

# EXPERIMENTÁLNÍ SROVNÁNÍ OXIDACE MODELOVÝCH A REÁLNÝCH ODPADNÍCH VOD S VYUŽITÍM ŽELEZANU DRASELNÉHO

Tomáš Weidlich<sup>1</sup>, Radovan Rozinek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ústav Environmentálního a chemického inženýrství

Tel.: 46 603 8049

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

<sup>2</sup>*Bochemie, a..s., Lidická 326, 73595 Bohumín*

# Dostupnost $K_2FeO_4$ :

- $K_2FeO_4$  byl v čistotě 90% nebo dokonce 97%+ nabízen firmou Sigma-Aldrich (cena cca. 120 tis.Kč/kg)
- Objednán v polovině roku 2013, dosud nedostupný ☹
- V současnosti vyvíjena technologie elektrochemické syntézy  $K_2FeO_4$  ve firmě Bochemie, a.s.

**SIGMA-ALDRICH**

200,000+ PRODUCTS | 500+ SERVICES | Featured INDUSTRIES

Welcome ACCOUNT | 24/7 SUPPORT | 0 Items ORDER

Czech Republic Home > 723835 - Potassium ferrate(VI)

723835 ALDRICH  
**Potassium ferrate(VI)**  
>90%



MSDS | SIMILAR PRODUCTS

CAS Number 13718-66-6 | Linear Formula  $K_2FeO_4$  | Molecular Weight 198.04 | MDL number MFCD01321363

POPULAR DOCUMENTS: SPECIFICATION SHEET (PDF)

Purchase | Safety & Documentation | Peer-Reviewed Papers 0

### Properties

Related Categories	Catalysis and Inorganic Chemistry, Chemical Synthesis, Iron, Non-Precious Metal Catalysis
assay	>90%
mp	276-286 °C >400 °C(lit.)

### Price and Availability

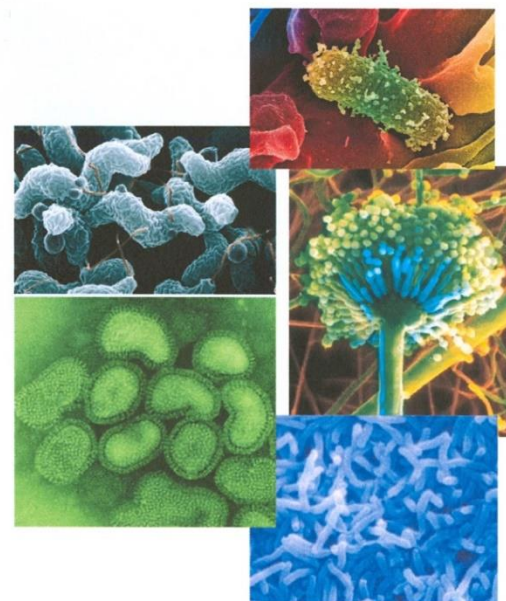
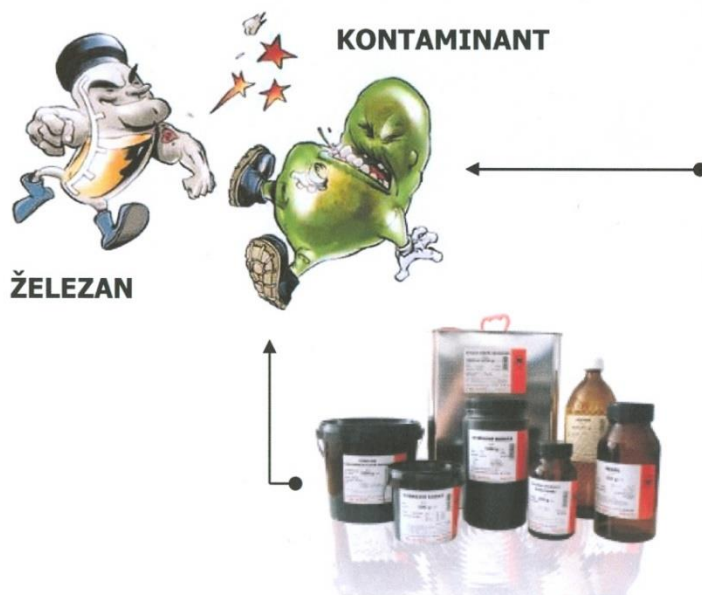
Product 723835 has been discontinued. Contact Technical Service

Set your institution to view full text papers.

### Customers Also Viewed



Zelené dekontaminační činidlo



# Proč železan draselný?

- **Výborné oxidační činidlo**
- Aplikovatelný na oxidaci v alkalickém prostředí
- po rozkladu vodu alkalizuje, ze  $\text{Fe}^{6+}$  vzniká  $\text{Fe}^{3+}$   
=> **koagulace a flokulace vznikajícího  $\text{Fe}(\text{OH})_3$**

- **Ale:** nízká stabilita  $\text{K}_2\text{FeO}_4$

Pro experimenty byl použit železan draselný poskytnutý firmou Bochemie, a.s.:

## Specifikace produktu:

2 šarže s obsahem:

43%, 51% a 57%  $\text{K}_2\text{FeO}_4$



# Ověřování aplikace $K_2FeO_4$ na čištění:

- **modelových odpadních vod kontaminovaných:**
  - halogenovanými aniliny
  - Azobarvivy s organicky vázaným halogenem
  - Herbicidy a léčivy s organicky vázaným halogenem
- Reálných průmyslových odpadních vod z výroby barviv a pigmentů

# Studie oxidace chlornanilinů s $K_2FeO_4$

Stechiometrie úplné oxidace monochloranilinu  
železanem draselným:



Cílem chemické oxidace bývá přeměna biologicky těžko odbouratelných organických sloučenin na sloučeniny biologicky lépe odbouratelné, proto ověřován poměr chloranilin :  $K_2FeO_4 = 1 : 4$  a  $1 : 6$

# Studium oxidace halogenovaných anilinů v modelových vodách:

**Pro oxidace použit 50 mM roztok železanu draselného v 0,5 M vodném KOH**

**50 ml 0,01 M roztok halogenanilinu  
+ 50 ml demi vody**

Směs rozmíchána při 500 ot/min., následně za míchání přidáno:

**+ odpovídající objem 50 mM roztoku železanu draselného v KOH**

doplněno vodou na celkově 150 ml

Z reakčních baněk odebírány 20 ml objemy vzorků reakční směsi,  
**nezreagovaný  $K_2FeO_4$  rozložen přidavkem roztoku  $NaHSO_3$**

Po rozmíchání a filtraci extrahováno do 1 ml  $CDCl_3$  s cyklohexanem (0,4%) jako interním standardem, provedeno vyhodnocení obsahu pomocí NMR spektroskopie.

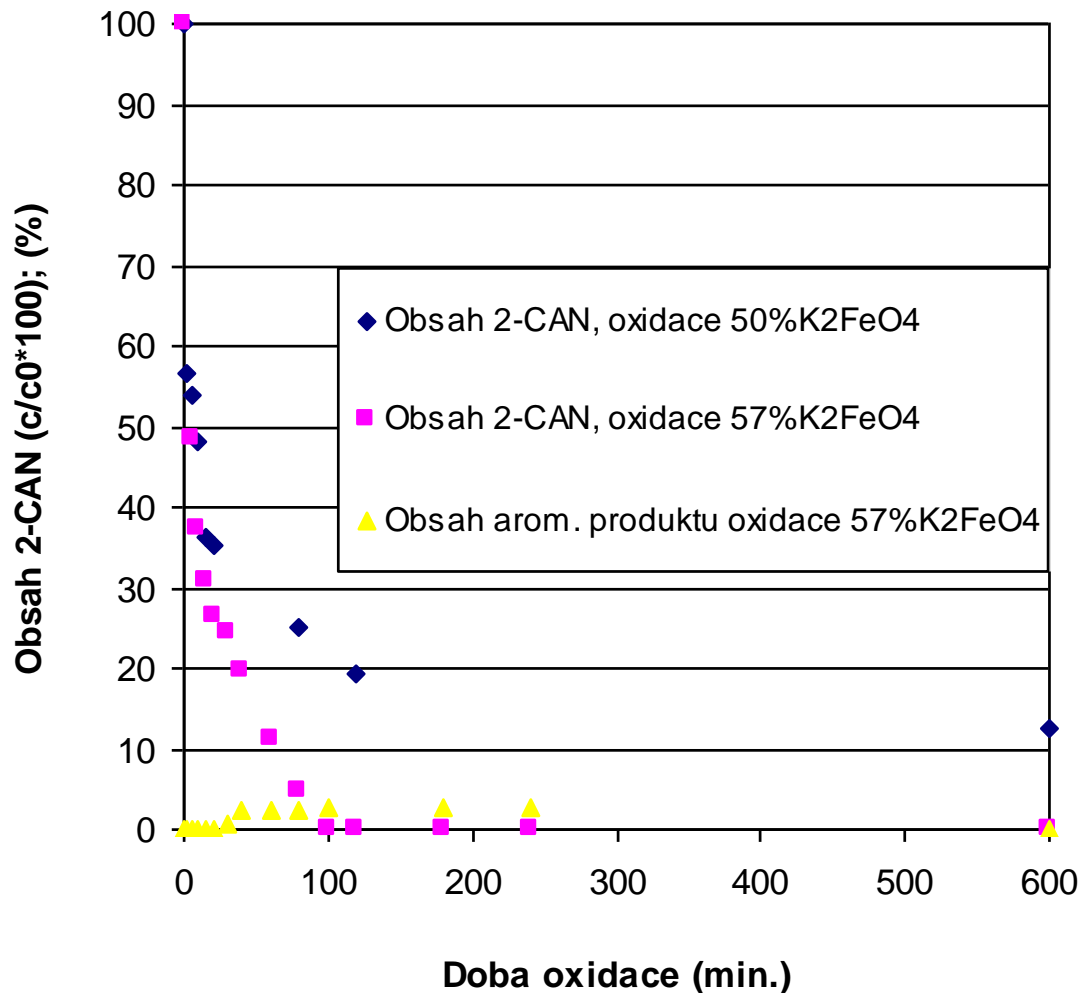




# Kinetika oxidace 2-chloranilinu (2-CAN)

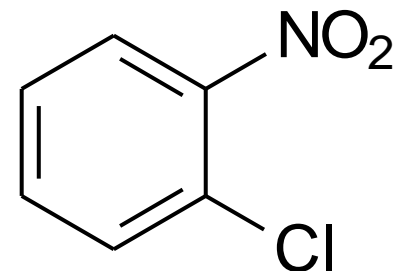
s  $K_2FeO_4$  v 1% vodném KOH:

(molární poměr reaktantů 2-CAN:  $K_2FeO_4 = 1:4$  a **1:6**)



Vedl. produkt:

2-chlornitrobenzen:



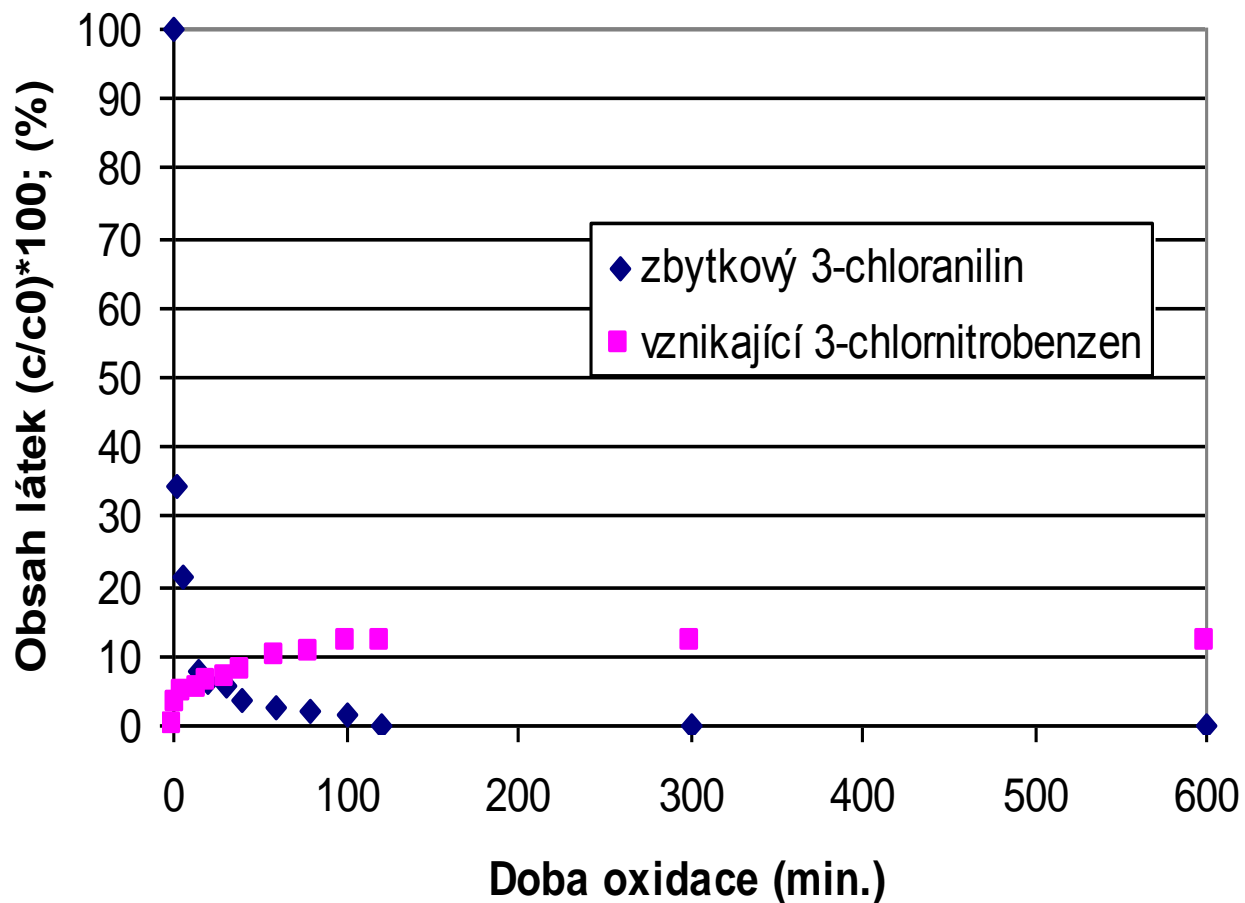
**Pokles CHSK<sub>Cr</sub> o 63%  
již při poměru:**

**2-CAN:  $K_2FeO_4 = 1:4$**

# Kinetika oxidace 3-chloranilinu (3-CAN)

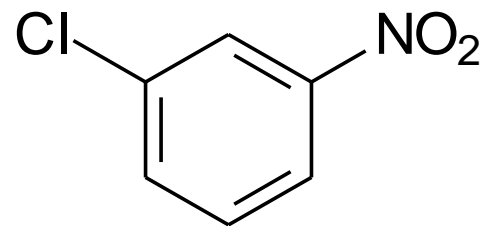
s  $K_2FeO_4$  v 1% vodném KOH:

(molární poměr reaktantů 3-CAN:  $K_2FeO_4 = 1:6$ )



Vedl. produkt:

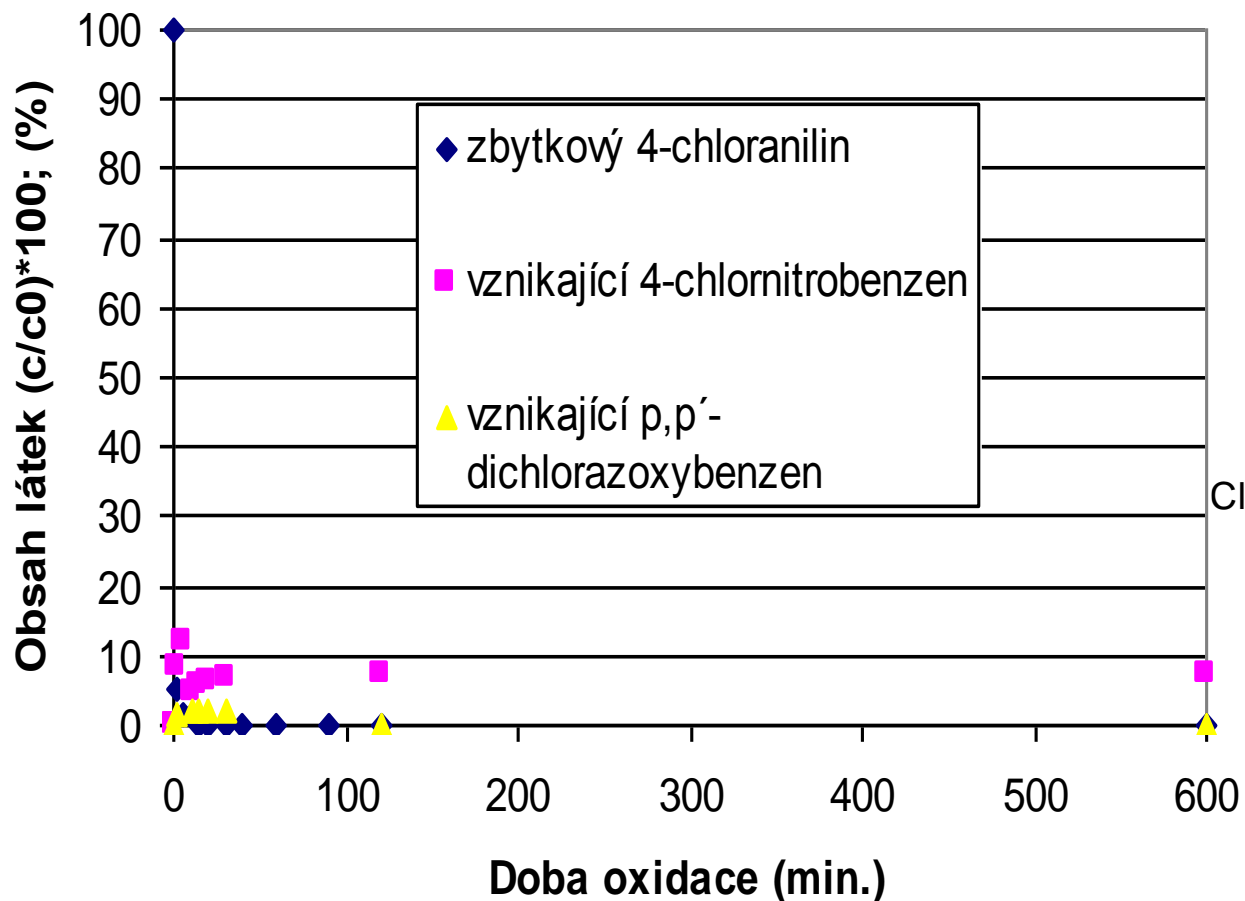
3-chlornitrobenzen:



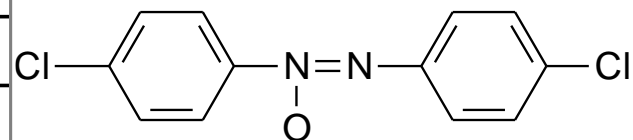
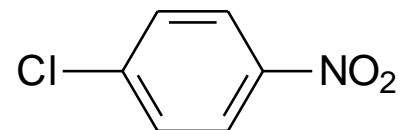
# Kinetika oxidace 4-chloranilinu (4-CAN)

s  $K_2FeO_4$  v 1% vodném KOH:

(molární poměr reaktantů 4-CAN:  $K_2FeO_4 = 1:6$ )



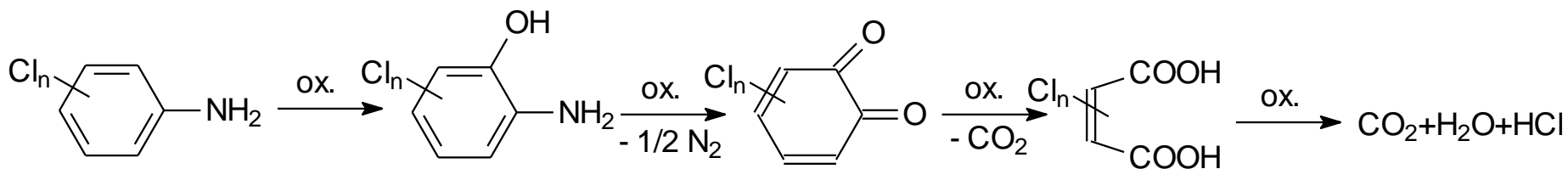
Vedlejší produkty:



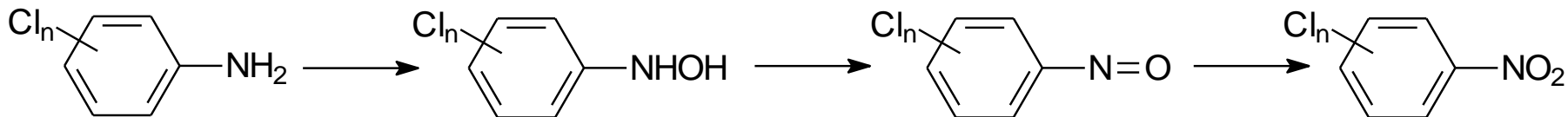
# Shrnutí k oxidaci vod s obsahem halogenanilinů:

U halogenanilinů může docházet k oxidaci na:

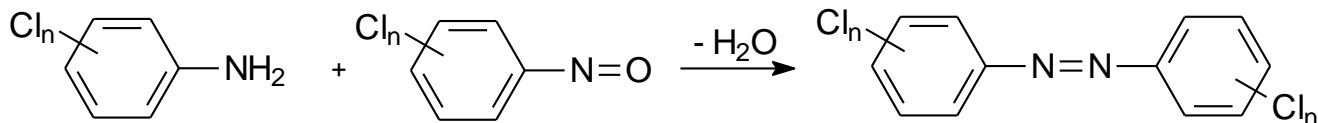
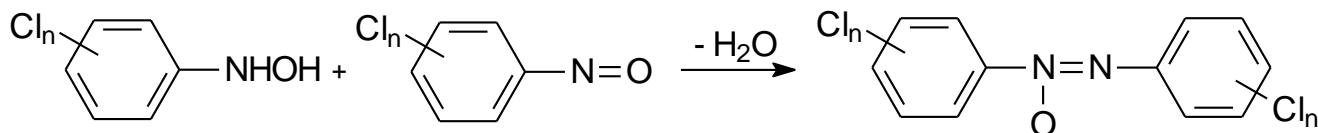
a) aromatických  $C_{\text{arom.}}$ -H vazbách:



b) na aminoskupině:



Přičemž produkty oxidace aminoskupiny mohou podléhat kondenzačním reakcím:



# Ověření oxidace na roztoku chlorovaných fenylendiaminů s $K_2FeO_4$ při mol. poměru 1 : 5

Násada:

50 ml 5 mM 2-Cl-FDA + 5 mM 2,5-diCl-FDA (AOX =532 mg Cl/l)

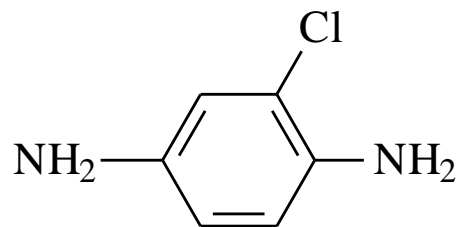
+ pevný  $K_2FeO_4$

Po 2h míchání filtrace

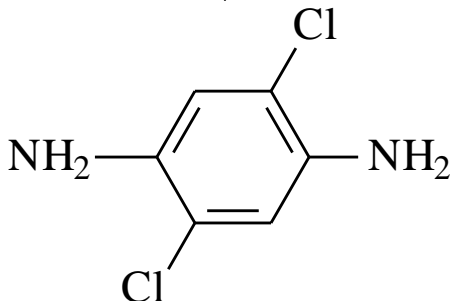
**Účinnost:**

86 % snížení  $CHSK_{Cr}$

85 % snížení AOX

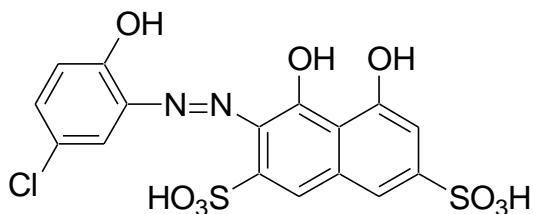


+

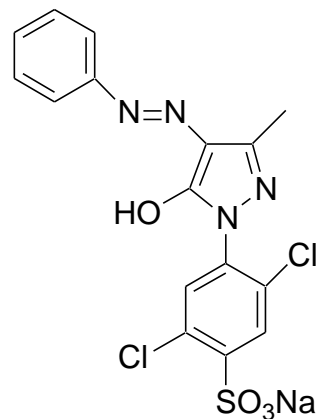


# Oxidace kyselých barviv s organicky vázaným halogenem působením $K_2FeO_4$ :

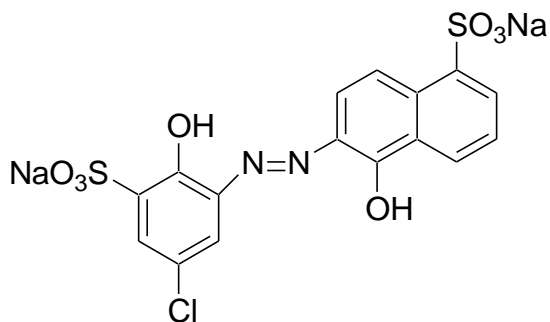
**Alizarinová chromová modř BS:**



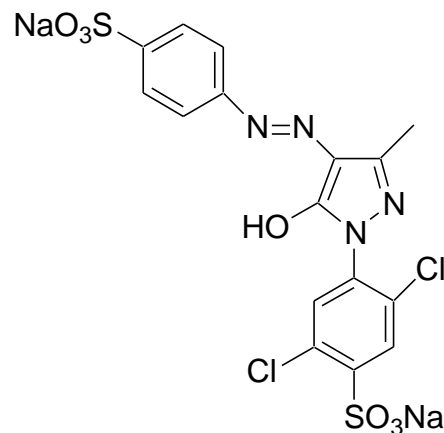
**Acid Yellow 14:**



**Mordant Blue 9:**



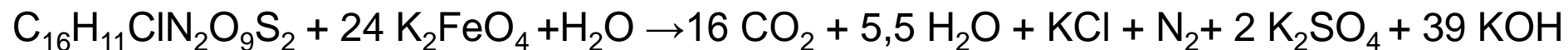
**Acid Yellow 17:**



# Oxidace barviv:

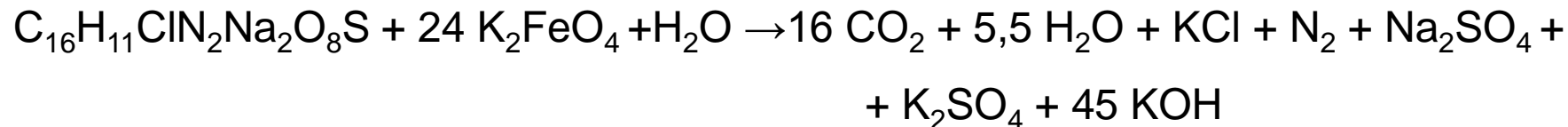
## Alizarinová chromová modř BS:

$C_{16}H_{11}ClN_2O_9S_2$ : Mol. Wt.: 474,85



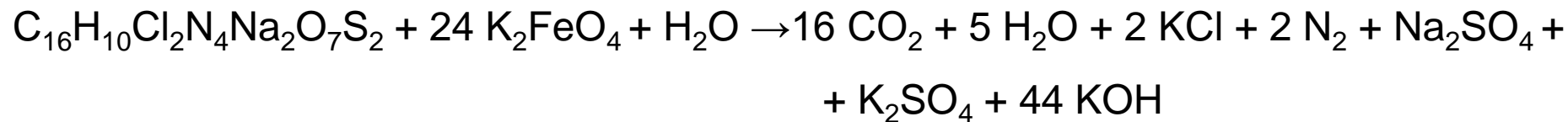
## Mordant Blue 9:

$C_{16}H_9ClN_2Na_2O_8S$ : Mol. Wt.: 502,82



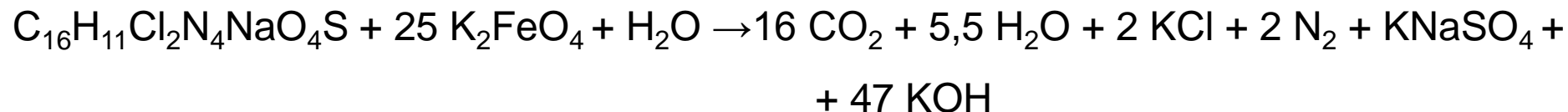
AY17:  $C_{16}H_{10}Cl_2N_4Na_2O_7S_2$

Mol. Wt.: 551,29

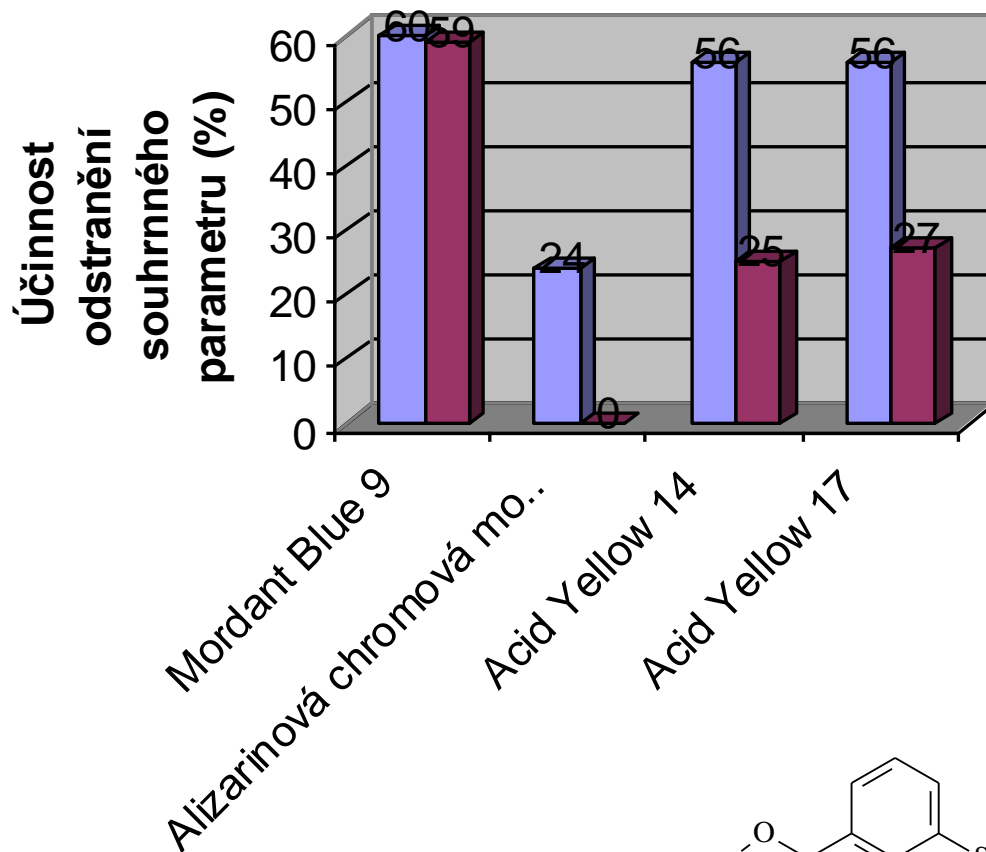


## Acid Yellow 14:

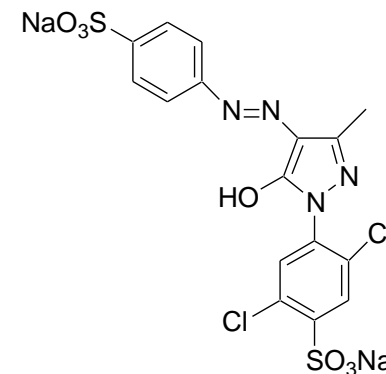
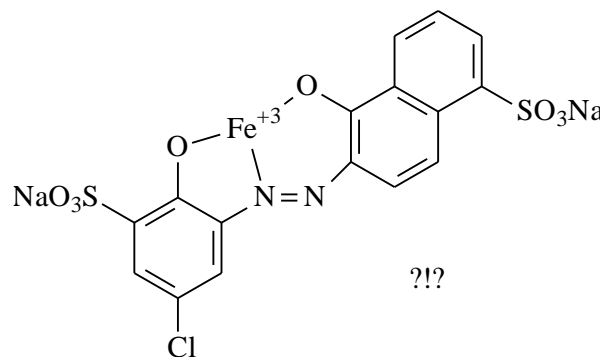
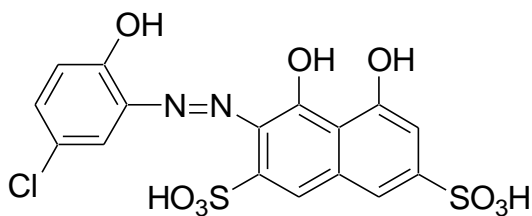
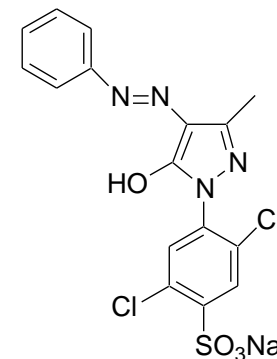
$C_{16}H_{11}Cl_2N_4NaO_4S$ : Mol. Wt.: 449,24



# Pro chemickou oxidaci použit molární poměr barvivo : $K_2FeO_4 = 1 : 5$



■ účinnost snížení CHSKCr  
■ účinnost snížení AOX

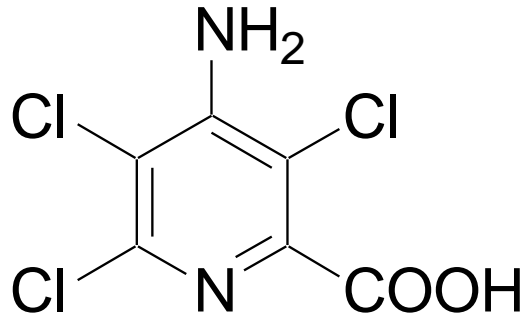




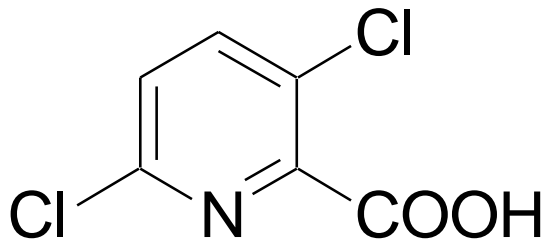
# Oxidace biologicky aktivních látek:

## Herbicidy:

Picloram

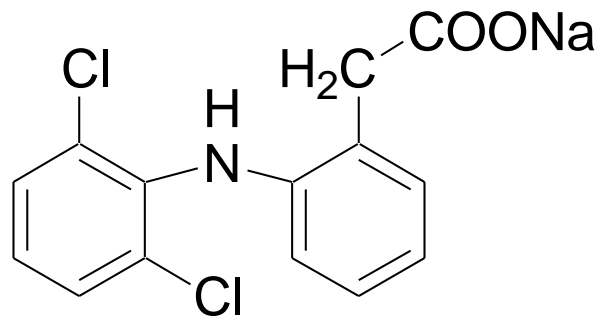


Clopyralid

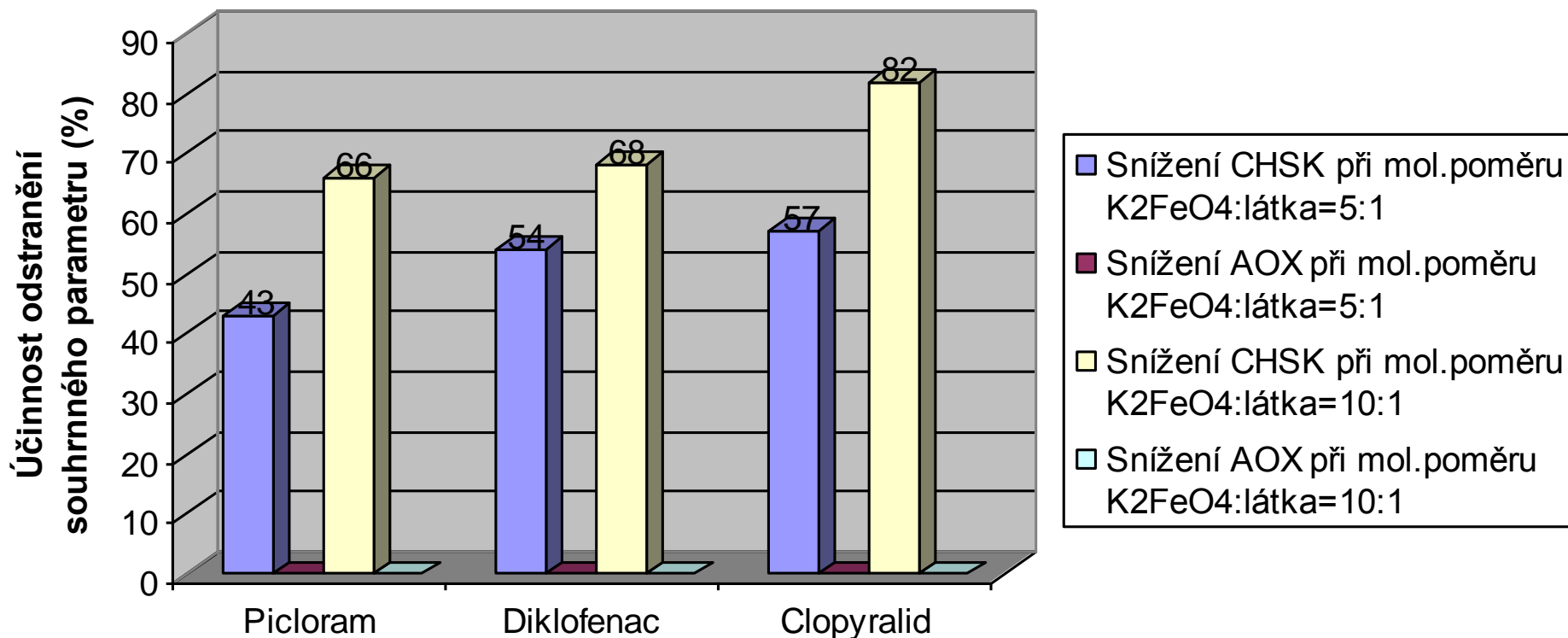


## Léčivo:

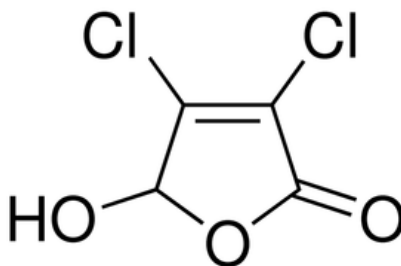
Diclofenac



# Oxidace účinných látek dávkováním pevného $K_2FeO_4$ snižuje CHSK, ale nemá vliv na parametr AOX!!!



Možné vysvětlení:  
tvorba mukochlorové  
kyseliny či podobných  
derivátů?!



# Ověřování aplikace $K_2FeO_4$ na oxidaci reálných odpadních vod:

- z výroby pigmentů  
( $CHSK_{Cr}=680 \text{ mg/l O}_2$ )
- z výroby AZO II  
( $CHSK_{Cr}=5886 \text{ mg/l O}_2$ )



# Výsledky orientačních experimentů pro srovnání účinnosti oxidace železanem a manganistanem:

Oxidace 25 mM roztokem  $\text{KMnO}_4$ , resp. přidavkem pevného  $\text{K}_2\text{FeO}_4$ :

Po 2 hodinovém míchání při 20°C byly reakční směsi přefiltrovány a u filtrátů bylo změřeno  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$

Modelová odpadní voda, (přepočteno na 1 litr):	$\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ Před oxidací (mg/l $\text{O}_2$ ):	Účinnost snížení $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ po oxidaci s 5 mmoly $\text{K}_2\text{FeO}_4$ 2,5 g obs. 40%	Účinnost snížení $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ po oxidaci 5 mmoly $\text{KMnO}_4$
Odpadní voda z výroby pigmentů $\text{CHSK}_{\text{Cr}}=680$ mg/l $\text{O}_2$ AOX:	680  6,3 mg Cl/l	40,6 %  AOX o 27 %	24%
Odpadní voda z provoz AZO II (vysoký obsah NaCl)	5886	14,1 %	<1 %

# Závěry:

- Železan draselný by mohl najít uplatnění při chemické oxidaci odpadních vod s  $\text{pH} > 7$
- Účinek odstranění  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  závisí na struktuře oxidovaných organických látek
- Šíře aplikací závisí na ceně průmyslově vyráběného činidla



## **Poděkování:**

Bc. Šárce Martinkové

Bc. Zuzaně Paděrové

Bc. Míle Frantíkové

za pomoc s prováděním experimentů

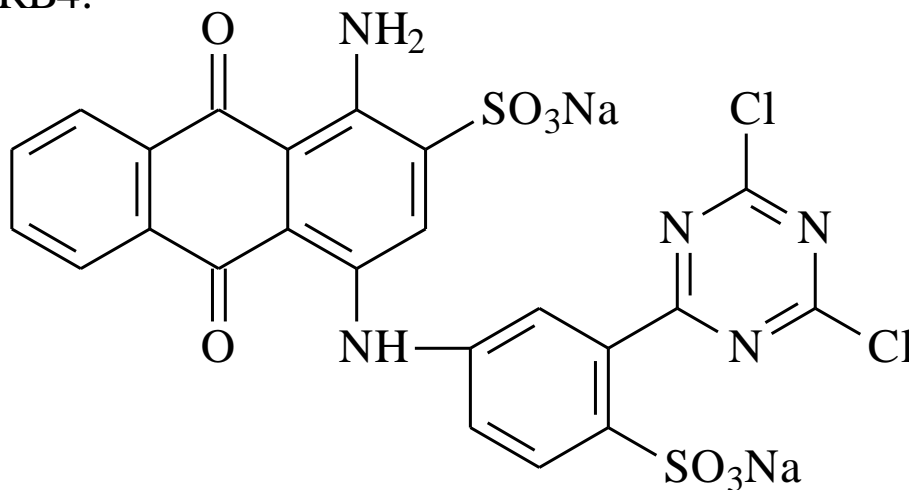
Ing. Lence Janíkové, Ph.D., za měření  
parametru AOX



Děkuji Vám za  
pozornost

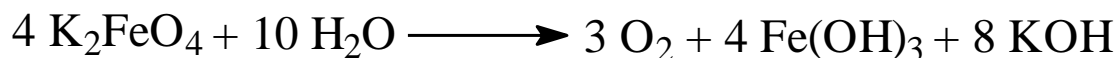
# Trocha výpočtů:

Oxidace barviva RB4:



Spotřeba kyslíku na oxidaci 2 molů barviva RB4:  $(135-16) \text{O} = 119 \text{O}$ , zaokrouhleno na  $60 \text{O}_2$

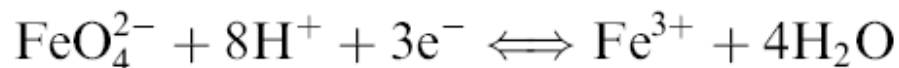
Rozklad  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  ve vodě:



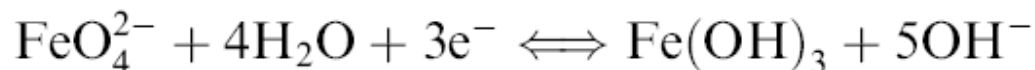
Spotřeba  $\text{K}_2\text{FeO}_4$ : 40 mol  $\text{K}_2\text{FeO}_4$  na oxidaci 1 molu barviva RB4 na konečné produkty oxidace



## Standardní redox potenciál železanu:



$$E^0 = 2.20 \text{ V} \quad (1)$$

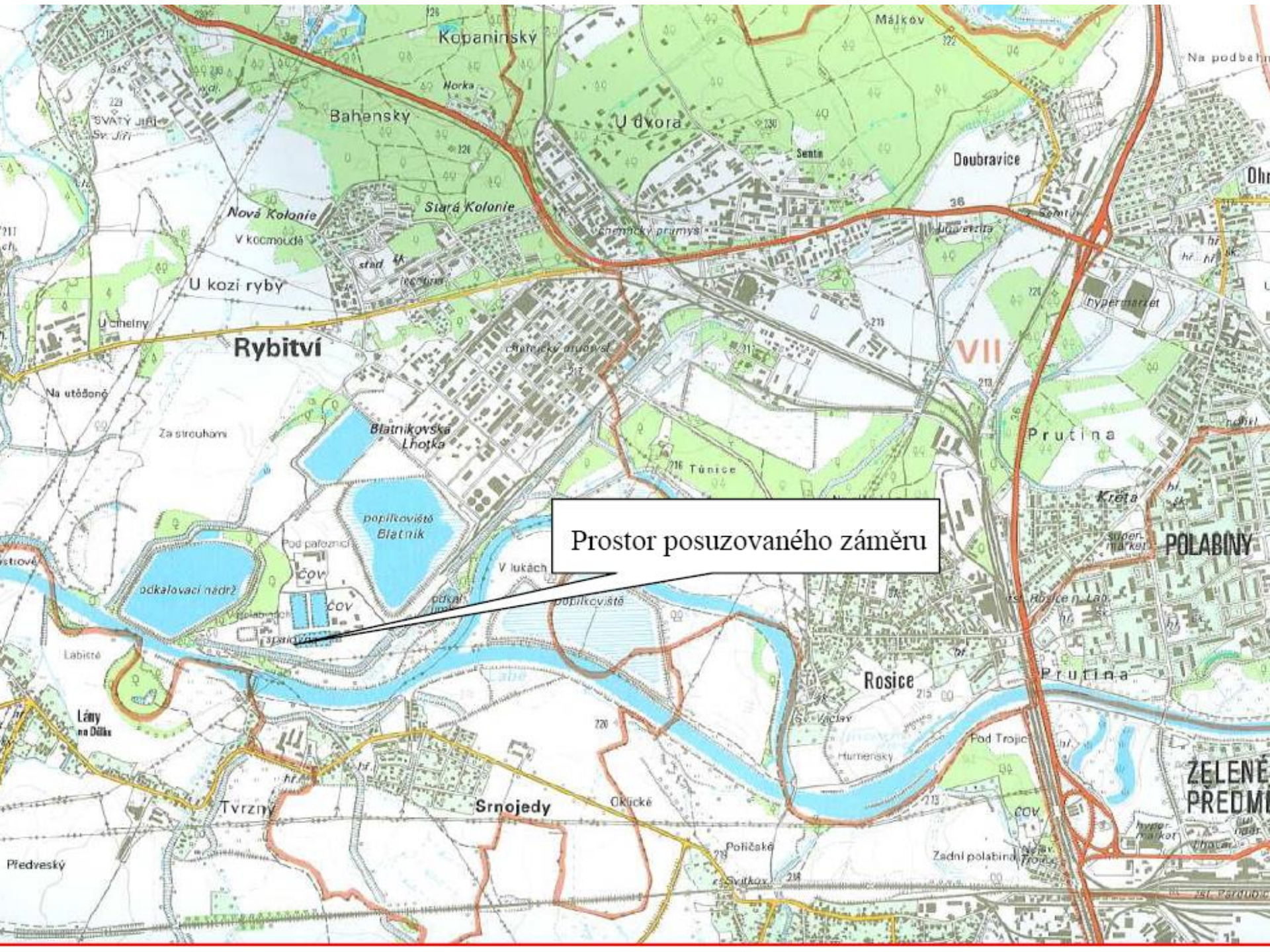


$$E^0 = 0.70 \text{ V} \quad (2)$$

Wood, R.H., 1958. The heat, free energy, and entropy of the ferrate(VI) ion. J. Am. Chem. Soc. 80, 2038–2041.

- Pankratov, A.N., Uchaeva, I.M., Doronin, S.Y., Chernova, R.K., 2001. Correlations between the basicity and proton affinity of substituted anilines. *J. Struct. Chem.* 42, 739–746.
- Rush, J.D., Zhao, Z., Bielski, B.H.J., 1996. Reaction of ferrate(VI)/ferrate(V) with hydrogen peroxide and superoxide anion- a stopped-flow and premix pulse radiolysis study. *Free Rad. Res.* 24, 187–198.
- Sharma, V.K., 2002. Potassium ferrate(VI): an environmentally friendly oxidant. *Adv. Environ. Res.* 6, 143–156.
- Sharma, V.K., Bielski, B.H.J., 1991. Reactivity of ferrate(VI) and ferrate(V) with amino acids. *Inorg. Chem.* 30, 4306–4310.
- Sharma, V.K., Burnett, C.R., Millero, F.J., 2001. Dissociation constants of monoprotic ferrate(VI) ion in NaCl media. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 3, 2059–2062.
- Sharma, V.K., Burnett, C.R., O'Connor, D.B., Cabelli, D., 2002. Iron(VI) and iron(V) oxidation of thiocyanate. *Environ. Sci. Technol.* 36, 4182–4186.
- Sharma, V.K., Rendon, R.A., Millero, F.J., Vazquez, F.G., 2000. Oxidation of thioacetamide by ferrate(VI). *Mar. Chem.* 270, 235–242.
- Sharma, V.K., Rivera, W., Joshi, V.N., Millero, F.J., 1999. Ferrate(VI) oxidation of thiourea. *Environ. Sci. Technol.* 33, 2645–2650.
- Sharma, V.K., Rivera, W., Smith, J.O., O'Brien, B., 1998. Ferrate(VI) oxidation of cyanide. *Environ. Sci. Technol.* 32, 2608–2613.
- Sharma, V.K., Smith, J.O., Millero, F.J., 1997. Ferrate(VI) oxidation of hydrogen sulfide. *Environ. Sci. Technol.* 31, 2486–2491.
- Shiota, Y., Kihara, N., Kamachi, T., Yoshizawa, K., 2003. A theoretical study of reactivity and regioselectivity in the hydroxylation of adamantane by ferrate(VI). *J. Org. Chem.* 68, 3958–3965.
- Ternes, T.A., Meisenheimer, M., McDowell, D., Sacher, F., Brauch, H.-J., Haist-Gulde, B., Preuss, G., Wilme, U., Zulei-Seibert, N., 2002. Removal of pharmaceutical during drinking water treatment. *Environ. Sci. Technol.* 36, 3855–3863.
- Thompson, G.W., Ockerman, L.T., Schreyer, J.M., 1951. Preparation and purification of potassium ferrate(VI). *J. Am. Chem. Soc.* 73, 1279–1281.
- Utrecht, J.P., Shear, N.H., Zahid, N., 1993. *N*-chlorination of sulfamethoxazole and dapsone by the myeloperoxidase system. *Drug Metab. Dispos.* 21, 830–834.
- Vogna, D., Marotta, R., Andreatti, R., Napolitano, A., d'Ischia, M., 2004. Kinetic and chemical assessment of the UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment of antiepileptic drug carbamazepine. *Chemosphere* 54, 497–505.
- Wood, R.H., 1958. The heat, free energy, and entropy of the ferrate(VI) ion. *J. Am. Chem. Soc.* 80, 2038–2041.
- Zeiner, C., Frimmel, F.H., 2000. Oxidative treatment of pharmaceuticals in water. *Water Res.* 34, 1881–1885.

- Eng, Y.Y., Sharma, V.K., Ray, A.K., 2004. Oxidation of cationic surfactant by ferrate(VI). In: Sharma, V.K., Jiang, J.-Q., Bouzek, K., (Eds.), Innovative Ferrate(VI) Technology in Water and Wastewater Treatment. pp. 117–123.
- Hirsch, R., Ternes, T.A., Haberer, K., Ludwig, K.K., 1999. Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. *Sci. Total Environ.* 225, 109–118.
- Hu, J.Y., Sharma, V.K., Tint, M.L., Ong, S.L., 2004. Oxidation of hormonal estrogens by potassium ferrate(VI). In: Sharma, V.K., Jiang, J.-Q., Bouzek, K., (Eds.), Innovative Ferrate(VI) Technology in Water and Wastewater Treatment. pp. 102–108.
- Huber, M.C., Canonica, S., Park, G.-Y., Gunten, U.V., 2003. Oxidation of pharmaceuticals during ozonation and advanced oxidation process. *Environ. Sci. Technol.* 37, 1016–1024.
- Ingerslev, F., Halling-Sorensen, B., 2000. Biodegradability properties of sulfonamides in activated sludge. *Environ. Toxicol. Chem.* 19, 2467–2473.
- Jiang, J.-Q., Lloyd, B., 2002. Progress in the development and use of ferrate salt as an oxidant and coagulant for water and wastewater treatment. *Water Res.* 36, 1397–1408.
- Jiang, J.Q., Lloyd, B., Grigore, L., 2001. Preparation and evaluation of potassium ferrate as an oxidant and coagulant for potable water treatment. *Environ. Eng. Sci.* 18, 323–331.
- Jones, O.A.H., Voulvoulis, N., Lester, J.N., 2001. Human pharmaceuticals in the aquatic environment: a review. *Environ. Technol.* 22, 1383–1394.
- Jones, O.A.H., Voulvoulis, N., Lester, J.N., 2002. Aquatic environmental assessment of the top 25 English prescription pharmaceuticals. *Water Res.* 36, 5013–5022.
- Jorgensen, S.E., Halling-Sorensen, B., 2000. Drugs in the environment. *Chemosphere* 40, 691–699.
- Latch, D.E., Stender, B.L., Packer, J.L., Arnold, W.A., McNeill, K., 2003. Photochemical fate of pharmaceuticals in the environment: cimetidine and ranitidine. *Environ. Sci. Technol.* 37, 3342–3350.
- Lee, Y., Cho, M., Kim, J.Y., Yoon, J., 2004. Chemistry of ferrate(Fe(VI)) in aqueous solution and its applications as green chemical. *J. Ind. Eng. Chem.* 10, 161–171.



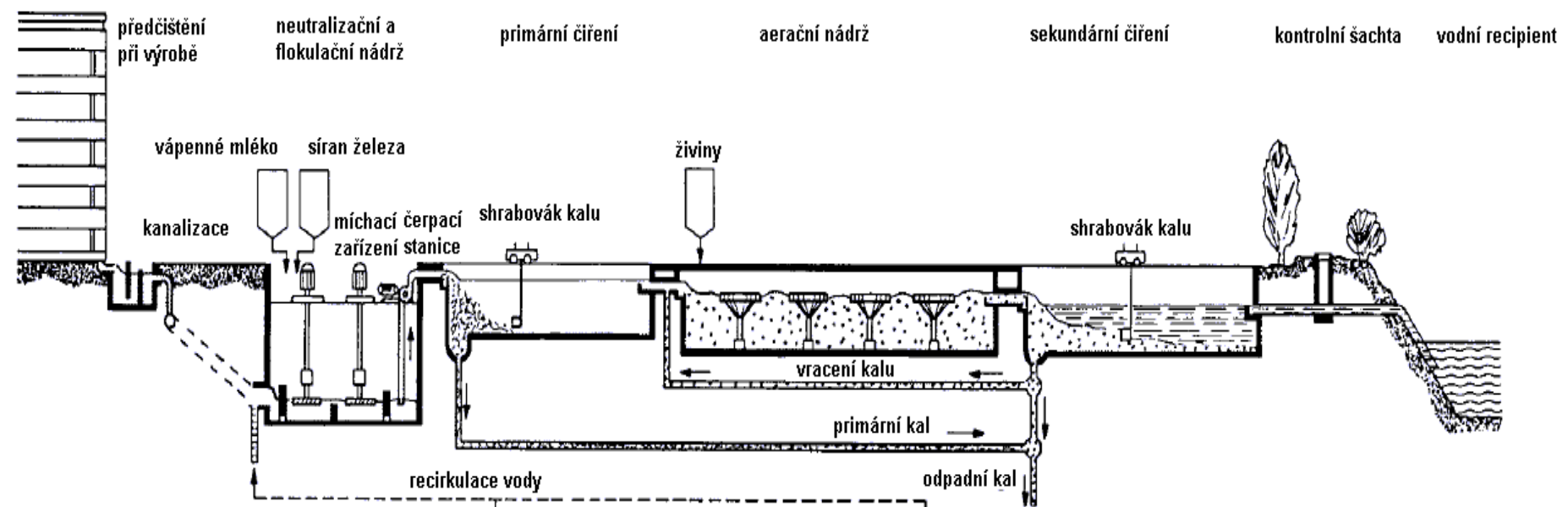
Prostor posuzovaného záměru

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

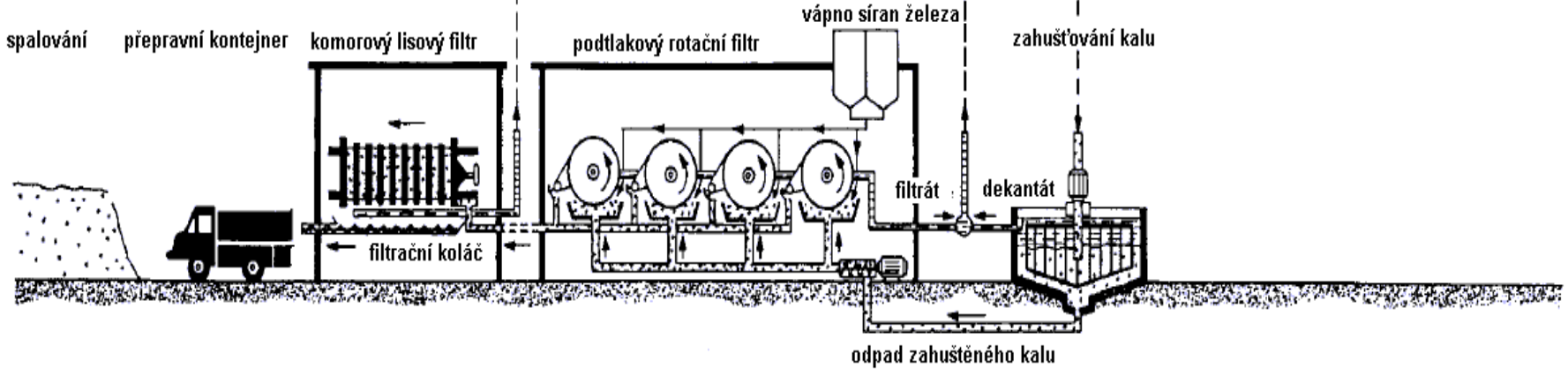


# BČOV Pardubice-Rybitví, provozovatel Veolia, a.s.:

## Čištění odpadních vod



## Zpracování kalů



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



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

...problémem bývá parametr AOX



**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

## 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)

## **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

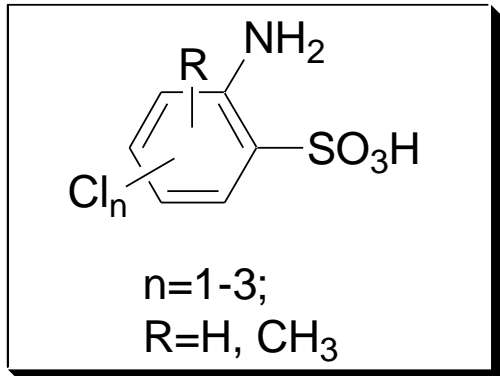
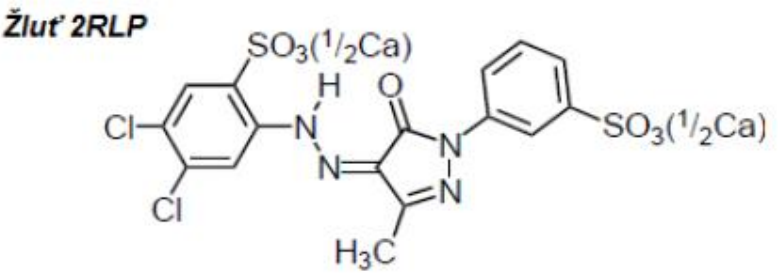
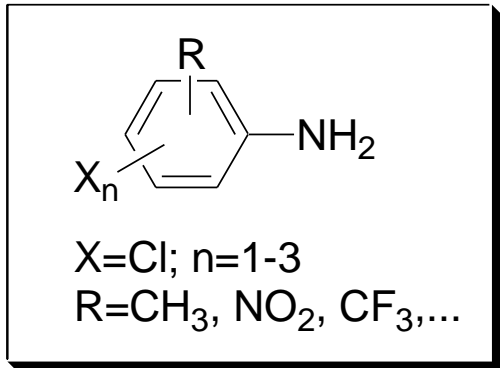
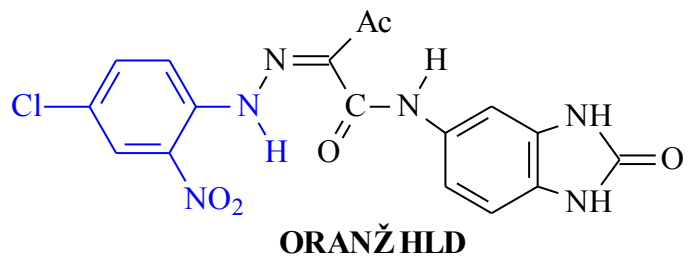
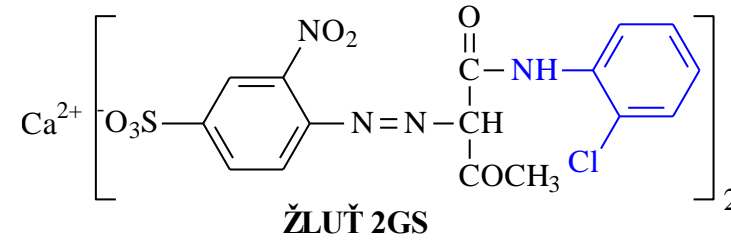
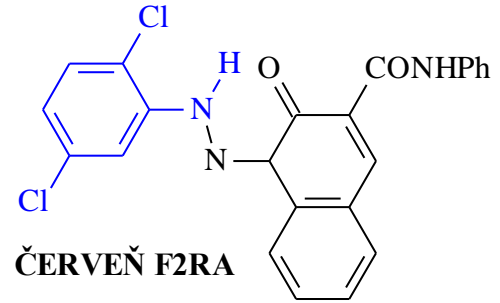
**Co je zdrojem emisí AOX v odpadních vodách z Pardubic?**

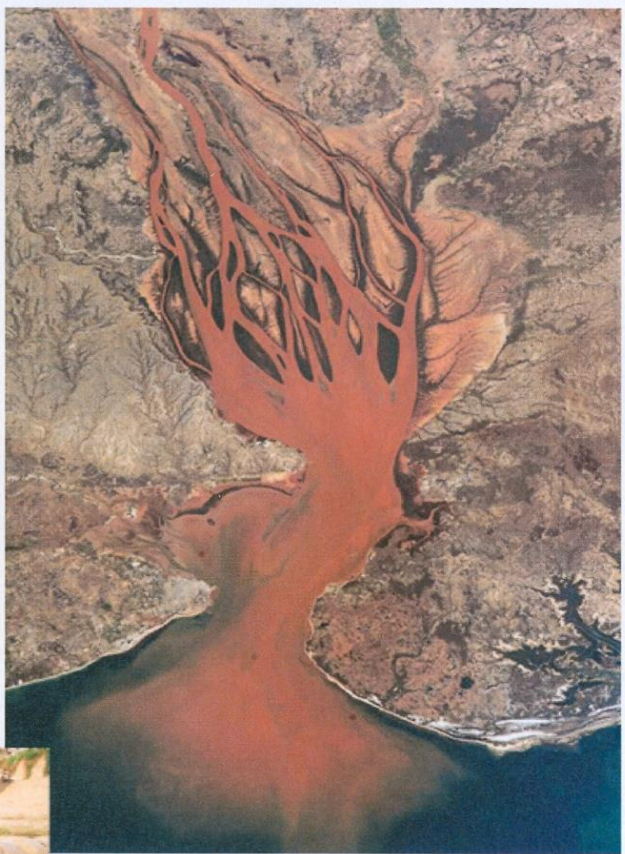
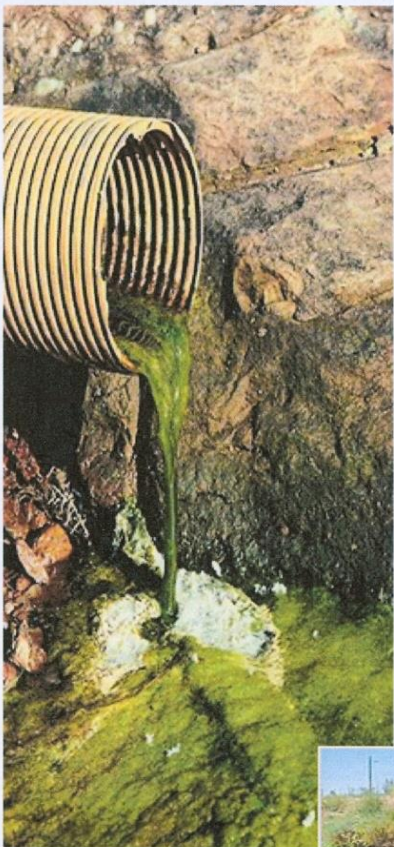
**Do recipientu vypouštěná voda: ...pění jak malinová limonáda, do Labe to má sto metrů... (Autor: [Ludvík Hradilek](#))**



# Využití halogenovaných aromatických sloučenin pro výrobu pigmentů:

- halogenované aniliny a sulfonové kyseliny





# Poděkování:

- Bc. Šárce Martinkové
- Ing. Janě Martinkové-Václavíkové
- Ing. Lence Krchové
- Ing. Lucii Joskové
- Ing. Tereze Fulínové
- Ing. Anně Krejčové, Ph.D. a paní Naděždě Špácové (ICP-OES)
- Ing. Lence Bandžuchové, Ph.D. (měření AOX)
- Ing. Dagmar Pospíšilové (VŠCHT Praha)
- Ing. Mgr. Lubomíru Prokešovi (PřF, Masarykova Univerzita)

Kolegům ze Synthesie:

Ing. Janu Vyňuchalovi, Ph.D.

Ing. Milanu Koplíkovi, Ph.D.

Ing. Luděkovi Kupczakovi

za zpřístupnění některých technologií a za možnost praktického ověřování postupů na reálných vodách



Děkuji Vám za  
pozornost



## **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.

# Biologická odbouratelnost odpadních vod (OV) může být zhruba odhadnuta podle poměru parametrů **BSK/CHSK:**

## Zhruba platí:

- $BSK/CHSK > 0,4$       dobře odbouratelná
- $BSK/CHSK 0,2-0,4$       dobře až středně odbouratelná
- $BSK/CHSK < 0,2$       téměř neodbouratelná odpadní voda
  
- **$BSK_5$**  = biologická spotřeba kyslíku stanovovaná dle **ČSN 83 0530-37 (830530) Chemický a fyzikální rozbor povrchové vody. Stanovení biochemické spotřeby kyslíku**
- **$CHSK_{Cr}$**  = chemická spotřeba kyslíku stanovovaná chromanovou metodou dle **TNĚ 757520 - Jakost vod - Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem CHSK**
  
- **AOX** = adsorbovatelné organické halogenderiváty, souhrnný parametr stanovovaný dle **ČSN EN ISO 9562 (75 7531) „Jakost vod – Stanovení adsorbovatelných organicky vázaných halogenů“**

A gravel area with a red pipe barrier and a warning sign in front of a pond. The sign is white with black text. The background shows a pond with trees reflected in the water under a cloudy sky.

**SOUKROMÝ POZEMĚK SYNTHESIA, a.s.**  
**STŘEŽENÝ PROSTOR**  
**NEPOVOLANÝM VSTUP ZAKÁZÁN**

# 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.