

EKONOMICKÁ A ENERGETICKÁ EFEKTIVNOST VÝROBY BIOPALIV ECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY OF BIO-FUEL PRODUCTION

O. Mužík, Z. Abrham

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

Abstract

This contribution is focused on economy and energy efficiency of bio-fuels production. The study compares energy and economic demands of briquettes, biogas, bio-diesel and ethanol production from selected energy crops. Energy efficiency is meant as ratio between energy involved in bio-fuel and spent energy for bio-fuel production (from growing of energy plants to bio-fuel production). The best results of energy efficiency were achieved within solid bio-fuels production (up to 40), vice versa the ethanol production from wheat reached the lowest value of 4,8.

Key words: bio-fuels, pellets, briquettes, biogas, ethanol, bio-diesel, energy efficiency.

Úvod

Evropská směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (OZE) ukládá ČR do roku 2020 zvýšit podíl těchto zdrojů na celkové energetické spotřebě na 13 %, čili přibližně na dvojnásobek současného stavu. Nejvýznamnější podíl má mít podle současných prognóz biomasa pro přímé spalování, počítá se s ní však i pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Menší podíl pak připadá na kapalná biopaliva a bioplyn z cíleně pěstované biomasy. Odhad energetického potenciálu biomasy je ovlivněn celou řadou faktorů, proto se

jednotlivé studie poměrně výrazně liší. Příklad několika odhadů potenciálu biomasy pro rok 2020 je uveden v následující tabulce.

Hlavní výhodou biomasy v porovnání s ostatními druhy OZE je snadná akumulace a regulovatelnost výkonu podle skutečné potřeby. Rovněž technologie pěstování a sklizně energetických plodin jsou dobře zvládnuty. Nevýhodou biomasy pro energetické účely jsou naopak v současnosti často vyšší náklady než na fosilní paliva. Nabízí se tedy otázka, nakolik je biomasa výhodná z energetického hlediska – tedy z poměru vložené a získané energie a jak si stojí jednotlivé typy biopaliv ve vzájemném porovnání.

Tab. 1: Potenciál biomasy k energetickému využití (zdroj: MŽP podle Vlk, 2009)

Druh biomasy	Výhřevnost [MJ/kg(m ³)]	Současný stav (2006)		MPO		MŽP				AEBIOM	
				Potenciál 2020		Potenciál 2020 - studie		Upravený potenciál 2020		Potenciál 2020	
		[tisíc tun]	[PJ]	[tisíc tun]	[PJ]	[tisíc tun(m ³)]	[PJ]	[tisíc tun(m ³)]	[PJ]	[tisíc tun(m ³)]	[PJ]
Zbytková biomasa							41,5		28,4		33,5
Lesní biomasa	12	1 132	10,6	1 132	10,6	2 042	24,5	1 392	16,7	1 542	18,5
Bioplyn	22					773	17,0	530	11,7	682	15,0
Rostlinná biomasa						2 700	37,8	1 380	19,3	1 786	25,0
Sláma olejnin	14	84	1,2	100	1,4	1 200	16,8	630	8,8	714	10,0
Sláma obilnin	14					1 500	21,0	750	10,5	1 071	15,0
Celulózní výluhy	8	1 068	8,5	1 068	8,5	1 068	8,5	1 068	8,5	1 813	14,5
Zemědělská biomasa účelově pěstovaná							67,0		62,8		64,4
Energeticky využitelná	18	14	0,2	3 000	51,0	3 000	54,0	3 000	54,0	3 022	54,4
Bioplyn	22					590	13,0	400	8,8	455	10,0
Palivové dřevo	12	3 141	28,3	3 141	28,3	4 680	56,2	4 317	51,8	4 250	51,0
Celkem		5 439	48,8	8 441	99,8		211,0		170,8		188,4

Materiál a metody

V této práci jsme se zaměřili právě na ekonomiku biopaliv a energetickou efektivnost tří

nejobvyklejších způsobů výroby biopaliv z biomasy. Jedná se o produkci pevných tvarovaných biopaliv (pelet, briket), bioplynu a kapalných biopaliv (MEŘO, bioetanol). U vybraných druhů cíleně pěstované

biomasy byly stanoveny výrobní náklady na měrnou jednotku paliva a energetická efektivnost těchto paliv – tedy poměr získané energie (obsažené v palivu) ku vložené energii, tj. energii spotřebované při výrobě paliva.

Energie spotřebovaná

Do spotřebované energie je zahrnuta jen přímo spotřebovaná energie na jednotlivé části technologického procesu (tj. není uvažována energie „minulá“, spotřebovaná např. na materiálové vstupy, na výrobu mechanizačních prostředků, na pracovní sílu apod.). Spotřebovaná energie se dělí na 3 hlavní části:

- energie na pěstování a sklizeň
- energie na skladování a manipulace
- energie na výrobu biopaliv

1) energie na pěstování a sklizeň

Zahrnuje spotřebu energie na všechny pracovní operace od přípravy půdy, přes založení porostu, jeho ošetřování během vegetace, sklizeň a odvoz produktu z pole do střediska zemědělského podniku. Vychází z normativů technologických postupů pěstování plodin a technického zajištění operací. Technologie, spotřeba energie a ekonomika pěstování a sklizně produkce se zpracovává s využitím modelovacího databázového programu AGROTEKIS.

2) energie na skladování a manipulace

Zahrnuje spotřebu energie na soubor operací související s posklizňovým zpracováním, uložením, skladováním a vyskládňováním produkce. Jedná se o odborný odhad na základě měření posklizňových a skladovacích linek. Vychází z normativů získaných při řešení výzkumných projektů z této oblasti. Energie na dopravu vstupních surovin z místa uskladnění do místa zpracování je výrazně ovlivněna kapacitou zpracovatelské linky. Se zvyšující se kapacitou narůstají dopravní vzdálenosti a tedy energie spotřebovaná na dopravu a klesá energetická efektivnost biopaliva. U malých linek instalovaných přímo u producentů energetických plodin (např. malá zemědělská BPS) nejsou žádné další energetické vstupy do dopravy vstupních surovin nad rámec energie na skladování a manipulaci. Vzhledem k nestálosti této hodnoty nebyla energie na dopravu surovin zahrnuta do kalkulace.

3) energie na výrobu biopaliv

Zahrnuje spotřebu energie na transformaci biomasy na konkrétní druh biopaliva. Údaje jsou získány z podkladů firem zabývajících se výrobou těchto paliv a rovněž jsou zahrnuty výsledky vlastních měření při výrobě biopaliv v rámci výzkumných projektů.

Energie získaná

Výpočet energie obsažené v palivu se liší u jednotlivých druhů biopaliv. Pro pevná tvarovaná biopaliva je stanovena na základě průměrného výnosu (uvazuje se výnos suché hmoty o vlhkosti 15 %) a výhřevnosti biomasy. Výhřevnost jednotlivých druhů biomasy je stanovena na základě dostupných

informačních zdrojů a korigována podle výsledků vlastních měření. U vybraných plodin se pohybuje od 14,4 do 16,5 GJ.t⁻¹.

U bioplynu je výpočet získané energie opět odvislý od průměrného výnosu sledovaných plodin a měrné produkce bioplynu z nich. Obsah sušiny je u kukuřice počítán 30 % a u čiroku 25 %. Údaje o měrné produkci bioplynu byly získány na základě vlastních laboratorních pokusů a z dostupných zdrojů v odborné literatuře. Obsah metanu v bioplynu je pro výpočty stanoven na 60 %. Velikost bioplynové stanice odpovídá instalovanému elektrickému výkonu kogenerační jednotky 500 kW_{el}.

Energie obsažená v kapalných biopalivech je rovněž kalkulována s ohledem na hektarové výnosy, bilanci měrné spotřeby sledovaných plodin na jednotku vyrobených biopaliv a jejich energetickou hodnotu. U kapalných biopaliv je do celkového obsahu energie zahrnuta i energie obsažená v pšeničné, resp. řepné slámě. Bilance vychází z dlouhodobých výsledků řešení výzkumných projektů a záměrů VÚZT, v.v.i. a je v souladu s platnými technickými normami a normativy pro kapalná i tuhá biopaliva, především s ohledem na hustoty biopaliv a výhřevnosti biopaliv a vedlejších produktů konverze.

Výsledky a diskuze

Ekonomika výroby a energetická efektivnost biopaliv byla spočítána pro 9 vybraných druhů biomasy. Pro výrobu pevných tvarovaných biopaliv bylo posouzeno 5 druhů energetických plodin, pro produkci bioplynu 2 a pro produkci kapalných biopaliv rovněž 2 plodiny. Výsledky jsou souhrnně uvedeny v tabulce 2.

Jak je patrné z tabulky 2, nejvyšší energetickou efektivnost vykazují podle očekávání pevná tvarovaná biopaliva. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo u ozdobnice čínské díky vysokému výnosu suché hmoty z hektaru a nižším energetickým nárokům plodiny na pěstování a sklizeň. Velmi dobrých výsledků však bylo dosaženo u všech posuzovaných plodin. Horších výsledků bylo dosaženo u ušlechtlejších plyných a kapalných biopaliv. Obě sledované plodiny pro produkci bioplynu – čirok i kukuřice – dosáhly téměř stejných hodnot. Nepatrně lepšího výsledku bylo dosaženo u čiroku, u kterého však vychází horší ekonomika v porovnání s kukuřicí. Velké rozdíly pak vykazuje bionafta (MEŘO) a bioetanol, a to zejména kvůli řádově vyšším energetickým vstupům na výrobu biopaliva. MEŘO tak dosahuje výsledku srovnatelného s energeticky méně efektivními pevnými biopalivy, kdežto bioetanol dosáhl vůbec nejhoršího výsledku. Ekonomické ukazatele i energetickou efektivnost biopaliv může výrazně ovlivnit kapacita zpracovatelské linky. Vyšší zpracovatelská kapacita producenta biopaliv je může být prospěšná pro ekonomiku podniku, ale energetická efektivnost biopaliv se snižuje. Se zvyšující se kapacitou narůstají totiž dopravní vzdálenosti a tedy energie spotřebovaná na

dopravu vstupních surovin. V této studii není energie na dopravu vstupních surovin zahrnuta, protože je právě závislá na kapacitě zpracovatele. Např. u bioplynových stanic jsme odhadnuli, že energetická efektivnost BPS s kapacitou 100 kW_{el} je o třetinu vyšší než u BPS o instalovaném elektrickém výkonu 2000

kW_{el}, nicméně nejlepších ekonomických výsledků dosahují BPS s výkonem kolem 1000 kW_{el}. Obdobné výsledky lze očekávat i u kapalných biopaliv, kde je třeba ještě počítat s energií na distribuci paliva ke konečným uživatelům.

Tab. 2: *Ekonomika a energetická efektivnost vybraných energetických plodin*

Operace	Jednotka	Šťovík krmný	Konopí seté	Ozdobnice čínská	Chrastice rákosovitá	Triticale energetické	Čirok na siláž	Kukuřice na siláž	Pšenice ozimá	Řepka ozimá
Náklady variabilní	Kč/ha	8086	21253	23532	6390	18328	16117	25622	19187	24503
Náklady fixní	Kč/ha	3500	3500	3500	3500	3500	3500	4000	3500	4000
Výnos - hlavního produktu	t/ha	9,0	12,0	12,0	9,0	10,5	50,0	45,0	6,0	3,2
Výnos - vedlejšího produktu	t/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	6,0
Cena (CZV)	Kč/t	1287	2063	2253	1099	2079	392	658		
Vstupy energie - stroje (pěstování + sklizeň)	l/ha	29,3	71,6	21,2	21,8	67,7	52,4	86,8	69,5	76,8
Vstupy energie - stroje (pěstování + sklizeň)	MJ/ha	1034	2526	748	769	2388	1849	3062	2452	2710
Vstupy energie - skladování + manipulace	MJ/ha	90	120	120	90	231	1585	1427	432	293
Vstupy energie - zpracování	MJ/ha	2916	3888	3888	2916	3402	19460	22350	22000	2300
Vstupy energie celkem	MJ/ha	4040	6534	4756	3775	6021	22894	26839	24884	5303
Druh biopaliva (energetického produktu)		Brikety	Brikety	Brikety	Brikety	Brikety	Bioplyn	Bioplyn	Bioetanol	MEŘO
Měrná jedn. biopaliva	mjbpb	t					m ³		l	
Množství biopaliva	mjbpb/ha	8,7	11,6	11,6	8,7	10,2	6271	7200	2362	1257
Celkový obsah energie – hlavní výrobek	GJ/ha	134,4	175,8	192,1	125,7	161,3	134,7	154,7	48,4	43,1
Celkový obsah energie – vedlejší výrobek	GJ/ha								72,0	87,0
Celkový obsah energie	GJ/ha	134,4	175,8	192,1	125,7	161,3	134,7	154,7	120,4	130,1
Náklad na zpracování	Kč/mjbpb	850	850	850	850	850	3,3	3,3	7,0	4,9
Cena paliva na trhu	Kč/mjbpb	3500	3500	3500	3500	3500	-	-	19,6	20,2
Vstupy energie celkem	MJ/mjbpb	462,7	561,3	408,6	432,4	591,2	3,7	3,7	10,5	4,2
Obsah energie na výstupu	MJ/mjbpb	15400	15100	16500	14400	15840	21,5	21,5	20,5	34,3
Energetická efektivnost		33,3	26,9	40,4	33,3	26,8	5,9	5,8	4,8	24,5

Závěr

Výsledky zahrnují pouze efektivnost energie přímo vložené do technologického systému. Pro podrobnější sledování energetické efektivnosti obnovitelných zdrojů by bylo vhodné uvažovat i tzv. energii minulou (tj. vloženou do výroby hnojiv,

chemických ochranných prostředků, strojů atd.) a energii spotřebovanou na dopravu u větších výrobců.

Kromě sledování energetické efektivnosti je třeba se zabývat i ekonomikou využití obnovitelných zdrojů energie. Ukazuje se, že využití biomasy je energeticky efektivní právě v těch případech, kdy biomasa se energeticky využívá tam, kde vzniká

(nejlépe když producent i uživatel biomasy je jedna podnikatelská osoba). Při uvádění biomasy na trh s pevnými palivy se již objevují další dodatečné náklady, které v současné době způsobují to, že paliva z biomasy jsou dražší než konkurenční fosilní paliva.

Prvořadým úkolem zemědělské výroby by mělo být zabezpečení produkce pro potravinářské a krmivářské účely. Energetické využívání biomasy by mělo být orientováno především na využití odpadní a zbytkové biomasy, energetický potenciál této biomasy je značný. Významným zdrojem se stává dnes i biomasa z údržby krajiny a veřejné zeleně.

Některé druhy záměrně pěstovaných energetických plodin vykazují sice velice dobré výnosy i vlastnosti z hlediska energetického využití, ale vždy by se mělo pečlivě zvažovat jejich zařazení do výroby a to na pozemky, které nejsou dobře technologicky a ekonomicky využitelné pro potravinářskou a krmnou produkci. Rovněž se ukazuje, že výhodné je využívání energetických plodin, které nevyžadují výraznější změny v technickém vybavení zemědělského podniku a umožňují v případě potřeby rychlý návrat pozemku do sféry potravinářské produkce.

POZNÁMKA

Tyto výsledky byly získány v rámci řešení výzkumného projektu TAČR č. TA01020275 Vývoj nové technologie a strojního vybavení pro velkoformátové topné brikety ze zemědělské biomasy

Literatura

ABRHAM, Z., KOVÁŘOVÁ, M.: Tuhá biopaliva - ekonomika a konkurenceschopnost. Economy and competitive level of solid biofuels. In *Zemědělská technika a biomasa 2006 : Sborník anotací z mezinárodního odborného semináře VÚZT*

Abstrakt:

Tento příspěvek se zabývá ekonomikou a energetickou efektivností biopaliv. Porovnává energetickou a ekonomickou náročnost výroby pevných tvarovaných biopaliv, bioplynu a kapalných biopaliv z vybraných druhů cíleně pěstované biomasy. Energetická efektivnost je zde chápána jako poměr energie obsažené v palivu oproti energetickým vstupům do jeho výroby od pěstování až po samotnou výrobu paliva. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u pevných biopaliv s hodnotou energetické efektivnosti až 40. Naopak nejhorší energetické balance bylo dosaženo u výroby bioetanolu z pšenice – 4,8.

Klíčová slova: biopaliva, pelety, brikety, bioplyn, bioetanol, MEŘO, energetická efektivnost paliv.

s podporou MZe 21.11.2006, Praha. Praha : VÚZT 2006, s. 7, ISBN 80-86884-16-3

ABRHAM, Z. Technologie a ekonomika tuhých biopaliv z energetických plodin. In JAKOBE P. a kol. *Příručka pro zemědělce. Praha : Verlag Dashöfer, 2009, část 12, díl 7, kap. 2.6, s. 1-8. ISSN 1803-2826*

JEVIČ, P., HUTLA, P., KŘÍŽEK, J. Peletizovaná alternativní paliva ze spalitelných zbytků a biomasy. In *Energetika a biomasa 2010 : sborník přednášek z konference 10.-11.2.2010. Praha : ČVUT v Praze, 2010, s. 1-11. ISBN 978-80-01-04523-7*

JEVIČ, P. Energetická balance a životní cykly biogenních pohonných hmot – 1. *Biom.cz* [online]. 2010-11-08 [cit. 2010-12-09]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-balance-a-zivotni-cykly-biogennich-pohonnnych-hmot-1>>. ISSN: 1801-2655.

KÁRA, J., ABRHAM, Z., 2008: Studie o energetické efektivnosti běžných obnovitelných zdrojů energie. MF ČR.

KÁRA, J., PASTOREK, Z., MAZANCOVÁ, J.: Trendy ve výrobě a využití bioplynu v podmínkách českého zemědělství. In. *Proceedings of the International Scientific Conference. Polnohospodárska biomasa - alternativny zdroj energie. Banská Bystrica, 2009. Institute of Agricultural Engineering Bratislava, p. 45-55.*

MUŽÍK, O., ABRHAM, Z.: Economic modelling of Biogas production. Nitra, SPU. In: *Management of Production Systems with support of Information Technologies and Control Engineering. Sborník přednášek z mezinárodní vědecké konference, Nitra 2006, s. 196-201. ISBN 80-8069-743-4*

VLK, V.: Obnovitelné zdroje energie. *Biom.cz* [online]. 2009-03-25 [cit. 2011-12-30]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/obnovitelne-zdroje-energie>>. ISSN: 1801-2655

Kontaktní adresa:

Ing. Oldřich Mužík

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.

Drnovská 507, 161 01 Praha 6

Tel.: 233 022 531

e-mail: oldrich.muzik@vuzt.cz