



MODERNÍ VYUŽITÍ BIOMASY

TECHNOLOGICKÉ A LOGISTICKÉ
MOŽNOSTI

**ČESKÁ
ENERGETICKÁ
AGENTURA**

MODERNÍ VYUŽITÍ BIOMASY TECHNOLOGICKÉ A LOGISTICKÉ MOŽNOSTI

OBSAH

1. ÚVOD	6
1.1 CÍL PUBLIKACE	6
1.2 HISTORICKÁ ROLE BIOMASY V OBLASTI USPOKOJOVÁNÍ ENERGETICKÝCH POTŘEB LIDSTVA	7
1.3 SOUČASNÝ STAV A SVĚTOVÝ POTENCIÁL VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY	8
1.4 SOUČASNÝ STAV VYUŽITÍ BIOMASY V ČR	9
1.4.1 Výroba elektřiny z biomasy	10
1.4.2 Výroba tepelné energie z biomasy	11
1.5 POTENCIÁL PRO VYUŽITÍ BIOMASY V ČR	12
2. POLITICKÁ A LEGISLATIVNÍ PODPORA VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY V EU A ČR	13
2.1 RÁMCOVÁ POLITIKA A LEGISLATIVA EU VE VZTAHU K OZE	13
2.2 POLITIKA A LEGISLATIVA EU VE VZTAHU K BIOMASE A BIOPALIVŮM	14
2.3 AKČNÍ PLÁN EVROPSKÉ KOMISE PRO BIOMASU	15
2.4 POTENCIÁL BIOMASY V EU	17
2.5 KRITICKÉ ZHODNOCENÍ DOSAŽITELNOSTI INDIKATIVNÍCH CÍLŮ V OBLASTI OZE V EU A ČR	18
3. ZDROJE BIOMASY	22
3.1 DEFINICE BIOMASY	22
3.2 PŘEHLED ZDROJŮ BIOMASY	22
3.3 TUHÁ PALIVA NA BÁZI BIOMASY	24
4. LOGISTIKA A TRH S BIOMASOU	26
4.1 PRODUKTY A SLUŽBY NA BÁZI BIOMASY	26
4.2 LOGISTIKA BIOMASY	27
4.3 LOGISTIKA BIOMASY Z POHLEDU ŽIVOTNÍHO CYKLU	29
4.4 TRH S BIOMASOU A BIOPALIVY	30
5. INDIKÁTORY UDRŽITELNÉHO ROZVOJE VE VZTAHU K VYUŽITÍ BIOMASY	32
5.1 BIOMASA A UDRŽITELNÝ ROZVOJ	32
5.2 KRITÉRIA UDRŽITELNOSTI ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ BIOMASY	32
5.3 KRITICKÁ MÍSTA V OBLASTI „UDRŽITELNOSTI“ VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY V ČR	35
6. MODERNÍ TECHNOLOGICKÉ MOŽNOSTI VYUŽITÍ BIOMASY	36
6.1 TERMICKÁ A TERMOCHEMICKÁ PŘEMĚNA BIOMASY	37
6.1.1 Přímé spalování a spoluspalování	37
6.1.2 Karbonizace	39
6.1.3 Pyrolýza	39
6.1.4 Zplyňování	41
6.1.5 Katalytické zkapalňování (hydrolýza)	42
6.2 BIOCHEMICKÁ PŘEMĚNA BIOMASY	42
6.2.1 Mokřý způsob fermentace	44
6.2.2 Suchý způsob fermentace	45
6.2.3 Využití kalového plynu v čistírnách odpadních vod	45
6.2.4 Využití skládkového plynu	45
6.3 VÝROBA KAPALNÝCH BIOPALIV	46
6.3.1 Neupravené rostlinné oleje	46

6.3.2	<i>Bionafta</i>	46
6.3.3	<i>Bioetanol</i>	46
6.3.4	<i>Perspektivní motorová biopaliva</i>	47
6.4	TECHNICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY	47
6.5	KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTŘINY A TEPLA Z BIOMASY	49
6.5.1	<i>Teplárny a elektrárny s parními turbínami</i>	49
6.5.2	<i>KVET s parním strojem</i>	50
6.5.3	<i>KVET s plynovými motory</i>	51
6.5.4	<i>KVET se spalovacími turbínami</i>	52
6.5.5	<i>KVET s organickým Rankinovým cyklem</i>	53
6.5.6	<i>KVET se Stirlingovým motorem</i>	55
6.5.7	<i>KVET s mikroturbínami</i>	56
6.5.8	<i>Kogenerační mikrojednotky s parním článkem SteamCell</i>	57
6.6	NOVÉ A PERSPEKTIVNÍ TECHNOLOGIE PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY	58
7.	ZÁVĚRY	59
	LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	60

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Celková výroba energie z OZE v ČR (GJ)

Tabulka 2: Hrubá výroba elektřiny z OZE v ČR (MWh)

Tabulka 3: Hrubá výroba tepelné energie z OZE v ČR (GJ)

Tabulka 4: Dostupný potenciál využití biomasy v ČR

Tabulka 5: Potřeba zvýšení využití biomasy v zemích EU-25 pro dosažení indikativních cílů (Mtoe)

Tabulka 6: Potenciál využití biomasy v zemích EU-25 (PJ)

Tabulka 7: Přehled hlavních zdrojů biomasy v ČR

Tabulka 8: Výhřevnosti a objemové hmotnosti nejčastěji používaných tuhých biopaliv

Tabulka 9: Cesty přeměny biomasy v energetické produkty a služby

Tabulka 10: Důležité systémové proměnné v systémech logistiky biomasy

Tabulka 11: Kritéria udržitelnosti energetického využívání biomasy

Tabulka 12: Zpracování biomasy k energetickým účelům

Tabulka 13: Srovnání vlastností různých druhů bioplynu

Tabulka 14: Příklady technického využití biomasy

Tabulka 15: Nové a perspektivní technologie pro energetické využití biomasy

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Uzavřený cyklus uhlíku při udržitelném energetickém využívání biomasy

Obrázek 2: Podíl OZE na celosvětové bilanci primárních energetických zdrojů v roce 2004

Obrázek 3: Podíl OZE na celosvětové výrobě elektrické energie v roce 2004

Obrázek 4: Struktura výroby elektrické energie v ČR a podíl jednotlivých druhů OZE v roce 2004

Obrázek 5: Předpoklad nárůstu výroby a instalovaného výkonu na výrobu elektřiny z OZE pro dosažení indikativního cíle

Obrázek 6: Vývoj podílu OZE na celkové hrubé spotřebě elektřiny v letech 2000 - 2004 v porovnání s indikativními cíli v roce 2010 v nových členských zemích EU (mimo Kypru a Malty)

Obrázek 7: Vztahy logistiky biomasy, trhu s biomasou a jejího energetického využití

Obrázek 8: Posuzování udržitelnosti využití biomasy

Obrázek 9: Základní procesy a technologie přeměny biomasy

Obrázek 10: Pilotní pyrolýzní jednotka na biomasu s kapacitou výroby bio-oleje 5t/den firmy BTG

Obrázek 11: Výtěžnost bioplynu z různých surovin

Obrázek 12: Teplárna na biomasu ve švédském městě Växjö (37 MW_e, 67 MW_t)

Obrázek 13: Kogenerační jednotka PM-VS s parním strojem firmy Polycomp

Obrázek 14: Princip šroubového parního stroje

Obrázek 15: Parní stroj se šroubovým rotorem v biomasové teplárně Hartberg (el. výkon 710 kWe)

Obrázek 16: Kogenerační jednotka na bioplyn TBG 520 firmy Motorgas (520 kWe, 725 kWt)

Obrázek 16: Teplárna na biomasu ve švédském Värnamo s kombinovaným cyklem a integrovanou technologií tlakového zplyňování biomasy

Obrázek 17: Schéma využití ORC pro společnou výrobu tepla a elektrické energie z biomasy

Obrázek 18: ORC modul 1 MWe TTS Třebíč instalovaný v teplárně v Třebíči

Obrázek 19: Pokusná kogenerační jednotka na biomasu SOLO Stirling 161

Obrázek 20: Schéma kogenerační jednotky s mikroturbínou

Obrázek 21: Kogenerační jednotka Capstone s mikroturbínou

Obrázek 22: Kogenerační jednotka SteamCell

POUŽITÉ ZKRATKY

BRKO	Biologicky rozložitelná složka komunálního odpadu
CZT	centrální zásobování teplem
ČEA	Česká energetická agentura
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
EJ	ExaJoule = 10^{18} Joule
EU	Evropská unie
GWh	Gigawatthodina = 10^9 Watthodin
IT	Informační technologie
JI	Joint Implementation – Společná realizace (= jeden z mechanismů Kjótského protokolu)
KVET	Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla
kW	Kilowatt = 10^3 Watt
kWh	Kilowatthodina = 10^3 Watthodin
Mtoe	Mil. tun ropného ekvivalentu = 41,868 PJ
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
OZE	Obnovitelný zdroj energie
PJ	PetaJoule = 10^{15} Joule
SCZT	Soustava centrálního zásobování teplem
SFŽP ČR	Státní fond životního prostředí České republiky
TJ	TeraJoule = 10^{12} Joule
UNEP	United Nations Environment Programme – Program OSN pro životní prostředí

1. ÚVOD

1.1 Cíl publikace

Cílem této publikace je na jedné straně poskytnout kritický pohled na technologické a logistické možnosti využití biomasy s ohledem na politické závazky v oblasti využívání biomasy v zemích EU i České republice a s ohledem na minimalizaci negativních dopadů využití biomasy na životní prostředí. Tento úhel pohledu je nezbytný vzhledem k tomu, že na rozdíl od např. větrné energetiky není ve většině zemí EU v oblasti využívání biomasy zatím dosahováno dostatečné dynamiky růstu, aby bylo zabezpečeno splnění politických závazků ve využívání OZE v roce 2010 a zároveň optimalizováno využití biomasy s ohledem na životní prostředí, tvorbu pracovních míst, atd. Rovněž Státní energetická koncepce ČR uvažuje biomasu jako hlavní obnovitelný zdroj energie pro dosažení indikativního cíle k roku 2010, avšak dosavadní vývoj a především překážky na trhu s biomasou naznačují, že dosažení tohoto cíle bude velmi obtížné. Proto dalším cílem zpracování této publikace je poskytnout ucelený, přehledně strukturovaný a aktuální přehled moderních technologických a logistických řešení využívání biomasy s ohledem na jejich vhodnost pro aplikaci v ČR, zpracovaný na základě reálných projektů, praktických poznatků a aktuálních tuzemských i zahraničních informačních pramenů. Tyto informace by měly přispět ke zrychlení tempa růstu využití domácích zdrojů biomasy s ohledem na jejich optimální energetické využití při zachování minimálních negativních dopadů na životní prostředí.

Hlavní cílové skupiny a přínosy publikace pro čtenáře je možno shrnout následovně:

- **Státní a veřejná správa** – Vyvolání diskuse o splnitelnosti politických cílů v oblasti OZE a zejména biomasy za současných podmínek podpory využívání OZE. Poskytnutí informací o perspektivních typových technologických a logistických řešeních využití biomasy, která jsou přínosná z hlediska energetického (využití lokálních OZE), ekonomického (investiční a provozní náklady), sociálního (tvorba pracovních míst) i environmentálního (snižování emisí skleníkových plynů, minimalizace ostatních dopadů na životní prostředí).
- **Provozovatelé a zájemci o provozování zdrojů tepla a elektřiny na biomasu, energetičtí auditoři, projektanti, konzultanti (včetně středisek EKIS), odborná veřejnost** – Informace o perspektivních technologických a logistických řešeních využití biomasy, jejich typových technických, ekonomických a dalších parametrech.

1.2 Historická role biomasy v oblasti uspokojování energetických potřeb lidstva

Energie získávaná ze spalování biomasy je historicky nejstarším energetickým zdrojem, který lidstvo využívá – oheň sloužil našim předkům k přípravě stravy i k vyhřívání jeskynních obydlí.

Biomasa je organická hmota rostlinného nebo živočišného původu. V souvislosti s energetickým využitím zahrnuje tento pojem zejména palivové a odpadní dřevo, slámu a další zemědělský a lesní odpad, záměrně pěstované dřeviny, byliny či plodiny, ale také odpady biologického původu, jako například trus a kejdu hospodářských zvířat, kaly z ČOV a produkty jejich zpracování (bioplyn).

Palivo vyrobené přímo nebo nepřímo z biomasy je nazýváno **biopalivem**. Energie produkovaná různými způsoby z biomasy, resp. z biopaliv je nazývána **bioenergií**.

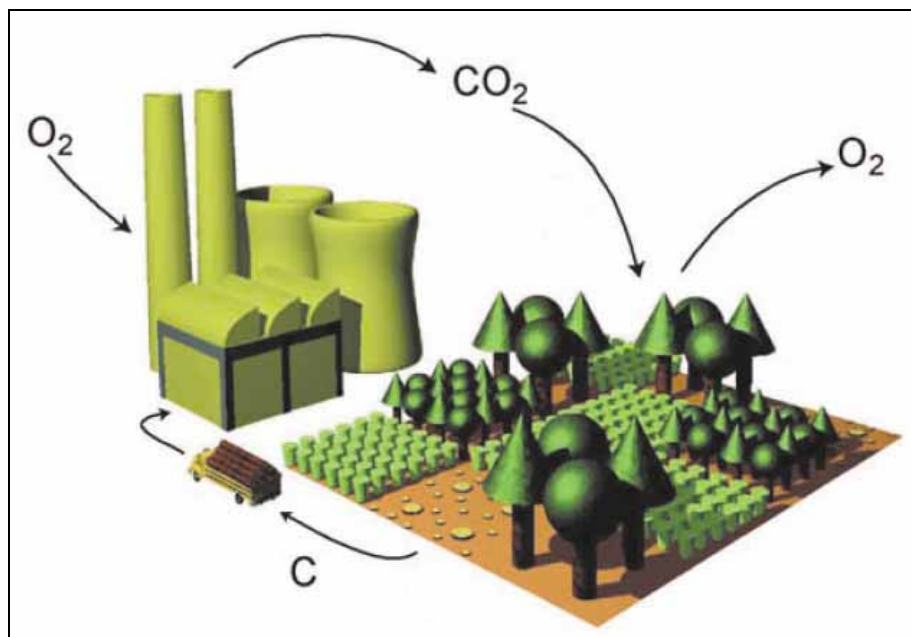
Základní výhodou biomasy je její nefosilní původ a **obnovitelnost**. Z hlediska emisí oxidu uhličitého, který je hlavním plynem, způsobujícím tzv. skleníkový efekt, se biomasa chová **neutrálně** - při udržitelném přístupu, kdy nejsou zdroje biomasy extrémně vyčerpávány se jedná o uzavřený cyklus, kdy je CO₂ uniklý do atmosféry při spalování pohlcen nově dorůstající biomasou, kterou je možno dále materiálově nebo energeticky využít.

Podstatná část organických látek v biomase vzniká při fotosyntéze z oxidu uhličitého a vody za spolupůsobení enzymů, chlorofylu a světelné energie:



Při spalování biomasy opět oxid uhličitý vzniká. Dochází tedy k uzavřenému procesu, kdy rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší CO₂ a při spalování ho do ovzduší opět vracejí.

Obrázek 1: Uzavřený cyklus uhlíku při udržitelném energetickém využívání biomasy



Zdroj: IEA

1.3 Současný stav a světový potenciál využívání biomasy

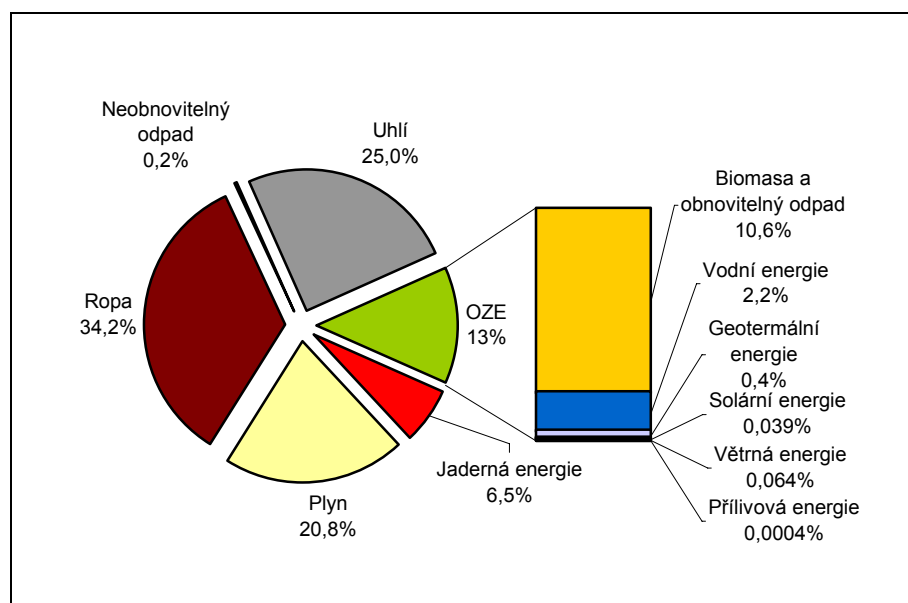
Současný potenciál zdrojů bioenergie podstatně přesahuje současnou úroveň spotřeby primární energie. V současnosti dosahuje podíl biomasy na celosvětové spotřebě energie cca 11%, a to zejména díky vysokému podílu biomasy v rozvojových zemích. Na současném využití biomasy ve světě se podílí zejména tradičně používané palivové dřevo a zvířecí trus z cca 85% a pouze v cca 15% je biomasa využívána jako vstup do modernějších zařízení pro výrobu tepla, elektřiny nebo KVET.

V roce 2005 byl celkový instalovaný výkon elektráren a tepláren na biomasu cca 44 GW, což činí cca 1% celkového instalovaného výkonu ve světě. Nejvyšší výkon zdrojů na biomasu je v USA, Brazílii, a Filipínách, v EU jsou zeměmi na špičce SRN, Švédsko a Finsko. Instalovaný tepelný výkon zdrojů tepla využívajících biomasu byl cca 220 GW. Zajímavá je i informace, že ve světě je provozováno cca 570 milionů topenišť na biomasu (z toho cca 220 mil. „moderních“) a 21 milionů malých digestorů na bioplyn, který je využíván zejména pro vaření v některých rozvojových zemích.

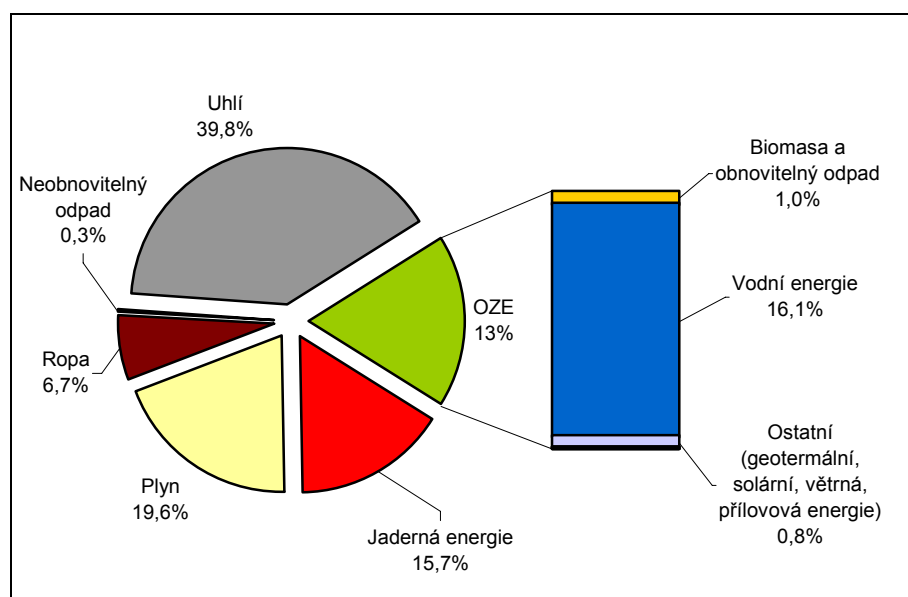
Podle různých zdrojů je horizontu do roku 2050 celosvětový technický potenciál biomasy odhadován v rozmezí cca 180 - 1500 EJ ročně ($1\text{ EJ} = 10^{18}\text{ J} = 277,8\text{ TWh}$) a pokud by jako biomasa byl započten i fytoplankton v mořích a oceánech, vzrostl by technický potenciál až na cca 4500 EJ. Pro srovnání, celosvětová spotřeba energie v roce 2004 činila 430 EJ.

Podle referenčního scénáře IEA je očekáván nárůst využití obnovitelných zdrojů energie v globálním měřítku o cca 1,8% ročně ze 58,62 EJ v roce 2003 na téměř 96,30 EJ v roce 2030, což je nárůst cca o 60%. Na tomto nárůstu by se měla podílet z velké části biomasa, zejména její využití v moderních technologiích. Podle referenčního scénáře IEA se do roku 2030 počítá se ztrojnásobením výroby elektrické energie z biomasy. Podíl biopaliv v dopravě by se měl zvýšit z 0,6% v r. 2003 na 1,6% v roce 2030.

Obrázek 2: Podíl OZE na celosvětové bilanci primárních energetických zdrojů v roce 2004



Zdroj: IEA

Obrázek 3: Podíl OZE na celosvětové výrobě elektrické energie v roce 2004

Zdroj: IEA

1.4 Současný stav využití biomasy v ČR

Podíl spotřeby OZE na spotřebě primárních energetických zdrojů v ČR po roce 2000 stagnoval a pohyboval se mírně nad 2%. S využitím statistických dat zpracovaných stejnou metodikou je možno konstatovat, že pro rok 2004 vzrostl na 2,9%. Pro rok 2005 se na základě aktualizované metodiky odhadů spotřeby biomasy v domácnostech zvýšil odhad podílu spotřeby OZE na spotřebě PEZ na cca 4,2%. V roce 2005 měla pouze biomasa (včetně bioplynu a BRKO) cca 3,5% podíl na spotřebě primárních energetických zdrojů. Ten má navíc rostoucí tendenci.

Tabulka 1: Celková výroba energie z OZE v ČR (GJ)

	2004	2005	Podíl na PEZ 2005 (%)
Biomasa mimo domácnosti	22 594 784	24 040 367	1,31
Biomasa domácnosti.	36 755 715	37 078 678	2,02
Vodní elektrárny	7 269 840	8 567 676	0,47
Bioplyn	2 102 447	2 335 388	0,13
Biologicky rozložitelná část TKO	2 505 266	2 346 380	0,13
Biologicky rozl. část PRO a ATP	n/a	990 107	0,05
Kapalná biopaliva	1 212 014	117 570	0,01
Tepelná čerpadla (teplo prostředí)	500 000	545 000	0,03
Solární termální kolektory	84 000	103 000	0,01
Větrné elektrárny	35 535	77 191	0,00
Fotovoltaické systémy	cca 1 000	1 418	0,00
Celkem	73 161 601	76 202 775	4,15

Zdroj: Statistiky MPO

V ČR se stala biomasa již poměrně běžným energetickým zdrojem.. Mimo několika desítek tisíc rodinných domů, ve kterých jsou využívány kotle na polenové dřevo s tepelným výkonem do 50 kW, je dnes u nás v průmyslu, službách a systémech CZT přes 100 zdrojů využívajících biomasu s výkonem nad 1 MW. Dřevní odpady se spalují v dalších cca 35 kotelnách dřevozpracujícího průmyslu s max. tepelným výkonem 3 MW. V poslední době se rozšířilo i spalování biomasy v konvenčních tepelných elektrárnách či teplárnách využívajících tuhá fosilní paliva.

1.4.1 Výroba elektřiny z biomasy

V roce 2005 činila hrubá výroba elektřiny z OZE celkem 3 133,5 GWh. V roce 2004 to bylo 2 742,9 GWh. Hrubá výroba elektřiny z OZE tak meziročně stoupla o 390,6 GWh.

Hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů se v roce 2005 podílela na tuzemské hrubé spotřebě elektřiny 4,5 %. Na celkové tuzemské hrubé výrobě elektřiny se hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů podílela 3,8 %. Podíl biomasy na „zelené“ elektřině činil cca 18%.

Tabulka 2: Hrubá výroba elektřiny z OZE v ČR (MWh)

	2004	2005
Vodní elektrárny	2 019 400	2 379 910
MVE do 1 MW	286 100	342 980
MVE od 1 do 10 MW	617 400	727 730
VVE nad 10 MW	1 115 900	1 309 200
Biomasa celkem	564 546	560 252
Štěpka apod.	265 269	222 497
Celulóзовé výluhy	257 817	279 582
Rostlinné materiály	20 840	53 735
Pelety	2 620	160 857
Bioplyn celkem	138 793	160 857
Komunální ČOV	63 591	71 447
Průmyslové ČOV	2 001	2 869
Zemědělský bioplyn	7 130	8 243
Skládkový plyn	66 071	78 299
Tuhé komunální odpady	10 031	10 612
Větrné elektrárny (nad 100 kW)	9 871	21 442
Fotovoltaické systémy	cca 300	390
Celkem	2 742 941	3 133 463

Zdroj: Statistiky MPO

V roce 2004 byl dosažen poměrně významný nárůst ve využití biomasy pro výrobu elektřiny díky jejímu spalování s uhlím ve větších zdrojích. Tento nárůst byl ovšem dán zejména nekorektním nastavením podmínek výkupu pro elektřinu ze spalování, měl negativní dopady na regionální trh s biomasou a v roce 2005 byly podmínky pro výkup elektřiny ze spalování upraveny. Výroba elektřiny z biomasy v roce 2005 stagnovala vzhledem k tomu, že bylo omezeno spalování biomasy s hnědým uhlím. Přesto je spalováním dnes

vyrobena cca poloviny elektřiny vyrobené z biomasy. Významný podíl na elektřině vyrobené z biomasy má energetické využívání celulóзовých výluhů. Zvyšuje se podíl rostlinných materiálů využitých k výrobě elektřiny (energetické rostliny, pelety), zatím však činí pouze 8 % hmotnostních celkové vsázky. Výroba elektřiny z bioplynu má dlouhodobě rostoucí trend, a to především díky novým instalacím pro využití skládkového plynu. V roce 2005 bylo z bioplynu vyrobeno více jak 160 GWh elektřiny.

1.4.2 Výroba tepelné energie z biomasy

Na celkový odhad výroby tepelné energie z obnovitelných zdrojů má rozhodující vliv metodika odhadu spotřeby biomasy v domácnostech. MPO pro rok 2005 a zpětně i pro roky 2004 a 2003 aktualizovalo metodiku odhadu spotřeby biomasy v domácnostech a zpřesněný odhad měl za důsledek podstatné zvýšení odhadu podílu využití biomasy pro výrobu tepla. Podle upřesněného odhadu se domácnosti podílejí na výrobě tepla z OZE z cca 52%.

Tabulka 3: Hrubá výroba tepelné energie z OZE v ČR (GJ)

	2004	2005
Biomasa celkem	40 230 445	40 891 558
Biomasa mimo domácnosti	16 980 168	17 436 986
Palivové dřevo.	387 277	640 525
Štěpka apod.	8 043 981	8 493 573
Celulóзовé výluhy	8 408 747	8 151 984
Rostlinné materiály	108 879	105 487
Brikety a pelety	31 284	45 417
Biomasa domácnosti	23 250 277	23 454 572
Bioplyn celkem	968 452	1 009 902
Komunální ČOV	722 850	791 463
Průmyslové ČOV	74 478	60 077
Zemědělský bioplyn	67 553	67 223
Skládkový plyn	103 572	91 140
Biologicky rozložitelná část TKO	2 051 713	1 979 292
Biologicky rozl. část PRO a ATP	b.d.	990 107
Tepelná čerpadla (teplo prostředí)	500 000	545 000
Solární termální kolektory	84 000	103 000
Celkem	43 834 610	45 518 859

Zdroj: Statistiky MPO

Nejvyšší podíl na výrobě tepelné energie z OZE - cca 90% - vykazuje **pevná biomasa**.. Mimo domácnosti bylo v roce 2005 vyrobeno z biomasy 17 437 TJ tepelné energie. Biologicky rozložitelná část spalovaných komunálních odpadů přispívá 1 979 TJ (4,35 %). Doposud jen malý význam má výroba tepla z bioplynu (1 010 TJ, tedy 2,22 %). Ostatní obnovitelné zdroje tepla (tepelná čerpadla, solární termální systémy) mají prozatím velmi nízký podíl.

1.5 Potenciál pro využití biomasy v ČR

Biomasa má ze všech druhů OZE v ČR **nejvyšší potenciál využití** a také nejvyšší současný podíl v energetické bilanci – v roce 2005 měla pouze biomasa (včetně bioplynu a BRKO) cca 3,5% podíl na spotřebě primárních energetických zdrojů. Ten má navíc rostoucí tendenci.

V posledních cca 15 letech byla zpracována celá řada studií a analýz, zpracovaných celou řadou domácích i zahraničních autorů, které měly za cíl vyhodnotit potenciály biomasy v ČR. Závěry studií se značně liší, jsou mnohdy poplatné účelu, pro který byly zpracovány a vzhledem k tomu, že jsou založeny na různých metodických přístupech a jejich výstupy jsou různé strukturovány, jejich výsledky jsou vzájemně porovnatelné jen velmi obtížně. Jednoznačným závěrem těchto analýz však je, že ČR patří mezi země s relativně vysokým potenciálem biomasy a že biomasa hraje mezi potenciálně využitelnými OZE klíčovou úlohu.

Podle údajů sdružení CZ BIOM, které byly vybrány autory této publikace jako jedny z reprezentativních pro ilustraci potenciálu biomasy v ČR se dostupný potenciál biomasy a bioplynu pohybuje ve výši cca 134 PJ ročně, což je cca 7,2% současné spotřeby primárních energetických zdrojů v ČR. Významný podíl na celkovém potenciálu biomasy mají energetické rostliny a plodiny.

Tabulka 4: Dostupný potenciál využití biomasy v ČR

Druh biomasy	Energie celkem		Z toho teplo	a elektřina
	v %	PJ	PJ	GWh
Dřevo, dřevní odpad	24	33,1	25,2	427
Sláma obilnin a olejnin	11,7	15,7	11,9	224
Energetické rostliny	47,1	63	47,7	945
Bioplyn	16,3	21,8	15,6	535
Celkem	100	133,6	100,4	2231

Zdroj: CZ BIOM

2. POLITICKÁ A LEGISLATIVNÍ PODPORA VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY V EU A ČR

2.1 Rámcová politika a legislativa EU ve vztahu k OZE

Hodnocení dosavadního stavu, politické cíle, záměry a plány aktivit EU jsou pro jednotlivé oblasti formulovány v tzv. Zelených a bílých knihách (Green Papers, White Papers) nebo tzv. komunikačních dokumentech (Communications). Politické dokumenty obsahují rovněž rámec pro aktivity, rozsah a cílové oblasti jednotlivých implementačních a podpůrných programů EU (v energetice zejména program Inteligent Energy Europe, částečně 6. Rámcový program pro vědu a výzkum aj.).

Klíčovým politickým dokumentem pro diskusi o OZE je **Bílá kniha "Energie pro budoucnost - obnovitelné zdroje energie"** z roku 1997, ve které je definován cíl **zvýšit podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé domácí spotřebě energetických zdrojů v zemích EU-15 na 12 % v roce 2010**. Dokument obsahuje i Akční plán pro dosažení tohoto ambiciózního cíle. Jednotlivé členské země by měly zvýšit podíl OZE dle vlastních zkušeností a vlastního potenciálu.

Z hlediska platné evropské legislativy je nejdále sektor výroby elektrické energie z OZE, kde byla v roce 2001 přijata **Směrnice Evropského parlamentu a Rady o podpoře elektrické energie z obnovitelných zdrojů na vnitřním trhu s elektřinou** 2001/77/EC. Ta stanovuje cíl, aby 22,1 % elektrické energie spotřebované v EU v roce 2010 pocházelo z OZE a definuje požadavky na jejich podporu. Na tuto Směrnici se také váží národní indikativní cíle pro podíl elektřiny z OZE a podpůrná legislativa zavádějící systém podpory pro výrobu elektřiny z OZE. Ve Smlouvě o přistoupení ČR k EU se Česká republika zavázala přijmout národní indikativní cíl ve výši 8% podílu výroby elektřiny z OZE (včetně biomasy a bioplynu) na hrubé spotřebě elektřiny v roce 2010 (dnes cca 4,2%).

Situace v oblasti závazků a cílů EU v oblasti využívání OZE se zkomplikovala přijetím 10 nových členských zemí v roce 2004, kdy na jedné straně tyto země nabízejí významný potenciál pro využití OZE, na druhé straně současná úroveň využívání OZE, technologické a tržní zázemí, legislativa a další podpůrné nástroje v těchto zemích jsou stále ve stádiu vývoje.

Indikativní cíl Bílé knihy ve výši 12% podílu OZE v roce 2010 byl formulován pouze pro země EU-15, zatímco indikativní cíl pro podíl elektřiny z OZE ve výši 21% elektřiny z OZE je dán závazným legislativním dokumentem - směrnicí 2001/77/EC – a stal se tak závazným i pro nové členské země EU včetně České Republiky.

Specifické indikativní cíle Bílé knihy pro jednotlivé typy OZE byly v některých případech v sektoru výroby elektřiny z OZE již překonány - například u větrné energie, kde byl indikativní cíl Bílé knihy – 40 GW instalovaného výkonu - překonán již v roce 2005 a do roku 2010 se předpokládá nárůst instalovaného výkonu na cca 70 GW.

V sektoru výroby tepla z OZE je však současný stav daleko od předpokládaného nárůstu, zejména vzhledem k neexistenci systémového rámce pro podporu výroby tepla z OZE. Již v roce 2004 s předpokládalo, že při zachování současné dynamiky růstu využívání OZE může být dosaženo podílu maximálně 10% OZE, a to při plném splnění indikativních cílů pro výrobu elektřiny z OZE daných Směrnicí 2001/77/EC a cílů pro biopaliva daných Směrnicí 2003/30/EC. Pokud tyto cíle nebudou splněny, celkový podíl OZE pravděpodobně nepřesáhne 8%.

V rámci Bílé knihy se v roce 1997 předpokládal nárůst využívání biomasy v zemích EU-15 z cca 45 Mtoe v roce 1995 na 135 Mtoe v roce 2010. Jedním z dodatečných nástrojů, kterým by mělo být dosaženo zvýšení dynamiky růstu využívání OZE, a zejména biomasy a bioplynu je **Akční plán pro biomasu**, přijatý v roce 2005.

Dalšími nástroji, které by měla podpořit zejména výrobu tepla z OZE (včetně využití biomasy), jsou **Směrnice o energetické účinnosti budov** 2002/91/EC přijatá v roce 2002 a **Směrnice o podpoře využívání kombinované výroby tepla a elektřiny** 2004/8/EC.

Indikativní cíl Bílé knihy - podíl 12% energie z OZE - formulovaný pro tehdejší země EU-15 by také měl být rozšířen pro rozšířenou EU-25 (případně EU-27 po přijetí Bulharska a Rumunska) až do roku 2020. Řada technických studií ukazuje, že při zachování a dalším rozvoji systémů podpory a realizaci dalších podpůrných nástrojů by mělo být možné do roku 2020 zvýšit podíl OZE v EU až na 20%

2.2 Politika a legislativa EU ve vztahu k biomase a biopalivům

V oblasti podpory využívání paliv na bázi biomasy jsou v EU nejdále aktivity s cílem podpořit zvýšení podílu biopaliv a alternativních paliv v dopravě – byla přijata **Směrnice Evropského parlamentu a Rady o biopalivech a alternativních palivech pro dopravu** 2003/30/EC. Cílem je zvýšit v odvětví spotřebu biopaliv na 2 % spotřeby motorových paliv v roce 2005 a na 5,75 % v roce 2010. V roce 2006 bude následovat přezkoumání směrnice o biopalivech a v případě potřeby její přepracování.

Jak již bylo zmíněno, v návaznosti na nepříliš optimistické vyhlídky ohledně možnosti splnění indikativního cíle Bílé Knihy přijala Evropská komise v prosinci 2005 v oblasti využívání biomasy komunikační dokument COM(2005) 628 „**Akční plán pro biomasu**“, který by se měl stát základem pro další rozšířené aktivity v oblasti podpory využívání biomasy a pro tvorbu národních akčních plánů pro biomasu.

V oblasti pěstování energetických rostlin a plodin probíhá přezkoumání provádění prémie pro energetické plodiny zavedené v rámci reformy společné zemědělské politiky pro rok 2003. Dne 22. září 2006 přijala Komise **návrh zaměřený na zvýšení využívání prémie pro energetické plodiny**, kterým se zejména navrhuje rozšíření tohoto režimu na nové členské státy

Na Směrnici Evropského parlamentu a Rady o biopalivech a alternativních palivech pro dopravu 2003/30/EC navazuje **Strategie pro biopaliva**, přijatá v roce 2006 jako dokument COM(2006) 34 final. Součástí Strategie je řada potenciálních tržních a právních opatření a opatření

založených na výzkumu, na podporu výroby paliv ze zemědělských surovin. Dokument, který navazuje na akční plán pro biomasu přijatý v prosinci 2005, stanovuje tři hlavní cíle: podporovat biopaliva v EU i v rozvojových zemích, připravit rozsáhlé využívání biopaliv zlepšením jejich konkurenceschopnosti v oblasti nákladů a posílením výzkumu paliv „druhé generace“ a podporovat rozvojové země, v nichž může výroba biopaliv podnítit udržitelný hospodářský růst.

2.3 Akční plán Evropské Komise pro biomasu

V současné době pokrývá Evropská unie 4 % svých energetických potřeb z biomasy, přičemž biomasa představuje přibližně polovinu z OZE využívaných v současné době v EU. Ve zprávě Evropské Komise z roku 2004 o „Podílu obnovitelných zdrojů energie v EU“ (dokument COM(2004) 366 final) byl prezentován současný stav a indikativní cíle pro zvýšení podílu biomasy na spotřebě energie a byl formulován závěr, že bez dalších dodatečných aktivit není splnění indikativního cíle Bílé knihy možné. Současně se Evropská komise v této zprávě zavázala k vypracování **Akčního plánu pro biomasu**. Důvodem bylo urychlit dosažení indikativních cílů ve využívání OZE stanovených Bílou knihou a Směrnicí 2001/77/EC.

Tabulka 5: Potřeba zvýšení využití biomasy v zemích EU-25 pro dosažení indikativních cílů (Mtoe)

Mtoe	Skutečnost (2003)	Cíl (2010)	Rozdíl
Elektřina	20	55	35
Teplo	48	75	27
Doprava	1	19	18
Celkem	69	149	80

Zdroj: Akční plán pro biomasu

Evropská Komise přijala Akční plán pro biomasu 7. prosince 2005. **Hlavním cílem Plánu je do roku 2010 zdvojnásobit využití bioenergetických zdrojů (dřeva, odpadu, zemědělských plodin) v energetickém mixu EU.** V současné době pokrývá biomasa 4% energetických potřeb v EU. Plán uvádí 31 způsobů podpory biomasy, a to v oblasti vytápění a chlazení, výroby elektřiny a dopravy (biopaliva).

Realizace Akčního plánu pro biomasu by měl vést ke zvýšení podílu OZE o 5%, snížení závislosti na dovozu energií ze 48 na 42 %, snížení emisí skleníkových plynů 209 mil. tun ročně a vytvoření až 250 000 - 300 000 nových pracovních míst.

Opatření navržená v Akčním plánu pro biomasu by měla zabezpečit vytvoření stabilního politického rámce pro zvýšení využívání biomasy, které by mělo být ekonomicky, environmentálně i sociálně udržitelné.

Mezi hlavními navrženými akcemi, které by měla Evropská Komise a následně i členské země v následujících letech realizovat jsou:

- **Nová legislativa EU v oblasti podpory využití obnovitelné energie**, zejména pro výrobu tepla. V roce 2006 bude Komise připravovat návrhy právních předpisů pro podporu využití OZE včetně biomasy pro vytápění a chlazení, zkoumat možnost doplnění směrnice o energetické náročnosti budov tak, aby byla podpořena a zvýšená motivace pro užití OZE v budovách, zkoumat jak zlepšit účinnost kotlů na biomasu pro domácnosti a snížit jejich emise, zahrnutí požadavků do rámce směrnice o ekodesignu;
- **Podpora modernizaci soustav CZT a záměnu paliva ve zdrojích CZT** včetně návrhu na revizi přístupu k sazbě DPH pro teplo ze zdrojů CZT, která by měla být zachována ve snížené sazbě
- **Důsledná implementace a plnění Směrnice 2001/77/EC**, podpora členských zemí ve využití ekonomického potenciálu biomasy pro výrobu elektřiny a kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla a při zvýšení priority pro podpory výroby elektrické energie a KVET z biomasy v rámci systémů podpory pro výrobu elektřiny z OZE a KVET
- **Možná revize směrnice o biopalivech**, zejména v oblasti indikativních cílů, povinností dodavatelů paliv a certifikace biopaliv s cílem zajistit udržitelnost produkce biopaliv.
- **Podpora pěstování energetických rostlin a plodin** v rámci Společné zemědělské politiky. Dne 22. září 2006 přijala Komise návrh zaměřený na zvýšení využívání prémie pro energetické plodiny, kterým se zejména navrhuje rozšíření tohoto režimu na nové členské státy
- **Přehodnocení norem a regulace pro biomasu a biopaliva**. Komise připraví návrh na přehodnocení rámcových právních předpisů týkajících se energetického využití odpadů, přezkoumá regulační rámec pro povolování výrobních postupů využití vedlejších produktů živočišné výroby jako paliva a bude podporovat Evropský výbor pro normalizaci (CEN) v tvorbě norem pro zjednodušení obchodu a rozvoj trhu pevnými palivy z biomasy.
- **Podpora využití biomasy z lesního hospodářství** prostřednictvím Akčního plánu pro lesnictví, který by měl být přijat ještě v roce 2006 a který se bude týkat energetického využití dřeva. Komise také přehodnotí dopad energetického využití dřevní hmoty a dřevního odpadu z těžby v odvětvích dřevozpracujícího průmyslu.
- **Podpora přípravy národních akčních plánů pro biomasu jednotlivých členských států**. Komise bude iniciovat v jednotlivých zemích EU tvorbu akčních plánů pro biomasu (zhodnocení dostupnosti, způsobů rozvoje zdrojů biomasy a podpoře indikativních cílů pro zvýšení využití biomasy).
- **Finanční podpora v rámci strukturálních fondů a fondu soudržnosti**. V rámci přípravy Operačních programů pro roky 2007-2013 je v ČR počítáno s podporou energetického využívání biomasy jak v Operačním programu Podnikání a Inovace, tak v Operačním programu Životní prostředí.
- **Podpora výzkumu a vývoje**, zejména v oblastech optimalizace využití zemědělské a lesní biomasy, rozvoj Technologické platformy pro biopaliva, biorafinérií a výzkum biopaliv druhé generace.

2.4 Potenciál biomasy v EU

Pokud by EU plně využila potenciál, mohla by dle „Akčního plánu pro biomasu“ do roku 2010 zdvojnásobit využití biomasy z 2 889 PJ v roce 2003 na 7 787 PJ v roce 2010. Výsledky analýz potenciálu udržitelného využívání biomasy v zemích EU-25 jsou uvedeny v následující tabulce. Při analýze byla vzaty v úvahu následující kritéria pro udržitelné využívání biomasy:

- žádné omezení domácí produkce potravin
- žádné negativní ovlivnění biodiverzity v zemědělství a lesnictví
- žádné zvýšení environmentálního tlaku na půdu a zdroje vody
- žádné znovuzornění trvale zatravněných ploch
- posun směrem k ekologickému zemědělství
- nastavení míry získávání biomasy z lesů s ohledem místní podmínky, zejména s ohledem na bilanci živin v půdě a rizika eroze.

Tabulka 6: Potenciál využití biomasy v zemích EU-25 (PJ)

<i>PJ</i>	Spotřeba biomasy, 2003	Potenciál, 2010	Potenciál, 2020	Potenciál, 2030
Dřevo včetně odpadu z těžby	2 805	1 800	1 633-1 884	1 833-3 014
Organické odpady, odpady ze zpracování dřeva, opady ze zemědělské a potravinářské výroby, kejda		4 187	4 187	4 270
Energetické plodiny	84	1 800-1 926	3 182-3 935	4 270-5 945
Celkem	2 889	7 787-7 913	9 000-10 000	10 174-13 230

Zdroj: Akční plán pro biomasu

V uvedené tabulce, která představuje předpokládaný potenciál využití biomasy, je zahrnuto 25 členských států EU. Nejsou v ní zahrnuty Bulharsko a Rumunsko a nezahrnuje rovněž dovoz biomasy z takových zemí světa, kde potenciál biomasy je vyšší, než je jejich vlastní poptávka po energii. Odhad potenciálu v EU bude pravděpodobně mnohem vyšší než ten, který je uveden v tabulce.

2.5 Kritické zhodnocení dosažitelnosti indikativních cílů v oblasti OZE v EU a ČR

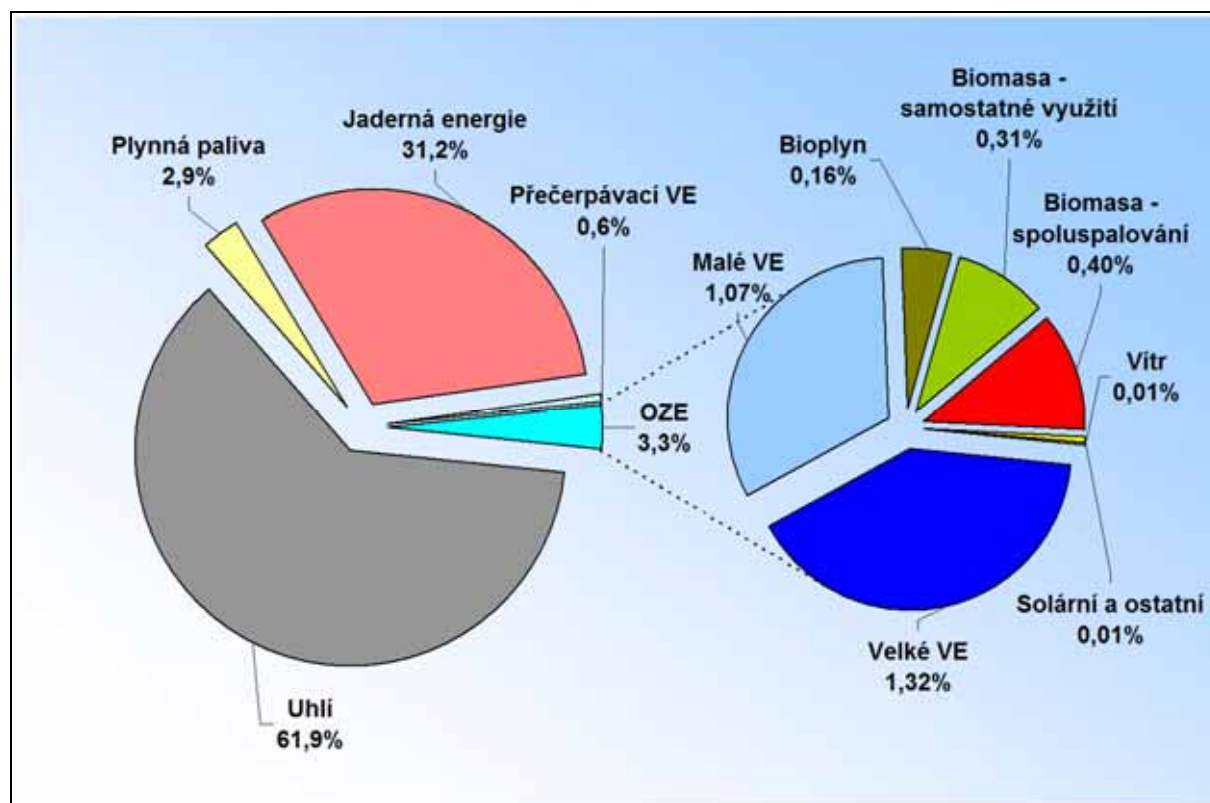
Jedním z hnacích elementů pro vyšší využívání OZE a pro zavedení systémové podpory výroby elektřiny z OZE v EU by mělo být nastavení tzv. národních indikativních cílů v souladu se Směrnicí 2001/77/EC, které vyjadřují cílový podíl elektřiny z OZE na hrubé spotřebě elektřiny v roce 2010. Indikativní cíle pro podíl elektrické energie na hrubé spotřebě elektřiny byly pro nové členské země stanoveny v Přístupové dohodě (Treaty of Accession) z roku 2003. Touto změnou či doplněním Směrnice 2001/77/EC se nové členské země EU zavázaly přispět k úsilí původních členských zemí (EU 15) k dosažení společného indikativního cíle 21 % podílu elektrické energie z OZE na hrubé spotřebě elektřiny.

Tak jako v případě potenciálů, je i současný stav využití OZE v jednotlivých členských zemích EU velmi různorodý. Přes znatelný pokrok dosažený v posledních letech ve využívání větrné energie, biomasy či malých vodních elektráren, je v nových členských zemích výroba elektřiny z OZE stále z velké většiny omezena na velké vodní elektrárny.

Pro Českou republiku byl při vstupních jednáních odsouhlasen národní indikativní cíl 8% v roce 2010. Podíl elektrické energie z OZE (včetně velkých vodních elektráren) na hrubé spotřebě elektřiny v ČR činil 4,04% v roce 2004 a 4,48% v roce 2005, což znamená, že pro dosažení cíle musíme současný podíl OZE na výrobě elektřiny do roku 2010 zhruba zdvojnásobit. Podle posledních dostupných informací Energetického regulačního úřadu vzrostl podíl obnovitelných zdrojů elektřiny v 1. pololetí roku 2006 na 4,8 %, což naznačuje mírný pokrok. Je však nutno upozornit, že v ČR se na výrobě elektřiny z OZE podílejí z cca 2/3 velké a malé vodní elektrárny, které jsou silně závislé na proměnlivých přírodních podmínkách. Například v roce 2003, který byl velmi suchým rokem, a navíc byla řada vodních elektráren poškozena povodněmi v předchozím roce, byl podíl obnovitelných zdrojů elektřiny v ČR pouze cca 2,8%

Podíl OZE na výrobě elektřiny, který v roce 2004 činil 3,3% je v ČR nižší, než sledovaný podíl OZE na hrubé spotřebě elektřiny daný Směrnicí 2001/77/EC vzhledem k poměrně vysokému vývozu elektřiny. Na výrobě elektřiny z OZE se biomasa a bioplyn podílely celkem z 0,87%, z toho 0,4% činilo spalování biomasy ve velkých fosilních zdrojích elektřiny.

Obrázek 4: Struktura výroby elektrické energie v ČR a podíl jednotlivých druhů OZE v roce 2004



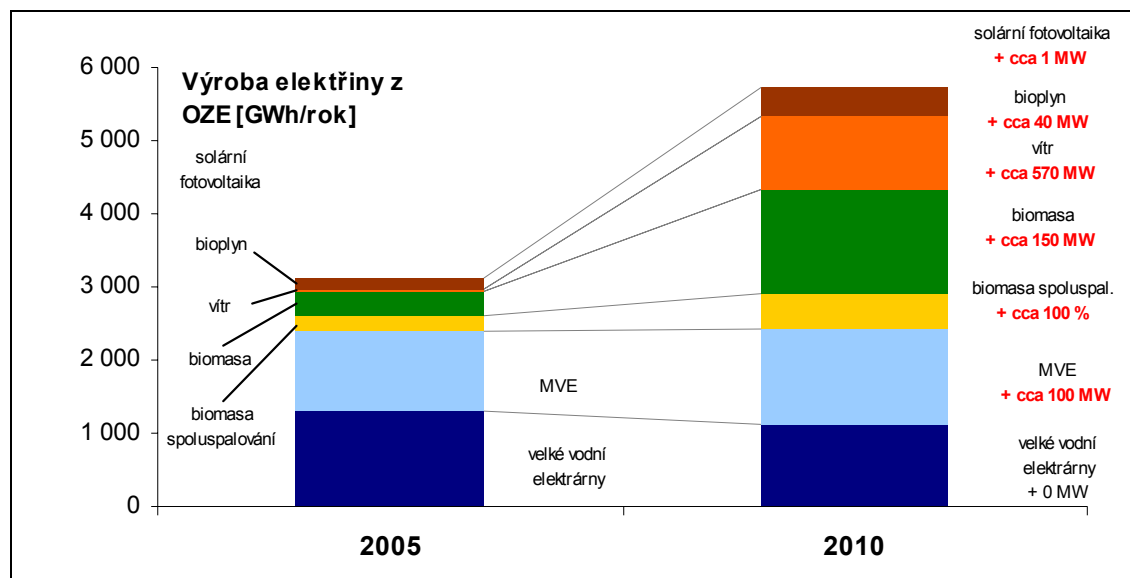
Zdroj: Statistika MPO, ČSÚ a ERÚ

Splnění indikativního cíle tj. 8% podílu elektřiny z OZE představuje výrobu 5,7 TWh z OZE v roce 2010, což je nárůst oproti současnému stavu o cca 2,6 TWh během 5 let. Základním předpokladem dosažení stavu je podle MPO ČR :

- Výroba velkých vodních elektráren na úrovni 1,1 TWh.
- Zdvojnásobení spalování biomasy s uhlím na úroveň 0,5 TWh/rok.
- Rozsáhlá výstavba nových kapacit pro využití energie větru – přes 500 MW_e nového instalovaného výkonu (!).
- Výstavba nových kapacit výroby elektřiny z biomasy o cca 150 MW_e a výroby elektřiny z bioplynu o cca 40 MW_e.
- Nárůst instalovaného výkonu v malých vodních elektrárnách o 100 MW_e.

I přes přijetí Zákona na podporu výroby elektřiny z OZE 180/2005 Sb. a mírný pokrok v počtu nových instalací zařízení na výrobu elektřiny z OZE zaznamenaný po přijetí tohoto zákona je nutno si přiznat, že není příliš realistické předpokládat, že indikativní cíl bude splněn. Ze současné situace je zřejmé, že i přes značné úsilí a pokrok v posledních letech není ČR, většina nových, ale i řada „původních“ členských zemí EU v současné době na optimální cestě vedoucí ke splnění indikativních cílů daných Směrnicí 2001/77/EC

Obrázek 5: Předpoklad nárůstu výroby a instalovaného výkonu na výrobu elektřiny z OZE pro dosažení indikativního cíle



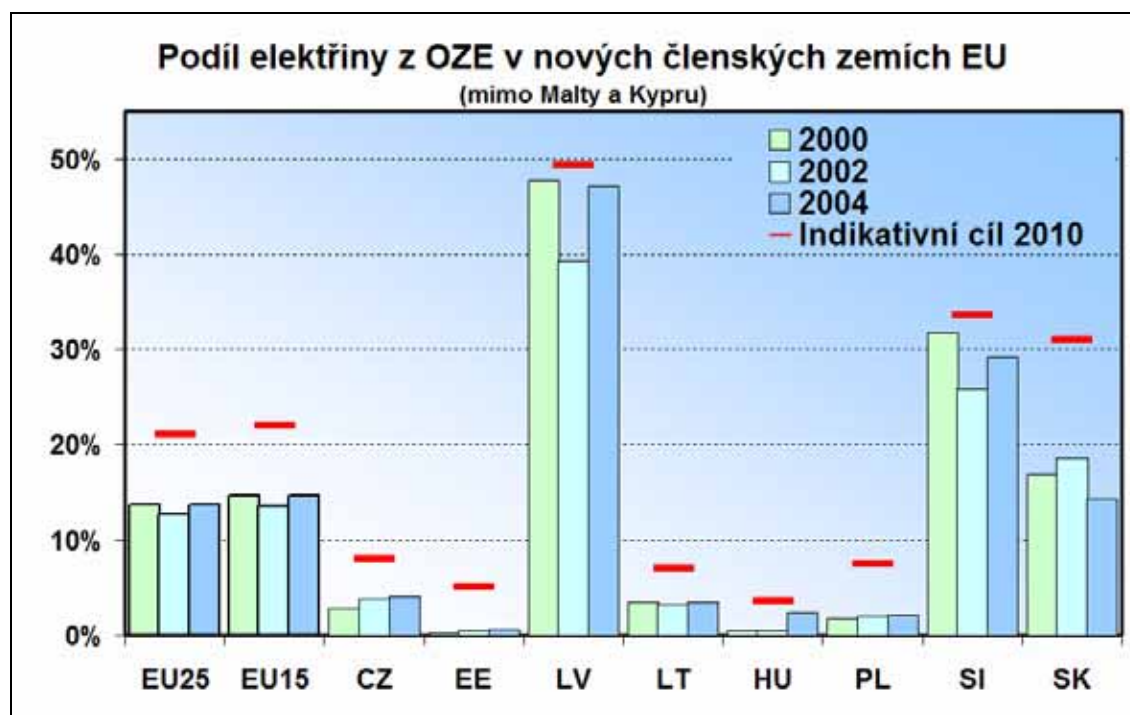
Zdroj: MPO

Z nových členských zemí EU pouze Maďarsko dosáhlo překročení indikativního cíle již v roce 2005, avšak nestalo se tomu díky zavedení funkční systémové podpory pro OZE, ale spíše díky realizaci řady projektů KVET a spalování biomasy, široké aplikaci Kjótských mechanismů (řada projektů JI) a zejména díky nastavení relativně nízkého indikativního cíle. Naopak je téměř jisté, že dvě z nových členských zemí – Slovensko a Slovinsko – mají téměř nulovou šanci dosáhnout svých národních indikativních cílů, vzhledem k tomu, že tyto cíle byly během vstupních jednání nastaveny nereálně vysoko. Rovněž pro další země včetně České republiky, Polska a pobaltských zemí bude extrémně těžké indikativních cílů dosáhnout.

Nastavení indikativních cílů daných Směrnicí 2001/77/EC pro nové členské země EU vychází z celoevropských analýz potenciálů OZE, na jejichž závěrech se bohužel podepsala i nedostatečná komunikace a verifikace závěrů těchto analýz s jednotlivými přístupujícími zeměmi. Již dnes je zřejmé, že některé z těchto indikativních cílů byly nastaveny nesprávně a že při jejich nastavení nebylo zejména přihlédnuto k proměnlivým přírodním podmínkám. Zvláště pro země, které v současnosti vyrábějí obnovitelnou elektřinu převážně ve velkých vodních elektrárnách byl cíl nastaven příliš vysoko. To samozřejmě neznamená, že by nové členské země EU měly polevit ve svém úsilí využívat OZE v maximální reálně možné míře a na základě reálných možností.

I přes výše zmíněná fakta jsou některé z nových členských zemí EU na dobré cestě efektivně podpořit využívání OZE, řada jich však stále ještě nemá plně funkční a efektivní systém podpory výroby elektřiny z OZE, který by zaručoval dlouhodobou a stabilní podporu. Výjimkami jsou Česká republika, která v roce 2005 přijala Zákon 180/2005 Sb., zavádějící systém dlouhodobě zaručených pevných výkupních cen a zelených bonusů, Slovinsko, používající rovněž systém dlouhodobě zaručených výkupních cen či Polsko, které se vydalo cestou inovovaného systému kvót a obchodovatelných zelených certifikátů.

Obrázek 6: Vývoj podílu OZE na celkové hrubé spotřebě elektřiny v letech 2000 - 2004 v porovnání s indikativními cíli v roce 2010 v nových členských zemích EU (mimo Kypru a Malty)



Zdroj: EUROSTAT

V zásadě je možno shrnout, že současný nepříliš lichotivý stav je výsledkem kombinace řady faktorů, z nichž klíčovými jsou zejména:

- Nedostatečná, nevhodně nastavená či opožděně realizovaná systémová podpora pro obnovitelné zdroje elektřiny.
- Nepříliš reálně stanovené národní indikativní cíle pro využití OZE v souladu se Směrnicí 2001/77/EC, které nezaručují, že společného evropského cíle 21% podílu elektřiny z OZE bude dosaženo s optimálním využitím úsilí a prostředků jednotlivých členských zemí a s minimálními dopady na životní prostředí.
- Poměrně prudký nárůst spotřeby elektřiny v souvislosti se zlepšováním hospodářské situace a pomalým tempem snižování energetické náročnosti v nových členských zemích.

Možným způsobem, jak alespoň napomoci k přiblížení se indikativním cílům pro OZE je i podpora výroby tepla a kombinované výroby tepla a elektřiny z OZE a realizace Akčního plánu pro biomasu, který by měl přispět ke zvýšení výroby tepla i elektřiny z biomasy. Zároveň by s tím mělo být dosaženo toho, že v období po roce 2010 budou národní indikativní cíle nastaveny objektivněji s cílem podpořit využívání obnovitelných zdrojů energie, které bude opravdu trvale udržitelné z hlediska vynaloženého úsilí a nákladů i z hlediska environmentálních a sociálních dopadů a přínosů.

3. ZDROJE BIOMASY

3.1 Definice biomasy

Definice biomasy lze v legislativě nalézt několik, prezentovány jsou dvě z nich:

- dle definice dané **Směrnicí 2001/77/EC** se biomasou rozumí biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví, a rovněž biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu.
- dle definice v **Nařízení vlády č. 352/2002 Sb.** se biomasou (v kontextu materiálu vhodného pro spalování) rozumí rostlinný materiál, který lze použít jako palivo pro účely využití jeho energetického obsahu, pokud pochází ze zemědělství, lesnictví, nebo z potravinářského průmyslu, z výroby surové buničiny a z výroby papíru z buničiny, ze zpracování korku, ze zpracování dřeva s výjimkou dřevního odpadu, který obsahuje halogenované organické sloučeniny nebo těžké kovy v důsledku ošetření látkami na ochranu dřeva nebo nátěrovými hmotami, a dřevní odpad pocházející ze stavebnictví.

Biomasa v kontextu svého energetického využití je tedy organická hmota rostlinného nebo živočišného původu, která je biologicky rozložitelná a může být využita pro spalování či jiné přeměny s následným energetickým využitím.

3.2 Přehled zdrojů biomasy

V souvislosti s energetickým využitím biomasy a jejích následných produktů lze v našich podmínkách využít především zbytky ze zemědělství (sláma, zvířecí exkrementy), zbytky dřevní hmoty z lesnictví (větvě, kůra, pařezy), dřevozpracujícího průmyslu (odřezky, piliny, hobliny, třísky), produkty záměrné výrobní činnosti a pěstování v zemědělství a lesnictví (palivové dřevo, energetické rostliny a plodiny), nebo různým způsobem separovanou biologicky rozložitelnou složku odpadu z potravinářské výroby a komunálního odpadu a dále vedlejší produkty z komunálního hospodářství (čistírenské kaly, skládkový plyn).

Popis jednotlivých zdrojů biomasy, jejich parametrů a možností využití by vydal na samostatnou publikaci. Proto byl pro účely této publikace zvolen jednoduchý, strukturovaný tabulkový přehled, který je prezentován na následující straně.

Tabulka 7: Přehled hlavních zdrojů biomasy v ČR

Sektor	Zdroj	Typ zdroje	Obsah vody (% hm.)	Obsah popele (% sušiny)	Technologie pro přeměnu
Zemědělství	Zbytky a odpady z rostlinné výroby	Suchá lignocelulózová biomasa (sláma, zbytky po lisování olejů, odpadní zrno, ekonomicky neprodejné produkty apod.)	10 - 50	2 – 20	Spalování, zplyňování, pyrolýza
	Odpady ze živočišné výroby	Mokrý celulózní biomasa (hnůj, kejda, podestýlka, apod.)	70 - 95	25 - 35	Anaerobní digesce
		Suchá lignocelulózová biomasa (drůbeží trus, zbytky krmiv apod.)	75	17 – 30	Spalování, zplyňování, pyrolýza
	Energetické plodiny	Plody/semena olejnin (řepka, slunečnice, , len apod.)	-	< 0,02	Lisování + výroba metylesteru
		Cukernaté a škrobnaté plodiny (cukrová řepa, obilniny, brambory apod.)	-	< 0,02	Fermentace (výroba bioetanolu)
	Energetické byliny a dřeviny	Suchá lignocelulózová biomasa (topol. olše. akát, šťovík, konopí, komonice bílá. amaranthus apod..)	12,5 – 50	0,2 – 8	Spalování, zplyňování, pyrolýza
	Odpadní travní hmota	Mokrý celulózní biomasa (tráva z údržby trvale zatravněných ploch apod..)	75 – 80	7-10	Anaerobní digesce
Lesnictví	Palivové dřevo	Suchá lignocelulózová biomasa	25 - 50	0,4 - 5	Spalování, zplyňování, pyrolýza
	Zbytky a odpady z lesnictví	Suchá lignocelulózová biomasa (větvě, kůra, pařezy, probírkové dřevo, manipulační odřezky apod..)	25 - 50	0,4 - 5	Spalování, zplyňování, pyrolýza
Průmysl	Zbytky a odpady z průmyslu	Suchá lignocelulózová biomasa (zbytky z dřevařského průmyslu - piliny, hobliny, odřezky apod.)	10 - 30	0,2 – 20	Spalování, zplyňování, pyrolýza
		Mokrý celulózní biomasa (organický odpad z potravinářství - jatka, mlékárny, lihovary, pivovary apod.)	70 - 95	3 - 6	Anaerobní digesce
		Sulfátové výluhy (odpad z papírenství)	90	35-40	Spalování
Odpadové hospodářství	Tuhý komunální odpad	Dřevo z demolice a sběrných dvorů	10 - 40	0,5 - 3	Spalování, zplyňování
		Směsný komunální odpad	20 - 30	20 - 50	Spalování, zplyňování
		Odpad na skládkách	20 - 30	20 - 50	Anaerobní digesce (na skládce)
		Separovaný BRKO	30 - 50	5- 30	Anaerobní digesce
	Čištění odpadních vod	Čistírenský kal (komunální a průmyslové ČOV)	70 - 95	20 - 30	Anaerobní digesce
Údržba veřejné a soukromé zeleně	Odpadní dřevní hmota	Suchá lignocelulózová biomasa (dřevo z údržby parků, zahrad, ochranných pásem, břehových porostů apod.)	25 - 50	1 - 10	Spalování, zplyňování, pyrolýza
	Odpadní travní hmota	Mokrý celulózní biomasa (tráva z údržby parků, zahrad, zatravněných ploch)	75 – 80	7-10	Anaerobní digesce

3.3 Tuhá paliva na bázi biomasy

Pro energetické využití jsou v současnosti nejpoužívanější tuhá biopaliva: odpady ze zemědělské výroby, lesnictví, dřevozpracujícího a papírenského průmyslu (stébelniny, rostlinné zbytky, odpadové dřevo) případně i hmota z plantáží cílevědomě pěstovaných energetických rostlin. Tuhá biopaliva jsou nejčastěji využívána jako palivo ve stacionárních kotlích nebo výtopnách, ale mohou rovněž sloužit jako palivo i pro teplárny, produkující současně teplo i elektrickou energii, případně i pro technologie zplyňování či pyrolýzy.

- **Palivové dřevo** se energeticky využívá v podobě polen pro spalování v malých topeništích a ve formě dřevní štěpky pro spalování ve velkých topeništích výtopen a tepláren. Pro spalování je použitelné dřevo suché, s obsahem vlhkosti do cca 25 %, jehož výhřevnost se pohybuje kolem 13 - 16 GJ/t.
- **Sláma obilovin a olejnin** se nejčastěji spaluje ve velkých topeništích výtopen a tepláren, kam je dopravována ve formě balíků, které jsou zpravidla před podáváním do topeniště mechanicky rozdrůžovány. Výtopna na slámu musí mít velkoobjemové kryté skladiště na dlouhodobé uskladnění paliva, vzhledem k sezónnímu charakteru dostupnosti slámy.
- **Odpadní dřevo** ve formě hoblin, pilin, štěpky se využívá buď přímo, nebo je upravováno do formy dřevěných briket či pelet. Tato paliva najdou uplatnění jak v malých, tak i ve velkých topeništích. Dřevěné pelety se za vysokého tlaku lisují z pilin bez přísady pojidel. Mívají délku 1 až 3 cm a průměr 0,5 až 2 cm a svým jednotným rozměrem usnadňují rovnoměrné a účinné spalování. Jejich výhodou je možnost automatické dodávky do spalovací komory a z toho plynoucí bezobslužný provoz zdroje tepla.
- **Biomasa z plantáží energetických rostlin** (např. speciální odrůdy topolů, konopí, šťovík, amarantu aj.) může být určena buď pro spalování ve formě štěpky či řezanky, zpracována do formy briket či pelet, využita pro výrobu kapalných biopaliv nebo pro výrobu bioplynu. Prozatím jsou energetické rostliny (mimo řepky olejné pro výroby bionafty) pěstovány víceméně pokusně. Jejich dalšímu rozšíření v budoucnu by mohla přispět vhodně volená dotační politika - náhrada dotace na údržbu zemědělské krajiny dotací na zakládání a údržbu plantáží energetických rostlin a samozřejmě i podpora rozvoje trhu s biomasou.

4 Základní údaje o výhřevnosti a objemové hmotnosti nejčastěji používaných tuhých biopaliv udává následující tabulka:

Tabulka 8: Výhřevnosti a objemové hmotnosti nejčastěji používaných tuhých biopaliv

Druh paliva	Obsah vody [%]	Výhřevnost [GJ.t-1]	Objemová hmotnost volně loženého paliva [kg/m ³]
Polena (měkké dřevo)	0	18,6	355
	10	16,4	375
	20	14,3	400
	30	12,2	425
	40	10,1	450
	50	8,1	530
Dřevní štěpka (smrk)	10	16,4	170
	20	14,3	190
	30	12,2	210
	40	10,1	225
Dřevěné brikety	6 - 12	15,5 - 18,5	650 - 850
Dřevěné pelety	6 -12	16,5 -18	650 - 750
Sláma obilovin	10	15,5	120 (balíky)
Sláma kukuřice	10	14,4	100 (balíky)
Sáma řepky	10	16,0	100 (balíky)

4. LOGISTIKA A TRH S BIOMASOU

4.1 Produkty a služby na bázi biomasy

Biomasa je základem pro širokou škálu produktů - od dřevěného polena po dřevní pelety či vysoce rafinované biopalivo. Různé produkty na bázi biomasy jsou vhodné pro různé situace a účely a jejich výběr může být ovlivněn typem, množstvím, cenou a lokalizací dostupných zdrojů biomasy, velikostí a lokalizací poptávky po produktech, typem a cenou požadovaných služeb na bázi biomasy atd. Podstatný vliv může mít také energetická a uhlíková bilance cyklu využívání biomasy, politická podpora, dostupnost financování, sociální či environmentální přínosy a dopady. V každém případě využití biomasy pro výrobu produktů a následně služeb nastává jiná kombinace faktorů, protože tyto faktory mají různou prioritu.

S využitím biomasy či produktů z biomasy je možno poskytovat energetickou službu ve formě tepelné, elektrické či mechanické energie. Tepelné energii je obvykle přikládána nižší hodnota či priorita ve srovnání s energií elektrickou či mechanickou, která je využívána zejména pro dopravu. Nejvyšší celkové účinnosti je možno dosáhnout při poskytování několika služeb současně - např. při kombinované výrobě elektřiny a tepla.

Tabulka 9: Cesty přeměny biomasy v energetické produkty a služby

Zdroje biomasy	Procesy	Hlavní produkty	Služby
Pevná biomasa ze zemědělství a lesního hospodářství, odpad ze zpracování biomasy, energetické dřeviny a byliny	Fyzikální úprava (řezání, štípání, štěpkování, sušení apod.)	Kusové dřevo Štěpky Slámová řezanka	Teplo Elektřina
	Densifikace (lisování do pelet, briket, balíků)	Balíky Brikety Pelety	
	Karbonizace	Dřevěné uhlí	
	Zplyňování	Energoplyn	
	Pyrolýza	Kapalné palivo (pyrolýzní olej), plyn	Teplo Elektřina Doprava
	Katalytické zkapalňování (hydrolýza)	Kapalné palivo	
Energetické plodiny (olejiny, škrobnaté a cukernaté plodiny)	Esterifikace	Bionafta	Teplo Elektřina Doprava
	Fermentace	Bioetanol	Doprava
Organické odpady z živočišné výroby, potravinářské odpady, zelená biomasa	Anaerobní digesce	Bioplyn	Teplo Elektřina
BRKO	Zplyňování	Energoplyn	Teplo Elektřina
	Anaerobní digesce	Bioplyn	

4.2 Logistika biomasy

Logistika je podle definice vědní obor, který se zabývá fyzickými toky zboží či jiných druhů zásob od dodavatele k odběrateli. Pod pojmem **logistika biomasy** je možno si představit technické, organizační a obchodní zajištění cesty surové biomasy ke konečnému spotřebiteli, ať už v původní formě, nebo mnohem častěji ve formě různě zpracovaného a upraveného biopaliva. Tato kapitola se zaměřuje spíše na organizační a obchodní část celého procesu než část technickou, která je detailně popsána jinými autory v jiných publikacích a článcích [16].

Každý systém logistiky biomasy zahrnuje ve větší či menší míře následující prvky:

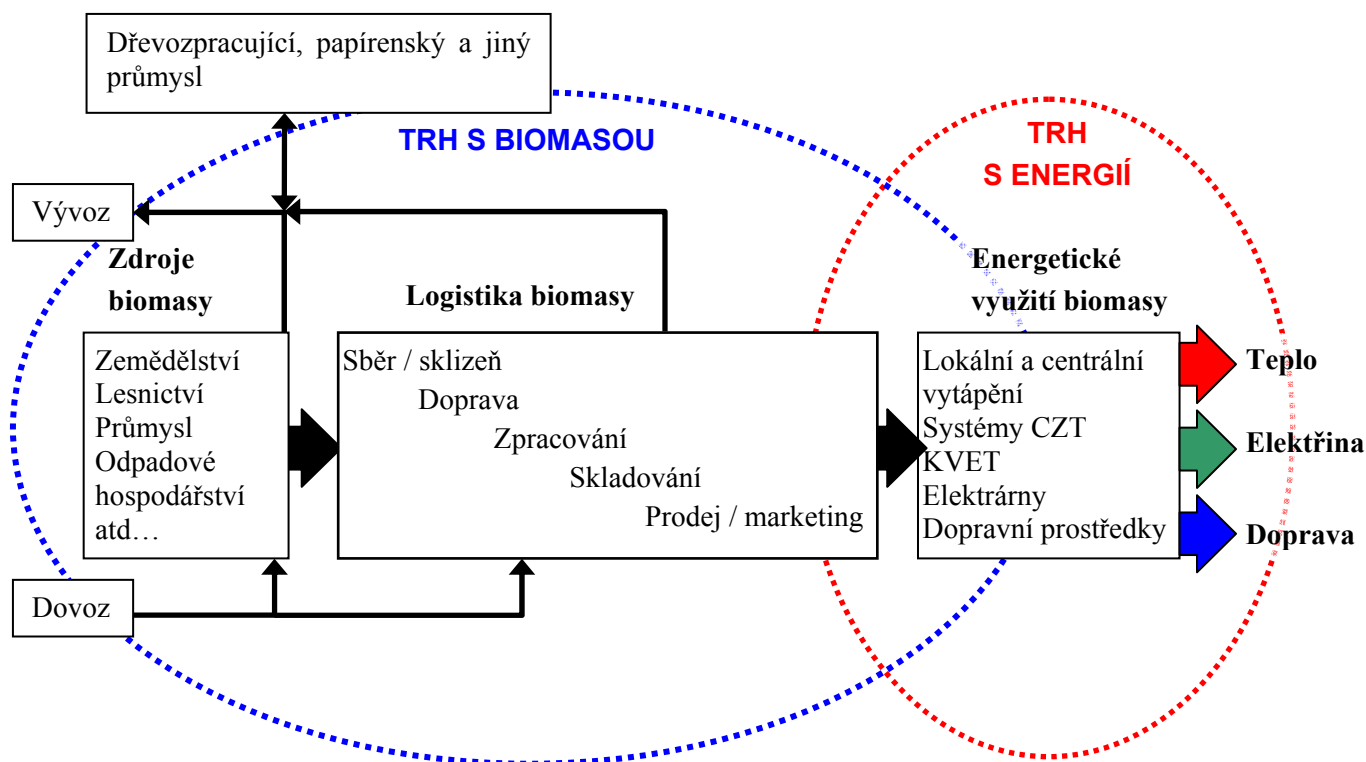
- Sběr / sklizeň biomasy
- Dopravu
- Zpracování
- Skladování
- Marketing / prodej biomasy či produktů jejího zpracování

Jednotlivé prvky se v systému mohou i několikrát opakovat (zejména doprava a skladování).

Základní problémy, které logistika biomasy řeší, vyplývají ze samotné podstaty a charakteru biomasy jako paliva či základní suroviny pro biofyzikální přeměny a následné využití produktů těchto přeměn:

- Biomasa je obvykle **rozptýlený zdroj** – pro zabezpečení dostatečného množství biomasy je nutno biomasu obvykle sbírat v rámci širšího území (energetické plodiny, sláma, zbytky po těžbě dřeva apod.) či z několika lokalit (zbytky z průmyslového zpracování dřeva, kejda či jiné organické zbytky, BRKO apod.), proto je nezbytné optimální využití technologií a kapacit pro sběr a dopravu biomasy.
- Zdroje biomasy, zejména ze zemědělství mohou mít **sezónní charakter** – řada druhů biomasy je dostupná sezónně, obvykle s roční periodou (sláma) či s určitou periodou během vegetačního období (tráva). Sezónně dostupná může být i dřevní hmota z lesního hospodářství vzhledem k možnosti omezené těžbě a dostupnosti lesních porostů v zimním období. Navíc se období dostupnosti zdrojů biomasy nekryje s topným obdobím, kdy je poptávka po biomase nejvyšší. Proto je nutno zajistit optimální skladování či meziskladování biomasy tak, aby byl zabezpečen její optimální a rovnoměrný přísun ke konečnému spotřebiteli.
- Zdroje biomasy mají obvykle **různorodou a proměnlivou kvalitu** - surová biomasa obvykle obsahuje určité množství vody, které ve výsledném produktu není příliš žádoucí a není žádoucí ani z hlediska dopravy – je výhodnější dopravovat suchou biomasu, než vodu a vzduch. Určité druhy biomasy (štěpka, piliny) mají malou měrnou hmotnost, což zvyšuje nároky na skladovací prostory i objem nákladových prostor dopravních prostředků – proto se zhutňují (densifikují) do formy briket a pelet, které mají standardizované parametry, lépe se nimi manipuluje a lépe se skladují.

Obrázek 7: Vztahy logistiky biomasy, trhu s biomasou a jejího energetického využití



Ekonomika logistického řetězce biomasy je závislá zejména na lokalitě (klima, druhy biomasy, výnosy), na zabezpečení dodávky biomasy (zejména je důležitá dopravní vzdálenost) a na zvolené konverzní technologii. Zdroje biomasy mají tendenci se vyskytovat zejména ve venkovských oblastech, zatímco poptávka po energii je koncentrována v městských aglomeracích. Proto je z logistického hlediska výhodné využívat biomasu co nejbližší od lokality jejího zdroje a z toho vyplývá rovněž využití v decentralizovaných zdrojích, což je v souladu s prioritami většiny národních energetických politik i v souladu s prioritami EU.

Ideální z hlediska trhu i z hlediska přínosů je komplexní logistický systém, zahrnující všechny prvky logistiky biomasy od sběru až po spotřebu a z hlediska trhu jak stranu nabídky, tak stranu poptávky. Takovýto systém může mít, co do velikosti, rozsah od lokálního, přes regionální až po globální. Z hlediska stability a rovněž udržitelnosti (ať již ekonomické, environmentální či sociální), je výhodou, když v systému participuje co nejmenší počet účastníků se společnými nebo alespoň nepřilíš protichůdnými zájmy. Stabilitu systému mohou také výrazně ovlivnit vnější faktory, zejména tržního charakteru (např. vyšší cena pelet v SRN / Rakousku vs. lokální trh s peletami v ČR nebo zvýšená poptávka po biomase pro spalování daná nevhodným nastavením výkupních cen vs. lokální a regionální trh s biomasou).

Každý větší energetický projekt využívající biomasu je individuálním řešením, proto by jeho realizaci měla předcházet podrobná technicko-ekonomická studie v podobě energetického auditu nebo studie proveditelnosti, která by rovněž měla zahrnovat analýzu trhu s biomasou a analýzu

celého logistického řetězce, aby bylo celý systém od zdroje po konečné využití biomasy navrhnut optimálně a aby se předešlo případným rizikům. Vzhledem k tomu, že u většiny projektů energetického využití biomasy se jedná o dlouhodobou investici, musí být dlouhodobě zabezpečena zejména stabilita dodávek paliva a jeho cena, zaručená nejlépe dlouhodobou smlouvou. Stejně tak musí být již předem zabezpečena i poptávka po vyrobeném teple.

Při návrhu či posuzování logistického systému biomasy je nutno vzít v úvahu zejména vybrané systémové proměnné, které mohou zásadním způsobem ovlivnit celý logistický systém, jeho životaschopnost, ekonomickou efektivnost i udržitelnost. Nejdůležitější proměnné jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 10: Důležité systémové proměnné v systémech logistiky biomasy

Prvek logistiky biomasy	Proměnná
Sběr / sklizeň biomasy	druh a kvalita zdroje biomasy metoda a technologie sběru / sklizně sezónnost sběru/ sklizně
Doprava	dopravní vzdálenost celková a jednotková dopravní kapacita (hmotnost a objem nákladu) parametry dopravovaného materiálu (měrná hmotnost, vlhkost) doba dopravy investiční a provozní náklady spotřeba paliv / energie
Zpracování	výkon technologie investiční a provozní náklady vlastní spotřeba energie doba zpracování ztráty biomasy kvalita produktu
Skladování	parametry skladovaného materiálu (měrná hmotnost, vlhkost) kapacita skladování investiční a provozní náklady ztráty biomasy při skladování
Prodej / marketing	cena konkurenčních paliv poptávka po biomase časový horizont smluvních vztahů
Přeměna	investiční a provozní náklady jednotkový výkon účinnost přeměny doba využití

4.3 Logistika biomasy z pohledu životního cyklu

Logistika biomasy je vzhledem k nepřebernému množství druhů biomasy, způsobů jejího využití i vzhledem k variabilním podmínkám (klimatickým, geografickým, tržním) záležitost nesmírně komplexní a téměř v každém případě je nalezení optimální cesty biomasy od jejího

zdroje ke konečnému spotřebiteli unikátním řešením. Jak již bylo naznačeno, cílem je tuto cestu biomasy maximálně optimalizovat z hlediska časového, organizačního, nákladového, z hlediska vlivů na životní prostředí i z dalších hledisek. Ideálním stavem je, když je nalezeno optimum z hlediska všech hlavních kritérií udržitelnosti využití biomasy.

Jedním z vhodných nástrojů pro posouzení různých variant logistických systémů využití biomasy je posouzení těchto variant z hlediska životního cyklu, který v sobě integruje jak ekonomická, tak i environmentální a další hlediska. Ve světě existují a jsou používány více či méně složité optimalizační modely, ať už pro návrh samotného logistického systému, tak i pro jeho řízení. V ČR je rozšířen a používán například model GEMIS, kterým je možno posuzovat varianty z hlediska interních a externích nákladů, environmentálních dopadů a dopadů na zaměstnanost během celého životního cyklu biomasy. Model GEMIS včetně aktualizované databáze technologií a procesů specifických pro Českou republiku je dostupný na internetové adrese <http://www.cityplan.cz/gemis/>.

4.4 Trh s biomasou a biopalivy

Trh s biomasou a rafinovanými biopalivy má řadu specifík a liší se od trhů s jinými produkty, službami a komoditami. Základním důvodem je fakt, že zdroje biomasy mají silně decentralizovaný charakter, jsou rozloženy nerovnoměrně a jsou závislé zejména na přírodních podmínkách, intenzitě zemědělské a lesní produkce apod., kdežto poptávka po biomase je závislá zejména na demografii, ekonomickém rozvoji a rovněž na politických podmínkách určujících ceny konkurenčních paliv, ekologické priority, podporu využívání biomasy apod.

Z hlediska velikosti je nutno rozlišit trhy lokální, regionální, národní, nadnárodní a globální. Tyto trhy se vzájemně prolínají a hranice mezi nimi často nejsou příliš jasné. Důležitým faktem je, že se vzájemně ovlivňují a v některých případech si vzájemně mohou konkurovat (v tom případě obvykle platí pravidlo, že větší trh konkuruje či pohltí trh menší). Protože je biomasa rozptýleným zdrojem, který je k dispozici zejména ve venkovských regionech, je z hlediska trvalé udržitelnosti nejvhodnější využívat zdroje biomasy lokálně či v přilehlých regionech (tedy co nejbližší místu jejich vzniku) a pouze nevyužité přebytky zdrojů biomasy dávat k dispozici na trhy vyšší úrovně. Toto je samozřejmě ideální a spíše teoretický stav, je však jasné, že z hlediska trvalé udržitelnosti mají jednoznačnou prioritu trhy s biomasou na úrovni lokalit či regionů, a že nadnárodní či globální trhy s biomasou jsou přijatelné pouze za splnění určitých striktně daných podmínek. Na druhou stranu platí, že pokud zdroj biomasy nemůže být lokálně či v přilehlém regionu efektivně využit, může být využit i v poměrně vzdálených centralizovaných zdrojích s vyšší účinností.

Jedním z faktorů, které mohou ovlivnit udržitelnost produkce a využívání biomasy zejména v rozvojových či transformujících se zemích je právě velmi rychle, dynamicky a agresivně se rozvíjející mezinárodní trh s biomasou a biopalivy, jehož hnacím motorem jsou politický tlak na vyšší využívání biomasy a vysoké náklady na produkci biomasy ve vyspělejších zemích. Ačkoli je mezinárodní a nadnárodní trh s biomasou a biopalivy velmi často zdůrazňován jako jedno

z řešení pro zvýšení využívání biomasy a biopaliv a jako jeden z impulsů pro rozsáhlejší využití jejich zdrojů, je toto hledisko příznivé pouze pro tzv. „vyspělé“ země, respektive pro země s vysokou úrovní cen tradičních fosilních paliv, systémem podpory příznivým pro biomasu a biopaliva, případně s problémy se splněním závazků vyplývajících z Kjótského protokolu. Vzhledem k ekonomické síle a poptávce po biomase v těchto zemích může dojít k odlivu nejlépe disponibilních a kvalitních zdrojů biomasy ze zemí producenta se všemi negativními důsledky (odliv biomasy z lokálních trhů, lokální využití pouze méně kvalitní biomasy, neúměrné čerpání zdrojů biomasy, nízká úroveň tvorby přidané hodnoty v lokalitě produkce biomasy atd.). Pro příklady není nutno chodit jen do rozvojových zemí, rovněž v rámci EU je tok biopaliv směřován převážně z nových členských zemí EU do původních členských zemí s vysokou poptávkou po biomase a biopalivech. Názorným příkladem může být export převážné části produkce dřevních briket a pelet z ČR do Rakouska, SRN a Skandinávie.

Mezinárodní a nadnárodní trh s biomasou a může být přijatelný pouze pokud biomasa není využitelná lokálně a regionálně a pokud jsou splněna základní kritéria pro udržitelnost v celém cyklu produkce a využití biomasy. Ačkoli se vyhlídky nemusí zdát příliš optimistické, priority udržitelného rozvoje začínají mít někdy navrch nad „neviditelnou rukou trhu“ a ve vyspělých zemích se začínají objevovat iniciativy pro udržitelný mezinárodní trh s biomasou.

5. INDIKÁTORY UDRŽITELNÉHO ROZVOJE VE VZTAHU K VYUŽITÍ BIOMASY

5.1 Biomasa a udržitelný rozvoj

Udržitelný rozvoj je novým rámcem strategie civilizačního rozvoje, který začal být zohledňován zhruba od 80. let 20. století. Vychází z klasické a široce přijaté definice Komise OSN pro životní prostředí a rozvoj z r. 1987, která považuje rozvoj za udržitelný tehdy, naplní-li potřeby současné generace, aniž by ohrozil možnosti naplnit potřeby generací příštích. Jeho obsah byl poté rozvíjen jednotlivými státy i v mezinárodním měřítku. Poslední z velkých setkání, Světový summit o udržitelném rozvoji (Johannesburg 2002), zdůraznil, že cílem je takový rozvoj, který zajistí rovnováhu mezi třemi základními pilíři: sociálním, ekonomickým a environmentálním, jak symbolicky vyjádřilo jeho heslo: lidé, planeta, prosperita. Podstatou udržitelnosti je naplnění tří základních cílů:

- sociální rozvoj, který respektuje potřeby všech,
- účinná ochrana životního prostředí a šetrné využívání přírodních zdrojů a
- udržení vysoké a stabilní úrovně ekonomického růstu a zaměstnanosti.

Využívání obnovitelných zdrojů energie je nejčastěji spojováno s příznivými ekologickými (a méně často i ekonomickými a sociálními) přínosy a je obecně přijímáno jako „ekologické“ a „udržitelné“. Tento závěr však není vždy možné paušálně přijmout vzhledem k tomu, že i využívání OZE může mít své negativní dopady. Z hlediska udržitelného rozvoje je nutno posuzovat obnovitelné, ale i neobnovitelné zdroje energie komplexněji, s využitím širší sady kritérií a indikátorů, které zahrnují všechny tři pilíře udržitelného rozvoje.

5.2 Kritéria udržitelnosti energetického využití biomasy

Ačkoli využívání obnovitelných zdrojů a biomasy konkrétně je obvykle spojováno s pozitivními energetickými, ekonomickými, environmentálními, sociálními a dalšími přínosy, nemusí tomu být vždy a za všech podmínek. Proto je nutno v rámci celého cyklu energetického využívání biomasy posoudit, zda je tento cyklus a jeho jednotlivé komponenty z hlediska udržitelnosti nastaveny optimálně.

Za tímto účelem byla ve světě navržena řada metodik a souborů kritérií a indikátorů pro posouzení udržitelnosti projektů energetického využívání biomasy (např. metodika zpracovaná UNEP, která je však navržena a je použitelná spíše pro rozvojové země). Tyto metodiky a kritéria jsou však velmi specifické z hlediska geografického i z hlediska úrovně rozvoje dané země či regionu. Udržitelnost využívání biomasy závisí na celém souboru lokálních podmínek, a proto nelze metodiky či kritéria ze zahraničních pramenů jednoduše převzít, některé jejich principy lze však zobecnit.

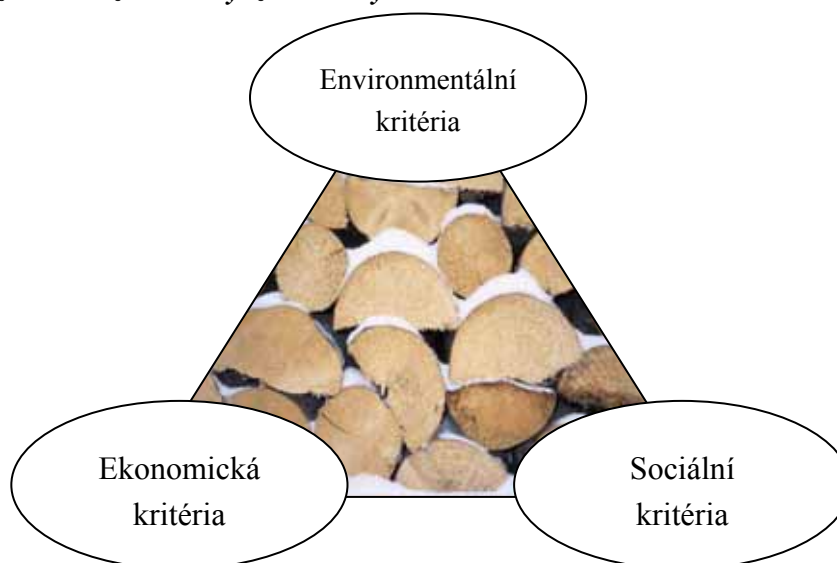
Obecně lze pro energetické využití potenciálu biomasy v dané lokalitě či regionu definovat následující omezení:

- Potenciál zdrojů biomasy a jeho rozmístění
- Stav technologického rozvoje a dostupnost technologií a postupů pro využití biomasy
- Náklady na technologie a zdroje biomasy
- Sociální, organizační a tržní struktury a technická infrastruktura pro zajištění dodávek biomasy
- Politická a veřejná přijatelnost
- Zábor půdy a další environmentální aspekty

Z pohledu posouzení udržitelnosti projektu jsou důležité aspekty, které kopírují tři základní pilíře udržitelného rozvoje. Obecně lze kritéria udržitelnosti, shrnout do tří skupin:

- Environmentální kritéria
- Ekonomická kritéria
- Sociální kritéria

Obrázek 8: Posuzování udržitelnosti využití biomasy



Jak bylo zmíněno, kritérií a indikátorů pro posouzení udržitelnosti využití biomasy může být celá řada. Následující tabulka je syntézou kritérií udržitelnosti zpracovanou na základě zahraničních i místních zdrojů informací, praktických zkušeností autorů publikace, zahrnuje specifika využívání biomasy v ČR a měla by být obecně použitelná obecně jako „kontrolní seznam“ pro hodnocení udržitelnosti projektů využití biomasy. Tento výčet kritérií, je spíše podkladem pro diskusi, než definitivním podkladem pro hodnocení projektů využívání biomasy a může být doplněn dalšími kritérii.

Tabulka 11: Kritéria udržitelnosti energetického využívání biomasy

Skupina kritérií UR	Hlavní kritérium	Specifické kritérium
Environmentální kritéria	Emise	• Emise skleníkových plynů • Emise ZNL do ovzduší • Použití chemických hnojiv, pesticidů a chemických přípravků
	Odpady	• Produkce vs. využití odpadů • Využitelnost vedlejších produktů
	Biodiverzita	• Využívání nepůvodních druhů rostlin • Využívání geneticky modifikovaných organismů (GMO) • Monokulturní hospodaření
	Hospodaření s půdou a vodou	• Zábor půdy vs. využití nevyužívané půdy • Ochrana před erozí • Intenzivní vs. extenzivní hospodaření • Zachování vitality a produkční schopnosti půdy (bilance živin v půdě) • Ochrana zdrojů vody a vodního režimu v krajině
	Ochrana přírody a krajiny	• Zachování ekologické rovnováhy • Údržba krajiny vs. narušení krajinného rázu
	Doprava a logistika	• Nároky na dopravu (vzdálenost a způsob dopravy) a skladování • Preference lokálních zdrojů biomasy
Ekonomická kritéria	Konkurenceschopnost	• Cena a dostupnost biomasy na trhu • Konkurenceschopnost tradičním energetickým zdrojům • Konkurence neenergetickému využití biomasy (materiál, potraviny) • Orientace na lokální, regionální či mezinárodní trh s biomasou • Podpora českých výrobců a dodavatelů technologií a služeb
	Životaschopnost	• Ekonomická soběstačnost vs. nároky na politickou a finanční podporu • Úroveň podnikatelského rizika • Společné vs. Protichůdné zájmy participantů na trhu s biomasou / v logistickém systému biomasy
	Rozvoj	• Tvorba nových produktů a trhů • Posílení energetické soběstačnosti regionů • Podpora místního a regionálního rozvoje (zejména ve venkovských regionech) • Tvorba příjmů a přidané hodnoty v regionu • Integrace do místních, regionálních a národních ekonomických struktur
Sociální kritéria	Práce a vzdělávání	• Zachování a tvorba pracovních míst • Bezpečnost práce • Vzdělávání a rekvalifikace • Šíření informací a zvyšování povědomí
	Sociální solidarita	• Podpora nízkopříjmových vrstev obyvatel a minorit • Podpora ekonomicky slabých obcí
	Kvalita života	• Zlepšení životní úrovně • Tvorba sociálních struktur • Zapojení veřejnosti a spoluúčast na rozhodování

5.3 Kritická místa v oblasti „udržitelnosti“ využívání biomasy v ČR

Kritických míst v oblasti udržitelnosti využívání biomasy v ČR je celá řada. Za zvýšenou pozornost stojí zejména následující oblasti:

- Emise z technologií spalování biomasu – zvláštní pozornost si zaslouží zejména emise tuhých částic, NO_x, případně i organických látek, zvláště v malých a středních zdrojích.
- Vliv okolních trhů – konkurence okolních trhů, zejména v Rakousku a SRN ovlivňující trh v ČR a způsobující „odliv“ lokálně a regionálně využitelné biomasy do zahraničí.
- Nevhodné nastavení systémů podpory – viz. např. nevhodné nastavení výkupních cen elektřiny ze spoluspalování, které v roce 2004 „otřásl“ celým českým trhem s biomasou.
- Konkurence s materiálovým využitím biomasy – materiálové využití biomasy pro výrobky směřující na domácí trh by mělo být upřednostněno.
- Pěstování energetických plodin – problematické může být využívání nepůvodních druhů rostlin, monokulturní hospodaření a rovněž hospodaření s intenzivním využitím chemikálií.
- Využití odpadů – bez zásadních změn v odpadovém hospodářství (nastavení systémů separace a sběru BRKO) nebude organické odpady možno efektivně energeticky využít.
- Doprava a logistika biomasy – optimalizované logistické zázemí je nezbytným předpokladem úspěšnosti a udržitelnosti středních a větších biomasových projektů.
- Ceny fosilních paliv a energie z nich vyrobené – tyto faktory zásadním způsobem ovlivňují konkurenceschopnost biomasy a také poptávku po ní.
- Protichůdné zájmy účastníků trhu a participantů v logistických řetězcích biomasy – citlivé a vhodné nastavení systémů a trhu s biomasou tak, aby se staly spíše platformou vzájemné spolupráce s přínosy pro všechny účastníky je nezbytným předpokladem úspěšných projektů a dalšího rozvoje lokálního trhu s biomasou.
- Neexistence systémové podpory pro teplo z OZE – na jedné straně omezuje rozvoj a konkurenceschopnost využívání biomasy, na druhé straně její zavedení bude muset být vhodně nastaveno, aby se předešlo živelnému a nepřiměřenému čerpání zdrojů biomasy bez ohledu na kritéria udržitelnosti.

Příliš centralizované využívání biomasy – biomasa je vhodným zdrojem zejména pro decentralizované energetické využití, proto by mělo být upřednostňováno využívání biomasy v lokálním a regionálním měřítku před centralizovaným využíváním (spoluspalování, velké centralizované zdroje tepla a elektřiny na biomasu). I v lokálním či regionálním měřítku je často ekonomičtější decentralizované využití biomasy v malých kotlích, než výstavba zdroje CZT na biomasu s sítí CZT.

6. MODERNÍ TECHNOLOGICKÉ MOŽNOSTI VYUŽITÍ BIOMASY

Z energetického hlediska je i dnes základním a nejčastějším konečným využitím biomasy její spalování. Je podle své formy spalována buď přímo, nebo jsou spalovány plynné či kapalné produkty jejího zpracování. Stručný přehled základních možností jejího zpracování k energetickým účelům je uveden následující tabulce:

Tabulka 12: Zpracování biomasy k energetickým účelům

	Přímé spalování	Chemické procesy - suché			Chemické procesy - mokré	
		Fyzikálně chemické zpracování	Zplyňování	Pyrolýza	Alkoholové kvašení (fermentace)	Metanové kvašení
Energetické technické plodiny	***	***	*	*	***	**
Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a po údržbě krajiny	***	*	**	**		**
Odpady z živočišné výroby	*		*	*		***
Kaly z čistíren odpadních vod	*		*	*		***
Komunální organické odpady	***		**	**		***
Organické odpady z potravin, výroby		** (oleje)				***
Odpady z dřevař. provozů	***		**	**		
Lesní odpad	***		**	**		
Získané produkty	teplo vázané na nosič	olej, metylester (bionafta)	hořlavý plyn	pevné palivo, dehtový plej, plyn	etanol, metanol	metan (bioplyn)

Legenda: aplikace technologie v praxi

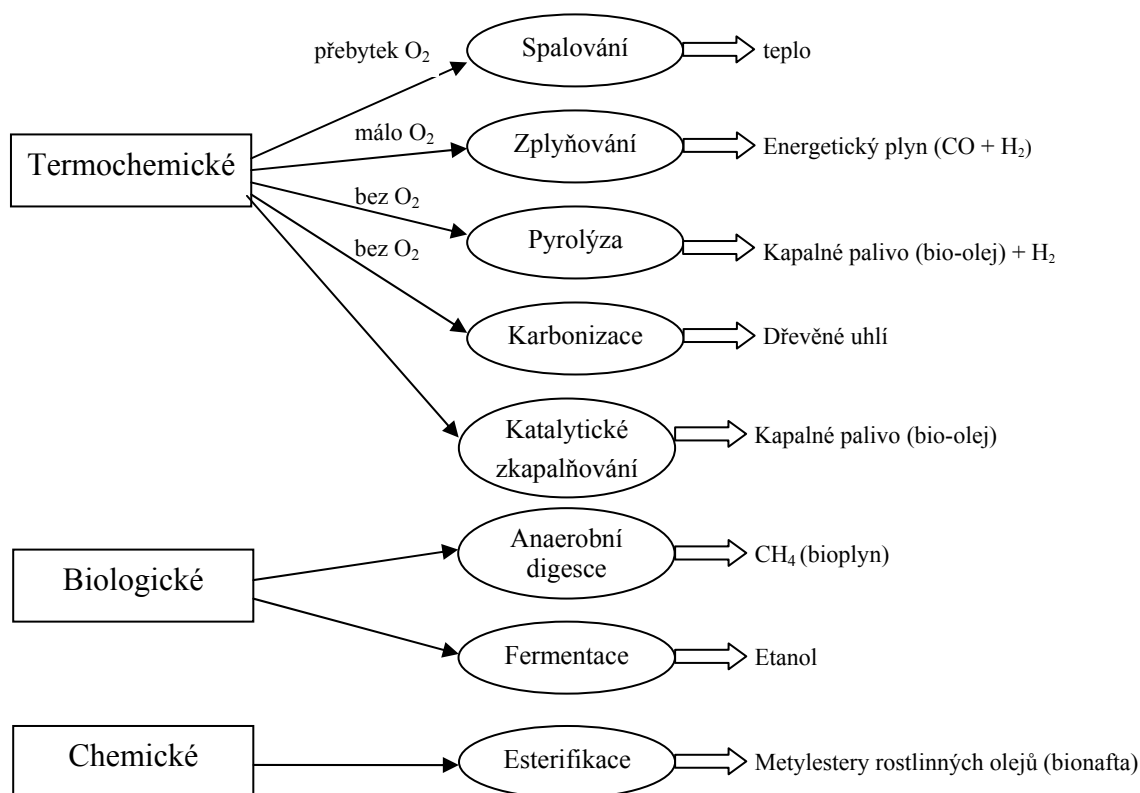
** technicky zvládnutelná technologie, avšak v praxi zatím nepoužívaná*

*** vhodné jen pro určité technicko-ekonomické podmínky*

**** často používaná technologie*

Vhodných technologií pro přeměnu biomasy a výrobu tepla a elektřiny je mnohem více. Výběr té nejvhodnější záleží na její dostupnosti, ceně, spolehlivosti, efektivitě, vlivu na životní prostředí a dalších kritériích. Řada technologií je ve stadiu vývoje, demonstrace či testování. Následující schéma podává přehled o technologiích a výsledných produktech technologií pro využití biomasy, které budou popsány v následujícím textu:

Obrázek 9: Základní procesy a technologie přeměny biomasy



6.1 Termická a termochemická přeměna biomasy

6.1.1 Přímé spalování a spaluspalování

Z energetického hlediska je i dnes základním a nejčastějším konečným využitím biomasy její spalování, tedy termická přeměna (oxidace) biomasy za dostatečného přístupu kyslíku. Biomasy je podle své formy spalována buď přímo, nebo jsou spalovány plynné či kapalné produkty jejího zpracování.

Technologie spalování je dokonale zpracovaná a pro investory představuje minimální riziko. Produktem je tepelná energie, která se následně využije pro vytápění, technologické procesy nebo pro výrobu elektrické energie. Spalování většinou nevyžaduje předběžnou speciální úpravu biomasy. Je přijatelná i vyšší vlhkost suroviny. Vzhledem k charakteru biomasy a jejímu proměnnému složení je nutno věnovat značnou pozornost optimálním podmínkám při spalování a při čištění výstupních spalin, kde je nutno především kontrolovat emise oxidu uhelnatého a tuhých látek, v některých případech i emise oxidů dusíku a organických látek.

Zařízení pro přímé spalování biomasy se výkonově mohou pohybovat od několika kW do desítek MW. Tato zařízení představují u nás nejméně problémový a perspektivní tepelný zdroj využívající spalitelnou biomasu. Podle výkonu a technického řešení je lze rozdělit na následující skupiny:

- **Lokální topeniště** (obvykle o výkonech několika kW)
 - **klasická kamna** - (plechová či litinová) jsou již technicky překonaným řešením, jehož nevýhodou je méně dokonalé spalování (nižší účinnost, více emisí škodlivin do ovzduší) a nutnost časté obsluhy;
 - **klasické krby** jsou spíše módním doplňkem interiéru, než energeticky efektivním řešením lokálního vytápění na biomasu.
 - **krbová kamna**, případně **moderní krbové vložky** jsou modernějším řešením lokálního vytápění, mají vyšší účinnost a vysoký podíl sálavé složky tepla (až 30 % tepelného výkonu) a obvykle jsou vybavena vzduchovými kanálky pro ohřívání okolního vzduchu. Některá moderní krbová kamna mají také vestavěnou topnou vložku, takže pracují zároveň i jako kotel ústředního vytápění;
 - **cihlové pece a kachlová kamna** jsou v u nás používány již velmi dlouho a v poslední době jsou módní záležitostí. Obvykle tvoří zajímavou součást interiéru, mají oproti klasickým kamnům či krbům poměrně vysokou účinnost i akumulaci schopnost, takže jsou dostatečným zdrojem tepla po celý den a poskytují příjemné sálavé teplo;
- **Malé kotle na biomasu-** (cca 20 - 100 kW), využívané pro vytápění rodinných domků či menších budov.
 - **zplyňovací kotle na kusové dřevo** pracují obvykle tak, že se palivo nejprve zplyňuje a teprve potom se plyn spaluje. Takový systém umožňuje velmi dobrou regulaci výkonu. V kotlích je možno spalovat polenové dřevo či dřevěné brikety, někdy v kombinaci se štěpkou nebo dřevním odpadem. V těchto případech je ovšem nezbytná manuální obsluha kotle (cca 3x - 4x denně přikládání, 1x týdně vybírání popela).
 - Speciální technické řešení mají **automatické kotle na dřevní pelety** s podavačem palivy a upraveným hořákem. Použití pelet ze dřeva či jiného rostlinného materiálu, které jsou v posledních letech populární nejen v zahraničí, ale i v ČR, umožňuje bezobslužný provoz kotle a komfortní dopravu a skladování.
- **Střední kotle** (nad cca 100 kW) se používají pro větší zdroje ústředního vytápění, malé průmyslové aplikace nebo v menších systémech CZT. Obvykle roštové kotle vybavené posuvným, pásovým či řetězovým roštem spalují nejčastěji dřevěné štěrky a slámu, případně i peletovanou či briketovanou dřevní surovinu. Oproti kotlům na fosilní paliva mají kotle na biomasu speciální provedení topeniště, variabilní v závislosti na druhu biopaliva. Jsou většinou standardně vybaveny automatickým přikládáním paliva a jsou schopny spalovat i méně kvalitní a vlhčí biomasu. Pro dopravu paliva jsou obvykle používány šnekové dopravníky či jiná podávací zařízení. Zdroje obvykle pracují jako výtopny, kombinovaná výroba tepla a elektřiny v této výkonové kategorii je spíše výjimkou.

- **Velké zdroje o tepelných výkonech v řádu MW** se používají pro průmyslové aplikace nebo systémy CZT či zdrojích elektřiny, které obvykle pracují v teplotěnském režimu. Je možno použít prakticky jakoukoliv biomasu, obvykle se však v těchto zdrojích používá zejména štěpka, sláma a dřevní odpad. Spalování biomasy ve velkých kotlích je v současnosti technicky dostatečně vyřešeno a to ve dvou koncepcích: spalování na roštu, spalování na fluidní vrstvě. Úspěšně bylo otestováno i přidávání biomasy do granulačních kotlů konvenčních uhelných elektráren. Rozšířenější je dosud spalování na roštu, avšak fluidní technologie má některé významné výhody a její technický vývoj stále postupuje. Fluidní technologie spalování je také převážně využívána pro spoluspalování biomasy s tuhými fosilními palivy v konvenčních elektrárnách a teplárnách.

6.1.2 Karbonizace

Karbonizace je termická přeměna (suchá destilace) tuhé biomasy, probíhající bez přístupu vzduchu, jejímž hlavním produktem je dřevěné uhlí. Jedná se o tradiční a nejdéle používanou termickou přeměnu biomasy. Během karbonizace dochází k eliminaci těkavých složek dřeva (proto je také používán termín „suchá destilace“) a je tím snížen obsah kyslíku a vodíku ve dřevě a zvýšena koncentrace uhlíku ve výsledném produktu.

Dřevěné uhlí je drobný až kusovitý, tvrdý, pórovitý, snadno hořlavý, vysoce uhlíkatý (min. 80% C), nekystalický produkt suché destilace dřeva s černou barvou, kovovým leskem, výraznou dřevitou strukturou, lasturovým lomem a vysokou absorpční schopností. Obsahuje malé procento síry, měrná hmotnost je kolem $0,2 \text{ kg/m}^3$, bod vznícení je mezi 300 – 400 °C a výhřevnost kolem 27 MJ/kg. Čím vyšší je karbonizační teplota, tím tvrdší je dřevěné uhlí a tím větší je obsah uhlíku. V současné době se připravuje v karbonizačních pecích a retortách. Karbonizační pece využívají části vsázky pro produkci tepla, kdežto retortách je teplo dodáváno zvenčí. Dřevěné uhlí se spíše než pro energetické účely používá při tepelné přípravě potravin, ale jeho nejvyšší spotřeba je v průmyslu při obohacování oceli uhlíkem a jako absorbentu při filtraci kapalin a plynů.

6.1.3 Pyrolýza

Pyrolýza je o krok dále od karbonizace a probíhá rovněž za nedostatku kyslíku. Pyrolýzou je míněn termický rozklad organických materiálů za nepřístupu médií obsahujících kyslík. Podstatou pyrolýzy je ohřev materiálu nad mez termické stability přítomných organických sloučenin, což vede k jejich štěpení až na stálé nízkomolekulární produkty a tuhý zbytek.

Z technologického hlediska lze pyrolýzní procesy dále rozdělit podle dosahované teploty na:

1. nízkoteplotní (< 500°C),
2. středněteplotní (500 - 800°C),
3. vysokoteplotní (> 800°C).

Většina v současné době provozovaných pyrolýzních systémů je založena na termickém rozkladu odpadu v rotační peci vytápěné zevně spaliny, které vznikají z následného spalování pyrolýzních plynů v tzv. termoreaktoru. Zbytek energie ze spálení plynů, která se nespotřebuje na ohřev vsázky se využívá v kotlích na odpadní teplo k výrobě páry nebo teplé užitkové vody. Pyrolýzní plyn může být využit jako chemická surovina nebo jako palivo pro motory nebo plynové turbíny kogeneračních jednotek.

Tzv. **rychlá pyrolýza** je jedním z moderních a velmi perspektivních procesů ve skupině technologií, které mění biomasu ve formě dřeva a jiných odpadních materiálů na produkty vyšší energetické úrovně, jako jsou plyny, kapaliny a pevné látky.

Průběh procesu rychlé pyrolýzy je dán rychlým přívodem tepla do suroviny, udržováním potřebné teploty v pyrolýzním reaktoru (cca 450°C až 600°C) a krátkou dobou pobytu suroviny v reakční zóně (maximálně do 2 sekund). Produktem jsou pak zejména páry a aerosoly, v menší míře pak plyn a tuhé částice. Produkty tohoto procesu se musí ihned rychle ochladit, čímž z kondenzují a vznikne velký podíl tmavohnědé kapaliny o nízké viskozitě. Tuto kapalinu, bio-olej, s hustotou asi 1200 kg/m³ a výhřevností 16 až 20 MJ/kg, lze snadno skladovat a přepravovat a po další úpravě může sloužit jako kvalitní kapalné palivo. Výtěžek bio-oleje z biomasy může být až 70% hmotnostních. Vedlejšími produkty rychlé pyrolýzy jsou pyrolýzní koks (do 15%) a pyrolýzní plyn (do 51%), které jsou obvykle využity ve vlastním pyrolýzním procesu pro výrobu tepla. Topení reaktoru může být provedeno různými způsoby, např. recirkulováním horkého písku nebo plynů, přídavným spalováním nebo horkými stěnami.

Produkci bio-oleje pyrolýzou lze uskutečnit z libovolného tuhého biopaliva. Protože jednou z nevýhod je, že bio-olej může obsahovat až 15-20% vody, je nezbytným předpokladem pro omezení obsahu vody v bio-oleji je použití předsušené biomasy o vlhkosti nižší než 10%. Další podmínkou je potřeba rozdrčení biomasy na částice o velikosti cca 3 mm, což zajišťuje rychlý průběh reakce a snadnou separaci pevných částí..

Procesy rychlé pyrolýzy jsou ve světě intenzivně vyvíjeny řadou institucí a výrobců zejména během posledních cca 10 let a je na nich založen koncept tzv. bioraфинérií, které jsou jednou z nadějných cest, jak využít biomasu pro výrobu kapalných paliv. Bio-olej získaný procesy rychlé pyrolýzy může být použit, po dalším čištění a úpravě, pro chemickou výrobu a pro mobilní dieselové motory nebo přímo sloužit jako topný olej pro kotle či jako palivo pro výrobu elektřiny ve spalovacích motorech a spalovacích turbínách. Jeho velkou výhodou je skladovatelnost a snadná přeprava. V posledních letech je řadou firem a organizací vyvíjeno velké úsilí o rozvoj kogeneračních jednotek využívajících toto kapalné palivo, zejména jednotek se spalovacími turbínami a mikroturbínami.

Obrázek 10: Pilotní pyrolýzní jednotka na biomasu s kapacitou výroby bio-oleje 5t/den firmy BTG

Zdroj. BTG

6.1.4 Zplyňování

Další metodou přeměny biomasy je termochemická přeměna biomasy při vyšších teplotách a za přítomnosti omezeného množství kyslíku. Při pečlivé kontrole teploty (800°C až 900°C), obsahu kyslíku a doby setrvání částic biomasy v reaktoru (sekundy až desítky sekund), je možno prakticky všechny organický materiál přeměnit na plyn. Tento proces je označován jako zplyňování. Pokud je jako okysličovadlo použit vzdušný kyslík, což je v případě biomasy nejčastější, má vzniklý surový plyn nízkou výhřevnost (4 až 6 MJ/m³), obsahuje cca 18-20% CO, 18-20% H₂, 2-3 % CH₄ a zbytek dusíku, obsahuje dehty, fenoly a tuhé částice..

Technologie zplyňování biomasy byla poměrně rozšířená v Evropě za 2. světové války v dopravě, kdy byl nedostatek paliv na bázi ropy.

V současné době jsou pro zplyňování biomasy používány dva základní způsoby: **zplyňování v generátorech s pevným ložem** a **zplyňování ve fluidních generátorech**. Při obou způsobech dochází ke zplyňování při atmosférickém tlaku.

První z obou metod - **zplyňování v generátorech s pevným ložem** - je jednodušší, méně investičně náročná, avšak je použitelná jen pro malé tepelné výkony. Zplyňování probíhá při nižších teplotách (kolem 500°C) a za atmosférického tlaku ve vrstvě biomasy. Vzduch jako okysličovací médium proudí buď v souproudu (směr dolů) nebo v protiproudu (směrem nahoru) vzhledem k postupnému pohybu zplyňovaného biopaliva. Popelové zbytky se odvádějí ze spodní části reaktoru. Nevýhodou tohoto systému je značná tvorba dehtových látek, fenolů a pod., jejichž odstranění je pak největším problémem.

U **fluidního zplyňování** probíhá zplyňovací proces při vyšších teplotách – cca 850 až 950°C a je tak minimalizován obsah zbytků dehtových látek a vyšších uhlovodíků v plynu.

Souběžně se zplyňováním při atmosférickém tlaku probíhá vývoj **zplyňování v tlakových generátorech** při tlaku 1,5 až 2,5 MPa. Tlakové zplyňování biomasy vychází bezprostředně z vývoje zplyňovacích technologií uhlí, v nichž byly z mnoha důvodů používány výlučně tlakové generátory. Obecně menší jednotkové výkony zařízení s biomasou a její specifické vlastnosti vedou k tomu, že v současné době je dávana přednost systémům s atmosférickým zplyňováním a s tlakovým zplyňováním se uvažuje až u případných budoucích projektů tepelných centrál s výkony většími než asi 60 MWe.

Výhřevnost energetického plynu vyrobeného zplyněním biomasy se pohybuje v rozmezí 4 až 6 MJ/m³, přičemž tento plyn je bez větších úprav použitelný pro spalování v klasických kotlových hořácích, a po dodatečném vyčištění i ve spalovacích komorách spalovacích turbín a upravených spalovacích motorů.

Využití plynu vyrobeného zplyněním biomasy je vhodné i pro řadu technologických procesů, kde tento plyn může nahradit zemní plyn. Příkladem je použití ve vápenkách, cementárnách a pod. Výhodou je skutečnost, že plyn po výstupu z generátoru nemusí být speciálně čištěn, postačí jeho ochlazení na teplotu vhodnou pro klasické kotlové hořáky.

V ČR vyrábí fluidní technologii pro zplyňování biomasy pod názvem BIOFLUID firma Ateko, která nabízí komplexní řešení včetně kogenerační jednotky o výkonu od 250 do 1000 kW_e.

6.1.5 Katalytické zkapalňování (hydrolýza)

Katalytické zkapalňování je procesem, který může potenciálně produkovat kvalitnější produkty s vyšší energetickou hustotou než ostatní termochemické procesy. Je to nízkoteplotní, vysokotlaký termochemický konverzní proces, který probíhá při teplotě cca 300 – 350°C a tlaku 12-20 MPa ve vodním prostředí. Při reakci však vyžaduje katalyzátor (NaOH) nebo vysoký parciální tlak vodíku. Primárním produktem je organická kapalina (bio-olej) se sníženým obsahem kyslíku (kolem 10%) a vedlejším produktem je voda obsahující rozpustné organické látky. Tato technologie je zatím ve stádiu vývoje, ovšem vzhledem k vysoké kvalitě výsledných produktů může být v budoucnosti velmi zajímavá.

6.2 Biochemická přeměna biomasy

Anaerobní digesce (anaerobní fermentace, anaerobní stabilizace či anaerobní vyhnívání) spočívá v mikrobiologické transformaci organických látek - biologicky rozložitelné složky komunálního odpadu, složek zvířecích exkrementů, organických kalů v čistírnách odpadních vod a jiné vhodné biomasy v podmínkách bez přístupu vzduchu při mírně zvýšené teplotě (35-45°C), za vzniku **bioplynu** a **digestátu**, který splňuje kvalitativní požadavky vyhlášky o biologických metodách zpracování biologicky rozložitelných odpadů.

Bioplyn je směsí plynů tvořenou z 50 – 80 % hořlavým metanem, z 20 – 40 % oxidem uhličitým a 1 – 3 % připadá na další plyny jako jsou dusík, sirovodík nebo vzácné plyny. Výhřevnost bioplynu je závislá na obsahu metanu – a pohybuje se obvykle mezi 20- 24 MJ/m³. Zbytek hmoty po fermentaci (digestát) má vlastnosti výrazně lepší než původní biomasa a představuje výborné hnojivo. Jsou v něm zachovány hlavní živiny a humusotvorné komponenty a naopak zničeny patogenní zárodky a semena plevelů. Je bez zápachu a při použití na polích neohrožuje podzemní ani povrchové vody.

Tabulka 13: Srovnání vlastností různých druhů bioplynu

Parametr	Bioplyn ze skládky odpadů	Bioplyn z ČOV	Bioplyn z prasečí kejdy
Výhřevnost (MJ/m ³)	16,9	21,1	24,0
H ₂ (%)	1	1	-
CO (%)	1	-	-
O ₂ (%)	3	-	-
N ₂ (%)	-	-	-
Cl-, F- (mg/m ³)	-	-	-
NH ₃ (mg/m ³)	-	-	40
CO ₂ (%)	46	38	31
CH ₄ (%)	49	61	69
H ₂ S (mg/m ³)	350	1000	2300

Zdroj: www.bioplyn.cz

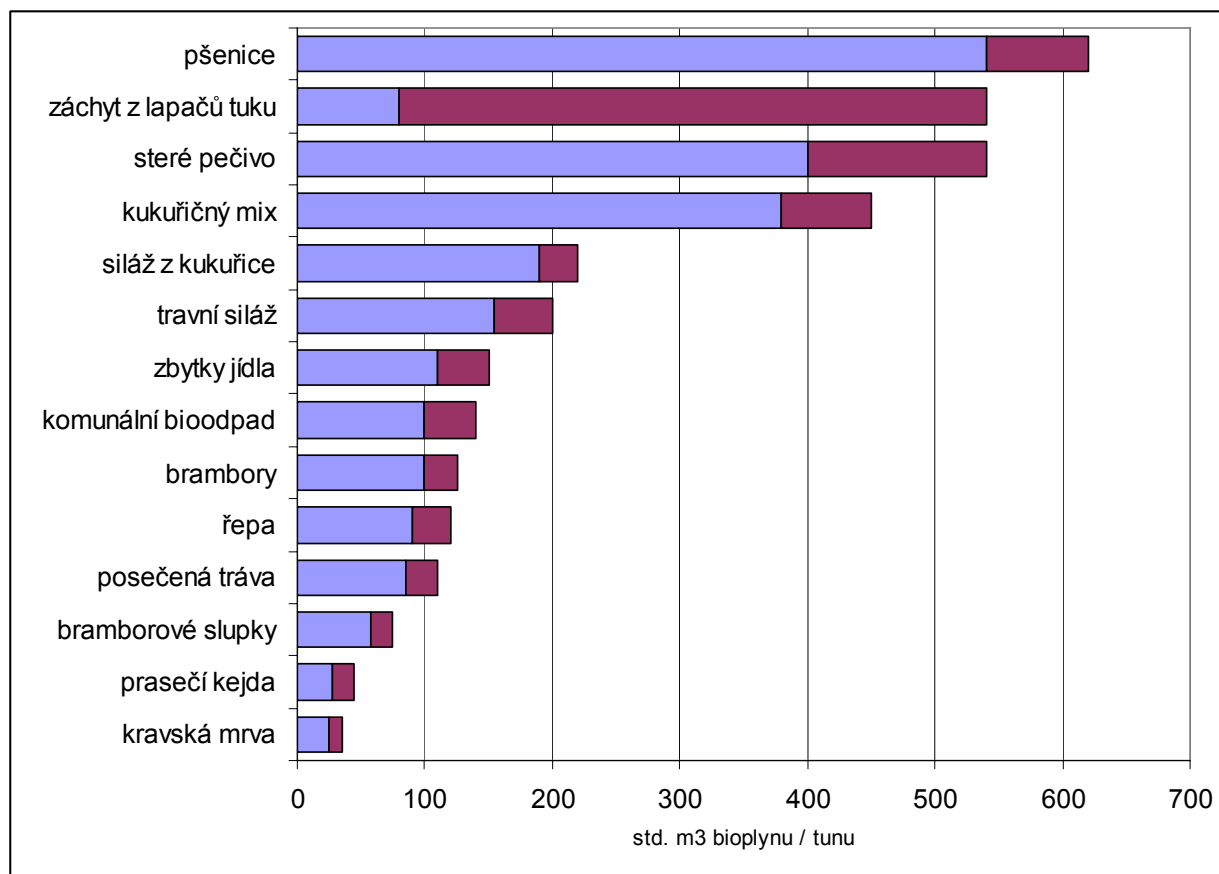
Bakteriální produkce metanu se vyskytuje v přirozených anaerobních prostředích, jež vznikají v sedimentech, zamokřených půdách, rýžových polích, trávících systémech apod. Bakterie zodpovědné za produkci metanu patří do unikátní genealogické skupiny, o které panuje přesvědčení, že se vytvořila dávno před tím, než se v zemské atmosféře objevil kyslík.

Jako surovinu pro výrobu bioplynu lze použít odpady živočišné i rostlinné výroby - v největší míře se využívá kejda (tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou), případně i slamatý hnůj, kal z ČOV, organický odpad, zelená biomasa a další. V případě využití zelené biomasy pro výrobu bioplynu jsou vhodné rostliny dužnaté, špatně vysychající, s vyšším obsahem dusíku. Je to zejména nadbytečná tráva, víceleté pícniny, kukuřice, řepka a slunečnice. Z vytrvalých energetických rostlin je možno využít např. mužák prorostlý. Biomasa pro výrobu bioplynu se hodí jak čerstvá, tak i silážovaná nebo senážovaná, případně i sušená. Zelenou rostlinnou biomasu je vhodné míchat se zvířecími fekáliemi (hnojem, kejdou) a s dalších biologicky rozložitelnými odpady (odpady z jídelen, separovaný domovní odpad, tukové odpady a pod.) pro zlepšení procesu fermentace a zvýšení výtěžnosti bioplynu.

Bioplyn se využívá jako technologické palivo v provozovnách, souvisejících s jeho výrobou (např. v čistírnách odpadních vod pro vyhřívání vyhnívacích nádrží), pro výrobu tepla v plynových kotlích a také jako palivo pro stacionární motory kogeneračních jednotek, vyrábějících teplo a elektrickou energii. V některých případech je nutné předčištění (odsíření) bioplynu před jeho spalováním, aby byly sníženy emise oxidů síry do ovzduší.

Oproti spalitelné biomase jsou výroba a využití bioplynu obtížnější - pro vysoké investiční náklady a tím i vysokou cenu vyrobené energie. Pro využití bioplynu je potřeba pečlivě vybrat vhodnou lokalitu s vysokou a celoročně stálou poptávkou po teple a pokud možno i po elektřině z kogenerační jednotky.

Obrázek 11: Výtěžnost bioplynu z různých surovin



Zdroj: GE Jenbacher

6.2.1 Moký způsob fermentace

Při tomto způsobu, obdobném jako v komunálních čistírnách odpadních vod, se vhodné organické odpady dopraví do míchací a homogenizační nádrže, kde se s přidáním cirkulační vody upraví do podoby čerpatelného substrátu. Ten je pak veden do velkorozměrové fermentační nádrže - bioreaktoru ve které probíhá vlastní fermentační proces. Zbytek po fermentaci se uskládňuje ve sběrných nádržích a může se přímo aplikovat v zemědělské výrobě. Proces je kontinuální. Pro zvýšení kvality výstupního hnojiva se obvykle zařazuje stupeň, v němž proběhne rozdělení suroviny na tuhý a kapalný podíl. Odloučená voda se vrací do technologického procesu. Získaný bioplyn se skladuje v plynojemu a nejčastěji je použit pro pohon kogenerační jednotky se spalovacím motorem. Tento způsob zpracování je vhodný pro surovinu s větším podílem vody (kejda z chovu vepřů, exkrementy drůbežářských podniků apod.). Zařízení je investičně dosti náročné, avšak vyznačuje se vysokým využitím energetického potenciálu.

6.2.2 Suchý způsob fermentace

Organický odpad, například slamnatý kravský hnůj lze zpracovat také suchou metodou. Hnůj se plní do velkých košů válcového tvaru (průměr 3,5-5 m), které se po naplnění přiklopí plechovým zvonem. V krátké době po naplnění se teplota hnoje počne samovolně zvyšovat v důsledku probíhajících mikrobiologických procesů. Vznikající bioplyn je odsáván potrubím zaústěným z podlahy do prostoru pod zvonem, který je vůči okolí utěsněn jednoduchým vodním uzávěrem. Celý proces fermentace trvá čtyři až šest týdnů. Poté je zvon zvednut a zbývající substrát z koše se použije jako kvalitní hnojivo. Aby proces byl kontinuální, je bioplynová stanice zpravidla vybavena šesti koši a pěti zvony. Bioplyn odsávaný ventilátorem z pracujících zvonů se promíchává a uskládňuje v tlakových nebo atmosférických plynojemech. Odtud je veden ke kogenerační jednotce vyrábějící elektřinu a dodávající teplo. Zařízení může být navrženo na zpracování slamnatého hnoje již od cca 100 kusů skotu.

6.2.3 Využití kalového plynu v čistírnách odpadních vod

V čistírnách odpadních vod dochází k anaerobní digesti v rámci technologického procesu čištění odpadních vod. Produkovaný bioplyn je obvykle jímán a může být využíván pro vytápění reakčních nádrží a v případě jeho přebytku i pro další energetické účely. Čistírny odpadních vod jsou jednou z mála oblastí v nichž jsou i u nás již dlouhodobě používány kogenerační jednotky a to jak se spalovacími motory, tak se spalovacími turbínami. Použití kogeneračních jednotek je zde výhodné a tyto jednotky se stávají jednotnou součástí celého technologického procesu čištění odpadních vod. V současné době se zde dává přednost kogeneračním jednotkám se spalovacími motory.

6.2.4 Využití skládkového plynu

Uvnitř těles skládek komunálního odpadu který obsahuje určitý podíl organické složky odpadu probíhají anaerobní procesy analogické procesům v bioplynových stanicích. V prostředí s malým podílem kyslíku se samovolně množí bakterie produkující bioplyn, který může obsahovat až 50 až 70 % metanu. Zbytek je tvořen převážně CO_2 a dusíkem. Skládkový plyn dále obsahuje stopové množství vodíku, kyslíku, sirovodíku apod. Výhřevnost skládkového plynu se v závislosti na obsahu metanu pohybuje v rozpětí 18 až 24 MJ/m³. Skládkový plyn se jímá pomocí řady odběrných sond a sběrným potrubím se svádí do strojovny kogeneračních jednotek se spalovacími motory. Poměrně problematickým může být využití tepla, pokud se skládka nachází ve větší vzdálenosti od potenciální poptávky po vyrobeném teple. Je vhodné, pokud teplo vyrobené v kogeneračních jednotkách může být využito pro vytápění průmyslových či komunálních objektů, otop skleníků nebo zemědělských sušáren, apod. V některých případech (skládka Ďáblice v Praze) bylo výhodnější dovést skládkový plyn do několik set metrů vzdáleného průmyslového podniku než vyrábět teplo a elektřinu přímo na skládce.

6.3 Výroba kapalných biopaliv

Kapalná biopaliva jsou získávána druhotně zpracováním pěstovaných energetických rostlin a používají se jako palivo pro spalovací motory dopravních prostředků (bionafta, etanol), kogeneračních jednotek s pístovými motory, aditivum do kapalných paliv (etanol) či pro výrobu biologicky odbouratelných mazadel.

Výroba bionafty a bioetanolu je v ČR stimulována závazky ČR přispět k evropskému indikativnímu cíli 5,75 % podílu biopalivy v dopravě v roce 2010, který je dán Směrnicí o biopalivech 2003/30/EC..

6.3.1 Neupravené rostlinné oleje

V ČR zatím příliš nevyužívanou možností motorového paliva je **využití neupravených rostlinných olejů** vyžadující speciálně upravené motory. Tato možnost však začala být atraktivní po vzrůstu světových cen ropy a ropných produktů v posledních letech a řada uživatelů, zejména starších vozidel s dieslovými motory začala s využitím rostlinných olejů experimentovat. V SRN a v Rakousku je tato možnost běžně využívána především zemědělci, kteří si vyrábějí pro své traktory a automobily palivo na pomaluběžných lisech, čímž se stávají nezávislími na dodavateli motorových paliv.

6.3.2 Bionafta

Bionafta, neboli metylester rostlinných olejů vzniká chemickou úpravou (metylesterifikací), při které vzniká hořlavé palivo o podobných vlastnostech a výhřevnosti jako má běžná motorová nafta. Chemickou podstatou esterifikace rostlinného oleje je záměna glycerinu za metanol v molekule mastné kyseliny, vedlejším produktem je pak glycerin. Základní surovinou pro výrobu bionafty je dnes v ČR řepka olejná, bionaftu lze vyrábět i ze lněného či slunečnicového oleje nebo i z použitých rostlinných olejů (např. z restaurací, zařízení hromadného stravování či potravinářského průmyslu). Kromě tradiční technologie výroby je možno využití i etylesterifikaci. Výhodou bionafty je její rychlá biologická odbouratelnost a samomazací schopnost. V distribuční síti čerpacích stanic dnes najdeme pod pojmem “bionafta” tzv. směsnou bionaftu 2. generace, která je směsí 30 % bionafty a 70 % ropné nafty. Směsná bionafta má výhodu v lepším spalování v sériových dieslových motorech oproti čisté bionaftě a nevyžaduje úpravu motoru a palivového systému vozidel.

6.3.3 Bioetanol

Velký potenciál využití má v ČR produkce bioetanolu. **Bioetanol** (kvasný líh či alkohol) se vyrábí alkoholovým kvašením a následnou destilací a je možno jej získat z rostlinných i živočišných surovin s obsahem cukrů a škrobů - cukrové řepy, obilí, brambor ale např. i syrovátky. Etanol je možno využít přímo jako hodnotné palivo pro upravené spalovací motory nebo jako alternativní palivo pro stacionární zařízení, používaná k výrobě tepla. Po chemické úpravě etanolu na sloučeninu ETBE (etylterc.butylether) může být i aditivum do běžných motorových paliv – platné předpisy v ČR umožňují příměs 15 % ETBE do benzínových směsí.

Ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby byl vyvinut způsob výroby bioetanolu z lignocelulózové biomasy. Tento způsob spočívá v tepelně tlakové hydrolýze slámy, dřeva a různých energetických rostlin. Získané cukry se zpracovávají na bioetanol buď klasickým způsobem, nebo bakteriální přeměnou v termofilních podmínkách. Tento způsob umožňuje využití levné energetické biomasy nebo různých lignocelulózových odpadů.

6.3.4 Perspektivní motorová biopaliva

Pro výrobu motorových paliv z biomasy je možno využít produktů termochemických technologií zpracování biomasy, např. rychlé pyrolýzy, zplyňování nebo využíváním plazmových reaktorů. Produkty k výrobě motorových paliv se získávají kondenzací nebo dalšími přeměnami primárních nebo syntetických plynů.

Na proces zplyňování biomasy může například navazovat výroba kapalných biopaliv **procesem Fischer-Tropsch**, jehož použití pro výrobu biopaliv se ve světě začíná vyvíjet a testovat. Proces Fischer-Tropsch využívá plynné produkty zplyňování biomasy – oxid uhelnatý a vodík. Je to katalytický proces při němž probíhá syntéza oxidu uhelnatého a vodíku na vyšší kapalně uhlovodíky (v anglické literatuře obecně zmiňované jako F-T liquids), ze kterých je možné vyrobit náhradu motorového benzínu, nafty či lubrikanty. Tento proces byl vyvinut již ve 20. letech 20. století a byl používán např. za 2. světové války pro syntézu kapalných motorových paliv z uhlí.

Perspektivním konceptem jsou tzv. biorafinérie připravující motorová paliva z rostlinného materiálu nebo z odpadů bez jakékoliv potřeby ropy. Dalším perspektivním biopalivem budoucnosti je **biovodík**. Technologie přípravy biovodíku je ve stádiu výzkumu a pilotní projekty v této oblasti jsou zatím ojedinělé.

6.4 Technické využití biomasy

Mimo energetické možnosti využití biomasy je neopominutelné také využití biomasy jako technické suroviny. Technicky nejvyužívanějším materiálem je samozřejmě dřevo jako jeden ze základních konstrukčních materiálů ve stavebnictví a surovina pro nábytkářství, papírenství a celou řadu dalších průmyslových odvětví. Technické využití biomasy je v některých případech v konkurenčních vztazích s energetickým využitím biomasy a s petrochemickou výrobou. Přitom materiálové či technické využití biomasy by mělo být v převážné většině případů upřednostňováno před využitím energetickým vzhledem k tomu, že řadu produktů technického využití biomasy lze po skončení jejich životnosti energeticky zužítkovat. Výrobky na bázi biomasy jsou ekologické, biodegradovatelné a neškodné zdraví lidí (např. náhrady azbestu v brzdových a spojkových obloženích rostlinnými vlákny). Rovněž způsob výroby je příznivý životnímu prostředí. Technické využití biomasy omezuje antropogenní skleníkový efekt stejně účinně jako využití energetické. Následující tabulka shrnuje některé méně obvyklé možnosti technického využití biomasy.

Tabulka 14: Příklady technického využití biomasy

Složka biomasy	Transformovaný produkt	Výrobky a použití
Zbytková dřevní hmota	štěpky, piliny, hobliny	dřevovláknité, dřevotřískové a OSB desky a další aglomerované výrobky z dřevních zbytků
Rostlinná vlákna	dlouhá vlákna (len, konopí)	textilie pro svrchní a pracovní oděvy, geotextilie, lana, rybářské sítě, kordy, brzdová a spojková obložení
	krátká vlákna	vláknocementové desky, suchá maltovinová směs pro strojní omítání, izolační hmoty, obkladové desky, lisované součástky (např. dveřní výplně automobilů), filtrační textilie, vázací motouzy, asfaltové výrobky, malířská plátna (len), textilní tapety, pytle, dratve, papíry speciální (konopné, lněné)
Lignocelulóza	celulóza	papír, textilní vlákna, fólie, výbušniny, lepidla, disperzní barviva, stavební hmoty, celuloid aj.
	lignin	ligninové polymery, vanilin, UV-adsorbéry, kosmetika, sorpční hmoty (ekologické havárie)
	Hemicelulózy	bělící prostředky, odvápňovací prostředky, furfural, kyselina levulová
Škroby	přírodní škrob	výroba obalového papíru a lepenky, výroba textilu, lepidla, sádkokarton, zubní pasty, šampony, omezovače tuhnutí betonu, příprava licích forem ve slévárenství, úprava uhelných a ropných kalů, plnivo do plastů (polyolefiny), kopolymer do termoplastů, škrobový polyakrylonitril pro obalování osiv, biodegradovatelné mulčovací fólie
	plastifikovaný škrob	kelímky a nádobí na jedno použití, biodegradovatelné obaly, škrobová pěna (výroba polystyrolových chipsů)
	škrobové biopolymery	pollulan, xanthan, kyselina polyhydroxy máselná, výroba biodegradabilních kopolymerů neobvyklých fyzikálních vlastností
Cukry	kyselina citrónová	prací prášky, farmaceutika
	cukerné tenzory	prací prostředky, aditiva pro vrtné soupravy, výroba membrán a tekutých krystalů, kosmetika
	cukerné polymery	výroba biologicky odbouratelných a hydrofilních plastů (polyhydroxybutyát, polyester, polyuretany), užití při výrobě tkanin a v medicíně
Oleje	Přímé použití	barvy, laky, fermeže, svíčky, mýdla, emulgátory, stabilizátory PVC, linoleum (lněný olej), šalovací olej, ekologická maziva (řetězové pily, motorové oleje), hydraulické oleje, kosmetika
	Glycerin	plasty, farmaceutika, kosmetika, výbušniny, celofán, tabákový průmysl
	Mastné kyseliny a jejich metylester, mastné alkoholy a aminy	katalyzátory v chemickém průmyslu, kovová mýdla, alkydové pryskyřice, barvy, kosmetika, plasty, pigmenty, přípravky v hornictví a stavebnictví, přípravky do syntetických mazadel, textilní průmysl, dezinfekce, změkčovadla, výroba biocidů
	Kyselina eruková	výroba kyselina arachinové, pelarginové, abrazylová, plasty, tenzidy, emulgátory, změkčovadla, laky, aditiva, vložkovadla, protipěnění přísady, konzervační látky, výroba plastů a nylonu, mazadla plastů (pro polyetylen)
Barviva	Certhamin (světlíce barvířská) Indigo (boryt barvířský)	ekologické barvy pro oděvnictví a bydlení, barvy pro dětské hračky

6.5 Kombinovaná výroba elektřiny a tepla z biomasy

6.5.1 Teplárny a elektrárny s parními turbínami

Klasický parní cyklus je neobvyklejším řešením KVET na biomasu. Tepelné zdroje menších a středních soustav CZT s biopalivem mají parní systém s tlakem 1,3 až 2 MPa, s mírným přehřátím páry (nejméně o 50 až 80 °C).

Nejčastěji jsou jako zdroj páry využity běžné parní kotle na tuhou biomasu či kombinaci biomasy a fosilního paliva. Systém přípravy a uskladnění paliva je shodný s řešením v případě výtopny. Zdrojem páry může být i plynový kotel, ve kterém se spalují plynné produkty zplyňování biomasy. Součástí teplárny je pak i technologie zplyňování biomasy.

Biomasa může být ve zdrojích KVET nebo ve stávajících elektrárnách využita třemi způsoby: spalováním biomasy v parních kotlích s připojenou parní turbínou v teplárenském zapojení, spalováním biomasy a fosilního paliva v tepelných zdrojích s parními turbínami, a připojením zvláštních kotlů na biomasu k parní sběrnici klasické elektrárny či teplárny (tzv. paralelní spalování).

Pokud tepelné výkony systémů CZT nepřesáhnou 10 MW, je zde možno použít jednostupňových protitlakých turbín přímo spojených s generátorem nebo lépe vysokootáčkových axiálních či radiálních turbín s integrovanou převodovkou nebo s vysokofrekvenčním elektrickým generátorem. Z ekonomického hlediska je vhodnější dávat přednost dražším turbínám s vyšší účinností které zabezpečí vyšší poměr elektřina : teplo.

V ČR vyrábějí parní turbíny vhodné pro teplárny na biomasu například firmy PBS Velká Bíteš, Polycomp nebo Ekol. Teplárny s parním cyklem využívající výlučně spalování biomasy jsou v Evropě provozovány zejména ve skandinávských zemích (Dánsko, Švédsko, Finsko).

Obrázek 12: Teplárna na biomasu ve švédském městě Växjö (37 MW_e, 67 MW_t)



Zdroj: OPET Sweden

6.5.2 KVET s parním strojem

V klasickém parním cyklu je pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla místo turbíny možno použít také parní stroj, který má při malých jednotkových výkonech (70 až 300 kW) v některých směrech lepší vlastnosti než parní turbína, např. termodynamickou účinnost. Parní stroj je také možno dodatečně instalovat do systémů s parním kotlem na biomasu s vhodnými parametry páry, kde by technicky nebyla vhodná nebo se nevyplatila parní turbína. Takovéto řešení je obvykle vhodnější, než použití v nově budovaných systémech KVET na biomasu.

Parní stroje pro stacionární užití včetně kogenerace jsou nabízeny výrobci ve Spojených státech i v západní Evropě, jejichž konstrukční zkušenosti obvykle navazují na předchozí výrobu parních strojů pro lodní dopravu. Moderní parní stroje jsou rychloběžné pístové stroje o výkonu v rozpětí od cca 10 kW až přes 1 MW, pracující s párou o nízkých parametrech (tlak 0,6 – 6 MPa). Elektrická účinnost není vysoká, pohybuje se mezi 10 – 20%, výhodou je naopak dlouhá životnost (až 200 000 h). V ČR je v provozu například parní stroj německé firmy Spilling o výkonu 300 kW v objektu pily ve Slavonicích. V ČR se výrobou kogeneračních jednotek s parními motory zabývá firma Polycomp.

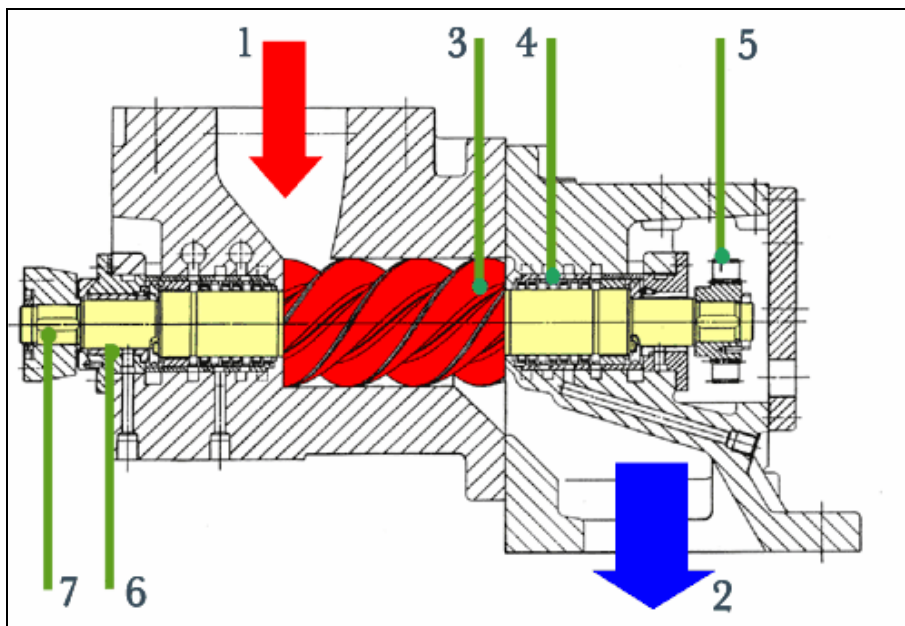
Obrázek 13: Kogenerační jednotka PM-VS s parním strojem firmy Polycomp



Zdroj: www.polycomp.cz

Další, poněkud méně častou variantou jsou šroubové parní stroje, kde pára expanduje mezi dvěma do sebe zapadajícími, protiběžnými šroubovými rotory. Tyto stroje mohou pracovat v širokém rozsahu výkonů, jsou málo citlivé na výkyvy v kvalitativních parametrech páry a mohou být využívány v kogeneračních soustrojích o výkonech 200 – 1500 kW_e.

Obrázek 14: Princip šroubového parního stroje



1 – vstup páry, 2 výstup páry, 3 – rotor „samec“, 4 ucpávky, 5 synchronizační převod, 6 třecí ložisko, 7 – výstupní hřídel

Obrázek 15: Parní stroj se šroubovým rotorem v biomasové teplárně Hartberg (el. výkon 710 kWe)



Zdroj: BIOS Bioenergy systems, Rakousko

6.5.3 KVET s plynovými motory

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla s plynovými motory je v současnosti nejrozšířenější technologií využívající plynné spalitelné produkty přeměny biomasy – bioplyn, skládkový a kalový plyn či energetický plyn vzniklý zplyňováním biomasy. Motorové kogenerační jednotky jsou k dispozici od řady tuzemských i zahraničních výrobců ve výkonech jednotky od několika

kW až přes 1 MW. Nejznámějšími tuzemskými dodavateli kogeneračních jednotek s plynovými motory pro využití plyných paliv na bázi biomasy jsou firmy Tedom a Motorgas.

V případě energetického plynu vzniklého zplyňováním biomasy, který obsahuje částice popela, dehtové látky a další příměsi, které mohou ovlivnit životnost a spolehlivost plynových motorů je před kogenerační jednotku obvykle nutno předřadit technologii čištění energoplynu.

Rovněž v některých případech využití bioplynu je nutno před kogenerační jednotku předřadit čištění, tentokrát v případě vyššího obsahu síry z důvodu omezení koroze a obsahu oxidů síry ve spalínách. Problematický může být v případě využití bioplynu v plynových motorech i obsah křemíku (častý problém u bioplynu z ČOV)

V upravených motorových kogeneračních jednotkách je možno rovněž využít i kapalná biopaliva - rostlinné oleje či jejich metylestery, případně i pyrolýzní olej.

Obrázek 16: Kogenerační jednotka na bioplyn TBG 520 firmy Motorgas (520 kWe, 725 kWt)

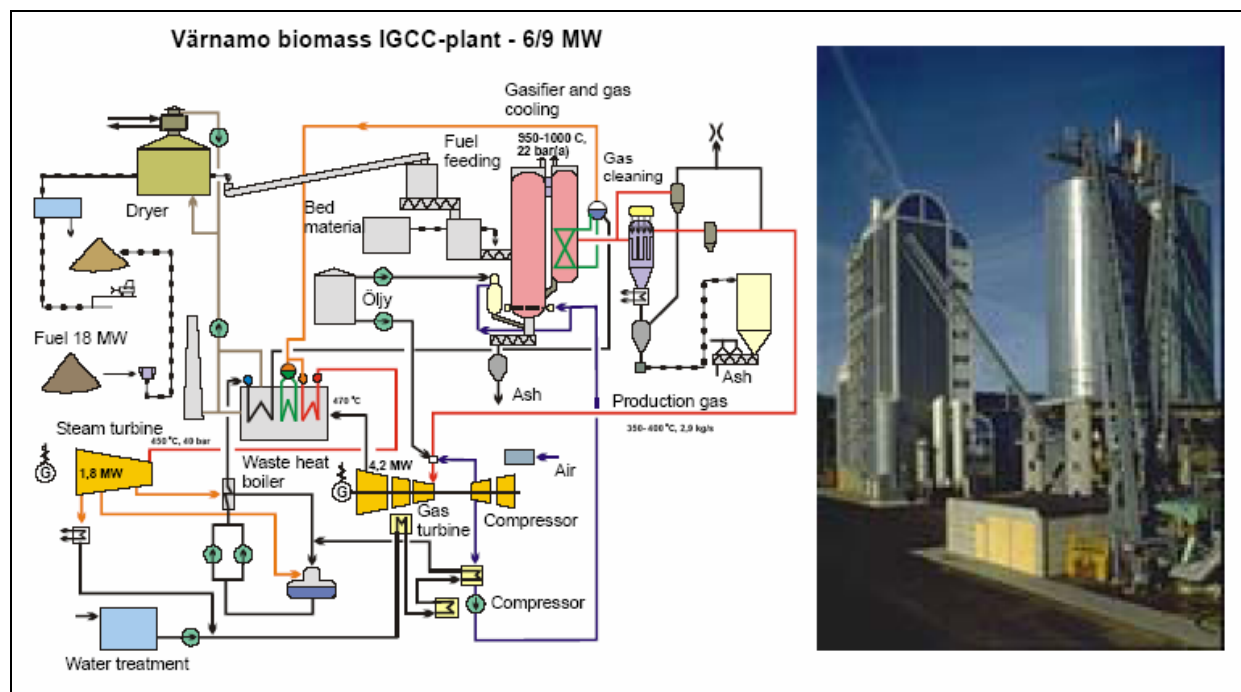


Zdroj: www.motorgas.cz

6.5.4 KVET se spalovacími turbínami

Plynné produkty zplaňování biomasy je možno využít v e zdrojích KVET s plynovou spalovací turbínou, která může být součástí kombinovaného (paroplynového) cyklu. První evropskou teplárnou na biomasu s kombinovaným cyklem, využívající spalovací turbínu v paroplynovém zapojení, je demonstrační jednotka ve Värnamo v jižním Švédsku. Teplárna je vybavena integrovanými tlakovými zplyňovacími generátory s cirkulujícím fluidním ložem, umožňujícími zplyňování biomasy i uhlí. Tato jednotka slouží zejména k výzkumu, vývoji a demonstraci dané technologie, má však již výkon vhodný pro běžnou aplikaci - výkon $9 \text{ MW}_t + 6 \text{ MW}_e$ (spalovací turbína má výkon 4 MW_e , parní turbína 2 MW_e).

Obrázek 17: Teplárna na biomasu ve švédském Värnamo s kombinovaným cyklem a integrovanou technologií tlakového zplyňování biomasy

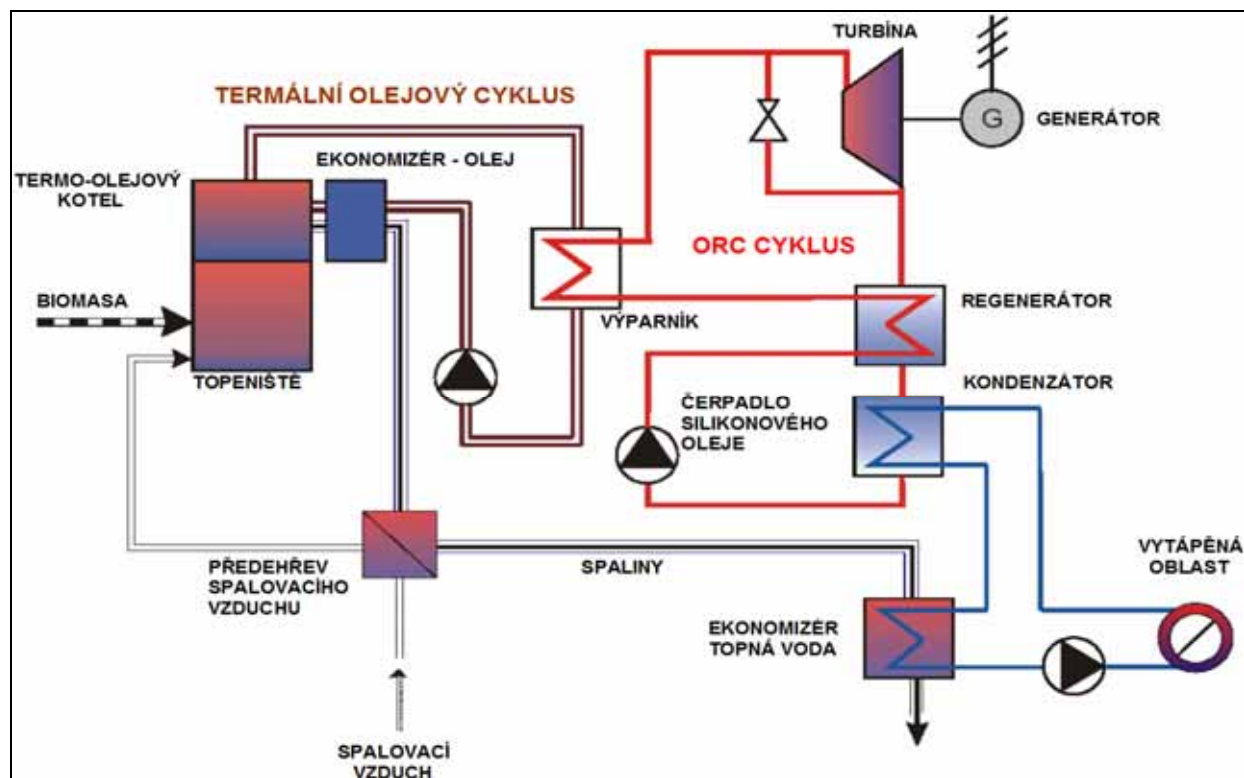


Zdroj: OPET Finland

6.5.5 KVET s organickým Rankinovým cyklem

Organický Rankinův cyklus (ORC) je obdobou elektrárenského kondenzačního cyklu, kdy je namísto vodní páry jako pracovní látku v primárním okruhu použita směs organických sloučenin (např. silikonový olej), které jsou svými termodynamickými vlastnostmi vhodné k použití v tepelném oběhu. Výhodou oleje je, že při dané teplotě (např. 300 °C) se udrží v kapalném stavu při značně nižším tlaku než voda. Olej ohřátý v tomto kotli je využíván jako teplonosná látka, jenž přes výparník předává své teplo pracovní látce uzavřeného sekundárního okruhu ORC. Ve výparníku se pracovní organická látka vypařuje, dosahuje většího tlaku než má olej a organické páry jsou vedeny do axiální parní turbíny, kde expandují. Turbína je přímo spojena s generátorem elektrické energie. Pára je za turbínou vedena do kondenzátoru, kde kondenzuje po odebrání výparného tepla chladicí vodou, která pak dodává teplo pro další využití. Při vhodném návrhu tepelného oběhu lze toto teplo využít např. v systému CZT, případně k jiným účelům, například k sušení řeziva v dřevozpracujících provozech, kde je kotelná přímo u zdroje paliva. Výkony jednotek KVET s ORC bývají obvykle od cca 100 kW do jednotek MW, elektrická účinnost je cca 15 – 18%. Celková účinnost kogenerace s ORC může být až cca 85 %, běžně dosahovaná účinnost je cca 80%. Výhodou kogenerace s ORC jsou nižší nároky na materiál, nižší provozní náklady, využití nízkopotenciálových zdrojů tepla, nevýhodami pak složitější technologický systém, nízký teplárenský modul a v současnosti stále vysoké investiční náklady na jednotku výkonu.

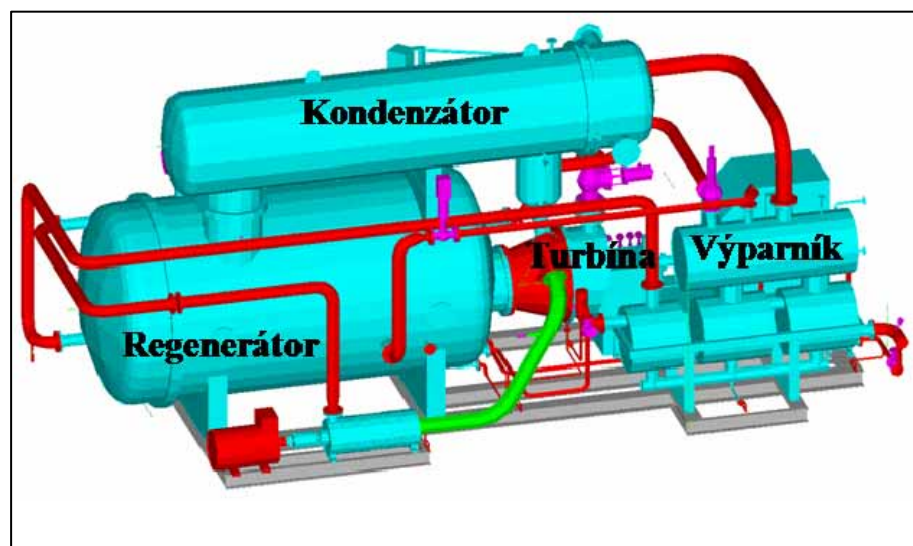
Obrázek 18: Schéma využití ORC pro společnou výrobu tepla a elektrické energie z biomasy



Zdroj: TTS Třebíč

V ČR jsou od roku 2005 v provozu teplárny na biomasu využívající ORC v Třebíči (výkon ORC jednotky $5,4 \text{ MW}_t + 1 \text{ MW}_e$) a Trhových Svinech ($2,8 \text{ MW}_t + 0,6 \text{ MW}_e$). V zahraničí je teplárna na biomasu využívající ORC v rakouském Lienzu o výkonu $4,65 \text{ MW}_t$ a 1 MW_e .

Obrázek 19: ORC modul 1 MWe TTS Třebíč instalovaný v teplárně v Třebíči



Zdroj: TTS Třebíč

6.5.6 KVET se Stirlingovým motorem

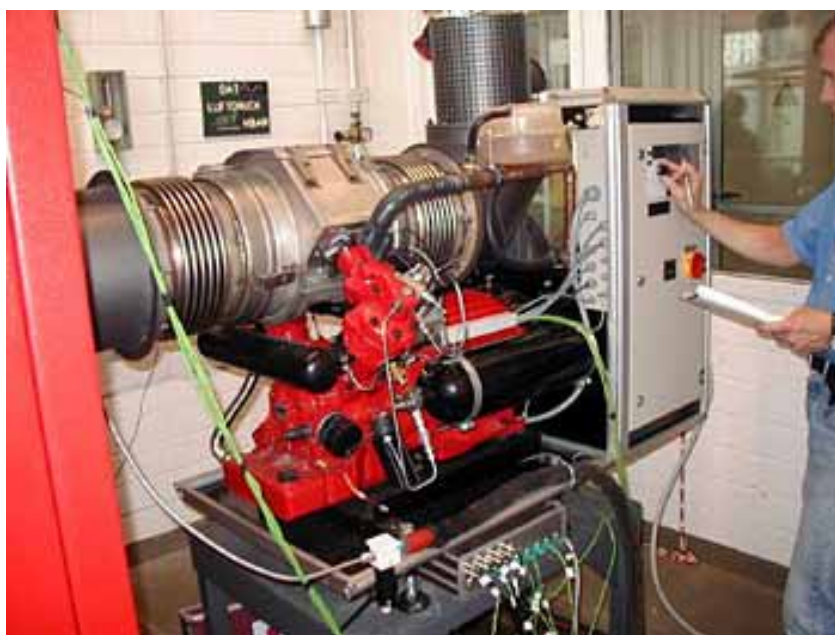
Stirlingův motor je znám již od počátku 19. století. Tento motor má dva pracovní prostory, mezi nimiž může volně proudit plyn (je v nich prakticky stejný tlak). Jeden z prostorů je studený, druhý horký. Toho je docíleno buď přímým ohříváním a chlazením komor, nebo, a to častěji, vnějším ohřívacem a chladičem. Mezi ohřívacem a chladičem je obvykle zařazen ještě regenerátor, akumulující teplo plynu procházejícího z ohříváče do chladiče nebo naopak.

V posledních letech se ukázala možnost jeho použití pro stacionární účely a to zejména při kogenerační výrobě elektřiny a tepla v malých jednotkách o výkonech řádově jednotek až desítek kW. Moderní Stirlingův motor se vyznačuje dobrou účinností, spolehlivostí, tichým chodem a nižšími emisemi. Hlavní výhodou je skutečnost, že tento motor může pracovat s nejrůznějšími zdroji tepla počínaje sluneční energií a konče libovolným fosilním palivem a biomasou. Nevýhodou je špatná regulovatelnost a malá pohotovost k provozu. Potřebuje také poměrně velký chladič s výkonným ventilátorem a pro dosažení vysoké účinnosti musí pracovat s vysokými tlaky plynu. Elektrická účinnost kogeneračních jednotek se Stirlingovým motorem se pohybuje v rozpětí 25 až 33%, což je účinnost u motorů o výkonu 1 až 50 kW velmi dobrá.

Využití biomasy v kombinaci se Stirlingovým motorem, je velmi perspektivní. Vzhledem k tomu, že spaliny nepřicházejí do styku s pohyblivými částmi motoru, nehrozí nebezpečí zadehtování v případě použití plynu získaného zplyněním biopaliv v generátoru s pevným ložem. Bez komplikovaného čištění surového plynu proto mohou být použity zplyňovací generátory tohoto typu v malých kompaktních kogeneračních jednotkách.

Velmi zajímavé jsou mikrojednotky vyvinuté americkou firmou Sunpower, vybavené Stirlingovými motory s volnými písty o elektrickém výkonu 1 kW až 25 kW, a již provozně vyzkoušené. V SRN jsou firmou SOLO vyvíjeny mikrojednotky na dřevní pelety, které dosahují velikosti běžného peletového kotle.

Obrázek 20: Pokusná kogenerační jednotka na biomasu SOLO Stirling 161



Zdroj: www.stirling-engine.de

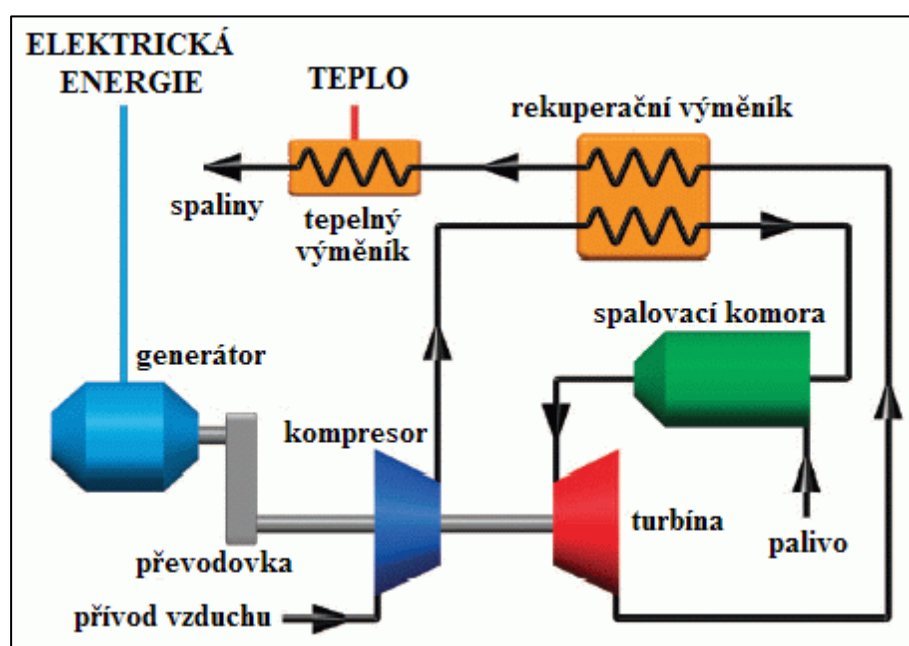
6.5.7 KVET s mikroturbínami

Kogenerační jednotky s mikroturbínami jsou moderní, rychle se vyvíjející kogenerační technologií o jednotkových výkonech 20 – 300 kW. Elektrická účinnost kogeneračních jednotek s mikroturbínami je v současnosti 20 - 30% a mohou být použity jako základní, špičkové i jako záložní zdroje a rovněž pro trigeneraci (výroba elektřiny, tepla a chladu. Jejich výhodou je kompaktnost, malá potřeba údržby, spolehlivost, nízké nároky na údržbu, velká dynamika změny zátěže, nízké emise a vysoká teplota spalin a tedy i vyšší parametry tepelného výstupu.

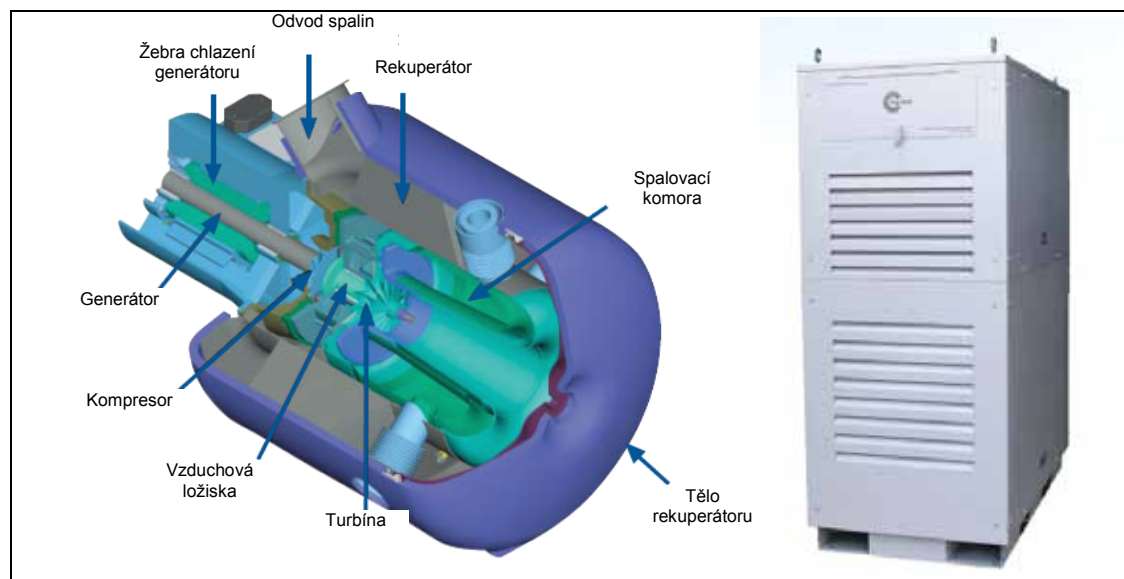
Spolehlivost mikroturbín je dána faktem, že mají jedinou pohyblivou část – vysokootáčkovou hřídel (1000 a více ot./s) rotoru turbíny, kompresoru a generátoru. Hřídel je obvykle letmo uložená ve vzduchových ložiscích na rozdíl od kluzných ložisek používaných v klasických turbínách.

V mikroturbínách je možno použít nejen fosilní plynná a kapalná paliva, ale i plynná a kapalná biopaliva. V komerčním provozu jsou mikroturbíny spalující bioplyn a skládkový plyn, v současnosti probíhá výzkum a testování možností využití různých kapalných biopaliv – metanolu, etanolu, metylesteru, pyrolýzního oleje apod.

Obrázek 21: Schéma kogenerační jednotky s mikroturbínou



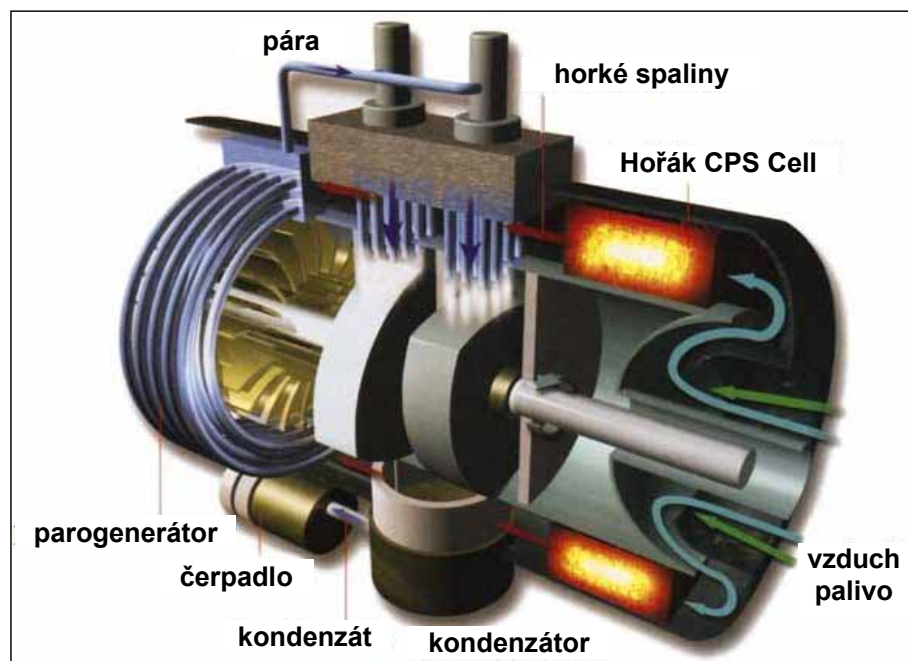
Nevýhodou mikroturbín je v současnosti jejich cena – kolem 900 – 1200 EUR/kW. V nejbližších cca 10 letech je očekáván další vývoj této technologie a snížení nákladů na cca 500 EUR/kW, zvýšení elektrické účinnosti na cca 40% a další snížení emisí ve spalinách. Nejznámějšími současnými výrobci jsou firmy Capstone a Turbec.

Obrázek 22: Kogenerační jednotka Capstone s mikroturbínou

Zdroj: CAPSTONE

6.5.8 Kogenerační mikrojednotky s parním článkem SteamCell

V současné době vyvíjí německá firma Enginon AG nový typ kogenerační mikrojednotky nazvané SteamCell na bázi parního rotačního motoru s uzavřeným parním cyklem a nízkoemisním hořením plynu bez plamene v keramické pórovité látce. Zařízení zatím není komerčním produktem. Elektrický výkon vyvíjené jednotky je 4,6 kW_e, tepelný výkon 22 kW_t. Elektrická účinnost je 16,5 %, celková účinnost 92 % (!). Výhodou by měl být rovněž extrémně vysoký rozsah regulace od 5 do 100% jmenovitého výkonu a velikost jednotky, která by měla být srovnatelná s velikostí skříně běžného PC v provedení Tower..

Obrázek 23: Kogenerační jednotka SteamCell

Zdroj: <http://www.enginon.com>

6.6 Nové a perspektivní technologie pro energetické využití biomasy

Nových a perspektivních technologií a postupů pro energetické využívání biomasy je samozřejmě mnohem více, než bylo možno popsat v rámci této publikace. Proto se autoři této publikace pokusili sumarizovat tyto technologie a postupy sumarizovány v následující tabulce s využitím zahraničních informačních pramenů:

Tabulka 15: Nové a perspektivní technologie pro energetické využití biomasy

Oblast	Nové technologie a postupy	Budoucí technologie
Zdroje biomasy	Nové energetické rostliny a plodiny Hospodaření s bioodpadem	„Bioinženýrství“ nových energetických rostlin Vývoj nízkoenergetických systémů zemědělské produkce Vodní biomasa (řasy) Využití IT v řízení hospodaření s půdou a biologickými systémy
Systémy zásobování	Nová agrotechnika Densifikace biomasy Logistika zásobovacího řetězce	Biorafinérie Nové technologie densifikace biomasy Biotechnologické monitorování kvality v celém řetězci IT nástroje pro modelování a optimalizaci zásobovacího řetězce
Přeměna	Pokročilé spalování Spoluspalování Zplyňování Pyrolýza Bioetanol ze škrobů a cukrů Bioetanol z lignocelulózy Bionafta z rostlinných olejů Pokročilá anaerobní digesce	Katalytické zkapaňování biomasy Bio-vodík (vodík z biopřeměny biomasy) Přeměny využívající plazmové procesy Pokročilé a nové systémy přeměny biomasy (např. elektrochemické) Mikrokogenerace na biomasu
Konečné produkty	Bio-teplo Bio-elektřina Biopaliva pro dopravu Rafinovaná tuhá biopaliva	Využití bio-vodíku v palivových článcích Použití biopaliv v koncepčně nových motorech Nové biotechnologické produkty Komplexní systémy s více produkty Ukládání CO ₂ Uzavřený cyklus
Systémová integrace	Normalizace a standardy Nejlepší dostupné praktiky Ekonomické / ekologické modelování a optimalizace	Řízení systémů s pomocí IT Sociotechnický návrh produktů a aplikací Udržitelnost založená na lokálních i globálních efektech

Zdroj: inspirováno tabulkovým přehledem zpracovaným Risoe Denmark

7. ZÁVĚRY

Během posledních několika let se v České republice odehrála řada zásadních změn, které rovněž ovlivnily využívání biomasy a trh s touto energetickou „komoditou“. Česká republika se stala členskou zemí EU, byly přijaty indikativní cíle pro využívání OZE, v loňském roce byl po strastiplné přípravě přijat Zákon na podporu využívání OZE, byl spuštěn systém obchodování s emisemi skleníkových plynů atd. Rovněž úroveň využívání OZE v ČR se postupně zvýšila, současně s růstem cen fosilních paliv a energie na nich založené.

Přes všechny tento vývoj není úroveň využívání obnovitelných zdrojů uspokojivá (a to nejen v ČR, ale i ve většině členských zemí EU) a reálná splnitelnost indikativních cílů EU pro využití OZE v roce 2010 je spíše vzdálenou chimérou než reálnou vyhlídkou. To však neznamená, že bychom v úsilí využívat obnovitelné zdroje měli polevit, naopak, zejména biomasa nabízí obrovský potenciál k dalšímu využití. Zároveň bychom se však neměli dát cestou honby za indikativními cíli „ať to stojí, co to stojí“, ale spíše cestou optimalizace a koordinace úsilí, protože využívání obnovitelných zdrojů energie by se jinak mohlo leckdy stát stejně trvale neudržitelným, jako je využívání tradičních fosilních či jaderných zdrojů.

Trvalá udržitelnost biomasy není totiž spojena pouze s vlivy její produkce a využívání na životní prostředí, ale s komplexním souborem ekologických, ekonomických a sociálních přínosů a dopadů. Biomasa je totiž, více než potenciální zdroj energie, zejména mocným nástrojem k oživení venkovské ekonomiky a energetické ekonomické, ekologické i sociální přínosy jsou jen vedlejšími efekty.

Zatím poněkud opomenutým je systémový přístup k biomase, zahrnující celý logistický řetězec od zdroje biomasy až po výslednou energetickou službu, stejně jako trh s biomasou, který se v ČR zatím stále bolestně rodí. Bez systémového přístupu, od jednotlivého malého energetického projektu na biomasu až po celoevropský energetický trh není však možné biomasu využívat optimálně a trvale udržitelně.

Biomasa se nabízí jako perspektivní energetický zdroj, který je využitelný v řadě technologií a jejich variant. V krátkodobém horizontu jsou v ČR perspektivní zejména technologie zplyňování biomasy a na ně navazující kombinovaná výroba elektřiny a tepla a anaerobní digesce zemědělského odpadu včetně zelené biomasy) a biologicky rozložitelné složky komunálního odpadu kombinované s již osvědčenou kogenerací na bioplyn.

Z dlouhodobého hlediska je velmi perspektivní zejména mikrokogenerace (na bázi Stirlingova motoru či nově vyvíjeních technologií jako např. SteamCell). Velká očekávání se nejen v EU pojí s vývojem a praktickou realizací konceptů biorafinérií, které by se měly stát jedním z prvků integrovaných a optimalizovaných systémů využívání biomasy.

Věříme, že tato publikace bude přínosem pro všechny příznivce udržitelné energetiky a využívání biomasy zejména, a že informace v ní obsažené přispějí k širšímu a zároveň trvale udržitelnému využívání obnovitelných zdrojů energie v ČR.

Autorský tým Enviro, s.r.o.

LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Oborová příručka – obnovitelné zdroje energie, Hospodářská komora ČR, 2006
- [2] Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie
- [3] Vyhláška č. 475/2005, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů
- [4] Energetický zákon č. 458/2000 Sb. (v platném znění 91/2005 Sb.), který upravuje základní podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích
- [5] Zákon o hospodaření energií č. 406/2000 Sb., který stanovuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií
- [6] Obnovitelné zdroje energie v roce 2005, MPO ČR, 2006
- [7] Obnovitelné zdroje energie a energeticky využívané odpady v roce 2004, MPO ČR, 2005
- [8] Biomasa v domácnostech 2003-2005, MPO ČR, 2006
- [9] Sdělení Komise Evropských Společenství Akční plán pro biomasu, SEC 2005
- [10] Zpráva o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů za rok 2004, MPO ČR a ERÚ, 2005
- [11] Moreira, J. R.: Global Biomass Energy Potential, paper prepared for the Expert Workshop on Greenhouse Gas Emissions and Abrupt Climate Change: Positive Options and Robust Policy, Paris 30 September – 1 October 2004
- [12] Renewables 2005 – Global Status Report – REN21 – www.ren21.net
- [13] Renewables Global Status Report – 2006 Update REN21 – www.ren21.net
- [14] Renewables in Global Energy Supply – An IEA Fact Sheet – IEA, September 2006
- [15] Biofuel-burning Microturbine – Information materials of BIOTURBINE project
- [16] Kára J., Adamovský R.: Logistika energetické biomasy - Sborník přednášek z konference Technologie pro spalování biomasy, PRAGA AGRO '99
- [17] Review of Finnish biomass gasification technologies, OPET Finland, 2002
- [18] Renewables for power generation – status and prospects, IEA, 2003
- [19] Sustainability guide for bioenergy, a report for the RIRDC/L&WA/FWPRDC/MDBC Joint Venture Agroforestry Program, 2005
- [20] Sustainable Production of Woody Biomass for Energy, IEA Bioenergy, 2002
- [21] Bioenergy Primer - Modernised Biomass Energy for Sustainable Development, UNDP, 2000

- [22] Moret, A., Rodrigues, D., Odtiž, L.: Sustainability Criteria and Indicators for Bioenergy, Energy Working Group of the Brazilian Forum of NGOs and Social Movements, 2006
- [23] Pastorek Z., Kára J., Jevič P.: Biomasa - obnovitelný zdroj energie, FCC PUBLIC, Praha, 2004

MODERNÍ VYUŽITÍ BIOMASY

TECHNOLOGICKÉ A LOGISTICKÉ MOŽNOSTI

Autoři:

Ing. Jaroslav Jakubes, *ENVIROS, s.r.o.*

Ing. Helena Bellingová, *ENVIROS, s.r.o.*

Ing. Michal Šváb, *ENVIROS, s.r.o.*

Vydala: Česká energetická agentura v roce 2006

Publikace je určena pro poradenskou činnost a byla zpracována s podporou ČEA