

A ferrát-technológia klórozással szembeni előnyei a kommunális szennyvizek utókezelésekor



Gombos Erzsébet
PhD hallgató

ELTE TTK Környezettudományi Kooperációs
Kutató Központ

Környezettudományi Doktori Iskolák
Konferenciája, Budapest

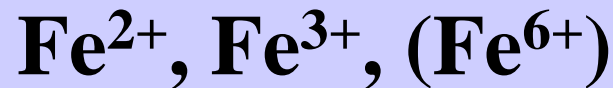
2012. augusztus 30-31.

Az előadás tartalma

- **A ferrát kémiai jellemzése, előállítása és hatásmechanizmusa**
- **Ferrát kezelés hatásának vizsgálata és klórozással való összehasonlítása kommunális szennyvizek utótisztítása során laboratóriumban végzett kísérletek**
 - **Fertőtlenítés, KOI és TOC csökkentés ferráttal**
 - **Klór-rezisztens baktériumok elpusztítása ferráttal**
 - **A ferrát és klórgáz hatásának összehasonlítása**
 - **Reaktív foszfát-tartalom csökkentés ferráttal**
 - **AOX vegyületek keletkezésének vizsgálata**

A ferrát kémiai jellemzése

- A vas lehetséges (stabil) vegyérték állapotai:



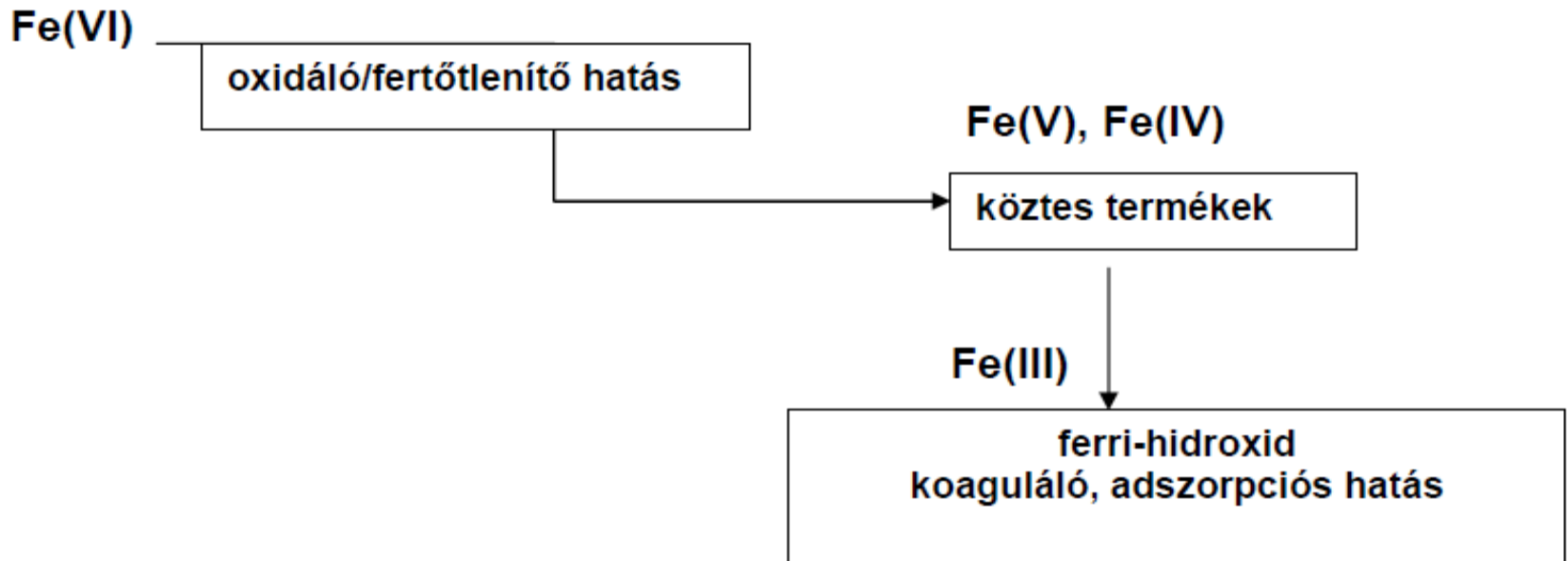
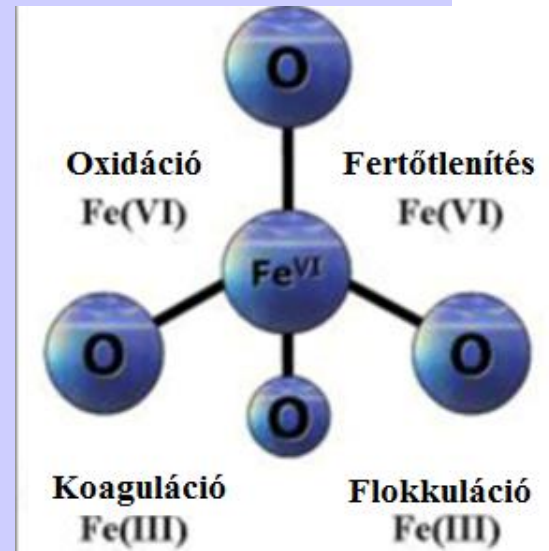
- A ferrát-ion (FeO_4^{2-}) redoxipotenciálja is pH-tól függően változik (savas közegben +2,2V, lúgos közegben +0,7V)

A ferrát ion lúgos közegben hosszú ideig stabil, míg savas közegben viszonylag hamar elbomlik

A víz- és szennyvízkezelésben használt oxidáló és fertőtlenítőszeres redoxi-potenciálja savas közegben (Jiang 2007)

| Fertőtlenítő/oxidálószer | Kémiai reakció | E ⁰ (V) |
|--------------------------|--|--------------------|
| Klór | $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$ | 0,841 |
| Klórdioxid | $\text{ClO}_{2(\text{aq})} + \text{e}^- \leftrightarrow \text{ClO}_2^-$ | 0,954 |
| Oldott oxigén | $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ | 1,229 |
| Klór | $\text{Cl}_{2(\text{g})} + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{Cl}^-$ | 1,358 |
| Perklorát | $\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$ | 1,389 |
| Hipoklorit | $\text{HClO} + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ | 1,482 |
| Permanganát | $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ | 1,507 |
| Permanganát | $\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 1,679 |
| Hidrogénperoxid | $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ | 1,776 |
| Ózon | $\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | 2,076 |
| Ferrát(VI) | $\text{FeO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}^-$ | 2,200 |

A Fe(VI) oxi-anionjának multifunkciós tulajdonságai

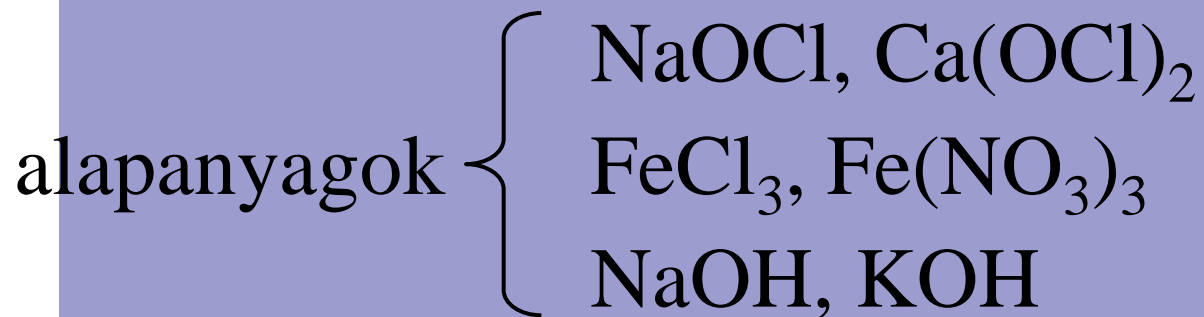
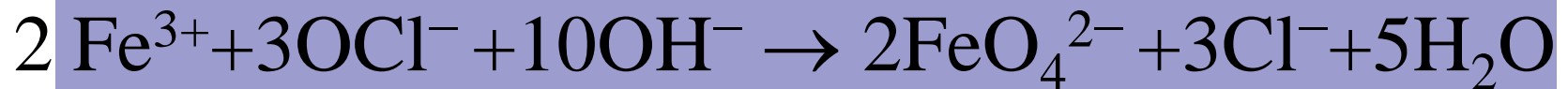


A ferrát előállítása

- nedves kémiai úton; Fe(III) vegyület lúgos közegben hipoklorittal végzett oxidációja révén
- száraz kémiai eljárással; káliumsók és vastartalmú ásványok ellenőrzött hőmérsékleten és atmoszférában végzett hevítése útján
- elektrokémiai oxidációs módszerrel; vas anód és lúgos közeg alkalmazásával

A nedves kémiai úton való előállítás előnyei

- könnyen adagolható
- homogénen eloszlatható
- egyszerűen hozzáférhető nyersanyagokból előállítható



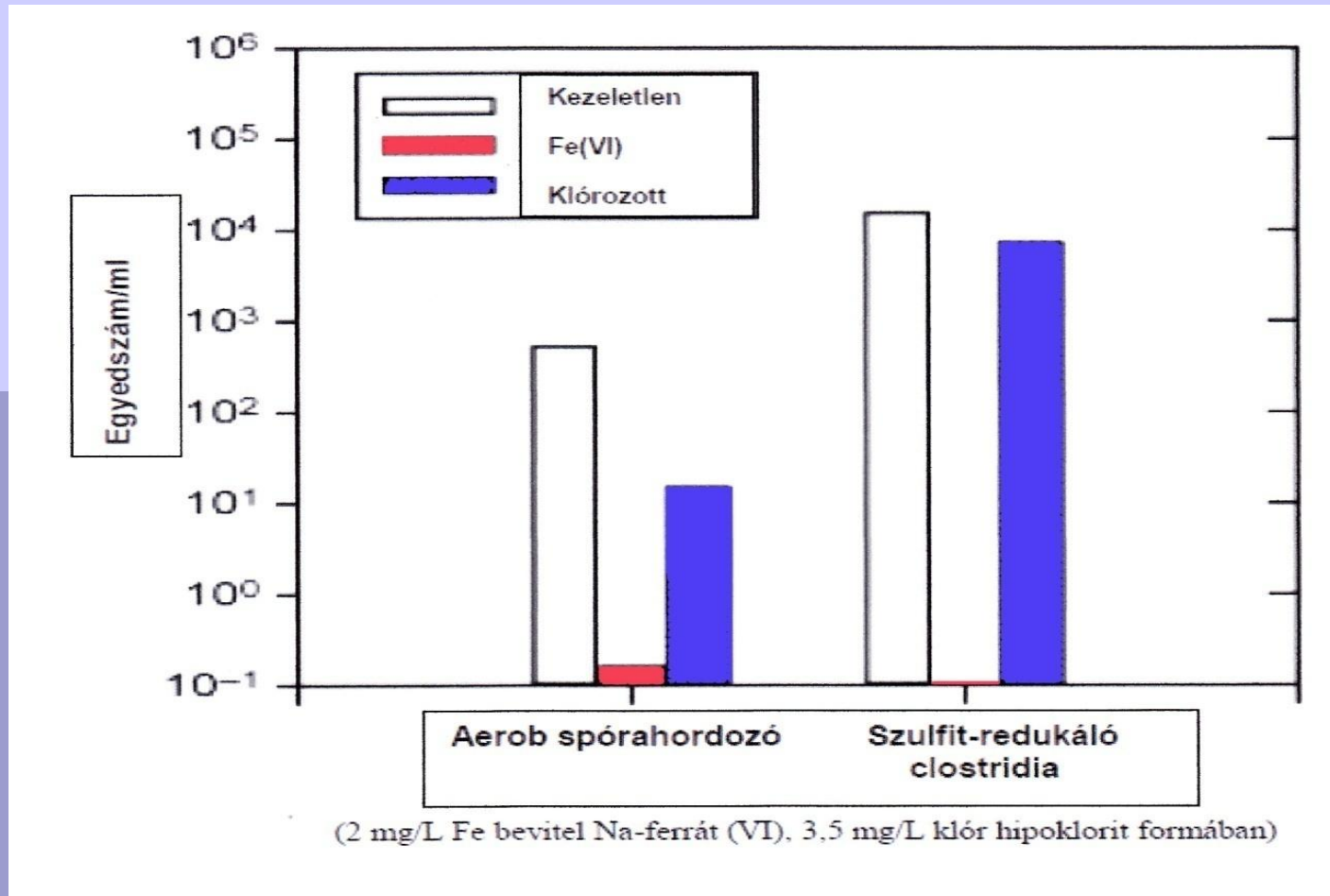
A ferrát 99,9 %-os fertőtlenítő hatására vonatkozó szakirodalmi adatok

| Vízminta eredete | Összes koliform (MPN/mL) | Adagolt Fe (VI) mennyisége (mg/L) | Hivatkozás |
|---|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Tóvíz (UK) | $1,2-2,1 \times 10^2$ | 0,5 | <i>Jiang et al. 2002</i> |
| Szennyvíz (Törökország) | $7,0 \times 10^{10}$ | 12,5 | <i>Karaatli 1998</i> |
| Folyóvíz (Japán) | $2,1 \times 10^2$ | 0,6 | <i>Sharma et al. 2005</i> |
| Biológiailag tisztított szennyvíz (USA) | $2,5 \times 10^5$ | 3,7 | <i>Waite 1979</i> |

MPN= most probable number (össz. csíraszám)

Folyóvíz fertőtlenítése K-ferráttal

(Sharma 2005)



A klórozásnak ellenálló baktériumokat is hatékonyan eltávolítja!

Ferrát kezelés kivitelezése (laboratóriumi modell-rendszer)



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

Dél-pesti és Észak-pesti szennyvizek jellemzői

| Paraméter | Dél-pesti szennyvíz (n* = 20) | Észak-pesti szennyvíz (n* = 5) |
|---|---|---|
| pH | 7,14 – 8,14 | 7,31 – 7,81 |
| fajlagos elektromos vezetőképesség (μS cm ⁻¹) | 1110 – 1585 | 1015 – 1075 |
| teljes KOI (mg L ⁻¹) | 26 – 204 | 12 – 43 |
| oldott KOI (mg L ⁻¹) | 21 – 172 | 6 – 26 |
| TOC (mg L ⁻¹) | 11,5 – 49,3 | 8,7 – 15,2 |
| DOC (mg L ⁻¹) | 11,1 – 38,4 | 8,2 – 9,5 |
| AOX (μg L ⁻¹) | 28 – 242 | 54 – 78 |
| Reaktív PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹) | <0,01 – 3,19 | 4,90 – 10,00 |
| MPN (sejt mL ⁻¹) | 3,10 10 ⁴ – 8,00 10 ⁶ | 2,58 10 ⁴ – 1,67 10 ⁶ |

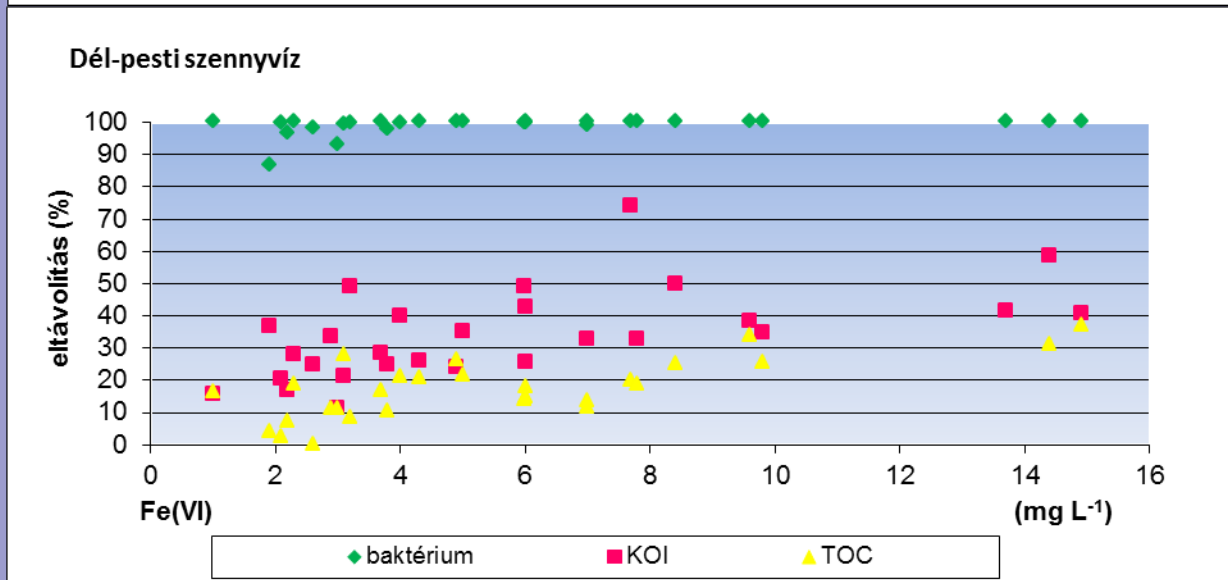
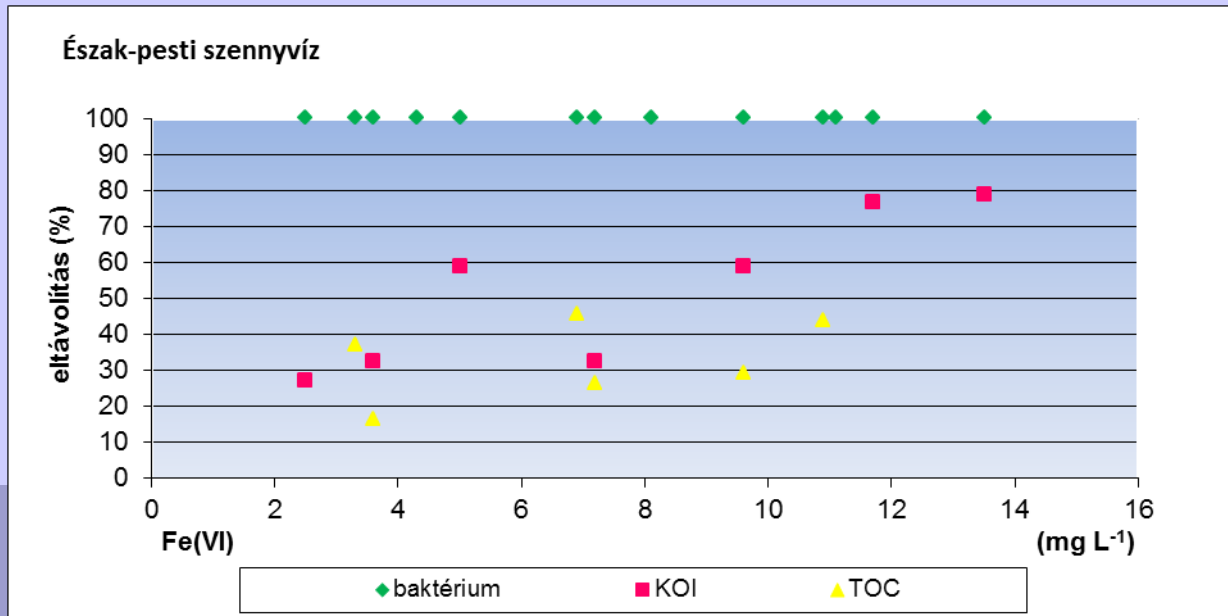
n= biológiailag tisztított szennyvízminták száma

Mintavételi időszak:

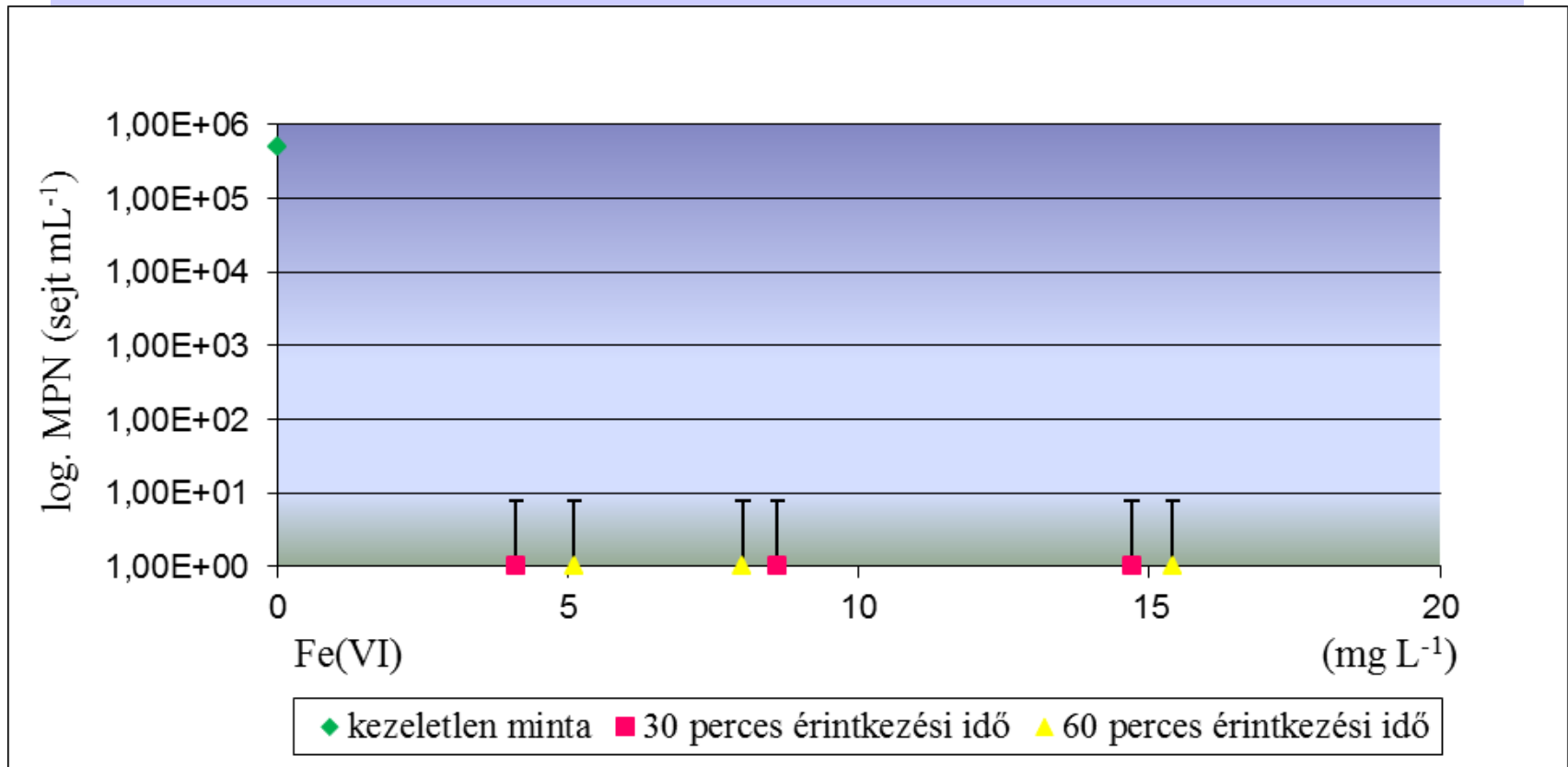
Dél-pesti szennyvíz – 2009. novembertől 2011. novemberig

Észak-pesti szennyvíz – 2011. júliustól 2011. novemberig

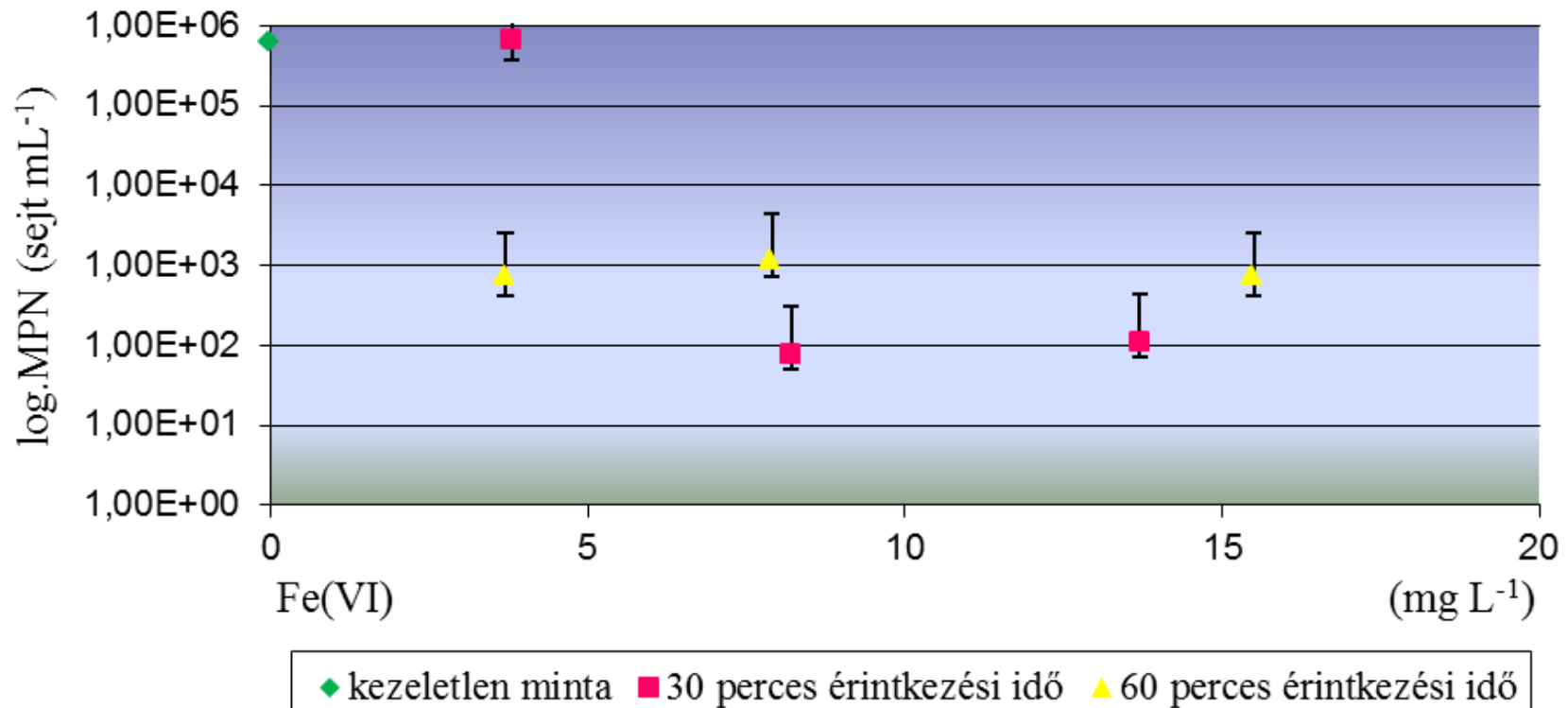
Fertőtlenítés, KOI és TOC csökkentés ferráttal



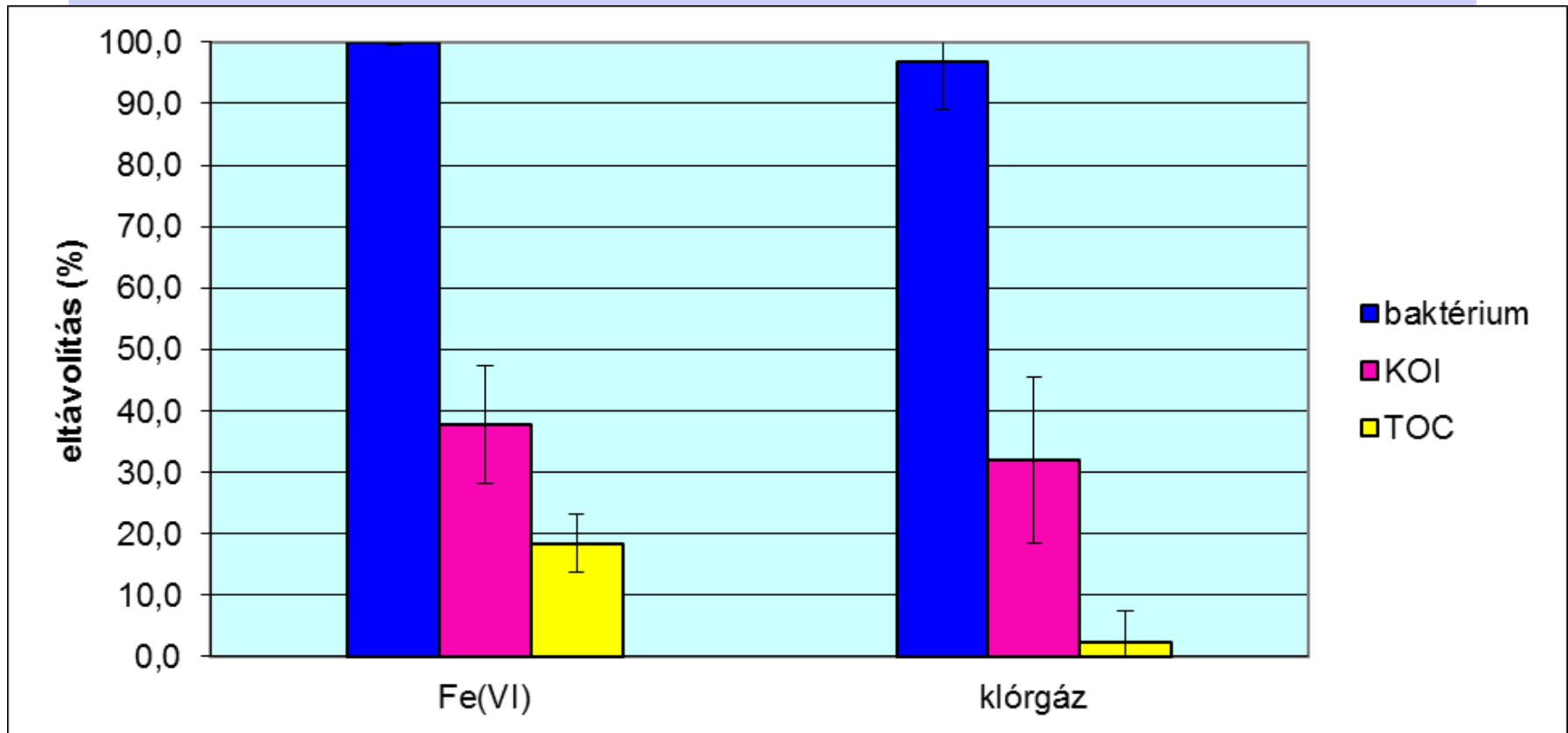
Klórrezisztens *Mycobacterium frederiksbergense* baktériumokkal szennyezett, sterilizált, biológiailag tisztított szennyvíz kezelése ferráttal



Klórrezisztens baktériumokkal (*Mycobacterium setense*, *Bacillus licheniformis* és *Mycobacterium frederiksbergense*) szennyezett, biológiailag tisztított, előzetesen sterilizált szennyvíz kezelése ferráttal

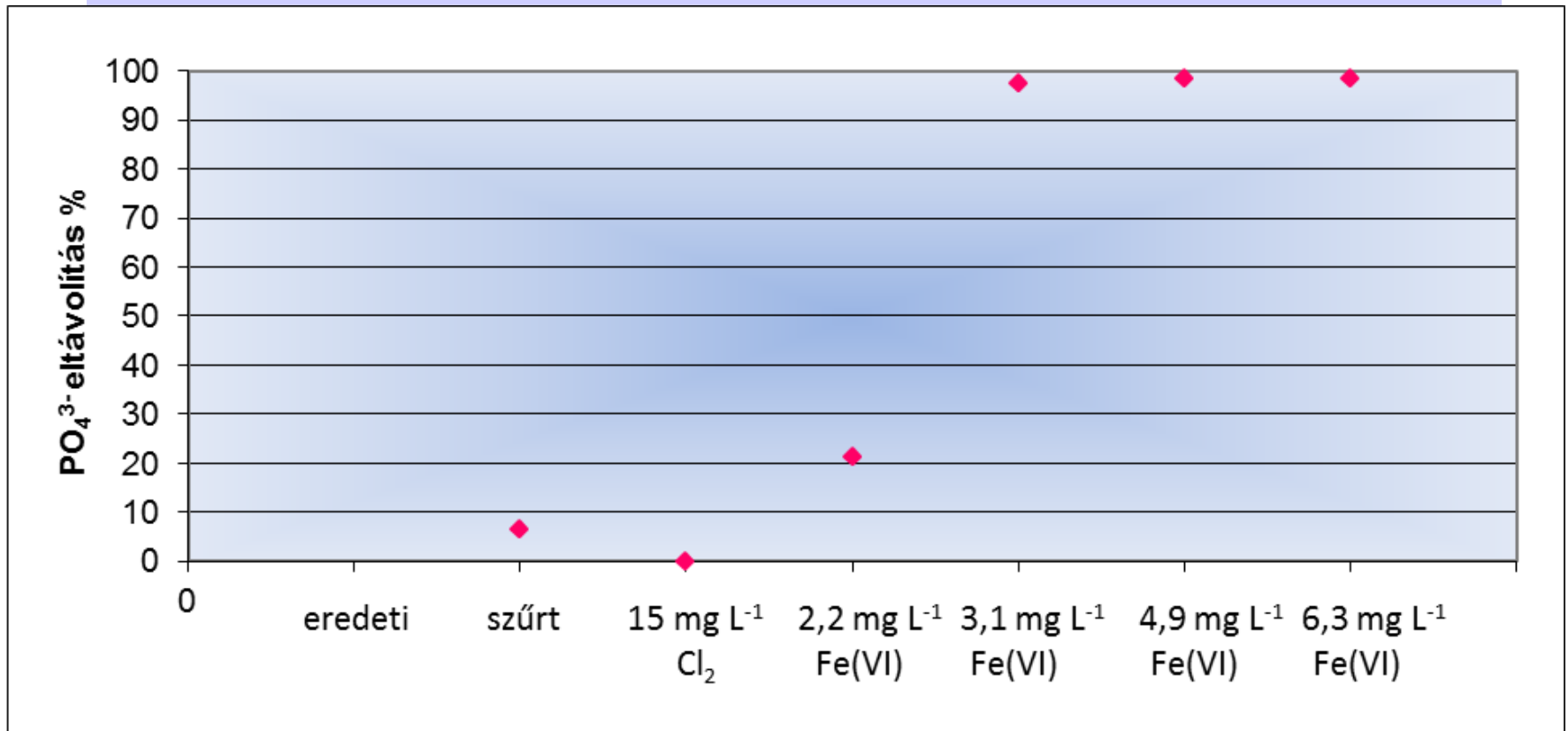


A ferrát és klór hatásának összehasonlítása



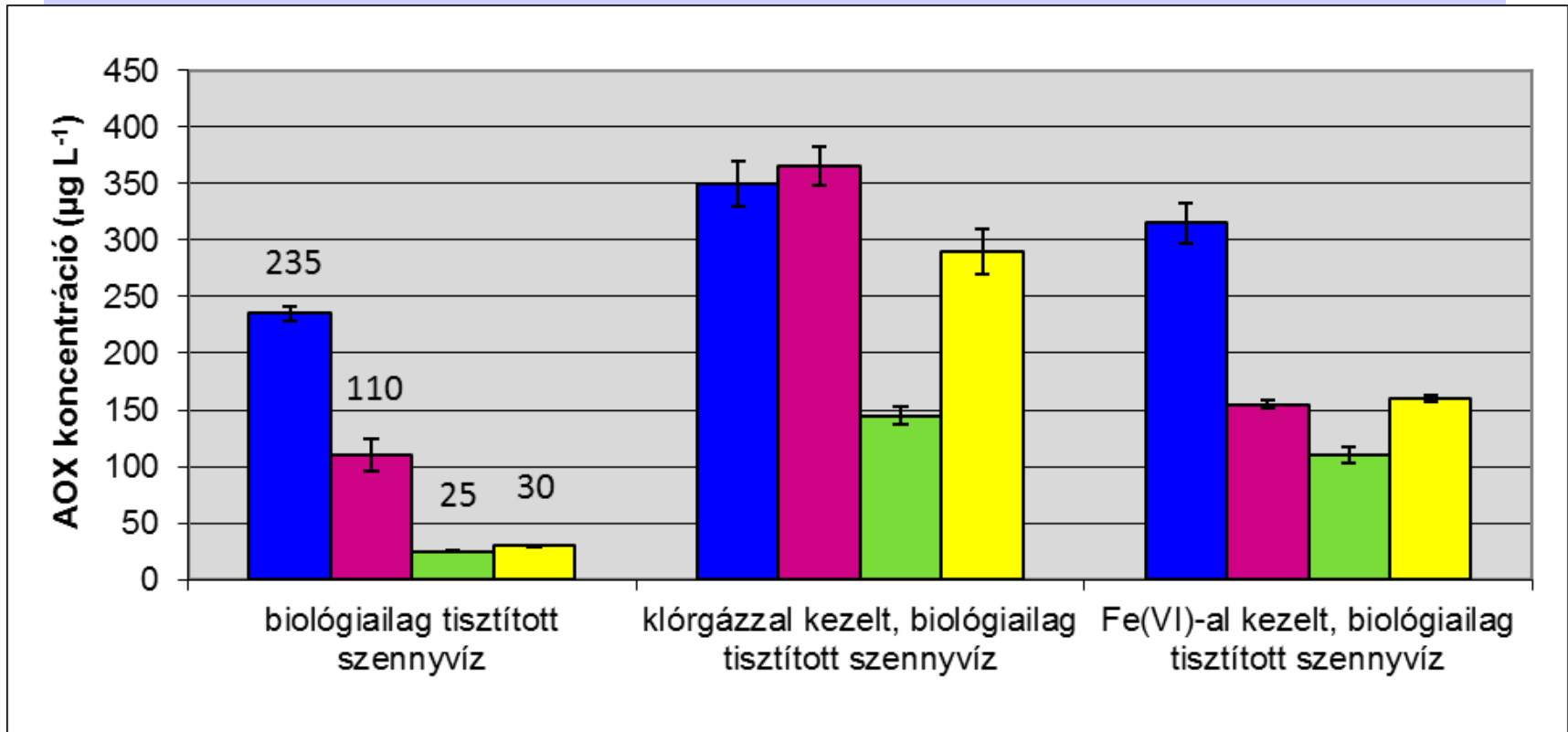
A ferráttal történő kezelés hatása a biológiailag tisztított szennyvíz reaktív foszfáttartalmának alakulásra

kiindulási koncentráció: 5,86 mg/L PO_4^{3-}



Szűrés: 0,45 µm pórusméretű membránon

A ferrát és klór kezelés hatása az AOX képződésre



Összefoglaló

- **Biológiailag tisztított, kommunális szennyvíz hatékony fertőtlenítéséhez 5 mg L⁻¹ ferrát-Fe elegendőnek bizonyul függetlenül a kiindulási csíraszámától**
- **Klórrezisztens baktériumok $\geq 99,8$ %-ot meghaladó mértékben eltávolíthatók ferráttal 4-8 mg Fe(VI) L⁻¹ koncentrációval, 30 perces kontaktidő mellett**
- **Ferrátos kezeléssel (Fe(VI) koncentráció függvényében) 10-60% és 25-80% KOI, illetve 2-39% és 15-45% TOC csökkenés volt elérhető a Dél-pesti és Észak-pesti szennyvizek esetében**

- **Ferrát alkalmazásával eredményesen eltávolítható a vízminták foszfáttartalma**
- **A ferrát technológia kisebb mennyiségű toxikus melléktermék kialakulását eredményezi (pl. AOX)**

Köszönetnyilvánítás

- **Dr. Barkács Katalin**
- **Dr. Záray Gyula**
- **Dr. Felföldi Tamás**
- **Dobosy Péter**
- **Jurecska Laura**
- **Turcsán Edit**
- **Dr. Vértés Csaba**
- **FCsM vezetősége**

Köszönöm megtisztelő figyelmüket!