



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

## **Výroba a charakterizace vysoko-teplotního biocharu.**

Sedmihradská, Anežka  
2021

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-508480>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 11.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz) .



## Výroba a charakterizace vysoko-teplotního biocharu

*Anežka SEDMIHRADSKÁ*<sup>1,2</sup>, *Siarhei SKOBLIA*<sup>1</sup>, *Zdeněk BEŇO*<sup>1</sup>, *Jaroslav MOŠKO*<sup>1,2</sup>,  
*Michael POHOŘELÝ*<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Ústav energetiky & Ústav plynných a pevných paliv a ochrany ovzduší, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6

<sup>2</sup> Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i., Rozvojová 135/1, 165 02 Praha 6

\* Email: [Michael.Pohorely@vscht.cz](mailto:Michael.Pohorely@vscht.cz); [pohorely@icpf.cas.cz](mailto:pohorely@icpf.cas.cz)

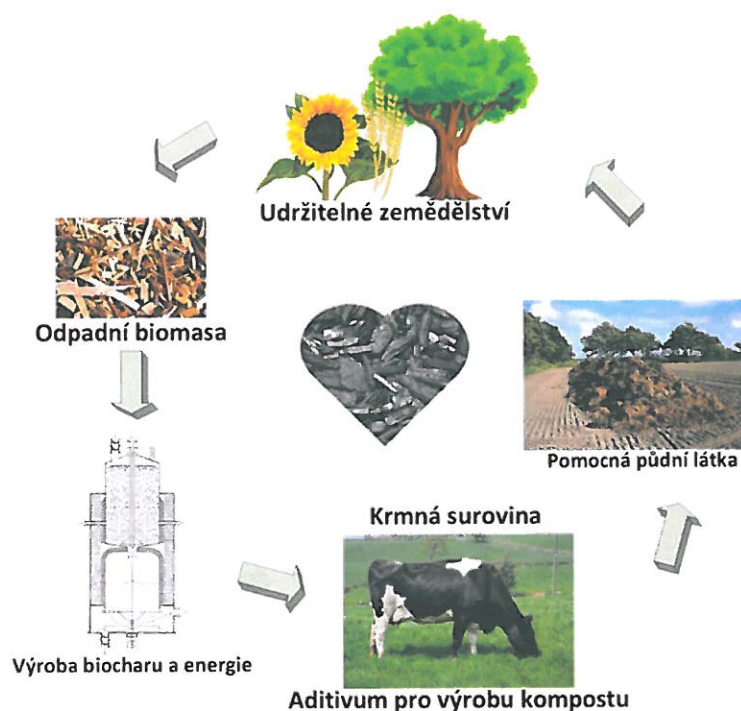
*Biochar je pevný zbytek po termochemické přeměně biomasy, který je následně využitý, např. v zemědělství. Studovaný biochar byl vyroben ve dvoustupňovém dvouohňovém sesuvném zplyňovacím generátoru na odpadní dřevní biomasu za současné výroby tepla a elektrické energie. Biochar byl podroben řadě chemických analýz potřebných k posouzení možnosti jeho použití jako pomocné půdní látky. Výsledky analýz byly porovnány s limity danými platnou legislativou i organizacemi zabývajícími se dobrovolnou certifikací biocharu. Studovaný biochar všechny sledované parametry splňoval.*

**Klíčová slova:** biochar, zplyňování, biomasa

### 1 Úvod

Biochar je uhlíkatý zbytek vznikající po termochemické přeměně biomasy (Lehmann 2007) postupným rozkladem holocelulózy a ligninu bez přítomnosti volného kyslíku za vzniku uhlíkatých struktur (aromatických kruhů) a volných pórů. Se zvyšující se výrobní teplotou se aromatické kruhy shlukují, nejdříve do struktur se 2-3 kruhy, tvořící tzv. amorfní uhlík, poté až do struktur obsahujících 5 vrstev, tzv. turbostratických krystalů. S rostoucí teplotou procesu také klesá výtěžek biocharu (Keiluweit et al. 2010).

Při použití vysoko-teplotního biocharu (vyrobeného nad 600 °C) v zemědělství je nejdříve nutné snížit jeho hydrofobicitu, která by při zapravení do půdy byla nežádoucí pro vývoj zemědělských plodin. Hydrofobicita se snižuje tzv. zráním neboli aktivací biocharu (Das a Sarmah 2015; Gray et al. 2014; Weber a Quicker 2018). Tento proces lze realizovat mnoha způsoby, ale při využití v zemědělství se nejvíce používá aktivace biocharu jeho přidáním do kompostu (Teodoro et al. 2020), do mrvy při výrobě hnoje, nebo přímo do krmiva skotu (Gerlach a Schmidt 2008). Takto zpracovaný biochar se může použít jako pomocná půdní látka. Stručné schéma procesů je uvedeno na Obr. 1.



Obr. 3 Schéma zemědělských procesů spojených s výrobou a použitím biocharu

Při využití biocharu je nutné zajistit jeho nezávadnost – splnit limity dané Vyhláškou č. 474/2000 Sb. Od 16. 7. 2022 budou vlastnosti biocharu podléhat i nařízení EU 2019/1009, kterým se stanoví pravidla pro dodávání hnojivých výrobků na trh EU. V současné praxi se používá certifikace pomocí European Biochar Certificate (EBC) a International Biochar Initiative (IBI), které při jejich získání zaručují nezávadnost a kvalitu biocharu (EBC 2012; Major 2010).

Analyzovaný biochar pocházel ze zplyňovacího generátoru odpadní dřevní biomasy instalovaného ve Zlaté Olešnici.

## 2 Výsledky

Nejprve bylo nutné stanovit nezávadnost biocharu, tedy analyzovat obsah sloučenin vybraných prvků a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). V Tab. 1. jsou uvedené naměřené hodnoty sledovaných sloučenin v testovaném biocharu současně s limitními hodnotami stanovenými relevantní legislativou či certifikáty. Analyzovaný biochar splňoval limity dané českou legislativou i dobrovolnými certifikacemi.



Tab. 1: Obsah nebezpečných složek v biocharu.

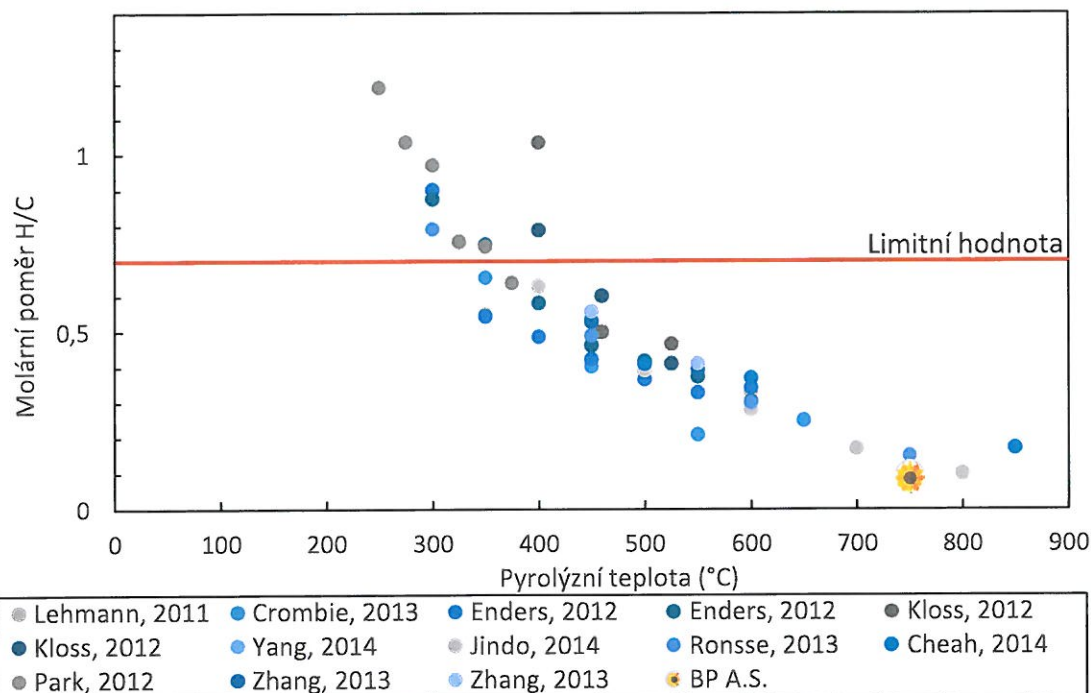
Sloučenina	Jednotka	Naměřená hodnota	474/2000 Sb.	EBC (třída II)	EBC (třída III)	IBI
As	mg/kg	2,30	20		13	13 – 100
Cd	mg/kg	< 0,10	1	0,7	1,5	1,4 – 39
Cr	mg/kg	< 2,50	50	70	90	93 – 1200
Cu	mg/kg	7,1	–	70	100	143 – 6000
Hg	mg/kg	0,009	1	0,4	1	1 – 17
Ni	mg/kg	< 2,5	–	25	50	47 – 420
Pb	mg/kg	5,57	10	45	150	121 – 300
Zn	mg/kg	68	–	200	400	416 – 7400
Suma 12 PAU*	mg/kg	< 0,50	< 20	–	–	–
Suma 16 PAU**	mg/kg	< 0,50	–	4 ± 2	6,0 ± 2,2	6 – 300

\* (suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu, benzo(a)pyrenu, benzo(ghi)perylenu, fenantrenu, fluoranthenu, chrysenu, indeno(1,2,3-cd)pyrenu, naftalenu a pyrenu)

\*\* (suma naftalenu, acenaftylenu, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu, pyrenu, benz(a)antracenu, chrysenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pyrenu, dibenzo(a,h)antracenu, indeno(1,2,3-c,d)pyrenu a benzo(ghi)perylenu)

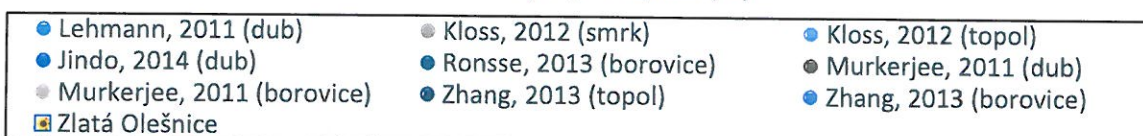
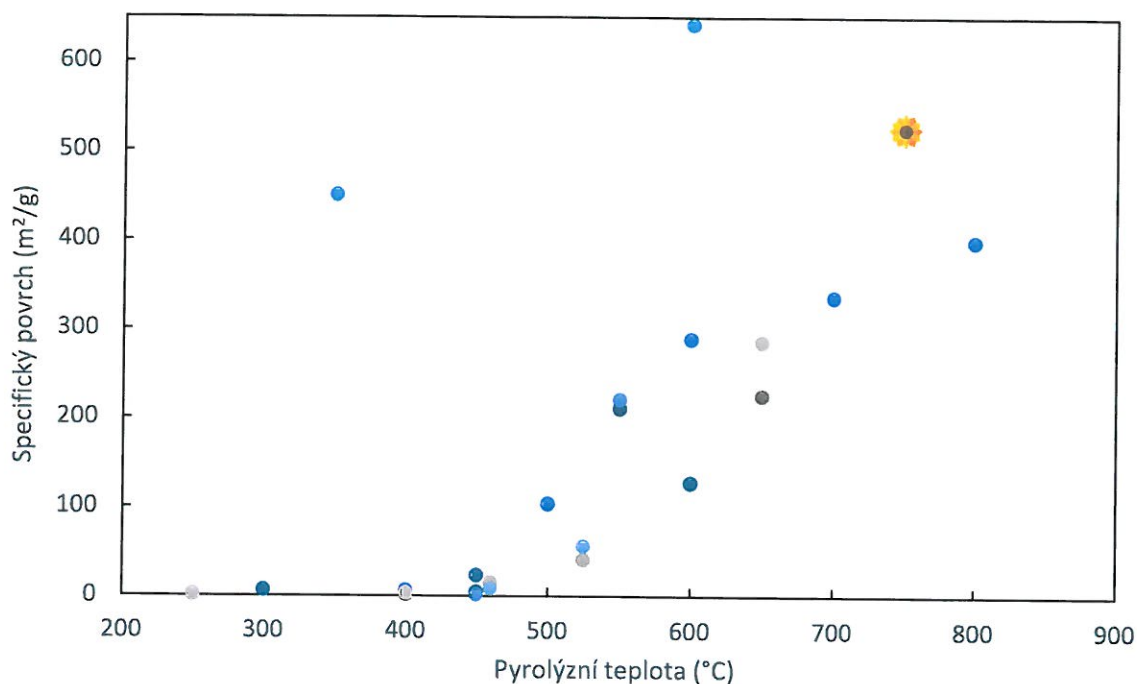
Dále byly analyzovány i kvalitativní vlastnosti biocharu, které byly porovnány s literaturou (Obr. 2 a 3) a s limity danými legislativou/certifikáty (Tab. 2).

Nejdůležitější vlastností biocharu při jeho použití jako pomocné půdní látky je jeho stabilita v půdě. Doba, kterou biochar vydrží nerozložený v půdě, se odhaduje na základě aktuálního molárního poměru H/C. Čím je poměr H/C nižší, tím delší dobu zůstane biochar v půdě a je schopen plnit svoji funkci. Vliv provozní teploty na poměr H/C v různých biocharech je uveden na Obr. 2. Poměr H/C = 0,09 je pro analyzovaný vzorek biocharu velmi nízký, a to díky vysoké výrobní teplotě.



*Obr. 4 Závislost molárního poměru H/C biocharu na provozní teplotě (analyzovaný vzorek označen slunečnicí) (Lehmann et al. 2011; Kloss et al. 2012; Park et al. 2012; Crombie et al. 2013; Yang et al. 2014; Zhang a You 2013; Enders et al. 2012; Jindo et al. 2014; Ronsse et al. 2013; Cheah et al. 2014)*

Hlavní funkce biocharu v půdě je zádrž vody, která závisí také na velikosti specifického povrchu biocharu. Obecně lze říci, že se zvyšujícím se specifickým povrchem stoupá i potenciál zádrže vody. Z Obr. 3 je patrné, že analyzovaný vzorek biocharu má v porovnání s jinými vzorky popsány v literatuře nadprůměrně vysoký specifický povrch. Plocha povrchu souvisí s teplotou procesu výroby, ale v případě sledovaného vzorku biocharu byla vyšší hodnota také způsobena procesem tzv. autoaktivace v redukční zóně generátoru.



Obr. 5 Závislost specifického povrchu biocharu na provozní teplotě (analyzovaný vzorek označen slunečnicí) (Lehmann et al. 2011; Jindo et al. 2014; Mukherjee et al. 2011; Kloss et al. 2012; Ronsse et al. 2013; Zhang a You 2013)

Tyto vlastnosti a obsah prchavé hořlaviny ( $V_d$ ), popele ( $A_d$ ), uhlíku ( $C_d$ ), vodíku ( $H_d$ ) a hodnota pH vodního výluhu byly porovnány s požadavky dle dobrovolných certifikací EBC a IBI (Tab. 2). Na rozdíl od dobrovolných certifikací neklade česká legislativa žádné kvalitativní nároky na biochar.

Tab. 2: Výsledky kvalitativní analýzy biocharu

Sledovaný parametr	Jednotka	Naměřená hodnota	474/2000 Sb.	EBC (třída II)	EBC (třída III)	IBI
Prchavá hořlavina, $V_d$	% hm.	$3,8 \pm 1,5$	–	–	–	nepovinná deklarace
Popel, $A_d$	% hm.	$10,6 \pm 1,7$	–	–	–	deklarace
Uhlík, $C_d$	% hm.	$84,7 \pm 2,1$	–	–	–	deklarace
Vodík, $H_d$	% hm.	$0,7 \pm 0,1$	–	–	–	deklarace
Poměr H/C		$0,09 \pm 0,02$	–	–	–	$H/C_{org} < 0,7$
pH ( $H_2O$ , 1:10)		$11,1 \pm 0,5$	–	–	–	deklarace
Specifický povrch, $S_{BET}$	$m^2/g$	$525 \pm 56$	–	–	–	nepovinná deklarace



### 3 Závěr

Po provedených analýzách a porovnání jejích výsledků s literaturou a legislativou bylo zjištěno, že biochar vyráběný na generátoru ve Zlaté Olešnici má parametry běžného vysoko-  
teplotního biocharu, kromě specifického povrchu, který má nadstandardně vysoké hodnoty. Dále bylo zjištěno, že biochar splňuje požadavky a limity dané českou legislativou i dobrovolnými certifikacemi EBC a IBI.

### Poděkování

Práce vznikla díky finanční podpoře projektu Dlouhodobý test aplikace biocharu vyrobeného z odpadní biomasy do zemědělské půdy za účelem řešení problematiky sucha v intenzivně zemědělsky využívaných oblastech České republiky QK1910056, projektu AV21 – Účinná přeměna a skladování energie a v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A1\_FTOP\_2021\_004.

### Použitá literatura

- CHEAH, S, S C MALONE a C J FEIK, 2014. Speciation of sulfur in biochar produced from pyrolysis and gasification of oak and corn stover. *Environ. Sci. Technol.* [online]. 2014/07/09. 48(15), 8474–8480. Dostupné z: doi:10.1021/es500073r
- CROMBIE, Kyle, Ondřej MAŠEK, Saran P SOHI, Peter BROWNSORT a Andrew CROSS, 2013. The effect of pyrolysis conditions on biochar stability as determined by three methods. *GCB Bioenergy* [online]. 5(2), 122–131. Dostupné z: doi:10.1111/gcbb.12030
- DAS, O a A K SARMAH, 2015. The love-hate relationship of pyrolysis biochar and water: a perspective. *Sci Total Environ* [online]. 2015/01/31. 512–513, 682–685. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2015.01.061
- EBC, 2012. European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. [online]. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.1.4658.7043
- ENDERS, A, K HANLEY, T WHITMAN, S JOSEPH a J LEHMANN, 2012. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Bioresour. Technol.* [online]. 2012/04/10. 114, 644–653. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2012.03.022
- GERLACH, Achim a Hans-Peter SCHMIDT, 2008. The use of biochar in cattle farming. *Journal for terrior-wine and biodiversity.*
- GRAY, Myles, Mark G JOHNSON, Maria I DRAGILA a Markus KLEBER, 2014. Water uptake in biochars: The roles of porosity and hydrophobicity. *Biomass Bioenergy* [online]. 61, 196–205. Dostupné z: doi:10.1016/j.biombioe.2013.12.010
- JINDO, K, H MIZUMOTO, Y SAWADA, M A SANCHEZ-MONEDERO a T SONOKI, 2014. Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. *Biogeosciences* [online]. 11(23), 6613–6621. Dostupné z: doi:10.5194/bg-11-6613-2014
- KEILUWEIT, M, P S NICO, M G JOHNSON a M KLEBER, 2010. Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (biochar). *Environ Sci Technol* [online]. 2010/01/27. 44(4), 1247–1253. Dostupné z: doi:10.1021/es9031419
- KLOSS, S, F ZEHETNER, A DELLANTONIO, R HAMID, F OTTNER, V LIEDTKE, M SCHWANNINGER, M H GERZABEK a G SOJA, 2012. Characterization of slow



- pyrolysis biochars: effects of feedstocks and pyrolysis temperature on biochar properties. *J. Environ. Qual.* [online]. 2012/07/04. 41(4), 990–1000. Dostupné z: doi:10.2134/jeq2011.0070
- LEHMANN, Johannes, 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment* [online]. 5(7), 381–387. Dostupné z: doi:10.1890/1540-9295(2007)5[381:Bitb]2.0.Co;2
- LEHMANN, Johannes, Matthias C RILLIG, Janice THIES, Caroline A MASIELLO, William C HOCKADAY a David CROWLEY, 2011. Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biol. Biochem.* [online]. 43(9), 1812–1836. Dostupné z: doi:10.1016/j.soilbio.2011.04.022
- MAJOR, Julie, 2010. Guidelines on Practical Aspects of Biochar Application to Field Soil in Various Soil Management Systems. B.m.: IBI.
- MUKHERJEE, A, A R ZIMMERMAN a W HARRIS, 2011. Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochars. *Geoderma* [online]. 163(3–4), 247–255. Dostupné z: doi:10.1016/j.geoderma.2011.04.021
- PARK, Sang-Woo, Cheol-Hyeon JANG, Kyung-Ryul BAEK a Jae-Kyung YANG, 2012. Torrefaction and low-temperature carbonization of woody biomass: Evaluation of fuel characteristics of the products. *Energy* [online]. 45(1), 676–685. Dostupné z: doi:10.1016/j.energy.2012.07.024
- RONSSSE, Frederik, Sven VAN HECKE, Dane DICKINSON a Wolter PRINS, 2013. Production and characterization of slow pyrolysis biochar: influence of feedstock type and pyrolysis conditions. *GCB Bioenergy* [online]. 5(2), 104–115. Dostupné z: doi:10.1111/gcbb.12018
- TEODORO, Manuel, Lukáš TRAKAL, Brett N. GALLAGHER, Pavel ŠIMEK, Petr SOUDEK, Micheal POHOŘELÝ, Luke BEESLEY, Lukáš JAČKA, Martin KOVÁŘ, Samar SEYEDSADR a Dinesh MOHAN, 2020. Application of co-composted biochar significantly improved plant-growth relevant physical/chemical properties of a metal contaminated soil. *Chemosphere* [online]. 242, 125255. ISSN 00456535. Dostupné z: doi:10.1016/j.chemosphere.2019.125255
- WEBER, Kathrin a Peter QUICKER, 2018. Properties of biochar. *Fuel* [online]. 217, 240–261. ISSN 00162361. Dostupné z: doi:10.1016/j.fuel.2017.12.054
- YANG, Y, J G BRAMMER, A S N MAHMOOD a A HORNUNG, 2014. Intermediate pyrolysis of biomass energy pellets for producing sustainable liquid, gaseous and solid fuels. *Bioresour Technol* [online]. 2014/08/05. 169, 794–799. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2014.07.044
- ZHANG, Jun a Changfu YOU, 2013. Water Holding Capacity and Absorption Properties of Wood Chars. *Energy Fuels* [online]. 27(5), 2643–2648. Dostupné z: doi:10.1021/ef4000769



