

Člověk a energie III. (Energetický potenciál obnovitelných zdrojů a možnosti využití)

Jaroslav Svoboda ML Pardubice

Moto: Člověku neschází síla, ale vůle.

- Jan Neruda

Hodinu za hodinou, den za dnem protékají MWh energie, ve formě elektřiny, plynu, nafty či uhlí, do nenasyceného chřtánu současné konzumní společnosti, aby se nakonec proměnily v odpadní teplo unikající do kosmu a drahé suroviny v odpadový materiál vršící se v umělých pohořích skládek a zdobících příkopy našich cest a lesních zákoutí.

Podobní bohům raději zastihneme měkký svit hvězdnaté noci sodíkem pouličních výbojek a neonem reklam, neboť nám obloha může připomínat nicotnost a pomíjivost vlastní existence.

Současná skladba zdrojů energie nás nenechává na pochybách, že je nejsnazší sáhnout po hotových fosilních zásobách a nestarat se příliš o vývoj alternativních zdrojů. I když je známo, že fosilní zásoby jsou zdrojem cenných surovin, největší část stále marnotratně pálíme v elektrárnách a spalovacích motorech.

Fosilní zásoby energie však neúprosně klesají, těžba je stále nákladnější, energie dražší, a jednoho dne zásoby dojdou, i když naše civilizace je zvyklá na značný a stále vyšší přísun energie. Co potom?
(V minulém referátu jsme si ukázali, že přes lidský pohon to nepůjde).

ZDROJE ENERGIE

Primární zdroje energie:	Využití procesu	Přírodní projevy
Nukleární rozpad:	jaderné elektrárny	Geotermální, plutonické
Nukleární syntéza:	Tokamak, ITER,...	Sluneční záření
Gravitační:	přliv. elektrárny	Slapové síly

Drtivou většinu využitelné energie, odvozené z primárních zdrojů zaujímá energie vyzařovaná Sluncem:

- akumulovaná (fosilní zásoby uhlí, ropy, plynu,...)
- aktuální:
 - biochemická (biomasa)
 - fyzikální (ohřev, fotovoltaika, tepel.spád, ...)
 - potenciální energie vody
 - kinetická energie větru

BIOMASA

Energie fosilní biomasy:

Sluneční energie naakumulovaná fosilní biomasou (ve formě uhlí, plynu a ropy) tvoří dnes zdaleka nejvyšší položku ve spotřebě energie (87%). Abychom dosáhli podobných výkonových hodnot obnovitelnými zdroji energie (7%) po vyčerpání fosilních zásob, museli bychom jejich podíl na výrobě energie zvýšit 12 krát! Pokud bychom nepočítali hydroelektrárny (které se dnes podílejí na výkonu 6%) a jaderné zdroje, museli bychom podíl ostatních obnovitelných zdrojů (solární, větrné, spalování biomasy, geotermální,...) na výrobě energie zvýšit dokonce asi 90 krát!

Je možné pokrýt současnou spotřebu energie jen obnovitelnými zdroji??

Aktuální biomasa Země:

Biosféra celkem:	1841 Pg	(1Pg = 10 ¹⁵ g ≅ 1km ³ vody)
Oceány:	4 Pg	
Souš: vyšší živ.	20 Pg	
hmyz	30 Pg	
rostliny	1791 Pg	
rostliny:	97,3 %	
zvěř a hmyz:	2,7 %	
lidé:	0,01 %	

Energie fyto-masy - Fotosyntéza:

Fototrofní organismy ročně zachytí pro svou potřebu asi $10^{70\pm 2}$ MJ zářivé sluneční energie.

Energie rostlinné uhlovodíkové jednotky CH_2O (z CO_2 a H_2O) představuje asi 480 kJ/mol, což je energie asi 5eV.

Pro syntézu jednotky CH_2O je zapotřebí kolem 8 fotonů červeného světla (1,7eV), což je 13,6 eV.

Účinnost vlastní fotosyntézy je tedy kolem 35 %,

Celková účinnost konverze slunečního záření:

- 25% - využití účinného spektra z celkové radiace,
- 35% - účinnost fotosyntézy,
- 70% - nevyužití radiace zastíněním listoví, sklonem, ...

$$\text{t.j.: } 0,25 \cdot 0,35 \cdot 0,7 = 0,061 \cong 6\% \text{ v ideálních podmínkách.}$$

Ve skutečných podmínkách je účinnost konverze mnohem nižší. Pro zrniny (pšenice, kukuřice,...) se uvádí typická účinnost $0,1 \div 0,4\%$, (cukrová třtina dosahuje až 1% využití z dopadající radiace!)

Účinnost přeměny slunečního záření na biochemickou energii biomasy je tedy kupodivu značně nízká. K využití této energie pro konzumní účely (potravin, krmiva,...), nebo pro pohon strojů (bionafta,...) je nutno dodat další značné množství energie (při sklizni, zpracování, dopravě, ...), takže výsledná účinnost se ještě podstatně sníží.

Fytomasa - zdroj potravy, energie:

Rostlinná biomasa poskytuje energetické suroviny ve formě sacharidů, tuků, bílkovin, příp. po kvašení alkohol.

Spálením 1 g se získá množství energie:

- sacharidy 17 kJ
- bílkoviny 17 kJ
- tuky 37 kJ
- alkohol 29 kJ

Vezmeme-li v úvahu pouze energetický aspekt, pak člověk spotřebuje v pracovním dni (70kg muž):

Činnost	Spotřeba		Sacharidy (nebo) Tuky			
	/rok	/24h.	/24h.	/rok	/24h.	/rok
Práce (normální i těžká) á /8h	[MJ]	[kJ]	[g]	[kg]	[g]	[kg]
BM+Normální práce	4 434,8	12 150	715	261	328	120
BM+Těžká práce	5 602,8	15 350	903	330	415	151
BM+Nepřacovní č.+Norm. práce	5 529,8	15 150	891	325	409	149
BM+Nepřacovní č.+Těžká práce	6 697,8	18 350	1 079	394	496	181

Živočišný organismus nemůže využít veškerou energii z požitých potravy. Spotřebuje jen ty části, které dovede dále zpracovat a nestrávený zbytek odchází z těla jako výkaly.

Uvádí se, že býložravci i masožravci spotřebují jen 15 - 20 % energie obsažené v potravě.

Chceme-li využívat energii biomasy pro průmyslové účely, musíme mít na paměti primární a nenahraditelný účel rostlinné biomasy - výživu živých organismů, včetně lidí a zvířat. Teprve zbytek (zbude-li jaký) můžeme věnovat pohonu strojů a to jen za podmínky, že úbytkem biomasy nenarušíme ekologickou rovnováhu přírody.

Hrubá (pouze energetická) úživnost orné půdy v ČR:

energetický ϕ výnos sacharidů		energetická ϕ spotřeba člověka		1 hektar polí ČR užívá		výměra orné půdy ČR	úživnost orné půdy ČR
v plodině	[t/ha]		[t/rok]		počet	$\times 10^6$ ha	$\times 10^6$ lidí
brambor	4,5	sacharidů	0,3	čistých vegetariánů	10	3	30

kukuřice	3,6			čistých masožravců	1	3	3
pšenice	2,3						
žito	1,9						
průměr	3			obyvatel ČR	x 10 ⁶ lidí		10

Soběstačnost v úživnosti na orné půdě v ČR je tedy prakticky vyčerpána, nejsou rezervy.

Bionafta

Bionafta, biodiesel: -pojmy, pod kterým se zpravidla rozumí metylestery mastných kyselin, vyrobených z rostlinných olejů.

Tisková zpráva:

Dne 14. prosince 2006 vyrobila Česká rafinérská první tuny motorové nafty s přidavkem biokomponenty – MEŘO (methyl esteru řepkového oleje) pro komerční účely. Požadavek vychází ze směrnice EU č.2003/30/EC, kterou přijala česká legislativa, o podpoře používání paliv z obnovitelných zdrojů – tzv. biopaliv. Podle této směrnice by měl podíl biokomponent, který nahradí fosilní palivo v roce 2010 dosáhnout úrovně nejméně 5,75 % energetického obsahu.

V podmínkách České republiky je nejproduktivnější plodinou pro výrobu bionafty řepka olejná. Průměrný výnos je 2,5 tuny z hektaru. Z jedné tuny řepkového semene můžeme získat 0,415 tun bionafty. Takže z každého hektaru můžeme nakonec teoreticky vyprodukovat asi 1 tunu paliva potřebného pro silniční dopravu. Odečteme-li energetické náklady zemědělců na hnojiva, dopravu, na lisování a na konečnou úpravu oleje (čištění, esterifikace) sníží se reálný výnos (dle optimistických odhadů) na 80% původní hodnoty, t.j. na 0,8 t bionafty na hektar (americké prameny uvádějí dokonce 40% ztrátu!).

Po přepočtu spalného tepla tento výnos odpovídá asi 9 až 9,5 MWh (32-34GJ) /ha tepel. práce.

Bionafta má oproti minerální motorové naftě následující přednosti:

- biologická odbouratelnost (za 21 dnů 98 %, minerální pouze 10 %),
- emise oxidů síry o 70 % nižší,
- emise aromatických uhlovodíků 2,5 x nižší.

Současná spotřeba nafty v ČR je kolem 10 Mt/rok. Zdálo by se tedy, že náhradu ropy bionaftou a pokrytí spotřeby pohonných hmot bychom úspěšně zvládli výsevem řepky olejné na 12.5 mil. hektarů!

Bohužel v současné době je výměra zemědělské půdy v ČR 4,25 miliony ha a orné půdy jen 3 miliony ha. Takže i kdybychom oseli všechna pole řepkou a lidé i zvířata drželi celý rok hladovku, i v tomto případě 3/4 aut a chemických provozů by se zastavilo!!

Mimochodem, orné půdy máme čím dále tím méně. Od r. 1918 do r.1938 se výměra zeměděl. půdy ČR prakticky neměnila (5 mil. ha), úbytek byl nepatrný; ale od r.1946 do současnosti zmizelo přes 600 tisíc ha orné půdy pod silnicemi, super a hypermarkety a dalšími stavbami.

Bioethanol

Na našem území se zemědělský líh využíval jako palivo v první i druhé světové válce z nedostatku jiných pohonných hmot. Vyráběl se hlavně z brambor. V roce 1932 byl také u nás přijat zákon, stanovující 20% podíl lihu v benzínové pohonné směsi. Celková tehdejší produkce ethanolu byla ze 60 % spotřebována v palivech.

Ethanol vzniká alkoholovým kvašením cukrů. Výchozími surovinami jsou produkty obsahující cukr, škrob, příp. celulózu.

Produkce sacharidů, ethanolu a energie z plodin (současné výnosy v ČR/rok):

plodina	obsah cukru- škrobu	výnos plodiny	výtěžnost cukru-škrobu	φ výtěžnost ethanolu z plodiny		tepel. energie ethanolu z plodiny		benzin. ekvival. paliva
				[l/t]	[l/ha]	[MJ/t]	[MJ/ha]	
cukrovka	16	40	6,4	80	3 200	1 694	67 750	2 189
brambory	18	25	4,5	90	2 250	1 905	47 637	1 539
kukuřice-zrno	60	6,0	3,6	300	1 800	6 352	38 110	1 231
pšenice	62	3,5	2,2	310	1 085	6 563	22 972	742
ječmen	52	3,0	1,6	260	780	5 505	16 514	534
žito	55	3,5	1,9	275	963	5 822	20 378	658
proso	70	3,5	2,5	350	1 225	7 410	25 936	838
čirok	70	3,5	2,5	350	1 225	7 410	25 936	838
topinambur	17	30	5,1	85	2 550	1 800	53 989	1 744

V těchto výpočtech však není zahrnuta energie a další náklady, potřebné k vypěstování a sklizni plodiny, ani k rafinaci, fermentaci a destilaci produktu!

Z čistého cukru se kvašením ztrácí 15 % energie. Získaný alkohol je poté nutno oddělit destilací od vody, která je podmínkou kvašení. Při získávání ethanolu padne na procesy spojené s fermentací a destilací přibližně 70 % energie. Nejvíce ztrátová je destilace, protože se musí provádět až do vysokého stupně čistoty (kvůli korozi motorů).

Výnos bioethanolu odpovídá jen 600 - 2000 l/ha benzínového ekvivalentu (dle plodiny).

Navíc dva ze šesti atomů uhlíku jsou uvolněny jako CO₂.

Jaká je rentabilita a návratnost vložené energie i dalších investic?

Odhady se značně liší; optimistické názory předpokládají, že na každou vloženou jednotku energie (při pěstování a zpracování) získáme zpět 1,1 energetické jednotky.

Studie, které zahrnují detailně externality a skutečné náklady, oproštěné od umělých dotací a podobných zvýhodnění udávají jiné výsledky:

Energetická bilance výroby bioethanolu v USA (UC Berkeley):

Pěstování plodiny	energie	Výroba paliva	energie
kukuřice - zrno	[GJ/ha]	ethanol	[GJ/ha]
hnojiva, herbicidy	10,74	doprava, mletí	
pohony a doprava	7,47	sacharizace	
mechanizace	6,5	fermentace	
ostatní	4,57	destilace	
Náklady Σ:	29,28	Náklady Σ:	52
výnos zrna (8600 kg/ha)	160	výnos ethanolu (2916 l/ha)	68,15
zisk (pěstování, ⊙ energie)	130,72	zisk (výrob.ztráty energie)	-91,85

Výroba ethanolu v USA - účinnosti:

účinnost pěstování kukuřice (výnos zrno/náklady zrno)	5,46
účinnost výroby ethanolu (výnos ethanol/náklady ethanol)	1,31
účinnost výroby ethanolu (výr.ztráty energie ethanol/zrno)	0,43
náklady energie celkové Σ [GJ/ha]:	81,28
výnos energie celkový Σ [GJ/ha]:	68,15
energetická účinnost celková Σ:	0,84

Musíme mít na paměti, že uvedené výnosy (v ČR i USA) jsou podmíněny současnými vysokými náklady na ošetřování plodin: - pohonné hmoty, stroje, hnojení, herbicidy, sklady, doprava,....

Další, ještě vyšší náklady jsou nutné na zpracování a výrobu biopohonných hmot.

Jiné zdroje (*Scientific American, Cornell. univerzita*) také uvádějí nízkou efektivitu konverze energie na biopohonné hmoty; studie zahrnuje ceny energie během celého procesu růstu, sběru plodin a zpracování, ale nezahrnuje dotace vlády určené zemědělcům (0,54\$/gal).

Efektivita výroby ethanolu:

Zdroj	energie při výrobě	Efektivita produktu
sója:	o 27% více	0,78
obilí:	o 29% více	0,77
traviny:	o 45% více	0,69
slunečnice:	o 54% více	0,65
dřevní odpad:	o 57% více	0,63

- i z této studie plyne že **výroba bioethanolu je energeticky značně ztrátová.**

Všechny tyto komodity a procesy, jejichž množství i cena stoupá, ale stále využívají fosilní energii!!

A bez této energie?

Kolem r. 1820 byl průměrný výnos obilí v zrně 1,2 t.ha⁻¹ (na dobré půdě v Čechách!), tudíž 3x nižší než výnos současný, podmíněný vynaložením fosilní energie!

Jak získávat biopohonné hmoty bez fosilní energie, když celková energetická účinnost pěstování a konverze je <1 ?

Jak získávat, bez fosilní energie, kterou jsou podmíněny současné výnosy, úrodu a potraviny pro všechny?

Přes tato fakta vládní dotace rostou a produkce cukru se stále rozvíjí. V USA jde na produkci bioethanolu čtvrtina sklizně kukuřice, což prudce zvýšilo její ceny. Je tam pěstována na rozloze 30 milionů ha, což je desetinásobek orné půdy v ČR.

V Brazílii se na produkci ethanolu používá více než polovina produkce cukrové třtiny. Výroba ethanolu je tam také vysoce dotovaná vládou.

A vliv na produkci CO₂ ? - ...farmáři, kteří vykácejí kus pralesa, aby na tomto místě pěstovali cukrovou třtinu na ethanol, pokácejí stromy, které CO₂ předtím pohlcovaly mnohem vydatněji. Navíc výroba ethanolu produkuje další CO₂.

Podle studie Minnesotské univerzity tak biopaliva "produkují" 17krát až (údajně) 420krát více oxidu uhličitého než při spotřebě fosilních paliv.

Závěr:

- 1) **Bez silných finančních dotací je výroba ethanolu z plodin vysoce ztrátová.**
- 2) **Bez použití fosilní energie** dosud používané při chemické konverzi (*pohony strojů, doprava, fermentace destilace,.....*) plodin na pohonné hmoty, **bude i výroba v širším měřítku (současné spotřeby) nesmyslná: náklady energie jsou značně vyšší než přínos energie.**
Bude použitelná jen ve výjimečných případech (výroba elektřiny, čerpání vody v odlehlých oblastech,....).
- 3) **Biopohonné hmoty tedy nejsou obnovitelnými zdroji energie.**
- 4) V současnosti je soběstačnost v úživnosti na orné půdě v ČR prakticky vyčerpána, nejsou rezervy.
- 5) Při stávajícím trendu vývoje populace bude úroda plodin a fytomasy stěží stačit na **na přežití lidstva, zvířat a dalších organismů, nikoli jako vydatný zdroj externí energie.**
- 6) **Bez použití fosilní energie** dosud používané pro pohony, dopravu, výrobu hnojiv, zavlažování, mechanizaci,..... v zemědělství, **budou i výnosy plodin značně (asi 3x) nižší. To ovlivní jak skladbu kulturní biomasy, tak hlavně přístupnost potravin; tím i sociální chování a hustotu populace lidstva.**

* * * * *

Prameny:

Státní fond životního prostředí ČR
Český statistický úřad
Ministerstvo zemědělství
The National Science Foundation
U.S. Department of Energy

<http://www.financninoviny.cz/>

<http://www.ceskarafinerska.cz>

<http://www.ff.jcu.cz>
<http://www.akademon.cz>
<http://curiavitkov.cz>
<http://www.eseh.org>
<http://www.eia.doe.gov>
<http://www.sage.wisc.edu>
<http://www.dieoff.com/page133.pdf>
<http://www.oilscenarios.info/index.htm>
<http://sepwww.stanford.edu>
<http://biom.cz/cz>
<http://www.osel.cz>
<http://www.oze.cz/>
<http://www.sfzp.cz>
<http://www.scienceshop.cz>
<http://www.audit-energie.cz>
<http://www.alen.cz>
<http://www.gnep.energy.gov>
<http://www.vesmir.cz>
<http://www.bp.com>
<http://www.worldenergy.org/publications/>
<http://nrg.caltech.edu>
<http://www.nrel.gov>
<http://www.calla.cz/atlas/index.php>
<http://www.ewa.cz/index.php>
<http://www.energybulletin.net>
<http://www.scienceweek.cz>
<http://www.scienceshop.cz>
<http://www.audit-energie.cz>
<http://mapa.czrea.org>

a další.