

# VYUŽITÍ IONTOVÝCH KAPALIN PRO ODSTRAŇOVÁNÍ KYSELÝCH AROMATICKÝCH HALOGENERIVÁTŮ Z KONTAMINOVANÝCH VOD

Tomáš Weidlich

Ústav Environmentálního a chemického  
inženýrství

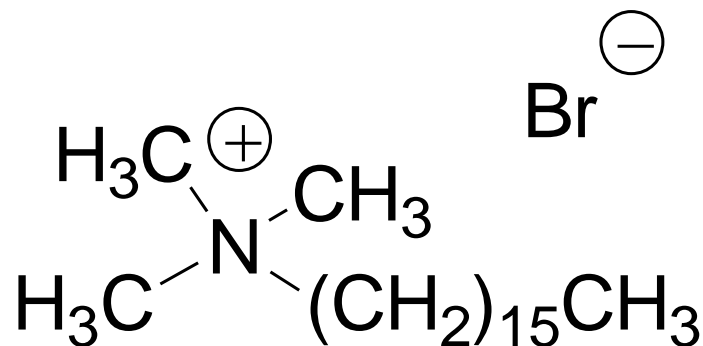
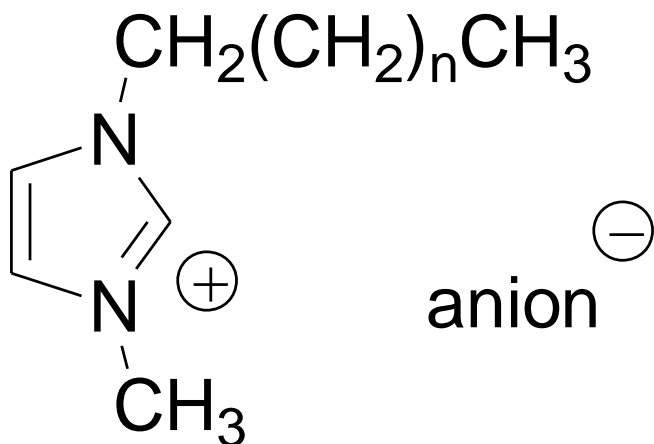
Tel.: 46 603 8049

[tomas.weidlich@upce.cz](mailto:tomas.weidlich@upce.cz)

# Iontové kapaliny

- Skládají se obvykle z objemného organického kationtu a organického nebo anorganického aniontu
- bod tání často nižší než 100°C
- Nejběžnější BMIM (n=2):

cetyl-trimethylamonium-  
bromid:

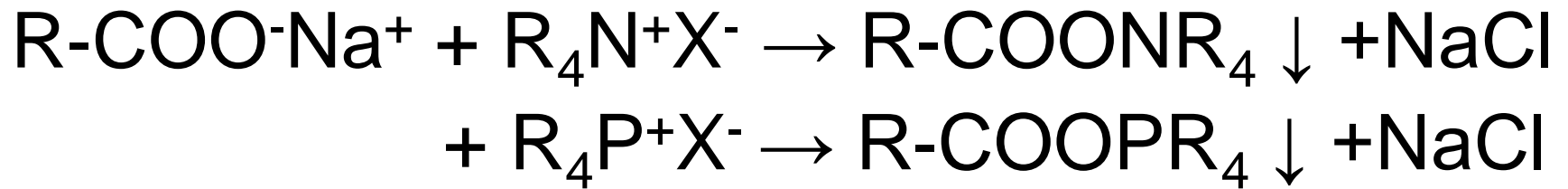
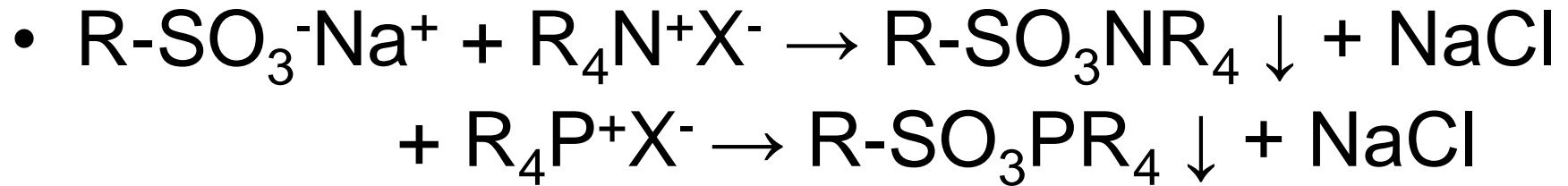


# Typické vlastnosti ILs:

- iontová vodivost
- elektrochemická stabilita
- nízká tenze par
- nehořlavost
- **schopnost výměny aniontu, přičemž výměnou aniontu lze měnit fyzikální a chemické vlastnosti**

=> např. možnost ovlivnění polaritý IL => ovlivnění rozpustnosti v různých rozpouštědlech

# Využití schopnosti výměny aniontu u iontových kapalin pro srážení kyselin z vodných roztoků:



**= iontová výměna s použitím kapalného iontoměniče**

# Které faktory ovlivňují separaci kyselých kontaminantů působením iontových kapalin?

Byl studován<sup>1</sup>:

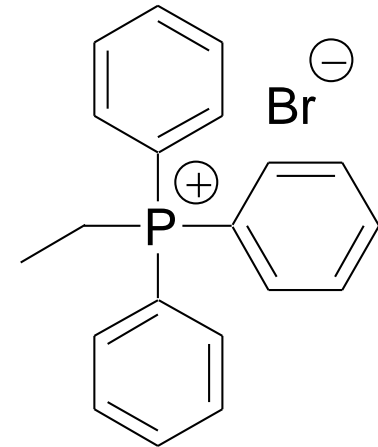
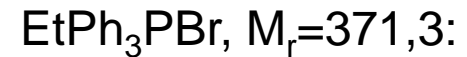
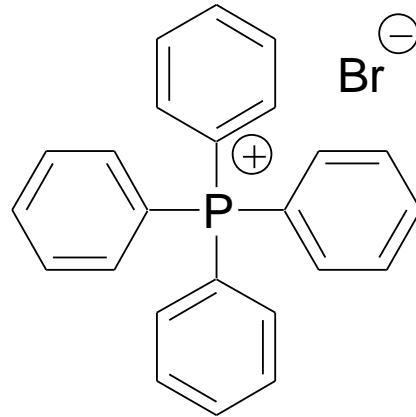
- 1) Vliv různých druhů kationtových tenzidů
- 2) Vliv násady kvartérní amoniové nebo fosfoniové soli, tedy optimální molární poměr kationtového tenzidu vůči počtu kyselých funkčních skupin v barvivo
- 3) Vliv pH na účinnost separace barviva z vodného roztoku
- 4) Způsob izolace vyloučené iontové kapaliny, iontového páru barvivo-kationtový tenzid z vod

<sup>1a</sup> Weidlich T. et al.: *Sep. Sci. Technol.* 47(9), 1310-1315 (2012).

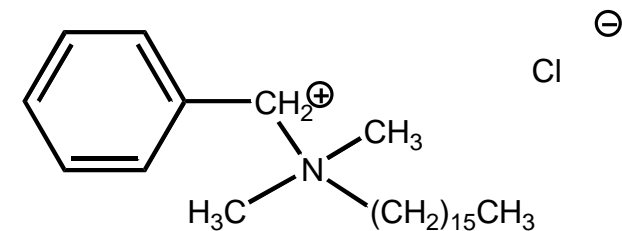
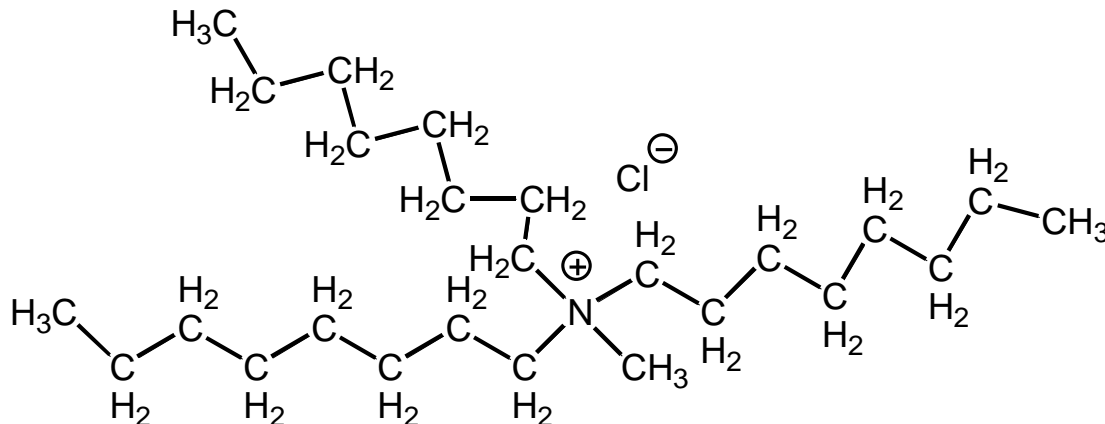
<sup>1b</sup> Weidlich T. et al.: CZ20120359 A3 (2013)

# Ad. 1) Vybrané kationty vhodné pro srážení aromatických kyselin (organická kyselá barviva) z vod:

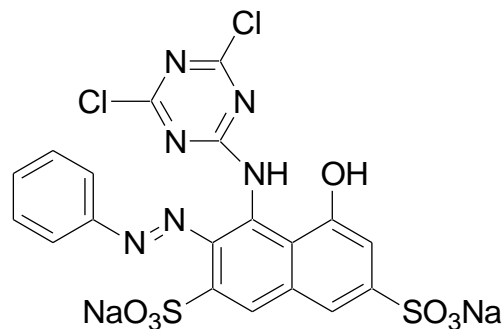
- Pro akademický výzkum:



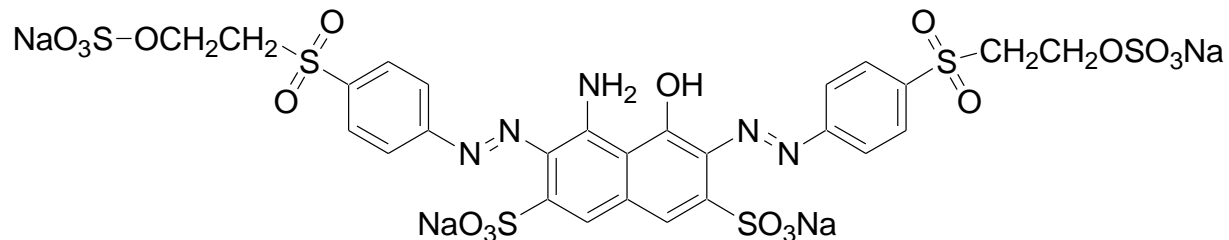
- Pro průmyslové aplikace (Aliquat, benzalkonium chlorid):



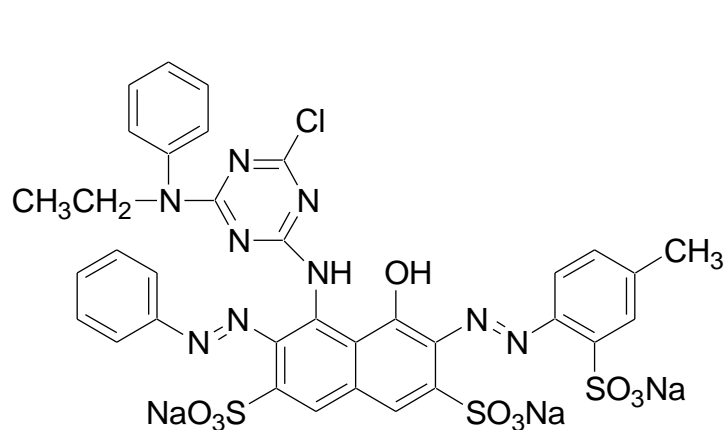
# Akademický výzkum srážení aromatických sulfonových kyselin (kyselých barviv) přidavkem IL:



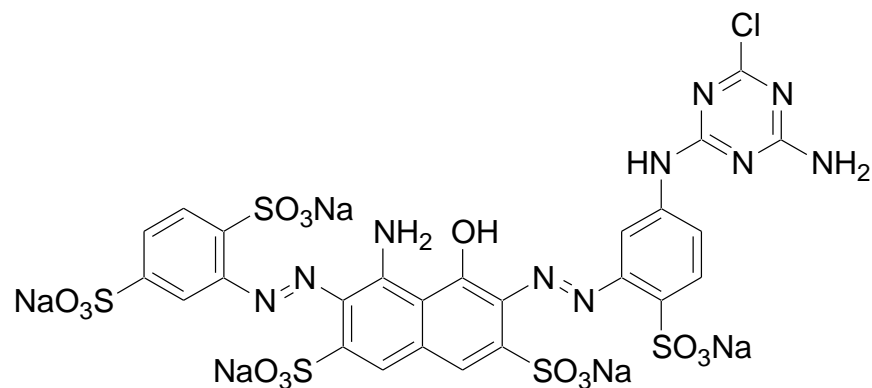
Procion® Red MX-5B, Synonym: Reactive red 2,  
Molecular Weight: 615.33; **PR**



Reactive Black 5, Molecular Weight: 991.8, **RB5**

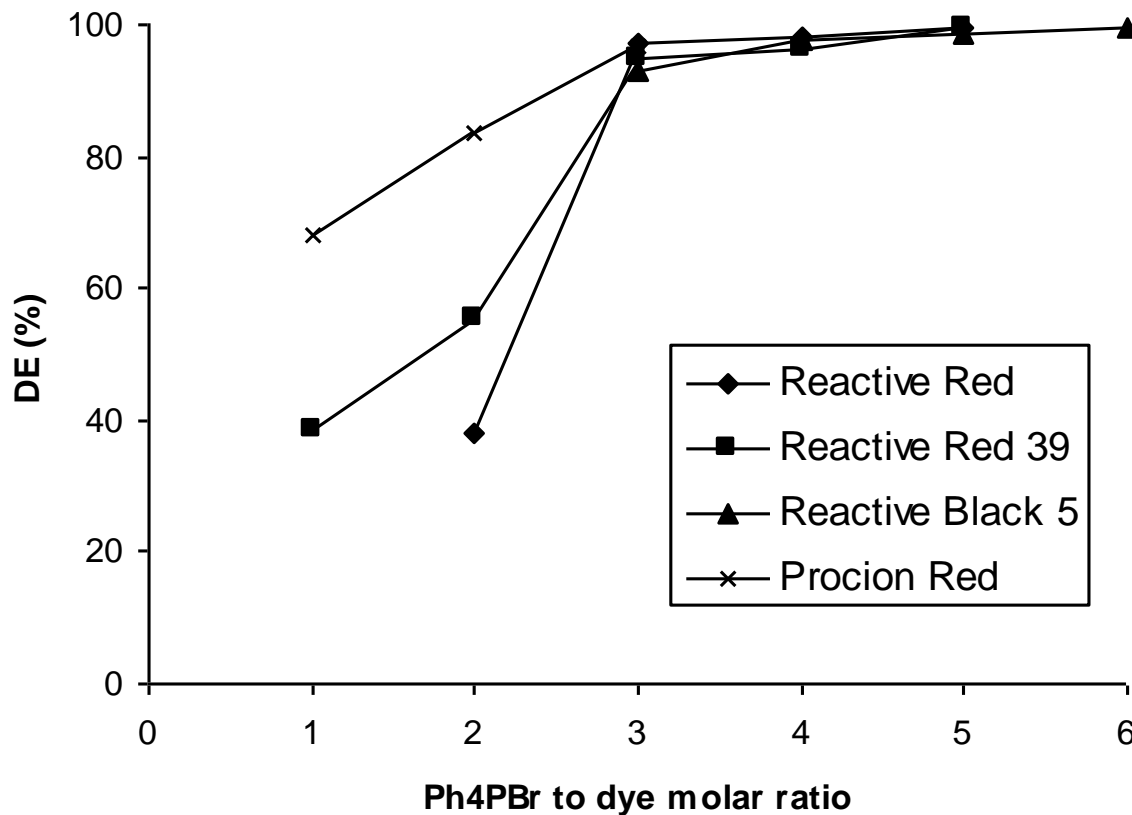
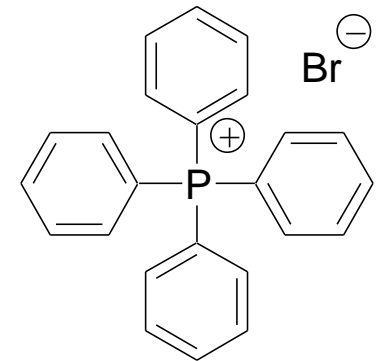


Reactive Red 45:1, Molecular Weight: 771.5, **RR**



Reactive Black 39, Molecular Weight: 1025.5; **RB39**

## Ad.2) Studium vlivu násady $\text{Ph}_4\text{PBr}$ na účinnost odstranění barviva v roztoku:



Počet vázaných  $\text{SO}_3^-$  v barvivu:

Reactive Red 45:1 =  $3 \times \text{SO}_3^-$

Reactive Red 39 =  $4 \times \text{SO}_3^-$

Reactive Black 5 =  $5 \times \text{SO}_3^-$

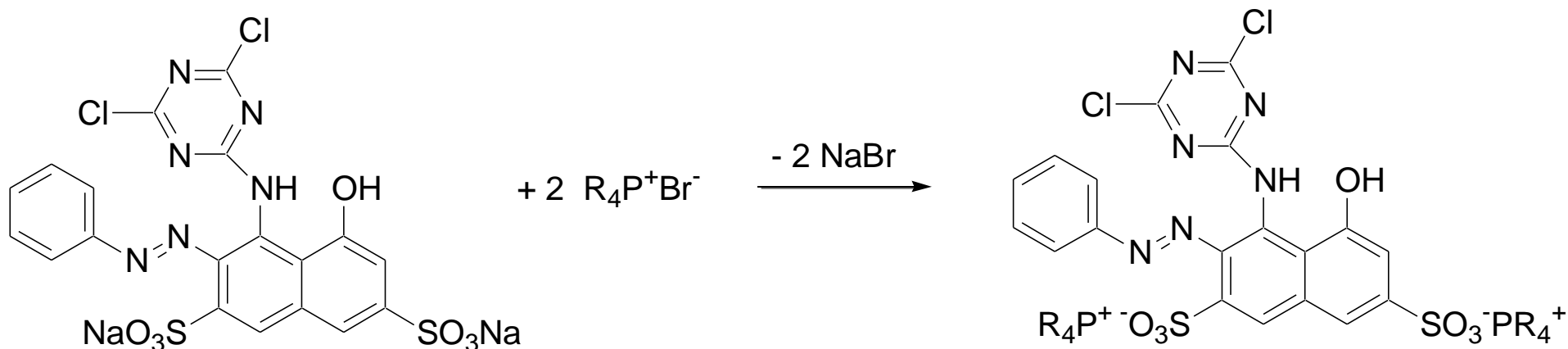
Procion Red MX-5B =  $2 \times \text{SO}_3^-$

Závislost účinnosti odstranění barviva (DE) na použitém molárním poměru  $\text{Ph}_4\text{PBr}$  vůči sráženému barvivu



# Tvorba nových iontových kapalin za současného srážení kyselých barviv:

Srážení barviva Procion® Red MX-5B, PR s vybranými fosfoniovými solemi:

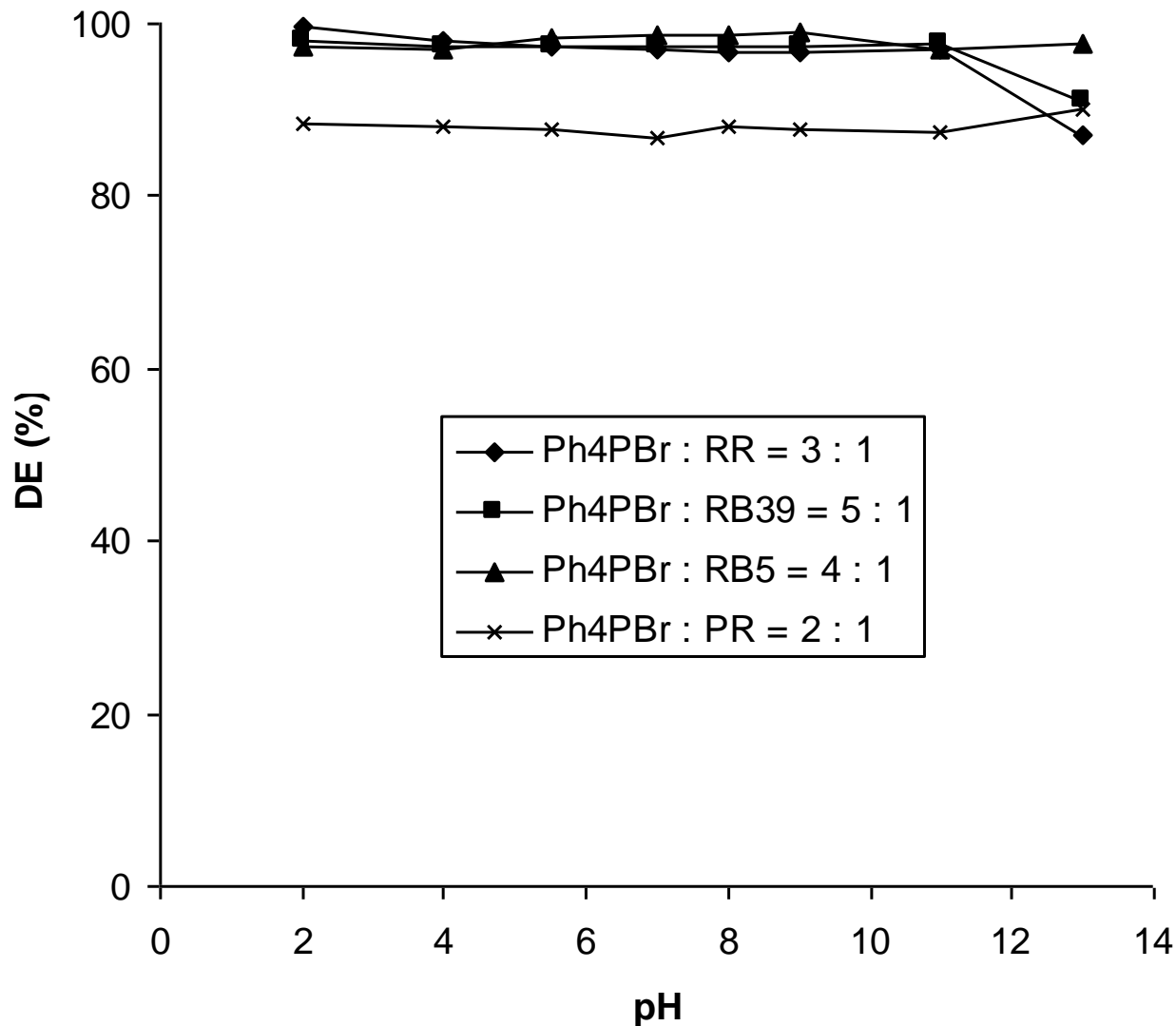


**Byl studován:**

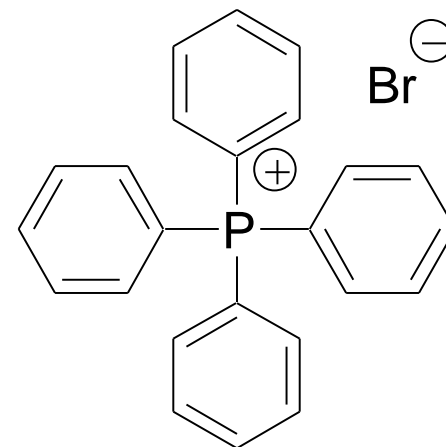
**a) Vliv násady kvartérní amoniové nebo fosfoniové soli, tedy optimální molární poměr kationtového tenzidu vůči počtu kyselých funkčních skupin v barvivu**

**b) Vliv pH na účinnost separace barviva z vodného roztoku**

# Ad. 3) Vliv pH na účinnost srážení barviv při molárním poměru $R_4PBr : SO_3^- = 1 : 1$



$Ph_4PBr$ ,  $M_r = 419,3$

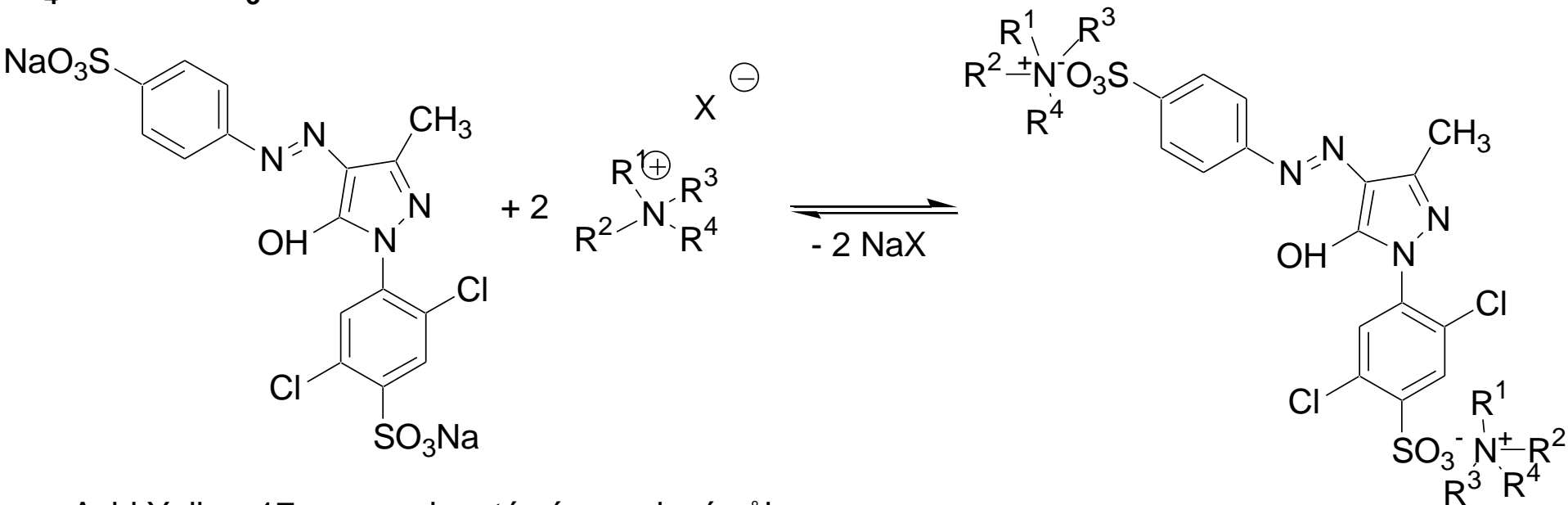


Využití ILs pro srážení  $\text{RSO}_3^-$   
v průmyslovém měřítku:

Využití velkotonážně vyráběných  
amoniových solí:

# Testování srážení na žluti Acid Yellow 17:

Na základě zkušeností s R4PBr a barvivy použito pro srážení AY17 mol. poměru  
 $R_4NCl : RSO_3Na = 1:1$



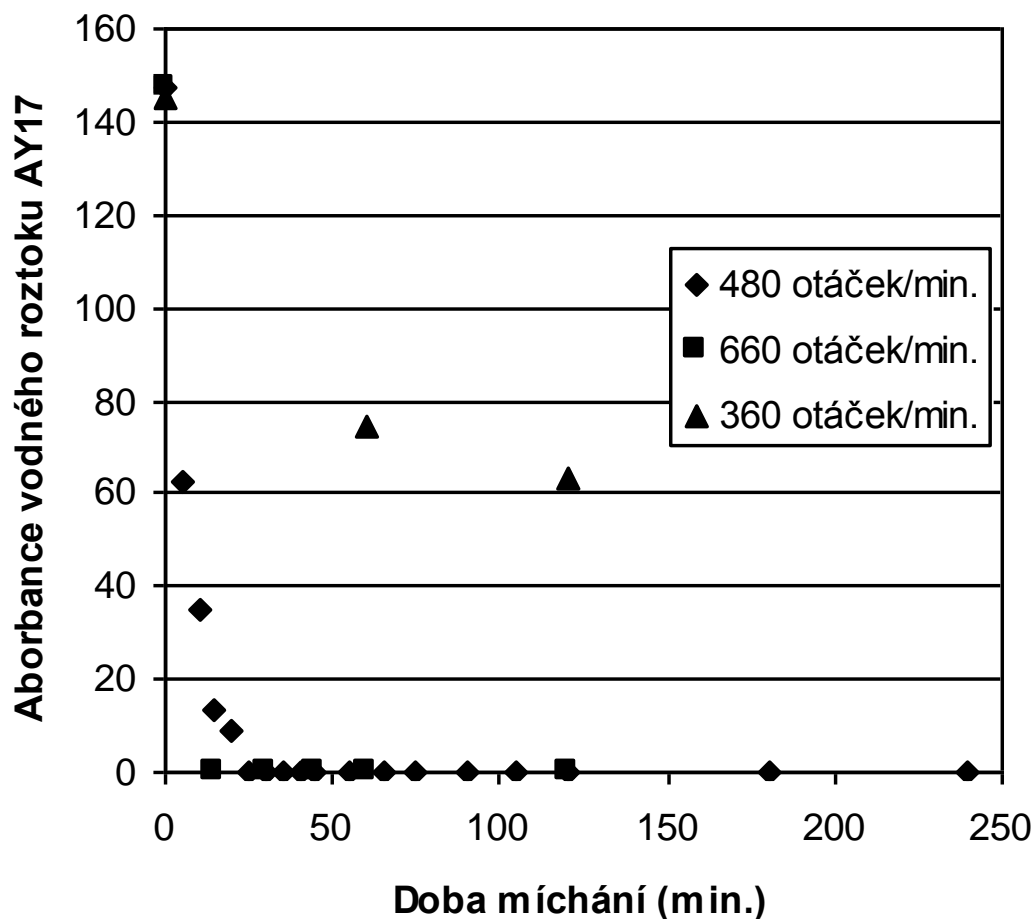
Acid Yellow 17

+ kvartérní amoniová sůl

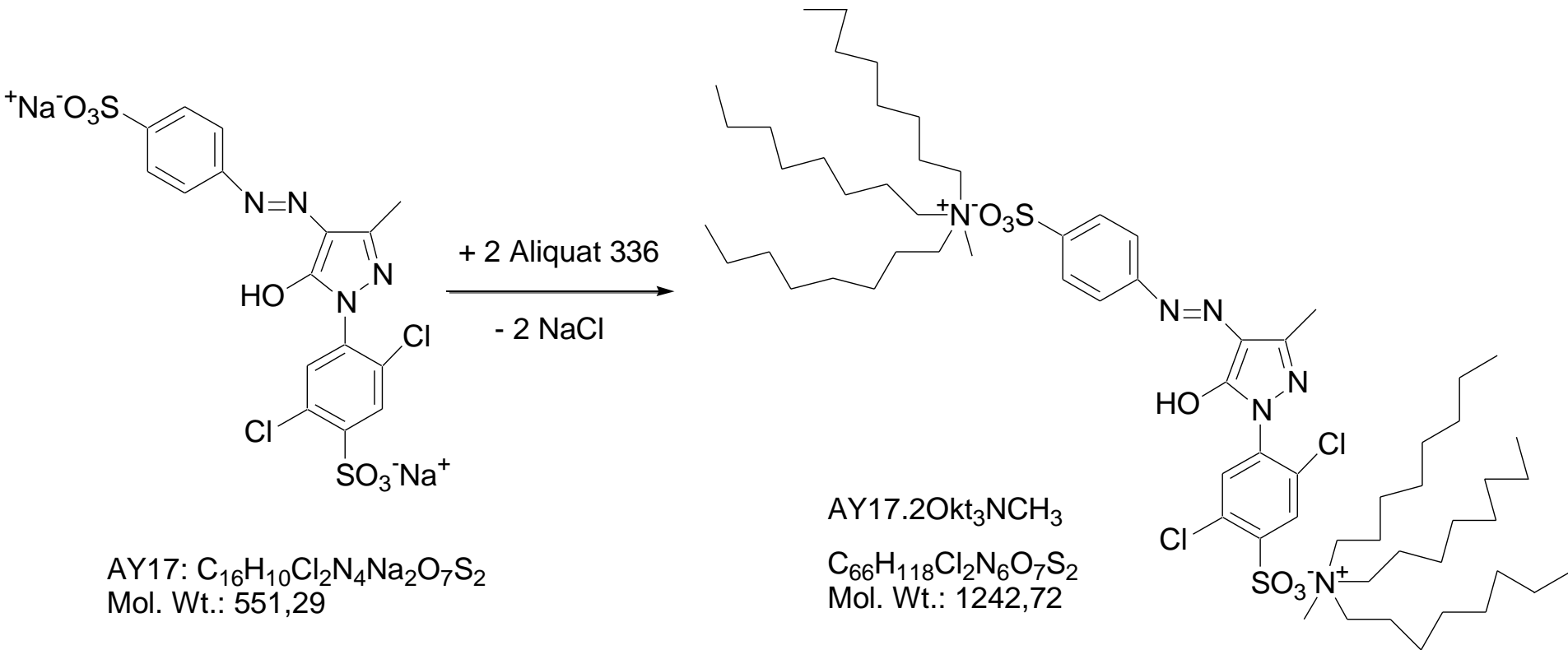
Použitá IL:	Po smíchání:
Cetyl-trimethylamonium Br <sup>-</sup> (C <sub>16</sub> H <sub>33</sub> N(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Br)	Nedochází ke srážení
Benzyl-dimethyl-stearylamonium Cl <sup>-</sup> benzalkonium chlorid	Tvoří emulzi
Dilauryl-dimethylamonium Br <sup>-</sup>	Tvoří emulzi
<b>Methyl-trioctylamonium Cl<sup>-</sup> (Aliquat 336)</b>	<b>Tvoří sraženinu</b>

Na základě zkušeností s  $R_4PBr$  a barvivy použito pro srážení  
AY17 mol. poměru  $R_4NCl : RSO_3Na = 1:1$

Účinnost extrakce barviva AY17 s použitím Aliquatu 336  
(zředěný *n*-oktylalkoholem) v závislosti na intenzitě  
míchání:



# Srážení AY17 s Aliquatem 336:



**Ad.4) Nutnost řešit problém jednoduché separace vznikající sraženiny iontové kapaliny z vod => využití koagulace a flokulace s  $Fe^{3+}$  nebo  $Al^{3+}$**

Provedené laboratorní  
experimenty využívající  
kombinaci působení iontové  
kapaliny a anorganického  
koagulantu

Dle: Weidlich T. et al.:  
CZ20120359 A3 (2013)

# Technologické vody z výroby z SBU BaP:





# Ukázka srážení barviv z technologických vod:

500 ml technol. vody z výroby pigmentů (pH~11), k ní za míchání dávkováno:

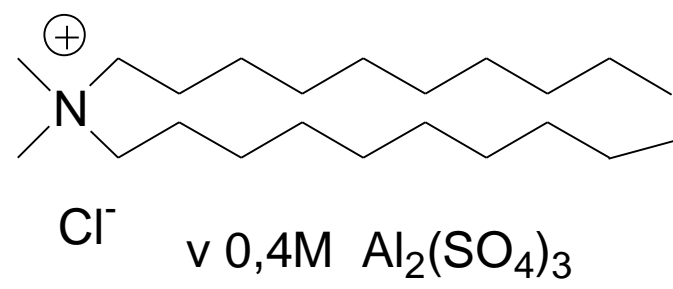
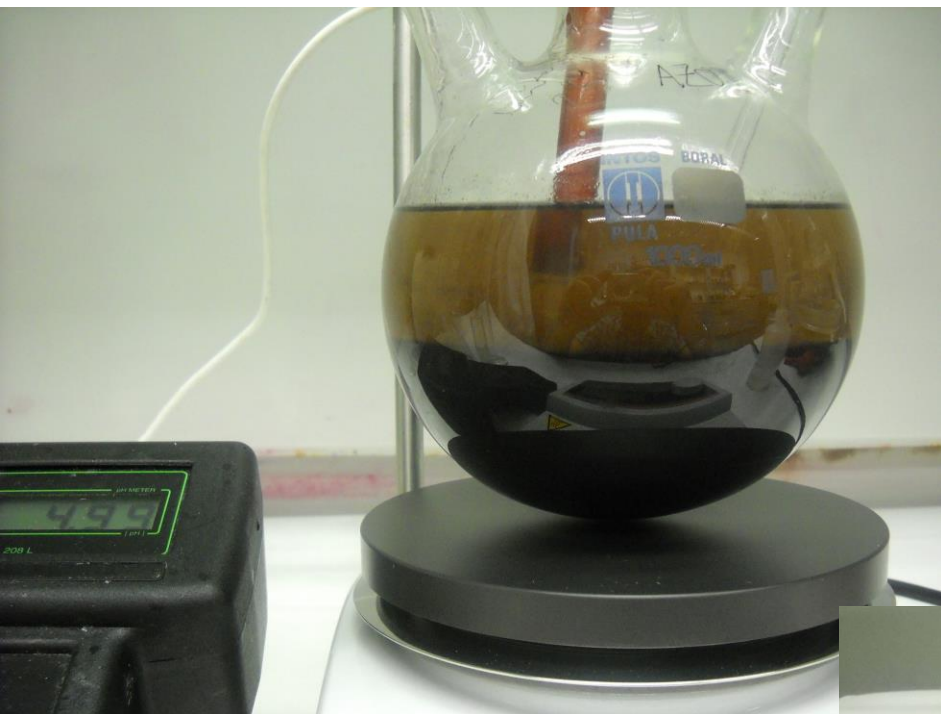
15 ml roztoku  $0,4\text{M Al}_2(\text{SO}_4)_3$  s obsahem  $0,05\text{ M}$  vybrané kvartérní amoniové soli  $\Rightarrow$  pokles pH na pH ~ 5, optimální pro srážení  $\text{Al}(\text{OH})_3$ :



$\Rightarrow$



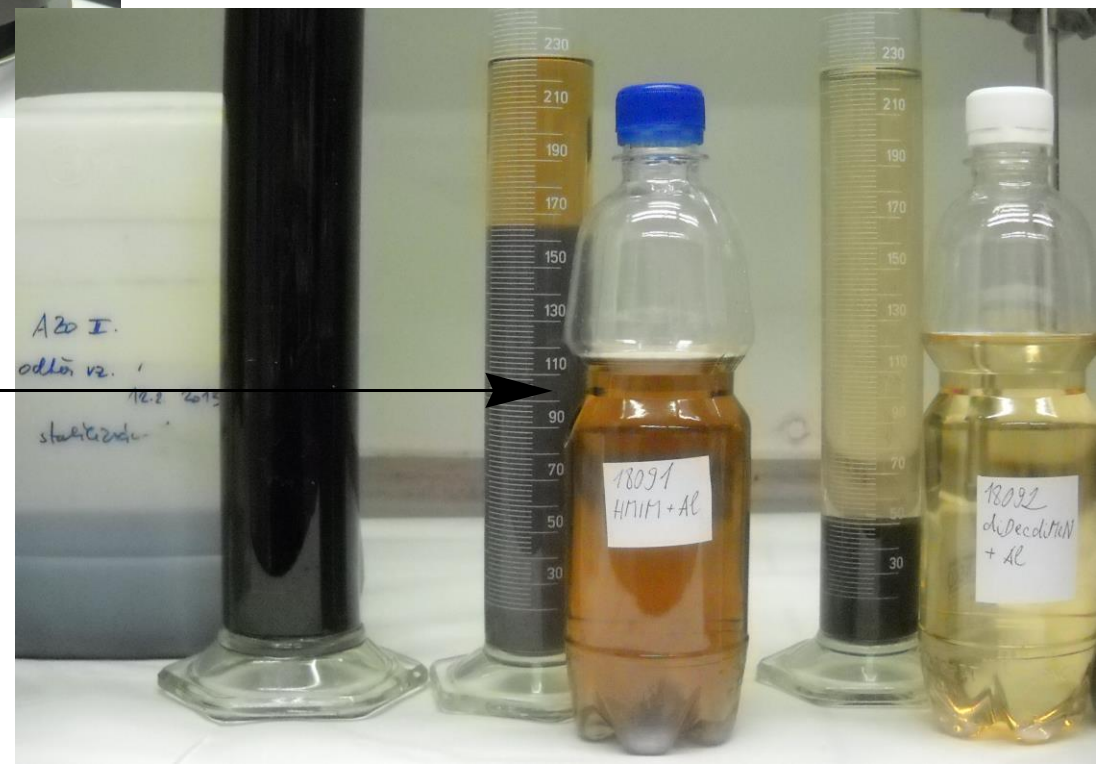
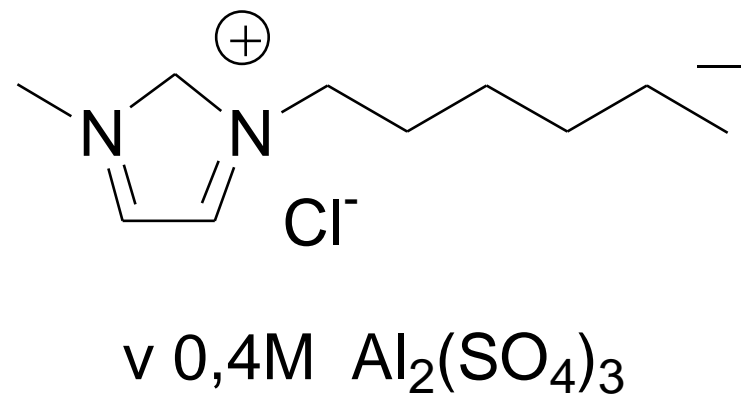
Po 30 min. míchání necháno sedimentovat: Vodný roztok: 0,05 M



...následně zfiltrováno:



Vodný roztok: 0,05 M

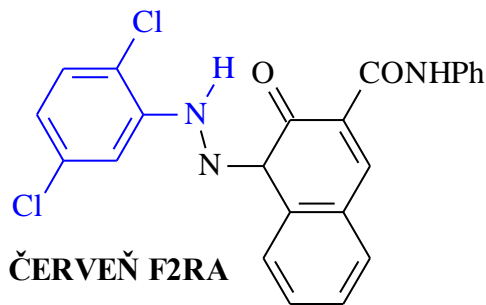


# Možnosti praktické aplikace iontových kapalin:

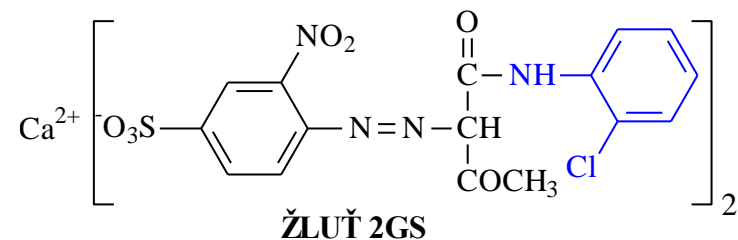
Weidlich T. et al.: CZ20120359 A3  
(2013)

# Využití halogenovaných aromatických sloučenin pro výrobu pigmentů:

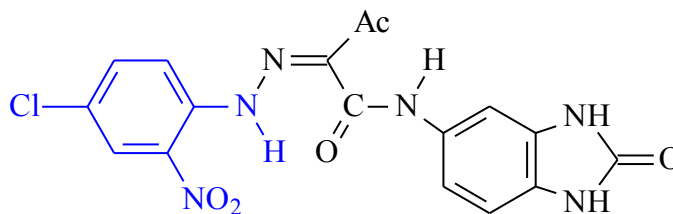
- halogenované aniliny a sulfonové kyseliny



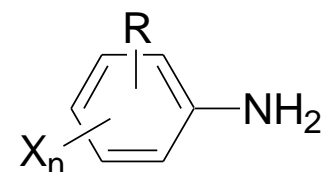
ČERVENĚ F2RA



ŽLUŤ 2GS

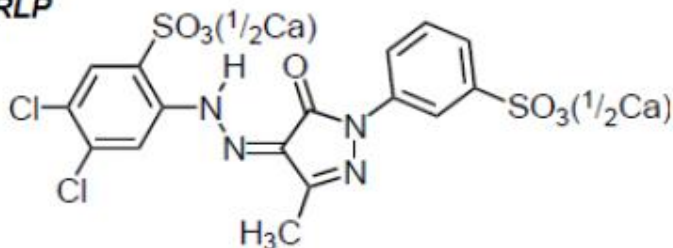


ORANŽ HLD

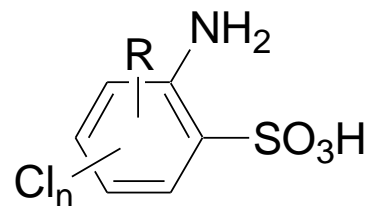


X=Cl; n=1-3  
R=CH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, CF<sub>3</sub>,...

Žlut' 2RLP

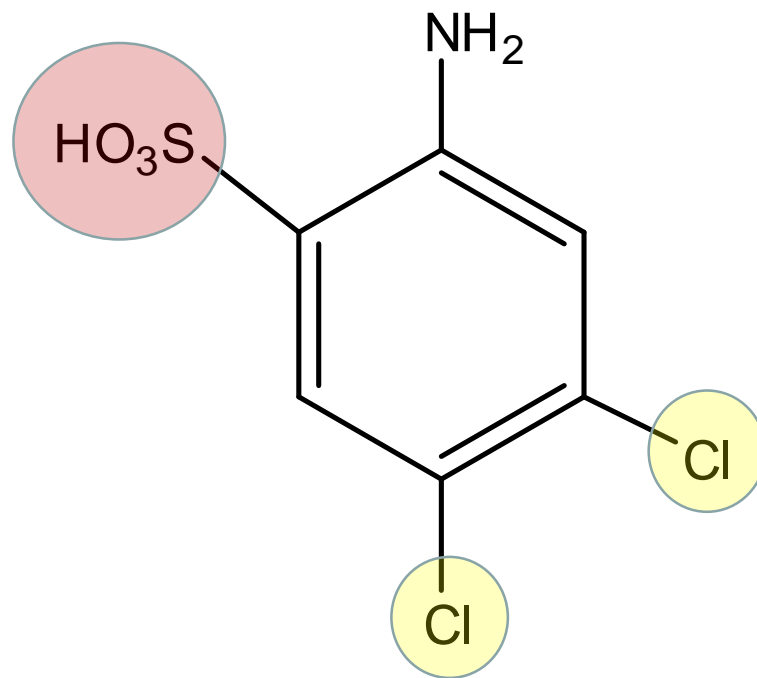
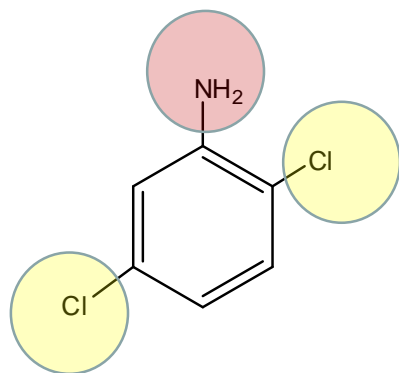
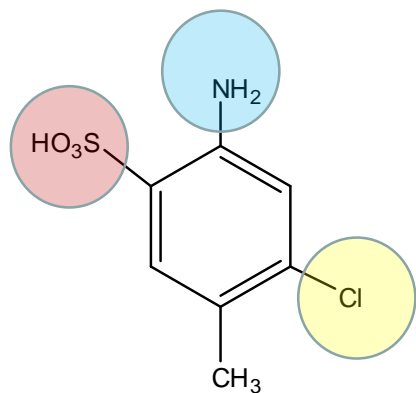


Žlut' HGR



n=1-3;  
R=H, CH<sub>3</sub>

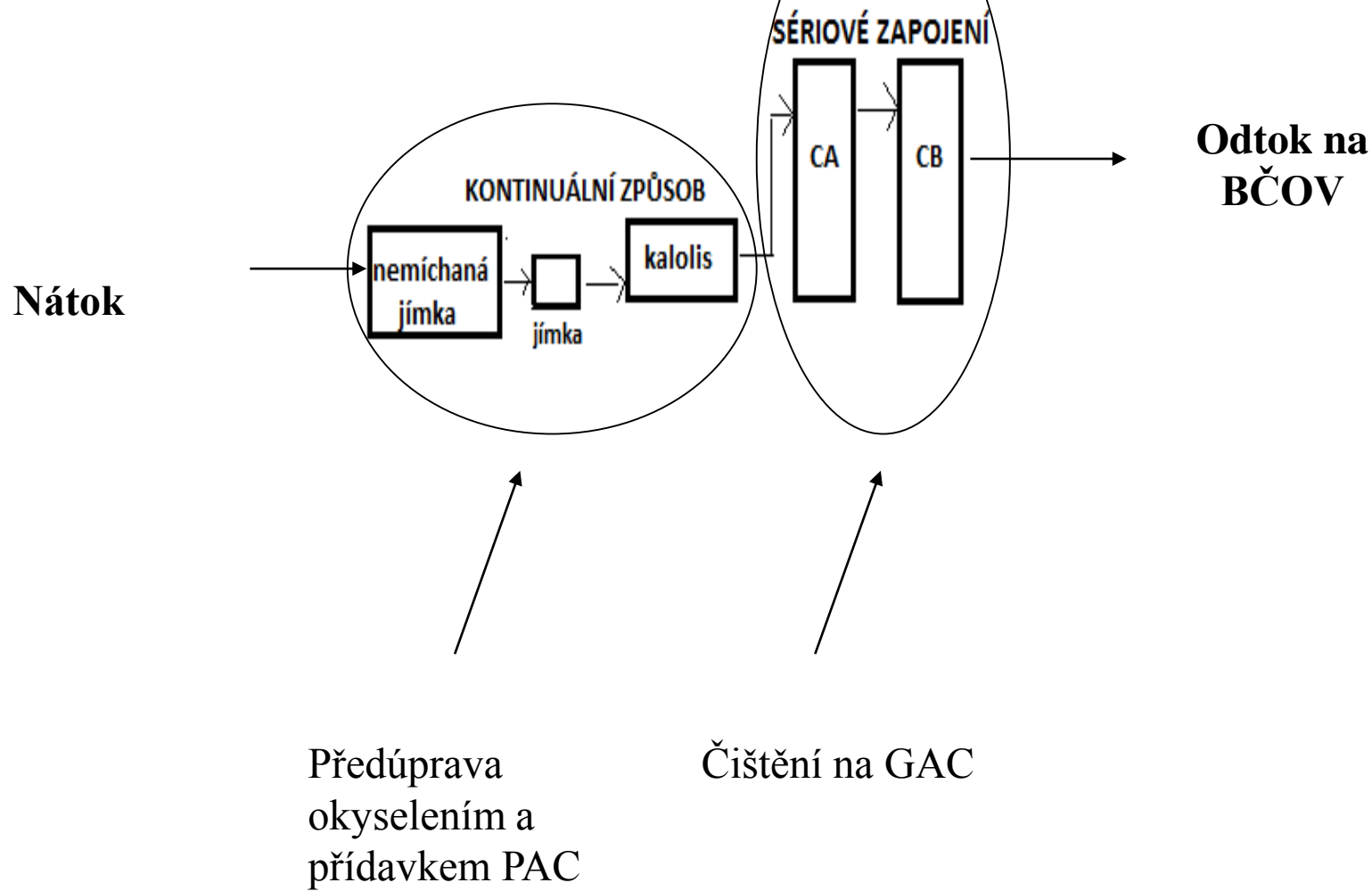
# Intermediáty s vázaným Cl používané pro výrobu organických pigmentů v podniku Synthesia, a.s. (emise AOX do odpadních vod):



3,4-DCA-6-SK

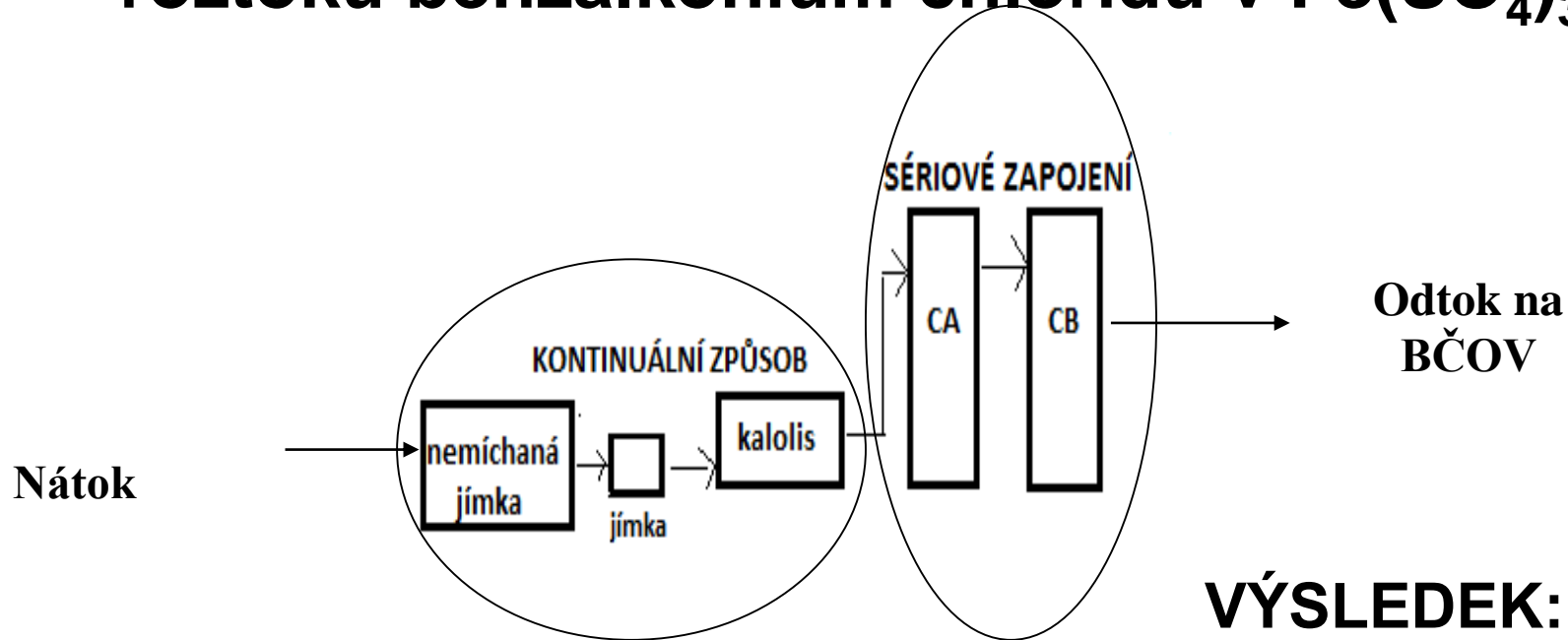
Spotřeba 200t/rok

# Čištění vod na provoze AZO II (alkalické vody, tradiční postup = adsorpce na aktivní uhlí):



**Místo adsorpce na práškové aktivní uhlí použití roztoku benzalkonium chloridu v  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$  :**

# Místo adsorpce na práškové aktivní uhlí použití roztoku benzalkonium chloridu v $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ :



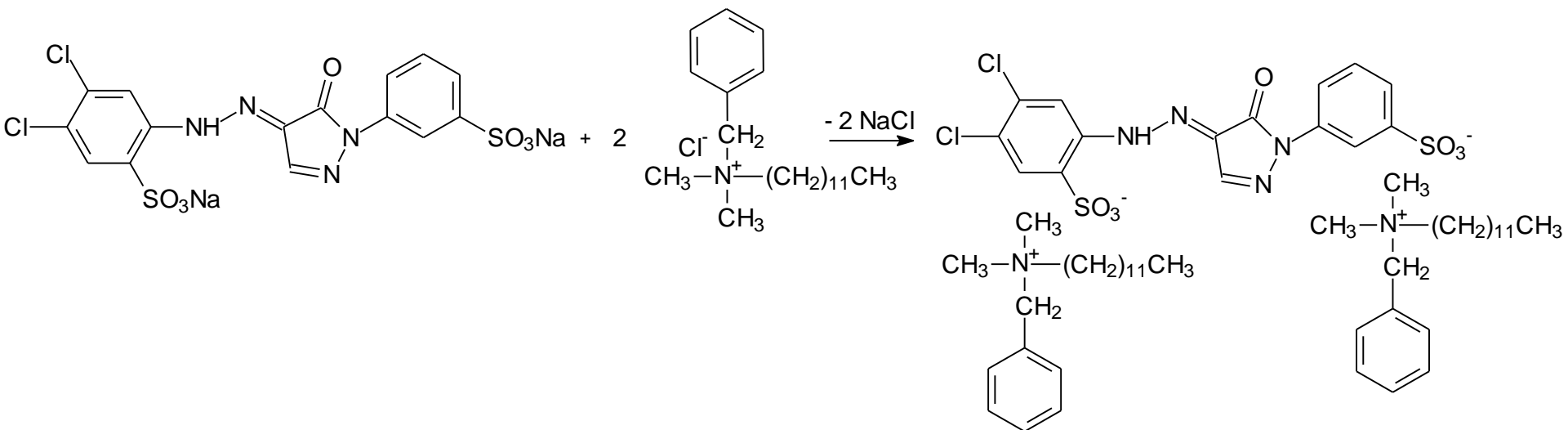
Předúprava  
dávkováním  
roztoku  
 $\text{BzCl}/\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Čištění na GAC

**VÝSLEDEK:**

Úspora cca.  $\frac{1}{2}$   
nákladů na  
použitá činidla při  
prakticky stejné  
účinnosti  
odstranění AOX

# Chemismus procesu srážení halogenovaných aromatických sulfonových kyselin z odpadních vod:







# Poděkování:

## **Studentům a kolegům z FCHT:**

- Bc. Šárce Martinkové
- Ing. Janě Martinkové-Václavíkové
- Ing. Lence Krchové
- Ing. Lucii Joskové
- Ing. Tereze Fulínové
- Ing. Lence Bandžuchové, Ph.D. (měření AOX)

## **Kolegům ze Synthesie:**

Ing. Janu Vyňuchalovi, Ph.D.

Ing. Milanu Koplíkovi, Ph.D.

Ing. Luděkovi Kupczakovi

## **Ing. Dacerovi (řediteli SBU Barviva a pigmenty)**

za zpřístupnění informací k některým technologiím a za možnost praktického ověřování postupů na reálných vodách



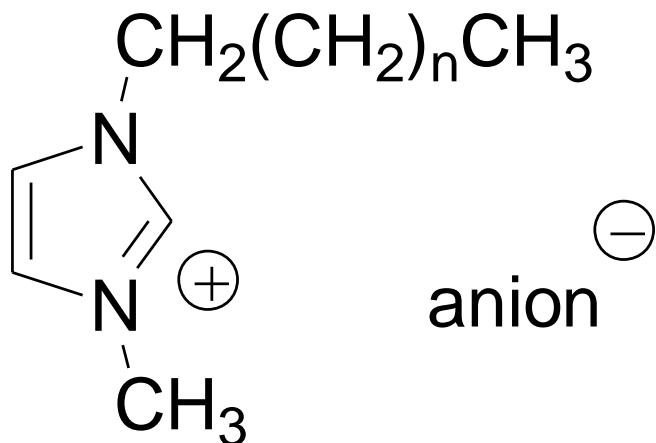
Děkuji Vám za  
pozornost

# Kdy dochází při iontové výměně k vylučování sraženiny?

- když přidavkem vhodné amoniové nebo fosfoniové soli k roztoku kyseliny (její soli) vzniká ve vodě nerozpustná iontová kapalina

Rozpustnost je závislá jak na velikosti a polaritě kationtu, tak i na velikosti a polaritě aniontu

Př.:



Ve vodě rozpustné:

$n = 2$ ; anion <sup>⊖</sup> =  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{Br}^-$ ;  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{BF}_4^-$ ,  $p\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3^-$

Ve vodě nerozpustné:

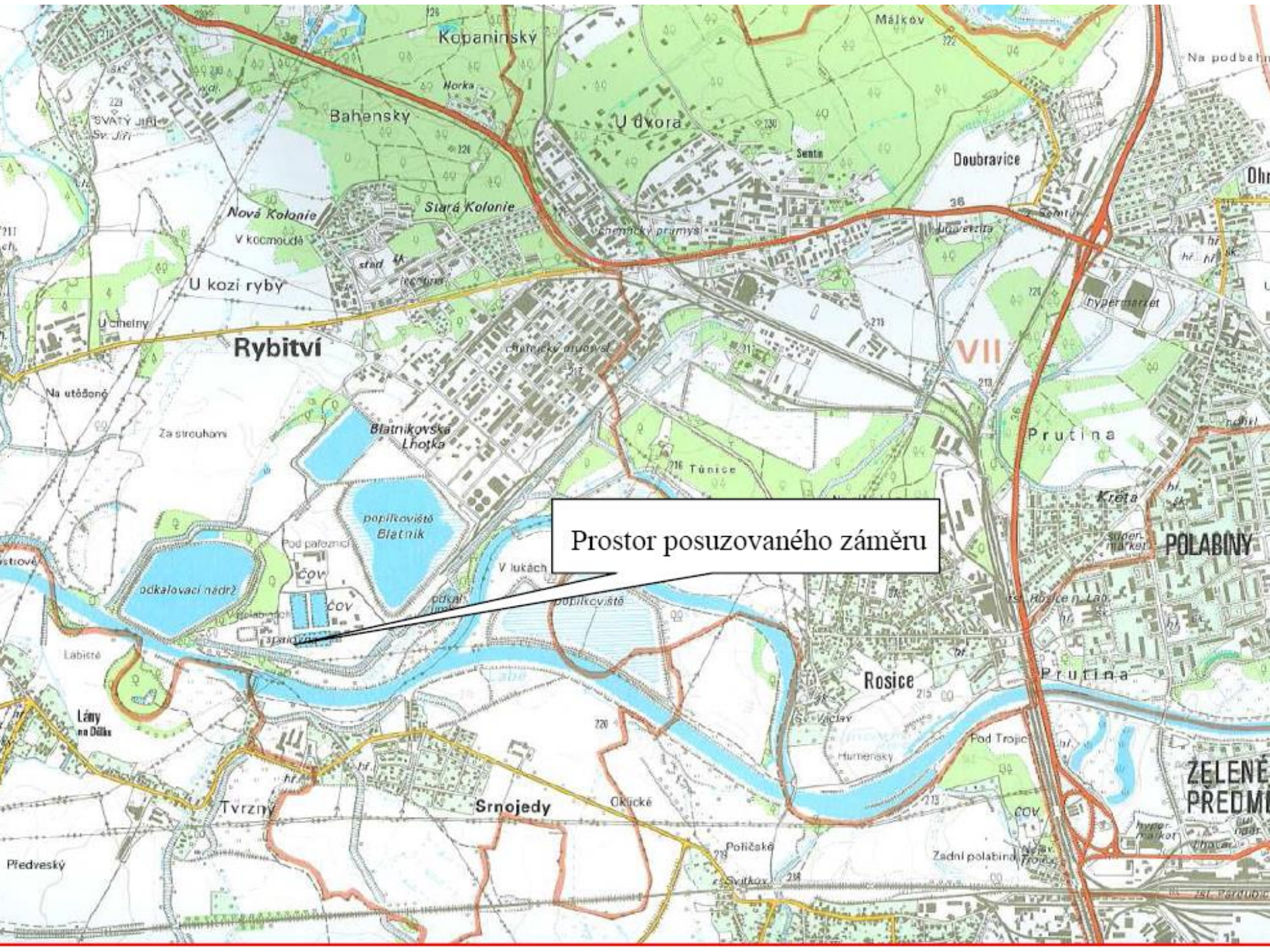
$n = 2$ ; anion <sup>⊖</sup> =  $\text{PF}_6^-$ ;  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}^-$ ;  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{SO}_3^-$

Ve vodě rozpustné:

$n = 6$ ; anion <sup>⊖</sup> =  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{Br}^-$ ;  $\text{HSO}_4^-$

Ve vodě nerozpustné:

$n = 6$ ; anion <sup>⊖</sup> =  $\text{BF}_4^-$ ,  $p\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3^-$ ,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{SO}_3^-$ ,  $\text{ClC}_6\text{H}_4\text{COO}^-$ ,  
 $\text{PF}_6^-$ ;  $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}^-$ ;



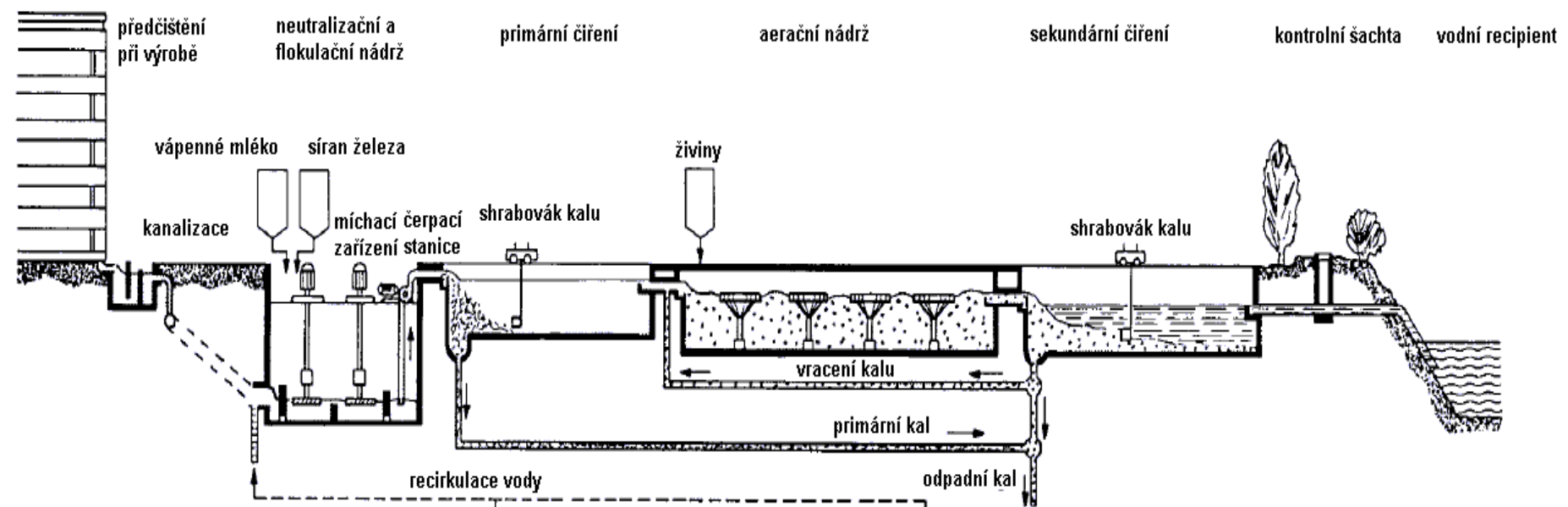
Prostor posuzovaného záměru

**Pohled na retenční nádrž, v pozadí odstavená spalovna  
NO, za ní BČOV, kam voda z retence natéká (Autor  
fotografií: [Ludvík Hradilek](#))**

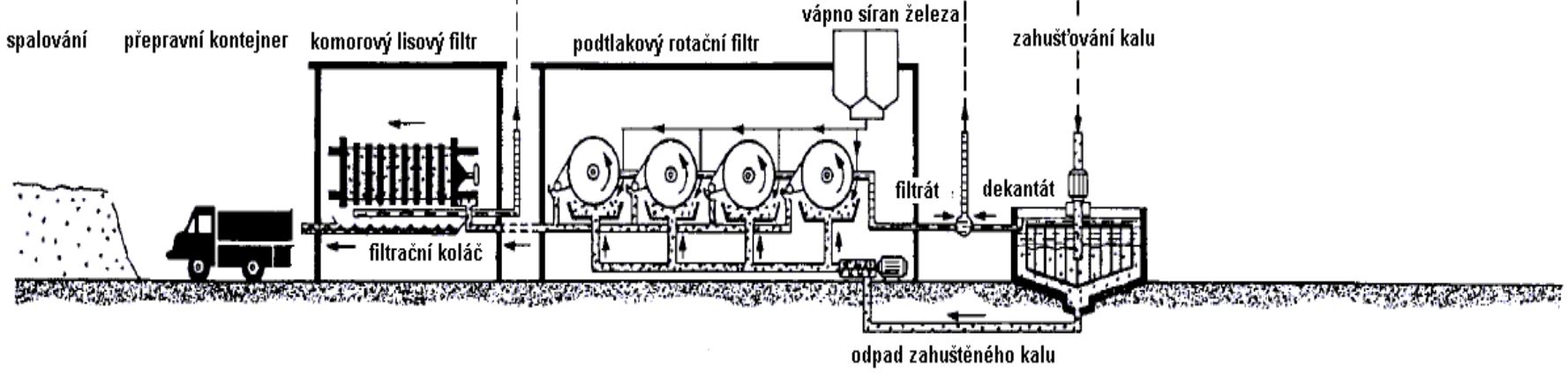


# BČOV Pardubice-Rybitví, provozovatel Veolia, a.s.:

## Čištění odpadních vod



## Zpracování kalů



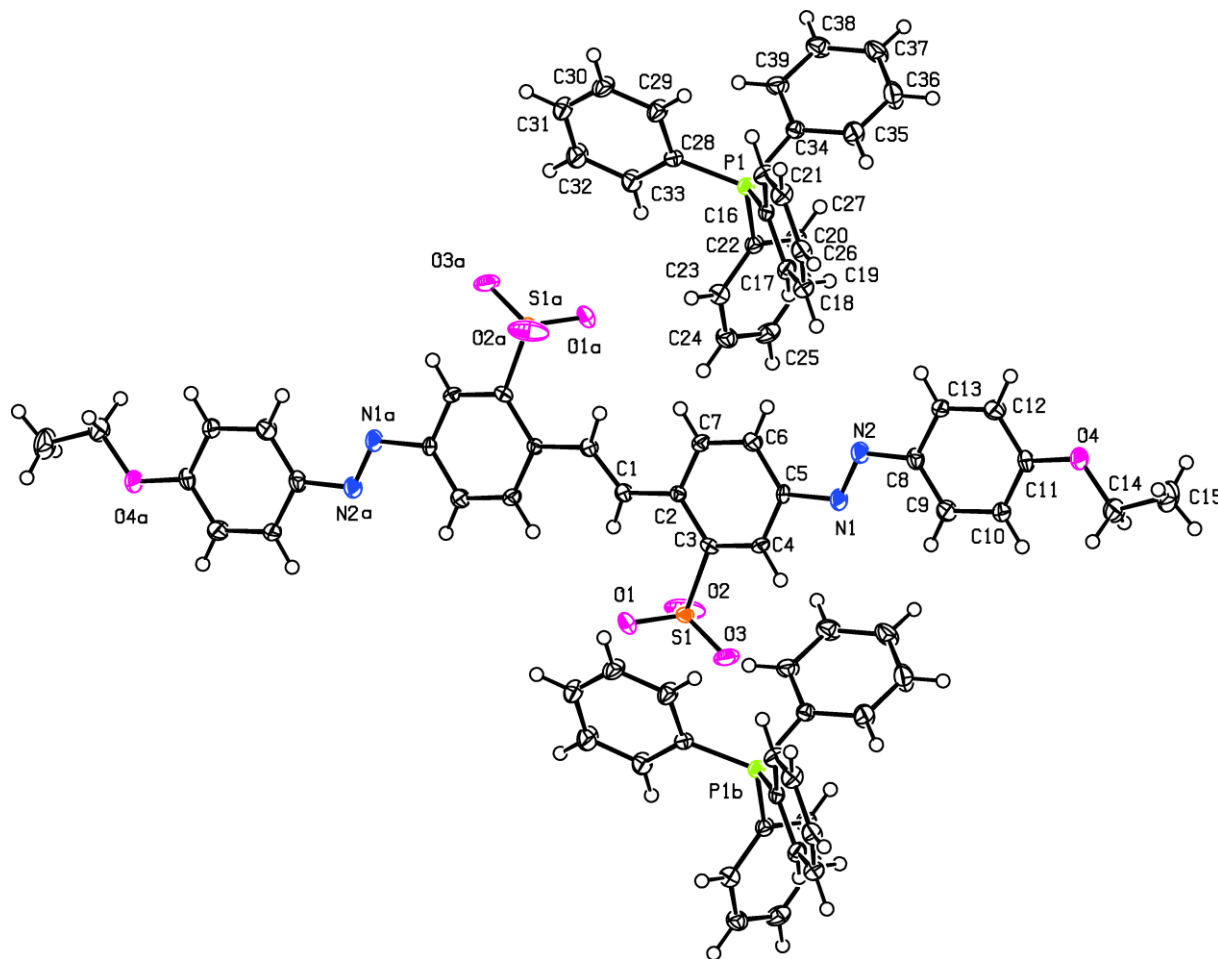
Výpust' vod z BČOV do Labe, ...voda připomíná malinovou limonádu, do Labe to má sto metrů... (Autor: [Ludvík Hradilek](#)) :



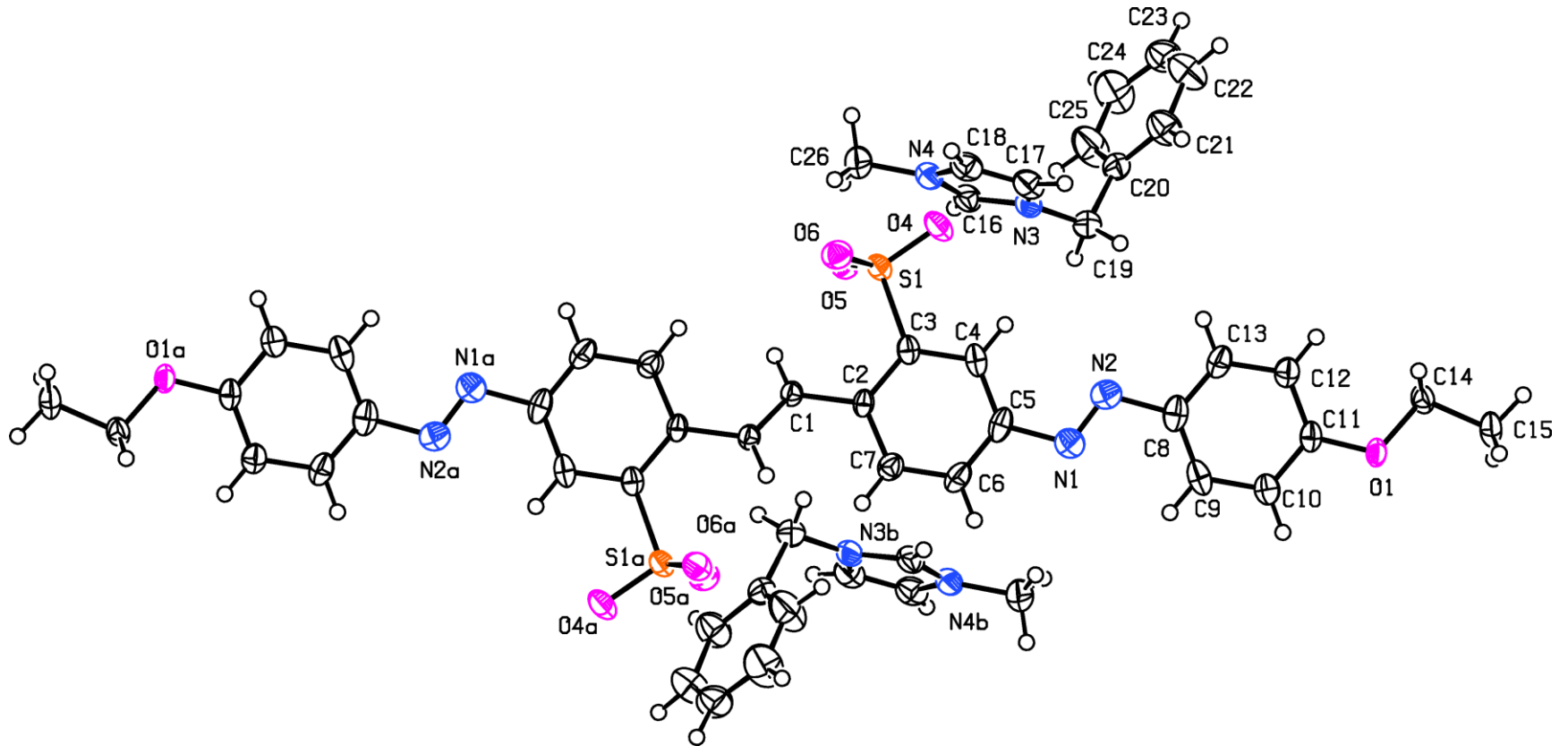


# Struktura soli kyselého barviva s kvartérním fosfoniovým kationtem:

Příklad tzv. Chrysofeninu:



# Struktura 2 BzMIM . Chrysofenin:



Výsledkem procesu čištění v pardubické BČOV je vyčištěná voda splňující většinu legislativou požadovaných parametrů

...problémem bývá parametr AOX

## **Trocha statistiky, aneb pardubické emise AOX dle IRZ:**

Synthesia, a.s. vypouštěla (dle Integrovaného registru znečištění (IRZ, dostupný na [www.ippc.cz](http://www.ippc.cz))

do nátoky na BČOV provozované firmou VEOLIA VODA  
ČESKÁ REPUBLIKA:

- 4710 kg AOX/r.2011
  - 3420 kg AOX/r.2012
- 
- VEOLIA VODA ČESKÁ REPUBLIKA, a.s. (Provozovna BČOV Pardubice vypouštěla:
  - 4493,6 kg AOX/r.2011,
  - 3887,2 kg AOX/r.2012

**Co je zdrojem emisí AOX v odpadních vodách z Pardubic?**

## Trocha statistiky, aneb emise AOX dle IRZ:

- Dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., (Příloha 3) je mezní hodnota AOX pro povrchové vody  $0,025 \text{ mg.l}^{-1}$ .
- Ohlašovací práh pro emise a přenosy AOX do vody a půdy je 1000 kg AOX za rok

**Dle IRZ v roce 2012 byli** největšími emitenty AOX (přenosy do vod) firmy vyrábějící papír a celulosu:

Mondi Štětí a.s. (15085 kg AOX/rok);

Biocel Paskov a.s. (12551 kg AOX/rok)

**Dle IRZ v roce 2012 byly** největším emitentem AOX (přenosy do vod) firmy:

Spolek pro chemickou a hutní výrobu, a.s. (8400 kg AOX/rok)

Synthesia, a.s. (3420 kg AOX/rok)

**AOX = adsorbovatelné organické halogenderiváty,**  
souhrnný parametr stanovovaný dle ČSN EN ISO 9562 (75  
7531) „Jakost vod – Stanovení adsorbovatelných organicky  
vázaných halogenů“

**Zpoplatněné ukazatele znečištění dle zákona č. 254/2001 Sb.  
v platném znění vč. Novely 150/2010 Sb.:**

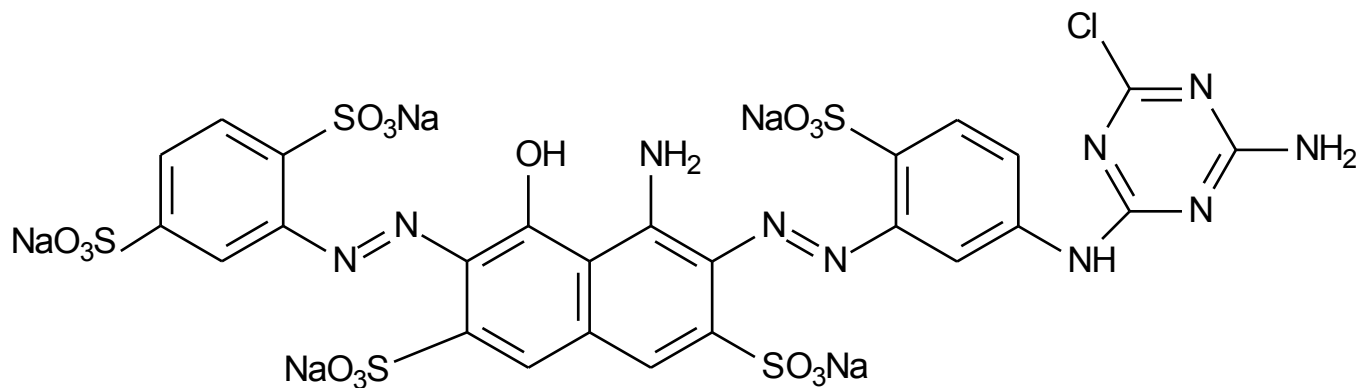
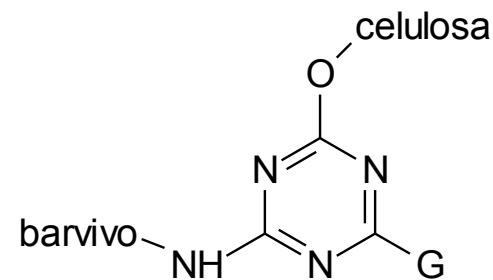
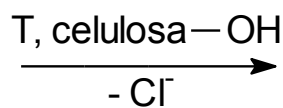
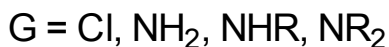
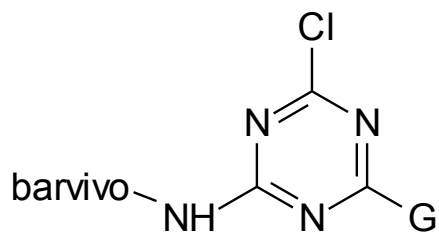
- org. látky charakterizované ukazatelem  $CHSK_{Cr}$  (angl. COD)
- Rozpuštěné anorg. soli (RAS)
- Nerozpuštěné látky (NL)
- Fosfor celkový PC
- Dusík anorganický celkový Nanorg (angl. TIN = total inorganic nitrogen)
- **Adsorbovatelné organicky vázané halogeny AOX**
- Rtuť Hg
- Kadmium Cd

Alternativní metody snižování  
emisí AOX z výroby barviv  
využívající znalosti obecné  
struktury halogenovaných  
sloučenin v odpadních vodách

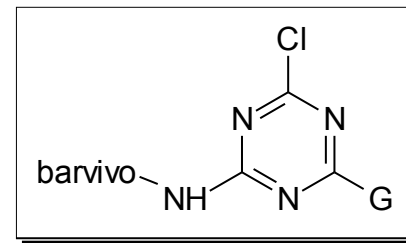
Jaké halogenované deriváty  
používá chemický průmysl v  
Pardubicích?

# Využití halogenovaných aromatických a heterocyklických sloučenin pro výrobu barviv:

- Kyanurchlorid pro výrobu některých tzv. reaktivních barviv:



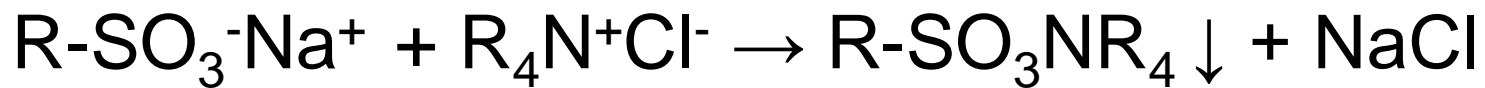
Ostazinová modř H5G

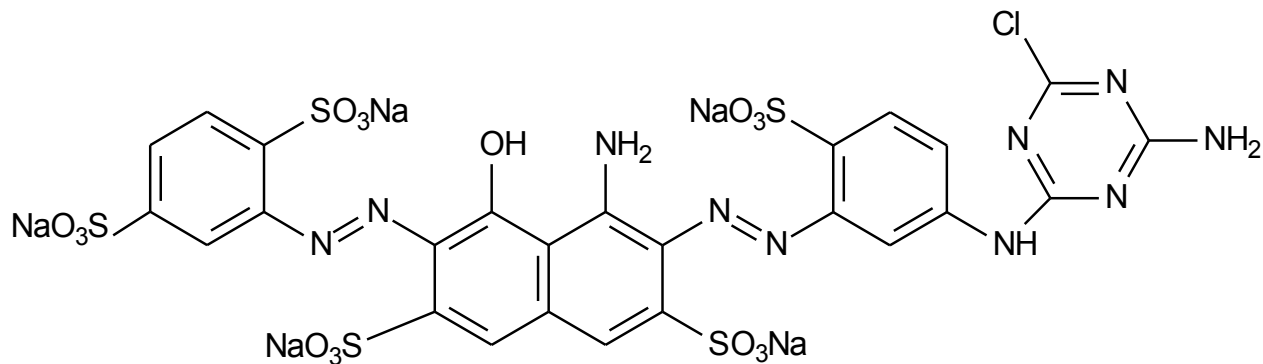




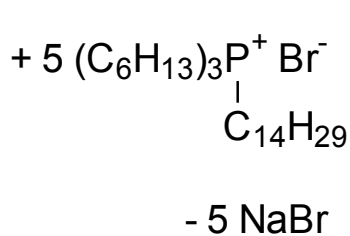
## 2. Alternativní postup odstraňování AOX = využití kyselých funkčních skupin

Srážení kyselých barviv s vázaným  
halogenem s použitím iontových kapalin:

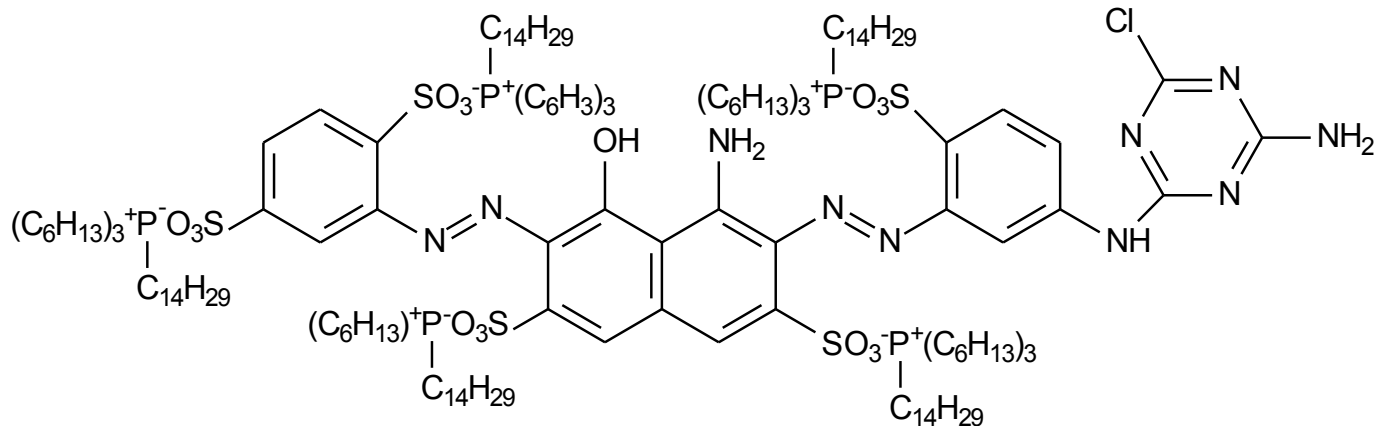
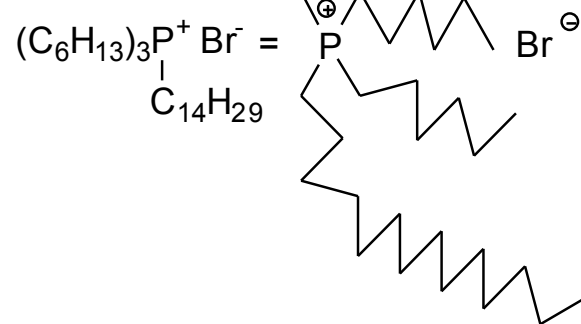




Ostazinová modř H5G,  $C_{25}H_{14}ClN_{10}Na_5O_{16}S_5$ ,  $M_r = 1021,14$  g/mol



**Pozn.:**



ve vodě nerozpustná iontová kapalina sumárního vzorce  $C_{186}H_{356}ClN_{10}O_{16}P_5S_5$ ,  $M_r = 3339,55$  g/mol

Ad.3) Vliv struktury kationtového tenzidu na účinnost separace

**Reakce s iontovými kapalinami => tvorba tzv. iontových párů málo rozpustných ve vodě:**

**Ad. 4) Účinnost procesu srážení iontových párů je závislá na struktuře barviva a délce řetězce R v iontové kapalině  $R_4NX$ , čím objemnější R, tím lepší účinnost odbarvení vodného roztoku**

**Ad. 5) vyloučený dehtovitý produkt je nejlépe separovatelný použitím koagulace a flokulace**

# **Srážení kyselých barviv iontovými kapalinami, výhody:**

- Metoda je velmi účinná při použití kvartérních amoniových solí s dlouhým řetězcem
- Spotřeba iontové kapaliny je malá, obvykle stačí méně než 1 mol IL na 1 mol  $\text{SO}_3^-$
- Pro odstranění přebytků IL lze využít anorganické koagulanty ( $\text{Al}^{3+}$  nebo  $\text{Fe}^{3+}$  soli), které usnadňují izolaci sraženiny sedimentací a/nebo filtrací
- Účinnost odstranění halogenovaného barviva (i parametru AOX) obvykle větší než 90%

## **Univerzita Pardubice:**

Weidlich T., Martinková J.: Způsob srážení barviv z vodných roztoků. CZ20120359 (A3) 2013-07-03.

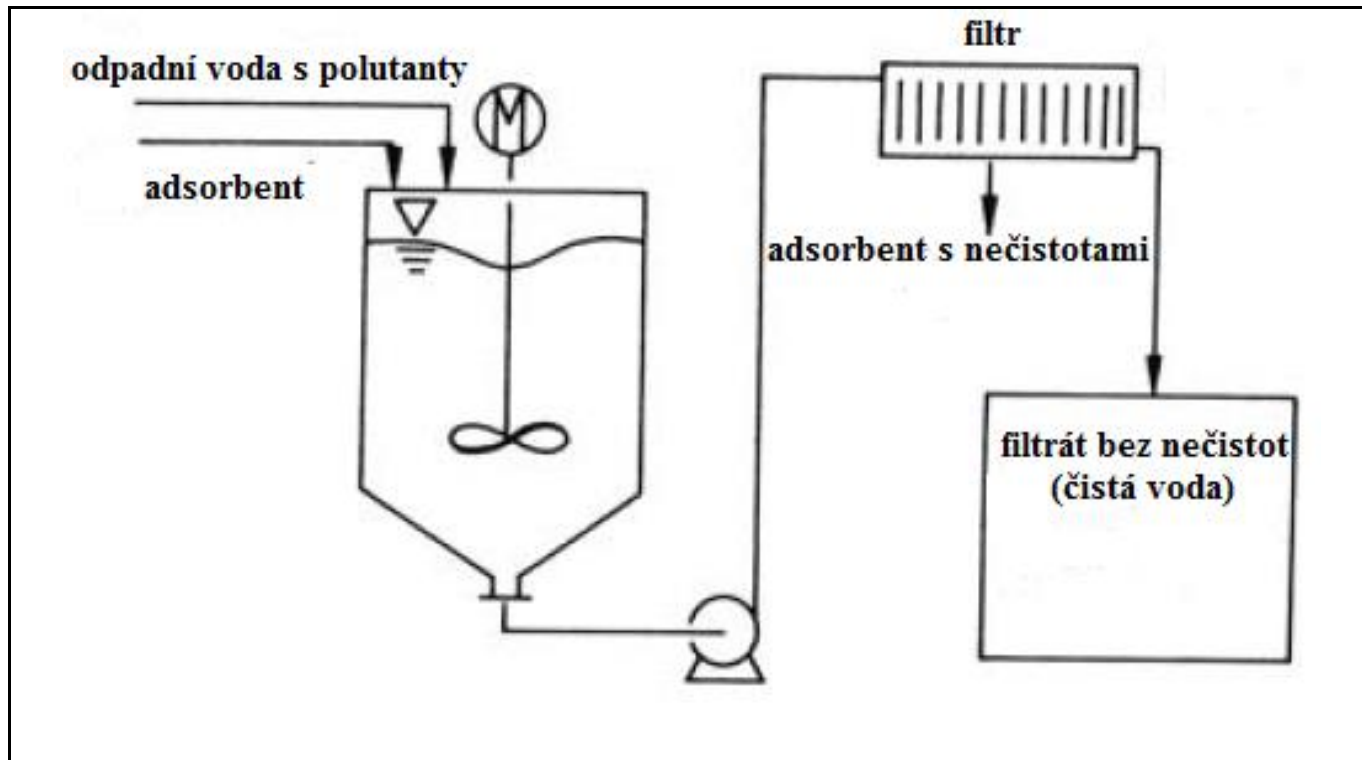
# Použití adsorpce

- AOX zachyceno z OV na velký specifický povrch vhodného adsorbentu
- Ale co s použitým, s AOX nasyceným sorbentem?

## **Procesy adsorpce se dělí na:**

- míchání, obvykle pro šaržové čištění
- perkolace (prokapávání), použitelná při kontinuálním čištění

# Decentralizované čištění technologických vod s obsahem AOX v praxi, využití adsorpce na práškové aktivní uhlí dle BREF:

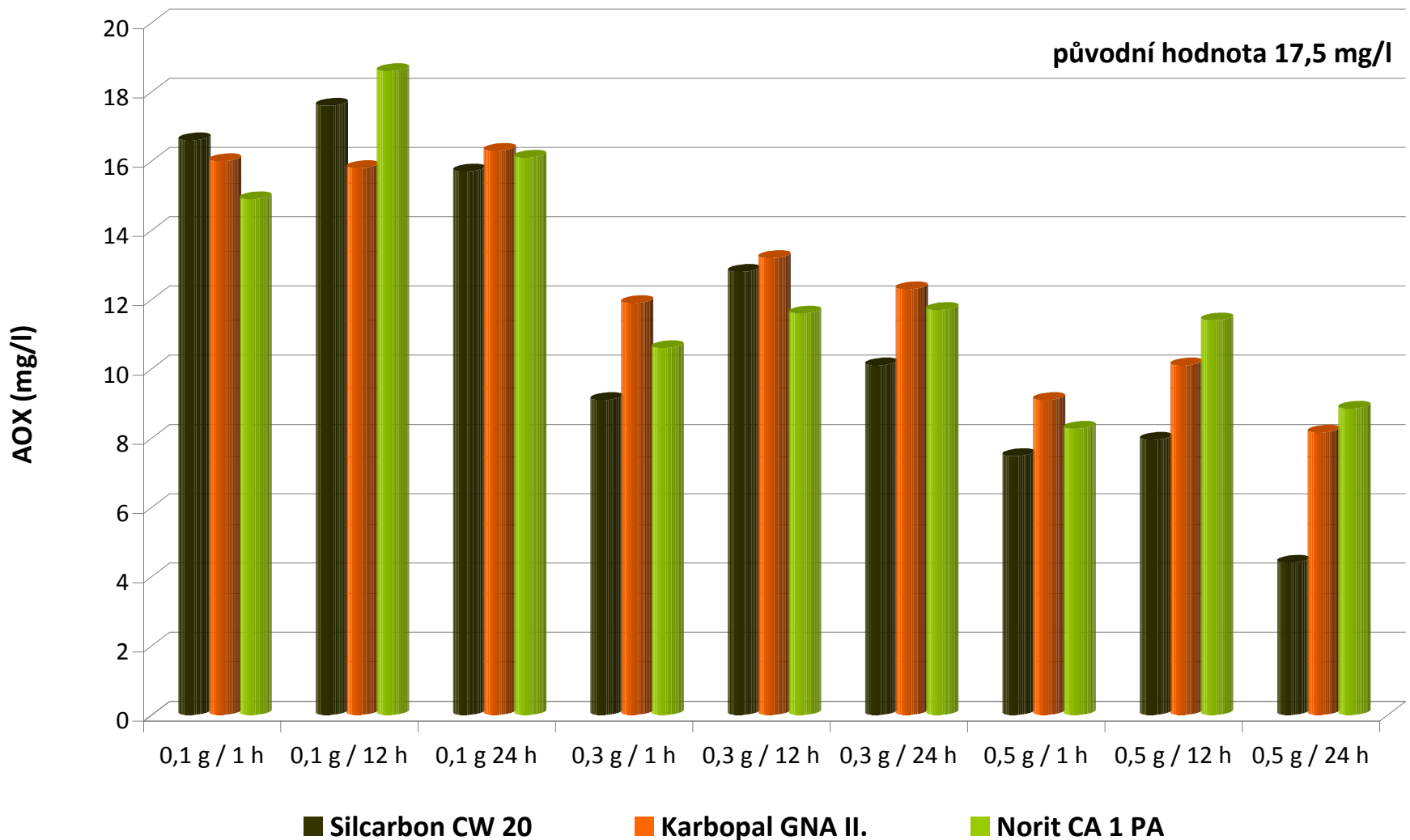


Adsorpční jednotka pro zpracování kapalné fáze

# Adsorpce AOX na PAC

(200 ml OV s AOX=17,5 mg/l, pH = 12,37)

Obsah AOX v odpadních vodách z výroby A po použití aktivního uhlí

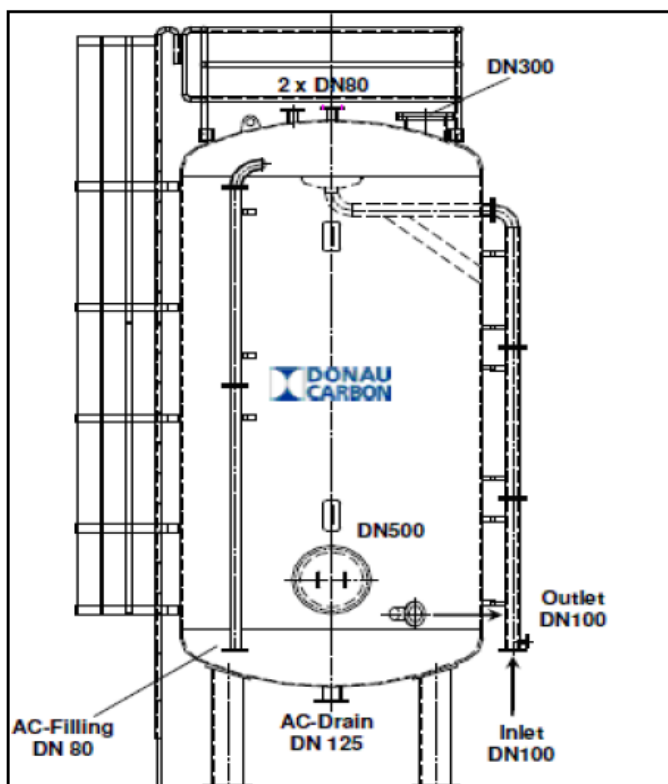


Kapacita sorbentu PAC: 5,2 mg AOX/g



# Univerzální metoda odstraňování biologicky neodbouratelného organického znečištění z vod (i AOX) = adsorpce na vhodný sorbent:

Obvyklým sorbentem je aktivní uhlí (podobně jako u stanovování AOX dle platné ČSN), ALE: účinnost závisí na polaritě sorbované látky:



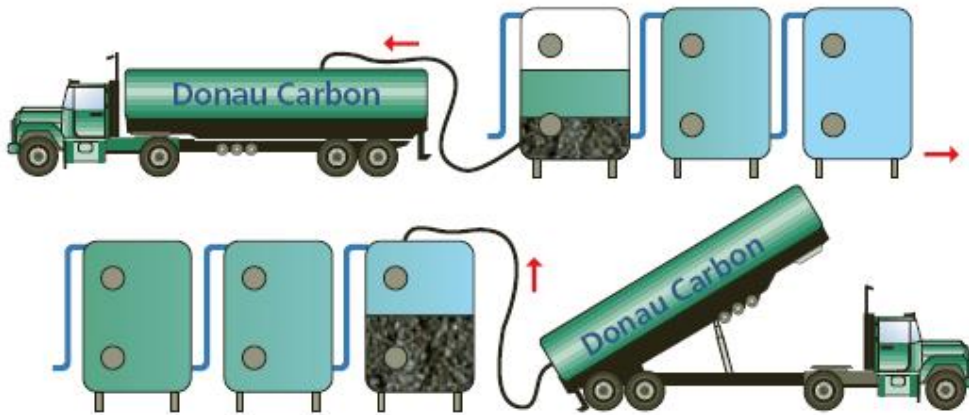
Na aktivní uhlí adsorbovaná látka:	odstranění [%]	kapacita [mg/g]
benzen	95	80
fenol	81	161
ethylacetát	51	100
aceton	22	43
isopropylalkohol	22	24
formaldehyd	9	18
methylalkohol	4	7

Další používané sorbenty: alumina ( $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), adsorpční pryskyřice

# Aplikace granulovaného aktivního uhlí v adsorpčních kolonách:

Granular activated carbon for fixed bed process

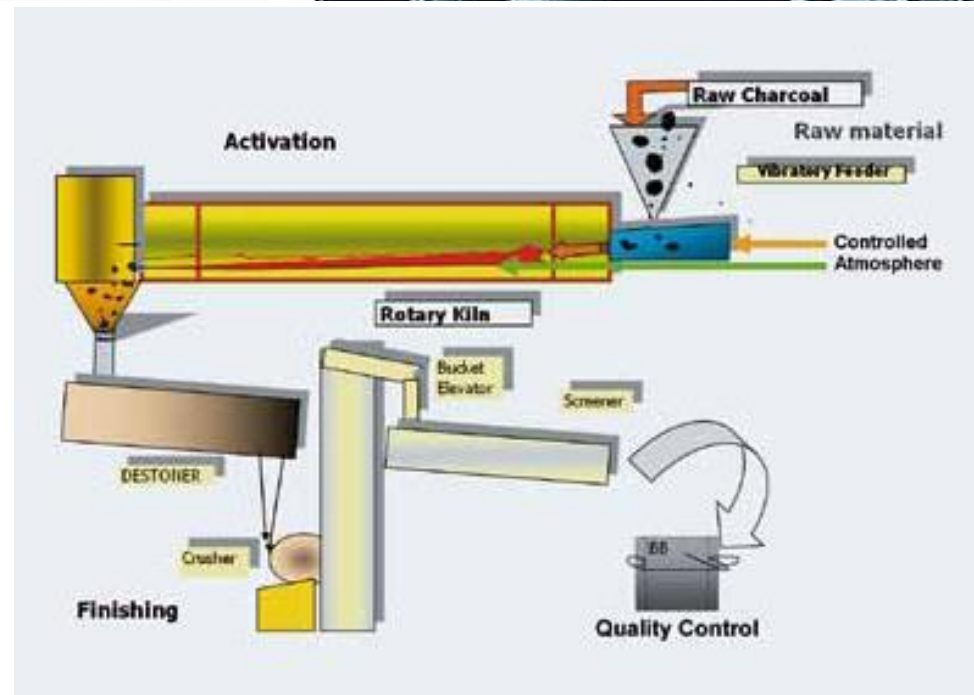
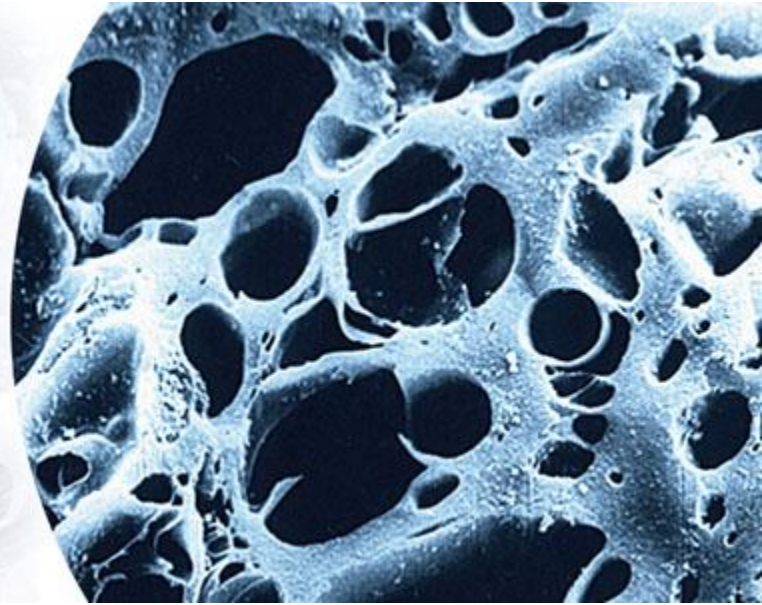
Application	Activated carbon	Type	Granulation [mm]	Bed Height [m]	Flow Rate [m <sup>3</sup> /h]
removal of substances affecting odour and taste	Hydraffin XC 30 Hydraffin CC 8 x 30 Hydraffin CC 12 x 40	bituminous coal	0.6 – 2.36 0.6 – 2.36 0.425 – 1.7	1 – 2.5	10 – 30
dechlorination	Hydraffin CC 12 x 40 Hydraffin CC 8 x 30	coconut shell	0.425 – 1.7 0.6 – 2.36		
adsorption of solute organic substances from drinking water and service water	Hydraffin XC 30 Hydraffin CC 8 x 30	bituminous coal coconut shell	0.6 – 2.36 0.6 – 2.36	2 – 4	5 – 15
waste water treatment	Hydraffin 30 N Hydraffin Y 8 x 30	bituminous coal	0.6 – 2.36 0.6 – 2.36	2 – 5	5 – 15



# Při perkolaci se používá granulované aktivní uhlí:

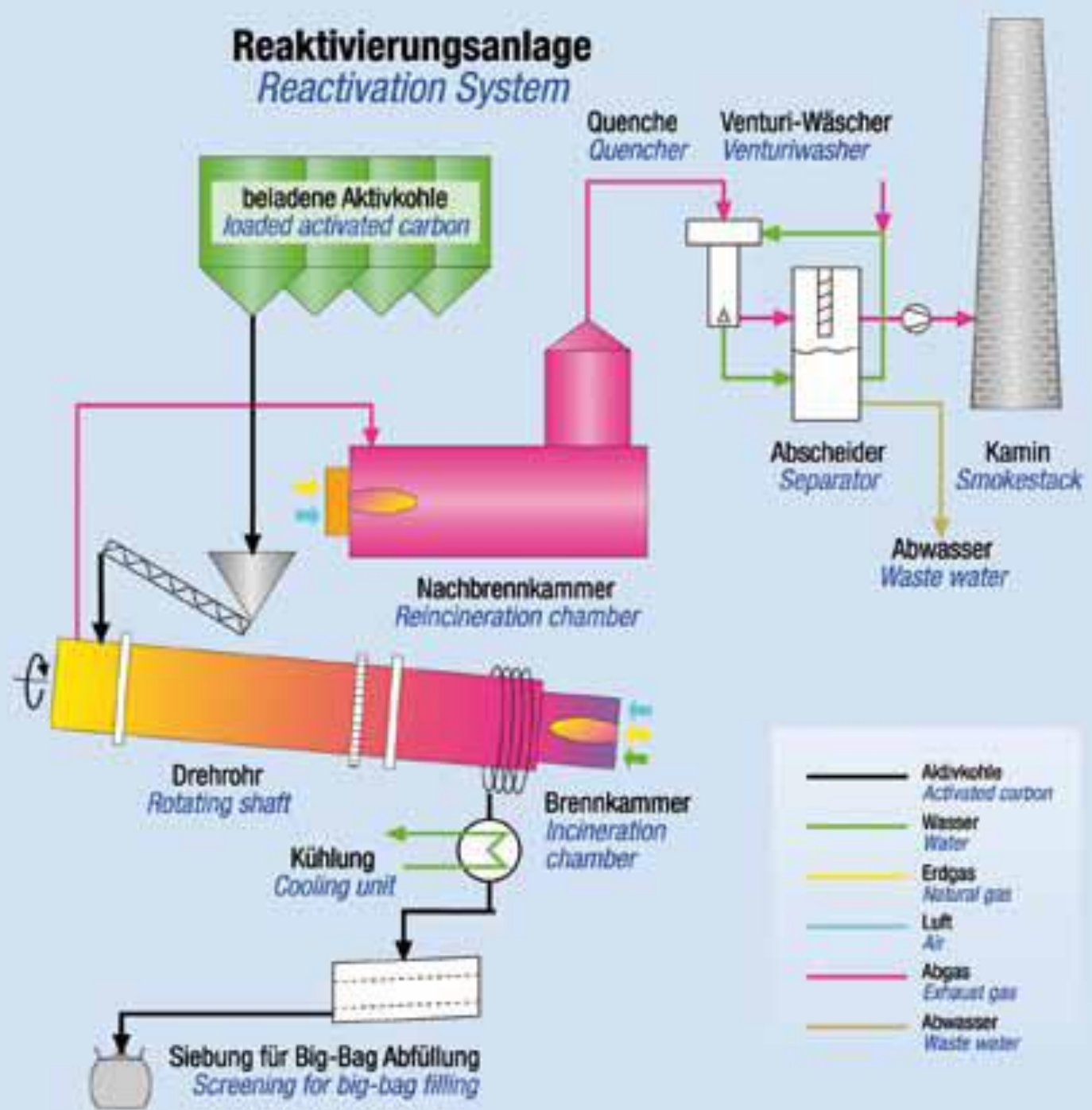


Hochwertige Aktivkohlequalitäten  
und innovative Anwendungslösungen  
zum Vorteil unserer Kunden

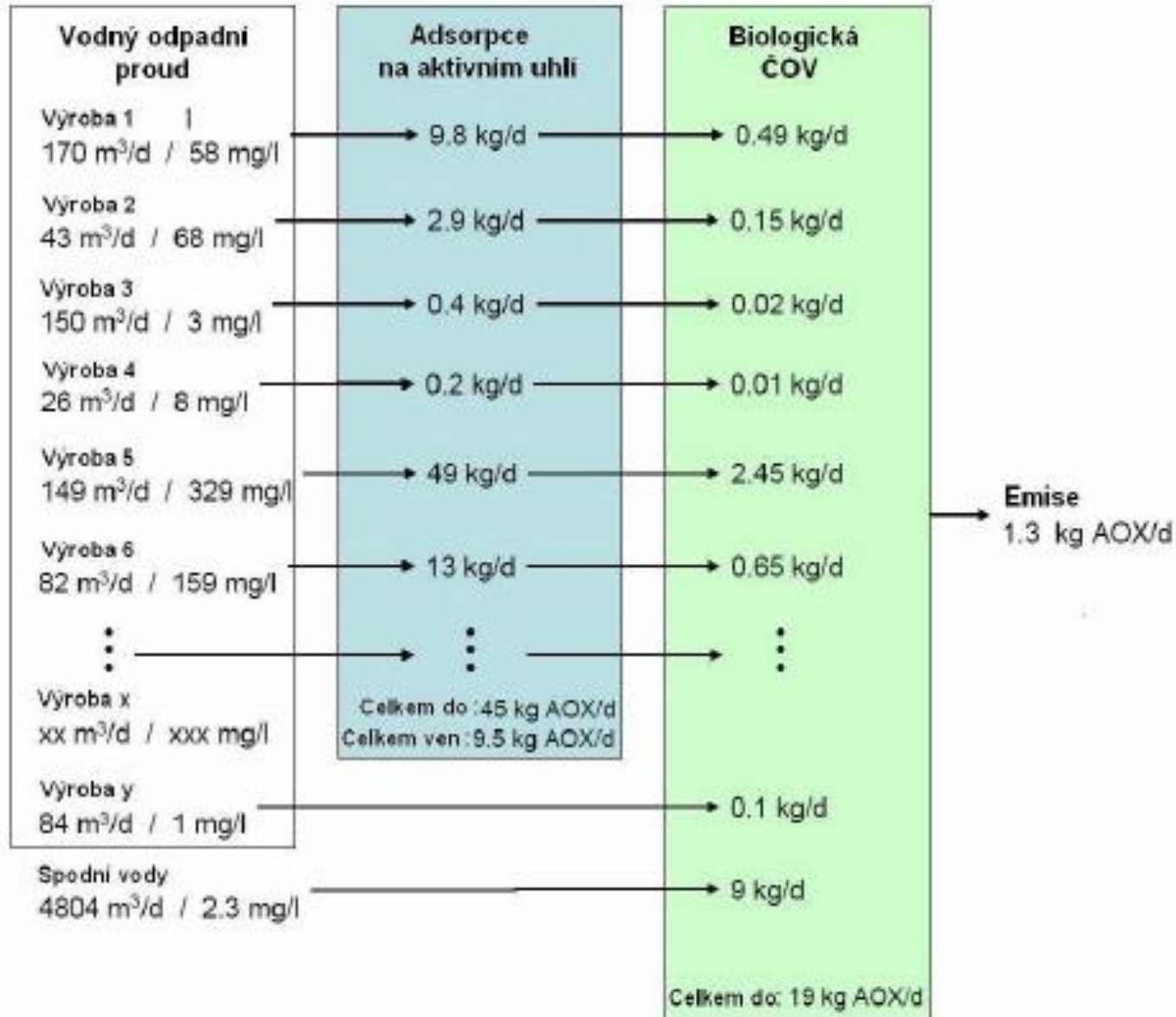


Dostupné na:

<http://www.donau-carbon.com/>



# Příklad provedení bilance emisí a odstraňování AOX ve vodných odpadních prouděch (dle BREF Organické chem. speciality):



# Ekonomika

náklady	GAC
investice	30000 GBP 1 [14 m <sup>3</sup> /h]
	75000 GBP 1 [60 m <sup>3</sup> /h]
	110000 GBP 1 [120 m <sup>3</sup> /h]
	20-30 mil. FIM 1 [350 m <sup>3</sup> /h]
provoz	1000-2000 GBP 1 na tunu GAC a
	200000 BEF 2 na tunu GAC b
	0,7/m <sup>3</sup> odpadních vod 3

1FIM~4,60Kč

1BEF ~0,65Kč

a náklady na rekuperaci GAC

b náklady včetně rekuperace GAC

1 [cww/tm/92]

2 [cww/tm/128]

3 [cww/tm/96]

<b>ADSORPCE:</b>	<b>limity / omezení</b>
TNL	<20 mg/l pro adsorbéry s fixním ložem
koncentrace znečišťujících látek	<100 g/l (bez rekuperace adsorbentu) <500 g/l (s rekuperací adsorbentu)
molekulová hmotnost	při klesající molekulové hmotnosti se snižuje účinnost
délka uhlíkového řetězu	s delším řetězcem se snižuje účinnost
větvení uhlíkového řetězce	s větším větvením se snižuje účinnost
polarita	s růstem polarity se snižuje účinnost
rozpustnost ve vodě	s růstem rozpustnosti se snižuje účinnost
<b>stupeň disociace</b>	<b>s růstem rozpadu se snižuje účinnost</b>
makromolekuly	s makromolekulární strukturou se snižuje účinnost

## **Centrální biologická ČOV je schopna odstranit dva druhy znečišťujících látek:**

- **nerozpuštěné látky**
- **biodegradabilní sloučeniny**

Odpadní voda s nadměrným obsahem znečišťujících látek, které jsou:

- těžko biologicky rozložitelné nebo
- působí inhibičně na biologický stupeň čištění

vyžaduje buď předchozí předčištění nebo zvláštní čištění.

- Relevantními parametry pro biologickou odbouratelnost OV jsou v tomto kontextu těžké kovy, halogenované organické sloučeniny (AOX) a toxicita.



<b>Aerobní čištění</b>	<b>limity / omezení</b>
Živiny	poměr BSK : N : P by měl být 100 : 5 : 1; kritické poměry, které by neměly být překročeny, aby se zajistil dobrý provoz, jsou BSK:N 32 : 1 a BSK : P 150 : 1
Koncentrace	je nutno zabránit vysoké koncentraci látek (dokonce i netoxických látek)
Inhibitory	viz. Předch. tabulka, těžké kovy, kyanidy, sulfidy, fenoly,
Teplota	teploty odpadních vod >35 °C mohou být pro mikroorganismy kritické
Zatížení solemi	vysoké zátěže solemi (>30 g/l) mohou způsobovat poruchy biologického procesu tím, že ničí mikroorganismy

<b>spotřebovávaný materiál/energie</b>	<b>úplně promísený aktivovaný kal</b>
kyslík (vzduch nebo čistý plyn)	
neutralizační chemikálie	
Flokulanty (síran železnatý)	300-500 kg/t COD
Nutrienty (kyselina fosforečná)	23-42 kg/t COD
Energie [kWh/m <sup>3</sup> ]	9,5

# Čištění vod v pardubické BČOV:

- Průmyslové OV z retenční nádrže natékají do neutralizační stanice, kde dochází k neutralizaci vápenným mlékem doprovázené srážením sádrovce, případně hydroxidů těžkých kovů
- Následuje oddělení nerozpuštěných látek v sedimentačních nádržích a aerobní proces biologického čištění
- Takto vyčištěná voda je vypouštěna do recipientu

UKAZATEL ZNEČIŠTĚNÍ	SAZBA Kč/kg	LIMIT ZPOPLATNĚNÍ	
		hmotnostní kg/rok	koncentrační mg/l
1.			
a) CHSK nečištěné odpadní vody do 31. 12. 2004	16	20 000	40
od 1. 1. 2005	16	8 000	40
b) CHSK čištěné odpadní vody	8	10 000	40
c) CHSK odpadní vody čištěné z výroby buničiny a ze zušlechťování bavlnářských a lnářských textilií	3	10 000	40
2. RAS	0,5	20 000	1 200
3. nerozpuštěné látky <sup>47)</sup>	2	10 000	30
4. fosfor celkový do 31. 12. 2004	70	13 000	3
od 1. 1. 2005	70	3 000	3
5. dusík amoniakální do 31. 12. 2001	40	15 000	15
6. dusík Nanorg od 1. 1. 2002	30	20 000	20
7. AOX od 1. 1. 2002	300	15	0,2
8. rtuť	20 000	0,4	0,002
9. kadmium	4000	2	0,01

Poplatek za tento ukazatel platí pouze znečišťovatelé, kteří

a) neplatí poplatek za CHSK, ale znečištění přesahuje limit pro zpoplatnění NL, nebo

b) vypouštějí v odpadních vodách více NL, než činí trojnásobek množství zpoplatněné CHSK.

# Pro srovnání vliv pH na adsorpci barviv na aktivní uhlí

(Malik P.K.: Dyes and Pigments 56 (2003) 239–249):

způsobeno disociací:  $\text{RSO}_3\text{H} \leftrightarrow \text{RSO}_3^- + \text{H}^+$

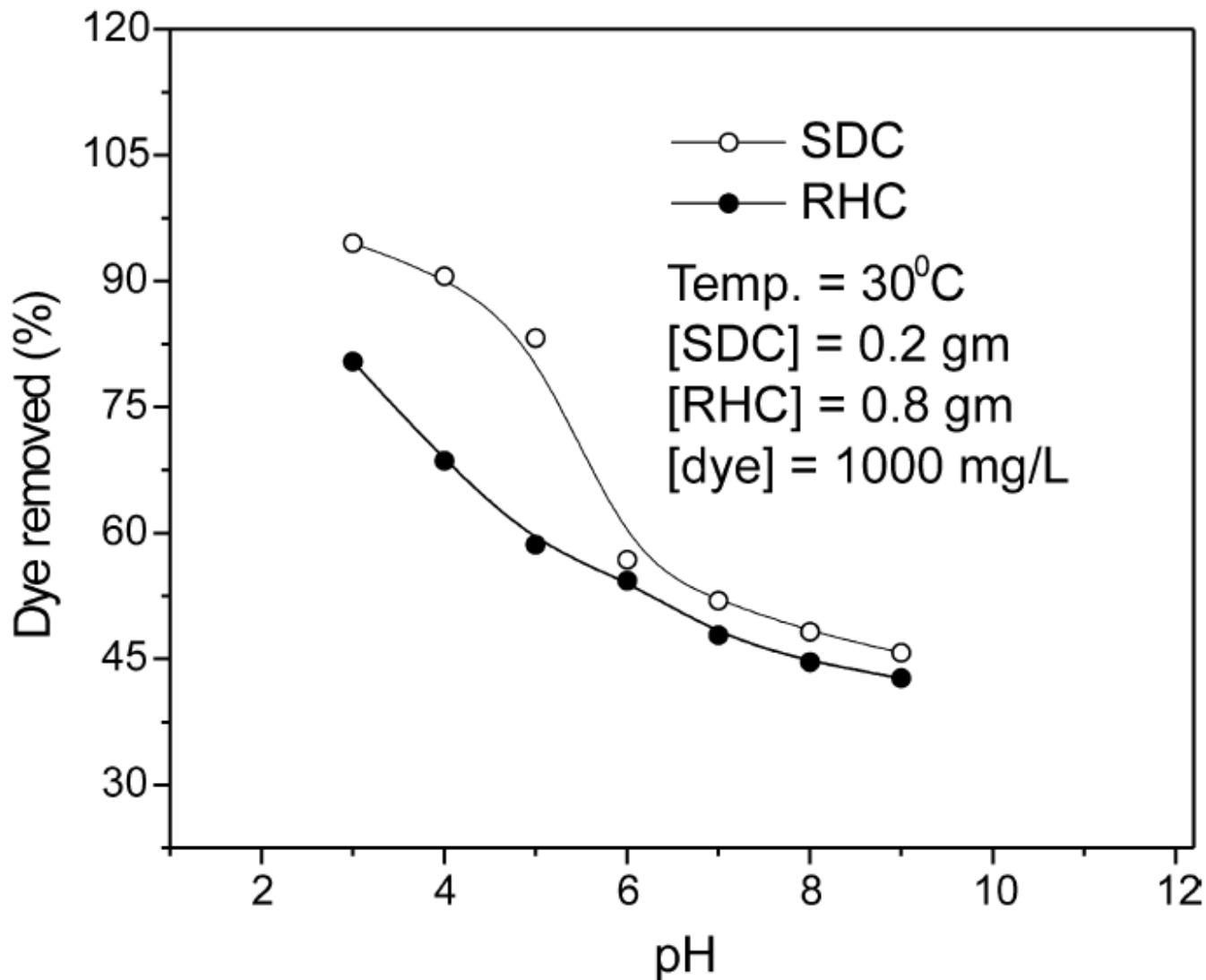


Fig. 7. Effect of pH for the adsorption of Acid Yellow 36 on RHC and SDC.