



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

**Využití odpadu ze zpracování technického konopí pro výrobu adsorpčních uhlíkatých materiálů.**

Šrámek, V.  
2019

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-409358>

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

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

Datum stažení: 02.05.2024

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

## Využití odpadu ze zpracování technického konopí pro výrobu adsorpčních uhlíkatých materiálů

V. ŠRÁMEK<sup>1,2\*</sup>, M. STAF<sup>1</sup>, M. POHOŘELÝ<sup>1,2</sup>, Z. BEŇO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav plynných a pevných paliv a ochrany ovzduší & Ústav energetiky, 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: sramekv@vscht.cz, sramek@icpf.cas.cz

*Využití odpadních materiálů z biomasy pro výrobu uhlíkatých sorbentů může představovat vhodnou náhradu komerčně dostupného aktivního uhlí. Práce se zabývá dvoustupňovou přípravou sorbentu ve dvou samostatných aparaturách vlastní konstrukce provozovaných na VŠCHT Praha. První fáze zahrnuje pyrolýzu konopného pazdeří při teplotách 450–850 °C a druhá fáze aktivaci pyrolýzního zbytku prostřednictvím vodní páry při teplotách 740 a 800 °C. Vzniklý aktivovaný materiál byl zkoumán z hlediska vlastností klíčových pro sorpci, tj. specifického povrchu dle BET a celkového specifického objemu pórů a distribuce velikosti pórů. Výsledné parametry byly porovnány s komerčně dostupným aktivním uhlím vyrobeným rovněž aktivací vodní parou.*

**Klíčová slova:** karbonizace, pyrolýza, aktivace, aktivní uhlí, pazdeří

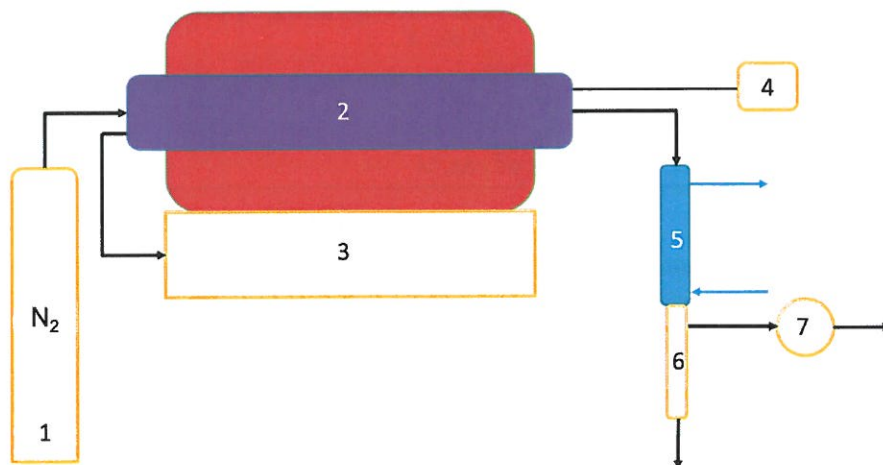
### 1 Úvod

Poptávka po adsorpčních uhlíkatých materiálech, z nichž typickým zástupcem je aktivní uhlí, v poslední době stoupá. Důvodem pro tento vzestup jsou na jedné straně zvyšující se nároky na emisní limity a na druhé straně rostoucí počet instalovaných zařízení, ve kterých jsou tyto materiály používány [1–3]. Jedním z hlavních neobnovitelných fosilních zdrojů pro výrobu adsorpčních uhlíkatých materiálů je uhlí. Dalšími zdroji pro výrobu jsou obnovitelné suroviny na bázi biomasy [2–4]. Nejvhodnějším zdrojem z hlediska environmentálního by bylo využití odpadní biomasy, která nenalézá jiné hodnotné využití a zároveň se jedná o lokální zdroj této suroviny [1–4]. Jedním z takových materiálů je i odpad ze zpracování technického konopí, konkrétně se jedná o odpadní frakci z konopného pazdeří a stonků. Technické konopí (Konopí seté) je rychle rostoucí plodina, nenáročná na podmínky pěstování [5]. Její produkce každoročně v Evropě velmi rychle stoupá [6].

Cílem této práce je příprava adsorpčního uhlíkatého materiálu z odpadního konopného pazdeří a jeho porovnání s komerčně dostupným aktivním uhlím.

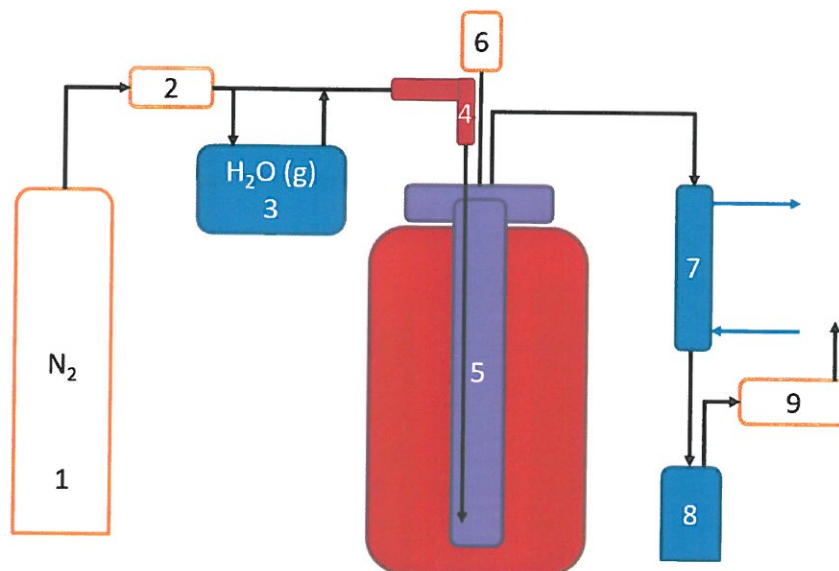
## 2 Experimentální část

Pyrolýzní experimenty byly provedeny s odpadním konopným pazdeřím o velikosti frakce 2–4 mm v aparatuře s elektricky vyhřívanou horizontální pecí (viz Obr. 14) při teplotách pyrolýzy v rozmezí 450–850 °C. Postup přípravy je uveden v publikacích [7,8].



Obr. 14: Schéma pyrolýzní aparatury (1 – tlaková lahev s dusíkem; 2 – křemenný reaktor umístěný v peci; 3 – regulace pece a vývěvy; 4 – teploměr; 5 – vodní chladič; 6 – jímka kondenzátu s výpustí; 7 – bubnový plynoměr [8])

Aktivace materiálu probíhala při nastavených teplotách 740 a 800 °C v aparatuře (viz Obr. 15), jejíž základ tvořila vertikální elektrická pec. Uvnitř pece byl umístěn ocelový reaktor, do kterého byl ocelovou kapilárou přiváděn plynný dusík o průtoku 0,5 dm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> umožňující aktivovat vzorek přehřátou vodní párou vzniklou z destilované vody. Teplota uvnitř reaktoru byla snímána termočlánkem. Výstup reaktoru byl realizován přes vodní chladič do jímače kondenzátu, kde byla zachytávána přebytečná vodní pára. Průběh aktivace byl kontrolován pomocí infračerveného analyzátoru na CO<sub>2</sub>, kterým procházel plyn vystupující z reaktoru [8].



Obr. 15: Schéma aktivací aparatury (1 – tlaková lahev s dusíkem; 2 – průtokoměr; 3 – generátor páry; 4 – ohřev kapiláry; 5 – reaktor umístěný v peci; 6 – teploměr; 7 – vodní chladič; 8 – jímáč kondenzátu; 9 – IČ analyzátor CO<sub>2</sub>) [8]

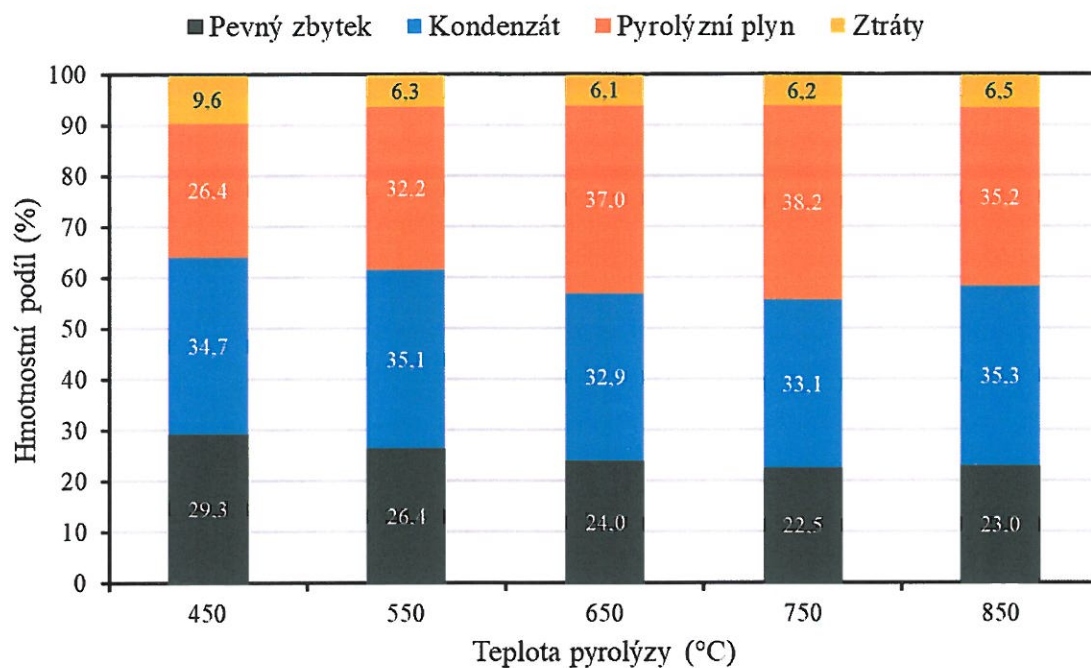
### 3 Výsledky a diskuze

#### 3.1 Pyrolýzní experimenty

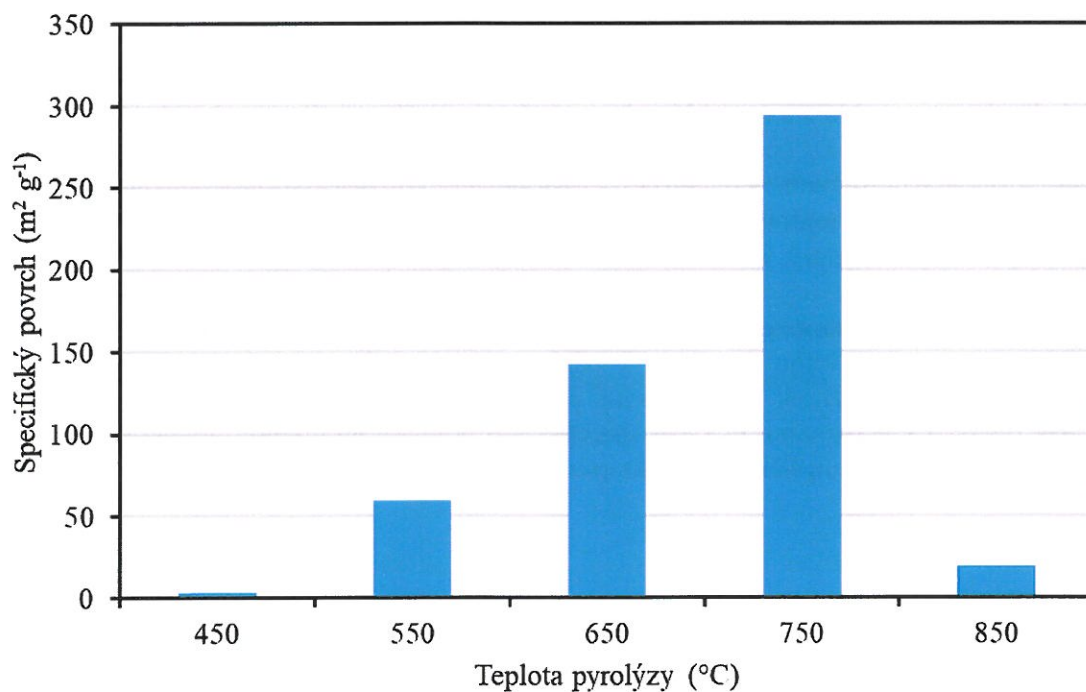
Výsledky hmotnostní bilance pyrolýzy konopného pazdeří jsou shrnuty na Obr. 16. S rostoucí teplotou pyrolýzy dochází ke snižování podílu pevného zbytku a zvyšování podílu pyrolýzního plynu. V případě pyrolýzního kondenzátu s rostoucí teplotou nejprve klesá jeho podíl do teploty 650 °C a při vyšších teplotách pyrolýzy naopak podíl mírně narůstá. Nejvyššího výtěžku pyrolýzního zbytku, který je hlavním sledovaným produktem, bylo dosaženo při teplotě pyrolýzy 450 °C.

Pokud se jedná o vlastnosti pyrolýzních zbytků z hlediska specifického povrchu (viz Obr. 17), dochází s rostoucí teplotou pyrolýzy k nárůstu specifického povrchu a nejvyšší hodnoty 294 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> vykazuje vzorek pyrolyzovaný při teplotě 750 °C. Při nejvyšší teplotě pyrolýzy naopak dochází k výraznému poklesu specifického povrchu na hodnotu menší než 20 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, což je pravděpodobně zapříčiněno strukturálními změnami uhlíkatého skeletu.





Obr. 16: Hmotnostní balance pyrolýzy konopného pazdeří při různých teplotách



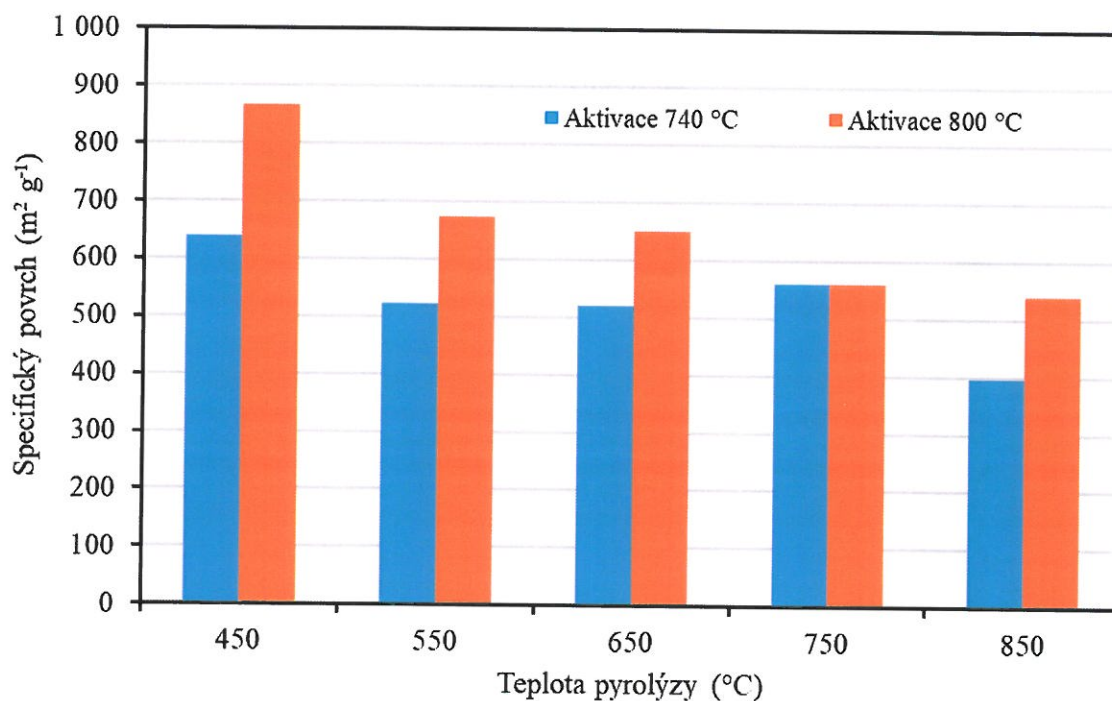
Obr. 17: Specifický povrch pevných zbytků při různých teplotách pyrolýzy

### 3.2 Aktivační experimenty a porovnání s komerčně dostupným aktivním uhlím

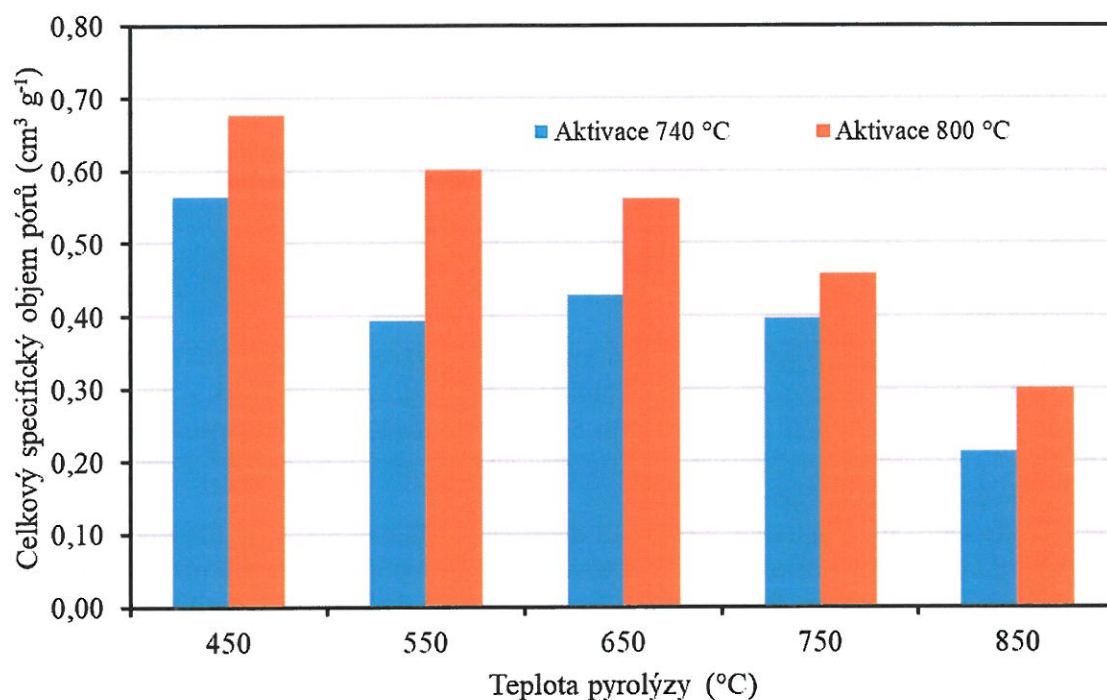
Výsledky aktivace pyrolýzního zbytku konopného pazdeří jsou uvedeny na Obr. 18, který ukazuje hodnoty specifického povrchu pro materiály aktivované vodní parou při teplotách 740 a 800 °C. Nejvyšší hodnoty specifického povrchu dosahoval vzorek pyrolyzovaný při teplotě 450 °C a aktivovaný při teplotě 800 °C (dále označovaný jako P450A800) a činil 866 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. Při vyšší teplotě pyrolýzy a stejné teplotě aktivace dochází k poklesu specifického povrchu. Stejný trend vykazují výsledky celkového specifického objemu pórů (viz Obr. 19), který z hlediska sorpčních vlastností představuje důležitý parametr a u vzorku P450A800 dosahuje hodnoty 0,68 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>.

Jako materiál sloužící pro porovnání bylo použito komerčně dostupné aktivní uhlí Silcarbon SC 40, které bylo vyrobeno z biomasy, konkrétně z kokosových skořápek a při aktivaci byla použita vodní pára. Aktivní uhlí Silcarbon SC 40 dosahovalo vyššího specifického povrchu 1 137 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> avšak nižšího celkového specifického objemu pórů 0,63 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>, který je z hlediska sorpčních vlastností více vypovídající.

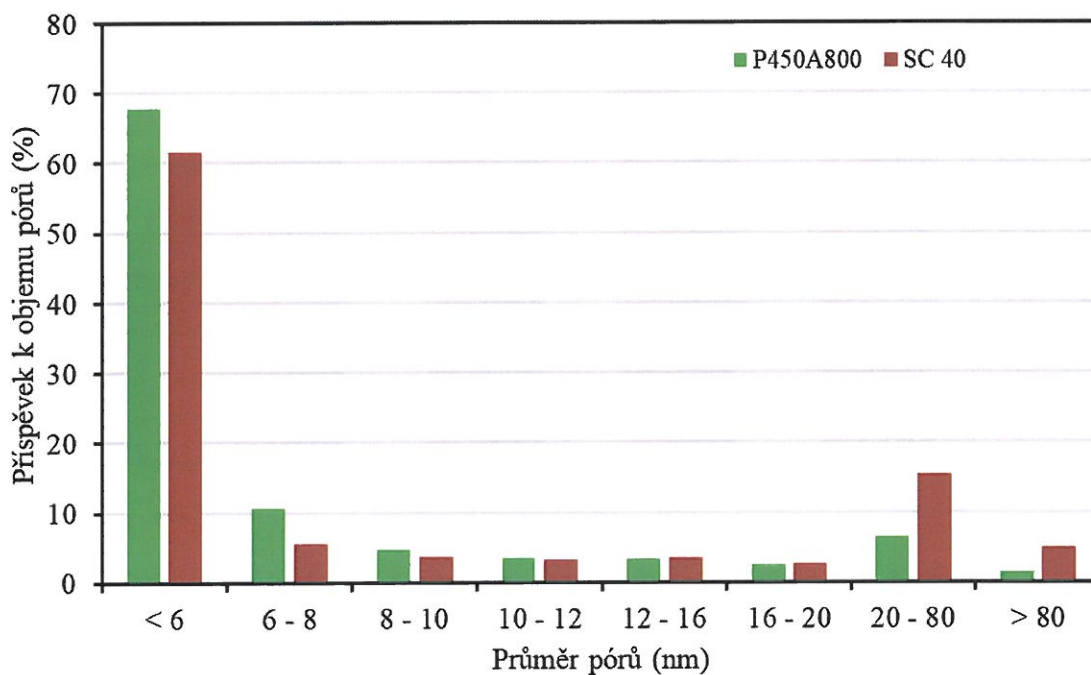
Pokud porovnáme tyto materiály z hlediska distribuce velikosti pórů, jak ukazuje Obr. 20, tak v oblasti mezoporézní je distribuce velmi podobná. Oblast pórů o průměru nižších než 6 nm je více zastoupena u vzorku P450A800 a lze tedy předpokládat vyšší podíl mikropórů než v případě aktivního uhlí Silcarbon SC 40.



Obr. 18: Specifický povrch vzorků konopného pazdeří při různých teplotách pyrolýzy a aktivace



Obr. 19: Celkový specifický objemu pórů vzorků konopného pazdeří při různých teplotách pyrolýzy a aktivace



Obr. 20: Porovnání distribuce pórů vzorku P450A800 a komerčně dostupného aktivního uhlí Silcarbon SC 40



## 4 Závěr

Zkoumaný materiál byl pyrolyzován při teplotách 450–850 °C a následně termicky aktivován vodní parou při teplotách 740–800 °C. Byla vyhodnocena hmotnostní bilance pyrolýzy a byly zjištěny základní texturní vlastnosti pyrolyzovaného a aktivovaného vzorku – specifický povrch a celkový specifický objem pórů. Nejvyšších hodnot dosahovalo pazdeří pyrolyzované při teplotě 450 °C a aktivované vodní parou při teplotě 800 °C. Specifický povrch činil 866 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> a celkový specifický objem pórů činil 0,68 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>. Komerčně dostupné aktivní uhlí Silcarbon SC 40 připravené z kokosových skořápek a aktivované vodní parou dosahovalo specifického povrchu 1137 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> a celkového specifického objemu pórů 0,63 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>. Jedná se tedy z hlediska texturních vlastností o srovnatelné materiály a aktivní uhlí připravené z odpadního konopného pazdeří se jeví jako perspektivní surovina.

## Poděkování

Tato práce vznikla díky finanční podpoře projektů QK1820175 a QK1910056 Ministerstva zemědělství ČR, projektu AV21 – Účinná přeměna a skladování energie a z účelové podpory na specifický vysokoškolský výzkum MŠMT 20-21-SVV/2010-2019. Autoři dále děkují Ing. Tomáši Růžovičovi ze spolku TRAWA z.s. za zprostředkování vzorku pazdeří a uvedení do problematiky.

## Použitá literatura

- [1] GONZÁLEZ-GARCÍA, P. Activated carbon from lignocellulosics precursors: A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018, 82, 1393–1414.
- [2] DANISH, Mohammed a Tanweer AHMAD. A review on utilization of wood biomass as a sustainable precursor for activated carbon production and application. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018, 87, 1–21.
- [3] RASHIDI, Nor Adilla a Suzana YUSUP. A review on recent technological advancement in the activated carbon production from oil palm wastes. *Chemical Engineering Journal*. 2017, 314, 277–290.
- [4] YAHYA, Mohd Adib, Z. AL-QODAH a C.W. Zanariah NGAH. Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015, 46, 218–235.
- [5] RANALLI, Paolo a Gianpietro VENTURI. Hemp as a raw material for industrial applications. *Euphytica*. 2004, 140(1–2), 1–6.
- [6] EU Hemp Cultivation Area 2017. EIHA [online]. [cit. 2019-09-09]. Dostupné z: <http://eiha.org/document/eu-hemp-cultivation-area-2017/>.



- [7] ŠRÁMEK V., STAF M., POHOŘELÝ M.: Příprava biocharu v kvalitě aktivního uhlí pyrolýzou odpadu z technického konopí, Konference TVIP 2019; Hustopeče, Česká republika 19. – 21. března 2019.
- [8] ŠRÁMEK V.: Příprava biocharu pyrolýzou odpadní biomasy a jeho aktivace. Diplomová práce, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav plyných a pevných paliv a ochrany ovzduší (2019).