

# *Kommunális szennyvizek kezelése ferrát-technológiával*

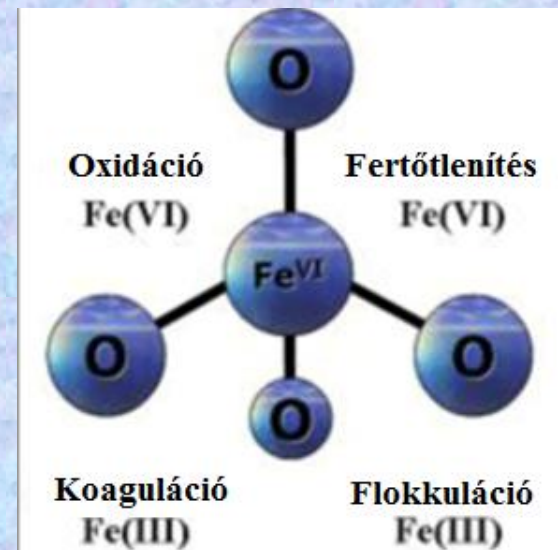
*Gombos Erzsébet  
Környezettudományi Doktori Iskola  
III. éves hallgató*

*Témavezető: dr. Záray Gyula  
Konzulens: dr. Barkács Katalin*

# PhD munkám célja

- Különböző típusú vizek kezelése ferrát-technológiával
  - Ferrát szakirodalom tanulmányozása
  - Ferrát hatásának vizsgálata:
    - fertőtlenítőképeség
    - különböző fizikai-kémiai vízparaméterek változása

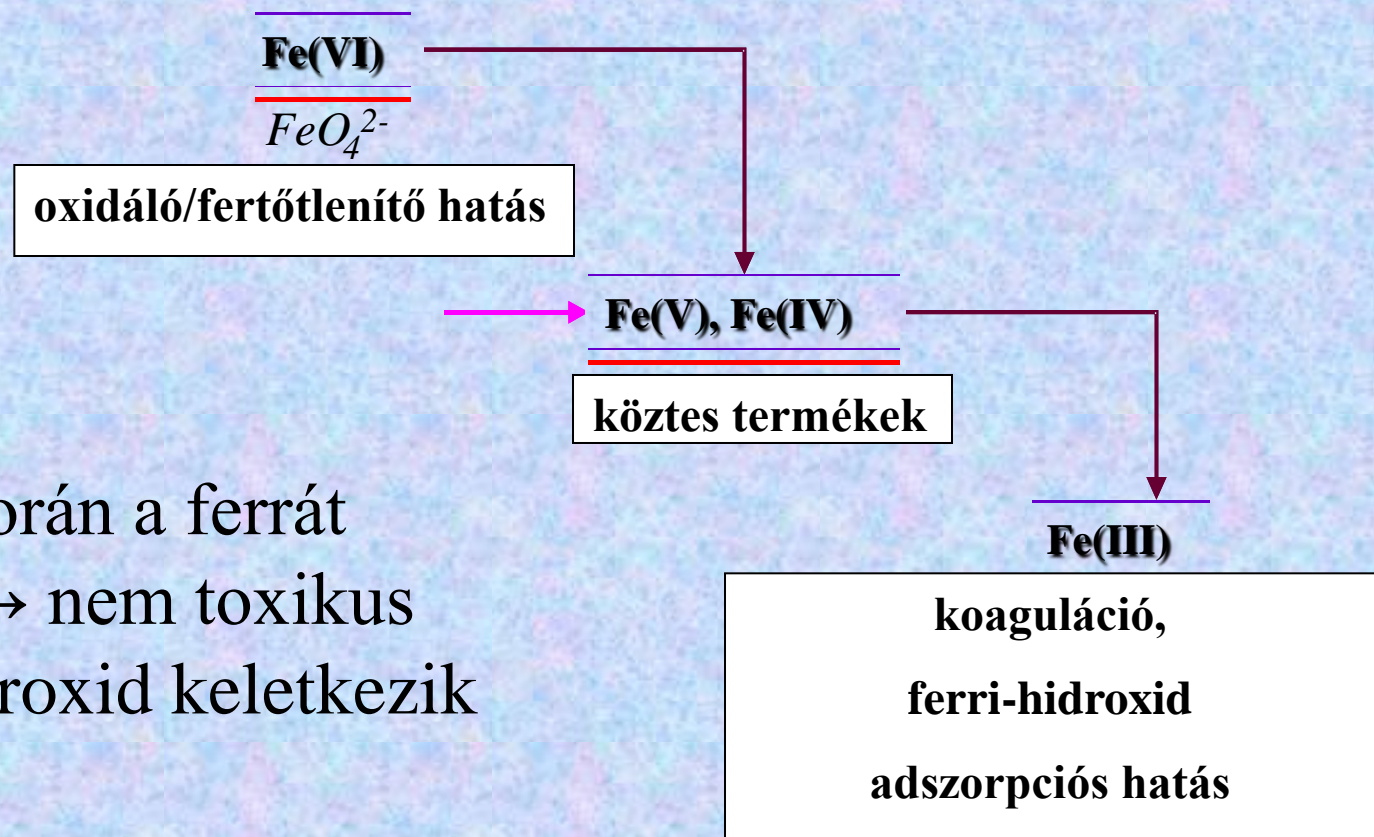
# Ferrát ( $\text{FeO}_4^{2-}$ )



- A ferrát a jelenleg ismert leghatékonyabb, mégis környezetbarát oxidáló-, és fertőtlenítőszer – hatókomponense a Fe(VI).
- Redoxipotenciálja pH-tól függően változik (savas közegben + 2,2 V, lúgos közegben + 0,7 V).
- Lúgos közegben hosszú ideig stabil.

# A ferrát hatásmechanizmusa

- oxidáció, koagulációs és flokkulációs folyamatok, adszorpció



- használata során a ferrát redukálódik → nem toxikus Fe(III)oxi-hidroxid keletkezik



# Kutatásom során elvégzett feladatok az előző két évben

- A ferráttal végrehajtott fertőtlenítési és KOI eltávolítási kísérletekkel, valamint a ferrát előállításával, hatásmechanizmusával foglalkozó cikkek szakirodalmának áttekintése, összefoglaló készítése.
- **Laboratóriumi kísérletek**
  - Ferrát előállítása laboratóriumi körülmények között;
    - ferrát hatóanyag tartalmának meghatározása;
    - ferrát valamint különböző makro- és mikro-szennyező anyagok kölcsönhatásának vizsgálata:
    - modell rendszerekkel és ipari vizekkel folytatott kísérletek;
    - előkísérletek kommunális szennyvizek elsősorban utótisztítási műveletben való kezelésére.

# 3. évi kutatómunka

- Biológiailag tisztított szennyvizek kezelése ferráttal
- Ferrát hatásának vizsgálata, valamint a klórozás és ferrát kezelés összehasonlítása:
  - fertőtlenítés
  - KOI (kémiai oxigén igény) és TOC (összes szerves szén) csökkentés
  - reaktív foszfát-tartalom csökkentése
  - lebegőanyag tartalom csökkentés
  - AOX (adszorbeálható szerves halogenidek) vegyületek keletkezése

# Ferrát kezelés kivitelezése

(laboratóriumi modell-rendszer)



Segítségével optimálni lehet a ferrátos technológia műszaki paramétereit és gazdaságosságát többféle vízkezelési területen.



# Vizsgált paraméterek

- **KOI<sub>kr</sub>**: MSZ 260/16-82 szerint
- **TOC**: Multi N/C 2100S készülékkel, MSZ EN 1484:1998 szerint
- **AOX**: Multi X 2000 AOX analizátor, Analytik Jena AG, MSZ EN 1485 ISO 9562: 2004 szerint
- **csíraszám meghatározás (MPN)**
- **genotípus vizsgálatok (T-RFLP)**

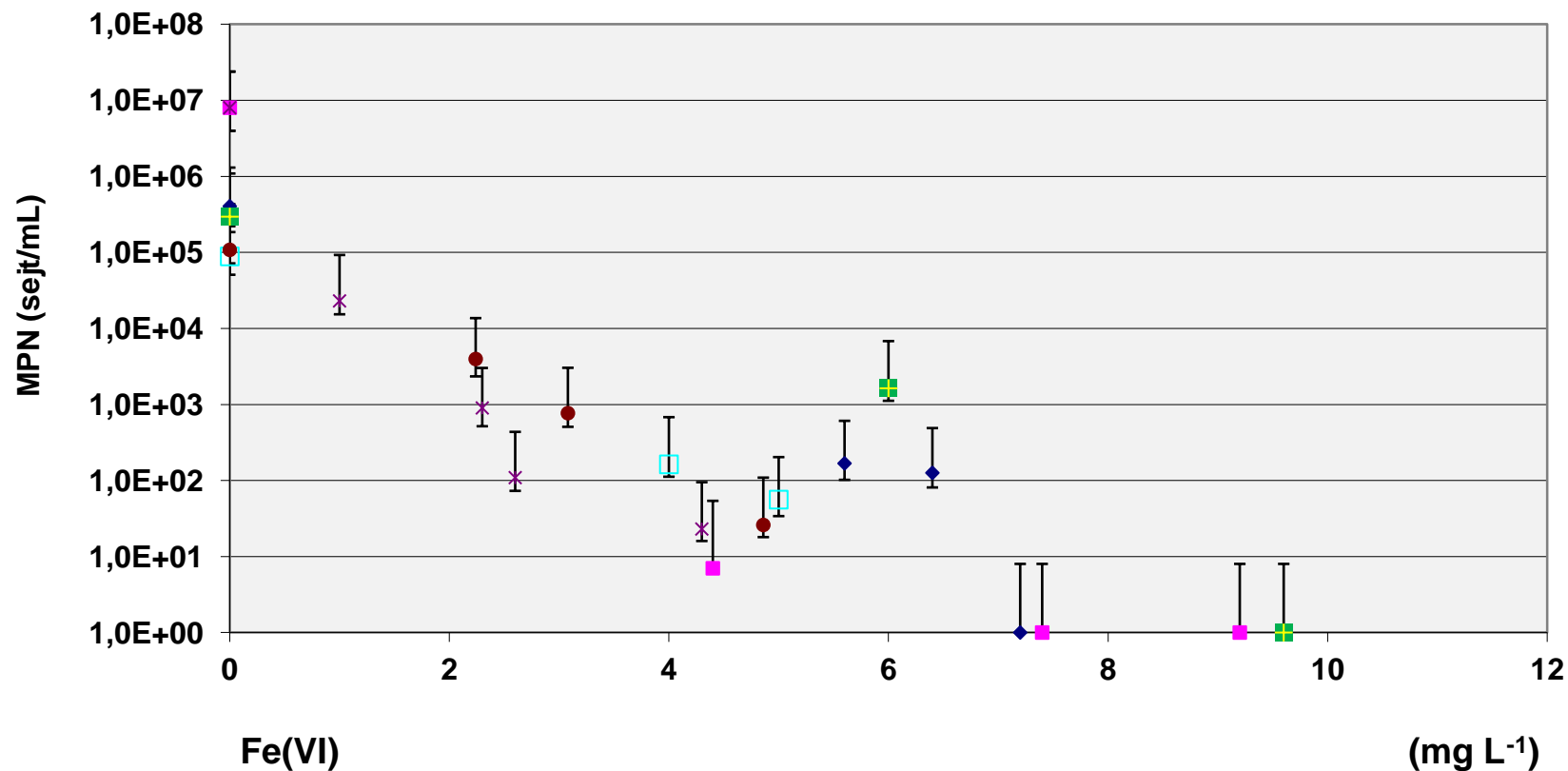


# Vizsgált paraméterek (folytatás)

- **pH:** Radelkis OP-264 típusú pH mérő, elektrokémiai módszer, MSZ 260-4 szerint
- **fajlagos elektromos vezetőképesség:** OK-102/1 típusú konduktométer, MSZ 448-32 szerint
- **reaktív  $\text{PO}_4^{3-}$ :** MSZ/260/20-80, spektrometriás módszer
- **lebegőanyag** tartalom meghatározás: MSZ-260/3-73

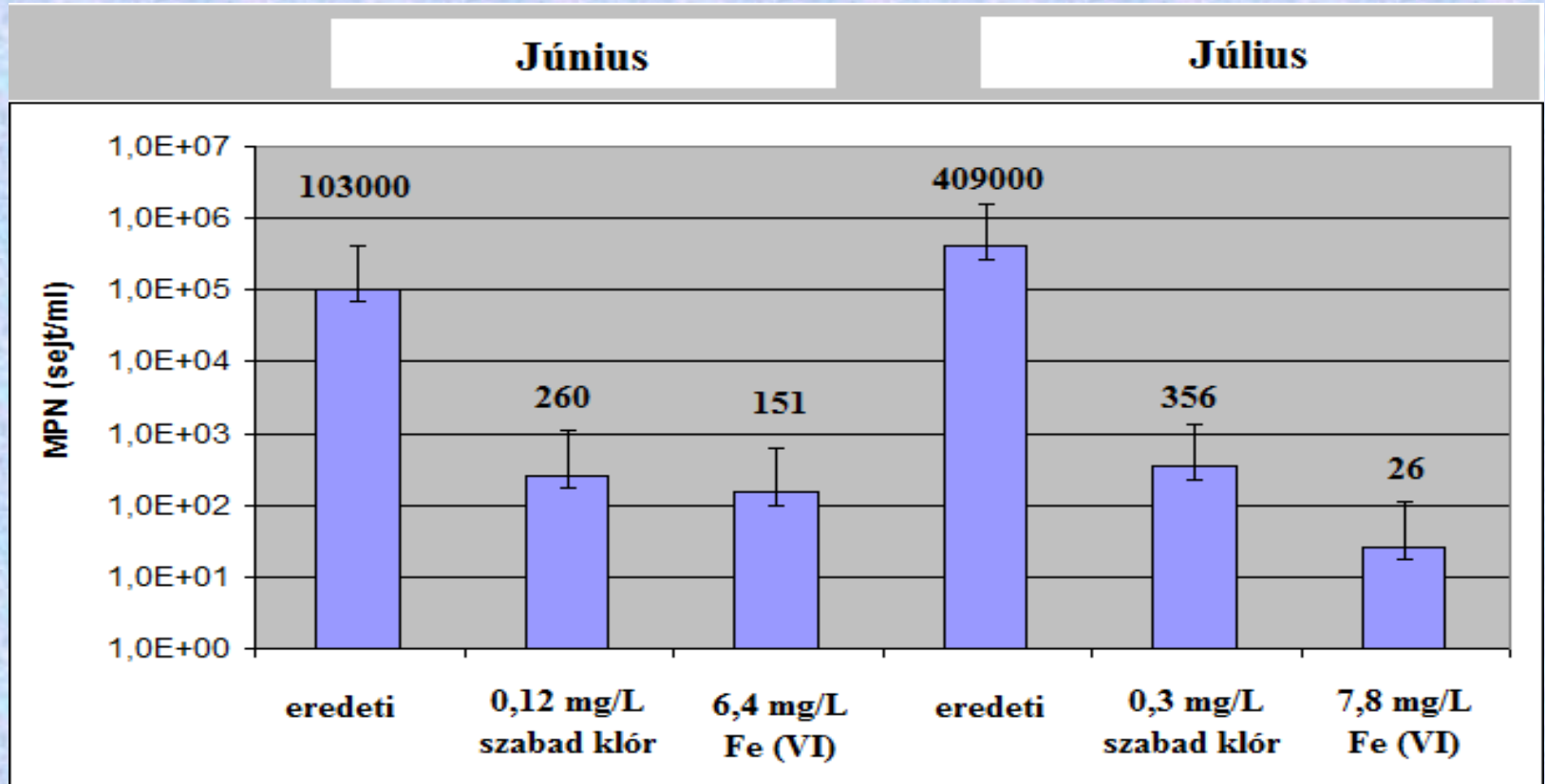
# Ferrát fertőtlenítő hatása különböző kiindulási csíraszámok esetében

(Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep biológiailag tisztított szennyvize, n=5)



# A ferrát és a klór fertőtlenítő hatásának összehasonlítása

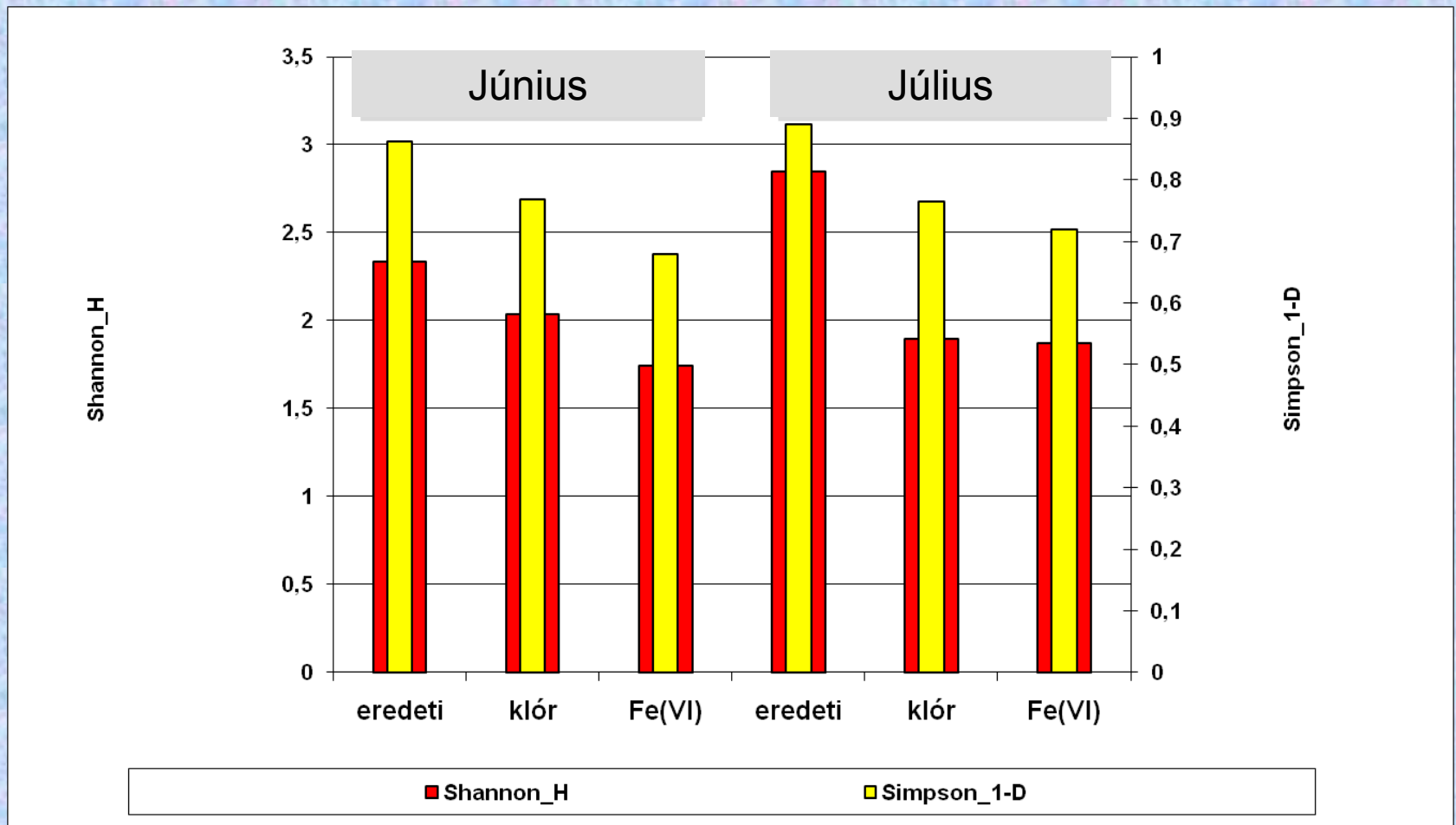
(Eredeti, klórral illetve ferráttal kezelt tisztított szennyvízmintákban mért csíraszámok)



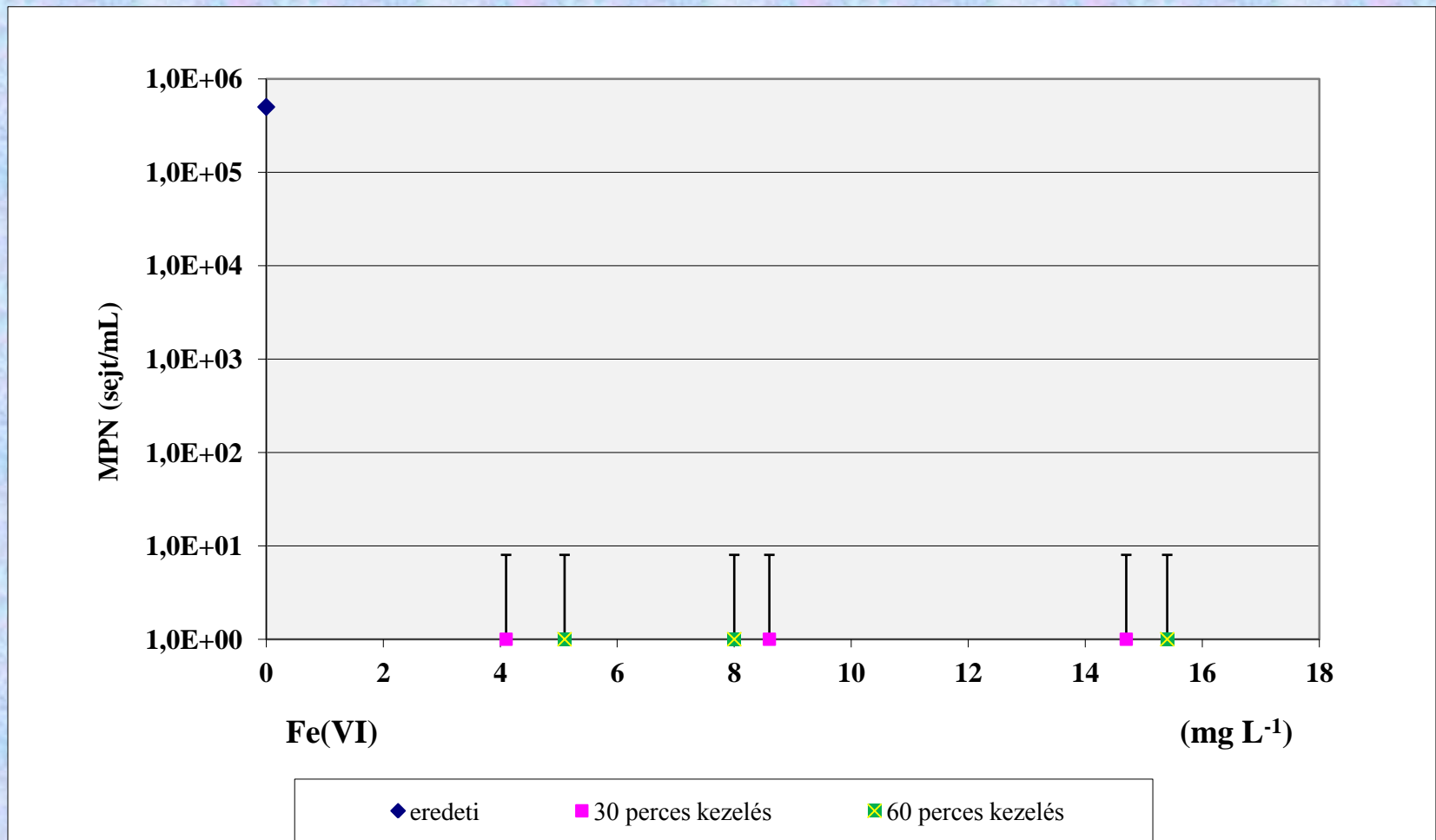
Klórozás: 15 mg L<sup>-1</sup>  
Kontaktidő: 30 perc



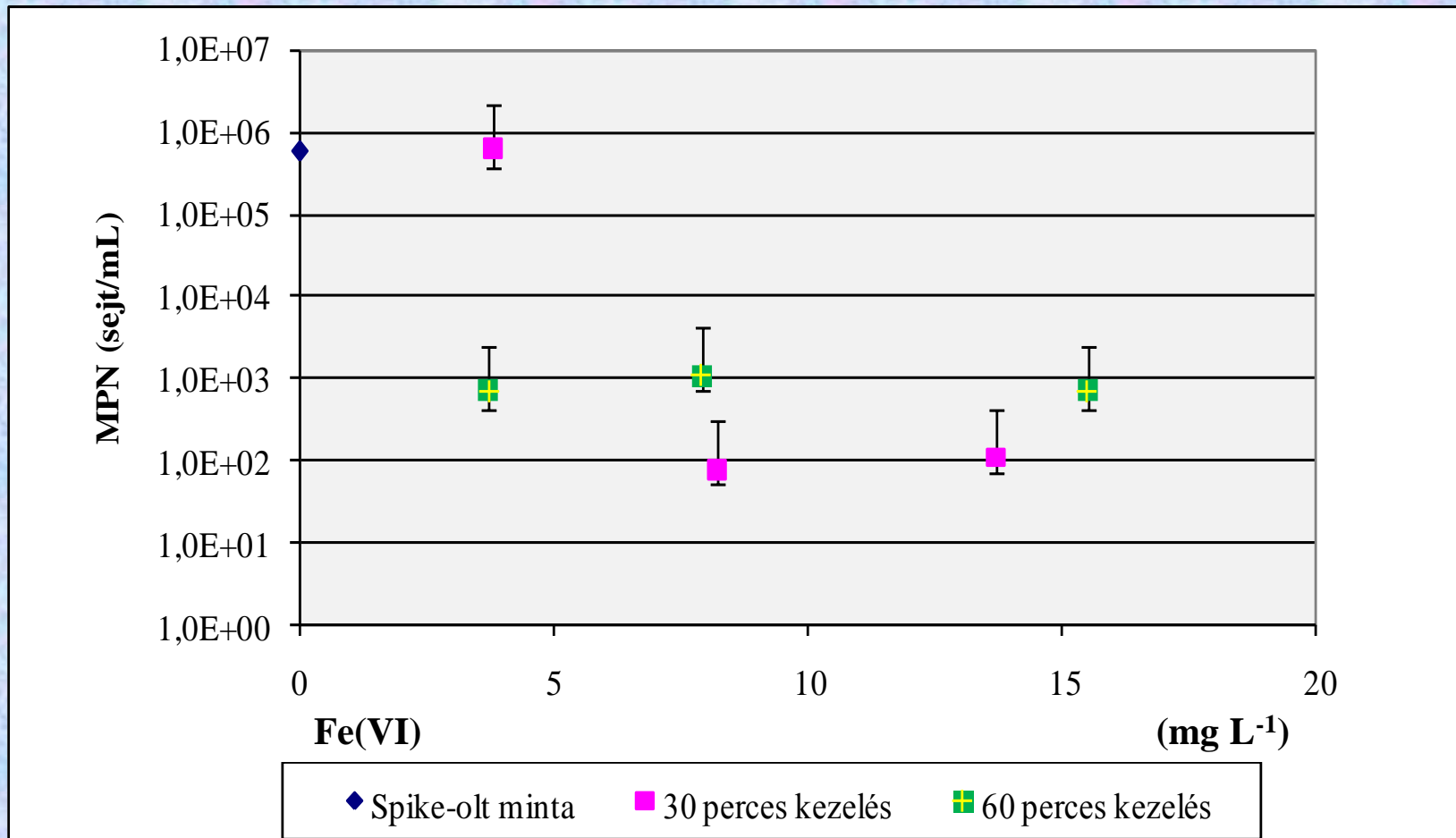
# Az eredeti, klórral illetve ferráttal kezelt, tisztított szennyvízmintákra vonatkozó biodiverzitás indexek



# Biológiailag tisztított, sterilizált, klórrezisztens *Mycobacterium frediksbergense* baktériumokkal szennyezett szennyvíz kezelése ferráttal



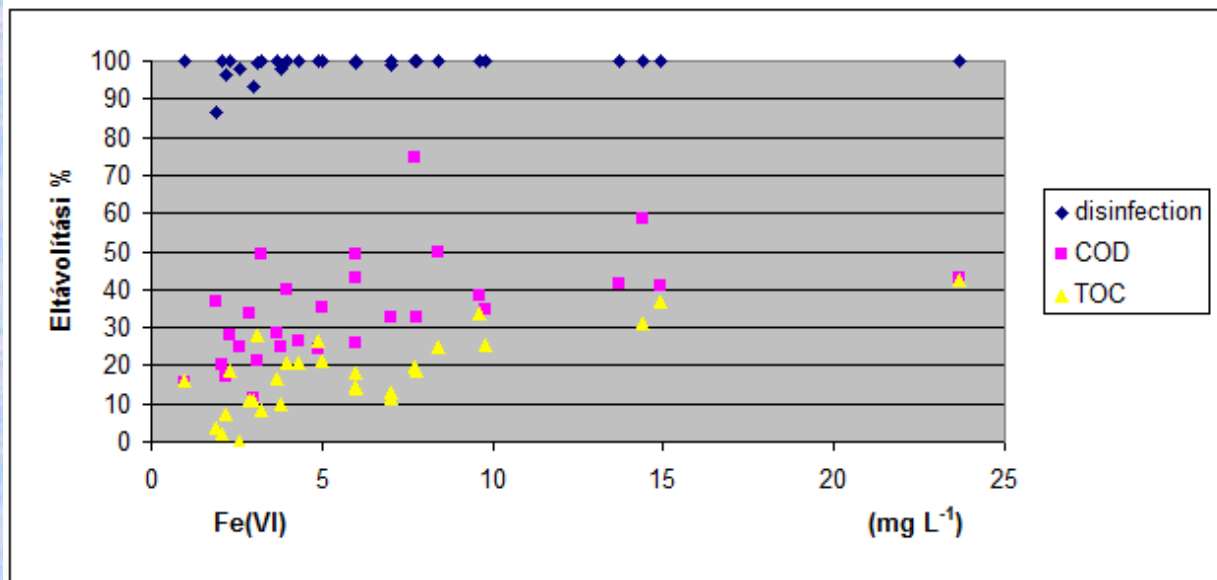
# Biológiailag tisztított, sterilizált, klórrezisztens baktériumokkal (*Mycobacterium sentense*, *Bacillus licheniformis* és *Mycobacterium frediksbergense*) szennyezett szennyvíz kezelése ferráttal



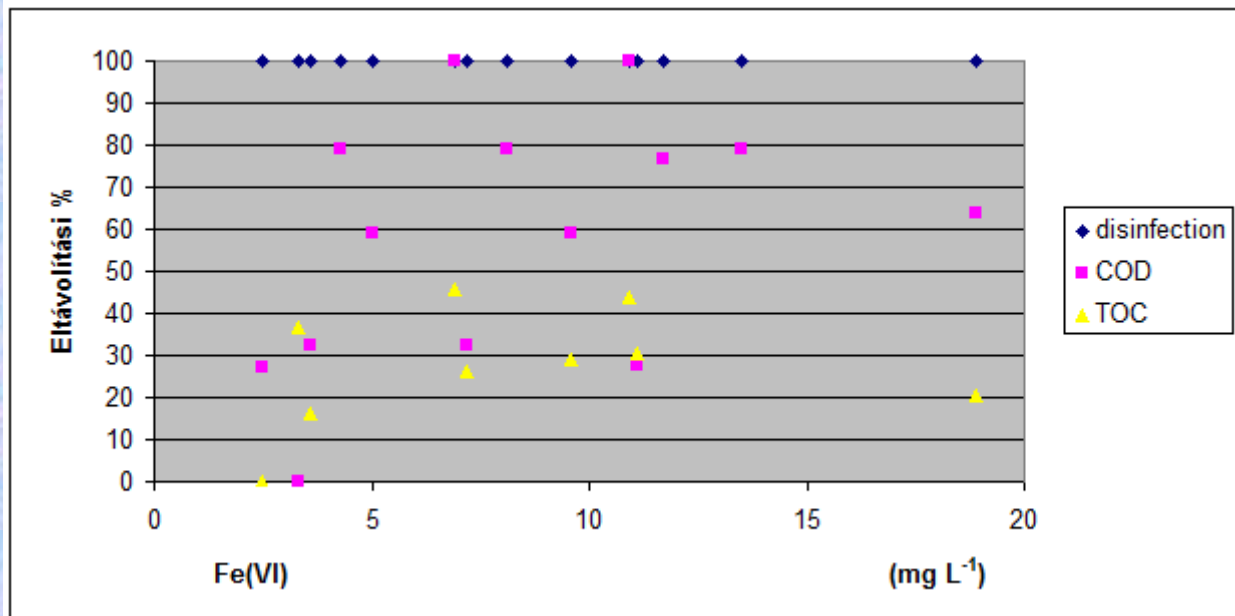


# Fertőtlenítés, KOI és TOC csökkentés ferráttal

Dél-pesti biológiailag tisztított szennyvíz

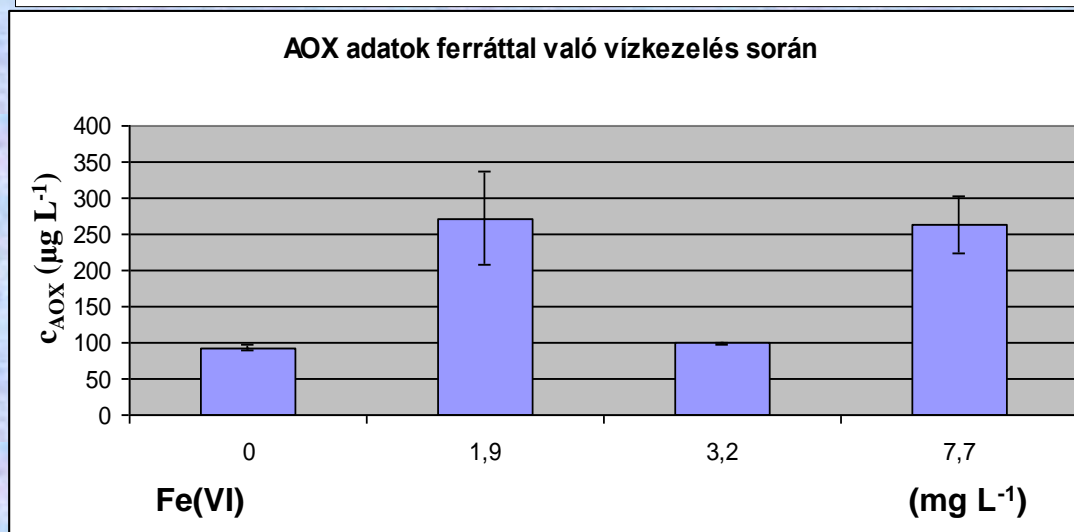
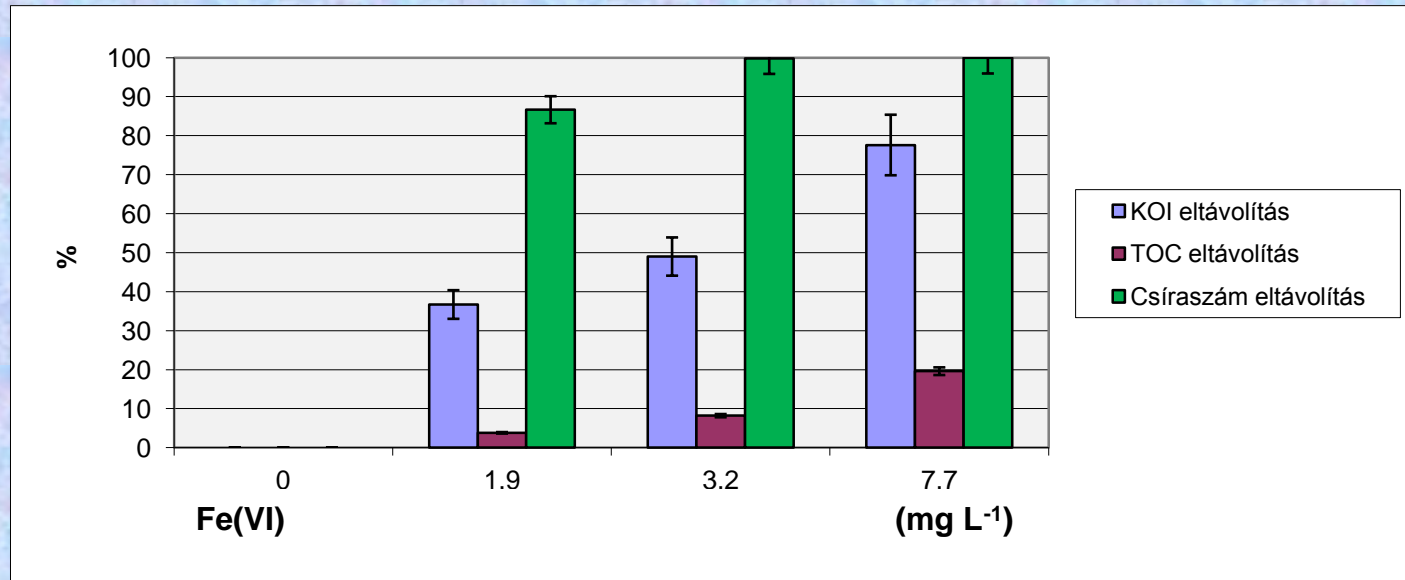


Észak-pesti biológiailag tisztított szennyvíz



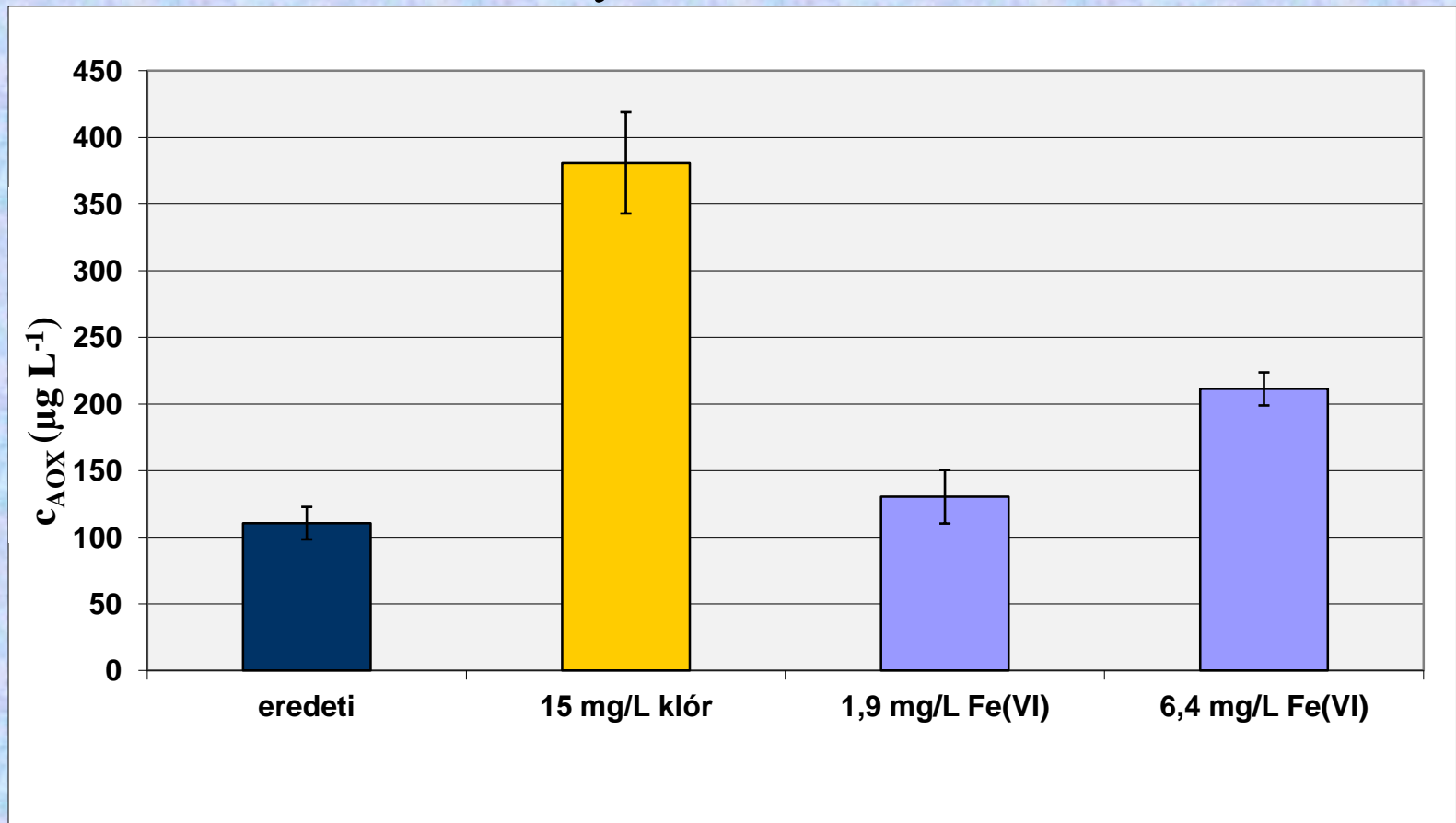
# A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep tisztított szennyvizének kezelése ferráttal

KOI: 49 mg O<sub>2</sub>/L, TOC: 15,8 mg C/L, csíraszám: 42000 sejt/mL



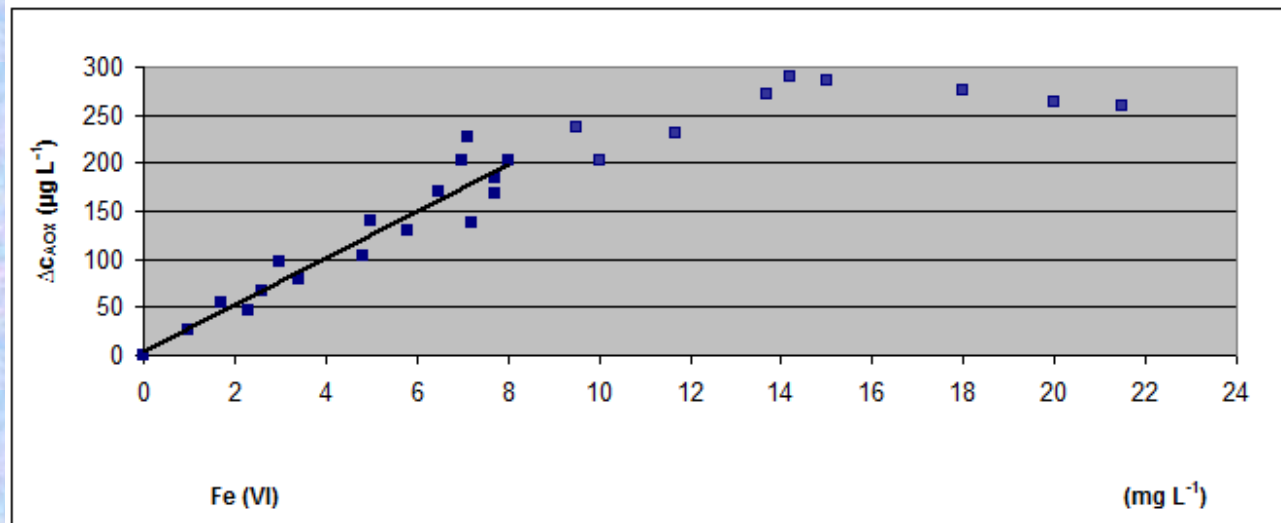
# Klórozás és a ferrát hatása az AOX koncentrációra

Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep biológiáról elfolyó szennyvizének kezelése



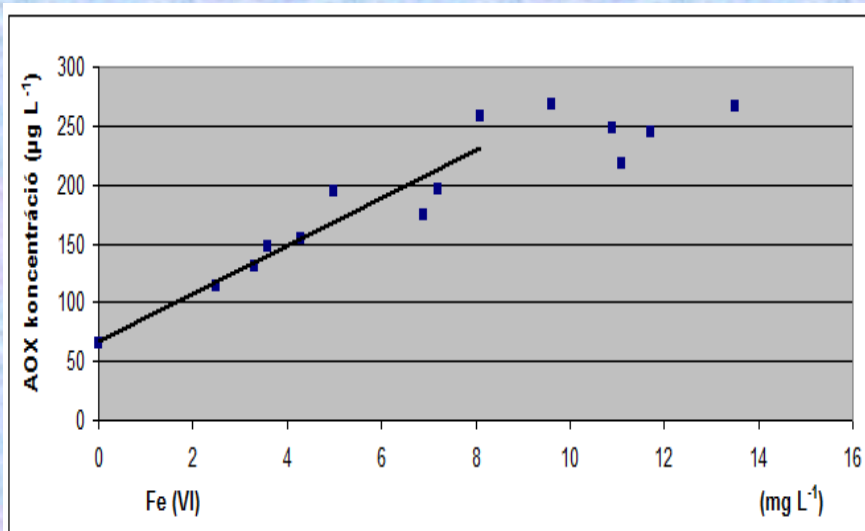


# AOX vegyületek képződése ferráttal való vízkezelés során



Dél-pesti biológiailag tisztított szennyvíz

$$\Delta c_{\text{AOX}} = 24,4c_{\text{Fe(VI)}} + 3,9$$
$$R^2 = 0,9023$$



Észak-pesti biológiailag tisztított szennyvíz

$$c_{\text{AOX}} = 20,3c_{\text{Fe(VI)}} + 67,3$$
$$R^2 = 0,8856$$

# Ferrát- és klór-kezelések hatásának összehasonlítása

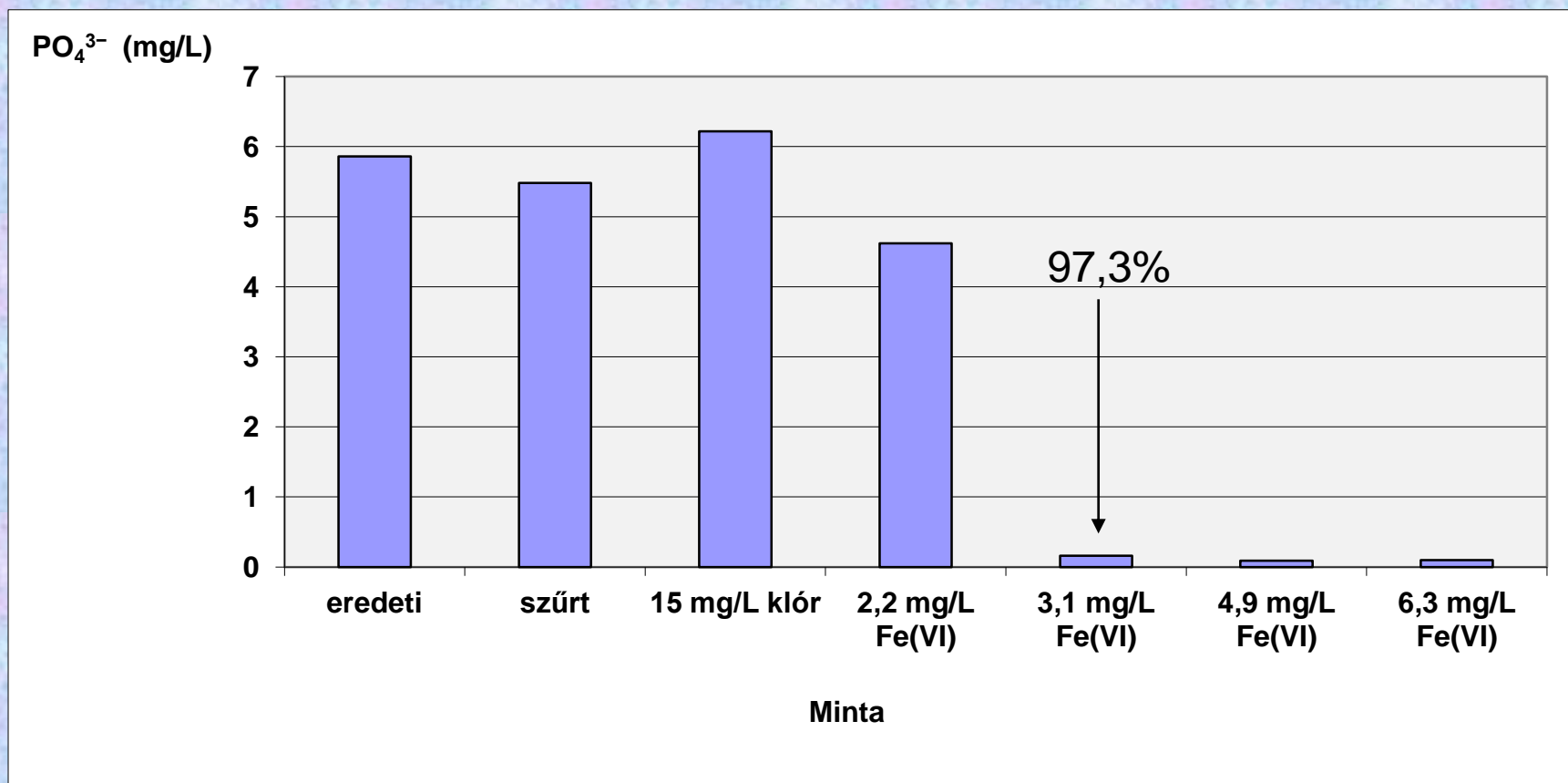
(Dél-pesti szennyvíz esetén)

| Paraméterek  | KOI<br>eltávolítás<br>(%) | TOC<br>eltávolítás<br>(%) | AOX<br>( $\mu\text{g/L}$ ) |
|--|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Ferráttal<br>[3 mg/L Fe(VI)]<br>kezelt kommunális<br>szennyvíz | $28,9 \pm 16,2$           | $14,5 \pm 9,0$            | $176,3 \pm 59,2$           |
| Telepen klórozott<br>(15 mg/L)<br>kommunális<br>szennyvíz      | $31,9 \pm 13,6$           | $0,8 \pm 1,1$             | $307,1 \pm 97,0$           |

n=5

# A ferráttal történő kezelés hatása a biológiailag tisztított szennyvíz reaktív foszfáttartalmának alakulására

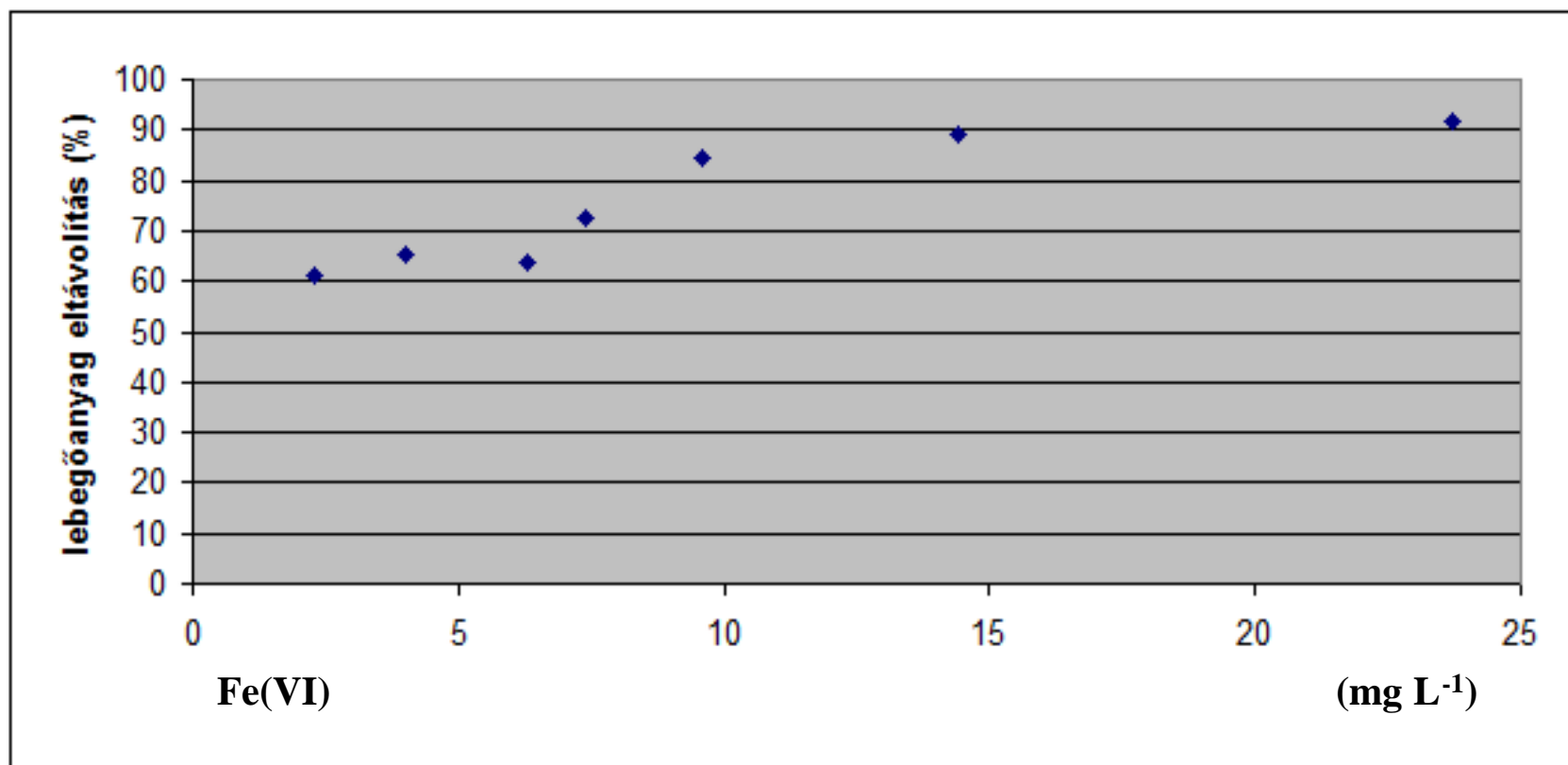
kiindulási koncentráció: 5,86 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$



Szűrés: 0,45  $\mu\text{m}$  pórusméretű membránon



# Lebegőanyag tartalom eltávolítás ferrát-technológiával



n=7, NTU: 1,5-3,4

# Összefoglaló

- Ferrát-technológiával kommunális, biológiailag tisztított szennyvizek kezelését valósítottam meg
- Eredményeim alapján megállapítható:
  - 3-5 mg/L Fe(VI) elegendő a biológiailag tisztított kommunális szennyvizek hatékony fertőtlenítéséhez
  - a csíraszám eltávolítás mértékében mindkét oxidálószer hatékony (bár ugyanaz a hatékonyság a ferráthoz képest háromszoros Cl<sub>2</sub> adaggal érhető el)

- klórrezisztens baktériumok 99,9 %-ot meghaladó mértékben eltávolíthatók ferráttal 4-8 mg Fe(VI)/L koncentrációval, 30 perces kontaktidő mellett
- ferrátos kezeléssel (átlagosan 8-10 mg/L Fe(VI)) 40-50 % KOI és 20-30 % TOC eltávolítás érhető el
- a ferrát technológia a klórozáshoz képest kisebb mennyiségű toxikus melléktermék kialakulását eredményezi (AOX)
- ferrát alkalmazásával eredményesen eltávolítható a vízminták foszfát- valamint lebegőanyag tartalma

# Cikkek, tanulmányok

Referált folyóirat cikkek:

- Erzsébet Gombos, Tamás Felföldi, Katalin Barkács, Csaba Vértes, Balázs Vajna, Gyula Záray: Ferrate treatment for inactivation of bacterial community in municipal secondary effluent, *Bioresource Technology* 107 (2012) 116-121
- Erzsébet Gombos, Katalin Barkács, Tamás Felföldi, Csaba Vértes, Magdolna Makó, György Palkó, Gyula Záray: Removal of organic matters in wastewater treatment by ferrate (VI)-technology, *Microchemical Journal*, megjelenés alatt

A Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. részére 2010-ben készült tanulmányok:

- Ferrát-technológia alkalmazása a szennyvíztisztításban - Szakirodalmi áttekintés
- A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep kifolyójánál vett vízminták fertőtlenítése céljából végzett laboratóriumi kísérletek eredményei
- A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep kifolyójánál vett vízminták szerves- és lebegőanyag tartalmának eltávolítása céljából végzett laboratóriumi kísérletek eredményei
- Az optimális ferrát-koncentráció és a ferrátkezelés hatására kialakuló vízparaméterek meghatározása



# Konferenciák

- Ferrát-technológia alkalmazása biológiailag tisztított szennyvizek fertőtlenítésére – MKE 1. Nemzeti Konferencia, Sopron (2011. május 22-25.) - előadás
- Removal of organic matters in wastewater treatment by ferrate technology – XIV Hungarian-Italian Symposium on Spectrochemistry: XIV HISS, Analytical Techniques and Preservation of Natural Resources, Sümeg (2011. October 5-7.)
- Ferrát-technológia alkalmazása kommunális szennyvíz utókezelésére – ELTE Innovációs Nap, Budapest (2012. február 23.)
- Ferrát-technológia alkalmazása kommunális szennyvíz utókezelésére – XVII. Bolyai Konferencia, Budapest (2012. május 5.)
- Disinfection and organics removal of secondary effluents by ferrate-technology – 6 th International Conference for Young Water Professionals, Budapest 2012. július 10-13.

# Köszönetnyilvánítás

- **Dr. Barkács Katalin adjunktus**
- **Dr. Záray Gyula egyetemi tanár**
- **Dr. Felföldi Tamás egyetemi tanársegéd**
- **Dr. Vajna Balázs egyetemi tanársegéd**
- **Jurecska Laura PhD hallgató**
- **Dobosy Péter szakdolgozó**
- **Dr. Márialigeti Károly egyetemi tanár**
- **Dr. Vértés Csaba FTT-Középeurópai Kft.**
- **FCsM részéről Makó Magdolna, Tarjányiné Szikora Szilvia, Palkó György**

***Köszönöm megtisztelő  
figyelmüket!***