



**TÉMAVEZETŐ**

**Dr. TAKÁCS ERZSÉBET**



**Óbudai Egyetem**  
Pro Scientia et Futuro

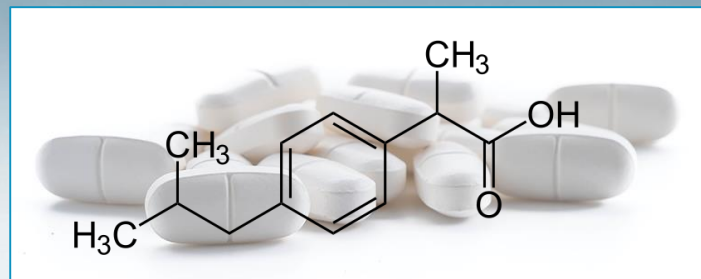


**BEZSENYI  
ANIKÓ**

**A GYÓGYSZERMARADVÁNYOK ELTÁVOLÍTÁSNAK  
LEHETŐSÉGEI A DÉL-PESTI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEN**

# A TÉMA FELÉPÍTÉSE

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE



2. TERVEZETT TARTALOM

3. PUBLIKÁCIÓ

4. PUBLIKÁCIÓ TERV

5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG

1.

**ÉLETTANI HATÁS???**

2.

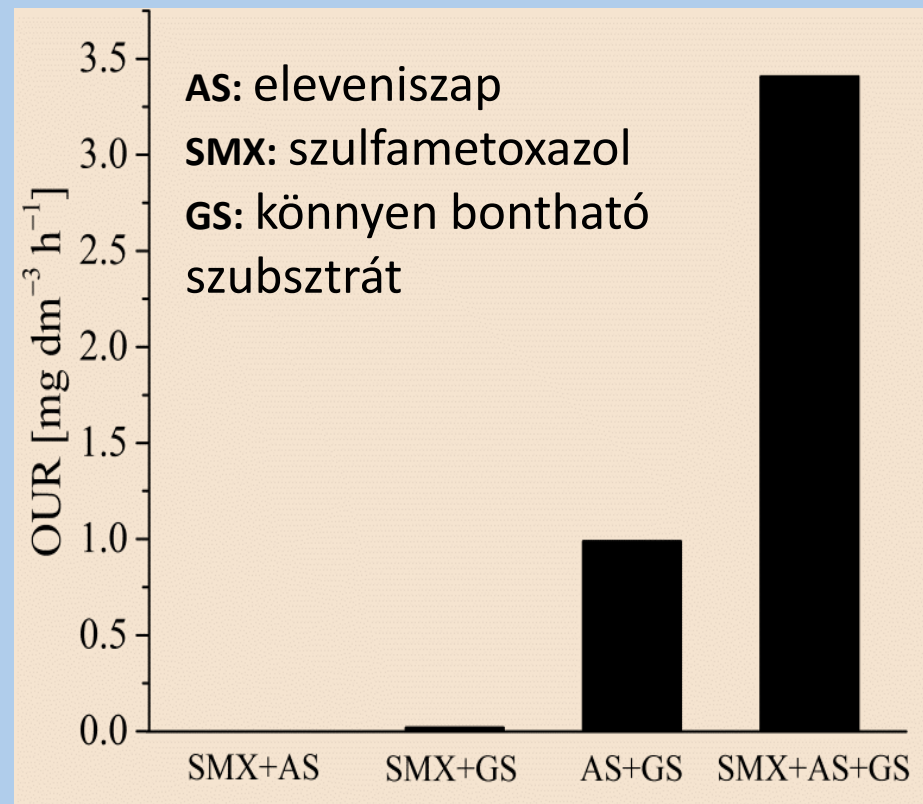
**ANTIBIOTIKUM-REZISZTENCIA???**

3.

**SZINERGIZMUS???**

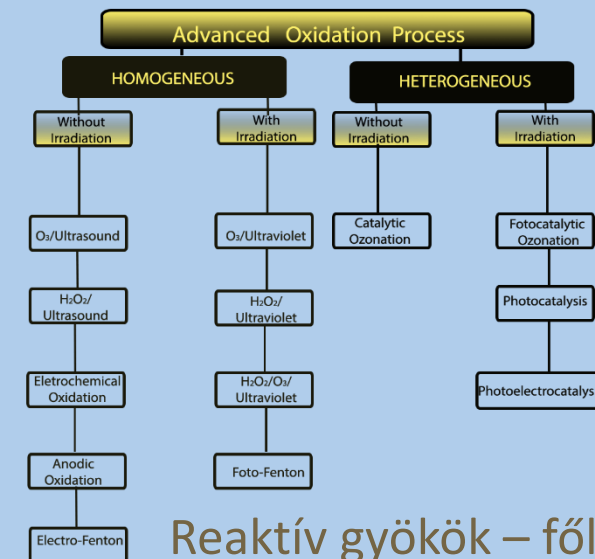
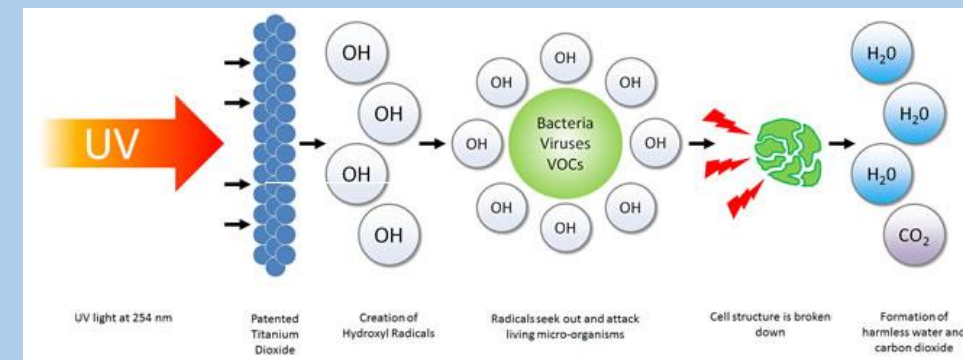
# IRÁNYELVEK

## TERMÉSZETES

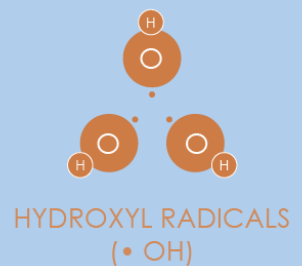


**KOOXIDÁCIÓ / KOMETABOLIZMUS** során egy bonyolultabb, nem hasznosítható molekulát egy könnyen bontható szubsztrát jelenlétében mégis bont a mikroorganizmus.

## MESTERSÉGES



# AOP



Reaktív gyökök – főleg hidroxilgyök – képződése → megbontják a szerves molekulák szerkezetét

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE ★

2. TERVEZETT TARTALOM

3. PUBLIKÁCIÓ

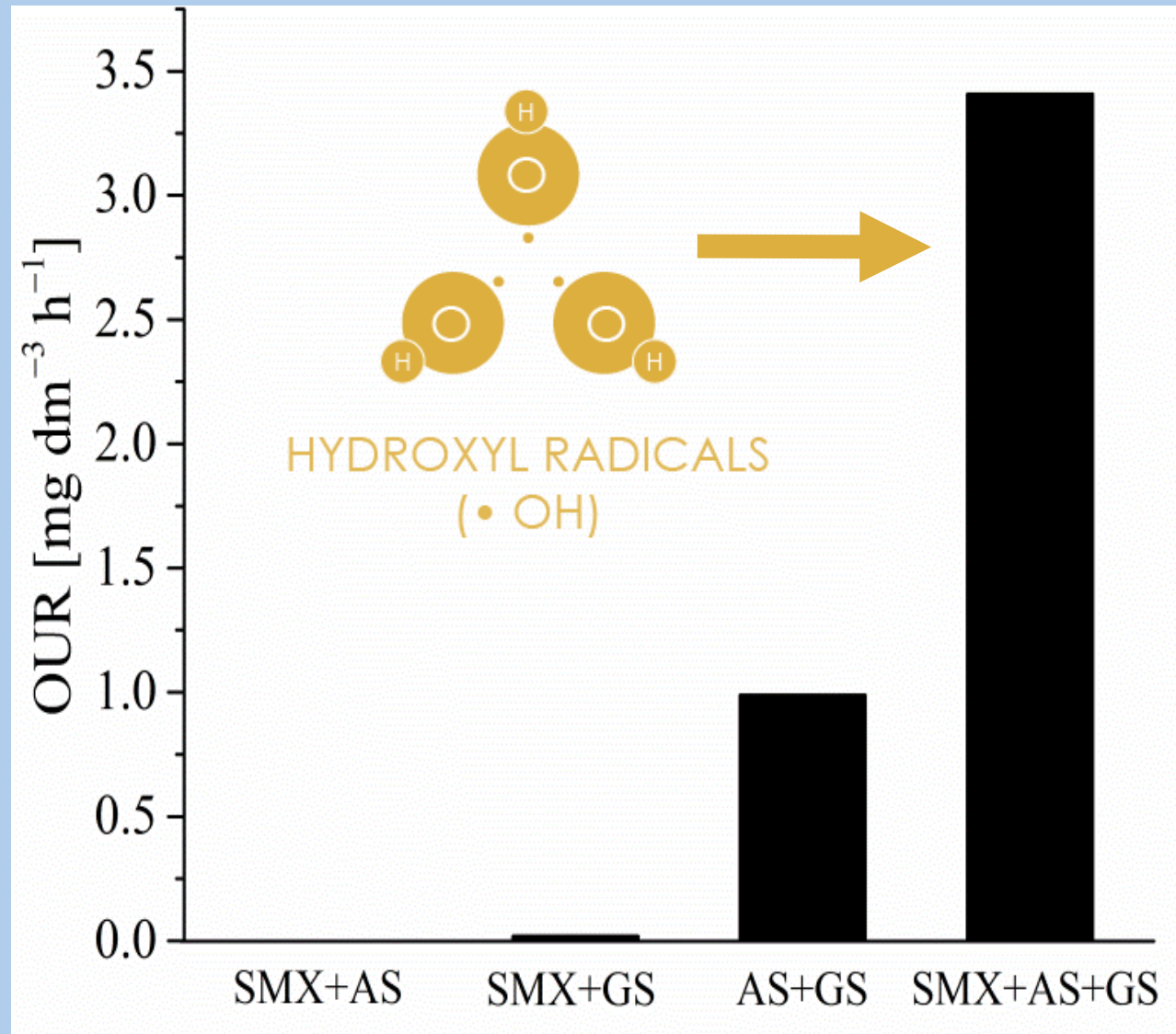
4. PUBLIKÁCIÓ TERV

5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG

# IRÁNYELVEK

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE ★
2. TERVEZETT TARTALOM
3. PUBLIKÁCIÓ
4. PUBLIKÁCIÓ TERV
5. KONFERENCIA
6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG



**VEZÉRFONAL:**

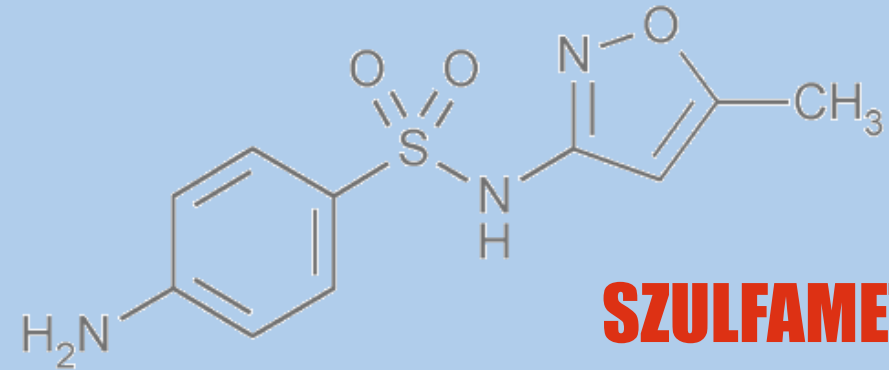
**AZ AOP**  
HATÉKONNYABBÁ  
TUDNÁ TENNI A  
KOOXIDÁCIÓT?

**TERMÉSZETES**  
+  
**MESTERSÉGES**

# TESZTVEGYÜLETEK



**DIKLOFENÁK**



**SZULFAMETOXAZOL**

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE



2. TERVEZETT TARTALOM

3. PUBLIKÁCIÓ

4. PUBLIKÁCIÓ TERV

5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG

VEGYÜLET	Moláris tömeg (g/mol)	Log K <sub>ow</sub>	pKa	Vízoldhatóság (mg/L)
ANTIBIOTIKUMOK				
SZULFAMETOXAZOL	253,28	0,89	-	610
FÁJDALOMCSILLAPÍTÓK, NEM-SZTEROID GYULLADÁSCSÖKKENTŐK				
DIKLOFENÁK	296,15	4,51	4,15	2,37

# LOGIKAI FELÉPÍTÉS

1.

**BELSŐ INTENZIFIKÁLÁS = A TERMÉSZETES FOLYAMAT HATÉKONYSÁGÁT KELL NÖVELNI ÖNMAGÁBAN A SZUBSZTRÁTOK VÁLTOZTATÁSÁVAL**

2.

**KÜLSŐ INTENZIFIKÁLÁS = AZ AOP TECHNOLÓGIA HOZZÁJÁRULÁSA A BIOLÓGIAI FOLYAMATOK INTENZIFIKÁLÁSÁHOZ**

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE ★

2. TERVEZETT TARTALOM

3. PUBLIKÁCIÓ

4. PUBLIKÁCIÓ TERV

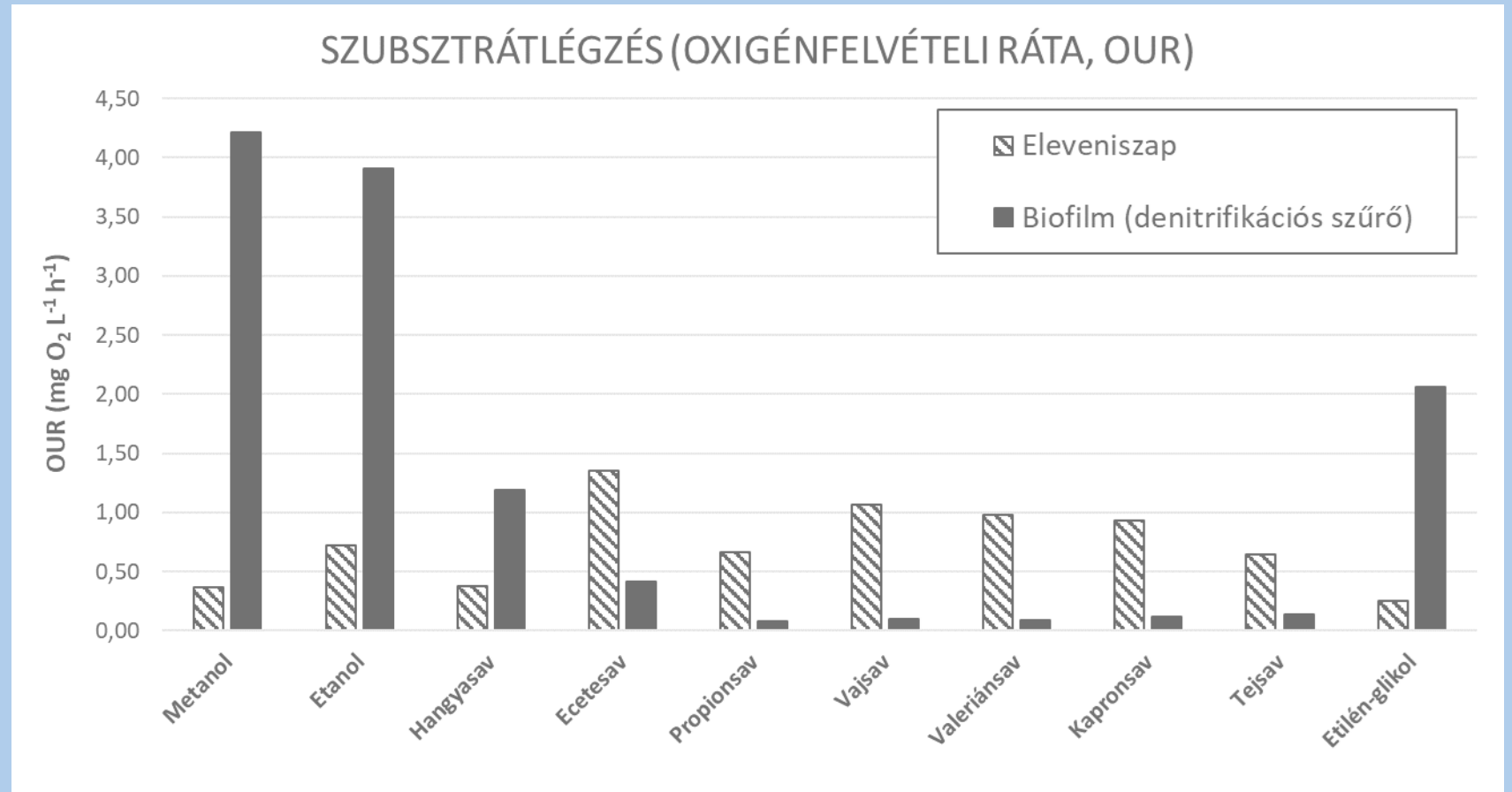
5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG

1.

# BELSŐ INTENZIFIKÁLÁS

- a) Mindegy melyik szubsztrátot vetjük be? Különbözik a szubsztrát felhasználása (vagyis a légzésintenzitás)? → **VÁLASZ: igen, még biomasszánként is eltér (Isd. Dp-i eleveniszap, Ép-i eleveniszap, Dp-i biofilm...)**



1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE



2. TERVEZETT TARTALOM

3. PUBLIKÁCIÓ

4. PUBLIKÁCIÓ TERV

5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG

1.

# BELSŐ INTENZIFIKÁLÁS

- b) Ha különbözik a felhasználásuk (légzésintenzitás), akkor valószínűleg a hozzájárulásuk a kometabolizmushoz is különbözik. → **VÁLASZ: igen, jelentősen!**  
**Fontos, hogy milyen szénforrást adagolunk a rendszerhez. Befolyásolja a gyógyszermaradványok eltávolítását.**

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE



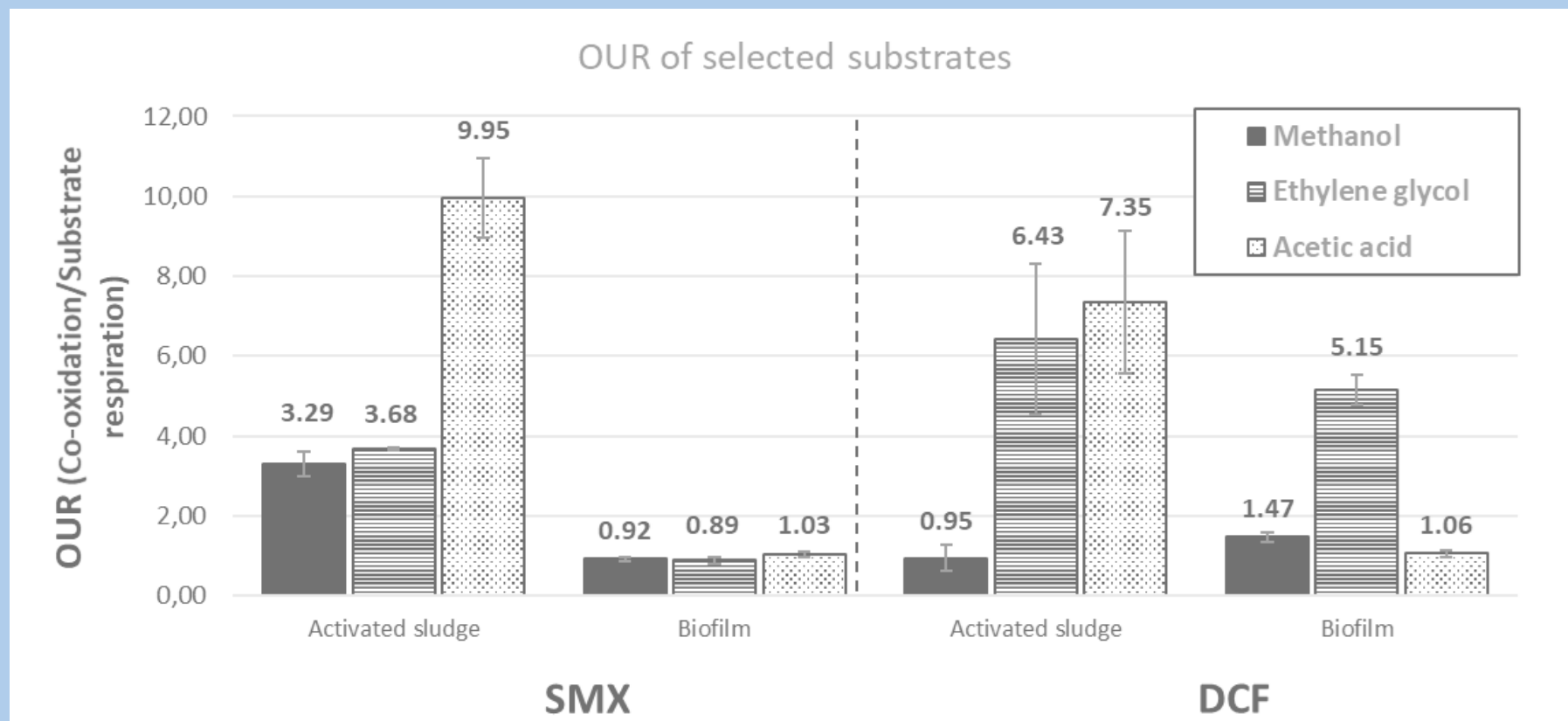
2. TERVEZETT TARTALOM

3. PUBLIKÁCIÓ

4. PUBLIKÁCIÓ TERV

5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG





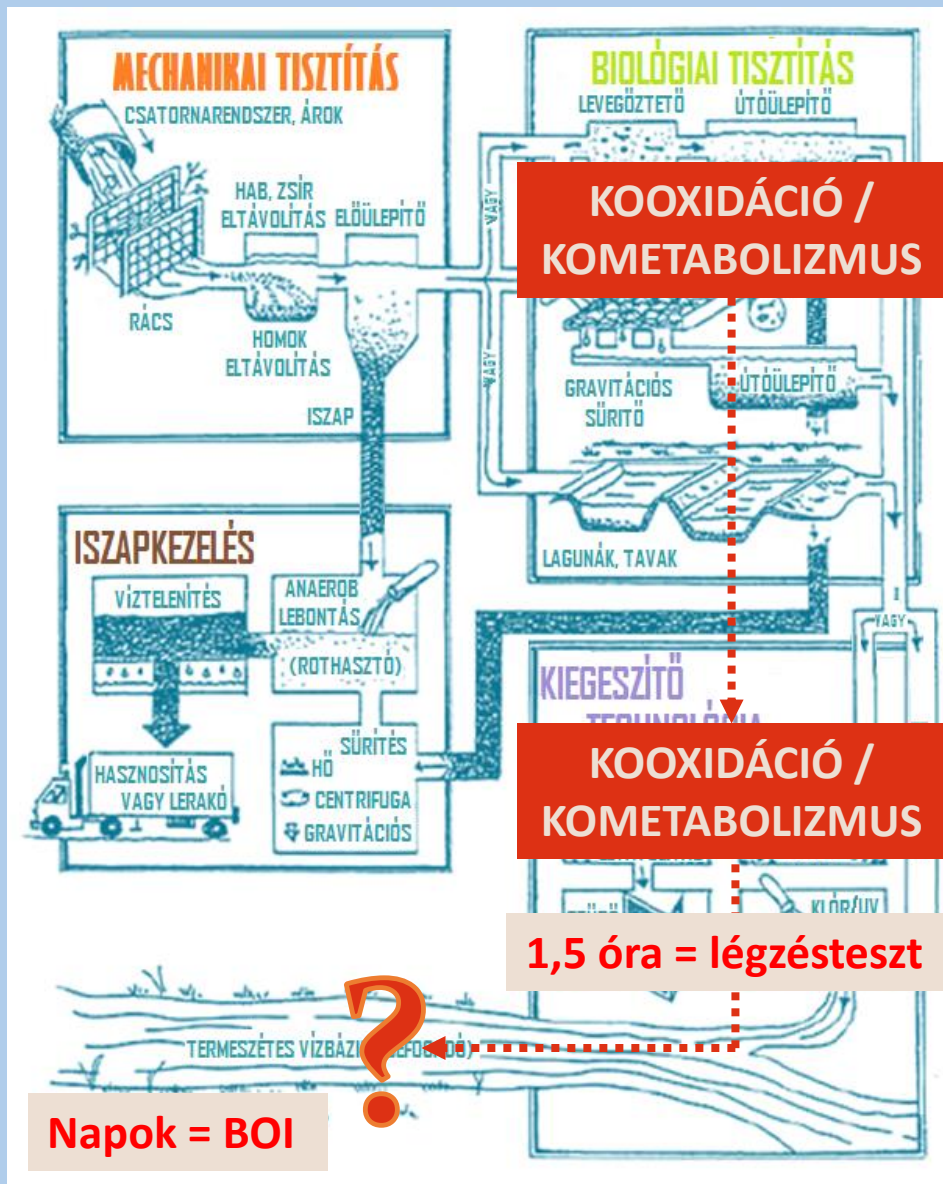


# 1.

# BELSŐ INTENZIFIKÁLÁS

c) A lebontás (biotranszformáció) milyen szintre jut el? Nem lehet, hogy megakad a folyamat? A légzésteszt a gyorsan lezajló folyamatokat mutatják, hiszen háromórás a mérés. Mennyire hasznos nekünk a kometabolizmus?

→ VÁLASZ: ?



KOOXIDÁCIÓ / KOMETABOLIZMUS

KOOXIDÁCIÓ / KOMETABOLIZMUS

1,5 óra = légzésteszt

Napok = BOI

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE ★

2. TERVEZETT TARTALOM

3. PUBLIKÁCIÓ

4. PUBLIKÁCIÓ TERV

5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG



1.

# BELSŐ INTENZIFIKÁLÁS

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE



2. TERVEZETT TARTALOM

3. PUBLIKÁCIÓ

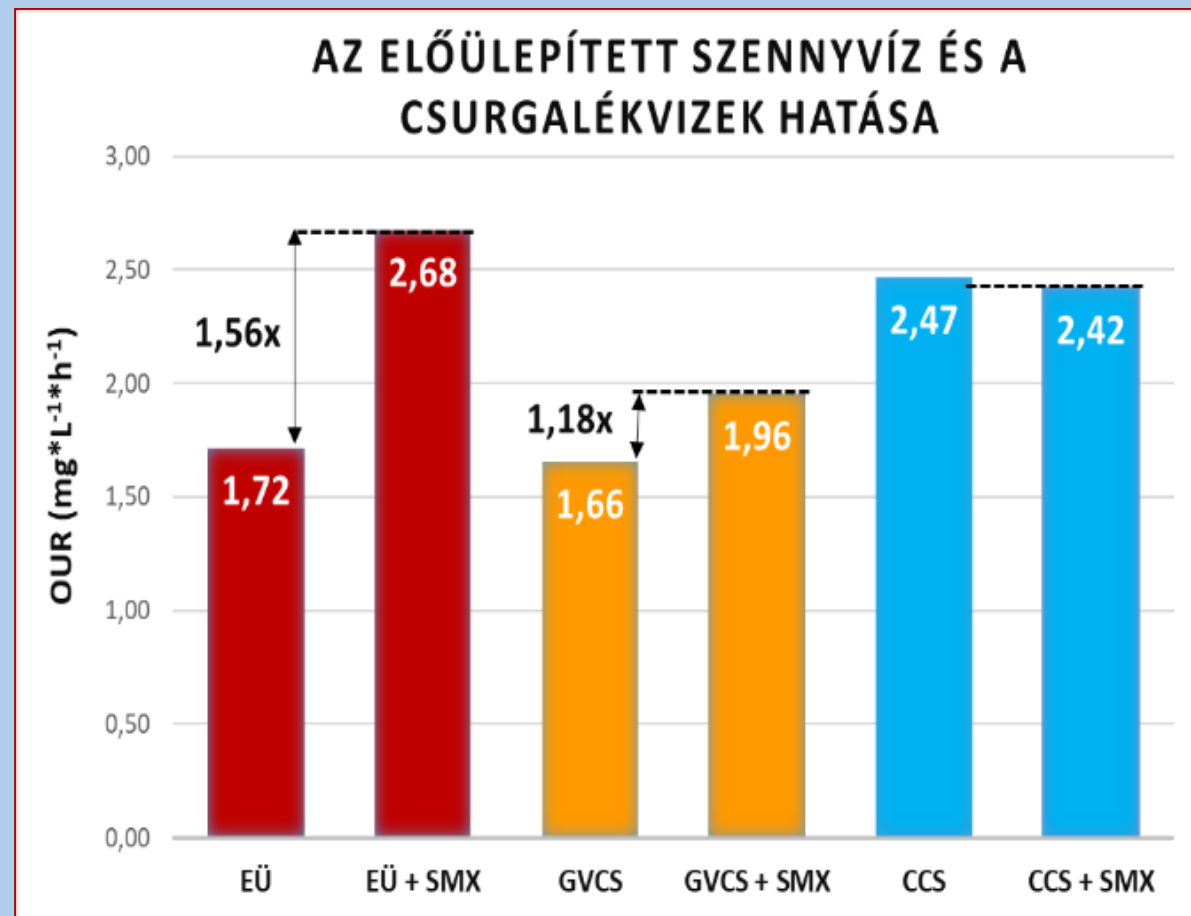
4. PUBLIKÁCIÓ TERV

5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG

d) Az eleveniszapos egység előtt AOP-t alkalmazni nem érdemes és alapvetően külső szénforrást sem adagolunk. Van esetleg lehetőség a kometabolizmus felerősítésére belső szénforrásokkal (magas szerves sav tartalmú csurgalékvizek?)

→ **VÁLASZ: VÁLASZ: igen, jelentősen!** A külső szénforrásként tesztelt vegyületek (ecetsav, etanol stb.) a szerves anyagok hidrolízise nyomán is keletkeznek, így az előülepített szennyvízben, a csurgalékvizekben különböző koncentrációban megjelennek. Minél nagyobb a csurgalékvíz illósav tartalma, annál jelentősebb a hozzájárulása a kometabolizmushoz. SMX-re végeztem légzésteszteket.



## 2.

## KÜLSŐ INTENZIFIKÁLÁS

Az AOP technológia hozzájárulása. Ha „előroncsoljuk” a gyógyszermolekulákat, akkor befolyásolhatjuk a kometabolizmus hatékonyságát? → **VÁLASZ: Igen. Önmagában a besugárzás is javított a bonthatóságon. A rendszer végére beépítve is hatásos, de ha a biológiai rendszer elé helyezem, akkor a koemetabolizmust feljavíthatom vele.**

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE



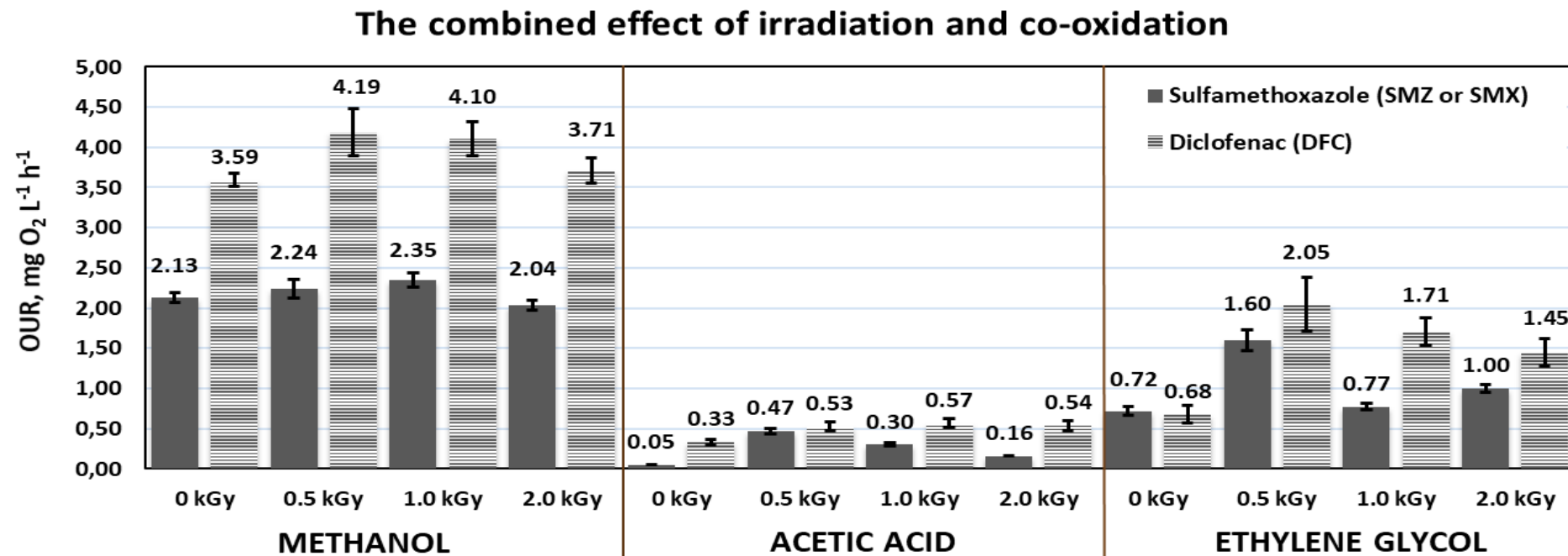
2. TERVEZETT TARTALOM

3. PUBLIKÁCIÓ

4. PUBLIKÁCIÓ TERV

5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG



Ha a kometabolikus szubsztrát egyébként is hatékony volt a kometabolizmus segítségével (metanol), akkor kevésbé használ a besugárzás. Ha gyenge volt a hozzájárulása a szubsztrátnak a kometabolizmushoz (acetát, etilén-glikol), akkor jelentősebb változás érhető el.

# TERVEZETT TARTALOMJEGYZÉK

## 1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE

## 2. TERVEZETT TARTALOM

## 3. PUBLIKÁCIÓ

## 4. PUBLIKÁCIÓ TERV

## 5. KONFERENCIA

## 6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG



### 1. Bevezetés

### 2. Céltűzés

### 3. Irodalmi áttekintés

3.1. Gyógyszerek a szennyvízben és környezeti hatásuk.....

3.1.1. A szennyvízben összetétele és a gyógyszermaradványok.....

3.1.2. Csak távoznak vagy változnak a szennyvíztisztítás során?.....

3.1.3. Szabályozás és a tisztított szennyvíz határértékei.....

3.2. A települési szennyvíz kezelése.....

3.2.1. A hagyományos biológiai szennyvízkezelés.....

3.2.2. A gyógyszerek eltávolítási hatékonysága és a technológiai paraméterek.....

3.2.3. Az eleveniszap és a biofilm funkcionális összehasonlítása.....

3.2.4. A negyedik fokozat.....

3.3. A gyógyszerek biológiai transzformációja a szennyvízben: metabolizmus és kometabolizmus.....

3.3.1. A szerves és szervetlen anyagok átalakulása a szennyvíztisztítás során.....

3.3.2. A gyógyszerek biotranszformációjának útvonalai.....

3.3.2. A biotranszformáció termékei.....

3.4. Nagyhatékonyságú oxidációs eljárások (Advanced Oxidation Processes, AOPs).....

3.4.1. Az eljárások hatásmechanizmusa.....

3.4.2. A szerves anyagok átalakulása az eljárások során.....

3.4.3. Az AOP technológiák termékei mint belső szénforrások.....

### 4. Irodalmi összefoglalás.....

5. A kísérletek logikai felépítése.....

6. Anyag és módszer.....

6.1. Felhasznált anyagok.....

6.2. Mintaelőkészítés, tárolás és utókezelés.....

6.3. Gamma-irradiáció.....

6.4. Termékanalízis.....

6.5. A vízminőségi vizsgálatok.....

6.5.1. Nitrogénformák.....

6.5.2. Teljes szerves széntartalom (TOC).....

6.5.3. Kémiai oxigénigény.....

6.5.4. Biokémiai oxigénigény.....

6.6. Légszűrőszetek.....

6.7. Statisztikai módszerek.....

7. Eredmények és értékelés.....

7.1. A légszűrőszetek eredményei.....

7.1.1. A heterotrófok biomassza vizsgálatai.....

7.1.1.1. A szubsztrátspektrum feltérképezése.....

7.1.1.2. A kometabolizmus szubsztráinjainak vizsgálata.....

7.1.1.3. A belső szénforrások mint a kometabolizmus szubsztráforrásai.....

7.1.2. A nitrifikáló biomassza vizsgálatai.....

7.1.3. A  $\gamma$ -besugárzás hatása a kometabolikus folyamatokra.....

7.2. A biokémiai oxigénigény vizsgálatok eredményei.....

7.3. Termékanalízis.....

8. Összefoglalás.....

9. Tudományos eredmények (Tézisek).....

10. Kapcsolódó publikáció.....

11. Egyéb publikáció.....

12. Irodalmi hivatkozások.....

## 1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE

## 2. TERVEZETT TARTALOM

## 3. PUBLIKÁCIÓ

## 4. PUBLIKÁCIÓ TERV

## 5. KONFERENCIA

## 6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG

Bezsenyi A., Sági Gy., Bodáné Kendrovics R, Bakosné Diószegi M., Makó M., Palkó Gy., Wojnárovits L., Takács E. Kometabolizmus: mikrobiológiai segítség a gyógyszermaradványok szennyvízből való eltávolításához. Hírcsatorna 2019/4. szám. Mikroszennyezők II.

Bezsenyi, A., Sági, Gy, Makó, M., Palkó, Gy., Tóth, T., Wojnárovits, L, Takács, E. (2019) The improvement of the biodegradability of diclofenac and sulfamethoxazole by combined cometabolism and gamma irradiation treatment. Proceedings of the 25th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, University of Szeged, Hungary. (ISBN 978-963-306-702-4) 284-288 pp.

Bezsenyi, A., Sági, G., Makó, M., Palkó, G., Tóth, T., Wojnárovits, L., & Takács, E. (2019). The effect of combined cometabolism and gamma irradiation treatment on the biodegradability of diclofenac and sulfamethoxazole. *Radiation Physics and Chemistry* 170, 108642. doi:10.1016/j.radphyschem.2019.108642 → **IF (2018): 2.108**

Sági, G., Bezsenyi, A., Kovács, K., Klátyik, S., Darvas, B., Székács, A., Mohácsi-Farkas, C., Takács, E., Wojnárovits, L., **2018**. Radiolysis of sulfonamide antibiotics in aqueous solution: Degradation efficiency and assessment of antibacterial activity, toxicity and biodegradability of products. *Science of the Total Environment* 622–623, 1009–1015. **IF: 5.589 (2016)**

Sági, G., Bezsenyi, A., Kovács, K., Klátyik, S., Darvas, B., Székács, A., Wojnárovits, L., Takács, E., **2017**. The impact of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and the role of mineralization in biodegradation or ecotoxicity assessment of advanced oxidation processes. *Radiation Physics and Chemistry* 144, 361–366. **IF: 1.533 (2016)**

# PUBLIKÁCIÓ KÉSZÜLŐBEN

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE

2. TERVEZETT TARTALOM

3. PUBLIKÁCIÓ

4. PUBLIKÁCIÓ TERV 

5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG

TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ

Bezsenyi, A., Sági, Gy, Makó, M., Palkó, Gy., Tóth, T., Wojnárovits, L, Takács, E. Correction of Biochemical Oxygen Demand (BOD) test in the presence of hydrogen peroxide. Szaklap: Environmental Monitoring and Assessment

Bezsenyi, A., Sági, Gy, Makó, M., Palkó, Gy., Tóth, T., Wojnárovits, L, Takács, E. Ami nem öl meg, az megerősít: Hogyan lesz az antibiotikumból tápanyag a baktériumok számára. Szaklap: Magyar Kémikusok Lapja

Bezsenyi, A., Gyarmati, I., Barabás, Gy. F., Oláh, J., Sági, Gy., Makó, M., Palkó, Gy., Tóth, T., Wojnárovits, L, Takács, E. Functional optimization of the nitrification and post-denitrification biofiltration system at the South-Pest Wastewater Treatment plant. Szaklap: Journal of Water and Environment Technology

TÉMÁHOZ NEM KAPCSOLÓDÓ

A. Bezsenyi Anikó, I. Gyarmati, Habzás a szennyvíztisztítási technológiában. Szaklap: Hírcsatorna

# KONFERENCIA

## 1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE

## 2. TERVEZETT TARTALOM

## 3. PUBLIKÁCIÓ

## 4. PUBLIKÁCIÓ TERV

## 5. KONFERENCIA

## 6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG

### TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ

Bezenyi, A., Sági, Gy, Makó, M., Palkó, Gy., Tóth, T., Wojnárovits, L, Takács, E. The improvement of the biodegradability of diclofenac and sulfamethoxazole by combined cometabolism and gamma irradiation treatment. 25th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged, Hungary, 7-8. October 2019. (P)

A. Bezenyi, Gy. Sági, M. Makó, Gy. Palkó, T. Tóth, L. Wojnárovits, E. Takács, enhancing the biological removal of pharmaceuticals from wastewater by irradiation. 14th Tihany Symposium on Radiation Chemistry May 25 - 30, 2019. Siófok. (P)

A. Bezenyi, Gy. Sági, M. Makó, Gy. Palkó, L. Wojnárovits, E. Takács, Szennyvízben található gyógyszervegyületek biológiai eltávolításának intenzifikálása besugárzással. Őszi Radiokémiai Napok 2018. október 10–12. (EA)

A. Bezenyi, Fejlesztési lehetőségek a szennyvíztisztításban. Környezetmérnöki Szakmai Nap 2019. április. 09. – Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar Környezetmérnöki Intézete, Óbudai Egyetem (EA)

### TÉMÁHOZ NEM KAPCSOLÓDÓ

A. Bezenyi Anikó, I. Gyarmati, Habzás a szennyvíztisztítási technológiában biológus szemmel. Üzemeltetés változó körülmények között Szakmai Nap 2019. október 9. - Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MASZESZ) (EA)

# OKTATÓI TEVÉKENYSÉG

## TÉMAVEZETÉS

**Simon Helga:** A hőmérséklet hatásának vizsgálata tiszta tápanyagokból képződő biogáz mennyiségére adaptált és nem adaptált baktériumkultúrák esetén. (Diplomamunka, BSc)

Bánki Donát Gépész és  
Biztonságtechnikai Mérnöki Kar és  
Rejtő Sándor Könnyűipari és  
Környezetmérnöki Kar

## 6 HETES GYAKORLATI VEZETÉS

**Anar Baatar (angol nyelven)**

Rejtő Sándor Faculty of Light Industry and  
Environmental Engineering. Institute of  
Environmental Engineering. (B.S.c.)

## BÍRÁLAT

**Binder Antal:** A talaj fő paramétereinek alakulása hosszútávon történő hígtrágyázás következtében.

Szent István Egyetem, Biológiai  
talajerő-gazdálkodó szakmérnök  
képzés (alapszak, B.S.c.)

1. A TÉMA FELÉPÍTÉSE

2. TERVEZETT TARTALOM

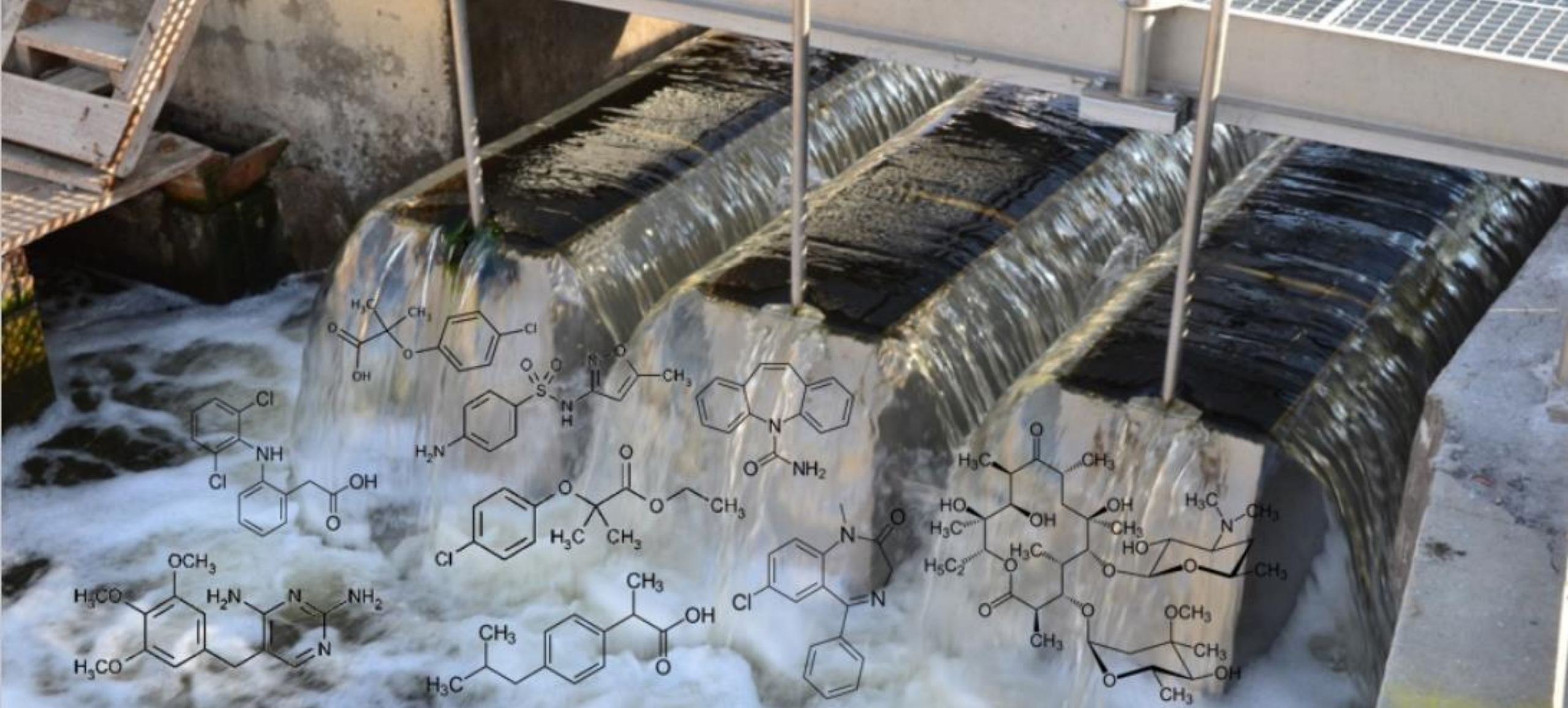
3. PUBLIKÁCIÓ

4. PUBLIKÁCIÓ TERV

5. KONFERENCIA

6. OKTATÓI TEVÉKENYSÉG 





**KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!**