



VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE



Ústav chemických procesů
Akademie věd ČR

Fyzikálně-chemické vlastnosti alternativních paliv – část biopaliva

**Michael Pohořelý, Michal Šyc, Siarhei Skoblia,
Petra Kameníková, Michal Jeremiáš, Zdeněk Beňo,
Tomáš Durda, Boleslav Zach, Karel Svoboda,
Miroslav Punčochář**



Druhy pevných paliv jako alternativy k uhlí

- lignocelulózní biomasa (biopalivo),
 - dřevní biomasa (dendromasa),
 - rostlinná a zemědělská biomasa,
- tuhá alternativní paliva (TAP),
 - tuhé alternativní palivo jednodruhové,
 - tuhé alternativní palivo vytříděné ze směsného komunálního odpadu,
 - biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO),
- směsný komunální odpad.

Složení biomasy I

Materiál	Dendromasa	Sláma	Traviny
Obsah vody – W (hm. %)	40 (5 – 70)	15 (5 – 25)	15 (5 – 20)
Obsah popela – A (hm. %)	0,75 (0,25 – 6)	5 (2 – 7)	6 (3 – 8)
Prchavá hořlavina – V ^d (hm. %)	80 (75 – 87)	77 (75 – 81)	74 (70 – 82)
Spalné teplo – Q _s (MJ/kg)	11 (19 – 8)	16 (17,5 – 13,5)	16 (16,5 – 12,5)
Výhřevnost – Q _i (MJ/kg)	9 (17,5 – 5)	15 (16 – 12)	15 (15 – 11)

Složení biomasy II

(hm. %)	Borovice	Bříza	Buk	Smrk	Topol	Vrba	Dub
voda	6–15	5–11	5–19	5–16	5–15	3–17	5–15
popel ^{d,1}	0,4 (0,1–1,3)	0,4 (0,2–2,2)	0,7 (0,3–1,5)	0,5 (0,2–2,0)	1,2 (0,4–2,3)	1,9 (0,4–4,6)	0,8 (0,2–2,4)
hořlavina ^d	98–99	98–99	98–99	98–99	98–99	95–99	98–99
HHV ^{daf} (MJ/kg)	20,5±0,4	19,7±0,4	19,3±0,8	20,3±0,5	20,0±0,6	19,9±0,8	19,6±1,3
LHV ^{daf} (MJ/kg)	19,2±0,4	18,3±0,3	18,0±0,7	18,9±0,4	18,6±0,6	18,5±0,7	18,3±0,8
C ^{daf}	52±3	49±1	49±2	50±1	50±2	50±1	50±2
H ^{daf}	6,1±0,1	6,1±0,4	6,0±0,3	6,1±0,2	6,1±0,2	6,1±0,3	6,1±0,5
O ^{daf}	42±2	45±2	45±3	43±1	44±3	43±2	44±2
N ^{daf}	0,1	0,2±0,1	0,3±0,2	0,2±0,1	0,3±0,2	0,6±0,3	0,2±0,1
Cl ^{daf}	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,04	<0,01	<0,02
S ^{daf}	<0,02	<0,02	<0,03	<0,01	<0,03	<0,06	<0,02

Složení biomasy III

(hm. %)	kůra	jehličí a listí	Smrk	Topol
voda	3–25	10–15	5–16	5–15
popel ^{d,1}	3,6 (1–11)	3,9 (1–8)	0,5 (0,2–2,0)	1,2 (0,4–2,3)
hořlavina ^d	89–99	92–99	98–99	98–99
HHV ^{daf} (MJ/kg)	21,1±1,5	20,8±1	20,3±0,5	20,0±0,6
LHV ^{daf} (MJ/kg)	19,5±1,4	18,3±1	18,9±0,4	18,6±0,6
C ^{daf}	53±3	50±1	50±1	50±2
H ^{daf}	5,8±0,6	6,4±0,2	6,1±0,2	6,1±0,2
O ^{daf}	41±2	44±1	43±1	44±3
N ^{daf}	0,3±0,2	2,3±1,5	0,2±0,1	0,3±0,2
Cl ^{daf}	0,02±0,01	-	<0,01	<0,04
S ^{daf}	0,06±0,03	0,1	<0,01	<0,03

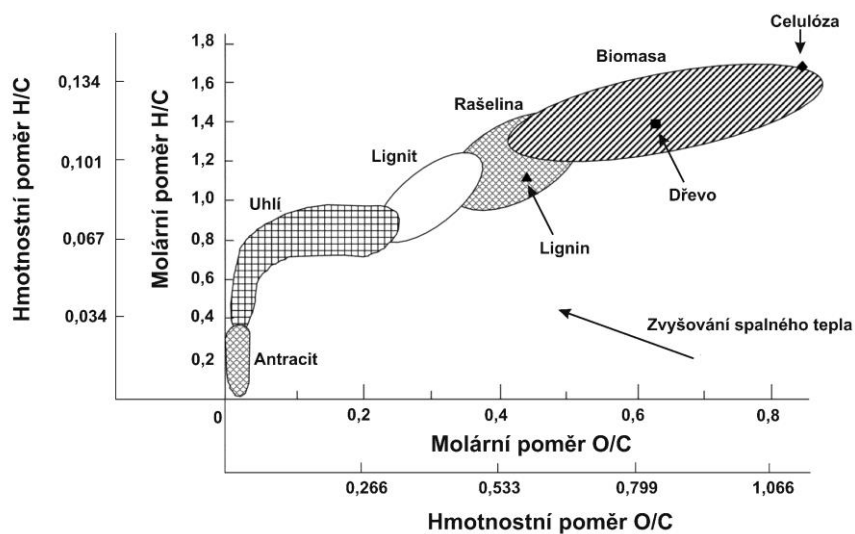
Složení biomasy IV

(hm. %)	Kukuřice	Řepka	Pšenice	Ječmen	Žito	Čirok
voda	5–8	5–20	6–18	6–12	5–13	6–14
popel ^d	4,4 (1–10)	5,2 (3–10)	6,4 (1–13)	4,9 (3–7)	3,1 (1–5)	7 (5–10)
hořlavina ^d	90–99	90–97	87–99	93–97	95–99	90–95
HHV ^{daf} (MJ/kg)	18,5±0,9	22,6±3,0	19,7±0,6	19,6±0,5	17,8±1,5	19,3±0,4
LHV ^{daf} (MJ/kg)	17,3±0,9	21,1±2,5	18,4±0,6	18,3±0,4	16,5±1,6	18,0±0,4
C ^{daf}	48±2	50±5	49±2	51±2	49±1	49±3
H ^{daf}	6,0±0,7	6,3±0,6	6,0±0,4	6,3±0,4	6,1±0,3	5,8±0,6
O ^{daf}	45±1	41±5	44±2	47±2	44±1	44±3
N ^{daf}	0,8±0,4	1,4±0,6	0,7±0,4	0,7±0,3	0,4±0,2	0,8±0,5
Cl ^{daf}	0,3±0,2	0,4±0,2	0,4±0,2	0,5±0,2	0,3±0,2	0,3±0,2
S ^{daf}	0,2±0,1	0,5±0,2	0,2±0,1	0,2±0,1	0,1±0,1	0,1

Složení biomasy V

	Len	Ozdobnice	Vojtěška	Proso	Rákos	Konopí
voda	6–10	3–15	5–11	8–15	7–15	1–10
popel ^d	4,2 (2–6)	3,5 (1–7)	8,2 (5–11)	6,0 (3–7)	6,6 (2–11)	6,2 (3–9)
hořlavina ^d	94–98	93–99	89–95	93–97	89–98	91–97
HHV ^{daf} (MJ/kg)	20,2±0,6	19,8±0,8	20,2±0,6	19,1±0,8	19,2±1,5	19,6±0,5
LHV ^{daf} (MJ/kg)	18,9±0,6	18,6±0,7	18,9±0,5	17,8±0,7	18,0±1,4	18,2±0,5
C ^{daf}	50±2	50±3	50±2	49±3	49±1	49±2
H ^{daf}	6,0±0,5	5,7±0,7	6,0±0,5	6,1±0,4	6,0±0,2	6,1±0,3
O ^{daf}	40±3	44±3	41±2	44±3	44±2	45±2
N ^{daf}	2,8±0,7	0,5±0,2	2,8±0,7	0,6±0,2	0,9±0,6	0,9±0,5
Cl ^{daf}	0,5±0,2	0,2±0,1	0,5±0,3	0,2±0,1	?0,06	0,4±0,2
S ^{daf}	0,2±0,1	0,1	0,2±0,1	0,1	0,1	0,1

Porovnání elementárního složení hořlaviny



Prabir Basu, Biomass Gasification and Pyrolysis. Practical Design and Theory, 2010, ISBN 978-0-12-374988-8

Složení biomasy VI

Materiál	Dřevní štěpka	Sláma	Traviny
Si	0,1 (<1,1)	0,8 (0,1-1,5)	0,04 (0,03-0,06)
Al	0,015 (<0,1)	0,005 (<0,03)	0,003 (<0,03)
Fe	0,015 (<0,1)	0,01(<0,04)	0,02 (<0,03)
Ca	0,2 (0,1–0,9)	0,5 (0,2-1,2)	0,6 (0,3-1,1)
Mg	0,04 (<0,1)	0,07(0,04-0,13)	0,11 (0,06-0,17)
Na	0,015 (<0,1)	0,05 (<0,3)	0,04 (<0,3)
K	0,1 (0,05-0,4)	1,1 (0,2-1,9)	1,2 (0,3-2,5)
P	0,02 (<0,1)	0,08 (0,03-0,2)	0,06 (0,04-0,1)

Pevná biopaliva – shrnutí I

Dřevní biomasa (dendromasa)

- jehličí, listí, mladé výhonky, pupeny atd. zvyšují násobně obsah N v palivu → zvýšení emisí NO_x
- jehličí, listí, kůra a zejména přimíšená hlína (bláto) zvyšují násobně obsah popelovin → jejich složení negativně ovlivňuje proces suchého odsíření ve fluidních kotlích
- teplota tání popelovin vysoká, bezproblémová pro všechny termické procesy ($t > 1150^{\circ}\text{C}$)
- shrnutí – dřevní biomasa je vhodná pro všechny termické procesy

Pevná biopaliva – shrnutí II

Rostlinná a zemědělská biomasa

- násobně vyšší obsah popela než u dřevní biomasy → popeloviny opět negativně ovlivňují proces suchého odsíření ve fluidních kotlích
- řádově vyšší obsah Cl než u dřevní biomasy (obvykle 0,2–0,5 hm. %)
- obvykle řádově až násobně vyšší obsah S než u dřevní biomasy
- násobně až řádově vyšší obsah N než u dřevní biomasy (0,3–3,0 hm. %)
- řádově až násobně vyšší obsah K než u dřevní biomasy a násobně vyšší obsah Ca a P (obecně nutričních prvků, neboli živin) než u dřevní biomasy
- významně nižší teplota tání popelovin než u dřevní biomasy, často nižší než 800 °C
(K_2O $t_f = 740$ °C, KCl $t_f = 771$ °C)
- vznik eutektických směsí $K_2O + 4SiO_2 \rightarrow K_2O \cdot 4SiO_2$ $t_f = 770$ °C
 $2CaO + 3P_2O_5 \rightarrow 2CaO \cdot 3P_2O_5$ $t_f = 774$ °C
- shrnutí – rostlinná a zemědělská biomasa je méně kvalitní palivo, vhodné pro fluidní kotle (generátory) a nízkoteplotní termické procesy.



**Děkuji za
pozornost**





VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE



Ústav chemických procesů
Akademie věd ČR



Ing. Michael Pohorelý, Ph.D.
tel.: 737 25 14 62
email: pohorely@icpf.cas.cz
email: pohorelm@vscht.cz



AHK Services s.r.o.
Váš kompetentní partner pro česko-německý obchod