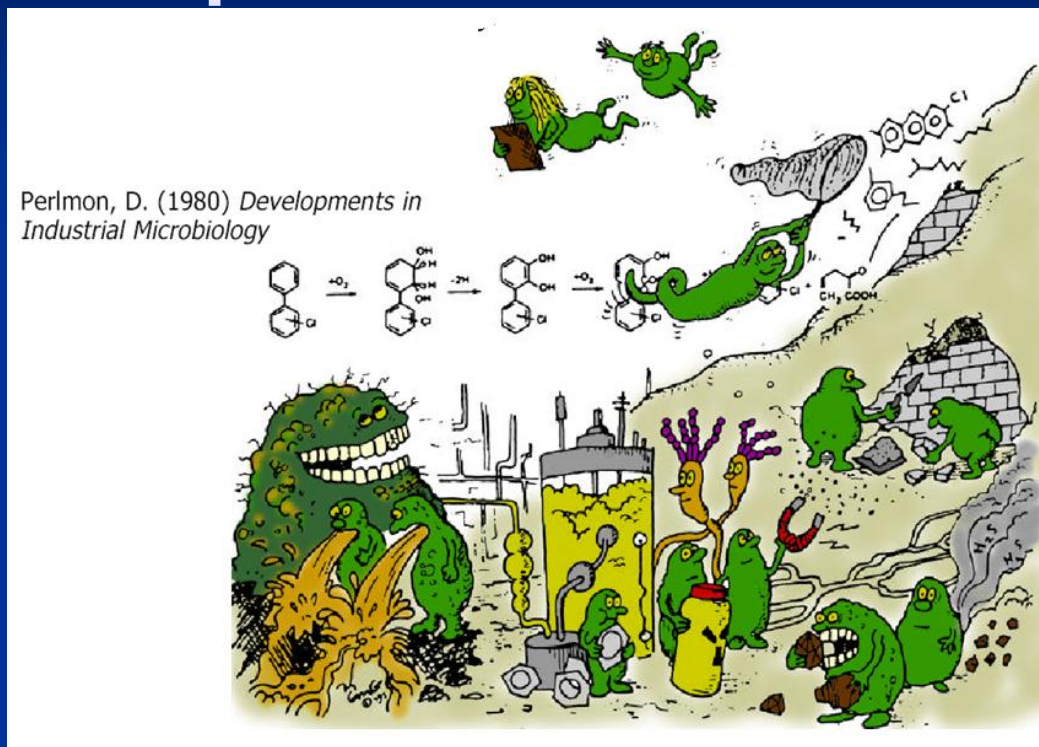


# Využití nanotechnologií (a biotechnologií) pro čištění vod



Miroslav Černík, Petr Kvapil, Radek Zbořil,  
Stanislav Kratochvíl

TUL, AQUATEST a.s., UPOL, MEGA

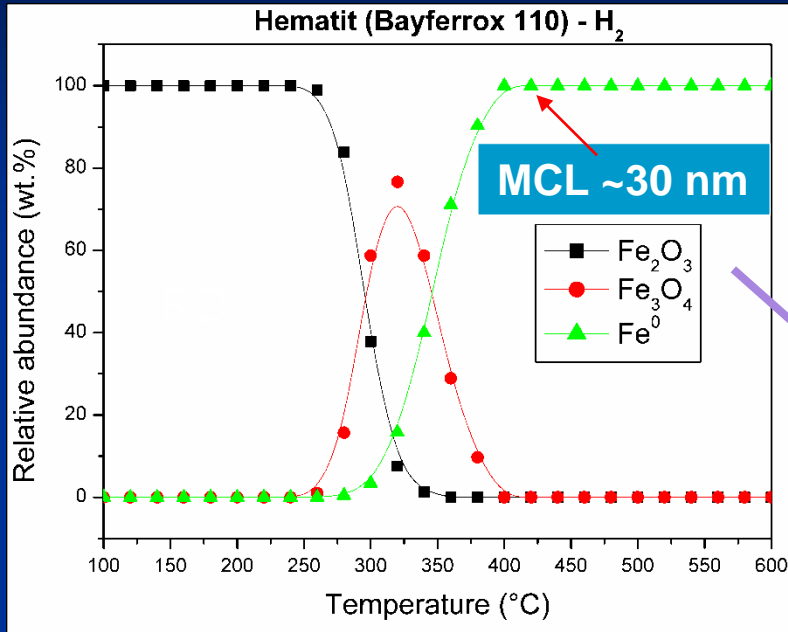
# Nanotechnologie v životním prostředí

- Nano na San Tech bylo – je - **A BUDE!**
- NanoFe – historie, ověřená současnost → **blyštivá budoucnost**
- Další nanotechnologie v čištění vod **NUTNÝ VÝVOJ**
- TAČR – centra kompetence
- AQUATEST + AECOM + DEKONTA + GEOTEST + MEGA → UPOL + TUL + LAC → **CK**
- Ekologicky šetrné nanotechnologie a biotechnologie pro čištění vod a půd (**NANOBIOWAT**)

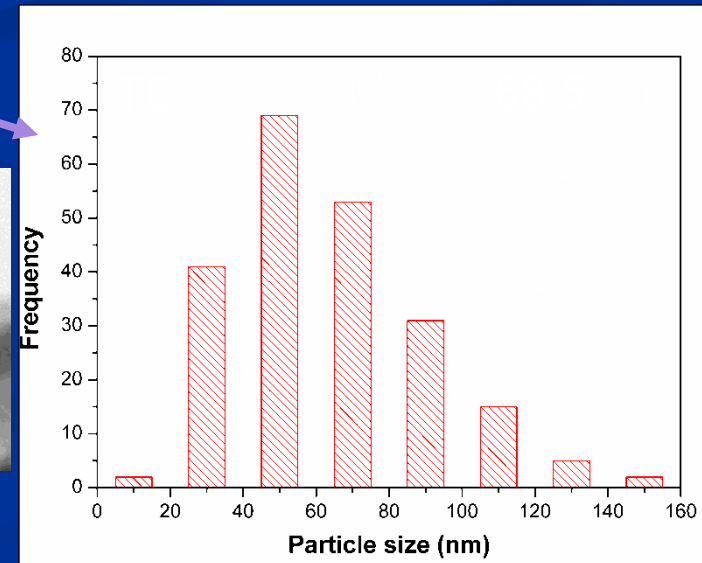
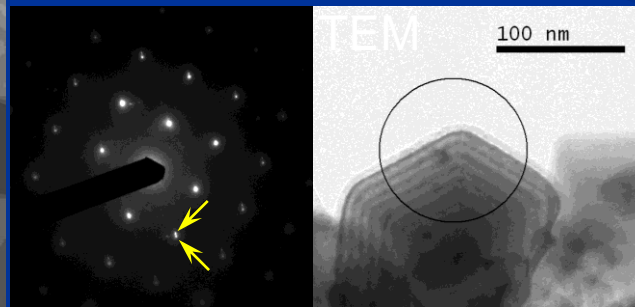
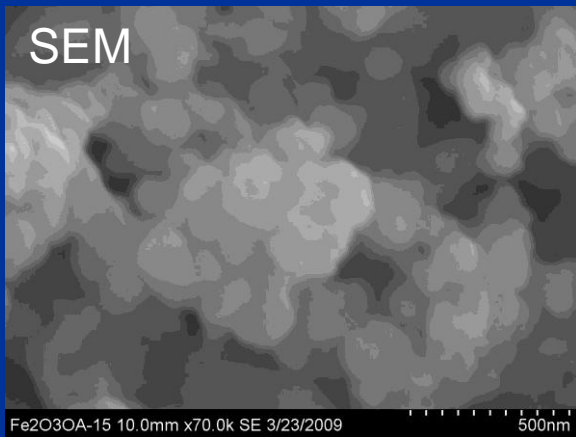
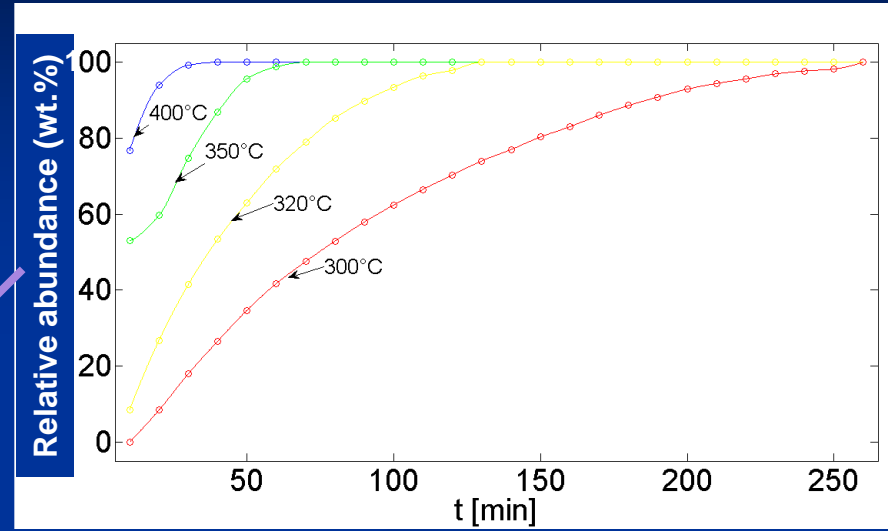
# NANOBIOWAT

- 8.letý projekt
- Vývoj nanomateriálů a biotechnologií a jejich  
APLIKACE
- WP1- aplikace nanofe a jeho derivátů
- WP2- oxidační metody za pomoci Fe ve vysokém oxidačním  
stupni
- WP3 – (Bio)technologie pro odstraňování disruptorů a  
persistentních aromatických látek
- WP4 – Nano- a bio- modifikované filtry a membrány
- WP5 – Nano-magnetické technologie
- WP6 – analytické metody

# Příprava nZVI

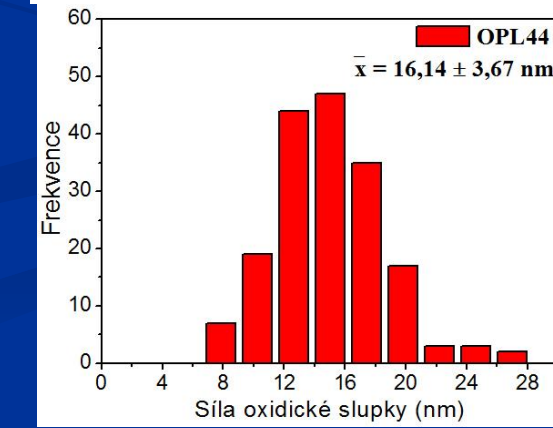
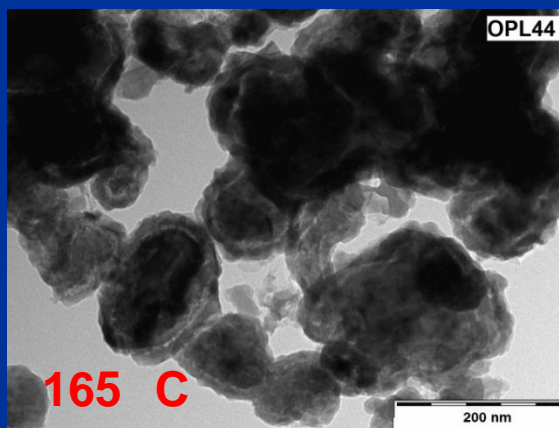
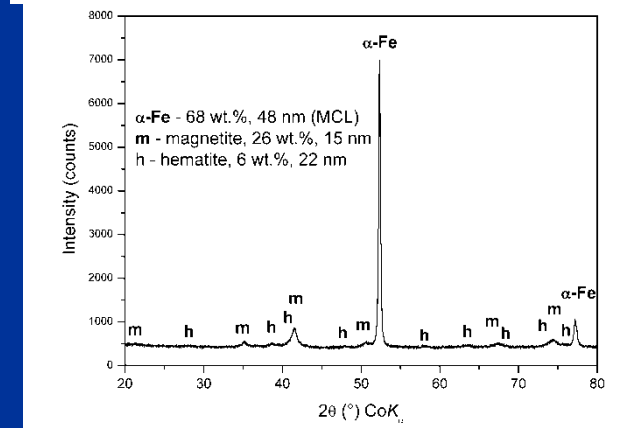
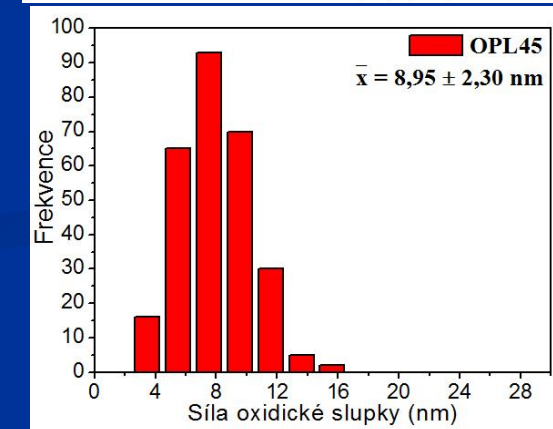
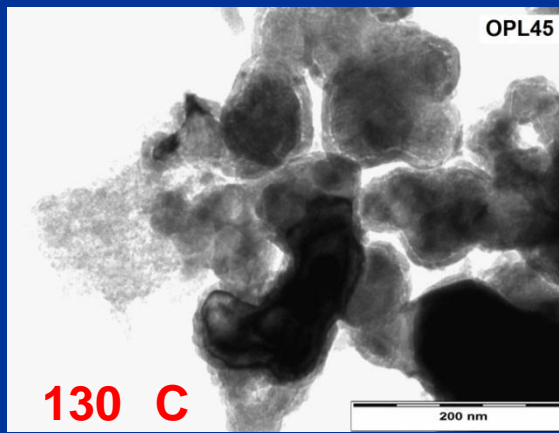
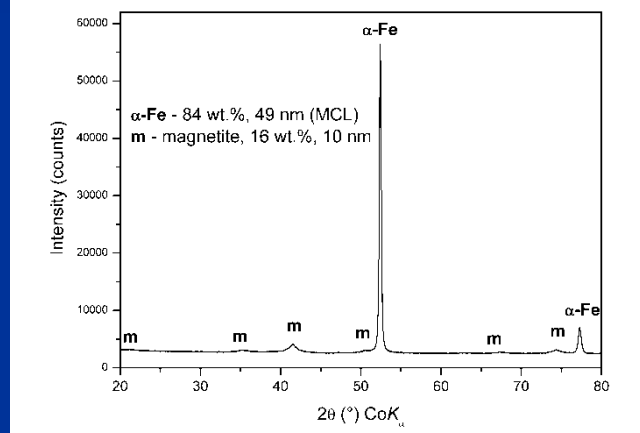
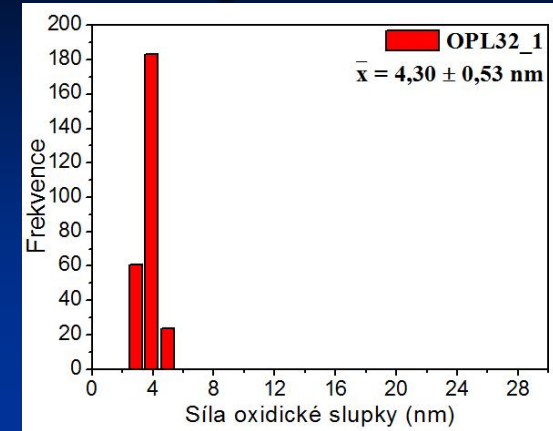
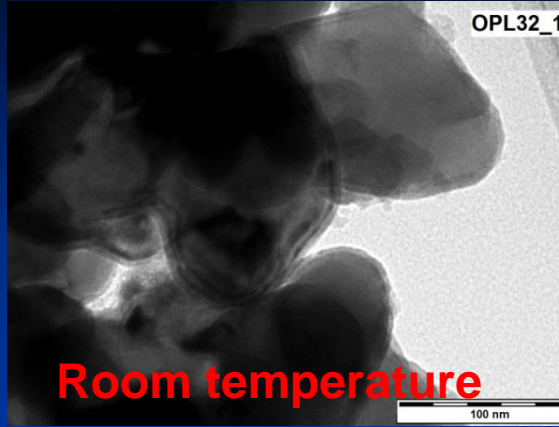
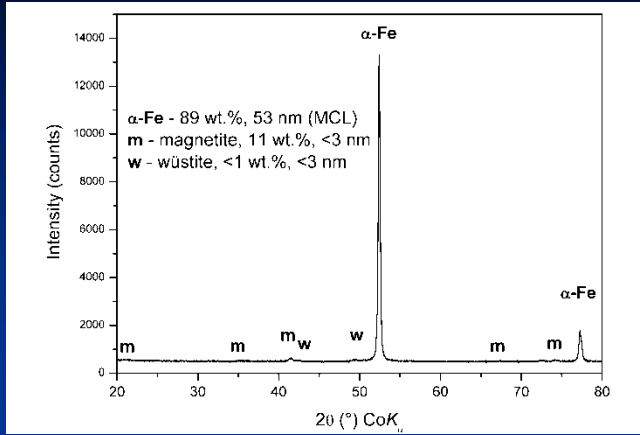


1 hour  
350 C  
H<sub>2</sub> gas



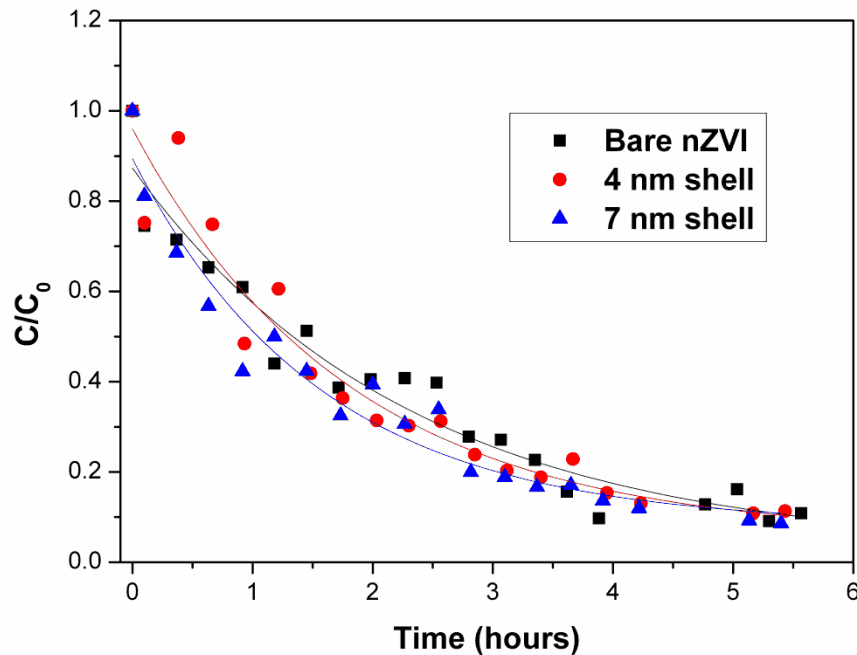
a<sub>s</sub> (BET) up to 48 m<sup>2</sup>/g

# Pasivace nZVI oxidickou slupkou



# Reactivity of FeO-stabilized nZVI

**TCE** 35 mg/L (40 mL)  
15 mg nZVI added  
analyzed by GC



$$\ln c = \ln c_0 - k \cdot t$$

$$k = k_{SA} \cdot \rho_a$$

$$k = k_{SA} \cdot \rho_a$$

$$L^{-1} = L^{-1} \cdot m^{-2} \cdot L \cdot m^2 \cdot L^{-1}$$

$$\rho_a = a_s \cdot \rho_m$$

$$m^2 \cdot L^{-1} = m^2 \cdot g^{-1} \cdot g \cdot L^{-1}$$

$k$  – reaction rate constant

$k_{SA}$  – surface-area normalized  $k$

$\rho_m$  – concentration of nZVI by mass

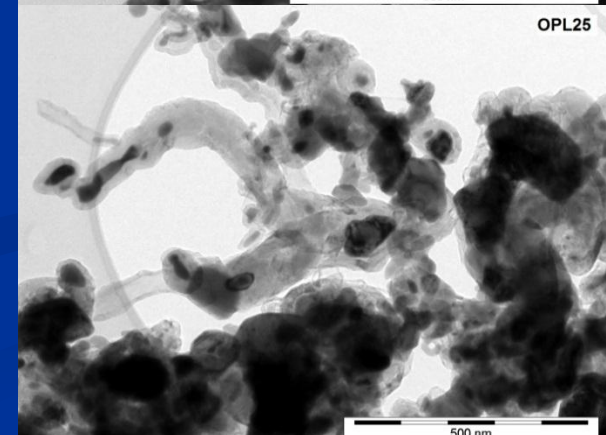
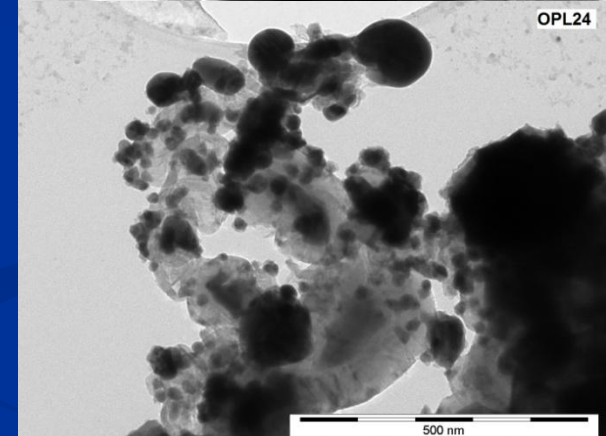
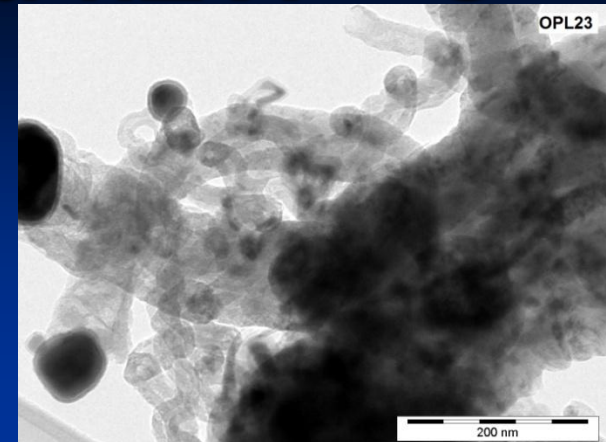
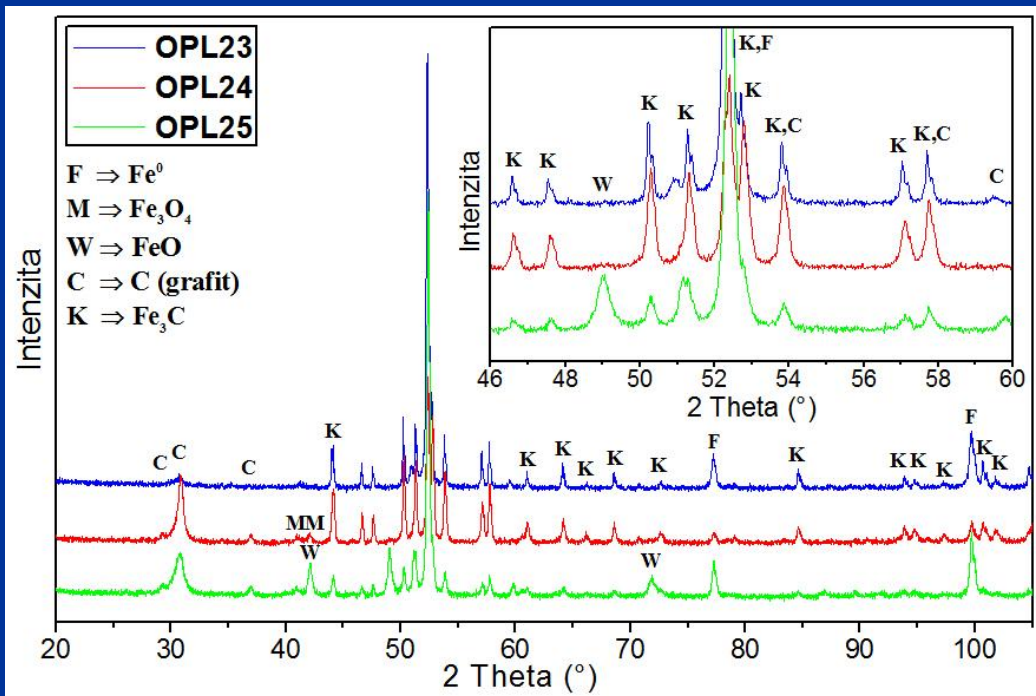
$\rho_a$  – concentration of nZVI by  $a_s$

$a_s$  – specific surface area

Bare nZVI:	$k_{SA} = 19.943$	$10^{-3}$ (L m <sup>-2</sup> hr <sup>-1</sup> )
nZVI with 4 nm shell:	$k_{SA} = 19.964$	$10^{-3}$ (L m <sup>-2</sup> hr <sup>-1</sup> )
nZVI with 7 nm shell:	$k_{SA} = 20.796$	$10^{-3}$ (L m <sup>-2</sup> hr <sup>-1</sup> )

# Příprava kompozitu nZVI + C

Vzorek	XRD		BET
	Fáze (hm%)	MCL (nm)	SSA (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
OPL23	Fe <sup>0</sup> (39)	66	17
	Fe <sub>3</sub> C (43)	117	
	C (18)	---	
OPL24	Fe <sup>0</sup> (6)	65	15
	Fe <sub>3</sub> C (46)	68	
	C (48)	---	
OPL25	Fe <sup>0</sup> (24)	61	42
	Fe <sub>3</sub> C (14)	47	
	C (47)	---	
	FeO (15)	30	

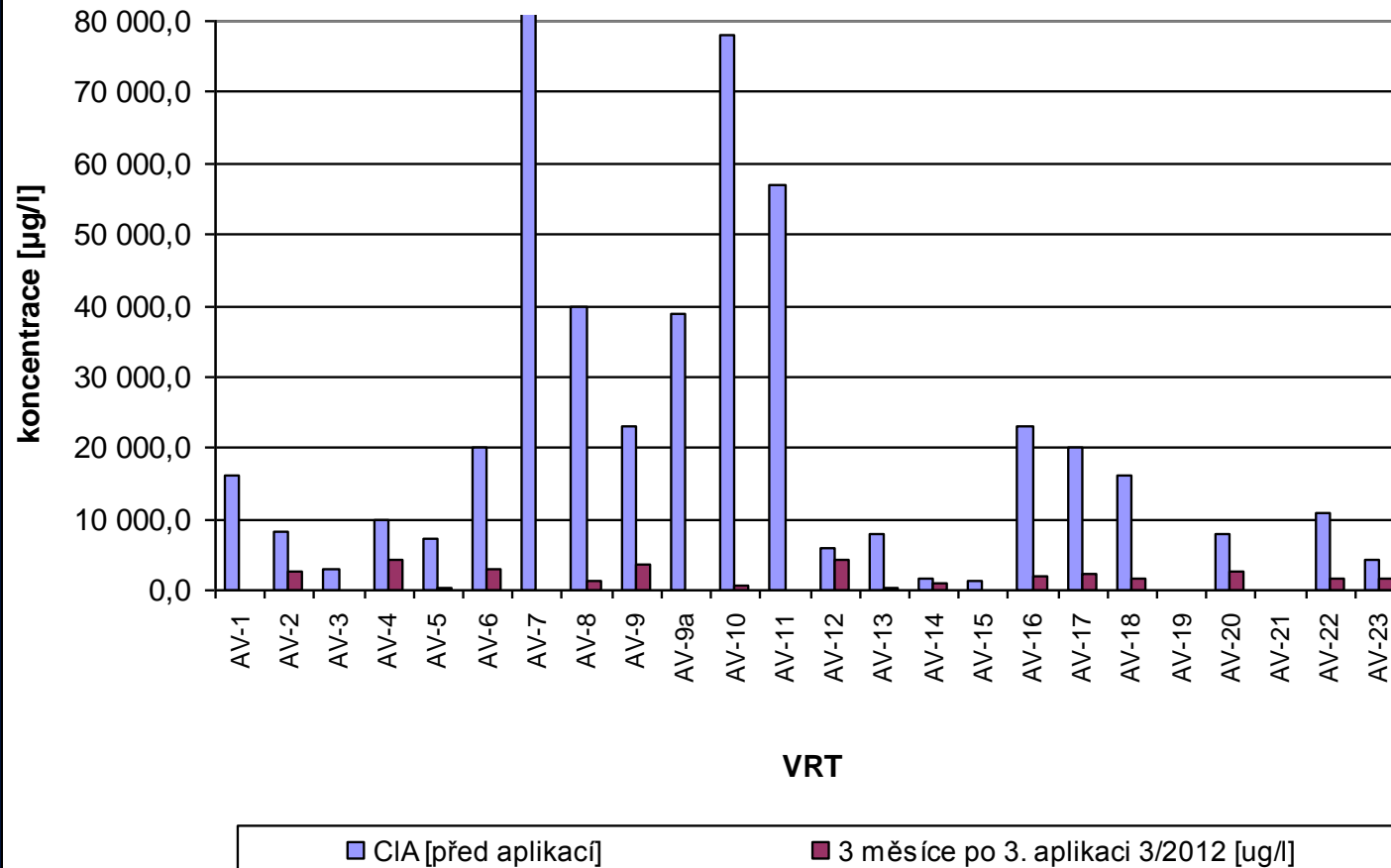


# Příprava suspenze na lokalitě!!!

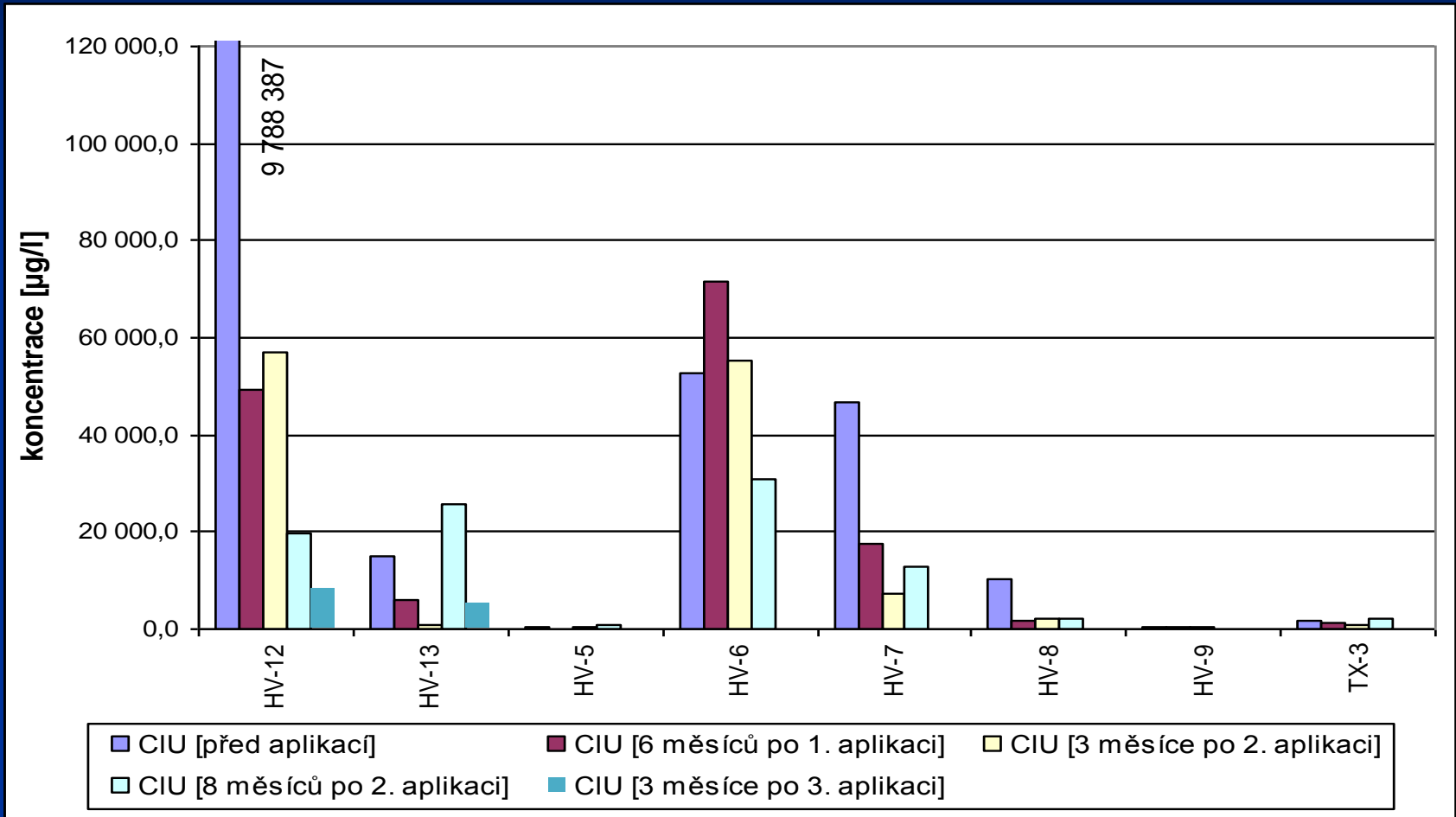




# Lokalita Písečná



# Lokalita Písečná



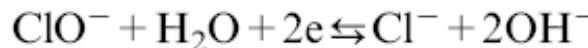
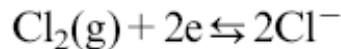
Lokalita sanována ve spolupráci s GEO Group a.s.

# Fe(VI), Fe(V), Fe(VI)

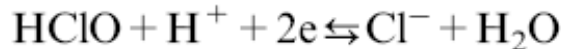
Disinfectant/  
oxidant

Reaction

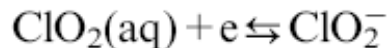
Chlorine



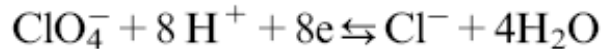
Hypochlorite



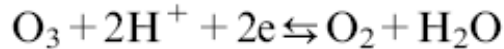
Chlorine dioxide



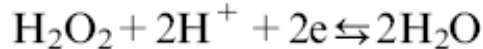
Perchlorate



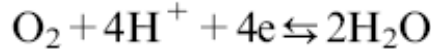
Ozone



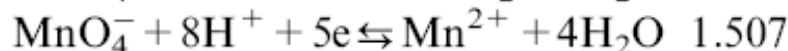
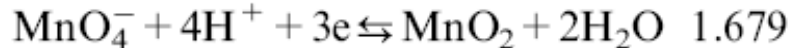
Hydrogen peroxide



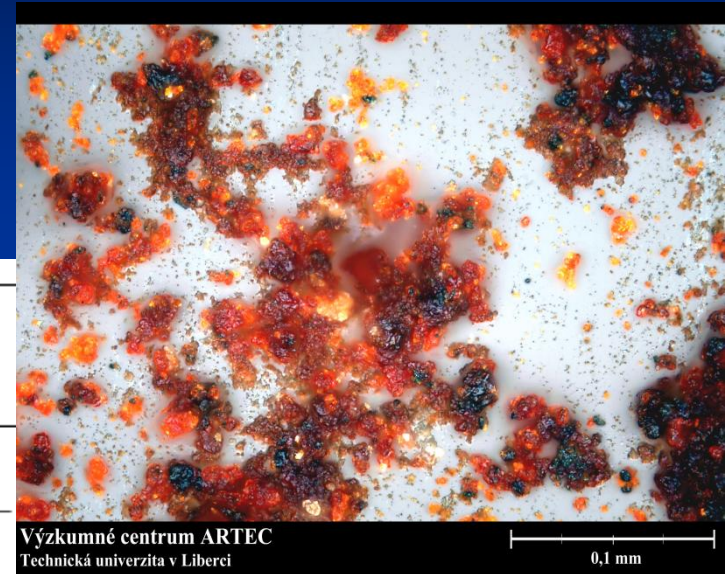
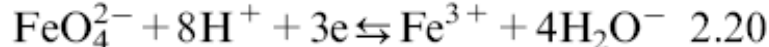
Dissolved oxygen



Permanganate



Ferrate(VI)



1.482

0.954

1.389

2.076

1.776

1.229

1.679

1.507

2.20

# Oxidace Fe(VI)

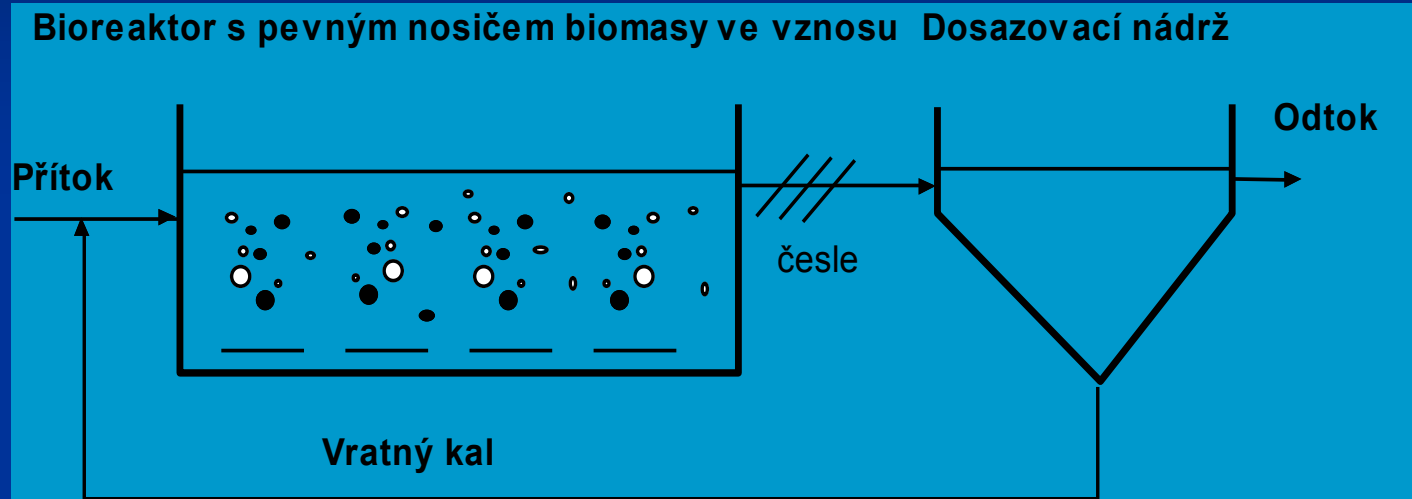


*Uhlazený materiál, zvětšení 50x, čas = 0  
hod. a 24 hod.,  
tmavší odstín představuje Fe<sup>3+</sup>*

# Technologie MBBR

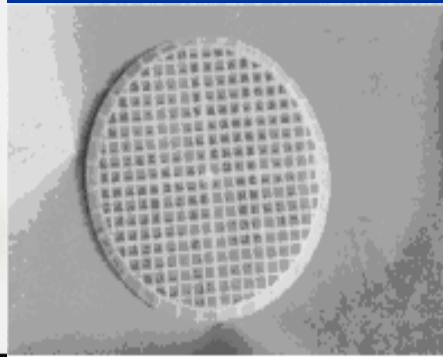
MBBR – schéma, nosiče biomasy

Moving Bed Biofilm Reactor



Kaldnes™ K3

25 mm



BiofilmChip™



Natrix™



25 mm

„Nanobambule“

# Nanovláknna

## Co jsou nanovláknna?

Jde o vlákna jejichž průměr se pohybuje v rozsahu nanometrů, ale jsou to tzv. submikroová vlákna.

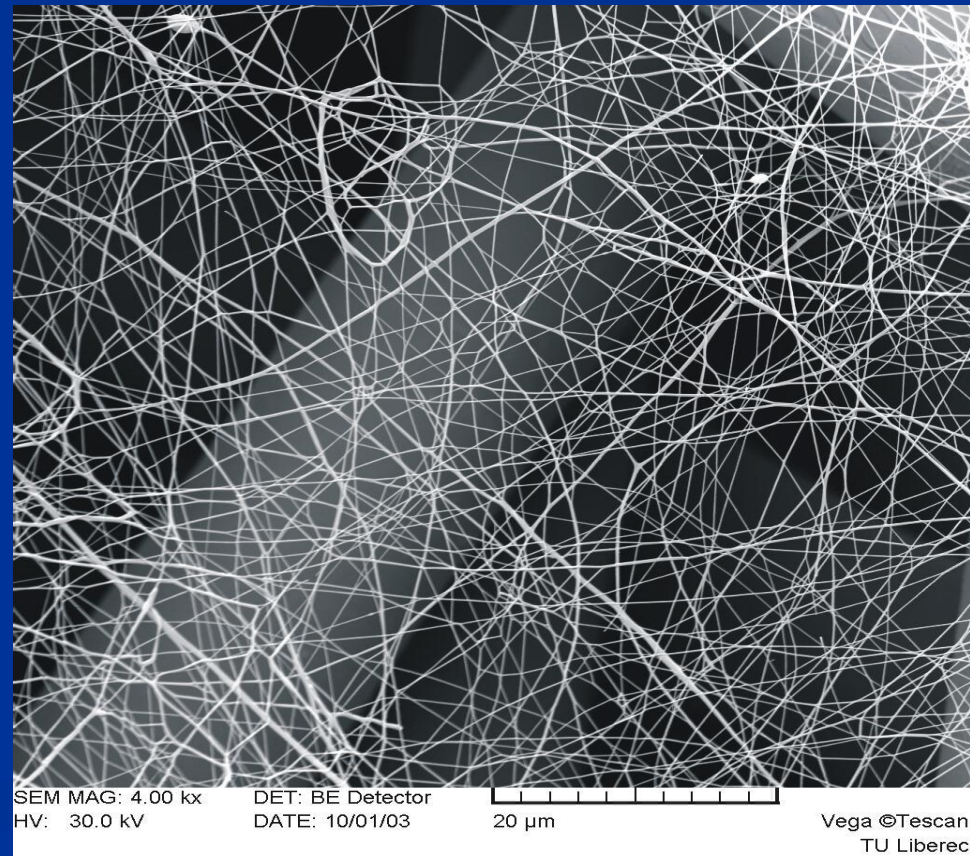
## Co je elektrostatické zvlákňování (electrospinning)?

### Vlastnosti

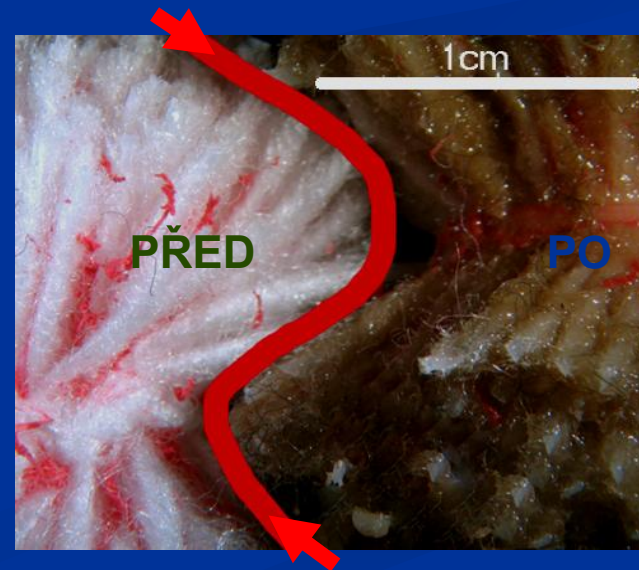
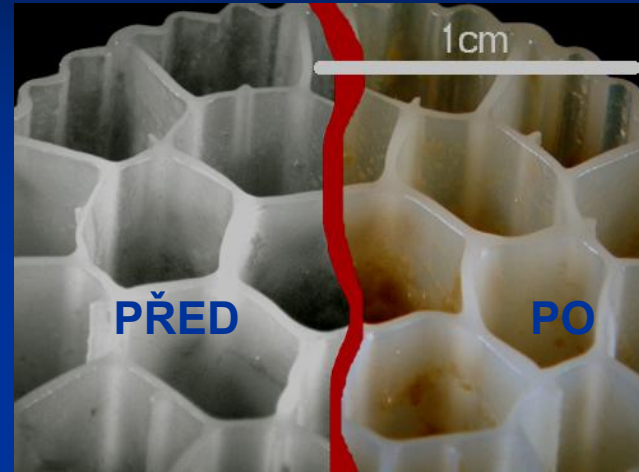
- velký měrný povrch
- vysoká poróznost
- malá velikost pórů
- průměr vláken (50-1000 nm)

### Materiál

- ✓ polymerní roztoky nebo taveniny
- ✓ možné více než 50 polymerů



# Nosič biomasy - porovnání



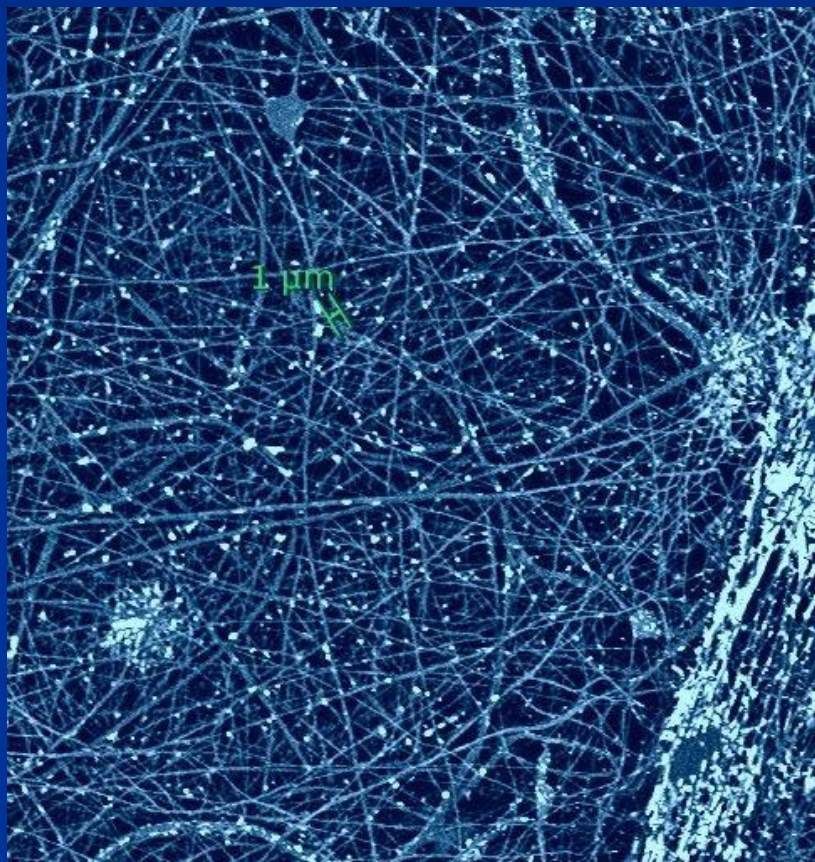
# Nosič biomasy – nanonitě



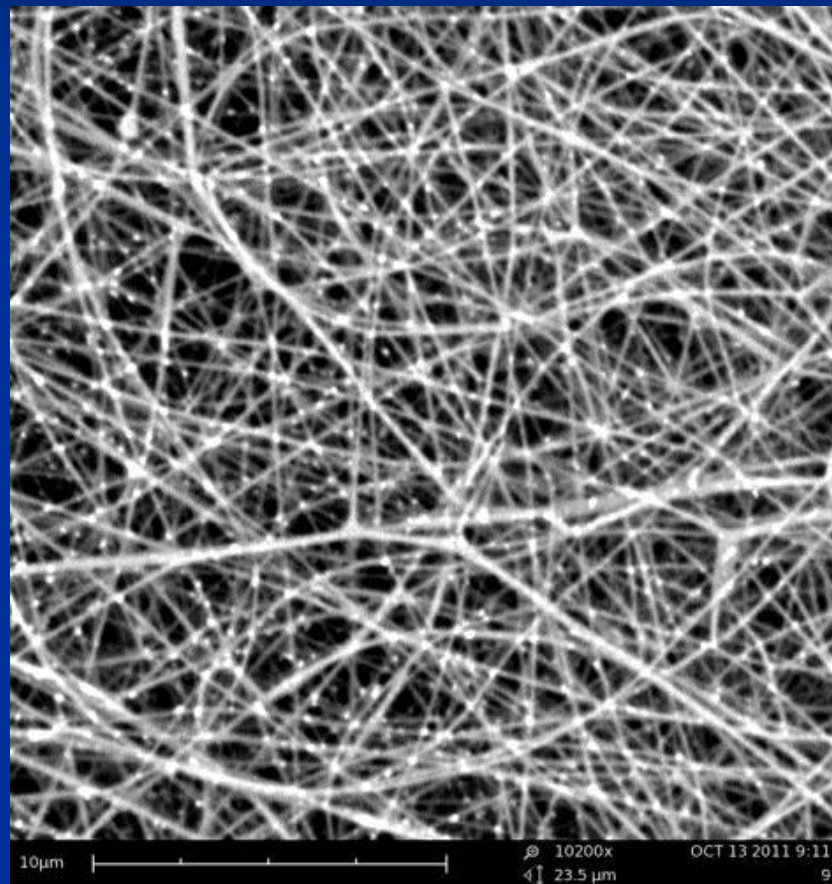
Vývoj nanovláknenné nitě pro aplikaci  
v environmentální technologii  
při čištění odpadních vod



# Vývoj nanovláčkových materiálů obsahujících chemicky, nebo biologicky aktivní složky



Polyurethan +  $\text{AgNO}_3$

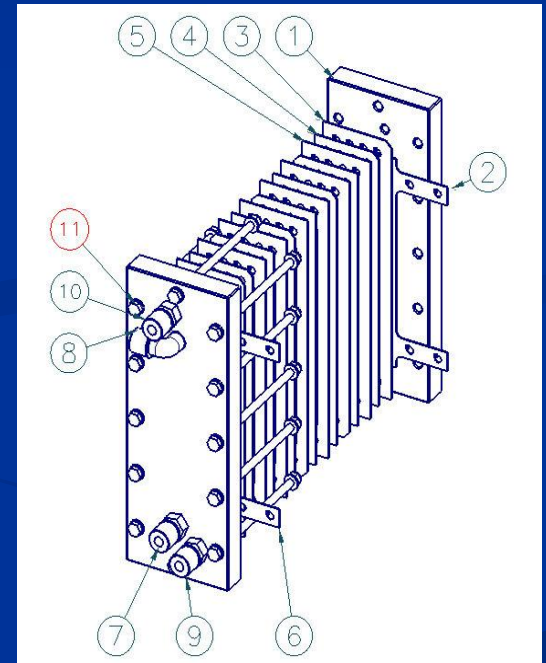
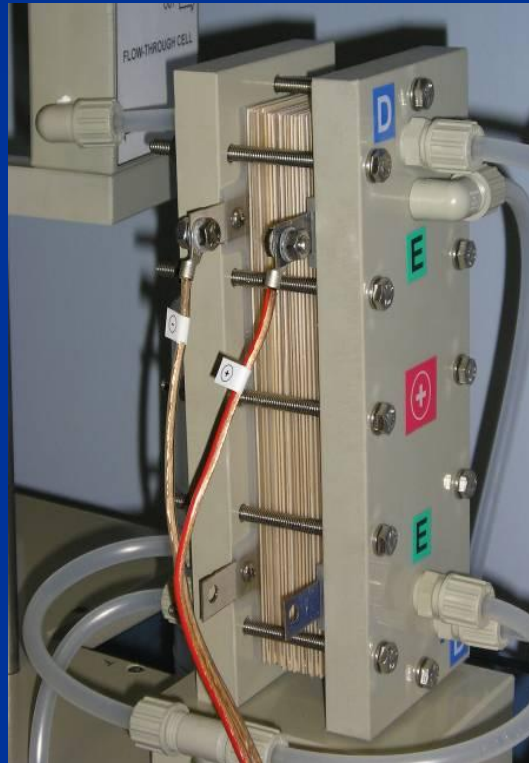


polyethersulfon + Ag



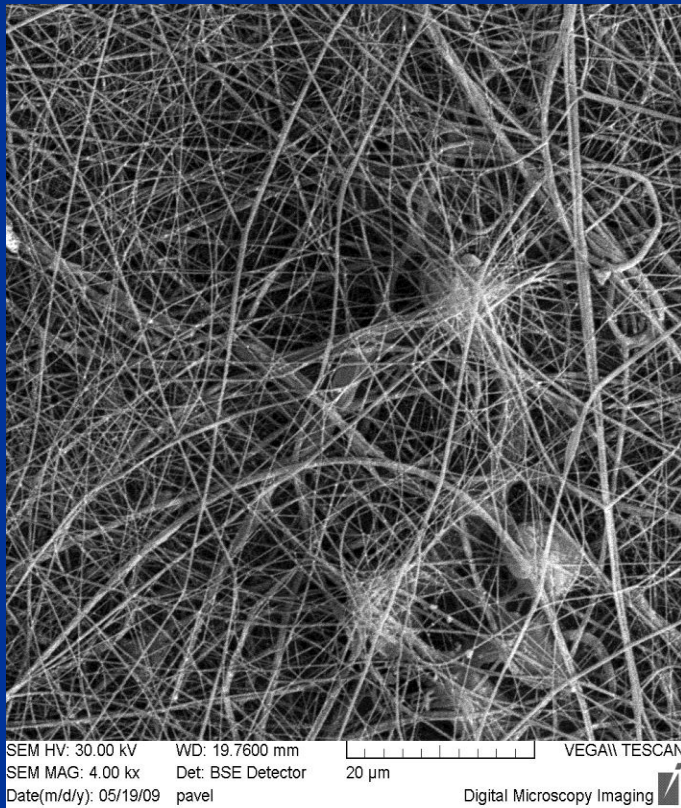
# Nanovlákná v membránových procesech

Laboratory electro dialysis unit

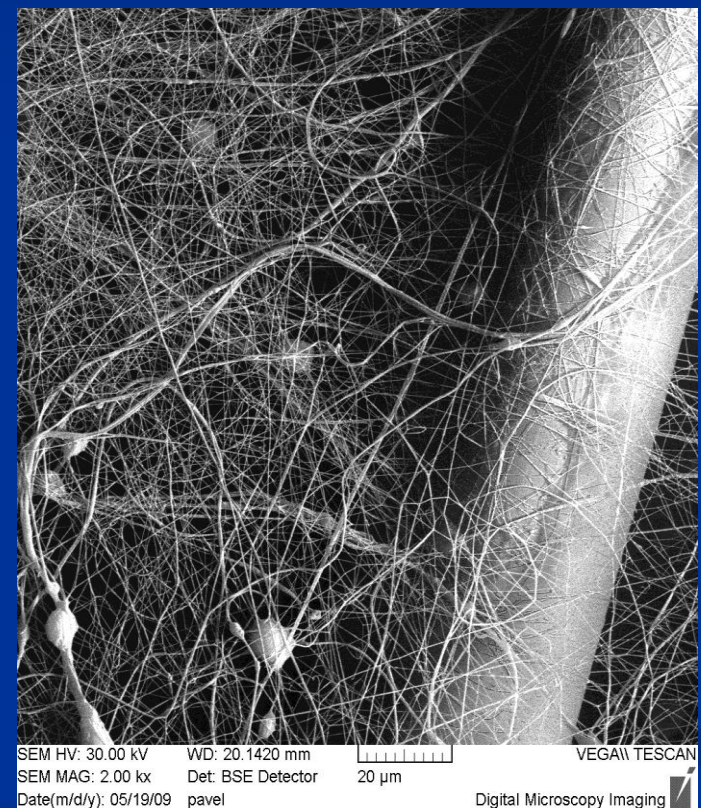


# Nanofibres - examples

PUR Nanofibres  
on the membrane surface

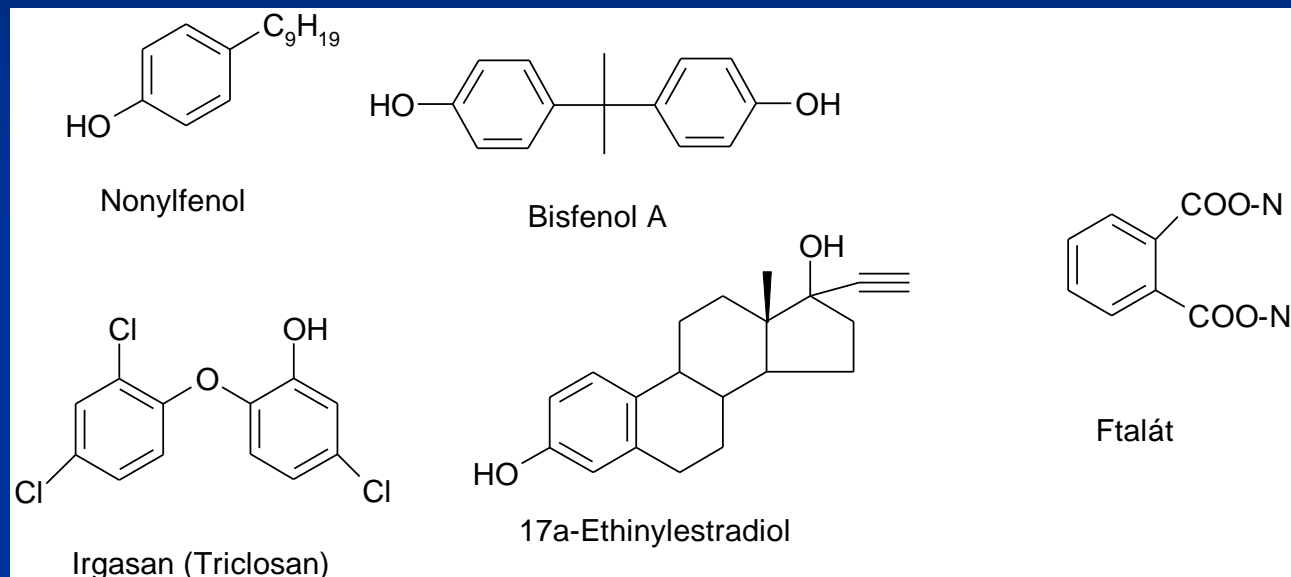


PUR Nanofibres  
on the PES backbone



# Endokrinní disruptory

alkylfenoly, bisfenol A, 17 $\alpha$ -ethinylestradiol, estery kyseliny ftalové, irgasan



- Látky narušující hormonální systém: thyroidní, estrogení, androgení
- Málo toxické, používané v různých oblastech

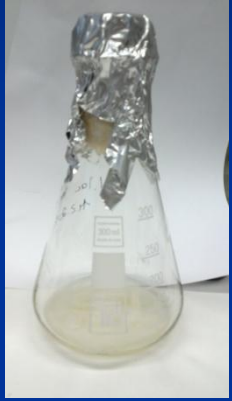
# Endokrinní disruptory

- $17\alpha$ -ethinylestradiol – syntetický estrogen používaný jako orální antikoncepce
- Alkylfenoly – se používají k průmyslové výrobě alkylfenol-polyethoxylátů sloužících jako neiontové detergenty, jako antioxidanty a jako plastifikátory
- Bisfenol A – Tvoří hlavní surovinu užívanou při chemických syntesách průmyslových polymerů jako jsou polykarbonáty, epoxy-pryskyřice, fenol-pryskyřice, polyestery a polyakryláty
- Triclosan – antimikrobiální přísada ústních vod a zubních past
- Ftaláty – změkčovače plastů

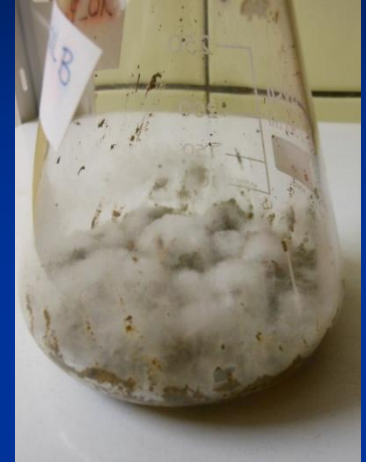
# Houby bílé hniloby (ligninolytické-dřevokazné)

- Nízká substrátová specifita extracelulárních enzymů (lignin peroxidáza, lakáza, mangan-dependentní peroxidáza, verzatilní peroxidáza + minoritní enzymy) schopných štěpit složitý polymer lignin + intracelulární enzymatický aparát
- Vysoká tolerance vůči toxickým látkám
- Běžný výskyt v přírodě, nenáročná kultivace, vysoký povrchový růst, dobrá kolonizace lignin-obsahujících substrátů,



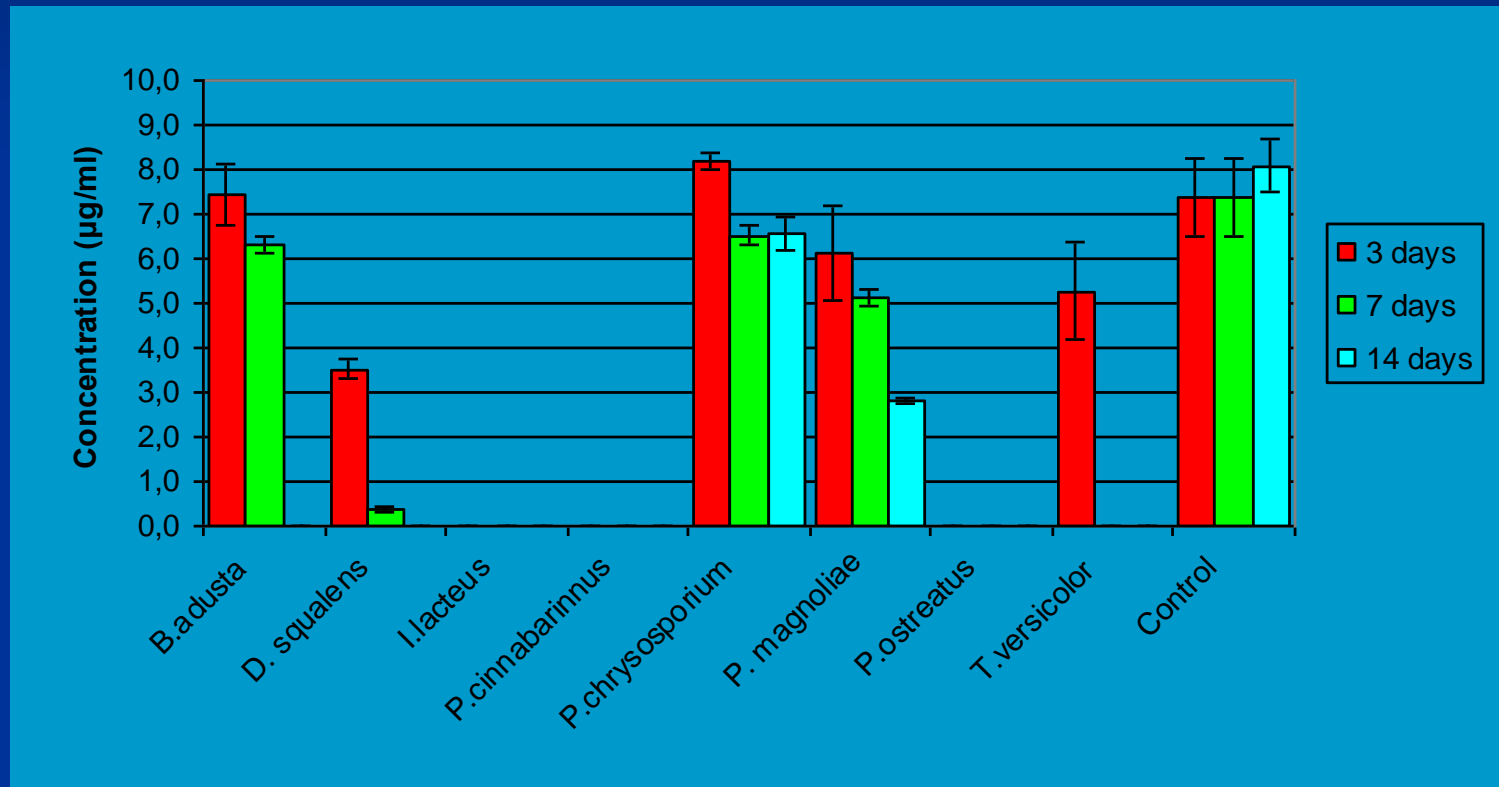


*In vivo* – *I. lacteus* (20 mL)



# Koncentrace 17 $\alpha$ -Ethynylestradiolu po degradaci v modelovém tekutém mediu a detekce estrogeních aktivit.

## 17 $\alpha$ -Ethynylestradiol a různé dřevokazné houby





# Děkuji za pozornost



[miroslav.cernik@tul.cz](mailto:miroslav.cernik@tul.cz)