



ENERGIE Z BIOMASY

Biomasa

E. G. Koukios (NTUA)¹

Stat' je převzata z knihy The Future for Renewable Energy 2 – Prospects and Directions, EUREC Agency, James and James Science Publishers, London, 2002, ISBN 1 902916 31 X

¹ Návrh tohoto textu byl projednáván na kolegiu členů EUREC, Heiloo (Holandsko) 25. – 26. května 2000. Chci zvláště poděkovat Marii Luise Delgado Medina, CIEMAT (Španělsko), Herman den Uilovi, ECN (Holandsko), Nikol M. Pearsalovi University of Northumbria (Spojené Království) a Jacob Buggemu, Folkecenter (Dánsko) za jejich velmi cenné postřehy. Také děkuji panu Hubert Veringovi z ECN (Holandsko) za podstatný příspěvek při sestavování přílohy o biomasových technologiích.

Obsah

Obsah.....	2
Velkolepý dar	4
Úvod	5
Potenciál a strategická závažnost	5
Vyjasnění pojmů	6
Struktura biomasového řetězce	6
Tabulka 1: Vyjasnění pojmosloví biomasy	6
Biomasa.....	6
Bioenergie	7
Bioteplo	7
Bioelektrina	7
Biopaliva	7
Potenciál biomasy	8
Tabulka 2: Potenciál biomasy v EU	9
Politické ohledy.....	10
Tabulka 3: Politika ve vztahu k biomase*	10
Současná situace.....	11
Současný bioenergetický příspěvek	11
Tabulka 4: Bioenergie v energetických systémech Evropské Unie (1995).....	12
Tabulka 4a: Pronikání biomasy na trhy Evropské Unie (1995)	13
Technicko-ekonomické aspekty	13
Technicko-politické aspekty – výzkumná politika.....	14
Tabulka 5: Současná podoba bioenergetického, technicko-ekonomického systému	14
Tabulka 6: Současná situace tržní uplatnitelnosti bioenergetických řetězců.....	14
Společensko-technické aspekty	16
Tabulka 7: Současná přijatelnost bioenergetických vektorů pro veřejnost	16
Cíle výzkumu, vývoje a demonstračních projektů	17
Surovinově orientovaný výzkum.....	18
Tabulka 8: Priority výzkumu biomasových technologií.....	18
Výzkum konverzních technologií	19
Výzkum konečné spotřeby bioenergie	19
Výzkum bioenergetických systémů.....	19
Tabulka 9: Výzumné priority biomasových konverzních technologií	20
Tabulka 10: Výzkumné priority konečné spotřeby bioenergie.....	20
Tabulka 11: Výzkumné priority bioenergetických systémů.....	21
Tabulka 12: Nástin evropské tržně orientované strategie biomasy	22

Cestou k silnějšímu trhu	23
Příloha – Biomasové konverzní technologie	23
Spalování	24
Základní informace	24
Současný stav	24
Současný vývoj	24
Výzkumné cíle	25
Zplyňování.....	25
Základní informace	25
Současný stav	26
Současný vývoj	26
Výzkumné cíle	27
Pyrolýza.....	27
Základní informace	27
Současný stav	28
Současný vývoj	28
Výzkumné cíle	29
Esterifikace – výroba bionafty.....	29
Základní informace	29
Současný stav	30
Současný vývoj	31
Výzkumné cíle	31
Anaerobní rozklad	31
Základní informace	31
Současný stav a vývoj	31
Výzkumné cíle	32
Výroba bioetanolu	32
Základní informace	32
Současný stav	33
Současný vývoj	33
Výzkumné cíle	33
Literatura	34

VELKOLEPÝ DAR

Cizí vesmírná loď přistává někde v Evropě, členové posádky opouštějí loď a jejich velitel takto promlouvá k Evropanům, kteří se shromáždili k uvítání mimozemšťanů na Zemi:

„Lidé Země, přicházíme jako přátelé a abychom dokázali naše přátelství, přinášíme vám velkolepý dar. Při našem dlouhém pozorování z vesmíru jsme si všimli, že ta část Země, kterou nazýváte Evropou, je sužována velkým množstvím vážných problémů. Náš dar je toho druhu, že vám pomůže se jedním rázem vypořádat se všemi těmito problémy, a to jednoduše tím, že budete moci zachycovat velké množství sluneční energie a v užitečné formě ji shromažďovat jak dlouho si jen budete přát. Takové zachycování energie je doprovázeno spotřebou oxidu uhličitého a navíc přitom vzniká přebytečný kyslík. Pokud se rozhodnete přijmout tento dar, otevře se vám široký obzor možností využívat nejen tepelnou a elektrickou energii různých paliv, ale budete mít k dispozici všelijaká vlákna i jiné materiály a chemikálie, které budete moci vyrábět ve velkém i v malých specializovaných množstvích. Využívání všech těchto možností neohrožuje životní prostředí a velmi pravděpodobně bude schopno nahradit některé z vašich činností, které jsou v současnosti ekologicky velmi znepokojivé. Lidé bydlící v jednotlivých oblastech budou schopni naleznout zaměstnání v nových výrobních odvětvích, vaše zemědělství se bude moci zracionalizovat a zemědělské oblasti se budou těšit novému a vyrovnanému růstu. Každá oblast v Evropě si bude moci vybrat způsob, jak tohoto daru nejlépe využít k uspokojení svých specifickým potřeb bez toho, že by se dostala do střetu se svými partnery nebo sousedy.“

Tento dar mimozemských návštěvníků není samozřejmě nic jiného než biomasa². Tato kapitola formuluje hypotetickou odpověď Evropanů na nabídku tohoto „velkolepého daru“, přičemž bere v úvahu možnosti a překážky a snaží se vyhnout přílišným zjednodušením ve smyslu výroků, že „je to příliš drahé“ nebo „je to technicky nezralé“, které v současné době dominují evropské debatě o problému využití biomasy. Jak plyne z nedávné celoamerické konference o biomase (Biomass Conference of the Americas)³, spočívá hlavní role nejnovější biomasové strategie v tom, že by měla umožnit využití potenciálních výhod nepotravinových biozdrojů. Vypořádat se s tímto problémem se snaží vládní orgány a ostatní určující činitelé ve Spojených státech a i Evropa by měla mobilizovat své síly, aby byla schopna uведенý „dar“ přijmout, který - kdyby neexistoval - bychom si určitě toužebně přáli mít.

² Tato fikce by neměla být chápána ve spojení s teoriemi o mimozemském původu života a/nebo zelených rostlin. Mimozemšťané v tomto případě hrají jen roli poznávacího nástroje, který umožňuje vytvořit odstup mezi problémy a jejich případnými řešeními tak, aby se podařilo lépe určit kritická místa uskutečnění celého procesu.

³ Oakland, California, USA, září 1999.

ÚVOD

Potenciál a strategická závažnost

Ačkoliv všechny zdroje obnovitelných energií mají specifické vlastnosti, které jaksí vytvářejí jejich „osobitost“, biomasa v tomto ohledu bezpečně vede, jak je to například dáno tím že:

- se jedná o charakteristicky komplexní problematiku;
- význam biomasy není jednoznačně patrný, neboť velké přísliby jsou zde konfrontovány malými výsledky ve větším měřítku uplatněných technologií;
- stupeň tržního pronikání v Evropě je překvapivě malý, a to navzdory místním úspěchům.

Vytvořit si všeobecný obraz o složitosti problematiky biomasy⁴ je nesnadné. Studie tohoto typu musí kombinovat různé typy odborných znalostí a zkušeností, přičemž se překračují tradicí vymezené hranice a je přitom nebezpečí, že dojde nejenom jednoduše k „chybám“, ale že dojde k vážnému „zneuctění“ vědecko-technických disciplin, které existují mimo oblast vlastní odbornosti autora/autorů⁵.

Takto, abychom došli ke spolehlivým a vskutku užitečným výsledkům, je tato kapitola rozvržena metodologicky a aby zahrнула:

- lepší využití odbornosti ostatních členů EUREC (European Union Renewable Energy Centres – Střediska obnovitelných energií v EU) v jejich roli poradců/ kritiků⁶,
- podrobné zmapování komplexní problematiky sektoru biomasy/bioenergie včetně nových „nástrojů“,
- tržně orientovaný způsob prezentace biomasy zaměřující se na energetické vektory (síly, vlivy) vyplývající z biomasy, a to spíše než na problematiku výchozích surovin a/nebo jejich konverzních technologií⁷.

⁴ Je to „bioenergie“ která by byla lepším názvem této kapitoly aby se tím vyloučily veškeré neenergetické/nepotravinové využití bioenergetických zdrojů. Nicméně abychom se vyhnuli ještě dalším komplikacím už i tak dost složitého problému, přidrželi jsme se všeobecně užívaného pojmu „biomasa“.

⁵ Navíc k riziku, že dojde k „znesvěcení“ osobního profesionálního hájemství jednoho nebo více významných odborníků v dané oblasti.

⁶ Viz. odkaz 1

⁷ Jak už je pravidlem, většina přehledů o biomase se soustředí buď na konverzní technologie nebo na problematiku surovin.

Vzhledem k důležitosti, jakou problematika konverzních technologií hraje pro všeobecný výzkum biomasy, je strategický přehled hlavních konverzních technologií obsažen ve zvláštní příloze.

Ve zbývající části této úvodní kapitoly uvádíme Co, Proč a Jak ve smyslu definice strategie při využívání biomasy v Evropské unii, neboli jde nám o

- definici dané oblasti problému, včetně definicí veškerých termínů a pojmů, které by umožnily jejich přesnější užívání a vyjadřování,
- definici tří podstatných článků celkového biomasového řetězce, tj. zdrojů, konverzních technologií a konečných produktů při zdůraznění určující role konečných produktů při provádění strategických analýz,
- ocenění potenciálu biomasy v Evropské unii,
- analýzu strategického významu biomasy viděného z hlediska různých politických a sociálně-ekonomických zájmových skupin.

Vyjasnění pojmů

V Tabulce 1.1 uvádíme v souhrnu hlavní termíny a pojmy, které se užívají při popisu problematiky biomasy spolu s poznámkou o jejich přesném významu a hodnotě. K snadnějšímu čtení jsou doporučené termíny vtištěny tučně.

Struktura biomasového řetězce

Úhelným koncepčním kamenem biomasy je rozlišování tří podstatných článků biomasového řetězce, tj.

zdroje → konverze (přeměna) → konečná spotřeba

TABULKA 1: VYJASNĚNÍ POJMOSLOVÍ BIOMASY

Pojem	Význam	Hodnocení
Biomasa	Biologická masa živoucí nebo nedávno odumřelá v buněčné formě. Užívá se také u takových produktů, jako je třeba palivové dřevo.	Jednoduché označení celého nepotravinového spektra, nejasné rozlišování produktů.
Fytomasa	Rostlinná biomasa.	Jasný termín ačkoliv jen zřídka užívaný.
Biozdroj	Biologické zdroje.	Jasně pro zdroje biomasy.

Biomasová energie	Energie z biomasy.	Nejasný termín, kterému bychom se měli vyhnout. Možnost záměny s jinými termíny.
Bioenergie	Energie z biomasy.	Jasný doporučený termín.
Bioteplo	Tepelná energie z biomasy.	Jasný doporučený termín.
Bioelektrina	Elektrické energie z biomasy.	Jasný doporučený termín.
Biopaliva	Všechna paliva vyráběná z biomasy, včetně pevných (palivové dřevo, pelety), kapalných (bioetanol, bionafta, bioropa) a plyných (bioplyn, jiné plyny).	Nemá se omezovat jenom na kapalná paliva, které se obvykle užívají v dopravě. Doporučený termín pokud je doprovázen (viz vlevo) upřesněním.
Bioplyn	Směs metanu a CO ₂ vznikající anaerobním rozkladem biomasy (biologický proces).	Nepříliš jasný termín vzhledem k tomu, že se může týkat veškerých plyných paliv odvozených z biomasy.
Bioetanol	Etanol vyráběný na základě biologických procesů ze surovin majících svůj původ v biomase.	Termín rozlišuje petrochemicky vyráběný etanol od chemicky totožného etanolu.
Bionafta	Kapalné palivo odvozené z rostlinných olejů a nahrazující běžnou naftu.	Možná záměna s bioropou využívanou stejným způsobem.
Bioropa	Kapalný zbytek při pyrolýze biomasy, který může být případně energeticky nebo chemicky využit.	Nejasný termín, který by se neměl užívat ve spojení s veškerými kapalnými produkty z biomasy.
Biouhlí	Dřevěné uhlí nebo výsledek karbonizace biomasy.	Nejasné, neměl by se užívat.
Odpady	Ve spojení s biomasou se jedná o materiály pocházející z různých zdrojů.	Nejasný záporně znějící termín, který se týká produktů pocházejících z biomasy i od jinud.

Zbytky	Obyčejně se užívá pro zbytky biomasy, která zbývá na polích nebo po zemědělské výrobě.	Užívá jej organizace FAO, nemá záporný význam ale nejasně rozlišuje úpravnické odpady.
Vedlejší produkty, doprovodné produkty	Měly by se užívat k charakterizaci veškerých druhů materiálů, které jsou vztaženy k biomase, odpadům a druhotným tokům.	Kladně znějící termín pokud je dobře specifikován, doporučeno k užívání.
Biochemikálie	Chemikálie z biomasy nebo vyráběné biologickými procesy.	Nejasný ale užitečný termín; měl by být specifikován.
Biomateriály, bioprodukty	Materiály nebo jiné výrobky vyrobené z biomasy nebo biologickým procesem.	Totéž jako u biochemikálií.

Důraz by se měl klást na konečné využití, které v poptávkou orientované ekonomii určuje strukturu daného řetězce, tj. jaké zdroje a konverzní procesy se mají využívat k výrobě specifických výrobků nebo vyžadovaných služeb.

Navíc těmto třem článkům celkového řetězce je třeba určit dvě hlavní oblasti vztahů (styčných ploch) neboli

- rozhraní mezi zdrojem a přeměnou (konverzí) určovanou logistikou výchozí suroviny a celkovou vhodností,
- rozhraní mezi přeměnou (konverzí) a konečným využitím, kde se mohou zohlednit požadavky zákazníka (uživatele).

Tržní uplatnění bioenergie je spojeno s několika podstatnými překážkami, které vznikají v těchto rozhráních, což zvláště platí pro rozhraní mezi zdrojem a konverzí.

Potenciál biomasy

Výčet hlavních zdrojů biomasy by mohl být následující:

- krátké obmýtní lesní hospodářství (vrba, topol a blahovičnick)
- bylinné lignocelulózové plodiny (miscanthus)
- cukernaté plodiny (cukrová řepa, čirok, topinambur)

- škrobové plodiny (kukuřice, pšenice)
- olejnaté plodiny (řepka, slunečnice)
- dřevné odpady (dřevařské zbytky, zbytky po úpravě dřeva, zbytky stavebního dříví)
- zemědělské zbytky a odpady (sláma, chlévská mrva atp.)
- organické frakce pevných městských odpadů a skládek
- kanalizační kaly
- průmyslové zbytky (např. z potravinářského nebo papírenského průmyslu)

Současné a budoucí dostupné zdroje biomasy v EU jsou uvedeny v Tabulce 2.

TABULKA 2: POTENCIÁL BIOMASY V EU

Suroviny	Současné zdroje [Mt sušina /rok]	Budoucí zdroje [Mt sušina /rok]
<i>Vedlejší produkty jiných činností:</i>		
Dřevěné odpady	50	70
Zemědělské zbytky	100	100
Pevné městské odpady	60	75
Průmyslové odpady	90	100
<i>Přímá produkce biomasy:</i>		
Krátké obmýtní lesní hospodářství	5	75 – 150
Energetické plodiny	-	250 – 750
Biomasa celkem	200	1 000
Celkem bioenergie [Mtoe]	80	400
Procento současné primární energie v EU	5 – 6 %	25 – 30 %

Mtoe = Million tons of Oil Equivalent (milióny tun ropného ekvivalentu), 1 Mtoe = 11 630 GWh

Z Tabulky 2 je zřejmé, že v dlouhodobé perspektivě by energetické plodiny pěstované na výměře mimo běžnou zemědělskou výrobu mohly být velmi důležitým zdrojem biomasového paliva, nicméně vedlejší produkty jiných výrobních činností jsou podstatným zdrojem biomasy a jsou přednostní

surovinou k výrobě energie. Navíc k tomu je zde příspěvek životnímu prostředí v tom, že se využívá již existujících sekundárních toků jako jsou městské pevné odpady a kanalizační kaly, a to i vzhledem ke skutečnosti, že tyto představují potenciální znečištění.

Politické ohledy

Jiný ohled ukazující na komplexnost biomasové problematiky je její silné propojení se složitou problematikou politickou, v jejímž rámci by biomasa měla být zkoumána. Tabulka 3 shrnuje hlavní druhy politických opatření, která se dotýkají problému biomasy, a to spolu s hlavními druhy vlivů, které by eventuálně mohly hrát vážnější roli.

TABULKA 3: POLITIKA VE VZTAHU K BIOMASE*

Politická opatření v oblasti	Ekonomické dopady	Technologické dopady	Environmentální dopady	Společenské dopady
Energetická	1	2	2	3
Průmyslová	1	2	3	2
Zemědělská	1	3	2	1
Environmentální, (včetně skleníkových plynů)	2	2	1	2
Výzkumná	2	1	2	3
Dopravní	3	2	2	3
Sociální (zaměstnanecká)	2	3	3	1
Regionální - místní	2	3	2	1
Školská	3	2	2	1
Spotřební	1	2	2	1
Světově rozvojová	3	2	2	3
Mezinárodně obchodní	3	2	2	2

*1 = vysoce relevantní , 2 = středně relevantní, 3 = málo relevantní

- Strategická rozhodnutí týkající se biomasy budou muset být učiněna ve více než tuctu různých politických oblastí, jež nejen užívání biomasy ovlivňují, ale která jsou také biomasou ovlivňována.
- Pokud nedojde k přiměřené koordinaci vztahů obsažených ve výčtu výše uvedené tabulky, může to ohrozit případné aplikace, zvláště inovačního typu.
- Zdá se, že je možná využít biomasu jako mechanismu k prosazení mnohonásobného účinku v několika politických oblastech⁸.
- Strategie biomasy, které nejsou schopny postihnout situaci nastíněnou v Tabulce 3, nejsou ani schopny vyřešit jednotlivé specifické problémy, neboť nepostihnou daný problém v jeho celistvosti. Tím se omezuje možnost nalezení přijatelných řešení.

Současná situace

Současné využití biozdrojů k výrobě energie v EU je popsáno vzhledem k hlavnímu tržně orientovanému klasifikačnímu schématu, a to ve smyslu: „**bioteploto, bioelektřina, biopalivo**“, jak to bylo uvedeno v předcházejícím oddíle. Toto schéma umožňuje zmapovat oblast problematiky biomasy ve formě komplexního diagramu zahrnujícího tři „dimenze“ otázky bioenergetické uskutečnitelnosti:

- Dimenze **vertikální** (neboli **technicko-ekonomická**), která propojuje bioenergetický trh s (a) biosurovinami (zemědělskými, lesnickými, odpadními atd.) přes (b) konverzní technologie (termochemické, biochemické atd.).
- Dimenze **horizontální** (neboli **technicko-politická**) spojující současné velké i malé uživatele bioenergií se současnými i výhledovými výzkumnými aktivitami, jakož i se zbývajícími faktory rychle se měnící politické situace.
- „**Třetí**“ (neboli **společensko-technická**) dimenze týkající se společenských momentů a takových aspektů, jako např. regionálních rozdílů při využívání biomasy v Evropě, jakož i rovnováhy globálních vlivů a trendů oproti místnímu specifčnosti, a to například ve smyslu: „mysli globálně, čiň lokálně“.

Současný bioenergetický příspěvek

Současný příspěvek bioenergie k celkové energetické bilanci v jednotlivých zemích EU se příliš neliší od údajů z roku 1975 uvedených v Tabulkách 4 a 4a.

⁸ Viz. „velkolepý dar“ v úvodu

Z těchto tabulek je zřejmé, že současný energetický příspěvek biomasy v EU je hlavně ve formě biotepla, zatímco bioelektrina se většinou omezuje na spalování biomasy v uhelných elektrárnách (naplňování cílů projektů využití odpadů), zatímco biopaliva pro dopravu se užívají jen v několika, povahou spíše experimentálních projektech. Měli bychom zdůraznit, že Bílá kniha EU o obnovitelných energiích (White Paper on Renewable Energy) předpokládá zdvojnásobení současných hodnot využívání bioenergie z 6 % v roce 1995 na 12 % v roce 2010 (vzhledem k celkovým dodávkám primární energie). Vzhledem k těmto strategickým cílům by biomasa měla pokrýt přibližně 135 Mtoe/rok v roce 2010 (kde by 75 Mtoe činilo bioteple) tj. jednalo by se o celkové ztrojnásobení a o zdvojnásobení dodávek biotepla.

Hodnoty tržního uplatnění těchto tří hlavních bioenergetických vektorů jsou určovány již dříve definovanými třemi dimenzemi uskutečnitelnosti. V následující části tohoto oddílu bude současná situace souhrnně charakterizována vzhledem ke každé skupině těchto tří faktorů.

TABULKA 4: BIOENERGIE V ENERGETICKÝCH SYSTÉMECH EVROPSKÉ UNIE (1995)

Země	Celkové primární dodávky energie [Mtoe]	Energie z biomasy	Procentuální podíl bioenergie vzhledem k ostatním obnovitelným zdrojům	Procentuální podíl elektřiny vyráběné z biomasy
Rakousko	27,0	11,1	49,0	4,2
Belgie	59,8	0,6	97,0	1,2
Dánsko	25,4	5,9	93,0	6,3
Finsko	29,9	19,1	79,0	18,2
Francie	245,2	4,0	66,0	1,4
Německo	350,5	1,3	71,0	1,2
Řecko	27,4	3,3	64,0	0,7
Irsko	11,2	1,6	70,0	1,7
Itálie	161,7	2,2	17,0	1,6
Lucembursko	3,5	1,1	86,0	0,1
Nizozemí	85,3	0,0	94,0	2,1

Portugalsko	19,4	13,5	63,0	7,0
Španělsko	140,0	3,4	52,0	3,1
Švédsko	52,7	16,7	66,0	12,5
Velká Británie	231,8	0,6	85,0	0,7
Celkem	1 435,0	3,3	61,0	2,8

Pramen: Eurostat, Národní statistiky, odhady

TABULKA 4A: PRONIKÁNÍ BIOMASY NA TRHY EVROPSKÉ UNIE (1995)

Bioenergetický vektor	Příspěvek	Tržní průnik
Bioelektrina	64,8 TW(e)/rok	2,8 % celkové výroby elektřiny
Bioteplota	3,8 Mtoe/rok	Cca 6 % celkového užitého tepla
Tekutá biopaliva	< 1 Mtoe/rok	< 0,1 % celkově užívaných paliv v dopravě
Bioenergie celkem	44,3 Mtoe/rok	3,3 % celkové primární energie

Pramen: Tabulka 4, údaje Evropské komise, odhad autora

Technicko-ekonomické aspekty

Současná podoba bioenergetického, technicko-ekonomického řetězce (viz. Struktura biomasového řetězce) je obsažena v Tabulce 5. Jsou uváděny jen dostupné suroviny a technicky zralé technologie. Problematika surovin je hlavním činitelem způsobujícím malý podíl proniknutí biomasy na trh, a to určuje uplatnění všech bioenergetických vektorů dvojitým způsobem:

1. Tím, že zvyšuje skutečné nákupní náklady biomasy zahrnující pěstování, sklizeň, transport a manipulaci, jakož i všechny s tím související nákladové položky,
2. protože logistika biomasy je – kromě nákladů – zásadně ovlivňována sezónní dostupností, dopravními a skladovacími požadavky a dokonce i technickou vhodností (v případě rozlišného složení surovin) jednotlivých biozdrojů.

Technicko-politické aspekty – výzkumná politika

Jednotné zmapování oblasti biomasové problematiky na základě technicko-politických kritérií není možné, jelikož jednotlivé „mapy“ se odlišují specifitami politik uplatňovaných pro každý jednotlivý případ (viz. Tabulka 3).

TABULKA 5: SOUČASNÁ PODOBA BIOENERGETICKÉHO, TECHNICKO-EKONOMICKÉHO SYSTÉMU

Energetický vektor	Biomasová surovina	Konverzní technologie	Hlavní omezující faktory
Biotepllo	Palivové dříví Dřevěné odpady Zemědělské zbytky Městské a další odpady	Spalování Zplyňování Anaerobní rozklad Využití skládkového plynu	Surovinová logistika Surovinové náklady
Bioelektřina	Palivové dříví Dřevěné odpady Zemědělské zbytky	Spoluspalování Spalování Zplyňování	Surovinová logistika Surovinové náklady Vhodnost nových surovin
Dopravní biopaliva	Cukernaté plodiny Škrobové plodiny Rostlinné oleje	Fermentace na bioetanol Esterifikace olejů na bionaftu	Surovinová logistika Surovinové náklady Logistika výrobků

TABULKA 6: SOUČASNÁ SITUACE TRŽNÍ UPLATNITELNOSTI BIOENERGETICKÝCH ŘETĚZCŮ

Technická zralost/tržní uplatnitelnost	Biotepllo	Bioelektřina	Dopravní biopaliva
Výzkum	Aplikačně orientovaný	Čištění plynu Jiná technická zlepšení	Nové suroviny Využití vedlejších produktů

			Environmentální aspekty
Vývoj	Aplikačně orientovaný	Čištění plynu Jiná technická zlepšení Nové suroviny	Nové suroviny Využití vedlejších produktů Zkoušky motorů Kvalita paliva
Demonstrace	Ověření nových řešení Logistická zlepšení	Zkoušky nových surovin Zkoušky nových řešení Optimalizace logistiky	Zkoušky technických řešení Zkoušení motorů Lokálně-regionální prověřování Hledání strategických partnerů
Šíření poznatků	Růst současných trhů Tvorba nových trhů	Tvorba trhů Hledání strategických partnerů (veřejné služby, kogenerace)	Omezeno předcházejícími faktory Akceptace výrobců paliv nejistá

Jak je dáno rozvahou EUREC, budou problémy výzkumu a dopad těchto problémů na tržní uplatnění hrát ústřední roli, v Tabulce 6 je nastíněna současná bioenergetická situace v EU vzhledem k úrovni technické vyspělosti a/nebo tržní uplatnitelnosti biomasy, jak se týkají produkčních řetězců již dříve definovaných v Tabulce 5.

Klíčová slova v každém řádku tabulky zahrnují, jak současná úzká místa výzkumu a jim odpovídající současné výzkumné priority (např. jak jsou obsaženy v 5. Rámcovém programu Evropské komise), tak i priority budoucí, například ty, které mají být zahrnuty do cíleně orientovaného výzkumu Evropské unie.

Pomocí podobných přehledů vytvářených s ohledem na jiné politické oblasti, např. zemědělské, regionální, nebo environmentální, můžeme určit jejich strategicky kritická místa a jim odpovídající akční priority. Použití těchto nástrojů takto umožňuje vytváření strategických plánů pro všechny činitele a

formulaci společné koordinační báze jednotlivých politických opatření (viz. Politické ohledy).

Společensko-technické aspekty

Třetí „dimenze“ určující proveditelnost bioenergetických projektů je pravděpodobně nejméně známá a obvykle se na ni při plánování nepamatuje. Tržní uplatnitelnost, zvláště u nových bioenergetických technologií je malá, protože evropská společnost se o věc málo zajímá, nebo je o věci málo informovaná.

V Tabulce 7 analyzujeme primární aspekty současné přijatelnosti hlavních bioenergetických vektorů veřejnými orgány (nikoliv však vládními, protože tyto jsou částí technicko-politické problematiky) EU vzhledem k úrovni prováděných opatření.

**TABULKA 7: SOUČASNÁ PŘIJATELNOST
BIOENERGETICKÝCH VEKTORŮ PRO VEŘEJNOST**

Úroveň	Biotepllo	Bioelektřina	Dopravní biopaliva
Mezinárodní	Otázky spojené s dlouhodobě udržitelným způsobem hospodaření s lesním fondem v rozvojových zemích	Nejasné	Vhodné pro „zelená“ paliva Některé ekologické otázky, např. týkající se Brazílie
Evropské Unie	Nedostatek dostatečné podpory orgány EU	Nedostatek dostatečné podpory orgány EU	Nedostatek dostatečné podpory orgány EU
Státních uskupení	Příznivý přístup v několika zemích, např. v Dánsku, Švédsku, Finsku, Rakousku Negativní přístup pro tradiční využívání v jiných zemích (Řecko)	Nepříznivý přístup týkající se existujících alternativ (nukleární energie, hydroenergie)	Příznivé v některých zemích, např. Francii, Možné negativní postoje ekologických aktivistů
Regionální	Zalesněná území	Jiné izolované	Možné pilotní

	Oblasti s nadprůměrnou spotřebou tepla Případ vytápění v některých oblastech Rakouska	oblasti	experimenty v oblastech s bohatou nabídkou surovin
Místní	Velká proměnlivost Možnost lokálních experimentů	Velká proměnlivost Možnost lokálních experimentů	Omezené lokální experimenty vzhledem k existujícímu trhu s palivy

Na základě této analýzy můžeme uzavřít, že:

- situace společenské přijatelnosti bioenergetických vektorů v Evropě se velmi liší na téměř všech úrovních,
- možná bioenergetická řešení mohou narazit jak na pozitivní, tak i negativní společenské přístupy, a to někdy uvnitř téhož regionu nebo státu,
- celá tato společensko-technická oblast je příliš důležitá na to, než že by ji jakékoliv plánování mohlo vynechat, což se zvláště týká opatření v oblasti školství a šíření informací či v jiných příbuzných oblastech.

CÍLE VÝZKUMU, VÝVOJE A DEMONSTRAČNÍCH PROJEKTŮ

Na základě předcházející analýzy se výzkum⁹ stává důležitým hráčem bioenergetické scény. Současně je zřejmé, že bude třeba provést podstatné přehodnocení cílů ve smyslu jejich specifikace, což se týká jak současných výzkumných aktivit, tak i těch, které jsou teprve ve stadiu výhledu. Takový strategický „obrat“ by měl brát v úvahu tyto činitele:

- cíle jednotlivých států EU, jako např. tzv. megacíl, tj. produkce 135 Mtoe/rok v roce 2010, jak ji předpokládá Bílá kniha evropské komise (EU White Paper),

⁹ V následujícím textu, pokud nebude uvedeno jinak, se pojem „výzkum“ bude užívat k pojmenování celého řetězce inovačních jevů ve smyslu: výzkum-vývoj-demonstrace-šíření informací.

- celkové přehodnocení výzkumu biomasy v Evropě, severní Americe i ostatním světě, a to z hlediska záměru pokrýt kritické „mezery“ týkající se uplatnění bioenergie na trhu v masovém měřítku,
- údaje a tendence výhledových aktivit v přiřazených oblastech, které by se srovnaly s předcházejícími studiemi, jako např. *Cellule de Prospective*, tj. studie EU vydané na začátku 90. let¹⁰.

Navíc k tomu, sám pojem „výzkumu“ v oblasti biomasy musí být rozšířen a inovován, aby zahrnul netechnické interdisciplinární a systémové aspekty a činnosti, na které se nehodí nálepka „konkurenční neschopnost“¹¹.

Surovinově orientovaný výzkum

Jak jsme již uvedli, problematika surovin do velké míry odpovídá za vysoké náklady a nízký průnik bioenergetických vektorů na trh. Surovinově orientovaný výzkum by se měl soustředit na vyřešení pokud možno co největšího počtu problémů spojených s dodávkami surovin, jak je shrnuto v Tabulce 8.

TABULKA 8: PRIORITY VÝZKUMU BIOMASOVÝCH TECHNOLOGIÍ

Výzkumný cíl	Jednotlivé výzkumné iniciativy (příklady)
Minimalizovat náklady na suroviny	Lepší výzkum potenciálu (databáze, modely, nástroje GIS, internetové aplikace, expertní systémy); optimální výběr energetické plodiny; agrorafinační alternativy.
Maximalizovat vhodnost surovin	Studie uskutečnitelnosti; cílené agronomické studie; biotechnologická zlepšení; vypracování předpisů a norem.
Zajistit dodávky biomasy	Efektivní zmapování biozdrojů; logistické modely pro agrozbytky a energetické plodiny; pilotní projekty v různých oblastech.

¹⁰ Viz. také strategie biomasy v EU: E. G. Koukios, D. Wrigh, *Biofutur*, červen 1992.

¹¹ Ve smyslu rozšíření těchto cílů zde zasluží zvláštní pozornost záměr zvláště podporovat nejslibnější pilotní, demonstrační a informace šířící akce, které by mohly hrát roli „hnacího motoru“ celého vědecko-výzkumného procesu.

Formulovat dlouhodobě udržitelnou strategii	Sladit zdroje vzhledem k lokálnímu životnímu prostředí a celkové kultuře; vytvoření ekonomických/environmentálních modelů jako nástrojů.
---	--

Výzkum konverzních technologií

V této kategorii se nalézají cíle pro nejdůležitější technologie, a to jak technologie technicky zralé či se teprve formující, jak je v souhrnu uvádí Tabulka 9. Je vhodné zdůraznit, že zde navrhované priority zcela přesně nevyhovují potřebám určité technologie, jak tomu obvykle bývá u těchto typů přehledů (viz. příloha), nýbrž, že tyto priority spíše odráží existující tržní síly a potřebu překonat dané překážky.

Výzkum konečné spotřeby bioenergie

Výzkumné cíle, které jsou shrnuty pod tímto názvem se týkají jak konečného stadia bioenergetického řetězce (viz. Struktura biomasového řetězce), tak i souvislostí s konverzními technologiemi. Priority této nové výzkumné oblasti jsou přehledně uvedeny v Tabulce 10.

Jak ukázaly současné zkušenosti s úspěšným šířením některých aplikací obnovitelných energií v zemích EU¹², hrají rozhodující roli mechanismy uplatňované zdola, a tudíž by hlavní důraz měl být kladen na výzkum konečné spotřeby.

Výzkum bioenergetických systémů

I za předpokladu, že biomasová surovina je k dispozici ve velkém množství, a současně levně dostupná, že uplatněné konverzní technologie jsou vysoce efektivní a environmentálně přijatelné, a že bioenergetické vektory jsou na dosah trhu i jejich uživatelů, je stále nutné bioenergetické řetězce a systémy kombinovat z těchto jednotlivých komponent, uvádět je do souladu s již existujícími nespřízněnými produkčními řetězci a systémy, jak se třeba existují v jednotlivých venkovských oblastech EU. Výzkumné cíle uvedené v Tabulce 11 se pokoušejí definovat některé podpůrné priority této kritické konečné fáze systémové syntézy a konkrétní realizace.

¹² Nejdůležitější příklady: vytápění biomasou v Rakousku, větrná energie v Dánsku, vytápění domácností solární energií v Řecku.

TABULKA 9: VÝZLUMNÉ PRIORITY BIOMASOVÝCH KONVERZNÍCH TECHNOLOGIÍ

Výzkumný cíl	Jednotlivé výzkumné iniciativy (příklady)
Minimalizovat konverzní náklady vyspělých technologií (spalování, bioplyn, cukrová/škrobová fermentace a bionafta)	Hmotně energetická zlepšení efektivnosti; nová řešení reaktorů; prohloubení vědeckých poznatků s tím spojených; modelování ekonomických procesů.
Eliminovat technické problémy nových technologií (pokročilé spalování, zplyňování) a technologií se slibným výhledem (pyrolýza a biokonverze plastických hmot na bázi derivátu celulózy)	Vytvoření norem pro pevná biopaliva; hlubší studium vlivu popílku; systematické studium zemědělských zbytků a energetických plodin; čištění plynu; rafinace bioropy na paliva a chemikálie; studium základních biokonverzních procesů; přechod z laboratorních podmínek na výrobní.
Minimalizovat dopad na životní prostředí u všech typů biomasových konverzních systémů	Životní prostředí neznečišťující spalování; zacházení s dehty při zplyňování; studium spalování kapalných biopaliv; opětné užívání odpadů a recyklace; studium dopadu na životní prostředí a studium cyklů životnosti
Podpořit tržní pronikání nových biomasových technologií	Studium šíření poznatků; „křivky osvojování znalostí“; nové nástroje pro podporu rozhodování; vhodné pilotní akce; nová podnikatelská kultura.

TABULKA 10: VÝZKUMNÉ PRIORITY KONEČNÉ SPOTŘEBY BIOENERGIE

Výzkumný cíl	Jednotlivé výzkumné iniciativy (příklady)
Zlepšit technickou oblast vztahů mezi bioenergií a jejími spotřebiteli	Zavedené energetické technologie srovnatelné s biomasou; nová řešení, např. palivové články; důraz na kvalitu výrobků a služeb

Zlepšit oblast ekonomických vztahů	Tržní přehledy; nové finanční nástroje a nástroje tvorby cen; použití nových marketingových strategií týkajících se bioenergie/biopáliv a jejich uživatelů; role obchodování v malém.
Zlepšit environmentální přijatelnost bioenergetických vektorů	Užití etiket jako nástroje; využívání environmentálně přijatelných materiálů a komponent; analýza životních cyklů ve smyslu vlivu na životní prostředí a ochranu životního prostředí.
Zlepšit společenskou přijatelnost bioenergie a biopáliv	Vliv módy a životního stylu; nové přístupy při výuce problematiky biomasy; informační kampaně a tržní strategie.

TABULKA 11: VÝZKUMNÉ PRIORITY BIOENERGETICKÝCH SYSTÉMŮ

Výzkumný cíl	Jednotlivé výzkumné iniciativy (příklady)
Optimalizovat strukturu daného systému dle potřeb jeho okolí	Modelování biosystémů; systémová dynamika; určení rostlin pro mnohonásobné využití při výrobě potravinové/nepotravinové biomasy; místní biorafinerie.
Maximalizovat společenské a ekonomické výhody pro místní a regionální činitele	Kvantifikace společensko-ekonomických externalit: zaměstnanost, zvýšení místních příjmů; úspory z velkovýroby oproti úsporám ze sortimentu; místní/regionální přeškolení pracovních sil.
Minimalizovat nepříznivé dopady na životní prostředí při zavádění nových biosystémů	Kvantifikace společensko-ekologických externalit; rozvahy skleníkových plynů; využití biomasy při plánování dlouhodobě udržitelného užívání zemědělského fondu.
Maximální vhodnost politických opatření a využití jejich koordinace a součinnosti (synergie)	Politické výzkumy; výhledové technologické studie a hodnotící studie; dílny typu Delphi (Delphi workshops).

TABULKA 12: NÁSTIN EVROPSKÉ TRŽNĚ ORIENTOVANÉ STRATEGIE BIOMASY

Jednotlivá strategie	Surovinové cíle	Technologické cíle	Spotřebitelské a systémové cíle
Defenzivní	<ul style="list-style-type: none"> - vyrovnané hospodaření s lesním a dřevním fondem - racionální využívání odpadů a zbytků 	<p>Zlepšení:</p> <ul style="list-style-type: none"> - účinnosti spalování dřeva - kvality surovin (např. pelet) - systémy využívající skládkový plyn 	<ul style="list-style-type: none"> - existující trhy s bioteplem - kogenerace - pevná biopaliva – normy - lokální systémy
Agresivní	<ul style="list-style-type: none"> - systematické využívání biozdrojů - zavádění energetických plodin 	<ul style="list-style-type: none"> - podpora pokročilých spalovacích metod - podpora zplyňování - podpora výroby a využívání bioplynu - vývoj dopravního paliva z plastických hmot na bázi derivátu celulózy 	<ul style="list-style-type: none"> - nová využití biotepla a bioelektřiny - spoluspalování v uhelných elektrárnách - aditiva dopravních paliv - regionální systémy
Ověřovací a předběžně výzkumná	<ul style="list-style-type: none"> - komplexní lokální/regionální biomasové systémy 	<ul style="list-style-type: none"> - nové energetické plodiny - demonstrovat pyrolýzu - vyřešit výrobu vodíku z biomasových zdrojů 	<ul style="list-style-type: none"> - palivové články - komplexní systémy - dopravní biopaliva - nové motory

CESTOU K SILNĚJŠÍMU TRHU

Jak současné tak i budoucí bioenergetické trhy jsou značně roztržité. Navíc k optimální směsici uvedených tří typů energetických vektorů (viz. předcházející text), by silný a zdravý bioenergetický trh měl poskytovat místo velko i malokapacitním aplikacím, konvenčním i inovačním řešením, centralizovaným jakož i decentralizovaným způsobům distribuce.

Nástin možné evropské strategie, která by mohla přeměnit potenciální výhody ve výhody skutečné, např. pomocí vhodných synergických postupů, je předmětem této závěrečné kapitoly. Schůdný přístup by měl obsahovat tři různé navzájem se doplňující a ovlivňující strategické prvky:

- defenzivní prvek soustředící se na podporu tradičního využití bioenergie v evropských venkovských oblastech, v nichž využívání bioenergie zaniká nebo je ohroženo,
- agresivní prvek usilující o pronikání nových bioenergetických technologií a výrobních vektorů na již existující nebo se formující trhy,
- ověřovací a výzkumný prvek orientující se na budoucí uplatnění biomasy, a to tím, že podporuje a povzbuzuje proces inovací ve smyslu předcházejícího pojednání.

Rozdělení charakteristických vlastností těchto tří navrhovaných strategických prvků (viz. Tabulka 12) reprezentuje úsilí o vytvoření všeobecné metody pro zacházení s biomasou v EU, která by byla založena na uvedených analýzách¹³.

PŘÍLOHA – BIOMASOVÉ KONVERZNÍ TECHNOLOGIE¹⁴

Tato příloha poskytuje důkladný strategický přehled všech hlavních technologických cest, které spojují zdroje biomasy s energetickými trhy. Přehled se týká šesti technologických oblastí, které pokrývají veškeré současné objevující se i slibné případy. Z metodologických důvodů rozdělení každého oddílu vychází z členění hlavního textu.

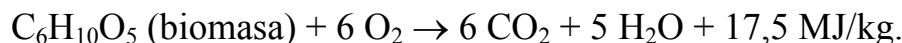
¹³ Tabulku 12 můžeme rovněž chápat jako stručnou odpověď Evropy na nabídku „velkolepého daru“ „mimozemšťanů“ (viz.), čímž by se „šťastně“ završilo hledání tohoto příspěvku.

¹⁴ Celá tato příloha vychází z dříve uveřejněných informací organizací EUREC (Position Paper, 1996) a jejich revize a aktualizace Hubertem Veringem z ECN (Nizozemsko) a v konečné zde uvedené podobě E. G. Koukiose.

SPALOVÁNÍ

Základní informace

Většina současné energie pocházející z biomasy je dána spalováním dřeva. Spalování biomasy je procesem, při kterém vzniká teplo, jehož se může využít buď přímo pro vytápění či sušení nebo nepřímo k výrobě páry pohánějící třeba turbínu. Tato skutečnost může být například vyjádřena reakční rovnicí



Současný stav

Procesy přímého spalování a výroby tepla, jakož i parní cyklus pohonu jsou již komerčně běžně uplatňované postupy doprovázené stálou snahou o zlepšení jejich efektivnosti a omezení emisí znečišťujících látek. Obvykle se užívají dva typy kotlů, buď s pevným/pohyblivým roštem nebo fluidním ložem¹⁵. Roštové typy kotlů jsou velmi běžné a patří zde běžně užívaná zařízení v domácnostech, jakož i velkokapacitní průmyslová zařízení s výkonem 50 MW schopná zvládnout spalování velmi rozdílných materiálů. Zařízení s fluidním ložem jsou atraktivní v případech kdy výkon jde nad 10 MW (th). Jejich hlavní výhodou je schopnost zužitkovat směsi různých typů biomasy (dřevné, nedřevné) a/nebo je spalovat spolu s ostatními palivy.

Současný vývoj

Spoluspalování představuje nejpodstatnější pokrok v této oblasti, tj. spalování biomasy nebo odpadů současně s uhlím v již existujících velkokapacitních tepelných elektrárnách. Nová koncepce kotlů, při nichž se biomasa spaluje spolu s uhlím, rašelinou či palivem daným zpracováním městského odpadu (RDF = refuse-derived fuel) nebo s jinými palivy, umožňuje dosažení vysoké efektivnosti vzhledem k spalovaným množstvím a omezenému riziku nedostatku paliva, jelikož je možné využívat více druhů paliv a tím kompenzovat sezónní vlivy při dodávkách biosurovinové vsázky. Při spoluspalování se v současné době usiluje o to, aby biomasa přispívala až 10 % k výhřevnosti daného paliva, ale uvažuje se i o hodnotě až 35 %. Biomasa se drtí na malé částice umožňující injektáž do ohniště kotle. Jiné možnosti spoluspalování zahrnují i využití biomasové pyrolýzy nebo zplyňování (viz. další text) jako předúpravnických procesů surovinové vsázky. Uvažuje se, že posledně jmenované technologie by se mohlo využít již v existujících elektrárnách s plynem poháněným kombinovaným cyklem, čímž by se otevřela cesta k využití obrovského

¹⁵ Do fluidního lože se spolu s nosným materiálem kontinuálně dodávají částičky spalitelného materiálu udržované ve neustálém vznosu plynem proudícím vertikálně odspodu nahoru. Tepelná kapacita lože je značná a představuje stabilizační prvek celého systému. Fluidní lože umožňuje účinný přenos tepla a hmoty a systém je schopen spalovat velmi velké množství různorodých materiálů, včetně paliv nebiologického původu.

potenciálu biomasy v již existujících energetických systémech. Jiné slibné oblasti vývoje zahrnují:

- velké elektrárny s kombinovaným elektrárensko-teplárenským cyklem (CHP elektrárny); v místech, kde teplo má význačnou ekonomickou hodnotu by takové elektrárny mohly být velmi přitažlivé,
- velmi efektivní zařízení s fluidním spalováním schopné zpracovat směs paliv, dokonce i paliv obsahujících více než 60 % vlhkosti,
- spalování biomasového prášku v keramických plynových turbinách, u nichž se předpokládá, že by byly k dispozici komerčnímu využití v budoucích letech. Tyto turbíny s kapacitou 100 – 500 kW budou schopny vyrábět teplo a/nebo vysokotlakou páru využitelnou přímo pro pohon nebo v CHP elektrárnách.

Výzkumné cíle

Hlavní překážkou jsou vysoké náklady spolu s uplatněním úspor z velkovýroby. Většina vědecko-výzkumných aktivit se zaměřuje na technické aspekty spalování, např. přikládání do ohniště, přenos vzduchu a paliva, nebo je zaměřena na zlepšení spalovací účinnosti (> 30%), omezení emisí znečišťujících látek (např. popílku) anebo na výzkum CHP elektráren. Prohloubeného výzkumu vyžadují rovněž Stirlingovy motory a tlakové spalovací systémy. Důležité vědecko-výzkumné úkoly také leží v oblasti spoluspalování, tj. ohodnocení možností spoluspalování v různých situacích, vývoj a ověření pokročilých konstrukčních koncepcí kotlů. Zvláštní témata, která je třeba zkoumat zahrnují korozi alkáliemi a chloridy, zanášení struskou, jakož i prevence zanášení, což by všechno mělo přispět k tomu, aby bylo možné využívat i „nesnadné“ typy biomasy, jako třeba slámy, RDF nebo trav. Tomuto vývoji by napomohlo, kdyby byly k dispozici přímé investice a takto zájem průmyslu je v tomto případě velmi důležitý. To je důvod proč by se část vědecko-výzkumných aktivit měla soustředit na demonstrační projekty, které by průmyslu jednoznačně předvedli specifické výhody těchto nových technologií výroby energie. Budoucí výzkum se také bude muset zaměřit na to, jak se různá technická vybavení vypořádávají s problémem emisí CO₂ nebo jinými emisními normami.

ZPLYŇOVÁNÍ

Základní informace

Tepelně chemické zplyňování je procesem přeměny organických částic biomasy při vysokých teplotách na směs plynů palivové hodnoty. Tato chemická reakce

je endotermická, což znamená, že teplo musí být dodáváno zvnějšku. V běžném případě, kdy se vzduch nebo kyslík do vyráběného plynu nepřidává, vzniká plyn o střední nebo vysoké výhřevné hodnotě ($10 - 18 \text{ MJ/Nm}^3$), což značně snižuje náklady na následující úpravnické postupy, např. čištění plynu. Jiným způsobem, jak získávat teplo potřebné pro tuto reakci je, že se pevné biopalivo částečně spaluje, jak je to obecně vyjádřeno rovnicí:



Při nejjednodušších aplikacích se využívá vzduchu, takže výsledný plyn je zředován dusíkem a výhřevnost plynu se pohybuje mezi $3 - 8 \text{ MJ/Nm}^3$. Ačkoliv samotné čištění plynu je poměrně levné, je celkové čištění plynu nákladné, a to vzhledem k obrovským množství plynu, která se musí zpracovat. Na druhé straně užití čistého kyslíku je značně nákladné, obzvláště pokud se ho použije v malém měřítku. Zplyňování představuje rychle se šířící konverzní technologii nejen při využití biomasy v Evropě, ale i v celém světě.

Současný stav

Stejně jako v případě spalování jsou technologie s fluidním ložem velmi atraktivní v případě velkokapacitních ($> 5\text{MWth}$) zplyňovacích úrovní. Je možné zplyňovat široké spektrum biopaliv, ale čištění plynu je nákladné vzhledem k velkým množstvím produkovaného dehtu. Technologie s pohyblivým ložem představují možnost v případě málokapacitních zařízení. Ty jsou z hlediska investic méně náročné, ale vyžadují, aby se v loži udržoval proud plynu při pokročilém stavu konverze paliva, což vyžaduje rozsáhlou a nákladnou předúpravu biopaliva, např. peletizací. Protiproudé technologie jsou schopny produkovat velká množství studeného plynu, ale vytvářejí také velké množství dehtu, zatímco souproudé zplyňování je spojeno s menším množstvím produkovaného dehtu, ale i s výrobou menšího množství studeného plynu (80 % i méně).

Současný vývoj

Při výrobě elektřiny se v současnosti vyvíjí několik procesů pro zplyňování biomasy. V případě integrované plynově parní injektáže turbíny poháněné plynem z biomasy (BIG-ISTIG = biomass integrated gasifier-steam injected gas turbine) se pára získává zpět z odpadního tepla a vrací se do plynu pohánějícího turbínu. Tímto způsobem je možné vyrobit více elektřiny v dané turbíně při vyšší elektrické účinnosti. Plyn získaný zplyňováním je možné spalovat v dieselových plynových motorech nebo v motorech na obojí paliva nebo v plynové turbíně, a to po odstranění dehtu, prachu a vody. Nejúčinnější a nejekonomičtější způsob využití je při výrobě elektřiny pomocí plynové turbíny v kombinovaném parním cyklu. Většího výtěžku než při spalování je možné

dosáhnout ve spalovacích motorech nižší výkonové třídy (50 kW – 10 MW), zatímco při vyšší hodnotách (1 – 50 MW) jsou spalovací systémy s turbínami účinnější. Pro velké elektrárny (50 – 100 MW) může zplyňování dosáhnout vysokých hodnot účinnosti na základě kombinovaných plynově parních turbínových systémů.

Vzhledem k možnosti vysoké účinnosti a velkých teplot uplatněných ve zplyňovacím procesu je tato technologie nejlepším kandidátem pro budoucí velkokapacitní biomasou poháněné CHP elektrárny. Velikost a typ takových elektráren závisí od místních podmínek, jako jsou možnosti dodávky paliv, jeho složení a podoby, jakož i vyžadovaný poměr tepla vzhledem k produkované energii. I v tomto případě bude kritickou fází čištění plynu.

Výzkumné cíle

Výzkum zplyňování se zaměřuje na velké kapacity (1000 t/d) kyslíkem a/nebo vzduchem foukané systémy a vysokou účinnost při výrobě elektřiny dosahující 42 – 47 %. Aby bylo možné tento cíl splnit, bude třeba urychlit výzkum jednoduchých a levných způsobů čištění plynu od prachu, NO_x, NO₄, HCl a alkalických komponent. To se vyžaduje jak v případě velkých (> 10 MW) i malých elektráren. Rovněž je možné uplatnění přísných norem na kvalitu paliva vzhledem k tomu, že zplyňování je citlivé na změnu typu vsázkové suroviny, vlhkost, obsah popela, jakož i velikost jednotlivých částic. Zvýšená pozornost by také měla být věnována zlepšení tolerance zplyňovacích zařízení vzhledem k různým typům biomasy a funkci plynových motorů a plynových turbín využívajících paliva s malou výhřevností. V momentě, kdy zplyňování bude účinným a nákladově efektivním procesem, bude se moci plynu využívat také k syntéze druhotných paliv, jako třeba metanolu nebo chemických surovin.

PYROLÝZA

Základní informace

Pyrolýza je velmi slibná technologie, která by se mohla v budoucnosti uplatnit. Je definována jako proces rozkladu při zvýšených teplotách (300 – 700 °C) bez přítomnosti kyslíku. Výsledkem pyrolýzy biomasy jsou pevné produkty (zuhelnatělé zbytky, dřevěné uhlí), produkty kapalné (pyrolýzní oleje) a směs spalitelných plynů. Vlastnosti každého z těchto produktů závisí na konkrétních parametrech pyrolýzní reakce. Po dlouhá staletí se pyrolýzy využívalo při výrobě dřevěného uhlí (karbonizace). Tento proces probíhá při relativně nízké

teplotě a dlouhé době setrvání tak, aby se docílilo maximálních výnosů dřevěného uhlí, přibližně 35 %.

Současný stav

V posledních letech se zvýšená pozornost věnovala výrobě pyrolýzních olejů (bioropa), protože se s nimi snadno manipuluje a mají mnohem větší energetickou vydatnost než pevná biomasa. Ropný výtěžek až do 80 váhových procent se může dosáhnout procesem rychlé nebo okamžité pyrolýzy při nižších reakčních teplotách, zatímco pomalá pyrolýza je spojena s produkcí většího množství dřevěného uhlí (35 – 40 %) než bioropy. Pyrolýzní kapaliny, o nichž se v současnosti mluví jako o bioolejích nebo bioropě, jsou určeny k přímému spalování v kotlích, motorech nebo turbínách. Nicméně určité úpravy bioolejů jsou nezbytné, aby se odstranily nežádané vlastnosti, jako např. malá tepelná stabilita nebo výhřevnost, či vysoká viskozita a korozivita. Dřevěné uhlí se může užívat v malých zplyňovacích zařízeních (v rozsahu kW) nebo se může využívat jako cenné palivo. Hlavní výhodou rychlé pyrolýzy je, že výroba paliva se děje odděleně od výroby energie.

Současný vývoj

Proces okamžité pyrolýzy je prozatím ve stavu demonstračních projektů, přičemž úprava bioolejů je na mnohem nižším stupni vývoje. Pyrolýza může být zajímavá ve spojení s existujícími systémy velkokapacitní výroby elektřiny, zvláště pokud je to spojeno s přepravou biomasy, protože výsledky pyrolýzy jsou produkty s vysokou energetickou koncentrací, které se mohou využívat např. v již existujících uhelných kotlích. Kromě toho, je možné pyrolýzy využít jako prostředku redukce velikosti různých toků odpadů a tím získávat cenné vedlejší produkty. Největší prozatím vybudovaná elektrárna má kapacitu 2t/h, ale elektrárny s kapacitou 4 – 6 t/h (to se rovná 6 – 10 MWe) jsou ve stavu pokročilého vývoje. V dlouhodobém výhledu bude možné využívat pyrolýzních olejů jako dopravních paliv (náhrada nafty) po procesech stabilizace a jiných úpravách. Toto využití je prozatím neekonomické, protože nebyly zatím uplatněny žádné environmentální kredity.

Vyvíjí se také řada technologií, které kombinují pyrolýzu a zplyňování, aby se tím odstranily jednotlivé nedostatky obou technologií, ale aby se současně uplatnily jejich jednotlivé výhody. Hydropyrolýza, tj. pyrolytický proces probíhající při vysokém tlaku vodíku, má vlastně více co dělat se zplyňováním. Může být rovněž chápána jako prostředek akumulace vodíku z obnovitelných zdrojů, např. solárních, větrných, v nosičích odvozených z biomasy. Tímto způsobem lze vyrábět syntetický zemní plyn obsahující 80 % metanu, se stejnými spalovacími vlastnostmi jako běžný zemní plyn.

Zkapalňování je procesem probíhajícím při nízkých teplotách (250 – 500 °C), vysokém tlaku (až do 150 barů), kdy redukční plyn – obvykle vodík – se přidává k suspendované biomase. Výsledkem je okysličená kapalina s výhřevností 34 – 40 MJ/kg ve srovnání s 20 – 25 MJ/kg u pyrolýzních olejů. Zájem o zkapalňování v poslední době opadá vzhledem k malé ekonomičnosti procesu a technickým problémům.

Výzkumné cíle

Na straně vědecko-výzkumného úsilí – jako dodatek k již zmíněným prioritám - by se důraz měl klást na zlepšení výroby pyrolýzních olejů pro megawatové elektrárny a úpravě bioropy, přičemž by se užívalo jako katalyzátoru vodíku. Pozornost by se rovněž měla zaměřit na odstranění problému korozivity a toxicity, jakož i úpravě diesellových motorů, aby mohly být poháněny pyrolýzními oleji. Také by se měl zkoumat vývoj speciálních druhů chemikálií z pyrolytických olejů.

ESTERIFIKACE – VÝROBA BIONAFTY

Základní informace

Esterifikace je chemická proměna rostlinných olejů na estery, které jsou vhodné pro použití v diesellových motorech a odtud i termín bionafta. Rostlinné oleje se vyrábějí z olejnatých plodin, např. řepky nebo slunečnice, při použití tlakových a extrakčních postupů. Doprovodným produktem je na protein bohatý koláč (zbytek), který je cenným živočišným krmivem. Při esterifikační reakci se rostlinné glyceridy v přítomnosti metanolu nebo etanolu a vhodného katalyzátoru (obvykle vodného roztoku NaOH nebo KOH) přeměňují na metylnaté nebo etylnaté estery (a to v uvedeném pořadí) s tím, že jako vedlejší produkt vzniká glycerín. Nejslibnější ester pro výrobu bionafty z rostlinných olejů je RME (metyl ester řepkového oleje). Proces je schematicky znázorněn níže uvedenými rovnicemi (vychází se z 1 tuny výroby RME). Estery rostlinných olejů se mohou užívat ve směsích s běžnou naftou, a to až do 100 %.

Extrakce:

Řepkové semeno (3 000 kg) → krmivo (1 900 kg) + řepkový olej (1 000 kg)

Esterifikace:

řepkový olej (1 000 kg) → glycerin (110 kg) + RME (1 000 kg)

Ve srovnání s konvenční naftou je používání bionafty spojeno s menšími emisemi škodlivých látek, čímž se omezuje výskyt respiračních problémů a snižuje se riziko vzniku rakoviny. Vzhledem k tomu, že v řepkovém oleji je obsaženo velmi malé množství síry, nevzniká při spalování bionafty SO_2 , který je právě původcem uvedených respiračních problémů, a který rovněž přispívá ke vzniku kyselého deště. Na druhé straně se ovšem mohou vyskytnout problémy se zápachem – je podobný zápachu oleje při smažení – je-li RME využíván jako palivo.

Současný stav

Proces výroby RME je velmi dobře propracován a výrobek je komerčně uplatňován ve Francii, v Německu a v Itálii. Poslední výsledky výzkumného programu Evropské komise Thermi (Thermi Programme) ukázaly, že u běžných motorů, jež pracují se směsnými palivy obsahujícími až 50 % RME, se nevyskytují žádné zvláštní problémy.

Současně ovšem platí, že v EU jsou zdroje surovin pro výrobu bionafty omezené. Celková produkce řepkového semena pěstovaného k nepotravinovým účelům se omezuje na 0,7 – 1,2 Mha, jak je to dáno dohodou z roku 1993 (GATT Blair House Agreement) a vyhrazené kvóty jsou rychle vyčerpávány jednotlivými členskými státy, jak to ukazuje růst skutečně obdělávané půdy v EU pro tyto účely. V roce 1993 to bylo 0,2 Mha, ale už 0,6 Mha v roce 1994. Většina tohoto růstu se týká řepky, u níž obdělávaná půda vzrostla na přibližně 0,4 Mha. Největšími výrobci jsou Francie a Německo, kdy v roce 1994 Francie vyprodukovala 173 a Německo 152 kha. Platí ovšem že bionafta je drahým transportním palivem a stojí o 0,20 – 0,25 EUR více na jeden litr než ekvivalent vyrobený z fosilních zdrojů. V zemích, kde RME je komerčně dostupný, může konkurovat s fosilní naftou jen na základě daňových výjimek¹⁶.

¹⁶ Schrivenerova směrnice z roku 1995 (Schrivener Directive), o níž se ještě stále diskutuje, navrhuje, že biopaliva v EU by mohla ekonomicky konkurovat na základě snížení spotřební (nepřímé daně).

Současný vývoj

Hlavními překážkami uplatnění bionafty na trhu jsou vysoké výrobní náklady, omezené množství surovin, které se umožňují vypěstovat v EU, a nedostatek vůle jednotlivých států zavést na biopaliva daňové úlevy. Vzniká tak začarovaný kruh, v němž nedostatek konkurenceschopnosti bionafty ve srovnání s fosilní naftou odrazuje kapitálové investice do dalšího vývoje esterifikačních metod.

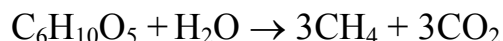
Výzkumné cíle

Aby se podařilo odstranit tyto překážky stojící v cestě uplatnění esterifikace, vědecko-výzkumný proces by se měl zaměřit na výzkum užití RME v různých typech motorů, testování motorů vzhledem k produkovaným pevným emisím, omezení problému zápachu, zlepšení energetické účinnosti, specifikaci výhod při omezování emisí skleníkových plynů, jakož i na snižování celkových výrobních nákladů, a to zvláště tím, že by se lépe využívalo doprovodných produktů (zbytkového koláče, glycerinu).

ANAEROBNÍ ROZKLAD

Základní informace

Anaerobní rozklad je biologickým procesem, při němž se organické odpady přeměňují v bioplyn, tj. směs metanu (40 – 75 % v/v) a oxidu uhličitého. Proces je založen na rozpadu organických makromolekul biomasy působením přírodních bakteriálních kultur. Tento biologický proces probíhá v anaerobních autoklávech, tj. vzduchotěsně uzavřených nádobách vytvářejících ideální podmínky pro život anaerobních bakterií fermentujících (stravujících) organické suroviny za vzniku plynu. Zjednodušená stechiometrická rovnice anaerobního rozkladu rostlinné biomasy by mohla být tato:



Během anaerobního rozkladu se běžně rozkládá 30 – 60 % pevné hmoty v plyn. Vedlejší produkty obsahují nerozložený zbytek (kaly) a různé, ve vodě rozpustné látky.

Současný stav a vývoj

Anaerobní rozklad je běžně užívanou technologií odpadového hospodářství. Bioplyn, buď surový nebo jako částečně obohacený CH_4 , se může užívat

k výrobě tepla nebo ke spalování v plynových, dieselových nebo plynodieselových motorech pohánějících elektrogenerátor, a to až do výkonu 10 MWe. Průměrná výnosnost je 0,2 – 0,3 m³ bioplynu na 1 kg pevné suché hmoty. V současné době pochází 80 % veškerého průmyslově vyráběného bioplynu ve světě z komerčně využívaných skládek odpadu. Další vývoj této biomasové konverzní technologie je však omezen.

Výzkumné cíle

Současný výzkum se zaměřuje na faktory, které ovlivňují optimální růst mikrobiálních kultur. Vyvíjejí se autoklávy, které jsou schopny rychle zpracovat velká množství zředěných kapalných odpadů pocházejících z různých zemědělských a průmyslových procesů. Tyto technologie mají tu výhodu, že mohou využívat velmi levných surovin a nesou spolu řadu výhod pro odpadní hospodářství ve smyslu snahy o ochranu životního prostředí.

VÝROBA BIOETANOLU

Základní informace

Jedná se o jinou biochemickou metodu, v tomto případě o výrobu tekutých, na etanolu založených dopravních biopaliv. V Evropě se hlavně jedná o etanol, éter, ETBE (etyl terciární butyl éter), kterého se užívá jako náhrady (až do 15 %) olovnaté přísady v palivu dieselových/benzínových motorů. Ve Spojených státech se hlavně jedná o tzv. gasohol¹⁷, což je směs benzínu a etanolu, zatímco v Brazílii se užívá etanol i gasohol v čisté podobě. Suroviny pro výrobu bioetanolu (biologicky vyráběného etanolu) poskytují cukernaté a škrobové plodiny, jako např. obiloviny, cukrová řepa, brambory nebo cukrový čirok. Kukuřičné semeno ve Spojených státech a cukrová třtina v Brazílii se v současné době využívají v největší míře k výrobě bioetanolu, ale v budoucnosti se uvažuje, že se také bude využívat různých lignocelulósových rostlin a zbytků. Uhlohydráty rostlin se přeměňují na bioetanol dle rovnice



¹⁷ Gasohol je termín užívaný ve Spojených státech a znamená směs benzínu (90 %) a z kukuřice vyráběného etanolu (10 %). Měli bychom se vyhnout záměně s gasolejem (gasoil), což je produkt používaný k pohonu dieselových motorů.

Současný stav

Bioetanol se může užívat v čistém stavu, jak je tomu při programu Proalcool v Brazílii nebo ve směsi s motorovým benzínem. Pokud se užívá 100% bioetanol, musí se motory upravit, zatímco směsi se mohou užívat i pro motory neupravené. Etanol se může také užít jako palivové příměsi, tj. jako náhrady MTBE¹⁸, do bezolovnatých paliv ke zvýšení oktanového čísla. V Evropě jsou doporučené hodnoty (Association of European Automotive Manufacturers, AEAM) 5% etanolu nebo 15 % ETBE ve směsi s benzínem. ETBE je výsledkem reakce stejného množství etanolu a uhlovodíku isobutanu. Jeho kritické vlastnosti, jako např. oktanové číslo, těkavost, teplotní účinnost a korozivita, daleko předčí vlastnosti bioetanolu. Směsi benzínu a ETBE mají totožné užité vlastnosti jako benzín, takže motory není třeba upravovat. ETBE se může vyrábět v závodech, které v současné době produkují MTBE. Prvé průmyslové zařízení k výrobě ETBE bylo uvedeno do provozu v roce 1990 (ELF Francie), kdy bylo užito bioetanolu dodávaného francouzskými výrobci Beghin-Say a Ethanol Union.

Současný vývoj

Výroba a distribuce bioetanolu jsou v současné době komerčně propracované pro cukrové a škrobové substráty. Očekává se, že předúpravnické a konverzní technologie pro použití lignocelulóзовých surovin budou ekonomicky uplatnitelné v nejbližších desíti letech, vzhledem k tomu, že některé kritické fáze procesu se ještě stále prověřují na maloprovozní úrovni. Jiné technologie ještě vyžadují značné vědecko-výzkumné úsilí před přechodem do fáze komerční demonstrace. V Evropě je z ekonomického hlediska ještě značný rozdíl mezi cenou fosilního paliva (0,15 EUR/l) a bioetanolu (0,4 – 0,6 EUR/l). Očekává se, že tento rozdíl se bude moci vyrovnat zlepšením produktivity a účinnosti založených na lepším využití mikrobiálních systémů, biotechnologií a lignocelulóзовých surovin, jakož i lepším využitím vedlejších produktů, např. ligninu.

Výzkumné cíle

Hlavní překážkou vývoje bioetanolových technologií je nedostatek investic do vědecko-výzkumného vývoje. Vzhledem k tomuto nedostatku investic by se

¹⁸ MTBE získaný z fosilního metanolu se přidává k bezolovnatému palivu ke zvýšení jeho oktanové čísla. Ve Francii výroba MTBE v současné době roste rychlostí 10 % za rok. MTBE je hlavním konkurentem bioetanolu a ETBE, jako prostředku zvyšování oktanového čísla, se ve světovém měřítku vyrábí více než 10 Mt/rok. Jeho cena se váže na cenu metanolu, jehož cenové výkyvy 95 – 190 ECU/t v letech 1987 – 1992 byly značné. Z tohoto důvodu mohou výrobci dávat přednost ETBE, jehož cena je všeobecně stabilnější. Evropské směrnice v současné době určují maximální obsah MTBE (a ETBE) v motorech na 10 % (v/v).

měla započít blízká spolupráce také se Spojenými státy. Výzkum tohoto tématu je prozatím v zárodečné fázi. Bude tedy třeba vyřešit řadu problémů, včetně vývoje pokročilé metody hydrolýzy pro lignocelulóзовé materiály, účinnou úpravu vsázkových surovin a užívání nových kvasinkových kultur, bakterií a plísní při fermentaci, zlepšeným biokonverzním postupům, identifikaci tržních mezer a výzkumu a vývoji v oblasti aceton butanolové fermentace, kde již dávno mělo dojít k zásadnímu průlomu.

LITERATURA

Ballaire, P, *Publication Interne*. ADEME, France, 1996.

Biomass Technologies in Austria: Market Study. Thermie Programme, Action BM62, European Commission DGXVII, July 1995.

Energy in Sweden. NUTEK (Swedish National Board for Industrial and Technical Development), 1994.

Mauguin, Bonfils and Nacfaire (eds), *Biofuels in Europe: Developments, Applications and Perspectives 1994-2004*. Proceedings 1st European Forum on Motor Biofuels, Tours, 1994.

Proceedings of Biomass Conferences of the Americas: 1993 (Burlington), 1995 (Portland), 1997 (Montreal), and 2000 (Oakland).

Proceedings of European Biomass Conferences: 1989 (Lisbon), 1991 (Athens), 1992 (Florence), 1994 (Vienna), 1996 (Copenhagen), 1998 (Wuerzburg) and 2000 (Seville).

Wrixon, G. T., Rooney, A. and Palz, W., *Renewable Energy 2000*. Springer, 1993.