



**VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE**

**ÚSTAV
TECHNOLOGIE
VODY A PROSTŘEDÍ**



Využití membránových technologií při úpravě vody na vodu pitnou

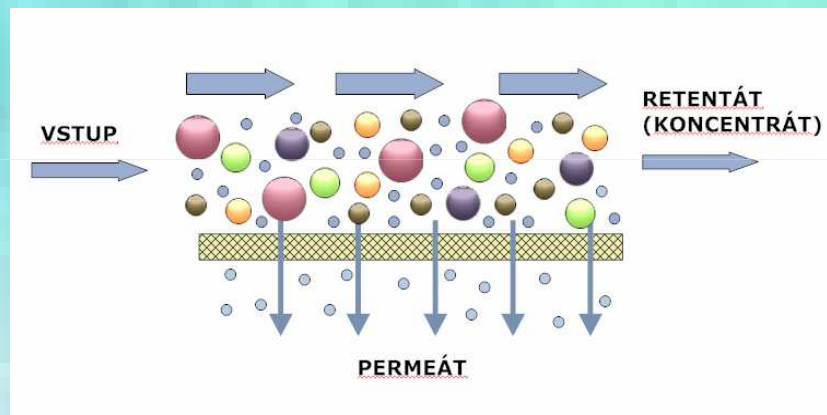
Eva Podholová, Zuzana Honzajková, Tomáš Patočka, Martin Podhola

Vodárenská biologie 2010

3. – 4. února

Membránové technologie

- procesy založené na schopnosti membrán zachycovat ve vodě částice o určité velikosti



- membrána – bariéra, která v ideálním případě umožňuje průchod pouze rozpouštědлу

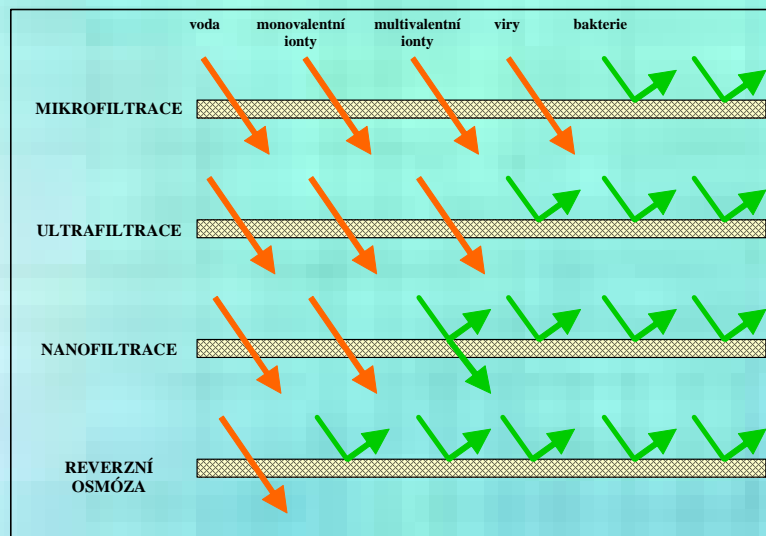
Membránové technologie

Využití

- zahraničí
 - úprava vody na vodu pitnou
 - odsolování mořské vody
 - průmyslové aplikace – výroba antibiotik, enzymů, želatiny, krevní plazmy, umělé plazmy, oplachové a procesní vody, chladící vody
- ČR
 - průmyslové aplikace – oplachové a procesní vody, chladící vody, výroba antibiotik, enzymů, želatiny, krevní plazmy, umělé plazmy

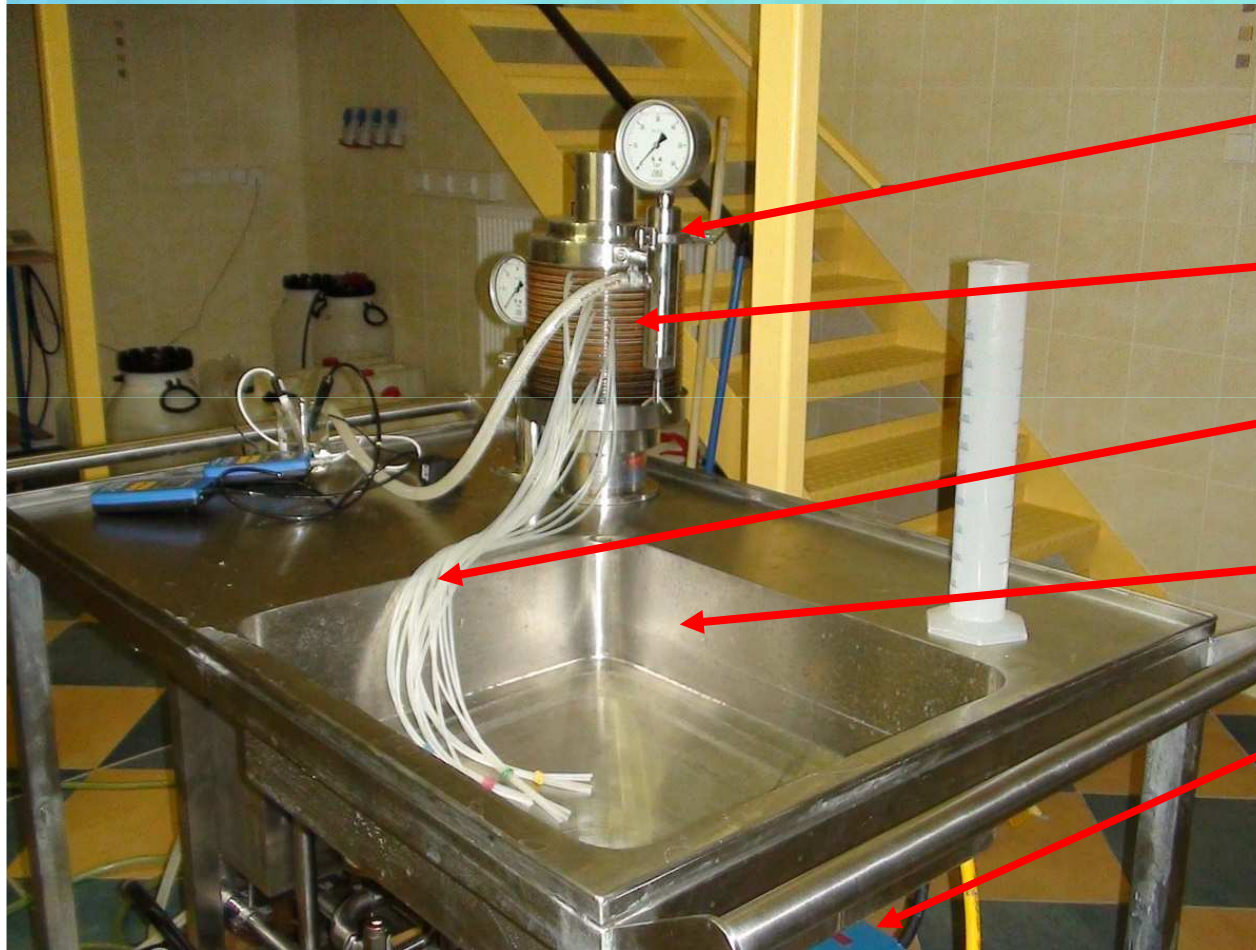
Rozdělení membránových procesů

Proces	Velikost zachycených částic	Pracovní tlak	Zachycená částice	Produkt
mikrofiltrace	> 0,1 μm	0,2 – 1 bar	zooplankton, fytoplankton, zákal, koloidy, některé bakterie	užitková voda bakteriálně zabezpečená
ultrafiltrace	0,1 – 0,01 nm	0,3 – 10 bar	makromolekuly, bakterie a viry, koloidy, bílkoviny	pitná voda užitková voda
nanofiltrace	0,01 – 0,001 nm	5 – 15 bar	dvojmocné a trojmocné ionty, organické sloučeniny	pitná voda částečně odsolená
revezní osmóza	0,0001 – 0,0001 nm	15 – 80 bar	jednomocné ionty	odsolená voda (demineralizovaná)



Membránová jednotka

LAB M1000



redukční ventil

membránový modul

Labstak M20

sběrné hadičky (permeát)

zásobní nádrž

čerpadlo

Experimentální část

- vstupní roztok – vodovodní voda (15 l)
- průtok 8 l/min
- koncentrační faktor 2
- pracovní tlak 8 bar
- teplota $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$
- sledované veličiny: pH, teplota, průtok, vodivost

Experimentální část

- první experimenty – permeát mikrobiálně znečištěn

Ukazatel	Vstup [KTJ/ml]	Výstup (permeát) [KTJ/ml]
Počty kolonií při 22 °C	1	> 200
Počty kolonií při 36 °C	2	> 100

- kontaminace uvnitř zařízení – nutno dezinfikovat
- výběr dezinfekčních činidel značně omezen
 - SAVO
 - formaldehyd
 - azid sodný

Experimentální část

- nanofiltrační membrána NF 45 a ultrafiltrační membrána GR 81PP (3x opakováno)
- umělá kontaminace – *E. coli*, *E. faecalis*

Ukazatel	NF 45		GR 81PP	
	Vstup [KTJ/ml]	Výstup (permeát) [KTJ/ml]	Vstup [KTJ/ml]	Výstup (permeát) [KTJ/ml]
<i>Escherichia coli</i>	30	0	30	0
<i>Enterococcus faecalis</i>	10	0	10	0
Počty kolonií při 22 °C	150	10	>200	32
Počty kolonií při 36 °C	182	26	>200	11

Ukazatel	jednotka	NF 45		GR 81PP		Vyhl. 252/2004 Sb.
		vstup	výstup	vstup	výstup	
NO ₃ ⁻	[mg/l]	23,9	23,4	21,2	20,8	50 (NMH), 15*
NO ₂ ⁻	[mg/l]	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	neuveďeno
N-NH ₃	[mg/l]	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,5 (MH)
SO ₄ ²⁻	[mg/l]	53,2	22,8	45,2	31,6	250 (MH)
PO ₄ ³⁻	[mg/l]	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	neuveďeno
Cl ⁻	[mg/l]	16,3	15,9	20,7	20,0	100 (MH)
HCO ₃ ⁻	[mg/l]	119	60	122	108	neuveďeno
TOC	[mg/l]	0	0	0,82	0,23	5 (MH)
TIC	[mg/l]	23,5	11,8	24,1	21,3	neuveďeno
vodivost	[μS/cm]	342	182	399	352	125 (MH)
pH		7,82	7,51	8,48	8,51	6,5 – 9,5 (MH)
Na	[mg/l]	10,2	8,1	9,0	8,2	200 (MH)
Fe	[mg/l]	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0,2 (MH)
Ca	[mg/l]	40,0	18,8	42,0	36,6	30 (MH), 40 – 80 (DH)
Mg	[mg/l]	8,8	3,8	9,2	8,5	10 (MH), 20 – 30 (DH)
Mn	[mg/l]	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0,05 (MH)
K	[mg/l]	3,4	1,9	5,7	5,2	neuveďeno

Experimentální část

- nanofiltrační membrána NF 45
- vodovodní voda s přísadkou o NaNO_3 (10 mg/l), MgSO_4 (10 mg/l), KH_2PO_4 (10 mg/l) FeCl_3 (1 mg/l)
- umělá kontaminace – *E.coli*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa*

Ukazatel	NF 45		NF 45	
	Vstup [KTJ/15 l]	Výstup (permeát) [KTJ/ml]	Vstup [KTJ/15 l]	Výstup (permeát) [KTJ/ml]
<i>Escherichia coli</i>	$24 \cdot 10^3$	0	$14,5 \cdot 10^5$	0
<i>Enterococcus faecalis</i>	$12 \cdot 10^3$	0	$29,3 \cdot 10^4$	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	$79,5 \cdot 10^3$	1	$30 \cdot 10^5$	1

Ukazatel	jednotka	NF 45			Vyhl. 252/2004 Sb.
		Vstup	Výstup 1	Výstup 2	
NO₃⁻	[mg/l]	93,3	84,9	85,7	50 (NMH), 15*
NO₂⁻	[mg/l]	<0,05	<0,05	<0,05	neuveďeno
N-NH₃	[mg/l]	<0,2	<0,2	<0,2	0,5 (MH)
SO₄²⁻	[mg/l]	67,9	3,89	3,4	250 (MH)
PO₄³⁻	[mg/l]	1,4	<0,20	<0,20	neuveďeno
Cl⁻	[mg/l]	47,6	34,4	34,7	100 (MH)
HCO₃⁻	[mg/l]	121,8	64,4	62,5	neuveďeno
TOC	[mg/l]	3,0	1,3	1,8	5 (MH)
TIC	[mg/l]	24,0	12,7	12,4	neuveďeno
vodivost	[μS/cm]	586	342	344	125 (MH)
pH		6,87	6,57	6,42	6,5 – 9,5 (MH)
Na	[mg/l]	44,0	29,9	30,6	200 (MH)
Fe	[mg/l]	0,4	<0,1	<0,1	0,2 (MH)
Ca	[mg/l]	54	30,5	31	30 (MH), 40 – 80 (DH)
Mg	[mg/l]	10,6	5,0	5,0	10 (MH), 20 – 30 (DH)
Mn	[mg/l]	<0,50	<0,50	<0,50	0,05 (MH)
K	[mg/l]	9,1	6,2	6,3	neuveďeno

Experimentální část

- nanofiltrační membrána NF 45
- vodovodní voda obohacená o NaNO_3 (10 mg/l), MgSO_4 (10 mg/l), KH_2PO_4 (10 mg/l) FeCl_3 (1 mg/l)
- umělá kontaminace – *E.coli*, *E. faecalis*,

C. perfringens, *B. subtilis*

Ukazatel	NF 45		NF 45	
	Vstup [KTJ/15 l]	Výstup (permeát) [KTJ/ml]	Vstup [KTJ/15 l]	Výstup (permeát) [KTJ/ml]
<i>Escherichia coli</i>	$15 \cdot 10^3$	0	$72 \cdot 10^5$	0
<i>Enterococcus faecalis</i>	$9 \cdot 10^3$	0	$13 \cdot 10^4$	0
<i>Clostridium perfringens</i>	$15 \cdot 10^3$	0	$30 \cdot 10^3$	0
<i>Bacillus subtilis</i>	$23 \cdot 10^4$	35	$23 \cdot 10^4$	9

Závěry

- první experimenty – *E. coli* a *E. faecalis* 100% odstraněny pomocí NF 45 i GR 88PP
- další experimenty – NF 45 – průchod *P. aeruginosa* a *B. subtilis* membránou
 - důvody: protržení membrány
vytvoření biofilmu v membránovém modulu
- membránový modul
 - je schopen z mikrobiologického hlediska upravovat vodu na vodu pitnou (dle Vyhl. 252/2004 Sb.)
 - z chemického hlediska je schopen výrazně snižovat „tvrdost vody“, snižovat obsah Cl^- , SO_4^{2-} , uhličitany

Závěry

- další experimenty
 - znovuoověření odstranění bakteriální kontaminace po výměně membrán (patogenní bakterie, bakterie tvořící spory)
 - využití reálné vody – řeky, potoky, rybníky
 - využití odpadní vody



Děkuji za pozornost





**VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE**

**ÚSTAV
TECHNOLOGIE
VODY A PROSTŘEDÍ**



Využití membránových technologií při úpravě vody na vodu pitnou

Eva Podholová, Zuzana Honzajková, Tomáš Patočka, Martin Podhola

Vodárenská biologie 2010

3. – 4. února

