

# VARIABILITA CHOVÁNÍ AKTIVNÍCH UHLÍ

- při odstranění mikropolutantů z vod
- při regeneraci a reaktivaci po vyčerpání kapacity

Marek Šváb, Barbora Štěpánová, Michael Pohořelý, Helena Parschová,  
Lenka Matoušková, Yelena Toropitsy, Marek Skalický

**DEKONTA, a.s.**  
**VŠCHT Praha**  
**Vodárna Káraný, a.s.**

Konference Životní prostředí – prostředí pro život 2021  
Praha, 16.9.2021

Projekt: Snížení obsahu stopových xenobiotik v pitné vodě za specifických podmínek zdroje Káraný (SS01020063)

## Vodní zdroje v ČR

- plošně zatíženy pesticidy, farmaky a dalšími látkami („mikropolutanty“)
  - Stávající technologie neúčinné
  - Medializované téma
  - Masivní rozšíření využití aktivního uhlí coby dalšího stupně úpravy vody
    - např. UV Želivka – používáno 1400 tun AU (cena 60 – 100 tis. Kč/tuna)



4. LISTOPADU 2018 6:00 | [LIDOVKY.CZ](#) > ZPRÁVY > DOMOV

Zásoby pitné vody zamořila chemie. Nadlimitní kontaminace naměřili ve 40 % vzorků

EXPERTI NAVRHOJÍ PŘITVRDIT LIMITY PRO LÁTKY ZNEČIŠŤUJÍCÍ VODU  
**ČR má měkké normy na pitnou vodu**

22. ČERVNA 2018 11:30 | [LIDOVKY.CZ](#) > ZPRÁVY > DOMOV

Kvalita vody klesá na hranici upravitelnosti, podle experta bude hůř

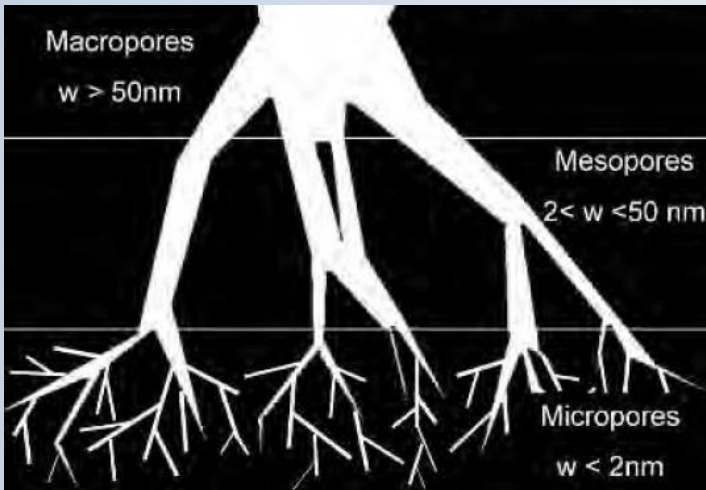
## Aktivní uhlí

- historicky prověřený materiál (až neuvěřitelných vlastností)
  - Je ona „prověřenost“ výhoda?
    - Malá pozornost věnována podstatě a mechanismům (prostě „funguje“)
    - Značná složitost, na kterou se zapomíná
    - Řada dodavatelů, obchodní zájmy
    - Riziko využívání AU daleko od optima = riziko velmi významných zbytečných nákladů

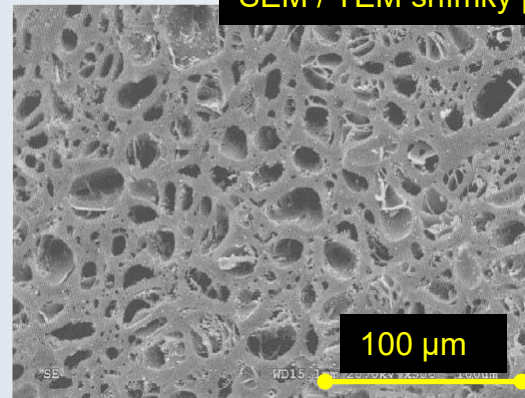
# Klíčové vlastnosti aktivního uhlí

## rozvinutá porézní struktura

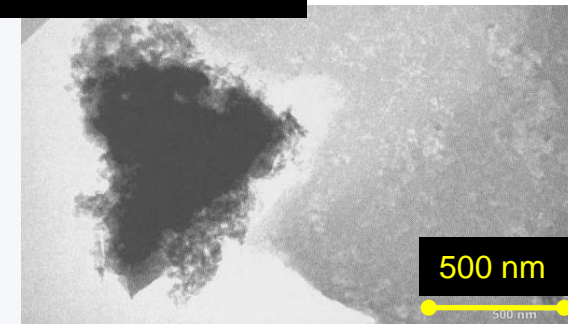
- hexagonální krystalická matrice (+poruchy a nepravidelnosti)
- mikropóry (< 2nm), mezopóry (2 – 50 nm) a makropóry (> 50 nm) (dle IUPAC)
- velký povrch (až 1500 m<sup>2</sup>/g)



J. A. Menendez-Diaz and I. Martin-Gullon: Types of carbon adsorbents and their production, chapter in *Activated Carbon Surfaces in Environmental Remediation*, New York, USA, 2006



Harry Marsh, Francisco Rodriguez-Reinoso: *Activated Carbon*, Elsevier, 2006

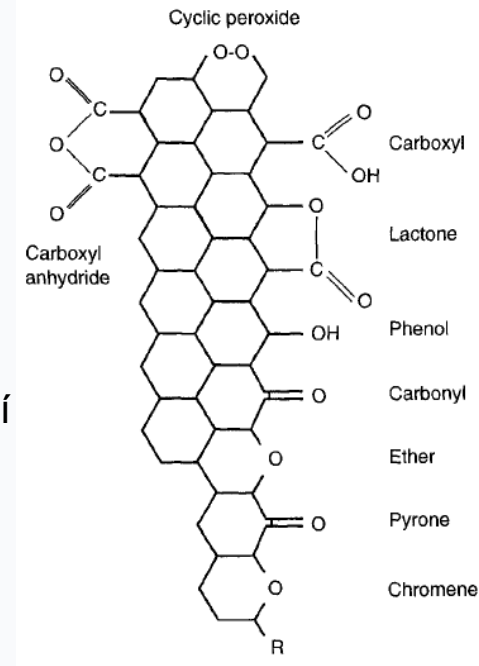


SEM / TEM snímky povrchu aktivního uhlí

## existence povrchových funkčních skupin

- zastoupení a vlastnosti dle suroviny a způsobu aktivace aktivního uhlí
- dle hodnoty pH prostředí převládá buď kladný nebo záporný náboj
  - účastní se acidobazických reakcí ve vodném roztoku
- sorpce/výměna iontů z roztoku

## obsah anorganických složek (popeloviny)



# Příklad 1 – chování nových AU při sorpci různých látek (a)

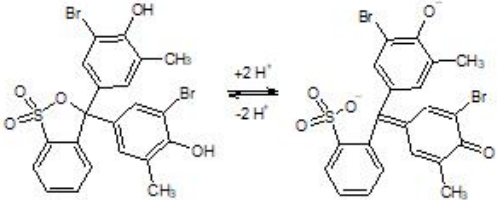

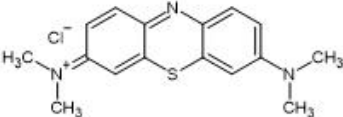

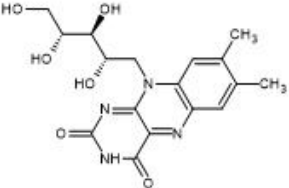

- 6 nových AU určených pro úpravu pitné vody
- Vyjma popela prakticky totožné základní parametry:

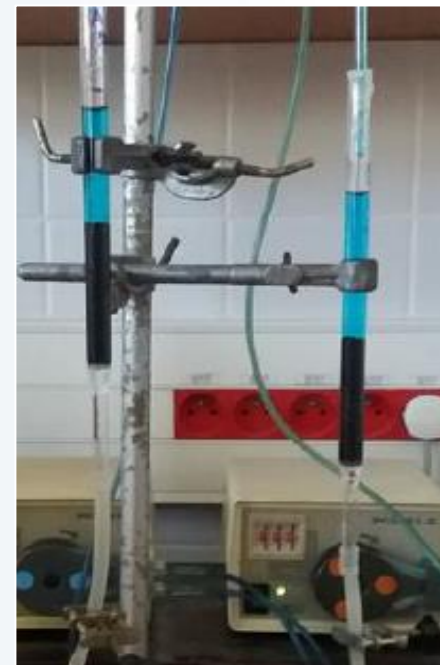
AU	BET (m <sup>2</sup> /g)	Jodové číslo (mg/g)	Popel (%)
1	978	962	7,1
2	1053	1095	2,3
3	1095	1070	11,3
4	959	1001	12,9
5	944	1041	13,9
6	992	1017	2,7

běžně nedostupné:

V(mikro/meso) (cm <sup>3</sup> /g)
0,43 / 0,06
0,42 / 0,03
0,54 / 0,18
0,44 / 0,07
0,39 / 0,11
0,40 / 0,05

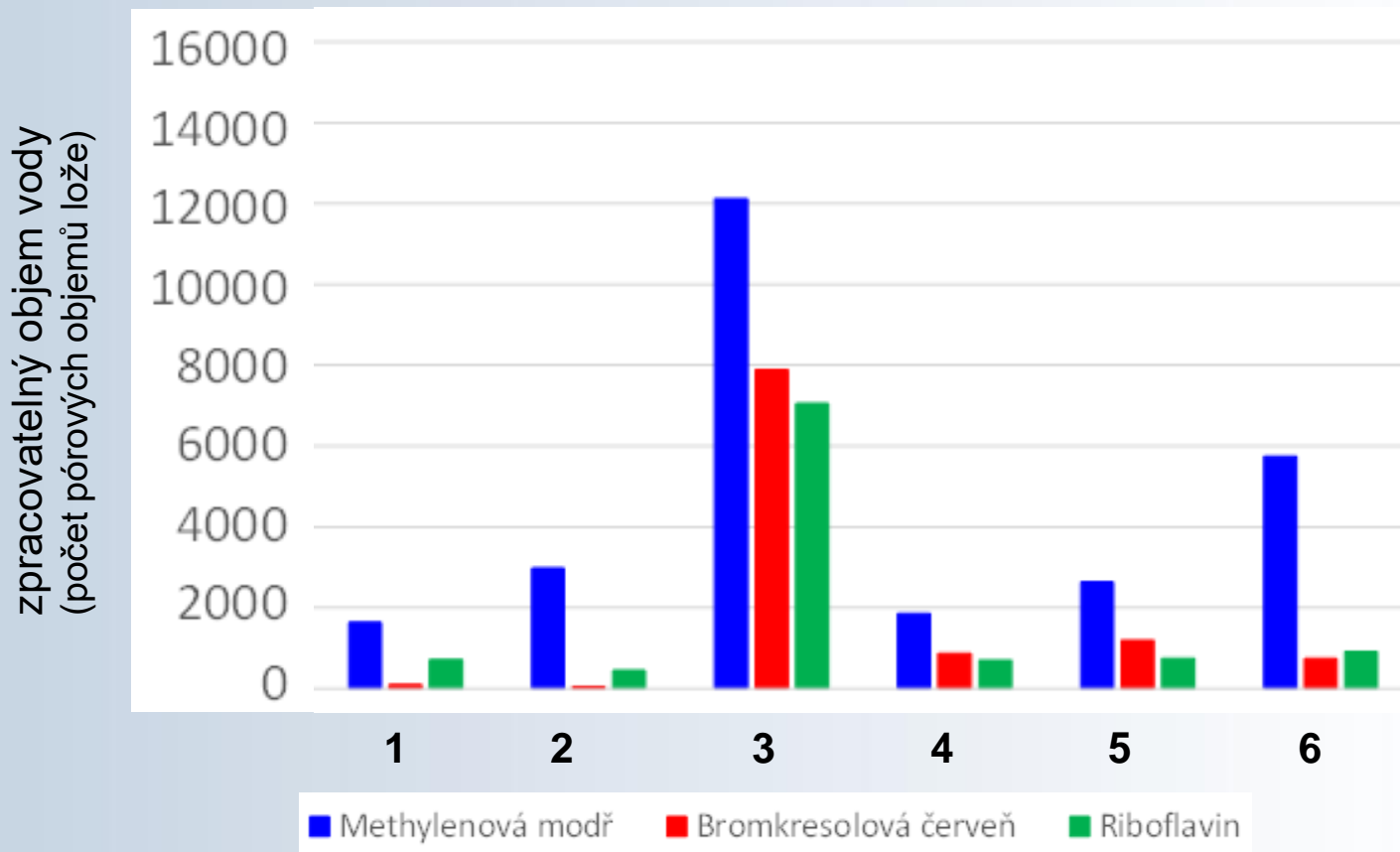
- Dynamické sorpční testy s různými barvivy simulujícími různé mikropolutanty (identické podmínky)

		Bromkresolová červeně
		Methylenová modř
		Riboflavin



## Příklad 1 – chování nových AU při sorpci různých látek (b)

- U většiny AU převažuje sorpce látek spíše kationtové povahy, ovšem řádové rozdíly.
- „Širokospektrální AU“ jsou spíše výjimkou (zde č. 3).



- zásadní dopad na účinnost AU v dané aplikaci při odstranění mikropolutantů z pitné vody
- nedostupné informace pro zákazníka nakupujícího drahé AU (!!!)
- riziko změn polarity AU při procesu reaktivace – změn v chování AU (nedostupné informace)



# „regenerace / reaktivace“ (R/R) aktivního uhlí z úpravy vody

- **středněteplotní regenerace** – v inertním plynu při cca 450 – 600 °C
  - rozklad adsorbovaných složek na povrchu uhlí → plyny + amorfni uhlíkaté depozity
    - snížení sorpční kapacity oproti novému aktivnímu uhlí (o cca 5 – 15 %)
  - jen minimální úbytek matrice AU
  - běžně se neprovádí ani nenabízí (ani v zahraničí), ačkoli to může být výhodné
- **reaktivace** – s reaktivačním médiem (pára) při cca 600 – 900°C
  - Zplyňovací reakce (s vodní párou nebo jiným médiem):  $C + H_2O = CO + H_2$  (...pouze jedna z řady reakcí !)
    - adsorbovaných složek a jejich pyrolýzných zbytků (amorfní uhlík)
    - uhelné matrice (nežádoucí) – lze omezit vhodným teplotním režimem, který je velmi podstatný
    - katalytický účinek alkalických.
  - obnovení a rozvinutí porézní struktury, povrch může být i vyšší než u nového aktivního uhlí
    - částečné oslabení matrice (lze jen několik cyklů)

**FAKT** – procesy lze provést v širokém rozmezí podmínek a parametrů

= významná optimalizace nákladů i ztrát aktivního uhlí

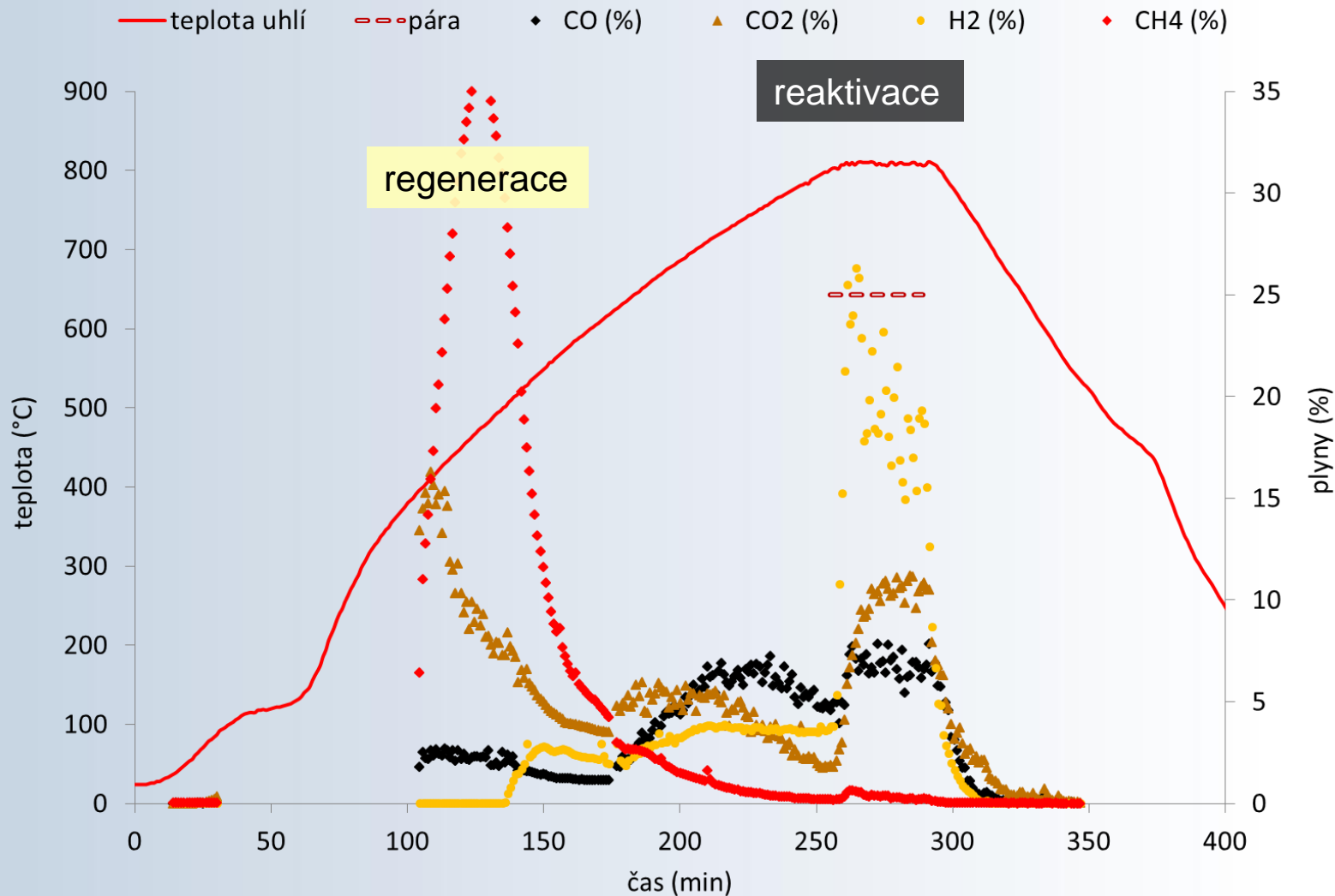
**PROBLÉM** – optimální parametry nelze určit z rozboru AU (jakéhokoli)

- v některých případech lze pouze odhadnout, ale i tak velmi nejistě



# Příklad 2 –průběh procesu regenerace/reaktivace

- Průběh procesu R/R pro reálné použité AU (pro různé případy velmi odlišné)



## Příklad 3 – rozdíly při regeneraci/reaktivaci AU

- **Totožné** aktivní uhlí pro odstraňování mikropolutantů na 2 vodárnách (povrchová voda)
  - Nové AU daného typu: BET = 933 m<sup>2</sup>/g, jodové číslo = 956 mg/g; popel = 7,5 %
  - Jediný rozdíl – jiný zdroj povrchové vody

	Vodárna 1 ( 4 roky)	Test 1	Vodárna 2 ( 3,5 roku)	Test 3
teplota (°C)	-	550	-	700
pára	-	ne	-	ano
ztráta sušiny (%)	SE = 1.6	1.4	SE = 4.6	9.9
ztráta objemu (%)	-	-0.1	-	8.5
BET (m <sup>2</sup> /g)	660	891	718	894
jodové číslo (mg/g)	693	935	592	829

SE .... extrahovatelnost dle Soxhleta

- **Pro každé AU a jeho aplikaci mohou být optimální parametry R/R odlišné !**



- **Aktivní uhlí – narůstající aplikace v segmentu výroby pitné vody**
  - Drahý materiál, výroba v Evropě již neexistuje (vše dovoz z Asie)
  - Zásadní rozdíly v chování a vlastnostech, ovšem data zákazník nemá šanci běžně získat.
  - Co aplikace, to zcela individuální případ
  - Vysoké náklady
  - Součástí kritické infrastruktury
- **Aktivní uhlí po vyčerpání kapacity**
  - Uživatel aktivního uhlí je většinou „vydán na pospas“ zahraničním dodavatelům AU / služeb
  - Vhodný je přísně individuální přístup k řešení, nutno odzkoušet možnosti
    - Regenerace/reaktivace/náhrada
  - V ČR chybí linka k regeneraci/reaktivaci, nutnost zahraničních dodavatelů
    - Je spočítáno, že vodárny v ČR disponují dostatkem AU pro využití tuzemské linky
    - Výstavba velmi žádoucí

## Nabídka služeb

- Nezávislé posouzení a sledování stavu AU v sorpčním filtru
- Nezávislé experimentální ověření možností regenerace/reaktivace AU (vzorek cca 25 kg)
- Doporučení vhodných parametrů regenerace/reaktivace (vyhodnocení, ověření shody s Vyhláškou)
- *Spolupráce na navazujícím výzkumu a vývoji*



**svab@dekonta.cz**

**Děkuji za pozornost ...**

**dekonta**

VYSOKÁ ŠKOLA  
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ  
V PRAZE

**VODÁRNA**  
Káraný, a.s.

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR  
v rámci Programu Prostředí pro život (projekt SS01020063)