z ní vyrobená, 	S2, P2	O2
Skupina	Popis druhu biomasy	Kategorie	
		Spoluspalování (S), paralelní spalování (P)	Spalování a zplynování čisté biomasy (O)

2	<p>g) zbytková hmota z těžby dřeva, tzv. nehroubí, tj. dřevo do průměru 7cm, biopaliva z ní vyrobená a vedlejší a zbytkové produkty jejího zpracování (tzv. zelená štěpka), hroubí do délky 1 metru, biopaliva z něho vyrobená a vedlejší a zbytkové produkty jejího zpracování, biomasa z probírek a prořezávek (vzniklá v lese), dřevní hmota z údržby veřejné i soukromé zeleně (včetně tratí, vodotečí, rozvodů elektřiny apod.), biopaliva z této zbytkové hmoty vyrobená (tzv. zelená štěpka apod.) a vedlejší a zbytkové produkty jejich zpracování, jinak nevyužitelné dřevo a biopaliva z něj vyrobená a vedlejší a zbytkové produkty z jeho zpracování,</p> <p>h) použité dřevo, použité výrobky vyrobené ze dřeva a dřevěných materiálů, dřevěné obaly, při splnění ostatních požadavků, biopaliva z nich vyrobená a vedlejší a zbytkové produkty z jeho zpracování,</p> <p>i) zbytková dřevní hmota vznikající při výrobě celulózy, vyjma kůry, biopaliva z této zbytkové dřevní hmoty vyrobená a vedlejší a zbytkové produkty z jejího zpracování,</p> <p>j) kompost nevyhovující jakosti nebo určený k energetickému využití (energetický kompost) a tvarované nebo jiné biopalivo z něj vyrobené, vyplozené substráty z pěstování hub v podobě energetického kompostu,</p> <p>k) biopaliva vyrobená z kalů z čistíren odpadních vod, vzniklých v aeračních nádržích při biologickém zpracování odpadních vod nebo při biologickém procesu čištění, a separovaných sedimentací nebo flotací, s vyloučením ostatních kalů a usazenin z vodních těles,</p> <p>l) výměť z rozvlákňování odpadního papíru a lepenky, výměťová vlákna a biopaliva z nich vyrobená,</p> <p>m) druhotně nevyužitelný papír a lepenka a biopaliva z nich vyrobená,</p> <p>n) kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna a biopaliva z nich vyrobená,</p> <p>o) vlákninové kaly vznikající v sedimentačních nádržích při čištění odpadních vod z produkce papíru a celulózy separované sedimentací nebo flotací, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění a biopaliva z nich vyrobená</p> <p>p) deikingové kaly</p> <p>q) zbytková biomasa z kožedělného a textilního průmyslu a biopaliva z nich vyrobená</p>	S2, P2	O2
---	---	--------	----

Skupina	Popis druhu biomasy	Kategorie	
		Spoluspalování (S), paralelní spalování (P)	Spalování a zplynování čisté biomasy (O)
3	<ul style="list-style-type: none"> a) piliny, biopaliva z nich vyrobená a vedlejší a zbytkové produkty jejich zpracování, b) hobliny, biopaliva z nich vyrobená a vedlejší a zbytkové produkty jejich zpracování, c) bílá a hnědá štěpka vzniklá při pilařském zpracování odkorněného a neodkorněného dřeva, d) odřezky a dřevo určené pro materiálové využití, biopaliva z nich vyrobená a vedlejší a zbytkové produkty jejich zpracování, e) materiál vznikající při pilařském zpracování dřeva, tj. zejména krajiny, odřezy, řezivo, biopaliva z něj vyrobená a vedlejší a zbytkové produkty jeho zpracování, f) palivové dřevo, g) sulfátový, sulfitový výluh, surové tálové mýdlo a biopaliva z nich vyrobená 	S3, P3	O3
4	<ul style="list-style-type: none"> a) zbytkový jedlý olej a tuk, směs tuků a olejů z odlučovače tuků obsahující pouze jedlé oleje a jedlé tuky a dále biopaliva z nich vyrobená, včetně vedlejších a zbytkových produktů jejich zpracování, b) zbytkové produkty z destilace lihu, výpalky a obdobné rostlinné zbytky a vedlejší produkty z rostlin a dále biopaliva z nich vyrobená, včetně vedlejších a zbytkových produktů jejich zpracování, c) rostlinné oleje a živočišné tuky s výjimkou živočišných tuků podle přímo použitelného předpisu Evropských společenství¹⁾ a palivo vyrobené výlučně z rostlinných olejů nebo živočišných tuků, d) alkoholy vyráběné z biomasy, e) ostatní kapalná biopaliva, f) kůra, g) biologicky rozložitelné zbytky z kuchyní a stravoven, h) biologicky rozložitelná část vytríděného průmyslového a komunálního odpadu pocházející z odděleného sběru nebo z procesu mechanicko-biologické úpravy, s vyloučením biomasy zpracovávané v procesu čištění odpadních vod 	S3, P3	O2

¹⁾ Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1774/2002, o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu, ve znění pozdějších předpisů.

Tabulka č. 2: Proces anaerobní fermentace

Skupina	Popis druhu biomasy	Kategorie
		Anaerobní fermentace (AF)
1	cíleně pěstované energetické plodiny (jednoleté, dvouleté a víceleté byliny a zemědělské plodiny), tj. plodiny, jejichž hlavní produkt (z nich vyrobený) je primárně určen k energetickým účelům a jejich části	AF 1
2	<ul style="list-style-type: none"> a) znehodnocené zrno potravinářských obilovin a semeno olejnin, včetně vedlejších a zbytkových produktů z jejich zpracování, b) ostatní rostlinná pletiva, rostliny a části rostlin, jejich vedlejší a zbytkové produkty ze zemědělských a potravinářských výrob, c) rostliny uvedené v příloze č. 2 této vyhlášky, avšak pouze v případě, pokud se jedná výlučně o využití biomasy vzniklé odstraněním těchto rostlin na jejich stávajících stanovištích, d) travní hmota z údržby trvalých travních porostů a z biomasy z údržby veřejné i soukromé zeleně, včetně údržby tratí, vodotečí, ochranných pásem apod., e) výpalky z lihovarů vyrábějících kvasný líh pro potravinářské účely a z pěstitelských pálenic, f) zemědělské meziprodukty z živočišné výroby vznikající při chovu hospodářských zvířat, včetně tuhých a kapalných exkrementů s původem z živočišné výroby – kejda a hnůj, g) nepoužité oleje z olejnatých rostlin a pokrutiny vzniklé při lisování rostlinného oleje, h) ostatní zbytková biomasa v podobě kalů z praní, čištění, extrakce, loupání, odstředování a separace, včetně zbytkové biomasy ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku, z mlékárenského, konzervářského, cukrovarnického, pivovarnického a tabákového průmyslu, z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy, z pekáren a výroby cukrovinek, výroby alkoholických a nealkoholických nápojů a další obdobná biomasa, i) nestabilizované kaly z čistíren odpadních vod, vzniklé v aeračních nádržích při biologickém zpracování odpadních vod nebo při biologickém procesu čištění výlučně z čistíren vybavených pouze aerobním stupněm čištění, s vyloučením ostatních kalů a usazenin z vodních těles, j) rostlinné oleje a živočišné tuky s výjimkou živočišných tuků podle přímo použitelného předpisu Evropských společenství⁵⁾, k) zbytkový jedlý olej a tuk, směs tuků a olejů z odlučovače tuků obsahující pouze jedlé oleje a jedlé tuky, l) alkoholy vyráběné z biomasy, m) zbytkové produkty z destilace lihu (bioethanolu pro účely přimíchávání do PHM), zpracované produkty pocházející z živočišných materiálů kategorie 2 a 3, podle přímo použitelného předpisu Evropských společenství⁵⁾, nezpracovaných živočišných materiálů, kalů z praní a čištění živočišných tkání kategorie 3, podle právního předpisu evropských společenství, mléka, mleziva, hnoje a obsahu trávicího traktu vyjmutého z trávicího traktu, vše kategorie 3, podle přímo použitelného předpisu Evropských společenství⁵⁾, n) v případě těchto materiálů kategorie 2 podle přímo použitelného předpisu Evropských společenství⁵⁾, tj. pouze pokud jsou předem tepelně zpracovány (hygienizovány), o) masokostní moučka pouze kategorie 2 a 3 podle přímo použitelného předpisu Evropských společenství⁵⁾, 	AF 2

	p) kafilerní tuk pouze kategorie 2 a 3 podle přímo použitelného předpisu Evropských společenství ⁵⁾ ,	
Skupina	Popis druhu biomasy	Kategorie
		Anaerobní fermentace (AF)
2	q) biologicky rozložitelné zbytky z kuchyní a stravoven, r) biologicky rozložitelná část vytríděného průmyslového a komunálního odpadu pocházející z odděleného sběru nebo z procesu mechanicko-biologické úpravy, s vyloučením biomasy zpracovávané v procesu čištění odpadních vod	AF2

Poznámky k tabulce č. 1:

- I. Sloupec pro procesy termické přeměny obsahuje kategorie biomasy pro její využití přímým spalováním, včetně společného spalování, a zplynováním za účelem výroby elektřiny.
- II. Jednotlivé druhy biomasy jsou systematicky zařazeny do 4 skupin následujícím způsobem:

skupina 1	zahrnuje pouze cíleně pěstovanou energetickou biomasu,
skupina 2	zahrnuje biomasu nezařazenou do skupiny 1, 3 nebo 4 a současně využitelnou pro procesy termické přeměny; jedná se o orientační výčet druhů biomasy,
skupina 3	zahrnuje materiálově využitelnou, jednoznačně určitelnou biomasu, zejména piliny a tzv. bílou a hnědou štěpku,
skupina 4	zahrnuje biomasu, kterou je možné využít pomocí procesů termické přeměny, ale s rozlišením zařazení do kategorií dle druhu termické přeměny.

Poznámky k tabulce č. 2:

- I. Sloupec pro proces anaerobní fermentace obsahuje kategorie biomasy pro využití prostřednictvím vývinu bioplynu pro následné energetické využití.
- II. Jednotlivé druhy biomasy jsou systematicky zařazeny do 2 skupin následujícím způsobem:

skupina 1	zahrnuje energetické plodiny,
skupina 2	
písmena a) až g)	zahrnuje biomasu s původem v zemědělství nebo v bezprostředně navazujícím zpracovatelském průmyslu,

písmena h) až r) zahrnuje veškerou ostatní biomasu vhodnou pro zpracování pomocí anaerobní fermentace s tvorbou bioplynu.“.

II. 4 Sběr komunálního odpadu

Podle sběrného místa od místa vzniku odpadu rozeznáváme:

Donáškový systém. Osoby (producenti odpadu) musí odpad donést nebo dovést na určené sběrné místo. Tento systém se používá hlavně pro všechny složky separovaného sběru (skla, plastů, velkoobjemového odpadu), občas i pro sběr směsného odpadu.

Odvozový systém. Odpad se nedonáší dále než 30-50 m od místa vzniku. Tento systém se v ČR využívá hlavně pro odpad směsný, i když např. v Pražské památkové rezervaci jsou částečně takto sbírány i tříděné složky (papír, sklo, plasty).

Podle organizace sběru:

Stacionární sběr. Je založen na donášece odpadu na stálá sběrná místa. Stacionárním sběrem jsou všechny metody nádobového sběru, také veškerý sběr ve sběrných dvorech a sběr nebezpečného odpadu v lékárnách.

Mobilní sběr. Systém je založen na odvozu odpadu z místa jeho vzniku bez předchozího shromáždění na sběrných místech. Patří sem tzv. sběr „dům od domu“, odvoz na vyžádání či mobilní sběrný nebezpečných odpadů.

Příklad organizace sběru odpadu v pražské aglomeraci

Separovaný sběr odpadu. Separovaný sběr je na území Prahy zajišťován donáškovým systémem. Realizace celoplošného systému třídění v donáškovém systému byla plánována na 4 roky (dle Projektu hospodaření s odpady). V průběhu roku 1998 byla realizace urychlena a cílového stavu bylo dosaženo na počátku roku 2000, za tři roky. Občany je především využíván donáškový způsob, kde sběrných nádob (kontejnerů), s horním nebo spodním výsypem o objemu 240–3200 litrů. Počet nádob na separovaný sběr je v současné době stabilizován. Počet sběrných míst v donáškovém systému je cca 2900. Jedno sběrné místo slouží v průměru 400 obyvatelům. V letním období je zvýšena četnost svozu plastů, protože v tomto období dochází k větší spotřebě balených nápojů, to znamená vyšší výskyt plastových obalů.

Odvozný způsob je zajišťován v kombinaci s donáškovým způsobem na území Pražské památkové rezervace. V tomto systému jsou plastové sběrné nádoby o objemu 120 a 240 litrů umístěny přímo v bytových objektech. Těchto sběrných míst by mělo být až 1200. Jejich zřízení je však odkázáno na souhlas vlastníka nemovitosti, takže jsou sběrné nádoby osazeny v cca 1000 objektech.

Sběrná místa určují městské části po konzultaci se svozovými společnostmi. Počet sběrných míst odpovídá počtu obyvatel a typu zástavby.

Na mnoha pražských základních školách (96 ve školním roce 2003/04) probíhá již několik let soutěž ve sběru starého papíru. Tímto způsobem se získává cca 10 % veškerého vyříděného papíru. Jednou z výhod tohoto sběru je skutečnost, že hl. m. Praha zde nemusí hradit žádné náklady. Ty nese provozovatel sběru Středočeské sběrné suroviny, a.s. Tržby z tříděného papíru jsou příjmem příslušné školy.

Zpracování separovaného odpadu

Při zpracování separovaného (odděleného) odpadu, viz následující tabulka, musí být splněny hygienické a veterinární předpisy:

20 00 00	Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) , včetně složek z odděleného sběru
20 01 00	Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)
▲ 20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven <i>odpady ze zeleniny a ovoce, káva, kávová sedlina, rostlinné zbytky pokrmů, vaječné skořápky, živočišné zbytky pokrmů, zkažené potraviny živočišného původu</i>
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37 <i>drobný odpad ze zpracování dřeva, dřevo (v celku nebo posekané)</i>
20 02 00	Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad <i>posekaná tráva, trávnik, seno, listí, spadané ovoce, odpady ze zeleniny, kůra, posekané křoviny, ořezané části stromů, drobný odpad ze zpracování dřeva, ovoce, zelenina, dřevo (v celku nebo posekané), separovaně sebrané organické hřbitovní odpady</i>
20 03 00	Ostatní komunální odpady
20 03 02	Odpad z tržišť <i>květiny, ovoce, zelenina</i>
20 03 04	Kal ze septiků a žump

Během řešení projektů VÚZT, v.v.i. byla navázána úzká spolupráce s firmou EKOSO s.r.o. Trhový Štěpánov (Ekologické sdružení obcí). Ověřování a provozní šetření probíhalo na její skládce odpadu. Skládka je umístěna cca 700 m severovýchodním směrem od okraje obce Trhový Štěpánov v terénní depresi směřující od západu k východu. Skládka je rozvržena na

pět etap o celkové kapacitě 854 200 m³ odpadů. V současnosti je provozována I.etapa skládky o celkové kapacitě 113 000 m³ a ve výstavbě je II.etapa kapacit 104 000 m³.

Přibližné složení tuhého komunálního odpadu (TKO)

Postupy sběru komunálního odpadu jsou známé a svozové společnosti se jimi zabývají denně. Komunální odpady jsou velmi různorodý materiál. Jeho složení závisí hlavně na ročním období, charakteru zástavby, způsobu vytápění a životním stylu obyvatel. Asi ze 70% je KO organizovaně a pravidelně svážen a zpracováván. Průměrné složení komunálního odpadu na skládce Trhový Štěpánov bylo zjištěno v následující struktuře:

- 44% papír
- 2% textil
- 3% plasty
- 1% kůže a pryž
- 15% odpady
- 2% dřevo kuchyňské odpady
- 12% zemědělské odpady
- 8% sklo
- 9% kovy
- 4% keramika
- a zbytek nezařazených látek.

To odpovídá i poměrnému zastoupení složek ve skládce EKOLOGIE s.r.o. Lány.

Sběr komunálního odpadu, tzn. shromažďování odpadu k dalšímu nakládání s ním, můžeme podle technického vybavení, pokud se jedná o nádobový sběr - rozlišovat podle několika hledisek: Prvním je vícenásobné použití sběrných nádob. Jejich typ a velikost záleží vždy na podmínkách sběrné oblasti, charakteru sbíraného odpadu a také typu dostupné obslužné techniky. Nádoby s horním výsypem – nejznámější nádoby 70 - 1100 l, užívané nejvíce pro směsný odpad. K vyvážení se používá svozové techniky s lisem či šnekem (odvozní vozy kuka, bobr).

Nádoby se spodním výsypem, jedná se o nádoby větších objemů až 5 000 l, používané většinou na separované složky odpadu. K vyprázdnění nádoby je nutný nákladní automobil s jeřábovým ramenem, kterým se uchopí kontejner a vysype jeho obsah na korbu.

Velkoobjemový odpad

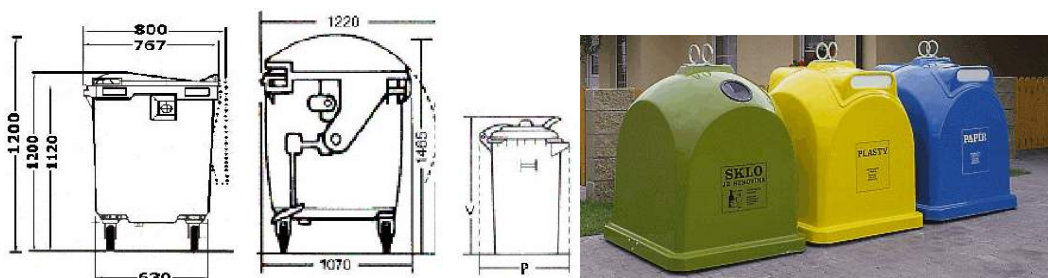
Pro velkoobjemový odpad se používají odpadové přepravníky, tzv. velkoobjemové kontejnery, objem od 3 do 12 m³, v různém technickém provedení, do velkoobjemových nádob se často dostává odpad z péče o zeleň (tráva dřeviny, větve atd.)



Obr. 4.1.: Velkoobjemové kontejnery pro sběr velkoobjemových odpadů, zejména stavebních odpadů a zeleně.

Bioodpad – biodegradabilní podíl TKO

Na bioodpad se používají speciální plastové nádoby s dvojitým dnem na zachycení výluhu, objem obvykle 240 l, většinou se jedná o bioodpad z domácností na sídlištích.



Obr. 4.2.: Neznámější nádoby o objemu 70 - 1100 l a nádoby se spodním výsypem.

Vytříděné frakce spalitelných a biologicky odbouratelných komunálních a průmyslových odpadů, dávají možnost dalšího zpracování na TAP – tuhá alternativní paliva, REF, PDB, RDF, viz. dále).

Směsný komunální odpad – tuhý komunální odpad (TKO) s biologicky rozložitelným podílem (BRKO):

Dává možnost přímého energetického využití ve spalovně KO - konzultace Pražské služby, závod 12, spalovna KO Malešice.

Separovaný biologický odpad z péče o zeleň může sloužit k výrobě biopaliv, nebo alternativních paliv.

Papír a určité šarže plastů mohou být rovněž použity pro výrobu alternativních paliv. Podmínky výkupu a sběru bioodpadů jsou dány **Vyhláškou MŽP č. 341/2008 Sb ze dne 26. srpna 2008** o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady), respektive přílohou č.4, která specifikuje provozní řád zařízení ke sběru, výkupu nebo k využití bioodpadů.

Příloha č. 4 k vyhlášce č. **341/2008 Sb.**

Obsah provozního řádu zařízení ke sběru, výkupu nebo k využití bioodpadů

- (1) Provozní řád zařízení ke sběru a výkupu bioodpadů obsahuje údaje stanovené pro provozní řád skupiny zařízení A v příloze č. 1 k vyhlášce č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů, a tyto další údaje:
- a) opatření pro splnění požadavků na pracovní prostředí v souladu se zvláštními právními předpisy¹⁾,
 - b) případné další podmínky pro příjem bioodpadů,
 - c) v případě zpracování odpadů vedlejších živočišných produktů opatření pro splnění požadavků zvláštních právních předpisů.
- (2) Provozní řád zařízení k využívání bioodpadů obsahuje údaje stanovené pro provozní řád skupiny zařízení C v příloze č. 1 k vyhlášce č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů, a tyto další údaje:
- a) způsob využití výstupu ze zařízení (kompost, hnojivo apod.),
 - b) opatření pro splnění požadavků na pracovní prostředí v souladu se zvláštními právními předpisy¹⁾,
 - c) opatření k provádění kontroly emisí pachů,
 - d) v případě bioplynových stanic je nezbytné vždy uvést následující údaje:
 - 1. jednoznačná specifikace vstupů do zařízení a jejich předpokládané množství,
 - 2. způsob skladování vstupů,
 - 3. místa možného vývinu emisí pachových látek,
 - 4. přijetí opatření k zamezení vývinu emisí pachových látek,
 - 5. způsob řešení aktivního omezování vzniklých emisí pachových látek při běžném provozu zařízení i při mimořádných stavech,
 - 6. upřesnění způsobu nakládání s výstupními produkty mimo vegetační období,

¹⁾) Například nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci).

7. upřesnění způsobu nakládání s digestátem vzniklým při mimořádných, popřípadě havarijních situacích,
8. technicko-organizační opatření k zamezení vzniku a záchytu emisí pachových látek,
 - e) opatření k minimalizaci obtěžování a rizik z provozu zařízení (emise pachu, emise tuhých znečišťujících látek, materiály zanášené větrem, hluk a dopravní provoz, ptáci, paraziti a hmyz, vznik aerosolů apod.),
 - f) v případě zpracování odpadů vedlejších živočišných produktů opatření pro splnění požadavků zvláštních právních předpisů),
 - g) plán vzorkování výstupů ze zařízení; při jeho zpracování se postupuje podle přílohy č. 9, vzor protokolu je uveden v příloze č. 10,
 - h) rozsah sledovaných ukazatelů stanovených pro hodnocení výstupů ze zařízení a četnost jejich kontrol podle přílohy č. 3 v souladu s podrobnostmi o vzorkování stanovenými v příloze č. 9 a 10,
 - i) stanovení postupu změny provozního řádu ve smyslu snížení četnosti zkoušek v souladu s podrobnostmi o vzorkování stanovenými v příloze č. 9 a 10,
 - j) případné další podmínky pro příjem bioodpadů.

II. 5 Paliva na bázi TAP

V roce 2006 bylo v České republice vyprodukováno 24,6 mil. tun odpadů. Z celkového množství odstraněných odpadů bylo 80,7 % zpracováno skládkováním. V budoucnu již nebude možné skládkovat tzv. biologicky rozložitelný komunální odpad v takovém množství jako dnes, neboť Plán odpadového hospodářství ČR stanovuje postupné snižování tohoto odpadu v souladu se směrnicí Rady 1993/31 EC o skládkování odpadu.

Vhodnou variantou je využití tříděného komunálního odpadu jako alternativního paliva. Dle dosud platné vyhlášky č. 357/2002 Sb. je možné alternativní paliva spalovat pouze ve spalovacích zařízeních středních výkonů, tj. od 200 kW a výše. Tuhé alternativní palivo je tuhé palivo vyrobené z jiného než nebezpečného odpadu, určené k energetickému využití a zužitkování ve spalovnách (spalovacích zařízeních) nebo zařízeních pro spoluspalování a splňující požadavky na třídění a specifikaci, stanovené v CEN/TS 15359.

Výroba alternativního paliva je v mnoha ohledech výhodná oproti spalování samotného směsného komunálního odpadu. Výhodou tuhého alternativního paliva je možnost dlouhodobého skladování. Při jeho úpravě lisováním do briket nebo pelet i snadná manipulace a doprava. Příznivé jsou stále fyzikální vlastnosti jako je výhřevnost a měrná hmotnost

Tuhé alternativní palivo lze využít v předem stanovených systémech spalování jako je spalování na roštu, spalování ve fluidním kotli nebo zplyňování, a kromě toho je možné toto palivo spoluspalovat v kotlích na uhlí, v cementárenských pecích anebo spoluzplyňovat při zplyňování biomasy a uhlí. Důvodem spoluspalování například v cementárenských pecích jsou vysoké teploty s dlouhou prodlevou, které způsobí účinnou destrukci organických složek, zásadité prostředí pomáhá ke snížení kyselých plyných emisí a popeloviny a těžké kovy jsou vázány do struktury konečného výrobku.

V posledním návrhu novely vyhlášky 357/2002 Sb. jsou charakterizovány obecné požadavky na tuhá paliva, včetně alternativních paliv, která lze spalovat ve stacionárním zdroji. Pro orientaci jsou uvedeny tyto požadavky v tabulce 5.1.

Testované tuhé alternativní palivo je separováno ze směsného komunálního odpadu. Jedná se o spalitelné složky, které mají nízký obsah vody. Tato část je označována jako vláknenné chmýří (fluff) viz obrázek 5.1, kde velikost částic je obvykle v rozsahu několika centimetrů. V praxi se jedná o organickou hmotu nejrůznějšího původu, např. plasty, lignocelulóznové materiály, textil apod.

Tab. 5.1: Návrh požadovaných parametrů na kvalitu tuhých paliv

Kvalitativní ukazatel	Jednotka	Původní návrh novely vyhlášky	Aktuální návrh novely vyhlášky
		Vymezení limitní hodnoty kvalitativního ukazatele	
Voda	% hm.	< 20	< 15
Obsahy v bezvodém stavu			
Výhřevnost	MJ.kg ⁻¹	> 15	> 15
Obsah síry a jejích sloučenin	% hm.	< 0,6	< 0,3
Obsah chlóru a jeho sloučenin	mg.kg ⁻¹	< 800*	< 50
Obsah arsenu a jeho sloučenin	mg.kg ⁻¹	< 15	< 1
Obsah kadmia a jeho sloučenin	mg.kg ⁻¹	< 2	< 0,5
Obsah rtuti a jejích sloučenin	mg.kg ⁻¹	-	< 0,05
Obsah olova a jeho sloučenin	mg.kg ⁻¹	< 50	< 10
Obsah niklu a jeho sloučenin	mg.kg ⁻¹	-	< 3

* Suma obsahu fluoru, chloru, bromu a jejich sloučenin



Obr. 5.1: Vlákenné chmýří (fluff)

Předmětem výzkumu bylo zjišťování mechanických a palivoenergetických vlastností tuhého alternativního paliva upraveného do formy standardizovaných paliv s využitím příměsí biomasy, které by eventuálně zlepšily vlastnosti základního materiálu.



Obr. 5.2: Briketa z vlákenného chmýří

Základním materiálem pro výrobu zkoumaných briket bylo použito tzv. vlákenné chmýří (fluff), které vzniká z tříděného směsného komunálního odpadu a je drceno na frakci cca 50 x 100 mm. Jedná se o materiál o nízké hustotě a mající schopnost být unášen vzduchem. Materiál obsahuje plast, dřevo, papír, textil a pryž. Uvedený materiál je výrobcem označován jako palivo ASAPAL a používá se pro spalování v cementářských pecích. Palivoenergetické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 5.2.

Tab. 5.2: Palivoenergetické vlastnosti paliva formy fluff

	Jednotka	forma fluff		forma fluff + topolová štěpka	
		původní vzorek	bezvodý stav	původní vzorek	bezvodý stav
voda	% hm.	2,47	-	4,48	
prchavá hořlavina	% hm.	77,55	79,51	76,25	79,83
nepřchavá hořlavina	% hm.	9,99	10,24	13	13,1
popel	% hm.	9,99	10,24	6,27	6,56
C	% hm.	39,39	40,39	38,6	40,41
H	% hm.	5,55	5,69	5,55	5,81
N	% hm.	1,47	1,51	1,26	1,32
S	% hm.	0,06	0,06	0,04	0,04
O	% hm.	41,46	42,69	43,74	45,79
Cl	% hm.	0,13	0,13	0,06	0,06
Spalné teplo	MJ.kg ⁻¹	20,12	20,63	19,78	20,71
Výhřevnost	MJ.kg ⁻¹	18,85	19,39	18,47	19,45

Vstupní materiál byl dezintegrován drtičem zahradního odpadu, typ GE 210, výrobce firma Viking. Některé vzorky byly dále dezintegrovány na šrotovníku s průměrem otvorů síta 15 mm, výrobce STOZA s.r.o. Briketování bylo provedeno hydraulickým lisem HLS 50, výrobce Briklis, s.r.o. Výsledkem je briketa o průměru 65 mm (obr. 5.2). Po briketování byly produkty podrobeny mechanickým zkouškám. Měřením a vážením byla zjištěna měrná hmotnost briket a k určení síly na porušení briket byl použit univerzální trhací stroj ZDM – 5, rychlost posuvu byla 6 mm.min⁻¹ s rozsahem zatěžovací síly 0 – 50 000 N. Briketa je vložena mezi dvě rovnoběžné desky tak, že její osa je rovnoběžná s deskami (obr. 5.3). Desky jsou k sobě přitlačovány do doby než dojde k prvotní destrukci brikety.



Obr. 5.3: Mechanická zkouška na porušení brikety

Mechanické zkoušky briket se provádí pro zjištění míry jejich odolnosti proti úderu nebo otěru, způsobených manipulací a dopravními procesy. Obecně lze konstatovat, že čím je vyšší měrná hmotnost briket, tím větší je množství energie v jednotce objemu a kvalita brikety je vyšší. A stejně tak u mechanické odolnosti proti poškození, kterou vyjadřuje destrukční

síla. Čím je tato síla vyšší, tím je briketa kvalitnější. Průměrné hodnoty mechanických vlastností briket ze směsi tuhého alternativního paliva a biomasy jsou uvedeny v tabulce 5.3.

Tab. 5.3: Mechanické vlastnosti briket

Složení	Měrná hmotnost	Destrukční síla
	kg.m ⁻³	N.mm ⁻¹
TAP	650	4
TAP + 20 % uhlí	670	6
TAP + topol (1:1)	720	43
TAP + topol (1:1) + 20 % uhlí	760	28
TAP + energ. šťovík (1:1)	730	16
TAP + energ. šťovík (1:1) + 20 % uhlí	650	20
TAP + kůra (1:1)	710	13
TAP + kůra (1:1) + 20 % uhlí	340	13
TAP + TTP* (1:1)	690	7
TAP + TTP (1:1) + 20 % uhlí	680	7
TAP + Ekobiopal (1:1)	780	21
TAP + Ekobiopal (1:1) + 20 % uhlí	830	29
TAP + Fermentovaná dřevní štěpka (1:1)	650	5
TAP + Fermentovaná dřevní štěpka (1:1) + 20 % uhlí	680	7

*TTP – trvalý travní porost

Z výsledků je patrné, že brikety mají obecně nižší měrnou hmotnost. Nejlepší výsledky ve zvýšení měrné hmotnosti vykazala směs TAP a Ekobiopal. Ekobiopal je biopalivo na bázi čistírenských kalů a rostlinné biomasy. Ve srovnání se Směrnicí č. 14 – 2006 MŽP Ekologicky šetrný výrobek „Brikety z dřevního odpadu“, kde je měrná hmotnost briket uváděna min. 900 kg.m⁻³, je měrná hmotnost zkoumaných briket nižší. Z pohledu mechanické zkoušky na porušení brikety došlo k významnému zlepšení využitím štěpky topolu a Ekobiopalu. Směsné brikety TAP a TTP se projevily jako nejméně kvalitní.

Emisní parametry byly zjišťovány v akumulacích kamnech SK-2 se jmenovitým tepelným výkonem 8 kW, výrobce RETAP Bahniště – Nové Město pod Smrkem. V akumulacích kamnech SK – 2 je spalovaný vzduch přiváděn z prostoru popelníku do topeniště přes ručně uzavíratelné klapky. V horní části dvířek je průduch pro přívod sekundárního vzduchu, který podporuje dokonalejšího hoření a zároveň zabraňuje usazování zplodin na skle. Spaliny jsou odváděny z topeniště do kouřovodu Ø 150 mm. Kouřové plyny byly analyzovány analyzátozem GA 60 s měřicím principem založeném na využití elektrochemických převodníků.

Při měřeních byla průměrná koncentrace oxidu uhelnatého a dalších plynných emisí přepočtena na 13 % obsahu kyslíku (O₂). Provozní zkoušky byly realizovány dle normy ČSN

EN 13229 „Vestavné spotřebiče k vytápění a krbové vložky na pevná paliva – Požadavky a zkušební metody“. Na základě této normy musí průměrné hodnoty oxidu uhelnatého ve spalinách splňovat mezní hodnoty pro příslušnou třídu CO, tak jak uvádí tab. 5.4.

Tab. 5.4: Třídy emisí oxidu uhelnatého pro lokální spotřebiče na pevná paliva podle ČSN EN 13229

Třída CO spotřebiče	Spotřebiče s uzavřenými dvířky
	Mezní hodnoty tříd emisí CO (při 13 % O ₂) %
Třída 1	0,3≤
Třída 2	> 0,3 ≤ 1,0

Kromě emisních parametrů byly stanovovány rovněž parametry energetické (viz tabulka 5.5 a analýza prvků, viz tabulka 5.6).

Tab. 5.5: Energetické parametry briket

Složení	Voda	Prchavá hořlavina	Neprchavá hořlavina	Popel	Spalné teplo	Výhřevnost
	[%]	[%]	[%]	[%]	[MJ/kg]	[MJ/kg]
TAP	3,5	76,44	9,59	10,47	18,92	17,51
TAP + 20 % uhlí	6,78	68,96	13,33	10,92	19,2	17,76
TAP + topol (1:1)	4,84	75,93	11,98	7,26	18,56	17,18
TAP + topol (1:1) + 20 % uhlí	7,85	68,56	15,24	8,36	18,91	17,5
TAP + energ. šřovík (1:1)	5,38	73,08	13,57	7,98	17,68	16,41
TAP + energ. šřovík (1:1) + 20 % uhlí	8,28	66,28	16,51	8,93	18,21	16,89
TAP + kůra (1:1)	6,01	72,11	14,98	6,9	18,2	16,84
TAP + kůra (1:1) + 20 % uhlí	8,79	65,5	17,64	8,07	18,63	17,23
TAP + TTP (1:1)	5,48	73,16	13,52	7,84	18,18	16,66
TAP + TTP (1:1) + 20 % uhlí	8,36	66,34	16,47	8,82	18,61	17,09
TAP + Ekobiopal (1:1)	5,77	69,86	13,07	11,29	17,91	16,57
TAP + Ekobiopal (1:1) + 20 % uhlí	8,6	63,70	16,11	11,58	18,39	17,01
TAP + Fermentovaná dřevní štěpka (1:1)	5,71	69,97	15,17	9,14	17,68	16,27
TAP + Fermentovaná dřevní štěpka (1:1) + 20 % uhlí	8,55	63,79	19,95	12,97	18,21	16,77

Tab 5.6: Obsah některých prvků v briketách [%]

Složení	C	H	N	S	O	Cl
TAP	46,21	6,12	< 0,1	0,12	33,45	0,13
TAP + 20 % uhlí	48,38	5,86	0,17	0,21	27,47	0,19
TAP + topol (1:1)	46,69	5,82	0,27	0,07	34,99	0,08
TAP + topol (1:1) + 20 % uhlí	48,76	5,63	0,38	0,18	28,7	0,16
TAP + energ. šřovík (1:1)	45,01	6,05	0,22	0,08	35,13	0,1
TAP + energ. šřovík (1:1) + 20 % uhlí	47,42	5,81	0,34	0,18	28,81	0,17
TAP + kůra (1:1)	44,95	5,55	< 0,1	0,08	36,36	0,07
TAP + kůra (1:1) + 20 % uhlí	47,37	5,41	0,18	0,18	29,8	0,15
TAP + TTP (1:1)	44,53	6,37	0,63	0,1	34,9	0,18

TAP + TTP (1:1) + 20 % uhlí	47,04	6,07	0,67	0,2	28,63	0,24
TAP + Ekobiopal (1:1)	44,34	5,51	0,61	0,2	32,23	0,13
TAP + Ekobiopal (1:1) + 20 % uhlí	46,88	5,38	0,65	0,28	26,49	0,2
TAP + Fermentovaná dřevní štěpka (1:1)	43,69	5,85	0,42	0,12	34,96	0,1
TAP + Fermentovaná dřevní štěpka (1:1) + 20 % uhlí	46,36	5,65	0,5	0,22	28,68	0,17

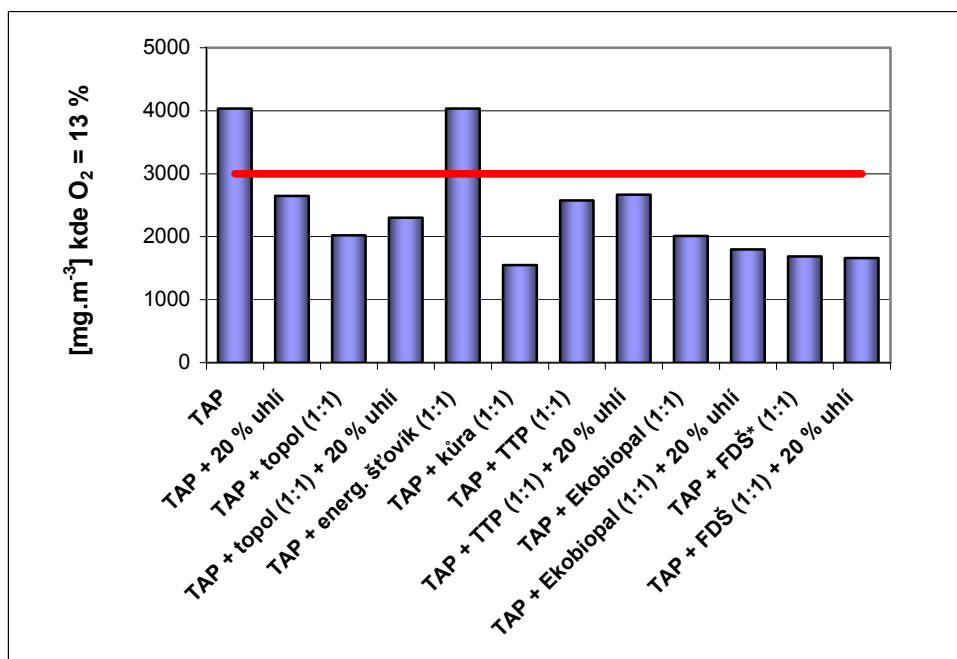
Z posledního nám dostupného návrhu novely vyhlášky č. 357/2002 Sb. v požadavcích na kvalitu tuhých paliv, viz tabulka 5.6, je uvedeno, že obsah vody nesmí překročit limit 15 % hm., tzn. že každá ze zkoumaných briket splnila tento požadavek. Podobně jako u výhřevnosti, kdy má být minimálně 15 MJ.kg⁻¹, výsledky přesahují tuto hodnotu a přidavek uhlí tuto vlastnost ještě zlepšuje. Naopak ve srovnání s požadavky na topné brikety a pelety dle ÖNORM M7135 by výhřevnost nesplnil ani jeden ze zkoumaných vzorků briket, stejně jako požadavek na obsah popela. Pro orientaci jsou uvedeny požadavky na topné brikety dle ÖNORM M7135 v tabulce 5.7.

Tab. 5.7: Palivové požadavky na topné brikety a pelety podle ÖNORM M7135

	ze dřeva	z kůry
obsah vody %	10	18
výhřevnost MJ/kg (suché hmoty)	18	18
obsah popela %	0,5	6,0
obsah síry %	0,04	0,08
obsah dusíku %	0,3	0,6
obsah chloru %	0,02	0,04

Analýza prvků při spalování briket ukázala, že obsah chloru a síry v briketách se snižuje s použitím kombinace směsi TAP a biologický materiál a naopak zvyšuje se s přidavkem uhlí. Obsah síry splňuje parametry na kvalitu tuhých paliv, dle návrhu novely k výše citované vyhlášce.

Vzhledem k druhové různorodosti materiálu tuhých alternativních paliv je nutné sledovat emisní limity oxidu uhelnatého a oxidů dusíku. Jako kritérium splnění těchto limitů byla zvolena norma ČSN EN 13229. Tato evropská norma platí pro spotřebiče s ruční dodávkou paliva, které zajišťují vytápění prostoru, případně ohřev vody. Emise oxidu uhelnatého z několika zkoumaných vzorků jsou uvedeny v grafu na obr. 5.4, kde červená čára znázorňuje maximální mez pro splnění 1. třídy.

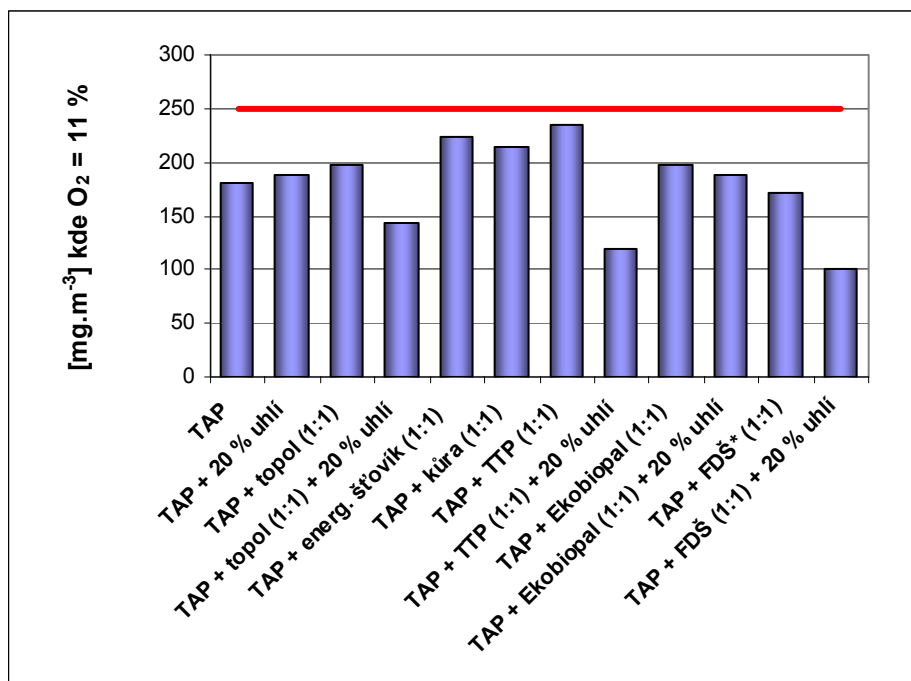


*Fermentovaná dřevní štěpka

Obr. 5.4: Emise CO při spalování briket

Z grafu na obrázku 5.4 je zřejmý pozitivní vliv příměsi biomasy oproti čistému TAP. Množství oxidu uhelnatého ve spalinách se výrazně sníží přidáním 50 % biologického materiálu do lisovací směsi, např. topolové dřevo, kůra, Ekobiopal nebo fermentovaná dřevní štěpka. Výjimkou je směs TAP a energetického šťovíku, kde podíl biomasy nijak nesnižuje emise oxidu uhelnatého ve spalinách, což potvrzuje závěry z předešlých měření. Rovněž příměs TTP má výrazně menší vliv na zvýšení kvality hoření. Uhelné aditivum nepatrně zvyšuje kvalitu paliva, ale ve výsledku nemá významný vliv na výsledný obsah oxidu uhelnatého.

V grafu na obrázku 5.5 jsou uvedeny emisní hodnoty oxidů dusíku zkoumaných briket. Vzhledem k tomu, že u používaného spalovacího zařízení o nízkém tepelném výkonu, není stanovena limitní hodnota oxidů dusíku, byla pro srovnání zvolena limitní hodnota ze Směrnice č. 13-2002 MŽP ČR s požadavky pro propůjčení ochranné známky „Ekologicky šetrný výrobek“. Směrnice se týká teplovodních kotlů pro ústřední vytápění na spalování biomasy do 0,2 MW. Horní přípustnou mez znázorňuje červená čára v grafu na obrázku 5.5 pro 11 % množství referenčního kyslíku.



* Fermentovaná dřevní štěpka

Obr. 5.5: Emise NO_x při spalování briket

Z výsledků grafu na obrázku 5.5 je zřejmé, že žádná ze zkoumaných briket nepřekročila stanovenou horní mez oxidů dusíku. Použitím uhelného aditiva se docílí nepatrného snížení těchto oxidů, naopak příměs biomasy způsobuje jejich zvýšení.

Tuhé alternativní palivo vytvořené separací z komunálního odpadu je v současné době možné spalovat v existujících spalovacích zařízeních pouze při splnění náročných legislativních požadavků. Pokud budou přijaty nové principy při hodnocení paliv, lze tyto materiály využít pro výrobu standardních tuhých paliv, např. ve formě briket. Pro tyto účely je však třeba zlepšit jejich užité vlastnosti. Při míchání uvedeného materiálu s některými materiály rostlinnými, případně s uhelnými aditivy se zlepšují mechanické vlastnosti, energetické parametry i množství sledovaných emisí při jejich spalování. Významným materiálem pro tyto účely je smrková kůra, jejíž značné množství existuje jako odpadní surovina při výrobě papíru. Vhodným materiálem je však i dřevo.

Vliv doplňkové biomasy na užité vlastnosti topných briket z rostlinných materiálů

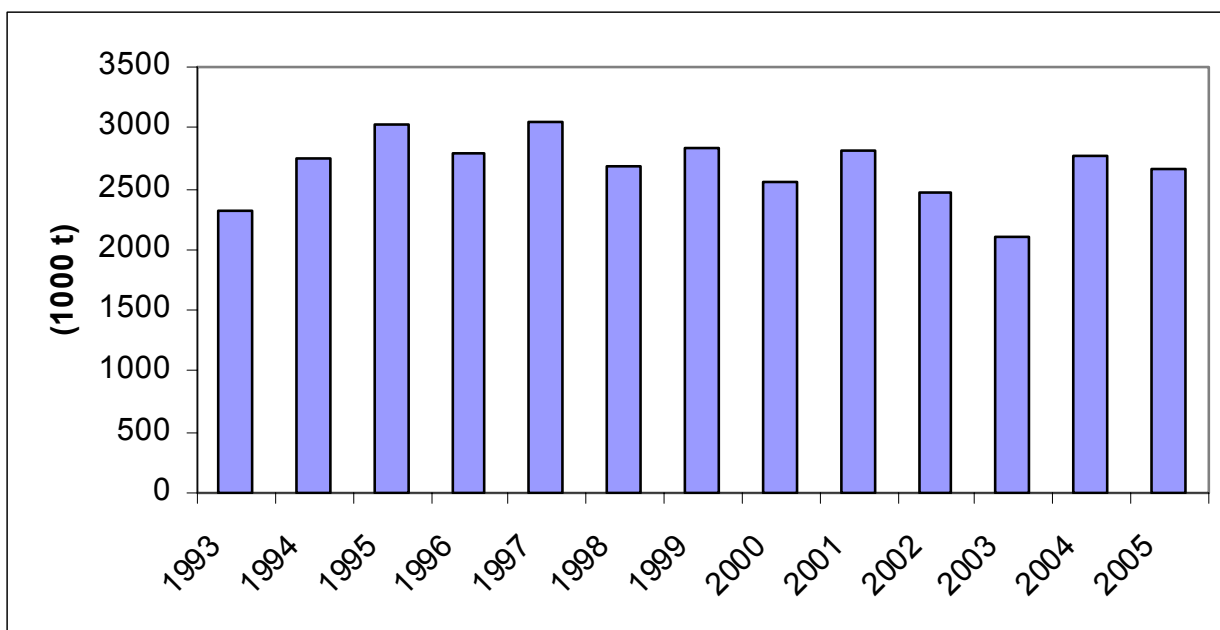
V rámci výzkumného záměru byly zjišťovány možnosti výroby topných briket a jejich spalovacích vlastností z několika odpadních fotomateriálů. Byly zde zúročeny zkušenosti z řešení projektu QD 1209 Technologické systémy pro využití biopaliv z energetických plodin. Jedná se o produkci z trvalých travních porostů, fytomasu z prořezávky vinic (réví) a odpady při zpracování bavlny. Tab. 5.8 a obr. 5.6. udává přehled potenciálu TTP v ČR. Tab. 5.9 a 5.10 uvádí množství produkce réví v ČR a bavlny ve světě.

Tab. 5.8: Rozlohy trvalých travních porostů v ČR a měrná produkce pícnin

Roky	Louky trvalé		Pastviny		Celkem	Trvalé travní porosty */	
	ha	t/ha	ha	t/ha	ha	ha	t/ha
1993	546 354	3,34	229 326	2,18	775 680		
1994	598 765	3,55	246 921	2,48	836 686		
1995	613 519	3,77	264 315	2,73	877 834		
1996	613 435	3,51	262 046	2,46	875 481		
1997	641 490	3,67	270 877	2,54	912 367		
1998	648 472	3,18	273 253	2,29	921 725		
1999	651 497	3,35	278 335	2,32	929 832		
2000	659 353	2,95	281 083	2,15	940 436		
2001	656 553	3,27	283 613	2,37	940 166		
2002						802 726	3,08
2003						875 035	2,41
2004						858 116	3,23
2005						852 741	3,12

*/ Pozn.: od roku 2002 byla zavedena kategorie zemědělské půdy – trvalé travní porosty – která zahrnuje louky i pastviny

Zdroj: ČSÚ



Obr. 5.6: Produkční potenciál TTP v ČR

Tab. 5.9: Produkční potenciál vinic v ČR k 31. 12. 2006 – celkem 19 646,73 ha

Osázených ploch vinic:	18 395,27 ha
Plochy vykloučených vinic:	443,08 ha
Plochy s právem na opětovnou výsadbu vinic:	435,67 ha
Plochy přidělené a dosud nevyužité státní rezervy:	116,30 ha
• z toho mladý vinař:	90,7173 ha
• z toho ostatní pěstitelé:	38,1082 ha
• z toho již využitá státní rezerva k výsadbě:	-12,5255 ha
Plochy nerozdělené státní rezervy:	256,41 ha

Užitné vlastnosti briket vytvořených z jednoho materiálu jsou často nevyhovující, jak se ukazuje např. u briket ze sena [10]. Proto byly brikety vytvářeny ze směsí různých materiálů, což má příznivé účinky na výsledný produkt. Kromě toho byly některé materiály použity v různém mechanickém zpracování, tzn. s rozdílnou velikostí částic. Brikety byly vytvořeny v briketovacím lisu HLS 50, výrobce Briklis, s.r.o. Toto zařízení je uvedeno na obr. 5.7.

Tab. 5.10: Produkce bavlny nejvýznamnějších světových pěstitelů (kt) (2)

Produkce ^{1/}				
	1999-01	2002/03	2003/04	2004/05
	Průměr			
Světový úhrn	20001	19299	20485	23080
China	4523	4916	4870	6300
United States	3952	3747	3975	4350
India	2573	2312	2924	2790
Pákistán	1837	1736	1734	1950
Area of Former USSR	1532	1518	1461	1691
Brazil	802	848	1255	1242
Turkey	864	900	900	950
Australia	756	322	329	498
EU	541	470	412	449
Egypt	253	291	200	280
Argentina	122	63	113	108
Další	2246	2176	2312	2472

^{1/} Začátek sezony je 1. srpna



Obr. 5.7: Briketovací lis HLS 50

Jako doplňková biomasa byla do briket přidávána dřevní hmota rychlerostoucích topolů, smrková kůra, energetický šťovík, sláma a seno k briketám z réví a bavlněného odpadu, tedy jako kombinace dvou základních materiálů. Vytvořené brikety byly podrobeny zkouškám mechanických vlastností, byla zjišťována jejich měrná hmotnost a síla na jejich porušení. K tomuto účelu byl použit univerzální trhačí stroj ZDM-5. Briketa je vložena mezi dvě rovnoběžné desky tak, že její osa je s těmito deskami rovnoběžná. Desky jsou k sobě přitlačovány, přičemž je zjištěna síla nutná pro destrukci materiálu. Tato síla je dále přepočítána na jednotku délky brikety. Celé měření je zřejmé z obr. 5.8.



Obr. 5.8: Zkouška mechanických vlastností briket na univerzálním trhacím stroji ZDM-5

Dále byly rozborem zjištěny energetické parametry některých briket a provedeny spalovací zkoušky v akumulčních kamnech SK-2 se jmenovitým tepelným výkonem 8 kW. Výrobce RETAP, s.r.o. určuje ke spalování jakékoliv suché dřevo a biopalivové brikety různých

velikostí (obr. 9).

Obr. 5.9: Spalovací akumulční kamna SK-2



Topné brikety vytvořené z uvedených materiálů spolu s jejich mechanickými a energetickými parametry jsou uvedeny v tab.5.11 až 5.16.

Tab. 5.11: Mechanické vlastnosti briket z travní biomasy

Složení	Hustota (kg.m ³)	Síla na porušení (N.mm ⁻¹)
Seno (ø 15)	790 ± 40	14 ± 3
Seno (řezanka)	720 ± 50	10 ± 5
Seno (ø 15) + štěpka	790 ± 50	34 ± 12
Seno (řezanka) + štěpka	690 ± 30	13 ± 2
Seno (řezanka) + štěpka 1:3	790 ± 30	25 ± 6
Seno (ø 15) + kůra	860 ± 10	27 ± 3
Seno (řezanka) + kůra	890 ± 30	21 ± 7
Seno (řezanka) + kůra 1:3	890 ± 50	22 ± 9
Seno (řezanka) + šťovík	600 ± 110	7 ± 5
Seno (řezanka) + šťovík 1:3	820 ± 70	21 ± 10

Tab. 5.12: Energetické parametry briket z travní biomasy

Složení	Voda (%)	Prchavá hořlavina (%)	Neprchavá hořlavina (%)	Popel (%)	Výhřevnost (MJ.kg ⁻¹)
Seno	11,02	67,91	15,82	5,25	14,4
Seno + 25 % uhlí	13,24	60,7	18,94	7,12	15,5
Seno + šťovík	8,15	68,55	17	6,3	15,1
Seno + kůra	9,77	67,85	18,1	4,29	15,29
Seno + štěpka	8,91	71,73	15,23	4,14	15,79

Tab. 5.13: Mechanické vlastnosti topných briket z bavlněného prachu

Označení	Měrná hmotnost [kg.m ⁻³]	Síla na porušení [N.mm ⁻¹]
Bavlněný prach	870 ± 70	13 ± 5
Bavlněný prach + 20 % uhlí	1030 ± 10	22,5 ± 5
Bavlněný prach + sláma (1:1 hm.)	920 ± 20	41,5 ± 7
Bavlněný prach + sláma (1:1 hm) + 10 % uhlí	880 ± 10	49 ± 5

Tab. 5.14: Energetické parametry topných briket z bavlněného prachu

Složení	Voda [%]	Prchavá hořlavina [%]	Neprchavá hořlavina [%]	Popel [%]	Výhřevnost [MJ.kg ⁻¹]
Bavlněný prach	4,43	67,25	12,73	15,59	14,46
Bavlněný prach + 20 % uhlí	7,52	61,61	15,84	15,02	15,33
Bavlněný prach + sláma (1:1 hm.)	5,21	69,78	13,93	11,08	14,82
Bavlněný prach + sláma (1:1 hm) + 10 % uhlí	6,68	66,71	15,37	11,25	15,22

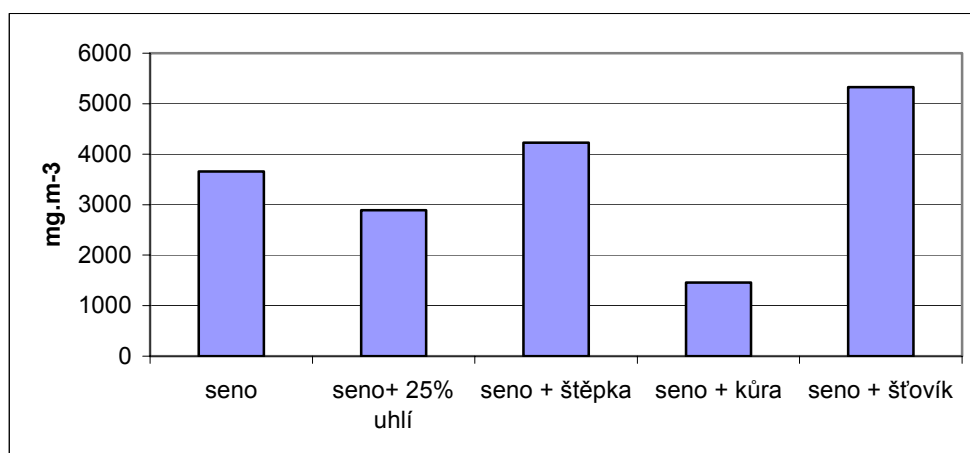
Tab. 5.15: Mechanické vlastnosti topných briket z réví

Složení	Hustota (kg.m ³)	Síla na porušení (N.mm ⁻¹)
Réví (řezanka)	723 ± 31	25 ± 7
Réví (řezanka) + sláma	683 ± 13	27 ± 9
Réví (řezanka) + seno	576 ± 8	10 ± 4
Réví (ø 15)	611 ± 25	14 ± 4
Réví (ø 15) + sláma	659 ± 12	20 ± 7
Réví (ø 15) + seno	779 ± 27	28 ± 6
Réví (řezanka) + sláma + seno	577 ± 10	17 ± 6

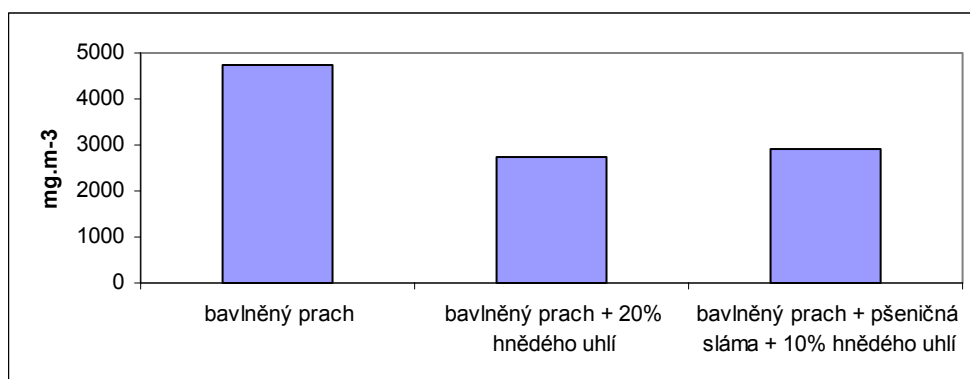
Tab. 5.16: Energetické parametry topných briket z réví

Složení	Voda [%]	Prchavá hořlavina [%]	Neprchavá hořlavina [%]	Popel [%]	Výhřevnost [MJ.kg ⁻¹]
Réví (ø 15)	8,11	69,62	18,81	3,46	16,20
Réví (ø 15) + sláma	7,74	69,62	18,26	4,38	15,99
Réví (ø 15) + seno	7,30	70,90	17,17	4,63	16,02
Réví (řezanka) + sláma + seno	7,58	70,21	17,68	4,51	16,00

Na obr. 5.10 a 5.11 dále uvádíme emise CO při spalování briket z TTP a z bavlněného prachu. Obsah CO je přepočítán na 13 % koncentraci O₂.



Obr. 5.10: Emise CO při spalování briket z TTP



Obr. 5.11: Emise CO při spalování briket vytvořených z odpadů při zpracování bavlny

Z uvedených hodnot je zřejmé, že mechanické energetické i emisní vlastnosti topných briket je možno výrazně ovlivnit přidáním dalších materiálů. U briket z TTP je vhodným doplňkem smrková kůra, která velice výrazně snižuje emise CO, zvyšuje mechanickou pevnost briket a podstatně zvyšuje jejich hustotu. Není přitom podstatné, zda je tato kůra přidávána ve formě řezanky, či zda je navíc desintegrována šrotováním. U jiných přidávaných materiálů se naopak vlastnosti zhoršují, což je zřejmé zvláště u energetického šťovíku, kdy se výrazně zhoršují emise CO, mechanické vlastnosti i obsah popele.

Obdobně lze pozitivně ovlivnit i užité vlastnosti topných briket z odpadů při zpracování bavlny. Emisní parametry byly zlepšeny přidáním hnědého uhlí i kombinací hnědého uhlí s obilní slámou. Přitom se rovněž zlepšují mechanické vlastnosti, příp. i energetické parametry, tj. obsah popele a výhřevnost.

U briket z réví, kde zatím nejsou k dispozici výsledky spalovacích zkoušek, se zlepšení mechanických vlastností přidáním travní hmoty nebo slámy neprojevovalo. Zajímavý je rozdíl u briket z réví, které byly lisovány z materiálů s rozdílnou velikostí částic. Hustota i mechanická pevnost je vyšší u briket z řezanky oproti briketám z materiálu šrotovaného. Réví v těchto směsných briketách naopak zlepšuje vlastnosti briket ze sena či ze slámy.

Na uvedených příkladech jsme ukázali některé možnosti zlepšení užité vlastnosti paliv vhodnou kombinací použitých materiálů. Takovýchto možností je samozřejmě velké množství a v praxi závisí především na dostupnosti a vydatnosti existujících zdrojů biomasy, která je k dispozici.

Návrh technologického zařízení - linka na výrobu topných pelet

Topné pelety ze slámy

V rámci výzk. záměru VÚZT, v.v.i. a dalších výzkumných projektů byla vyvíjena linka na zpracování slámy. Jedná se o vývoj linky na produkci topných pelet ze slámy a topné pelety ze slámy, které jsou tvořeny mimo obilní slámy i aditivy na bázi uhlí.

Ve spolupráci s firmou ATEA PRAHA s.r.o. byla vyvíjena technologie výroby topných pelet ze stébelnatých materiálů, které by bylo možno významně uplatnit na trhu ČR a okolních států. Použité rostlinné materiály musí být k dispozici v dostatečném množství, aby produkce pelet mohla částečně nahradit dřevní pelety, pro jejichž výrobu se stává limitujícím faktorem omezená dostupnost dřevěných pilin. Požadavkem je rovněž nízký obsah vody při sklizni, tzn. vyloučení sušicího procesu v technologické operaci. Takovými materiály jsou prakticky pouze slamnaté zbytky obilovin a řepky.

Zásadní otázkou při řešení a vývoji technologie byl problém dostatečné soudržnosti pelet ze slamnatých materiálů. Mimoto byly řešeny i další související technologické problémy, které jsou specifické při granulování slámy a obdobných rostlinných materiálů.

Topné pelety, jejichž technologie výroby je výsledkem řešení, jsou vyráběny z pšeničné nebo řepkové slámy pod obchodním označením Granofyt. Jejich složení a princip výroby jsou předmětem průmyslové ochrany (2). Vzhled pelet z pšeničné slámy je uveden na obr. 13.



Obr. 5.12: Odvoz slámy z pole

Pro výrobu pelet byla vyvinuta speciální výrobní linka s označením LSP 1800. Skládá se ze dvou částí, stacionární, která zpracovává kvadratické balíky slámy o rozměrech 120x70x240 cm do finálních pelet a mobilní, která řeší sběr, sbalení a svoz slámy po

kombajnové sklizni. Složení a principy tohoto zařízení jsou rovněž předmětem průmyslové ochrany (3).

Proces peletizace slámy se skládá z několika dílčích kroků. Prvním je slisování slámy na poli. Sláma zůstává po sklizni ležet na řádcích, kde je posbírána a slisována lisem do hranatých balíků. Balík váží cca 300 kg, kulatý cca 250 kg. Z pole je možné balíky odvézt a skladovat je v krytém stohu, nebo je převézt, sestohovat a ponechat přikryté plachtou přímo na poli. Transport hranatých balíků na krátkou vzdálenost je zřejmý z obr. 5.12. V každém případě je nezbytné slámu uchránit před deštěm. Vlhkost slámy na počátku peletizace by neměla překročit 14% hranici. Hranaté balíky mají lepší strukturu slisování než kulaté, ovšem lis na hranaté balíky má vyšší pořizovací cenu.

Optimální roční objem zpracovávané slámy pro linku činí 5 000 tun, což odpovídá plodinám jako jsou řepka a pšenice pěstovaným na ploše přibližně 2 000 ha. Stávající výkupní cena slámy (nechané na řádcích) se pohybuje okolo 300 Kč/t.

LSP 1800 – linka na výrobu pelet ze slámy

Linka na výrobu slaměných pelet LSP 1800 se dělí na část mobilní a část stacionární. Mobilní část zahrnuje stroje potřebné ke slisování a odvozu slámy z pole. Jsou to: vysokotlaký lis na obří balíky tažený traktorem, a automatický sběrací vůz na svoz, přepravu a stohování balíků, rovněž tažený traktorem nebo tahačem.

Stacionární část linky se skládá z těchto částí a strojů: dopravník balíků slámy vedoucí k centrální jednotce pro úpravu slámy, která zahrnuje rozduřovadlo balíků a drtič slámy. Rozduřovadlo balík slámy rozebere a stébla rozřeže na kratší části, drtič slámy (jinak kladívkový mlýn) pak vytváří frakci o délce cca 1-3 cm. Rozdrcený materiál dále putuje šnekovými dopravníky spojujícími jednotlivé stroje. K další výbavě patří vyvíječ páry, který materiál navlhčí a konečně granulátor s matricí - srdce celé linky, ve kterém je napařená sláma slisována do formy pelet. Matrice je výměnná, průměr otvorů určuje velikost pelet. Horké pelety se dále chladí v chladicím dopravníku po dobu přibližně 10 minut. Korečkový dopravník přemístí pelety do zásobníku, ve kterém jsou skladovány před zabalením. Pomocí baličky jsou pelety baleny do 15kg pytlů nebo jsou na rámu naplněny do balení typu big-bag (cca 1 t).

Pro instalaci a provoz linky je zapotřebí hala o optimálních rozměrech 15x60x6 m, s vnitřním prostorem minimálně 15x6 m, vnější prostor 15x4 m s přístřeškem. Dále přívod vody a instalovaný příkon 140 kW. Plocha pro manipulaci s balíky musí být minimálně 15x30 m. Počet pracovníků na směnu jsou tři, včetně nakladače balíků. Skladové prostory by měly

poskytnout dostatečnou kapacitu pro uložení 1 000 až 2 000 tun pelet. Hodinový výkon peletizační linky LSP 1800 se pohybuje v rozmezí 1 500 až 1 800 kg, měsíční výkon při nepřetržitém provozu je 1 000 tun pelet.

Pelety Granofyt



Obr. 5.13: Pelety Granofyt

Pelety Granofyt mají v průměru 6-20 mm, na délku 30-70 mm. Ve stádiu přípravy uvedení na trh jsou pelety s rozměry o průměru 25 mm a délce 100 mm, které jsou vhodné pro použití v krbových kamnech.

Dalším velmi důležitým parametrem je teplota spékání popele, která, v případě že je příliš nízká, způsobuje tvorbu slinutých usazenin na roštích ve spalovacích zařízeních. V tomto ohledu vykazují pelety z řepkové slámy lepší vlastnosti než pelety ze slámy pšeničné. Lepších spalných vlastností pšeničných pelet lze dosáhnout použitím aditiv, která je možné kombinovat s různorodým zlepšujícím materiálem přidaným do lisovacích směsí. Tímto materiálem mohou být například kaly z čištění ovoce a zeleniny, otruby, piliny, černouhelné kaly, bentonit atd. V jiných případech se při výrobě používá různých kombinací rostlinných materiálů (sláma, šťovík, chrastice, konopné pazdeří).

Výhody používání pelet jako paliva jsou tedy jejich ekologický aspekt, snadná skladovatelnost a přeprava a cena příznivá pro uživatele.

Obsah popele u pelet Granofyt nedosahuje po spálení více než 6 %. Popel je následně využitelný jako kvalitní minerální hnojivo, čímž se do půdy vrací draslík a další prvky důležité pro výživu rostlin. Obsah CO₂ je neutrální, stopy S jsou do 0,1 %.

Ekonomické zhodnocení energetického využití vyříděné odpadní a záměrně pěstované fytomasy - použitelné energetické rostliny

Je zřejmé, že je možné z hlediska energetického obsahu využít pěstovanou, či odpadní biomasu téměř všech druhů kulturních i divoce rostoucích rostlin. V praxi lze však zatím využít jen několik druhů rostlin. Důležitý je především výnos, pěstební náklady, náklady na úpravu produktu pro palivářské účely, logistika dopravy hotových biopaliv ke spotřebiteli atd. To je technická stránka pouhé výroby a distribuce jakési substance biologického původu, která byla vyrobena v dobré víře, „že bude hořet“. Ona také většinou hoří, ale ne tak, jak bychom chtěli a potřebovali (ale někdy skutečně nehoří vůbec). Většina „čistých“ biopaliv má např. nízký bod měknutí, tání a tečení popela (obilní sláma) nebo velkou produkci emisí CO (např. krmný šťovík Uteuša a většina travin), či velký obsah popelovin, kolem 5 % (skoro všechna). To jsou nepříznivé vlastnosti, které například dřevo nemá.

Základem kalkulace nákladů pro plodiny pěstované k energetickým účelům jsou modelové technologické postupy, tj. doporučený sled operací (hnojení a příprava půdy, setí, popř. sázení, ošetřování v době vegetace, ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům, sklizeň, odvoz a zpracování produkce u odpadní biomasy je to sklizeň, odvoz a zpracování produkce.

Náklady na peletování a briketování

Náklady na tyto postupy vycházejí z podkladů získaných od výrobců a pohybují se podle výkonnosti linky v rozmezí od 612 do 690 Kč·t⁻¹ u briketování a od 430 do 635 Kč·t⁻¹ u peletování. V případě dosoušení vstupního materiálu se tyto náklady zvýší o přibližně 60 až 100 Kč·t⁻¹. Upozorňujeme, že všechny údaje jsou pouze nákladové, s nejnütnějšími režijními položkami, bez uvažování zatížení z úvěrů, leasingů, daní atd., bez zisku a DPH. Cenu suroviny jsme pro konečné výpočty u peletování a briketování uvažujeme u pěstovaných rostlin 1000 Kč·t⁻¹ (nákladová cena výsledného produktu se pohybuje v rozmezí 1430 až 1690 Kč). Manipulace s odpadní biomasou a její zpracování do využitelné podoby se však nákladově projevuje tak, že její výsledná cena se velice blíží biomase pěstované. Cena briket a pelet z odpadní biomasy je potom téměř stejná jako u biomasy pěstované. Poněkud levnější způsob zpracování je zpracování přizpůsobeným krmným vozem - drtičem.

Tab. 5.17: Náklady na peletování

Ukazatel	Jednotka	Bez sušení vstupní suroviny		S dosoušením vstupní suroviny		Struktura nákladů na peletování
		Linka A	Linka B	Linka A	Linka B	
Pořizovací cena	Kč	3 800 000	4 500 000	5600000	6300000	
Hodinová výkonnost	t.h ⁻¹	1,5	3	1,5	3	
Roční nasazení	d.r ⁻¹	250	250	250	250	
Roční kapacita ¹⁾	t.r ⁻¹	6000	12000	6000	12000	
Obsluha na 1 směnu ²⁾	osob	4	4	4	4	
Spotřeba energie	kWh.t ⁻¹	60	51	77	60	
Opravy a udržování	%poř.c.	5	5	6	6	
Obaly	Kč.t ⁻¹		125		125	
Náklady peletování	Kč.r ⁻¹	3811585	5158700	4413115	5876100	100
- odpisy	Kč.r ⁻¹	315400	373500	464800	522900	7,2 - 10,5
- osobní náklady	Kč.r ⁻¹	1555200	1555200	1555200	1555200	26,4 - 40,8
- energie	Kč.r ⁻¹	900000	1530000	1155000	1800000	23,6 - 35,2
- opravy a udržování	Kč.r ⁻¹	190000	225000	336000	378000	4,3 - 7,6
- obaly + výrobní režie ³⁾	Kč.r ⁻¹	850985	1475000	902115	1620000	20,4 - 28,6
Měrné náklady peletování ⁴⁾	Kč.t ⁻¹	635	430	736	490	31 - 40
	Kč.GJ ⁻¹	37,37	25,29	43,27	28,80	
Náklady na surovinu ⁵⁾	Kč.t ⁻¹	1033	1017	1117	1100	60 - 69
- cena suroviny	Kč.t ⁻¹	1000	1000	1000	1000	
- spotřeba suroviny	t.r ⁻¹	6200	12200	6700	13200	
Výrobní náklady pelet	Kč.t ⁻¹	1669	1447	1852	1590	100
	Kč.GJ ⁻¹	98	85	109	94	



Obr. 5.14: Skládka EKOSO s.r.o. Trhový Štěpánov. Odpad z péče o zeleň, tráva a křoviny. Nakládka do upraveného krmného vozu - drtiče.



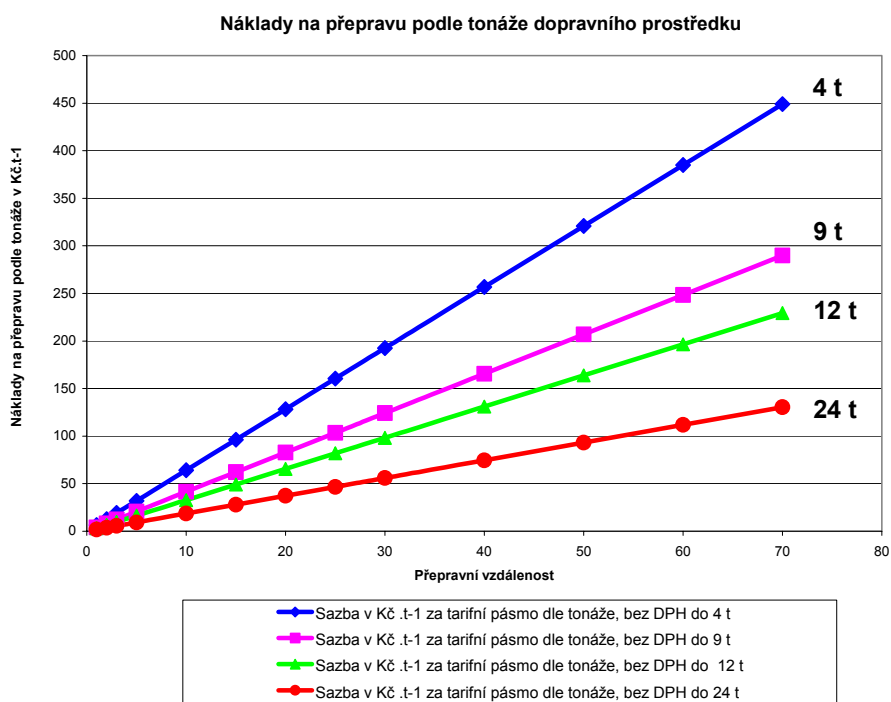
Obr. 5.15: Skládka EKOSO s.r.o. Trhový Štěpánov. Výroba štěpky z prořezaných křovin krmným vozem -drtičem.

Biodpadu z veřejné zeleně (dřevní odpad, výřezy ze stromů, keřů, větve lesních stromů) je na venkově, ale i ve městech hodně, ale čeká na využití a hlavně na levné zpracování. Chybí dostupná technika, která by jej levně zpracovala. Chybí i řešení odbytu. Nezaměstnanost venkova volá po pomoci situaci začít řešit. Podporovat plynofikaci venkova a vedle toho nechat bez povšimnutí zpracování biodpadu a dřevního odpadu s možností jeho energetického využití pro vytápění je poněkud protismyslné. Zpracování dřevných odpadů a jejich účelné využití se jeví jako vysoce hospodárné. Jen pro zajímavost cena 1 tuny kvalitního hnědého uhlí stojí 1700,- Kč, koksu 8000,- Kč a ceny ropných produktů jdou rychle nahoru.

Tab. 5.18: Kalkulované náklady na jednu tunu štěpků pomocí drtiče – krmného vozu a traktoru :
Zpracování štěpků za den v tunách

Zpracování štěpků za den v tunách	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Náklad na tunu štěpků v Kč/tunu	1725	1150	862	690	575	492	431	383	345

Běžně jsou kalkulovány náklady na výrobu štěpky štěpkovači 500,- až 790,- Kč na tunu materiálu. Výkonnost zařízení je závislá na druhu materiálu, a jeho kvalitě. Velký problém je doprava. Velmi důležité je dopravovat suroviny i hotové biopalivo adekvátním dopravním prostředkem, viz graf na obrázku 5.16. U relativně krátkých přepravních vzdáleností do 10ti km jsou rozdíly v nákladech minimální, s rostoucí přepravní vzdáleností, byť „jen“ kolem 70ti km měrné přepravní náklady u malotonážních dopravních prostředků - 4 t, činí až čtyřnásobek velkotonážních souprav – 24 t.



Obr. 5.16: Náklady na přepravu podle tonáže dopravního prostředku

II. 6 Význam a přínos termického využití komunálního odpadu spalováním

Zpracování komunálních odpadů ale i ostatních spalitelných odpadů je možné pouze ve spalovnách, které zabezpečí ekologické zneškodnění odpadu.

Spalovna komunálního odpadu je zařízení, ve kterém odpad využíváme jako palivo pro výrobu tepelné energie. Je to výtopna, kde místo spalování fosilních paliv spalujeme komunální odpad a vyrábíme teplo, které je posléze využíváno pro technologické účely anebo pro ohřev teplé užitkové vody a vytápění domácností.

Spalovny jsou nákladná zařízení v hodnotě několika miliard korun. Na jejich vybudování je třeba vynaložit prostředky v relativně krátkém čase, což je vnímáno veřejností jako nevýhoda, přestože asanace skládek při srovnání obou modelů nakládání s odpadem v budoucnu bude dle odhadů podstatně dražší. Spalovny jsou veřejností vnímány jako spíše zatěžující průmyslové objekty, než jako přínos pro životní prostředí. To však není vinou spaloven a jejich řešení, ale nedostatkem objektivní informovanosti občanů. Pro termické využití odpadu hovoří fakt, že se spalováním snižuje objem odpadů až na 10% původního objemu a hmotnostně až na 30% původní hmotnosti, tedy se razantně sníží množství odpadu ukládaného na skládky. Škvára z velkých spaloven komunálního odpadu se většinou využívá jako nezávadná surovina pro výrobu stavebních hmot. Tím se dále minimalizuje objem a hmotnost ukládaných odpadů. Jen vyčlenění pozemků pro vybudování skládek a následně jejich zabezpečení proti spontánnímu samovznícení, nebo znečištění spodních vod představuje značné ekonomické zatížení. V odpadu, který je odvezen na skládky bez spálení, probíhají chemické reakce, závislé na tom, jak kvalitně je skládka provedena a provozována. Některé z těchto reakcí nejsou zcela zmapovány. Tyto chemické reakce na skládce nespáleného odpadu probíhají i 30 let po ukončení provozu skládky a představují tak reálné nebezpečí dalších ekologických škod pro příští generace. Termické využití odpadu spalováním má na rozdíl od skládek také energetický přínos: výhřevnost směšného komunálního odpadu se pohybuje od 8 do 12 MJ/kg, což znamená, že je srovnatelná s výhřevností energetického uhlí. Spalování odpadů má zatím jedinou chybu, náklady za zpracování tuny materiálu ve spalovně se podle typu odpadu pohybují od 2000 do 4000 Kč bez DPH. Při skládkování se ale ceny pohybují řádově od 200 do 600 Kč . t⁻¹ bez DPH (v obou případech jsou průměrně rozpočítány i mzdové náklady pracovníků zpracovatelských firem, spalovny či skládky).

Alternativní paliva, současné využití

Pod pojmem alternativní paliva rozumíme z hlediska technického kapalná a tuhá technologická paliva, která se připravují z odpadů jejich mechanickou, příp. chemickou či tepelnou úpravou. Po stránce legislativní se pojem alternativní palivo objevil poprvé ve výčtu paliv v zákoně č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší. Podle tohoto zákona je **alternativní palivo** směs spalitelných materiálů přírodního nebo umělého původu bez nebezpečných vlastností uvedených pod kódy H1, H4 – H14 v příloze č. 2 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech. Tato definice však nedává jednoznačný pohled na alternativní paliva v této souvislosti se vyskytují otázky, které je třeba legislativně dořešit.

Je nutné si uvědomit, že technologie provozu velkých spotřebitelů energie z důvodu velké setrvačnosti provozu a dlouhé odezvy na provozní změny vyžaduje rovnoměrné dávkování a homogenní palivo. Alternativní paliva tedy musí být spalitelné látky se stabilními vlastnostmi a chemickým složením, které odpovídají technickým požadavkům technologie. Jedná se vesměs o látky heterogenní, připravené mechanickou úpravou a změnou fyzikálních, příp. chemických vlastností vybraných spalitelných odpadů. Proto je vhodné použít pro výrobu alternativních paliv takové odpadní materiály, jejichž zásoby jsou velké. Za největší přímé zdroje využitelných odpadů lze v ČR považovat průmyslovou výrobu a organizovaný sběr obcí. Při skladbě alternativních paliv je nutné vycházet především z výskytu odpadů v daném regionu a typu technologického zařízení, kde se má alternativní palivo spalovat. Výroba potom může probíhat v místě největšího výskytu odpadů, v místě spotřeby nebo mimo obě místa např. v místě svozu odpadů.

Alternativní paliva vyrobená z komunálních a jim podobných odpadů jsou většinou tzv. recyklovaná paliva (recycled fuels), jež jsou vyrobená z tříděných komunálních, průmyslových nebo demoličních odpadů. Ta se obecně nazývají TAP – tuhá alternativní paliva, konkrétně se značí:

- REF (Recovered of Recycled Fuel) – regenerované nebo recyklované palivo,
- PDB (Packaging Derived Fuel) – palivo (odvozené) vyrobené z obalů,
- RDF (Refuse Derived Fuel) – palivo (odvozené) vyrobené z odpadků.

Je zřejmé, že při výrobě AP se jedná jednoznačně o materiálové využití odpadu, kdy materiálové vlastnosti odpadu jsou po jeho úpravě využity k určení nového výrobku. Podmínky dalšího využívání AP musí být v souladu s požadavky zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší. Ovšem zákon o ovzduší nestanovuje jednoznačně rozdíl mezi palivem a

alternativním palivem. Vzhledem k nově stanoveným požadavkům na kontrolu kvality paliv podle vyhlášky MŽP č. 357/2002 Sb., kterou se stanoví požadavky na kvalitu paliv z hlediska ochrany ovzduší, je nutné, aby v rámci doprovodné dokumentace výrobce dokladoval nepřítomnost nebezpečných vlastností výrobku, osvědčením vystaveným osobou pověřenou k hodnocení nebezpečných vlastností odpadu. Je důležité si uvědomit, že jedna a tatáž věc může být současně palivem (výrobkem) i odpadem, podle momentálního užívání věci vlastníkem a podle jejího životního cyklu. Je zřejmé, že změna názvu věci i jejího určení se může měnit se změnou vlastníka (uživatele, držitele).

Alternativní palivo – je směs spalitelných materiálů přírodního nebo umělého původu bez nebezpečných vlastností jak bylo uvedeno výše. Skutečné složení alternativního paliva se ověřuje autorizovanou zkušebnou. Vlastnosti produktů spálení (plynných odpadních plynů a tuhých zbytků) jsou ověřovány autorizovanou osobou podle § 15 zákona č. 86/2002 Sb. na konkrétním zařízení zdroje znečišťování.

Výrobní technologie vhodné pro energetické využití odpadů jako alternativních paliv

Alternativní palivo je vhodné spalovat v odvětvích s velkou měrnou spotřebou tepla, tedy v technologických zařízeních s velkými výkony. Tato zařízení jsou navíc vybavena zařízením pro měření nejen technologických veličin, ale i množství a složení emisí, což je důležité z hlediska ekologického. Do skupiny potenciálních odběratelů AP je možno zařadit především energetiku, průmysl výroby stavebních hmot a hutnictví železa. Všechny tyto provozy vyžadují z důvodu velké setrvačnosti provozu a dlouhé odezvě na provozní změny rovnoměrné dávkování a homogenní palivo a je tedy nutné při technologii výroby AP s tímto faktorem počítat.

Spalování alternativních paliv v cementářské technologii

V cementárnách v ČR má náhrada klasických paliv tradici. Již v 80. letech se ve dvou cementárnách zavádělo spalování použitých pneumatik. V 90. letech se začaly budovat v cementárnách skladovací a dávkovací zařízení pro kapalné i tuhé odpady a byla řešena technika a technologie jejich využití. Jiná je situace po stránce legislativní, kdy v současné době neexistuje jednotný přístup pro spalování alternativních paliv.

Tuhá paliva jsou označována jako tuhé topné směsi, příp. tuhá alternativní paliva, a jsou připravována z průmyslových hořlavých odpadů jejich mechanickou úpravou a

homogenizací. Komunální odpad je využíván v mnohem menší míře, spíše některé jeho frakce po ručním vytřídění.

Výhodou při spalování odpadů v cementářské rotační peci je, že nevzniká žádný další odpad. Vysoká teplota plamene (2100 °C) v rotační peci a dlouhá doba zdržení hořícího paliva v pásmu teplot nad 1200 °C (2 – 5 sekund) zaručují dokonalé spálení i takových látek jako jsou například PCB. Systém disperzních výměníků tepla, kde spaliny jsou v intenzivním styku s rozkládajícím se vápencem, funguje jako dokonalý filtr k zachycení kyselých součástí (SO₂, HF, HCl) kouřových plynů. Rychlé zchlazení kouřových plynů v systému disperzních výměníků tepla a ve stabilizátoru na teplotu pod 180 °C spolu s alkalickým vápencovým a mírně oxidačním prostředím potlačují zpětnou syntézu látek jako jsou PCDD a PCDF, takže jejich koncentrace ve vystupujících kouřových plynech jsou desetkrát až stokrát nižší než je v zemích EU přípustný limit 0,1 ng.m⁻³. Dokonalé odprášení kouřových plynů zaručují výkonné elektrostatické odlučovače, pracující s účinností vyšší jak 99 %. Odprašky jsou cennou surovinou a jsou vráceny zpět do výrobního procesu. Odpady jako alternativní paliva pro cementářskou rotační pec jsou využívány komplexně – jejich energetický obsah slouží k částečné náhradě standardních paliv a jejich popel zase jako částečná náhrada přírodních surovin. Je tak zároveň sníženo čerpání neobnovitelných zdrojů. Nespalitelné součásti odpadu mají podobné složení jako korekční přísady do suroviny. Proto se beze zbytku stávají součástí výrobku – cementářského slínku. Těžké kovy jsou více jak z 99 % vázány v krystalové mřížce vznikajících slínkových minerálů. Na rozdíl od spalovny cementárna neprodukuje žádný nebezpečný odpad jako jsou popílek a struska.

Paliva používaná v cementárnách

Příklad cementárny Radotín. Jako hlavní primární palivo je většinou používáno práškové uhlí, které je vyrobeno z kusového černého uhlí ve vlastní uhelné mlýnici. Do uhelné mlýnice je současně přidáváno alternativní palivo Kormul. Kormul je aditivní palivo získávané těžbou a zpracováním odpadních ropných kalů v rámci asanace starých ekologických zátěží v areálech KORAMO a.s. Kolín. Na aditivní palivo jsou přepracovány odpady z tzv. sludgeových rybníků. Palivo Kormul je společně s kusovým uhlím rozemleto v uhelném mlýnu. V roce 2001 byla uvedena do provozu linka pro využití tuhých alternativních paliv (TAP), která jsou přidávána jako palivo k práškovému uhlí. Od roku 2003 je v provozu linka pro spalování masokostní moučky (MKM), která navazuje na linku pro TAP a je dopravována do hořáku ve společné směsi.



Obr.6.1: Technologie na výrobu TAP zpracovává odpady v přibližném složení plast 40%, papír 20%, dřevo 20%, pryž a textil 10%, zdroj ODES s.r.o. Jaroměř.

Masokostní moučka a kafilerní tuky pro termické využití

Nakládání s masokostní moučkou a kafilerními tuky je plně v kompetenci asanačních veterinárních podniků a podléhá povolení Státní veterinární správy. Masokostní moučka MKM – produkt vznikající při zpracování jatečních konfiskátů živočišného původu zpracovávaných v registrovaných podnicích asanačních ústavů. Materiálové a energetické využití je pod dohledem státní veterinární správy a nakládání s tímto materiálem je řešeno zákonem č. 166/1992 Sb. o veterinární péči. Výhřevnost MKM je cca 16 - 19 MJ . kg⁻¹

Složení masokostní moučky

Obvyklé složení masokostní moučky uvádí tabulka 6.1. MKM I je produkt z kafilérie pracující v standardním režimu, zpracovávající surovinu z porážky prasat, skotu a drůbeže. MKM II je produkt kafilérie pracující v speciálním režimu, zpracovávající surovinu z porážky skotu s podezřením na přítomnost BSE prekurzorů. Protože tato kafilérie zpracovávala odpady především z porážky skotu s velkým obsahem kostí, MKM II vykazuje podstatně vyšší obsah anorganických látek. Detailní složení obou druhů MKM a kafilerního tuku je uvedeno v tabulce 6.1.

Tabulka 6.1: Chemické složení masokostní moučky a kafilerního tuku

	jednotka	MKM I	MKM II	tuk I
popel	% sušiny	12,89	27,85	0,23
hořlavina	% sušiny	69,88	71,36	100
spalné teplo	MJ/kg	22,46	19,18	39,49
výhřevnost	MJ/kg	24	17,88	36,9
prchavá hořlavina	% sušiny	77,92	62,73	99,77
nepřchavá hořlavina	% sušiny	9,19	9,42	0
Chemické složení organických látek: v % sušiny				
vodík	%	6,7	5,95	11,87
uhlík	%	48,9	40,56	76,51
síra organická	%	0,69	0,16	0,03
dusík	%	11,24	7,94	0,14
kyslík	%	19,58	17,54	11,22

Minispalovny komunálních odpadů

Spalovna komunálního odpadu je zařízení, ve kterém odpad využíváme jako palivo pro výrobu tepelné energie. Je to výtopna, nebo teplárna, kde místo spalování fosilních paliv spalujeme komunální odpad a vyrábíme teplo a elektrickou energii, které lze využít pro technologické účely, nebo pro ohřev teplé užitkové vody a vytápění domácností. Zatím jsou ekonomické spalovny, které zpracovávají více než 100 000 t TKO ročně, což je množství pro městské aglomerace s cca 400 000 obyvateli.

V posledních letech nabízí ale řada firem malá zařízení pro spalování komunálních odpadů a odpadní biomasy, či ostatních spalitelných odpadů.

Technologie nízkoteplotního zplyňování s výrobou el. energie

Základní informace

Technologie patentovaná v Rakousku je založena na konvertování vhodných látek (plasty, pneumatiky, biomasa, odpadní kaly) na plyn s vysokou výhřevností při nízkých teplotách pomocí termo-katalytického procesu. Teplota při konvertování se udržuje pod 600°C.

Výsledkem procesu je plyn s vysokou výhřevností (analogický zemnímu), z kterého je následně pomocí paroplynového cyklu vyráběna el. energie. Proces výroby plynu je čtyřfázový a je předmětem patentové ochrany.

Při procesu nevznikají žádné toxické plyny jako dioxiny, furany a jiné. Anorganické materiály, jako jsou kovy, nejsou přehřívány, aby z nich vznikaly nežádoucí škodlivé látky. Molekulární struktura těžkých kovů není narušována, kovy je možno ze zbytků zplyňování separovat.

Škodlivé látky obsažené ve vyrobeném plynu jsou vyprány, v procesu zachyceny, usušeny a mohou být ve formě prášku zpětně vedeny do produkčního toku jako cenné látky. Čistící voda zůstává v zařízení a je opět použita při procesu konvertování.

Látky určené ke konvertování jsou infračerveným systémem šetrně přivedeny na určenou teplotu ke konvertování. Podle toho, jaký je výchozí materiál, zůstane na konci procesu materiál vhodný k deponování, hnojivo nebo cenné suroviny, které se mohou v jiných oblastech dále upotřebit.

Zařízení pracuje s nepatrným podtlakem. Tím nevzniká žádný zápach při zpracování odpadových a zbytkových látek a odpadu. Jelikož vzniká jako odpadní produkt „suchý popel“, nejsou nutná žádná opatření pro ochranu spodních vod.

Výstavba kontejnerového zařízení je kompaktní a technicky komplexní. Je provozně jednoduchá, snadno kontrolovatelná a plně automatizovaná. Díky rozměrům kontejnerového zařízení není nutné žádné zvláštní povolení pro transport od výrobce k místu provozu.

Zařízení je k dispozici cca 8.050 hodin v roce, to zaručuje dodavatel. Pro optimální nasazení zařízení a pro pokrytí špičkového zatížení jsou k dispozici zásobníky plynu na úrovni dvoudenní produkce.

Intervaly pro údržbu a opravy :

-každých 23 hodin provozu jednohodinová automatická kontrola (v noci)

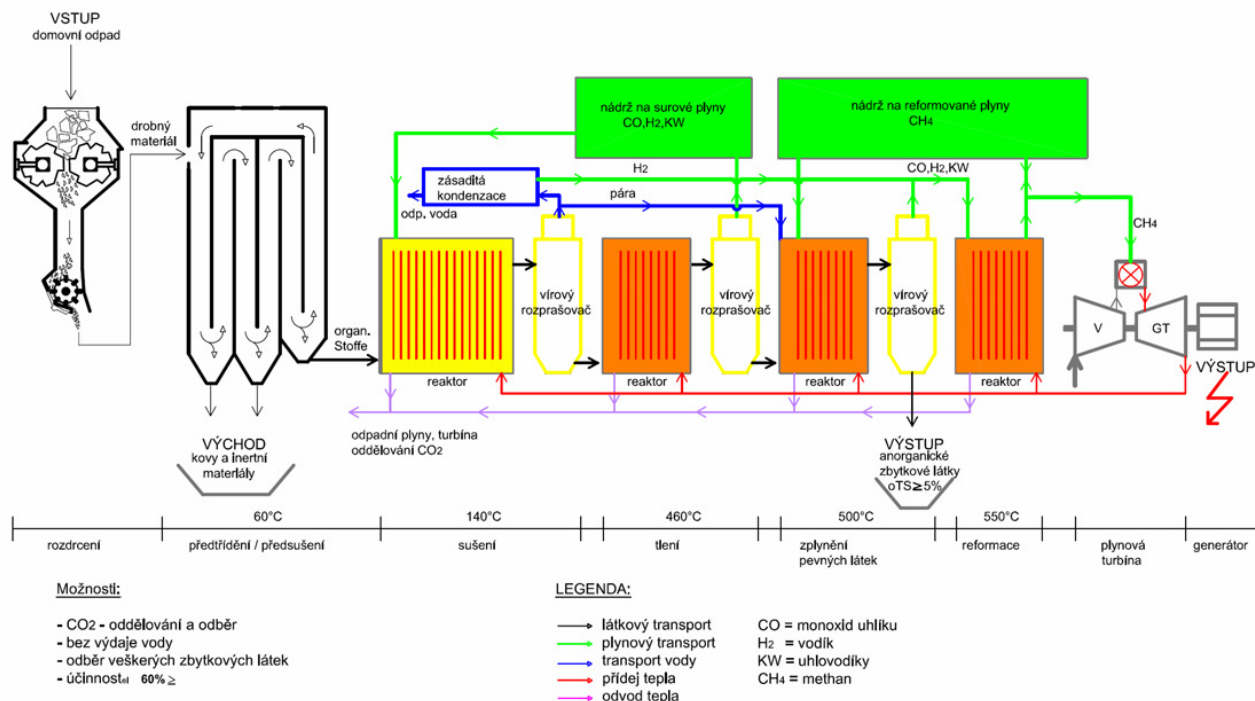
-každých 8 050 hodin provozu celková kontrola servisním střediskem dodavatele trvající 14 dní. Hlavní výhodou tohoto zařízení, jehož konstrukce je zcela podřízena výrobě el. energie je vysoký stupeň konverze energie ve vstupním materiálu na vyrobenou el. energii. V následující tabulce je uveden el. výkon zařízení při zpracování 1 tuny materiálu za hodinu, tak jak je uvádí dodavatel zařízení, zde je nutno říci, že vypadají velmi optimisticky.

Tab. 6.2: Elektrický výkon zařízení při zpracování 1 tuny materiálu za hodinu

Vstup materiálu - 1 t.hod⁻¹	El. výkon MW_e
Pneumatiky	5,5
Biomasa z péče o obecní zeleň	1,2
TKO	2,0
Surové, nebo aktivované kaly z ČOV	1,8
Pelety (sláma, třísky)	3,0

Stručný popis funkce zařízení

LTC-KONVERTOVÁNÍ DOMOVNÍHO ODPADU PODLE ARJOBAS S MOŽNOSTÍ PROVOZU BEZ ODPADNÍCH VOD, PLYNŮ A POTŘEBY DEONOVÁNÍ Zobrazení základního provozu (bez čištění plynů)



Obr.6.2: Technologické schéma zařízení na výrobu elektrické energie a tepla z TKO.

Zařízení na výrobu el. energie z TKO a odpadních látek sestává z přípravy odpadu, čtyř reaktorů, dvou zásobních nádrží na vyrobené plyny a plynového turbosoustrojí pro výrobu el. energie. Zpracováváný odpad je na vstupu do zařízení dodáván do drtiče a odtud do předvádění a předsušení při teplotě asi 60°C. Při této operaci jsou z odpadu odstraněny kovy a jiné inertní materiály. Dále je odpad přiváděn do 1. reaktoru, kde probíhá sušení při teplotě 140°C, následně do druhého reaktoru kde při teplotě 460°C probíhá rozklad a odtud do 3. reaktoru, kde při teplotě 500°C je zajištěno zplynění odpadu. Z třetího reaktoru jsou odváděny zbytkové organické látky. Do všech reaktorů je přiváděno odpadní teplo z plynové turbíny umístěné na konci cyklu, do 4. reaktoru jsou navíc přiváděny reakční plyny z předchozích reaktorů (CO, H₂, uhlovodíky). Vodní pára vznikající v 3. reaktoru a vírovém odlučovači mezi 1. a 2. reaktorem je kondenzována a odváděna ze zařízení jako odpadní voda.

Zařízení disponuje dvěma akumulacími plynovými zásobníky. V prvním zásobníku jsou shromažďovány surové plyny (CO, H₂, uhlovodíky) přiváděné z vírového odlučovače mezi 2.

a 3. reaktorem. Ve druhém zásobníku je shromažďován již reformovaný finální plyn téměř ekvivalentní CH₄. Tento plyn je dodáván ze 4. reaktoru, kde při teplotě 550°C probíhá katalytická reformace CO, H₂ a uhlovodíků. Ze 4. nádrže je finální plyn dodáván do turbosoustrojí s plynovou turbínou a vyráběna el. energie. Provoz celého zařízení je tedy koncipován pro max. zpětné využití tepla vznikajícího při procesu pro výrobu el. energie pomocí vložených výměníků. El. energie je tedy jediným energetickým efektem zařízení.

Úroveň produkovaných emisí:

Prachové částice	<5 mg/Nm ³
CO	<20
NO _x	<20
SO ₂	<10
NH ₃ , HCl	<5
CN, HF, H ₂ S	<0,3
As,Co,Ni,Pb,Se,Te	<0,3
Cr,Cu,F,Mn,Sb,Sn,V	<0,3
Cd,Hg	<0,03

Dimenzování zařízení

Zařízení bude dodáváno pro zpracování 1 t/h, 3t/h, 6t/h nebo větší dle požadavku zákazníka. Např. zařízení pro zpracování 3 t/h sestává z 10 kontejnerů, každý o rozměrech 12,2 x 2,4 x 2,4 m, celková hmotnost všech kontejnerů cca 200 t. Na základě požadavku zákazníka (množství a druh zplyňovaného materiálu) navrhne dodavatel zařízení el. výkon, emise a cenu zařízení. Po dodávce zařízení bude probíhat 1 zkušební roční provoz pro ověření plánovaného výkonu a emisí.

Jedinou, ale dost podstatnou nevýhodou všech podobných zařízení je fakt, že ještě nejsou nikde v pravidelném komerčním provozu. Jedná se o výzkumné a poloprovozní jednotky,

kteře potřebuji pro praktické využití ještě nějakou dobu na vylepšení různých nedostatků a splnění legislativních náležitostí.

II. 7 Další způsoby termického využití odpadů

Termické zpracování především odpadní biomasy ze zemědělských provozů i komunálních a průmyslových spalitelných odpadů je dosud založeno prakticky na přímém spalování v kotlích. Existuje předpoklad, že postupně budou nacházet uplatnění nové netradiční způsoby využití odpadní biomasy jako alternativního zdroj energie ve vztahu k ropným produktům.

Byly proto vytipovány některé systémy zpracování odpadní biomasy, které mají naději na širší uplatnění v blízké budoucnosti a budou předmětem dalšího hodnocení v rámci nových průzkumných projektů na mezinárodní úrovni.

Zplyňování

Zplyňování je proces, kde biomasa pod vlivem tepla a s minimálním nebo žádným přívodem kyslíku vytváří spalitelný plyn, který by mohl být použit jako palivo v např. plynové turbíně nebo spalovacím motoru. Ve zplyňovači je biomasa vysušena, pyrolyzována, spalována a redukována v různých zónách procesu zplyňování. Teplota zplyňování biomasy je 800 - 900 stupňů a vyrobený plyn obsahuje z podstatné části oxid uhelnatý, vodík a metan.

Výstavbou integrovaných závodů, tj. kombinováním procesu zplyňování s plynovou turbínou a parním cyklem nebo motorem a výrobou tepla lze vyrobit velký podíl elektrické energie a může být dosaženo vysoké celkové efektivnosti využití energie.

Existují dva produkty, které je možné vyrábět - plyn s nízkou výhřevností s typickými hodnotami výhřevnosti 5 MJ.m^{-3} , tj plyn málo výhřevný a plyny středně až velmi výhřevné s výhřevností 10 až 20 MJ.m^{-3} .

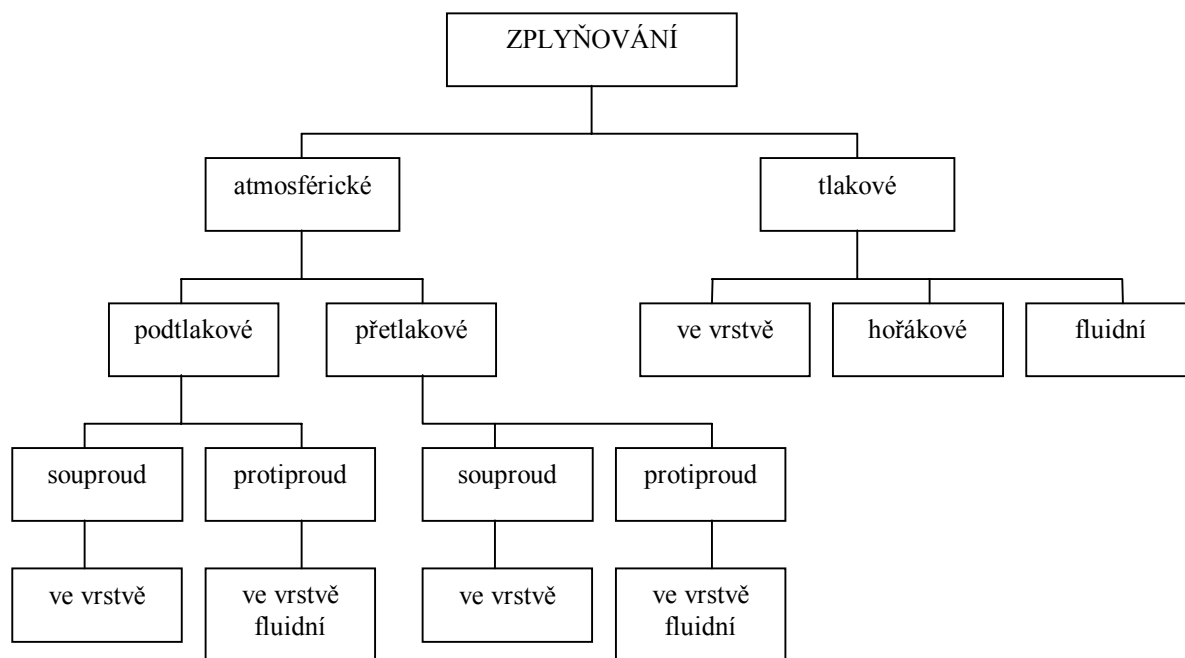
Charakteristickou veličinou topného plynu pro zařazení do některé ze čtyř skupin je výhřevnost.

Topné plyny se dělí na:

- | | | |
|--------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 1) málo výhřevné | s výhřevností | do $8,35 \text{ MJ.m}^{-3}$ |
| 2) středně výhřevné | s výhřevností | $8,36 - 12,25 \text{ MJ.m}^{-3}$ |
| 3) velmi výhřevné | s výhřevností | $12,26 - 20,80 \text{ MJ.m}^{-3}$ |
| 4) velmi vysoce výhřevné | s výhřevností | nad $20,80 \text{ MJ.m}^{-3}$ |

Výroba plynu s nízkou a vysokou výhřevností

Když se jako zplyňující prostředí používá vzduch, vyrábí se plyn s nízkou výhřevností $3-5 \text{ MJ.m}^{-3}$. Při zplyňování v kyslíkovém prostředí se zvýší výhřevnost plynu na 10 až 20 MJ.m^{-3} .



Obr.7.1: Zplyňovací technologie

Základní rozdělení systémů zplyňování je uvedeno na obrázku 7.1.

Atmosférické zplyňování

Tento proces umožňuje krakování dehtu a čištění plynu, proto se zdá, že zajišťuje dobré možnosti pro výrobu plynu požadované kvality pro plynovou turbínu nebo spalovací motor. Ve Švédsku je tato technologie vyvinuta firmou Termiska Processer AB, TPS. Jestliže ke zplyňování dochází za atmosférického tlaku, musí být plyn ochlazován na nízkou teplotu a pečlivě čištěn dříve, než může být stlačen na tlak požadovaný pro plynovou turbínu. Kompresor turbíny musí pak tlakovat plyn pro spalovací komory. Chlazení horkého plynu ze zplyňovače snižuje tepelnou účinnost, pokud nelze teplo využít v nějakém vhodném zařízení k ohřevu, vytápění, nebo sušení.

Zplyňování pod tlakem

Pokud ke zplyňování dochází za zvýšeného tlaku, plyn je možno přivést přímo k plynové turbíně nebo motoru bez stlačování. Plyn se musí pouze ochladit na méně než 400 stupňů a filtrovat. Pro stlačení vzduchu do zplyňovače se používá kompresor pro plynové turbíny. Přibližně 10 % průtoku vzduchu se odebírá z ventilu kompresoru a tlakové ztráty v částech zplyňovače jsou kompenzovány pomocným kompresorem. Zplyňovač je navržen tak, aby zajišťoval základní krakování dehtu a prach je odstraňován ve vysokoteplotním filtru za zplyňovačem. Potíž u tohoto procesu tkví v tom, že palivo musí být přiváděno do zplyňovače proti vysokému tlaku, přibližně 20 bar. Ve Švédsku a Finsku je tato technologie vyvíjena švédskou společností Sydkraft a finskou společností Ahlstrom. Koncepce se nazývá Bioflow. Prvním závodem na světě, kde se tato technologie používá v kompletním, integrovaném závodě, je v současné době Varnamo ve Švédsku.

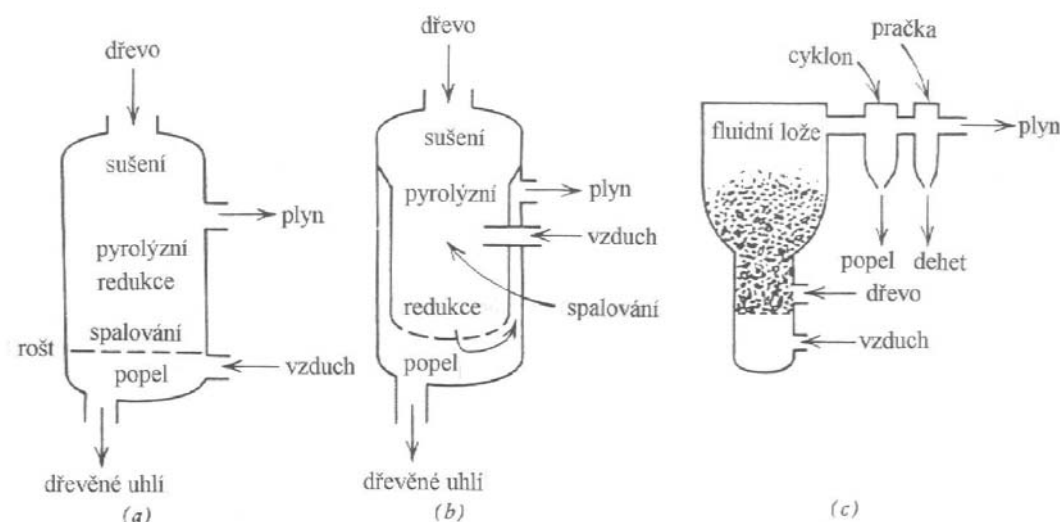
Paralelní rozvoj technologie zplyňování pod tlakem je prováděn ve švédském státním podniku Vattenfall a ve finské firmě Tampella. V Dánsku se tímto způsobem zplyňování zabývá firma Volund.

Obecně lze plyn využít následujícím způsobem:

- *výroba pouze elektrické energie*
 - zařízení koncipováno jako paroplynový cyklus se spalovacím plynovým motorem (nebo plynovou turbínou),
 - vhodné pro lokality, kde není odbyt tepla,
 - výhodné při elektrických výkonech vyšších jak 1 MW_e.
- *kombinovaná výroba elektrické energie a tepla*
 - kogenerační výroba elektřiny a tepla kombinací plynového spalovacího motoru a tepelných výměníků,
 - dodávka tepla buď ve formě teplé vody, nebo přehřáté technologické páry.
- *náhrada klasických paliv dřevoplynem*
 - možnost náhrady nebo úspory zemního plynu, propan-butanu, topného oleje, mazutu aj. při provozu cihlen, keramiček, žíhacích pecí a všude tam, kde jsou spalována tato paliva.

Vybraná zařízení na zplyňování biomasy

Pro zplyňování je nejvhodnější palivové či odpadní dřevo získané při těžbě nebo v dřevozpracujících závodech, případně sláma a další zemědělské odpady. Rozklad biomasy na plynné palivo je možný různými způsoby.



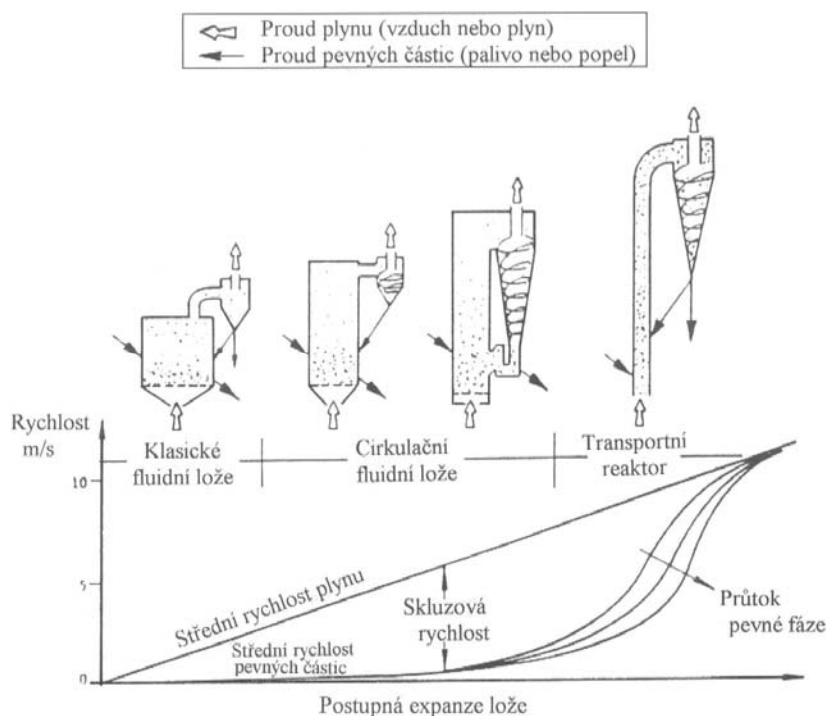
Obr. 7.2: Zplyňovací zařízení (generátor) na biomasu

a) Protiproudý zplyňovač, b) Souproudý zplyňovač, c) Fluidní zplyňovač

Většinou se dřevo zplyňuje za přístupu vzduchu. Zplyňování dřeva ve zplyňovači má následující průběh: *sušení* (sušící zóna), *pyrolýza* (zóna pyrolýzy), *oxidace* (oxidační zóna, *redukce* (redukční zóna). Základní technologie zplyňování jsou protiproudá, souproudá a fluidní - obr. 7.2.

Protiproudý zplyňovač je levný, neboť má jednoduchou konstrukci i funkci a navíc je schopen zplynit i materiál s vysokou relativní vlhkostí. Nedostatkem je, že plyn obsahuje více dehtu, což zabraňuje přímému využití v motorech. Plyn je nutné čistit.

Souproudý (paralelní) zplyňovač má výpusť plynu na dně reakční nádoby a redukční zóna je pod zónou spalovací (oxidační). Tyto dvě modifikace způsobují, že dehet tvořící se v pyrolytické zóně musí projít horkou spalovací zónou dříve, než opustí zplyňovač. Tak se dehet zúčastní spalování nebo se rozkládá na lehčí uhlovodíky a vycházející plyn je v ideálním případě s minimálním obsahem dehtu.



Obr. 7.3: Fluidní zplyňovače

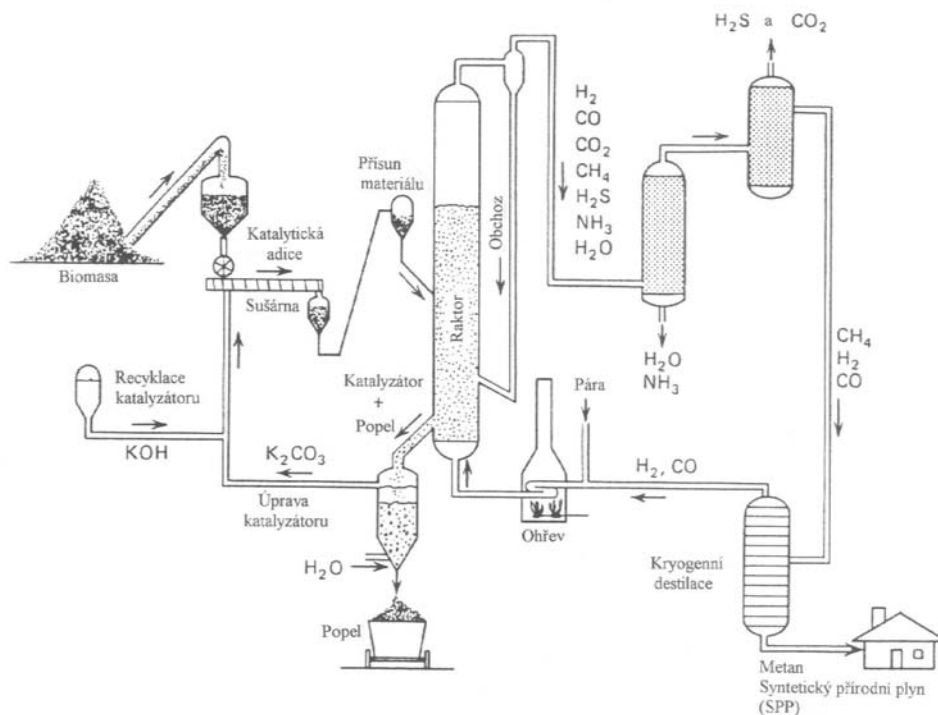
Fluidní zplyňovač, rozsah rychlostí pro danou granulometrii, který je úměrný rozsahu výkonů, je velmi široký. Pro každou granulometrii lze volit optimální hydrodynamický režim a lze zpracovávat odpad od typu pilin do typu štěpky.

Při zplyňování ve fluidním loži víří látka přiměřené granulometrie (2 - 20 mm) v izotermním reaktoru ve spodní části účinkem předehřátého vzduchu, postupně pak účinkem vznikajícího plynu. Vhodným poměrem palivo/vzduch lze regulovat poměr exotermických (spalovacích) reakcí ($C + O_2 = CO_2$) a endotermických (zplyňovacích) reakcí ($C + H_2O = CO + H_2$, $C + CO_2 = 2CO$) tak, aby proces probíhal bez přívodu zvenčí, tj. autotermicky. Následující obrázek ukazuje několik typů zplyňovacích reaktorů lišících se zejména rychlostí plynu - obr. 7.3.

Vzniklý plyn obsahuje především CO (25 %), H₂ (20 %), CO₂ (10 %), N₂ (40 %) a zčásti CH₄ - metan (3 %). Někdy udávaný rozklad vody na „vodní plyn“, podle rovnice $C + H_2O = CO + H_2$ nastává jen pokud teplota ve vyvíječi plynu dosáhne teplot 1 100 - 1 200°C. Z 1 kg dřeva se uvolní 1,5 - 2,0 m³ dřevoplynu.

Aby bylo možno získat plyn s výhřevností nad 5 MJ.Nm⁻³, je třeba, aby surovina vstupující do reaktoru měla vlhkost 15 - 20 %. To splňují pouze některé druhy dřevního odpadu, např. hobliny z nábytkářských výroben, mimořádně těž štěpky, které byly delší dobu uskladněny v krytém prostoru. Jiné druhy dřevního odpadu, jako piliny nebo čerstvě naštěpkované dřevo, tuto podmínku nespĺňují a vyžadují sušení.

Za použití vyspělých technologií lze z biomasy vyrobit syntetický plyn - schéma výroby je na obr. 7.4. Toto řešení je zatím v poloprovozním ověřování, cena produktu je zatím relativně vysoká. Složení syntézního plynu je možné regulovat



Obr. 7.4: Schéma výroby syntetického plynu

od vlastností obdobných generátorovému plynu (dřevoplynu, směs CO+H₂+CH₄ v různých poměrech) až po čistý metan.

Výrobou syntézního plynu se zabývají přední světové firmy, například německé Lurgi, Siemens, dánský Volund, švédský Vattenfall, finská Wärtsilla, holandsko-britský Shell atd.

Pro ilustraci uvádíme dvě jednotky na výrobu syntézního plynu od firmy Lurgi, v Dormagenu (Německo) obr. 7.5 a Kuantanu (Malajsie) obr. 7.6.



Obr. 7.5: Jednotka na výrobu syntézního plynu v Dormagenu (Německo)



Obr. 7.6: Jednotka na výrobu syntézního plynu v Kuantanu (Malajsie)

Základní technické parametry jednotek na výrobu syntézního plynu od firmy Lurgi uvádíme v tabulce č. 7.1. Jednotky mohou zpracovávat směs biomasy s fosilními palivy

(zpracovávají se různé kombinace biomasy, především uhlí, ale i kapalné odpady z ropných rafinerií a organické frakce komunálních a průmyslových odpadů, v Malajsii se jedná především o zbytky z lisování olejů, pecky a zdrtky palmy olejné).

Tabulka 7.1: Základní technické parametry jednotek na výrobu syntézního plynu od firmy Lurgi

Výroba syntézního plynu	Německo	Malajsie
Investor	Messer Griesheim	BASF Petronas Company
Místo	Dormagen, Německo	Kuantan, Malajsie
Výrobní postup	Parní reforming	Parní reforming
Držitel licence	Lurgi	Lurgi
Výkon zařízení	7000 m ³ .h ⁻¹ (CO +H ₂)	660 000 t.rok ⁻¹ (CO +H ₂)
Generální dodavatel	Lump-Sum-Turnkey	Lump-Sum-Turnkey
V provozu od roku	2001	2001

Využití plynu

Zplyňování je metodou pro transformaci energie pevné biomasy do energie spalitelného plynu (a částečně citelného tepla), kdežto při spalování pevných látek se jejich energie plně přenáší v citelné teplo. Zplyňování v zásadě nabízí před spalováním některé výhody. Za prvé, plyn má lepší spalovací vlastnosti než pevné látky. Spalovací proces je lépe říditelný, potřebuje menší přebytek vzduchu, dovoluje jednodušší spalovací schéma, méně znečišťuje vzduch a výměníky tepla. Dále se plyny mohou spalovat ve spalovacích motorech (plynové turbíny nebo pístové motory) a mohou se použít v kombinovaných cyklech. Základní jsou tři hlavní možnosti pro spalování produkovaného energetického plynu:

- vnější spalování pro procesy sušení a vytápění nebo pro výrobu elektřiny v parním cyklu,
- vnitřní spalování v plynové turbíně pro pohon, nebo výrobu elektřiny,
- vnitřní spalování jak pro vznětový nebo zážehový motor pro pohon, nebo výrobu elektřiny.

Každý způsob využití má své přednosti a je nutné jej volit podle místních ekonomických podmínek, nebo zásobovacích možností.

Pyrolýzní zpracování biomasy

Co je pyrolýza

Pyrolýza je termální degradace buď při úplné absenci okysličovadla nebo s jeho omezeným použitím. Výsledkem není klasické zplyňování, co do rozsahu, ale můžeme je popsat jako částečné zplyňování. Teploty se při jednotlivých technologiích pohybují od relativně nízkých (500⁰-800⁰C) přes střední s 800 až 1100⁰C až po velmi vysoké při 1500-2000⁰C. Obvykle se produkuje tři produkty: plyn, kapalina a dřevěné uhlí, jejichž relativní produkce závisí velmi na pyrolýzní metodě a reakčních parametrech. Rychlá pyrolýza se používá k maximalizaci, jak plyných, tak kapalných produktů podle teploty procesu. Na rozdíl od klasické pyrolýzní jednotky, u které se produkuje 80 - 85% hořlavého plynu (směs oxidu uhelnatého a vodíku) a 15 - 20% uhlí při rychlé pyrolýze vzniká z 1 t suché biomasy 650 - 700 kg pyrolýzního oleje (biooleje), 150 - 200 kg hořlavého plynu a cca 150 kg dřevěného (rostlinného) uhlí. Pyrolýzní olej vzniká prudkým zchlazením plynů, vznikajících při termickém zpracování biomasy, nebo bioodpadů v pyrolýzním reaktoru při teplotách do 500⁰C bez přístupu vzduchu. Vstupní surovina musí být suchá (cca 90% sušiny) a zrnitost upravená na max. 3 mm. Vzniklý pyrolýzní olej je hnědá kapalina o výhřevnosti 15 - 20 MJ . kg⁻¹ (což je cca polovina výhřevnosti topného oleje). Jeho pH je 2,3 - 3. Obsahuje kromě uhlovodíků též lignin a organické kyseliny, aromáty a mnoho dalších látek.

Pyrolýzní olej (bioolej) je nestabilní a jeho dlouhodobým skladováním klesá výhřevnost. Je využíván jako palivo nebo jako surovina pro další chemické zpracování. Pyrolýzní olej je většinou využíván v kogeneračních jednotkách vybavených spalovacími turbínami. V chemickém průmyslu je využíván např. při výrobě lepidel, hnojiv a aromatických látek.

Proč je pyrolýza zajímavá

Pyrolýza je atraktivní především díky tomu, že pevná biomasa a odpady obtížně, nebo nákladně zpracovatelné se mohou pohotově konvertovat v užité produkty. Tyto kapaliny, jako surová pyrolýzní kapalina (pyrolýzní olej), nebo kašovitě dřevní uhlí a voda, nebo dřevěné uhlí, mají výhody při dopravě, skladování, spalování a zapojení do výroby dalších

produktů, nebo k prodeji. Porovnání základních energetických parametrů surovin a produktů je sumarizováno v tab. 7.2.

Tabulka 7.2: Parametry měrné hmotnosti, výhřevnosti a obsahu energie u biomasy a odvozených pyrolýzních produktů

Surovina	Hustota [kg.m ⁻³]	Výhřevnost sušiny [GJ.t ⁻¹]	Obsah energie [GJ.m ⁻³]
Volně ložená sláma	~100	20	2
Volně ložená štěpka	~400	20	8
Pyrolýzní olej	~1200	25	30
Dřevěné uhlí	~300	30	9
Kaše dř.uhlí-voda (50/50)	~1000	15	15
Kaše dř. uhlí-olej (20/80)	~1150	23	26

Surová pyrolýzní kapalina je tmavá hustá kapalina a často se nazývá bio-ropa, pyrolýzní olej nebo jenom olej. Jiným hlavním produktem je suspense, která se skládá z vody a dřevěného uhlí s chemickými látkami přidanými pro její stabilizaci. Jednotlivé technologie poskytují stabilní, nebo proměnné koncentrace dřevěného uhlí až do 60%. Suspence se může také skládat z pyrolýzního oleje a dřevěného uhlí.

Při provozu pilotních zařízení se plyn obvykle spaluje, ale v komerčních zařízeních se může použít na výrobu energie v kogeneračních jednotkách, nebo pro výrobu tepla, které se může využít ve vlastní technologii k dosoušení paliva, nebo pro jiné technologické procesy, případně k prodeji externím zákazníkům.

Při dopravě je důležitá měrná hmotnost, některé hodnoty jsou uvedeny v tab. B4.66. Směsi suspense a oleje mají jasnou výhodu před štěpkou a slámou v podstatně větší měrné hmotnosti při dopravě a rovněž v energetickém obsahu. Pro dopravu na delší vzdálenosti je tento rozdíl rozhodujícím faktorem.

Tyto vlastnosti jsou důležité i při skladování a manipulaci a to kvůli sezónním rozdílům ve výrobě a poptávce a z toho vyplývající nutnosti skladování, které se bude vždy požadovat. Vedle úvah o měrné hmotnosti a energetickém obsahu je důležité zhodnotit i to, že čerstvá biomasa (jako štěpka a sláma) se bude znehodnocovat během skladování díky biologickým procesům, degradovat a ztrácet původní vlastnosti. Jiným důležitým faktorem je manipulace, kde kapaliny mají značné výhody před pevnými látkami.

Potenciální nedostatky mohou vzniknout z chemické a fyzické nestability pyrolýzního oleje, biosuspense a jejich směsí. Tento problém je zatím interpretován různě, skladovatelnost v období dvou až tří měsíců by měla stačit. Je ale pravda, že nebudou výhody kapalných paliv plně využitelné, dokud nebudou vlastnosti těchto kapalin plně stabilizované na delší období.

Spalování

Využití produktů pyrolýzních technologií umožní rozšířit trh s palivy. Celkově je s kapalnými (nebo plynnými) produkty v procesu spalování lehčí manipulace, to je důležité pro použití již existujícího zařízení. Existující hořáky na spalování topného oleje nemohou přímo spalovat tuhou biomasu bez podstatné rekonstrukce spalovací jednotky, která je relativně drahá. Kromě toho musí být v relativní blízkosti dostatečné zdroje levné biomasy, aby se palivo neprodražilo dopravou. Ovšem pyrolýzní olej, suspense dř. uhlí-olej a suspense uhlí-voda budou pravděpodobně požadovat pouze relativní modifikaci zařízení, nebo v určitých případech dokonce žádnou. Kotle na spalování práškového uhlí mohou relativně lehce akceptovat dřevěné uhlí jako částečnou náhražku paliva, pokud je obsah prchavé hořlaviny v souladu s konstrukcí zařízení. Pyrolýzní produkty bude možné rovněž možné dopravovat na větší vzdálenosti díky menším přepravním nákladům.

Motory s vnitřním spalováním

Plynové turbíny, obr. 7.7 mohou úspěšně spalovat pyrolýzní olej a suspenzní paliva, je však potřeba dát si pozor na alkalické zbytky v pyrolýzním oleji, dřevěném uhlí i suspensích. Vznětové motory se také mohou upravit na provoz s pyrolýzním olejem, či obohacenou suspenzí dř.uhlí/voda, nebo příbuzných produktů, ale zatím je s nimi obecně málo zkušeností.



Obr. 7.7: Možnosti využití pyrolýzního oleje pro pohon kogeneračních jednotek, letecký turbínový motor firmy Magellan OT 3, upravený na provoz pyrolýzním olejem, využití obdobné spalovací turbíny v kogenerační jednotce Orenda OGCT2500

Vlastnosti pyrolýzní kapaliny

Vzhled

Pyrolýzní kapalina je obvykle tmavě hnědou, volně tekoucí kapalinou. V závislosti na původní surovině a na technologii rychlé pyrolýzy barva může být od skoro černé přes tmavě červeno-hnědou k tmavě zelené. Barva bývá ovlivněna přítomností mikrouhlíku v kapalině a také chemickým složením. Filtrací horké pyrolýzní páry získává produkt více průsvitnou červenohnědou barvu díky absenci dehtu. Vysoký obsah dusíku v kapalině ji může dát tmavě zelené zbarvení.

Zápach

Kapalina má zvláštní zápach, palčivý zápach kouře, který může dráždit oči, pokud jsou delší dobu vystaveny působení kapaliny. Kapalina obsahuje několik set různých chemikálií ve velice odlišných koncentracích, které se řadí od nízkomolekulárních těkavých, jako formaldehydu a kyseliny octové až do vysokomolekulárních fenolů a anhydrocukrů.

Mísitelnost

Kapalina se nerozpouští ve vodě. Rovněž není mísitelná s palivy vyráběnými z ropy, okamžitě se stratifikuje na původní složky, vodu vydělenou ze suspenze a ropnou látku.

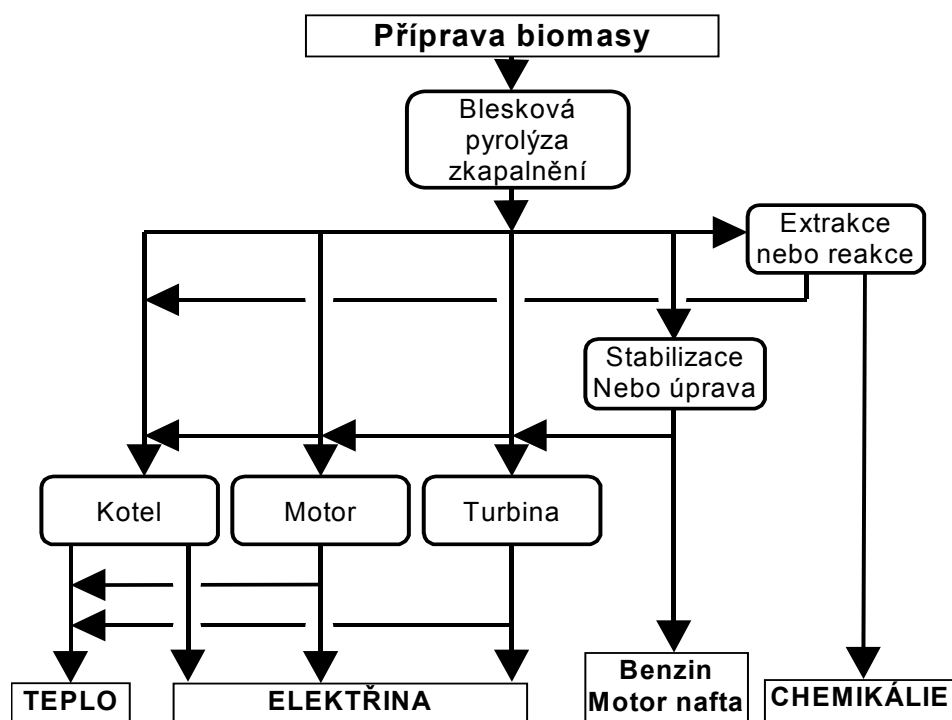
Hustota

Hustota kapaliny je velmi vysoká: $1,2 \text{ kg.l}^{-1}$ ve srovnání s lehkým topným olejem s $0,85 \text{ kg.l}^{-1}$. To znamená, že kapalina má kolem 42 % energetického obsahu topného oleje na

hmotnostní bázi, ale jen 16 % na objemové bázi. Tento fakt má dopad na konstrukci a specifikaci vlastností různých komponentů a sestav zařízení jako jsou například palivová čerpadla.

Využití pyrolýzní kapaliny

Pyrolýzní kapalina - olej může nahradit topný olej, nebo motorovou naftu při mnohých statických aplikacích, včetně použití jako palivo do kotlů, topenišť, spalovacích motorů a turbin na výrobu elektřiny. Možnosti jsou shrnuty na obr.B4.91. Dále j lze z pyrolýzní kapaliny vyrobit řadu chemikálií, které mohou být extrahovány nebo přepracovány, včetně potravinových dochucovadel, specialit, pryskyřic, agrochemikálií, hnojiv a činitel na kontrolu emisí. Úprava pyrolýzní kapaliny - oleje na paliva pro motorová vozidla, či letadla je proveditelná, ale v současné době není hospodárná (lze vyrobit benzin, motorovou naftu i letecký petrolej).



Obr. 7.8: Možnosti využití pyrolýzní kapaliny - oleje (bioropy) vzniklé bleskovou pyrolýzou

II. 8 Biologicky rozložitelné odpady v zemědělství a na venkově, výroba, skladování, zpracování a využití bioplynu

Požadavky na vybavení a provoz zařízení k využívání bioodpadů jsou dány § 5 Vyhlášky MŽP č. 341/2008 Sb. ze dne 26. srpna 2008

Bioplynové stanice a zařízení s anaerobním procesem zpracování bioodpadů:

1. s celkovou kapacitou do 3500 tun vstupujících bioodpadů za rok nebo v případě zpracování zemědělského odpadu živočišného původu a/nebo vedlejších živočišných produktů v množství menším než 10 tun denně;
2. s celkovou kapacitou větší než 3500 tun vstupujících bioodpadů za rok nebo v případě zpracování zemědělského odpadu živočišného původu a/nebo vedlejších živočišných produktů v množství větším než 10 tun denně.

Zařízení k využívání bioodpadů, s výjimkou malých zařízení podle § 33b odst. 1 písm. a) zákona, která jsou provozována v souladu s § 7, **musí splňovat požadavky podle zvláštních právních předpisů a dále požadavky stanovené v příloze č. 2 a musí být provozováno v souladu s provozním řádem, jehož obsah je uveden v příloze č. 4., které lze shrnout následovně**

Bioplynové stanice a další zařízení s procesem anaerobní digesce

V případě, že budou v zařízení zpracovávány vedlejší živočišné produkty, s výjimkou vytříděných kuchyňských odpadů z kuchyní, jídelen a stravoven a určitých zmetkových potravin, **musí být naplněny požadavky zvláštního právního předpisu, zařízení musí:**

1. **být vybaveno pasterizačně/sanitační jednotkou, která zajistí hygienizaci vedlejších živočišných produktů. Tato jednotka není nutná, pokud budou tyto materiály podrobeny tepelnému zpracování při teplotě nejméně 133 °C po dobu nejméně 20 minut bez přerušení, při absolutním tlaku nejméně 3 bary, přičemž velikost částic nesmí být větší než 50 milimetrů,**
2. **být vybaveno prostorem k čištění a desinfekci dopravních prostředků, kontejnerů a přepravních nádob před výjezdem dopravních prostředků ze zařízení,**
3. **kontrolovat technologický proces a složení výstupů buď laboratoří vlastní nebo jinou,**

další požadavky jsou dány zvláštním právním předpisem a platnými normami pro navrhování staveb.

Další požadavky jsou spíše technologického rázu spojené s funkcí technologického procesu bioplynové stanice.

Zařízení pro odběr a skladování bioplynu

Produkcí a využitím bioplynu je nutné sladit tak, aby byla vytvořena nezbytně nutná zásoba bioplynu k následnému využití. Z diagramu předpokládané výroby a spotřeby bioplynu zjistíme, zda-li bude nutné pořizovat vyrovnávací zásobník bioplynu nebo nikoliv.

Bioplynová stanice bez vyrovnávacího zásobníku

Pokud jsou spotřebiče zapínány nepravidelně podle množství vyrobeného bioplynu, hrozí nebezpečí nutnosti spalování přebytků bioplynu bezpečnostním hořákem. Energie vyrobeného bioplynu může být přeměněna na teplo a akumulována například do vodního zásobníku (získáme pouze nízkopotenciální zdroj energie). Tento systém lze provozovat prakticky jen k popsanému účelu výroby tepla.

Bioplynová stanice s vyrovnávacím zásobníkem (zvyšují se pořizovací náklady).

Při provozu kogeneračních jednotek s plynovými motory je nutná zásoba bioplynu pro jejich rovnoměrný a bezporuchový provoz. Velikost vyrovnávacího zásobníku bioplynových stanic je podle zkušeností z experimentálních provozů i praxe doporučována minimálně na úrovni dvou až dvanácti hodin nominální produkce bioplynu. Z ekonomických důvodů se dnes používá zásoba na cca 2 až 4 hodiny provozu kogeneračních jednotek. Pokud by přebytky (ztráty) bioplynu, které nelze uskladnit, ani spotřebovat přesáhly 30 % nominální výroby, pak nelze počítat s přijatelnou ekonomickou efektivností provozu bioplynové stanice. Každá bioplynová stanice vybavená kogenerační jednotkou musí být vybavena chladičem chladicí kapaliny spalovacího motoru, který uchladí 100 % výkonu motoru (pokud není odběr tepla) a havarijním hořákem bioplynu pro případ poruchy motoru kogenerační jednotky

Plynojemy používané u bioplynových stanic

Plynojemy používané u bioplynových stanic můžeme rozdělit:

Podle konstrukčního materiálu:

kovové

plastové

gumotextilní

kombinované

Podle provozního tlaku

nízkotlaké (< 50 kPa)

středotlaké (1 – 2 MPa)

vysokotlaké (15 – 35 MPa)

U současných bioplynových stanic v zemědělství se používají převážně nasedlané gumotextilní dvouplášťové plynojemy, nebo gumotextilní vaky umístěné v betonovém, nebo kovovém válci, ale i v dřevěných kolnách, nízkotlaké až středotlaké (ale i podtlakové s vysáváním bioplynu dmychadlem). V ČR byl pouze v jediném případě použit kovový kulový vysokotlaký zásobník bioplynu, jehož montáž je velmi náročnou akcí a provádí se přímo v místě stavby.

Závažným rozhodnutím projektanta je, zda a jak řešit případnou úpravu surového bioplynu.

Pokud surový bioplyn neobsahuje nadměrný obsah síry nebo mechanických příměsí či vodní páry, lze ho spalovat přímo v plynovém kotli s hořákem seřízeným na toto médium. Pro jiné způsoby využití je nezbytné provést sušení bioplynu (snížení obsahu vodní páry), odsíření (síra se v surovém bioplynu může vyskytovat ve formě sulfanu), pro speciální účely, tj. úpravu bioplynu na kvalitu zemního plynu připadá v úvahu energetické zhodnocení (odstraněním oxidu uhličitého a jiných balastních plynů), stlačení, zkapalnění atd. Sušení bioplynu se zpravidla provádí ochlazením pod rosný bod vodní páry a zpětným ohřevem. Mechanické nečistoty spolehlivě odplaví kondenzát, nebo se zachytí ve vodní pojistce. Odsíření bývá nejčastěji prováděno pomocí zařízení umožňujícího dávkování malého množství vzduchu (tím i kyslíku do prostoru fermentoru a plynojemu v rozsahu 2 až 3 % z objemu produkovaného bioplynu), po zreagování se substrátem a bioplynem může být v bioplynu z bezpečnostních důvodů maximálně něco přes 1 % kyslíku. Technicky je to nejjednodušší způsob. Sulfanu se lze zbavit i profukováním bioplynu granulovanými materiály na bázi oxidů železa, nebo v jednodušším případě přes vrstvu kovových železných

třísek vznikajících při obrábění materiálů. Náplň pelet nebo třísek se musí po vyčerpání sorbních schopností periodicky obměňovat.



Obr. 8.1: Textilní dvouplášťový nasedlaný plynojem, obvykle polyesterová tkanina + PVC, nízkotlaký 0,5 – 2,5 kPa, životnost 20 – 30 let nabízí řada firem, v ČR např. Tomášek SERVIS s.r.o.



Obr. 8.2: Textilní dvouplášťový plynojem fy SATTLER (Rakousko) (objem 100 – 2150 m³, polyesterová tkanina + PVC, nízkotlaký 0,5 – 2,5 kPa, životnost 20 – 30 let) – firmu SATTLER zastupuje v ČR K & H Kinetic a.s.



Obr. 8.3: Bezpečnostní plynový hořák



Obr. 8.4: Chladiče pro chlazení motoru kogenerační jednotky

Využití bioplynu k energetickým účelům

Bioplyn je možno využívat všude, kde se používají i jiná plynná paliva. Předpokladem použití bioplynu je přizpůsobení spotřebiče upravenému bioplynu.

Mezi způsoby energetického využití bioplynu patří:

1. přímé spalování (vaření, svícení, chlazení, topení, sušení, ohřev užitkové vody,...)
2. výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média (kogenerace)

3. výroba elektrické energie, ohřev teplotnosného média, výroba chladu (trigenerace)
4. pohon spalovacích motorů nebo turbín pro získání mechanické energie
5. Využití bioplynu v palivových člancích

Tab.8.1: Potenciální možnosti využití bioplynu

Využití bioplynu	současný stav	Nutnost čištění bioplynu		
		H ₂ S	H ₂ O	CO ₂
Kogenerace, spalovací motor (el. energie a teplo)	využívá se	ano	ne	ne
Výroba tepla (plynový kotel)	možné, ale neekonomické	ano	ne	ne
Kogenerace, palivové články (el. energie a teplo)	výzkum, vývoj	ano	ano	ano
Motorové palivo, pohonná látka	výzkum, vývoj	ano	ano	ano
Dodávka do rozvodné sítě zemního plynu	výzkum, vývoj	ano	ano	ano

V našich podmínkách se nejčastěji setkáme se dvěma způsoby využití bioplynu, spalování v kotlích a využití v kogeneračních jednotkách:

Spalování v kotlích

Prakticky všichni výrobci hořáků nabízejí modifikace určené na spalování bioplynu. Běžné typy kotlů žádné další speciální úpravy nepotřebují.

Pokud bioplyn obsahuje vysoký obsah sirnatých sloučenin, především sulfan (H₂S), je třeba je odstranit nebo provádět častější kontrolu a čištění teplosměnných ploch kotle a komínů.

Stechiometrická rovnice úplného spálení 1 Nm³ metanu (CH₄):



To znamená, že hořením směsi metanu se vzduchem se vytváří nová směs plynů:



Ve skutečnosti hoření plynů probíhá ve směsích s mírným přebytkem kyslíku (O₂) respektive vzduchu, a to přibližně asi o 10 %.

Z uvedených informací vyplývá závěr, že největším problémem při spalování bioplynu je jeho kvalita a stálost energetických parametrů, které mohou ovlivnit funkci spotřebiče.

Jako příklad uveďme experimenty provedené s radiačními kotli. Surový bioplyn se ukázal jako nevhodný zdroj energie s ohledem na nežádoucí chemické reakce mezi některými složkami bioplynu a speciální keramickou výplní radiačních kotlů. Tento problém by se dal

odstranit čištěním bioplynu, což však technologii znevýhodňuje ekonomicky i náročnějším provozem z hlediska obsluhy.

Pouhé spalování bioplynu na výrobu tepla je méně efektivní v případě, kdy jej lze využít výhodněji pro pohon kogenerační jednotky a získávat kromě tepla i elektrickou energii.

Kogenerace (plynový motor resp. turbína + generátor el. proudu)

Kogenerací nazýváme současnou výrobu elektrické energie a ohřev teplosměnného média. Tato metoda využití bioplynu dosahuje vysoké účinnosti konverze energie z bioplynu (80 – 90 %) na elektrickou a tepelnou energii. Pro hrubou orientaci můžeme počítat, že asi 30 % energie bioplynu se přemění na elektrickou energii, 60 % na tepelnou energii a zbytek jsou tepelné ztráty.

Na výrobu 1 kWh_e je třeba přivést do kogenerační jednotky 0,4 – 0,7 m³ bioplynu s průměrným obsahem metanu (CH₄) 50 až 65 % při průměrných elektrických účinnostech kogeneračních jednotek 32 až 41 %. V praktickém provozu můžeme velmi hrubým odhadem počítat, že na výrobu 1 kWh_e a 1,27 kWh_t potřebujeme asi 5 – 7 kg odpadní biomasy, 5 – 15 kg komunálních odpadů, 8 – 12 kg chlévské mrvy nebo 4 – 7 m³ tekutých komunálních odpadů.

Pro malé bioplynové stanice je v Rakousku a Německu často upravován na plynovou verzi čtyřválcový motor osobního automobilu Opel Kadet. Z profesionálních nabídek uvádíme jako příklad výrobní sortiment německé Deutz Energy, Mann, Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH atd. Na trhu v ČR se vyskytuje více dodavatelů kogeneračních jednotek včetně zahraničních. V realizovaných bioplynových stanicích na území ČR jsou nejvíce zastoupeny české firmy TEDOM, Motorgas, rakouská firma GE JENBACHER a německý Deutz Energy. Jako příklady technických parametrů kogeneračních jednotek uvádíme následující tabulky. Tabulky jsou pouze informativní a nenahrazují technickou dokumentaci výrobců. Aktuální údaje se mohou od uvedených lišit. Výrobci svá zařízení často inovují a zlepšují neustále jejich parametry.

Tab. 8.2: Přehled sortimentu kogeneračních jednotek firmy GE JENBACHER (A)

Moduly Leanox pro bioplyn 1500 1/min											
Technická data											
	mech. výkon kW	elektr. výkon kW	využité teplo kW	energie v plynu kW	Účinnost				střední tlak bar	paliv. směs °C	metan. číslo
					mech. %	elektr. %	tepel. %	celková %			
TOPNÁ VODA výstup/vstup 90/70 °C NO _x < 500 mg/Nm ³ ; CO < 650 mg/Nm ³			Uvedený obsah CO lze garantovat jen u nového motoru Sedimenty ve spal. motoru mohou způsobit po delším provozu jeho vzrůst								
JMS 208 GS-B.L	264	254	404	763	34,60	33,25	52,98	86,23	12,74	70	100
JMS 212 GS-B.L	397	383	594	1132	35,07	33,84	52,45	86,29	12,74	70	100
JMS 312 GS-B.L	511	494	748	1414	36,14	34,91	52,86	87,77	14,00	70	100
JMS 316 GS-B.L	681	659	998	1885	36,13	34,97	52,95	87,92	14,00	70	100
JMS 320 GS-B.L	862	827	1247	2357	36,15	35,10	52,90	87,99	14,00	70	100
JMS 156 GS-B.L	115	109	161	326	35,28	33,41	49,39	82,79	9,20	40	100
JMS 208 GS-B.L	291	280	395	834	34,89	33,57	47,36	80,93	14,00	40	100
JMS 212 GS-B.L	436	421	645	1251	34,85	33,63	51,52	85,15	14,00	40	100

Tab. 8.3: Přehled sortimentu kogeneračních jednotek firmy DREYER & BOSSE (D)

Typ	BF4M 1012E	BF4M 1012EC	BF4M 1013E	BF4M 1013EC	BF6M 1013E	BF6M 1015EC	BF6M 1015C	BF8M 1015C
Elektrický výkon Bioplyn	37 kW	45 kW	55 kW	65 kW	75 kW	100 kW	160 kW	220 kW
Tepelný výkon	57 kW	67 kW	83 kW	95 kW	112 kW	112 kW	168 kW	208 kW
Počet válců	4	4	4	4	6	6	6	8
Spotřeba bioplynu 65 % CH ₄	16 m ³ /h	19 m ³ /h	23 m ³ /h	27 m ³ /h	31 m ³ /h	37 m ³ /h	56 m ³ /h	75 m ³ /h
Elektrická účinnost	31,3 %	32,7 %	32,4 %	33,2 %	31,7 %	36,3 %	37,0 %	38,0 %

Tab. 8.4: Základní typy kogeneračních jednotek a jejich parametry

Kogenerační jednotky TEDOM základní řady - PREMI (dříve PLUS)						
Typ jednotky	Elektrický výkon (kW)	Tepelný výkon (kW)	Spotřeba zem. plynu ($m^3 \cdot h^{-1}$)	Elektrická účinnost (%)	Tepelná účinnost (%)	Celková účinnost (%)
Premi 22 AP	22	45,5	8,2	28,4	58,8	87,2
Twin 22 AP	22	45,5	8,2	28,4	58,8	87,2
Twin 44 AP	44	91	16,4	28,4	58,8	87,2
Twin 88 AP	88	182	32,8	28,4	58,8	87,2

Všechny jednotky výkonové řady PREMI lze dodat i se synchronním generátorem.

Kogenerační jednotky TEDOM střední řady - CENTO (dříve MT)						
Typ jednotky	Elektrický výkon (kW)	Tepelný výkon (kW)	Spotřeba zem. plynu ($m^3 \cdot h^{-1}$)	Elektrická účinnost (%)	Tepelná účinnost (%)	Celková účinnost (%)
Cento 42 SP	42	64,5	13,2	33,8	52,0	85,8
Cento 65 SP	65	97,0	20,0	34,4	51,3	85,7
Cento 75 SP	75	125,0	25,8	30,7	51,2	81,9
Cento 100 SP	100	161,0	32,3	32,8	52,8	85,6
Cento 140 SP	150	226,0	45,5	34,8	52,6	87,4

Všechny jednotky výkonové řady CENTO lze dodat i s asynchronním generátorem.

Kogenerační jednotky TEDOM vyšší řady - CAT												
Typ jednotky	Elektrický výkon (kW)		Tepelný výkon (kW)		Spotřeba zem. plynu ($m^3 \cdot h^{-1}$)		Elektrická účinnost (%)		Tepelná účinnost (%)		Celková účinnost (%)	
	S	HEE	S	HEE	S	HEE	S	HEE	S	HEE	S	HEE
CAT 190 SP	190	201	303	303	61,0	61,0	33,0	34,9	52,6	52,6	85,6	87,5
CAT 260 SP	255	271	419	419	82,0	82,0	32,9	35,0	54,1	54,1	87,0	89,1
CAT 400 SP	395	408	561	561	117,0	117,0	35,7	36,9	50,8	50,8	86,5	87,7
CAT 500 SP	519		653		144,0		38,1		47,9		86,0	
CAT 770 SP	770	782	1032	1032	219,0	219,0	37,2	37,8	49,9	49,9	87,1	87,7
CAT 1000 SP	1030	1046	1395	1395	292,0	292,0	37,4	37,9	50,6	50,6	88,0	88,5
CAT 2000 SP	2086		2808		579,7		38,1		51,3		89,4	
CAT 2900 SP	2904		3324		760,4		40,4		46,2		86,6	
CAT 3800 SP	3884		4312		1000,9		41,0		45,6		86,6	

S = standardní provedení
HEE = provedení se zvýšenou elektrickou účinností

- A** - asynchronní generátor - jednotky jsou určeny pouze pro paralelní provoz se sítí (ze sítě odebírají jalovou složku proudu nutnou pro vytvoření magnetického pole).
- S** - synchronní generátor - jednotky se synchronním generátorem mohou pracovat nejen paralelně se sítí, ale i nezávisle na ní; jejich využití je tedy širší. KJ mohou například pracovat jako nouzové zdroje, které zabezpečují dodávku elektřiny při ztrátě napájení normální pracovní cestou. Při paralelní spolupráci KJ se sítí je možno změnou velikosti budícího napětí regulovat účinník ($\cos \varphi$). Požadovaná hodnota účinníku se zadává pomocí kontroléru PX nebo MX.
- P** - paralelní provoz se sítí
- TWIN** - speciální provedení, uzpůsobené k postavení dvou jednotek na sebe - výhodné zejména do stísněných prostorů
- CAT** - motor Caterpillar, synchronní generátor

U všech kogeneračních jednotek je možná regulace jejich výkonu několika způsoby:

- Výkon KJ je plynule měnitelný prostřednictvím řídicího systému jednotky. Umožňuje dodávku do sítě, odběr ze sítě pro vlastní spotřebu, odběr vlastní produkce pro vlastní spotřebu atd.
- Výkon KJ kopíruje vlastní spotřebu objektu tak, aby provozovatel z rozvodné sítě proud neodebíral, ani ho do sítě nedodával. Tato regulace se používá v případech, kdy provozovatel nemá zájem dodávat elektřinu do sítě např. z důvodu nízké výkupní ceny.
- V nejjednodušším provedení rozeznává kogenerační jednotka pouze výkonové stavy: prohřívací výkon - plný výkon. Používá se u asynchronních agregátů nejnižšího výkonu.



Obr. 8.5: Kogenerační jednotka fy GE Jenbacher

Pohon mobilních energetických prostředků

Řešením, úpravy bioplynu, zvýšením jeho energetického potenciálu, vyčištěním a oddělením CO₂ od metanu se zabývá několik evropských firem. Úprava a čištění se provádí propíráním bioplynu ve vodě, nebo v různých kapalinách. Tento princip je založen na různých adsorbčních a absobčních schopnostech a vlastnostech těchto kapalin, nebo aktivního uhlí, oddělovat od sebe CO₂ a metan. Další možností je oddělení složek bioplynu na molekulárních sítích. Efektivnost jímavých kapalin i aktivního uhlí je násobena zvyšováním a snižováním teplot a

tlaku během procesu absorpce i adsorbce. Tato technologie pracuje s vysokou účinností a efektivností. V návaznosti na tuto čisticí stanici je zapotřebí instalovat plnicí stanici CNG. Tento systém je investičně velmi náročný, a provozně se hodí od kapacit nad $150 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ surového bioplynu (kolem 1300 až 1500 tis. $\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$). Investice se pohybují přes 20 mil. Kč plus investice do stanice CNG. Zařízení se již používají u několika větších bioplynových stanic ve Švédsku a Holandsku, pro menší bioplynové stanice jsou ekonomicky neúnosné. Pokusně byla uvedena do provozu čisticí jednotka u menší bioplynové stanice v Puckingu v Rakousku (obr. 8.6).



Obr. 8.6: Čisticí a stlačovací jednotka u menší bioplynové stanice v Puckingu (Rakousko)

Ve Švédsku, Německu a Rakousku legislativa umožňuje bioplyn po vyčištění a úpravě jeho dodávat do potrubí zemního plynu, ani v ČR tomu legislativně nic nebrání. V Puckingu se nabízí jako hit obnovitelný biometan ve směsi se zemním plynem pro pohon motorových vozidel v plnicí stanici technologií CNG.

Nakládání s fermentačními zbytky

Vedlejším produktem anaerobní fermentace je fermentační zbytek - tzv. fermentát, resp. digestát, který lze využít jako kvalitní organominerální hnojivo pro aplikaci na zemědělské pozemky nebo jako surovinu pro výrobu kompostu. Digestát se různí podle druhu bioplynové stanice, která

zpracovává různé suroviny. Obecně pro náš účel budeme uvažovat se dvěma typy bioplynových stanic, zemědělskými a komunálními.

Zemědělské BPS

Zemědělské BPS nesmí zpracovávat surovinu spadající pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1774/2002.

Substrát pouze rostlinného charakteru a statkových hnojiv, resp. podestýlky:

- trávy
- cíleně pěstované rostliny jako kukuřice, šťovík apod.
- zbytky z rostlinné výroby
- statková hnojiva – hnůj, kejda, podestýlka

Komunální BPS

Ostatní substrát spadající pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1774/2002 a bioplynové stanice pracující na ČOV.

Jako příklad v kombinaci využívaného substrátu lze uvést:

- Substrát pouze rostlinného charakteru a statkových hnojiv, resp. podestýlky
- Masokostní moučku
- Živočišný odpad
- Kaly z ČOV
- Biologicky odbouratelné odpady
- Odpad z kuchyní a jídelen

Výstupy ze zemědělských bioplynových stanic jsou považovány za hnojivo a řídí se zákonem o hnojivech.

Zařazování výstupů z ostatních zařízení k využívání bioodpadů do skupin podle způsobu jejich využití je dáno přílohou č. 8 k vyhlášce MŽP č. 341/2008 Sb, kterou dále uvádíme. Digestát z komunálních bioplynových stanic je možné využít jen dále uvedeným způsobem.

Zařazování výstupů ze zařízení k využívání bioodpadů do skupin podle způsobu jejich využití

Výstupy ze zařízení k využívání bioodpadů se podle svých vlastností a způsobu využití zařazují do následujících skupin:

a) 1. skupina – výstupy, které splňují požadavky na výrobky podle zvláštních právních předpis (např. bioplyn, kompost, digestát –splnění požadavků zákona o hnojivech). Pro rekultivační kompost a rekultivační digestát musí požadavky na výstup odpovídat minimálně požadavkům na výstupy skupin 2 a 3.

b) 2. skupina – výstupy, které splňují požadavky této vyhlášky a využívají se mimo zemědělskou a lesní půdu. Na základě skutečných vlastností, složení a způsobu využití se skupina dělí na tyto třídy:

1. třída I – určena pro využití na povrchu terénu užívaného nebo určeného pro zeleň u sportovních a rekreačních zařízení včetně těchto zařízení v obytných zónách s výjimkou venkovních hracích ploch. Kritéria pro využívání na povrchu venkovních hracích ploch se řídí zvláštním právním předpisem ¹⁾;
2. třída II – určena pro využití na povrchu terénu užívaného nebo určeného pro městskou zeleň, zeleň parků a lesoparků, pro využití při vytváření rekultivačních vrstev nebo pro přimíchávání do zemín při tvorbě rekultivačních vrstev, v intravilánu průmyslových zón, při úpravách terénu v průmyslových zónách (rekultivační kompost v doporučeném množství nepřesahujícím v průměru 200 t sušiny na 1 ha v období deseti let a rekultivační digestát v doporučeném množství nepřekračující 20 t sušiny na 1 ha v období deseti let). Rekultivační digestát musí být aplikován v dělených dávkách tak, aby nedošlo k zamokření pozemku na dobu delší než 12 hodin či k jeho zaplavení. Pro uvedené místa a účely je možné užívat i třídu I;
3. třída III – určena pro využití na povrchu terénu vytvářeného rekultivačními vrstvami zabezpečených skládek odpadů podle ČSN 83 8035 Skládání odpadů – Uzavírání a rekultivace skládek, rekultivačními vrstvami odkališť nebo pro filtrační náplně biofiltrů (kompost). Pro uvedené účely je možné užívat i třídu I a třídu II.

c) 3. skupina - stabilizovaný bioodpad určený k uložení na skládku v souladu se zvláštním právním předpisem ^{Chyba! Záložka není definována.}).

d) 4. skupina - výstupy ze zařízení k využívání bioodpadů, které nesplňují podmínky pro skupiny 1, 2 a 3.

¹⁾ Vyhláška č.135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, ve znění vyhlášky č. 292/2006 Sb..

III. Srovnání novosti postupů

V současné době se klade důraz na energetické využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie. V praxi převažují zatím výroba tepla ze spalování biomasy a motorová paliva na bázi bioetanolu a metylesterů rostlinných olejů. Velmi úspěšně se rozvíjí výroba bioplynu z různých druhů biomasy. Je třeba klást důraz nejen na pěstování energetické biomasy, ale i na energetické využívání všech dostupných organických odpadů, které nelze recyklovat pro původní účel použití, nebo vhodné materiálové využití. Nově se zabýváme výrobou tuhých alternativních paliv – TAP a technologiemi pro zplynování organických materiálů k výrobě tepla a elektrické energie. Pro zpracování BRO je možné využít řady velmi progresivních technologií. Zatím jde u termického zplynování a pyrolýzy o ověřování v poloprovozní i provozní praxi. Další prověřování probíhá zejména u produktů výroby tuhých alternativních paliv. Výroba bioplynu se soustřeďuje na takzvanou kofermentaci . Tento proces je v současnosti charakterizován sledováním parametrů anaerobního procesu při využití různých nových kombinací organických substrátů, tzv. kofermentů.

IV. Popis uplatnění metodiky

Celoročně se váže do organické hmoty na zemi asi 100 miliard tun CO₂, což je asi 14 % obsahu CO₂ v ovzduší, dalších 100 miliard tun pouze rostlinami projde jako energetický nosič pro zachování jejich života. Veškerý CO₂ vázaný v rostlinách se dříve nebo později do ovzduší vrací – ať už spálením nebo zetlením. Rostlinná hmota zetlí buď přímo, nebo poté co projde trávicím traktem živočichů, jimž tak předá část živin a energie. Průměrná doba života rostlin, tvořených převážně stromy, je asi 10 let, takže celkový potenciál organické hmoty rostlin na Zemi je asi desetinásobek ročního nárůstu. Asi 2 % vyrostlé organické hmoty rostlin využijí k lidské výživě a ke krmení hospodářských zvířat. K průmyslovému zpracování se použije 1% (například výroba papíru). K energetickým účelům se ročně ve světě využije asi 1 miliarda tun biomasy (v přepočtu na ekvivalent černého uhlí), což pokrývá asi 10% celosvětové spotřeby primární energie. Pro získávání biomasy jsou nutné dostatečné a spolehlivé srážky, příznivá teplota a vhodná topografie (zemědělská a lesní půda). Tyto podmínky jsou však pouze na cca 21 % souše zemského povrchu. Dostatečné a spolehlivé srážky, příznivá teplota, vhodná topografie a orná půda jsou pak jen na 7 % souše. Biomasy je na zemském povrchu sice dost, ale nelze ji buď za ekonomicky příznivých podmínek získat, nebo ji nelze ekonomicky transportovat do místa užití. To trochu brzdí mýty o nevyčerpatelnosti zdrojů biomasy, ale i tak lze mírný optimismus zachovat. Obecně lze využít tak 10 až 15 miliard tun biomasy ročně. Pokud se dnes využívají na výživu lidí a zvířat, k energetickým a průmyslovým účelům cca 4 miliardy tun je k dispozici ještě 6 až 11 miliard tun. Dostupný potenciál je tedy zatím využit v rozmezí 27 až 40 %. V osvojování zemského povrchu pro pěstování kulturních plodin jsou značné rezervy. Přitom je ovšem nezbytně nutné postupovat značně opatrně, neboť jsou zde rizika změn ekosystémů a klimatických podmínek velkých oblastí (viz likvidace amazonských pralesů, vysychání Aralského jezera, vznik Saharské pouště). Metodická příručka je určena pro zemědělce, poradce, projektanty a dodavatele technologií a technických systémů pro zpracování energetické biomasy. Někdy skutečně stojí za to zvážit, zda nepřeměnit obtížně odstranitelný odpad na vysoce hodnocenou surovinu, byť „pouze“ energetickou. Zpracování BRO (biologicky rozložitelných odpadů) k energetickým účelům přinese jak úsporu primárních energetických zdrojů, tak i záměrně pěstované biomasy. V publikaci je popsána řada způsobů jak nakládat s organickými

odpady v zemědělském podniku, nebo při zpracování biologicky rozložitelných komunálních odpadů v obcích. Pro zpracování BRO je možné využít řadu technologií. Zatím doporučujeme praxi výrobu tuhých alternativních paliv, pyrolýzní zpracování biomasy a výrobu bioplynu. Metodika najde uplatnění zejména u těchto uživatelů, starostů obcí, managementu zemědělských, odpadářských a energetických podniků. Ekonomické přínosy - metodika poskytne podklady pro objektivní hodnocení ekonomických výsledků využití a technologií zpracování organických odpadů. Zlepšení managementu - metodika zlepší účinnost a efektivitu poradenství a řídicí práce v zemědělském podniku. Pozitivní dopady na životní prostředí – metodika by měla přispět ke zvýšení energetického využívání vedlejší produkce, zbytkové biomasy a organických odpadů s pozitivními dopady na životní prostředí.

V. Seznam použité související literatury

- [1] Český statistický úřad: Výroba, spotřeba a ceny energetických zdrojů. [Online] <http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/cka070809.doc>.
- [2] Návrhy novely vyhlášky MŽP 357/2002 Sb.stanovující požadavky na kvalitu paliv z hlediska ochrany ovzduší
- [3] TNI 83 8302 Tuhá alternativní paliva - Specifikace a třídy, duben 2007
- [4] EICHENBERG, L.: Výroba energie z komunálního odpadu – Ecomaster Atzwanger. In: XIV. Mezinárodní kongres a výstava Odpady – Luhačovice 2006, 19. – 21. 9. 2006
- [5] Firemní literatura KAHL: Recycling of municipal and industrial waste (KAHL plants for the production of fluff and pellets as alternative fuels
- [6] TNI 83 8300 Tuhá alternativní paliva - Terminologie, definice a popis, duben 2007
- [7] Kolektiv autorů: Biogas in der Landwirtschaft. Brandenburgische ETI, Potsdam ATB, 2003.
- [8] CONSTANT, M. – NAVEAU, H. – FERRERO, G.-L. – NYNS, E.-J.: Biogas, end-use in the UE. Komise EU, DG pro energii. Elsevier Applied Science, 1989.
- [9] HOFFMAN, O. – NOVÁK, V.: Zpracování exhalací a odpadů. Skriptum. Praha, ČVUT FS 2002.
- [10] DOHÁNYOS, M.: Principy anaerobního rozkladu biomasy ve vztahu k možným kolapsům technologie. In: Sborník přednášek z konference „Použití bioplynu v podmínkách ČR“. Říčany, 2003.
- [11] DOHÁNYOS, M. a kol.: Anaerobní čistírenské technologie. Brno, NOVA 1998.
- [12] Technické informace č. 27. Praha, GAS s. r. o., 1996.
- [13] Technické informace č. 7. Praha, GAS s. r. o., 1996.
- [14] FÍK, J.: Spalování plyných paliv a plynové hořáky. Praha, GAS s. r. o., 1998, č.24.
- [15] DUBROVIN, V. a kol.: Biopaliva – technologie, stroje a zařízení. Kijev, 2004.
- [16] WOLF, J.: Výroba a využití bioplynu z chlévské mrvy. In: Sborník z 21. mezinárodní
- [17] Uniform Terminology for Rural Waste Management, ASAE Standards, S 292.5 OCT 94, p. 624, USA, 1997.
- [18] PASTOREK, Z.: Využití biomasy k energetickým účelům, kap. 10. In: CENEK, M. a kol.: *Obnovitelné zdroje energie*. II. vydání. Praha, FCC Public 2000.
- [19] STRAKA, F. a kol.: Bioplyn – příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů. Říčany, GAS s. r. o., 2003
- [20] Biogas – Strom aus Gülle und Biomasse. Top agrar fachbuch, Münster Landwirtschaftsverlag 2002.
- [21] SLADKÝ, V. – DVOŘÁK, J. – ANDERT, D.: Obnovitelné zdroje energie – fytopaliva. Praha, VÚZT 2002, č. 2.
- [22] KOVÁŘOVÁ, M. a kol.: Ekonomika pěstování a využití nepotravinářských plodin. Praha, VÚZT 2002, č. 5.
- [23] ANDERT, D. a kol.: Zemědělská technika a biomasa. Praha, VÚZT 2003, č. 2.
- [24] PLÍVA, P. a kol.: Právní aspekty kompostování. Praha, VÚZT 2004, č. 1.
- [25] Kolektiv autorů: Biogas in der Landwirtschaft. Brandenburgische ETI, Potsdam ATB, 2003.
- [26] HOFFMAN, O. – NOVÁK, V.: Zpracování exhalací a odpadů. Skriptum. Praha, ČVUT FS 2002.
- [27] DOHÁNYOS, M.: Principy anaerobního rozkladu biomasy ve vztahu k možným kolapsům technologie. In: Sborník přednášek z konference „Použití bioplynu v podmínkách ČR“. Říčany, 2003.
- [28] DUBROVIN, V. a kol.: Biopaliva – technologie, stroje a zařízení. Kijev, 2004.
- [29] KOVÁŘOVÁ, M. a kol.: Ekonomika pěstování a využití nepotravinářských plodin.

- Praha, VÚZT 2002, č. 5.
- [30] ANDERT, D. a kol.: Zemědělská technika a biomasa. Praha, VÚZT 2003, č. 2.
- [31] PLÍVA, P. a kol.: Právní aspekty kompostování. Praha, VÚZT 2004, č. 1.
- [32] HOFFMAN, O. – NOVÁK, V.: Zpracování exhalací a odpadů. Skriptum. Praha, ČVUT FS 2002.
- [33] Firemní literatura TEDOM Třebíč, ČR.
- [34] Firemní literatura JENBACHER AG, Rakousko, <http://www.jenbacher.com>
- [35] Biomass conversion for energy (biochemical conversion). Proceeding of technical consultation – FAO, CNRE Bulletin No. 10a, 1986.
- [36] LINKE, B. at all: Nutzung von Feldfrüchten zur Biogagevinung. Agrartechnische Forschung, **5**, 1999, č. 2, s. 82 – 90.
- [37] BIOGAS HANDBUCH – Grundlagen, Planung, Betrieb landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Arau (Švýcarsko), Verlag Wirz AG, 1984.
- [38] Wieviel Strom bringen Pflanzen? Neue Landwirtschaft, 2001, č. 3, s. 42 – 45.
- [39] SYNEK, M. a kol.: Manažerská ekonomika. Praha, GRADA Publishing, 1996.
- [40] KAŠTÁNEK, F.: Bioinženýrství. Praha, Academia 2001.
- [41] Aufbereitung von Biogas. Sborník referátů z workshopu FAL. Braunschweig (Německo) 2003.
- [42] KITANI, O. a kol.: CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Volume V – Energy and Biomass Engineering. ASAE (USA), 1999.
- [33] PASTOREK, Z. – Kára, J. – Jevič, P.: Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha, FCC PUBLIC s.r.o., 2004
- [44] PASTOREK, Z., - KÁRA, J.: Proizvodstvo biogaza iz smešannoj biomassy. [Biogas production from blended materials]. In *Energeobespečenie i energosbereženie v selskom chozajstve, 16.5.-21.5.2006*. Moskva : VIESCH 2006, s. 370-374. ISSN 0131-5277
- [45] Kolektiv autorů: Trockenfermentation –Evaluierung des Forschungs und Entwicklungsbedarfs, . Gülzower Fachgespräche: Band 23. Gülzow, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 2004
- [46] Firemní podklady Kompogas, Švicarsko
- [47] Firemní podklady Archea, Německo
- [48] Kolektiv autorů: Handreichung Biogasgewinnung und – nutzung, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, mit Förderung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Leipzig, 2004
- [49] Kolektiv autorů: Biokraftstoffe Basisdaten Deutschland, Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, mit Förderung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Gülzow 2007
- [50] Firemní podklady GE JENBACHER (Rakousko)
- [51] Firemní podklady DREYER & BOSSE (Německo)
- [52] Firemní podklady TEDOM s.r.o. Česká republika
- [53] PASTOREK, Z.: Vliv změn v legislativě ČR na energetické využívání biomasy, in *Zemědělská technika a biomasa 2007*, s podporou MZe ČR vydal VÚZT Praha, 2007
- [54] Firemní podklady Skanska, Ing. Pavel Bláha, Obecní úřad Kněžice, starosta Milan Kazda Zdeněk Kučera, Kněžice – model lokální energetické soběstačnosti, Alternativní energie č. 5., 2006, s. 10-11
- [55] Situační a výhledová zpráva: Réva vinná a víno. Praha, Mze ČR 2007. 75 s. ISBN 987-80-7084-575-2

VI. Seznam publikací, které předcházely metodice

- [1] HUTLA, P., JEVIČ, P., MAZANCOVÁ, J., PLÍŠTIL, D.: Emission from energy herbs combustion. Res. Agr. Eng., 51, 2005(1): s. 28-32
- [2] SLAVÍK, J. – HUTLA, P. – PASTOREK, M.: Vlastnosti topných briket z biomasy travních porostů. In: Zemědělská technika a biomasa 2006. Praha, VÚZT 2006, s. 123-127. ISBN 80-86884-15-5
- [3] KOUTNÝ, R. – ČECHOVÁ, B. – HUTLA, P. – JEVIČ, P.: Properties of heat briquettes on basis of cotton processing waste. Res. agr. eng., 53, 2007 (2): 39-46, ISSN 1212-9151
- [4] VÚZT Praha – ATEA PRAHA s.r.o. Palivo na bázi obilní slámy. Česká republika Užitiný vzor, 17419. 2007-03-26.
- [5] VÚZT Praha – ATEA PRAHA s.r.o. Linka na zpracování slámy a/nebo balíků slámy do granulí. Česká republika Užitiný vzor, 17283. 2007-02-19.
- [6] MAZANCOVÁ JANA, HUTLA, P., JEVIČ, P.: Vliv doplňkové biomasy na užité vlastnosti topných briket z rostlinných materiálů. In.: Briketovanie a peletovanie, 20. 11. 2007. STU Bratislava, s.4-11.
- [7] KOLÁŘOVÁ, M., MAZANCOVÁ, J., JEVIČ, P., HUTLA, P.: Tuhé alternativní palivo s podílem biomasy. In: Zemědělská technika a biomasa 2007, VÚZT. Praha, s. 62-67.
- [8] RYBOVÁ, A., KNOTEK, M, HUTLA, P.: Linka na výrobu topných pelet ze slámy. In: Zemědělská technika a biomasa 2007, VÚZT. Praha, s. 154-156.
- [9] KÁRA, J.: Biologicky rozložitelný komunální odpad. Je výroba z BRKO efektivní? Odpadové fórum, 2005, č. 11, s. 32
- [10] KÁRA, J.: Využití infrastruktury stávajících ČOV pro výstavbu bioplynových stanic. [Utilisation of existing ČOV infrastructure for biogas stations construction]. In Možnosti zvýšení výroby bioplynu u stávajících zařízení : Sborník referátů ze semináře ČOV s.r.o. Třeboň, 13.–14.10.2005.
- [11] KÁRA, J., PASTOREK, Z., ADAMOVSÝ, R.: Anaerobní zpracování BRO ze zemědělských a potravinářských provozů. [Anaerobic processing of BRO from agricultural and food plant]. In Trendy vo výskume a vývoji poľnohospodárskych strojov a technológií v ekosystéme kultúrnej krajiny : Zborník prednášok z medzinárodnej vedeckej konferencie, SPU Nitra - Katedra strojov a výrobných systémov, SAPV – Odbor poľnohospodárskej techniky, výstavby a energetiky, Združenie agropodnikateľov Slovenska, Dudince 2.-3.6.2005 [CD-ROM]. Nitra : SPU, 2005, s. 157-164. ISBN 80-8069-523-7
- [12] KÁRA, J., PASTOREK, Z., ADAMOVSÝ, R.: Anaerobní zpracování BRO ze zemědělských a potravinářských provozů. [Anaerobic processing of BRO from agricultural and food plants]. In Trendy vo výskume a vývoji poľnohospodárskych strojov a technológií v ekosystéme kultúrnej krajiny : Zborník anotácií z medzinárodnej vedeckej konferencie, Dudince 2.–3.6.2005. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2005, s. 43-44. ISBN 80-8069-522-9
- [13] KÁRA, J., PASTOREK, Z.: Solid agricultural organic waste as energy source. In Proceedings of the 4th Research and Development conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural engineering (CEE Ag Eng), 12.–13.5.2005. MOSCOW : VIESH, 2005, p. 93-101. ISBN 5-85941-195-2
- [14] KÁRA, J., STRAŠIL, Z., HUTLA, P., UŠŤAK, S.: Energetické rostliny. Technologie pro pěstování a využití. [Energy crops. Technology for their growing and utilization]. Praha : VÚZT, č. 3, 81 s. ISBN 80-86884-06-6
- [15] MUŽÍK, O., KÁRA, J.: Biomasa – produkce a možnosti energetického využití v ČR. [Biomass – production and possibilities of energy utilisation in CR]. In Produkcia a

- možnosti využitia poľnohospodárskej biomasy : Zborník zo seminára AGRION & MPV SR & TSÚVP-SKTC 106 v Nitre, Agroinštitút, 23.6.2004. Rovinka : TSÚP, 2004 s. 26-35
- [16] MUŽÍK, O., ABRHAM, Z., KÁRA, J.: Křídlatka Bohemica – ekonomika pěstování a možnosti kofermentace s kejdou. [The knotweed Bohemica – growing economy and possibilities of co-fermentation with slurry]. In *Trendy vo výskume a vývoji poľnohospodárskych strojov a technológií v ekosystéme kultúrnej krajiny : Zborník anotácií z medzinárodnej vedeckej konferencie, Dudince 2.-3.6.2005*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2005, s. 75-76. ISBN 80-8069-522-9
- [17] PASTOREK, Z., KÁRA, J.: Produkce fytomasy pro energetické účely. [The phytomass production for energy purposes]. In *Trendy vo výskume a vývoji poľnohospodárskych strojov a technológií v ekosystéme kultúrnej krajiny : Zborník anotácií vedeckej konferencie, Dudince 2.-3.6.2005*. Nitra : SPU, 2005, s. 77-78. ISBN 80-8069-522-9
- [18] PASTOREK, Z.: Bioplynové stanice a právní normy. *Odpadové fórum*, 2005, č. 11, s. 29-30
- [19] PASTOREK, Z.: Energy demand agricultural production and its economic and environmental impact. In Proceedings of the 4th Research and Development conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural engineering (CEE Ag Eng), 12.-13.5.2005. MOSCOW : VIESH, 2005, s. 46-53. ISBN 5-85941-195-2
- [20] PASTOREK, Z.: Legislativní podpora využití biomasy. [The legislative support of the biomass end-use]. In *Zemědělská technika a biomasa 2005 : Sborník přednášek ze semináře VÚZT, MZe ČR 22.11.2005*. Praha : VÚZT, 2005, č. 4, s. 7-10. ISBN 80-86884-07-4
- [21] PASTOREK, Z., KÁRA, J.: Produkce fytomasy pro energetické účely. [The phytomass production for energy purposes]. In *Trendy vo výskume a vývoji poľnohospodárskych strojov a technológií v ekosystéme kultúrnej krajiny : Zborník anotácií vedeckej konferencie, Dudince 2.-3.6.2005*. Nitra : SPU, 2005, s. 77-78. ISBN 80-8069-522-9
- [22] PASTOREK, Z.: Bioplynové stanice a právní normy. *Odpadové fórum*, 2005, č. 11, s. 29-30
- [23] PÁZRAL, E.: Obnovitelné zdroje energie a energetická politika Evropské unie. [Renewable energy resources and energy policy of European Union]. In CALÁBEK, M. (ed.): 26. Nekonvenční zdroje elektrické energie : Sborník ze semináře České elektrotechnické společnosti v Praze a VUT v Brně, Tuchlovice 6.-8.9.2005. Praha : Česká elektronická společnost, 2005, s. 29-33. ISBN 80-02-01761-7 + [CD-ROM]
- [24] PÁZRAL, E.: Stručná charakteristika obnovitelných zdrojů pro produkce elektrické energie. [A brief characteristics of renewable resources for electric energy production]. In CALÁBEK, M. (ed.): 26. Nekonvenční zdroje elektrické energie : Sborník ze semináře České elektrotechnické společnosti v Praze a VUT v Brně, Tuchlovice 6.-8.9.2005. Praha : Česká elektronická společnost, 2005, s. 14-20. ISBN 80-02-01761-7 + [CD-ROM]



Vydal: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.
Praha 6 - Ruzyně

Název: VYUŽITÍ ORGANICKÝCH ODPADŮ ZE ZEMĚDĚLSKÉ VÝROBY A VENKOVSKÝCH SÍDEL. SBĚR, TRÍDĚNÍ A VYUŽITÍ ORGANICKÝCH ODPADŮ. ZAŘÍZENÍ PRO TERMICKÉ ZPRACOVÁNÍ ORGANICKÝCH ODPADŮ

Autoři: KÁRA, J., HUTLA, P., PASTOREK, Z.

ISBN: ISBN 978-80-86884-40-0

Vydáno bez jazykové úpravy.

Metodika vznikla jako součást řešení výzkumného záměru VÚZT, v.v.i. MZe 0002703101 a projektů NAZV MZe „QF3160 Výzkum nových technologických postupů pro efektivnější využití zemědělských a potravinářských odpadů“ a projektu MŠMT „2 B06131 Nepotravinářské využití biomasy v energetice“

© Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha Ruzyně