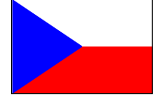




VŠB - Technická univerzita Ostrava
Výzkumné energetické centrum



„Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy“

Tadeáš Ochodek, Jan Koloničný, Michal Branc

Studie v rámci projektu

„Možnosti lokálního vytápění a výroby elektřiny z biomasy“

Projekt je spolufinancován Evropskou unií v rámci programu
INTERREG IIIA

Ostrava 2007

ISBN 978-80-248-1426-1

Obsah:

1. Prostředky pro sklizeň biomasy	11
1.1 Prostředky pro sklizeň bylinné biomasy pro termochemické využití.....	11
1.1.1 Sekačky	12
1.1.2 Řezačky.....	12
1.1.3 Žací mlátičky a mačkače.....	13
1.1.4 Shrnovače.....	13
1.1.5 Lisy	13
1.2 Prostředky pro sklizeň bylinné biomasy pro biologické využití.....	15
1.3 Prostředky pro sklizeň bylinné biomasy pro fyzikálně-chemické využití.....	16
1.4 Prostředky pro sklizeň dřevní biomasy.....	16
1.4.1 Sklizeň drobné dřevní biomasy.....	16
1.4.2 Sklizeň biomasy z plantáží RRD	17
1.4.3 Sklizeň těžební technikou	18
2. Prostředky pro úpravu biomasy.....	19
2.1 Sušení.....	19
2.2 Balíkovací a paketovací lisy	19
2.3 Štěpkovače a drtiče	20
2.3.1 Diskové štěpkovače	21
2.3.2 Bubnové štěpkovače	21
2.3.3 Šroubové štěpkovače	21
2.4 Řezací, stříhací a štípací zařízení.....	22
2.5 Peletovací a briketovací lisy	22
3. Technologie využití biomasy	25
3.1 Základní dělení	25
3.2 Princip a použití jednotlivých procesů.....	25
3.2.1 Spalování	25
3.2.2 Zplyňování	25
3.2.3 Pyrolýza	26
3.2.4 Anaerobní fermentace.....	26
3.2.5 Aerobní fermentace - kompostování.....	27
3.2.6 Alkoholová fermentace.....	28
3.2.7 Esterifikace olejů	28
4. Spalování biomasy	29
4.1 Definice a popis spalování	29
4.2 Možné principy spalování biomasy	29
4.2.1 Spalování na roštu.....	29
4.2.2 Spalování se spodním přívodem paliva	31
4.2.3 Speciální hořáky, hořákové provedení.....	32
4.2.4 Spalování ve fluidní vrstvě	35

4.3 Spalovací zařízení	37
4.3.1 Kamna a sporáky.....	38
4.3.2 Krby a krbová kamna.....	39
4.3.3 Kachlová kamna.....	41
4.3.4 Kotle pro ústřední vytápění.....	43
4.3.5 Průmyslové kotle	50
4.4 Moderní trendy u spalovacích zařízení	57
4.4.1 Krbová kamna	57
4.4.2 Moderní automatické kotle	58
4.4.3 Organický Rankinův cyklus (ORC).....	61
4.5 Účinnost spalovacích zařízení.....	63
5. Zplyňování biomasy	71
5.1 Princip	71
5.2 Reakce.....	72
5.3 Parametry procesu zplyňování	73
5.3.1 Přebytek vzduchu.....	73
5.3.2 Plošná rychlost	74
5.3.3 Výhřevnost plynu.....	74
5.3.4 Průtok a množství plynu	75
5.3.5 Účinnost	75
5.3.6 Spotřeba paliva.....	75
5.3.7 Dehty a unášivé částice	75
5.4 Vlastnosti biomasy ovlivňující zplyňování.....	75
5.4.1 Vlhkost.....	76
5.4.2 Obsah popela a jeho složení.....	76
5.4.3 Prvkové složení.....	76
5.4.4 Výhřevnost	76
5.4.5 Sypná hmotnost a zrnitost.....	76
5.4.6 Podíl prchavých látek.....	76
5.4.7 Požadavky na úpravu suroviny	77
5.5 Konstrukční řešení zplyňovačů.....	77
5.6 Zplyňovače s pevným ložem	78
5.6.1 Protiproudý zplyňovač	78
5.6.2 Souproudý zplyňovač.....	79
5.6.3 Souproudý zplyňovač s otevřeným jádrem.....	80
5.6.4 Vícestupňový souproudý zplyňovač	80
5.6.5 Zplyňovač s křížovým tokem.....	81
5.6.6 Porovnání zplyňovačů s pevným ložem	81
5.6.7 Vývoj v oblasti snižování úrovně dehtů u zplyňovačů s pevným ložem.....	82
5.6.8 Technické a provozní problémy zplyňovačů s pevným ložem.....	83
5.7 Zplyňovače s fluidním ložem.....	83

5.7.1	Stacionární fluidní vrstva (BFB - bubbling fluidised bed)	84
5.7.2	Cirkulující fluidní vrstva (CFB – circulating fluidised bed).....	84
5.7.3	Srovnání atmosférických a tlakových fluidních zplyňovačů	85
5.8	Zplyňovače s unášivým proudem (EF)	86
6.	Pyrolýza biomasy	88
6.1	Mechanismus pyrolýzy	90
6.2	Tuhé produkty	90
6.3	Kapalné produkty	91
6.4	Plynné produkty pyrolýzy	93
6.5	Technologie pomalé pyrolýzy – karbonizace	93
6.6	Technologie rychlé pyrolýzy – zkapalňování	96
7.	Fyzikálně-chemické přeměny	99
7.1	Esterifikace	99
7.1.1	Metylestery mastných kyselin	100
7.1.2	Technologie výroby	104
7.1.3	Vlastnosti metylesterů mastných kyselin	106
8.	Výroba bioplynu	108
8.1	Stav ve světě	108
8.2	Stav v ČR	108
8.2.1	Komunální ČOV	109
8.2.2	Zemědělské BPS	110
8.2.3	Průmyslové BPS	111
8.2.4	Skládky	111
9.	Anaerobní fermentace	112
9.1	Mechanismus vedoucí k tvorbě bioplynu	112
9.1.1	Faktory ovlivňující proces a jejich technologický význam	113
9.1.2	Řízení a stabilita procesu	114
9.2	Vstupní produkty fermentace– substráty	116
9.2.1	Složení bioplynu	118
9.2.2	Technologie čištění a úpravy bioplynu	122
9.2.3	Zbytek po fermentaci - digestát	125
9.3	Technologické systémy a jejich součásti	127
9.3.1	Základní typy bioplynových stanic	127
9.3.2	Konstrukční typy fermentorů	129
9.3.3	Stavební materiály a stavební techniky pro vyhnívací nádrže	131
9.3.4	Přípravné a skladovací nádrže	135
9.3.5	Potrubí, čerpadla, armatury	135
9.3.6	Míchací systémy	137
9.3.7	Topné systémy procesu	140
9.4	Odstraňování těžkých látek	141
9.5	Skladování bioplynu	142

9.5.1 Plynojemy	142
9.5.2 Hygienizační účinky BPS	144
10. Aerobní fermentace – kompostování	146
11. Průmyslová výroba ethanolu, fermentace	148
11.1 Suroviny a pomocné látky při výrobě lihu.....	148
11.2 Alkoholové kvašení (fermentace)	149
11.2.1 Produkty kvašení.....	150
11.2.2 Faktory ovlivňující kvašení.....	150
11.3 Lihovarská technologie	150
11.3.1 Technologie ze škrobnatých surovin	150
11.3.2 Výroba lihu ze surovin obsahujících sacharosu.....	152
11.3.3 Ztráty v kvasné části lihovaru	154
11.3.4 Využití oxidu uhličitého	154
12. Skladování biomasy	155
13. Situace v krajích – vybrané aplikace	159
13.1 Region Moravskoslezský	159
13.1.1 Kotelna na biomasu Bystřice nad Olší – pila.....	159
13.1.2 Kotelna na biomasu Dobrá – Pila	160
13.1.3 Kotelna na biomasu Hnojník– výtopna na dřevní odpad.....	161
13.1.4 Kotelna na biomasu Jablunkov - Návší	162
13.1.5 Kotelna na biomasu Krnov	163
13.1.6 Bioplynová stanice - zemědělská bioplynová stanice Kateřinky (záměr)	164
13.1.7 Kotelna na biomasu Ostravice	165
13.1.8 Bioplynová stanice Depos - Horní Suchá – KGJ na skládce TKO.....	166
13.1.9 Kotelna na biomasu Dolní Tošanovice	167
13.1.10 Kotelna na biomasu Horní Benešov pro základní a mateřskou školu	168
13.1.11 Bioplynová stanice Klokočov – KGJ na skládce TKO.....	169
13.1.12 Bioplynová stanice Markvartovice – KGJ na skládce TKO.....	170
13.1.13 Kotelna na biomasu – Ostravice – zdroj CZT	171
13.1.14 Kotelna na biomasu Jablunkov – Písečná pro MŠ a ZŠ	172
13.1.15 Kotelna na biomasu Písek - pila.....	173
13.1.16 Kotelna na biomasu Stará Ves – pila	174
13.1.17 Kotelna na biomasu - Tísek - pila	175
13.1.18 Kotelna na biomasu - Raškovice - pila	176
13.1.19 Kotelna na biomasu - Štěpánkovice.....	177
13.1.20 Bioplynová stanice Frýdek-Místek – KGJ na skládce TKO.....	178
13.1.21 Kotelna na biomasu Třanovice – výtopna podnikatelského centra	179
13.1.22 Kotelna na biomasu Vojkovice – výtopna na slámu a seno.....	180
13.1.23 Kotelna na biomasu Jeseník – základní škola.....	181
13.1.24 Bioplynová stanice Velké Albrechtice – KGJ na plemenné farmě.....	182
13.1.25 Bioplynová stanice Velké Albrechtice – KGJ výkrmna prasat	182
13.2 Region Zlínský.....	183

13.2.1 Kotelna na biomasu v lázních v Kostelci u Zlína	183
13.2.2 Kotelna na biomasu ve firmě KORYNA nábytek, a. s.	184
13.2.3 Kotelna na biomasu CZT pro sídliště Malé pole ve Slavičíně	185
13.2.4 Kotelna na biomasu Základní škola Bohuslavice u Zlína.....	186
13.2.5 Kotelna na biomasu Bohuslavice u Zlína - obecní úřad	187
13.2.6 Kotelna na biomasu Svatý Hostýn.....	188
13.2.7 Kotelna na biomasu Roštín - zdroj CZT	189
13.2.8 Kotelna na biomasu Hostětín - zdroj CZT	190
13.2.9 Kotelna na biomasu Firma Zálešák - Bánov.....	191
13.2.10 Kotelna na biomasu Timber Production, s. r. o.	192
13.2.11 Kotelna na biomasu Zdeněk Štůsek - dřevovýroba	193
13.2.12 Kotelna na biomasu Podhájí, s. r. o. - Lutonina.....	194
13.2.13 Kotelna na biomasu MARK - Marek Štěpaník.....	195
13.2.14 Kotelna na biomasu JAVORNÍK – CZ - PLUS, s. r. o.	196
13.2.15 Kotelna na biomasu FORM, s. r. o. - Střelná.....	197
13.2.16 Kotelna na biomasu Brumov - Bylnice - sídliště Družba	198
13.2.17 Bioplynová stanice - skládka TKO Kroměříž.....	199
13.2.18 Bioplynová stanice Uherské Hradiště - čistička odpadních vod.....	200
13.2.19 Bioplynová stanice Otrokovice - čistička odpadních vod	201
13.2.20 Kotelna na biomasu Nesovice - firma STABILA ČR	202
13.2.21 Kotelna na biomasu Firma PONAST, spol. s r. o. - Valašské Meziříčí	203
13.2.22 Kotelna na biomasu Valašská Bystřice - sociální byty.....	204
13.2.23 Kotelna na biomasu Valašská Bystřice - centrální výtopna	205
13.3 Využití biomasy v Žilinském a Trenčianském kraji.....	206
13.3.1 Dolný Kubín	207
13.3.2 Dubnica nad Váhom, okres Ilava.....	207
13.3.3 Dubodiel, okres Trenčín	207
13.3.4 Handlová, okres Prievidza	208
13.3.5 Handlová, okres Prievidza	208
13.3.6 Hlboké nad Váhom, okres Bytča	209
13.3.7 Horná Poruba, okres Ilava	209
13.3.8 Hruštín, okres Námestovo.....	209
13.3.9 Hruštín Výhon, okres Námestovo.....	210
13.3.10 Hruštín Zámost, okres Námestovo.....	210
13.3.11 Jakubovany – Jochy, okres Liptovský Mikuláš.....	210
13.3.12 Kláštor pod Znievom, okres Martin.....	210
13.3.13 Kláštor pod Znievom - Lazany, okres Martin.....	211
13.3.14 Krásno nad Kysucou, okres Čadca	211
13.3.15 Klokočov, okres Čadca	211
13.3.16 Krásno nad Kysucou, okres Čadca	212
13.3.17 Kysucké Nové Mesto.....	212

13.3.18 Kysucký Lieskovec, okres Kysucké Nové Mesto.....	212
13.3.19 Lazy pod Makytou, okres Púchov	213
13.3.20 Liptovský Hrádok, okres Liptovský Mikuláš	213
13.3.21 Liptovský Mikuláš	213
13.3.22 Lubel'a, okres Liptovský Mikuláš.....	213
13.3.23 Lúky, okres Púchov	213
13.3.24 Lúky, okres Púchov	213
13.3.25 Lúky pod Makytou, okres Púchov	213
13.3.26 Ľubochňa, okres Ružomberok	214
13.3.27 Ľubochňa, okres Ružomberok	214
13.3.28 Ľubochňa, okres Ružomberok	214
13.3.29 Lysá pod Makytou, okres Púchov.....	214
13.3.30 Lysá pod Makytou, okres Púchov.....	214
13.3.31 Mojtín, okres Púchov	214
13.3.32 Motešice, okres Trenčín.....	214
13.3.33 Mútne, okres Námestovo	215
13.3.34 Nemšová, okres Trenčín	215
13.3.35 Nová Bošáca, okres Nové Mesto nad Váhom	215
13.3.36 Nová Dubnica, okres Trenčín	215
13.3.37 Novoť, okres Námestovo	215
13.3.38 Oravská Lesná, okres Námestovo.....	215
13.3.39 Oščadnica, okres Čadca	215
13.3.40 Pavlova Ves, okres Liptovský Mikuláš	216
13.3.41 Poviná, okres Kysucké nové Mesto	216
13.3.42 Rajec, okres Žilina	216
13.3.43 Rajecká Lesná, okres Žilina.....	216
13.3.44 Raková, okres Čadca.....	217
13.3.45 Rudina, okres Kysucké nové Mesto.....	217
13.3.46 Ružomberok.....	217
13.3.47 Slanická Osada, okres Námestovo	217
13.3.48 Strečno, okres Žilina	217
13.3.49 Svarín, okres Liptovský Mikuláš	217
13.3.50 Zákopčie, okres Čadca	218
13.3.51 Záriečie	218
13.3.52 Zliechov, okres Ilava.....	218
13.3.53 Žilina	218
13.3.54 Žilina	218
13.3.55 Žilina	218
13.3.56 ČOV – Bytča.....	219
13.3.57 ČOV – Čadca	219
13.3.58 ČOV – Dolný Kubín	219



13.3.59 ČOV – Handlová, okres Prievidza.....	219
13.3.60 ČOV – Nižná, okres Tvrdošín	220
13.3.61 ČOV – Prievidza.....	220
13.3.62 ČOV – Nové Mesto nad Váhom, Trenčianska Teplá a Trenčín (ľavý breh)..	220
13.3.63 ČOV – Žilina	220
14. Závěr.....	221
Literatura	222
Seznam obrázků	224
Seznam tabulek	228

Úvod

Biomasa jako obnovitelný zdroj energie, jež má v České republice největší potenciál, je substance biologického původu, která zahrnuje rostlinnou i živočišnou biomasu a organické odpady. Rozmanitost druhů a forem biomasy je velice pestrá, jak popisuje předchozí studie s názvem *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy* vytvořená v rámci projektu *Možnosti lokálního vytápění a výroby elektřiny z biomasy*.

Je pochopitelné, že rozmanitosti biomasy odpovídá i široká škála technologií přípravy a energetického využívání biomasy. Cílem této studie, která navazuje na výše jmenovanou studii, je právě tyto technologie v rámci vytýčených cílů projektu popsat s ohledem k charakteru a možnostem cílených krajů.

V úvodu se studie zabývá technologiemi pro sklizeň různých druhů biomasy od píce až po dřevní biomasu a prostředky pro úpravu biomasy. Další oddíl studie je věnován podrobnému popisu jednotlivých technologií energetického využívání biomasy. Závěr studie tvoří souhrn informací o aplikacích energetických zdrojů využívajících biomasu v Moravskoslezském, Zlínském, Žilinském a Trenčianském kraji.

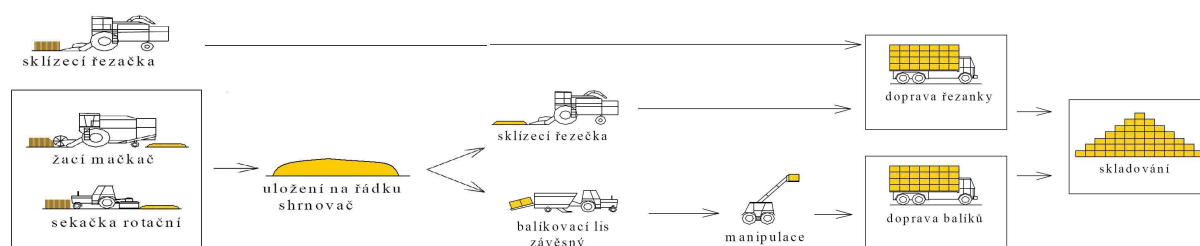
1. Prostředky pro sklizeň biomasy

Sklizeň a následné posklizňové zpracování biomasy je velice důležitou operací, a to z důvodu technického a logistického. Na ekonomice sklizně výrazně závisí i celková ekonomika výroby biopaliv.

Použitá technologie se liší podle druhu biomasy. Ke sklizni rychlerostoucích dřevin nebo palivového dřeva určitě nepoužijeme kombajn a stejně tak na sklizeň energetických trav určitě nepoužijeme motorovou pilu. Obecně dělíme biomasu dle ČSN P CEN/TS 14961 [6] na biomasu bylinnou, dřevní, ovocnou a směsi a příměsí. V této publikaci se zaměříme na první dva jmenované druhy, použití ostatní biomasy pro energetické účely je sice možné, ale z důvodu malého potenciálu velice omezené.

1.1 Prostředky pro sklizeň bylinné biomasy pro termochemické využití

Obecně platí, že pro sklizeň bylinné biomasy určené pro energetické využití, myšleno termochemické využití – spalování, zplyňování, pyrolýza, lze užít širokou škálu technologických postupů, které se používají pro sklizeň a úpravu plodin určených pro potravinářské, krmivářské nebo průmyslové účely [2]. Výběr konkrétní technologie vychází z vlastností konkrétní energetické rostliny, které se mohou lišit podle termínu sklizně, dále z požadavků na výstupní surovinu a finanční náročnosti dané technologie. Pro energetické využití je stejně jako pro ostatní účely důležitý správný termín sklizně a co nejrychlejší úprava do skladovatelného stavu.



Obrázek 1.1 Způsob sklizně stébelnin

Možné způsoby sklizně bylinné biomasy zachycuje Obrázek 1.1. Porost je možno sklídit jednofázově, a to s využitím sklízecí řezačky a dopravního prostředku, viz. horní část obrázku. Sklízecí řezačka porost pokosí, nařeže na požadovanou velikost a pomocí metače dopraví do dopravního prostředku. Dopravní prostředek (traktor s vlečkou, nákladní automobil) odveze řezanku – produkt řezačky, na místo skladování, sušení nebo využití. U tohoto způsobu sklizně se využívá celá rostlina stejným způsobem, takže není možné oddělit určitou část rostliny a použít ji pro jiné účely. Doprava řezanky je ekonomicky přijatelná pouze na krátké vzdálenosti, cca 2 km, nebo ve velkoobjemových soupravách. Mimo řezaček může být využito samojízdných peletovacích lisů, tím se náklady na dopravu výrazně sníží, ale podmínkou je nízká vlhkost rostlin. Stroje tohoto typu však nejsou příliš rozšířeny.

Jiným způsobem je vícefázový způsob, který je nutno použít u rostlin, u kterých chceme použít část produktu, např. semena, pro jiné než energetické účely nebo chceme rostlinu transportovat a skladovat v jiné formě – balících. V první fázi je porost posekán a ponechán v řádcích na poli, přičemž k tomu mohou být využity různé druhy sekaček a žacích mačkačů, kdy nevyužíváme žádnou část z rostliny, nebo žacích mlátiček, kdy jsou odděleny od rostliny nejčastěji semena. V druhé fázi je rostlina sklizena z pole pomocí řezačky, přičemž následuje stejný postup jako u jednofázového procesu sklizně, pomocí sběracích vozů, dále pomocí sběracích lisů, které rostliny slisují do tvaru hranatých nebo válcových balíků, které jsou následně

naloženy na dopravní prostředek a odvezeny na místo skladování. První a druhá fáze může být nahrazena použitím samojízdných lisů, které porost sekají a zároveň lisují do balíků. Rostlina musí být ale dostatečně vysušená. U vícefázových procesů sklizně se využívá také přirozeného dosoušení biomasy na poli, čímž se dále využije energie slunce a okolního prostředí. Rostliny se při sušení mohou obracet a před lisováním shrnout do jednoho řádku pomocí shrnovaček. Stroje použité pro tyto způsoby sklizně jsou běžně dostupné a používají se na různé druhy kulturních plodin.

1.1.1 Sekačky

K sekání bylin s nejčastěji používají bubnové a diskové sekačky. Princip spočívá v rotaci bubne nebo disku, který je osazen noži. Nože při svém pohybu postupně odřezávají rostliny a ostatní rotující části odhazují rostliny mimo dráhu bubnů nebo disků. Sekačky jsou určeny na sekání píce a uložení do řad. Jsou vyráběny v několika šířích v různém provedení. Mohou být zavěšeny za traktorem, nesené v předu nebo kombinace obou uvedených způsobů.

Nejčastěji používaným typem je dvoububnová sekačka za traktor o rozměrech 1,35m, 1,65m, 1,85m, 2,10m a čtyřbubnová 2,65m, viz Obrázek 1.2.



Obrázek 1.2 Čtyřbubnová sekačka

1.1.2 Řezačky

Pro sklizeň rostlin ve formě řezanky se používají řezačky. Princip je podobný jako u samojízdných mačkačů. Přední část stroje je opatřena adaptérem, který rostlinu usekne a nasměruje do dalších částí zařízení. Podávací ústrojí může být například bubnové na hydraulický pohon. Součástí adaptéru je ochrana řezacího ústrojí před vniknutím železných předmětů. Adaptéry pro různé rostliny se liší jak co do provedení tak také dle výkonu.

Řezací ústrojí bývá většinou bubnové s různými rozměry a otáčkami bubnu. Na bubnu jsou řezací nože, jejichž počet se dá měnit. Délka řezanky bývá 4 - 80 mm a je plynule měnitelná. Některé stroje mají také válce pro drcení řezanky, mezi kterými lze nastavit mezeru většinou 1 až 20 mm. Řezanka je následně pomocí metacího zařízení dopravována do dopravního prostředku.



Obrázek 1.3 Sklízecí řezačka – vlevo sklizeň řádků, vpravo adaptér

1.1.3 Žací mlátičky a mačkače

Žací mlátičky jsou stroje pro sklizeň zrna, a to buď zrna obilovin, olejnin nebo luštěnin [35]. Typy pro jednotlivé plodiny se samozřejmě liší, ale nalezneme u nich i společné prvky. Přední část je podobně jako u řezaček opatřena sklízecím ústrojím, které má stejnou funkci. Následuje mláticí a separační ústrojí, které bývá nejčastěji mlátkové nebo dvoj-rotorové s tangenciálním vstupem o různém průměru a délce. Délka sekce výmlatu a celková plocha výmlatu a separace se také liší. Po vymláčení se zrno dostává do sekce čištění, která je tvořena vibračními plochami s nastavitelným sklonem, domlacovacím zařízením a ventilátorem. Zásobníky na zrno mají různou velikost a liší se i vyprazdňovací rychlost. Žací mlátičku zachycuje Obrázek 1.4.

Mačkače mohou být buď samonosné, kdy vizuálně připomínají žací mlátičku, ale místo mláticího a separačního ústrojí mají pouze dva rotující bubny, mezi kterými se rostliny mačkají. Mimo samonosné mačkače existují i mačkače nesené, které se zapojují za traktor.



Obrázek 1.4 Žací mlátička

1.1.4 Shrnovače

Shrnovače slouží ke shrabování proschlé biomasy do řádku, přičemž mají záběr až 12 m, což zajišťuje vysoký pracovní výkon až 20 ha/h. Shrnovač tvoří paprsková kola, která jsou většinou samostatně zavěšena, aby dokonale kopírovala terén. U novějších shrnovačů je možná i plynulá regulace šíře nahrabované řady [35].

1.1.5 Lisy

Svinovací lis se používají pro lisování slámy, sena a senáže. Rozlišujeme dva základní typy lisu a to lisy tvořící válcové balíky nebo lisy tvořící hranaté balíky. Pro uskladnění jsou výhodnější balíky hranaté, ale z důvodu nižší měrné energie na lisování jsou stále častěji využívány lisy na válcové balíky. Pohled na sběrací lisy zachycuje Obrázek 1.5.

Lisy na válcové balíky mají svinovací komorou s proměnným objemem a lisují balíky šířky 1,2 m a průměru od 0,9 m do 1,5 m. Hmotnost balíků se může pohybovat od 180 - 815 kg. Lisovací tlak dosahuje úrovně 6,2 – 17,2 MPa. Lisovací komoru tvoří 6 až 13 formovacích válců. Lisy váží do provázku, ale je možné je doplnit o vázání do sítě. Standardně jsou vybaveny akustickou signalizací začátku ovíjení, digitálním počítadlem a automatickým spouštěním vázání.

Princip lisu na hranaté balíky je odlišný. Řezací ústrojí má až 25 nožů, které je možné rozestavit tak, aby se přizpůsobily požadavkům a podmínkám sbíraného materiálu. Samotné lisování se děje pístem v lisovací komoře, který má okolo 40 zdvihů za minutu. Tyto rychlosti zaručují vysokou průchodnost materiálu při vyrovnaném a kultivovaném chodu lisu. Samotný přenos síly na lisovací píst se děje přes dvě ojnice osazené senzory, které rozpoznají nadměrné zatížení [38].

V poslední době se opětovně začaly vyvíjet balíkovací lisy pracující na principu svinování, který se využívá např. při výrobě lan. Těmto lisům se říká svinovací lisy.



Obrázek 1.5 Sběrací lisy

Tabulka 1.1 Orientační hodnoty výkonnosti a spotřeby paliva na sklizeň píce [2]

Operace	Souprava	Výkonnost	Spotřeba paliva
		(ha/h)	(l/ha)
Sklizeň kukuřice na siláž	Sklízecí řezačka	1,1	36,7
	Samojízdná		
Sklizeň píce na zeleno	Sklízecí řezačka	1,6	25,3
	Samojízdná		
Pokos píce	Traktor 4x4, 70-79 kW	2,0	5,1
	Rotační žací stroj – záb. 3,2 m		
Sběr zavadlé píce	Sklízecí řezačka	1,3	31,1
	samojízdná		
Obracení a shrnování píce	Traktor 4x2, 40-49 kW	4,2	1,5
	Obraceč-shrnovač – záběr 6,7 m		
Sběr sena (slámy) sběracími návěsy	Traktor 4x2, 40-49 kW	1,2	5,3
	Sběrací návěs – objem 36 m ³		
Lisování sena (slámy)	Traktor 4x4, 80-99 kW	1,8	7,0
	Vysokotlaký lis – velké balíky		
	Traktor 4x4, 60-69 kW	1,6	6,1
	Svinovací lis-bal. 120x150 cm		
	Traktor 4x4, 60-69 kW	1,3	7,8
Svinovací lis-bal. 120x120 cm			

1.2 Prostředky pro sklizeň bylinné biomasy pro biologické využití

Pro anaerobní digesci (fermentaci) je možné použít jakoukoli biomasu s velkým podílem polysacharidů, lipidů a proteinů. Rostliny s velkým podílem lipidů a proteinů jsou ceněným artiklem pro jiné než energetické užití, proto je množství této rostlinné biomasy pro fermentaci omezené. S biomasou s velkým podílem škrobů a cukrů je to obdobné, určité množství využitelné pro energetické využití zde existuje, jelikož do této kategorie biomasy patří i odpadní biomasa (plevy, nekvalitní sklizeň, listí, tráva apod.). Důležitý je poměr C:N, který by měl být pro celou fermentovanou směs cca 30:1.

Pro účely fermentace se využívá klasických technik pro sklizeň zelených píce. Z pohledu obsahu cukrů a škrobů je pro tyto účely vhodná kukuřice nebo čiroky. U obou rostlin v současné době probíhá šlechtění odrůd přímo pro využití ve fermentačních jednotkách. Sklizeň je tedy prováděna nejčastěji sklízecími řezačkami, a to postupně, jelikož sklizená biomasa začíná brzy po sklizni jednak plesnivět, zahnívat a při nepřístupu vzduchu fermentovat bez využití. Sklízecím řezačkám se podrobněji věnuje kapitola 1.1.2.

Pro účely alkoholového kvašení jsou použitelné pouze rostliny s velkým podílem cukrů a škrobů. Jedná se o cukrovou řepu, brambory, ječmen a další obiloviny a uvažuje se i o využití stonků čiroku. Sklizeň zrna obilovin se provádí pomocí žacích mlátiček, viz kapitola 1.1.3. Pro využití stébel čiroku se nabízí využití sklízecí řezačky, ale jelikož je třeba separovat cenná semena, řezačka se použije až ve druhé fázi na sklizeň rostliny z řádku.

Pro sklizeň brambor a cukrové řepy je třeba použít dosud nepopsaných technologií.

Kombajny na sklizeň brambor vyorávají celý trs brambor a oddělují zeminu, nať a kameny od brambor pomocí speciálního mechanismu. Vyorané brambory mohou být sypány do boxpalet, volně na vůz, nebo rovnou přes váhu do pytlů. Většina kombajnů je jednořádkové, ale na poli je možné vidět i dvouřádkové nebo čtyřřádkové. Výkony kombajnů jsou různé, nejčastěji se pohybují kolem 0,1 - 0,3 ha/hod, ale jsou také typy, které při ideálních podmínkách pracují s výkonem 0,4 ha/hod. Tyto kombajny mají zásobník až na 2500 kg brambor [35].

U sklizně řepy je situace obdobná. Nastavitelné odřezávače zajišťují optimální kvalitu ořezu chrástu, následně drtič rozdrťí řepný chrást, a ten je možné rozmetat pro pozdější zaorání, nebo přímo nakládat na vedle jedoucí přívěs. Vyorávání probíhá vepředu, kde vyorávače vytahují bulvy z půdy. Pomocí obracecích válců, vytřásadlového dopravního pásu a trojí sítové hvězdičky jsou bulvy šetrně a přesto účinně očištěny. Řepy jsou do zásobníku dopravovány prstencovým dopravníkem a následně rovnoměrně rozptýleny zásobníkovým šnekem po zásobníku. Vyprazdňování zásobníku probíhá prostřednictvím vyprazdňovacího pásu [36].



Obrázek 1.6 Sklízecí stroje na okopaniny – vlevo kombajn na brambory, vpravo sklízeč řepy

1.3 Prostředky pro sklizeň bylinné biomasy pro fyzikálně-chemické využití

Pro fyzikálně-chemické využití (esterifikaci) se využívají oleje z rostlin. Olejnatých rostlin je několik, ale z důvodu velkého výnosu a malým nárokům na půdně-klimatické podmínky je nejrozšířenější pěstování řepky olejky.

Olej u řepky obsahují především semena, která se nacházejí ve dvouřadě šešuli obsahující asi 20 drobných černých semen. Pro sklizeň se používají klasické žací mlátičky, viz kapitola 1.1.3. Pro sklizeň ostatních olejnin, jako je slunečnice nebo sója se používají speciální stroje, oleje jsou však pokrmově kvalitnější a využívají se pro potravinářské účely.

1.4 Prostředky pro sklizeň dřevní biomasy

Prvotní dřevní biomasa může pocházet z několika zdrojů, a to z lesů, dále z plantáží rychlerostoucích dřevin (RRD) a jako odpad z péče o krajinu – z parků apod. Pro každý z uvedených zdrojů se používá jiná technika sklizně a přepravy na místo uskladnění nebo spotřeby.

Pro sklizeň biomasy z lesů se nejčastěji používá klasických nástrojů a strojů pro těžbu. V lesnictví je definováno několik druhů těžeb, přičemž z celkové těžby je použitelných pro energetické účely pouze asi 20-24 % [3].

1.4.1 Sklizeň drobné dřevní biomasy

Sklizeň drobné dřevní biomasy z parků či lesů je prováděna pomocí křovinořezů nebo motorových pil.

Křovinořezy jsou stroje s širokým uplatněním a provedením, od lehkého vyžínače pro dokončovací práce při ošetřování trávníku až po profesionální zářez pro použití v nepřístupném terénu. Pro každý druh použití je třeba vybrat optimální stroj. Stroje se vyrábějí s motory o obsahu 27-52 cm³ a výkonu 0,65-2,4 kW. Pro sklizeň dřevní biomasy je třeba použít výkonnějších křovinořezů opatřených řezným diskem. Univerzálními křovinořezy/vyžínači střední výkonové třídy lze kosit i houževnatý divoký porost a sukovité křoví. Silné profesionální stroje najdou uplatnění především v komunální oblasti, lesním hospodářství a při profesionálním nasazení v extrémních podmínkách.

Pro sklizeň drobné dřevní biomasy lze užít motorové pily nižší výkonové řady s obsahem motoru 30-65 cm³ s délkou lišty 30-40 cm. Tyto typy lze užít pro přežívání stromů, probírky dřevnatých porostů, údržbu domu a nebo přípravu palivového dřeva.

Nejnovější motory u uvedených dvou typů strojů jsou čtyřtakové, přičemž palivem je směs benzínu a oleje používaná u dvoutakových motorů. Toto zajišťuje dokonalé mazání motoru ve všech pracovních polohách a snižuje úroveň škodlivin a hluku [39].



Obrázek 1.7 Stroje pro sklizeň drobné dřevní biomasy – vlevo křovinořez, vpravo řetězová motorová pila

Pro převoz drobné dřevní biomasy na místo spotřeby nebo skladování lze užít běžné přepravní techniky, popřípadě lze využít štěpkovače s metacím zařízením, který vytvořenou štěpku namete na sklízecí vůz. Tyto štěpkovače se vyrábějí v různých výkonových řadách, jsou to převážně stroje nesené. Tyto štěpkovače mají převážně diskové (kolové) nebo bubnové sekací ústrojí. Pro malé množství biomasy lze použít i nízkovýkonové štěpkovače bez metače pouze se zásobníkem. Tyto štěpkovače mohou mít mimo uvedené typy stříhacího ústrojí i šroubové stříhací ústrojí [1].



Obrázek 1.8 Štěpkovače pro drobnou dřevní biomasu – vlevo vyšší výkonová řada, vpravo malý zahradní štěpkovač

1.4.2 Sklizeň biomasy z plantáží RRD

RRD jsou dřeviny vyznačující se velkým přírůstkem hmoty v prvních letech růstu rostliny. Pro země s teplejším klimatem vyhovuje eukalyptus, pro oblasti s mírným klimatem topoly a vrby, a pro oblasti s chladnějším klimatem pouze vrby.

Pro vrby s obmýtní dobou do 4 let lze použít rezačku na kukuřici. Pro různě staré porosty vrby a ostatní druhy RRD se používají speciální stroje, jejichž společným prvkem je odřezávač, který je tvořen většinou kotoučovými pilami, a podávací ústrojí. Koncepce těchto strojů se dále rozcházejí podle dalšího způsobu nakládání s dřevinou. Odřezanou dřevinu lze pomocí podávacího ústrojí, případně lidské síly, ukládat na dopravní prostředek bez jakékoli další úpravy. Dalším způsobem je vázání dřeviny do snopů (popřípadě ukládání do hromad) a ponechání na poli na doschnutí. Třetí možností je přímá doprava odřezané dřeviny do štěpkovače a následné štěpky do dopravního prostředku.

Různé typy sklízeců RRD jsou vyvíjeny ve Švédsku, v Kanadě jsou většinou používány snopkovací sklízecce, viz Obrázek 1.9 [4].

Při využívání štěpky vytvořené s rostlin přímo po sklizni je vhodné zařadit za kotel ještě kondenzační výměník, který využije část kondenzačního tepla vodní páry, která vznikla odpařením velkého množství vody ve štěpce.

Při sklizni snopů nebo RRD z pole po vysušení lze využít klasické dopravní a manipulační techniky. Štěpkování je možné na poli nebo v místě využití.



Obrázek 1.9 Sklízeče RRD – vlevo štěpkovací sklízeč, vpravo sklízeč ponechávající RRD na hromadě

1.4.3 Sklizeň těžební technikou

Při sklizni dřevní biomasy větších rozměrů – stromů při předmýtní těžbě, probírce nebo prořezávce dále při sklizni RRD pěstovaných maxirotací (dvacetiletý porost), je s úspěchem používána běžná těžební technika, jako jsou lesnické motorové pily, harvestorové těžební stroje, lesnické traktory, nakládací a vyvážecí soupravy.

Lesnické řetězové pily jsou prakticky velice podobné výše uvedeným motorovým pilám, liší se výkonem, délkou lišty, která může měřit až 75 cm, a komfortním vybavením, jakým jsou například antivibrační prvky, brzdy řetězu a napínáky řetězu.

Harvestorové těžební stroje jsou těžební stroje, které jsou schopny pomocí dlouhého ramene uchopit vybraný strom a pomocí řetězové pily umístěné na rameni uřezat strom. Dále jsou v uchopovacím mechanismu posuvné a odvětvovací mechanismy, takže je stroj schopen produkovat čistou kulatinu zvolené délky. Tu pak vyveze vyvážecí souprava.



Obrázek 1.10 Těžební technika – vlevo Harvester, vpravo vyvážecí souprava

2. Prostředky pro úpravu biomasy

Pevná biomasa se upravuje co se týče vlhkosti a formy. Upravení vlhkosti směrem k nižším hodnotám se provádí sušením. Sušení se provádí pro termochemické využití, ostatní procesy probíhají ve vodním prostředí, proto je naopak vhodné sklízet rostliny ve stádiu, kdy mají dostatek vody. Úprava formy se děje mechanickou úpravou, kdy je možné biomasu formovat do větších objemnějších tvarů nebo naopak do jemné formy. Pro biochemické a fyzikálně-chemické procesy se biomasa zvláště neupravuje, úprava je součástí procesu zpracování a výroby biopaliva v plynném nebo kapalném skupenství.

2.1 Sušení

Sušení biomasy před využitím či skladováním je velice důležité, a to z důvodu eliminace samovznícení, tvorby plísní a hub a zvýšení energetické hustoty biomasy.

K samovznícení může dojít vlivem nahromadění výparného tepla na jednom místě. Eliminace plísní a hub je významná z hlediska zdravotního, kdy jsou spory plísní a hub nebezpečné pro pracovníky skladu paliv. Mimo zdravotní riziko dochází působením těchto organismů k degradaci dřevní hmoty, nárůstu vlhkosti i teploty v biomase.

Biomasa může být dosušena dvěma způsoby – přirozeně nebo uměle. Přirozené sušení spočívá v uskladnění biomasy na místě s dostatečným prouděním vzduchu. Pro tento způsob sušení se dají využít různé přístřešky, haly, ale také v současné době z části nevyužité seníky. U větších skladovacích prostorů nemusí být proudění vzduchu dostatečné, proto jsou tyto skladovací prostory vybaveny ventilátory. Průběh vysušování štěpky zachycuje Tabulka 2.1 [4]. U bylinné biomasy dochází po skončení vegetační doby nebo po dozrání k vysychání na poli. Například energetický šťovík dozrává v polovině léta a jeho nadzemní část začíná následně usychat. Vlhkost se pohybuje při sklizni okolo 24 %. Jiné druhy bylin mají i těsně před zimou velkou vlhkost, v těchto případech se využívá vysychání během zimy, kdy se vlivem mrazu dostává voda ze struktury biomasy. Tento způsob je poměrně účinný, ale vlivem meteorologických podmínek během zimy dochází ke značným ztrátám biomasy (polehání, opad).

Umělé sušení spočívá v použití různých sušících zařízení, která pomocí horkého vzduchu nebo spalin nebo pomocí teplosměnných ploch vysušují biomasu na potřebnou vlhkost. Umělé sušení je energeticky náročné a zvyšuje cenu výstupní suroviny. Jelikož není třeba pro sušení vysokopotenciální teplo, s výhodou se užívá odpadní teplo různých zařízení (lisy, kotle).

2.2 Balíkovací a paketovací lisy

Sláma obilovin a v poslední době i jiné byliny jsou nejčastěji formovány do balíků různých tvarů a velikostí. Tato problematika byla popsána v kapitole 1.1.5 a předchozí studii [1] v kapitole 5.4. Mimo klasické balíkovací lisy se dají použít i jiné lisy – kompaktní lisy. Výstupem je biomasa slisovaná do špalků s vysokou hustotou.

Ve velkých kotlích určených na spalování dřevního odpadu se spaluje nejčastěji štěpka, jejíž výroba je poměrně ekonomicky náročná, a přitom jsou některé kotle schopny spalovat dřevní biomasu v objemnější formě. Z těchto důvodů byly vyvinuty tzv. paketovací lisy na lesní odpad, viz Obrázek 2.1 [4]. Princip je podobný jako u lisování slámy, při paketování však dochází k lisování pod většími tlaky, jelikož kladou větve mnohem větší odpor. Pro svazování je zapotřebí použít mnohem pevnějších pásek. Biomasa má výslednou formu ve tvaru hranatých nebo válcových balíků, které se ukládají na europalety. Na paletu se vlezou 2 balíky.

Tabulka 2.1 Změna absolutní vlhkosti dřevní štěpky z listnatých stromů v závislosti na čase a na způsobu uskladnění

Měsíc	Typ skladování			
	otevřená	otevřená s podlahou	zakrytá	zakrytá s podlahou
absolutní vlhkost (%)				
0 (XII)	85	82	70	78
1 (I)	95	81	58	55
2 (II)	101	83	54	45
3 (III)	108	79	52	35
4 (IV)	101	66	46	28
5 (V)	84	37	39	20
6 (VI)	84	35	33	17
7 (VII)	68	29	30	17
8 (VIII)	62	39	20	17
9 (IX)	-	-	27	17

Pakety lze spalovat ve speciálních topeništích nebo topeništích vyššího výkonu se stabilizačním palivem, dále se dají použít pakety pouze jako přepravní forma a před konečným užitím jsou štěpkovány nebo jinak upravovány.



Obrázek 2.1 Paketovací stroj

2.3 Štěpkovače a drtiče

Štěpkovače (sekačky) jsou strojní zařízení sloužící k beztržskému dělení dřeva pomocí sekacích nožů napříč vlákny tak, aby výsledná štěpka měla požadované rozměry.

Podle začlenění do technologie dělíme štěpkovače na stacionární a mobilní. Stacionární sekačky jsou taková zařízení, která jsou připevněna na pevných základech a mají většinou systém podávání nezpracované biomasy do štěpkovače i dopravník na odvod štěpky do místa skladování. Mobilní štěpkovače mají štěpkovací ústrojí namontované na pojízdném podvozku nebo přenosné konstrukci. Podle sekacího mechanismu se štěpkovače dělí na:

- diskové,
- bubnové,
- šroubové.

Dále mohou být štěpkovače děleny podle způsobu podávání materiálu, podle způsobu pohonu a podle celkového technického řešení a uspořádání.

2.3.1 Diskové štěpkovače

Tento druh štěpkovačů je nejrozšířenější a nejvýkonnější. Štěpkovacím ústrojím je disk o průměru 1 až 2 m s 2 až 16 noži. Na rotující disk se pod úhlem přisunuje dřevní materiál, který je noži štěpkován, přičemž si disk přitahuje materiál sám. Dále může být biomasa přiváděna kolmo, je však třeba štěpkovač opatřit podávacím zařízením, které nedovolí vertikální ani horizontální pohyb.

Diskové sekačky se vyznačují kvalitou vyráběné štěpky, schopností štěpkovat kmeny až do průměru 0,5 m při přijatelných rozměrech stroje, možností použít spalovací motor díky velkému setrvačnému momentu disku, a schopností pracovat bez zvláštního ventilátoru. Nevýhodou je možnost použití pouze pro kulatinu. Pro větve není tento typ vhodný.

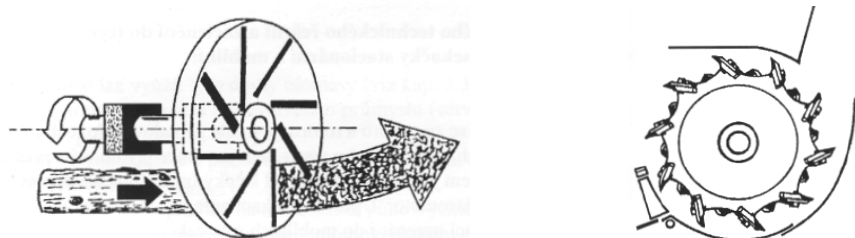
2.3.2 Bubnové štěpkovače

Bubnové sekačky mají nože umístěny po obvodu rotujícího válce, takže štěpkovač pracuje na principu hoblovačky. Je vhodný pro suroviny menších rozměrů, např. pro lesní odpad.

Výhodou tohoto typu jsou menší rozměry vyplývající s koncepcí strojů a možnost použití spalovacího motoru. Vstupní otvor může být velkých rozměrů a je umístěn pod osou rotace bubnu, což usnadňuje manipulaci s biomasou. Tento typ není vhodný pro štěpkování kmenů větších průměrů. Jelikož se mění úhel, pod kterým se zasekává nůž do materiálu, kvalita štěpky není vysoká. Pro dopravu štěpky ze štěpkovacího ústrojí je potřeba užít ventilátor. Bubnovou sekačku s výkonem až 130 m³/h zachycuje Obrázek 2.3.

2.3.3 Šroubové štěpkovače

Šroubové sekačky se využívají pouze pro malé štěpkovače zahradního typu. Štěpkovacím mechanismem je šroubovice s ostřím po hraně. Vlivem rotace vtahuje šroubovice materiál do štěpkovače a zároveň odděluje štěpku.



Obrázek 2.2 Štěpkovacím mechanismus – vlevo diskový, vpravo bubnový



Obrázek 2.3 Bubnový štěpkovač s výkonem 100 – 130 m³ štěpky/hod

2.4 Řezací, stříhací a štípací zařízení

Tato zařízení se používají pro úpravu rozměrů kusového dřeva pro použití v kamnech, krbech, a kotlích na kusové palivo.

Pro řezání kulatiny na špalky určité délky je možné použít mimo ručních nářadí motorových řetězových pil nebo kotoučových pil se stojanem na kulatinu. Pro kulatinu menšího průměru (25-30 cm) je možné použít stříhacího zařízení, které pracuje na principu gilotiny. Toto zařízení je možné také použít pro homogenizaci odpadního dřeva, které se špatně štěpkuje a drtí.

Kulatina nařezaná na špalky určité délky má většinou průměr větší než je možné použít, takže je třeba špalky našťípat. Šťípání je možné provádět ručně sekyrou, při větším množství je snadnější využít štípacího zařízení. Šťípací zařízení jsou buď mechanická nebo hydraulická. Šťípačky vyvolávají pomocí hydrauliky nebo elektromotoru štípací sílu okolo 40000 N.

2.5 Peletovací a briketovací lisy

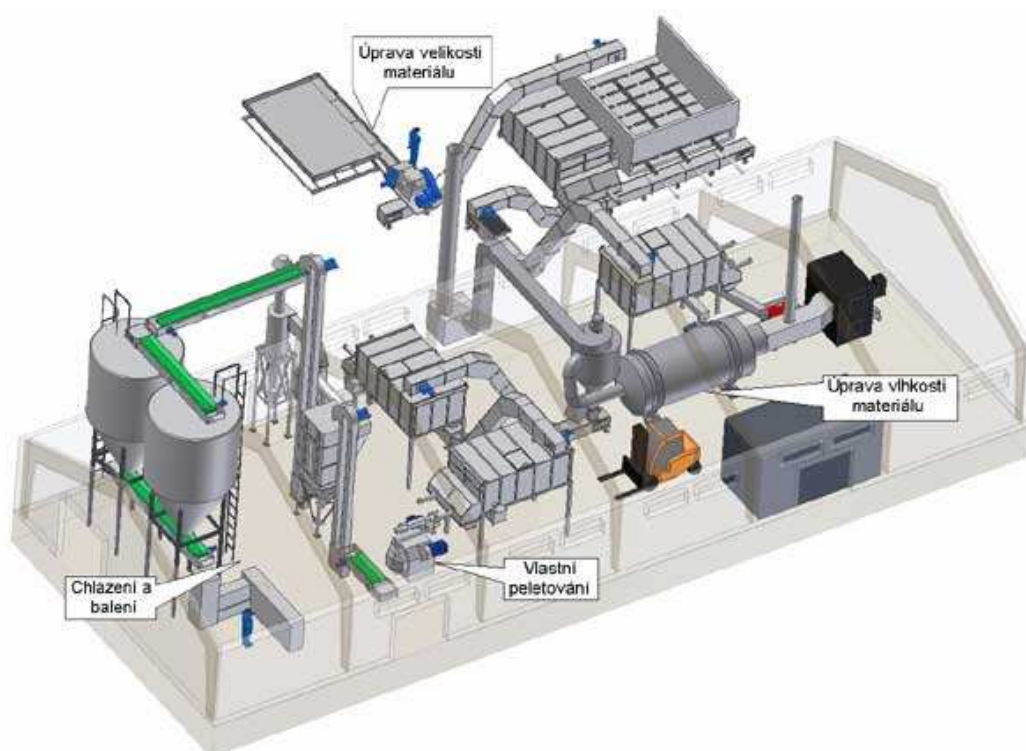
Pelety a brikety je možno vyrábět jak z dřevní tak z bylinné biomasy, peletovat se dají i kaly z čistíček odpadních vod. Látkou, která dokáže materiál spojit, je lignin. Ligninu obsahuje mnohem více dřevní biomasa, proto jsou dřevní peletky mnohem kvalitnější co se týče pevnosti a otěrvzdornosti. Do biomasy, která je přirozeně nepojivá, se přidávají různá aditiva, která působí jako pojivo (2 % melasy, kukuřičná mouka, škrob).

Metoda zpracování pelet byla původně uplatněna ve výrobě krmiv pro hospodářská zvířata. Dílčí části se skládají ze sušení, rozdrčení, úpravy, vlastní peletizace, chlazení a balení. Vstupující materiál je nejdříve zbaven různých nežádoucích částí (tj. kameny, kovy apod.) a pak následuje jeho drčení – obvykle v kladivovém drtiči. Pokud materiál obsahuje velké množství vody (typický případ čerstvých lesních zbytků s 50 % obsahem vody), potom je nutné provést sušení. Surovina může být také upravována pomocí páry a vody pro dosažení požadované teploty a obsahu vody. Schéma peletovací linky zachycuje Obrázek 2.4.

Principiálně můžeme zařízení na briketování a peletování rozdělit na tyto typy.

- Pístové hydraulické nebo mechanické lisy jednorázové s průměrem briket 50-60 mm. Tyto lisy bývají univerzální, lze je použít na slámu, piliny, papír, pazdeří apod. Výkonnost těchto strojů je okolo do 0,5 t/h. Lisů pracujících na pístovém principu existuje celá řada.

- Šnekové lisы jednovřetenové nebo dvouřetenové s výkonností kolem 0,5 t/h. Brikety ze šnekových lisů se vyznačují vysokým stupněm stlačení a velkou trvanlivostí. Šnekové lisы jsou vhodné pro sypký materiál, nejsou vhodné pro lisování stébelnin. Nevýhodou je vysoké opotřebení lisovacích pouzder a šneku, což vede k ekonomické náročnosti.
- Protlačovací lisы (granulační) jsou lisы vyvinuté původně pro výrobu tvarových krmiv na bázi pícnin. Rozlišují se základní dva principy, a těmi jsou: protlačovací lis s prstencovou vertikální maticí a protlačovací lis s horizontální diskovou maticí. Se vzrůstající poptávkou po peletách stoupá počet instalací těchto lisů. Výkonnost těchto lisů může být větší než 1 t/h, v poslední době se v zahraničí zkouší aplikovat tyto peletovací lisы přímo na sklízecí zařízení.



Obrázek 2.4 Peletovací linka

Výhodou úpravy biomasy lisováním je snížení jeho objemu, a tím zvýšení energetické hustoty paliva. Po peletizaci nebo briketování má výsledná surovina měrnou hmotnost okolo 1000 kg/m^3 a tato hodnota se může pohybovat až kolem 1400 kg/m^3 . Při mechanické úpravě dochází k zahřívání, což spolu s vysokým tlakem způsobuje dodatečné dosušení pelet na úroveň vlhkosti okolo 7 %. Jelikož obsahuje biomasa málo popela, zvláště dřevo, dosahuje výhřevnost takového paliva až 20 MJ/kg . Další výhodou je ochrana před působením plísní a hub a pronikáním vlhkosti. Lignin na povrchu pelety působí jako povrchová ochrana před těmito nepříjemnými záležitostmi. Další výhodou je možnost automatizace energetických zařízení malých výkonů. Pelety mají pravidelný tvar, což zamezuje komplikacím při dopravě do spalovacího zařízení.

Podrobnější informace o jednotlivých typech peletizačních a briketovacích lisů, jejich konstrukcích a výkonnostech jsou uvedeny v předchozí studii tohoto projektu: Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy [1] na stranách 72 až 88. V uvedené studii jsou rovněž popsány vlastnosti pelet a briket z různých materiálů (dřevo, byliny, kaly ČOV).

Tabulka 2.2 Použitelnost jednotlivých druhů biomasy pro jednotlivé procesy

Druh biomasy / proces	anaerobní fermentace	aerobní fermentace	alkoholová fermentace	pyrolýza	zplyňování	spalování	esterifikace biooleje
energetické plodiny lignocelulóзовé (dřevo, sláma, píceiny, obiloviny)	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Neužívá se	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Vhodné	Nevhodné
olejnaté plodiny (řepka, slunečnice, len)	Tech.-ekon. podmínky	Nevhodné	Nevhodné	Nevhodné	Nevhodné	Tech.-ekon. podmínky	Vhodné
energetické plodiny škrobnaté nebo cukernaté (brambory, cukrová řepa, obiloviny)	Neužívá se	Nevhodné	Vhodné	Neužívá se	Neužívá se	Neužívá se	Nevhodné
odpady z živočišné výroby (exkrementy, mléčné odpady)	Vhodné	Tech.-ekon. podmínky	Nevhodné	Neužívá se	Neužívá se	Neužívá se	Nevhodné
organický podíl komunálních odpadů	Vhodné	Neužívá se	Nevhodné	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Vhodné	Nevhodné
organický odpad z potravinářské nebo jiné průmyslové výroby	Vhodné	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Nevhodné	Nevhodné	Neužívá se	Nevhodné
odpady z dřevařských provozoven	Nevhodné	Nevhodné	Nevhodné	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Vhodné	Nevhodné
odpady z lesního hospodářství	Tech.-ekon. podmínky	Neužívá se	Nevhodné	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Vhodné	Nevhodné
rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a z péče o krajinu	Tech.-ekon. podmínky	Neužívá se	Nevhodné	Neužívá se	Neužívá se	Vhodné	Nevhodné
získané produkty	plyn	teplo	bioetanol	plyn, biouhlí, olej	plyn	teplo	olej, metylester

3. Technologie využití biomasy

3.1 Základní dělení

Využívat biomasu lze několika procesy, při kterých vznikají různé primární produkty a různé odpadní produkty. Rozlišujeme tři hlavní typy konverze energie biomasy:

- Termochemická konverze – jedná se o suchý proces, mezi který patří spalování, zplyňování a pyrolýza. Při spalování vzniká teplo vázané na teplotnosné médium. Primárním produktem zplyňování je generátorový bioplyn, u pyrolýzy to může být syntézní plyn nebo biouhlí. U rychlé pyrolýzy je výsledným produktem pyrolýzní olej.
- Biochemická konverze – jedná se o mokřý nebo suchý proces a řadíme mezi něj anaerobní, aerobní a alkoholovou fermentaci. V prvním případě je hlavním produktem fermentační bioplyn. U aerobní fermentaci vzniká teplo vázané na teplotnosné médium. U alkoholového kvašení pak vzniká bioetanol.
- Fyzikálně-chemická konverze – jedná se o proces výroby metylesteru biooleje procesem esterifikace biooleje.

Pro jednotlivé procesy jsou vhodné jen některé druhy biomasy, pro některé druhy biomasy je technologie zvládnutá, ale je poměrně nákladná a zatím nerentabilní. Pro některé druhy biomasy jsou některé procesy zcela nevhodné. Vliv na použitelnost má hlavně struktura jejich obsahu. Použitelnost jednotlivých druhů biomasy ukazuje Tabulka 2.2.

3.2 Princip a použití jednotlivých procesů

3.2.1 Spalování

Jedná se o nejčastěji používaný druh konverze energie obsažené v biomase. Jedná se o exotermické chemické reakce, při kterých dochází pokud možno k dokonalému spalování hořlavých složek paliva a uvolňování maximálního množství tepla. Proces spalování probíhá ve spalovací komoře (ohništi). Teplo je odváděno horkými spalinami a ve výměníku kotle předáváno teplotnosnému médiu. Spalování se věnují další kapitoly této práce, viz kapitola 4.

3.2.2 Zplyňování

Podstatou zplyňování je výroba generátorového plynu. Proces zplyňování se děje ve zplyňovacím reaktoru. V první fázi zplyňování dochází k sušení, dále k uvolňování prchavé hořlaviny - pyrolýze, v třetí fázi dochází oxidaci převážně tuhé fáze v oxidační zóně a následně dochází k redukci v redukční zóně.

Existuje několik druhů zplyňovačů, které se dělí podle stavu zplyňovacího materiálu, případně podle proudů pevného materiálu a proudu zplyňovacího média:

- se sesuvným (pevným) ložem
 - souproude
 - protiproude
 - s křížovým tokem
- s fluidní vrstvou (ložem)
 - se stacionární fluidní vrstvou
 - s cirkulující fluidní vrstvou
- s unášivým proudem

Generátorový bioplyn je možné využívat jak pro vytápění, tak pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla v kogeneračních jednotkách. Generovaný plyn má přibližně toto složení (zplyňování vzduchem): CO-25 %, H₂-20 %, CO₂-10 %, N₂-40 % a CH₄-5 %. Proces zpravidla probíhá při nižších teplotách než u spalování, což může být výhodou pro využívání paliv s nízkou teplotou měknutí popeloviny. Existují reaktory s vyšší pracovní teplotou (1100-1200 °C), u kterých se využívá rozkladu vody při těchto teplotách. Vzniklý plyn se někdy nazývá jako vodní plyn.

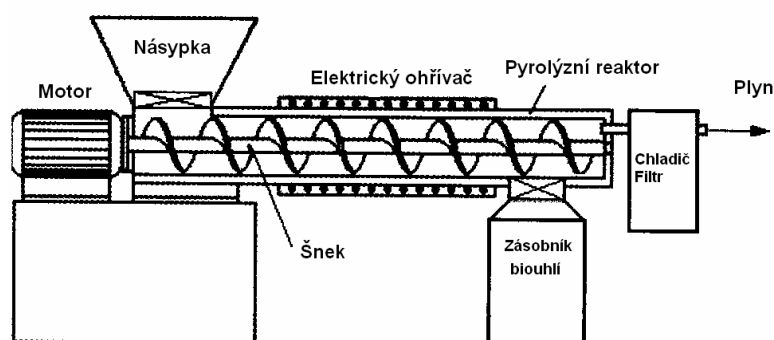
Nejvhodnějším materiálem ke zplyňování je dřevo ve formě pilin až štěpky, pro zplyňovací kotle malých výkonů je vhodné i kusové palivo. Z jednoho kg dřeva vzniká okolo 1,5 až 2 m³ plynu o výhřevnosti 5-6 MJ/m³_N. Zplyňování je podrobně rozvedeno v kapitole 5.

Zplyňovacím médiem v případě zplyňování bývá nejčastěji vzduch za atmosférického tlaku. Pro zvýšení výhřevnosti plynu se někdy používá kyslíkovo/parní směs, nikdy ne přímo čistý kyslík. Vynímečně se používá také CO₂ a H₂.

3.2.3 Pyrolýza

Pyrolýza je termický rozklad bez přístupu vzduchu organických látek na nízkomolekulární sloučeniny. Proces probíhá při atmosférickém, zvýšeném nebo sníženém tlaku, při nízkých nebo vysokých teplotách. Nejčastěji se provádí při tlaku nižším než barometrickém a při vysoké teplotě okolo 800 °C. Primárním produktem je buď pyrolýzní plyn nebo dřevěné uhlí u dřeva, popřípadě biouhlí u ostatní biomasy. Při výrobě uhlí je pyrolýzní plyn sekundárním produktem. Do kategorie pyrolýzy řadíme také tzv. zkapalňování, jinak řečené rychlé zplyňování. Výsledkem takového procesu je pyrolýzní olej.

Nejpoužívanějším biomateriálem pro pyrolýzu je dřevo v nejrůznějších formách, ale existují i pyrolýzní reaktory na jiné materiály, jako jsou obiloviny. Konkrétní příklad pyrolýzního reaktoru, který tvoří přímo šnekový dopravník, a který zpracovává kukuřičná zrna zachycuje Obrázek 3.1.



Obrázek 3.1 Pyrolýzní reaktor zpracovávající kukuřičná zrna

Jedná se zatím o demonstrační zkušební jednotku, ale při testování prokázala funkčnost. Nejlepších výsledků bylo dosahováno při teplotě 600 °C s dobou setrvání kukuřice v reaktoru 6 minut. Odsávaný plyn má výhřevnost 17,2 MJ/m³_N a složení: H₂ – 24,2 %, O₂ – 0,1 %, N₂ - 0,5 %, CO₂ - 8,4 %, CO – 28,4 %, CH₄ – 16,5 %, C_xH_y – 8,1 %.

Pyrolýze se podrobněji věnuje kapitola 6.

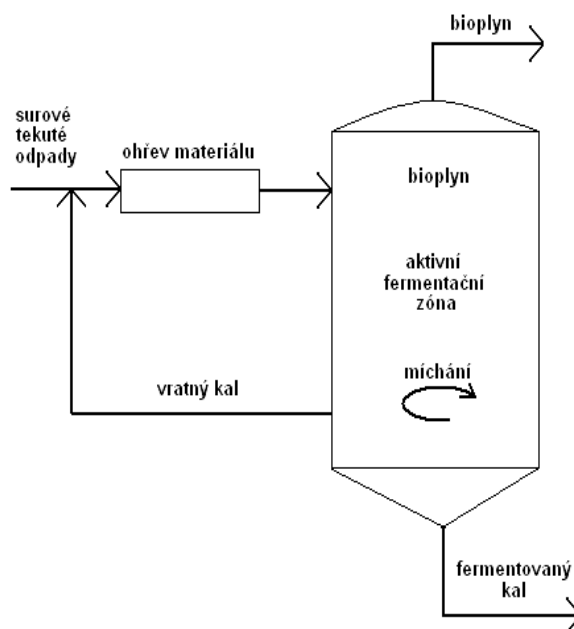
3.2.4 Anaerobní fermentace

Tato velice perspektivní a stále se rozvíjející technologie spočívá v biologickém rozkladu organických materiálů mikroorganismy za vzniku bioplynu. Na rozkladu se podílí celá řada organismů, podle teploty ve kterých jsou organizmy aktivní je dělíme na termofilní (asi 55 °C), mezofilní (35-40 °C) a psychrofilní (15-20 °C). Zbytek po fermentaci je kvalitním hnojivem.

Hlavní složkou plynu je metan, v plynu se jeho podíl pohybuje od 50 do 75 %, zbytek je většinou tvořen oxidem uhličitým. Proces vzniku metanu je však posledním z řady složitých fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů, které na sebe navazují. Proces se při zjednodušení dá popsat čtyřmi fázemi:

- I.fáze – Hydrolýza,
- II.fáze – Acidogeneze,
- III.fáze – Acetogeneze,
- IV.fáze – Metanogeneze.

Pro metanogenní fermentaci se nejčastěji používá polysacharidů, lipidů a proteinů. Rozklad polysacharidů a tuků (lipidů) je bezproblémový a vysoce efektivní. Při rozkladu proteinů (bílkovin) je proces doprovázen tvorbou sirovodíku H_2S , který je třeba před konečným užitím plynu odstranit. Naopak lignin, který je hlavní složkou fytomasy se bez předchozích fyzikálně-chemických úprav metanogenní fermentací rozložit nedá. Zjednodušené schéma jednostupňového fermentoru s vysokou intenzitou (high-rate) produkce znázorňuje Obrázek 3.2. Podrobněji se tomuto tématu věnuje kapitola 9.

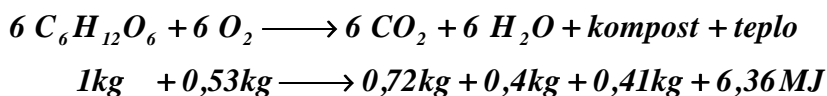


Obrázek 3.2 Schéma fermentační jednotky

3.2.5 Aerobní fermentace - kompostování

Aerobní mikroorganismy dokáží rozložit organickou látku za přístupu vzduchu na anorganické látky. Tento proces probíhá běžně stále v přírodě. Výsledkem rozkladu je minerální látka nazývaná humus, který je kvalitním hnojivem. Záměrně je vytvářen kompostováním, proto se také nazývá kompost. Proces je závislý na teplotě, materiálu, vlhkosti a pH. Jelikož dochází při rozkladu k oxidaci, je třeba přivádět kyslík, jinak dojde k vyhnívání, zároveň je uvolňováno poměrně velké množství tepla, které je třeba odvádět, jinak by mohlo dojít k zahubení mikroorganismů. Níže uvedená rovnice je příkladem pro aerobní rozklad glukózy. Kompostovatelný je materiál s poměrem uhlíku k dusíku v rozmezí 25 až 40. Do této kategorie nepatří dřevo, které má poměr roven asi 85. Pro kompostování dřeva je zapotřebí dodat do směsi dusík a to buď jiným druhem biomasy nebo průmyslovými hnojivy. Pro výrobu existují kompostovací reaktory, jejich náklady jsou však dosti vysoké, při produkci 1000 tun kompostu za

rok se měrné náklady pohybují okolo 840 Kč/t [6]. Podrobněji se problematice aerobní fermentace věnuje kapitola 10. Popis chemické reakce je uveden v Rovnice 3.1.



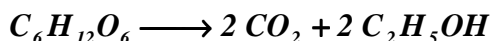
Rovnice 3.1

3.2.6 Alkoholová fermentace

Alkoholové kvašení glukózy je všeobecně známo a popisuje jej níže uvedená rovnice. Hlavní produkce etanolu je zatím produkována pro potravinářský průmysl, ale je snahou produkovat alkohol pro energetické účely jako příměs do benzínu.

Výzkumní pracovníci se dnes snaží vyvinout technologii výroby etanolu z lignocelulózy jakožto hlavní části dřevní hmoty. Výroba je již zvládnutá, ale samotné alkoholové fermentaci musí předcházet velice nákladná hydrolýza.

Vzhledem k narůstajícím přebytkům obilnin roste i podíl výroby etanolu z plodin s velkým podílem škrobů, jako je obilí či brambory. Proces přeměny škrobů na glukózu je však dobře zvládnut a není tak nákladný jako rozklad lignocelulózy. Štěpení probíhá za teplot 100 až 120 °C, ve vodní lázni za přítomnosti enzymů. Alkoholové fermentaci je vyčleněna kapitola 11. Chemická reakce je uvedena v Rovnice 3.2.



Rovnice 3.2

3.2.7 Esterifikace olejů

Jedná se o úpravu rostlinných olejů pro použití ve vznětových motorech. Rostlinný olej se separuje z olejnatých rostlin ve dvou stupních. V prvním stupni se v centrálních olejových mlýnech melou semena olejnin při předchozím ohřevu na 80 až 90 °C. Namletá semena se dále lisují, přičemž se uvolní asi 50 % obsaženého oleje. Vylisovaný zbytek je dopravován do extraktoru, kde se pomocí rozpouštědel separuje další část oleje. V odpadu zůstává asi 1,5 až 2 % oleje. Dále se surový olej musí rafinovat, po rafinaci má olej kvalitu jedlého oleje.

Oleje tvoří z 98 % triglyceridy, ze kterých je možné vyrábět metylestery mastných kyselin označovaných FAME, v Česku často užívané MEŘO (metylester řepného oleje). Proces esterifikace je založen na katalytické (NaOH) reakci triglyceridu a metanolu za vzniku glycerinové a metylesterové fáze. Obě fáze je třeba rafinovat, a oddělit tak metylesterovou fází jako finální produkt.

Metylestery bioolejů jsou si strukturálně velice podobné s motorovou naftou a mají dokonce několik výhod. Bionafta má lepší mazací schopnosti, je biologicky rozložitelná, není toxická a dokonce se snadněji a rychleji vzněcuje, což vede ke snížení některých emisí. Podrobněji se této problematice věnuje kapitola 7.1.

4. Spalování biomasy

4.1 Definice a popis spalování

Spalování je soubor složitých chemických a fyzikálních dějů, které se navzájem ovlivňují, navazují na sebe či se prolínají a vedou k transformaci a využívání chemické energie obsažené v palivu. Chemické děje jsou zastoupeny nejrůznějšími chemickými reakcemi, z nichž naprosto dominantní je oxidační reakce, v menší míře reakce redukční. Fyzikální děje představují přenosové děje, do kterých patří přenos hmoty, hybnosti a tepla. Proces spalování se dá rozdělit na několik procesů, z nich je nejpodstatnější proces zvaný hoření [7].

Hoření je fyzikálně chemický děj, při kterém dochází k exotermické reakci hořlavých prvků paliva s oksyličovadlem, přičemž produkty hoření dosáhnou takové teploty, že emitují záření v oblasti viditelného spektra. K těmto reakcím dochází i při jiných procesech. Reakce však probíhají pomaleji, vzniklé teplo je malé a odváděno intenzivně do okolí, proto není dosaženo tak vysoké teploty a světelného efektu. Z tohoto důvodu je v definici hoření kladen důraz na světelný efekt při dosažení vysoké teploty.

4.2 Možné principy spalování biomasy

Na trhu s kotli a spalovacími zařízeními na biomasu se objevuje několik odlišných koncepcí přívodu paliva do kotle a řešení spalování. Výrobci existuje na trhu mnohem více než použitých koncepcí, proto jsou kotle principiálně velmi podobné, liší se však v někdy velice důležitých detailech, které mohou výrazně snížit tvorbu emisí a odstranit problémy s odvodem popela. Popisy těchto dílčích detailů nejsou veřejně publikovány a firmy si je pečlivě chrání. Jednotlivé kotle se také liší kvalitou provedení a komfortem při provozu, což se projevuje značnými cenovými rozdíly.

4.2.1 Spalování na roštu

Roštové kotle mají dlouhou historii, uplatnily se při spalování fosilních paliv a nyní se uplatňují při využití biomasy téměř ve všech jejich formách: kusové dřevo, štěpka, pelety, obiloviny či dřevní odpady aj. Pro spalování na roštu nejsou vhodné druhy s jemnou frakcí.

Princip spalování na roštu vychází z funkce roštu:

- zajištění přívodu spalovacího vzduchu do jednotlivých míst plochy roštu tak, aby spalování probíhalo při optimálním přebytku vzduchu,
- možnost postupného vysušení, zahřátí na zápalnou teplotu, hoření a dokonalé vyhoření paliva,
- shromažďování tuhých zbytků po spalování, popřípadě jejich odvod z ohniště a
- možnost měnit výkon zařízení.

Pokud budeme hovořit o malých výkonech, jedná se zpravidla o spalování na pevném roštu, který je nehybný a zbytky po spalování přes něj propadávají do popelníku, viz Obrázek 4.1. Velikost roštu do jisté míry omezuje výkon zařízení. Pro usnadnění odvodu zbytků po spalování může mít rošt vibrační nebo pohyblivý mechanismus.

Pokud hovoříme o větších výkonech, jedná se o rošty mechanické, které jsou pohyblivé a zajišťují pohyb paliva směrem do míst, odkud jsou následně odváděny zbytky po spalování. Primární spalovací vzduch je u těchto roštů přiváděn v několika fázích. Výkon zařízení s těmito rošty je ovlivněn šířkou a délkou roštu.



Obrázek 4.1 Pevný rošt kotle o výkonu 35 kW

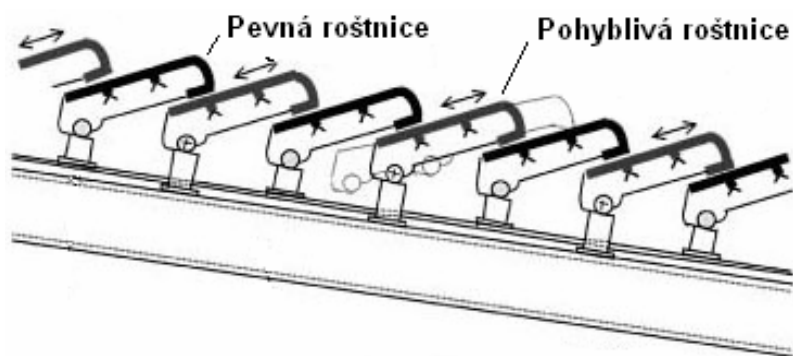
Přívod paliva na rošt se děje pomocí šnekového dopravníku, přímo z násypky nebo pomocí mechanických nebo pneumatických pohazovačů. Mezery mezi roštnicemi nesmí být velké, aby jimi palivo nepropadávalo.

Pro spalování paliva bylo vymyšleno několik druhů roštů. Mimo rošty pevné jsou to:

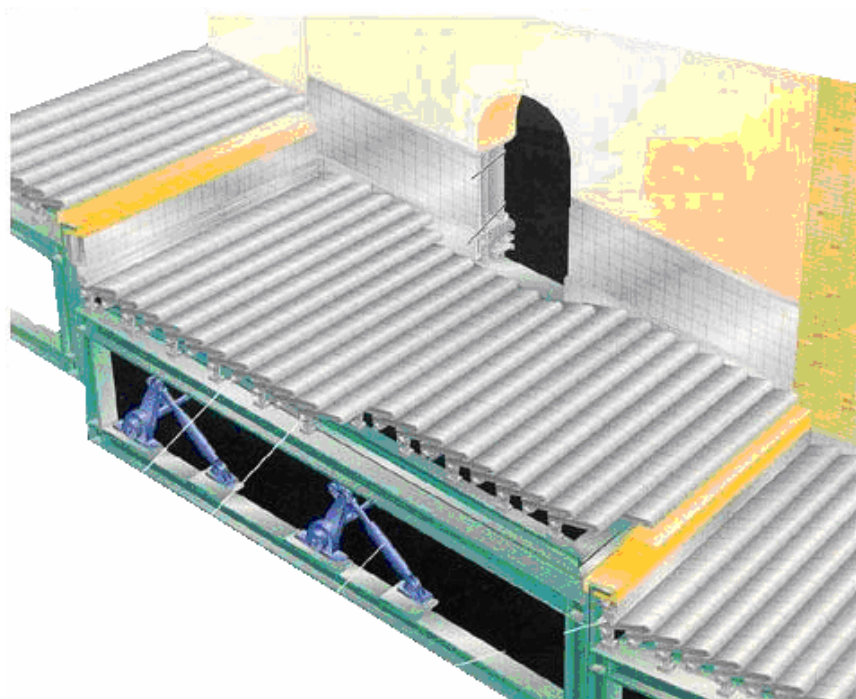
- rošty pásové,
- přesuvné – viz. Obrázek 4.2 a Obrázek 4.3,
- vratisuvné a
- válcové.

Pro spalování biomasy se s výhodou využívá všech zmiňovaných. Poslední tři jmenované při svém pohybu narušují vrstvu na roštu, a tím dochází k dokonalejšímu prohoření vrstvy. Další výhodou těchto roštů je možnost jejich chlazení, a tím prodloužení životnosti roštu. Mezery mezi roštnicemi jsou minimální, jelikož pro biomasu postačuje malé množství primárního vzduchu. Tyto rošty jsou často využívány pro spalování odpadů, které biomasa svými proměnlivými vlastnostmi připomíná.

U malých zařízení je různorodost provedení roštů ještě rozmanitější, rošty se liší tvarem roštu, tvarem a velikostí otvorů v roštu, nakloněním roštu, mechanismem, který slouží k usnadnění odvodu popela, a mnohými dalšími odlišnostmi. V poslední době se i u spalovacích zařízení pro malé výkonové kategorie objevují mechanické rošty, které se podobají válcovým nebo přesuvným roštům.



Obrázek 4.2 Princip posuvného roštu



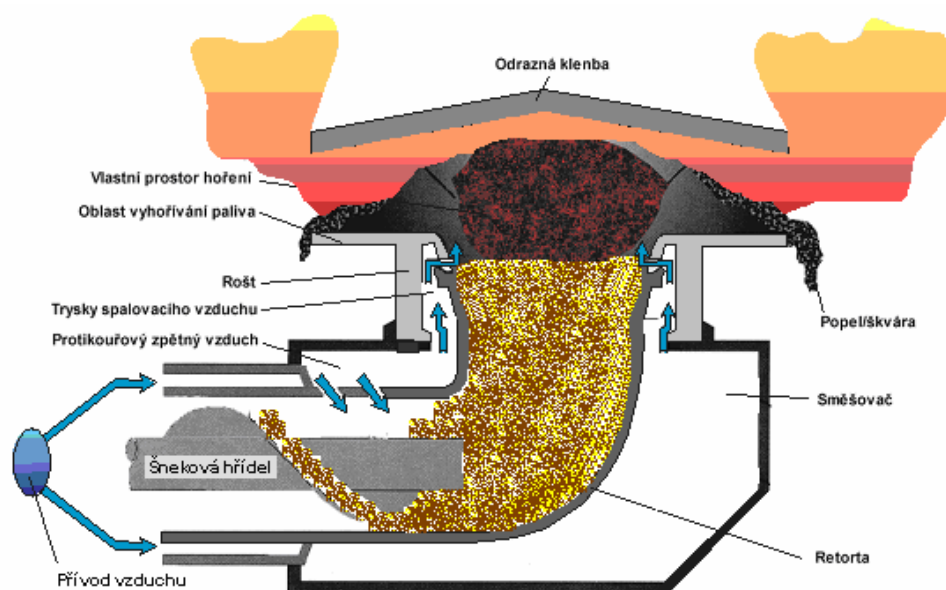
Obrázek 4.3 Posuvný rošt

4.2.2 Spalování se spodním přívodem paliva

Příkladem hořáku se spodním přívodem paliva je ohniště moderního kotle s (dis) kontinuálním přívodem paliva, jehož principiální schéma uvádí Obrázek 4.4, a které bylo poprvé vyvinuto firmou CRE v Anglii.

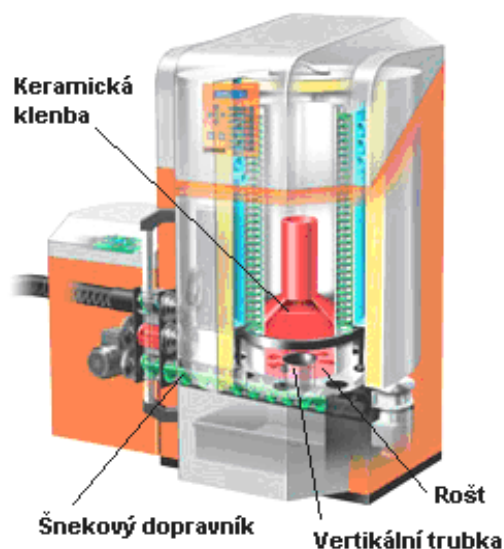
Kotle se spodním přívodem paliva jsou jedny z nejvíce rozšířených. Principiálně se jedná o systém, kdy je palivo přiváděno pod hořící vrstvu. U této koncepce je nezbytné reflexní keramické těleso, které odráží tepelné záření hořící vrstvy a plamene zpět do ohniště, a pomáhá tak při zapalování a stabilizaci hoření.

Palivo je dopravováno šnekovým dopravníkem. Pomocí litinového kolena, retorty, je směr pohybu paliva převeden do vertikálního směru. Na retortu navazuje rošt, přičemž mezera mezi roštem a retortou dává prostor pro proudění spalovacího vzduchu. Rošt musí být z důvodu těsnosti umístěn ve směšovači. Palivo se již v retortě zahřívá a vysušuje, nad touto oblastí dochází k intenzivnímu uvolňování prchavé hořlaviny, která hoří výše. Fixní uhlík dohořívá na roštu. Dohořívající palivo a následně popel je novým palivem vytlačován na okraje roštu, kde přepadává do popelníku.



Obrázek 4.4 Schéma ohniště kotle CRE

U některých typů kotlů se spodním přívodem paliva do kotle může být litinové koleno nahrazeno jiným systémem, který převádí pohyb paliva z horizontálního do vertikálního. Šnekový dopravník je od určité části opatřen šnekem s opačným stoupáním, palivo je tak vytlačováno do vertikálního hrdla, které nahrazuje retortu. Tento systém spolu s dalšími zvláštnostmi, kterými jsou keramický rošt a reflexní těleso ve tvaru obrácené nálevky, zachycuje Obrázek 4.5.



Obrázek 4.5 Kotel Pelletronic PESL

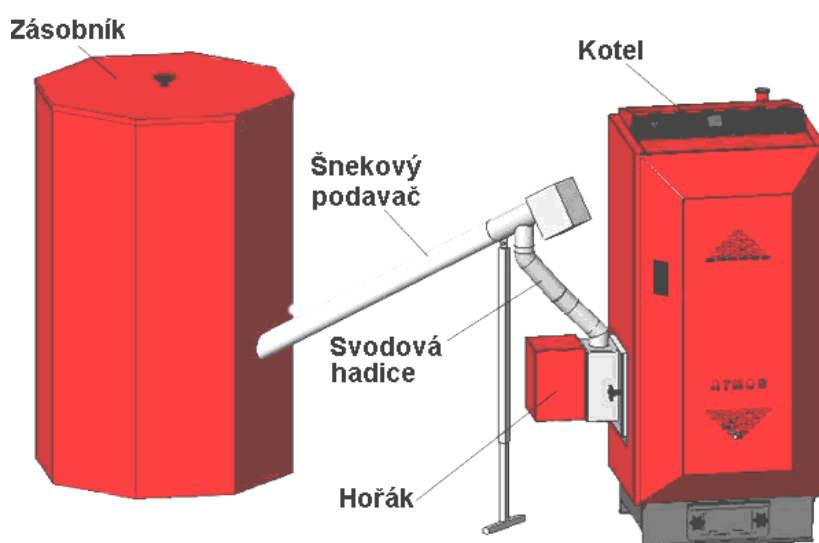
4.2.3 Speciální hořáky, hořákové provedení

Hořáky na biomasu byly vyvinuty ve Švédsku a jsou s dobrými výsledky provozovány především na zemědělských farmách. Lze v nich spalovat jak suché obilí (nejlepší výsledky jsou se spalováním ovsa), tak biopelety. Při spalování zrní se tvoří asi 7 % popela, a proto je vhodné jej aplikovat do kotlů s velkým popelníkovým prostorem nebo automatickým vynašečem popela. Hořák, který zachycuje Obrázek 4.7, má výkon 10-20 kW a účinnost spalování 85-90 %.

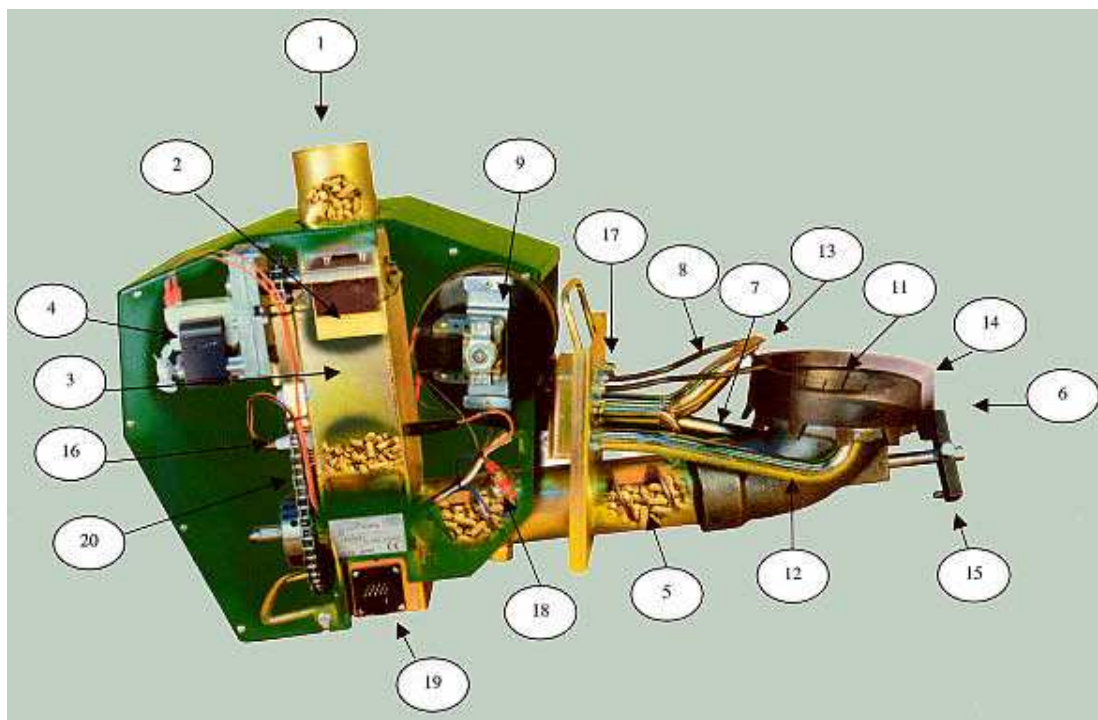
S podobným hořákem na spalování pelet se setkáváme i u kotle jednoho z tuzemských výrobců. Princip hořáku velice názorně popisuje Obrázek 4.7 a Obrázek 4.6. Šnekový podavač podává palivo do hořáku přes svodovou hadici, která plní částečně i funkci mezizásobníku. Hořák má čidlo pro zjištění množství paliva v hořáku, a pokud signalizuje nedostatek, podavač naplní hořák a část hadice. Hořáky jsou vybaveny žhavicí spirálou, která umožňuje automatické zapálení paliva. Po jednoduché demontáži hořáku lze kotel opět provozovat na kusové dřevo. Systémy s aplikacemi hořáků do stávajících kotlů jsou velice rozšířeny ve skandinávských zemích. Podstatným prvkem, který hořáky odděluje od ostatních koncepcí je ten, že palivo hoří přímo v části demontovatelném hořáku. Demontovatelné hořáky aplikovatelné do různých kotlů vyrábí i jedna tuzemská firma, ale jedná se prakticky o šnekový dopravník, směšovač s retortou a hořák z kotle se spodním příívodem paliva.

Jinou koncepcí je takové provedení spalovací komory, která hořák připomíná. Taková spalovací komora nemá rošt a je poměrně malých rozměrů. Přísun paliva a pohyb paliva v hořáku je většinou horizontální. Koncepci takového kotle zachycuje Obrázek 4.8. Palivo je dopravováno šnekovým dopravníkem do horizontálního hořáku. Hořák je shora ohraničen válcovým keramickým reflektorem. Popel je vytlačován novým palivem a přepadává přes okraj roštu do popelníku.

Tato koncepce je vhodná pro kotle malého a středního výkonu, pro kotle větších výkonů je jednodušší použít jinou koncepci.

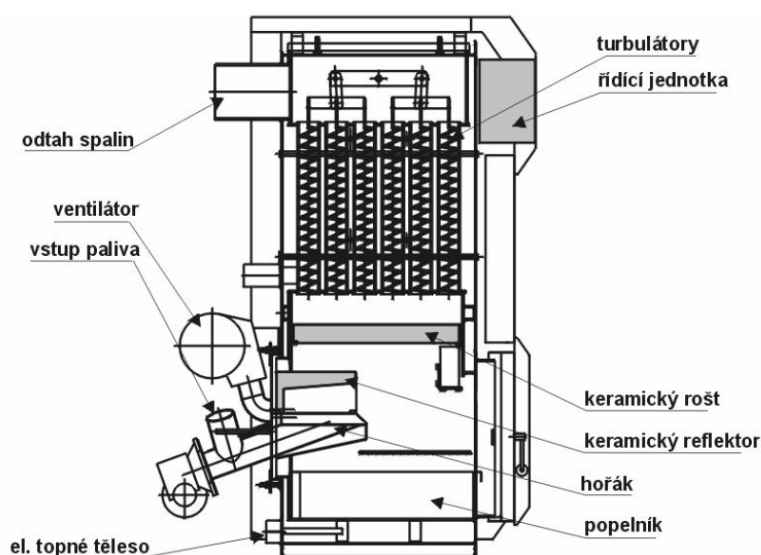


Obrázek 4.6 Schéma kotle s hořákem a se zásobníkem



Obrázek 4.7 Princip hořáku

- | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Přisun paliva | 2. Turniket | 3. Zásobník hořáku |
| 4. Motor pohonu | 5. Šnekový podavač | 6. Hlava hořáku |
| 7. Potrubí zapalovacího vzduchu | 8. Ohřev zapalovacího vzduchu | 9. Ventilátor |
| 10. Trubka přívodu vzduchu | 11. Trysky primárního vzduchu | 12. Trubice přívodu prim. vzduchu |
| 13. Ústí sekundárního vzduchu | 14. Otočný prstenec | 15. Palec otočného prstence |
| 16. Čidlo úrovně paliva | 17. Optické čidlo | 18. Tepelná pojistka |
| 19. Konektor řídicí jednotky | 20. Článekový řetěz pohonu | |



Obrázek 4.8 Schéma kotle s hořákovým provedením

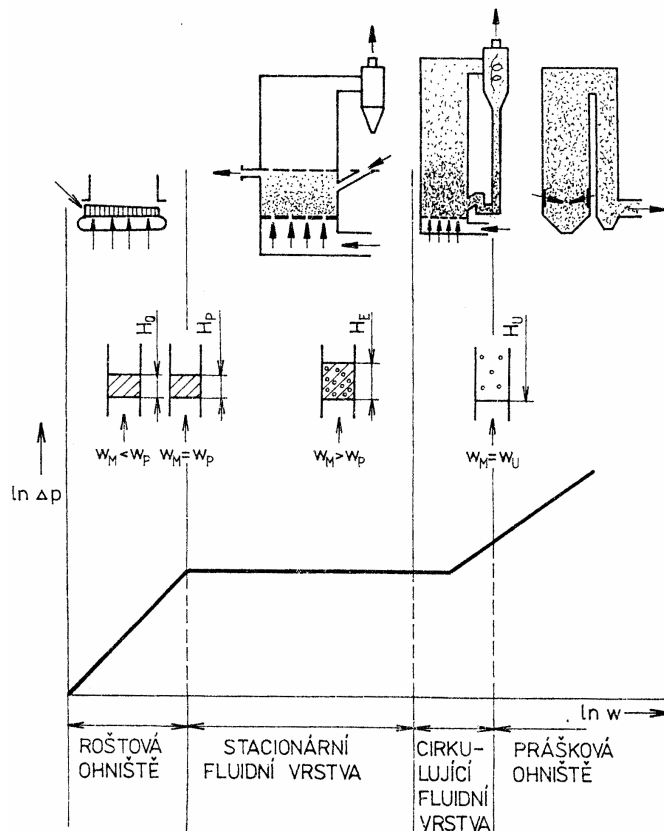
4.2.4 Spalování ve fluidní vrstvě

Při fluidním spalování je palivo spalováno ve fluidní vrstvě vytvořené z inertního materiálu. Vysoká tepelná kapacita fluidní vrstvy je schopna absorbovat změny vlastností paliv způsobené především jejich kolísajícím obsahem vlhkosti. Takto koncipované kotle jsou vhodné pro spalování různých druhů biomasy i odpadů.

Spalování probíhá ve vzhledu, palivo (pevná látka) je udržováno ve fluidním stavu prouděním vzduchu, kdy odpor proudícího media odpovídá tíže částic, a hmota částic se chová jako kapalina. Práh fluidizace nastává, když se rychlost vzduchu w_M , viz Obrázek 4.9, vyrovná prahové rychlosti fluidizace w_p . Zvětšování rychlosti znamená zvětšení výšky fluidní vrstvy. Částice zůstává v ohništi tak dlouho, dokud nevyhoří, případně se do ohniště vrací. Při dosažení prahové rychlosti úletu w_U dochází k unášení částic z vrstvy, což představuje práškové ohniště.

Výkon kotle se reguluje výškou fluidní vrstvy, do které jsou ponořeny teplosměnné plochy, nejčastěji jako výparník. U kotlů s externím výměníkem množstvím materiálu ve výměníku.

Fluidní kotel dovoluje spalování drceného paliva, které může mít u biomasy do 15 mm, částice intenzivně kmitají v rovnovážné poloze, což má za následek velké přestupy tepla $\alpha=200-600 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, což je asi 2-3krát víc než u konvekčních ploch běžného kotle. Fluidní kotle se běžně konstruují pro větší výkony, cca od 8 MW_t až po stovky MW_t. Rychlost fluidizace s pohybuje od 0,7 do 1,5 m/s, palivem může být velká škála biopaliv. Schéma kotle zachycuje Obrázek 4.34. Velký regulační rozsah 30 – 100 % P_{jm}, nízké spalovací teploty 800-900°C (vhodné pro emise NO_x - do 200 mg/m³), možnost spalovat méněhodnotná paliva, odpady a sirnatá paliva patří k výhodám tohoto způsobu spalování.



Obrázek 4.9 Přechod do fluidizace

Fluidní kotle můžeme dělit podle několika kritérií.

Podle pracovního tlaku:

- Atmosférické,
- Přetlakové.

Podle druhu vrstvy a provedení:

- se stacionární fluidní vrstvou,
 - bez odlučovače,
 - s odlučovačem popílku.
- s cirkulující fluidní vrstvou.
 - s externím,
 - bez externího výměníku tepla.

V současnosti nejpoužívanější jsou atmosférické s cirkulující fluidní vrstvou, kdy cirkulace částic probíhá přes spalovací komoru a cyklon, což vede k dlouhé době setrvání částic v ohništi.

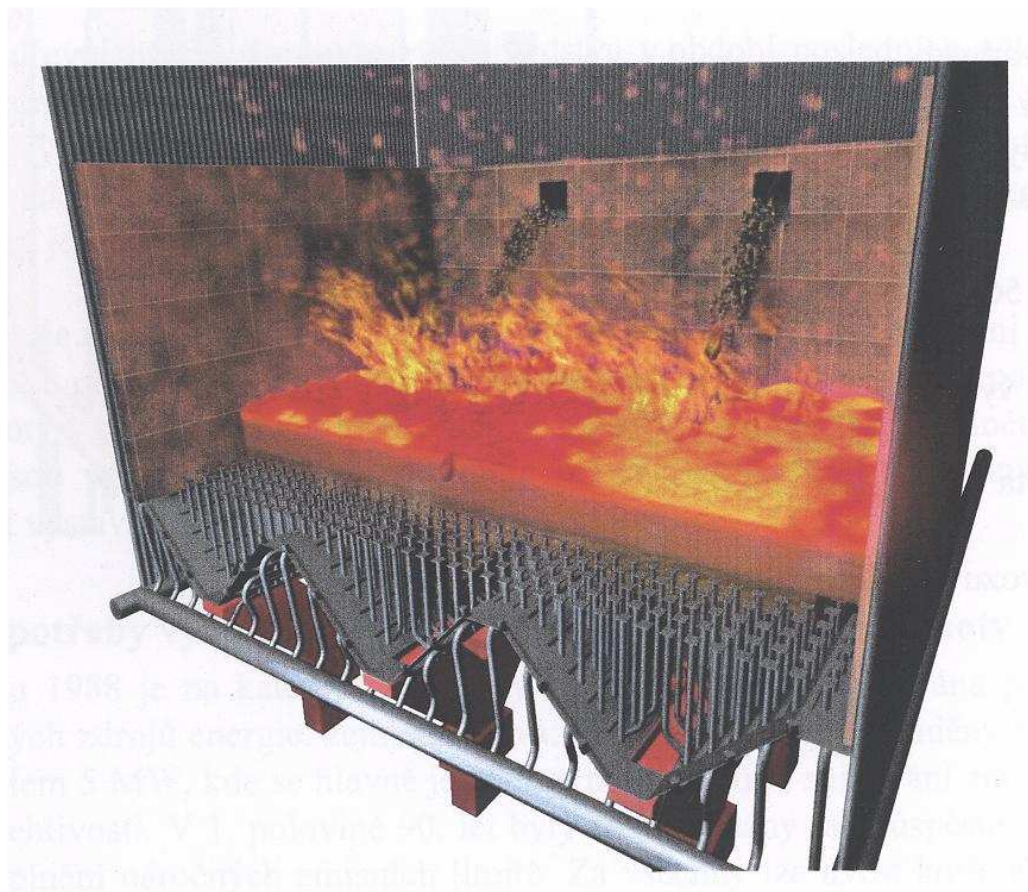
Pro kotle menších výkonů se používají převážně kotle se stacionární fluidní vrstvou, ty se nejčastěji používají i pro spalování biomasy, viz. Obrázek 4.10.

Ve fluidních kotlích lze spalovat mimo klasické surové dřevo ve formě dřevní štěpky, pilin, kůry a lesní štěpky, také stavební dřevo – dřevo z demolic, palety, překližku, průmyslový dřevní odpad, a dále biomasu ze zemědělské výroby – pecky z ovoce, skořápky ořechů, slámu, odpad ze zpracování kávy, trávy a křoviny.

Jednotlivé druhy biomasy se liší například podílem alkálií, chlóru či síry, proto je v některých případech účelné míšení různých druhů paliv, čímž se vliv těchto škodlivých látek zmírní. Díky velkému podílu inertního materiálu, a tím velkému množství akumulované energie lze spalovat paliva s velmi proměnlivými vlastnostmi.

Složení biomasy se pohybuje v těchto rozmezích:

Obsah vody	10-70 %
Výhřevnost	5-20 MJ/kg
Obsah popela	1-8 % (kaly až 45 %)
Obsah dusíku	0,1-2 %
Obsah síry	0,01-0,3 %
Obsah Na a K	0-2 %
Obsah chlóru	0-0,2 %



Obrázek 4.10 Stacionární fluidní vrstva, systém roštu

4.3 Spalovací zařízení

Za spalovací zařízení považujeme v případě zdrojů pro vytápění lokální topeniště – krby a kamna, kotle pro ústřední vytápění různých provedení, teplovodní a horkovodní kotle pro lokální centralizované systémy, parní kotle pro kogeneraci tepla a elektřiny.

Podle způsobu předávání tepla lze rozlišit:

- Přímotopná spalovací zařízení (lokální topeniště - kamna, krby), která teplo uvolněné spalováním bezprostředně předávají do místnosti tím, že ohřívají vzduch v místnosti a předměty a zdi prostřednictvím sálavého toku.
- Kotlová zařízení, ve kterých se předává teplo uvolněné spalováním a obsažené ve spalinách pracovní látce (vodě, oleji), která je pak rozváděna do jednotlivých místností, prostor, budov, technologických zařízení či výměníků.

Lokální topeniště jsou téměř vždy určena pro spalování tuhých paliv, nejčastěji kusového dřeva nebo briket a jejich předností je možnost levného a efektivního vytápění jednotlivých místností. Nevýhodou je manipulace s palivem a popelem, potřeba periodického přikládání, a s tím související zvýšená prašnost v prostoru a možnost znečištění. V poslední době rozšiřující se užívání oblíbených krbů a krbových a kachlových kamen posiluje tento způsob vytápění, nejčastěji jako doplňkové k zavedenému systému ústředního vytápění. Takové řešení umožňuje významně snížit náklady na vytápění, použije-li se dřevo jako náhrada dražšího paliva v přechodném období nebo v době extrémních nároků na spotřebu. Jeho výhodou je rovněž snížení rizika při náhlých výpadech dodávky zdroje energie pro klasické vytápění (elektřina, plyn) – diverzifikace zdrojů.

Systémy s ústředním (centrálním) vytápěním poskytují podstatně vyšší uživatelský komfort a nabízejí velké množství technických řešení, jak na straně zdroje, tak na straně spotřeby. Zdrojem tepla je palivo, spalované v teplovodním kotli, dosahující dnes poměrně vysoké účinnosti, zabezpečující svým konstrukčním řešením nízkou produkci škodlivin a umožňující automatickou regulaci provozu podle podmínek a potřeb.

Mezi těmito zařízeními si lze vybírat podle svých představ a možností a je rovněž k dispozici dostatečná poradenská síť. Poradit se s odborníky je vždy užitečné, protože současné environmentální požadavky a společenská očekávání jsou velice náročná a rovněž cenový vývoj není snadné odhadnout.

Pro systémy ústředního vytápění malých objektů je k dispozici několik koncepcí:

- odhořivací a prohořivací kotle s manuálním přikládáním,
- zplyňovací kotle s manuálním přikládáním a
- automatické spalovací či zplyňovací kotle.

Pro systémy lokálního centrálního vytápění popřípadě kogenerace tepla a elektřiny jsou využívány kotle s plně automatickým provozem, přičemž se jednotlivé typy liší způsobem dopravy paliva, principem spalování, viz kapitola 4.2, parametry výstupního média a dalšími drobnějšími koncepčními prvky, jako je např. odvod popela nebo konstrukce spalínového výměníku.

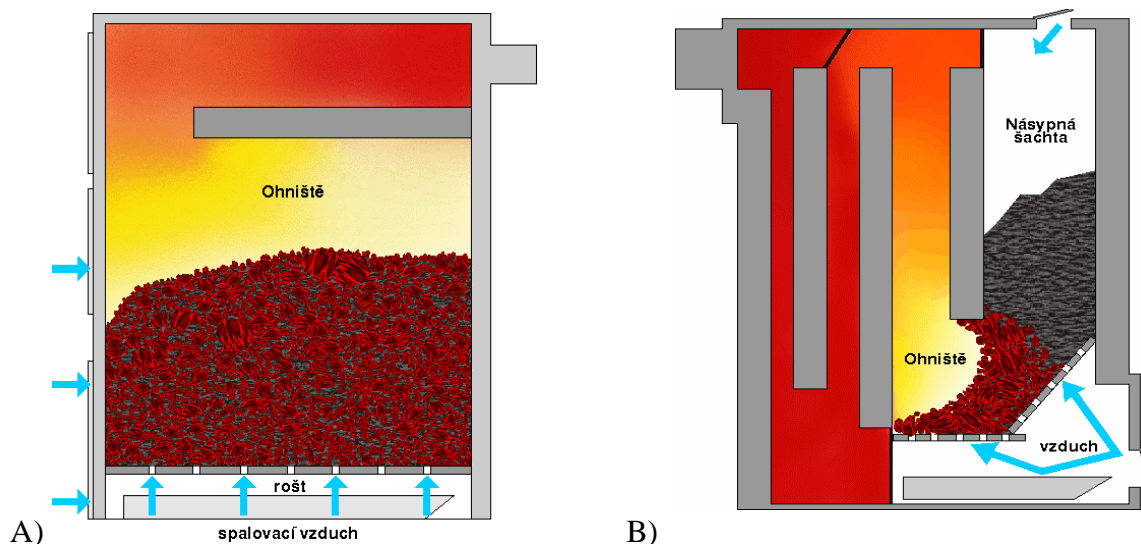
Protože cílem této publikace není představit současnou nabídku na trhu s kamny a kotli, lze v tomto směru doporučit návštěvu tematických výstav, prodejců a výrobců, případně nastudování vhodných publikací.

Dále budou vysvětleny a popsány principy jednotlivých druhů spalovacích zařízení a hodnoceny jejich individuální vlastnosti.

4.3.1 Kamna a sporáky

Kamna a sporáky představují nejjednodušší lokální topidla s ohništěm pro spalování tuhých paliv. Dno ohniště je tvořeno pevným roštem, kterým je k hořícímu palivu přiváděn spalovací vzduch, jehož množství lze regulovat dvířky popelníku, umístěným pod roštem. Takové ohniště klade pouze minimální nároky na kvalitu paliva, jinak řečeno lze v něm spálit téměř všechno. Je věcí uživatele, jakým způsobem bude kamna provozovat, což může být problém. Při spalování kvalitního kusového dřeva a častějším přikládáním po malých dávkách, se lze vyhnout nedokonalému spalování, projevujícímu se tmavým aromatickým kouřem. Zájmem uživatele však bývá počet přikládání minimalizovat.

Je-li principu spalování na roštu použito u kamen, která jsou určena převážně pro vytápění, respektuje se požadavek minimální četnosti přikládání volbou velkého objemu ohniště, do kterého je možné najednou přiložit velké množství paliva. Takové ohniště lze v zásadě konstruovat dvojím způsobem a rozlišují se kamna s prohoříváním paliva a se spodním odhoříváním paliva. Rozdíl v provedení ohniště názorně ukazuje Obrázek 4.11, na němž je vlevo znázorněn princip prohořivací a vpravo odhořivací.



Obrázek 4.11 Ohniště s prohoříváním paliva (A) a spodním odhoříváním paliva (B)

V prvním případě se násypná šachta naplní palivem, které se od žhavé vrstvy na roštu zapálí. Horké spaliny prostupují vrstvou paliva nahoru, a palivo tak postupně prohořívá. Je logické, že musí být kamna řešena tak, aby nemohlo dojít k zapálení celého objemu paliva najednou. To lze zajistit pouze regulací přívodu spalovacího vzduchu pod rošt. Regulační možnosti jsou velice široké a jejich použití záleží pouze na uživateli. Úplným otevřením dvířek popelníku lze dosáhnout hoření celého objemu paliva najednou, což představuje několikanásobek jmenovitého výkonu kamen se všemi negativními důsledky: nedokonalé spalování, vysoká teplota výstupních spalin a výrazné snížení životnosti zařízení.

Ohniště se spodním odhoříváním je nesporně lepším řešením. Je rozděleno shora vedoucí svíslou přepážkou na dvě části. Levá představuje násypnou šachtu, kterou lze zcela naplnit, pravá pak vlastní ohniště s dole umístěným pevným rostem. Z dolní části násypné šachty se palivo odsypává na rošt, kde se zapálí a hoří. Spaliny prochází vzhůru ohništěm a přitom v nich dohořívají hořlavé složky. Kamna s tímto ohništěm nelze neomezeně přetěžovat, což spolu s možností dohořívání spalin přispívá k podstatně nižší produkci škodlivin. Pro bezpečný provoz těchto kamen je nezbytný dostatečný tah komína a spolehlivá těsnost násypného otvoru, protože v případě ztráty tahu by mohlo dojít k zapálení paliva v násypné šachtě a proniknutí spalin přes víko násypky do otápné místnosti.

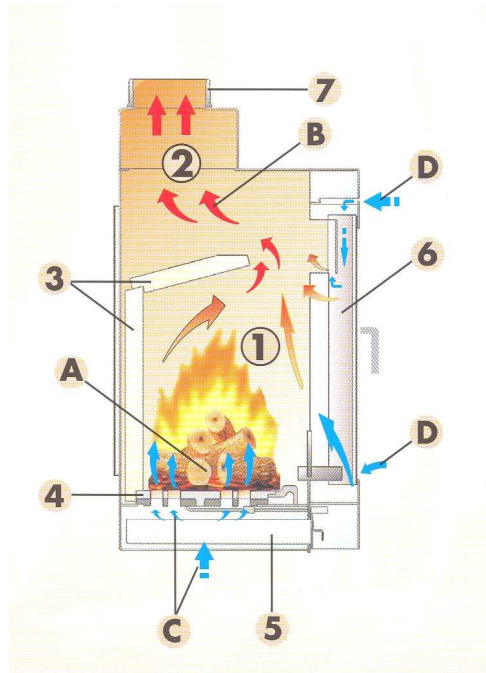
Předností obou druhů těchto kamen je jednoduchá konstrukce, snadná obsluha a nízká cena. Z pohledu kvality spalování a tvorby škodlivin je lze s výhradou doporučit pouze pro spalování kvalitních paliv - kusové dřevo, brikety. Běžný uživatelský provoz znamená vždy vysoké emisní koncentrace oxidu uhelnatého, polyaromatických uhlovodíků a dalších škodlivin.

4.3.2 Krby a krbová kamna

Lokální vytápění dřevem, spalovaným v krbech a krbových kamnech, se těší veliké oblibě. Krby jako zdroj tepla mají dlouhou historii a tradici. Vytvářejí příjemnou atmosféru tím, že lze pozorovat plameny, létající jiskry a poslouchat praskání dřeva. Jediným nedostatkem tradičních krbů je extrémně nízká účinnost. U otevřených krbů zhruba devadesát procent energie paliva uniká bez užitku komínem. Současné technické možnosti dovolují uzavřít ohniště sklem a regulovat pak množství spalovacího vzduchu, a tak současné krby a krbová kamna dosahují špičkové účinnosti až osmdesát procent, tzn. že pouze dvacet procent tepla se nevyužije pro vytápění. Praktický význam této skutečnosti objasní následující příklad.

Moderní krbová kamna v kvalitním provedení mají účinnost při jmenovitém výkonu 80 %. Pro tepelný výkon 7 kW a při použití dostatečně vysušeného dřeva je zapotřebí spálit cca 2 kg dřeva za hodinu. Abychom získali tentýž výkon z krbu s otevřeným ohništěm, musíme v něm za stejnou dobu spálit nejméně 16 kg dřeva. Jde tedy o to, nakolik si ceníme bezprostřední přítomnosti plamene a zda se od něj přece jenom neoddelíme sklem.

Dva a půl kilogramů dřeva je velice málo, dvě středně velká polena, a přitom jejich spálení dokáže poskytnout tepelný výkon 7 kW, což je srovnatelné s tepelnými ztrátami moderního rodinného domku. Podle obecných požadavků by měla ohniště krbů a krbových kamen zabezpečit při pravidelném přikládání v hodinových intervalech vždy spolehlivé zapálení přiloženého paliva. To vede k následujícímu konstatování: je snadné spálit 2,5 kg dřeva, ale je umění přinutit 2,5 kg dřeva, aby hořely celou hodinu a přitom ještě nebyly ve spalinách nepříjemně vysoké koncentrace škodlivin. A to právě moderní krby a krbová kamna, viz. Obrázek 4.12, umí.



Obrázek 4.12 Moderní krbová kamna, konstrukce ohniště

Hlavní části kamen

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1 | Spalovací komora (topeniště) |
| 2 | Kouřová komora |
| 3 | Vyměnitelná šamotová vyzdívka |
| 4 | Vyměnitelný litinový rošt |
| 5 | Popelník |
| 6 | Prosklená příkládací dvířka |
| 7 | Odvod spalin |

Spalování

- | | |
|---|----------------------------------|
| A | Hořící palivo |
| B | Spaliny |
| C | Primární vzduch pro spalování |
| | Sekundární vzduch pro odhoření |
| | plynných spalitelných složek (CO |
| D | apod.) ve spalinách. Zároveň |
| | zabraňuje zašpinění skla. |

Zatímco otázky účinnosti kamen a efektivity vytápěcího systému vesměs chápeme jako individuální záležitost, v případě produkce škodlivin tomu tak není. Přestože patří dřevo k neekologičtějším palivům a převládá názor, že je z hlediska emisí oxidu uhličitého neutrální, může jeho nevhodné používání silně poznamenat lokální ovzduší. Jedná se převážně o spalování nedostatečně vysušeného dřeva. Příliš vysoký obsah vody má za následek snížení teploty v sebelépe konstruovaném ohništi, hořlavé složky nestačí vyhořet, a ve spalinách vycházejících z komína do ovzduší pak najdeme vysoké koncentrace oxidu uhelnatého, polyaromatických

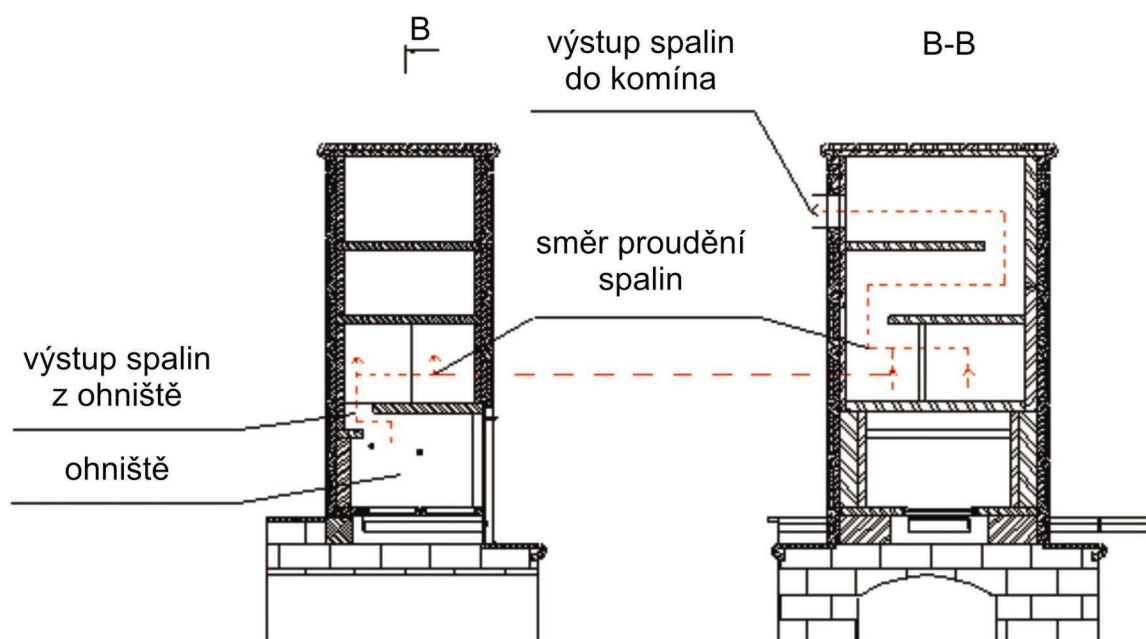
uhlovodíků a dalších produktů nedokonalého spalování. Pomoc je snadná. Spalované dřevo musí být dostatečně vysušené.

Oblíbenost a rostoucí využívání krbů a krbových kamen jako lokálních topenišť vedou ke snaze odvést část tepla do dalších místností, a to buď prostřednictvím teplého vzduchu nebo teplé vody. Technicky jsou taková řešení jednoduchá a jejich nabídka je dostatečná. Teplovzdušné krby a krbová kamna s výměníkem pro ohřev vody nabízí většina výrobců. Je však užitečné zamyslet se, zda bude některé z vybraných řešení opravdu přínosem, zda naopak nepřinese nové komplikace a jak hospodárný bude uvažovaný systém vytápění. Jakým směrem by se měly úvahy ubírat, naznačí nejlépe seznámení s vlastnostmi a způsobem využívání dalšího druhu individuálního topeniště – kachlových kamen.

4.3.3 Kachlová kamna

Vedle krbů je to nejstarší způsob vytápění, jehož předností je vysoká efektivita, daná možností využívat akumulace tepla. Z dnešního pohledu je jejich velikou předností také poměrně spolehlivé zabezpečení dokonalého spalování, a proto nízká produkce škodlivin (samozřejmě lze i v dokonalých kachlových kamnech spalovat palivo způsobem zcela nepřijatelným).

Klasická konstrukce kachlových kamen, viz. Obrázek 4.13, je charakteristická velkou hmotností (několik set kilogramů) keramických hmot, které při spalování paliva akumulují uvolněné teplo a postupně, často máme pocit, že až příliš pomalu, se zahřívají. Teprve po nahřátí předávají teplo do místnosti a mohou vytápět místnost ještě dlouho poté, co palivo definitivně vyhaslo. Kachlová kamna této konstrukce jsou dnes označována jako kamna s těžkou vyzdívkou.

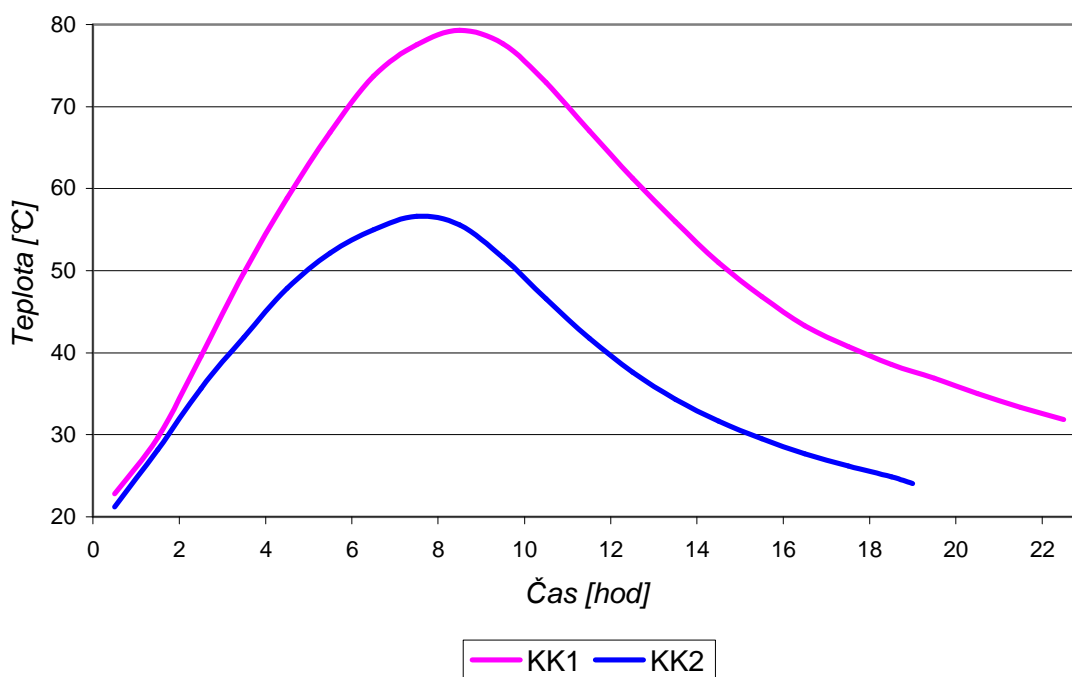


Obrázek 4.13 Konstrukční schéma kachlových kamen

V ohništi kamen se spaluje palivo, nejčastěji dřevo nebo brikety, při dostatečně vysoké teplotě, neboť stavba ohniště a použitý materiál zajišťuje velmi dobrou tepelnou izolaci. Díky vysoké spalovací teplotě vyhoří podstatná část hořlavých složek a dokonalému spalování napomáhá možnost spolehlivé regulace množství spalovacího vzduchu. Z ohniště vstupují horké spaliny do horní části keramického výměníku s přepážkami, značně prodlužujícími dráhu spalin a zabezpečujícími co možná nejintenzivnější přestup tepla ze spalin do veškeré keramické hmoty kamen. Zpočátku ještě vysoká teplota umožní dohoření hořlavých složek, postupně směrem nahoru teplota klesá a nakonec spaliny vstupují do komína. V průběhu spalování paliva roste

teplota kamen a teplo se stále více akumuluje do jejich stěn. Možnost akumulovat další teplo ze spalin se postupně snižuje a teplota spalin na vstupu do komína roste. V tomto stadiu je spalování dalšího paliva zbytečné. Kamna se uzavřou, aby vzduch neproudil ohništěm v důsledku komínového tahu a nevychlazoval kamna zevnitř. Kamna pak ještě dlouho předávají naakumulované teplo do místnosti.

K tomu, aby popsany jednoduchý, spolehlivý a efektivní způsob vytápění fungoval, je zapotřebí zvolit dobrou konstrukci kamen s dostatečně kapacitními stěnami a s možností zvolit dobrou konstrukci kamen s dostatečně kapacitními stěnami a s možností těsně uzavřít ohniště po posledním přiložení paliva. Je samozřejmé, že malá dvířka budou těsnější, na druhé straně možnost uzavřít ohniště velkými prosklenými dvířky představuje mnohem lákavější řešení. Při dnešní pestré a kvalitní nabídce kachlů a vzhledem k možnosti téměř neomezeného tvarového řešení zájem o kachlová kamna stále roste. Stále více se staví kamna tzv. lehké konstrukce, viz. Obrázek 4.15, u kterých jsou spaliny z ohniště naváděny přímo do komína a horní prostor je pouze obestaven keramikou. Toto provedení má výrazně menší schopnost akumulace tepla, což ovšem uživateli nevadí, protože kamna nejsou hlavním zdrojem tepla. Jak ovlivní konstrukce kamen jejich provozní vlastnosti ukazuje Obrázek 4.14, na kterém jsou uvedeny výsledky srovnávacích měření.



Obrázek 4.14 Srovnání provozních vlastností kachlových kamen těžké (KK1) a lehké (KK2) konstrukce – průběh průměrných povrchových teplot

Křivky popisují průběh průměrné povrchové teploty kamen při dlouhodobé zkoušce, kdy byla kamna prvních 8 hodin vytápěna dřevem na jmenovitý tepelný výkon cca 12 kW a po dosažení konstantní teploty spalin na vstupu do komína uzavřena. Srovnání ukazuje, že klasická kamna těžké konstrukce dosáhla při chladnutí povrchové teploty 40 °C o šest hodin později, než kamna lehká a to za srovnatelných podmínek pro jejich ochlazování.



Obrázek 4.15 Kachlová kamna lehké konstrukce



Obrázek 4.16 Kotel s manuálním přikládáním

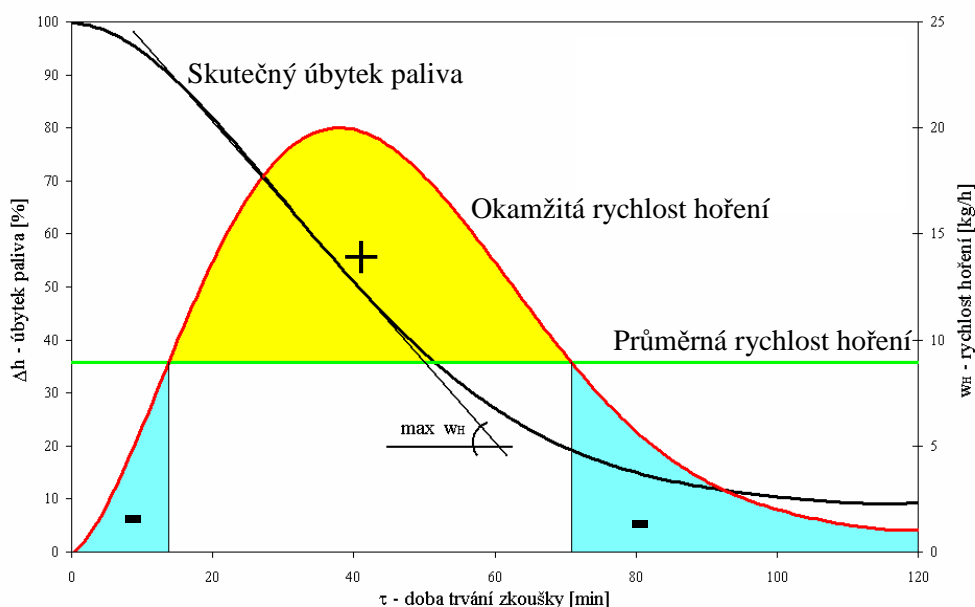
4.3.4 Kotle pro ústřední vytápění

K vytápění rodinného domu je zapotřebí kotle o výkonu nanejvýš několika málo desítek kilowatt. Záleží to na klimatických podmínkách, lokalitě, celkové dispozici, konstrukci a způsobu využívání domu. Tepelné ztráty moderních domů se vyjadřují v jednotkách kilowatt. Při rozhodování o druhu paliva a typu kotle bude vždy stát na jedné straně uživatelský komfort a na straně druhé celkové, tj. investiční a provozní náklady.

Kotle s manuálním přikládáním

Klíčový problém představuje, samozřejmě vedle nákladů, nevhodná technologie spalování. Výrobci oprávněně vycházejí z toho, že kotle určené pro spalování jednoho z nejlevnějších paliv, musí být také levné, a proto jednoduché. Klasickým a dosud nejrozšířenějším konstrukčním řešením je velkoobjemové ohniště (se spodním odhoříváním, nebo prohořívací), do kterého lze pro co možná nejdélší periodu přikládání přiložit najednou velké množství paliva, viz Obrázek 4.16. Čerstvě přiložené palivo se postupně zahřívá, vysušuje, a poté se začíná uvolňovat prchavá hořlavina, jejíž zapálení představuje počátek hoření. Tento proces probíhá různou rychlostí, danou konstrukcí a kvalitou provedení kotle, vždy však je ve fázi zapalování a počátku hoření v ohništi přebytek spalovacího vzduchu, a tím nízká teplota. To vede k nedokonalému spalování a tvorbě typických škodlivin, značně obtěžujících okolí. Na první pohled se zdá, že by věci pomohla regulace množství spalovacího vzduchu. Jde však o levné kotle a jednoduchý způsob regulace nebývá dostatečně účinný.

Celou záležitost objasňuje ve zjednodušené formě Obrázek 4.17, popisující podstatná fakta o vyhořívání dávky paliva, přiložené najednou do ohniště. V průběhu dvouhodinové zkoušky se spálilo 18 kg paliva, průměrně tedy 9 kg za hodinu – viz. křivka průměrné rychlosti hoření. Z průběhu křivky skutečného úbytku paliva vidíme, že brzy po přiložení začíná palivo hořet, jeho spotřeba (tj. úbytek v ohništi) stále narůstá a teprve po čtyřicáté minutě začne, nejprve zvolna, klesat. Z křivky okamžité rychlosti hoření (spotřeby paliva) vyplývá, že okamžitá rychlost hoření (cca 20 kg/hod ve 40. minutě) je více než dvakrát větší, než průměrná. Rychlost hoření určuje tepelný výkon ohniště a měl by jí také odpovídat přívod spalovacího vzduchu. To není snadné zajistit, a proto je obvykle na počátku a na konci přikládacího cyklu v ohništi přebytek vzduchu („-“ oblast grafu) a ve střední části („+“ oblast grafu), kdy je výkon kotle největší, jeho nedostatek.



Obrázek 4.17 Vyhořívání dávky paliva v ohništi

Není možné jednoduchou, spolehlivou a levnou regulací zajistit aktuálně potřebné množství spalovacího vzduchu do ohniště, a proto budou kotle tohoto typu stále produkovat značné množství škodlivých látek. Samozřejmě a bohužel jsou stále nejpoužívanější.

Automatické a automatizované kotle

Moderní kotle na spalování biomasy používají systém kontinuálního přívodu paliva do ohniště. To musí být konstrukčně řešeno zcela jinak. Zůstaneme-li u předchozího příkladu s průměrnou spotřebou paliva 9 kg/hod znamená to, že budeme nepřetržitě přivádět do ohniště velmi malé množství, 150 g/min. Spalovací proces bude vyrovnaný, rovnoměrný, rovněž tak spotřeba spalovacího vzduchu a nebude činit potíže spalování optimalizovat k vysoké účinnosti a minimální produkci škodlivin. Technicky má takové řešení jeden háček. Čím menší množství paliva je zapotřebí nepřetržitě dopravovat do ohniště, tím musí být jeho jednotlivé částice jemnější, menší. Je dosti obtížné představit si dopravní zařízení, které během minuty spolehlivě dopraví do ohniště pouhých 15 dkg paliva. Je však možné palivo dopravovat přetržitě, periodicky a celý proces automatizovat tak, že impulsem k spuštění dopravníku bude výstupní teplota spalin, nebo vody nebo se bude dopravník spouštět cyklicky s určenou dobou plnění a prodlevy.

Pokud se jedná pouze o kotel s automatickým přikládáním paliva a regulací, hovoříme o kotli automatizovaném. Spalování je do značné míry automatické, tím dochází k rovnoměrnému hoření, zvýšení účinnosti a omezení emisí, celkový provoz se však bez zásahu obsluhy neobejde. Obsluha je nutná pro zapálení a odstranění tuhých zbytků po spalování.

Pokud budeme hovořit o kotli automatickém, takový kotel musí být opatřen, mimo zařízení použitých u automatizovaných kotlů, automatickým zapalováním a odvodem tuhých zbytků. Zásah obsluhy je tak nutný jen občas, a to dle velikosti zásobníku paliva a zásobníku popela.

Automatické kotle na biomasu pro ústřední vytápění mohou využívat jak spalování na roštu, tak speciálních hořáků či hořákového provedení spalovací komory, dále spodního přívodu paliva nebo zplyňování.

Nejčastěji se u automatických kotlů objevuje systém se spodním přívodem paliva. Tento systém je podrobně popsán v kapitole 4.2.2, ve které je uvede i příklad kotle využívající tento systém, viz Obrázek 4.5.

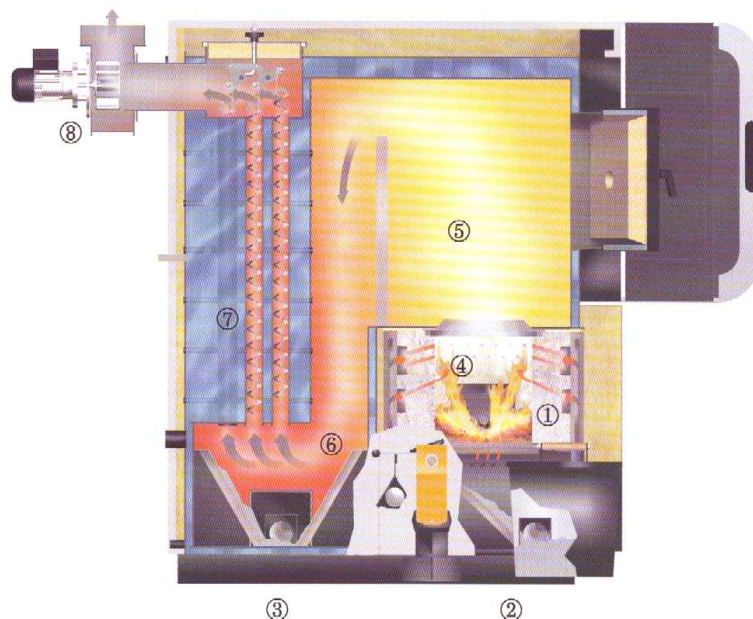
Dalším možným způsobem je spalování na roštu. Jelikož by pro kontinuální provoz bylo dopravováno velice malé množství paliva, doprava je přerušovaná a nejčastěji řešena opět šnekovým dopravníkem, jiným řešením je sesouvání paliva z násypky přes turniket nebo uzávěr. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.2.1, je spektrum roštů a od nich se odvíjejících koncepcí velice široké. Nejčastěji jsou používány kotle s pevným roštěm různých tvarů, velikostí a otvorů, které jsou opatřeny vibračním mechanismem pro snadnější odvod popela. Takovýto rošt zachycuje Obrázek 4.1, celý kotel používající tento rošt zachycuje Obrázek 4.18 a Obrázek 4.19. Kotel na uvedených obrázcích patří ke špičkovým kotelům ve své kategorii. Princip je patrný z obrázku. Součástí kotle je také tzv. lambda-sonda, která udává množství kyslíku ve spalinách a pomocí níž ovládá řídicí jednotka, množství spalovacího vzduchu. Kotel obsahuje také čidlo podtlaku ve spalovací komoře, pro případ sníženého tlaku komína, či řízení poměru primárního a sekundárního vzduchu. Tento a podobné kotle se řadí na stupnici kvality na pomyslný konec daný současnou dosažitelnou technologií, ale také cenou, kterou jsou zákazníci schopni přijmout. Cena kotelů této kvality se pohybuje v řádu statisíců korun.

Výhodou automatických kotelů se šnekovým dopravníkem je velký regulační rozsah. Princip s násypkou, turniketem má výkonový rozsah podobný. Na trhu existuje ještě princip s rotačním roštěm, který má zároveň funkci turniketu. Výkonový rozsah tohoto zařízení je mnohem menší a od této koncepce se ustupuje. Princip kotle s ohništěm s otáčivým roštěm zachycuje Obrázek 4.20.



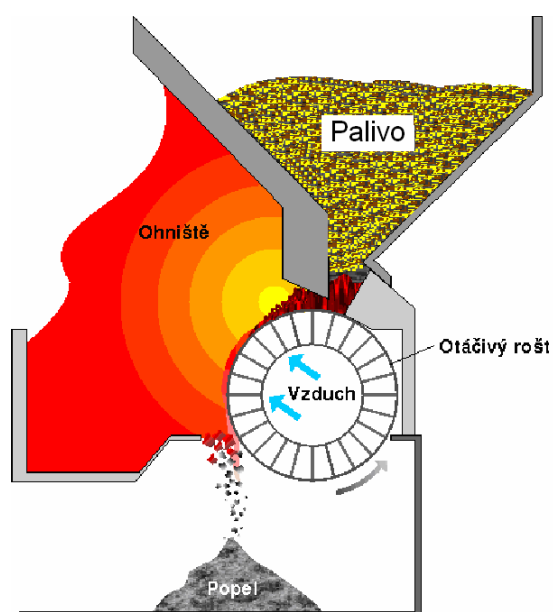
Obrázek 4.18 Plně automatický kotel na štěpky a pelety

(popis: 1 - automatický rošt, 2 - šnekový vynašeč popele, 3 - šamotová spalovací komora, 4 - velká spalovací komora, 5 - zásobník na popel, 6 - trubkový výměník tepla s automatickým čištěním, 7 - pohon aut. čištění výměníku, 8 - spalinový ventilátor, 9 - snímač podtlaku ve spalovací komoře)



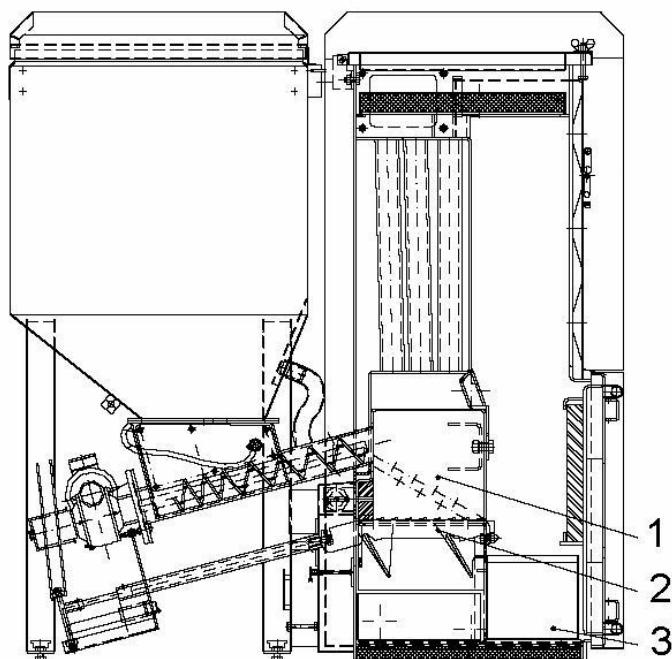
Obrázek 4.19 Řez plně automatickým kotlem o výkonu 28 - 55 kw

(popis: 1 - automatický rošt, 2 - šnekový vynašeč popele ze spal. komory, 3 - šnekový vynašeč popele z trubkového výměníku tepla, 4 - šamotová spalovací komora s regulací přívodu vzduchu, 5 - velká spalovací komora, 6 - velká komora 2. tahu kotle, 7 - trubkový výměník tepla s automatickým čištěním, 8 - spalinový ventilátor)

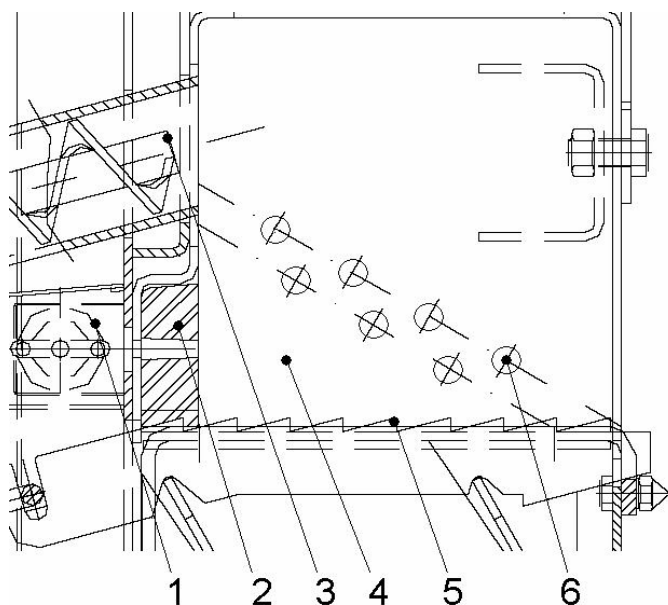


Obrázek 4.20 Ohniště s otáčivým roštem

Jiný způsob spalování na roštu zachycuje Obrázek 4.21 a Obrázek 4.22. Palivo je pomocí šnekového dopravníku dopravováno na mechanický rošt, který dopravuje palivo a následně popel na okraj roštu, kde propadá do popelníku. Princip je zřejmý z obrázků.

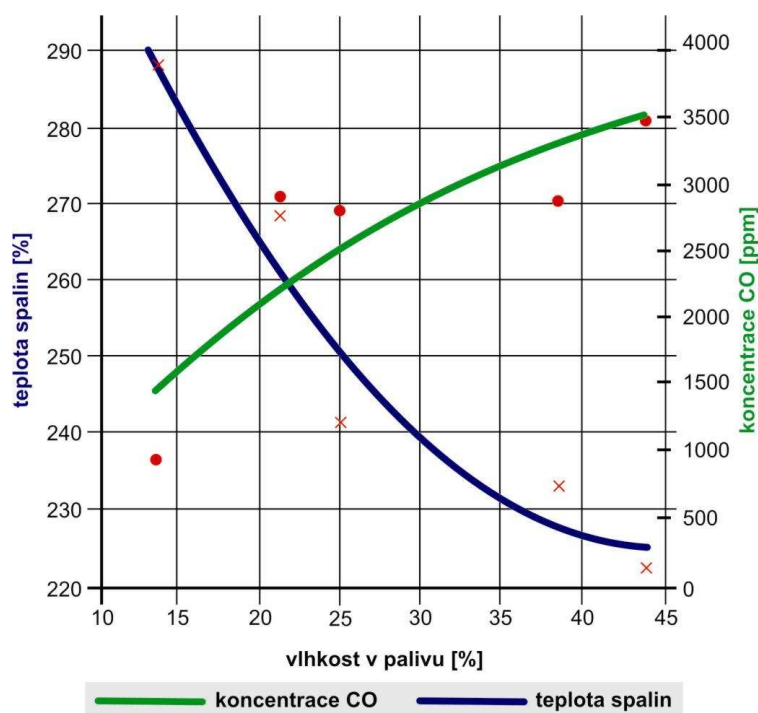


Obrázek 4.21 Schéma roštového kotle 1-hořák, 2-rošt, 3-popelník

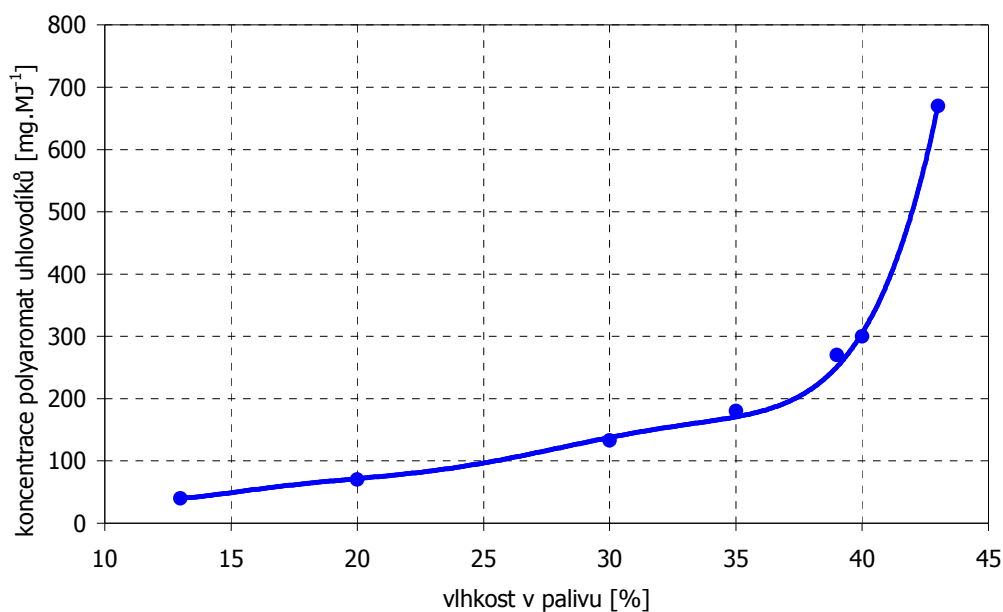


Obrázek 4.22 Detail hořáku kotle 1-žhavicí spirála, 2-zadní deska se zapalovací tryskou, 3-dopravník, 4-boční keramika, 5-rošt, 6-přívody vzduchu

Z hlediska spalovacího procesu je pro biomasu typický vysoký obsah prchavé hořlaviny. Ohniště pro spalování biomasy musí proto mít dostatečně velký objem, aby v něm uvolněné hořlavé plyny mohly co nejdokonaleji vyhořet. Voda obsažená v palivu, snižuje teplotu v ohništi, a podporuje tak produkci oxidu uhelnatého a polyaromatických uhlovodíků, jak ukazují závislosti na Obrázek 4.23 a Obrázek 4.24.



Obrázek 4.23 Vliv vlhkosti dřeva na produkci oxidu uhelnatého



Obrázek 4.24 Vliv vlhkosti dřeva na produkci polyaromatických uhlovodíků

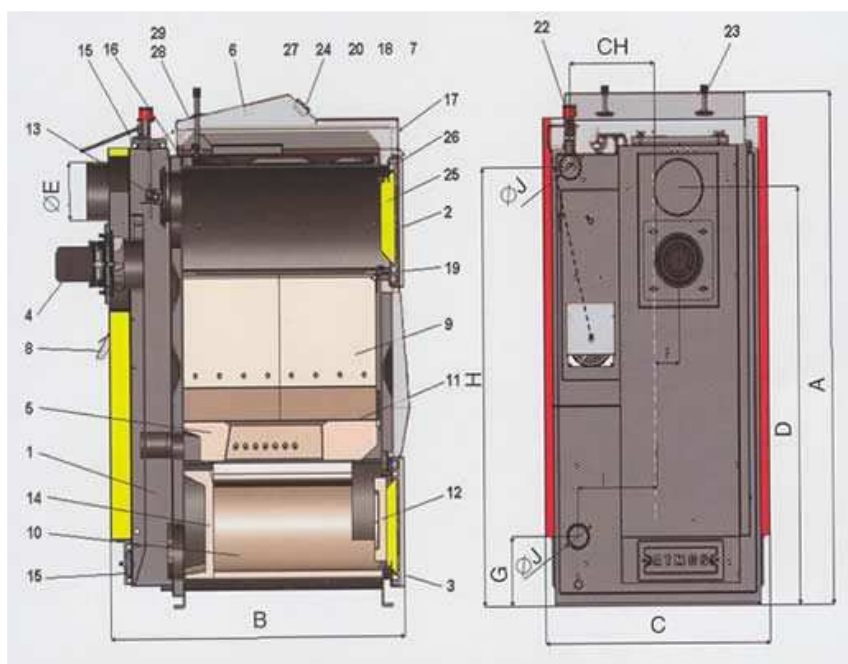
Jakkoliv patří biomasa bezesporu k palivům „přátelským“ k životnímu prostředí, je nutné vždy respektovat požadavky spalovacího procesu a spalovacího zařízení. Zejména u nejjednodušších konstrukčních kotlů je zapotřebí používat dostatečně vysušené palivo (cca 20 % vody) a nepřetěžovat kotel velkými dávkami přiloženého paliva najednou.

Zplyňovací kotle

U kotlů pro jednorázové přikládání paliva se nabízí vedle klasického provedení s jedním rozměrným ohništěm také tzv. zplyňovací kotle. Je nutno vzít na vědomí, že spalování každého tuhého paliva probíhá nejdříve ve fázi zplyňovací, kdy se tuhá hořlavina přemění na hořlavé

plyny, a po ní následuje fáze spalovací, ve které hořlavé plyny dohoří. U zplyňovacích kotlů jsou tyto dvě fáze od sebe prostorově odděleny, což umožňuje lepší řízení celého procesu a dosažení vysoké účinnosti spalování.

Kotle jsou konstruovány tak, že vrchní část kotle slouží jako zásobník paliva a spodní část jako spalovací komora a popelník. Mezi nimi je umístěna zplyňovací část, která je nazývána zplyňovací tryskou nebo také zplyňovacím roštem, viz. Obrázek 4.25. Nejčastějším palivem bývá dřevo. Kotle jsou vybaveny automatickým řízením, a proto se nároky na obsluhu minimalizují a zůstává pouze u občasného naplnění zásobníku a odstraňování popele (cca 1-3x za den). Ve zplyňovacích kotlích, které dosahují účinnosti 85 – 90 %, lze docílit výrazné úspory paliva oproti klasickému systému prohořívání paliva. Podmínkou vysoké účinnosti je použití suchého dřeva s vlhkostí do 20 %.

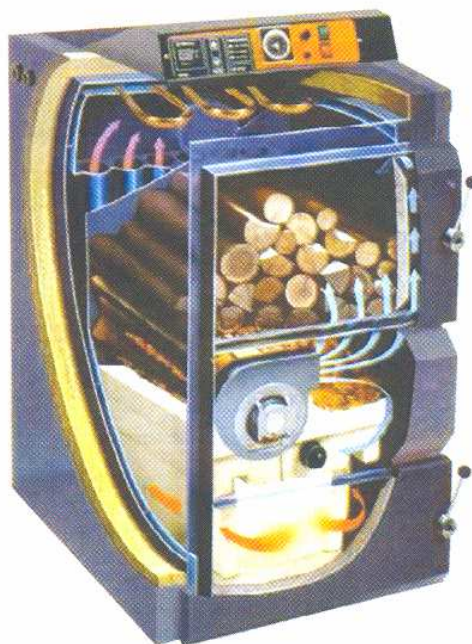


Obrázek 4.25 Řez zplyňovacím kotlem [40]

1. Těleso kotle	14. Žárovzdorná tvarovka - zadní čelo kul. prostoru
2. Dvířka plnicí	15. Víko čistící
3. Dvířka popelníková	16. Clona
4. Ventilátor odťahový(S)	17. Táhlo roztápěcí záklopy
5. Žárovzdorná tvarovka - tryska	18. Teploměr
6. Ovládací panel	19. Clona topeniště
7. Bezpečnostní termostat	20. Vypínač
8. Regulační záklopka	22. Regulátor výkonu - Honeywell FR124
9. Žárovzdorná tvarovka - bok topeniště	23. Chladící smyčka
10. Žárovzdorná tvarovka - kulový prostor L+P	24. Termostat ventilátoru
11. Těsnění - trysky	25. Výplň dvířek - Sibral
12. Žárovzdorná tvarovka - pŕlměšíc	26. Těsnění dvířek - šňůra 18x18
13. Zatápěcí záklopka	27. Spalinový termostat

Zplyňovací kotel má dvě hlavní konstrukční varianty podle způsobu práce ventilátoru. Ten může buď vhnět spalovací vzduchu do kotle, což vytváří přetlak v kotli, viz. Obrázek 4.26, nebo v druhé variantě je ventilátor umístěn na výstupním hrdle kouřovodu a odsává spaliny z kotle ven, viz Obrázek 4.25. V kotli se tak vytváří podtlak, který zabraňuje možnému úniku spalin z kotle

netěsnostmi do místnosti, umožňuje prakticky bezprašné vybírání popela a obecně zvyšuje účinnost kotle a zlepšuje kvalitu spalování.



Obrázek 4.26 Zplyňovací kotel na dřevo s ventilátorem na přívod vzduchu[4]

Dokonalejším technickým řešením jsou kotle s kontinuální dopravou paliva do ohniště, která přináší podobné výhody, jako tomu je u automatických kotlů, viz. Obrázek 4.27. Stabilní a vyrovnaný spalovací proces minimalizuje emisní koncentrace škodlivin a není také tolik citlivý na obsah vody v palivu. Standardním řešením je umístění zplyňovací komory do spodní části kotle a rozdělení ohniště na dvě části, menší, do níž se přivádí palivo a ve které se uvolňuje prchavá hořlavina, a větší, kde hořlavé složky dohořívají. Princip vychází z kotlů na hořáky, jak je uvedeno v kapitole 4.2.3. Úkolem hořáku však není spalování paliva, ale pouze odplynění, popřípadě pouze řízenou dopravu paliva do kotle. Systém musí být těsný, aby nedocházelo k přísávání vzduchu do oblasti, ve které dochází ke zplyňování.

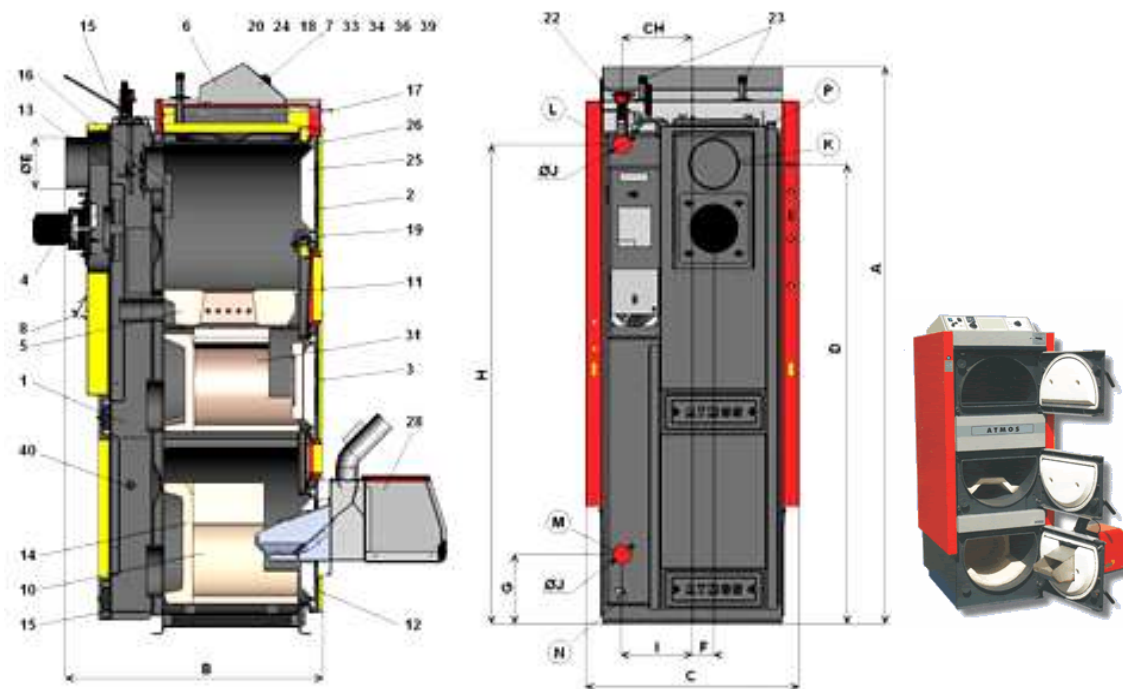
Systém zásobování kotle palivem vyžaduje zásobník, zařízení pro dopravu paliva do ohniště, zabezpečení proti zahoření paliva v dopravní cestě či v zásobníku a komplexní regulační systém. To vše klade dosti omezující požadavky na úpravu paliva, neboť systém musí být spolehlivý a bezpečný. Z těchto důvodů přichází v úvahu pouze palivo vhodných rozměrů - pelety. Je samozřejmé, že všechny naznačené požadavky vedou k dosti složité konstrukci, která nemůže být levná.

Znovu se potvrzuje, že relativně nízká cena tuhých paliv je v případě moderních a současným provozním a environmentálním požadavkům vyhovujících zařízení na jejich spalování kompenzována vysokou cenou spalovacích zařízení, kotlů.

4.3.5 Průmyslové kotle

Mezi průmyslové kotle řadíme kotle větších výkonů, ve kterých lze spalovat odpadní biomasu, popřípadě biomasu spalitelnou pouze v kotlích velkého výkonu. Mezi biomasu, kterou lze spalovat v průmyslových kotlích, řadíme: dřevní prach, piliny, kusový odpad i piliny, lesní štěpku, balíky slámy atd. Průmyslové kotle se vyrábějí buď sériově, a to pro menší a střední výkony, konstrukce však dovoluje modulové sestavení, kdy je celý systém sestaven z modulů

vhodných pro dané palivo, způsob dopravy či teplotné médium. Průmyslové kotle velkých výkonů vycházejí z výrobního programu a konstruují se až v místě aplikace.



Obrázek 4.27 Zplyňovací kotel na pelety[40]

- | | |
|---|---|
| 1. Tělo kotle | 20. Vypínač |
| 2. Dvířka plnicí - dřevo | 22. Regulátor výkonu - Honeywell FR 124 |
| 3. Dvířka popelníková - dřevo | 23. Chladicí smyčka |
| 4. Odtahový ventilátor (mimo DC 15EP) | 24. Regulační termostat |
| 5. Žáruvzdorná tvarovka - tryska | 25. Výplň dvířek - Sibral |
| 6. Ovládací panel | 26. Těsnění dvířek |
| 7. Bezpečnostní termostat | 27. Keramika - střecha |
| 8. Regulační záklopka | 28. Hořák na pelety, zemní plyn nebo extra ETO |
| 9. Žáruvzdorná tvarovka - prodloužení kul. prostoru | 29. Žáruvzdorná tvarovka - kulový prostor (D 15) |
| 10. Žáruvzdorná tvarovka - kulový prostor | 30. Žáruvzdorná tvarovka - vyložení kul. prostoru |
| 11. Těsnění - trysky - 12 x 12 | 31. Žáruvzdorná tvarovka - kulový prostor - dřevo |
| 12. Dvířka - pro hořák na pelety | 32. Žáruvzdorná tvarovka - zadní čelo kul. prostoru |
| 13. Zatápěcí záklopka | 33. Termostat na čerpadlo (jen u DC 15EP) |
| 14. Žáruvzdorná tvarovka - zadní čelo kul. prostoru | 34. Pojistka (3,6 A) |
| 15. Víko čistící | 35. Spalin. termostat (mimo DC 15EP) |
| 16. Clona | 36. Vypínač (přepínací) |
| 17. Táhlo roztápěcí záklopkou | 37. Koncový spínač s tlačítkem |
| 18. Teploměr | 39. Termostat na čerpadlo (DC 18-32 SP) |
| 19. Clona topeniště | 40. Měřící místo pro analyzátor spalin |

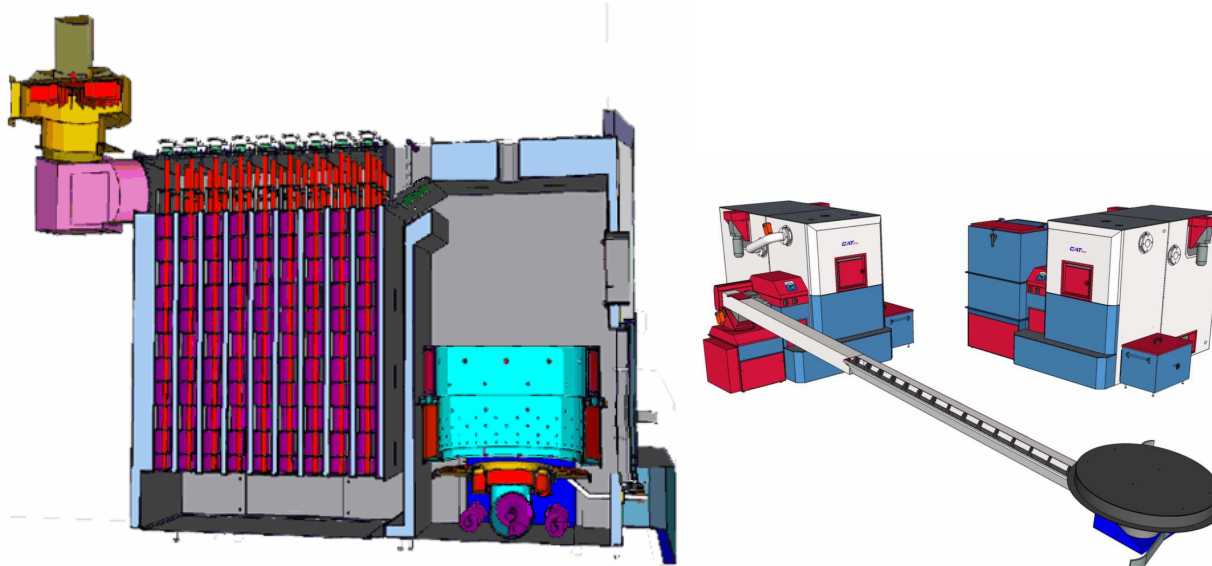
Teplotným médie průmyslových kotlů je horká voda, pára nebo horký vzduch. Průmyslové kotle se často instalují do závodů zpracovávajících biomasu, kde odpadní biomasu spalují, teplo je využíváno pro technologické účely popřípadě pro vytápění objektu. Dále se průmyslové kotle využívají pro systémy centrálního vytápění. Průmyslové kotle využívají nejčastěji systémů se spodním přívodem paliva, a to pro menší a střední výkony, dále spalování na roštu a ve fluidní vrstvě.

Kotle se spodním přívodem paliva

Princip spalování se spodním přívodem paliva je podrobně probrán v kapitole 4.2.2. Průmyslové kotle se spodním přívodem paliva se příliš neliší od kotlů se stejným principem spalování určených pro ústřední vytápění. Zařízení se samozřejmě liší co se týče výkonu, a tím i rozměry, dimenzováním pohonů a většinou dokonalejším systémem automatizace.

Jak již bylo řečeno, tento systém je využíván pro kotle menších a středních výkonů, teplotné médium bývá zpravidla teplá nebo horká voda, na trhu se vyskytují i horkovzdušné kotle a parní kotle.

Obrázek 4.28 zachycuje teplovodní kotel o výkonu 500 kW. V pravé části je vidět kotel zvenčí, kde je vidět shrnovač paliva, šnekový dopravník, protipožární klapu a blok kotle. V levé části je kotlové těleso v řezu, na kterém je ve spodní části vidět šnek pro dopravu paliva a retortu s roštěm. Dále jsou viditelné dva menší šnekové vynašeče popela. Nad roštěm je izolovaná spalovací komora s viditelnými otvory pro primární, výše pak pro sekundární a terciární vzduch. Jednotlivé spalovací vzduchy jsou přiváděny dmychadlem. V levé části je patrný žárotrubný výměník s čistícími mechanismy a odtahový ventilátor.



Obrázek 4.28 Schéma teplovodního kotle o výkonu 0,5 MW se spodním přívodem paliva

Parní kotle na biomasu se spodním přívodem paliva se často upravovaly z kotlů původně určených pro spalování hnědého uhlí. V provozu jich je celá řada, a dosahují výkonu až 10 MW. Tyto kotle se již provádějí v provedení vodotrubném a koncepce jejich teplosměnných ploch připomíná klasický uhelný kotel.

Pro přímé vytápění větších prostorů se dají využít kamna nebo horkovzdušné kotle větších výkonů. Takovýto horkovzdušný kotel zachycuje Obrázek 4.29. Jedná se o kotel s těžkou vyzdívkou, takže má velkou akumulaci schopnost. Povrch teplosměnných ploch je vysoký, prostor pro dohoření prchavé hořlaviny je dostatečně dlouhý, a tak nemusí být přívod vzduchu tak komplikovaný, jako je například u kotle viz. Obrázek 4.28. Kotle mohou být opatřeny horkovzdušným výměníkem, který předává teplo spalin vzduchu, který pak může být veden potrubím do určených prostor. Jiným způsobem je přímé předávání tepla neizolovanými stěnami kotle do vytápěného prostoru. Takový kotel zobrazuje Obrázek 4.29 – jeho pravá část. Tyto kotle jsou použitelné pro vytápění výrobních hal, sušáren apod.



Obrázek 4.29 Horkovzdušný kotel

Kotle roštové

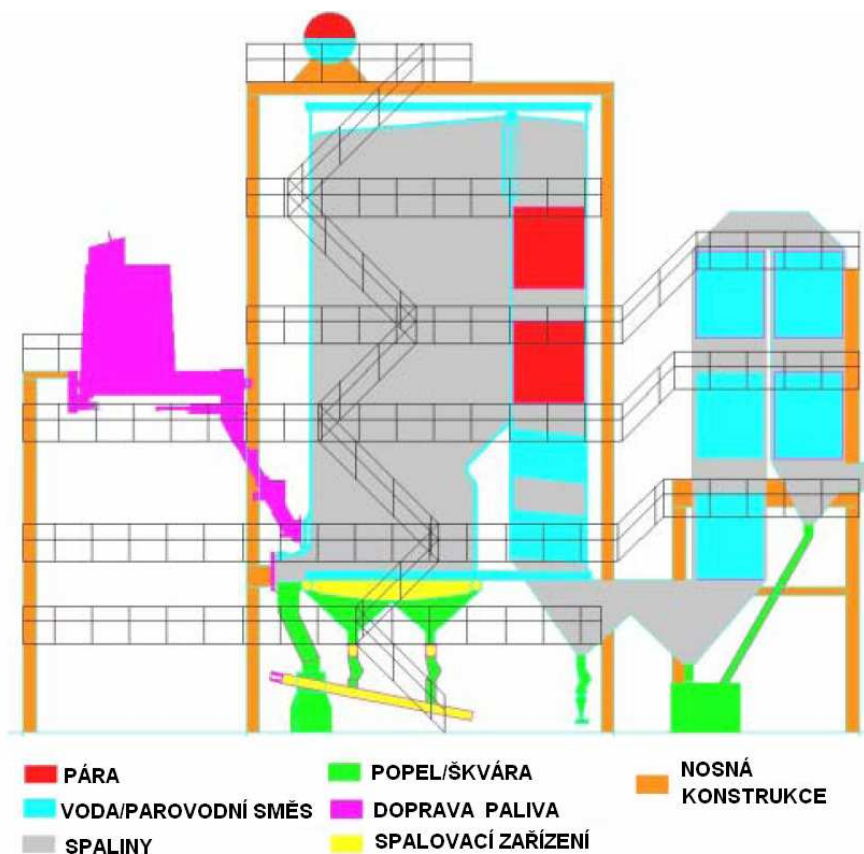
Roštové kotle mají při spalování biomasy v zařízeních o velkém výkonu dominantní postavení. Tyto kotle jsou stavěny ve velkých dřevozpracujících závodech, celulózkách apod. Jak je uvedeno výše, pro spalování biomasy se užívají různé druhy roštů.

Zástupcem často používaných kotlů velkého výkonu je kotel, který zachycuje Obrázek 4.30. Parní kotle na spalování biomasy této řady jsou projektovány pro spalování nekontaminované dřevní štěpky, pilin, kůry nebo kombinací těchto paliv. Jsou jednobubnové s přirozenou cirkulací vody ve výparníkovém okruhu. Kotle se vyrábějí s těmito parametry:

- parní výkony 16, 25, 35, 50 t/h
- tlak přehřáté páry 30-60 bar
- teplota přehřáté páry do 440 °C
- účinnost 85 - 90%

Kotel je postaven na nosné konstrukci roštu. Stěny spalovací komory, strop kotle a druhý tah kotle jsou tvořeny membránovými stěnami, které jsou zpevněny bandážemi a izolovány matracemi z vláknitého materiálu s oplechováním z tenkého plechu. Výhřevné plochy přehříváku páry a konvekčního výparníku jsou umístěny v druhém tahu. Teplota přehřáté páry je regulována vstřikem napájecí vody. Plochy ekonomizéru jsou umístěny v samostatném plechovém kanále, který tvoří třetí a čtvrtý tah kotle. Tyto tahy jsou plynotěsně svařeny, vyztuženy a opatřeny vnější tepelnou izolací krytou tenkým plechem a jsou umístěny na nosnících nezávislé ocelové konstrukce. Nánosy, které se usazují na trubkách umístěných v proudu spalin jsou odstraňovány pomocí parních ofukovačů. Pro plochy přehříváku páry jsou použity ofukovače výsuvného typu, pro plochy ekonomizéru jsou užity rotační ofukovače.

K vlastnímu procesu spalování dochází na šikmém přesuvném roštu, který zaručuje promíchávání paliva a zamezuje případnému spékání povrchu. Popel z roštu padá dolů do mokrého vynašeče popela, který je instalován pod koncem roštu, kde je zchlazen a dopraven do kontejneru popela. K zapalování paliva je použit monoblokový hořák na ZP nebo na TO dle požadavků. Zásobník paliva je umístěn u přední stěny kotle, je plněn dřevní štěpkou pomocí dopravníku paliva. Vlastní kapacita zásobníku paliva zajistí provoz kotle po dobu min 30 minut při plném výkonu. Kotel je vybaven primárním a sekundárním ventilátorem. Primární vzduch je zaveden pod rošt, sekundární vzduch je zaveden v několika úrovních do spalovací komory. Tímto je zaručena snížená tvorba NOx. Teplota ve spalovací komoře nesmí přesáhnout teplotu měknutí popela, a proto je regulována pomocí recirkulace spalin [41].



Obrázek 4.30 Schéma kotle s pásovým roštem

V poslední době se vážně uvažuje o využívání slámy obilnin či olejnin pro vytápění. K tomuto účelu slouží kotle na slámu ve formě balíků. Kotle se většinou neprovádějí v parním provedení z důvodu velkého obsahu chlóru ve slámě a od toho se odvíjející vysokoteplotní koroze. Kotel se systémem podávání paliva zachycuje Obrázek 4.31. Balíky se v tomto případě nerozdružují, ale jsou podávány do kotle vcelku. Kotel má šikmý rošt, což způsobuje narušování vrstvy slámy při jejím pohybu.

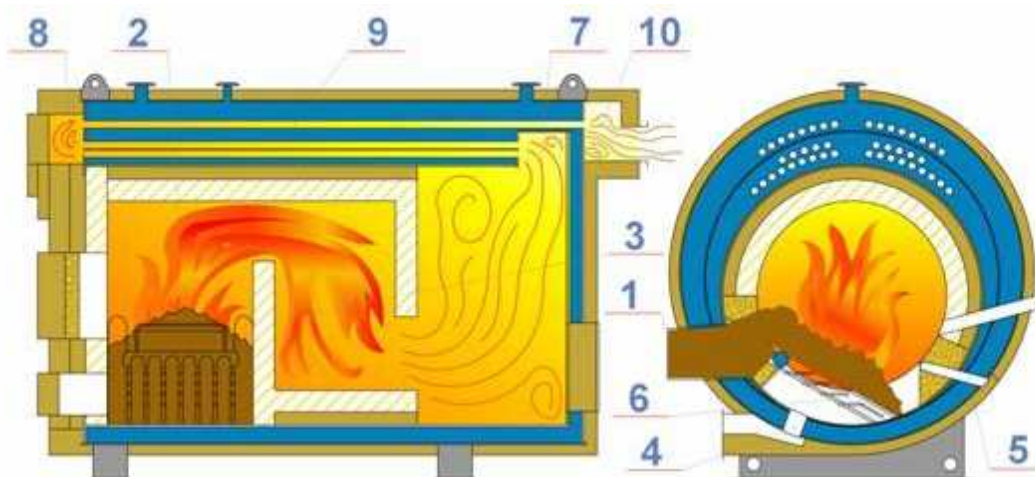
Další možností je spalování slámy po rozdužení, kdy je balík rozdužen ventilátorovým rozdužovačem, přičemž ventilátor vyvolá i dostatečné proudění vzduchu pro dopravu slámy do kotle [43].



Obrázek 4.31 Kotel na spalování slámy a podáváč balíků

Další zajímavou konstrukcí, která se vyznačuje kompaktností, zachycuje Obrázek 4.32. Kotel je samostatný celosvařovaný válcové konstrukce. Základem je kotlové těleso válcového tvaru na požadované médium a potřebný výkon v horizontálním třítahovém uspořádání. Zvětšený plamenec vytváří ideální podmínky pro vestavbu dostatečně prostorné spalovací komory včetně dohořivací zóny a použití vhodného roštu. Spalovací komora je opatřena vyzdívkou, která má tvar a velikost odpovídající konkrétnímu druhu zadaného paliva a požadavku rozložení teplot ve spalovací komoře s ohledem na dokonalé spalování a nízké emise. Na konci spalovací komory je dohořivací zóna, kde dochází ke zchlazení popelovin a dohoření spalin před vstupem do konvekční části kotle. Na plamenec se spalovací komorou navazují dva svazky žárových trubek a kolektor pro odvod spalin. Plamenec a obě obratové komory jsou opatřeny dveřmi pro čištění, servis, údržbu a případné opravy.

Palivo je ze skladu paliva dopravováno do mezizásobníku (popř. sila). Odtud je do ohniště kotle dopravováno pomocí šnekových dopravníků. Technologie kotle umožňuje použití rovněž hydraulického zavážecího lisu, který lze použít pro dopravu dřevní hmoty nestále frakce. Před vstupem na spalovací rošt je palivo protlačováno chlazeným tunelem, čímž dochází k zamezení prohoření paliva [42].



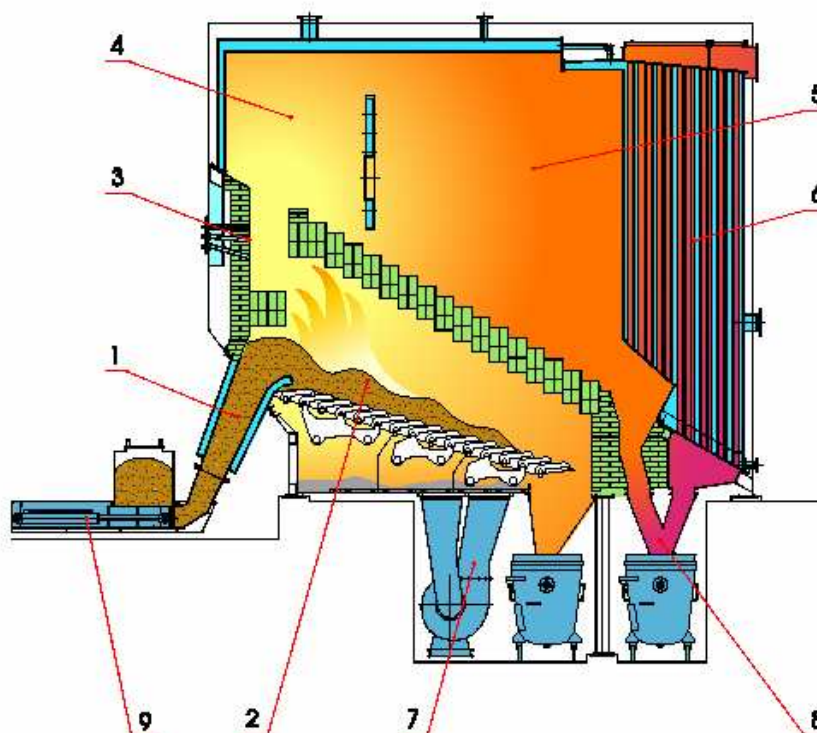
Obrázek 4.32 Schéma kotle s pevným šikmým roštem

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| 1 Vstup paliva | 6 Pevný vodou chlazený rošt |
| 2 Spalovací komora | 7 Obratová komora I. |
| 3 Dohořivací komora | 8 Obratová komora II. |
| 4 Primární vzduch | 9 Žárové trubky |
| 5 Sekundární vzduch | 10 Kolektor pro odvod spalin |

Kotel s posuvným roštem zachycuje Obrázek 4.33. Jeho princip je z obrázku patrný, kotel se vyrábí s výkony 1 až 10 MW.

Palivem je dřevěná štěpka o maximální velikosti 100 mm, nadrcená kůra až do hmotnostního podílu 30 % z celkového množství podávaného paliva, piliny spalované ve směsi se štěpkou, a to až do hmotnostního podílu 30 % z celkového množství podávaného paliva, dále lesní štěpka, ojedinělé kusy dřeva z pilnice, průřezu max. 100 mm², max. délka 500 mm, popřípadě zbytky z lisování olejnin, a to až do hmotnostního podílu 15 % z celkového množství podávaného paliva. Vlhkost dřevěného odpadu může být maximálně 55 %.

Dopravní cesty paliva jsou komplexně řešeny podavači s přímočarým vratným pohybem vyvozeným hydraulickými válci. Dopravní cesta nemá sklony k ucpávání [42].



Obrázek 4.33 Schéma kotle s posuvným roštem

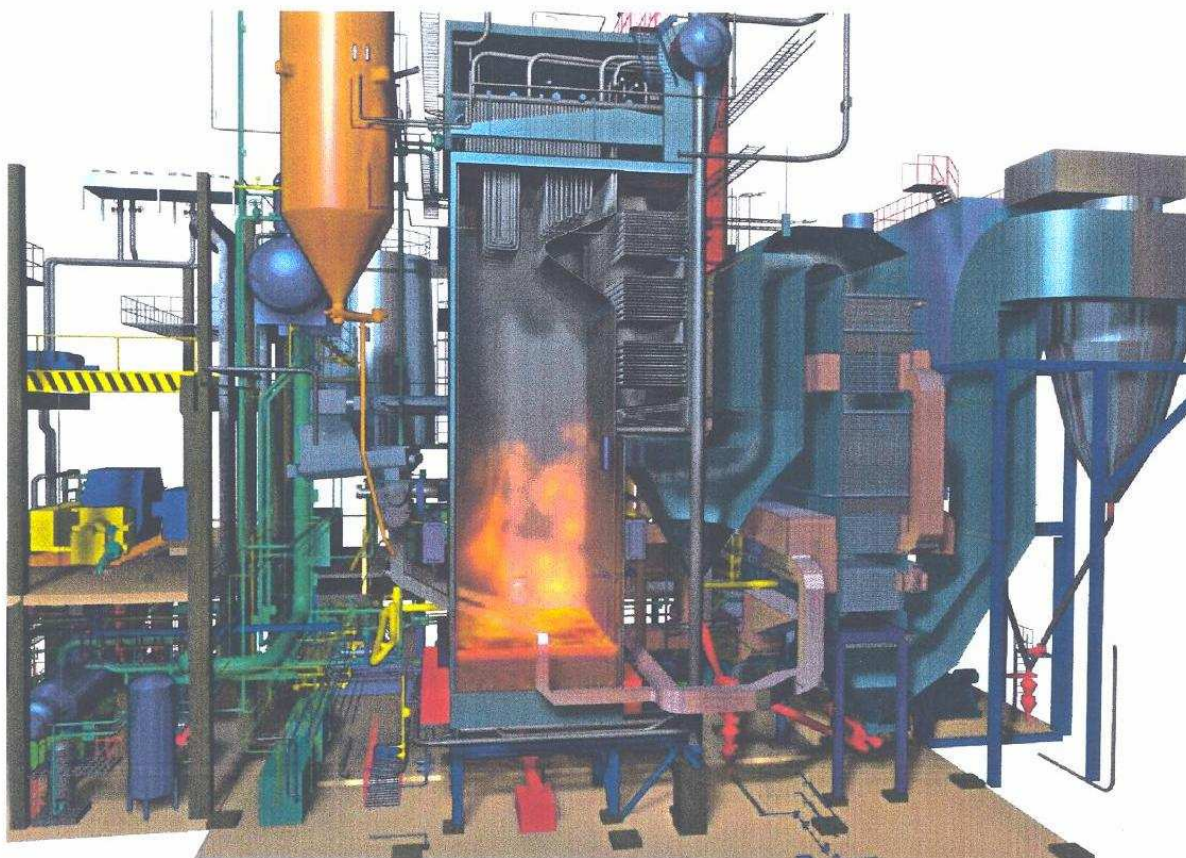
1-vstupní hubice, 2-rošt, 3-sekundární vzduch, 4-vířová komora, 5-dohořivací komora, 6-trubkový výměník, 7-primární ventilátor, 8-výpad popele, 9-zavážecí lis

Kotle fluidní

Technologie fluidního spalování byla podrobně popsána v kapitole 4.2.4, ve které byly popsány i výhody, nevýhody, parametry a vlastnosti kotlů pracujících na tomto principu. Kotle s fluidním spalováním se staví jako kotle velkého výkonu. Horkovodní fluidní kotle se staví od výkonů řádově 15 MW do cca 50 MW, parní kotle se vyrábějí pro výkony cca 25 až 200 MW. Je jasné, že zdrojů o takovéto výkonu se moc nestaví, a tak je jen několik výrobců v celé Evropě.

Jednu z možných konstrukcí fluidního kotle zachycuje Obrázek 4.34. Jedná se o jednobubnový kotel, který je podepřen, a dilatuje tak směrem nahoru. Palivo je podáváno nad fluidní vrstvu pomocí chlazených skluzových žlabů. Stěny jsou membránové, konstrukce je tak spalinotěsná. Nad roštem jsou stěny opatřeny omazem o tloušťce 80 mm, rošt má speciální tvar zabraňující vniknutí částic do přívodů, dno je uzpůsobeno pro odvod zbytků po spalování. Vrstva je chlazená spalinami. Spalování probíhá při přebytku vzduchu cca 1,15-1,2, výkon lze regulovat od 30 do 100 % s rychlostí změny okolo 6 % za minutu [9].

Kotle tohoto typu se projektují na konkrétní palivo a požadovaný výkon, přičemž je třeba přesně znát chemické a fyzikální vlastnosti paliva. Každý výrobce fluidních kotlů využívá vlastní technologie pro dopravu paliva, odvod tuhých zbytků po spalování, provedení fluidního roštu a mnoho dalších, proto lze najít kotle s naprosto jinou koncepcí, než je ta výše popisovaná.



Obrázek 4.34 Schéma fluidního kotle na biomasu

4.4 Moderní trendy u spalovacích zařízení

4.4.1 Krbová kamna

Jedním z jednoduchých spalovacích zařízení, která se stávají v současné době velice oblíbená, jsou krbová kamna. Jejich obliba je dána jejich stylovým designem, možností sledování plamene a velice příjemným sálavým teplem.

Jejich nevýhodou je fakt, že veškeré úkony spojené s obsluhou jsou vykonávány manuálně, dále nutnost častého přikládání paliva - manipulace s palivem v obytném prostoru a nestabilní proces hoření.

Moderní krbová kamna dostaly výrazných změn. Zásadní změnou je kontinuální doprava paliva do ohniště, což znamená, že musí být použito jiné palivo, než u klasických krbových kamen. Palivem pro taková kamna jsou pak pelety, které jsou do ohniště dopravovány ze zásobníku, který je součástí kamen. Kontinuální dopravou dojde k zrovnoměnění procesu hoření, a tím ke snížení tvorby plynných emisí. Zásobníky se nestaví příliš velké, jejich kapacita je při průměrném provozu asi na 1 den, viz Obrázek 4.35. Dalším výrazným zásahem je automatické zapalování kamen pomocí horkovzdušného zapalovače podobně jako u automatických kotlů. Díky řídicí jednotce, která je schopna komunikovat s pokojovým termostatem, jsou tak kamna naprosto automatická. Některá kamna jsou dokonce dodávána s dálkovým ovládním. Některé typy kamen jsou opatřeny spalínovým výměníkem, pro uhrěv topné vody nebo teplé užitkové vody, což zvyšuje účinnost kamen. Parametry kamen popisuje Tabulka 4.1.



Obrázek 4.35 Moderní krbová kamna – vlevo plnění peletami, vpravo kamna [45]

Tabulka 4.1 Technické parametry moderních krbových kamen [46]

Technická data	Jednotka	Hodnota (min/max)
šířka	cm	76
délka	cm	75
výška	cm	106
spotřeba pelet	kg/h	1/9
kapacita zásobníku na pelety	kg	35
kapacita zásobníku na pelety	h	9/35
celkový výkon	kW	4,5/18,5
účinnost	%	90
průměr kouřovodu	cm	8
váha	kg	200/225
vytápěný prostor	m ³	125/525

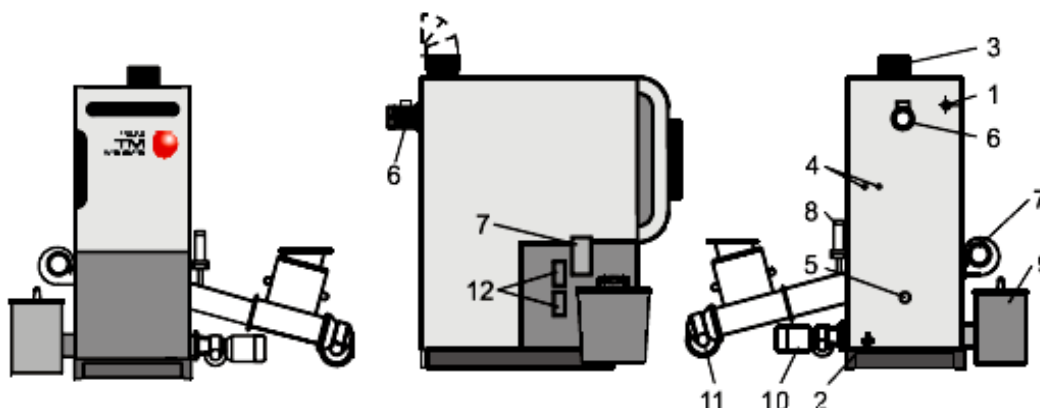
4.4.2 Moderní automatické kotle

S rostoucími cenami plynu a elektrické energie dochází k návratu k tuhým palivům, mimo jiné i k biomase. Ceny biopaliv jsou v porovnání s plynem mnohem nižší, uživatelé jsou však zvyklí na komfort, který jim poskytuje plynové či elektrické vytápění. Aby byl zachován komfort obsluhy, byly vyvinuty plně automatické kotle na biomasu. U těchto kotlů obsluha pouze doplňuje palivo do zásobníku a odstraňuje popel z popelníku. Pokud jsou obě nádoby dostatečně objemné, obsluha zařízení není častá ani náročná. Moderní automatický kotel zachycuje Obrázek 4.18, Obrázek 4.19 a Obrázek 4.36, jejich stupeň regulace a řízení procesu spalování, dopravy paliva a odvodu popela se přibližuje úrovni průmyslových kotlů, jejich výkony se však pohybují v řádu jednotek až desítek kW.

Znaky moderních automatických kotlů

- automatické přikládání, zapalování, spalování, čištění a odvod popela,
- bezpečnost, trvanlivost a spolehlivost,
- adaptace na různé druhy paliva,
- nízká produkce škodlivin,
- vysoká účinnost,

- modulární konstrukce a řízení,
- možnost spolupráce s jiným kotlem nebo solárním kolektorem,
- možnost přikládání z externího zásobníku,
- moderní design.



Obrázek 4.36 Schéma moderního automatického kotle

1-výstup vody, 2-vstup vratné vody, 3-výstup spalin do komína, 4-bezpečnostní baterie, 5-lambda sonda, 6-spalinový (sací) ventilátor, 7-vzduchový (tlakový) ventilátor, 8-zapalovací roznětka, 9-popelník, 10-pohon aut. odstr. popela, 11-pohon dopravníku paliva, 12-servomotory ventilů prim. a sek. vzduchu.

Palivo

Snahou je, aby se v moderních automatických kotlích dala spalovat paliva o různých vlastnostech. Kotel by měl být schopen upravit svůj spalovací režim dle spalovaného paliva. Samozřejmě nelze spalovat v kotli naprosto rozdílná paliva, ale paliva s podobnými vlastnostmi, jako jsou:

- odpadní dřevo
- štěpka
- pelety
- piliny
- hobliny

Doprava paliva

Palivo musí být do kotle dopravováno kontinuálně, a to ze zásobníku který je součástí kotle nebo z externího zásobníku. Možnost dopravy paliva z externího zásobníku je velice důležitá pro komfort a je znakem propracované koncepce. Externí zásobníky mají objem, který postačuje pojmout palivo na dobu několika týdnů nebo dokonce na celou topnou sezónu.

Pro dopravu bývají nejčastěji používány šnekové dopravníky. Pro bezpečnost je šnekový dopravník rozdělen do dvou úrovní, mezi kterými je umístěná bezpečnostní protipožární klapa. Regulace je prováděna systémem start-stop, přičemž se většinou s rostoucím výkonem prodlužuje doba plnění a doba prodlevy zůstává konstantní. U různých výrobců se princip dopravy paliva do kotle může měnit, ovšem popisovaný princip se uplatňuje stále častěji.

Zapalování

Pro zapalování je třeba použít takové zařízení, které dokáže vyvinout dostatečnou teplotu pro zapálení paliva, jeho provoz je zároveň bezpečný bez neúměrně vysokých nákladů na zabezpečení bezpečnosti a je dlouhodobě spolehlivé a bezobslužné. Pro zapalování biopaliv se osvědčil elektrický horkovzdušný zapalovač, popřípadě vhodně umístěná samotná topná spirála. Vzduch pro spalování je vháněn přes zapalovač a trysku do prostoru spalovací komory. Řídící jednotka opakuje zapalovací cyklus tak dlouho, dokud nedojde ke stabilnímu hoření, které je

signalizováno nárůstem teploty spalin apod. Konstrukce kotle musí zamezit přísávání falešného vzduchu přes systém zapalování, což se děje různými způsoby.

Přívod spalovacího vzduchu

Stupeň propracovanosti přívodu a regulace spalovacího vzduchu svědčí o celkové propracovanosti spalovacího zařízení. Doprava vzduchu je u těchto kotlů zajištěna systémem s nuceným přívodem vzduchu. Vzduch je dopravován jedním centrálním ventilátorem nebo soustavou ventilátorů pro každou fázi (primární, sekundární a terciární) přívodu vzduchu zvlášť. Rozdělení spalovacího vzduchu do jednotlivých fází u systému s centrálním ventilátorem je zajišťováno pomocí elektricky ovládaných klapek. Řídicí jednotka musí být schopna měnit celkové množství spalovacího vzduchu i množství jednotlivých fází vzduchu. Systém, kdy přívod každé fáze zajišťuje samostatný ventilátor je pro řízení výhodnější, jelikož změna jednoho vzduchu neovlivní druhý, což se u řízení klapkami říci nedá.

Celkové množství a množství jednotlivých fází spalovacího vzduchu je řízeno na základě signálu z lambda-sondy, která udává koncentraci kyslíku ve spalinách a dalších údajů o aktuálním provozu kotle. Algoritmy pro řízení spalovacího vzduchu jsou však velice složité, jsou odlišné pro najíždění, pro provoz na jmenovitých parametrech a pro útlumový režim a pracují i s dalšími signály, jako jsou množství paliva, teplota spalin aj. Algoritmy řízení jsou know-how každého výrobce.

Čištění kotle a odvod tuhých zbytků

Podle druhu konstrukce je třeba odvádět popel z míst, kde se záměrně shromažďuje, tj. prostor pod roštem, prostor pod výměníkem apod. Dna těchto prostor by měla být zešikmena, aby se popel koncentroval do jednoho místa, odkud se odvádí nejčastěji šnekovými vynašeči.

Jemný popílek se zachytává na teplosměnných plochách, čímž snižuje součinitel prostupu tepla. Moderní automatické kotle obsahují čisticí mechanismy (spirály, hrábě), kterými se nánosy z teplosměnných ploch mechanicky odstraňují.

Řízení

Kotle jsou řízeny řídicí jednotkou, která řídí přikládání, zapalování, spalování, čištění a odvod popela a nastavuje režim kotle tak, aby dosáhl teplotních parametrů zadaných uživatelem. K řízení využívají vstupní informace z lambda-sondy, která udává množství kyslíku ve spalinách, a informace o teplotě výstupních spalin a výstupní vody. Kotle jsou tak plně automatické a jsou schopny se přizpůsobovat různým druhům biopaliv. Kotle mohou spolupracovat s jinými kotli či solárním kolektorem, což je v dnešní době, kdy je snahou co největší využívání obnovitelných zdrojů energie, velice žádaná funkce. Celý kotel může být kontrolován a nastavován uživatelem přes internet či mobilní telefon.

Bezpečnostní prvky

Nedílnou součástí moderních automatických kotlů jsou bezpečnostní prvky, které chrání kotel a ostatní zařízení před poškozením, ale hlavně obsluhu kotle a osoby vyskytující se ve vytápěných prostorách před nebezpečím úrazu. Bezpečnostních mechanismů a prvků může být celá řada:

- vypnutí kotle řídicí jednotkou při překročení nastavené teploty,
- odstavení kotle nezávisle na řídicí jednotce při určité teplotě výstupní vody,
- bezpečnostní výměník sloužící k odvodu nadbytečného tepla,
- odstavení ventilátoru, dosáhne-li výstupní voda 100 °C,
- pojistný ventil pro případ nárůstu tlaku,
- protipožární klapka zamezující prohoření do zásobníku,
- zalití dopravníku vodou při prohořívání do dopravníku,

- přetlakové čidlo ve spalovací komoře aj.

4.4.3 Organický Rankinův cyklus (ORC)

Princip ORC

Organický Rankinův cyklus (ORC) je v podstatě elektrárenský kondenzační cyklus, který používá namísto vody, resp. vodní páry, jako pracovní látku olej a směs organických sloučenin (silikonový olej) ve dvou okruzích, které jsou svými termodynamickými vlastnostmi vhodné k použití v tepelném oběhu. V primárním okruhu je pracovní látkou termoolej a v sekundárním okruhu organická látka (silikonový olej). Výhodou termooleje je, že při dané teplotě (cca. 300 °C) se udrží v kapalném stavu při značně nižším tlaku než voda. Ve výparníku předává olej teplo do sekundárního okruhu, kde se pracovní organická sloučenina vypařuje, dosahuje většího tlaku než má olej a organické páry jsou vedeny do parní turbíny, kde expandují. Pára je za turbínou vedena do kondenzátoru, kde kondenzuje po odebrání výparného tepla chladicí vodou, která pak dodává teplo do objektů připojených na následnou tepelnou síť. Organické látky použité jako náhrada vody v sekundárním tepelném oběhu musí samozřejmě splňovat přísné předpisy a normy ve vztahu k životnímu prostředí.

Typické využití ORC se nabízí ve spojení s kotelny na biomasu, kde je primární energie v palivu využita jednak na výrobu tepla, ale i elektrické energie. V takovém případě je celková účinnost kogenerace cca 85 %. Jen pro porovnání, v klasické tepelné elektrárně, kde je teplo z kondenzace odvedeno do okolí, se dosahuje celkové účinnosti cca 30 %.

V současné době se ORC systémy dodávají většinou jako standardizované moduly o elektrických výkonech řádově od stovek kW_e do několika MW_e, a to v aplikacích pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla z biomasy, pro zdroje s geotermální energií, ve spojení se solární technologií a při využití odpadního tepla [44].

Princip oběhu

Zařízení ORC přeměňuje tepelnou energii v elektrický proud. Topným a chladícím okruhem je v zařízení vytvářen rozdíl tlaků. Tento rozdíl tlaků je využíván k pohonu turbíny prostřednictvím páry, viz Obrázek 4.37.

Tepelná energie je do zařízení přiváděna okruhem termooleje, který je ohříván v kotli. Horký olej ve výměníku způsobuje odpařování organické látky – pracovní kapaliny. Pára je vedena přes turbínu, v jejíž trysce dochází ke snížení napětí. Přitom dochází k expanzi a značnému zrychlení. Tento proud páry nyní pohání lopatkové kolo turbíny, jejíž pohybová energie je prostřednictvím generátoru přeměňována v elektrický proud.

Podtlak nutný pro snížení napětí v turbině je vytvářen pomocí kondenzátoru. Získané teplo je vodním okruhem odváděno a dle potřeby využíváno pro vytápění.

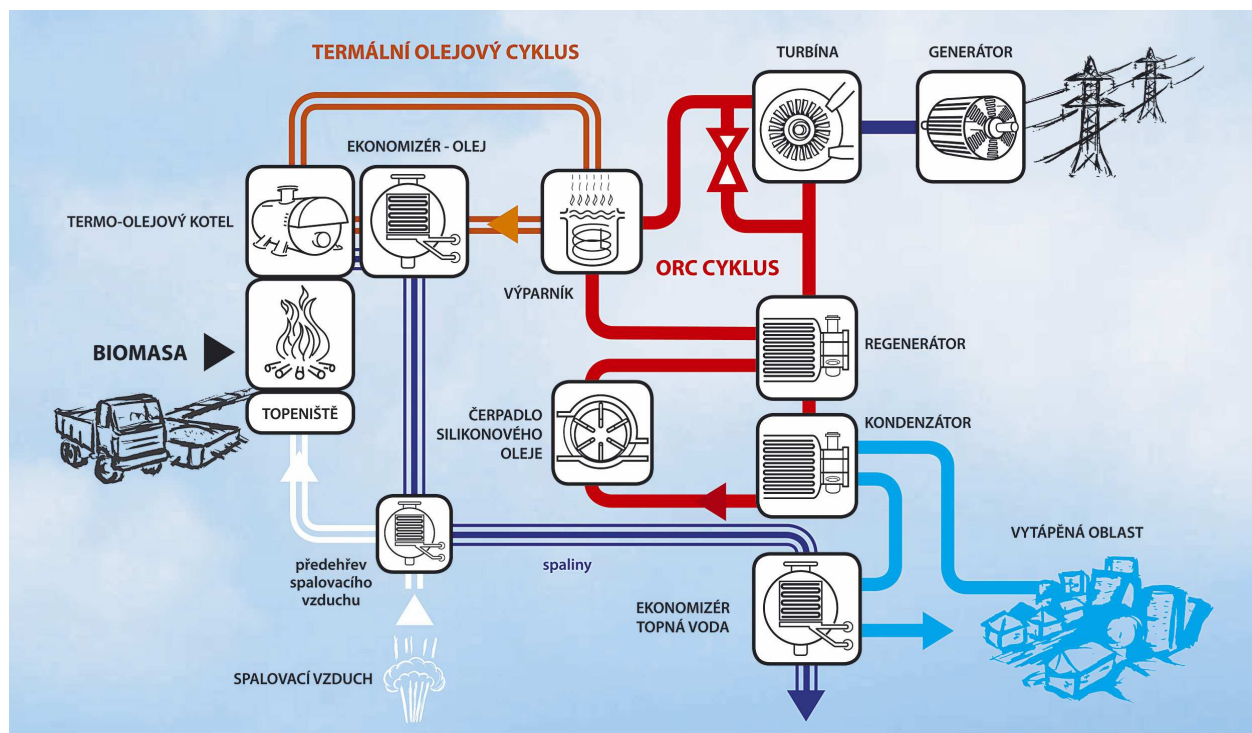
Odpadní pára je v kondenzátoru zkapalňována, kondenzát je opět čerpán do výměníku poté, co je odpadní párou turbíny v dalším výměníku zahříván.

Principiálně ORC zařízení pracuje jako konvenční parní elektrárna. Namísto vody je jako pracovní médium využita silikonová sloučenina. Díky zvláštním vlastnostem však není nutný ohřev páry (přehřívání) po odpaření. Proces se stává jednodušším a účinnějším.

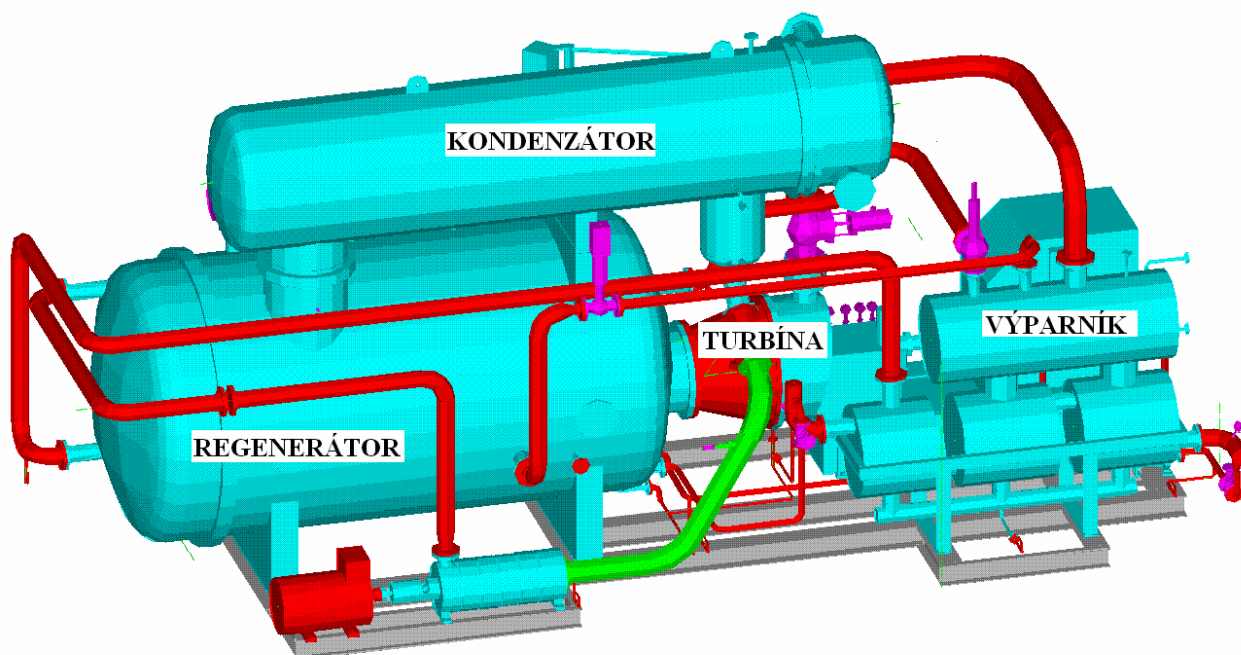
Popis zařízení

Zařízení ORC je postaveno jako modul. Veškeré komponenty jsou umístěny na samonosné ocelové konstrukci. Pouze řízení je umístěno ve vhodném prostoru pod konstrukcí.

Hlavní části jsou: výparník, regenerátor, kondenzátor, turbína, generátor, čerpadlo, čerpadlo termooleje, vakuové čerpadlo, bezpečnostní ventily, ventil Bypass turbíny, spojovací potrubí, čidla, řízení a vizualizace.



Obrázek 4.37 Schéma oběhu



Obrázek 4.38 Schéma ORC zařízení

Výkonové parametry zařízení ORC pro biomasu:

- elektrický výkon 200 – 1500 kW_e,
- vstupní teplota termooleje 250 – 300 °C,
- pracovní přetlak termooleje max. 3 bary.

Provozní výhody ORC oproti parní turbíně:

- systém je schopen využívat energii s relativně nízkou teplotou,
- vysoká účinnost turbíny, zejména při částečném zatížení,
- nízké otáčky turbíny umožňující přímý pohon generátoru,
- zanedbatelná eroze turbínových lopatek (nepřítomnost kapiček pracovního média),
- nízké mechanické namáhání částí turbíny v důsledku nízké obvodové rychlosti,
- možnost jakékoli regulace výkonu turbosoustrojí v celém výkonovém rozsahu,
- celý cyklus pracuje s teplotou max. 300 °C a tlakem do 10 barů – vyšší životnost zařízení,
- kotle mají dvojnásobnou životnost tlakových dílů – nízký tlak, teplota a chemické vlastnosti oleje,
- nenáročnost na obsluhu zařízení, on-line monitoring stavu – bezobslužný provoz,
- minimální nároky na stavbu a požadovaný prostor,
- odpadá jakákoli chemická úprava jednotlivých médií,
- vysoká pracovní spolehlivost při nízkých provozních nákladech [44].

4.5 Účinnost spalovacích zařízení

Spalovací zařízení slouží k transformaci chemicky vázané energie paliv na tepelnou energii média, vhodného k žádoucí distribuci tepla pro vytápění (kotle pro vytápění, lokální topeniště), nebo pro další transformaci na jiné formy energie (parní kotle). Pracovním médiem je ve většině případů voda (kotle), nebo vzduch (lokální topeniště).

Účinnost transformace energie je nejvýznamnějším technicko-ekonomickým parametrem uvedených zařízení, neboť udává míru využití energie paliva a je logické, že nevyužitá energie představuje ztráty, ať už ve formě tepla, nebo nespáleného paliva. Obecně je definována účinnost jako poměr výkonu ku příkonu, lze tedy zapsat

$$\eta = \frac{\text{výkon}}{\text{příkon}} = \frac{P_v}{P_p} \quad [1]$$

Rovnice 4.1

a v uvažovaných případech bude příkonem vždy množství energie, dodané do zařízení v palivu, zatímco výkonem bude množství tepla, obsaženého ve vyrobené páře, horké vodě, nebo v ohřátém vzduchu.

Stanovení účinnosti kotle či kamen zdaleka není jednoduchou záležitostí. Vyžaduje provedení náročných měření a analýz, a protože musí být získané výsledky navzájem srovnatelné, také použití jednotné metodiky výpočtu. Celý postup je podrobně stanoven v příslušných normách, a přestože mají normy obecně charakter doporučení, je výhodné a užitečné normativní metodiku používat. Pro kotle větších výkonů je to norma ČSN 070305 – Hodnocení kotlových ztrát, pro kotle malých výkonů je to norma ČSN EN 303-5 - Kotle pro ústřední vytápění, pro lokální topeniště je to norma ČSN EN 13240 a pro vestavěné spotřebiče ČSN EN 13229 – Vestavné spotřebiče k vytápění a krbové vložky na pevná paliva – Požadavky a zkušební metody.

Další výklad má za cíl objasnit a vysvětlit používaný způsob stanovení účinnosti, a je proto poněkud zjednodušený. Tam, kde to bylo zapotřebí, jsou jednotlivá zjednodušení zdůrazněna a objasněna tak, aby bylo snazší pochopit postup normativního výpočtu.

Použijeme-li ke stanovení účinnosti definičního výrazu, Rovnice 4.1, musíme znát příkon v palivu a tepelný výkon zařízení, zvolili jsme zdánlivě nejjednodušší (a proto také nejpřesnější) postup. Hovoříme v tomto případě o přímé metodě stanovení účinnosti. Je zapotřebí zdůraznit, že u přímé metody stanovení účinnosti není možné hovořit o přímé účinnosti. Pojem přímá účinnost

se vyskytuje u strojů, ve kterých dochází ke kompresi a expanzi plynů. Příkon v palivu bude dán množstvím a výhřevností paliva, takže pokud bude vyjádřeno množství paliva m_{pal} v $[\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}]$ a jeho výhřevnost Q_i^r $[\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}]$, bude příkon v kW.

$$P_p = m_{pal} \cdot Q_i^r \quad [\text{kW}] \quad \text{Rovnice 4.2}$$

V případě kotlů bude tepelný výkon snadné vyjádřit jako množství tepla, obsaženého ve vyrobené horké vodě, nebo páře. Je však nutné vzít na vědomí, že voda již při vstupu do kotle obsahuje jisté množství tepla a počítat proto s teplotním rozdílem „vstup-výstup“. Tepelný výkon horkovodního kotle jednoduše určíme vztahem, když vyjádříme množství vody m_v v $[\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}]$, měrnou teplotou kapacitu c_v $[\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}]$ a příslušné teploty $(t_2 - t_1) = \Delta t$ ve $[\text{°C}]$.

$$P_v = m_v \cdot c_v \cdot \Delta t \quad [\text{kW}] \quad \text{Rovnice 4.3}$$

V případě parního kotle je samozřejmě praktičtější vyjádřit tepelný obsah páry entalpií a výkon pak bude:

$$P_v = m_p \cdot \Delta i \quad [\text{kW}] \quad \text{Rovnice 4.4}$$

přítom vyjádříme množství páry m_p v $[\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}]$ a příslušné entalpie vstupní vody a výstupní páry $(i_2 - i_1) = \Delta i$ v $[\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}]$.

Z uvedeného je zřejmé, že popsaný postup nelze použít pro stanovení účinnosti lokálních topenišť, protože není reálně možné určit tepelný výkon, tj. množství tepla předávaného do místnosti. Stejně tak je často obtížné určit, zejména při palování tuhých paliv, spotřebu paliva pro stanovení tepelného příkonu v palivu. Určit účinnost zařízení z definičního vztahu, Rovnice 4.1, tj. přímou metodou, tedy na první pohled vypadá jako nejjednodušší postup, nelze ho však vždy použít, a navíc, což je nejdůležitější, nemá takový postup dostatečnou vypovídací hodnotu. Zjistíme sice hodnotu účinnosti, ale nevíme například proč je tak nízká, kde se energie ztrácí.

Proto byla vyvinuta metoda stanovení účinnosti ze ztrát, tzv. metoda nepřímá. Ta vychází z jednoznačné skutečnosti, vyjádřené bilancí:

$$\text{příkon} = \text{výkon} + \text{ztráty} \quad \text{Rovnice 4.5}$$

a jestliže označíme jednotlivé ztráty jako Z_i , můžeme zapsat vztah:

$$P_p = P_v + \sum_I^i Z_i \quad [\text{kW}] \quad \text{Rovnice 4.6}$$

S použitím Rovnice 4.1 lze snadno vyjádřit:

$$\eta = \frac{P_v}{P_p} = \frac{P_p - \sum_I^i Z_i}{P_p} = 1 - \frac{\sum_I^i Z_i}{P_p} \quad [1] \quad \text{Rovnice 4.7}$$

kde poslední zlomek představuje poměrné ztráty, připadající na jednotku příkonu, vyjadřujeme jednoduše účinnost vztahem:

$$\eta = 1 - \sum_I \xi_i \quad [1]$$

Rovnice 4.8

Nejjednodušším a také nepraktičtější způsobem, jak vyjádřit jednotku příkonu ve jmenovateli zlomku, viz. Rovnice 4.6, je zvolit příkon, odpovídající jednomu kilogramu paliva, tedy jeho výhřevnosti. Je to jednoduché a navíc se všechny bilanční výpočty spalování rovněž vždy provádí pro kilogram paliva.

Normativní výpočet také volí jako jednotku příkonu množství energie, přivedené jedním kilogramem paliva, nemůže však opomenout současně s ním přiváděné fyzické teplo paliva, ani fyzické teplo příslušného množství spalovacího vzduchu.

Jak již bylo řečeno, jsou ztráty způsobeny nedokonalostí spalování a nemožností využít veškeré spalováním paliva uvolněné teplo. Základní rozdělení kotlových ztrát představuje následující výčet:

- ztráta komínová (ztráta citelným teplem spalin), která vyjadřuje ztrátu tepla ve spalinách za kotlem (přesněji za poslední teplosměnnou plochou), které již není dále využito a odchází komínem do ovzduší,
- ztráta nedopalem (ztráta nespálenou hořlavinou), udávající jakou část z původní hořlaviny se nepodařilo spálit a tato část původní hořlaviny opouští kotel ve formě tuhých a plynných hořlavých složek,
- ztráta fyzickým teplem tuhých zbytků, respektující skutečnost, že také zbytky po spalování (v ideálním případě popelovina) opouštějí kotel s nezanedbatelnou teplotou a odvádějí tak značné množství nevyužitého tepla,
- ztráta sdílením tepla do okolí, vyjadřující množství tepla, předaného do okolí z vnějšího povrchu kotle.

Ve zjednodušeném, a tedy méně přesném, výkladu lze vyjádřit způsob stanovení jednotlivých ztrát poměrně snadno a srozumitelně. Chceme-li vyjádřit komínovou ztrátu, musíme stanovit množství tepla ve spalinách za kotlem, což je formálně snadné

$$Q_{sp} = V_{sp} \cdot c_{sp} \cdot t_{sp} \quad [J]$$

Rovnice 4.9

a porovnat ho s množstvím energie, přivedeným palivem. A protože vztahujeme výpočet k jednomu kilogramu paliva, abychom přivedenou energii mohli vyjádřit výhřevností, musí množství spalin vyjadřovat takové množství, které vznikne spálením jednoho kilogramu paliva. Tedy skutečné množství spalin $V_{sp,sk}$ [$m^3 \cdot kg^{-1}$]. Je také zapotřebí vzít do úvahy vstupní teplotu spalovacího vzduchu, ze kterého spaliny vznikly, tedy teplotu okolí t_{vz} a počítat s teplotním rozdílem. Komínovou ztrátu pak vyjádříme:

$$\xi_K = \frac{V_{sp,sk} \cdot c_{sp} \cdot (t_{sp} - t_{vz})}{Q_i^r} \quad [1]$$

Rovnice 4.10

Norma uvádí vzorec s drobnou úpravou, teplo ve spalinách je sníženo o teplo neuvolněné v důsledku tuhého nedopalu:

$$\xi_K = \frac{V_{sp,sk} \cdot c_{sp} \cdot (t_{sp} - t_{vz})}{Q_i^r} \cdot \frac{100 - \xi_N}{100} \quad [1]$$

Rovnice 4.11

Při stanovení ztráty nedopalem je nutné si uvědomit, že nespálené zbytky ve formě uhlíku se vyskytují v popelu, který opouští kotel dílem jako škvára (struska) a dílem jako popílek. Toto rozdělení je nezbytné znát. Navíc se nespálená hořlavina objevuje ve spalínách také v plynné fázi, především jako oxid uhelnatý – produkt nedokonalého spalování uhlíku. Musíme tedy rozlišovat mezi tuhým a plynným nedopalem a dále ještě mezi tuhým nedopalem ve strusce (škváře) a v úletu.

V tuhých zbytcích po spalování nalezneme jako produkt nedokonalého spalování pouze uhlík, protože další spalitelné složky hořlaviny (síra a vodík) obvykle úspěšně shoří. Tento uhlík je obsažen v popelu, jehož obsah v jednom kilogramu paliva známe jako obsah popeloviny A [$\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$]. Z laboratorního rozboru popela, provedeného zvlášť pro strusku a pro popílek (úlet), známe obsah uhlíku v jednotlivých tuhých zbytcích a víme-li jaká část popela „propadne rostem“ a jaká část „uletí komínem“, snadno určíme tomu odpovídající množství nevyužité energie.

Není ovšem snadné určit rozdělení popela na škváru a úlet. Lze si sice představit provozní měření, kterým by bylo možné toto rozdělení určit, nejčastěji se však vychází z dlouhodobých zkušeností. Udává se tzv. stupněm zachycení příslušné složky, tj. stupeň zachycení škváry X_s a stupeň zachycení úletu X_u a samozřejmě platí, že:

$$X_s + X_u = 1 \quad [1]$$

Rovnice 4.12

Ztrátu tuhým nedopalem ve strusce (škváře) můžeme vyjádřit jednoduchým a logickým vztahem:

$$\xi_{NS} = \frac{A^r \cdot X_s \cdot C_s \cdot Q_c}{Q_i^r} \quad [1]$$

Rovnice 4.13

který v čitateli říká, že jedním kilogramem paliva bylo do kotle přivedeno A^r kg popeloviny, z tohoto množství část X_s „propadla rostem“ a bylo v ní C_s uhlíku, který má výhřevnost Q_c .

Norma uvádí opět vzorec s drobnou úpravou:

$$\xi_{NS} = \frac{A^r \cdot X_s \cdot C_s \cdot Q_c}{Q_i^r} \cdot \frac{100}{100 - C_s} \quad [1]$$

Rovnice 4.14

Analogicky se postupuje při stanovení ztráty tuhým nedopalem v úletu ξ_{NU} .

Podobně snadno lze vyjádřit ztrátu plynným nedopalem. Za předpokladu, že jedinou hořlavou složkou ve spalínách bude oxid uhelnatý a jeho koncentrace ve spalínách bude C_{co} bude tato ztráta dána výrazem:

$$\xi_{NPI} = \frac{V_{sp,sk} \cdot C_{CO} \cdot Q_{CO}}{Q_i^r} \quad [1]$$

Rovnice 4.15

Dle normy pak:

$$\xi_{NPI} = \frac{V_{sp,sk} \cdot C_{CO} \cdot Q_{CO}}{Q_i^r} \cdot \frac{100 - \xi_N}{100} \quad [1] \quad \text{Rovnice 4.16}$$

který podobně jako Rovnice 4.14 uvádí, že ve spalinách $V_{sp,sk}$ vzniklých spálením jednoho kilogramu paliva je obsaženo C_{CO} oxidu uhelnatého, který má výhřevnost Q_{CO} a výraz v čitateli udává množství energie nevyužité proto, že tento oxid uhelnatý neshořel.

Celková ztráta nedopalem je pak určena součtem dílčích ztrát:

$$\xi_N = \xi_{NS} + \xi_{NU} + \xi_{NPI} \quad [1] \quad \text{Rovnice 4.17}$$

Podobně jako u stanovení ztráty tuhým nedopalem lze postupovat při vyjádření ztráty fyzickým teplem tuhých zbytků. S využitím znalosti rozdělení popela do strusky a úletu (stupeň zachycení) je snadné vyjádřit množství tepla, odvedeného z kotle horkou struskou a úletovým popílkem. K výpočtu je nutné znát měrnou tepelnou kapacitu c_i příslušného tuhého zbytku a jeho teplotu t_i , se kterou opouští kotel. Ztrátu fyzickým teplem strusky pak určíme vztahem

$$\xi_{fs} = \frac{A^r \cdot X_s \cdot c_s \cdot t_s}{Q_i^r} \quad [1] \quad \text{Rovnice 4.18}$$

Dle normy pak:

$$\xi_{fs} = \frac{A^r \cdot X_s \cdot c_s \cdot t_s}{Q_i^r} \cdot \frac{100}{100 - C_s} \quad [1] \quad \text{Rovnice 4.19}$$

obdobně ztrátu fyzickým teplem úletu a celková ztráta fyzickým teplem tuhých zbytků bude dána vztahem:

$$\xi_f = \xi_{fs} + \xi_{fu} \quad [1] \quad \text{Rovnice 4.20}$$

Zbývá už jen ztráta sdílením tepla do okolí ξ_o . Teplo je z povrchu kotle předáváno do okolí všemi známými mechanismy přenosu tepla a přímým měřením, dostatečně přesným a spolehlivým, není možné tuto ztrátu určit. Využívá se proto zkušeností a dlouhodobých poznatků.

U kotlů menšího výkonu se měří povrchové teploty kotle a pomocí empiricky určeného vzorce pro součinitel přestupu tepla se určuje ztráta do okolí, viz. ČSN EN 303-5.

Po určení všech relevantních dílčích ztrát je snadné vypočítat účinnost kotle, protože podle Rovnice 4.8 platí

$$\eta = 1 - \sum_1^i \xi_i = 1 - (\xi_K + \xi_N + \xi_f + \xi_o) \quad [1] \quad \text{Rovnice 4.21}$$

Uvedený postup výpočtu je obecně použitelný pro všechny typy kotlů a všechny druhy paliva. V jednotlivých případech je nutné výpočet přizpůsobit podmínkám. Například u plynových kotlů ztrácí význam ztráta nedopalem v tuhých zbytcích, stejně jako ztráta fyzickým teplem tuhých zbytků. Při stanovení účinnosti lokálního topeniště (kamen) je sdílení tepla do okolí základní funkcí zařízení a nelze jej samozřejmě hodnotit jako ztrátu. Vždy však bude mít největší vliv na účinnost komínová ztráta. Je dominantní a pro přibližné stanovení účinnosti lze použít vztahu

$$\eta \cong 1 - \xi_k \quad [1] \quad \text{Rovnice 4.22}$$

Z uvedeného plyne, že při hledání možností zvýšení účinnosti kotlů je nejefektivnější zaměřit se na snížení komínové ztráty. Rovnice 4.10 ukazuje, že snížit hodnotu čitatele uvedeného výrazu je možné snížením množství spalin $V_{sp,sk}$ a snížením teploty spalin t_{sp} . Protože je skutečné množství spalin jednoznačně dáno složením paliva, které určuje teoretické množství spalin a součinitelem přebytku vzduchu n ,

$$V_{sp,sk} = V_{sp,t} + (n - 1) \cdot V_{vz,t} \quad [m^3 \cdot kg^{-1}] \quad \text{Rovnice 4.23}$$

Lze snížit množství spalin snížením přebytku vzduchu. Takové opatření je však dosti omezené, protože snižování přebytku vzduchu vede k nedokonalému spalování, produkci oxidu uhelnatého a růstu ztráty nedopalem.

Praktičtější řešení je snížení teploty spalin za kotlem. I toto opatření má svůj limit: teplota spalin musí být spolehlivě vyšší, než teplota rosného bodu, aby nedošlo ke kondenzaci vody ve spalinách. Ne však za kotlem, ale na celé trase kouřovodu, včetně komína. Teplota rosného bodu je závislá na druhu a složení paliva a také na kvalitě spalovacího procesu. Ve spalinách, vzniklých spalováním zemního plynu je to cca 40 °C, v případě spalování uhlí zhruba 120 °C. Uvedené hodnoty naznačují, že již z tohoto důvodu nemůže v soutěži o nejvyšší účinnost zvítězit uhelný kotel.

Většina provozovaných kotlů respektuje teplotu rosného bodu s velkou rezervou, což často svádí k úvahám o dodatečném výměníku pro snížení teploty spalin. Každé takové řešení, jakkoliv je žádoucí, musí vycházet z kvalifikované analýzy provozních podmínek, aby skutečně přineslo užitek.

Je přirozené, že nejnižší kotlové ztráty nabízí kotle, spalující zemní plyn. Ztráta fyzickým teplem tuhých zbytků neexistuje, ztráta nedopalem se redukuje na ztrátu nespáleným oxidem uhelnatým, kterou lze úspěšně minimalizovat kvalitně vedeným spalovacím procesem a rovněž ztrátu sdílením tepla do okolí lze minimalizovat vhodnou tepelnou izolací stěn kotle. Poslední, komínová ztráta nebude také příliš vysoká, díky nízké teplotě rosného bodu t_s . Ta je závislá na přebytku vzduchu v ohništi a s rostoucím součinitelem přebytku vzduchu n klesá. Orientačně tuto závislost naznačují údaje viz Tabulka 4.2.

Tabulka 4.2 Teplota rosného bodu ve spalinách ZP

Součinitel přebytku vzduchu n [1]	Teplota rosného bodu t_s [°C]
1	57
2	45
3	38

Protože je zemní plyn velmi čistým palivem s minimem nežádoucích složek a jeho hořlavina je tvořena uhlovodíky, dominantně metanem, jsou produktem spalování oxid uhličitý a voda. Spaliny pak budou navíc obsahovat dusík (79 % spalovacího vzduchu) a nevyužitý přebytek spalovacího vzduchu. Složení a čistota spalin nabídlý ojedinelou příležitostí extrémního ochlazení spalin pod teplotu rosného bodu. Vnikly tak kondenzační kotle. Kondenzace se využívá také při spalování dřevní hmoty s vyšší vlhkostí, např. štěpka z plantáží RRD.

Jejich konstrukční řešení musí zajistit intenzivní ochlazování spalin a předání spalinám odebraného tepla teplé vodě v topném systému. Výměník tepla spaliny/voda musí být odolný proti korozi a musí zajistit odvod kyselého kondenzátu do kanalizace (u výkonů nad 200 kW je nutná neutralizace kondenzátu.) Protože jsou spaliny extrémně vychlazené, vytváří se tah v komíně vzduchovým, nebo spalinovým ventilátorem. Výhody kondenzačního kotle lze využít pouze tehdy, je-li použit nízkoteplotní systém vytápění. Protože je chladícím médiem topná voda, musí být její vratná teplota (před vstupem do kotle) dostatečně nižší, než teplota rosného bodu. Současné zkušenosti potvrzují, že v celém regulovaném rozsahu výkonu kotle lze teoreticky dosáhnout kondenzačního provozu při teplotách topné vody 55/45 °C a nižším a nad hodnotami 70/60 °C již pracuje kotel zcela bez kondenzace.

Je samozřejmé, že se provoz takového systému bude měnit podle teplotních poměrů a individuálních požadavků, stejně tak se bude měnit teplota spalin, teplota vratné vody a také množství kondenzátu. Např. spálením 1 m³ zemního plynu a ochlazením vzniklých spalin ($n = 1$) na 25 °C zkondenzuje 1,36 kg vody. Takový provozní režim není ovšem reálný, ale můžeme ho považovat za ideální limit. Opačným limitem je provoz bez kondenzace, tj. provoz s teplotou spalin nad teplotou rosného bodu. Provozní režim kondenzačního kotle lze dobře charakterizovat tzv. stupněm kondenzace, který udává jaká část z celkového obsahu vody zkondenzovala a stupeň kondenzace se podle okamžitých provozních podmínek mění.

Použijeme-li ke stanovení účinnosti kotle běžně používané Rovnice 4.1, Rovnice 4.2 a Rovnice 4.3, čeká nás překvapení, protože u kvalitních dobře provozovaných kondenzačních kotlů bude účinnost větší než jedna. Je to překvapení zajímavé, ne však znepokojivé. Výkon kotle se zvýšil o uvolněné kondenzační teplo vodní páry ve spalinách, která zkondenzovala. Množství kondenzačního tepla je možné zahrnout do celkové bilance zavedením dalšího členu – kondenzačního výkonu P_k , který lze snadno vyjádřit vztahem

$$P_k = \dot{m}_k \cdot l \quad [kW] \quad \text{Rovnice 4.24}$$

ve kterém představuje m_k množství kondenzátu [kg.s⁻¹] a l kondenzační teplo [kJ.kg⁻¹]. Definiční Rovnice 4.1 pak získá tvar

$$\eta = \frac{P_v - P_k}{P_p} \quad [1] \quad \text{Rovnice 4.25}$$

a všechno bude v pořádku. Praktičtější a běžně užívaným postupem je vyjádření příkonu (Rovnice 5.2) nikoliv výhřevností, ale spalným teplem, které již kondenzační teplo obsahuje.

Skutečností, že použití běžně používaného postupu výpočtu účinnosti vede u kondenzačních kotlů k hodnotám, přesahujícím sto procent, využívají dodnes výrobci jako osvědčeného reklamního triku. V seriózních odborných publikacích by tam, kde mohou vzniknout pochybnosti mělo být vždy uvedeno, zda byla účinnost stanovena z výhřevnosti, nebo ze spalného tepla.

Jak již bylo řečeno, lze účinnost lokálních topenišť stanovit pouze s použitím nepřímé metody, protože přímé měření tepelného výkonu není možné. Normativní výpočet vychází z

Rovnice 4.21, odlišně však definuje jednotlivé ztráty. Dominantní ztrátou je opět ztráta komínová, kterou lze jednoduše vyjádřit Rovnicí 4.10. Vyjádření ztráty nedopalem se omezuje na nespálenou hořlavinu ve škváře (popelu) a oxid uhelnatý ve spalinách. Další ztráty není nutné brát v úvahu, takže platí

$$\eta = 1 - \sum_I^i \xi_i = 1 - (\xi_K + \xi_{NS} + \xi_{Npl}) \quad [1]$$

Rovnice 4.26

Stojí za pozornost, že v případě spalování dřeva, které osahuje zhruba jedno procento popeloviny v sušině, bude ztráta nedopalem v tuhých zbytcích zanedbatelně malá (viz Rovnice 4.13 bude $A' < 0,01$), zvláště když se popel ze dna ohniště pravidelně neodstraňuje a zbytkový uhlík má dostatek času na vyhoření. Moderní kamna na spalování dřeva jsou schopná dosáhnout emisní koncentrace oxidu uhelnatého ve spalinách pod 0,1 %, takže ani ztráta plyným nedopalem není významná a tak o účinnosti rozhoduje pouze hodnota komínové ztráty.

Účinnost spalování je pojem, který se často zaměňuje s výše popisovanou účinností spalovacích zařízení. Účinnost spalování můžeme definovat jako míru dokonalosti transformace chemické energie paliva na tepelnou energii spalin. Z této definice je patrné, že na rozdíl od předchozí účinnosti bude účinnost spalování dána mírou nedopalu. Nedopal tuhý i plyný budou vycházet se stejných vztahů, viz Rovnice 4.13 a Rovnice 4.15. Pak je možné účinnost spalování definovat jako:

$$\eta = 1 - (\xi_{NS} + \xi_{Npl}) \quad [1]$$

Rovnice 4.27

Účinnost v energetice je vždy zajímavé a významné téma. Zvyšování účinnosti snižuje spotřebu paliv, snižuje environmentální zátěž a prodlužuje životnost palivových zásob. Hovoříme-li o účinnosti, nestačí věnovat pozornost pouze technickým aspektům, ale je nutné mít na zřeteli také aspekty ekonomické. Pouze tak je možné dobrat se užitečných závěrů.

Celková účinnost energetického systému je vyjádřena součinem účinností jednotlivých článků řetězce. Můžeme začít účinností (stupněm) využití ložisek fosilních paliv a pokračovat přes „účinnost dopravy“, účinnost kotle, bloku, elektrárny až po účinnost celého energetického systému. Stále více budeme cítit nedostatečnost čistě technického pohledu (účinnost je poměr výkonu a příkonu) a stále více budeme postrádat nějakou další relevantní veličinu. Tou veličinou je koruna. A proto pokud hodnotíme energetický systém státu, nepoužíváme jako kritérium hodnocení účinnosti, ale určujeme energetickou náročnost ekonomiky EN, kterou vyjadřujeme jako podíl spotřeby primárních energetických zdrojů PEZ a hrubého domácího produktu HDP:

$$EN = \frac{PEZ}{HDP} \quad [J \cdot K\check{c}^{-1}]$$

Rovnice 4.28

5. Zplyňování biomasy

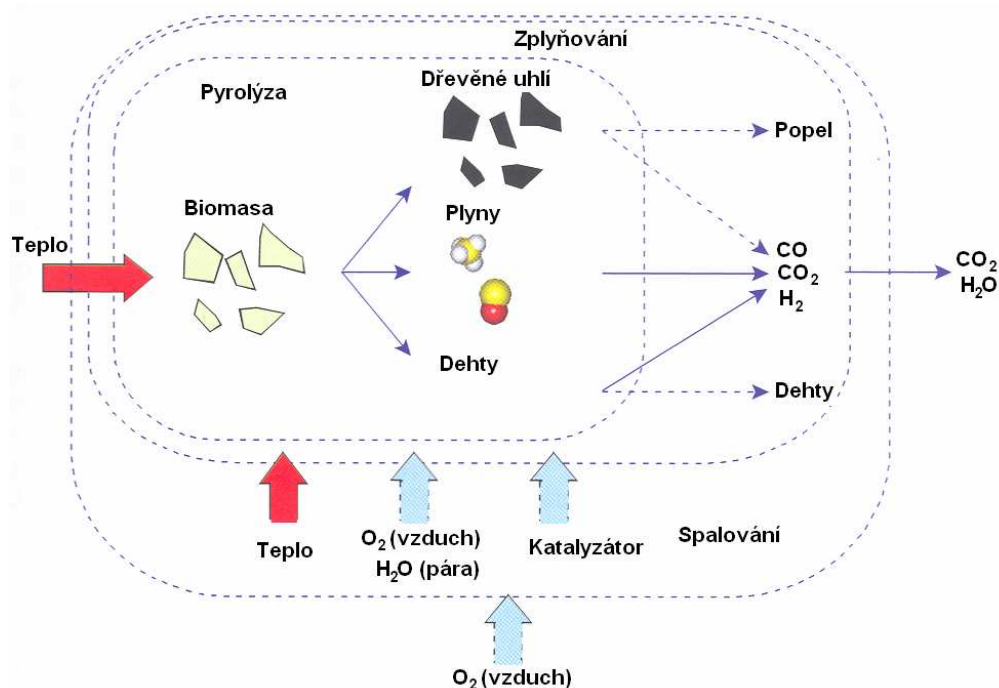
5.1 Princip

Zplyňování zvyšuje hodnotu základní suroviny, která může mít velice nízkou nebo dokonce zápornou hodnotu, přeměnou na prodejné palivo či další produkty. Z chemického hlediska je proces zplyňování biomasy poměrně složitý. Zahrnuje mnoho kroků, jako jsou:

- tepelný rozklad na plyn, kondenzující páry a dřevěné uhlí (pyrolýza),
- následné tepelné štěpení par na plyn a dřevěné uhlí,
- zplyňování dřevěného uhlí parou nebo oxidem uhličitým,
- částečná oxidace hořlavých plynů, složek a dřevěného uhlí.

Schéma tohoto procesu zobrazuje Obrázek 5.1. Odplynění (pyrolýza) je mírně endotermické a při teplotě nad 500 °C je vyprodukováno 75 až 90 % prchavé hořlaviny, která se skládá z vodní páry, plynů a kondenzujících uhlovodíků. Relativní výnos plynu, kondenzujících složek a dřevěného uhlí je většinou závislý na poměru přívodu tepla a konečné teploty. Vysoká provozní teplota je udržována několika způsoby podle typu reaktoru:

- spalováním části produkovaného plynu a složek provozováním reaktoru v podstechimetrickém stavu,
- spalováním produkovaného dřevěného uhlí uvnitř reaktoru nebo odděleně,
- částečným spalováním zplyňovaného materiálu.



Obrázek 5.1 Schéma zplyňování

Konečný plyn se skládá z oxidu uhelnatého, vodíku a metanu, což jsou žádané složky, a dále je zde vodní pára, oxid uhličitý a dusík. Jeho přesné složení je dáno rovnováhou přeměny na vodní plyn, což je chemická reakce mezi vodní párou a oxidem uhelnatým na jedné straně a vodíkem a oxidem uhličitým na druhé straně. Navzdory příznivé rovnovážné konstantě při 900 °C se rozklad metanu na CO a H₂ při atmosférickém tlaku nevyskytuje kvůli pomalé rychlosti reakce.

Výhřevnost plynu se pohybuje od 4 do 6 MJ/m³_N pro zplyňování vzduchem a 13 až 15 MJ/m³_N pro zplyňování kyslíkem a vodní parou.

Reakce mezi tuhými látkami (dřevěným uhlím) a plyny (CO₂, pára) jsou mnohem pomalejší a ovlivňují celkovou rychlost a účinnost zplyňování. Dřevěné uhlí obsahuje stále velké množství uhlíku (85 %). Obsah uhlíku, vodíku a kyslíku v dřevěném uhlí je velice závislý na zóně, ve které se uhlí vyskytuje. Stupeň zplynění dřevěného uhlí výrazně ovlivňuje účinnost zplyňovače. Popel ze zplyňovače by tak měl být kompletně prohořelý a bez uhlíku.

Další důležitou záležitostí je úplný rozklad kondenzujících par – dehtů, které jsou zvláště rizikové z důvodu zanášení hnacího motoru použitého při výrobě elektřiny. Plynu bez dehtů lze dosáhnout pouze instalací účinného čistícího systému nebo vysokoteplotním zplyňováním. Nízkoteplotní zplyňovače jsou určeny k výrobě palivového plynu k vytápění a výrobě elektrické energie v kotlích a motorech, zatímco vysokoteplotní zplyňovače používající jako oxidant kyslík jsou užity pro výrobu syntézního plynu bez dusíku. Syntézní plyn je směs oxidu uhelnatého a vodíku a může být použit jako základ pro výrobu chemikálií a pohonných látek.

Biomasa obsahuje nízkotavitelné minerální látky, které mohou způsobovat problémy se spékáním při teplotách nad 850 °C. U vysokoteplotních zplyňovačů se těmto problémům vyhýbáme tím, že se minerály kompletně roztaví a odvádějí v tekuté formě. Přítomnost alkalických kovů, chloru, síry a dusíku v biomase má za následek potřebu plyn čistit, a to z ekologického hlediska stejně jako z důvodu ochrany návazných zařízení, jako jsou výměníky tepla a hlavní části návazného hnacího motoru.

5.2 Reakce

Při dokonalém spalování vzniká oxid uhličitý z uhlíku a voda z vodíku. Kyslík z paliva je samozřejmě součástí spalin, a tím klesá množství potřebného spalovacího vzduchu. Spalování se vyskytuje v oxidační zóně a je popisováno následujícími rovnicemi:



Tedy dokonalým spálením 1 molu uhlíku, což představuje 12,01 g uhlíku, se uvolní reakční teplo o velikosti 393,8 kJ. Tyto 2 reakce jsou exotermní a poskytují teplo pro endotermické reakce a procesy probíhající v reaktoru, jako jsou sušení, pyrolýza a redukce.

Vodní pára, která vstupuje se vzduchem a je produkována sušením a pyrolýzou biomasy, reaguje s pevným uhlíkem podle následující vratné reakce (reakce vzniku vodního plynu):



Nejdůležitějšími redukčními reakcemi jsou reakce vzniku vodního plynu a následující reakce - Boudouardova reakce:



Tyto heterogenní endotermické reakce zvyšují objem plynu o CO a H₂ při vyšších teplotách a nižších tlacích. Vedle těchto reakcí existuje ještě několik redukčních reakcí, ze kterých nejdůležitější rovnice stojící za zmínku jsou reakce vodní konverze a metalizační reakce:



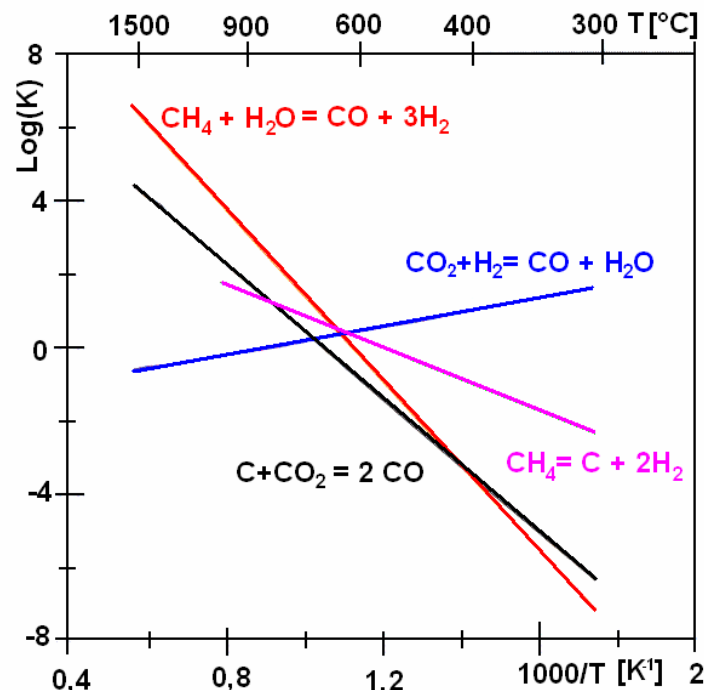
Navzdory podstechiometrickému režimu může být spalována buď část uhlíku nebo část plynu podle následujících rovnic:



Rovnice 5.5 popisuje homogenní reakci vodní konverze. Pro každou teplotu je poměr mezi produkcí CO a H₂O a produkcí CO₂ a H₂ závislý na hodnotě rovnovážné konstantě vodního plynu (K_w).

$$K_w = \frac{[CO] \cdot [H_2O]}{[CO_2] \cdot [H_2]} \quad \text{Rovnice 5.9}$$

Vodní plyn a rovnováha konverze vodního plynu určují ve velkém rozsahu finální složení plynu a závisí na teplotě, jak ukazuje Graf 5.1.



Graf 5.1 Rovnovážné konstanty různých reakcí v závislosti na teplotě

V praxi je složení plynu dle rovnovážných konstant dosaženo pouze pokud je rychlost reakce a čas na reakci dostatečný. Rychlost reakce klesá s klesající teplotou. Pod teplotou 700 °C reakce konverze vodního plynu probíhá tak pomalu, že se skladba plynu již nemění. Ve zplyňovačích s fluidní vrstvou nebo unášivým proudem se reakce vyskytují současně zároveň s prvotními rozkladnými reakcemi.

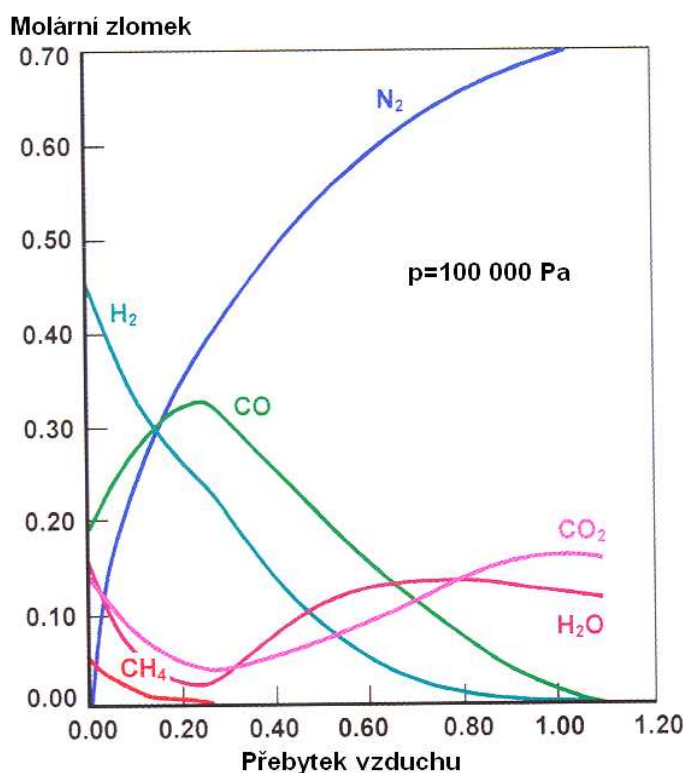
5.3 Parametry procesu zplyňování

5.3.1 Přebytek vzduchu

Reakce vzniku vodního plynu, konverze vodního plynu, Boudouardova rovnice a metalizační rovnice poskytují možnost určit složení produkovaného plynu, ale pouze v případě, že je dosaženo rovnováhy. Často používané modely pro určení složení plynu jsou Schläpferův a

Gumzův model, které modelují složení plynu jako funkci teploty a přebytku vzduchu. Graf 5.2 znázorňuje závislost složení plynu na přebytku vzduchu. Křivka nám určuje jak složení plynu, tak také jeho energetický potenciál.

Nulová hodnota přebytku vzduchu představuje pyrolýzu, pravá strana, kdy je přebytek vzduchu větší než jedna, představuje spalování. Výrazná změna v průběžích křivek nastává při přebytku vzduchu 0,25, kdy je veškeré dřevěné uhlí přeměněno v plyn a plyn má tak největší energetickou hodnotu. Při nižších hodnotách zůstává část paliva nepřeměněno, zůstává dřevěné uhlí, při vyšších hodnotách dochází naopak k spalování části plynu, a roste tím teplota. V bodě s přebytkem vzduchu 0,25 můžeme pozorovat maximální hodnotu koncentrace CO a minimální hodnotu koncentrace CO₂.



Graf 5.2 Složení plynu jako funkce přebytku vzduchu

5.3.2 Plošná rychlost

Plošná rychlost je jedním z nejdůležitějších parametrů ovlivňujících provedení reaktoru, řízení zplyňovače, energetický obsah plynu, spotřebu paliva, výstupní výkon a tvorbu dehtů. Plošná rychlost je definována jako průtok v m³/s příčnou plochou reaktoru v m². Skutečná rychlost je mnohem větší z důvodu přítomnosti biomasy v reaktoru. Malá plošná rychlost představuje pyrolýzu, tím dochází k velkému výnosu dřevěného uhlí a tvorbě dehtů. Uvádí se ještě zatížení nístěje, což je plošná rychlost v nejužším místě reaktoru. U zplyňovačů se zúženou nístějí se tato hodnota pohybuje od 0,8 do 2,5 m/s.

5.3.3 Výhřevnost plynu

Výhřevnost plynu se obvykle udává v MJ/m³_N. Metr krychlový normální je metr kubický při teplotě 0 °C a tlaku 101 325 Pa. Je třeba rozlišovat výhřevnost a spalné teplo plynu, jelikož se tato hodnota u plynů obsahující uhlovodíky či vodík velice liší.

5.3.4 Průtok a množství plynu

Průtok plynu může být určen z průtoku primárního vzduchu, nebo měřen clonou, Venturiho nebo Pitotovou trubicí nebo rotametrem. Pro určení průtoku v normálních metrech krychlových je třeba dále měřit teplotu a tlak. Rychlost v potrubí se volí okolo 15 m/s, abychom se vyhnuli ucpání potrubí pevnými částicemi. Z průtoku se dá určit měrná produkce plynu ($\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg}$, $\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kW.h}$). Poslední dva zmiňované ukazatele velice ovlivňují účinnost zplyňovače.

5.3.5 Účinnost

Účinnost zplyňovače může být vyjádřena ze studeného nebo teplého plynu. Účinnost ze studeného plynu je chemická energie generátorového plynu podělená chemickou energií biomasy, zatímco účinnost vyjádřená z teplého plynu je chemická a tepelná energie generátorového plynu podělená chemickou energií biomasy. U dobře izolovaných reaktorů se účinnost z teplého plynu může blížit 100 %.

5.3.6 Spotřeba paliva

Spotřeba paliva, viz. Tabulka 5.1, je důležitá k určení účinnosti zplyňovače a celkové účinnosti. Může být měřena rozdílem nebo automaticky měřícím zásobníkem. Spotřeba paliva může být vyjádřena jako hmotnostní tok (kg/h), jako hmotnost na vyrobenou jednotku energie (kg/kW.h) nebo hmotnost na průřez a čas ($\text{kg/m}^2.\text{h}$)

Tabulka 5.1 Specifické parametry zplyňování

Parametr	Jednotka	Hodnota
Produkce plynu	$\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg}$	2 - 3
	$\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kW.h}$	2 - 3
Spotřeba paliva	kg/kW.h	1 - 1,3
Účinnost ze studeného plynu	%	70 - 80
Účinnost z teplého plynu	%	85 - 95
Přebytek vzduchu	l	0,25
Výkon	$\text{kg/m}^2.\text{h}$	500 - 2000

5.3.7 Dehty a unášivé částice

Množství těchto látek v plynu je velice závislé na konstrukci reaktoru a operačních podmínkách, a to zvláště na zatížení. Při nižších výkonech oproti jmenovitému je tvorba dehtů velká, ale je menší tvorba unášivých částic. Při výkonech jmenovitých či vyšších je tvorba dehtů menší, ale naopak vzniká velké množství unášených částic.

5.4 Vlastnosti biomasy ovlivňující zplyňování

Každý typ biomasy má své vlastní specifické vlastnosti, které ovlivňují jeho použití jako paliva ve zplyňovacích jednotkách. Nejdůležitějšími vlastnostmi ovlivňujícími zplyňování jsou:

- vlhkost,
- obsah popela a jeho složení,
- prvkové složení,
- výhřevnost,
- sypná hmotnost a zrnitost,
- podíl prchavých látek,
- ostatní znečišťující látky jako N, S, Cl, alkálie, těžké kovy atd.

5.4.1 Vlhkost

V energetice se vlhkost vyjadřuje jako podíl vody v palivu k hmotnosti vlhkého paliva. Pro tepelné procesy jako je zplyňování se dává přednost relativně suché biomase z důvodu vyšší kvality produkovaného plynu – vyšší výhřevnost, nižší podíl dehtů a vyšší účinnost. Přírodní sušení na poli je levné, ale vyžaduje dlouhý čas. Sušení v sušičkách je dražší, ale efektivnější. V praxi je sušení v sušičkách integrováno do zplyňovacích jednotek z důvodu zajištění konstantní vlhkosti. Pro tyto účely může být užito odpadního tepla z motoru nebo turbíny.

5.4.2 Obsah popela a jeho složení

Popel je anorganické nebo minerální látky v biomase, které zůstanou po dokonalém spálení. Obsah popela v různých typech biomasy je dosti široký, od 0,1 % u dřeva až po 15 % u zemědělských plodin, a ovlivňuje konstrukci reaktoru, zvláště systém odvodu popela. Chemické složení popela je také velice důležité, protože ovlivňuje tavitelnost popela. Tavení popela může způsobovat struskování a klenby v reaktoru. Struska může nakonec zablokovat celý reaktor u nevýtavných zplyňovačů.

5.4.3 Prvkové složení

Složení hořlaviny biomasy se dá popsat vzorcem $\text{CH}_{1,4} \text{O}_{0,6}$. Prvkové složení je důležité z hlediska výhřevnosti plynu a úrovně emisí u téměř všech aplikací. Produkce sloučenin dusíku a síry je zpravidla malá z důvodu malého obsahu těchto látek v biomase. Výjimkou jsou slepičí trus, kaly, rašelina apod., které nejsou v Evropě považovány za čistou biomasu.

5.4.4 Výhřevnost

Výhřevnost je ovlivněna chemickým složením a obsahem popela, ale hlavně obsahem vody v biomase. Hořlavina má u většiny typů biomasy výhřevnost okolo 19 MJ/kg. Výhřevnost se určuje jednak laboratorně a pak početně ze složení. Spalné teplo počítá s kondenzačním teplem obsaženým ve spalinách, které můžeme využít pouze pokud pára ze spalin v zařízení zkondenzuje. Při výpočtech by mělo být počítáno právě se spalným teplem, přestože většina vodní páry uniká do atmosféry. V Evropě se většinou počítá s výhřevností, v USA se spalným teplem.

5.4.5 Sypná hmotnost a zrnitost

Sypná hmotnost představuje hustotu materiálu, u různých druhů biomasy se liší. Spolu s výhřevností tvoří energetickou hustotu materiálu – potenciál energie v jednotce objemu. Biomasa s malou hustotou je náročná na manipulaci, transport a skladování. Sypná hmotnost je také velice důležitý parametr ovlivňující provedení reaktoru s pevným ložem. Velké nerovnosti způsobují tvorbu kanálů, vytvoření můstků, nekompletní zplynění a pokles kapacity zplyňovače.

Sypná hmotnost se pohybuje od 100 do 1000 kg/m^3 podle toho, jaká biomasa je dostupná – štěpka, volná biomasa, balíky atd.

Velikost a velikostní rozptyl biomasy je důležitý a ovlivňuje tlakový spád vrstvy a úspěšnost provozu. Stejnorodost velikosti částic a vhodné vlastnosti částic jsou cestou, jak se uvedeným problémům vyhnout. Podle některých vědců jsou problémy spojené s dopravou, stabilitou dodávky a vlastnostmi biomasy problém, který brzdí rozvoj zplyňovacích zařízení malého výkonu, a to již od 60. let.

5.4.6 Podíl prchavých látek

Mimo provozního režimu, konstrukce reaktoru atd., má množství prchavých látek značný vliv na tvorbu dehtů. Obsah prchavých látek v biomase je mezi 50 a 80 %, proto je důležité při

návrhu reaktoru počítat s touto skutečností. Výhodné je prchavé látky vést přes oblast s dostatečnou teplotou, tím se rozloží nežádoucí dehty.

5.4.7 Požadavky na úpravu suroviny

Úprava suroviny je požadována u téměř všech druhů biomasy z důvodu velkého rozptylu fyzikálních, chemických a tvarových vlastností. Rozdílné vlastnosti biomasy mají za následek nezbytnost biomasy upravovat, a to zvláště v případě, kdy chceme použít biomasu jako palivo do zplyňovače. Potřeba systému úpravy biomasy je dobře známa, ale je špatně chápána.

Požadavky na paliva pro různé druhy zplyňovačů ukazuje Tabulka 5.2.

Tabulka 5.2 Požadované vlastnosti na palivo u jednotlivých zplyňovačů

Typ zplyňovače		Souproudý	Protiproudý	Fluidní	Unášivý
Velikost	mm	20 - 100	5 - 100	10 - 100	< 1
Vlhkost	%	< 20	< 50	< 40	< 15
Obsah popela	%	< 5	< 15	< 20	< 20
Zrnitost	-	stejnorodá	téměř stejnorodá	stejnorodá	stejnorodá
Sypná hmotnost	kg/m ³	> 500	> 400	> 100	> 400
Teplota tavení popela	°C	> 1250	> 1000	> 1000	> 1250

Postup úpravy záleží na vlastnostech biomasy a na požadavcích na zplyňované palivo. Následující hlediska ovlivňují postup úpravy:

- hrubé materiály jako okenní rámy potřebují být rozděleny ve dvou nebo více krocích,
- mokré materiály, jako je biomasa z údržby veřejných prostor, vyžadují více energie na sušení než suchá biomasa, jakou je demoliční dřevo,
- sušení materiálu vyžaduje mnohem více času ve srovnání s rozdrčením materiálu,
- mokrá biomasa má obvykle částice o malé velikosti,
- třídění mokré biomasy má obvykle nižší účinnost než třídění suché biomasy,
- kladívkové mlýny mohou být užity pouze pro suchou biomasu, pro mokrou biomasu musí být použity sekačky.

5.5 Konstrukční řešení zplyňovačů

Konstrukce reaktorů byly zkoumány po více než století, ve kterém bylo určeno několik použitelných koncepcí zplyňovačů malého a velkého výkonu. Zplyňovače mohou být rozděleny podle různých hledisek.

Dle zplyňovacího média:

- vzduchové,
- kyslíkové,
- parní.

Podle zdroje tepla pro zplyňování:

- autotermální nebo přímý zplyňovač: teplo dodáváno spalováním části biomasy,
- alotermální nebo nepřímý zplyňovač: teplo je dodáváno z externího zdroje přes výměník tepla nebo nepřímý proces (oddělení zplyňovací a spalovací zóny).

Podle tlaku ve zplyňovači:

- atmosférické,
- tlakové.

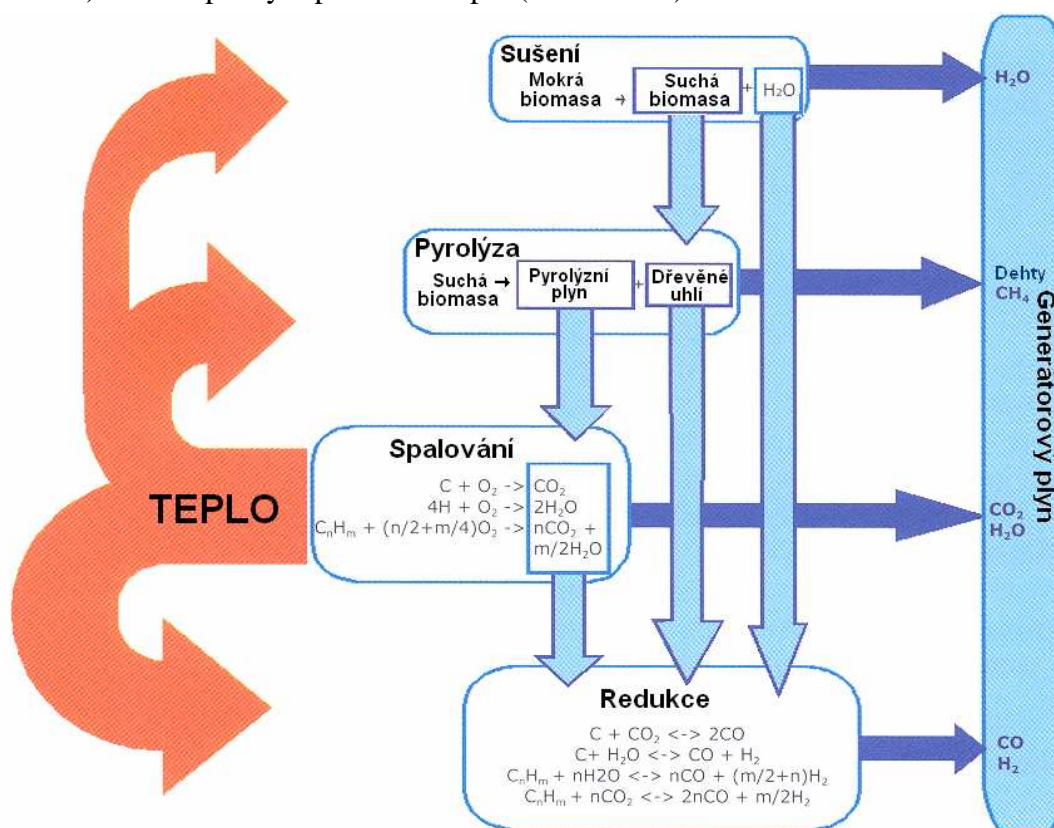
Podle konstrukce reaktoru:

- s pevným ložem,
- s fluidním ložem,
- s unášivým proudem,
- se zdvojeným ložem.

Dále budou zařízení popsána podle konstrukce reaktoru.

5.6 Zplyňovače s pevným ložem

Obrázek 5.2 znázorňuje zplyňovací proces a tepelné toky z oxidační zóny do ostatních. Teplo potřebné pro zplyňovací procesy může být dodáváno přímo částečnou oxidací paliva (autotermální) nebo nepřímým přenosem tepla (alotermální).



Obrázek 5.2 Tepelné toky a chemické reakce u reaktoru "downdraft" – souproutého

Různé typy reaktorů s pevným ložem jsou často charakterizovány směrem proudění plynu reaktorem („updraft“ – vzestupné proudění, „downdraft“ – klesající proudění, horizontální) nebo dle převažujícího směru toku pevných částic a proudu plynu (souprouté, protiprouté, s křížovým prouděním). Tato názvosloví nepopisují totožný princip zplyňování, ale jelikož má na proces zplyňování významnější vliv směr proudu paliva a proud plynu, reaktory se dělí převážně dle druhého členění, přičemž je považován reaktor downdraft jako souproutý a updraft jako protiproutý zplyňovač.

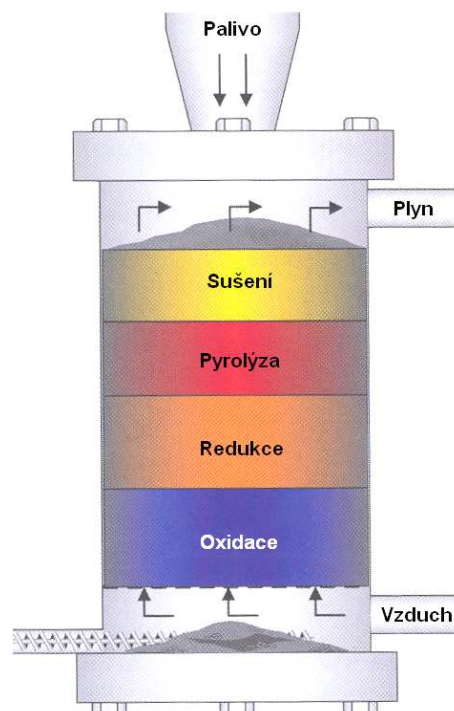
5.6.1 Protiproutý zplyňovač

Nejjednodušší typ zplyňovače je protiproutý zplyňovač s pevným ložem, viz. Obrázek 5.3. Biomasa je dodávána vrcholem reaktoru a pohybuje se směrem dolů vlivem zplyňování a odvodu

popela. Vzduchový přívod je na dně a plyn opouští reaktor vrchem reaktoru. Biomasa se pohybuje v protiproudu k proudu vzduchu, prochází přes sušící, pyrolýzní, redukční a oxidační zónu. Orientace vstupů a výstupů může být opačná, musí však platit, že proudy vzduchu a biomasy jsou protichůdné.

Hlavní výhodou tohoto typu zplyňovače je jeho jednoduchost, vysoký stupeň vyhoření dřevěného uhlí, vnitřní výměna tepla, která vede k relativně nízké teplotě výstupního plynu a vysoké účinnosti zplyňování. Díky vnitřní výměně tepla a sušení v horní části může zplyňovač zplyňovat i velice vlhké palivo. Navíc může tento zplyňovač zplyňovat jak malé tak větší kusy biomasy.

Hlavní nevýhodou je velké množství dehtů a pyrolýzních produktů, jelikož není pyrolýzní plyn zplyňován. Toto není důležité, pokud se plyn užívá pro přímé spalování, při kterém jsou dehty jednoduše spáleny. Pokud je plyn použit pro výrobu elektrické energie, je nezbytné externí čištění.

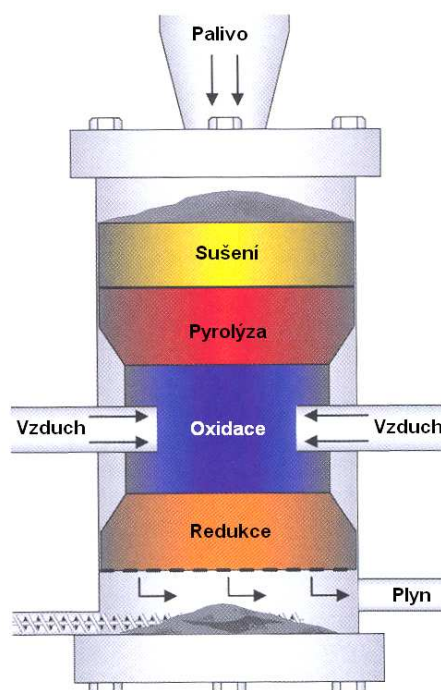


Obrázek 5.3 Protiproudý zplyňovač

5.6.2 Souproudý zplyňovač

U souproudého zplyňovače je palivo dodáváno zpravidla také vrchem a přívod vzduchu je také nahoře nebo ze strany, viz. Obrázek 5.4. Plyn je odváděn dnem reaktoru, takže plyn a biomasa mají stejný směr pohybu, což je podstatné. Orientace vstupů a výstupů může být opačná. Ve zplyňovači se vyskytují stejné zóny jako u protiproudého, ale uspořádání je jiné. Přívod vzduchu do oblasti dřevěného uhlí (po zplynění) je výborný předpoklad k dosažení nízkých emisí dehtů $< 100 \text{ mg/m}^3_{\text{N}}$. V podstatě se jedná o zplyňovač se zdvojenou zónou nebo dvojitým spalováním a s postupným přívodem, což je důvod, proč jsou emise dehtů tak malé.

Jak již bylo řečeno, výhodou je nízká produkce dehtů, která je tak nízká, že téměř vyhovuje pro aplikaci ve spalovacích motorech. Pro aplikace s motory je tento typ reaktoru nejvhodnější.



Obrázek 5.4 Souproudý zplyňovač

Snížením výkonu reaktoru však dochází k poklesu teploty, a tím k větší produkci dehtů. Produkce unášivých částic je naopak nižší. Při provozu na výkonu značně vyšším než je jmenovitý opět rostou emise dehtů, a to z důvodu kratší doby setrvání pyrolýzního plynu v oxidační zóně, navíc roste i množství unášených částic. Plyn bez dehtů v celém pracovním rozsahu se vyskytuje zřídka. Nevýhodou souproudého zplyňovače je velké množství částic v plynu, a to díky tomu, že plyn prochází oxidační zónou, odkud jsou částice unášeny. Toto má za následek také vyšší teplotu výstupního plynu, a tím nižší účinnost. Souproudý zplyňovač klade poměrně přísné požadavky na vlhkost biomasy, která by neměla být větší než 25 % a zrnitost paliva, které by mělo být mezi 4 a 10 cm, aby nedocházelo k nepravidelnému proudění, blokování paliva, vznikl prostor pro proudění pyrolýzního plynu směrem dolů a docházelo k přenosu tepla z oblasti níže směrem nahoru. V těchto případech je peletizace nebo briketování nezbytné. Tato zařízení jsou vhodná pro výkony od 80 do 500 kW.

5.6.3 Souproudý zplyňovač s otevřeným jádrem

Souproudý zplyňovač s otevřeným jádrem je speciální zplyňovač pro spalování jemné biomasy s malou sypanou hmotností, jedná se například o rýžové slupky, piliny apod. Tato zařízení jsou opatřena rotačními rošty apod., které míchají palivo a odvádějí popel z vrstvy. Dno těchto zplyňovačů je uloženo v nádržce s vodou, přes kterou je popel odváděn.

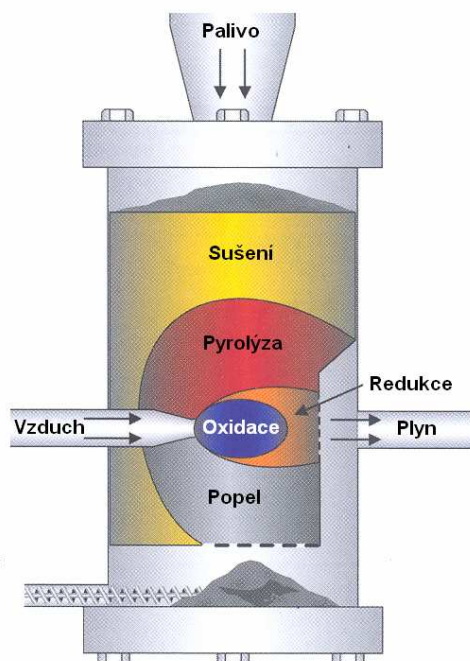
5.6.4 Vícetupňový souproudý zplyňovač

Ve zplyňovači s pevnou vrstvou se zóny vytvářejí podle směru proudění zplyňovacího média a proudu paliva. Zóny však nejsou nijak odděleny a v závislosti na operačních podmínkách se mohou přesunovat, často se i překrývají.

Pro optimalizaci jednotlivých zón bylo vyvinuto několik konstrukcí, kde jsou spalování, zplyňování a pyrolýza odděleny pomocí oddělených nádob. Hlavní myšlenkou je snížení koncentrace dehtů v plynu.

5.6.5 Zplyňovač s křížovým tokem

Zplyňovač s křížovým tokem je původně navržen pro zplyňování dřevěného uhlí, Obrázek 5.5. Zplyňování dřevěného uhlí se vyznačuje vysokou teplotou v oblasti nístěje (1500 °C a více), což může vést k problémům týkajících se teplotní odolnosti materiálů. Jednotky se vyznačují malým rozsahem pracovního výkonu. V rozvojových zemích jsou často používány pro pohon hřidel, jelikož vyrobený plyn není třeba složitě čistit, postačuje cyklon a filtr. Nevýhodou je prakticky nulový rozklad dehtů, a tak vysoké nároky na kvalitu dřevěného uhlí.



Obrázek 5.5 Zplyňovač s křížovým tokem

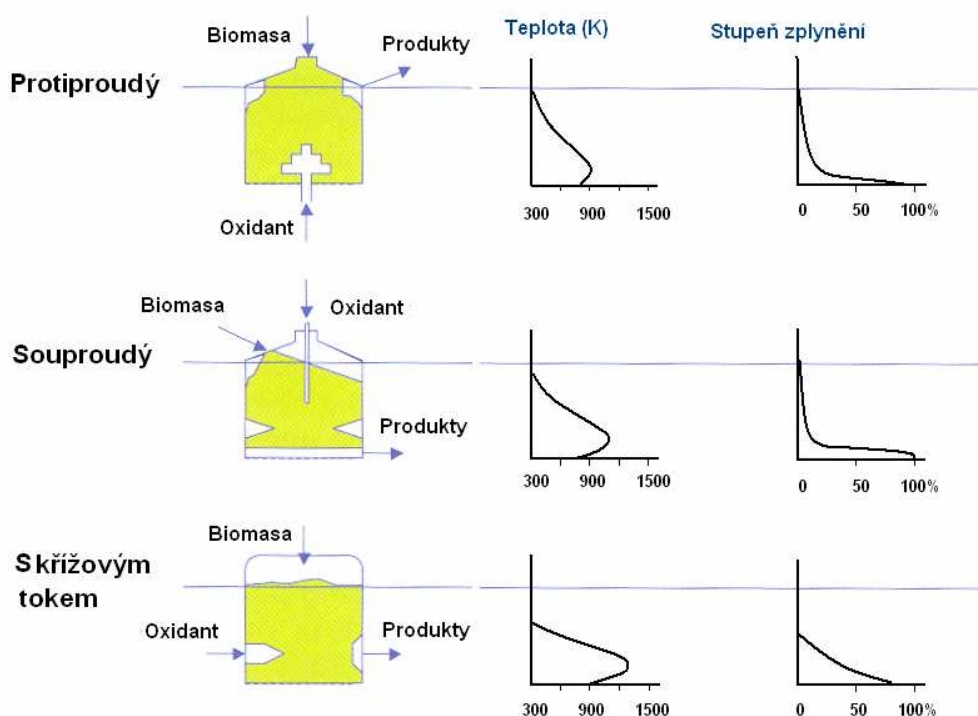
5.6.6 Porovnání zplyňovačů s pevným ložem

Hlavní charakteristiky zplyňovačů s pevným ložem při použití dřeva jako paliva ukazuje Obrázek 5.6 a Tabulka 5.3. Z důvodu velkého množství konstrukcí zplyňovačů jsou uvedená data pouze indikativní a nemohou být považována za typická. Data však udávají základní rozdíly mezi jednotlivými typy zplyňovačů.

Tabulka 5.3 Některé charakteristiky zplyňovačů s pevným ložem

		Souproudý	Protiproudý	S křížovým tokem	S otevřeným jádrem
Palivo		dřevo	dřevo	dřevěné uhlí	dřevo
- vlhkost	%	12 (max. 25)	43 (max. 60)	10 - 20	7 - 15 (max. 15)
- obsah popela v sušině	%	0,5 (max. 6)	1,4 (max. 25)	0,5 - 1,0	1 - 2 (max. 20)
- velikost	mm	20-100	5 - 100	5 - 20	1 - 5
Teplota výstupního plynu	°C	700	200 - 400	1250	250 - 500
Dehty	g/m ³ _N	0,015 - 0,5	30 - 150	0,01 - 0,1	2 - 10
Citlivost na kolísání výkonu		velká	malá	velká	malá
Účinnost (teplý plyn)	%	85 - 90	90 - 95	75 - 90	70 - 80
Účinnost (studený plyn)	%	65 - 75	40 - 60	70 - 85	35 - 50
Výhřevnost	MJ/m ³ _N	4,5 - 5,0	5,0 - 6,0	4,0 - 4,5	5,5 - 6,0

Zplyňovače s pevným ložem



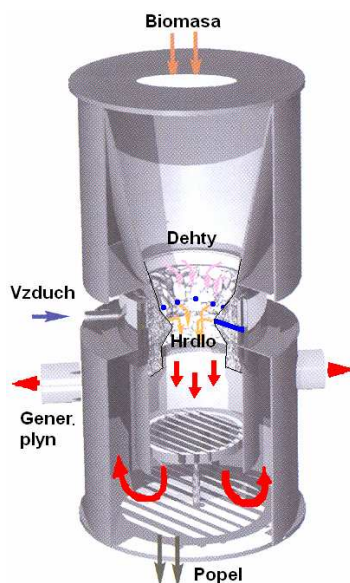
Obrázek 5.6 Charakteristika jednotlivých typů zplyňovačů s pevným ložem

5.6.7 Vývoj v oblasti snižování úrovně dehtů u zplyňovačů s pevným ložem

Zplyňovače s protiproudem se v Evropě díky svým vysokým koncentracím dehtů v plynu již, až na jednu výjimku, neprovozují. Zplyňovače souproudé jsou na tom podstatně lépe, ale například při vyšších výkonech tvoří i tyto typy velké množství dehtů. Z tohoto důvodu jsou většinou souproudé reaktory konstruovány dle konstrukce vynalezené Francouzem Imbertem ve 20. letech minulého století, který má hrdlo tvaru „V“, jak ukazuje Obrázek 5.7. Oxidační zóna je umístěna v nejužším místě tohoto hrdla, uvolňuje se tam velké množství tepla, a tím je v zóně velká teplota. Touto zónou procházejí plyny z pyrolýzy a dochází k rozkladu dehtů. Těsně nad touto oblastí je přiváděn vzduch a to buď centrálním přívodem nebo tryskami umístěnými po obvodu hrdla.

Některé reaktory jsou dvouvrstvé, kdy je horký generátorový plyn veden vnějším kanálem, a tím předává teplo pro sušení a pyrolýzu biomasy nacházející se ve vnitřním kanálu. Tímto zásahem se výrazně zvýší účinnost zařízení. U těchto konstrukcí může docházet ke kondenzaci zbytkových dehtů.

Dnešní konstrukce vyvinuté se záměrem snížit úroveň tvořených dehtů směřují k vícestupňovým zplyňovačům a k nepřímému zplyňování. Při oddělených procesech mohou být dehty spáleny bez přítomnosti pevných paliv, což vytváří mnohem lepší podmínky pro promíchání se vzduchem, a tím dokonalejší likvidaci.



Obrázek 5.7 Souproudý zplyňovač s „V“ hrdlem

5.6.8 Technické a provozní problémy zplyňovačů s pevným ložem

Tvorba dehtů

Přesto, že bylo vyvinuto mnoho různých typů zplyňovačů, dosud žádný nevyrobí plyn bez dehtů. Je pro to mnoho příčin jak ze strany paliva, tak ze strany reaktoru či řízení. Pro snížení úrovně dehtů se doporučuje navrhnout reaktor dle vlastností používané biomasy a provozovat zplyňovač pokud možno na jmenovitých parametrech.

Exploze

Výbuch se může vyskytnout pokud dojde k průniku hořlavého plynu do zásobníku paliva, systému odvodu popela nebo jiným netěsným místem. Po ukončení provozu zůstávají plyny stále v zařízení, proto je třeba jej před opětovným zpuštěním dokonale odvětrat. Pro snížení rizika by měl být zplyňovač opatřen víkem jištěným pružinou nebo trhacím poklopem a měl by být umístěn mimo uzavřené prostory. Uvědomělá by měla být také obsluha, a to především při najíždění a odstavení.

Zablokování paliva

Zablokování paliva je velkým problémem, jelikož i když je palivo předupraveno, k zablokování může dojít z mnoha příčin, jako jsou velikost paliva, vlastnosti popela, hustota nebo vlastnosti vzniklého dřevěného uhlí. Nejdůležitější je používat palivo, na které je reaktor navržen.

5.7 Zplyňovače s fluidním ložem

Technologie fluidního zplyňování byla vyvinuta původně pro zplyňování uhlí v roce 1926 firmou Winkler a později byla užita i pro biomasu, aby se předešlo provozním problémům doprovázející zplyňovače s pevnou vrstvou, jako jsou:

- vysoce popelnaté druhy biomasy,
- klenbování a tvorba kanálů,
- horká místa,
- velikostní omezení,
- nevhodnosti použití malých částí z důvodu ucpávání a nárůstu tlakového spádu.

Fluidizace je stav, ve kterém se pevné částice chovají jako kapalina v důsledku kontaktu s plynem. Reaktor je vertikální nádoba s porózním dnem naplněná pískem. Pokud budeme dnem přivádět plyn a zvyšovat jeho množství, bude sice narůstat tlaková ztráta vrstvy, ale po čase dojde k překonání gravitačních sil vrstvy a vrstva se dostane do fluidizace. Rychlost plynu v tomto stavu se nazývá rychlost fluidizace. Většina zplyňovačů tohoto typu pracuje s rychlostí média 5 až 30 krát větší než je rychlost fluidizace.

Ve vrstvě shoří asi 25 % paliva, zbytek se zplyní, přičemž v důsledku velkých přenosů tepla a hmoty ve vrstvě dochází k sušení, pyrolýze, oxidaci a redukci. Teplota vrstvy je tak téměř konstantní a udržuje se dle režimu mezi 700 a 900 °C. Palivo je do vrstvy dodáváno šnekem přes vzduchotěsný uzávěr. Pyrolýza probíhá velice rychle a díky poměrně nízkým teplotám nedochází k velké konverzi dehtů.

Výhody fluidních zplyňovačů:

- kompaktní konstrukce díky velkým přestupům tepla a hmoty ve vrstvě,
- malé teplotní rozdíly bez horkých míst,
- schopnost spalovat velice rozdílná paliva bez zásahu do zařízení,
- možnost použití biomasy s nízkou teplotou tavitelnosti popela.

Nevýhody fluidních zplyňovačů:

- vysoký podíl dehtů a unášených částic v plynu,
- vysoká teplota plynu, díky níž plyn obsahuje páry alkalických kovů,
- nedokonalé vyhoření paliva,
- složitější řízení – řízení dodávky paliva i vzduchu,
- potřeba pohonu dmychadla.

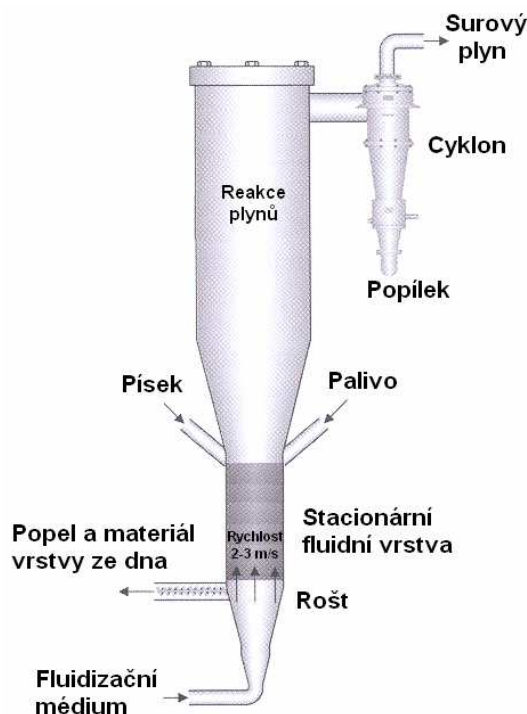
Stav suspenze může být relativně malý, u stacionární (bublinové) fluidní vrstvy, nebo velký, u cirkulující fluidní vrstvy.

5.7.1 Stacionární fluidní vrstva (BFB - bubbling fluidised bed)

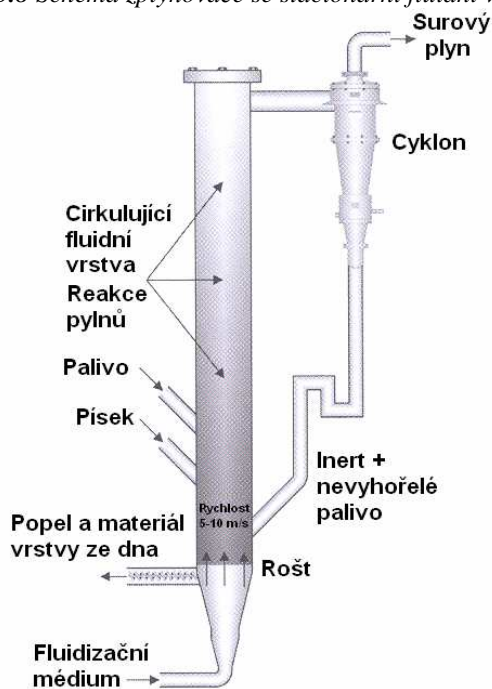
Zplyňovače se stacionární fluidní vrstvou jsou dobře známy a běžně využívány pro svoje výjimečné vlastnosti. Stacionární vrstva má zřetelné rozhraní mezi vrstvou a prostorem nad vrstvou, jinými slovy, fluidní vrstva je ukončena hladinou. Úroveň dehtů se pohybuje od 1 do 2 %. Průměr reaktoru je dán rychlostí plynu nad vrstvou, tím se vyhneme úletu částic. Schéma zplyňovače je zachyceno na Obrázek 5.8.

5.7.2 Cirkulující fluidní vrstva (CFB – circulating fluidised bed)

Zplyňovače s cirkulující fluidní vrstvou nemají zřetelnou hladinu vrstvy, vrstva je omezena stropem reaktoru. Vrstva má po výšce odlišnou hustotu, u dna je nejvyšší, u stropu naopak nejnižší. Unášené částice jsou zachyceny v cyklónu a vráceny zpět přes sifon do dna fluidní vrstvy. Konverze paliva je tak dokonalejší a vyhoření uhlíku je mnohem větší než u BFB. Schéma zplyňovače s cirkulující fluidní vrstvou zachycuje Obrázek 5.9.



Obrázek 5.8 Schéma zplyňovače se stacionární fluidní vrstvou



Obrázek 5.9 Schéma zplyňovače s cirkulující fluidní vrstvou

5.7.3 Srovnání atmosférických a tlakových fluidních zplyňovačů

U zařízení o velkém výkonu je vhodnější použití spalovací turbíny než spalovacích motorů. Plyn se musí přivádět do spalovací komory pod tlakem 10 až 25 MPa (podle použité turbíny), takže se plyn musí stlačit. Horký plyn nelze stlačovat z důvodu tepelné ochrany částí kompresoru a nárůstu kompresní práce vlivem většího objemu vzduchu. Z těchto důvodů se musí plyn chladit a teplo někam odvádět.

Jako mnohem lepší řešení se jeví zplyňování pod tlakem, kdy generátorový plyn opouští zplyňovač pod tlakem.

Výhodami tohoto řešení jsou:

- nízká úroveň vnější práce,
- vysoký obsah metanu v plynu,
- přijatelné investiční náklady,
- menší spékání popela.

Nevýhodami jsou:

- doprava paliva do reaktoru je složitější,
- nutnost vysokoteplotního čištění – stále ve vývoji,
- vyšší investiční náklady pro zařízení malých výkonů.

Jak atmosférické tak tlakové zplyňování je v současnosti používáno při návrzích nových pokročilých technologií zplyňování.

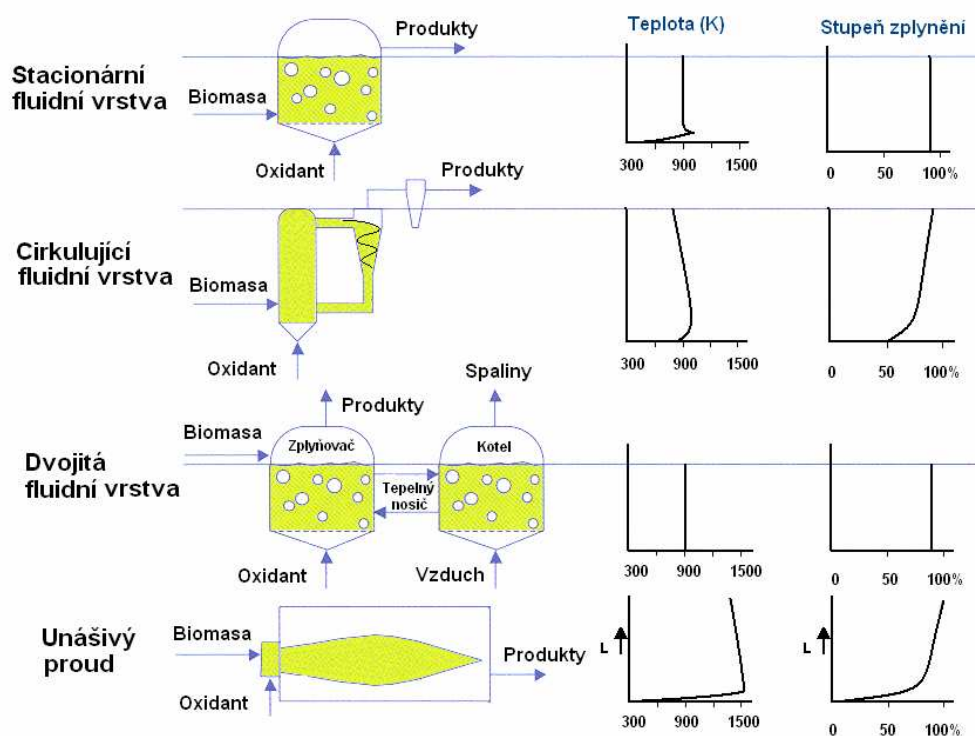
5.8 Zplyňovače s unášivým proudem (EF)

Zplyňovače s unášivým proudem (EF-entrained flow) jsou často používány pro uhlí, protože mohou být provozovány na uhelný kal v přímém zplyňovacím režimu, což dělá plnění tuhým palivem pod velkým tlakem levnější. V současnosti je vážně uvažováno o těchto zplyňovačích i pro zplyňování biomasy. U zplyňovačů s unášivým proudem je jemné palivo, uhelný prášek do 100 μm nebo kapičky oleje, přiváděno vrchem do reaktoru spolu s kyslíkem nebo parou. Tyto zplyňovače jsou také charakteristické krátkou dobou setrvání částic v reaktoru – cca 1 sekunda, vysokou teplotou v reaktoru 1300 – 1600 °C, vysokým tlakem – 2,5 – 6 MPa a velkými výkony – nad 100 MW.

Ve světě existuje několik komerčně nabízených návrhů pro uhlí – Shell, Destec, Kellogg, Lurgi, Texco, Krupp-Uhde, Novell, ale žádná z koncepcí nedokáže fungovat s více jak 10 až 15 % podílem biomasy ve směsi s uhlím. Hlavní výhoda v možnosti dopravy paliva v kašovitě formě není uplatnitelná pro biomasu, jelikož je biomasa pórovitá a má velkou jímavost vody. Pokusy s přimícháváním pevné biomasy byly učiněny v Nizozemí a Španělsku, v Německu byl přimícháván bio-olej do topného oleje. Pro dopravu tuhých paliv pod tlakem musí být použito poměrně drahého uzavřeného zásobníku, kdežto pro dopravu kapalných paliv může být použito jednoduchých čerpadel.

Charakteristiky zplyňovačů s fluidní vrstvou názorně popisuje Obrázek 5.10.

Zplyňovače velkého výkonu



Obrázek 5.10 Charakteristiky fluidních a EF zplyňovačů

Dosud popisované typy zplyňovačů jsou nejčastěji používanými zplyňovači, ať už se jedná o zplyňování uhlí či biomasy. Každý typ má své výhody i nevýhody, které shrnuje Tabulka 5.4

Tabulka 5.4 Pracovní podmínky jednotlivých typů zplyňovačů

		Souproudý	Protiproudý	BFB	CFB	EF
Teplota	°C	700 - 1200	700 - 900	< 900	< 900	~ 1450
Úroveň dehtování		nízká	vysoká	průměrná	průměrná	velice nízká
Řízení		snadné	velice snadné	průměrné	průměrné	složitě
Rozsah výkonů	MW _t	< 5	< 20	10 - 100	20 - ?	> 100
Surovina		velice rozhodující	rozhodující	málo rozhodující	málo rozhodující	pouze jemná

6. Pyrolýza biomasy

Pyrolýza (nebo též odplynění) představuje tepelný rozklad organických materiálů za nepřístupu zplyňovacích médií, jako je kyslík, vzduch, oxid uhličitý, vodní pára. Probíhá tak, že v oblasti teplot 150 až 900 °C se uvolní těkavé látky a vícemolekulární organické látky se rozloží na níže molekulární a molekuly s dlouhými řetězci se rozštěpí na kratší [10, 11, 12, 13].

Při pyrolýze dochází ke štěpení chemických vazeb výchozích látek za vzniku nových produktů.

Vlastní průběh pyrolýzního procesu, spočívá v odštěpování menších molekul z původních molekul s dlouhými řetězci, závisí na druhu a vlastnostech výchozího materiálu, obsahu vlhkosti v něm, pyrolýzní teplotě a reakční době.

Pyrolýza je jeden ze způsobů konverze biomasy do využitelného primárního energetického produktu. Jako důsledek termického rozkladu organických materiálů jsou tvořeny plynné, kapalné a tuhé produkty, které mohou být požitý jako takové nebo mohou být použity pro další zpracování.

Řízením hlavních reakčních parametrů tj. teplotou, rychlostí zahřívání, dobou zdržení, jakož i vlastnostmi biomasy, hlavně obsahem vlhkosti a granulometrií, je možné ovlivňovat oblast získaných produktů jako např.:

- Obvyklá pomalá pyrolýza běžně nazývaná karbonizace při teplotách kolem 450 °C, s nízkou rychlostí zahřívání a dlouhou dobou vypařování poskytuje přibližně vyrovnaný podíl tuhých, kapalných a plyných produktů.
- Rychlá nebo také blesková pyrolýza při teplotě asi 500°C při velmi rychlém zahřívání a krátkou dobou vypařování (méně než 1 sekunda) umožňuje vyšší produkci kapalných podílů v rozmezí 60 až 70 % vztaheno na vysušený surovinu.
- Rychlá pyrolýza při teplotách nad 800 °C, velmi vysoká rychlost zahřívání a krátké vypařovací době umožňuje vysokou produkci plynu vyšší než 80 %.

Tabulka 6.1 Podíly produktů u jednotlivých druhů pyrolýzy

Produkty	Rychlá pyrolýza	Pomalá pyrolýza	Tlaková pyrolýza
Kapalné	60-80%	30-35%	20-30%
Plynné	12-20%	25-30%	20-25%
Tuhé	5-15%	20-35%	40-45%

Při teplotách do 200 °C nastává sušení materiálu a odštěpení vodní páry, tato fáze vyžaduje přívod poměrně velkého množství tepla, neboť probíhající reakce jsou silně endotermické. V oblasti teplot mezi 200 °C až 500 °C dochází k suché destilaci, přitom nastává štěpení pobočných řetězců z vysokomolekulárních organických látek a přeměna na plynné a kapalné organické produkty a pevný uhlík. Při dalším zvyšování teploty jsou produkty suché destilace v rozmezí teplot 500 °C až 1000 °C dále štěpeny a transformovány. Přitom jak z kapalných organických látek, tak i z pevného uhlíku vznikají stabilní plynné látky jako H₂, CO, CO₂ a CH₄.

Podle teploty se rozlišuje:

- nízkoteplotní pyrolýza (reakční teploty pod 500 °C),
- středněteplotní pyrolýza (reakční teploty 500-800 °C),
- vysokoteplotní pyrolýza (reakční teploty nad 800 °C).

Důležitou problematikou tepelného štěpení je způsob přívodu tepla:

- Přímý ohřev látek horkými spalinami (z topných plynů nebo olejů) uváděnými do reakčního prostoru.
- Přímý ohřev teplem vznikajícím v reaktoru spalováním koksu přidávaného ke štěpené surovině. Tyto dva způsoby se používají u anorganických surovin (organické látky by při těchto postupech shořely).
- Ohřev teplem získaným spálením části štěpené suroviny přímo v reaktoru za přídavku vypočteného množství spalovacího vzduchu nebo kyslíku. Toto regulované spalování se používá u tzv. oxidačních pyrolýz uhlovodíků. Výroba acetylenu, syntézní plyny, saze.
- Ohřev inertními přenašeči tepla. Nejčastější využití přehřáté vodní páry u pyrolýz uhlovodíků, pára však kryje jen část potřebného tepla. Zbytek tepla je dodáván tzv. tuhými přenašeči tepla.
- Nepřímé zahřívání spalnými plyny. Ve spalovacích komorách dochází ke spalování plyných nebo kapalných paliv.

Tepelné štěpení se uskutečňuje u tuhých látek, kapalných i plyných, resp. vypařených (krakování a pyrolýza uhlovodíků). Reakční systém tvoří jednu fázi (při štěpení plyných surovin) nebo dvě fáze (typu tuhá látka - plyn nebo kapalina - plyn).

Ke štěpení anorganických látek dochází již za nízkých teplot zhruba 400 °C. Se zvyšováním teploty vzrůstá rychlost i stupeň štěpení. Dochází ke štěpení i pevnějších vazeb, ale i k dalším dějům. Jde o vznik násobných vazeb (nenasycených látek) a o úplný rozklad až na prvky, nejčastěji na uhlík ve formě koksu nebo sazí a na vodík.

O energetické náročnosti štěpení poskytují informace hodnoty středních vazebných energií mezi jednotlivými prvky, viz Tabulka 6.2.

Tabulka 6.2 Energie jednoduchých vazeb

Jednoduché vazby:	C-S	C-N	C-C	C-O	C-H
Energie vazby (kJmol ⁻¹)	270	300	350	360	400

Nejsnáze, tedy za nižších rozkladných teplot, se štěpí organické sirné sloučeniny (vazba C-S). Nejobtížněji probíhá štěpení vazeb C-H, tj. dehydrogenizační štěpení. Rozdíly ve snadnosti štěpení nejsou tak zásadní, aby bylo možno pro jednotlivá štěpení zcela ostře stanovit reakční teploty. Uvedené děje probíhají do značné míry současně. Tepelné procesy štěpení organických látek nelze prakticky nikdy považovat za selektivní.

Hodnoty střední vazebné energie jsou vždy ovlivňovány dalšími strukturními faktory, tj. složením a uspořádáním celých molekul, přítomnými skupinami apod. Násobné vazby mezi prvky jsou vždy pevnější než příslušné jednoduché vazby, které z nich většinou vznikají při tepelném štěpení dodáním energie, příslušné vazebné energie jsou proto vyšší, viz Tabulka 6.3.

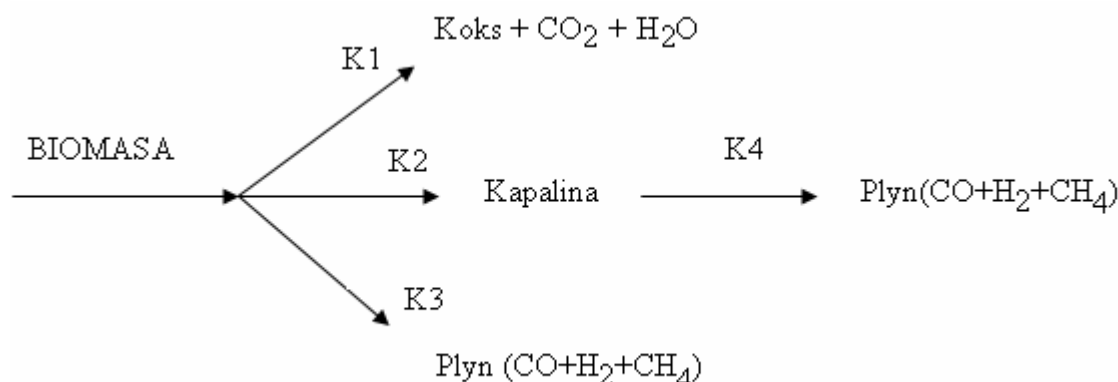
Tabulka 6.3 Energie násobných vazeb

Násobné vazby:	C=S	C=N	C=C (alkeny)	C=C (aromáty)	C≡C
Energie vazby (kJmol ⁻¹)	530	620	470	620	700

Pevnost vazeb mezi prvky a příslušná vazebná energie je v organických látkách menší než u látek anorganických.

6.1 Mechanismus pyrolýzy

V redukčních podmínkách pyrolýzy se komponenty biomasy rozkládají a vypařují. Zjednodušený kinetický model pyrolýzy biomasy je naznačen na Obrázek 6.2.



Obrázek 6.2 Mechanismus pyrolýzy

Pořadí tří hlavních paralelních postupů určených nominálními rychlostními konstantami K_1, K_2, K_3 s ohledem na aktivační energie v posloupnosti $E_1 < E_2 < E_3$.

První reakce, která dominuje při nízkých teplotách, umožňuje obvyklý pomalý pyrolýzní režim spojený s produkcí dřevěného uhlí. Druhá reakce převažuje při vyšších teplotách produkující hlavně kapaliny, je to rychlý pyrolýzní režim. Při ještě vyšších teplotách převažuje třetí reakce s převážnou produkcí plynu. Reakce poslední reprezentuje vypařování primárních produktů s nárůstem produkce plynu (poměrně pomalou při dané teplotě). Reakce 4 neovlivňuje produkci kapalného výnosu, jestliže doba vypařování je krátká. Tyto reakční postupy jsou navzájem protikladné a složení biomasy může ještě mechanismus pyrolýzy komplikovat.

Průběh pyrolýzního procesu je možné dle reakčních teplot rozdělit na několik fází při nichž převažují dané reakce:

- do 150 °C - se z hořlaviny odpařuje voda a uvolňují se plyny CO_2 , CH_4 , N_2 ,
- 200-300 °C - odštěpuje se z hořlaviny reakční voda, CO_2 , CO , H_2S ,
- 300-400 °C - nastává rozklad hořlaviny za vývoje dehtových par a CO , CO_2 , CH_4 , hořlavina bobtná a začíná měnit stav,
- 400-550 °C - rozklad hořlaviny pokračuje a začíná se tvořit amoniak (NH_3),
- 550-600 °C - ustává tvorba dehtových par a vzniká polokoks,
- 600-1000 °C - unikají dále plyny, v nichž se stoupající teplotou přibývá H_2 a ubývá CH_4 .

6.2 Tuhé produkty

Typické chemické složení tuhého pyrolýzního zbytku získaného pomalou pyrolýzou je 80-85 % tuhého uhlíku, 15-20 % prchavých látek a 0-2 % popela. Obsah popela závisí na obsahu popelovin v biomase. Obsah prchavých látek záleží na pyrolýzních parametrech. Například tlaková pyrolýza produkuje tuhý pyrolýzní zbytek s vyšším obsahem prchavých látek (nad 30 % při stejné teplotě) než atmosférická pyrolýza.

Tabulka 6.4 ukazuje některé parametry dřevěného uhlí v závislosti na typu pyrolýzního procesu a druhu biomasy.

Tabulka 6.4 Parametry dřevěného uhlí

Reaktor	ablativní			fluidní lože			stacionární lože		tlaková pyrolýza
Druh dřeva	borovice	borovice	měkké dřevo	topol, osika	topol, osika	topol, osika	tvrdé dřevo	tvrdé dřevo	tvrdé dřevo
Výrobce	Aston	Aston	NREL	Waterloo	Waterloo	Waterloo	CIRAD	CIRAD	CIRAD
Teplota (°C)	600	500	625	625	500	425	450	600	450
C (%)	82,53	75,27	81,8	73,16	66,77	55,13	83,49	88,4	80,69
H (%)	3,1	3,33	3,7	2,33	3,9	5,48	2,89	2,3	3,35
N (%)	0,09	0,1	0,01	0,43	0,35	n.a.	0,75	0,5	0,63
S (%)	n.a.	n.a.	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Popel (%)	n.a.	n.a.	2,84	9,5	3,2	3,4	0,3	0,3	0,3

Tabulka 6.5 Parametry pyrolýzy dle reaktoru

Výrobce	Waterloo	Waterloo	NREL	Aston	Aston	CIRAD	CIRAD	LAVAL
Druhy surovin	topol	javor	topol	borovice	borovice	tropické dřevo	tropické dřevo	měkké dřevo
Obsah vlhkosti (% _{nm})	0	5,9	4,6	1,2	9,25	11	11	5,36
Granulometrie (mm)	3	0,59	1	5,55	5,55	40x80x120	40x80x120	3 až 5
Parametry pyrolýzy								
Teplota (°C)	504	508	500	500	597	450	450	525
Tlak (bar)	1	1			0,76	1	4,2	0,53
Doba odpařování (s)	0,48	0,47	0,75	2,73	5,85	3600	3600	n.a.
Výnosy (% _{nm})								
Kapalné	77	77,2	64,3	82,1	79,9	35	27	71,5 vl.
Dř. uhlí	11,8	13,7	12	12,3	13,8	34	43	15,5
Plyn	11	9,8	16	13	10,2	29	26	12
Kapalné skupenství								
Kyselina mravenčí	1,48	1,48	0,97	4,72	1,33	0,16	0,14	n.a.
Kyselina octová	3,09	2,89	4,08	1,36	35	4,03	5,16	n.a.
Levoglucosane	1,02	1,5	1,99	3,32	0,99			n.a.
Acetol	2,85	1,75	4,08	1,11	0,97	n.a.	n.a.	n.a.

Jako tuhé palivo je dřevěné uhlí používáno po celém světě pro použití v domácnosti, pro výrobu železa (Brazílie, Malajsie), v elektrometalurgii jako reduktor křemíku (celosvětově) produkce chemikálií a aktivního uhlí. Celková roční světová produkce se pohybuje nad 10 milionu tun.

Změnu složení dřevěného uhlí při různých teplotách zachycuje Tabulka 6.6.

Tabulka 6.6 Složení tuhé hořlaviny původní a při různých teplotách

Složení (%)	Původní	do 200°C	do 300°C	do 350°C	do 400°C	do 450°C
C	50,42	52,08	56,35	66,7	77,15	92,13
H ₂	6,7	6,42	5,35	5,75	4,59	3,88
O ₂	42,15	41,23	37,44	27,27	17,82	3,6
N ₂	0,65	0,27	0,39	0,28	0,44	0,39
S	0,08	-	-	-	-	-

6.3 Kapalné produkty

Pyrolýzní kapaliny jsou nazývány jako pyrolýzní oleje, jsou velmi dobře známy jako produkty rychlých pyrolýzních procesů, kde jsou většinou používány pro chemické využití (dnes nahrazeno petrochemickým průmyslem).

Pyrolýzní kapaliny z biomasy jsou komplex tmavě hnědých, vizkozních, diametrálně odlišných a kyselých produktů.

Většinou jsou pyrolýzní tekutiny kontaminovány různým množstvím tuhých látek a také vodou, která udržuje bio-olej v tekuté formě. Obsah vody je kolem 20 % vztaženo na vysušenou surovinu (10 %_{hm}). V případě vlhké suroviny tato hodnota roste. Voda také pochází z chemických procesů během pyrolýzy. Tabulka ukazuje spektrum vlastností pyrolýzních kapalin z různých surovin ve srovnání s naftou, viz Tabulka 6.7.

Tabulka 6.7 Vlastnosti pyrolýzních olejů

	BTG borovice	Ensyn	FENOS	Pomalá pyrolýza	nafta
Vlhkost (%)	18,6	26,4	25,6	14,6	0,7
pH	2,7	2,75	2,17	-	-
Hustota (kg/dm ³)	1,25	1,23	1,28	1,19	0,84
Složení (%)					
C	54,8	59,6	54,4	61,9	85,9
H	6,6	6	6,1	6	13,3
N	0,4	0,3	0,4	1,05	0,25
S	0,11	-	-	0,03	0,3
Popelovina	0,02	-	-	1,5	-
O	38,3	33,8	39,1	29,5	-
Výhřevnost MJ/kg	16,6	16,8	15	-	41,9
Viskozita (mm ² /s 40°C)	105,7	175,6	n.a	300	7,5

Bioolej obsahuje několik stovek různých chemikálií široce lišícího se rozsahu, v rozmezí od látek nízké molekulové hmotnosti po látky s vysokou molekulovou hmotností fenoly a anhydrocukry. Složitost a různorodost pochází z rozkladu různorodých primárních sloučenin obsažených ve zpracovávané surovině (biomase) a z nekontrolovatelného rozkladů a slučování probíhajících při procesu pyrolýzy atd. Kapalné produkty rychlé pyrolýzy mají významně rozdílné fyzikální a chemické vlastnosti v porovnání s kapalnými produkty pomalé pyrolýzy.

Různé faktory ovlivňující proces :

- Obsah vody: Nadbytek vody v pyrolýzním oleji (50 %_{hm}.) zapříčiňuje stupeň oddělení. To záleží na pyrolýzních kapalinách a jejich původu.
- Vlastnosti suroviny: Například rašelina a řepkové semeno mohou produkovat dvě nebo tři rozdílné fáze v kapalinách. Ligniny jsou také v původu nejtěžších molekulárních částí kapalin.
- Skladování a stárnutí: Nejtěžší části směsi se pozvolna usazují na dně, přičemž tvoří hustý kal. Kontaktem se vzduchem zapříčiňuje rozklad bionafty pro vyhnutí se polymerizaci je nutné minimální kontakt s kyslíkem. Nicméně, bionafta nemůže být skladována ve vzduchotěsné nádobě z důvodu uvolňování plynů, a tedy případného růstu tlaku.
- Procesní parametry: Pomalá pyrolýza a dlouhá doba vypařování prodlužuje fázi oddělování štěpení ačkoliv vzájemné působení mezi teplotou a dobou zdržení jsou méně pochopeny. Část odplyněného zbytku, který se nezachytí v odlučovacích zařízeních se hromadí v kapalných produktech. Tento tuhý zbytek zvyšuje fázovou separaci následkem některých působení na uvolněné frakce ligninu. Kromě toho polymerizace a fáze separace mohou vznikat při teplotách nad 100 °C.

6.4 Plynné produkty pyrolýzy

Výroba nekondenzujících plynů pyrolýzou je blíže vysvětlena v části věnující se zplyňování, viz kapitola 5. Plyny prezentují 5 % obsahu energie biomasy při rychlé pyrolýze a 25-30 % v případě pomalé pyrolýzy. Hlavními složkami jsou CO, CO₂, CH₄ a H₂, které tvoří až 95 % zbytek do 100 % je N₂.

Produkce plynů roste s pracovní teplotou jak bylo naznačeno výše. Čím je vyšší teplota při pyrolýze, tím je větší podíl vodíku v produkovaném plynu, viz Tabulka 6.9. S vodíkem je do budoucna počítáno jako s perspektivním ekologickým palivem pro vodíkové technologie, jehož výroba je ale v současnosti velice energeticky náročná. Výroba vodíku z biomasy se v současnosti jeví do budoucna jako velice perspektivní.

Pro výrobu plynných produktů se pyrolýzy téměř nevyužívá, pro výrobu plynu z biomasy je mnohem výhodnější použít zplyňování, kdy se na plynné látky přemění až 95 % vstupního materiálu.

Tabulka 6.8 Tabulka přehled složení plynu

Typ pyrolyzního procesu	Druh dřeva	CO (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)	H ₂ (%)
Ablativní ASTON	Borovice	38,5	47,7	8,5	0,1
Ablativní ASTON	Topol	46,2	43,1	4,6	3,4
Fluidní lože	Topol	57,8	26,2	8,4	5,9
CIRAD(pomalá)	Třtina	21,3	51,8	19,2	4,2
Tlaková	Třtina	50,5	24,2	14,3	2,5

Tabulka 6.9 Složení pyrolyzních plynů dle teploty

Složka (%)	300 až 350 °C	350 až 400 °C	400 až 450 °C
CO ₂	53,5	55	28
C _n H _m	0,2	1,5	5
CO	27,7	32,6	29
H ₂	3,7	3	17,3
CH ₄	14,9	7,9	20,6

6.5 Technologie pomalé pyrolýzy – karbonizace

Nejčastější využití pomalé pyrolýzy je pro výrobu dřevěného uhlí. Dřevo se zuhelňuje při teplotách kolem 400 °C, a to obvykle přímo částí vlastních pyrolyzních plynů.

Tímto procesem se získává asi 35 % dřevěného uhlí (vztaženo k hmotnosti výchozího zcela suchého dřeva). Kondenzací vznikajícího kondenzačního plynu lze získat dřevný dehet, až 7 % kyseliny octové a 1 % methanolu na hmotnost dřeva.

Mimo kvalitní surovinu (tvrdé listnaté dřevo) je podmínkou pro vytvoření opravdu kvalitního výrobku způsob výroby, neboli technologie. V současné době existují 2 základní varianty:

- pálení dřevěného uhlí v klasických mlířích - karbonizačních pecích (hliněná, nebo ocelová konstrukce),
- pálení v retortách.

Rozdíl mezi těmito technologiemi je v přívodu tepla potřebného pro pyrolýzu. U karbonizačních pecí je teplo dodáváno zevnitř spalováním části dřeva, u retort je teplo přiváděno zvenčí přes stěny pláště spalováním většinou odpadního paliva. Jelikož je spalování části dřeva

v karbonizačních pecích nedokonalé, tvoří se rada uhlíkatých sloučenin, které se vážou na dřevěné uhlí. Dřevěné uhlí z retort je tak chemicky výrazně čistší [4].

Využití zařízení retort zajišťuje kromě efektivnější výroby zejména stálou kvalitu finálního produktu. V retortách probíhá stálý karbonizační proces řízený řídicí jednotkou, která vyhodnocuje různé hodnoty určující stálou kvalitu výrobku. Kromě této vlastnosti je taktéž nutné myslet na ochranu životního prostředí. Proto jsou retorty vybaveny zařízeními, která zajišťují plnění požadavků na ochranu ŽP definovaných jak zákony ČR, tak i EU.

Karbonizační pec je celokovová nádoba, ze spodní strany uzavřená plným dnem a uložena v křížovém nosníku, z vrchní strany je kryta stropem (střechou) a je opatřena soustavou komínů (kouřovodů). Mezi kouřovody jsou uloženy dvě spalovací komory, mezi nimi je ustaven kondenzátor. Každá spalovací komora je opatřena malou plynovou stanicí s nuceným přívodem sekundárního vzduchu do spalovacích komor. Pece mohou mít různé modifikace kondenzátoru - vodní - chlazený nuceným oběhem pomocí vodního čerpadla a nebo vzdušný - nuceně chlazený přidavnými ventilátory. Kondenzátor je spojen potrubím s vnitřním prostorem tělesa pece pro odtok kondenzátu [47].

Tato zařízení nejsou příliš složitá, jak napovídá předchozí text a Obrázek 6.2. Možné parametry karbonizační pece znázorňuje následující Tabulka 6.10.

Tabulka 6.10 Parametry karbonizační pece

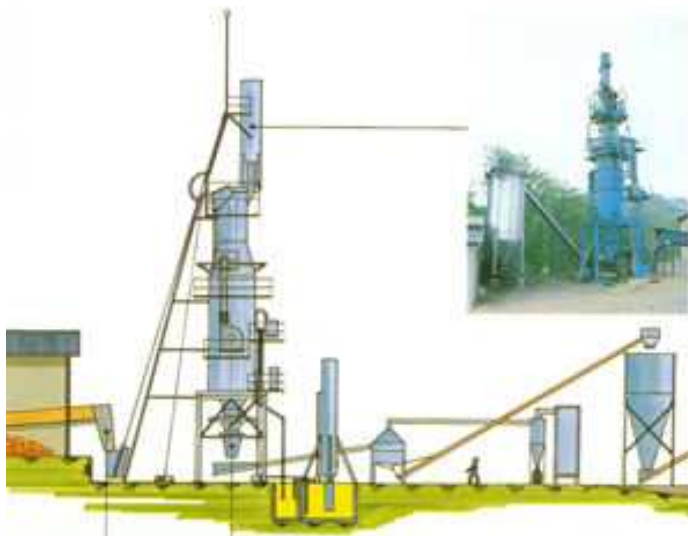
Rozměry	Průměr pece kruhový 3 000 mm (varianta kruhová)
	Průměr pece 2 800 mm (varianta ukosených dveří)
	Výška pece 2 600 mm
	Výška komína 1 800 mm
	Výška celkem 4 400 mm
	Síla pláště 6 mm
	Síla dna 2x 8 mm
Hmotnost	4 600 kg bez náplně chladiče
Kondenzátor kapalinový	Celoročně - nemrznoucí kapalina např. SENAL (ekologicky čistý), FRIDEX - nucený oběh čerpadlem
	Sezónně - voda
Obsah kondenzátoru	min. 150 l
Kondenzátor vzdušný	Ventilátor 2x
Vsázka	9 - 10 PRM dřevní hmoty
Doba trvání výpalu	28 - 32 hod.
Doba vychladnutí	24 hod.



Obrázek 6.3 Karbonizační pec

Princip retorty je podobný jako u šachtové pece. Palivo je kontinuálně nebo diskontinuálně dopravováno do horní části retorty. Z horní části je také odebírán pyrolýzní plyn, který se následně spaluje, přičemž se teplo spalin předává přes stěny do retorty. To přináší i větší výtěžnost dřevěného uhlí (2 až 5krát více), jelikož nedochází ke spalování dřeva ani dřevěného uhlí.

Automatický proces má menší nárok na pracovní sílu, proces má mnohem menší dopady na životní prostředí a zdraví pracovníků. Chladicí voda je recyklována a případné přebytky pyrolýzních plynů či chladících plynů jsou spalovány v polním hořáku.



Obrázek 6.4 Karbonizační retorta

Retorta je tepelně izolovaná, což snižuje potřebu tepla přiváděného do procesu. Reaktor je vyroben z korozivzdorného materiálu, což zaručuje dlouhou životnost zařízení. Dřevěné uhlí je ochlazováno na teplotu okolí.

Parametry procesu:

- Produkce dřevěného uhlí : 2 až 6 tis.t ročně
- Složení dřevěného uhlí: uhlík 85-90 %, vlhkost 3-4 %, prchavá hořlavina max. 12 %

Uvedený způsob výroby dřevěného uhlí je jen jeden z několika možných způsobů. Tato zařízení se nestavějí příliš často, proto se nevyrábějí sériově a výrobci si koncepce chrání.

Uvedená koncepce představuje princip založený na šachtě (šachtové peci), jinou koncepcí může být například koncepce založená na principu etážové pece.

6.6 Technologie rychlé pyrolýzy – zkapalňování

Rychlá pyrolýza je jedním z nejnovějších procesů přeměny biomasy na produkty s vysokou energetickou hodnotou – kapaliny. Tento proces je stále ve fázi výzkumu a vývoje, přičemž některé oblasti jsou nedostatečně pokryty i co se týče zmiňovaného výzkumu a vývoje.

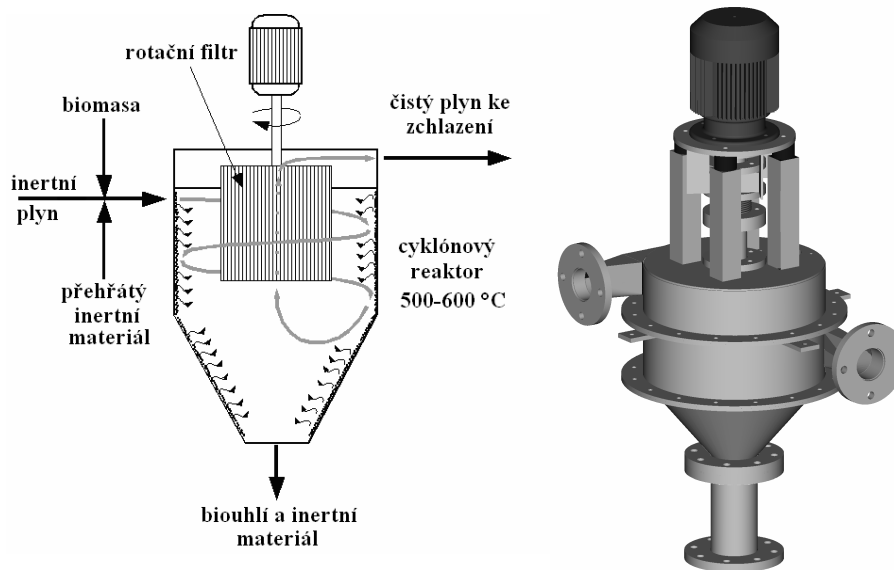
Rychlá pyrolýza nabízí hlavní výhodu v poskytování kapalných produktů, které jsou snadno transportovatelné a oddělitelné od konverzní technologie (ve srovnání s plynem). I když je méně rozvinuta než spalování nebo zplyňování je pyrolýza pro kapalné produkty výhodná z důvodu, že bionafta může nahradit klasická dnes používaná kapalná paliva.

Výzkumem a vývojem je však nedostatečně pokrytá termochemická přeměna biomasy tzv. rychlou pyrolýzou při atmosférickém tlaku a při středních teplotách v reaktoru 450 - 600°C s dobou setrvání biomasy v reakční zóně do 2 sekund. Hlavním produktem jsou páry a aerosoly, které po rychlém zchlazení kondenzují na kapalinu o výhřevnosti 16 - 22 MJ/kg, kterou je možno upravovat na motorové či jiné biopalivo.

Z celkových produktů rychlé pyrolýzy je možno získat 75 %_{hm} kapalného biopaliva, 13 %_{hm} hořlavého plynu a 12 %_{hm} tuhé zkarbonizované biomasy. Tímto způsobem je možno zpracovávat i bioodpady. Pro omezení obsahu vody v biopalivu je nutné biomasu předsušit na 10 – 13 % vlhkost. Rychlá pyrolýza biomasy se začíná uplatňovat v zahraničí vzhledem k experimentálně jednoduché a flexibilní technologii.

Technologii rychlé pyrolýzy lze představit následujícím zařízením. Hlavní částí je pyrolýzní reaktor, viz Obrázek 6.4. Reaktor je koncipován zároveň jako cyklónový odlučovač, což přináší nesporné výhody. Tangenciálně je do cyklonu přiváděn inertní plyn, který unáší jednak částice biomasy, tak částice inertního materiálu (písku). Inertní materiál má u tohoto typu reaktorů velký význam, prostřednictvím něho je biomase předávána tepelná energie potřebná pro rychlé odplynění. Teplo se tak předává biomase, ta se odplyňuje, a uvolněné plyny proudí přes rotační vysokoteplotní odlučovač do chladiče, kde dojde k rychlému zchlazení plynů a vysrážení biooleje, viz Obrázek 6.6. Zbylé biouhlí a inertní materiál je veden do fluidního kotle, kde se zbytek biomasy spálí a přehřeje se inertní materiál.

Tato technologie patří k nejmodernějším technologiím zkapalňování biomasy. Většina předchozích typů využívala externího přívodu tepla přes stěny reaktoru. Pro odplynění musely být teploty teplosměnných ploch podstatně vyšší, jelikož součinitel přestupu tepla nebyl nijak vysoký. U tohoto typu postačují teploty na úrovni 500-600 °C, přičemž biomasa setrvává v reaktoru 0,5 až 1 s. Inertního materiálu je asi 20krát více než je biomasy, což zaručuje dostatečný tepelný potenciál pro rychlé odplynění [13].



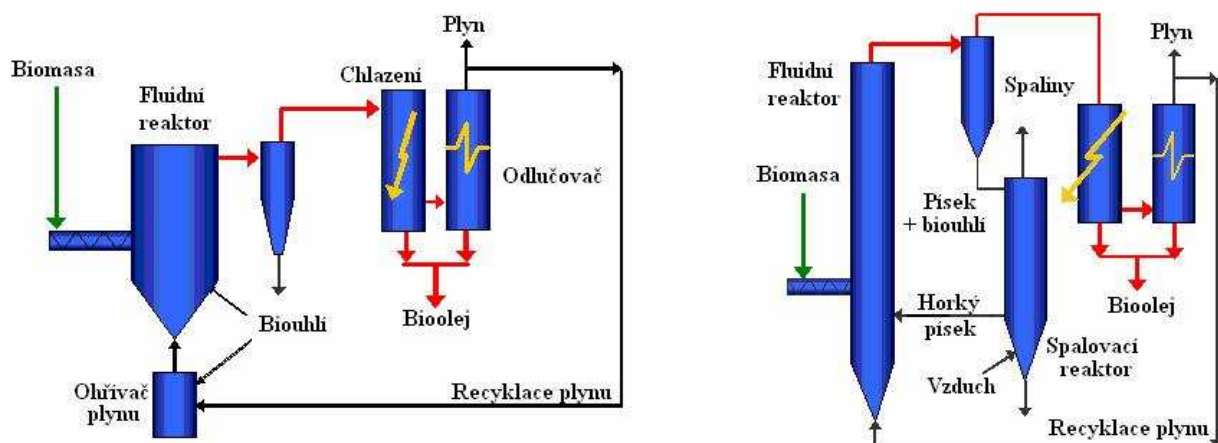
Obrázek 6.5 Cyclónový pyrolýzní reaktor

Znaky pyrolýzního reaktoru PyRos:

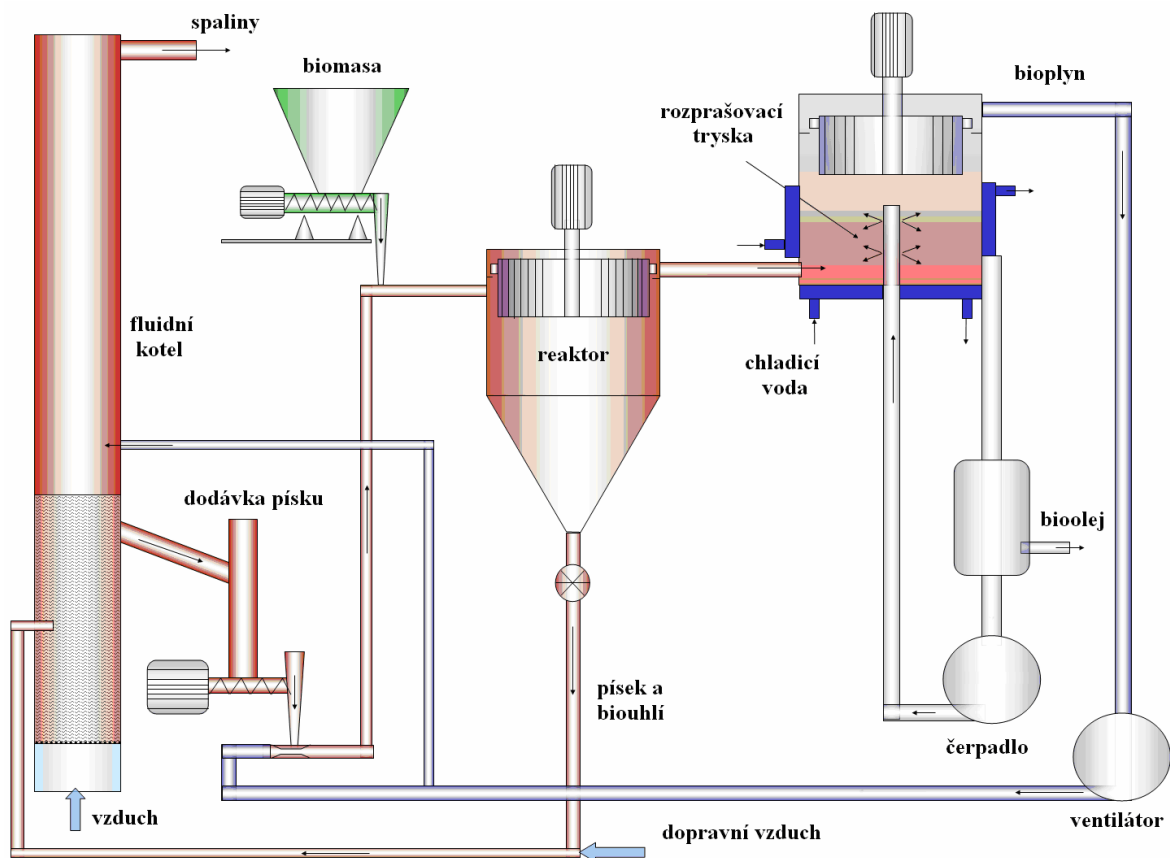
- Velký součinitel přestupu tepla do biomasy,
- Krátké časy setrvání (pod 1 s),
- Možnost řízení času setrvání – možnost odplynění i větších částic,
- Výsledný produkt bez tuhých částic,
- Integrace reaktoru a odlučovače částic,
- Nízká cena díky kompaktnosti.

Mimo tuto technologii existuje ještě několik koncepcí pyrolýzních reaktorů, které jsou však stále ve stádiích laboratorních pokusů, pilotních nebo demonstračních jednotek.

Principiálně se jedná o pyrolýzní reaktory s fluidním ložem. Jak zachycuje Obrázek 6.5, zařízení se skládá z fluidního reaktoru, cyklónu, systému ohřevu fluidní vrstvy, chlazení a odlučovače.



Obrázek 6.6 Schémata fluidních pyrolýzních zařízení – vlevo se stacionární fluidní vrstvou, vpravo s cirkulující fluidní vrstvou



Obrázek 6.7 Schéma stanice na zkapalňování biomasy

7. Fyzikálně-chemické přeměny

Pomocí fyzikálně-chemických procesů můžeme biomasu upravovat do formy kapalného paliva. Pro tento proces jsou vhodné olejiny, ze kterých se pomocí esterifikace oleje vytváří látka s vlastnostmi podobnými motorové naftě.

7.1 Esterifikace

V současné době se zpracovávají olejnatá semena nejen v průmyslových olejárnách, ale i v decentralizovaných provozech. V centrálních olejových mlýnech jsou olejnatá semena s obsahem oleje více než 20 % lisována po předešlém ohřevu na 80 až 90 °C, čímž se deaktivují některé enzymy, zlepšuje separovatelnost oleje a zajišťuje optimální podíl vlhkosti. Lisování probíhá prostřednictvím šnekových lisů, čímž se získá asi 50 % oleje obsaženého v rostlinách. Zbytky po lisování jsou dále drceny a dopravovány do extraktoru, kde se pomocí rozpouštědla (nejčastěji hexanu) extrahuje zbylá část oleje. Z extraktu – miscely se po filtraci destilací oddělí rozpouštědlo, které se vrací zpět do procesu. Ve zbytku olejiny zůstává asi 1,5 až 2 % oleje. Olej z lisování a z extrahování je možno smíchat, oleje mají stejné vlastnosti a nazývají se surovými oleji.

Následuje několik procesů úpravy surového oleje, rafinace.

- Deguming – odstranění fosfolipidů a neutralizují se volné mastné kyseliny,
- Superdeguming – odstranění pigmentu, stop kovů a síry,
- Deodorizace – odstranění zápachů parní destilací ve vakuu,
- Winterizace – odstranění případných vosků.

Po rafinaci má olej vlastnosti jedlého oleje, účinnost procesu je okolo 98 %. Energetická náročnost na dosud uvedené procesy je asi 1,7 GJ/t olejových semen, přičemž asi 0,7 GJ/t připadá na rafinaci.

Účinnost lisování u nízkokapacitních lisoven je od 65,7 až po 85,3 %, kdy je účinnost větší u větších lisů s ohřevem semene. Účinnost je důležitým ekonomickým parametrem a vztahuje se na celkové množství oleje v semenech.

Účinnost procesu lisování λ_k a čistá výtěžnost lisování V_L se vypočte:

$$\lambda_k = \frac{m_{\check{r}o}}{m_{\check{r}s} \cdot \frac{q_{\check{r}s}}{100}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Rovnice 7.1

$$V_L = \frac{m_{\check{r}o}}{m_{\check{r}s}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Rovnice 7.2

kde $m_{\check{r}o}$ – množství čistého řepného oleje (kg)
 $m_{\check{r}s}$ – množství řepného semene (kg)
 $q_{\check{r}s}$ – obsah oleje v řepkovém semeni (%_{hm}).

Výsledný produkt s kvalitou jedlého oleje je použitelný jako palivo sám o sobě, motor je však třeba upravit pro spalování rostlinných olejů. Rostlinný olej se liší hlavně viskozitou a bodem vzplanutí, viz. Tabulka 7.1, od čehož se odvíjí i úpravy motoru.

- Oddělená vyhřívaná nádrž s rostlinným olejem, která se ohřívá na provozní teplotu. Motor pracuje po nastartování na naftu, po zahřátí přejde do režimu spalování oleje a před ukončením opět do režimu spalování nafty.
- Řešení s jednou nádrží, s upraveným systémem ohřevu před vstřikováním, modifikované spalovací svíčky aj.

Tabulka 7.1 Viskozita a bod vzplanutí rostlinného oleje a nafty

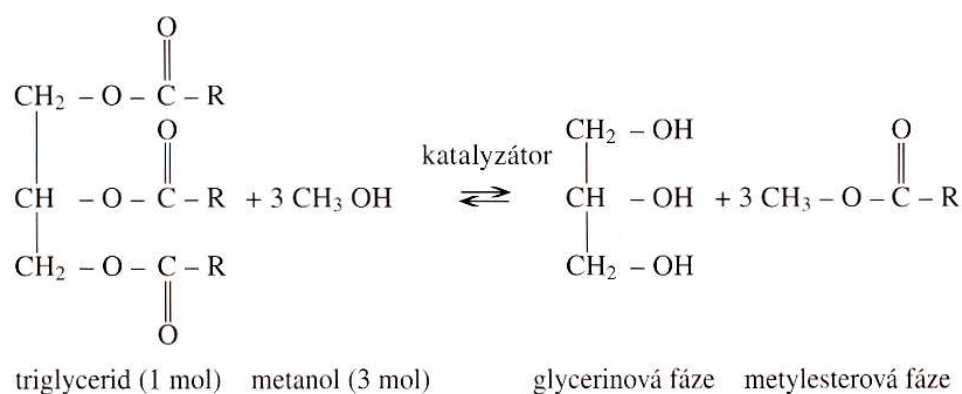
Parametr		Rostlinný olej	Motorová nafta
Kinematická viskozita (mm ² /s)	při 20 °C	70 až 78,7	3,08 až 4,25
	při 40 °C	36,7 až 38	1,5 až 4
Bod vzplanutí (°C)		220 až 255	55 až 65

Při pokusech na vznětových motorech bylo zjištěno, že se rostlinného oleje dá bez větších problémů využít, je však zapotřebí zmiňovaných úprav, výkon motoru je použitím oleje snížen a použitelnost rostlinného oleje je omezena teplotou okolního vzduchu (5 °C) [4].

7.1.1 Metylestery mastných kyselin

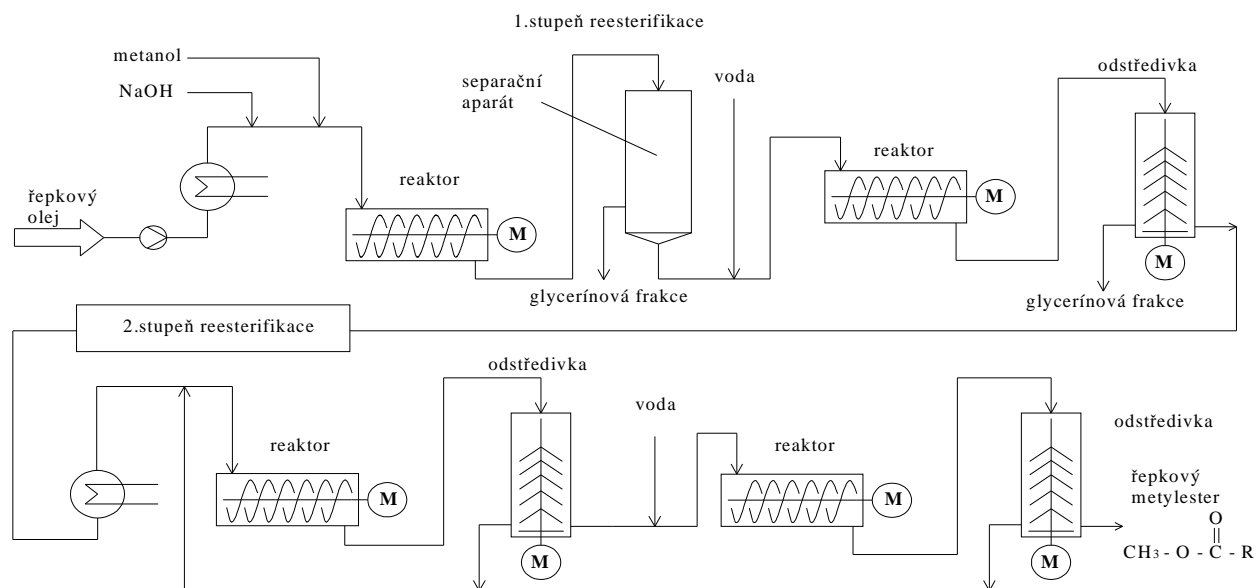
Dalším možným způsobem, jak využít rostlinných olejů jako paliva vznětových motorů, je úprava rostlinných olejů do podoby, ve které budou zaměnitelné s motorovou naftou. Tato úprava je dosažitelná procesem esterifikace, kdy výsledné metylestery mastných kyselin mají vlastnosti naftě velice podobné.

Metylestery mastných kyselin (FAME) se vyrábějí z triglyceridů, které tvoří cca 98 % rostlinných olejů a živočišných tuků. Výroba probíhá na principu katalytické esterifikaci nebo reesterifikaci s alkoholem, nejčastěji s metanolem. Procesem reesterifikace vznikají z řepkového oleje a metanolu dvě fáze dle následující Rovnice 7.3.


Rovnice 7.3

Jak již bylo řečeno, v rostlinném oleji se reakce zúčastňuje asi 98 % složek, přičemž vzniká tížená metylesterová fáze, dále glycerinová fáze, přebytečný metanol a nezreagované složky oleje. Jednotlivé vyjmenované složky plus další vzniklé reakcí katalyzátoru s látkami vyskytujícími se při reakci jsou obtížně promíchaltelné, takže dochází k vrstvení do dvou směsí. Směsi je třeba rafinovat na standardní kvalitu produktů.

Celý proces se opakuje několikrát, schéma rafinační kolony zachycuje Obrázek 7.1, přičemž je 2. stupeň reesterifikace totožný s 1. stupněm, a proto je v obrázku zakreslen pouze blokově.



Obrázek 7.1 Technologické schéma výroby řepkového metylesteru

Naznačený princip je jen jednou z možných technologií využívajících se v Evropě, pro všechny postupy je však možné shrnout charakteristické body:

- Bazicky katalyzovaná reesterifikace řepkového oleje metanolem (NaOH, KOH),
- Šaržově nebo kontinuálně probíhající reesterifikace v míchaných reaktorech, kolonách nebo průtočných reaktorech,
- Intermediární vícestupňové oddělování glycerinové fáze,
- Bez tlaku při teplotách 60 až 75 °C,
- Obvykle předběžná úprava řepkového oleje odkyselením a odsližením, omezení vody a volných mastných kyselin.

Přehled o parametrech, energetické spotřebě, regentech a produktech při výrobě 1 tuny řepkových metylesterů různými postupy uvádí Tabulka 7.2. Princip výroby FAME je dobře patrný z blokového schématu, viz Obrázek 7.2.

Po výrobu metylesterů lze užít i použité kuchyňské oleje či kafilerní tuky, které však vykazují některé podstatné odlišnosti. Jedná se o větší podíl volných mastných kyselin, nepříznivé spektrum mastných kyselin a v neposlední řadě nízká teplota tavení oleje. U těchto olejů se provádí nejprve esterifikace na a následně reesterifikace triglyceridů [4].

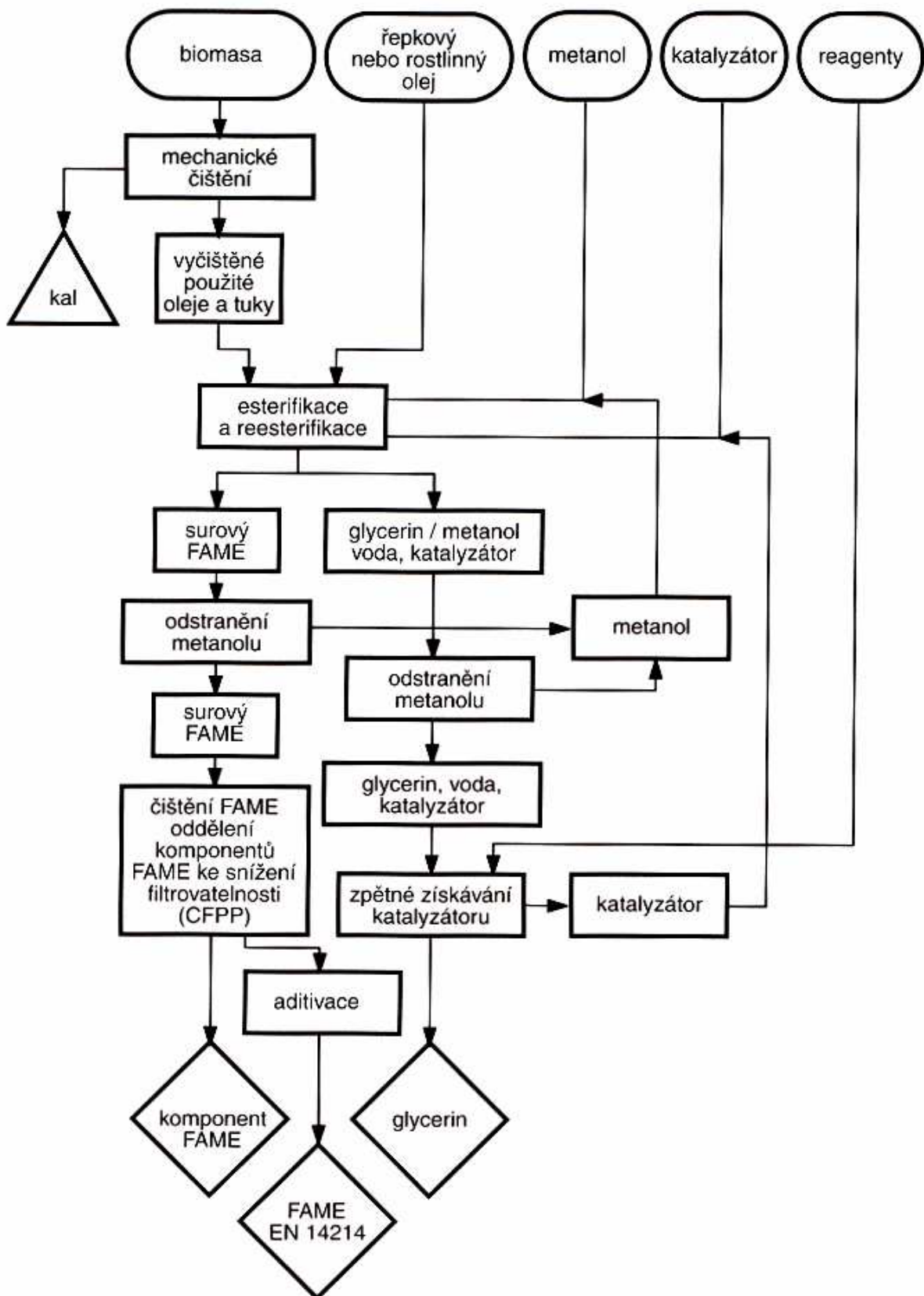
Na charakteristické vlastnosti metylesterů mají vliv jednak použitá technologie tak kvalita vstupní suroviny. Použitá technologie má vliv na číslo kyselosti, obsah metanu, bod vzplanutí a podíl zbylých glyceridů. Další charakteristické vlastnosti jsou dány hlavně spektrem mastných kyselin, a tím surovinou, viz Tabulka 7.3 a Tabulka 7.4.

- Jodové číslo – hmotnost jodu vázaného na vzorek za specifických podmínek. Je mírou dvojných vazeb, a tím mírou snadnosti spalování. Mezní hodnota 120 g J na 100 g tuku zaručuje malé zanášení spalovacího prostoru.
- Cetanové číslo – vyjadřuje reaktivitu biopaliva. Malé cetanové číslo způsobuje problémy při startování apod. Nízké cetanové číslo způsobuje velký podíl metylesterů mastných kyselin s krátkými řetězci.

- CFPP – mezní hodnota filtrovatelnosti. Je to nejvyšší teplota, při které pohonná hmota daného objemu neprotéká normovaným filtračním zařízením. Vliv na tento parametr má opět podíl mastných kyselin s dvojnými vazbami.
- Oxidační stabilita – míra předčasného stárnutí. Je to proměnlivá vlastnost závislá na skladovacích podmínkách oleje, ale i semen, a to hlavně co se týče tepla, světla, množství vody a kovů.

Tabulka 7.2 Parametry esterifikačních technologií

Technologický postup	Kvalifikace postupu	Kvalita výchozího řepkového oleje	Vstupní energie (kW.h)		Výstup surového glycerinu	Reagenty	Vedlejší produkty a odpady
			tepelná	elektrická			
Vysokotlaký postup	kontinuální výroba tlaková 50 bar při 200 °C	odsližený 1110 kg	968	30	130 kg 81 % glycerolu	metanol: 135 kg katalyzátor: 1,5 kg	odpad.voda: 18,5 kg
Feld&Hahn	kontinuální výroba beztlaková při 70 °C	odsližený 1040 kg	178	17	132 kg 80 % glycerolu	metanol: 109 kg NaOH (96%): 7 kg odbarv.hlinka: 5 kg HCl: 20 kg Ca(OH) ₂ : 3 kg Na ₂ CO ₃ : 2,5 kg H ₂ PO ₄ : 2 kg	spotř.běl.hlinka: 7 kg mastné kys.: 31 kg odpad: 18,5 kg
Lurgi	kontinuální výroba beztlaková při 60 až 75 °C	odsližený 1010 kg	211	16	116 kg 80 % glycerolu	metanol: 109 kg Na-metylát: 6 kg HCl: 13,5 kg Ca(OH) ₂ : 0,8 kg Na ₂ CO ₃ : 1,3 kg H ₂ PO ₄ : 2 kg	mastné kys.: 3 kg filtrační koláč: 10 kg odpad.voda: 15 kg
Vogel&Noot	šaržová beztlaková při normální teplotě	surový, vodou odsližený 1044 kg	90	58	101 kg 88 % glycerolu	metanol: 112 kg KOH (88%): 14 kg voda: 40 kg kys.octová: 0,3 kg KOH (50%): 4 kg H ₂ PO ₄ (85%): 20 kg	odpad.voda: 43,5 kg hydro-fosforečnan draselný: 21 kg mastné kys.: 67 kg



Obrázek 7.2 Schéma výroby FAME

Tabulka 7.3 Vliv suroviny a procesu na parametry FAME

Charakteristické vlastnosti metylesterů	Vliv suroviny	Vliv procesu	Příčina
číslo kyselosti		•	přeměna, podíl rozpuštěného katalyzátoru
jodové číslo	•		spektrum mastných kyselin
obsah metanolu		•	kvalita demetanolizace
filtrovatelnost CFPP	•		spektrum mastných kyselin
kinematická viskozita	•	•	spektrum mastných kyselin (• přeměna)
hustota	•		spektrum mastných kyselin
zbytkové glyceridy		•	přeměna glyceridů
nečistoty	•	•	kvalita suroviny, oddělení fází
bod vzplanutí		•	obsah metanolu
zbytek uhlíku Conradson	•	•	spektrum mastných kyselin (• obsah glycerinu)
popel		•	kvalita úpravy surovin
skupina kovů I a II, fosfor	•	•	(• kvalita suroviny) kvalita úpravy surovin
cetanové číslo	•		spektrum mastných kyselin
oxidační stabilita	•	•	spektrum mastných kyselin (• teplotní profil, oxidace, skladování)
teplotní stabilita	•		spektrum mastných kyselin

Tabulka 7.4 Parametry metylesterů z různých surovin

Ukazatel	Metylestery mastných kyselin						ČSN EN 14214
	řepkového oleje	slunečnic. oleje	sójového oleje	palmového oleje	hovězího tuku	použitých tuků a olejů	
jodové číslo	115	135	130	55	45	80	max. 120
cetanové číslo	49	49	46	62	58	52	min. 51
CFPP (°C)	-10	-2	-2	+9	+14	+7	0 třída B -10 třída D -20 třída F

7.1.2 Technologie výroby

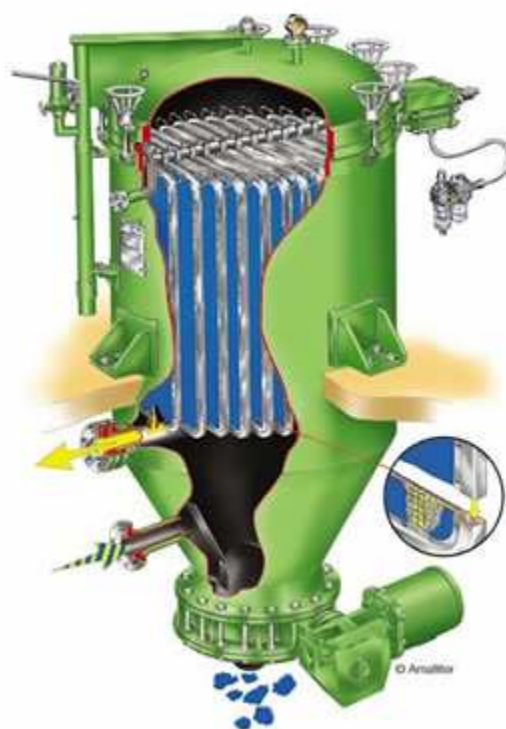
Technologie výroby metylesterů mastných kyselin připomíná chemické závody a ve skutečnosti se o chemickou úpravu také jedná. Jedinými mechanickými úpravami suroviny vstupujícími do procesu (semena rostlin) je lisování a filtrace.

Lisování se provádí nejčastěji pomocí šnekových lisů, které se vyrábějí s kapacitou až 2 t semne za hodinu. Lisy musí být spolehlivé s dobou provozu okolo 8000 h/rok. Lisy jsou robustné konstrukce, viz Obrázek 7.3. Váha těchto strojů se pohybuje v řádu desítek tun [49].



Obrázek 7.3 Lis na olejnatá semena

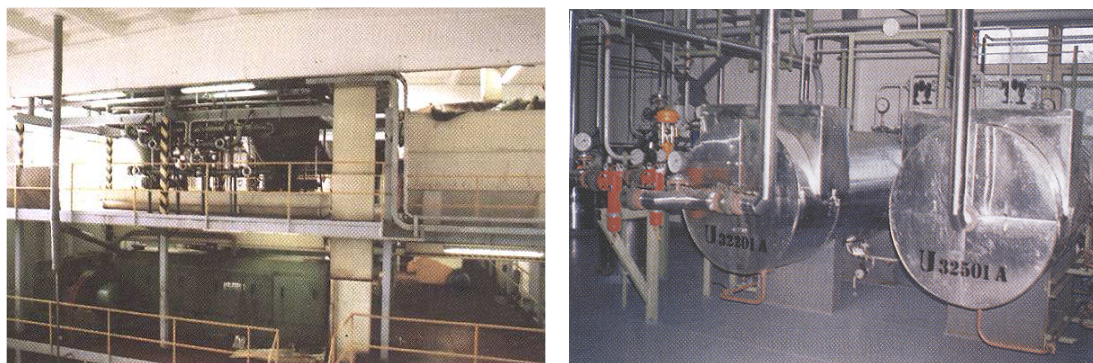
Pro filtraci oleje za studena a za tepla se používají různé koncepce filtrů. Pro filtraci za studena lisovaného řepkového oleje se využívá filtr, který zachycuje Obrázek 7.4. Filtr je osazen dalšími pomocnými zařízeními, jako jsou tlakové spínače, snímače hladiny, ventily, čerpadla, elektronika řízení a zásobníky na olej. Samotný filtr je rukávové koncepce [49].



Obrázek 7.4 Filtr studeného oleje

Následující operace úpravy surového oleje se již dějí v tlakových nádobách, reaktorech a odstředivkách, jak naznačuje Obrázek 7.1. Jak již bylo uvedeno výše, technologických postupů je několik, přičemž se liší pracovní teplotou, tlakem, katalyzátorem aj. Technologie se tak příliš neliší po technické stránce, ale spíše po chemicko-technologické.

Náklady na pořízení technologie výroby metylesterů mastných kyselin se pohybují v řádu desítek až stovek milionů korun v závislosti na kapacitě jednotky. V ČR se nacházejí 4 jednotky na výrobu FAME z nichž výrazně převyšuje svou kapacitou jednotka s výkonností 120 t/den. Jednotlivé dílčí části technologie zachycuje Obrázek 7.5 a Obrázek 7.6. Jedná se o zařízení z různých technologií a s různými výkony. Jak již bylo uvedeno, každý výrobce používá vlastní technologie, přičemž se nedá říci, že některá je výrazně výhodnější.



Obrázek 7.5 Technologie výroby FAME – vlevo lisování a filtrace, vpravo separátor fází



Obrázek 7.6 Technologie výroby FAME – vlevo talířové odstředivky, vpravo expediční místo výroby

7.1.3 Vlastnosti metylesterů mastných kyselin

Na začátku 90. let se v některých evropských zemích začala tvořit soustava norem pro standardizaci paliva na bázi rostlinných olejů. Tato iniciativa vyústila vydáním společné evropské normy EN 14214, která se vztahuje na metylestery mastných kyselin. Mastné kyseliny se vyskytují ve všech rostlinných olejích i živočišných tucích, nejvhodnější pro výrobu metylesterů je však řepkový olej. Vznikly i další normativní standardy pro směsi nafty a FAME, které mohou být buď do 5 % FAME nebo nad 30 % FAME.

Metylestery mastných kyselin mají své specifické vlastnosti.

- Afinita k vodě – FAME jsou hydrofobní, voda může vést k hydrolýze, korozi a následným problémům. Ty lze minimalizovat vhodnými aditivami.
- Biologická rozložitelnost – FAME jsou velmi dobře biologicky rozložitelné, a to v téměř v 100 % množství a v krátké době.
- Toxicita – tyto látky nejsou toxické.
- Těkavost – těkavost není u těchto látek podstatná.
- Materiálová snášenlivost – metylestery jsou agresivnější k běžným pryžovým materiálům.
- Vliv na mazací oleje – při použití FAME se projevilo sklon k ředění motorových olejů. Dnes jsou na trhu speciální motorové oleje, které jsou pro toto palivo určeny. Při použití běžného oleje je třeba provádět výměnu častěji.
- Cetanové číslo – je vyšší než u motorové nafty, FAME je tak reaktivnější.
- Mazivost – mazivost FAME je výrazně vyšší než u motorové nafty.
- Spotřeba – spotřeba paliva je cca o 6 až 10 % vyšší oproti motorové naftě, což je způsobeno menší výhřevností (36,3 MJ/l u nafty a 33,1 MJ/l u FAME).
- Emise – při spalování metylesterů dochází k výraznému snížení všech emisí kromě NO_x. Tento problém by měl vyřešit dokonalejší systém dodávky paliva do spalovací komory.

Normou ČSN EN 14214 jsou dány minimální a maximální parametry metylesterů mastných kyselin a uvádí je Tabulka 7.5.

Tabulka 7.5 Ukazatele jakosti FAME

Ukazatel jakosti	Jednotka		Hodnota
cetanové číslo	min.		51
obsah esteru	min.	% _{hm}	96,5
obsah síry	max.	mg.kg ⁻¹	10
hustota		kg.m ⁻³	860 až 900
viskozita 40 °C		mm ² .s ⁻¹	3,5 až 5
bod vzplanutí	min.	°C	120
obsah nečistot	max.	mg.kg ⁻¹	24
obsah vody	max.	mg.kg ⁻¹	500
CCT 10 % dest. zbytku	max.	% _{hm}	0,3
popel sulfátový	max.	% _{hm}	0,02
oxidační stabilita 110 °C	min.	h	6
číslo kyselosti	max.	mg KOH/1 g	0,05
jodové číslo	max.	g J ₂ /100 g	120
metylester kyseliny linolenové	max.	% _{hm}	12
korozie na mědi 3 h/50 °C			třída 1
obsah metanolu	max.	% _{hm}	0,2
obsah monoglyceridů, diglyceridů a triglyceridů	max.	% _{hm}	0,8 0,2 0,2
obsah volného glycerolu	max.	% _{hm}	0,02
celkový obsah glycerolu	max.	% _{hm}	0,25
obsah kovů I.skupiny (Na+K)	max.	mg.kg ⁻¹	5
obsah kovů II.skupiny (Ca+Mg)	max.	mg.kg ⁻¹	5
obsah fosforu	max.	mg.kg ⁻¹	10
teplota filtrovatelnosti			
třída B			0
třída D			-10
třída F	max.	°C	-20

8. Výroba bioplynu

Výroba bioplynu je jednou z forem získávání energií z obnovitelných zdrojů energie, biomasy. Z důvodu nedostatku primárních zdrojů energie v dnešní době nabývá výroba bioplynu stále většího významu.

8.1 Stav ve světě

Ve světě se objevují různé formy jeho využití od tradiční přeměny bioplynu v kogenerační jednotce na elektrickou a tepelnou energii až po technologie zatím spíše na teoretické bázi např. využití bioplynu v palivových článcích [13].

V několika zemích, např. ve Švédsku, Švýcarsku, Francii a na Islandu, se objevuje bioplyn v dopravě, kde se využívá pro několik stovek vozidel. Jde převážně o provoz městských autobusů a vozidel pro svoz komunálních odpadů. Aby byly splněny požadavky jakosti pro palivo, musí bioplyn dosáhnout definovaného stupně čistoty. Kritické příměsi jako H_2S , H_2O a CO_2 musí být odstraněny. To je již s dnešní technickou vybaveností možné.

Další forma využití, která se začíná objevovat zejména v sousedním Rakousku, je úprava bioplynu na kvalitu zemního plynu s následnou dodávkou do jeho potrubní sítě. Tento projekt běží v současné době v zařízení v obci Markt Sankt Martin, kde může být připraveno 1000 m^3 čistého methanu za hodinu, což je zhruba tolik, kolik spotřebuje jedna domácnost za rok. Během dvou či tří let se plánuje výroba již stonásobného množství methanu z biomasy [16].

Nejen v Rakousku se začíná taktéž objevovat možnost výroby methanolu. Jedná se o průmyslový způsob, při kterém není využíván jako oxidační prostředek kyslík, ale CO_2 . CO_2 je přitom sám na methanol redukován. Tímto může výtěžek methanolu stoupnout. Tento postup ovšem vyžaduje velmi čistý bioplyn, obzvláště musí být zredukovány sloučeniny síry jako H_2S nebo organické sloučeniny síry. Podle prvního odhadu je výroba methanolu z bioplynu ekonomicky smysluplná, pokud je k dispozici velké množství bioplynu. Spodní hranice transformace bioplynu na methanol je 1000 m^3 bioplynu denně.

Největší rozmach zažívá technologie bioplynu v Německu, kde se za posledních 5 let počet bioplynových stanic (BPS) ztrojnásobil na 3000 stanic, přičemž v roce 1990 bylo v provozu pouhých 100 BPS. Ve většině případů jde o tradiční postupy využívající širokou škálu dostupných kosubstrátů (kosubstrát = jiný materiál než čistírenské kaly nebo zvířecí exkrementy) [25].

8.2 Stav v ČR

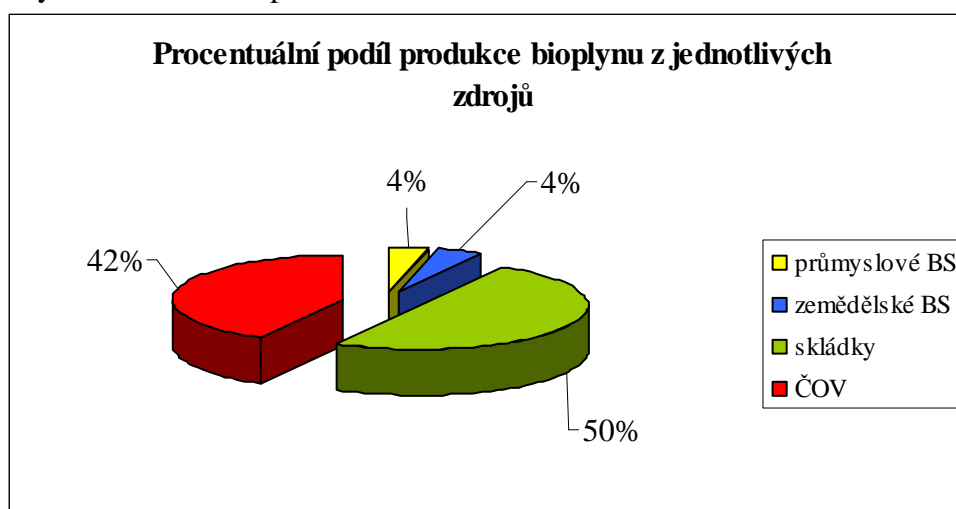
Nucená kolektivizace v zemědělství zrušila systém rodinných malých farem, doposud běžných ve světě, které zajišťovaly rostlinnou a živočišnou produkci. Následně docházelo k rozvoji koncentrace a specializace zemědělské výroby spojené se vznikem velkokapacitních závodů pro chov prasat a skotu. Koncentrace měla řadu výhod v úspoře zastavěné plochy, lepší veterinární péči, v uplatnění automatizace a mechanizace provozů. Nevýhodou bylo soustředění značného množství exkrementů ustájených zvířat bez přímé vazby na zemědělskou půdu s návaznými agrotechnickými a ekologickými problémy. Rozsah těchto problémů vedl k prvním pokusům se zpracováním odpadů, hlavně kejdy prasat, čistírenskými technologiemi jak aerobními tak anaerobními. V 90. letech byla zahájena výstavba několika bioplynových stanic určených k anaerobní stabilizaci kejdy a slámatého hnoje, využívajících domácích technologií a know-how. Po roce 1989 nedošlo výrazně k očekávané změně struktury živočišné výroby a nadále nezanedbatelná produkce masa a mléka pochází z tzv. velkochovů. Vzrůstající legislativní požadavky v oblasti ochrany životního prostředí nutí chovatele stále více k řešení problémů spojených s lokální nadprodukcí exkrementů hospodářských zvířat.

Předpokládá se, že limitujícím faktorem pro další existenci velkochovů bude řešení problému likvidace odpadů. Jednou z technologií, která přichází v úvahu je anaerobní fermentace v bioplynových stanicích.

Po roce 1990 bylo postaveno v ČR ve spolupráci s rakouskými firmami i několik malých farmářských bioplynových stanic. Většinou se však potýkaly s provozními a ekonomickými problémy, často způsobenými nedostatkem zkušeností farmářů s jejich provozem.

V současné době lze bioplyn získat z následujících zdrojů:

- komunální ČOV s anaerobní stabilizací kalu,
- zemědělské BPS,
- průmyslové BPS,
- skládky komunálního odpadu.



Obrázek 8.1 Graf procentuálního podílu produkce bioplynu z jednotlivých zdrojů dle evidence ERÚ[13]

Největším producentem bioplynu u nás jsou v dnešní době skládky společně s ČOV, které zauímají 92 % z celkové produkce (Obrázek 8.1). Tato situace je však z dlouhodobého hlediska považována za dočasnou, z důvodu účinnosti vyhlášky MŽP ČR 294/2005 Sb., kde je limitujícím parametrem obsah biologicky rozložitelných látek. Poté lze předpokládat úbytek vyprodukovaného bioplynu ze skládek a růst bioplynu ze zemědělských a průmyslových BPS.

8.2.1 Komunální ČOV

Začátky výroby a využití bioplynu v České republice, jsou podobně jako v jiných krajinách, spojeny s anaerobní stabilizací čistírenských kalů, vznikajících při aerobním čištění komunálních odpadních vod. Dnes prakticky každé město nad 30 000 EO (EO = ekvivalentních obyvatel) má ČOV s anaerobní technologií.

Až donedávna byla anaerobní stabilizace kalu, tj. snížení obsahu organických látek, chápána hlavně jako nevyhnutelné zlo spojené s čištěním odpadních vod, které odčerpává až 50 % provozních nákladů čistírny a vzniklý bioplyn slouží k vytápění reaktorů v lepším případě provozních budov. Případně vyráběná elektrická energie je využívána k vlastní spotřebě. Zvýšení výkupních cen elektrické energie, vyráběné z obnovitelných zdrojů energie dává možnost majitelům a provozovatelům čistíren přehodnotit přístup k anaerobní stabilizaci a následné výrobě a využití bioplynu.

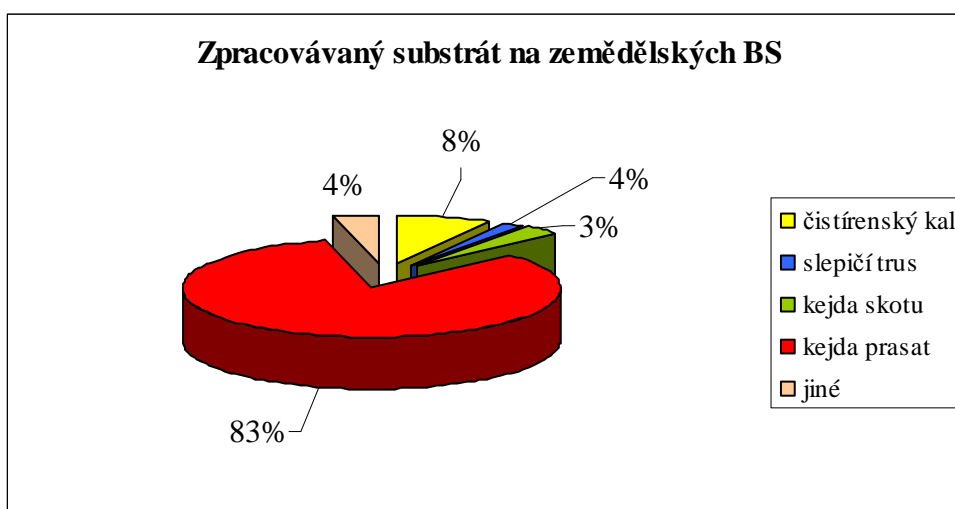
Technologie anaerobní stabilizace kalů je na jednotlivých ČOV v České republice víceméně stejná. Zpracováváný surový čistírenský kal (primární a přebytečný aktivovaný kal) o sušině 2 – 3 % při 65 % organických látek je dávkován do vyhnívacích nádrží - fermentorů. Z důvodu

zlepšení energetické bilance procesu je někdy kal před dávkováním zahušťován na obsah sušiny 4 - 6 %. Kal je v nádrži udržován při teplotě 38 °C cirkulací přes externí výměník tepla. Vznikající bioplyn (v množství 250 - 450 m³_N na tunu sušiny zpracovávaného kalu) je využíván k výrobě tepla a případně elektrické energie. Vyhnilý - anaerobně stabilizovaný kal je zahušťován na sušinu 20 - 35 %.

V porovnání s bioplynovými stanicemi zpracovávajícími zemědělský a průmyslový biologicky rozložitelný odpad (financovanými hlavně z prodeje vyrobené elektrické energie) je produkce bioplynu u zařízení zpracovávající čistírenské kaly na jednotku reaktorového prostoru přibližně poloviční. Hlavní důvod je relativně nízká koncentrace zpracovávaného substrátu. Reaktory zpracovávající čistírenský kal, mají vzhledem k relativně nízké sušině zpracovávaného substrátu zatížení kolem 0,5 - 1,0 kg.m⁻³.den⁻¹ organické sušiny při době zdržení 15 - 40 dnů. Bylo prokázáno, že při kvalitní homogenizaci objemu reaktoru nečiní technologické potíže zatížení reaktorů organickou sušinou 2,5 - 5 kg.m⁻³.den⁻¹. Přidáním vhodných organických odpadů o relativně vysoké koncentraci organických látek ke zpracovávaným čistírenským kalům - kofermentací, je tak možné při minimálních investičních a provozních nákladech, spojených s vhodnou předúpravou, až zdvojnásobit produkci bioplynu. U výroby elektrické a tepelné energie je možné očekávat ještě větší nárůst, protože část ČOV nevyrábí elektrickou energii, jelikož jejich produkce bioplynu je pod hranici ekonomicky opodstatněného nákupu kogenerační jednotky [21].

8.2.2 Zemědělské BPS

První BPS, zpracovávající odpad ze zemědělské výroby - kejdu prasat, byla uvedena do provozu v Třeboni již v roce 1974. V 90. letech v rámci státního programu Čištění odpadních vod z velkochovů, bylo postaveno několik BPS určených k anaerobní stabilizaci kejdy a slamnatého hnoje, využívajících domácích technologií a know-how. V dnešní době zažívá tato technologie rozmach. Nejčastěji zpracovávanou surovinou je kejda prasat. Začíná se však již objevovat snaha o zpracování jiných odpadů vznikajících jako produkt zemědělské prvovýroby, jako např. zbytky krmiv, semen apod.. Další alternativou je kofermentace průmyslového odpadu jako např. odpad z jatek, odpad z výroby celulózy atd.



Obrázek 8.2 Graf zpracovávaných substrátů na zemědělských BPS v ČR.13

Tabulka 8.1 uvedí základní údaje o některých velkých - centralizovaných zemědělských BPS v ČR.

Tabulka 8.1 Tabulka vybraných zemědělských BPS v ČR

Lokalita	Zahájení Provozu [rok]	Fermentovaný materiál [$\text{m}^3_{\text{N}} \cdot \text{den}^{-1}$]	Objem fermentorů [m^3]	Teplota fermentace [$^{\circ}\text{C}$]	Instalovaný el. výkon [kW]	Využití bioplynu
Velké Albrechtice	1992	PK/M – 260	2 x 2500	35 - 37	350	kogenerace
Velké Albrechtice	2005	PK/M – 240	5000	35	852	
Letohrad	2004	HK/M – 40/10	1250	37	66	
Klokočov	2006	PK/KC/JO/KO - 230	2 x 2500	45	962	
Velké Karlovice	2006	-	-	-	-	
Plevnice	1991	PK/Ku - 70/10	2 x 1100	39 - 41	240	
Mimoň	1994	PK - 120	2 x 1800	42 - 45	350	
Šebetov	1993	PK - 120	2 x 2000	39 - 41	280	
Třeboň	1973	PK/Č - 200/40	3200 + 2800	39 - 41	230	

(PK-prasečí kejda, HK-hovězí kejda, M-masokostní moučka, KC-kal z výroby celulózy, KO-kuchyňský odpad, JO-jateční odpad, Ku-drůbeží kejda, Č-čistírenský kal) [27]

8.2.3 Průmyslové BPS

Vlastní výroba bioplynu a jeho energetické využití je ve většině případů až druhotné. V současnosti evidujeme 7 funkčních průmyslových čistíren odpadních vod s bioplynovou technologií viz Tabulka 8.2. Všechny jsou z potravinářského a farmaceutického průmyslu. Navíc několik zemědělských a komunálních ČOV zpracovává v menší míře další průmyslové odpady (glycerin, jateční odpad, výpalky, kal z celulózek, zbytkový tuk apod.). V současné době je snaha některé z těchto odpadů fermentovat na zemědělských BPS z důvodu dosažení větší účinnosti zařízení [22].

Tabulka 8.2 Tabulka vybraných průmyslových BPS v ČR 22

Lokalita	Fermentovaný materiál	Objem fermentorů [m^3]	Produkce bioplynu [$\text{m}^3_{\text{N}} \cdot \text{rok}^{-1}$]
Seliko Olomouc	výroba droždí	2250	1 200 000
Radegast Nošovice	pivovar	1050	540 000
Danisco Smiřice	výroba pektinu	2850	430 000
Krušovice	pivovar	-	288 000
ICN Roztoky u Prahy	výroba farmaceutik	1800	237 000
MARS Poříčí nad Sázavou.	výroba cukrovinek	235	130 000
Pika Bzenec	konzervárny	160	73 000

8.2.4 Skládky

Výroba bioplynu z komunálních nebo průmyslových skládek je co do produkce bioplynu nejvýznamnějším zdrojem (Obrázek 8.1) bioplynu s výkonem 5 MW_{el}. Tento potenciál je však již z větší části vyčerpán, přičemž použitelný zbytek tvoří menší skládky s odhadovaným výkonem 200-500 kW.

9. Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace, „methanová fermentace“, organických materiálů je souborem na sebe navazujících procesů, při nichž směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá biologicky rozložitelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu. Na tomto rozkladu se podílí několik základních skupin anaerobních mikroorganismů, kde produkt jedné skupiny se stává substrátem skupiny druhé, a proto výpadek jedné ze skupin má za následek narušení celého systému. Konečnými produkty jsou vyhnitý substrát, plyny (CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2S) a nerozložitelný zbytek organické hmoty, který je již z hlediska sensorického a hygienického pro prostředí nezávadný [15].

U materiálů, které prošly anaerobní fermentací není v legislativě zatím požadováno vyloučení nebezpečných vlastností – vyloučení patogenních organismů.

9.1 Mechanismus vedoucí k tvorbě bioplynu

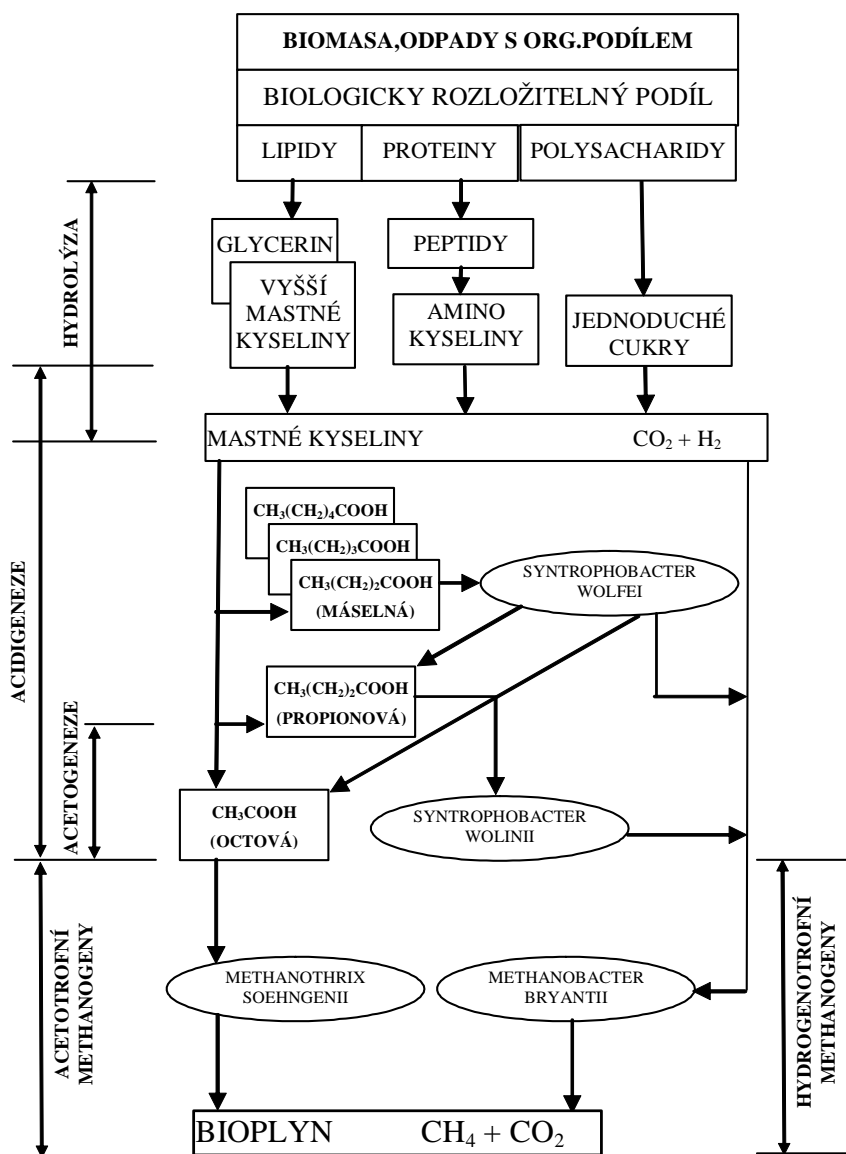
Mechanismus rozkladu organických materiálů vedoucí k tvorbě bioplynu se skládá ze 4 na sobě závislých základních fází, v nichž vlastní methanogeny představují poslední článek celého řetězce biochemické konverze (Obrázek 9.1). K anaerobním procesům biomethanizace je nutné započítat také další doprovodné pochody, které se aktivizují v průběhu procesu činností mikroorganismů, souhrnně nazývaných: homoacetogeny, sulfátoreduktanty, nitrátoreduktanty.

V první fázi rozkladu – **hydrolýze** - jsou rozkládány makromolekulární rozpuštěné i nerozpuštěné organické látky (polysacharidy, proteiny, lipidy) na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě (monosacharidy, aminokyseliny, peptidy, mastné kyseliny, glycerin) pomocí extracelulárních hydrolytických enzymů produkovaných hlavně fermentačními bakteriemi.

Produkty hydrolýzy jsou během druhé fáze - **acidogeneze**- “kyselá fáze“ rozkládány dále na jednodušší organické látky (kyseliny, alkoholy, CO_2 , H_2). Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných redukováných produktů, které jsou závislé na charakteru původního substrátu a podmínkách prostředí. Při nízkém parciálním tlaku vodíku jsou produkovány kyselina octová, CO_2 a H_2 , při vyšším jsou tvořeny vyšší organické kyseliny (kys. máselná, kys. propionová, kys. valerová, kys. kapronová), ethanol apod.

V dalším stadiu rozkladu – **acetogenezi** - probíhá oxidace těchto látek na CO_2 , H_2 a kyselinu octovou (CH_3COOH), která je také tvořena acetogenní respirací CO_2 , H_2 homoacetogenními mikroorganismy. Účast acetogenních mikroorganismů produkujících vodík je nezbytná, poněvadž rozkládají kyselinu propionovou a ostatní organické kyseliny vyšší než octovou, alkoholy a některé aromatické sloučeniny. Jsou zde zastoupeny i minoritní skupiny mikroorganismů (sulfátoreduktanty, nitrátoreduktanty) produkující vedle kyseliny octové a vodíku také sulfan a dusík.

Čtvrtá fáze – **methanogeneze** – je poslední a nejdůležitější fází procesu, přičemž v ní obsažené methanogenní organismy jsou nejdůležitější trofickou skupinou, mají specifické požadavky na substrát i životní podmínky a vedle acetogenů zpracovávajících kyselinu propionovou se často stávají limitujícím faktorem celého procesu.



Obrázek 9.1 - Řetězové schéma anaerobního rozkladu [15]

Methanogeny se dělí na:

- Acetotrofní methanogenní bakterie - jejich působením vzniká více než $2/3\text{CH}_4$ v bioplynu. Rozkládají kyselinu octovou na směs methanu a CO_2 . Jsou schopny udržovat pH fermentačního média, protože odstraňují kyselinu octovou a produkují CO_2 . Ve srovnání s druhou skupinou pomaleji rostou (generační doba několik dní).
- Hydrogenotrofní methanogenní bakterie - produkují methan z CO_2 , H_2 . Rostou poměrně rychle, jejich generační doba je cca 6 hodin. V anaerobním procesu působí jako samoregulátor. Odstraňují z procesu téměř všechny vodík, jehož koncentrace by měla být při dobré činnosti organismů minimální. Vodíkem jsou nejvíce ovlivňovány syntrofní acetogeny bakterie rozkládající kyselinu propionovou a máselnou. Pro tyto organismy je přítomnost hydrogenotrofních organismů životně důležitá.[22]

9.1.1 Faktory ovlivňující proces a jejich technologický význam

Každý anaerobní proces je limitován určitými faktory, které je nutné dodržet, abychom zaručili kvalitu jeho průběhu [22].

Tyto faktory jsou následující:

Teplota a tlak procesu – teplota je závislá na kultuře mikroorganismů, které jsou pro konkrétní proces využívány. V praxi rozlišujeme 3 typické teplotní oblasti fermentace: psychofilní teploty (pod 20 °C), mezofilní teploty (25-40 °C) a tzv. termofilní fermentaci při teplotách přes 45 °C. Termofilní procesy dosahují vysoké účinnosti rozkladu zpracovávaného materiálu, a tím i vyšší produkce bioplynu a vyššího stupně hygienizace, avšak pro praxi jsou tyto klady doprovázeny významnými negativy: vyšší náklady na ohřev, vyšší transfer volného amoniaku a sulfanu do fugátů, atd. V zásadě lze říci, že čím je teplota vyšší, tím jsou bakterie citlivější na teplotní výkyvy, zejména jsou-li výkyvy krátkodobé a teplota klesne. Zatímco v mezofilní oblasti bakterie výkyvy teplot 2-3 °C ještě zvládnou, tak v termofilní oblasti by výkyvy neměly být větší než 1 °C. Vlivy tlaku na procesy biomethanizace jsou zanedbatelné. Aplikační výzkum potvrdil vysokou tolerantnost bakterií vůči tlakovým podmínkám.

Reakce prostředí - pH - hodnota pH je pro průběh procesu velice důležitým faktorem. Rozmezí pH, ve kterém jsou methanogeny schopny růst, je v neutrální oblasti okolo 6,5 - 7,5. V opačném případě, kdy hodnoty pH překročí rozmezí 6 - 8, může být proces zcela zastaven. Nejčastější příčinou výkyvu pH je jeho pokles vlivem přetížení reaktoru, kdy produkce kyselin mikroorganismy předmethanizačních fází je rychlejší než jejich spotřeba a dochází k jejich akumulaci v systému. Proto je nutné řídit zatížení procesu podle množství mastných kyselin nebo udržovat neutralizační kapacitu pomocí alkalizačních činidel.

Přítomnost nutrientů - Methanové bakterie nemohou rozkládat tuky, proteiny, uhlovodíky (škrob, cukr) a celulózu v čisté formě. Pro svou buněčnou stavbu potřebují rozpustné dusíkaté sloučeniny, minerální látky a stopové prvky. Pro zpracování a provoz reaktorů je však nutný správný poměr N a P k organickým látkám. Potřebný poměr živin se udává jako CHSK : N : P v rozmezí od 300 : 6,7 : 1 až 500 : 6,7 : 1. Vedle dusíku a fosforu je žádoucí přítomnost řady mikronutrientů – Na, K, Ca, Fe, S, Mg, Se, W. Poslední výzkumy ukazují, že některé stopové prvky (Ni, Co, Mo) zvyšují methanogenní aktivitu. V hnoji a kejďě je těchto látek dostatečné množství a také kosubstráty obsahují dostatečné množství veškerých živin a v principu mohou být samy rozloženy.

Technologické faktory: během zapracování reaktoru je pro bakterie nutná aklimatizační doba. Hydrolytické a fermentační bakterie mají růstové rychlosti vysoké a budou se aklimatizovat rychle, zatímco syntrofní organismy rozkládající kyseliny a aromatické látky mají generační dobu od 3 do 9 dnů a vyžadují delší aklimatizační dobu.

Přítomnost toxických a inhibujících látek – Za toxické nebo inhibující látky považujeme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Nejčastěji vyskytující se látky, které svými inhibičními účinky mohou ovlivnit nebo zcela zastavit proces jsou amoniak a mastné kyseliny, jejichž přítomnost a tvorba je závislá na podmínkách pH.

9.1.2 Řízení a stabilita procesu

Hlavní faktory nestability procesu jsou:

- změny teploty,
- změny v zatížení organickými látkami (množství organické sušiny),
- hydraulické přetížení,
- expozice toxickými látkami a látkami způsobující inhibici,
- změny ve složení zpracovávaného substrátu (předúprava).

O stavu procesu nám vypovídá řada veličin, které můžeme analytickými nebo biologickými metodami sledovat. Podle toho k jakým účelům tyto veličiny použijeme je dělíme do dvou skupin:

- proměnné pro řízení procesu,
- indikátory stavu procesu - diagnostické veličiny.

Proměnné veličiny pro řízení procesu:

Proměnné veličiny pro řízení procesu - jsou takové veličiny, jejichž změnou můžeme ovlivňovat průběh procesu. Mezi tyto veličiny patří *teplota*. Je to proměnná, která je nejlépe technicky zvládnuta v oblasti měření i regulace a zpravidla nezpůsobuje problémy při řízení procesu. Další významnou proměnnou je *zatížení reaktoru*, tj. dávkování substrátu do reaktoru. Zatížení reaktoru spolu se složením substrátu je nejvýznamnější proměnnou, kterou můžeme ovlivňovat průběh procesu. Optimální hodnota zatížení průtočných reaktorů organickou sušinou je $2,5 - 5 \text{ kg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$. Třetí proměnnou je *dávkování chemikálií*. Využívá se při doplňování nutrientů a k úpravě neutralizační kapacity reakční směsi [22].

Indikátory stavu procesu: [15]

Indikátory stavu procesu - charakterizují průběh dílčích procesů a nebo celkový průběh procesu anaerobního rozkladu. Tyto veličiny mohou charakterizovat plynnou, kapalnou nebo pevnou fázi reakční směsi.

Sledované indikátory procesu jsou shrnuty viz následující Tabulka 9.1.

Tabulka 9.1 Sledované veličiny v různých fázích vzorku [27]

Fáze vzorku	Druh rozboru
plynná	<ul style="list-style-type: none"> • množství produkovaného bioplynu, • složení bioplynu – obsah CH₄, CO₂, H₂, H₂S
kapalná	<ul style="list-style-type: none"> • pH, • celkovou koncentraci mastných kyselin (jednotlivé mastné kyseliny), • kyselinovou (KNK) a zásadovou neutralizační kapacitu (ZNK), • CHSK, • celkový organický uhlík, • rozpuštěné látky (RL při 105 °C – veškeré), anorganické rozpuštěné látky (RAS při 550 °C), organické rozpuštěné látky (RLorg = RL-RAS), • oxidačně-redukční potenciál
pevná	<ul style="list-style-type: none"> • obsah makroprvků (C,H,N,S,O) v sušině, • sušina při 105 °C, • organická sušina stanovená spalováním při teplotě 550 °C, • obsah makrokomponentů (lignin, celulóza a hemicelulóza), • formy dusíku (Ncelk = NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺) a fosforu (PO₄₃⁻)

Ideální indikátor procesu by měl být snadno měřitelný, měl by indikovat nerovnováhu procesu již v ranném stadiu a měl by mít přímý vztah k metabolickému stavu systému. Indikátory procesu mohou buď nepřímo popisovat metabolickou aktivitu nebo udávat kvantitu (množství) a metabolický stav mikroorganismů v reaktoru.

Vzhledem ke komplexnosti anaerobních rozkladných procesů musí být sledován celý komplex proměnných, neexistuje jediná proměnná, která by samostatně charakterizovala průběh procesu. Nelze jednoznačně předepsat, které z uvedených proměnných musíme sledovat a jaká má být četnost sledování. To záleží na konkrétních podmínkách provozu, zejména na druhu zpracovávaného znečištění, typu reaktoru, jeho zatížení a způsobu provozu, na stabilitě funkce reaktoru a v nemalé míře na zkušenosti řídicího personálu.

Je snahou zavádět tzv. on-line metody měření jednotlivých proměnných. To je však limitováno dostupností vhodné a relativně levné přístrojové techniky (např. čidla pro snímání jednotlivých veličin).

Citlivost jednotlivých proměnných na změny v procesu závisí také na hydraulické charakteristice reaktoru (na distribuci doby zdržení) a na zpracovávaném substrátu. Například u reaktoru s postupným tokem se odezva na změnu projeví s určitým zpožděním na rozdíl od směšovacího reaktoru.

Význam a důležitost některých proměnných [15]

Produkce bioplynu - nepopisuje stav procesu, ale pouze jeho výsledek a to pouze v korelaci s množstvím přivedených organických látek do reaktoru a se složením bioplynu.

Koncentrace CH₄ - není pravým indikátorem, nýbrž jen bilančním prvkem. Produkce je závislá na přivedeném zatížení.

Koncentrace CO₂ v bioplynu – nemá vždy vypovídací hodnotu o stavu stability procesu. Podstatně citlivějším indikátorem stability procesu je poměr koncentrace CH₄ a CO₂. Poměr CH₄/CO₂ je dán charakterem organických látek a při stabilním provozu se příliš nemění. Zvyšování koncentrace CO₂ v bioplynu souvisí se zvýšeným zatížením a vyčerpáním neutralizační kapacity. Nejnižší poměr CH₄/CO₂ v bioplynu mají sacharidické substráty a je blízký jedné. Jeho náhlé snížení indikuje nestabilitu procesu.

Koncentrace H₂ v bioplynu - patří mezi nejcitlivější indikátory stability procesu. Obecně lze konstatovat, že objevení se vodíku v bioplynu prakticky vždy signalizuje nestabilitu procesu. Existuje přímá a velice silná závislost mezi organickým přetížením nebo intoxikací procesu a vzrůstem koncentrace v bioplynu. Díky malé rozpustnosti vodíku ve vodě je změna jeho koncentrace v plynné fázi velice rychlá. Vodík indikuje nastávající nestabilitu procesu o 3 až 6 hodin dříve, než je identifikována prostřednictvím mastných kyselin. Z tohoto důvodu je koncentrace vodíku v kapalně fázi nebo v bioplynu pokládána za jeden z nejvhodnějších indikátorů procesu.

Sledování pH procesu - tuto veličinu nelze považovat za příliš citlivý indikátor procesu. Monitorování je důležité hlavně u substrátů vykazujících nedostatečnou neutralizační kapacitu.

Neutralizační kapacita - je fyzikálně-chemickým faktorem pro udržení stability procesu.

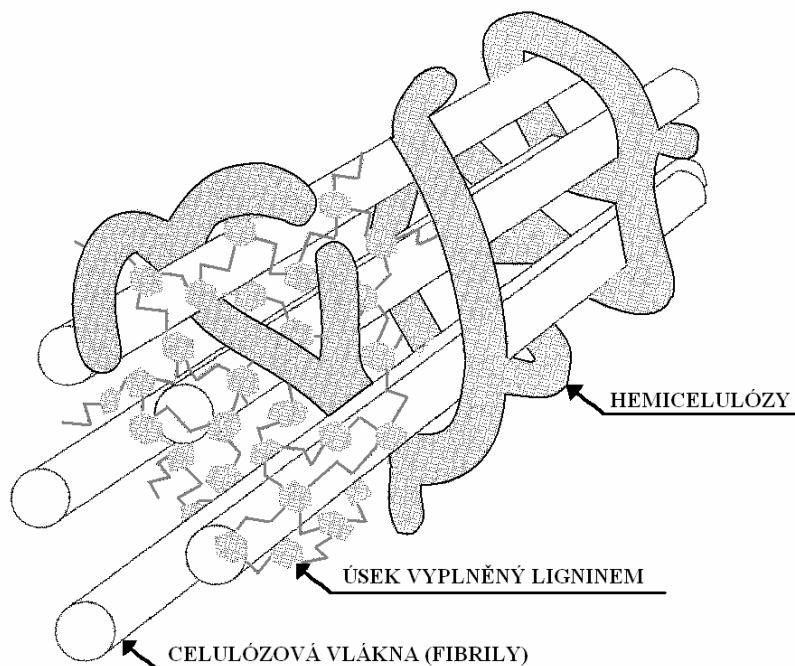
Aktivita biomasy - patří spíše mezi indikátory diagnostické a to kvůli značné pracnosti a časové náročnosti. Byla vypracována řada metod umožňujících testování aktivity jednotlivých skupin anaerobních mikroorganismů. Některé z nich jsou však proveditelné pouze na speciálně vybavených pracovištích. Stanovení aktivity různých skupin mikroorganismů podílejících se na anaerobním rozkladu je důležité zejména při stanovení příčin nestability nebo zhroucení procesu a při stanovení "výkonnostní kapacity reaktoru" tj. zda a do jaké míry můžeme ještě dále zvyšovat zatížení. Pravidelné sledování aktivity biomasy může preventivně indikovat možnou nestabilitu procesu [21].

9.2 Vstupní produkty fermentace– substráty

Pro anaerobní fermentaci jsou vhodné substráty rostlinného nebo živočišného původu, které souhrnně nazýváme biomasou. Lze je získat jako odpad ze zemědělské, průmyslové činnosti nebo jako komunální odpad. Potenciální kosubstráty lze také vyprodukovat cíleným pěstováním v zemědělství či lesnictví.

Vlastní biomasa včetně dřevin je tvořena dlouhými celulózovými řetězci vytvářejícími tzv. "buněčnou armaturu", která je obtáčena rozvětvenými řetězci hemicelulóz a struktura je jako celek zpevněna zasítovanou výplní ligninu (Obrázek 9.2).

Z hlediska anaerobního rozkladu jsou nejnárodněji rozložitelné hemicelulózy. Celulóza je obalena ligninem, který je velmi obtížně biologicky rozložitelný, a to zpomaluje její rozklad. Množství ligninu v substrátu je limitujícím faktorem účinnosti rozkladu.



Obrázek 9.2 Struktura biomasy [15]

Druhy biomasy vhodné ke zpracování na BPS v podmínkách ČR (resp. v okolních státech) jsou následující:

a) Biomasa cíleně pěstovaná:

- Cukrová řepa, kukuřice (velmi vhodné), obilí, brambory (spíše vhodné k výrobě etylalkoholu),
- Olejniný v největší míře řepka olejná (vhodnější pro výrobu surových olejů a metylesterů),
- Energetické rostliny - sveřep bezbranný, sveřep horský (samužníkovitý), psineček veliký, lesknice (chrastice) rákosovitá, kostřava rákosovitá, ovsík vyvýšený, ozdobnice čínská (sloní tráva), atd.[16].

b) Biomasa odpadní:

- Odpady z živočišné výroby „statkové odpady“. Hnoj ze statků tvoří základní substrát zemědělské kofermentace. Pro kofermentaci se hodí veškeré druhy hnojů nebo pevných exkrementů vzniklých na zemědělských farmách. Dále se mohou vyskytnout také zbytky krmiv, odpady z mléčnic a z přidružených zpracovatelských kapacit.
- Rostlinné zbytky se zemědělské prvovýroby. Jedná se o zbytky silážovaných materiálů, semen a dalších v zemědělství využívaných rostlin. K části z těchto odpadů je pro bezproblémovou kofermentaci nutné předchozí drcení. Podle kosubstrátu jsou také nutná přizpůsobení v oblasti plnění (volba čerpadla) a dobrého promísení fermentoru (tvorba usazenin) [19].
- Agro-průmyslové odpady. Jsou to odpady vznikající ze zpracování potravin (biologické zbytky z hypermarketů, odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z mlékáren, lihovarů, cukrovarů, konzerváren, z vinařských provozů atd.). Tyto substráty jsou málo zatížené škodlivinami, mají z pravidla homogenní strukturu a poskytují dostatečně vysoký výnos plynu [18].

- Biologicky rozložitelný podíl komunálního odpadu. Komunální odpady (komunální organické odpady, kaly z čistíren odpadních vod, odpadní organické zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch, listí atd.) mohou být rovněž v zemědělských BPS kofermentovány. Na základě heterogenní struktury a částečně vyššího podílu nežádoucích látek (kovy, plasty), vyžaduje tento odpad často předzpracování (třídění, drcení) [19].
- Odpady z jídelen a jatek. Odpady z jídelen a jatek vykazují vysokou výtěžnost plynu. Problematické mohou být však tyto odpadní látky vzhledem k hygienickým požadavkům. Kofermentace hygienicky závadných odpadů vyžaduje další rozsáhlá technická opatření týkající se snížení možného výskytu patogenních zárodků v použitém kosubstrátu.

V Tabulka 9.2 jsou stručně shrnuta důležitá data potenciálních odpadních látek využívaných v kofermentačních zařízeních. Hodnoty slouží jako první hrubý odhad výtěžnosti bioplynu a zatížení škodlivinami popř. živinami. Pro přesný výpočet je obvykle nutný detailnější rozbor používaného substrátu.

Tabulka 9.2 Tabulka substrátů využívaných na BPS (pozn. nevyplněné hodnoty nebyly k dispozici) [18]

substrát	TS [%]	OS [%]	Ncelk. [%TS]	P ₂ O ₅ [%TS]	K ₂ O [%TS]	C/N [1]	výtěžnost [l.kg ⁻¹ OS]
prasečí kejda	2,5-9,7	60-85	6-18	2-10	3-7,5	5-10	450
slepičí kejda	10-29	75-77	2,3-6	2,3-6,2	1,2-3,5	7	470
telecí kejda	6-11	68-85	2,6-6,7	0,5-3,3	5,5-10	10-17	400
jablečné slupky	2-3,7	94-95		0,73		6	450-500
bramborové slupky	12-15	90	5-13	0,9	6,4	3-9	430-500
starý chleba ^[13]	90	96-98	1,8-2	N		42	700-750
pivní slad	21-15	66-95	4-5	1,5	1,2	9-10	500
syrovátka	80	80-92	0,7-1,5	0,8-1,8		27	800-900
zeleninový odpad	5-20	76-90	3-5	0,8	1,1	15	400-600
léčivé byliny ¹⁶	53	55	2,3	1,2	1,1	14	400
zbytky olejních semen	92	97	1,4	0,3	1,2	41	600
řepka-extrahovaná drť	88	93	5,6	2,5	1,6	8	500-600
střihání zeleně ¹⁶	11,7	90	3,3-4,3	0,3-2	2-9	12-27	600
obsahy žaludků	12-15	80-84	2,5-2,7			17-21	200-300
masokostní moučka			8-12	2-5	0,3-0,5	2,5-5	500-600
krevní moučka	90	80	12	1	0,6	4	600
obsah bachoru	11-19	80-90	1,3-2,2	1,3	0,5	19	300-400
kuchyňský odpad	9-37	75-98	0,6-5	0,3-1,5	0,3-1,2	18	600
odloučený tuk	2-70	70-99	0,1-3,6	0,1-0,6	0,1-0,5		700-1000

VYŠVĚTLIVKY: TS – sušina, OS – organická sušina Výstupní produkty fermentace – bioplyn, digestát

9.2.1 Složení bioplynu

Produktem fermentačních procesů je bioplyn, jehož složení závisí v první řadě na druhu rozkládaného substrátu. Z toho také vyplývají rozdíly ve složení bioplynu z různých technologických procesů (Tabulka 9.3). Bioplyn se skládá převážně z majoritních složek - CH₄ a CO₂ a menšího množství minoritně zastoupených složek - H₂, H₂S, N₂. Při výstupu z methanizačního reaktoru obsahuje ještě určité množství H₂O podle teploty procesu (3 – 4 %) a může obsahovat stopová množství amoniaku, mastných kyselin aj. [15].

Tabulka 9.3 - Obsahy methanu z různých typů technologických procesů.[15]

Technologie	Obsah CH ₄ [obj.%]
Stabilizace čistírenských kalů	60-70
Fermentace zemědělských odpadů	55-75
Skládky	35-55

a) Majoritní složky v bioplynu

Majoritní složky bioplynu jsou v nejužším hodnocení u kvalitních plynů pouze dvě: methan a oxid uhličitý. Obsahy veškerých dalších plynů jsou o více než jeden řád nižší, tedy jsou v úrovních nanejvýše desetin procenta (u kvalitního bioplynu). Z biologických pochodů může však také pocházet malé množství elementárního dusíku a N₂O. Bioplyn také někdy obsahuje relativně vysoké obsahy sulfanu [15].

Specifickou produkci bioplynu, obsah methanu a výhřevnost bioplynu při rozkladu tří nejdůležitějších skupin organických látek – tuků, bílkovin a sacharidů uvádí Tabulka 9.4.

Tabulka 9.4 – Specifická produkce bioplynu ze základních složek organických materiálů [15]

Složka	Produkce bioplynu [l.g ⁻¹ OS]	Obsah CH ₄ [obj.%]	Produkce CH ₄ [l.g ⁻¹ OS]
uhlohydráty	0,8	50	0,4
tuky	1,2	67	0,8
bílkoviny	0,7	70	0,5

V majoritních složkách je poměrně velký rozdíl mezi skládkovým a reaktorovým bioplynem. Skládky na rozdíl od reaktoru není tělesem ideálně plynotěsným a procesy difúzní a vlivy měnícího se barometrického tlaku téměř vždy způsobí, že se v plynu objeví zůstatek přisátého vzduchu [15].

Poměrné zastoupení obou hlavních složek bioplynu CH₄ a CO₂ můžeme v literatuře nalézt jako značně proměnné podle reagujícího substrátu (viz. též Tabulka 9.4) v širokých mezích zjištěných obsahů methanu od 50 do 85 % obj. Různé prameny se obecně shodnou pouze v tom, že proteiny a lipidy poskytují vyšší výtěžky a vyšší koncentrace CH₄ oproti polysacharidům. Je zcela zjevné, že určení přesné hranice obsahů methanu a oxidu uhličitého v bioplynu podle použitého substrátu je dosti nereálné, neboť proces ovlivňuje mnoho dalších parametrů. Je to především skladba a stav přizpůsobení bakteriálních kultur a dále teplota, pH, typ reaktoru, zatížení reaktoru a podobné vlivy. Na těchto parametrech závisí nejen poměrné zastoupení CH₄ a CO₂ v bioplynu, nýbrž i celkový měrný výtěžek methanu vztažený na hmotnostní jednotku zpracovaného substrátu.

Obsah methanu v reaktorovém bioplynu je ve stabilizovaném provozu biomethanizace veličina rovněž stabilní a jeho kolísání o více než 2 % již signalizuje měnící se fermentační podmínky. Ve velké většině případů se obsahy methanu v reaktorovém bioplynu nalézají v užších rozmezích, než je v předchozím odstavci uvedeno a pohybují se mezi 60-65 % obj. Zbývající objem, s výhradou velmi malého zlomku pro minoritní příměsi, je tvořen pouze oxidem uhličitým. Bioplyny s obsahem methanu analyzovaným v úrovni pod 55 % obj. by měly vždy zadávat příčinu k prověření procesu a tím i k možnému včasnému odhalení technologického problému.

b) Minoritní složky bioplynu

Oproti majoritnímu složení je chemická skladba minoritních komponent bioplynu velice pestrá. Skutečně analyzovaných stopových individuů v bioplynech a skládkových plynech jsou dnes již stovky a možná i tisíce. Počet identifikovaných látek lze v současnosti odhadnout na 400-

500. I když o některých individuálních identifikacích by bylo možno svést diskuse, je třeba mít za prokázané, že bioplyn je velmi pestrou směsicí minoritních složek.

Pro praktické účely jsou analýzy minoritních obsahů uhlovodíků téměř bezcenné, neboť tyto látky jen velmi málo přispívají k celkovému energetickému obsahu bioplynu. Výhřevnost plynu je prakticky výlučně dána obsahem methanu. Pokud bychom sečetli veškeré spalitelné stopové látky a vypočetli jejich vliv na celkovou výhřevnost plynu, zjistíme, že i při sumě obsahů na horních mezích tabelovaných dat je navýšení hodnoty výhřevnosti menší než 1-2 %, resp. je menší než nepřesnost určení výhřevnosti podle analýzy obsahu methanu.

V dalším přehledu o vlivech, působení a chování minoritních složek bioplynu je pozornost zaměřena na technicky významné příměsi v plynu. Pod pojmem technicky významné se rozumí ty minoritní složky, které mohou být zdrojem korozních problémů anebo jsou nositeli toxických vlastností. Současná praxe bioplynů řeší korozní a toxické problémy především odvozované od přítomnosti sulfanu. Další významnou skupinou přinášející jak korozní, tak i toxické problémy, jsou organohalogenované sloučeniny. Vedle těchto skupin minoritních příměsí jsou vlivy přítomnosti N_2O a organokřemičitých látek podstatně méně významné, nicméně nejsou zcela zanedbatelné. Zvláště sloučeninám křemíku přisuzují mnozí výrobci motorových generátorů a plynových turbin abrazivní vlivy [15].

- Síra - sulfan

Síra je v bioplynu většinou pouze minoritní složkou. Jak bude též ukázáno, může se za jistých výjimečných situací stát složkou majoritní a to v podobě sulfanu (H_2S). Sulfan je také jedinou formou síry, která může v bioplynu narůst do významných obsahů. V bioplynu byly stanoveny i další formy organicky vázané síry, tyto složky jsou však vždy nalézány jen v minoritních obsazích.

Množství sulfanu, které v bioplynu nalezneme, je přednostně určováno složením reakčního substrátu (Tabulka 9.5).

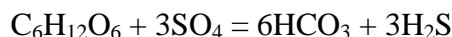
Tabulka 9.5 – Obsahy sulfanu v bioplynu z různých substrátů. 15

Druh substrátu	Obsah H_2S v bioplynu [$mg \cdot m^{-3}$]
dřevní biomasa, papír, celulóza, rostlinný odpad	do 100
kaly z čištění městských odpadních vod	300-1500
živočišné odpady (skot)	500-800
živočišné odpady (drůbež, vepř), potravinářské odpady s vysokým podílem proteinů	4000-6000

Kromě proteinů mohou být vstupním zdrojem síry i anorganický síran, neboť ve složitých a samovolně se vyvíjejících společenstvech bakterií se vyskytují i sulfát redukující druhy. Většinou však lze za hlavní zdroj síry považovat právě látky bílkovinné povahy. Vsázkové substráty na bázi rostlinné biomasy obsahují obvykle jen velmi málo proteinů, zvláště jde-li o biomethanizaci dřevní hmoty, papíru anebo celulózy. Bioplyn tedy obsahuje síru zcela úměrně tomu, kolik jí je obsaženo v substrátu v biologicky zpracovatelné formě [15].

Většina síry, jež je jako sulfan převedena v procesu biomethanizace do plynu, pochází z redukovaných forem organicky vázané síry - tedy ze sulfidických a disulfidických vazeb ve zpracované biomase. Významným zdrojem síry unikající do plynu se však mohou stát i anorganické formy - sírany. V prostředí anaerobní fermentace jsou sírany využívány sulfát redukujícími bakteriemi jako elektronové akceptory v tzv. disimilačních redukcích síranů. Přitom vzniká H_2S v množstvích vysoko převyšujících potřeby samotného společenstva buněk sulfát

reduktantů. Na rozklad 1 kg sušiny čisté biomasy tak, za předpokladu úplného průběhu reakce, mohou sulfátreduktanty vyprodukovat až 370 litrů čistého sulfanu. Rozklad sacharidů můžeme znázornit přibližně rovnicí:



Sulfát redukující bakterie (SRB) používá dva různé metabolické mechanismy. Jedna skupina oxiduje substráty neúplně a končí své reakce u kyseliny octové, druhá skupina pak oxiduje vše (včetně kyseliny octové) až na CO₂. Mezi sulfátreduktanty a methanogeny existuje jak soutěž o substrát, tak i kooperace. Methanogeny mohou využívat kyselinu octovou, kterou produkují neúplně rozkládající sulfátreduktanty. Je to však kooperace daná pouze okamžitou výhodností. SRB jsou schopny i potlačovat nárůsty methanogenních kultur, pokud mají samy dostatek sulfátů a pokud hovoří energetický výtěžek reakcí ve prospěch jejich metabolismu. Pokud se v procesu biomethanizace vyskytují vyšší koncentrace síranů, pak může nastat i stav, kdy úplně celé odbourávání biomasy se odehraje jen činností SRB.

Technologická praxe bioplynů se při vzniku může setkat se sulfanem ze dvou různých zdrojů. Sulfan pocházející ze substrátů s vyššími obsahy bílkovin vzniká hlavně dehydrosulfurací sirných aminokyselin a disulfidických můstků. Druhým zdrojem H₂S se mohou stát síranové anionty rozpuštěné ve vodném reakčním médiu. Podle těchto dvou zdrojů se také mohou měnit anebo vyvíjet problémy s H₂S a v praxi se můžeme s oběma "typy" H₂S setkat jak u bioplynů reaktorových, tak i u plynů skládkových [15].

Obsah sulfanu v reaktorových bioplynech je ve většině případů určován složením biologicky rozložitelných substrátů. Jako příklad zde poslouží anaerobní fermentace droždářenských odpadů, kde v reakční suspenzi se vedle značného množství zbytkových proteinů nacházejí ještě vysoké koncentrace síranů po předcházející neutralizaci amoniaku. Tento druh odpadu poskytne v anaerobní digesci o řád vyšší koncentrace sulfanu, než obsahuje bioplyn ze zpracování např. vepřové kejdy. Vysoká aktivita SRB v tomto prostředí neomezuje methanogeny v jejich simultánní činnosti, neboť bioplyn stále obsahuje vysoké koncentrace methanu (60-70 % obj. CH₄). Koncentrace sulfanu však v plynu dosahují velmi vysokých hodnot v rozmezí 65-75 g.m⁻³. Toto rozpětí koncentrací již vlastně patří do majoritních složek, neboť po přepočtu zjistíme, že takovýto plyn obsahuje 4,2-5,0 % obj. H₂S.

- Halogeny

Halogenované deriváty uhlovodíků patří mezi nejrozšířenější a také nejvíce sledovaná xenobiotika. V odpadech nejrůznějších typů se mohou najít velmi pestré škály halogen derivátů z nichž četná individua podléhají rozkladu v anaerobním prostředí biomethanizace. Vzhledem k povaze halogenovaných materiálů a k jejich způsobům použití se s nimi setkáváme častěji ve skládkách odpadů než v odpadech zpracovávaných v reaktorové digesci [15].

- Křemík – organokřemičité sloučeniny

Přítomnost sloučenin křemíku v bioplynech se začíná v odborné literatuře objevovat zhruba od let 1995-1997. Překvapení dané nálezem křemíku v bioplynech však musí ustoupit logické úvaze hodnotící pestrou paletu látek obsahujících křemík, které současná civilizace vyrábí a široce využívá. Nejde přitom jen o ryze anorganické materiály s obsahem SiO₂ anebo křemičitanů. Podstatně důležitější úlohu v tomto problému hrají organokřemičité sloučeniny.

Uvolňování těkavých organokřemičitých sloučenin z anorganických materiálů obsahujících SiO₂ je v praxi anaerobní fermentace nemožné a nereálné. Jiná situace je však u organokřemičitých sloučenin, které se široce používají v technice i v komunálně-spotřební sféře. Látky nazývané silikony resp. siloxany se hojně aplikují v různých mazacích, čistících, avivážních či leštících přípravcích i v kosmetice. Právě komunální odpadní vody a tuhý komunální odpad jsou hlavními nositeli organokřemičitých sloučenin, které vstupují do procesů biomethanizace.

Nelze dosud bezpečně dokázat, zda vůbec a jak hluboko jsou organokřemičité sloučeniny typu siloxanů v anaerobní fermentaci odbourávány. Sloučeniny, které byly v bioplynu nalezeny lze totiž nalézt i v technických silikonových výrobcích jako meziprodukt resp. vedlejší produkt polymerace.

Chemie a technologie organokřemičitých sloučenin a zvláště výroba technických olejů, gelů, mazadel i tzv. silikonových kaučuků, používají většinou pro tyto látky obecný technický název "silikony".

Za problematické z hlediska výskytu v bioplynu se považují ponejvíce nízkomolekulární siloxany, i když vlastní analýzy zatím ty úplně "nejlehčí" homology nenalezly. V bioplynech byly zatím prokázány jen cyklické siloxany se 4 a 5 stavebními jednotkami $-SiO-$. I když se tyto látky dají poměrně snadno připravit v laboratoři, nelze zatím mechanismus jejich vzniku v procesech anaerobní biomethanizace považovat za dobře objasněný.

Spaliny z bioplynu obsahující křemík vynášejí extrémně malé částice SiO_2 , které jsou mnohonásobně menších rozměrů než nerovnosti na činných plochách motorů, takže zde nemůže být ani žádná diskuse o přímých abrazivních vlivech. Problémem se však mohou stát křemík obsahující nánosy usazené na některých částech motoru, například ve spalovacích prostorech. Odlomení takového nánosu již může být pro abrazivní efekt významné. Stanovování celkového obsahu křemíku v mazacích olejích však nemůže být považováno za veličinu přímo úměrnou abrazivní nebezpečnosti.

Stanovení organicky vázaného křemíku v bioplynu je velmi nákladná analýza, vyžadující pro rozdělení a identifikaci látek i drahou instrumentální techniku. Prakticky zjištěné výsledky však ukazují, že množství křemíku nesená v plynu nejsou až tak zcela zanedbatelná. Existuje skutečně dostatečně průkazný a fotodokumentací ověřený stav tvorby křemičitých mikrokrytalických nánosů ve spalovacích prostorech motorů na bioplyn. Zatím se však nepodařilo identifikovat správný chemismus vzniku těchto nálepů a zdůvodnit proč některé motory tyto problémy mají a jiné nikoliv, respektive proč některé motory nevykazují provozně závadné tloušťky křemičitých úsad.

Přestože "problém křemíku" je již předmětem několika čistě ekonomických sporů o životnost motoru, nezdá se, že by mohl používání motorových jednotek na bioplyn nějak výrazně omezit. Většina motorů poháněných dnes bioplynem pracuje již velmi dlouho k plné spokojenosti uživatelů a dosahuje životnosti zcela ekvivalentní s motory poháněnými olejem nebo zemním plynem. Ovšem i v tom případě, pokud by se jistý negativní vliv křemíku na životnost motoru prokázal, je třeba zvažovat alternativy řešení daného problému. Technologie pro hluboké čištění bioplynu, nutná pro odstranění stopových množství křemíku totiž zcela určitě výrazně převyšují cenu motoru ve svých investičních i provozních nákladech. Obecně je tedy odbornou veřejností navrhováno plyn nečistit a raději pravidelně renovovat motor vybraný tak, aby jeho životnost pokud možno neskončila se záruční lhůtou [17].

- Dusík - oxid dusný

Při rozvoji nitrát redukujících bakteriálních společenstev vedle prosperujících methanogenů se v bioplynu může objevit i mezistupeň denitrifikačního procesu - oxid dusný (N_2O). Bakteriální společenstva redukující dusičnany čítají velmi mnoho kmenů i druhů. Některé studie z roku 1974 též prokazují, že za vhodných podmínek mohou být dusičnany redukovány až na amoniak. Tyto výsledky nám neovlivňují kvalitu bioplynu. [15]

9.2.2 Technologie čištění a úpravy bioplynu

Čištění a úprava bioplynu není v mnoha případech považována za nutnou záležitost [15].

- Odstranění H_2O

Především je z bioplynu odstraňována nadměrná vlhkost. Ve většině případů však jde o prosté zadržení stržených kapek či pěny. Rozhodně je však třeba pečovat o řádné odstraňování kondenzátu z potrubí i z technologických zařízení, především z plynojemů. Plyn nasycený vodní parou při vysokých teplotách (37 °C, někdy i 55 °C u procesů termofilních) a nízkém tlaku nese s sebou značná množství vody, která kondenzuje jak ochlazením, tak i zvýšením tlaku.

Pokud je požadováno částečné vysušení bioplynu, je možno pro nejnižší úroveň odvodnění využít technologii tepelného čerpadla. Plyn je ve výměníku tepla ochlazen chladicím agregátem a odloučená voda (kondenzát) je z plynu odstraněna. Poté je plyn opět zahřát teplou (kompresní) částí chladicího agregátu. Při jednoduchém uspořádání a vyhovující spotřebě energie je tak plyn vzdálen od rosného bodu, což je ve většině případů požadovaný účel.

Úplné sušení bioplynů s tuhými sorbenty (silikagel, molekulová síta) anebo se sorbenty kapalnými (glykoly) již patří mezi specializované postupy chemického inženýrství a je třeba odkázat případné zájemce na bohatou specializovanou literaturu v oboru sušení plynů [15].

- Snižování obsahu CO₂

V technologické praxi se většinou sušení kombinuje s další úpravou bioplynu například se zvýšením obsahu methanu. Zvyšování obsahu methanu se realizuje často jako:

- vypírka oxidu uhličitého,
- objevují se však i početné aplikace membránových anebo adsorpčních dělicích technologií.

Cílem obohacení bioplynu může být až splnění parametrů pro záměnnost nově získaného plynu s plynem zemním. Takový plyn se nazývá náhradním zemním plynem (SNG = substitute natural gas). Ne vždy je však kvalita SNG požadována a již velmi staré aplikace biomethanizačního procesu byly vybaveny vodní vypírkou CO₂, která při kompresi bioplynu nahrazovala mezistupňový chladič. Pokud je bioplyn komprimován na tlaky 1MPa a vyšší, lze s celkem velmi dobrým výsledkem použít tlakovou vodní vypírku pro zvýšení obsahu methanu na 87 - 95 % obj. Tlaková prací voda je pak zbavena rozpuštěného CO₂ po expanzi, eventuálně i po zahřátí.

Je však třeba upozornit, že spolu s CO₂ se ve vodě dobře rozpouští i sulfan (H₂S) a rovněž methan je částečně rozpouštěn. To znamená, že vypírkou ztrácíme i malý podíl methanu do expanzních odplynů, co je však důležitější, do odplynů se dostává i současně vypraný sulfan, což by u některých typů biomethanizovaných surovin mohlo být zdrojem značných problémů s kvalitou ovzduší. Účinnost vodní vypírky bioplynu lze dobře demonstrovat na modelovém výpočtu bioplynu s mírně zvýšeným obsahem dusíku.

Tabulka 9.6 – Složení bioplynu a produktů vodní vypírky. [15]

	Vstupní plyn	Vypraný plyn	Expanzní plyn
CH ₄ [%obj.]	60,00	82,00	7,90
CO ₂ [%obj.]	32,00	6,80	91,70
N ₂ [%obj.]	8,00	11,20	0,40
množství plynu [m ³]	1000	703	297
výhřevnost plynu [MJ.m ⁻³]	21,51	29,39	2,83
distribuce výhřevnosti	100 %	96,1 %	3,9 %
	vstup	produkt	ztráta odplynu

Z výsledků (Tabulka 9.6) uvedeného příkladu je zřejmé, jak velkou roli v úpravě plynu hraje jeho původní obsah dusíku. Plyny, jejichž obsahy dusíku překračují hranice 3 - 5 % obj. jsou

vypírku jen velmi obtížně upravitelné na kvalitu náhradního zemního plynu. Pro potřeby hlubší vypírky CO₂ stoupá energetická náročnost.

Moderní technologie však pro výrobu SNG z bioplynu prakticky využívají membránové dělicí procesy.

Dělení a čištění plynů s pomocí membránových separačních procesů je dobře použitelné jak pro reaktorové bioplyny tak i pro plyny skládkové. Bioplyn o složení 60 % obj. CH₄ a 38 % obj. CO₂ může být vyčištěn a upraven až na kvalitu náhradního zemního plynu (SNG) s koncentrací methanu přes 97 % obj. Současně je plyn zbaven i vlhkosti a sulfanu a může být dodáván ve stlačené podobě. Tyto výborné perspektivy jsou však vyvažovány cenou zařízení a provozními náklady, a tak o finální aplikaci membránových procesů budou zřejmě vždy rozhodovat faktory ryze ekonomické.

Kayhanian a Hills ověřovali dělení směsi CH₄, CO₂ a H₂S na 12 různých materiálech pro membránové dělicí procesy. Pro podrobnější testy byly vybrány 2 membrány dimethylsiloxanové (silikonové) a membrána z acetátu celulózy. Nejlepší výsledky poskytla právě acetátocelulózová membrána.

- Snižování obsahu H₂S

Snižování koncentrace sulfanu v bioplynu se provádí **technologickými zásahy** do procesu. Metody snižování koncentrace sulfanu v bioplynu se soustřeďují buď na minimalizaci vzniku rozpuštěných sulfidů přímo během procesu anaerobní fermentace, přestupu sulfanu do plynné fáze nebo na odstraňování sulfanu až ze vzniklého bioplynu. Výsledkem může být zvýšení produkce methanu, což ovlivňuje ekonomiku procesu vzhledem k jeho využitelné energii, dále odstranění problémů při spalování bioplynu nebo obojí [17].

Nejznámější metody jsou následující:

- Srážení sulfidů přidávkem železnatých solí - tento způsob je účinný, ale prodražuje provoz vzhledem k relativně vysoké ceně solí a k produkci zvýšeného množství kalu k dalšímu nakládání.
- Udržování pH v reaktoru na hodnotě 8, kdy je disociováno 90 % sulfidů proti 50 % při pH 7. Opět je nutné přidávat chemikálie - alkalizační činidla.
- Recirkulace bioplynu, kdy se z bioplynu externě odstraňuje sulfan, např. filtrací přes železitou vlnu, křemičitou vlnu, sprchování železitémi solemi s jejich následnou regenerací, recirkulovaný bioplyn zvyšuje přechod sulfanu do plynu stripováním.
- Segregace sulfát redukujících a methanogenních bakterií do dvou stupňů, bioplyn z prvního stupně je externě čištěn a methanogenní stupeň je ochráněn.
- Biologická oxidace sulfanu in situ - limitovanou dodávkou vzduchu nebo kyslíku přímo do anaerobního reaktoru, kde se v určitých místech vytvoří mikroaerobní podmínky. Většina sulfidů by se měla biologicky oxidovat pomocí sirných bakterií a značná část oxidačních produktů by měla být elementární síra, protože pH je neutrální, redox potenciál nízký a poměr sulfidů vysoký. Tato metoda je z provozního hlediska velmi perspektivní, způsoby dodávky oxidačního činidla, mohou být různé, je vhodná pro střední rozsah koncentrací sulfanu [16].

Biologické odstraňování sulfanu z bioplynu

Základním principem biologického odstraňování sulfanu z bioplynu je jeho přivedení do kontaktu s bezbarvými sirnými bakteriemi. Do systému je potom dodáván vzdušný kyslík v limitovaném množství, aby docházelo k oxidaci pouze na elementární síru. Existují různá technická provedení a uspořádání, některá z nich jsou zde uvedena:

- Vzduch je injektován do bioplynu v daném poměru, bioplyn je veden do spodní části sprchovací věže, kde jsou na nosiči sírné bakterie. Přes věž cirkuluje voda, která zajišťuje vlhkost a nutrienty. Nízké pH pomáhá selekci sírných bakterií, systém může fungovat při zatížení až $7 \text{ kg H}_2\text{S/m}^3$ aktivního objemu reaktoru za den s účinností 95 %.
- Odstraňování sulfanu z bioplynu může být v jednom stupni problematické, protože se někdy těžko odděluje vzniklá síra. Toto závisí na množství sulfanu. Proto je výhodný dvoustupňový systém s odděleným vypíráním.
- Sulfan se z bioplynu vypírá alkalickým roztokem, vypírací medium se naředí anaerobním odtokem a vede se do aerovaného systému s imobilizovanými sírnými bakteriemi na polyuretanovém nosiči. Následuje usazovák na oddělení síry, které bylo v popsaném systému asi 66 %, zbytek byly rozpuštěné sírany a thiosírany, poměr závisí na správném nastavení dodávky vzduchu.
- Systém Thiopaq využívá aerobní sírné bakterie adaptované na vysokou solnost a alkalitu, kultura sírných bakterií je ve vznosu, hlavním zástupcem je rod Thiobacillus. Technologická linka se sestává z absorbéru, kde dochází k dokonalé vypírce sulfanu recirkulovaným alkalickým mediem s biomasou, medium s rozpuštěnými alkalickými sulfidy je dále vedeno do aerovaného reaktoru. Zde se řízenou dodávkou vzduchu oxidují sulfidy a produkuje se pevná síra (bakterie ji ukládají vně buněk), tím se opět uvolňuje alkalické činidlo. Regenerovaný alkalický roztok se po sedimentaci síry v lamelových usazovacích vrací do absorbéru. Takto produkovaná "biosíra" má pro separaci příjemné hydrofobní vlastnosti, nepůsobí problémy se zalepováním nebo ucpáváním a je čistoty 95-98 %. Lze ji dále přechistit tavením nebo jako surovou použít v zemědělství. Tímto procesem je možno snížit 1-2 % H_2S v plynu na 10 ppm [17].

- Křemík

Jak již bylo uvedeno v kap. 9.2.1, nejsou procesy pro odstraňování organokřemičitých sloučenin z bioplynu využívány. Teoreticky by bylo nutno plyn vypírat hluboce chlazenými uhlovodíky a nasycená rozpouštědla pak rektifikací regenerovat. Tyto procesy jsou však tak nákladné, že je obecně spíše doporučováno vyhledat takový typ motoru, který na přítomnost křemíku nereaguje silnou tvorbou úsad. Ekonomické hodnocení vychází ve většině případů ve prospěch častějších oprav čištění motorů, než ve prospěch instalace technologie pro "odkřemíkování" bioplynu. Spalovací zařízení (hořáky) přítomností křemíku netrpí vůbec, resp. dosud nebyly popsány žádné technické potíže vzniklé díky tomuto druhu znečištění bioplynu [17].

- Tuhé nečistoty

Protože bioplyn je téměř vždy transportován z výroby ve stavu blízkém rosnému bodu skrze vlhká potrubí a z reaktoru, kde vzniká z vodné fáze, je přítomnost prachu prakticky vyloučena. Nelze však vyloučit strhávání kapek kondenzátů s obsahem tuhých korozních zplodin anebo bakteriálních povlaků. Povlaky bakteriálních kolonií mohou pokrývat i dlouhé úseky potrubí a v plynových cestách mohou stržené gely narušovat funkce vestavných zařízení, např. regulátoru tlaku. Pokud se do cesty plynu vkládají filtry pro zachycení nečistot, je třeba dbát na to, aby bylo možno průběžně kontrolovat tlakovou ztrátu filtru alespoň na místním měřidle a aby výměna anebo vyčištění filtru byly snadnou a rychlou záležitostí. Tvorba gelů v bioplynových potrubích je pomalá a úměrná tomu, jak málo živin a substrátů může plyn v podobě mikrokapek přinášet. [15]

9.2.3 Zbytek po fermentaci - digestát

Digestát je zbytek po anaerobní digesci statkových hnojiv nebo biodegradabilních odpadů. V případě, že jde o digestát na bázi statkových hnojiv, je možné tento zbytek považovat

za statkové hnojivo, když obsahuje minimálně 25% spalitelných látek a 0,6 % dusíku v sušině. Dále pak digestáty musí splnit tak jako ostatní organická hnojiva limitní hodnoty rizikových prvků (Tabulka 9.7).

Tabulka 9.7 – Tabulka limitních hodnot pro digestáty. [22]

[mg.kg ⁻¹ sušiny]								
kadmium	olovo	rtuť	arsen	chrom	měď	molybden	nikl	zinek
2,0	100,0	1,0	10,0	100,0	100,0	5,0	50,0	300,0

Chemické, fyzikální a biologické vlastnosti digestátů

Digestát ve srovnání s biozplynovanými hmotami obsahuje organické látky s vyšší mírou stability (vyšší podíl biologicky nerozložitelných látek) a s obsahem živin. Zatímco obsah organických látek v průběhu fermentace v substrátu klesá, zvýší se množství vlhkosti v substrátu.

Mezi odborníky jsou vedeny diskuse, zda digestát připravený fermentací hnojiv má lepší agrochemické vlastnosti či nikoliv. V polních experimentech byla na výzkumné stanici v Chomutově srovnávána kejda prasat s digestátem připraveným z této kejdy. Výnosové rozdíly mezi těmito hnojivy nebyly statisticky průkazné. V průběhu fermentace se mění agrochemické vlastnosti zfermentovaného substrátu, jak vyplývá z hodnot experimentu provedeného na modelovém zařízení ve VÚRV Praha Ruzyni (Tabulka 9.8).

Tabulka 9.8 – Změny chemického složení v průběhu anaerobní fermentace kejdy prasat.[22]

Doba fermentace [dny]	Obsah N- NH ₄ ⁺ [g.l ⁻¹]	Sušina [%]	C/N [1]	pH [1]
0	3,0	8,5	8,2	7,2
21	3,2	7,7	7,8	7,5
35	3,3	5,8	5,6	7,8
60	3,5	4,8	4,2	7,9
90	3,8	4,5	4,2	8,1

V průběhu biozplynování kejdy prasat stoupá především obsah amoniakálního dusíku v biozplynovaném substrátu. Zároveň klesá C/N a stoupá pH. Z těchto důvodů je při aplikaci digestátů kejdy větší nebezpečí ztrát dusíku než u samotné kejdy. Při aplikaci digestátů je třeba uplatňovat přísně zásady správné zemědělské praxe pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů s ohledem na působnost tzv. Nitrátové směrnice (91/676/EEC) o ochraně vod před znečišťováním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů a NV č.103/2003 (o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech).

Dalším problémem je zápach. Celkový dojem z plynů vytvářejících zápach je u těchto digestátů podstatně příznivější než u dalších zvířecích fekálií. Minimalizuje se zejména emise merkaptanů, indolu, statotu a sulfanu.

Představitelem odborníků, vyzdvihujících příznivé působení digestátů na rostliny, je Lutzenberger, sledující rozdíly mezi čerstvou a biozplynovanou kejdou nejen v chemickém složení, ale též v biochemických vlastnostech. Biozplynovaná kejda podle tohoto autora zvyšuje odolnost rostlin proti chorobám a škůdcům a poskytuje shodný stimulační efekt na rostliny jako při působení humusových látek. Biozplyňovaná kejda působí příznivě na skladbu lučních porostů, nezapleveluje a podporuje rozvoj leguminos v porostu. Příznivě působí na rozvoj půdní

mikroflóry. Biologický účinek vysvětluje vyšším zastoupením některých aminokyselin, bílkovin, peptidů, bornanů, vitamínu a alkaloidů v biozplyňované kejdě.

Digestáty pokud neobsahují cizorodé látky by mohly být přednostně využívány jako hnojivo nebo by mohly být využívány jako surovina k výrobě aerobně stabilizovaných kompostů nebo pěstebních substrátů.

9.3 Technologické systémy a jejich součásti

9.3.1 Základní typy bioplynových stanic

Velký počet různých řešení bioplynových zařízení/bioplynových stanic (BPS) lze zredukovat na několik typických technologických postupů, které jsou schématicky zobrazeny viz Obrázek 9.3. Jak je zde možné vidět, v zásadě lze postupy rozlišit podle způsobu plnění (dávkový nebo průtokový postup), dále podle toho zda je proces jednostupňový nebo víceetapový a také podle konzistence substrátu (pevný nebo kapalný).

- Dávkový způsob (batch process)

Fermentor se naplní najednou. Dávka pak vyhnívá do konce doby kontaktu, aniž se další substrát přidává nebo odnímá. Produkce plynu po naplnění nejprve pomalu stoupá, dosahuje maxima a poté klesá. Na konci se fermentor najednou vyprázdní. Přitom se ponechá menší množství vyhnílého kalu (cca 5-10 %) v nádrži, aby se naočkovala nová dávka.

- Metoda střídání nádrží

Tato technologie pracuje se dvěma vyhnívacími nádržemi. Z přípravné nádrže, která pojme substrát za 1 až 2 dny, se prázdná vyhnívací nádrž pomalu, ale rovnoměrně plní, zatímco v druhé probíhá vyhnívací proces. Jakmile je první nádrž naplněna, obsah druhé se najednou přesune do skladovací nádrže a následně se tato vyprázdněná nádrž začne plnit z přípravné nádrže. Mezitím se vyhnílý kal ze skladovací nádrže vyváží na vhodné plochy, takže tato nádrž se průběžně zcela vyprazdňuje. Její kapacita by proto měla být větší než kapacita jednoho fermentoru.

Tento postup se vyznačuje velmi rovnoměrnou výrobou plynu a dobrým hygienizačním účinkem, neboť během celé doby vyhnívání není dodáván čerstvý substrát. Nevýhodou jsou stejně jako u dávkového způsobu vysoké pořizovací náklady a také vyšší tepelné ztráty. Dalším problémem je, že se musí nádrž při vyprazdňování zavzdušňovat, pokud zásobník plynu není dostatečně velký a naplněný tak, aby zaplnil plynem prostor po odebraném vyhnílému substrátu.

- Průtokový způsob

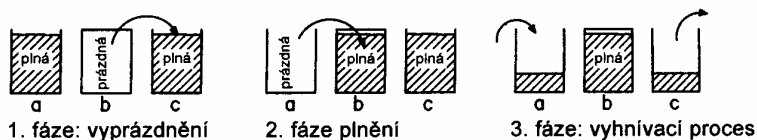
Většina BPS ve světě pracuje tímto způsobem, buď v čisté formě nebo v kombinaci se zásobníkovým způsobem. Tento způsob se vyznačuje tím, že vyhnívací nádrž je neustále naplněna a vyprazdňuje se pouze příležitostně kvůli opravám nebo odstranění usazenin. Z malé přípravné nádrže je čerstvý substrát většinou jednou až dvakrát denně dodáván do fermentoru, přičemž zároveň automaticky odchází odpovídající množství vyhnílého substrátu přepadem do skladovací nádrže.

Výhodou této metody je rovnoměrná výroba plynu, dobré vytížení vyhnívacího prostoru, a tím také cenově příznivá, kompaktní konstrukce s nízkými ztrátami. Proces plnění lze plně automatizovat, např. plovákovým spínačem v přípravné nádrži nebo časovým spínačem na plnicím čerpadle. Nevýhodou oproti dávkovému systému je především, že v závislosti na typu nádrže nebo míchadla může dojít ke smíchání čerstvého substrátu s vyhnílejším materiálem, čímž se znehodnotí hygienizační efekt.

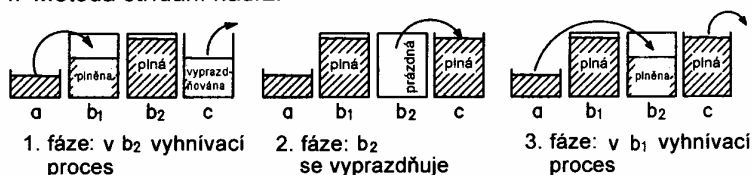
- Metoda se zásobníkem

U této metody jsou fermentor a skladovací nádrž spojeny do jedné nádrže. Při vyvážení vyhnílé kejdy se zásobník vyprázdňuje až na malý zbytek, který je nutný k naočkování další náplně. Poté se fermentor plní pomalu z přípravné nádrže nebo stálým přítokem přes přirozený přepad. S použitím fóliové krytiny lze využít stávající otevřenou jímku na kejdu k přebudování na BPS. Výhodou jsou především nízké náklady, jednoduchý a přehledný provoz. U zásobníkových zařízení s fóliovým krytem jsou problémem vysoké tepelné ztráty, a proto je vhodné provozovat tato zařízení v oblastech nižších teplot (20 až 25 °C).

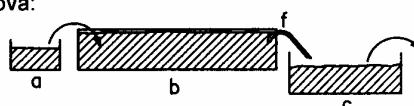
I Dávková metoda:



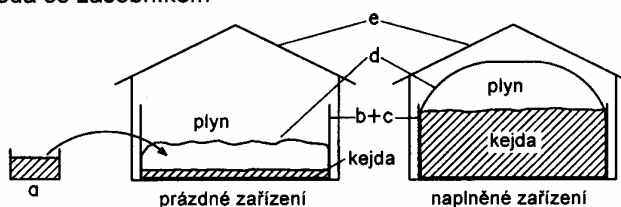
II Metoda střídání nádrží:



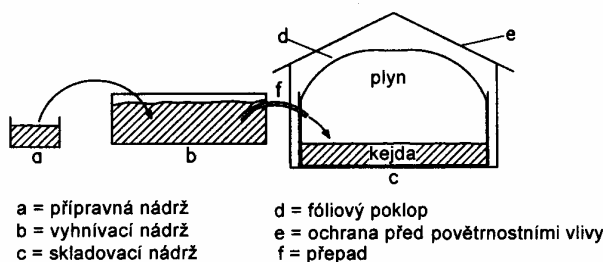
III Metoda průtoková:



IV Metoda se zásobníkem



V Metoda průtoková se zásobníkem na konci



Obrázek 9.3 Základní typy provozu bioplynové stanice [23]

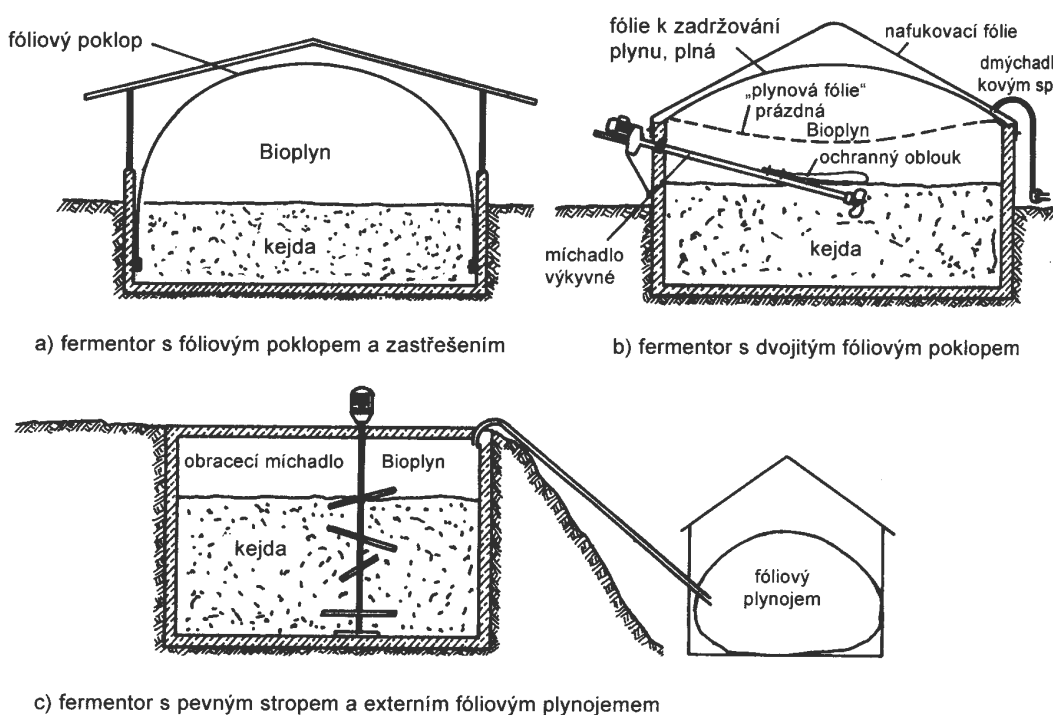
- Kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem

Tato metoda reprezentuje současný nejvyšší vývojový stupeň bioplynové technologie. Vznikla tak, že k průtokovému fermentoru byly připojeny dříve otevřené nebo fóliovým poklopem dodatečně opatřené nádrže na vyhnílou kejdu, a to s cílem zabránit ztrátám na dusíku způsobených aerobními rozkladnými procesy a získat dodatečný bioplyn. Praxe ukázala, že při obvyklých dobách skladování, což je zhruba 5-6 měsíců, pochází 20 - 40 % celkového výnosu plynu ze

skladovací nádrže. Tato nádrž není zpravidla izolovaná, ohřívána nebo promíchávaná, takže náklady na dodatečný výnos plynu jsou minimální.

- Jednostupňový nebo vícešupňový proces

Vyhnívání substrátu a výrobu bioplynu lze z hlediska techniky výrobního procesu provádět jednostupňově nebo vícešupňově. Při jednostupňovém procesu probíhají čtyři fáze fermentace v jednom plně promíchávaném vyhnívacím prostoru jedna za druhou. U vícešupňového postupu se provádějí pokusy různé fáze vyhnívacího procesu prostorově oddělit, a to buď použitím většího počtu nádrží nebo oddělením ve vyhnívacím prostoru. Pro zemědělské BS připadá kvůli vysokým nákladům jen dvoustupňový postup. Např. u některých zařízeních se čerstvá kejda předehřívá ve vnitřní první komoře přes plochy výměníku tepla a probíhá zde první kyselá fáze.



Obrázek 9.4 Typická zásobníková bioplynová zařízení [22]

9.3.2 Konstrukční typy fermentorů

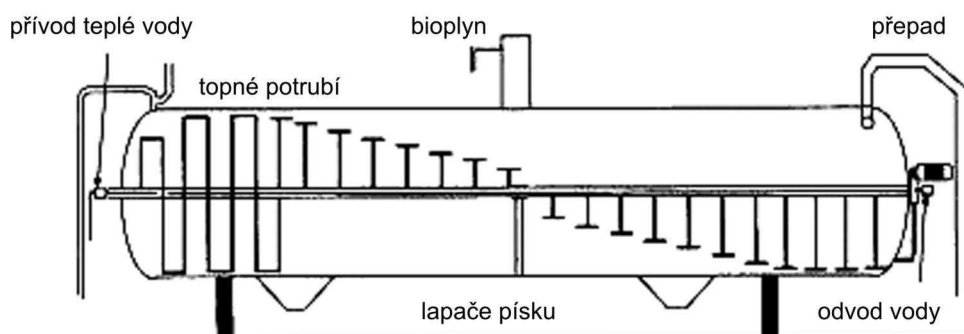
Fermentor může být konstruován jako stojící (vertikální) nebo ležící (horizontální).

Horizontální konstrukční typ

Horizontální fermentory (Obrázek 9.5) jsou většinou konstruovány jako cylindrické ocelové nádrže umístěné nad zemí. V praxi se vzhledem k možnosti transportu používají reaktory objemu 50 - 100 m³. Často se využívají použité zásobníky na naftu. Nádrž je uložena na betonových podstavcích tak, aby její sklon byl 3 - 5 %. Kejda se čerpá do výše položené části. Promíchávání obsahu reaktoru a pohyb směsi směrem k druhému níže položenému konci, je zabezpečeno lopatkami umístěnými na hřídeli procházející horizontální osou reaktoru. Rychlost míchání je pomalá, 1 - 3 otáčky za minutu. Tomu odpovídá i nízká spotřeba energie na míchání, 700 - 900 wattový motor je dostatečný pro míchání 100 m³ kejdy obsahující slámu. Vznikající bioplyn se hromadí v horní části reaktoru, odkud je odváděn do plynojem. Ve spodní části, v nejnižším bodě reaktoru, je jeden nebo více odkalovacích ventilů. Vytápění je řešeno rozvodem trubek uvnitř reaktoru. Běžné je i umístění ve dvojitě stěně reaktoru, nebo je vytápění integrováno s mícháním a je umístěno v duté hřídeli míchadla. Vzhledem k poměrně velkým investičním nákladům, se tento

typ reaktoru využívá hlavně k fermentaci "hustších odpadů" jako je drůbeží trus, domovní odpad nebo kejda s vyšším obsahem slámy, kdy se využívá vhodnosti tohoto typu míchacího zařízení.

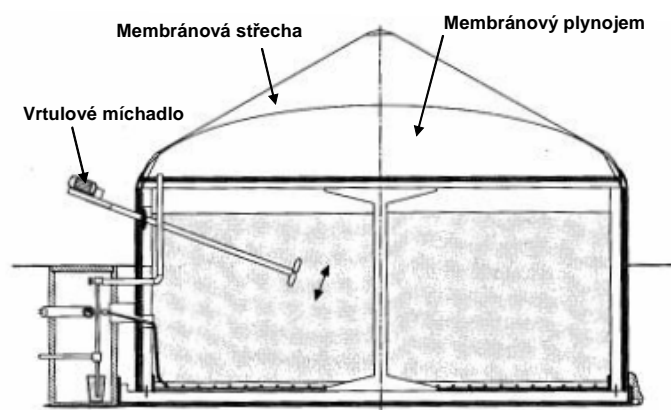
Tato konstrukce má výhodu, že zde lze nainstalovat výkonné, funkčně bezpečné a energeticky úsporné mechanické míchadlo. Tím dosáhneme velmi dobrého promísení ve směru toku materiálu. Jelikož délka je mnohonásobně větší než výška nádrže, vzniká automaticky tzv. pístové proudění, které je pro tuto technologii velmi žádoucí. Tento jev má za následek, že čerstvý substrát z plnicí zóny se nesmíchá s vyhnílym materiálem na konci nádrže, což podporuje hygienizační efekt procesu. Na druhé straně jsou nevýhodou vyšší tepelné ztráty a naočkování čerstvého substrátu, ke kterému musí dojít již v přípravné nádrži nebo recirkulací vyhnílého kalu.



Obrázek 9.5 Horizontální průtočný reaktor (Darmstadt systém)

Vertikální konstrukční typ

Vertikální reaktory vycházejí ze standardních, ocelových nebo železobetonových nádrží (Obrázek 9.6, Obrázek 9.7). V některých případech jsou nádrže umístěny pod úroveň terénu. Nádrže jsou vyráběny sériově, což se projevuje v nižší ceně za jednotku objemu. Používané objemy se pohybují v rozmezí 250 - 5000 m³. Tyto reaktory jsou často používány dvojúčelově, kdy v průběhu roku pracují s různým harmonogramem dávkování. V létě a na podzim jsou naplněny jenom do úrovně zabezpečující minimální dobu zdržení 20 - 30 dnů. Tím se připravuje rezerva k uskladnění několika set m³ kejdy na zimní a jarní období, kdy se nemůže nebo nesmí kejda aplikovat na pole. Při naplněném reaktoru je doba zdržení přes 60 dnů, což zaručuje dostatečnou produkci bioplynu a stabilní chod fermentoru i v zimním období. Hlavní výhodou je dosažení lepšího poměru mezi povrchem a objemem, čímž se sníží materiálové náklady a tepelné ztráty.



Obrázek 9.6 Vertikální konstrukční typ fermentoru



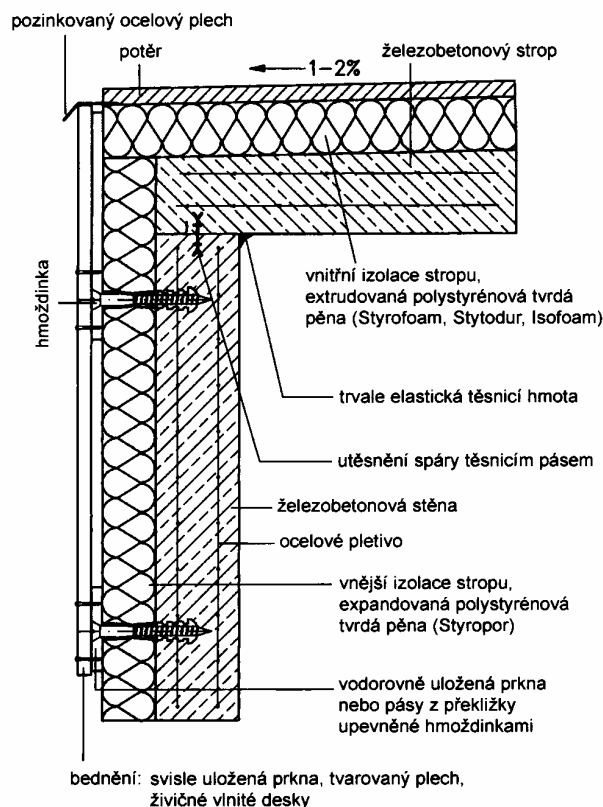
Obrázek 9.7 Vertikální konstrukční typ fermentoru

9.3.3 Stavební materiály a stavební techniky pro vyhřívací nádrže

Plášť fermentoru

- Železobetonové nádrže

Železobeton se použije pro dno, stěny i strop. Dno a stěny jsou provedeny většinou z monolitického betonu, který musí být podle receptury vyroben v betonárně. Je nutné dodržet zrnitost přísad, vodní součinitel betonové směsi, jakož i pečlivé utěsnění a zabránění vzniku spár při přerušení betonování a výsušných trhlin (smršťování při vysychání). V každém případě je nutné dodržet příslušné směrnice k výrobě vodotěsného plynotěsného betonu. Zatímco malé netěsnosti v podlahové desce a místech spojení stěn a potrubí ve spodní části nepředstavují kritická místa, protože se ucpou pevnými složkami kejdy, jsou taková místa v horní části nádrže, kde vzniká plyn absolutně nepřipustná. Zvláště problematická jsou místa přechodu mezi stěnou a stropem. Tady je třeba případné spáry zalepit trvale elastickými těsnícími pásy, které se v místech spojují slepí nebo svaří. Jako dodatečné bezpečnostní opatření lze doporučit nastříkat nebo nanést na místa styku trvale elastické hmoty na bázi silikonkaučuku, polyuretanu nebo bitumenkaučuku (Obrázek 9.8). U nadzemních nádrží s vnější izolací je třeba dbát, aby do izolace nepronikala srážková voda. K tomuto účelu je dobré, buď provést stropní desku s přesahem, nebo zabetonovat mezi stropní desku a stěnu plechový okap [23].



Obrázek 9.8 Provedení místa styku stěny se stropem, izolace a bednění u nadzemní BS [23]

- Nádrže z ocelového plechu

V tomto případě byly dříve využívány již použité zachovalé cisterny pro skladování a přepravu kapalin. Tyto nádrže ze 4-6 cm silného plechu se na místě osadí na podezdívku, přičemž jejich polohu fixuje dřevěná podložka přizpůsobená zakřivení cisterny, která slouží zároveň k potlačení tepelného mostu mezi podezdívkou a cisternou (Obrázek 9.10). Strana, na které má být namontován plynojem, se doporučuje uložit se sklonem 3-5 %, aby se podpořil výstup plynu. Praxe ukázala, že antikorozní nátěr na vnitřní straně nádrže v oblasti styku s kejdou není nutná. Jen vstupní část, kde dochází ke styku ještě s oksyločenou kejdou, a především na hranici mezi hladinou kejdy je třeba počítat s korozí. Tato koroze není však natolik silná, aby narušila provozní stabilitu BPS.

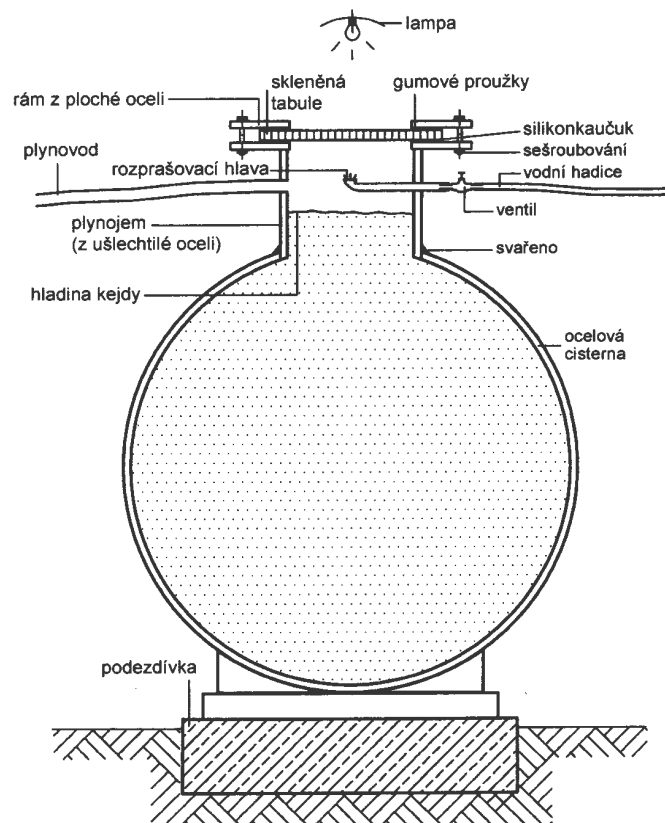


Obrázek 9.9 BPS firmy Archea 200 kW_{el}

V dnešní době jsou již na trhu moderní nádrže, včetně důmyslné regulace provozu. Tyto reaktory našly své uplatnění hlavně při fermentaci materiálů s vyšším obsahem sušiny (Obrázek 9.9).

Plynojem

Má za úkol oddělovat plyn od pěny a kapalných částí. Měl by mít výšku min. 80 cm. Nahoře by měl být uzavřen skleněnou nebo plexisklovou tabulkou, aby bylo možno nahlížet dovnitř a kontrolovat fungování míchadla a včas rozpoznat tvorbu kalového stropu. Tabulka se přilepí silikonkaučukem a proti nadzvednutí tlakem plynu se zajistí přišroubováním rámu (Obrázek 9.10). Tabulka funguje jako přetlaková pojistka. Pokud dojde k ucpání plynovodu a přetlaková pojistka na odlučovači vody nezareaguje, tabulka praskne, čímž se zabrání poškození nádrže přetlakem. Abychom zaručili dobrý průhled tabulkou nainstalujeme na vnitřní straně jednoduchý rozprašovač vody.



Obrázek 9.10 Plynojem se skleněným víkem u horizontálního reaktoru provedeného z cisterny [23]

Tepelná izolace, vnější plášť, nátěry a povlaky

- Minerální vlna a rohože z minerálních vláken

Minerální vlna (skelná vlna, strusková vlna) je nejužívanějším izolačním materiálem. Důvodem je nízká cena a odolnost proti vysokým teplotám a mikrobiálnímu rozkladu. Stavebně biologické aspekty mají v případě BS menší váhu než u budov. Jestliže se materiál dobře zpracuje a opatří pláštěm, neměly by vznikat žádné problémy.

Rohože z minerálního vlákna připadají v úvahu především pro izolaci zaoblených a zakřivených ploch a potrubí o velkém průměru. Dají se použít jako izolace kruhových nádrží a to tak, že se ovinou 1 až 2 vrstvami rohoží, a poté se pokryjí na ochranu před vnějšími vlivy živичnou lepenkou (pod střešou) nebo tenkými kovovými profily (na volném prostranství). Rohože z min. vláken nejsou citlivé na vlhkost, avšak při provlhnutí výrazně klesá izolační účinnost. Pro uložení v zemi by se izolační materiály z minerálních vláken neměly používat.

- Pěnové hmoty

Izolační desky z **expandovaného polystyrénu** známé pod názvem Styropor, jsou lehké, práce s nimi je jednoduchá, dají se lepit na beton a bez naříznutí je můžeme ohýbat ve větších poloměrech. Nesmí na ně však působit vlhkost, protože vodu pomalu nasakují a jen obtížně se jí zbavují. Tento materiál je vhodný pro nadzemní použití izolace stěn i stropu. Jelikož expandovaný polystyrén není odolný vůči povětrnostním vlivům, je nutné ho při použití opatřit pláštěm z prken, kovových profilů nebo živičných desek.

Desky z **extrudovaného pěnového polystyrénu**, známé pod obchodními názvy Styrodur, Styrofoam, Roofmatte, Agmatte a Isofoam, mají vysokou pevnost v tlaku, jsou odolné vůči působení kejdy a díky uzavřeným pórům nenasakují vodu ani při trvale působící vlhkosti. Používají se u podzemních fermentorů. Podlahová deska se lije na tyto desky uložené v pískovém loži. Izolace stěn se provádí tak, že se desky upevní hmoždinkami, aby se usnadnil následný zásyp. Mezi izolací a zemínou je dobré zabudovat drenážní desku nebo noprkovou fólii. Je nutné zabránit vzniku spár a štěrbin v izolaci, proto se sestává izolační vrstva ze dvou vrstev přesazených desek. Desky jsou dostatečně odolné v tlaku, takže se po nich dá jezdit. Nevýhodou je vyšší cena materiálu.

Polyuretanová pěna má velmi nízkou tepelnou vodivost ($\lambda = 0,025-0,035 \text{ W/mK}$). Existují PU desky v provedení s otevřenými nebo uzavřenými póry, jakož i pěna k aplikaci na místě. Tento materiál je nejdražší se zmíněných materiálů.

- Organické izolační materiály

Materiály z ovčí vlny, bavlny, lnu, kokosových vláken, korku a podobných materiálů se hodí jako izolace nadzemních částí BPS. Ceny jsou v současnosti 2-3krát vyšší než u ostatních využívaných materiálů. Mají vyšší tepelnou vodivost, proto je třeba zvolit větší tloušťku izolace.

- Tloušťka izolace

Tloušťka je ovlivněna především tvarem a velikostí fermentoru, teplotním rozdílem mezi prostředím v nádrži a okolím, cenou izolačního materiálu a finančně vyjádřenou výší úspory energie potřebné pro proces.

- Vnější plášť a fóliový poklop

Vnější opláštění zastává funkci ochrany před povětrnostními vlivy. Nabízí se obložení z kovových profilů (hliník, pozinkovaný plech) nebo ze dřeva. Má-li izolační materiál dostatečnou nosnost není nutná nosná konstrukce, jako např. u rohoží z minerální vlny.

Zakrytí fermentoru fóliovým poklopem, který slouží zároveň jako plynojem, je jednou z metod, která se v praxi osvědčila pro cylindrické, nahoře otevřené nádrže. Existují následující řešení:

Fóliový poklop pod fóliovým zastřešením - Materiál z tkaninou zesíleného PVC se natáhne jako zastřešení na kuželovou dřevěnou konstrukci, která se opírá o horní okraj fermentoru. Druhý, vnitřní poklop se upevní ocelovým pásem pod hladinu substrátu. Dalšími využívanými materiály jsou např. etylén- propylen- terpolymer (EPDM), butylkaučuk, polyetylén- etylén- vinyl- acetát (PE/EVA).

Dvojitá fólie jakožto nafukovací střecha - Nebuduje se nosná konstrukce. Do prostoru mezi plynovou a střešní fólií se nafouká kompresorem vzduch, čímž se plachta silně napne. Druhá fólie se může pohybovat nahoru či dolů v závislosti na tlaku v plynojemu. Obě fólie jsou k okraji nádrže plynotěsně upevněny.

Jednoduchá fólie - Otevřená nádrž je nahoře opatřena krytem z jednoduché fólie. Tento kryt má funkci zároveň jako střecha fermentoru i jako plynojem. Plachta je uložena na podpěrné konstrukci a takto chráněna proti tomu, aby klesala pod okraj nádrže a tvořila prohlubně.

- Nátěry, povlaky, těsnící hmoty

Užití nátěrových a těsnících hmot může být nutné k utěsnění porézních betonových ploch nebo míst spojů a rovněž k ochraně proti korozi. Tyto hmoty musí být absolutně odolné vůči vlivům vlhkosti, teploty a působení slabých organických kyselin, sirovodíku a amoniaku. V úvahu připadají tyto typy nátěrových hmot:

Bitumenové nebo bitumen-kaučukové nátěrové hmoty- levné, snadno se nanášejí a zachovávají plasticitu, a proto se často používají na BS.

Disperzní nátěrové hmoty ředitelné vodou- nehořlavé, zdravotně nezávadné a snadno zpracovatelné. Nevýhodou je, že nejsou plynotěsné a působením vlhkosti bobtnají.

Jednosložkové nebo vícesložkové hmoty na bázi pryskyřice- plynotěsné, elastické nátěrové hmoty, které se využívají je-li předpokládáno mechanické zatížení obrušováním (kamení, písek obsažený v substrátu). Jejich cena je poměrně vysoká.

9.3.4 Přípravné a skladovací nádrže

- Přípravná nádrž

Slouží jako vyrovnávací nádrž, odkud jsou používané substráty jednou až dvakrát denně přečerpávány do fermentoru. Často však bývá využívána k přimíchávání, rozmělnování a vyplavování (zkapalnění) ko-substrátů nebo tuhého hnoje. Dnes je již častější ko-substráty čerpat přímo do fermentoru. Přípravná nádrž musí mít takový objem, aby byla schopna pojmout množství kejdý nejméně za 1-2 dny. Přístup vzduchu není nevýhodou, nýbrž působí příznivě na započatí první fáze procesu, proto se nechává většinou otevřená. Také musí být v případě potřeby možné do nádrže snadno vložit řezačku nebo mixér.

Pro řešení problémů vyskytujících se u plnění fermentoru substráty, nezpůsobitelnými k čerpání z přípravné nádrže, byly vyvinuty nové postupy, které tyto problémy řeší: vyplavovací šachta, podávací šneky, hydraulické dopravníky.

- Skladovací nádrž

Slouží k jímání vyhnilé kejdý. Velikost má být dimenzována tak, aby v době vegetačního klidu, kdy rostliny nepřijímají živiny, byla schopna pojmout hmotu po dobu 6-7 měsíců. Většinou je opatřena fóliovým krytem, aby se zabránilo ztrátám na dusíku a bylo možné jímat dodatečně vzniklý plyn dokvašováním.

9.3.5 Potrubí, čerpadla, armatury

Potrubí, čerpadla, armatury jsou nutné k transportu čerstvého a vyhnilého substrátu a pro řízení toku materiálu.

- Potrubí

Potrubí je dvojího druhu. Jednak plnicí, jímž je pod tlakem čerpadla dopravován substrát (např. z přípravné nádrže do fermentoru), a jednak přepadové potrubí, z něhož materiál odchází samovolně vlivem přirozeného spádu (např. z fermentoru do skladovací nádrže).

Tlakové potrubí by mělo mít průměr minimálně 100 - 125 mm u delších tras i 150 mm, aby se zabránilo ucpávání a velkým ztrátám tlaků. Většinou bývá provedeno z ocelových rour ze svařovanými nebo přírubovými spoji.

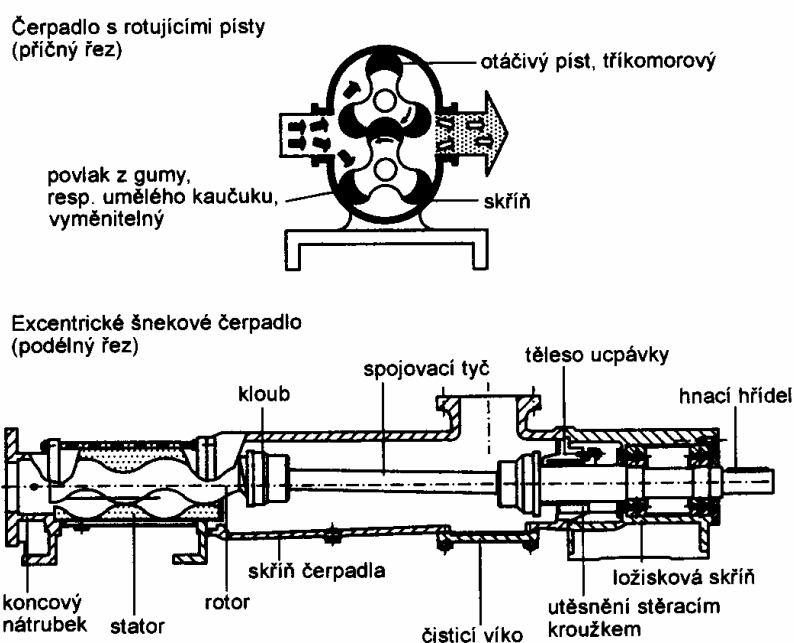
Přepadové a vratné beztlakové potrubí by mělo mít podstatně větší průměr. Minimum je 200 mm pro průtok řídkého kapalného substrátu, jako je prasečí kejda, zatímco pro průtok husté hovězí kejdý by mělo mít průměr 300 mm. Substrát obsahující tuhý hnůj, trávu, nebo jiné vláknité materiály může vyžadovat ještě větší průměr. Pro tato potrubí se téměř výhradně používají kanalizační roury z PVC nebo polypropylenu. V litinových rourách se totiž tvoří usazeniny rychleji než na hladkých stěnách plastových rour.

Všechna potrubí by měla být uložena v nezamrzajícím prostředí, a pokud jimi protéká teplý substrát, pak také tepelně izolována. Mírný spád okolo 1 až 2 % směrem k vyústění umožňuje samovolné vyprázdnění potrubí po vypnutí čerpadla, čímž se zmenšuje nebezpečí sedimentace v rourách.

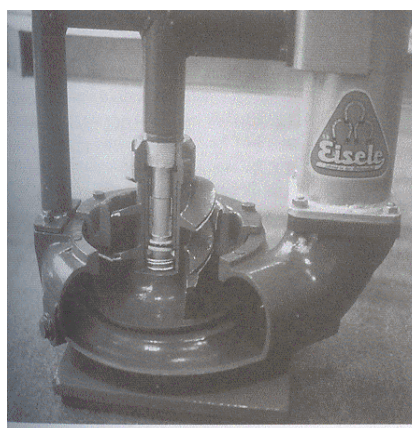
- Čerpadla

Čerpadla jsou nutná k překonání výškových rozdílů mezi jednotlivými nádržemi a rovněž pro pohon hydraulických míchadel.

Odstředivá čerpadla se užívají často při zpracování kejdy. Jsou konstrukčně jednoduchá a přicházejí v úvahu především pro dopravu řídkých kapalných substrátů o obsahu sušiny menší než 8 %. Pro tato čerpadla je typická velmi silná závislost čerpacího výkonu na tlaku média (respektive na dopravní výšce). Maximální výška tlaku leží mezi 4 a 20 bar. Výkon čerpadla se pohybuje mezi 2 až 6 m³/min., při příkonu od 3 do 15 kW. Existují ponorná čerpadla, která je možno zavěsit do kejdy, takže odpadají problémy s nasáváním, jakož i provedení pro suchou instalaci, kdy je čerpadlo umístěno do šachty vedle nádrže, tak že při náběhu nemusí nasávat naprázdno.



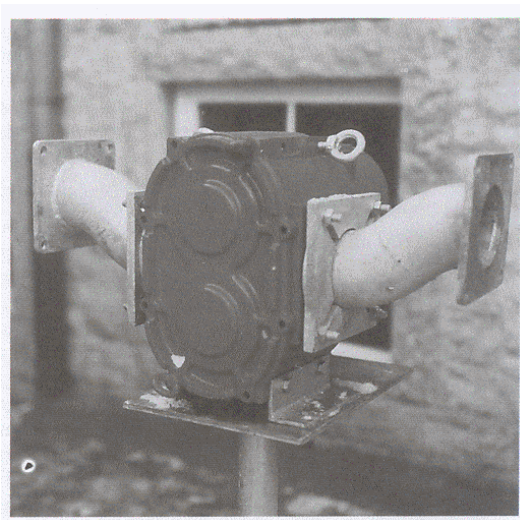
Obrázek 9.11 Dopravní čerpadla pro BPS [23]



Obrázek 9.12 Řez modelem ponorného břitového čerpadla s horním nasáváním s podávacím šnekem, jehož boční hrany jsou provedeny jako břity

Břítová čerpadla je zvláštní forma rotačních čerpadel, mající na oběžném kole tvrzené břity a na skříni protilehlý břit. Takto lze rozsekat vláknité látky obsažené v kejdě (sláma, zbytky krmiva). Příklad břítového čerpadla je na Obrázek 9.12.

Objemová (plunžrová) čerpadla se používají především pro dopravu kejdy s vysokým obsahem sušiny. Jsou samonasávací a podstatně stabilnější vůči změnám tlaku než rotační čerpadla, což znamená, že výkon čerpadla je mnohem méně závislý na dopravní výšce. Čerpadla tohoto typu mohou po změně směru otáčení čerpat i v protisměru. V BS se užívá hlavně objemových **šnekových čerpadel** a čerpadel s rotujícími písty. Prvně jmenovaná mají rotor z ušlechtilé oceli ve tvaru vývrtky, který běží ve statoru z elastického materiálu. Tato čerpadla mohou nasávat až z hloubky 8,5 m a vyrábět tlak až 24 bar, avšak nedosahují tak velkého výkonu jako rotační čerpadla. Jsou citlivá na chod nasucho, na přítomnost cizích těles a vláknitých látek.



Obrázek 9.13 Čerpadlo s rotujícími písty

Čerpadla s rotujícími písty, viz. Obrázek 9.13, se v posledních letech velmi prosazují. Mají dva v protisměru rotující dvou až čtyřkřídlé (tvořící dvě až čtyři komory) otáčivé písty uložené v oválné skříni. Max. tlak leží mezi 2 až 10 bar a výkon kolísá mezi 0,5 až 4 m³/min, při hnacím výkonu od 7,7 do 55 kW. Ve srovnání s excentrickými šnekovými čerpadly se stejným příkonem dovolují tato čerpadla i čerpání materiálu obsahující větší cizí tělesa a vláknité látky. Proto se často užívají v zařízeních, která zpracovávají jakožto substrát zkapalněný rozmělněný tuhý hnůj.

- **Armatury**

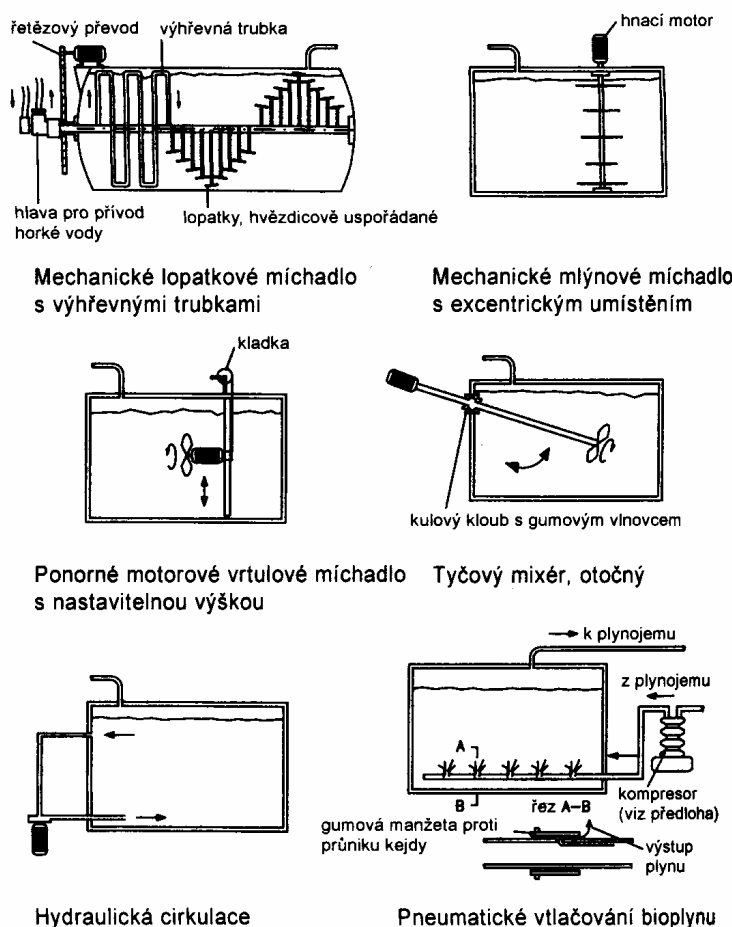
Nejdůležitější armatury používané potrubních systémech BPS jsou: spojky, šoupátka, zpětné klapky, čistící otvory a manometry.

9.3.6 Míchací systémy

Substrát ve fermentoru se zpravidla několikrát denně promíchává, aby se dosáhlo následujících efektů:

- Smíchání čerstvého substrátu s vyhnílým, aby se čerstvý substrát naočkoval aktivními bakteriemi.
- Rozdělení tepla, aby se ve fermentoru udržovala co nejrovnoměrnejší teplotní úroveň.
- Zabránění vzniku plovoucího příkrovu a usazenin, nebo jejich odstranění.

- Zlepšení látkové výměny bakterií vypuzením bublin bioplynu a čerstvých živin.



Obrázek 9.14 Přehled využívaných míchadel na BPS [23]

I když míchadlo nepracuje, dochází ve vyhnívací nádrži k určitému promíchávání působením termického konvekčního proudění a stoupajících plynových bublin. Pasivní promíchávání je ale dostačující jen u velmi řídkých, homogenních kapalných substrátů, jako jsou odpadní vody, což je nepříliš častá situace. Promíchávání je možno provádět mechanicky - zařízeními zavedenými do fermentoru, hydraulicky - odděleně instalovanými čerpadly nebo využitím vlastního tlaku vyráběného plynu, a pneumaticky - vtlačováním bioplynu.

- **Mechanická míchadla**

Mechanická míchadla jsou dvojího druhu: pomaloběžné míchačky (lopatková, mlýnová míchadla) nebo rychlé kompaktní míchací systémy (ponorné vrtulové míchadla a mixéry).

Mechanická lopatková míchadla. Užívají se v horizontálních fermentorech. Typické pro tato míchadla je, že zasáhnou celý vyhnívací prostor, nevyvolávají žádné významné proudění a působí hlavně ve vertikální, nikoli v horizontální rovině (směr toku). Substrát se proto posouvá rourou jako píst, aniž se přitom mísí s vyhnílym substrátem. Jednotlivá prohrabávací ramena jsou na centrální hřídeli uspořádána s přesahem a na konci jsou opatřena krátkou lopatkou. Jelikož při náběhu míchadla vždy jen některé lopatky dosahují do vrstvy usazenin a plovoucího příkrovu, nemá točivý moment žádné velké špičky. Hřídel je v závislosti na délce nádrže uložena kromě čelních stěn ještě i v jednom až dvou dalších bodech. Zde se používají kluzná ložiska z tvrdého dřeva nebo plastu. Hřídel je zpravidla poháněná vně umístěným hnacím motorem. K redukcí otáček se často užívají řetězové nebo planetové převody. Při počtu otáček cca 2 až 4 ot./min činí

nutný hnací výkon pro nádrž o objemu cca 100 m³ jen přibližně 1 až 1,5 kW. V závislosti složení substrátu a jeho náchylnosti k tvoření plovoucího příkrovu a usazenin se míchadlo zapíná 6 až 12 krát denně po dobu 5 až 10 minut. Takovými míchadly lze bez problémů promíchávat i velmi náročné substráty o obsahu sušiny až 20 % a s vysokým podílem vláknitých látek. Ohřev substrátu se provádí hadovitě fixovanými otáčivými prohrabávacími rameny, jimiž proudí teplá voda. Pro svůj bezpečný výkonný a úsporný provoz mají tato míchadla pro použití na horizontálních nádržích prakticky výhradní postavení.

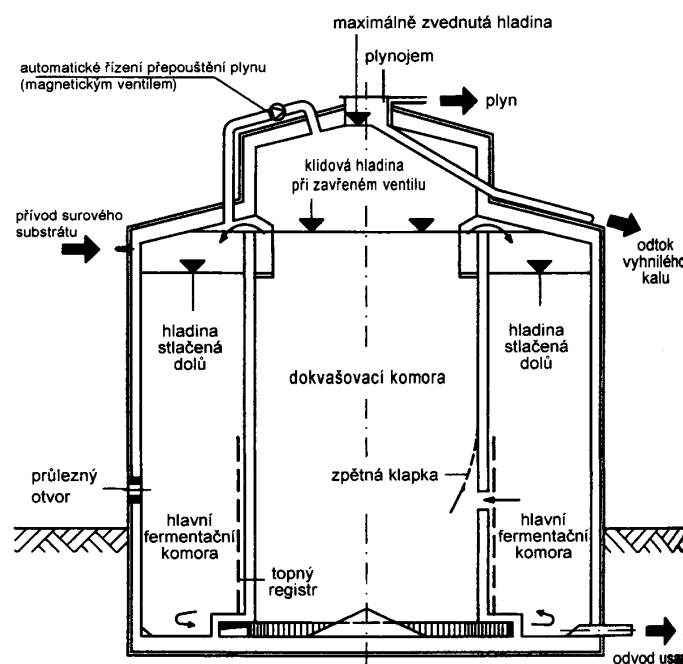
Mlýnová míchadla pracují rovněž mechanicky, ale se svislou, odstředivě směřovanou vlnou. Ve srovnání s vrtulovými míchadly nejsou příliš účinným nástrojem proti vzniku a pro odstranění usazenin a plovoucího příkrovu, a proto se dnes už prakticky nepoužívají.

Ponorná motorová vrtulová míchadla se v posledních letech výrazně prosadila ve vertikálních fermentorech, jejíž průměr je větší než jejich výška a objem činí zhruba 1000 m³. Vrtuli pohání vodotěsně zapouzdřený elektromotor o výkonu od 2,5 do 25 kW. V závislosti na postavení nádrže vyrábí vrtule horizontální nebo vertikální proudění. Výšková nastavitelnost pomáhá k odstranění usazenin a plovoucího příkrovu.

Otočné tyčové mixéry mají podobnou funkci jako ponorná vrtulová míchadla. Jsou buď protaženy stropem nebo stěnou nádrže. Motor je zde umístěn mimo nádrž a vrtuli pohání dlouhou hřídelí. Na rozdíl od ponorných motorových vrtulových míchadel mohou pracovat i při teplotě substrátu vyšší než 40 °C, jakož i ve fermentorech s fóliovým krytem. U hustého substrátu obsahujícího vláknité látky je nutno dbát na to, aby se míchadlo mohlo otáčet nejen v rovině svislé ale i ve vodorovné. Tyčové mixéry lze vybavit rezačkou k rozměňování vláknitých látek.

- **Hydraulická míchadla**

Pro hydraulické míchání se většinou užívá výkonné centrální čerpadlo, které zároveň slouží k přečerpávání substrátu z přípravné nádrže do fermentoru a vyhnílého substrátu ze skladovací nádrže. Požadovaná funkce se nastavuje přesměrováním dopravního proudu uzavíracím šoupátkem. Nasávání substrátu a plnění fermentoru musí probíhat tak, aby obsah fermentoru byl pokud možno v plném objemu promícháván. K tomu slouží míchací trysky, které je možno natáčet ve vodorovné rovině nebo i ve svislé rovině. Nejlepšího míchacího efektu lze dosáhnout přístroji, kde lze pomocí trojcestného šoupátka volit směrování dopravního proudu do trysky v dolní nebo horní části fermentoru. Hydraulické míchání má tu výhodu, že v prostoru fermentoru se nenacházejí žádné pohyblivé části, které by mohly způsobovat oděr stěn. Použití hydraulických míchadel se však omezuje na nízkoviskózní substráty, které nejsou příliš náchylné k vytváření plovoucího příkrovu a usazenin.



Obrázek 9.15 Patentovaný způsob míchání tlakem nashromážděného plynu VSP [23]

Metoda míchání tlakem plynu (systém BPS, BVT a VSP) spočívá ve využití tlaku vznikajícího bioplynu k vytlačení části kejdy z hlavní fer. komory do dokvašovací komory s vyšší hladinou kapaliny (Obrázek 9.15). K tomuto účelu se uzavře ventil ve vedení plynu do plynojemu a plyn se začne hromadit v horní části hlavní fermentační komory. Spojovacím kanálem pak kejda stoupá do dokvašování komory. Po opětovném otevření ventilu začne plyn znovu proudit do plynojemu. Kejda protéká vysokou rychlostí zpět do hlavní fermentační nádrže, a tím se její obsah promíchává. Otvírání a zavírání plynového ventilu probíhá automaticky. U tohoto systému nedochází ani k oděru mechanických částí a ani se nespotebovává proud pro pohon míchadla. Pořizovací náklady na toto zařízení jsou značné a kvůli relativně vysokým hodnotám tlaku plynu je nutné dokonalé utěsnění fermentoru.

- Pneumatická míchadla

Totéž platí pro pneumatické míchání vtačováním bioplynu. Vznikající plynové bubliny vyvolávají v substrátu vertikální pohyb, nikoli však horizontální proudění. Proto se plynová míchadla hodí také pro případy, kdy obsah fermentoru nemá být promícháván v plném rozsahu kvůli dosažení hygienizačního efektu. Při rozdělení fermentoru vestavěnou dělicí stěnou lze docílit podobného proudění jako v horizontálních fermentorech. Pro dosažení co největší koncentrace působení výkonu kompresoru na substrát se přívod plynu rozdělí do několika proudů řízených ventily nebo dělicími kotouči.

9.3.7 Topné systémy procesu

V našich klimatických podmínkách je nutné bioplynový proces otáčet, aby se udržela žádaná teplotní úroveň a vyrovnaly se ztráty způsobené únikem tepla do okolí. Závislost volby výkonu a ploch výměníku závisí na mnoha faktorech (např. velikost fermentoru, izolace, venkovní teplota, teplota dodávané kejdy, teplota procesu, typ výměníku, složení substrátu, atd.). Pro každou BS je volen vytápěný systém individuálně. Důležitá je volba koeficientu k (součinitel přestupu tepla), který kolísá mezi 56-108 W/m².K v závislosti na topném systému a obsahu sušiny v substrátu. Vždy je nutné počítat, že přestup tepla se může zhoršit. Z toho důvodu se musí počítat vždy s menší hodnotou součinitele přestupu tepla. Substrát je zpravidla ohříván ve výměníku tepla cirkulací teplé vody.

Topné systémy jsou:

- Externí výměníky tepla

U těchto typu výměníků je využíván z termodynamického hlediska velmi efektivní protiproud teplotních médií (kejda, horká voda). Jejich výhodou je, že nejsou závislé na vyhnívacím prostoru. Kvůli jejich vysoké ceně jsou vhodné jen pro velká zařízení. V praxi se osvědčil zejména **výměník s dvojitými trubkami a spirálový výměník**.

- **Výměník s dvojitými trubkami** - kejda protéká centrální trubkou a v ochranné vnější trubce protéká horká voda. Tento výměník není vhodný pro přenos tepla z horké kejdy na studenou a jeho čištění je velmi nákladné.
- **Spirálové výměníky** - při svém vysokém výkonu se vyznačují prostorově nenáročnou a kompaktní konstrukcí. Nejsou náročné na údržbu ani náchylné k ucpávání. Další výhodou je dlouhá životnost při setrvalé vysoké úrovni výkonu a poměrně malých ztrátách tlaku.
- Interní otopné systémy
 - **Podlahové vytápění** - je využíváno hlavně u vertikálních fermentorů, kde jsou plastové trubky uloženy v podlahové desce ve více kruzích a napojeny paralelně na jeden společný rozdělovač pro přítok a jeden pro odtok teplotního média, aby byl zachován malý průtokový odpor. U tohoto vytápění je nutné zajistit, aby se ve fermentoru netvořila silná vrstva usazenin, která by zhoršovala přestup tepla. K tomu je třeba instalace výkonného míchadla.
 - **Stěnové topení** - užívají se dvě varianty: za prvé podobně jako u podlahového topení se do stěn z betonu zalijí trubky. V druhém případě se trubky nezabetonují do stěny, ale umístí se v určité vzdálenosti na stěnu. Odstup od podlahy musí činit minimálně 20 – 50 cm. Trubky by měly být neustále omývány substrátem, aby se zabránilo vzniku mrtvých zón, ve kterých nedochází k výměně tepla. U ocelových nádrží se trubky ovinou zvenčí kolem nádrže. Výsledkem jsou sice vyšší ztráty na běžný metr topné trubky, ale výhodou je levnější montáž a údržba.
 - **Topení na hřídeli míchadla** - tento typ se hodí pro horizontální nádrže s lopatkovým míchadlem. Na straně, kudy do nádrže přitéká kejda, je v určitém úseku hřídele míchačky namísto lopatek osazena několikadílná smyčka z ocelové trubky, kterou protéká horká voda. Při otáčení dochází k velmi dobrému přestupu tepla, takže stačí i malé plochy výměníku. Nevýhodou je, že pokud není míchadlo v chodu je nutné počítat z horším přestupem.

9.4 Odstraňování těžkých látek

V zásadě existují čtyři možnosti řešení přítomnosti těžkých látek ve fermentoru:

- Výkon míchadla bude nastaven tak, aby se jemné části neustále vznášely.
- Vedle normálního přepadu se zřídí ještě podlahová výpust.
- Těžké látky se nechají usazovat na dně, fermentor se pak musí po nějaké době otevřít a usazeniny mechanicky odstranit (systém “Bobcat”).
- Zařízení na odstraňování usazenin se zahrne do projektu BPS.

9.5 Skladování bioplynu

9.5.1 Plynojemy

Jsou zásobní nádrže pro akumulaci vyrobeného bioplynu, které zajišťují většinou i stabilizaci přetlaku plynu uvnitř výrobního systému. Jejich základní funkcí je právě akumulace plynů pro vyrovnávání rozdílu mezi výrobou a spotřebou. Anaerobní reaktory produkují v ustáleném stavu bioplyn nepřetržitě s malými výkyvy během míchacích či plnicích period. Spotřeba plynu však většinou v denním cyklu může být jinak a nezávislé proměnná. Použití plynu v časových úsecích energetických špiček je výhodné a někdy technologicky nutné například u zemědělských živočišných výrob, které energii odebírají, je její spotřeba vázána na obslužné cykly (krmení, čištění). Akumulace plynů je ve většině případů odpovídající lhůtám kratším než 24 hodin a podle počtu délek spotřebních cyklů je právě volena kapacita plynojemu. [15]

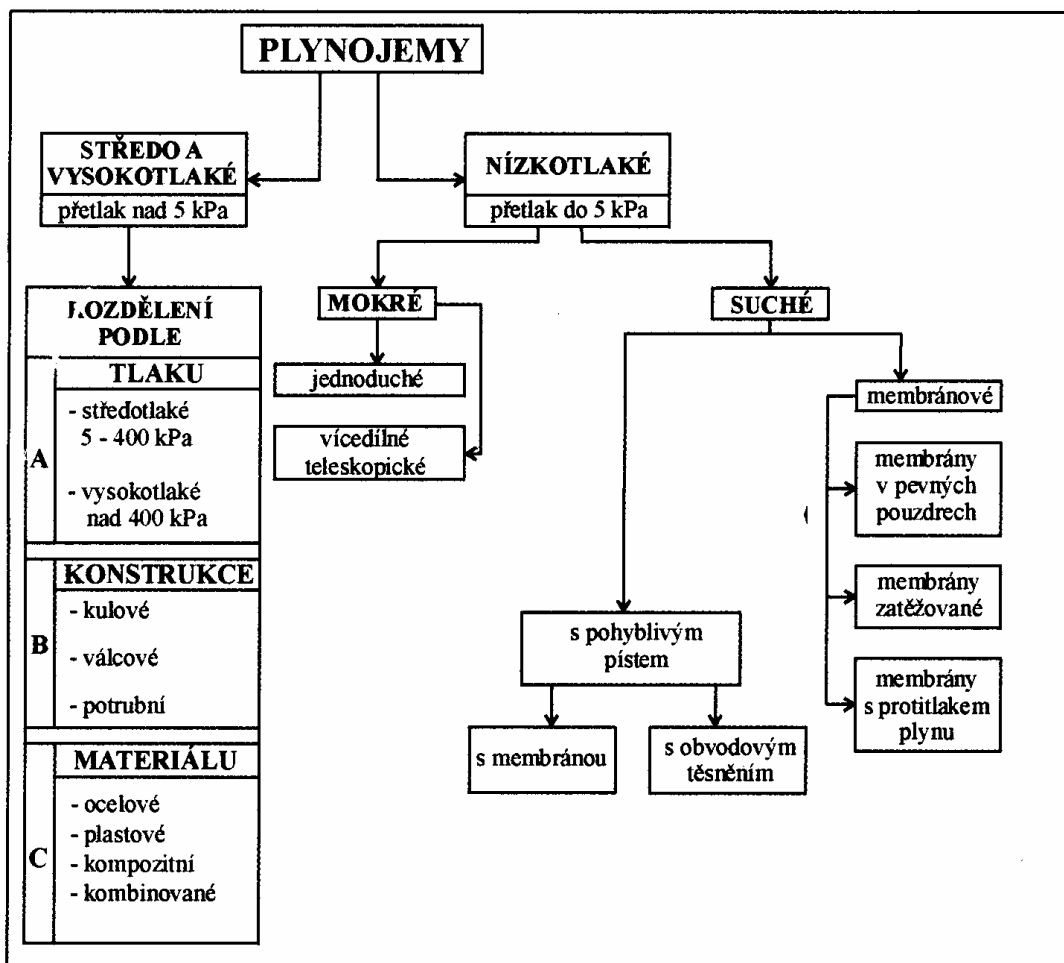
- Tlakové plynojemy

Střední a vysokotlakové zásobníky plynů se používají pouze zřídka tam, kde stlačování plynů je provozně vyžadováno tak, že kompresní práci je nutno vložit do plynu v každém případě. Jako příklad pro tento typ uskladnění plynu může být použit systém dodávající plyn pro pohon vozidel anebo do tlakových přepravních nádrží k externí spotřebě. Tlakový zásobník plynu může být dále využit i pro pneumatické míchání reaktoru s tím, že plyn je stlačen do plynojemu v období mimošpičkovém (tzv. odběrové sedlo) a použije se pro promíchávání reaktoru expanzí v době, kdy je v energetické špičce potřebná maximální výroba elektřiny. Tlakové zásobníky mohou být konstruovány i na velmi vysoké tlaky (např. 30 MPa), volba skladovacího tlaku je však vždy určována ekonomikou, tedy cenou skladovacího a kompresního zařízení a provozními náklady komprese. Novinkou mezi vysokotlakovými plynovými zásobníky jsou jedno i dvouplášťové nádrže z laminovaných umělých hmot (kompozitní materiály). Tlakové nádrže z kompozitních materiálů jsou velmi lehké a vůči korozi jsou vysoce odolné. Lehké kompozitní zásobníky na plyn lze na trhu nalézt i pro vysoké tlaky do 30 MPa [15].

- Nízkotlakové plynojemy

V technologických systémech biomethanizace jsou absolutně rozšířeny pouze nízkotlakové plynojemy. Starší výrobní systémy jsou vybaveny většinou tzv. mokřými plynojemy. **Mokrý plynojem** je vybudován buď jako samostatný rezervoár plynu anebo jako nástavná konstrukce na methanizačním reaktoru, kde vlastně nahrazuje víko. Princip mokrého plynojemu se používá od nejmenších zařízení až po největší objemy - plyn je uchovávan pod výsuvným zvonem nad hladinou uzavírací kapaliny (většinou vody). Zvon, v němž je plyn skladován, může být jednoduchý anebo teleskopicky výsuvný vícedílný. Hlavní nevýhodou mokřích plynojemů je potřeba jejich temperace v zimních obdobích nutná k tomu, aby voda v uzavěru nezamrzala a současně i vyšší korozní napadání konstrukcí (zvláště ocelových), v prostředí vlhkém s vysokými parciálními tlaky CO₂ [15].

Takzvané **suché plynojemy** nemají vodní uzavěry a téměř vždy se pro bioplyny konstruují s uzavřením plynového prostoru membránami. **Válcové suché plynojemy** na bioplyn mají píst utěsněný válcovou (nohavicovou) membránou a pohyb pístu je veden po centrálním sloupu. Píst vyvozuje přetlak plynu díky své hmotnosti, ale především díky přidaným závažím. Zátěž pístu může být pevná (beton, ocel) i tekutá (vodní polštář). Jako **suché jednomembránové** plynojemy byly navrženy i četné jiné kombinace textilních anebo plastických vaků umístěných pro vyšší bezpečnost do ocelových anebo betonových uzavřených nádrží. Dmycháním vzduchu, spalin či jiného (inertního) plynu nad membránu je vyvozován požadovaný dodávací tlak plynu. Vaky pro skladování plynu však mohou být uspořádány jako jednovrstvé (jednomembránové) úložné objemy bez pracovního meziprostoru s vytvářením protitlaku a přetlak plynu je zajišťován buď zátěžemi pevnými či vodními anebo je protitlak vytvářen pružícími systémy [15].



Obrázek 9.16 Typy plynojemů [15]



Obrázek 9.17 Nízkotlaký plynojem typu VAKBIG

V současnosti patří mezi velmi rozšířené plynojemy typy dvoumembránové, u nichž je vnější i vnitřní plášť pružný. Kulové membrány jsou neseny přetlakem vzduchu v meziprostoru

pod vnější stěnou a objemem uloženého plynu pod stěnou vnitřní. Nízkotlaké dmychadlo nepřetržitě vhání vzduch do plášťových meziprostorů, čímž vzniklý přetlak jednak nese vypjatou vnější plastovou membránu a jednak vytváří stálý přetlak plynu shromážděného pod vnitřní membránou. Obě membrány jsou uchyceny na kotevní ocelový kruhový rám, pevně zabudovaný v betonovém základu plynojemu. Tento typ plynojemu je však stejně dobře možno instalovat i na reaktorovou nádrž v níž se přímo bioplyn vyvíjí. Objem uloženého plynu se u těchto typů zařízení měří elektronickým anebo elektroakustickým zjišťováním vzdálenosti cílové destičky na vrcholu vnitřní membrány od vrchlíku na membráně vnější.

U jakéhokoliv plynojemu musí být připojeno i bezpečnostní zařízení schopné samočinně uvolnit přetlak uloženého plynu, pokud by tento překročil meze přípustné pro daný typ skladovacího zařízení. U nízkotlakých plynojemů se jištění obvykle řeší kapalinovými uzávěry s náplněmi nemrznoucími směsmi.

Konstrukce, údržba, provoz a revize plynojemů podléhají příslušným plynárenským a bezpečnostním standardům a předpisům.

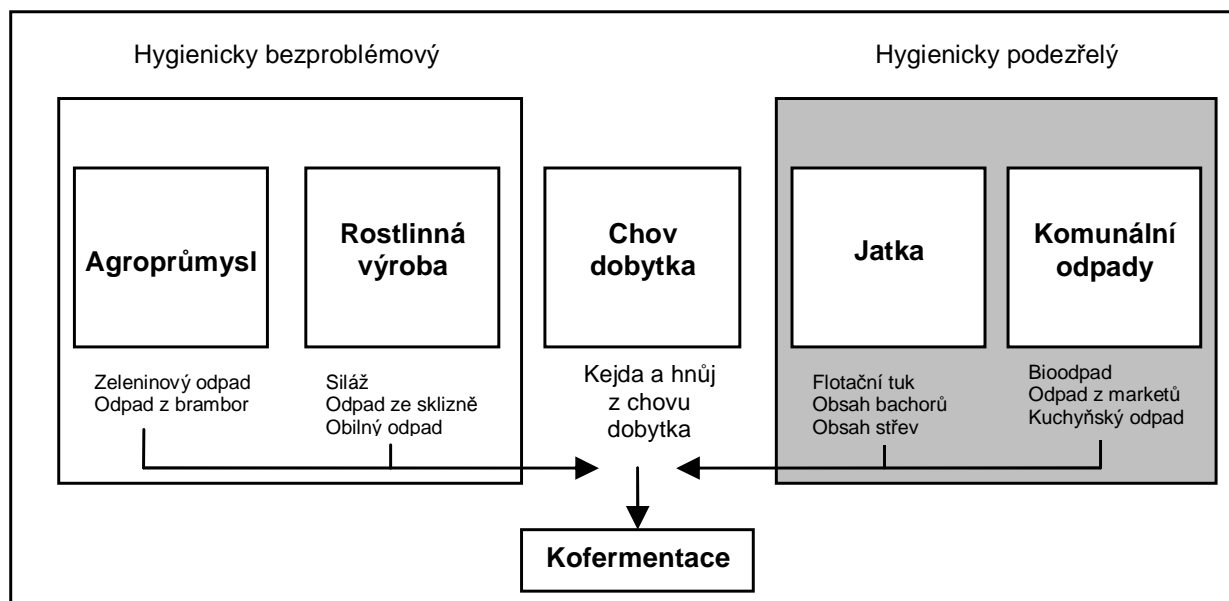
Vypouštění plynu v havarijních situacích rovněž musí splňovat příslušné předpisy a je vždy bezpečnější realizovat odstranění nežádoucích přebytků plynu přes spalovací zařízení nouzového typu (fléra). Nelze-li zajistit volné spálení plynu, je třeba volit způsob odplynění technologie a ředění plynu i s ohledem na možné přítomnosti toxických plynů (sulfan) tak, aby nevznikla další akutní hygienická a bezpečnostní rizika.

9.5.2 Hygienizační účinky BPS

Substráty využívané v BPS se mohou stát šířitelem chorob a nálezů. Např. ve zvířecích exkrementech je 10^{10} mikroorganismů na jeden mililitr. Infekčních je jen nepatrná část, avšak v rámci ochrany zdraví lidí a zvířat, ale i rostlin, by měla být přijata opatření, která možnost šíření infekce potlačí na minimum.

Hygienizační působení BPS

Během tlecích procesů dochází k značné redukci patogenních zárodků. Vedle ovlivňujících chemicko-biologických veličin (hodnota pH, koncentrace amoniaku, org. kyselost, toxické látky) hrají nejdůležitější roli při hygienizaci teplota a doba účinku. Při mezofilních teplotách a při působení 20-25 dní na substrát je větší část bacilů nečinná. Při termofilních teplotách (53 °C a výše) nastává inaktivace v rozmezí několika hodin. Určité teplotně nepoddajné zárodky mohou být naproti tomu po expoziční době 30 dní ještě prokazatelné, a proto je nutná pro rizikové substráty pokračující hygienizace [16].



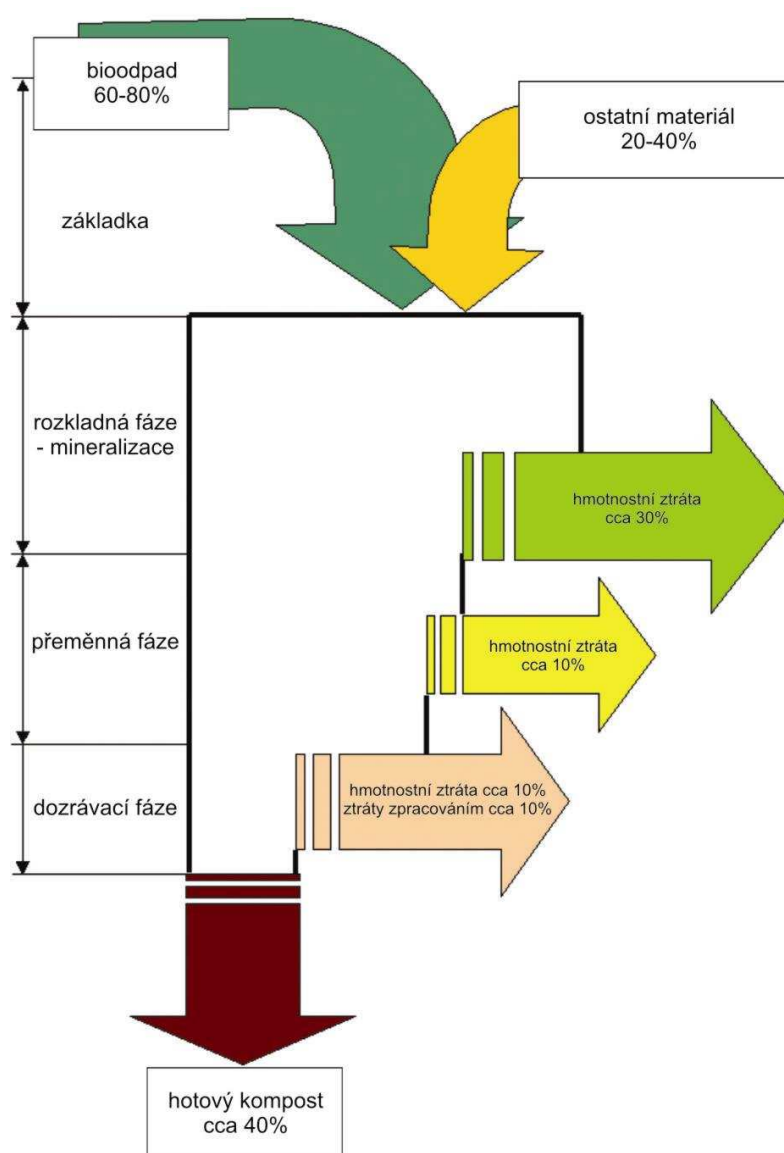
Obrázek 9.18 Schéma rozdělení materiálů s nutností hygienizace [18]

Při termofilních teplotách od 53 °C je dostatečná hygienizace substrátů garantovaná minimální dobou zdržení 24 hodin v tleci nádrži. U plně promíchaného fermentoru nesmí být plnicí interval kratší než 24 hodin. Při mezofilních teplotách je dosaženo bezpečné dezinfekce jen při přehřátí risikových materiálů (pasterizace při 70 °C po dobu 1 hodiny). V předřazené hygienizační nádrži je kontaminovaný substrát během hodiny ohříván na teplotu 70 °C a následně čerpán do fermentoru. Ke kontrole postupu musí být nádrže vybaveny teplotními čidly k evidenci teploty a doby setrvání. Přes jednoduchou techniku jsou dodržovány zásady hygienizace a je dbáno důležitých konstrukčních detailů (striktní dělení čisté a nečisté strany!). Nehygienizovaný materiál je ukládán tak, aby právě hygienizovaný ko-substrát nebo zfermentovaný materiál s ním nepřišel do styku. U hygienizační nádrže je nutné obzvláště dávat pozor na vedení, aby se nemohly tvořit žádné mrtvé zóny s nedostatečným ohřevem (klapka, odtokové vedení). Jak u termofilní tak i u mezofilní kofermentace musí být kontaminovaný materiál rozdrčen. Pro dostatečnou hygienizaci je doporučováno drcení pevných látek na zrnitost menší než 10 mm [19].

10. Aerobní fermentace – kompostování

Filosofie kompostování je založena na principu likvidace odpadu. Tato technologie, která je technicky poměrně jednoduše realizovatelná, může značně podpořit zvýšení úrodnosti půdy náhradou za úbytek produkce organických hnojiv v důsledku snížení stavů skotu a je schopna zhodnotit podstatnou část jakýchkoliv biologických odpadů. Výživná hodnota kvalitního kompostu může rovněž nahradit značnou část průmyslových hnojiv, což kromě přímého ekonomického efektu má významný přínos ekologický, dochází k přirozené recyklaci, kdy se biologický materiál vrací opět na začátek biologického řetězce.

Při kompostování probíhá přeměna organických látek stejným způsobem jako v půdě, ale lze ji technologicky ovládat. Proto lze kompostování definovat jako řízený proces, který zabezpečuje optimální podmínky potřebné pro rozvoj žádoucích mikroorganismů a lze získat humusové látky rychleji a produktivněji oproti polním podmínkám.



Obrázek 10.1 Sankeyův diagram úbytku materiálu během kompostování

Při tomto procesu dochází k poklesu hmotnosti kompostovaného materiálu. Jak popisuje Obrázek 10.1, celkový pokles hmotnosti od začátku kompostování je asi 50 % (vztaženo na

původní hmotnost zakládané hmoty). Pokles objemu je ještě ve skutečnosti větší, protože dojde ke zhuštění materiálu. Byla-li původní sypná hmotnost zakládaného materiálu $400-600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, je sypná hmotnost kompostu podle druhu technologie okolo $700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Nejvhodnější v provozních podmínkách je jednorázově založený kompost, jehož proces zrání probíhá buď tzv. horkou cestou (rychlokompost zrající několik týdnů) nebo pomalým zráním (3 – 4 roky). Nejjednodušší a nejvíce rozšířený způsob rychlokompostování biomasy rostlinného původu je výroba kompostu v zakládkách (krechtové kompostování) na trvalých či dočasných kompostovištích, které by měly svojí konstrukcí zajišťovat bezpečný provoz, jež by neohrožoval povrchové a podzemní vody. Tento požadavek beze zbytku splňují plochy vodohospodářsky zabezpečené. U všech způsobů rychlokompostování je nutné se zaměřit na správné sestavení **surovinové skladby (C : N), na úpravu vlhkosti, teploty, zrnitosti a pH, na patřičnou aeraci kompostovaného materiálu.**

Aby byl aerobní proces skutečně efektivní a rychlý, je třeba zajistit dostatečné provzdušňování kompostovaného materiálu. **Přívod vzduchu je základní podmínkou aerobního procesu.** Proces rychlokompostování v zakládkách je pro zpracování větších kapacit však relativně pomalý. Objem hromad při zpracování většího množství odpadu se stává v některých případech ekologickou i estetickou zátěží krajiny. Z tohoto důvodu lze kompostování zefektivnit výstavbou speciálních zařízení, která slouží především k nepřetržitému a efektivnímu provzdušňování. Jejich pořizovací cena je však značná.

Zásady správného postupu kompostování:

- Do 12 dnů se teplota musí pohybovat v rozmezí $60 - 65 \text{ }^\circ\text{C}$. Znamená to, že při překročení teploty $65 \text{ }^\circ\text{C}$ (v 1. fázi) se musí zakládka provzdušnit v podstatě každý den.
- Později ve 2. fázi postačí již každý druhý den.
- Do 21 dnů nesmí teplota klesnout pod $55 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Po 21. dnu se zakládka postupně ochlazuje pod $55 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Ve 3. fázi již postačí překopávání pravidelně jednou za 5 – 7 dní.
- Ve fázi dozrávání se teplota stabilizuje.
- Při překopávání by měl mít rotor otáčky do 200 ot./min.
- Obsah kyslíku je nutné měřit každý den. Když stoupá CO_2 nad 12 %, klesá obsah kyslíku pod 5 %, což je minimum pro správný průběh fermentace. Při skladování nesmí CO_2 překročit 1 %.
- Teplota musí být měřena denně a neměla by překročit $65 \text{ }^\circ\text{C}$. Nad touto hodnotou odumírají mikroorganismy a kompost karbonizuje.
- Zralý kompost se již nezahřívá.

Základní nadbytky, které je možné kompostováním zhodnotit:

- přebytečná travní biomasa,
- trus zvířat, hnůj,
- zbytky ovoce, zeleniny,
- kuchyňské odpady,
- zbytky papíru, peří, vlasy, vlna.

11. Průmyslová výroba ethanolu, fermentace

Na území dnešní České republiky vznikly první lihovary již v 16. století. Láh se vyráběl především z obilí, zejména však ze žita (odtud název “režná”). Brambory se pro výrobu začaly ve větším měřítku používat až koncem 18. století. Výroba se proto začala přesouvat z měst na venkov, k surovinovému zdroji. Byla to výroba značně primitivní, k rychlejšímu rozvoji přispělo zavádění destilačních aparátů vyhřívaných parou a zavedení paření brambor pod tlakem v pařácích. Po první světové válce se využilo i nadprodukce cukrovky, při této výrobě byl však pařákový způsob nahrazován způsobem difúzním, protože řepné výpalky se těžko prodávaly, zatímco řízky šly dobře na odbyt. Po obilí a cukrovce se objevuje melasa.

11.1 Suroviny a pomocné látky při výrobě lihu

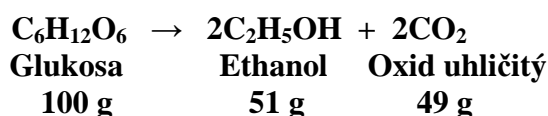
Pro výrobu kvasného ethanolu přicházejí v úvahu následující sacharidy:

- **Monosacharidy** - glukosa, fruktosa, manna, galaktosa ($C_6H_{12}O_6$).
- **Disacharidy**, které kvasinky mohou z větší části převést na monosacharidy (díky působení svých vlastních enzymů): sacharosa, maltosa, laktosa, celobiosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$).
- **Trisacharidy**, které mohou být působením některých enzymů kvasinek rozštěpeny na jednotlivé monosacharidy, resp. na mono- a di-sacharid. Nejběžnějším trisacharidem je rafinosa ($C_{18}H_{32}O_{16}$). Ne všechny kvasinky mají enzym melibiasu, a proto často zůstává melibiosa neprokvašena.
- **Polysacharidy** nemohou být přímo lihovarskými kvasinkami zkvašovány, protože nemají k dispozici odpovídající enzymy štěpící tyto substráty na jednoduché, zkvasitelné cukry.
- **Škrobnaté suroviny** - Mezi tyto suroviny patří rostliny poskytující jak zrno, tak i hlízy. První skupina se vyznačuje nižším obsahem vody a tím i lepšími vlastnostmi pro skladování. **Brambory** jsou hlavním představitelem druhé skupiny. Z nich lze vyrobit kvalitní neutrální alkohol. Hlíza brambor obsahuje průměrně 18 % škrobu (závisí na odrůdě). Hektarový výnos brambor se pohybuje kolem 30 t, což by mohlo vést k výrobě asi 35 hl ethanolu. **Obiloviny** jsou v řadě států hlavní lihovarskou surovinou. Nejvíce se zpracovává kukuřice a žito. Pro zpracování obilí na láh je nejdůležitější obsah bezdušičkatých zkvasitelných látek, tj. škrobu. Se stoupající hektolitrovou hmotností a absolutní hmotností 1000 zrn se zvyšuje zpravidla i obsah škrobu a tím i alkoholové výtěžky. V Polsku, Rusku, ale i v jiných státech převažuje jako škrobnatá surovina **žito**. Zápary jsou však oproti pšenici viskóznější. Je to způsobeno vyšším obsahem pentosanů (kolem 10 %). Pro rozšíření surovinové základny v naší republice se jeví nejlépe **pšenice** (technické odrůdy - Trane, Astella, Rexia), která obsahuje v závislosti na kultivačních podmínkách kolem 65 - 71 % škrobu, 14 % bílkovin, 1,8 % tuku, 68 % extraktivních bezdušičkatých látek. **Ječmen** se rovněž někdy používá k výrobě lihu. Při jeho zpracování však v zápaře obsažené pluchy způsobují tvorbu silných dek na povrchu kvasu. V posledních letech se s úspěchem vyzkoušel a dále používá kříženec žita a pšenice - **tritikale**. Jeho odrůdy jsou snadněji zpracovatelné lihovarským způsobem a dávají dobré výtěžky lihu.
- **Suroviny obsahující inulin** - Inulin je polysacharid obsahující fruktosu. Tato látka se vyskytuje v **topinamburech** a v **čekance**. Hlízy topinamburů obsahují v průměru kolem 16 % inulinu, dále pak menší množství D-fruktosy a levulinu. Hektarový výnos hlíz může dosáhnout až 30 t. Štěpení inulinu je snazší než štěpení škrobu. Enzym inulinasa je obsaženo v hlízách a její aktivita se postupně zvyšuje, v jarním období dosahuje maxima.

- **Suroviny obsahující sacharosu** - Nejdůležitější surovinou obsahující sacharosu je **melasa**. **Cukrovka** zatím není pro výrobu lihu u nás prakticky využívána. Průměrný obsah cukru v cukrovce je kolem 16 %, hektarové výnosy jsou průměrně 47 tun, to znamená že produkce lihu z 1 ha by mohla být až 47 hl, což je z hlediska celkové produktivity vysoký údaj, porovnáme-li hodnoty s ostatními surovinami. Podstatnou nevýhodou jsou i vyšší náklady pěstování a vysoký obsah nezpracovatelného odpadu. **Melasa** je hustá sirupovitá tekutina, která vzniká jako odpad cukrovarnického průmyslu po vykrystalování hlavního podílu cukru. V naší republice se setkáme prakticky pouze s melasou řepnou. Mnohé státy využívají k výrobě lihu třtinovou melasu. Surovárenská melasa (produkt po první krystalizaci cukru) je bohatší na živiny (růstové látky) než melasa rafinérská, a proto se přednostně využívá při výrobě pekařského droždí. Pro lihovarskou výrobu je rafinérská melasa stejně vhodná jako melasa surovárenská. Vliv růstových látek na kvašení se projeví hlavně při kontinuálních fermentačních postupech. Vody v melase bývá 18 - 22 %. Cukrů bývá v melase zhruba 50 %. Necukerných látek je v melase kolem 30 %. Jsou tvořeny jednak organickými látkami (20 %), jednak látkami anorganické povahy (do 10 %). Organické látky jsou zastoupeny v první řadě bezdusíkatými sloučeninami, které lze rozdělit na organické kyseliny a jejich soli, slizovité látky, bezdusíkatá barviva a některé další látky (např. aromatické látky). Celkový obsah dusíku je v řepné melase 1 - 1,6 % a z toho kvasinky využívají zhruba jen asi polovinu. Nejdůležitější dusíkaté látky v melase jsou aminokyseliny. 100 kg sacharosu má teoreticky poskytnout 67,77 l ethanolu, ale v praxi se dosahuje nižších výsledků. U řepné melasy s 50 % cukru lze ze 100 kg dosáhnout až 32 l ethanolu. Většinou se však výtěžnosti pohybují mezi 30 až 31 litry.
- **Surový cukr** lze též dobře zpracovávat na líc.
- **Ovoce jako surovina pro výrobu lihu** - Jako lihovarská surovina přichází ovoce v úvahu jen ve výjimečných případech. Pro výrobu surového ovocného lihu přicházejí v úvahu většinou jen havarované plody (jablka a hrušky), nebo ojediněle některé tropické, většinou vysušené plody (datle). V některých státech se vyrábí ethanol z vína a to i pro technické účely.

11.2 Alkoholové kvašení (fermentace)

Průběh kvašení byl znám již i pradávným národům naší planety. O přeměnách, ke kterým dochází v průběhu kvašení, o jeho příčinách a původu neexistovaly až do 19. století jasné představy. Před zhruba 130 lety byl objeven původ kvašení a tím i jeho nositelé - kvasinky. Lihové kvašení je proces, který probíhá převážně bez přístupu vzduchu (anaerobně), i když nejde v případě kvasinek o striktně anaerobní podmínky. Mírné provzdušnění kvasného média, hlavně na začátku fermentace, je příznivé pro potřebný nárůst buněk a jejich aktivitu. Kvasinky jsou stále nejpoužívanějšími producenty ethanolu. Nejlepší kmeny se dnes dostávají na trh jako čisté kvasinkové kultury. Pro účely výroby lihu se výhradně používají kvasinky s vysokou schopností tvorby ethanolu (vysoká rychlost tvorby a vysoká tolerance k ethanolu, nízká produkce vedlejších metabolitů). V poslední době se testují i některé bakterie k produkci ethanolu. Za zmínku stojí dobré výsledky některých termofilních klostridií a hlavně bakterie *Zymomonas mobilis*. Pro hodnocení kvasných produktů je důležité vždy zjistit konečný výtěžek produktu a jeho výtěžnost (obvykle se udává v litrech ethanolu na 100 kg C-zdroje nebo suroviny), toto číslo se pak porovná s teoreticky možným výtěžkem. Zde se vychází z rovnice lihového kvašení:



Obecně lze říci, že činnost kvasinek ustává při koncentraci ethanolu mezi 14 až 15 % obj., se speciálními druhy kvasinek lze dosáhnout i koncentrace 18 - 20 % obj. Nad koncentrací ethanolu 10 - 11 % obj. dochází však k silné inhibici a tím i ke značnému zpomalování rychlosti lihového kvašení. Proto se při výrobě ethanolu vede proces jen k této hranici. Je to zvláště důležité při recirkulaci kvasinek, protože vyšší obsah alkoholu značně zhoršuje jejich fyziologický stav, a tím se snižuje i aktivita jejich enzymů. Doba fermentace je závislá na mnoha faktorech. Především ji ovlivní samy kvasinky, tj. jejich množství a aktivita, dále složení media (obsah cukru, aktivátorů a inhibitorů kvašení), pH, teplota a koncentrace rozpuštěného kyslíku v mediu. K dosažení 10 – 11 % obj. je třeba při teplotě 30 °C, pH 4 - 6,24 - 36 hodin. Rychlost kvašení (produktivita) se dá zvýšit velmi podstatně koncentrací buněk, což se prakticky využívá při recirkulaci buněk.

11.2.1 Produkty kvašení

- Ethanol,
- Glycerol,
- Oxid uhličitý
- Acetaldehyd (přirozený produkt kvašení, jeho obsah se zvyšuje při špatném kvašení. Bod varu acetaldehydu leží kolem 20 °C a proto při destilaci přechází do úkapu),
- Přiboudlina (vyšší alkoholy o bodu varu mezi 80 až 160 °C, které jsou proto při vhodném oddestilování dokapu snadno oddělitelné. Přiboudlina vzniká převážně enzymovými pochody z aminokyselin přítomných v zápaře),
- Methanol (vzniká hydrolyzou estericky vázaného methanolu v pektinu. Proto surový líh z některých surovin (hlavně z ovoce) obsahuje větší množství methanolu. Destilací za normálního tlaku jej není možné uspokojivě oddělit, a proto jej nacházíme v úkapu, ve střední frakci a v dokapu),
- Vonné a aromatické látky (Tyto složky jsou důležité při výrobě destilátů).

11.2.2 Faktory ovlivňující kvašení

Mezi hlavní faktory ovlivňující kvašení patří teplota (27 – 32 °C hodnota pH (4 - 6), obsah růstových látek, koncentrace rozpuštěného kyslíku, koncentrace a aktivita kvasinek, přítomnost kontaminace aj.

11.3 Lihovarská technologie

Lihovarská technologie se liší v mnoha směrech podle toho jaká se používá surovina (rozdílná úprava), zda je proces vsádkový, kontinuální s recyklem buněk či bez recyklu, zda se odděluje část ethanolu apod.

11.3.1 Technologie ze škrobnatých surovin

V naší republice se škrobnaté suroviny k výrobě lihu zatím používají výhradně v zemědělských lihovarech. Vzhledem k plánované výstavbě několika závodů na výrobu bioethanolu (palivového ethanolu) bude surovinou převážně obilí a kapacity se mnohonásobně zvýší. Dojde proto i ke změně v technologii a ve strojním vybavení závodů. Tabulka 11.1 ukazuje hektarové výnosy plodin a výtěžnost lihu z 1 ha. Uváděné údaje jsou již staršího data, novější údaje jsou uvedeny v závorce. Zpracování škrobnatých surovin doznalo ve světě značných změn v technologii. Ty se týkají zejména snížení energetických nákladů na výrobu a to hlavně s ohledem na využití vysoko aktivních enzymových preparátů. Přitom je důležitá i otázka mechanického rozmělnění suroviny a zpřístupnění zrn škrobu působení enzymů. Paření pod tlakem se značně omezuje a využívá se termostabilních ztekucujících α -amylas. Enzymové preparáty obsahují i další hydrolytické enzymy, které výtěžnost sacharidů zvyšují. Některé technologie preferují využití recirkulace kvasinek, a proto je nutné připravit záparu bez suspendovaných částic.

Znamená to buď využít jen endospermové části zrna (upravené mletí zrna) nebo po působení enzymů oddělit pevný podíl a dále pak pracovat s kapalným podílem.

Tabulka 11.1 Hektarové výnosy plodin a výtěžnost ethanolu z 1 ha zemědělské půdy

Plodina	Výnos [t / (ha . rok)]	Spotřeba biomasy na 10 hl ethanolu (t)	Výtěžnost ethanolu [hl / (ha . rok)]
Cukrová třtina	80	15,1	53
Maniok	20	5,3	38
Sladké brambory	27	5,5	50
Brambory	25,4	8,7	36,2
	(40)	(8)	(40)
Cukrová řepa	47,7	10,2	47
	(60)	(9)	(60) (nové hybridy)
Kukuřice	4,5	2,5	23
	(7)	(2)	(26)
Pšenice	6	2,7	22
	(8-10)	(2,1 - 1,85)	(38 - 54)

Při tomto způsobu bude nižší výtěžnost lihu, protože část škrobu mizí s pevným podílem. Tento materiál lze použít pro přípravu krmiv. Jiné technologie předepisují oddělení pevného podílu po zkvašení a následnou destilaci kapalného podílu. Pevný podíl se použije k přípravě krmiv a kapalný podíl po destilaci (výpalky) je využit k přípravě nové zápary. Recirkulace kapalného podílu je zvláště důležitá u větších lihovarů, protože zde je nutno výpalky expedovat v zahuštěné, nebo ještě lépe v suché formě.

Příprava zápar - při přípravě zápar ze škrobnatých surovin rozlišujeme dva způsoby: a) tlakový (pařákový) způsob a b) beztlakový způsob. V posledních letech se však druhý způsob používá častěji. Tuto změnu umožnila výroba termostabilních α -amylas bakteriálního původu. Tento enzym je krátkodobě aktivní i při teplotách nad 100 °C (v praxi se používají teploty kolem 90 °C), což je výhodné, protože může působit i během zmazování škrobu. Odolnost vůči teplotě se zvýší ionty vápníku (u nové generace enzymů to však již není nutné). Optimální pH pro působení při uvedené teplotě je 6,5 až 7.

- Tlakový způsob

Při tomto způsobu se zpracovávají celá zrna nebo hlízy. Proces uvolnění a zmazování škrobu vyžaduje teploty nad 100 °C. Toho se dosáhne působením vodní páry o vyšším tlaku. Nejpoužívanějším pařákem u nás je Henzeův pařák. Velkou výhodou paření je, že se zápara současně vysteriluje. Náklady na paření jsou však vyšší než při beztlakovém způsobu. Paření má tři fáze: propařování, paření pod tlakem a vyhánění díla.

- Beztlakový způsob

Při beztlakovém způsobu musí být obilí namleto. Mletí může být realizováno za sucha (šrotovníky) nebo za mokra (např. dispergátory nebo kladívkové mlýny). Co se týče velikosti částic zrna jsou zkušenosti z lihovarů různé, ale většinou se odborníci shodují v tom, že velikost částic by neměla být menší než 0,4 mm a větší než 1,6 mm. Po této části předúpravy suroviny se přistoupí k použití enzymů. Jejich hlavním cílem je postupně převést škrob uložený ve škrobových zrnech až na zkvasitelný sacharid, převážně glukosu. Přitom nejde o jeden enzym, ale o komplex tzv. amylolytických enzymů. Z nich jsou důležité α -, β - amylasy a amyloglukosidasy. Kromě těchto enzymů lze použít i další hydrolytické enzymy jako např. hemicelulasy (např. xylanasy, β -glukanasy), proteasy a celulasy. Jejich působením lze zvýšit výtěžnost lihu a současně i snížit viskozitu media (především jsou v tomto směru důležité hemicelulasy a celulosy). Technické enzymy většinou obsahují i tyto enzymové aktivity. Lihovarské enzymy jsou vyráběny v kapalně

fázi a jejich dávkování je snadné. Je třeba však dodržovat pokyny výrobce. Rozluštění a zcukření suroviny se zkouší přidávkem jodu a mikroskopicky.

Příprava zákvasu - Účelem přípravy zákvasu je připravit nebo přizpůsobit potřebné množství kvasinek pro vlastní kvasný proces. Zákvasem se rozumí alikvotní část (6 - 8 %) sladké zápy, která obsahuje zkvasitelné cukry, živiny a kvasinky. Pro přípravu zákvasu bychom měli použít surovinu, která obsahuje dostatek živin pro kvasinky. Nejlépe se osvědčují kvasinky adaptované na škrobnaté zápy získané z čistých lihovarských kultur. Je možné též použít pekařské droždí, které lze před použitím preparovat v kyselé lázni. V některých zemích se používají i sušené aktivní lihovarské kvasinky. Množství lisovaného pekařského droždí se pohybuje kolem 0,3 - 0,5 kg na 1 hl zákvasu. Zákvas běžně kvasí asi 24 hodin, vhodnější kritérium pro ukončení kvašení je prokvas kolem 1/3 původní sacharizace.

Průběh kvašení a práce v kvasírně - Působením enzymů vzniklé zkvasitelné sacharidy jsou kvasinkami zkvašovány na ethanol a oxid uhličitý. Přitom dochází i k mírnému nárůstu kvasinek a k tvorbě vedlejších produktů. Doba kvašení bude záviset jak na množství a aktivitě kvasinek a enzymů a velmi podstatně na teplotě. Obvykle kvašení trvá 48 až 72 hodin. V malých lihovarech se obvykle pracuje periodickým - vsádkovým způsobem. Pro tento způsob je typické fázování procesu na stadium: 1. Rozkvašování, 2. Hlavního kvašení a 3. Dokvašení. Kvašení probíhá v kvasných kádích, které jsou obvykle uzavřené a dosahují objemu od 15 do několika set m³. Koncentrace ethanolu v prokvašených obilných záparech se běžně pohybuje kolem 7 - 8 % obj. Většina lihovarů vyrábějících ethanol ze škrobnatých surovin využívají periodický způsob kvašení. Periodické způsoby se vyznačují tím, že probíhají v jedné nádobě po celou dobu fermentace. Lze to realizovat jako systém vsádkový bez přítoku média, nebo jako přítokový. Další možností je aplikovat semikontinuální a kontinuální způsoby kvašení. Tyto způsoby se zavedly především u kvašení melasových zápar. Charakteristické pro ně je, že zápara se přivádí téměř neustále a stejně tak se i odvádí. V zápare se však musí udržovat potřebná koncentrace kvasinek, protože při jejím snižování by docházelo ke zhoršení kvasného procesu. Protože je však růstová rychlost kvasinek nízká, aplikuje se kvašení ne v jednom, ale ve více reaktorech, kterými kvasící zápara protéká.

11.3.2 Výroba lihu ze surovin obsahujících sacharosu

Cukrovka - Cukrovku i polocukrovku lze zpracovat v lihovaru buď difúzním nebo pařákovým způsobem. První způsob je energeticky výhodnější a kromě toho pracujeme bez pevné fáze. Řízky lze dále využít jako sorbentu pro výpalky. Vzhledem k tomu, že obsah sacharosy v cukrovce je kolem 17 % hm. nemůžeme ani pouhým jejím zpracováním bez přidavku vody získat víc než 8,5 % hm. ethanolu. Surová šťáva obsahuje kolem 13 % hm. Sacharosy, a proto pro zpracování bude důležité výchozí cukerné šťávy ještě zahustit.

Výroba lihu z řepné melasy - Z hlediska zpracování je melasa jednodušší surovinou než obilí. Její předností je jednoduchá úprava (ředění vodou), nízká viskozita roztoku a fakt, že obsahuje přímo zkvasitelný cukr (sacharosu). Možnost recyklace kvasinek zkrátí fermentaci na 8 – 24 h při stejné výsledné koncentraci ethanolu (10 – 12 % obj.). Produktivita kontinuálních systémů se značně zvýšila (doba zdržení v reaktorech dosáhla hodnot až 14 - 16 hodin). V období těsně před 2.světovou válkou a v průběhu války se objevil v několika státech současně způsob, který využívá recirkulace kvasinek. Tento způsob se dříve nazýval způsob se zvratnou separací kvasnic. Myšlenka využití již jednou vzniklých kvasinek byla skutečně pro další rozvoj lihovarského průmyslu převratná. Předpokládá však už určitou technickou úroveň separace buněk (centrifugy nebo speciální filtry). Při denní produkci ethanolu 100 m³ se musí zpracovat kolem 1000 m³ zápy (přibližně 600 t melasy). Melasa se skladuje v melasnicích. Pro zpracování je lepší melasa uleželá několik měsíců než melasa čerstvá. Melasa se zde ředí na koncentraci kolem 60 °Bg, aby ji bylo možno dobře čerpat a rozvádět po lihovaru. Při zředování se současně provádí

i úprava pH přidávkem kyseliny sírové. Pro kontinuální proces se musí zředěná melasa sterilovat. Obvykle se pro kvašení připravují dva typy zápary: slabší pro zahájení fermentace (např. 10 – 20 °Bg) a silnější pro doplňování kádí během kvašení (30 – 40 °Bg). Optimální rozmezí pro okyselování zápar leží mezi pH 4,5 - 5,0. V rozmezí pH mezi 3,8 - 4,2 lze v krajním případě, při silnější kontaminaci bakteriemi udržet kvašení bez problémů. Rychlost procesu se však zřetelně sníží. Pro výpočet živin (především fosforu) je třeba provést bilanci složek. V případě řepné melasy není třeba dusíkaté živiny přidávat. Fosfor je však naopak v nedostatku a je nutno jej do média přidat. Velké lihovary většinou vycházejí z vlastní kultury kvasinek, kterou si postupně napropagují v laboratoři a potom v provozní propagační stanici. U závodů, které používají recirkulaci kvasinek se kvasinky propagují jen občas (většinou jednou v lihovarské kampani). V případě kontinuálního kvašení lze provádět i kontinuální propagaci zákvasu nebo provádět kontinuální vracení kvasinek po jejich separaci (mikrofiltrace, odstředování).

Způsoby kvašení a jeho průběh - V patentové literatuře existuje velké množství různých způsobů kvašení. Zde si uvedeme jen zásady těch hlavních. Fermentory nejsou konstrukčně nijak složité. Obvykle nejsou opatřeny vzdušněním. Dnes se používají již jen fermentory uzavřené z nerezavějící oceli. Klasický vsádkový ("batch") proces je velmi jednoduchý, ale dosahuje jen nízkou produktivitu a delší dobu kvašení. Charakteristické je, že probíhá při stejném objemu zápary od začátku do konce.

- **Přítokované způsoby** - Tímto způsobem se vyrábí v celosvětovém měřítku ještě nejvíce alkoholu. Limitujícím faktorem je výsledná koncentrace ethanolu, která se pohybuje od 10 do 12 % obj. Při dobrém vedení procesu může být produktivita systému kolem 5 kg ethanolu/m³.h. Vsádkový proces bez přítoků má ještě nižší produktivitu. Jedna šarže trvá 17 - 18 hodin. Tento způsob se snadno převede na semikontinuální. Kvašení se začíná s poměrně vysokou koncentrací buněk (kolem 30.10⁶ buněk v 1 ml) na melasovém mediu o koncentraci sušiny 35 – 38 °Bg. Další přítoky se realizují tak, aby zdánlivá koncentrace zápary nebyla vyšší než 12 – 13 °Bg. Čím větší bude koncentrace kvasinek, tím kratší bude doba fermentace.
- **Způsob s recyklací kvasinek (se zvratnou separací buněk)** - Tento způsob patří mezi nejrozšířenější v melasovém lihovarství. Byl prakticky ve stejné době v několika zemích. U nás je znám pod jménem Melle - Boinot. Princip spočívá v tom, že kvasnice oddělené z prokvašené zápary se přenesou do nové zápary, a tím se ušetří cukr potřebný k syntéze biomasy. Protože se může pracovat od začátku s vyšší koncentrací buněk, zrychlí se celkově kvašení. Zápara se odstřeďuje na konci fermentace, ne však celý objem, nýbrž jen část obsahující lepší kvasinky. Svrchní a spodní část zápary se neodstřeďuje a vede se na destilaci. Neseparuje se 5 - 10 % obsahu kádě. Kvasničné mléko se okyseluje sírovou kyselinou na pH od 2 do 4, to závisí na stupni kontaminace kvasničného mléka. Účinek preparační lázně se řídí dobou praní a hodnotou pH. Kromě dekontaminačního účinku se projeví u kvasinek i celkově čistící a aktivační účinek. K promíchávání kvasničného mléka se používá kvasný oxid uhličitý. Po skončení preparace se přidá k suspensi kvasinek tolik melasového roztoku, aby jeho koncentrace byla 12 - 14 °Bg. Vlastní proces fermentace je veden přítokově. V poslední době se místo odstředivek začínají užívat mikrofiltrační jednotky (obvykle jde o tubulární keramické systémy), které zadržují buňky a tak jejich koncentrace prudce vzrůstá. Produktivita se výrazně zvyšuje. Kromě toho se značně sníží nebezpečí kontaminace, protože jde vlastně o uzavřenou smyčku.
- **Kontinuální způsoby kvašení** - Hlavní charakteristikou kontinuálních způsobů je nepřetržitý přítok a odtok média z fermentoru. Existuje mnoho variant uspořádání a také i konstrukce nádob. Nejstarší jsou systémy o jedné a více nádobách (kaskáda reaktorů), kde kapalina proudí z jedné nádoby do druhé bez jakékoliv zpětné cirkulace kvasinek. Rychlost průtoku je u těchto jednoduchých systémů dána rychlostí růstu buněk (překročením této hodnoty by docházelo k vyplavování buněk z reaktoru). Ta je však v anaerobním prostředí

malá, a proto i průtok nemůže být velký. Aby se však mohla rychlost zvýšit byly postupně připojovány další stupně. Kaskáda 10 i více reaktorů nebyla výjimkou. Společnou nevýhodou všech kontinuálních postupů je velké riziko kontaminace. Nové technologie dnes kontinuální způsoby preferují. Vzhledem k revizi názorů o roli kyslíku v lihovém kvašení je celkem výhodné první reaktor opatřit vzdušením. Tím se kontinuálně propaguje biomasa s dobrými vlastnostmi. Byly konstruovány a prověřeny i věžové kontinuální fermentory, ve kterých přítok média byl umístěn na spodní části kolony. Dobře se osvědčily systémy pracující s recyklací buněk.

Nové způsoby kvašení melasových zápar

S perspektivou rozvoje lihovarského průmyslu se v posledních deseti až patnácti letech objevilo mnoho nových technologických variant, které využívají nových technik. Velké lihovary jsou řízeny počítači a vyznačují se jen velmi malým počtem pracovníků. Z inovačních trendů je možno uvést:

- Využívá se recyklace výpalků, kterými se ředí melasa. Snižuje se tak spotřeba vody a současně se zvyšuje koncentrace sušiny výpalků.
- Využívá se odpadního tepla především u destilace a odparek.
- Jsou zaváděny flokulující kvasinky nebo kvasinky imobilizované na levných nosičích, aby nedocházelo při kontinuálních procesech k jejich vyplavování.
- Je snaha zvýšit toleranci kvasinek k ethanolu, aby se koncentrace ethanolu ve zralé zápaře mohla zvýšit.
- Využívá se vysoké koncentrace buněk v reaktorech (mikrofiltrační moduly).
- Řeší se možnosti odseparovat ethanol z média (pervaporace, reaktory pracující ve vakuu, pertrakce aj.), aby se snížil jeho inhibiční účinek a zvýšila se rychlost kvašení.

11.3.3 Ztráty v kvasné části lihovaru

Ztrátám lze zabránit dodržováním předepsaných postupů a důslednou kontrolou všech operací (GMP). Značné ztráty vznikají nadměrným nárůstem biomasy, tvorbou vedlejších produktů kvašení (glycerol, octová kyselina), silným rozvojem kontaminujících mikroorganismů, ztrátou ethanolu v kvasném plynu, špatným skladováním melasy (nevyužité zbytky melasy v melasnících) aj. Při zpracování obilí přichází navíc vliv škůdců, ztráty prodýcháním v silech, špatným zcukřením apod.

11.3.4 Využití oxidu uhličitého

Oxid uhličitý, který vzniká ve velkém množství při fermentaci lze použít k několika účelům, např. k míchání zápar, k přípravě uhličitánů, nebo k přípravě zkapalněného, popř. pevného oxidu uhličitého. K míchání se využije tam, kde by míchání vzduchem vadilo. Oxid uhličitý musí být zbaven části zápar, ethanolu a následně se komprimuje ve třístupňovém systému.

12. Skladování biomasy

Biomasa akumuluje energii slunce tím, že ji transformuje do chemické energie vlastní hmoty. Vlastností, kterou se biomasa odlišuje od ostatních obnovitelných zdrojů energie je možnost akumulace energie. Biomasu je možné za určitých podmínek bez větších problémů skladovat a využít v době, kdy je to zapotřebí. Akumulaci je možno využít z obnovitelných druhů energie pouze u přehradních vodních elektráren a biomasy.

Skladování biomasy není vždy jednoduchou záležitostí. Biomasa má některé vlastnosti, které skladování komplikují a jsou to:

- proměnlivá a poměrně velká vlhkost,
- nízká energetická hustota a
- rozložitelnost houbami a plísněmi.

Tyto vlastnosti mohou způsobovat problémy při skladování. Jedním z nich je samovznícení, kdy dochází k transportu tepla do jednoho místa pomocí výparného tepla vody. V těchto místech dochází k nárůstu teploty, a hrozí tak samovznícení. S nízkou energetickou hustotou souvisí problémy s kapacitou skladovacích prostor a při manipulaci s palivem. Napadení paliva houbami a plísněmi znehodnocuje palivo, dále velké množství spor plísní a hub ve vzduchu způsobuje zdravotní potíže lidem pohybujícím se ve skladu.

Především těmto problémům se dá při dodržování několika pravidel. Biomasa pro skladování musí být vysušená na vhodnou vlhkost (cca 15 - 20 %). Pokud biomasa obsahuje více vody, vznikají výše popsané problémy. Před uskladněním, popřípadě během první fáze skladování, je nutné přirozené sušení nebo dosušování. Dalším pravidlem musí být provětrávání skladovacího prostoru, a to buď přirozeným nebo nuceným prouděním vzduchu. Provětrávání se provádí buď soustavně nebo přetržitě podle druhu biomasy. U některých druhů biomasy lze provětrávání zajistit pouze prohrabováním materiálu (štěpka, kůra).

Vysušení biomasy má i velký vliv na její výhřevnost, což ve výsledku znamená, že na uskladnění určitého množství energie v palivu postačí mnohem menší skladovací prostor, viz. Tabulka 12.1.

Tabulka 12.1 Měrný skladovací prostor

kůra (W=50 %)	0,390 m ³ .GJ ⁻¹
dřevní brikety (W=10 %)	0,047 m ³ .GJ ⁻¹
hnědé uhlí	0,062 m ³ .GJ ⁻¹

Pro lepší představu uvádí Tabulka 12.2 potřebné skladovací prostory pro uskladnění jednotky energie v biomase. Jak je vidět, je potřebná velikost skladovacího prostoru u jednotlivých druhů biomasy velice odlišná. Pokud vezmeme dva extrémní případy, slámu volně a pelety, činí poměr přes 25. U podobné biomasy, dřeva, je poměr mezi poleny a peletami cca 3, což je při dimenzování zásobníku také podstatná hodnota. U štěpky je tomu ještě 2krát více než u polen [4].

Větší spotřebiče zpravidla spalují méněhodnotná nebo hůře spalovatelná paliva, jako je štěpka nebo sláma, což při velké spotřebě paliva pro pokrytí výkonu znamená i obrovské skladovací prostory. Takovéto zdroje se instalují poměrně blízko center obcí nebo městských částí, takže velké skladovací prostory nepřicházejí v úvahu. U takovýchto zdrojů se skladovací prostory dimenzují cca 3 až 7 dní provozu.

Velkost skladovacích prostorů závisí na:

- umístění zdroje,
- prostorové možnosti,
- dostupných financí na investice,
- možnostech zásobování palivem.

Zásobování biopalivy je třeba řešit již ve fázi projektování, smluvně potvrdit dodávky je nutné již před zahájením výstavby zdroje.

Tabulka 12.2 Potřebné skladovací prostory [4]

Palivo	Výhřevnost	Měrná hmotnost v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$		Energie v 1 m^3		Skladovací prostor	
	$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	rozmezí	průměr	$\text{GJ}\cdot\text{m}^{-3}$	$\text{MWh}\cdot\text{m}^{-3}$	$\text{m}^3\cdot\text{GJ}^{-1}$	$\text{m}^3\cdot\text{MWh}^{-1}$
palivové dřevo - polena	15	320 až 450	385	5,78	1,60	0,17	0,62
palivové dřevo - odřezky	18	210 až 300	255	4,59	1,28	0,22	0,78
štěpka	10	180 až 410	295	2,95	0,82	0,34	1,22
rašelina	12	350 až 400	375	4,50	1,25	0,22	0,80
sláma ze samosběr. vozů	14	40 až 60	50	0,70	0,19	1,43	5,14
sláma balíkováná	14	80 až 150	115	1,61	0,45	0,62	2,24
dřevěné brikety, pelety	21	600 až 1100	850	17,85	4,96	0,06	0,20
hnědé uhlí	16	650 až 780	715	11,44	3,18	0,09	0,31
černé uhlí	26	770 až 880	825	21,45	5,96	0,05	0,17

Pro ještě lepší představu uvádí Tabulka 12.3 spotřebu paliva pro kotle jednotlivých výkonů, dále skladovací prostor a parametry paliva. Potřebný tepelný výkon je dán tepelnými ztrátami objektu, které se odvíjejí od použitých materiálů na stavbu a tepelnou izolaci objektů

Pro skladování biomasy lze využít několik různých skladovacích prostor. Pro skladování dřevního odpadu v nejrůznějších formách (štěpky, piliny, kůra, demoliční dřevo atd.) se využívá nejčastěji pouze upravené venkovní ploch, viz. Obrázek 12.2, která není často ani zastřešená. Tato biomasa se spaluje v kotlích velkého výkonu, na skládku se přiváží poměrně vlhká, takže nasáknutí vodou vlivem povětrnostních podmínek nehrozí. Navíc je biomasa rychle spotřebována.

Pro skladování slámy se využívá jednoduchých skladovacích hal, viz. Obrázek 12.2, nadbytečných seníků a jiných vhodných prostor. Pro manipulaci s velkými balíky je vhodné, aby součástí skladu byl i mostový jeřáb. Kapacita těchto skladovacích prostor postačuje pouze na několik dnů provoz, další palivo (balíky) jsou skladovány přímo ve stohu na poli.

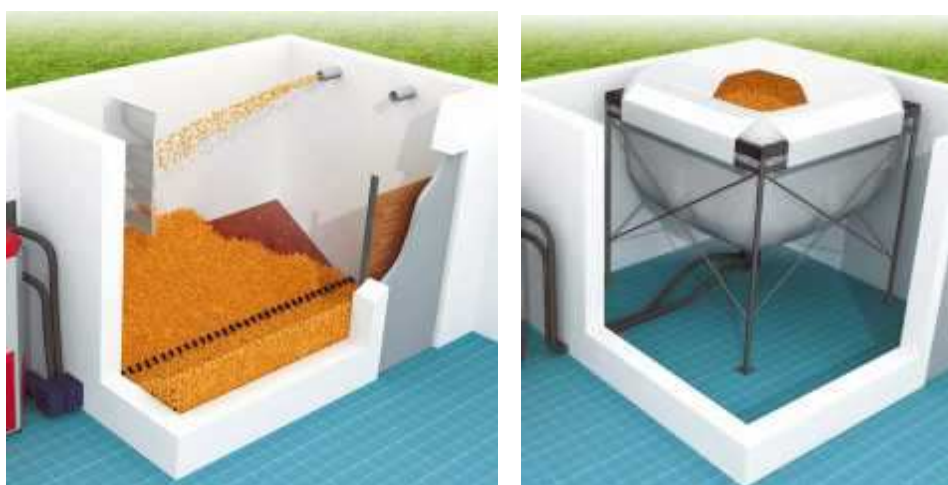


Obrázek 12.2 Skladování biomasy – vlevo volně, vpravo sklad balíkováné slámy

Tabulka 12.3 Spotřeba a potřebná týdenní zásoba vybraných paliv

Biomasa	měrná jednotka	smrk/jedle štěpka		buk/dub štěpka		energ.obilí - celá rostl. - pelety	směs štěpka	RRD	obilná sláma - balíky
		suchá	vlhká	suchá	vlhká				
vlhkost	%	10	40	10	40	15	15	15	14
Spotřeba paliva pro kotel o daném výkonu a teoretické účinnosti 100%									
20 kW	kg.h ⁻¹	4,5	7,3	4,3	6,9	4,8	5,2	4,7	4,8
50 kW		11,3	18,3	10,7	17,3	12,1	13	11,7	11,9
100 kW		23	37	21	35	24	26	23	24
200 kW		45	73	43	69	48	52	47	48
500 kW		113	183	107	173	121	130	117	119
1000 kW		226	367	214	345	241	261	234	238
1500 kW		338	550	320	518	362	391	352	357
2000 kW		451	733	427	691	482	522	469	476
Týdenní zásoba pro kotel o daném výkonu a teoretické účinnosti 100%									počet.bal.
20 kW	m ³	4,5	5,1	2,5	3,1	1,6	4,4	3,2	1,6
50 kW		11,3	12,8	6,2	7,8	4,1	11,0	7,9	4,0
100 kW		23	26	12	16	8	22	16	8
200 kW		45	51	25	31	16	44	32	16
500 kW		113	128	62	78	41	110	79	40
1000 kW		226	257	124	157	81	219	158	80
1500 kW		338	385	186	235	122	329	236	120
2000 kW		451	513	247	314	162	438	315	180
Vlastnosti paliv									hmot. bal.
syprná hmot.	kg.m ⁻³	168	240	290	370	500	200	250	500
obsah energie	kW.h.kg ⁻¹	4,43	2,73	4,68	2,89	4,15	3,83	4,27	4,21
	kw.h.m ⁻³	745	655	1358	1071	2074	767	1067	2103
	GJ.m ⁻³	2,68	2,36	4,89	3,86	7,47	2,76	3,84	7,57
výhřevnost	MJ.kg ⁻¹	15,96	9,82	16,86	10,42	14,93	13,8	15,36	15,14
obsah popela	%	1	1	1	1	4	2	1	5

Palivové dřevo, kulatina špalíky, se suší v otevřených prostorách pod přístřeškem a pokud možno tak s podlážkou, která zabraňuje pronikání vlhkosti ze země do dřeva. Během skladování dochází k vysušování dřeva, což zachycuje Tabulka 2.1.



Obrázek 12.3 Skladování pelet

Pelety se skladují v naprosto jiných prostorách. Cena pelet je poměrně vysoká, a proto musejí být skladovány ve vhodných podmínkách. Pelety se využívají v kotlích malého výkonu,

takže mohou být skladovací prostory dimenzovány na celé otopné období, podle možností provozovatele. Ze skladovacího prostoru je palivo vynášeno do kotle automaticky, takže není třeba doplňování mezizásobníku obsluhou. V principu jsou možné dva způsoby skladování, pomocí speciální skladovací místnosti se zešíkmenou podlahou a nebo ve vacích. Do skladovacích prostor se pelety nasypou pomocí otvoru, nebo tam jsou nafoukány pneumaticky, jak naznačuje Obrázek 12.3. U vaků je systém doplňování jiný, vaky se vymění kus za kus. „BIG-BAG“ – vak, váží 1 000 až 1 200 kg a přepravuje se většinou na paletě. Jeden vak na celou topnou sezonu nevystačí, proto je nutná výměna během sezony. Při skladování oběma způsoby je třeba zajistit suché prostředí, aby nedošlo z drobení pelet či tvorbě plísni.

Biomasa určená pro biologické procesy se téměř neskladuje, viz kapitola 9.3.4. Tato biomasa začíná podléhat po krátké době biologickému rozkladu, a klesá tak výtěžnost produktu. Pro skladování se využívá skladovacích nádrží, které jsou již součástí linky. Pro bioplynové stanice mohou být tyto skladovací nádrže vybaveny dalšími technologickými zařízeními:

- na separaci hrubých příměsí,
- na ředění vodou,
- pro zahuštění řídkého materiálu,
- pro aktivaci mikroflóry,
- pro předehřev materiálu,
- pro homogenizaci a
- automatické dávkování do fermentoru.

Jinou věcí je skladování bioplynu při nadprodukcí. K jímání bioplynu se používá několik koncepcí plynojemů, kterým se věnuje kapitola 9.5.

13. Situace v krajích – vybrané aplikace

13.1 Region Moravskoslezský

13.1.1 Kotelna na biomasu Bystřice nad Olší – pila

Základní informace:

Město/obec:	Bystřice nad Olší
Název subjektu (organizace):	JEWA, s.r.o.
Ulice, PSČ:	Bystřice 1207, 739 95
Kontakt :	Milan Walczysko
E-mail:	jewa@jewa.cz
Název:	Vytápění biomasou – Pila v Bystřici n.O.

- Popis: Společnost JEWA, s.r.o. provozuje pilu v Bystřici n.O., kde je hlavní výrobní program výroba lamel pro lepení eurohranolů, výroba a sušení truhlářského řeziva, výroba vazeb na střechy, obalového materiálu ze dřeva, výroba a prodej palubek apod. Společnost JEWA export-import, s.r.o. se specializuje na lesnickou činnost, nákup dřevní hmoty (kulatina, vláknina) nastojato nebo na odvozním místě.
- V provozu od roku: 1998
- Provozovatel (název a adresa provozovatele): JEWA, s.r.o.
- Možnost návštěvy: ano
- Typ kotle (název, stručný popis kotle): teplovodní, SZDO
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 300 kW
- Palivo: drobný dřevní odpad
- Roční spotřeba paliva: 0,82 tun
- Popis systému: Vytápěna je pouze provozovna. Funkce kotelny je pouze teplovodní. Veškerá vyrobená energie je určena ke vytápění a ohřevu TUV. Palivo v podobě odpadního dřevěného odpadu je podáváno přes zásobník.
- Roční provozní náklady: 94500 Kč
- Roční úspora: nevyčíslena
- Vlastník a provozovatel zařízení: JEWA, s.r.o.
- Současný stav: Je plně funkční, je spokojenost s instalací, bez odstávky v roce 2006.



Obrázek 13.1 Areál pily

Obrázek 13.2 Pohled na kotel

Obrázek 13.3 Pohled na úložiště paliva

13.1.2 Kotelna na biomasu Dobrá – Pila

Základní informace:

Město/obec:	Dobrá
Název subjektu (organizace):	FEP, a.s.
Ulice, PSČ:	Středisko Dobrá 10, 739 51 Dobrá
Kontakt :	558 357 949
E-mail:	pilajabl@quick.cz
Název:	Vytápění biomasou – spalování odpadového dřeva z pily

- Popis: Kotelna je umístěna v centru obce Dobrá u silnice na Nošovice. V kotelně je nainstalován jeden středotlaký parní kotel EI IV ŽDB Bohumín o výkonu 241 kW. Vyrobené teplo se neprodává, je využito pro vlastní potřebu.
- Instalovaný výkon: 241 kW
- V provozu od roku: 1987
- Provozovatel: FEP, a.s., Havlíčkova 1/1761, Cheb, 350 01
- Možnost návštěvy: ano
- Typ kotle: EI IV ŽDB Bohumín
- Výkon kotle: 241 kW
- Palivo: Dřevo, odpad
- Roční spotřeba paliva: 36 tun
- Roční výroba tepelné energie: 395 GJ
- Popis systému: Jedná se o teplovodní otevřenou expanzní nádobu. Doprava paliva se uskutečňuje ručním přikládáním.
- Investiční náklady cca 363 000 Kč
- Roční provozní náklady: 138 000 Kč
- Vlastník zařízení: FEP, a.s.
- Provozovatel zařízení: FEP, a.s., provozovna Dobrá
- Současný stav: Je plně funkční, spokojenost s instalací.
- Poznámka: Kotelna slouží pouze k vytápění. Zařízení je plně funkční, doba provozu říjen až duben.



Obrázek 13.4 Pohled na areál firmy

Obrázek 13.5 Pohled na instalovaný kotel.

Obrázek 13.6 Pohled na instalovaný kotel

13.1.3 Kotelna na biomasu Hnojník– výtopna na dřevní odpad

Základní informace:

Město/obec:	Hnojník
Název subjektu (organizace):	INTERIÉR B + M, s.r.o.
Ulice, PSČ:	Hnojník 86, 739 53
Kontakt :	Ing. Szromek
E-mail:	interierbm@iol.cz
Název:	Vytápění biomasou – centrální výtopna v obci Hnojník

- Popis: Kotelna je umístěna v obci Hnojník cca 100 m od vlakové stanice Hnojník. V kotelně jsou instalovány dva kotle. Jeden kotel TSP 40 spaluje piliny a štěpku, druhý kotel ATHMOS DC 100 spaluje kusové dřevo.
- V provozu od roku: 1. kotel – 1996, 2. kotel - 2003
- Provozovatel (název a adresa provozovatele): INTERIÉR B + m, s.r.o., Hnojník 86, 739 53
- Možnost návštěvy: ano
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 564 kW
- Typ kotle: TSP 40, ATHMOS DC 100
- Výkon kotle: 465 kW, 99 kW
- Palivo: piliny, štěpky, kusové dřevo
- Roční spotřeba paliva: 2,613 t, 75 t
- Popis systému: Kotelna slouží k ohřevu TUV v rámci provozovny.
- Roční provozní náklady: 140 000 Kč
 - - z toho doprava paliva: 70 000 Kč
- Vlastník a provozovatel zařízení: INTERIÉR B + M, s.r.o.
- Současný stav: Je plně funkční, spokojenost s instalací, bez odstávky za rok 2006.



Obrázek 13.7 Pohled na areál společnosti

Obrázek 13.8 Pohled na instalovaný kotel

Obrázek 13.9 Pohled na instalovaný kotel

13.1.4 Kotelna na biomasu Jablunkov - Návší

Základní informace:

Město/obec:	JABLUNKOV-NÁVSÍ
Název subjektu (organizace):	FEP, a.s.
Ulice, PSČ:	Havlíčková 1/1761
Kontakt :	+420 558 357 949 Hrubá Regina
E-mail:	pilajabl@quick.cz
Název:	Pila v obci Jablunkov - Návší

- Popis: Kotelna je umístěna v obci Jablunkov - Návší. V kotelně je nainstalován kotel VSD 1000/2500 A. Slouží k vytápění sušárny, výrobního provozu, kanceláří. Vše v rámci provozovny pily.
- V provozu od roku: 1980 a 1986
- Provozovatel: FEP, a.s., Pila Jablunkov, 739 92 Návší
- Možnost návštěvy: ano
- Investiční náklady: cca 2 450 000 Kč
- Typ kotle: VSD 1000/2500 A parní
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 1 000 (2 500) kW
- Palivo: Dřevní odpad: piliny, štěpka
- Roční spotřeba paliva: 711 tun
- Roční výroba tepelné energie: 6 240 GJ
- Popis systému: Jedná se o středotlaký parní kotel sloužící k vytápění a k ohřevu teplé vody v areálu pily, tzn. sušárny, výrobní provozy, kanceláře. Palivo je dodáváno do kotle šnekovým podavačem.
- Roční provozní náklady: 1 627 000 Kč
 - Z toho:
 - - doprava paliva: 28 400 Kč
 - - běžná údržba: 210 000 Kč
- Vlastník zařízení: FEP, a.s.
- Provozovatel zařízení: FEP, a.s., Pila Návší
- Současný stav: Zařízení je plně funkční, bez větších odstávek. Doba provozu říjen až duben.



Obrázek 13.10 Pohled na objekt Pily v Jablunkově – Návší

Obrázek 13.11 Pohled na odpadní dřevo

13.1.5 Kotelna na biomasu Krnov

Základní informace:

Město/obec:	Krnov
Název subjektu (organizace):	Závod lesní techniky
Ulice, PSČ:	Ve Vrbině 1019/9, 794 01
Kontakt:	Ing. Miroš Radim
E-mail:	radim.miros@dalkia.cz
Název:	Vytápění biomasou – výtopna průmyslových závodů

- Popis: Kotel (cihlový) č.1 má výkon 4 MW a je využíván k provozu kotelny. Kotel č.2 – o výkonu 7 MW slouží jako záložní zdroj (z důvodu nepotřebnosti výkonu není v provozu).
- V provozu od roku(datum instalace): 1989
- Provozovatel: Dalkia Česká republika, a.s., 28. října 3123/152, 709 74 Ostrava
- Možnost návštěvy: ano
- Typ kotle: KESSEL-LOOS
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 7 000 kW
- Palivo: dřevo
- Provoz: přilehlé skladové prostory průmyslových závodů
- V provozu od roku: 1977
- Provozovatel: Dalkia Česká republika, a.s., 28. října 3123/152, 709 74 Ostrava
- Možnost návštěvy: ano
- Typ kotle: ERNE, HW350
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 4 071 kW
- Palivo: dřevo
- Roční spotřeba paliva: 1 372 tun
- Roční výroba tepelné energie: 7 666 GJ
- Vlastník a provozovatel zařízení: Dalkia Česká republika, a.s.
- Instalovaný výkon: 4 071 kW
- Kotelna vytápí pouze přilehlé skladové prostory průmyslových závodů. Roční výroba tepla činí 7 666 GJ při roční spotřebě 1 372 tun. Kotelna je v provozu pouze v topném období.



Obrázek 13.12 Pohled na objekt Závodu lesní techniky (levá část je kotelna, pravá část je přilehlý sklad)

Obrázek 13.13 Pohled na kotel č. 2 (7MW) s dávkovačem paliva

Obrázek 13.14 Pohled na kotel č. 1 (4MW)

13.1.6 Bioplynová stanice - zemědělská bioplynová stanice Kateřinky (záměr)

Základní informace:

Město/obec:	Opava - Kateřinky
Název subjektu (organizace):	Kateřinská zemědělská a.s.
Ulice, PSČ:	Vrchní čp. 30, 747 05
Kontakt :	Aleš Bittner 777 290 040

Popis záměru:

Jedná se o novostavbu bioplynové stanice (kombinované zařízení k výrobě bioplynu a jeho energetickému využití) ve stávajícím zemědělském areálu. Kumulaci s jinými záměry je možno vyloučit, vzhledem k tomu, že se v okolí areálu nenacházejí jiné záměry, které by mohly s posuzovaným záměrem spolupůsobit.

Záměr řeší otázku zpracování biomasy a statkových hnojiv jejich energetickým využitím, což napomůže snížení produkce pachových látek z chovu zvířat (skladování kejdy) a hnojení zemědělských pozemků v blízkosti obytných území a zároveň povede k diverzifikaci příjmů investora. Kogenerační jednotka bude kromě výroby elektrické energie využívána i jako zdroj tepla pro objekty v areálu popř. pro další. Výroba elektrické energie kogenerací z obnovitelných zdrojů energie (biomasy) je pro životní prostředí přínosná. Důvodem pro výstavbu bioplynových stanic je výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů v souladu s požadavky mezinárodních společenství na snížení spotřeby fosilních paliv a snížení emisí z jejich spalování.

Nově budou prováděny objekty přijímací kejdové jímky, prstencového bioplynového reaktoru s hlavním fermentorem ve vnějším prstenci a s koncovým fermentorem ve vnitřním prstenci, plynojem. Provozní budova s kogenerační jednotkou a obslužným zázemím bioplynové stanice bude realizována jako vestavba do části stávající stáje určené k demolicí. K výrobě elektrické energie a tepla bude použita kogenerační jednotka s elektrickým výkonem 526 kW a tepelným výkonem 566 kW. Pro potřeby bioplynové stanice budou sloužit dvě stávající nadzemní ocelové jímky jako zásobník fugátu (tekutá složka po separaci vyhořelé biomasy) o kapacitě $2 \times 1500 \text{ m}^3$. Separát bude skladován v jedné z komor stávajícího silážního žlabu, která má kapacitu pro skladování po dobu 5,5 měsíců. Čtyři komory stávajícího silážního žlabu budou sloužit pro potřeby bioplynové stanice. Kapacita $3,5 \times 3050 \text{ m}^3$ pro silážování kukuřice a $0,5 \times 3050 \text{ m}^3$ pro skladování separátu, která bude po vyskladnění kukuřice rozšířena na celou komoru.

V areálu se dále nacházejí stávající stájové objekty pro 400 ks krav a 100 ks telat v mléčné výživě, které jsou v současné době bez ustájených zvířat. Stáje K 96 byly již přebudovány na prostory pro skladování a drobnou výrobu. Stáj K 174 bude odstraněna a z části využita pro potřeby bioplynové stanice. Další stáj VKK je v současné době bez využití.



Obrázek 13.15 Pohled na stávající silážní žlaby

Obrázek 13.16 Pohled na strop fermentoru (v pozadí plynojem)

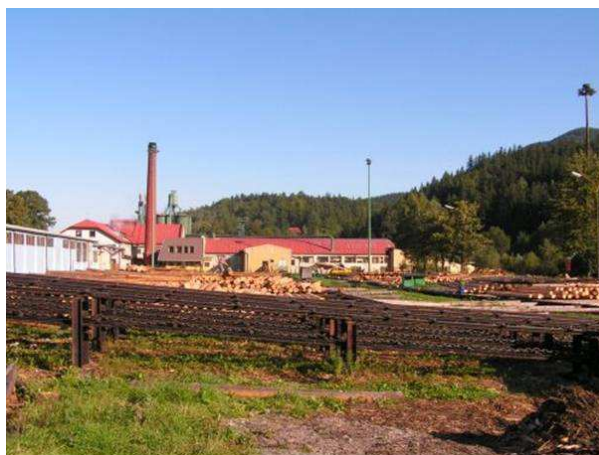
Obrázek 13.17 Kogenerační jednotka

13.1.7 Kotelna na biomasu Ostravice

Základní informace:

Město/obec:	Ostravice
Název subjektu (organizace):	Apenal s.r.o., Pila Ostravice
Ulice, PSČ:	č.p.292, 739 14
Kontakt :	Ing.Karel Bystřický
E-mail:	karel.bystricky@pilaostravice.cz
Název:	Vytápění biomasou – spalování odpadového dřeva z pily

- Popis: Kotelna je umístěna v centru obce Ostravice. V kotelně jsou nainstalovány dva kotle. Jeden vodotubný kotel K1 Královopolská Brno má výkon 1 500 kW. Druhý kotel K2 S 135/105 Slatina Brno slouží o téměř výkonu. Vyrobené teplo se neprodává, je využito pro vlastní potřebu.
- Instalovaný výkon: K1 1500 kW, K2 1500 kW
- V provozu od roku: K1 1924, K2 1973
- Provozovatel: Apenal, s.r.o., Ostravice 292
- Možnost návštěvy: ano
- Typ kotle (název, stručný popis kotle): K1 Vodotubný, Královopolská Brno, K2 S 135/105 Slatina Brno
- Výkon kotle: K1 3,0 t/h, K2 3,3 t/h
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 3 000 kW
- Palivo: typ paliva: smrkové piliny, hobliny a drobný palivový odpad
- Roční spotřeba paliva: 3 500 tun
- Roční výroba tepelné energie: 29 000 GJ (jen vlastní spotřeba)
- Popis systému: Jedná se o středotlaké parní kotle s obsluhou. Vytápěn je pouze objekt pily a to sušárny řeziva, výrobní a administrativní provozy.
- Roční provozní náklady: běžná údržba: 300 000 Kč
- Vlastník a provozovatel zařízení: Apenal s.r.o., Pila Ostravice
- Současný stav: Kotel K1 - rok výroby 1924 je na hranici životnosti, Kotel K2 – rok výroby 1973 dto.
- Poznámky: Jako vynucenou investici v letošním roce se připravuje výměna kotlů za bezobslužné zařízení na spalování hoblin, pilin a drobného dřevního odpadu se zvýšením instalovaného výkonu na 3 000 kW z důvodu rozšíření kapacity sušáren. Využití dotací se plánuje.



Obrázek 13.18 Pohled na areál společnosti.

13.1.8 Bioplynová stanice Depos - Horní Suchá – KGJ na skládce TKO

Základní informace:

Město/obec: Horní Suchá
 Název subjektu (organizace): Depos, Horní Suchá, a.s.
 Ulice, PSČ: Solecká 1/1321, 735 35
 Kontakt : Miloš Kývala 596 425 522, Jiří Myšlenka 596 425 521
 E-mail: depos@iol.cz

- Popis systému: Skládkový plyn je využit k výrobě elektrické energie. Na skládce komunálního odpadu je instalována kogenerační jednotka, která prostřednictvím čerpací stanice odplyňuje přes jímací studny a sběrné potrubí těleso skládky. Následně je plyn využívám kogenerační jednotkou k výrobě elektřiny. Vyrobená elektřina je dodávána do sítě ČEZ. Tepelná energie využívána není.
- V provozu od roku: 2001
- Instalovaný výkon: 250 kW
- V provozu od roku: 2001
- Provozovatel (název a adresa provozovatele): Depos Horní Suchá, a.s.
- Možnost návštěvy: ano
- Investiční náklady: 13 500 000 Kč
- Typ kotle: plynový motor s elektrickým generátorem HET – GBC .249
- Příkon kotle: 730 kW
- Celkový instalovaný elektrický výkon: 249 kW
- Palivo: skládkový plyn
- Množství vyrobené elektřiny: 180 MWh/rok
- Prodejní cena elektřiny: 2,6 Kč/kWh
- Roční provozní náklady: 600 000 Kč
- Vlastník zařízení: Depos Horní Suchá, a.s.
- Provozovatel zařízení: Depos Horní Suchá, a.s.
- Současný stav: Provoz energobloku je ovlivněn tvorbou skládkových plynů. Denně je v provozu 6 hod. Pro kompostování je využita technologie kontrolovaného mikrobiálního kompostování. Suroviny jsou kompostovány na volné zpevněné ploše za použití kolového nakladače a překopávače kompostu.
- Poznámky: Dotace nebyla využita.



Obrázek 13.19 Pohled na areál skládky

Obrázek 13.20 Kogenerační jednotka

Obrázek 13.21 Pohled na kompostovací plochu o ploše 522 m2

13.1.9 Kotelna na biomasu Dolní Tošanovice

Základní informace:

Město/obec: Dolní Tošanovice 1
 Název subjektu (organizace): TOZOS spol. s r.o.
 Ulice, PSČ: 739 53 Hnojník
 Kontakt: Ing. Váleček, ing. Bartoň, Hlisnikovská Dagmar, 558 694 271-3
 E-mail: tozos@tozos.cz
 Název: Vytápění biomasou – středisko živočišné výroby Lesní Dvůr

- Popis: Kotelna je umístěna v Dolních Tošanovicích, okres Frýdek-Místek. V kotelně je instalován kotel o 420 kW. Pomocí kotelny je vytápěno středisko velkovýkrmny prasat v Dolních Tošanovicích.
- V provozu od roku: 1998
- Provozovatel: TOZOS spol. s r.o., Horní Tošanovice
- Možnost návštěvy: Ano, ale pouze ve Vojkovicích
- Investiční náklady: cca 1 851 000 Kč
- Typ kotle: TFS 420, výrobce Tractant Fabri Kolín
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 420 kW
- Palivo: Lisovaná sláma, seno
- Roční spotřeba paliva: min. 250 tun/rok
- Popis systému: Jedná se o kotel, které slouží k vytápění a k ohřevu teplé vody ze 70 na 90 stupňů s regulačním rozsahem 25-100 %. Účinnost kotle udávaná výrobcem je 82 – 91 %. Jedná se o kotle teplovodní, plamencové s přirozenou cirkulací oběhové vody, podávání paliva (lisovaná sláma, seno) je šnekovým dopravníkem a jedná se o technologii firmy Tractant Fabri Kolín. Minimální výhřevnost paliva je 15 MJ/kg a množství spáleného paliva při jmenovitém výkonu je 130 -150 kg/hod.
- Roční provozní náklady: 300 000 Kč/rok na každý kotel
- Vlastník zařízení: TOZOS spol. s r.o.
- Provozovatel zařízení: TOZOS spol. s r.o.
- Roční úspora: 1 000 000 Kč
- Poznámky: Firma TOZOS spol. s r.o. získala dotaci 221 000 Kč na kotel u České energetické agentury
- Současný stav: Kotel je plně funkční, spokojenost s instalací velmi dobrá, počet dnů odstávky za rok na středisku velkovýkrmny prasat 150 dnů.



Obrázek 13.22 Pohled na kotelnu

Obrázek 13.23 Kotel

Obrázek 13.24 Kotel

13.1.10 Kotelna na biomasu Horní Benešov pro základní a mateřskou školu

Základní informace:

Město/obec: Horní Benešov
 Název subjektu (organizace): ZŠ a MŠ Horní Benešov
 Ulice, PSČ: Školní 568/-, 793 12
 Kontakt : ing. Miroš Radim – tel. 554637760, mobil 724616048
 E-mail: radim.miros@dalkia.cz
 Název: Vytápění biomasou – kotelna pro vytápění mateřské a základní školy

- Typ kotle na biomasu: HAMONT C.A.T., KWB US
- Výkon kotle na biomasu: 3 x 100 kW
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 300 kW
- Palivo: dřevo
- Roční spotřeba paliva: 40 tun
- Roční výroba tepelné energie: 477 GJ
- V provozu od roku: 1996
- Provozovatel: Dalkia Česká republika, a.s., 28. října 3123/152, 709 74 Ostrava
- Možnost návštěvy: ano
- Popis systému: Kotelna je situována v suterénu budovy družiny a jídelny ZŠ a zásobuje teplem dva objekty. Prvním objektem je budova školní jídelny a školní družiny. Druhým objektem je základní škola.
- Provoz: Dřevo v podobě štěpky nebo pelety jsou dopraveny do kotle pomocí šnekového dopravníku. Kotelna disponuje dvěma šnekovými pro naskladnění a třemi pro dodávku ke kotlům.
- Vlastník zařízení: Městský úřad Horní Benešov
- Provozovatel zařízení: Dalkia Česká republika, a.s.
- Současný stav: Provoz pouze v topném období.
- Poznámka: Kotelna byla uvedena do provozu od r.1996 do roku cca. 2002. Přerušení provozu bylo z důvodu špatného zajištění paliva (ekonomika provozu), ze strany majitele kotelny (MěÚ Horní Benešov). Kotelna byla znovu uvedena do provozu v roce 2006 Dalkia Česká republika, a.s. V kotelně se spalují pelety z rostlinné výroby, alternativní palivo pro kotle (poměr ceny k výrobě GJ), dřevo a dřevní pelety jsou podstatně dražší.



Obrázek 13.25 Škola

Obrázek 13.26 Pohled na sklad paliva

Obrázek 13.27 Kotle

13.1.11 Bioplynová stanice Klokočov – KGJ na skládce TKO

Základní informace:

Město/obec:	Klokočov
Název subjektu (organizace):	MVE Vítkovská zemědělská s.r.o.
Ulice, PSČ:	Zámecký dvůr 61, 747 47
Kontakt :	neposkytnut
E-mail:	vitkovska.bioplyn@seznam.cz
Název: Vytápění bioplynem MVE Vítkovská zemědělská s.r.o.	

Jeden z nejrozšířenějších způsobů anaerobního zpracování organického odpadu je u nás dlouhá léta provozován na velkých čističkách odpadních vod jako doprovodný proces při čištění odpadních vod. Primární a aktivovaný kal jsou čerpány do vyhřívacích nádrží a vzniklý bioplyn je spalován v teplovodních kotlích nebo nověji v kogeneračních jednotkách.

- Popis: Kogenerační jednotka **TEDOM – T 150 SP BIO** a **QUANTO C 500 SP** je umístěna na skládce komunálního odpadu v katastru obce Klokočov. Jednotka je umístěna hned vedle tělesa skládky a byla spuštěna koncem roku 2006. Jednotka je v provozu nepřetržitě celý rok. Vyrábí se zde 986 kW_t tepelné energie a 1 234 kW_e energie elektrické.
- Instalovaný výkon: 986 kW
- V provozu od roku: 2006
- Provozovatel: Vítkovská zemědělská s.r.o., Zámecký dvůr 61, 747 47 Klokočov
- Možnost návštěvy: ne
- Investiční náklady: cca 62 000 000 Kč
- Typ kotle, kogenerační: TEDOM – T 150 SP BIO (4), QUANTO C 500 SP (1)
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 986 kW_t
- Celkový instalovaný elektrický výkon: 1 234 kW_e
- Palivo: bioplyn
- Množství vyrobené elektrické energie: cca 270 MWh/měsíc
- Prodejní cena: 0,36 Kč/kWh
- Provozovatel zařízení: Vítkovská zemědělská s.r.o.
- Popis systému:
- Projekt řeší využití skládkového plynu k výrobě elektrické energie. Na skládce komunálního odpadu je instalována kogenerační jednotka, která prostřednictvím čerpací stanice odplyňuje přes jímací studny a sběrné potrubí těleso skládky. Následně je plyn využíván kogenerační jednotkou k výrobě elektřiny a tepla. Vyrobená elektřina je dodávána do sítě ČEZ. Tepelná energie využívána není.



Obrázek 13.28 Pohled na objekt
Obrázek 13.29 Kogenerační jednotky

13.1.12 Bioplynová stanice Markvartovice – KGJ na skládce TKO

Základní informace:

Město/obec:	Skládka TKO Markvartovice
Název subjektu (organizace):	TEDOM ENERGO s.r.o.
Ulice, PSČ:	Výčapy 195, 674 01 Třebíč
Kontakt :	568837111
E-mail:	tedom@tedom.cz

- Popis: Kogenerační jednotka TEDOM Cento L150 SP BIO je umístěna na skládce komunálního odpadu v katastru obce Markvartovice. Jednotka je umístěna hned vedle tělesa skládky a byla spuštěna koncem r. 2004. Jednotka je v provozu nepřetržitě celý rok. Na svodný systém skládkového plynu je připojeno 14 studní.
- Instalovaný výkon: 185 kW tepelný, 142 kW elektrický
- V provozu od roku: 2005
- Provozovatel): TEDOM ENERGO s.r.o. Výčapy 195, 674 01 Třebíč
- Možnost návštěvy: ano
- Investiční náklady: cca 7 mil. Kč
- Typ kotle: Kogenerační jednotka TEDOM CENTO T150 SP BIO
- Výkon kotle: 185 kW tepelný, 142 kW elektrický
- Celkový instalovaný tepelný výkon: příkon v palivu 394 kW
- Palivo: skládkový plyn
- Roční spotřeba paliva: 300 tis.m³
- Popis systému: Projekt řeší využití skládkového plynu k výrobě elektrické energie. Na skládce komunálního odpadu je instalována kogenerační jednotka, která prostřednictvím čerpací stanice odplyňuje přes jímací studny a sběrné potrubí těleso skládky. Následně je plyn využívám kogenerační jednotkou k výrobě elektřiny a tepla. Vyrobená elektřina je dodávána do sítě ČEZ. Tepelná energie využívána není.
- Roční výroba tepelné energie: 3 301 GJ
- Výroba elektrické energie: 731 547 kWh
- Množství vyrobené elektřiny: 950 MWh/rok
- Vlastník zařízení: TEDOM ENERGO s.r.o.
- Provozovatel zařízení: TEDOM ENERGO s.r.o.
- Současný stav: Zařízení je funkční.
- Poznámky: Dotace využita nebyla.



Obrázek 13.30 Pohled na jednotku

13.1.13 Kotelna na biomasu – Ostravice – zdroj CZT

Základní informace:

Město/obec:	Ostravice
Název subjektu (organizace):	CE WOOD, a.s.
Ulice, PSČ:	Ostravice, 739 14
Kontakt :	Jana Maloušková
E-mail:	jana.malouskova@cewood.cz

- Instalovaný výkon: 1000 kW
- V provozu od roku: 1998
- Provozovatel: CE WOOD, a.s., Ostravice
- Možnost návštěvy: ano
- Investiční náklady: cca 12 000 000 Kč
- Typ kotle (název, stručný popis kotle): Kotel Kohlbach
- Výkon kotle: 1000 kW
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 1000 kW
- Palivo: kůra
- Roční spotřeba paliva: 6000 m³
- Roční výroba tepelné energie: cca 8200 GJ
- Roční provozní náklady: cca 2 500 000 Kč
 - - doprava paliva: 170 000 Kč
 - - běžná údržba: 70 000 Kč
- Roční úspora: neuvedeno
- Vlastník a provozovatel zařízení: CE WOOD, a.s.
- Provoz: Kotelna vytápí provozní objekty i bytové domy, v posledních letech však počet odběratelů vlivem budování jejich vlastních zdrojů tepla klesá.
- Popis systému: Teplovodní systém vytápění. TUV se ohřívá na 90 °C/70 °C.
- Současný stav: Kotel je plně funkční, roční odstávky jsou v letním období pro provedení oprav a údržby cca 10 dní.
- Poznámky: Využití dotací pravděpodobně nebylo využito.



Obrázek 13.31 Areál zdroje

Obrázek 13.32 Pohled na kotel Kohlbach

Obrázek 13.33 Sklad paliva

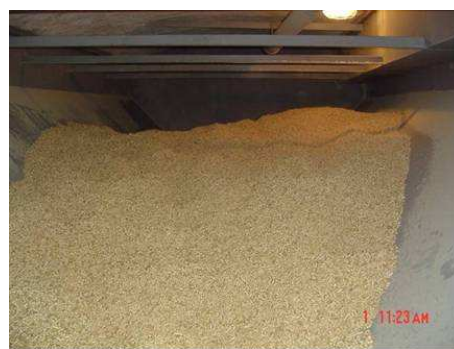
13.1.14 Kotelna na biomasu Jablunkov – Písečná pro MŠ a ZŠ

Základní informace:

Město/obec: Písečná
 Název subjektu (organizace): ZŠ, MŠ v obci Písečná
 Ulice, PSČ: Písečná čp. 42, 739 91 Jablunkov
 Kontakt : 558 359 825, +420 558 358 122
 E-mail: urad@obecpisečna.cz

Název: Vytápění biomasou – kotelna pro vytápění mateřské a základní školy

- Popis: Původní kotelna na tuhá fosilní paliva (koks) byla v roce 2005 rekonstruována na vytápění peletkami. Zdrojem tepla je dvojice kotlů Ponast KP 50 (výkon 2 x 49 kW). Došlo tedy k nahrazení stávajícího kotle na tuhá paliva o výkonu 119 kW dvěma kotli o výkonu 50 kW. Výrobce kotlů je firma PONAŠT, s.r.o. Valašské Meziříčí spalující dřevní pelety. Součástí rekonstrukce je i instalace zásobníku peletek vybaveného automatickým podavačem paliva ke kotlům a přírubou pro plnění z cisterny.
- V provozu od roku: 2005
- Možnost návštěvy: ano
- Investiční náklady: cca 1 120 000 Kč
- Typ kotle na biomasu: Ponast KP 50
- Výkon kotle na biomasu: 2 x 49 kW
- Palivo: dřevěné pelety
- Roční spotřeba paliva: 30,97 tun
- Popis systému: Kromě dvojice kotlů Ponast KP 50 je i instalace zásobníku peletek vybaveného automatickým podavačem paliva ke kotlům a přírubou pro plnění z cisterny. Na kotelnu je napojena budova společná pro mateřskou školu, základní školu, školní družinu, školní jídelnu a OÚ, včetně ohřevu teplé vody.
- Roční provozní náklady: 142 680 Kč
 - - doprava paliva: 15 775 Kč
- Vlastník a provozovatel zařízení: Základní škola a Mateřská škola Písečná,
- Poznámky: Akce byla financována z dotace Ministerstva životního prostředí ČR ve výši 541 500 Kč a dále obec Písečná vynaložila z rozpočtu 378 500 Kč. Na výměnu technologie vytápění navazovala výměna topných těles spolu s vybavením termoventily pro automatickou regulaci topení s náklady ve výši 190 000 Kč.
- Současný stav: Je plně funkční, provozovatelé jsou spokojeni s instalací, počet dnů odstávky za rok: - 100 dnů.



Obrázek 13.34 Kotel PONAŠT

Obrázek 13.35 Pohled do kotle

Obrázek 13.36 Sklad paliva

13.1.15 Kotelna na biomasu Písek - pila

Základní informace:

Město/obec:	Písek u Jablunkova
Název subjektu (organizace):	Dřevoeco s.r.o.
Ulice, PSČ:	Pila Písek, 739 84
Kontakt :	Václav Hečko 558 325 272
E-mail:	drevoeco@seznam.cz
Název:	Vytápění biomasou – pila v Písku u Jablunkova

- Popis: Společnost Dřevoeco s.r.o. provozuje pilu v Bystřici n.O., kde je hlavní výrobní program je výroba obalů za dřeva - dřevěné obaly, bedny, dřevěné palety; AL03.
- V provozu od roku: 1995
- Provozovatel: Dřevoeco s.r.o
- Možnost návštěvy: ano
- Typ kotle: Klemza, teplovodní
- Výkon kotle: 200 kW
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 400 kW
- Palivo: dřevo
- Roční spotřeba paliva: 300 tun
- Popis systému: Vytápěna je pouze provozovna. Funkce kotelny je pouze teplovodní. Palivo v podobě odpadního dřevěného odpadu je podáváno přes zásobník. Veškerá vyrobená energie je určena ke vytápění a ohřevu TUV.
- Roční provozní náklady: 600 000 Kč
 - - běžná údržba: 50 000 Kč
- Roční úspora: nevyčíslena
- Vlastník a provozovatel zařízení: Dřevoeco s.r.o.
- Současný stav: Plně funkční, celkem 2 kotle, střídavě v provozu.
- Poznámky: Nebyla využita možnost dotací.



Obrázek 13.37 Objekt pily

Obrázek 13.38 Dřevní odpad

Obrázek 13.39 Pohled na kotel

13.1.16 Kotelna na biomasu Stará Ves – pila

Základní informace:

Město/obec: Stará Ves
 Název subjektu (organizace): Katr a.s., Stará Ves
 Ulice, PSČ: Potočná 813, 795 01
 Kontakt : Josef Hama, Tel.: 554230811, 602539350
 E-mail: sekretariat@katr.biz
 Název: Vytápění biomasou – Pila ve Staré Vsi u Rýmařova.

- Popis: Díky vypracované studii proveditelnosti byly stávající kotle vyměněny za kombinaci kotlů na spalování pilin a nedrcené kůry z provozu pily společnosti. Financování záměru bylo přes leasingovou společnost. Na místě původních kotlů EIV – Klemza byl postaven kotel KOHLBACH SU 1200 kW a HR 1100 kW. Součástí zdroje zůstal jeden kotel 495 kW.
- V provozu od roku: 1999
- Provozovatel (název a adresa provozovatele): Katr a.s., Stará Ves
- Možnost návštěvy: ano
- Provoz: Veškerá vyrobená energie je určena ke vytápění a ohřevu TUV. Z kotelny je teplem zásobován původní areál MS a nově zřízené sušárny řeziva vzdálené od kotelny cca 130 m. Zařízení pracuje s občasnou obsluhou.
- Typ kotle: KOHLBACH SU 1200 kW, HR 1100 kW
- Výkon kotle: 1 200 kW + 1 100 kW + 495 kW
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 2 795 kW
- Palivo: Kohlbach – kůra, HR - piliny
- Roční spotřeba paliva: 3 700 t kůry, 1 250 t pilin
- Investiční náklady: cca 8 000 000 Kč
- Popis systému: Vytápěna je pouze provozovna. Funkce kotelny je pouze teplovodní. Palivo v podobě odpadního dřevěného odpadu je podáváno přes zásobník.
- Roční výroba tepelné energie domácím popř. cizím odběratelům: 50 000 GJ/rok
- Roční provozní náklady: 1 010 000 Kč/rok
 - - doprava paliva: 49 000 Kč/rok
 - - běžná údržba: 100 000 Kč/rok
- Vlastník a provozovatel zařízení: Katr a.s., Stará Ves
- Současný stav: Kotel je zcela funkční, velká spokojenost s provozem, žádné odstávky během roku a dotace nebyla využita.



Obrázek 13.40 Pohled na pásový dopravník paliva

Obrázek 13.41 Pohled na spalované odpadní dřevo

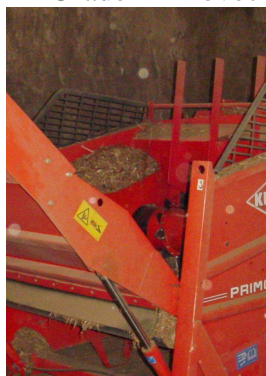
Obrázek 13.42 Pohled na kotel

13.1.17 Kotelna na biomasu - Tísek - pila

Základní informace:

Město/obec:	Tísek
Název subjektu (organizace):	Zemědělské obchodní družstvo Tísek
Ulice, PSČ:	Tísek č.p. 89
Kontakt :	556 427 529
E-mail:	zodtisek@seznam.cz
Název:	Vytápění biomasou – pila v Tísce

- Popis: Zemědělské obchodní družstvo Tísek se nachází na konci obce Tísek, která se rozprostírá v přírodním parku Oderské vrchy v nadmořské výšce 440 m n. m. Obec je obklopena lesy a okolí má většinou pahorkatinný ráz s výhledem na pozadí beskydských hor. Výtopna je ve zkušebním provozu od roku 2006.
- Možnost návštěvy: ano
- Typ kotle: Hamont, KWB 400
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 400 kW
- Palivo: Řezaný šťovík, v budoucnu plánován přechod na pelety
- Roční spotřeba paliva: cca 60 – 80 tun
- Popis systému: Nová kotelna slouží jako zdroj tepla pro stávající otopnou soustavu a ohřev užitkové vody. Vytápěna je pouze provozovna a funkce kotelny je pouze teplovodní. Palivo v podobě odpadního dřevěného odpadu je podáváno přes zásobník. Po navození uskladněných balíků šťovíku se balíky rozřezou na rozdrůžovači (řezačka). Ze zásobníku šnekovým podavačem se šťovík dopraví do kotle, ve kterém probíhá primární a sekundární spalování a likvidace popele. Spaliny se odvádějí přes cyklón. Po dobu zkušebního provozu cca 1 080 hod bylo spotřebováno 37,8 tun šťovíku.
- Investiční náklady: cca 2 500 000 Kč včetně technologie (řezačka)
- Provoz: Kotelna vytápí objekty ZOD Tísek. Provoz je denní a nepřetržitý (24 hod denně).
- Roční provozní náklady: Probíhá zkušební provoz.
- Roční úspora: Předpokládaná roční úspora na energii dle Energetického auditu je 311 164 Kč.
- Vlastník a provozovatel zařízení: ZOD Tísek
- Současný stav: Do konce minulého roku probíhal pouze zkušební provoz. Poté byl zkušební provoz prodloužen do 31.3.2007. Kolaudační rozhodnutí bylo vydáno Městským úřadem Bílovec – odborem výstavby dne 17.4. 2007.



Obrázek 13.43 Řezací přístroj,

Obrázek 13.44 Zásobník paliva

Obrázek 13.45 Pohled na cyklón

Obrázek 13.46 Pohled na kotel

13.1.18 Kotelna na biomasu - Raškovice - pila

Základní informace:

Město/obec:	Raškovice
Název subjektu (organizace):	PILA Raškovice – Jaroslav Foldyna
Ulice, PSČ:	Raškovice 15
Kontakt :	558 692 246
E-mail:	pila@pilaraskovice.cz
Název:	Vytápění biomasou – Pila v Raškovicích

- Popis: Majitel Jaroslav Foldyna provozuje pilu v Raškovicích.
- V provozu od roku: 2002
- Provozovatel (název a adresa provozovatele): Pila Raškovice
- Možnost návštěvy: ano
- Typ kotle: Fidler, pilinový kotel s autom.podávkou
- Výkon kotle: 195 kW
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 195 kW
- Palivo: piliny
- Roční spotřeba paliva: cca 350 tun
- Investiční náklady: cca 640 000 Kč
- Popis systému: Vytápěna je pouze provozovna. Vyrobené teplo se využívá v sušárně, pilnici, šatnách, ad. Funkce kotelny je pouze teplovodní. Palivo v podobě odpadního dřevěného odpadu je podáváno přes zásobník. Palivo je dopravováno pomocí automatického dopravníku z násypky.
- Roční úspora: 100 000 Kč
- Vlastník a provozovatel zařízení: Jaroslav Foldyna
- Současný stav: V provozu celoročně, plně funkční.
- Poznámky: Bez dotací a návratnost bude za 5-6 let.



Obrázek 13.47 Pohled na kotel



Obrázek 13.48 Pohled na sklad paliva

13.1.19 Kotelna na biomasu - Štěpánkovice

Základní informace:

Město/obec:	Štěpánkovice
Název subjektu (organizace):	Obec Štěpánkovice
Ulice, PSČ:	Slezská 520, 747 28 Štěpánkovice
Kontakt :	Bernard Halfar 553675476
E-mail:	b.ous@volny.cz
Název:	Vytápění biomasou – centrální výtopna v obci Štěpánkovice

- Popis: Kotelna je umístěna ve Štěpánkovicích. V kotelně je instalován pouze kotel o výkonu 100 kW. Kotelna vytápí objekt kulturního domu, ve kterém je kinosál, obecní úřad, zasedací - společenská místnost.
- V provozu od roku: 2005
- Provozovatel: Obec Štěpánkovice
- Možnost návštěvy: ano
- Investiční náklady: cca 400 000 Kč
- Typ kotle: Hamont
- Výkon kotle: 100 kW
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 100 kW
- Palivo: dřevěná štěpka
- Roční spotřeba paliva: cca 30 t
- Popis systému: Jedná se o kotel na spalování dřevěné štěpky s vlastním zásobníkem a podáváním paliva. Palivo je do areálu kotelny přiváženo pomocí traktorové vlečky a v kotelně již se o další dopravu starají vlastní zaměstnanci.
- Roční provozní náklady: Zatím nejsou náklady sledovány
- Vlastník a provozovatel zařízení: Obec Štěpánkovice
- Současný stav: Zařízení je v provozu v topné sezóně, zařízení pracuje spolehlivě.
- Poznámky: Původně byl objekt vytápěn kotlem na koks, náklady se pohybovaly okolo 200 000 Kč.



Obrázek 13.49 Vytápěné objekty

Obrázek 13.50 Pohled na kotel

13.1.20 Bioplynová stanice Frýdek-Místek – KGJ na skládce TKO

Základní informace:

Město/obec:	Skládka TKO Frýdek Místek
Název subjektu (organizace):	TEDOM ENERGO s.r.o.
Ulice, PSČ:	Výčapy 195, 674 01 Třebíč
Kontakt :	Ladislav Chaloupka 568 837 111, Jiří Šimkovič 724 101 629
E-mail:	chaloupka@tedom.cz, energo@tedom.cz, tedom@tedom.cz
Název:	Vytápění biomasou – KGJ na skládce tuhého komunálního odpadu

- Popis: Kogenerační jednotka TEDOM Cento L150 SP BIO je umístěna na skládce komunálního odpadu v katastru města Frýdek - Místek. Jednotka je umístěna hned vedle tělesa skládky a byla spuštěna koncem roku 2000. Jednotka je v provozu nepřetržitě celý rok. Vyrábí se zde 185 kWt tepelné energie a 142 kWe energie elektrické.
- V provozu od roku: 2000
- Provozovatel: TEDOM ENERGO s.r.o. Výčapy 195, 674 01 Třebíč
- Možnost návštěvy: ano
- Investiční náklady: cca 7 mil. Kč
- Celkový instalovaný tepelný výkon: příkon v palivu 394 kW
- Palivo: skládkový plyn
- Roční spotřeba paliva: 400 tis.m³
- Roční výroba el. energie v roce 2005 byla 610 314 kWh. Roční výroba tepla v roce 2005 byla 3 236 GJ. Tepelná energie však není využívána.
- Popis systému: Projekt řeší využití skládkového plynu k výrobě elektrické energie. Na skládce komunálního odpadu je instalována kogenerační jednotka, která prostřednictvím čerpací stanice odplyňuje přes jímací studny a sběrné potrubí těleso skládky. Následně je plyn využívám kogenerační jednotkou k výrobě elektřiny a tepla. Vyrobená elektřina je dodávána do sítě ČEZ. Tepelná energie využívána není.
- Roční výroba tepelné energie: 3 236 GJ
- Výroba elektrické energie: 610 314 kWh
- Roční provozní náklady: Ekonomické údaje neposkytují
- Vlastník a provozovatel zařízení: TEDOM ENERGO s.r.o.
- Současný stav: Zařízení je funkční, ale nebylo v roce 2006 z důvodu probíhajícího soudního sporu s vlastníkem skládky provozováno.
- Poznámky: Dotace od SFŽP ve výši 2 211 000,- Kč



Obrázek 13.51 Pohled na kogenerační jednotku

13.1.21 Kotelna na biomasu Třanovice – výtopna podnikatelského centra

Základní informace:

Město/obec:	TŘANOVICE
Název subjektu (organizace):	Třanovice služby, o.p.s.
Ulice, PSČ:	Třanovice č.p. 1, 739 53
Kontakt :	Ing. Petr Krzywón 777 735 291
E-mail:	krzywon.ops@tranovice.org
Název:	Vytápění biomasou – centrální výtopna v podnikatelském centru

- Popis: V roce 2004 byla dokončena výstavba podnikatelského inkubátoru, včetně objektu jídelny a v roce 2006 zbylá hlavní část podnikatelského centra, které jako součást bylo pojmenováno " Kapplův dvůr". Kotelna vytápí všechny výše uvedené objekty a navíc bytový dům o sedmi bytech. Zařízení umožňuje této specifické cílové skupině lépe překonat obtížné období související se zahájením podnikání, a to prostřednictvím materiální, administrativní i informační asistence obce a společnosti Třanovice služby, o. p. s. Celkové investiční náklady na realizaci akce činily 14,73 mil. Kč (z toho dotace z Regionálního programu podpory rozvoje severozápadních Čech a Ostravského regionu 13,26 mil Kč.). Kotelna je umístěna v podnikatelském centru a vytápí všechny firmy v něm umístěné. V kotelně je instalován kotel na dřevní štěpku Hamont o výkonu 350 kW. V roce 2003 byl dokončen objekt centrální kotelny, a to jako součást projektu "Pěstování biomasy a její energetické zpracování". Stavba sestává z provozu kotelny na biomasu, solárního energetického zařízení na ohřev TUV a administrativních provozů pro společnost Třanovice služby, o.p.s.
- V provozu od roku: 2003
- Provozovatel: Třanovice služby, o.p.s.
- Možnost návštěvy: ano
- Typ kotle: HAMONT
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 350 kW
- Palivo: dřevní štěpka
- Roční spotřeba paliva: cca 300 tun
- Roční výroba paliva: cca 1 000 GJ
- Vlastník zařízení: Obec Třanovice
- Provozovatel zařízení: Třanovice služby, o.p.s.



Obrázek 13.52 Areál výtopny

Obrázek 13.53 Pohled na sklad paliva

Obrázek 13.54 Pohled na kotel

13.1.22 Kotelna na biomasu Vojkovice – výtopna na slámu a seno

Základní informace:

Město/obec:	Vojkovice
Název subjektu (organizace):	TOZOS spol. s r.o.
Ulice, PSČ:	739 53 Hnojník
Kontakt :	Ing. Bardoň, 558 651 029, Hlisnikovská Dagmar
E-mail:	jatka@tozos.cz

Název: Vytápění biomasou – kotelna firmy TOZOS spol. s r.o. – středisko masné výroby ve Vojkovicích

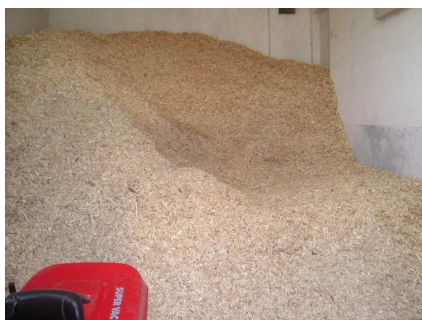
- Popis: Kotelna je umístěna ve Vojkovicích, okres Frýdek-Místek. V kotelně je instalován kotel o 420 kW. Pomocí kotelny je vytápěno středisko masné výroby firmy TOZOS spol. s r.o. ve Vojkovicích.
- V provozu od roku: 1999
- Provozovatel: TOZOS spol. s r.o., Horní Tošanovice
- Možnost návštěvy: Ano
- Investiční náklady: cca 1 564 000 Kč bez DPH
- Typ kotle: TFS 420, výrobce Tractant Fabri Kolín
- Instalovaný výkon: 420 kW
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 420 kW
- Palivo: Lisovaná sláma, seno
- Roční spotřeba paliva: min. 250 tun/rok
- Popis systému: Jedná se o kotel, které slouží k vytápění a k ohřevu teplé vody ze 70 na 90 stupňů s regulačním rozsahem 25-100 %. Účinnost kotle udávaná výrobcem je 82 – 91 %. Jedná se o kotle teplovodní, plamencové s přirozenou cirkulací oběhové vody, podávání paliva (lisovaná sláma, seno) je šnekovým dopravníkem a jedná se o technologii firmy Tractant Fabri Kolín. Minimální výhřevnost paliva je 15 MJ/kg a množství spáleného paliva při jmenovitém výkonu je 130 -150 kg/hod.
- Provoz: Vytápěno je středisko masné výroby ve Vojkovicích.
- Roční provozní náklady: 300 000 Kč/rok na každý kotel
 - - doprava paliva: 50 000 Kč/rok na každý kotel
- Vlastník a provozovatel zařízení: TOZOS spol. s r.o.
- Roční úspora: cca 1 000 000 Kč
- Poznámky: firma TOZOS spol. s r.o. získala dotaci cca 179 tis. Kč od České energetické agentury.
- Současný stav: Kotel je plně funkční, spokojenost s instalací velmi dobrá, počet dnů odstávky za rok na středisku masné výroby (jatek) 100 dnů.
- Použitá technologie je stejná jako v dolních Tošanovicích, viz kapitola 13.1.9.

13.1.23 Kotelna na biomasu Jeseník – základní škola

Základní informace:

Město/obec:	Jeseník
Název subjektu (organizace):	Základní škola Jeseník
Ulice, PSČ:	Boženy Němcové 1256
Kontakt :	584 401 200, 731 406 087 - Mrosek Roman
E-mail:	skola@zsjesenik.cz

- Instalovaný výkon: 400 kW
- V provozu od roku: 2004
- Provozovatel: Základní škola Jeseník, Nábřežní 413, Jeseník, 790 01
- Možnost návštěvy: ano - Předem se ohlásit
- Investiční náklady : 3,533.840 Kč
- Typ kotle: HAMONT
- Výkon kotle: 400kW
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 400 kW
- Palivo: štěpka
- Roční spotřeba paliva: 450m³
- Popis systému: teplovodní
- Provoz: Celá škola ZŠ B.Němcové
- Roční výroba tepelné energie: 1000 GJ
- Roční provozní náklady: 165 000 Kč - včetně dopravy
 - - běžná údržba: 12-15 000 Kč
- Vlastník zařízení: Městský úřad Jeseník
- Provozovatel zařízení: ZŠ Jeseník
- Současný stav: neuspokojivý – častá poruchovost
- Poznámky: dotace 3,182.258,- Kč – z fondu životního prostředí ČR



Obrázek 13.55 Pohled na kotel

Obrázek 13.56 Sklad paliva

Obrázek 13.57 Areál výtopny

13.1.24 Bioplynová stanice Velké Albrechtice – KGJ na plemenné farmě

Základní informace:

Město/obec:	Velké Albrechtice
Název subjektu (organizace):	PŠVP Velké Albrechtice
Ulice, PSČ:	Plemenná farma 305, 742 91
Kontakt :	607 569 879
E-mail:	psvp@seznam.cz

- Instalovaný výkon: 900 kW
- V provozu od roku: 2006
- Provozovatel: KA Contracting ČR s.r.o., Truhlářská 13-15, 110 00 Praha 1
- Možnost návštěvy: Ano
- Investiční náklady cca: 47 000 000 Kč
- Typ kotle, kogenerační stanice: TEDOM – T 150 SP BIO (6)
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 1242 kWt
- Celkový instalovaný elektrický výkon: 900 kWe
- Palivo: Bioplyn
- Prodejní cena elektrické energie: 0,36 Kč/kWh
- Provoz: Plemenná farma
- Množství vyrobené elektřiny: cca 300 MWh/měsíc
- Vlastník a provozovatel zařízení: PŠVP BIO s.r.o.

13.1.25 Bioplynová stanice Velké Albrechtice – KGJ výkrmna prasat

Základní informace:

Město/obec:	Velké Albrechtice
Název subjektu (organizace):	KGJ GT 92 s.r.o.
Ulice, PSČ:	Výkrmna prasat 306, 742 91
Kontakt:	607 569 879
E-mail:	psvp@seznam.cz

- Instalovaný výkon: 900 kW
- V provozu od roku: 1995
- Vlastník a provozovatel: PŠVP BIO s.r.o., plemenná farma 305, 742 91 Velké Albrechtice
- Možnost návštěvy: ne
- Investiční náklady: 86 000 000 Kč
- Typ kotle, kogenerační stanice: TEDOM – T150SP BIO
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 1242 kWt
- Celkový instalovaný elektrický výkon: 900 kWe
- Palivo: bioplyn
- Popis systému: Stejný jako předchozí plemenné farmě
- Provoz: Výkrmna prasat
- Množství vyrobené elektřiny: cca 300 MWh/měsíc
- Roční provozní náklady: 0,36 Kč/kWh

13.2 Region Zlínský

13.2.1 Kotelna na biomasu v lázních v Kostelci u Zlína

Základní informace:

Město/obec:	Kostelec u Zlína
Název subjektu:	Zlínsat, spol. s r. o.
Ulice, PSČ:	Hotel a lázně Kostelec, 763 14 Zlín - Kostelec
Kontakt :	608 615 433 (pan Březina)
E-mail:	hotel@hotel-kostelec.cz

- Popis: Kotel je umístěn v léčebně rekreačním areálu Hotel Kostelec u Zlína. Slouží k vytápění a ohřevu teplé vody.
- Instalovaný výkon: 300 kW
- V provozu: od prosince 2001
- Vlastník a provozovatel: Zlínsat, spol. s r.o. Hotel Kostelec, 763 14 Zlín
- Možnost návštěvy: ano - pouze odborná veřejnost
- Další informace: Pořizovací náklady cca 700 000 Kč. Pro zajištění celoročního ohřevu TUV byl zakoupen 50 kW kotel Viadrus na biomasu.
- Využitá technologie: Automatický teplovodní kotel Mephisto 300 – 95 °C. Výrobce VOP 025 Nový Jičín, s. p. Celkový instalovaný tepelný výkon 300 kW.
- Palivo: mokré piliny od více dodavatelů
- Roční spotřeba paliva: 450 tun pilin (cena jen za odvoz)
- Popis systému: Stávající otopná soustava je napojena na teplovodní kotel. Náhrada za uhlí a koks. Možnost týdenní zásoby cca 36 m³ pilin. Samovýroba dopravního systému.
- Provoz: Celoroční. V měsících prosinec, leden, únor výkon na 100 %. V měsících září, říjen, březen, duben také na 100 % - přibývá bazén. V létě ohřev teplé užitkové vody a bazénu.
- Roční výroba tepelné energie cizím odběratelům: výroba jen pro vlastní potřebu
- Roční provozní náklady:
 - - 182 000 Kč doprava pilin
 - - 20 000 Kč běžná údržba.
- Roční úspora je vyjádřena částkou cca 1 000 000 Kč.
- Současný stav: Plně funkční, spokojenost s instalací. Za dva roky pouze 1 den odstávka.
- Poznámky: Tento systém patří svou ekonomickou návratností a promyšleností k těm velmi dobrým. Tento stav je však podmíněn znalostí problémů majiteli a značné části prací provedených svépomocí. Tato realizace je rozhodně hodna následování. Je však potřeba do ekonomiky provozu počítat s cenou pilin.



Obrázek 13.58 Pohled na hotelový komplex.

Obrázek 13.59 Pohled do kotelny hotelu s kotlem Mephisto 300.

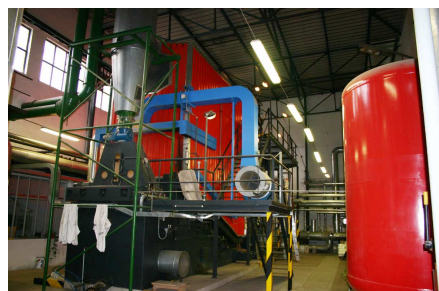
Obrázek 13.60 Pohled na sklad pilin s podavačem.

13.2.2 Kotelna na biomasu ve firmě KORYNA nábytek, a. s.

Základní informace:

Město/obec:	Koryčany
Název organizace:	KORYNA nábytek, a. s.
Ulice, PSČ:	Masarykova 260, 768 05 Koryčany
Kontakt:	573 518 269 pan Svoboda
E-mail:	svoboda@koryna.cz
Název:	Kotelna na biomasu - KORYNA nábytek a. s.

- Popis: Zdroj je postaven v areálu firmy Koryna ve středu města Koryčany. Firma Koryna se zabývá výrobou nábytku, má přibližně 550 zaměstnanců a jede na 1,5 směnný provoz.
- Instalovaný výkon: 6 000 kW
- V provozu: říjen 1999
- Provozovatel: KORYNA nábytek a. s., Masarykova 260, 768 05 Koryčany
- Možnost návštěvy: ne
- Další informace: Veškerá vyrobená energie je určena k vytápění areálu firmy. Investiční náklady činily 80 miliónů Kč včetně sil, parovodních rozvodů a další technologie.
- Využitá technologie: Horkovodní středotlaký kotel VYNCKE 6 MW. Kotel s roštovým spalováním paliva, automatické dávkování paliva, automatická regulace vzduchu a odtahu spalin, instalovaný kombinovaný odlučovač popílku Rothemuhle.
- Palivo: drcené (instalovaný drtič Klockner) dřevní, dřevotřískové štěrky, piliny
- Roční spotřeba paliva: 8 000 m³ (1 tuna = 3,33 m³)
- Popis systému: Náhrada za staré kotle, cyklónové spalování. Každý objekt má výměňkovou stanici, regulace jenom programově v každém objektu. Vytápěné objekty o celkovém objemu téměř 200 000 m³. Záložní plynová kotelna OKP8 (5,6 MW).
- Roční výroba tepelné energie pro vlastní spotřebu: 41 000 GJ (za rok 2002)
- Roční provozní náklady: 200 kWh + 100 000 Kč sklad + 80 000 Kč manipulace + 200 000 Kč (prohlídky + personál + údržba)
- Vlastník zařízení: KORYNA nábytek a. s.
- Současný stav: Plně funkční, sezónně od července do října. Předimenzovaný většinu času 1 MW - 6 MW, plná automatika, na sobotu a neděli se nechává vyhasnout.
- Poznámky: Z důvodů změn provozních i vnějších podmínek se zdroj neprovozuje v optimálním výkonu po delší dobu. Firma disponuje dalším energetickým systémem - vyvíječ páry VAPORAX 1000 s produkcí 1 tp/hodina - výkon 0,67 MW. Pára je spotřebovávána v kuchyni, sušičce a v klimatizačním systému.



Obrázek 13.61 Pohled na areál společnosti KORYNA.

Obrázek 13.62 Pohled na instalovaný kotel.

Obrázek 13.63 Pohled na venkovní technologii kotelny - zásobníky paliva.

13.2.3 Kotelna na biomasu CZT pro sídliště Malé pole ve Slavičíně

Základní informace:

Město/obec:	Slavičín
Název organizace:	Město Slavičín
Ulice, PSČ:	Osvobození 25, 763 21 Slavičín
Kontakt:	577 341 041 p. Balšan
E-mail:	balsan@bth-slavicin.cz
Název:	kotelna CZT na biomasu a ZP

- Popis: Kotel na biomasu je umístěn v kotelně pro sídliště Malé Pole ve Slavičíně. Zdroj pro CZT je vybaven kotlem spalujícím biomasu v podobě dřevěné štěpky, dále je doplněn kogeneračními jednotkami, plynovými kotli a akumulacími nádržemi. Uvažuje se o napojení dalšího sídliště na tuto kotelnu, čímž by se dosáhlo jejího celoročního využití.
- Instalovaný výkon: 2,35 MW (celkový instalovaný výkon)
- V provozu: únor 2003 - zkušební provoz, září 2003
- Provozovatel: BTH Slavičín spol. s r. o., Mladonické nábřeží 849, 763 21 Slavičín
- Možnost návštěvy: po předchozí dohodě
- Celková vynaložená investice se skládala z kotle na biomasu - 46 mil. Kč (+ rozvody + DPS) a kogenerační jednotky - 7,7 mil. Kč.
- Využitá technologie: Kotel KOLBACH (Rakousko) 1,6 MW na dřevoštěpku, kogenerační jednotky na zemní plyn, NT 140 (2 x 150 kW_e a 226 kW_t), 3 plynové kotle, akumulací nádrže 2 x 20 000 litrů. Celkový instalovaný tepelný výkon činí 2,35 MW.
- Palivo: dřevoštěpka, kůra, piliny
- Roční spotřeba paliva: cca 14 000 pm kůry a štěpky, 2 150 pm pilin
- Popis systému: Roční výroba elektrické energie činila v roce 2002 při provozu 10 hodin denně ve VT 1 025 345 kWh v NT 6 128 kWh. V roce 2003 při provozu 8 hodin denně do konce 11. měsíce celkem 777 693 kWh. Roční výroba tepelné energie pokryje spotřebu přibližně 800 bytů v zásobovaném sídlišti. Kotelna navazuje na teplovodní síť o délce 2 100 m. Původní síť z roku 1961 byla v roce 2002 kompletně zmodernizována technologií předizolovaného potrubí v bezkanálovém provedení. Nová síť je dvoutrubková, dimenze DN 250 – DN 50 s předávacími stanicemi v zásobovaných objektech.
- Vlastník zařízení: Město Slavičín, Osvobození 25, 763 21 Slavičín
- Současný stav: Plně funkční, bez výraznějších závad.
- Poznámky: Investice byla z podstatné části hrazena dotací ve výši 40 % a navíc byla poskytnuta zvýhodněná půjčka ve výši 40 % investičních nákladů. Projekt uvažoval s návratností 3,6 roku; předpokládaná návratnost 7 let, při započítání generálních oprav asi 9 let. Dvě kogenerační jednotky jsou součástí kotelny CZT ve Slavičíně.



Obrázek 13.64 Pohled na kotelnu.

Obrázek 13.65 Pohled do kotelny

Obrázek 13.66 Pohled do kotelny s instalovaným kotlem typu KOLBACH 1,6 MW.

13.2.4 Kotelna na biomasu Základní škola Bohuslavice u Zlína

Základní informace:

Město/obec:	Bohuslavice u Zlína
Název organizace:	Základní a mateřská škola
Ulice, PSČ:	Bohuslavice u Zlína 185, 763 41
Kontakt:	577 991 006
Název:	Kotelna na biomasu v ZŠ a MŠ Bohuslavice

- Popis: Kotel je umístěn v kotelně základní školy v obci Bohuslavice u Zlína. Jako palivo využívá dřevní štěpku, která je skladována v meziskladě a volně u školy na betonové ploše přikrytá plachtou.
- Instalovaný tepelný výkon: 350 kW
- V provozu: od listopadu 1997
- Valstník a provozovatel: Obec Bohuslavice u Zlína, 763 41, Bohuslavice u Zlína 185
- Možnost návštěvy: ano
- Další informace: Veškerá vyrobená energie je určena k vytápění prostor základní a mateřské školy (9 000 m³). Investiční náklady činily 2,6 miliónu Kč. Primárně se palivo (směs štěpky a piliny) nakupuje z Malenovické pily za 205 Kč/m³ a dovoz.
- Využitá technologie: kotel Verner - Golem 350
- Palivo: dřevní štěpka, piliny
- Roční spotřeba paliva: 147 t, 650 - 700 m³
- Popis systému: Jeden kotel Verner 350, v ZŠ výměník (10 článků). Vytápění při -20 °C jede na 100 %. Venkovní sklad 300 m³, mezisklad - v roce 1999 betonový plácek a plachta. V roce 2003 namontován dopravníkový pás pro přesun paliva a úpravna vody. Zachovány původní rozvody mezi ZŠ a MŠ.
- Provoz: Záložní zdroj 600 kW hořák na naftu + 1 m³ zásobník.
- Roční provozní náklady:
 - - palivo a dovoz 240 000 Kč;
 - - elektřina 30 kWh + roční opravy 20 000 Kč
- Zařízení umístěno: Základní škola, p. o., č. p. 100, 763 51 Bohuslavice u Zlína
- Současný stav: Plně funkční, spokojenost.
- Poznámky: Palivo se nakupuje, jako doplněk je možné získávat dřevo z obecního lesa a připravovat si štěpku na vlastním štěpkovači. Stávající štěpkovač však drtí větve pouze do průměru 15 cm, spotřeba 1 l nafty na 1 metr krychlový štěpky. Poruchovost štěpkovače je vysoká - štěpkování se za těchto podmínek jeví jako neekonomické. Šlo o náhradu původní kotelny na koks. Snaha vedení obce o zdroj s menším dopadem na ovzduší.



Obrázek 13.67 Pohled na školu v Bohuslavicích.

Obrázek 13.68 Kotelna je vybavena kotlem na dřevní štěpku Verner Golem 350.

Obrázek 13.69 Mezisklad dřevní štěpky v základní škole v Bohuslavicích u Zlína.

13.2.5 Kotelna na biomasu Bohuslavice u Zlína - obecní úřad

Základní informace:

Město/obec:	Bohuslavice u Zlína
Název organizace:	Obecní úřad - obec Bohuslavice u Zlína
Ulice, PSČ:	Bohuslavice u Zlína č. p. 185, 763 41
Kontakt:	577 991 001 (starosta)
E-mail:	bohuslaviceuzl@quick.cz
Název:	Kotel na biomasu - obecní úřad Bohuslavice

- Popis: Kotel je umístěn ve sklepním prostoru se samostatným přístupem pro zásobování palivem. Dřevo je skladováno v těsné blízkosti budovy. Kotel slouží k vytápění budovy obecního úřadu.
- Instalovaný tepelný výkon: 45 kW
- V provozu: od roku 1998
- Provozovatel: Obec Bohuslavice u Zlína, 763 41, Bohuslavice u Zlína 185
- Možnost návštěvy: ne
- Využitá technologie: Zplyňovací kotel Verner na kusové dřevo, náhrada za litinový kotel na koks. Dřevo se bere z obecního lesa. Přikládá se 1 - 2krát denně.
- Palivo: kusové dřevo
- Roční spotřeba paliva: 30 m³
- Provoz: Kotel slouží k vytápění celého objektu, ve kterém sídlí 4 subjekty.
- Vlastník zařízení: Obec Bohuslavice u Zlína
- Současný stav: Plně funkční, spokojenost.
- Poznámky: Jedná se o relativně malou instalaci, ale v kontextu obecního hospodářství se obec zaměřila na vytěsnění tuhých paliv a jejich náhradu biomasou.



Obrázek 13.70 Objekt obecního úřadu vytápěný biomasou.



Obrázek 13.71 Zplyňovacímu kotli stačí i malé prostory. Kotel na obecním úřadě v Bohuslavicích.

13.2.6 Kotelna na biomasu Svatý Hostýn

Základní informace:

Město/obec:	Bystřice pod Hostýnem
Název organizace:	Římskokatolická duchovní správa
Ulice, PSČ:	Svatý Hostýn 107, 768 61 Bystřice pod Hostýnem
Kontakt:	723 230 338 (pan Petr Janek –technický administrátor)
E-mail:	hostyn.fara@ado.cz
Název:	Kotel na biomasou - Svatý Hostýn

- Popis: Zdroj se nachází na kopci (poutní místo Svatý Hostýn) nad městem Bystřice pod Hostýnem. Slouží k vytápění objektu fary. Kromě kotle na dřevo je systém vybaven 2 kotli na zemní plyn.
- Instalovaný tepelný výkon: 80 kW (celkem)
- V provozu: od roku 1995
- Provozovatel: Římskokatolická duchovní správa, Sv. Hostýn 107, 768 61, Bystřice pod Hostýnem
- Možnost návštěvy: dle domluvy
- Další informace: Po instalaci kotle na dřevo se snížila spotřeba zemního plynu na 60 %.
- Využitá technologie: zplyňovací kotel ATMOS
- Palivo: kusové dřevo
- Roční spotřeba paliva: 40 m³
- Vlastník zařízení: Římskokatolická duchovní správa
- Současný stav: plně funkční
- Poznámky: Vlastník má k dispozici zásoby dřeva. Dřevo skladuje přímo v kotelně a na dvoře ve značném množství. Kotel nahrazuje relativně drahé plynové topení. Vytápěný objekt vykazuje podprůměrné tepelně-technické parametry.



Obrázek 13.72 Zplyňovací kotel se zásobou dřeva.

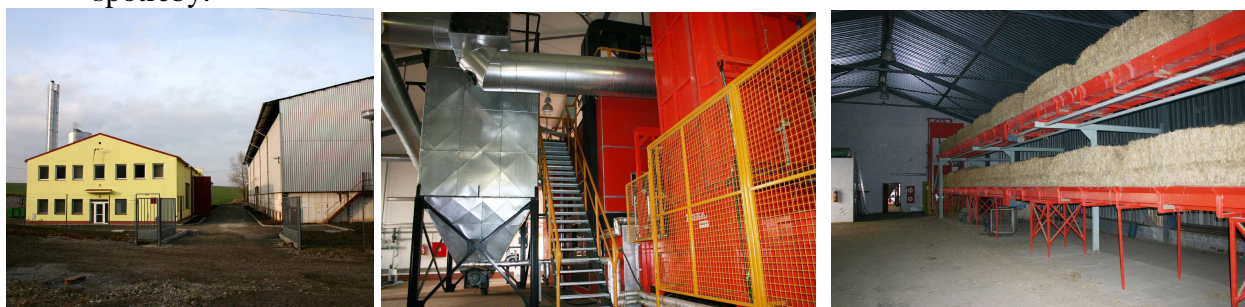
Obrázek 13.73 Rozdělovač v kotelně využívající zplyňovací kotel, ale i kotle na zemní plyn.

13.2.7 Kotelna na biomasu Roštín - zdroj CZT

Základní informace:

Město/obec:	Obec Roštín
Název organizace:	Obec Roštín
Ulice, PSČ:	Roštín č.p. 450, 768 03
Kontakt:	573 368 297, 608 758 927
E-mail:	rostin@atlas.cz, plachy@seznam.cz
Název:	Bioenergetické centrum Roštín

- Popis: Jedná se o obecní výtopnu zásobující jak obecní objekty, tak rodinné domy v obci Roštín. Kromě samotné výtopny byly v rámci projektu vybudovány rozvody a skladovací prostory pro balíky slámy.
- Instalovaný výkon: 4 MW
- V provozu: od března 2002
- Valstník a provozovatel: obec Roštín
- Možnost návštěvy: po telefonické dohodě se správcem nebo starostou
- Využitá technologie: Dánská technologie Lin-ka GVB - kotel o výkonu 4 MW, potrubí rozvodu LOGSTOR ROR (Dánsko). Automatický podavač balíků slámy. Celkem je položeno 6,7 km páteřních rozvodů a 1,2 km přípojek. Akumulační nádrž má 170 m³.
- Palivo: sláma – obilná, řepková
- Roční spotřeba paliva: 1 200 t
- Zdroj paliva: místní zemědělci
- Počet uživatelů zdroje: 170 odběratelů + 6 obecních objektů
- Roční výroba tepelné energie pro vlastní spotřebu: 450 GJ
- Roční výroba tepelné energie odběratelům: 12 000 GJ
- Cena tepla Kč/GJ (výrobní/prodejní): 250 Kč
- Celkové investiční náklady na vybudování OZE: 103 000 000 Kč (z toho v první fázi 58 082 000 Kč dotace, 16 200 000 Kč půjčka)
- Současný stav: Zařízení pracuje bez zásadních problémů. V současné době v topných sezónách září – červen. V době letních měsíců se zatím jeví jako neekonomické. Vzhledem k současnému zvyšování cen energií se zvyšuje počet zájemců o připojení na uvedený systém. Zařízení je vybudováno na velmi dobré úrovni, pracuje bezporuchově. Celý proces je řízen automaticky. Součástí projektu je také multifunkční datová síť, která umožňuje monitoring každého připojeného účastníka na centrálním PC včetně dálkového odečtu spotřeby.



Obrázek 13.74 Celkový pohled na kotelnu v Roštíně.

Obrázek 13.75 Pohled na kotel spalující obilnou nebo řepkovou slámu v Roštíně.

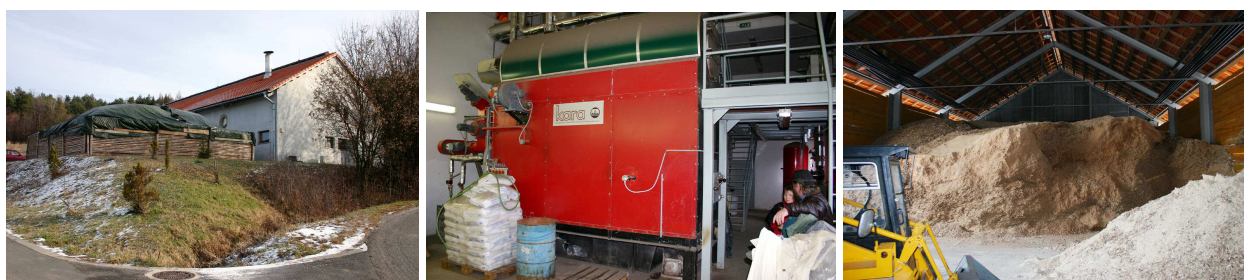
Obrázek 13.76 Automatický podavač balíků slámy do kotle vyžaduje značný prostor.

13.2.8 Kotelna na biomasu Hostětín - zdroj CZT

Základní informace:

Město/obec:	Hostětín
Název organizace:	Obecní úřad Hostětín
Ulice, PSČ:	Hostětín č. 75, 687 71 Bojkovice
Kontakt:	572 641 216, pan Radim Machů
Název:	Vytápění biomasou v obci Hostětín

- Popis: Budovu s kotlem lze nalézt na konci obce. Jedná se o teplovodní kotel na spalování energetické štěpky i pilin. Rozvody jsou napojeny na 67 objektů v obci, které vytápí.
- Instalovaný výkon: 732 kW
- V provozu: od září 2000
- Vlastník a provozovatel: Obec Hostětín 15, 687 71, Bojkovice
- Možnost návštěvy: ano
- Další informace: Investiční náklady celkem 36 miliónů Kč. Holandská vláda poskytla 1 milión guldenů. ČEA přispěla 3,2 milióny Kč na rozvody, ostatní SFŽP ČR; obec 2 milióny z prodaných akcií; obyvatelé hradili 30 000 Kč na přípojku.
- Využitá technologie: Zdrojem tepla v CZT je teplovodní kotel KARA (firmy KARA Energy Systems - Nizozemí). Teplovodní síť dosahuje délky kolem 2,8 km.
- Palivo: dřevní štěpka (nákup)
- Roční spotřeba paliva: 600 tun
- Provoz: Provoz pouze v topnou sezónu včetně ohřevu teplé užitkové vody. Předávací stanice je v každém objektu (výměníky 10 kW na TUV)
- Roční výroba tepelné energie pro vlastní spotřebu v GJ: pouze budova obecního úřadu
- Roční výroba tepelné energie cizím odběratelům: 3 611 GJ v roce 2002
- Tržby z prodeje tepla: 681 894 Kč
- Roční provozní náklady: 828 259 Kč (palivo 501 583 Kč + elektrická energie 130 125 Kč + služby – doprava, mzdy, ostatní náklady 196 551 Kč) - za rok 2002
- Cena tepla: 189 Kč/GJ v roce 2002, 210 Kč/GJ v roce 2003
- Současný stav: Plně funkční, jen drobné opravy.
- Poznámky: Nizozemská vláda projekt vybudování této kotelny zařadila mezi jeden ze dvou projektů podporovaných v rámci procedury Activities Implemented Jointly - AIJ. Tato procedura byla zaměřena na testování opatření JI navrženého v rámci Kjótského protokolu. Více jak 50 % celkových nákladů na soustavu (výtopna, lokální síť, předávací stanice) bylo financováno z českých zdrojů, zejména ze SFŽP. V roce 2002 získala obec grant na přípravu paliva.



Obrázek 13.77 Kotelna centrálního zdroje tepla v Hostětíně.

Obrázek 13.78 Pohled na teplovodní kotel na biomasu v kotelně CZT v Hostětíně.

Obrázek 13.79 Sklad paliva navazuje na samotný kotel. Palivo je pod plachtami skladováno i před objektem.

13.2.9 Kotelna na biomasu Firma Zálešák - Bánov

Základní informace:

Město/obec:	Bánov
Název organizace:	ZÁLEŠÁK - výroba nábytku
Ulice, PSČ:	Bánov 97, 687 54
Kontakt:	572 646 112, 604 273 294 - pan Zálešák
E-mail:	zalesak@quick.cz
Název:	Firma Zálešák - výroba nábytku

- Popis: Kotel je umístěn ve firmě Zálešák. Vytápí provozovnu (kromě kanceláří) a sušičku. Odpad z výroby jímají do zásobníku vlastní výroby - vyrobily Slovácké strojírny. Kusový odpad je drcen, některý je briketován.
- Instalovaný výkon: 150 kW
- V provozu: od listopadu 2002
- Vlastník a provozovatel: Vladimír Zálešák, Bánov 97, 687 54
- Možnost návštěvy: ano po domluvě
- Další informace: Z počátku byly problémy se softwarem kotle, po výměně softwaru funguje. Celkové náklady na vybudování OZE: kotel - 900 000 Kč (náklady na kotel včetně leasingu 1 250 000 Kč), zásobník - 50 000 Kč, briketovací jednotka - 270 000 Kč, drtič - 230 000 Kč. Všechny ceny bez DPH.
- Využitá technologie: Kotel Hamont 150 kW.
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 150 kW
- Palivo: piliny, hobliny, štěpka (tu ještě nakupují cca 10 m³), vlastní brikety, drcený odpad
- Roční spotřeba paliva: 25 tun
- Popis systému: Systém využívání biomasy je velmi dobře vymyšlen. Jako zdroj je používán výše uvedený kotel. Zdrojem jsou odpady z výroby, které jsou případně drceny (část paliva se dováží). V době, kdy není dřevěný odpad spalován, je z důvodů lepší manipulace briketován a ukládán v rámci firmy. Brikety jsou pak využívány v topné sezóně. Manipulací a v podavači se postupně rozpadají a mohou tak být použity stejně jako piliny.
- Provoz: celoroční
- Roční provozní náklady: 30 000 Kč
- Současný stav: Plně funkční, spokojenost.
- Poznámky: Firma Zálešák má dvě provozovny. Druhá provozovna (Bánov 679) je vytápěna kotlem Verner.



Obrázek 13.80 Kotel na spalování dřevního odpadu z výroby.

Obrázek 13.81 Briketovací jednotka se zásobníkem.

Obrázek 13.82 Pohled na brikety uložené pro snadnější manipulaci v sudech.

13.2.10 Kotelna na biomasu Timber Production, s. r. o.

Základní informace:

Město/obec:	Velké Karlovice
Název organizace:	Timber Production, s. r. o.
Ulice, PSČ:	Velké Karlovice 578, 756 06
Kontakt:	571 454 087 - pan Jalůvka, timber@timber.cz
Název:	Vytápění biomasou - Timber Production s.r.o.

- Popis: Zdroj je umístěn za městem Velké Karlovice v areálu firmy Timber Production, kterou nalezneme v údolí Podřaté.
- Instalovaný výkon: 1 163 kW
- V provozu: od ledna 1998
- Provozovatel: Timber Production s. r. o.
- Možnost návštěvy: ne
- Další informace: Veškerá vyrobená energie je určena k vytápění budov, provozní haly a především sušárny dřeva. V roce 1998 bylo vyrobeno 7,045 GWh tepelné energie.
- Využitá technologie: automatický kotel TSP-100 rok výroby 1997
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 1 163 kW
- Palivo: vlastní piliny a hobliny
- Roční spotřeba paliva: cca 310 t
- Roční provozní náklady: cca 800 000 Kč (583 000 Kč zaměstnanci, vyzdívka 100 000 Kč ročně, rošt 20 000 Kč ročně, piliny - cca 100 000 ročně)
- Vlastník zařízení: Timber Production s. r. o., Velké Karlovice 578, 756 06
- Současný stav: v provozu
- Poznámky: Celkové investiční náklady dosáhly částky 3 500 000 Kč. Plánovaná návratnost je 5,5 roku.



Obrázek 13.83 Kotel slouží nejen pro vytápění budov, výrobních hal, ale i jako zdroje tepla pro sušárnu dřeva.

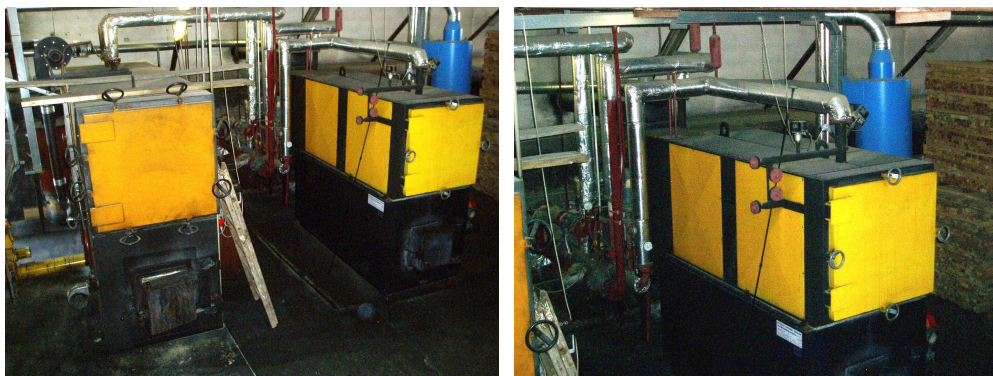
Obrázek 13.84 Pohled do otevřeného kotle.

13.2.11 Kotelna na biomasu Zdeněk Štůsek - dřevovýroba

Základní informace:

Město/obec: Valašská Bystřice
Název organizace: Zdeněk Štůsek - dřevovýroba
Ulice, PSČ: Valašská Bystřice 539
Kontakt: 571 646 221 - pan Štůsek, stusek@ipnet.cz
Název: Vytápění biomasou Zdeněk Štůsek - dřevovýroba

- Popis: Zdroj je umístěn v areálu zemědělského družstva ve spodní části obce Valašská Bystřice po silnici ve směru k přehradě Bystříčka.
- Instalovaný výkon: 932 kW
- V provozu: od roku 1997
- Provozovatel: Zdeněk Štůsek – dřevovýroba, Valašská Bystřice 539
- Možnost návštěvy: pouze odborná veřejnost
- Další informace: Veškerá vyrobená energie je určena k vytápění budov a sušáren dřeva.
- Využitá technologie: kotel TSP 50 a TSP 35
- Palivo: piliny
- Roční spotřeba paliva: cca 1 500 t (4 t/den v zimě, 2 t/den v létě)
- Roční provozní náklady: 540 000 Kč (bez nákupu pilin)
- Vlastník zařízení: Zdeněk Štůsek, Valašská Bystřice 539
- Současný stav: v provozu
- Poznámky: Celkové investiční náklady - 3,3 mil. Kč.



Obrázek 13.85 Dvojice kotlů.

Obrázek 13.86 Pohled do kotelny se dvěma instalovanými kotli.

13.2.12 Kotelna na biomasu Podhájí, s. r. o. - Lutonina

Základní informace:

Město/obec:	Lutonina
Název organizace:	Podhájí s. r. o.
Ulice, PSČ:	Lutonina 138, 763 12 Vizovice
Kontakt:	pan Čala
Název:	Vytápění biomasou - Podhájí, s. r. o.

- Popis: Zdroj je umístěn v areálu pily v těsné blízkosti hlavní cesty Vsetín - Zlín. Pila se nachází po pravé straně před vjezdem do obce Lutonina ve směru od Vsetína.
- Instalovaný výkon: 495 kW
- V provozu: od roku 2003
- Provozovatel: Podhájí, s. r. o.
- Možnost návštěvy: ano, po předchozí domluvě
- Další informace: Automatický kotel s podavačem ze dvou zásobníků. Bude se montovat drtič. 300 m² sušáren.
- Využitá technologie: kotel na biomasu Jan Šamata, Vitějovice
- Palivo: veškerý dřevní odpad + drcený dřevní odpad.
- Popis systému: Vytápí se kanceláře v areálu pily, temperují se prostory výrobní haly a provozují se sušárny dřeva.
- Provoz: celoroční provoz
- Roční provozní náklady: jen elektrická energie a minimální obsluha
- Vlastník zařízení: Podhájí, s. r. o., Lutonina 138, 763 12 Vizovice
- Současný stav: plně funkční, bez problémů
- Poznámky: Investiční náklady na vybudování OZE - 600 000 Kč kotel + instalace. Kotel byl pořízen bez dotace.



Obrázek 13.87 Celkový pohled na dřevozpracující závod.

Obrázek 13.88 Pohled na kotelnu a zásobník paliva.

Obrázek 13.89 Pohled na kotel.

13.2.13 Kotelna na biomasu MARK - Marek Štěpaník

Základní informace:

Město/obec: Bystřice pod Hostýnem
 Název organizace: MARK - Marek Štěpaník
 Ulice, PSČ: Pod Kaštany 135, 768 61 Bystřice pod Hostýnem
 Kontakt: 573 380 501, 608 713 099 – pan Štěpaník, mark.cz@volny.cz
 Název: Vytápění biomasou - MARK - Marek Štěpaník

- Popis: Kotel na biomasu je umístěn v prostorách obchodního centra v Bystřici pod Hostýnem. Vytápí prodejní plochy obchodního centra, byty a bary.
- Instalovaný výkon: 100 (80) kW
- V provozu: od roku 2003
- Provozovatel: MARK - Marek Štěpaník, Pod Kaštany 135, 768 61 Bystřice pod Hostýnem
- Možnost návštěvy: ano po předchozí dohodě
- Další informace: Sezónní provoz od října do dubna. V létě ohřev TUV elektřinou. Investiční náklady činily 400 000 Kč za kotel. Vše financoval majitel sám.
- Využitá technologie: Kotel na biomasu HAMONT 80 kW
- Palivo: Štěpky, piliny, dřevěný odpad. 6-7 vleček měsíčně (jedna vlečka cca 12 m³). Některé palivo nakupuje z TONET, a.s.
- Roční spotřeba paliva: 270 tun
- Popis systému: Kotelna na biomasu k vytápění, ohřevu TUV (rozvod vzduchotechniky) v prostorách obchodního centra, bytů a baru.
- Provoz: sezónní
- Počet uživatelů zdroje: 2 250 m² podlahové plochy (1 800 m² prodejní plochy + 450 m² byty)
- Roční provozní náklady: Provoz vlastními silami - do 50 000 Kč ročně.
- Vlastník zařízení: Marek Štěpaník, Pod Kaštany 135, 768 61 Bystřice pod Hostýnem
- Současný stav: Plně funkční. Byly problémy s podáváním paliva. Plánuje nákup dalšího kotle Hamont 80. Doplnění systému druhým kotlem.



Obrázek 13.90 Kotel na dřevní odpad je umístěn v suterénu komplexu budov.

Obrázek 13.91 Kotelna na biomasu vytápí velké plochy obchodů a provozoven služeb.

Obrázek 13.92 Pohled na kotel.

13.2.14 Kotelna na biomasu JAVORNÍK – CZ - PLUS, s. r. o.

Základní informace:

Město/obec: Štítná nad Vláří
 Název organizace: JAVORNÍK – CZ - PLUS, s. r. o.
 Ulice, PSČ: Štítná nad Vláří 414, 763 33 Štítná nad Vláří
 Kontakt: 577 336 063, 605 251 170 – pan Jindřich Hnilo, hnilo@javor-st.cz
 Název: Vytápění biomasou, JAVORNÍK–CZ-PLUS, s. r. o.

- Popis: Zdroj je umístěn v objektu firmy, která se nachází v k. ú. obce Štítná nad Vláří.
- Instalovaný výkon: 800 kW
- V provozu: od roku 2003
- Provozovatel: Javorník-CZ-plus, s. r. o., Štítná nad Vláří 414, 763 33 Štítná nad Vláří
- Možnost návštěvy: ano, po dohodě
- Další informace: 800 m³ pilinoštěpky prodávají (Hostětín, Brumov-Bylnice). Letní provoz TUV 2 x 1000 litrů + 2 sušky 2 x 20 m³. Jedno nahrnutí na jeden týden v létě, v zimě při -20 °C jedno nahrnutí denně. Celkové investiční náklady na vybudování OZE - 7,5 mil. Kč, z toho 1 mil. Kč dotace z ČEA, zbytek půjčka u SFŽP. V částce je zahrnutá celková rekonstrukce rozvodů, sklady, drtič.
- Využitá technologie: kotle na biomasu HAMONT 500 a 300 kW
- Palivo: piliny z pily, štěpka, kmínová sláma
- Roční spotřeba paliva: 2 330 m³
- Popis systému: Vytápěný objem 2 500 m² výrobních ploch + 1 200 m² ostatních ploch (včetně administrativní budovy, kuchyně, zázemí, rehabilitace).
- Provoz: 1 osoba 200 000 Kč ročně. Vnitropodnikový nákup paliva z vlastní pily - 200 000 Kč ročně.
- Roční výroba tepelné energie pro vlastní spotřebu v GJ: 3 500 GJ
- Roční provozní náklady: 400 000 Kč
- Cena tepla Kč/GJ: 200 Kč (vnitropodnikové účetnictví)
- Vlastník zařízení: Javorník-CZ-plus, s. r. o. Štítná nad Vláří 414, 763 33
- Současný stav: Plně funkční.
- Poznámky: Prodej povolenek CO₂ do Holandska.



Obrázek 13.93 Moderně vybavená kotelna v areálu Javorník-CZ-plus, s. r. o.

Obrázek 13.94 Pohled na moderní vybavení kotelny - kotel na biomasu.

Obrázek 13.95 Pohled rozsáhlou halu sloužící jako sklad paliva v blízkosti kotelny.

13.2.15 Kotelna na biomasu FORM, s. r. o. - Střelná

Základní informace:

Město/obec:	Střelná
Název organizace:	FORM, s. r. o.
Ulice, PSČ:	Střelná 207, 756 12
Kontakt:	571 447 678, 604 238 905 - pan Vaculčík
Název:	Vytápění biomasou - FORM, s. r. o.

- Popis: Výroba, část administrativy a kotelna jsou umístěny v areálu bývalého zemědělského družstva.
- Instalovaný výkon: 2 000 kW
- V provozu: od roku 1986
- Provozovatel: Ing. Vaculčík
- Možnost návštěvy: pouze odborná veřejnost
- Další informace: Vyrobená teplá voda (40 - 60 °C) je použita k vytápění správních a výrobních prostorů a k ohřevu lisů. Topení výrobních prostor musí být výkonné, protože klimatizace zaručuje výměnu vzduchu 6krát za 1 hodinu. Z laminátů se vylučuje styren, který je jedovatý, jde k podlaze a musí se odsávat z budovy ven.
- Využitá technologie: 2 x kotel VSD 1000
- Palivo: dřevěné piliny
- Roční spotřeba paliva: 450 - 550 tun
- Roční provozní náklady: Asi 188 000 Kč (z toho: spotřeba pilin 11 500 Kč, dovoz a ohrnování 80 000 Kč, mzdy a odvody topičů 57 500 Kč, opravy 39 400 Kč).
- Vlastník zařízení: Form, s. r. o. Střelná
- Současný stav: V provozu, v létě většinou jen jeden kotel.



Obrázek 13.96 Pohled do kotelny

13.2.16 Kotelna na biomasu Brumov - Bylnice - sídliště Družba

Základní informace:

Město/obec:	Brumov - Bylnice
Název organizace:	Služby města Brumov - Bylnice
Ulice, PSČ:	Sídliště Družba, 763 31 Brumov - Bylnice
Kontakt:	603 563 329 - pan Loucký
Název:	Vytápění biomasou Brumov - Bylnice - sídliště Družba

- Popis: Zdroj je umístěn v centrální kotelně pro sídliště Družba, která se nachází v Brumově. Jedná se o zdroj na spalování dřevního odpadu (výkon 1 MW), který doplňuje původní zdroj na spalování plynu (výkon 6,8 MW).
- Instalovaný výkon: 1 000 kW
- V provozu: od roku 1997
- Provozovatel: Ing. Dušan Loucký, Služby města Brumov-Bylnice, sídliště Družba 1217, 763 31 Brumov-Bylnice
- Možnost návštěvy: pouze odborná veřejnost
- Další informace: Veškerá vyrobená energie je určena k vytápění 500 bytových jednotek a objektů občanské vybavenosti - areál ZŠ s vytápěným bazénem, restaurace, obchody, provozovny firem. Investiční náklady činily 2 550 000 Kč.
- Využitá technologie: kotel KDP-1200
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 1000 kW
- Palivo: dřevní odpad, piliny, kůra
- Roční spotřeba paliva: cca 1 200 tun
- Tržby z prodeje tepla: cca 11 060 000 Kč
- Roční provozní náklady: cca 10 000 000 Kč
- Cena tepla: 374 Kč/GJ
- Vlastník zařízení: Služby města Brumov-Bylnice
- Současný stav: v provozu



Obrázek 13.97 Celkový pohled na kotelnu

13.2.17 Bioplynová stanice - skládka TKO Kroměříž

Základní informace:

Město/obec:	Kroměříž
Název organizace:	Správa majetku města
Ulice, PSČ:	Malý Val 1552, 767 01 Kroměříž
Kontakt:	573 315 320; 573 339 304 (Petr Vodák, Zdeněk Řezáč)
E-mail:	petr.vodak@mesto-kromeriz.cz; th@smmkm.cz
Název:	Využití bioplynu Kroměříž - skládka TKO

- Popis: Zdroj se nachází na 2 skládkách tuhého komunálního odpadu (TKO). Skládka Vážany končí, při posledním měření bylo zjištěno 39 % metanu, skládka Zachar funguje od roku 2002, životnost nové skládky je podle prognóz 12 - 15 let. Bioplyn (skládkový plyn) je využíván pro vytápění sídliště Zachar.
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 4 MW
- V provozu: praktické užití od roku 1998, kogenerační jednotka od ledna 2002
- Provozovatel: Město Kroměříž - správa majetku města, Malý Val 1552, 767 01 Kroměříž
- Možnost návštěvy: ano
- Další informace: Vyrobená energie je využívána pro přípravu teplé užitkové vody a vytápění cca 200 sídlištních bytů. Investiční náklady činily 10,5 miliónu Kč.
- Využitá technologie: Pro spalování bioplynu se využívá upravený plynový kotel DUKLA.
- Palivo: bioplyn - skládkový plyn ze skládky TKO po rekultivaci
- Popis systému: Celkem 4 kotle na zemní plyn (2 kotle permanentně stojí). Primárně se využívá kotel na bioplyn - 1,04 MW. Dále je instalována kogenerační jednotka TEDOM PREMY 22 BIO - jede asi 50 % času ročně. Vyrobeným teplem je nabíjen zásobník, vyrobenou elektrickou energii využívají sami a zčásti prodávají JME, a. s. Provoz zajišťují 2 pracovníci. Roční výroba tepelné energie cizím odběratelům: 4 500 GJ z toho z bioplynu cca 3000 GJ
- Roční provozní náklady: 450 000 Kč
- Vlastník zařízení: Správa majetku města Kroměříž, p. o.
- Současný stav: plně funkční
- Poznámky: Samotná kotelna je dimenzována na zásobování teplem a TUV mnohem většího počtu bytových jednotek než dnes zásobuje. Naddimenzování kotelny bylo dáno plánovanou výstavbou (rozšířením) sídliště, ke které nedošlo. Kogenerační jednotku se snaží provozovat v době dle smlouvy s odběratelem, tedy mezi 4:00 a 22:00, kdy je příznivější výkupní cena 2,50 Kč (mimo období 1,20 Kč). V roce 2002 produkovala skládka Zachar 315 849 m³ skládkového plynu a skládka Vážany v roce 2001 podle měření 380 607 m³ skládkového plynu.



Obrázek 13.98 Kotelna využívající jako zdroj energie skládkový plyn.

Obrázek 13.99 Bioplyn je spalován pouze v jednom upraveném kotli a kogenerační jednotce.

Obrázek 13.100 Kogenerační jednotka TEDOM PREMY 22 BIO.

13.2.18 Bioplynová stanice Uherské Hradiště - čistička odpadních vod

Základní informace:

Město/obec:	Uherské Hradiště
Název organizace:	ČOV města Uherské Hradiště
Ulice, PSČ:	Za Olšávkou 290, 686 36 Uherské Hradiště
Kontakt:	572 553 394 (pan Mitáček)
E-mail:	zdenek.mitacek@svkuh.cz
Název:	Kotelna na bioplyn

- Popis: Bioplyn vznikající při zpracování odpadních vod je využíván k vyhřívání vyhnívacích nádrží a v zimním období i prostorů v objektech čistírny. Při náběhu, havárii, zkoušce kotlů nebo při nedostatku bioplynu je vytápění kombinováno se zemním plynem, jeho roční spotřeba je 5003.
- Instalovaný tepelný výkon: 2 x 200 kW
- V provozu: od roku 1975
- Provozovatel: Slovácké vodárny a kanalizace, a. s., Za Olšávkou 290, 686 36 Uherské Hradiště
- Možnost návštěvy: ano
- Další informace: Pro technologickou potřebu je ročně využito asi 90 % získaného tepla, pro vytápění zbylých 10 %. Účinnost zařízení se zvyšuje odebíráním tepla hmotě vycházející z nádrží v rekuperátoru.
- Využitá technologie: 2 x kotel Diematic
- Palivo: bioplyn
- Zdroj bioplynu: anaerobní rozklad kalů
- Roční produkce bioplynu: 290 000 m³
- Vlastník zařízení: Slovácké vodárny a kanalizace, a. s., Za Olšávkou 290, 686 36 Uherské Hradiště
- Současný stav: v provozu a plně využíváno
- Poznámky: Vyrobené teplo je spotřebováno výhradně provozovatelem a není dodáváno třetím osobám.



Obrázek 13.101 Celkový pohled na ČOV

Obrázek 13.102 Vyhnívací nádrže ČOV.

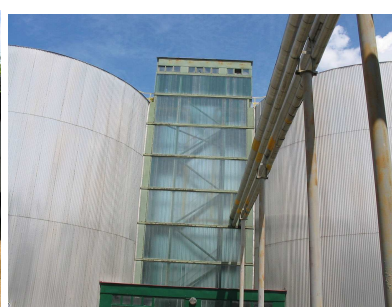
Obrázek 13.103 Kotle spalující bioplyn.

13.2.19 Bioplynová stanice Otrokovice - čistička odpadních vod

Základní informace:

Město/obec:	Otrokovice
Název organizace:	TOMA, a. s.
Ulice, PSČ:	tř. T. Bati, 765 82 Otrokovice
Kontakt:	557 662 500 (pan Pavel Dohnalík - pdohnalik@tomaas.cz)
Název:	Bioplynová stanice v ČOV Otrokovice

- Popis: Zdroj se nachází v ČOV města Otrokovice.
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 1 080 kW
- Celkový instalovaný elektrický výkon: 820 kW
- V provozu: od roku 1995
- Pozovatel: TOMA, a. s., tř. T. Bati, 765 82 Otrokovice
- Možnost návštěvy: pouze odborná veřejnost
- Další informace: Veškerý získaný bioplyn je využíván pro výrobu elektrické energie a tepla v kogeneračních jednotkách pro vlastní potřebu ČOV. V roce 2003 bylo vyrobeno 1297,4 MWh elektrické energie a 7 644 GJ tepelné energie z bioplynu.
- Využitá technologie: 2 x F18GLD Waukesha, 1 x F24GLD Waukesha
- Palivo: bioplyn, zemní plyn
- Roční spotřeba paliva: 730 000 m³, 75 000 m³ ZP
- Zdroj bioplynu: anaerobní rozklad kalů
- Roční produkce bioplynu: 700 000 - 800 000 m³
- Roční výroba tepelné energie: 7 644 GJ
- Roční výroba elektrické energie: 5 460 GJ (z toho cca 14 % vyrobeno ze ZP)
- Roční provozní náklady: 1 448 400 Kč
- Cena tepla: 180 Kč/GJ
- Cena elektrické energie: 0,955 Kč/kWh
- Vlastník zařízení: TOMA, a. s., tř. T. Bati, 765 82 Otrokovice
- Současný stav: Část zařízení na výrobu bioplynu se bude rekonstruovat a procesem hydrolýzy bílkovinných a tukovláknitých odpadů se zvýší výroba bioplynu a zároveň výroba elektrické energie a tepla ve stávajících kogeneračních jednotkách.



Obrázek 13.104 ČOV Otrokovice.

Obrázek 13.105 Pohled do areálu ČOV.

Obrázek 13.106 ČOV Otrokovice.

13.2.20 Kotelna na biomasu Nesovice - firma STABILA ČR

Základní informace:

Město/obec:	Mouchnice
Název organizace:	Stabila ČR
Ulice, PSČ:	Haluzice 163, 683 33 Nesovice
Kontakt:	517 321 190, paní Kupková, stabila@iol.cz
Název:	STABILA ČR

- Popis: Zdroj je umístěn v objektu firmy Stabila, která se nachází v k.ú. obce Mouchnice. Firma Stabila se zabývá výrobou dřevěných metrů, včetně výroby dřeva.
- Instalovaný výkon: 1 000 kW
- V provozu: od roku 1997
- Vlastník a provozovatel: Stabila ČR, Haluzice 163, 683 33 Nesovice
- Možnost návštěvy: ne
- Další informace: Veškerá vyrobená energie je určena k vytápění firmy. Investiční náklady činily 4,8 mil. Kč. Návrh investice - odhad 3-4 roky.
- Využitá technologie: Kotel ELBH 650 kW a kotel ELBH 350 kW, TSP 60, TSP 30. Kotle se střídají dle energetické potřeby objektu.
- Palivo: odpadní piliny (habr, buk)
- Roční spotřeba paliva: 250 t
- Popis systému: Objemy vytápěných prostorů: 1500 + 1800 + 9000 + 600 m²; dále se využívá tepelná energie - technologické teplo pro sušičky (celkem 3 sušičky - 2 malé na 24 palet a 1 velká na 48 palet).
- Provoz: Zásobování palivem - 2 sila – 50 m³ a 130 m³ plněná shora, poloautomatické podávání do kotlů. Při - 25 °C nasazují oba kotle.
- Roční výroba tepelné energie cizím odběratelům: 0
- Roční provozní náklady: 340 000 Kč.
 - - 280 000 Kč obsluha;
 - - 60 000 Kč údržba;
- Současný stav: plně funkční
- Poznámky: Obsluha - 2 osoby na ranní a odpolední směně. V noci poloautomatická. Firma nespotřebuje k topení a sušení veškerý odpad, část dodává do firmy Koryna v Koryčanech. Tato aplikace využívání biomasy je realizovaná s rozmyslem a dobrým ekonomickým kalkulem. Efektivně využívá (z velké části) odpadní materiál pro vlastní potřebu a tím snižuje nejen své náklady, ale likviduje odpad a snižuje spotřebu primárních paliv. Aplikace je velmi zdařilá.



Obrázek 13.107 Pohled na výrobní závod.

Obrázek 13.108 Pohled na jeden z instalovaných kotlů.

Obrázek 13.109 Pohled na budovu kotelny včetně zásobníků paliva.

13.2.21 Kotelna na biomasu Firma PONAST, spol. s r. o. - Valašské Meziříčí

Základní informace:

Město/obec:	Valašské Meziříčí
Název subjektu:	Firma PONAST, spol. s r. o. – Valašské Meziříčí
Ulice, PSČ:	Na Potůčkách 163, 757 01 Valašské Meziříčí
Kontakt :	571 688 120, 604 298 360 - Ing. Ctírad Bryolbryol@ponast.cz
Název:	Vytápění biomasou – firma PONAST

- Popis: 2 ks kotlů na pelety typu KP 50 jsou umístěny v samostatné místnosti kotelny/zkušebny a jsou připojeny na kombinovaný otopný systém sestavený z 5 ks teplovzdušných jednotek typu SAHARA a litinových radiátorů firmy Viadrus. Slouží k vytápění výrobních prostor společnosti.
- V provozu: od roku 2003
- Provozovatel: firma PONAST, spol. s r. o.
- Možnost návštěvy: ano, po dohodě, v pracovní dny běžně
- Další informace: Celkové investiční náklady na realizaci kotelny pro výrobní haly činily 335 000 Kč.
- Využitá technologie: Automatické kotle na pelety firmy PONAST – typ KP 50. Tato kotelna zároveň slouží i jako zkušebna pro testování nejrůznějších provozních stavů a druhů paliv (peletky z různých surovin).
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 100 kW
- Palivo: dřevní pelety, ostatní pelety (šťovík, soja, řepka, rašelina, aj.)
- Roční spotřeba paliva: dle použitého druhu paliva
- Sklad paliva: Velkoobjemový zásobník 4 m³ v přilehlém skladu. Doprava paliva šnekovými dopravníky. Zásobování palivem – volně ložené / big-bag.
- Obsluha: dřevní pelety – 1x týdně, alternativní pelety – 1-2x denně
- Roční provozní náklady v Kč: lze těžko vyjádřit
- Vlastník zařízení: PONAST, spol. s r. o., Na Potůčkách 163, 757 01 Valašské Meziříčí
- Současný stav: Plně funkční.
- Poznámky: Kotelna slouží nejen pro praktické vytápění výrobních hal, ale i pro zkoušky nejrůznějších druhů a kvality paliv, k testování různých komponent, apod.



Obrázek 13.110 Kotelna s dvojicí kotlů o výkonu 50 kW zároveň slouží k testování spalování jednotlivých druhů pelet.

Obrázek 13.111 Pohled na systémy podávání paliva vyvedené přes stěnu do zásobníku ve vedlejší místnosti.

Obrázek 13.112 Biomasou lze vytápět i větší průmyslové prostory klasickou technikou.

13.2.2 Kotelna na biomasu Valašská Bystřice - sociální byty

Základní informace:

Město/obec:	Valašská Bystřice
Název subjektu:	Obec Valašská Bystřice
Ulice, PSČ:	Valašská Bystřice 316, 756 27
Kontakt :	606 688 480 – Ing. František Mitáš - ouvalasskabystrice@seznam.cz
Název:	Vytápění biomasou v obci Valašská Bystřice

- Popis: Kotel je umístěn v kotelně v suterénu domu se sociálními byty. Slouží pouze k vytápění daného objektu se 14 byty (výměra bytů je 445 m², celková výměra 600 m², počet uživatelů zdroje asi 30). TUV se připravuje elektřinou – každý byt má svůj vlastní zdroj. V bytech je rozvedeno ústřední topení s termostatickými ventily. Původním zdrojem byl plyn, každý byt měl lokální zdroj vytápění.
- V provozu: od roku 2005
- Provozovatel: Valašskobystřická obecní spol. s r. o.
- Možnost návštěvy: ano, po dohodě
- Další informace: Veškerá vyrobená energie je určena k vytápění sociálních bytů. Investiční náklady činily 450 000 Kč. V ceně je započítaná cena kotle i rozvodů. Instalace se dělala svépomocí. Částku plně hradila obec Valašská Bystřice.
- Využitá technologie: kotel KP 50 firmy PONAŠT Valašské Meziříčí
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 50 kW
- Palivo: dřevěné pelety nakupované od různých dodavatelů, převážně v 30 kg pytlích
- Popis systému: Jeden kotel KP 50 se zásobníkem ve vedlejší místnosti. Podávání přes stěnu šnekovým systémem. Zásobník 2 m³.
- Roční provozní náklady: do konce roku 2005 bylo nakoupeno palivo za 40 000 Kč
- Vlastník zařízení: Obec Valašská Bystřice
- Současný stav: Plně funkční, spokojenost.
- Poznámka: Do budoucna se plánuje rekonstrukce domu, v první fázi výměna oken.



Obrázek 13.113 Kotel na pelety - KP 50.

Obrázek 13.114 Zásobník s palivem je v těsném sousedství kotle.

Obrázek 13.115 Zásobník na pelety. Vpravo uložené pelety v igelitových pytlích po 30 kg.

13.2.23 Kotelna na biomasu Valašská Bystřice - centrální výtopna

Základní informace:

Město/obec:	Valašská Bystřice
Název subjektu:	Obec Valašská Bystřice
Ulice, PSČ:	Valašská Bystřice 316, 756 27
Kontakt :	606 688 480 – Ing. František Mitáš - ouvalasskabystrice@seznam.cz
Název:	Vytápění biomasou - centrální výtopna v obci Valašská Bystřice

- Popis: Kotelna je umístěna v provozním objektu v areálu základní školy ve Valašské Bystřici. Slouží k vytápění a ohřev TUV pro následující objekty: základní školu, mateřskou školu, obchody, obecní úřad, kostel, sídlo tělovýchovné jednoty, správní budovu firmy Commodum, hasičskou zbrojnici a 50 rodinných domů. Rozvody v délce 3 km (ve dvojtrubce).
- V provozu: od roku 2005
- Provozovatel: Valašskobystřická obecní spol. s r. o.
- Možnost návštěvy: ano, po dohodě
- Další informace: Veškerá vyrobená energie je určena k vytápění a ohřevu TUV v uvedených objektech. V roce 2005 byl v první fázi uveden do provozu kotel 900 kW, který vytápěl pouze základní a mateřskou školu. V průběhu roku 2005 se postupně dodělávaly rozvody a připojovaly se další objekty. V topné sezóně 2005/2006 byly v provozu oba kotle. Připojování objektů probíhá dodnes. Celkové investiční náklady činily 37 mil. Kč, z toho 80 % byla dotace z SFŽP, 20 % hradila obec.
- Využitá technologie: dva kotle firma Verner
- Celkový instalovaný tepelný výkon: 600 kW a 900 kW
- Palivo: piliny, štěrky, dřevní odpad – nákupní cena 400,- Kč/t
- Roční spotřeba paliva: odhad je 600 – 800 tun ročně
- Popis systému: Dva kotle Verner. zásobované palivem ze skladovacích prostor o objemu cca 80 m³. Podávání paliva je zajišťováno šnekovými dopravníky.
- Prodejní cena: 255 Kč/GJ
- Roční provozní náklady: V podstatě běží pořád zkušební provoz, postupně se připojují další objekty. Zatím nelze vyčíslit ani náklady, ani tržby z prodeje tepla.
- Vlastník zařízení: Obec Valašská Bystřice
- Současný stav: Funkční, postupný rozjezd.
- Poznámky: V současné době obec připravuje žádost o navýšení dotace z důvodů realizace dalších přípojek k rodinným domům.



Obrázek 13.116 Celkový pohled do kotelny.

Obrázek 13.117 Rozvody a armatury v prostoru kotelny.

Obrázek 13.118 Sklad paliva.

13.3 Využití biomasy v Žilinském a Trenčianském kraji

Biomasa na Slovensku představuje v současnosti jeden z klíčových zdrojů obnovitelných energií. Proto je jí věnovaná poměrně vysoká pozornost. Vyžívání biomasy z domácích zdrojů pro výrobu tepla resp. elektřiny aspoň částečně sníží energetickou závislost Slovenska na dovozu hlavně zemního plynu z Ruska. V případě, že se biomasou nahrazuje spalování uhlí, přináší také úsporu emisí CO₂. Neméně důležité je, že při zpracování a využívání biomasy vznikají nová pracovní místa, a to převážně v regionech s vysokou nezaměstnaností. V posledních letech v mnohých lokalitách na Slovensku vyrostly kotelny na spalování biomasy a taktéž se vybuďovalo více bioplynových stanic. Další podrobné údaje o využití biomasy lze nalézt v knize Biomasa ako zdroj energie [29].

Žilinský a Trenčianský region patří mezi ty oblasti Slovenska, které jsou charakteristické nadprůměrným využitím potenciálu dřevní biomasy. Leaderem v oblasti využívání biomasy spalováním je Sdružení právnických osob Biomasa, které se využívání biomasy věnuje od konce 90. let, viz. Tabulka 13.1.

Tabulka 13.1 Objekty sdružení Biomasa s rekonstruovanými kotelny v TN a ŽA kraji

Město/Obec	Instalovaný výkon (kW)	Rok realizace	Vytápěné objekty
Dubodiel	300	2004	Základní škola (ZŠ), Kulturní dům (KD)
Horná Poruba	150	2004	ZŠ
Hruštín	90	2005	KD
Hruštín	90	2005	ZŠ
Hruštín Zamost	250	2004	ZŠ
Kláštor pod Znievom	65	2005	Obytný dům
Klokočov	725	2000	ZŠ, bytovky, obecní úřad (ObÚ), provoz ObÚ
Kysucký Lieskovec	30	2005	Sídlo sdružení BIOMASA
Lazy pod Makytou	425	2005	ZŠ+škola v přírodě
Lúky	90	2005	KD
Lúky	130	2000	mateřská škola (MŠ)
Lubela	250	2006	ZŠ
Lubochňa	150	2005	Bytový dům, skleník, hospodářská budova
Lubochňa	2500	2003	Národní endokrinologický a diabetologický ústav, ZŠ, MŠ, ObÚ
Lysá pod Makytou	250	2005	KD
Lysá pod Makytou	250	2005	ZŠ
Mojtín	150	2004	ZŠ
Motešice	90	2005	KD
Mútne	560	2005	ZŠ+MŠ+Bytový dům
Nemšová	880	2004	Spojená katolická škola
Nová Bošáca	425	2005	KD+ZŠ+MŠ
Novoť	725	2004	ZŠ, bytovka
Povina	250	2005	ZŠ+MŠ
Rajec, Horná Poruba, Zliechov, Lúky, Lysá pod Makytou, Lubochňa, Námestovo, Žilina	181	2005	Rodinné domy
Rudina	220	2005	ZŠ+MŠ
Slanická Osada	1000	2005	SOU EDUCO NO
Zákopčie	150	2005	ZŠ
Záriečie	425	2004	ZŠ+MŠ
Zliechov	150	2004	ZŠ
Žilina	725	2005	Drevoindustria Mechanik

Významnou úlohu sehrála realizace projektu zaměřeného na využívání biomasy ve formě pelet v objektech členů sdružení Biomasa a v dalších objektech, ve kterých se vytápělo fosilními palivy. Rekonstrukcí zdrojů tepla se dosáhlo nejen redukce emisí, ale také snížení nákladů na vytápění v porovnání s vytápěním zemním plynem nebo elektrickou energií. Dosud proběhla rekonstrukce 44 kotelen ve školách, zdravotnických zařízeních a jiných veřejných budovách, které původně spalovaly uhlí, koks, kaly, lehký topný olej, zemní plyn, propan-butan či vytápěli elektrickou energií. Všechny se postupně rekonstruovaly na kotelny spalující dřevní pelety. Sdružení Biomasa zabezpečuje v těchto nových kotelnách výrobu a rozvod tepla, provoz a servis kotelen.

Aplikace na spalování biomasy v Žilinském a Trenčianském kraji

V Žilinském a Trenčianském regionu je realizováno poměrně velké množství projektů na využití biomasy. Z tohoto důvodu uvádíme výběr některých realizací.

13.3.1 Dolný Kubín

- Technologie: JUSTEN (Dánsko)
- Instalovaný výkon: 12 MW (5 MW+ 7 MW)
- Produkce tepla: 125 000 GJ/rok
- Využití energie: Zdroj centrálního zásobování teplem (CZT) Bysterec
- Druh paliva: Dřevní štěpka
- V provozu od roku: 2005
- Poznámka: 7 MW kotel je konstrukčně upraven na výrobu páry. Po realizaci kogenerační jednotky je možná výroba elektrické energie o výkonu 600-1000 kW.

13.3.2 Dubnica nad Váhom, okres Ilava

- Technologie: HERZ Pelletstar 30
- Instalovaný výkon: 30 kW
- Produkce tepla: 125 000 GJ/rok
- Využití energie: Vytápění provozní budovy Aquatec s.r.o
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 2006
- Poznámka: www.aquatec.sk



Obrázek 13.119 Vytápěný objekt, kotel, zásobník

13.3.3 Dubodiel, okres Trenčín

- Technologie: HERZ Firematic SR 300 BioControl
- Instalovaný výkon: 300 kW
- Využití energie: Vytápění Základní školy
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 2004



Obrázek 13.120 Kotel

13.3.4 Handlová, okres Prievidza

- Technologie: VESKO – B (ČR)
- Instalovaný výkon: 300 kW
- Produkce tepla: 45 000 GJ/rok
- Využití energie: Vytápění průmyslových objektů Dolu Handlová
- Druh paliva: Dřevní štěpka
- V provozu od roku: 2005/06
- Poznámka: Na instalaci použity vlastní finanční zdroje.



Obrázek 13.121 Sklad paliva, část vytápěných objektů

13.3.5 Handlová, okres Prievidza

- Technologie: HERZ Firematic SR 250
- Instalovaný výkon: 250 kW
- Produkce tepla: nehodnoceno
- Využití energie: Vytápění objektu „360-ky“ (penzion a stravovací zařízení)
- Druh paliva: Dřevní štěpka
- V provozu od roku: 12/2006
- Poznámka: Provozovatel spokojen, financování z prodeje emisí.



Obrázek 13.122 Kotel HERZ Firematic SR 250, část vytápěného objektu „360-ky“

13.3.6 Hlboké nad Váhom, okres Bytča

- Technologie: Kotel na zplyňování dřeva
- Instalovaný výkon: 80 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ a MŠ
- Druh paliva: Kusové palivové dřevo
- V provozu od roku: 2004

13.3.7 Horná Poruba, okres Ilava

- Technologie: HERZ Firematic150 BioControl
- Instalovaný výkon: 150 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 2004



Obrázek 13.123 Přívod paliva, vybavení kotle

13.3.8 Hruštín, okres Námestovo

- Technologie: HERZ Firematic90 BioControl
- Instalovaný výkon: 90 kW
- Využití energie: Vytápění Kulturního domu (KD)
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 2005

13.3.9 Hruštín Výhon, okres Námestovo

- Technologie: HERZ Firematic90 BioControl
- Instalovaný výkon: 90 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 2005

13.3.10 Hruštín Zámot, okres Námestovo

- Technologie: HERZ Firematic250 BioControl
- Instalovaný výkon: 250 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ (cca 500 osob)
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 2004



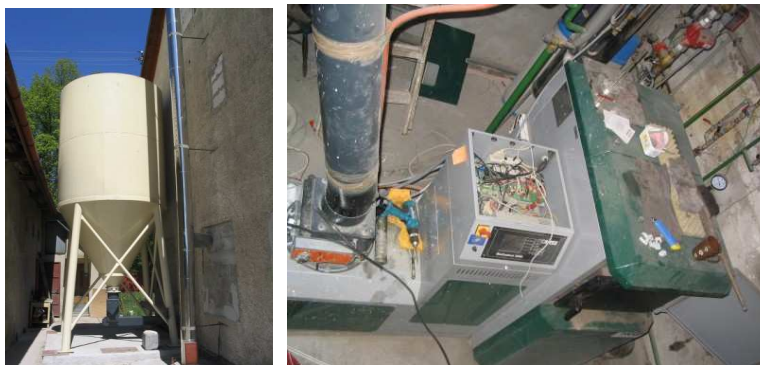
Obrázek 13.124 Zásobník paliva, kotel

13.3.11 Jakubovany – Jochy, okres Liptovský Mikuláš

- Technologie: Teplovodní kotel IMAVECO (ČR)
- Instalovaný výkon: 2 x 300 kW
- Využití energie: Vytápění areálu Školkařského střediska Jochy
- Druh paliva: Dřevní štěpky, piliny
- V provozu od roku: 1999

13.3.12 Kláštor pod Znievom, okres Martin

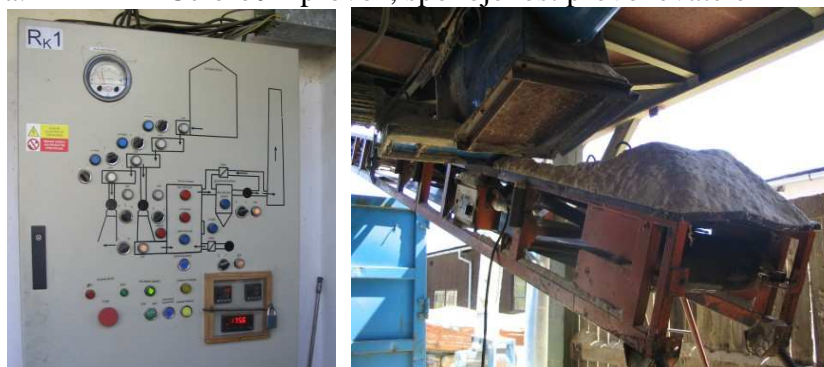
- Technologie: HERZ Firematic50 BioControl
- Instalovaný výkon: 50 kW
- Využití energie: Vytápění obytné budovy a ohřev TUV
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 2005
- Poznámka: Celoroční provoz, financováno z prostředků VÚC



Obrázek 13.125 Zásobník paliva, servis řídicí jednotky HERZ Firematic 50 BioControl

13.3.13 Kláštor pod Znievom - Lazany, okres Martin

- Technologie: VYNCKE - automatická provoz
- Instalovaný výkon: 500 kW
- Využití energie: Vytápění administrativní budovy, dvou sušáren, výrobní haly a ohřev TUV
- Druh paliva: Piliny
- V provozu od roku: 1991
- Poznámka: Celoroční provoz, spokojenost provozovatele



Obrázek 13.126 Řídicí jednotka kotle, dopravník paliva

13.3.14 Krásno nad Kysucou, okres Čadca

- Technologie: HERZ Firematic 150 BioControl
- Instalovaný výkon: 150 kW
- Využití energie: Vytápění SŠ
- V provozu od roku: 2005

13.3.15 Klokočov, okres Čadca

- Technologie: teplovodní kotel DANSTOKER
- Instalovaný výkon: 725 kW
- Produkce tepla: 2885 GJ/rok
- Využití energie: Vytápění ZŠ, ObÚ, pošty, zdravotního střediska obchodů a služeb
- Druh paliva: Dřevní štěpky, pelety
- V provozu od roku: 2001
- Poznámka: Projekt byl zpracován za podpory dánska, technologie byla financována v rámci projektu DEPA v celkové hodnotě 5,2 mil. Sk.

13.3.16 Krásno nad Kysucou, okres Čadca

- Technologie: Kotel se spodním příkládáním HERZ Biofire 750
- Instalovaný výkon: 750 kW
- Využití energie: Pro dřevozpracující podnik KURZ Slovakia, s.r.o.
- V provozu od roku: 2003
- Poznámka: Technologické zařízení na splování biomasy se skládá z kotle se spodním příívodem paliva, bezpečnostního výměníku tepla pro uzavřené topné systémy, mechanického dopravníku, řízení Lambdatronic, sady přístrojů pro Lambdatronic řízení, turniketového dávkovače, odlučování tuhých nečistoto s odtahovým ventilátorem spalin, vynašeče popela, recyklace spalin pro kotel, sady doplňkové výbavy a systému dopravy paliva.



Obrázek 13.127 Kotel, turniket

13.3.17 Kysucké Nové Mesto

- Technologie: JUSTSEN BK2
- Instalovaný výkon: 7 MW
- Využití energie: centrální zásobování teplem (CZT) Trstin
- Druh paliva: Dřevní štěpky
- V provozu od roku: 2005

13.3.18 Kysucký Lieskovec, okres Kysucké Nové Mesto

- Technologie: HERZ Pelletstar 20 BioControl
- Instalovaný výkon: 20 kW
- Využití energie: Vytápění administrativní budovy BIOMASA, z.p.o.
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 2005



Obrázek 13.128 Administrativní budova

13.3.19 Lazy pod Makytou, okres Púchov

- Instalovaný výkon: 425 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ
- Poznámka: Řídicí systém s napojením na centrální dispečink

13.3.20 Liptovský Hrádok, okres Liptovský Mikuláš

- Technologie: Teplovodní kotel Ekomaja (Polsko - Slovensko)
- Instalovaný výkon: 160 kW (2 x 80 kW)
- Využití energie: Vytápění objektu dílen, příprava TUV
- Druh paliva: Piliny
- V provozu od roku: 05/1995

13.3.21 Liptovský Mikuláš

- Technologie: HERZ Firematic 90 BioControl
- Instalovaný výkon: 90 kW
- Využití energie: Vytápění hotelu Steve
- V provozu od roku: 12/2005

13.3.22 Lubel'a, okres Liptovský Mikuláš

- Technologie: HERZ Firematic SR 300
- Instalovaný výkon: 300 kW
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 03/2006

13.3.23 Lúky, okres Púchov

- Technologie: Teplovodní kotel DANSTOKER
- Instalovaný výkon: 130 kW
- Produkce tepla: 395 GJ/rok
- Využití energie: Vytápění kulturního domu
- Druh paliva: Dřevní štěpky, pelety
- V provozu od roku: 2001
- Poznámka: Technologie je financována v rámci dánského programu DEPA, v hodnotě 1,7 mil. Sk.

13.3.24 Lúky, okres Púchov

- Technologie: HERZ Firematic 90 BioControl
- Instalovaný výkon: 90 kW
- Využití energie: Vytápění ObÚ
- V provozu od roku: 08/2005

13.3.25 Lúky pod Makytou, okres Púchov

- Instalovaný výkon: 137 kW
- Poznámka: Řídicí systém s napojením na centrální dispečink

13.3.26 Lubochňa, okres Ružomberok

- Instalovaný výkon: 2,5 MW
- Poznámka: Řídicí systém s napojením na centrální dispečink

13.3.27 Lubochňa, okres Ružomberok

- Technologie: HERZ Pelletstar 30
- Instalovaný výkon: 30 kW
- Využití energie: Vytápění rodinného domu
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 10/2006

13.3.28 Lubochňa, okres Ružomberok

- Technologie: HERZ Firematic 150 BioControl
- Instalovaný výkon: 150 kW
- Využití energie: Vytápění Národního endokrinologického a diabetologického ústavu (NEDU), garáže a skleníku
- V provozu od roku: 07/2005

13.3.29 Lysá pod Makytou, okres Púchov

- Technologie: HERZ Firematic SR 250 BioControl
- Instalovaný výkon: 250 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ
- V provozu od roku: 08/2005

13.3.30 Lysá pod Makytou, okres Púchov

- Technologie: HERZ Firematic SR 250 BioControl
- Instalovaný výkon: 250 kW
- Využití energie: Vytápění KD
- V provozu od roku: 08/2005

13.3.31 Mojtín, okres Púchov

- Technologie: HERZ Firematic SR 150 BioControl
- Instalovaný výkon: 150 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 10/2004 – 05/2007
- Poznámka: Demontované z důvodu zrušení školy.

13.3.32 Motešice, okres Trenčín

- Technologie: HERZ Firematic SR 90 BioControl
- Instalovaný výkon: 90 kW
- Využití energie: Vytápění KD
- V provozu od roku: 08/2005

13.3.33 Mútne, okres Námestovo

- Technologie: JUSTSEN
- Instalovaný výkon: 560 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ, MŠ a bytu
- Poznámka: Řídicí systém s napojením na centrální dispečink

13.3.34 Nemšová, okres Trenčín

- Instalovaný výkon: 880 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ
- Poznámka: Řídicí systém s napojením na centrální dispečink

13.3.35 Nová Bošáca, okres Nové Mesto nad Váhom

- Instalovaný výkon: 425 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ, MŠ a KD
- Poznámka: Řídicí systém s napojením na centrální dispečink

13.3.36 Nová Dubnica, okres Trenčín

- Technologie: JUSTSEN
- Instalovaný výkon: 16 MW (2 x 7 MW + kontejnerová jednotka 2 MW)
- Využití energie: CZT
- Druh paliva: Dřevní štěpka
- V provozu od roku: Rekonstrukce kotelny 2004 až 2006
- Poznámka: Na veletrhu CONECO – RACIOENERGIA – CLIMATHERM 2006 projekt získal cenu NEJLEPŠÍ PROJEKT ENERGETIKY 2006. Bližší informace na www.termonova.sk.

13.3.37 Novot', okres Námestovo

- Instalovaný výkon: 725 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ a bytů
- Poznámka: Řídicí systém s napojením na centrální dispečink

13.3.38 Oravská Lesná, okres Námestovo

- Využití energie: Vytápění objektu školy v přírodě

13.3.39 Oščadnica, okres Čadca

- Technologie: HERZ Firematic 90 BioControl
- Instalovaný výkon: 90 kW
- Využití energie: vytápění penzionu Lalíky
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 12/2006



Obrázek 13.129 Kotel

13.3.40 Pavlova Ves, okres Liptovský Mikuláš

- Technologie: HERZ Pelletstar
- Instalovaný výkon: 30 kW
- Využití energie: Vytápění rodinného domu
- Druh paliva: Pelety
- V provozu od roku: 01/2006

13.3.41 Poviná, okres Kysucké nové Mesto

- Technologie: HERZ Firematic SR 250
- Instalovaný výkon: 250 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ a MŠ
- V provozu od roku: 08/2005

13.3.42 Rajec, okres Žilina

- Technologie: BINDER
- Instalovaný výkon: 2,4 MW (1 MW+ 1,4 MW)
- Produkce tepla: 9 000 GJ/rok
- Využití energie: Vytápění sídliště a MŠ
- Druh paliva: Dřevní odpad (štěpky, piliny)
- V provozu od roku: 1996



Obrázek 13.130 Vytápěné objekty, kotelna

13.3.43 Rajecká Lesná, okres Žilina

- Technologie: HERZ Firematic 150 BioControl
- Instalovaný výkon: 150 kW
- Využití energie: Vytápění chaty Žiar, 10 chatek, tělocvičny a ohřev TÚV
- Druh paliva: Dřevní štěpka

- V provozu od roku: 12/2006
- Poznámka: Náhrada za elektrické vytápění. Provozovatel je velice spokojený. Přibližně 3 tuny štěpky = 3 kg popela. Velmi dobré emisní hodnoty.



Obrázek 13.131 Chata, kotel

13.3.44 Raková, okres Čadca

- Využití energie: Vytápění objektu TC Korchán

13.3.45 Rudina, okres Kysucké nové Mesto

- Technologie: HERZ Firematic 220 BioControl
- Instalovaný výkon: 220 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ a MŠ
- V provozu od roku: 08/2005

13.3.46 Ružomberok

- Technologie: HERZ Pelletstar 30
- Instalovaný výkon: 30 kW
- Využití energie: Vytápění rodinného domu
- V provozu od roku: 10/2006

13.3.47 Slanická Osada, okres Námestovo

- Instalovaný výkon: 1 MW
- Využití energie: Vytápění SOUS
- Poznámka: Řídicí systém s napojením na centrální dispečink

13.3.48 Strečno, okres Žilina

- Využití energie: Vytápění ZŠ, MŠ a tělocvičny
- Poznámka: Řídicí systém s napojením na centrální dispečink

13.3.49 Svarín, okres Liptovský Mikuláš

- Technologie: Teplovodní kotel BINDER (Rakousko)
- Instalovaný výkon: 400 kW
- Využití energie: Vytápění administrativní budovy
- Druh paliva: Piliny

- V provozu od roku: 05/2001

13.3.50 Zákopčie, okres Čadca

- Technologie: HERZ Firematic 150 BioControl
- Instalovaný výkon: 150 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ
- V provozu od roku: 11/2005

13.3.51 Záriečie

- Instalovaný výkon: 425 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ a MŠ
- Poznámka: Výměna kotle z uhlí na biomasu, řídicí systém s napojením na centrální dispečink.

13.3.52 Zliechov, okres Ilava

- Technologie: HERZ Firematic 150 BioControl
- Instalovaný výkon: 150 kW
- Využití energie: Vytápění ZŠ
- V provozu od roku: 09/2004

13.3.53 Žilina

- Technologie: HERZ Firematic 150 BioControl
- Instalovaný výkon: 300 kW (2 x 150 kW)
- Využití energie: Vytápění firmy FINES Žilina
- Druh paliva: Sekané brikety
- V provozu od roku: 2007



Obrázek 13.132 Kotel, brikety

13.3.54 Žilina

- Instalovaný výkon: 725 kW
- Využití energie: Vytápění firmy Drevoindustria
- Poznámka: Řídicí systém s napojením na centrální dispečink.

13.3.55 Žilina

- Využití energie: Vytápění SOU pro tělesně postiženou mládež

Bioplyn z ČOV

Bioplyn, který se získává z kalů z čistíren odpadních vod se spaluje v kogeneračních jednotkách, umožňujících kombinovanou výrobu tepelné a elektrické energie. Většinou se energie využívá na vyhřívání kalových nádrží, ale také na vytápění provozních budov.

13.3.56 ČOV – Bytča

- Technologie: 2 kotle Slatina Brno + plynové hospodářství Sigma Praha
- Instalovaný výkon: 80 kW
- Zdroj paliva: Bioplyn z provozu ČOV
- Využití energie: Vytápění provozních budov
- V provozu od roku: 1989

13.3.57 ČOV – Čadca

- Technologie: 2 kotle VIADRUS 6300, 1 kombinovaný kotel na spalování ZP
- Instalovaný výkon: 195 kW (účinnost 91%)
- Zdroj paliva: Bioplyn z provozu ČOV
- Využití energie: Ohřev vyhnívacích nádrží, vytápění budov, příprava TÚV
- V provozu od roku: 2001

13.3.58 ČOV – Dolný Kubín

- Technologie: KJ Zetec 6N 445 - ZŤS Martin
- Instalovaný výkon: 44 kW elektřiny, 77 kW tepla
- Zdroj paliva: Bioplyn z ČOV
- Produkce bioplynu: 135 000 m³/rok
- Využití energie: Elektrická energie a teplo jsou využívány pro vlastní účely a pokrývají spotřebu cca 30% (elektřina) a 40% (teplo)
- V provozu od roku: 1992

13.3.59 ČOV – Handlová, okres Prievidza

- Technologie: Buderus Logano, hořáky Weishaupt
- Instalovaný výkon: 106 až 140 kW
- Zdroj paliva: Bioplyn z provozu ČOV
- Produkce bioplynu: 300 až 400 m³/den
- Využití energie: Ohřev kalu a vytápění provozních budov
- V provozu od roku: 1974, rekonstrukce zařízení v roce 2002



Obrázek 13.133 ČOV Handlová

13.3.60 ČOV – Nižná, okres Tvrdošín

- Technologie: Kogenerační jednotka ČKD Hořovice
- Instalovaný výkon: 120 kWe
- Zdroj paliva: Bioplyn z ČOV
- Produkce bioplynu: 400-700 m³/den
- Využití energie: Teplo a elektřina pro vlastní spotřebu
- V provozu od roku: 1994

13.3.61 ČOV – Prievidza

- Technologie: Buderus Logano GE 515 – 295 Ecostream, Buderus Logano GE 315 – 200 Ecostream, plynové hořáky Weishaupt, VVP – 250 S, plynový hořák APH 05 PKN
- Instalovaný výkon: 845 kW (295 kW + 200 kW + 350 kW)
- Zdroj paliva: Bioplyn z ČOV
- Produkce bioplynu: 1500 m³/den
- Využití energie: Ohřev kalu, vytápění provozních budov a ohřev TÚV
- V provozu od roku: 1965, rekonstrukce zařízení v roce 2000-2001



Obrázek 13.134 Buderus Pohano, VVP – 250 S

13.3.62 ČOV – Nové Mesto nad Váhom, Trenčianska Teplá a Trenčín (ľavý breh)

- Produkce bioplynu: 106 128 m³/rok, Nové Mesto nad Váhom
- 97 620 m³/rok, Trenčianska Teplá
- 209 100 m³/rok, Trenčín (levý břeh)
- Poznámka: ČOV vypouští plyn do ovzduší

13.3.63 ČOV – Žilina

- Technologie: ČKD Hořovice + plynové generátory na výrobu elektrické energie
- Instalovaný výkon: 2 x 1 MW
- Zdroj paliva: Bioplyn z ČOV
- Využití energie: Vytápění objektů a vyhnívacích nádrží
- V provozu od roku: 1991

14. Závěr

Informace obsažené v této studii se snaží zmapovat současný stav technologií energetického využití biomasy, které jsou vhodné a mohou být použity v Moravskoslezském a Zlínském regionu. Jedná se o široký rozsah technologií od prostředků pro sklizeň biomasy přes prostředky pro úpravu biomasy po samotné technologie využití biomasy, které jsou rozebrány nejpodrobněji, neboť jsou tím nejdůležitějším prvkem této studie. Poslední část studie obsahuje přehled současných realizací energetického využití biomasy v uvedených dvou krajích a dále v kraji Žilinském a Trenčianském s cílem přinést pokud možno co nejvíce informací o jednotlivých instalacích.

Z přehledu instalací energeticky využívajících biomasy vyplývá, že nejmenší počet realizací je v Moravskoslezském kraji, kde tedy zůstává velký potenciál pro další růst, naopak ve slovenských krajích díky přírodním podmínkám je realizací mnohem více.

Tato studie je druhou v pořadí, navazuje na první studii zabývající se druhy a vlastnostmi paliv z biomasy, a dále budou vydány další dvě studie zaměřené na ekologickou a finanční stránku energetického využívání biomasy.

Literatura

1. Ochodek, T., Koloničný, J., Janásek P. Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 185 s. ISBN 80-248-1207-X
2. Kára, J., Stražil, Z., Hutla, P., Ustal, S. Energetické rostliny, technologie pro pěstování a využití. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2005. 81 s. ISBN 80-86884-06-6.
3. Kolektiv autorů: Sborník příspěvků ze semináře: Biomasa jako zdroj energie, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006. 124 s. ISBN 80-248-1182-0
4. Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: Biomasa, obnovitelný zdroj energie, Praha: FCC PUBLIC s.r.o., 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5
5. Kolektiv autorů. Handbook Biomass Gasification. Enschede:BTG biomass technology group, 2005. ISBN: 90-810068-1-9
6. Noskovič P., kolektiv autorů. Biomasa její energetické využití. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1996. ISBN 80-7078-367-2
7. Noskovič P. Spalování uhlí. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0204-X
8. ČSN P CEN/TS 14961 Tuhá paliva – specifikace a třídy paliv. 2005
9. Kolektiv autorů Sborník přednášek semináře: Aplikace fluidních technologií spalování v malých energetických zdrojích, Brno, 20.6.2002. Praha: AEM, 2002.
10. Kaltschmitt, M.: Biomass Gasification in Europe. Institute of Energy Economics and the Rational Use of Energy , University of Stuttgart, 1998. 180 s.
11. Chrs, V.: Zplyňování dřevního odpadu pro náhradu ušlechtilých paliv a pro výrobu elektrické energie. Praha: ČEA ,1997. 113 s.
12. Pei, Power Engineering International, June 2000
13. Proceeding of an Expert Meeting, Pyrolysis and Gasification of Biomass and Waste, Strasbourg 2002, ISBN 1-872691-77-3
14. Sborník konference: Možnosti zvýšení výroby bioplynu u stávajících zařízení: Třeboň 2004, ISBN: 80-239-5769-4.
15. Straka F. a kol. autorů: Bioplyn, GAS s.r.o., Říčany 2003, ISBN 80-7328-029-9.
16. GRAF W.: Kraftwerk Wiese, Books on Demand, 2001, ISBN 3-89811-193-8.
17. Sborník přednášek, Použití bioplynu v podmínkách ČR, Říčany u Prahy, 2003.
18. Basserga U.: Vergärung organischer Reststoffe in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, FAT Berichte Nr.546, 2000.
19. Basserga U.: Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen, FAT Berichte Nr.512, 1998.
20. Basserga U.: Biogas aus Festmist, FAT Berichte Nr.451,1994.
21. Archem D.B., Robertson J.A., Peck M.W.: The mikrobiology and biochemistry of biogas production from solid wastes, Alston Y.R. 1990
22. Sborník konference: Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR po vstupu do EU, Říčany 2004, ISBN: 80-239-3713-8.

23. Schulz H., Eder B.: Bioplyn v praxi, Ostrava 2004, HEL 1.české vydání, ISBN 80-86167-21-6.
24. Pastorek Z., Kára J., Jevič P.: Biomasa obnovitelný zdroj energie, FCC Public, s.r.o., ISBN 80-86534-06-5.
25. Grabkowski B.: Biogasnutzung in Niedersachsen, Vechta, ISBN 3-88441-211-6.
26. KÖTTNER, Michael, SHAN, Minghuan, SLADKÝ, Václav: Bioplyn v Německu. 2003. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/index.shtml?x=148446>>. ISSN: 1801-2655.
27. Židek M.: Výzkum vhodných kosubstrátů z hlediska intenzifikace procesu anaerobní digesce, disertační práce, VŠB – TU Ostrava
28. Časopis: Energie, ročníky 1997, 1998, 1999.
29. Jandačka J., Malcho M., Mikulík M. Biomasa ako zdroj energie, Žilina, 2007, 241 s., ISBN 978-80-969161-3-9
30. <http://www.biom.cz/> ISSN 1801-2655
31. <http://www.energ.cz>
32. <http://www.czso.cz/>
33. <http://www.env.cz/>
34. <http://www.eru.cz/>
35. <http://www.agrotechnika.cz>
36. <http://www.pal.cz>
37. <http://www.hitl.cz>
38. <http://www.eagrotec.cz>
39. <http://www.stihl.cz>
40. <http://www.atmos.cz>
41. <http://www.bresson.cz>
42. <http://www.tts.cz>
43. <http://www.steptrutnov.cz/>
44. <http://www.tts.cz>
45. <http://www.extraflame.it>
46. <http://www.edilkamin.com>
47. <http://www.rege.cz>
48. <http://www.lambiotte.com/>
49. <http://www.reinartz.de>

Seznam obrázků

Obrázek 1.1 Způsob sklizně stébelnin.....	11
Obrázek 1.2 Čtyřbubnová sekačka.....	12
Obrázek 1.3 Sklízecí řezačka – vlevo sklizeň řádků, vpravo adaptér.....	13
Obrázek 1.4 Žací mlátička.....	13
Obrázek 1.5 Sběrací lisy.....	14
Obrázek 1.6 Sklízecí stroje na okopaniny – vlevo kombajn na brambory, vpravo sklízeč řepy.....	15
Obrázek 1.7 Stroje pro sklizeň drobné dřevní biomasy – vlevo křovinořez, vpravo řetězová motorová pila.....	16
Obrázek 1.8 Štěpkovače pro drobnou dřevní biomasu – vlevo vyšší výkonová řada, vpravo malý zahradní štěpkovač.....	17
Obrázek 1.9 Sklízeče RRD – vlevo štěpkovací sklízeč, vpravo sklízeč ponechávající RRD na hromadě.....	18
Obrázek 1.10 Těžební technika – vlevo Harvester, vpravo vyvážecí souprava.....	18
Obrázek 2.1 Paketovací stroj.....	20
Obrázek 2.2 Štěpkovacím mechanismus – vlevo diskový, vpravo bubnový.....	21
Obrázek 2.3 Bubnový štěpkovač s výkonem 100 – 130 m ³ štěpky/hod.....	22
Obrázek 2.4 Peletovací linka.....	23
Obrázek 3.1 Pyrolýzní reaktor zpracovávající kukuřičná zrna.....	26
Obrázek 3.2 Schéma fermentační jednotky.....	27
Obrázek 4.1 Pevný rošt kotle o výkonu 35 kW.....	30
Obrázek 4.2 Princip posuvného roštu.....	30
Obrázek 4.3 Posuvný rošt.....	31
Obrázek 4.4 Schéma ohniště kotle CRE.....	32
Obrázek 4.5 Kotel Pelletronic PESL.....	32
Obrázek 4.6 Schéma kotle s hořákem a se zásobníkem.....	33
Obrázek 4.7 Princip hořáku.....	34
Obrázek 4.8 Schéma kotle s hořákovým provedením.....	34
Obrázek 4.9 Přejech do fluidizace.....	35
Obrázek 4.10 Stacionární fluidní vrstva, systém roštu.....	37
Obrázek 4.11 Ohniště s prohoříváním paliva (A) a spodním odhoříváním paliva (B).....	39
Obrázek 4.12 Moderní křbová kamna, konstrukce ohniště.....	40
Obrázek 4.13 Konstrukční schéma kachlových kamen.....	41
Obrázek 4.14 Srovnání provozních vlastností kachlových kamen těžké (KK1) a lehké (KK2) konstrukce – průběh průměrných povrchových teplot.....	42
Obrázek 4.15 Kachlová kamna lehké konstrukce.....	43
Obrázek 4.16 Kotel s manuálním přikládáním.....	43
Obrázek 4.17 Vyhořívání dávky paliva v ohništi.....	44
Obrázek 4.18 Plně automatický kotel na štěpky a pelety.....	45
Obrázek 4.19 Řez plně automatickým kotlem o výkonu 28 - 55 kw.....	46
Obrázek 4.20 Ohniště s otáčivým roštem.....	46
Obrázek 4.21 Schéma roštového kotle 1-hořák, 2-rošt, 3-popelník.....	47
Obrázek 4.22 Detail hořáku kotle 1-žhavicí spirála, 2-zadní deska se zapalovací tryskou, 3-dopravník, 4-boční keramika, 5-rošt, 6-přívody vzduchu.....	47
Obrázek 4.23 Vliv vlhkosti dřeva na produkci oxidu uhelnatého.....	48
Obrázek 4.24 Vliv vlhkosti dřeva na produkci polyaromatických uhlovodíků.....	48
Obrázek 4.25 Řez zplyňovacím kotlem [39].....	49
Obrázek 4.26 Zplyňovací kotel na dřevo s ventilátorem na přívod vzduchu[4].....	50
Obrázek 4.27 Zplyňovací kotel na pelety[39].....	51
Obrázek 4.28 Schéma teplovodního kotle o výkonu 0,5 MW se spodním přívodem paliva.....	52
Obrázek 4.29 Horkovzdušný kotel.....	53
Obrázek 4.30 Schéma kotle s pásovým roštem.....	54
Obrázek 4.31 Kotel na spalování slámy a podávač balíků.....	54
Obrázek 4.32 Schéma kotle s pevným šikmým roštem.....	55
Obrázek 4.33 Schéma kotle s posuvným roštem.....	56
Obrázek 4.34 Schéma fluidního kotle na biomasu.....	57
Obrázek 4.35 Moderní křbová kamna – vlevo plnění peletami, vpravo kamna [44].....	58
Obrázek 4.36 Schéma moderního automatického kotle.....	59
Obrázek 4.37 Schéma oběhu.....	62
Obrázek 4.38 Schéma ORC zařízení.....	62

Obrázek 5.1 Schéma zplyňování.....	71
Obrázek 5.2 Tepelné toky a chemické reakce u reaktoru“downdraft“ – souproutého	78
Obrázek 5.3 Protiproudý zplyňovač	79
Obrázek 5.4 Souproutý zplyňovač	80
Obrázek 5.5 Zplyňovač s křížovým tokem	81
Obrázek 5.6 Charakteristika jednotlivých typů zplyňovačů s pevným ložem	82
Obrázek 5.7 Souproutý zplyňovač s „V“ hrdlem	83
Obrázek 5.8 Schéma zplyňovače se stacionární fluidní vrstvou.....	85
Obrázek 5.9 Schéma zplyňovače s cirkulující fluidní vrstvou	85
Obrázek 5.10 Charakteristiky fluidních a EF zplyňovačů	87
Obrázek 6.2 Mechanismus pyrolýzy.....	90
Obrázek 6.3 Karbonizační pec	95
Obrázek 6.4 Karbonizační retorta	95
Obrázek 6.5 Cyklónový pyrolyzní reaktor.....	97
Obrázek 6.6 Schémata fluidních pyrolyzních zařízení – vlevo se stacionární fluidní vrstvou, vpravo s cirkulující fluidní vrstvou	97
Obrázek 6.7 Schéma stanice na zkapalňování biomasy	98
Obrázek 7.1 Technologické schéma výroby řepkového metylesteru	101
Obrázek 7.2 Schéma výroby FAME	103
Obrázek 7.3 Lis na olejnatá semena	105
Obrázek 7.4 Filtr studeného oleje	105
Obrázek 7.5 Technologie výroby FAME – vlevo lisování a filtrace, vpravo separátor fází	106
Obrázek 7.6 Technologie výroby FAME – vlevo talířové odstředivky, vpravo expediční místo výroby.....	106
Obrázek 8.1 Graf procentuálního podílu produkce bioplynu z jednotlivých zdrojů dle evidence ERÚ[13]	109
Obrázek 8.2 Graf zpracovávaných substrátů na zemědělských BPS v ČR.13	110
Obrázek 9.1 - Řetězové schéma anaerobního rozkladu [15]	113
Obrázek 9.2 Struktura biomasy [15]	117
Obrázek 9.3 Základní typy provozu bioplynové stanice [23]	128
Obrázek 9.4 Typická zásobníková bioplynová zařízení [22]	129
Obrázek 9.5 Horizontální průtočný reaktor (Darmstadt systém)	130
Obrázek 9.6 Vertikální konstrukční typ fermentoru	130
Obrázek 9.7 Vertikální konstrukční typ fermentoru	131
Obrázek 9.8 Provedení místa styku stěny se stropem, izolace a bednění u nadzemní BS [23].....	132
Obrázek 9.9 BPS firmy Archea 200 kW _{el}	132
Obrázek 9.10 Plynojem se skleněným víkem u horizontálního reaktoru provedeného z cisterny [23]	133
Obrázek 9.11 Dopravní čerpadla pro BPS [23]	136
Obrázek 9.12 Řez modelem ponorného břitového čerpadla s horním nasáváním s podávacím šnekem, jehož boční hrany jsou provedeny jako břity	136
Obrázek 9.13 Čerpadlo s rotujícími písky	137
Obrázek 9.14 Přehled využívaných míchadel na BPS [23]	138
Obrázek 9.15 Patentovaný způsob míchaní tlakem nashromážděného plynu VSP [23].....	140
Obrázek 9.16 Typy plynojemů [15].....	143
Obrázek 9.17 Nízkotlaký plynojem typu VAKBIG.....	143
Obrázek 9.18 Schéma rozdělení materiálů s nutností hygienizace [18].....	145
Obrázek 10.1 Sankeyův diagram úbytku materiálu během kompostování	146
Obrázek 12.2 Skladování biomasy – vlevo volně, vpravo sklad balíkové slámy	156
Obrázek 12.3 Skladování pelet	157
Obrázek 13.1 Areál pily	159
Obrázek 13.2 Pohled na kotel	159
Obrázek 13.3 Pohled na úložiště paliva	159
Obrázek 13.4 Pohled na areál firmy	160
Obrázek 13.5 Pohled na instalovaný kote	160
Obrázek 13.6 Pohled na instalovaný kotel.....	160
Obrázek 13.7 Pohled na areál společnosti	161
Obrázek 13.8 Pohled na instalovaný kotel.....	161
Obrázek 13.9 Pohled na instalovaný kotel.....	161
Obrázek 13.10 Pohled na objekt Pily v Jablunkově – Návsi	162
Obrázek 13.11 Pohled na odpadní dřevo	162
Obrázek 13.12 Pohled na objekt Závodu lesní techniky (levá část je kotelna, pravá část je přílehlý sklad)	163
Obrázek 13.13 Pohled na kotel č. 2 (7MW) s dávkovačem paliva	163

Obrázek 13.14 Pohled na kotel č. 1 (4MW).....	163
Obrázek 13.15 Pohled na stávající silážní žlaby	164
Obrázek 13.16 Pohled na strop fermentoru (v pozadí plynojem).....	164
Obrázek 13.17 Kogenerační jednotka	164
Obrázek 13.18 Pohled na areál společnosti.....	165
Obrázek 13.19 Pohled na areál skládky	166
Obrázek 13.20 Kogenerační jednotka	166
Obrázek 13.21 Pohled na kompostovací plochu o ploše 522 m2	166
Obrázek 13.22 Pohled na kotelnu.....	167
Obrázek 13.23 Kotel	167
Obrázek 13.24 Kotel	167
Obrázek 13.25 Škola	168
Obrázek 13.26 Pohled na sklad paliva	168
Obrázek 13.27 Kotle	168
Obrázek 13.28 Pohled na objekt	169
Obrázek 13.29 Kogenerační jednotky	169
Obrázek 13.30 Pohled na jednotku.....	170
Obrázek 13.31 Areál zdroje	171
Obrázek 13.32 Pohled na kotel Kohlbach	171
Obrázek 13.33 Sklad paliva	171
Obrázek 13.34 Kotel PONAŠT	172
Obrázek 13.35 Pohled do kotle	172
Obrázek 13.36 Sklad paliva	172
Obrázek 13.37 Objekt pily	173
Obrázek 13.38 Dřevní odpad	173
Obrázek 13.39 Pohled na kotel	173
Obrázek 13.40 Pohled na pásový dopravník paliva	174
Obrázek 13.41 Pohled na spalované odpadní dřevo.....	174
Obrázek 13.42 Pohled na kotel	174
Obrázek 13.43 Řezací přístroj,	175
Obrázek 13.44 Zásobník paliva.....	175
Obrázek 13.45 Pohled na cyklón.....	175
Obrázek 13.46 Pohled na kotel	175
Obrázek 13.47 Pohled na kotel	176
Obrázek 13.48 Pohled na sklad paliva	176
Obrázek 13.49 Vytápěné objekty	177
Obrázek 13.50 Pohled na kotel	177
Obrázek 13.51 Pohled na kogenerační jednotku	178
Obrázek 13.52 Areál výtopny	179
Obrázek 13.53 Pohled na sklad paliva	179
Obrázek 13.54 Pohled na kotel	179
Obrázek 13.55 Pohled na kotel	181
Obrázek 13.56 Sklad paliva	181
Obrázek 13.57 Areál výtopny	181
Obrázek 13.58 Pohled na hotelový komplex.....	183
Obrázek 13.59 Pohled do kotelny hotelu s kotlem Mephisto 300.....	183
Obrázek 13.60 Pohled na sklad pilin s podavačem.	183
Obrázek 13.61 Pohled na areál společnosti KORYNA.	184
Obrázek 13.62 Pohled na instalovaný kotel.	184
Obrázek 13.63 Pohled na venkovní technologii kotelny - zásobníky paliva.....	184
Obrázek 13.64 Pohled na kotelnu.....	185
Obrázek 13.65 Pohled do kotelny	185
Obrázek 13.66 Pohled do kotelny s instalovaným kotlem typu KOLBACH 1,6 MW.....	185
Obrázek 13.67 Pohled na školu v Bohuslavicích.	186
Obrázek 13.68 Kotelna je vybavena kotlem na dřevní štěpku Verner Golem 350.....	186
Obrázek 13.69 Mezisklad dřevní štěpky v základní škole v Bohuslavicích u Zlína.	186
Obrázek 13.70 Objekt obecního úřadu vytápěný biomasou.	187
Obrázek 13.71 Zplyňovacímu kotli stačí i malé prostory. Kotel na obecním úřadě v Bohuslavicích.....	187
Obrázek 13.72 Zplyňovací kotel se zásobou dřeva.	188
Obrázek 13.73 Rozdělovač v kotelně využívající zplyňovací kotel, ale i kotle na zemní plyn.....	188

Obrázek 13.74	Celkový pohled na kotelnu v Roštíně.....	189
Obrázek 13.75	Pohled na kotel spalující obilnou nebo řepkovou slámu v Roštíně.	189
Obrázek 13.76	Automatický podavač balíků slámy do kotle vyžaduje značný prostor.....	189
Obrázek 13.77	Kotelna centrálního zdroje tepla v Hostětíně.....	190
Obrázek 13.78	Pohled na teplovodní kotel na biomasu v kotelně CZT v Hostětíně.....	190
Obrázek 13.79	Sklad paliva navazuje na samotný kotel. Palivo je pod plachtami skladováno i před objektem.	190
Obrázek 13.80	Kotel na spalování dřevního odpadu z výroby.	191
Obrázek 13.81	Briketovací jednotka se zásobníkem.	191
Obrázek 13.82	Pohled na brikety uložené pro snadnější manipulaci v sudech.....	191
Obrázek 13.83	Kotel slouží nejen pro vytápění budov, výrobních hal, ale i jako zdroje tepla pro sušárnu dřeva.....	192
Obrázek 13.84	Pohled do otevřeného kotle.	192
Obrázek 13.85	Dvojice kotlů.	193
Obrázek 13.86	Pohled do kotelny se dvěma instalovanými kotli.	193
Obrázek 13.87	Celkový pohled na dřevozpracující závod.....	194
Obrázek 13.88	Pohled na kotelnu a zásobník paliva.....	194
Obrázek 13.89	Pohled na kotel.	194
Obrázek 13.90	Kotel na dřevní odpad je umístěn v suterénu komplexu budov.	195
Obrázek 13.91	Kotelna na biomasu vytápí velké plochy obchodů a provozoven služeb.	195
Obrázek 13.92	Pohled na kotel.	195
Obrázek 13.93	Moderně vybavená kotelna v areálu Javorník-CZ-plus, s. r. o.	196
Obrázek 13.94	Pohled na moderní vybavení kotelny - kotel na biomasu.	196
Obrázek 13.95	Pohled rozsáhlou halu sloužící jako sklad paliva v blízkosti kotelny.....	196
Obrázek 13.96	Pohled do kotelny.....	197
Obrázek 13.97	Celkový pohled na kotelnu.....	198
Obrázek 13.98	Kotelna využívající jako zdroj energie skládkový plyn.....	199
Obrázek 13.99	Bioplyn je spalován pouze v jednom upraveném kotli a kogenerační jednotce.	199
Obrázek 13.100	Kogenerační jednotka TEDOM PREMÝ 22 BIO.	199
Obrázek 13.101	Celkový pohled na ČOV.	200
Obrázek 13.102	Vyhňivací nádrže ČOV.	200
Obrázek 13.103	Kotle spalující bioplyn.	200
Obrázek 13.104	ČOV Otrokovice.....	201
Obrázek 13.105	Pohled do areálu ČOV.....	201
Obrázek 13.106	ČOV Otrokovice.....	201
Obrázek 13.107	Pohled na výrobní závod.	202
Obrázek 13.108	Pohled na jeden z instalovaných kotlů.	202
Obrázek 13.109	Pohled na budovu kotelny včetně zásobníků paliva.	202
Obrázek 13.110	Kotelna s dvojicí kotlů o výkonu 50 kW zároveň slouží k testování spalování jednotlivých druhů pelet.....	203
Obrázek 13.111	Pohled na systémy podávání paliva vyvedené přes stěnu do zásobníku ve vedlejší místnosti.	203
Obrázek 13.112	Biomasou lze vytápět i větší průmyslové prostory klasickou technikou.	203
Obrázek 13.113	Kotel na pelety - KP 50.	204
Obrázek 13.114	Zásobník s palivem je v těsném sousedství kotle.	204
Obrázek 13.115	Zásobník na pelety. Vpravo uložené pelety v igelitových pytlích po 30 kg.....	204
Obrázek 13.116	Celkový pohled do kotelny.....	205
Obrázek 13.117	Rozvody a armatury v prostoru kotelny.	205
Obrázek 13.118	Sklad paliva.	205
Obrázek 13.119	Vytápěný objekt, kotel, zásobník.	207
Obrázek 13.120	Kotel.....	208
Obrázek 13.121	Sklad paliva, část vytápěných objektů.....	208
Obrázek 13.122	Kotel HERZ Firematic SR 250, část vytápěného objektu „360-ky“.....	209
Obrázek 13.123	Přívod paliva, vybavení kotle.....	209
Obrázek 13.124	Zásobník paliva, kotel.	210
Obrázek 13.125	Zásobník paliva, servis řídicí jednotky HERZ Firematic 50 BioControl.....	211
Obrázek 13.126	Řídicí jednotka kotle, dopravník paliva.....	211
Obrázek 13.127	Kotel, turniket.....	212
Obrázek 13.128	Administrativní budova.....	212
Obrázek 13.129	Kotel.....	216
Obrázek 13.130	Vytápěné objekty, kotelna.....	216
Obrázek 13.131	Chata, kotel.....	217
Obrázek 13.132	Kotel, brikety.....	218

Obrázek 13.133 ČOV Handlová	219
Obrázek 13.134 Buderus Pohano, VVP – 250 S	220

Seznam tabulek

Tabulka 1.1 Orientační hodnoty výkonnosti a spotřeby paliva na sklizeň pícnin [2].....	14
Tabulka 2.1 Změna absolutní vlhkosti dřevní štěpky z listnatých stromů v závislosti na čase a na způsobu uskladnění	20
Tabulka 2.2 Použitelnost jednotlivých druhů biomasy pro jednotlivé procesy	24
Tabulka 4.1 Technické parametry moderních krbových kamen [45].....	58
Tabulka 4.2 Teplota rosného bodu ve spalínách ZP.....	68
Tabulka 5.1 Specifické parametry zplyňování	75
Tabulka 5.2 Požadované vlastnosti na palivo u jednotlivých zplyňovačů	77
Tabulka 5.3 Některé charakteristiky zplyňovačů s pevným ložem	81
Tabulka 5.4 Pracovní podmínky jednotlivých typů zplyňovačů	87
Tabulka 6.1 Podíly produktů u jednotlivých druhů pyrolýzy	88
Tabulka 6.2 Energie jednoduchých vazeb	89
Tabulka 6.3 Energie násobných vazeb	89
Tabulka 6.4 Parametry dřevěného uhlí.....	91
Tabulka 6.5 Parametry pyrolýzy dle reaktoru	91
Tabulka 6.6 Složení tuhé hořlaviny původní a při různých teplotách	91
Tabulka 6.7 Vlastnosti pyrolýzních olejů.....	92
Tabulka 6.8 Tabulka přehled složení plynu	93
Tabulka 6.9 Složení pyrolýzních plynů dle teploty	93
Tabulka 6.10 Parametry karbonizační pece.....	94
Tabulka 7.1 Viskozita a bod vzplanutí rostlinného oleje a nafty	100
Tabulka 7.2 Parametry esterifikačních technologií	102
Tabulka 7.3 Vliv suroviny a procesu na parametry FAME.....	104
Tabulka 7.4 Parametry metylesterů z různých surovin	104
Tabulka 7.5 Ukazatele jakosti FAME	107
Tabulka 8.1 Tabulka vybraných zemědělských BPS v ČR	111
Tabulka 8.2 Tabulka vybraných průmyslových BPS v ČR 22.....	111
Tabulka 9.1 Sledované veličiny v různých fázích vzorku [27]	115
Tabulka 9.2 Tabulka substrátů využívaných na	118
Tabulka 9.3 - Obsahy methanu z různých typů technologických procesů.[15].....	119
Tabulka 9.4 – Specifická produkce bioplynu ze základních složek organických materiálů [15].....	119
Tabulka 9.5 – Obsahy sulfanu v bioplynu z různých substrátů. 15	120
Tabulka 9.6 – Složení bioplynu a produktů vodní vypírky. [15].....	123
Tabulka 9.7 – Tabulka limitních hodnot pro digestáty. [22]	126
Tabulka 9.8 – Změny chemického složení v průběhu anaerobní fermentace kejdy prasat.[22].....	126
Tabulka 11.1 Hektarové výnosy plodin a výtěžnost ethanolu z 1 ha zemědělské půdy	151
Tabulka 12.1 Měrný skladovací prostor.....	155
Tabulka 12.2 Potřebné skladovací prostory [4].....	156
Tabulka 12.3 Spotřeba a potřebná týdenní zásoba vybraných paliv	157
Tabulka 13.1 Objekty sdružení Biomasa s rekonstruovanými kotelny v TN a ŽA kraji.....	206

Autor:	doc. Dr. Tadeáš Ochodek, Ing. Jan Koloničný, Ph.D., Ing. Michal Branc	
Vysokoškolský ústav:	Výzkumné energetické centrum	740
Název:	Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy	
Místo, rok vydání:	Ostrava, 2007, I. vydání	
Počet stran:	228	
Vydala:	Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava	
Tisk:	Repronis Ostrava	
Náklad:	100 ks	
Neprodejné		

Za obsah studie jsou odpovědní autoři. Informace zde uvedené nejsou oficiálním stanoviskem orgánů Evropské unie.

ISBN 978-80-248-1426-1