



Magyar Tudományos Akadémia
Energiatudományi Kutatóközpont

Hungarian Academy of Sciences
Centre for Energy Research



Ionizáló sugárzás környezetvédelmi alkalmazásai: vízkezelés

Takács Erzsébet

erzsebet.takacs@energia.mta.hu



SZÉCHENYI TERV

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



MAGYARORSZÁG MEGÚJUL



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Tartalom

- Toxikus szerves szennyezők az élővizekben
- Nagyhatékonyságú oxidációs eljárások (AOP)
- Az ionizáló sugárzás
- Radiolízis vizes oldatokban
 - Gyógyszermolekulák lebontása
 - Textilszínezékek lebontása
- AOP eljárások kombinálása
- Kísérletek szennyvízzel
- Az ionizáló sugárzás környezetvédelmi



alkalmazásai



SZÉCHENYI TERV

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



MAGYARORSZÁG MEGÚJUL



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Szerves szennyezők az élővizekben



- Perzisztens szerves vegyületek (POP's):
 - Kevésbé illékonyak,
 - A természetben stabilak (évekig, évtizedekig),
 - Zsírban oldódnak,
 - A szervezetre káros hatással vannak.
- Pl. peszticidek, azo-színezékek.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Szerves szennyezők az élővizekben

- Nem perzisztens vegyületek
 - Koncentrációjuk kisebb, de erősen toxikusak.
 - Folyamatosan kikerülnek a környezetbe, mint a gyógyszer molekulák és metabolitjaik.
 - Jelentős hányaduk az anyagcsere során a csatornába jut



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Pharmaceuticals: a threat to drinking water?



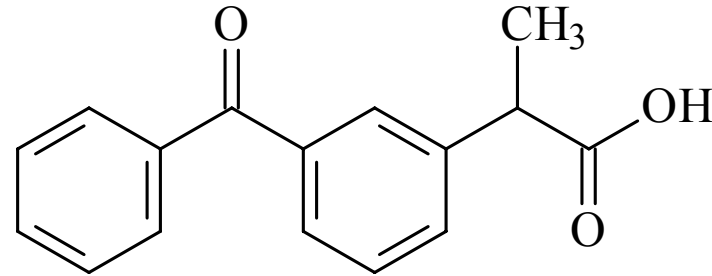
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



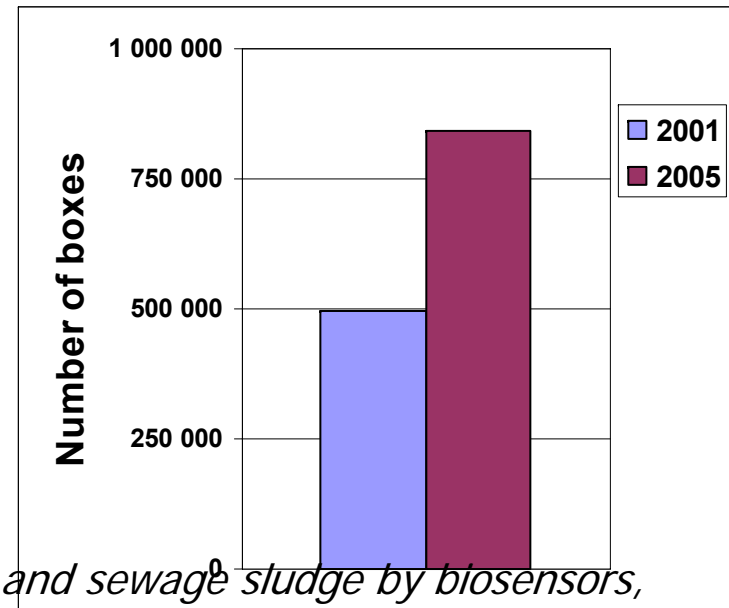
A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Ketoprofen

- nem-szteroid gyulladásgátló
- fájdalom csillapító
- általában zselé formájában kapható



EC50 = 15.6 µg/ml (*V. fisheri*)*



* M. Farré, D. Barceló, *Toxicity testing of wastewater and sewage sludge by biosensors, bioassays and chemical analysis*, Trends in Analytical Chemistry, Vol. 22, No. 5 (2003)

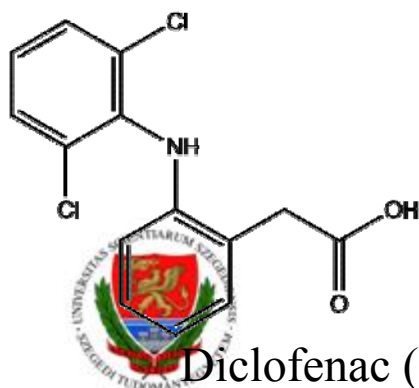


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt

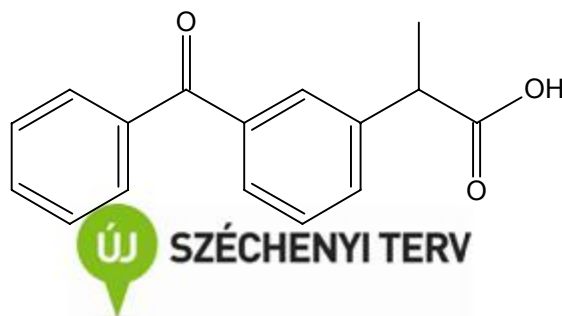


Pharmaceuticals in purified water

Pharmaceutical	Incoming, ng dm ⁻³	Outgoing, ng dm ⁻³	Efficiency (%)
Ibuprofen	1900	250	87
Acetaminofen	960	ND	>99
Naproxen	3200	380	88
Ketoprofen	1200	280	77
Diclofenac	110	90	18

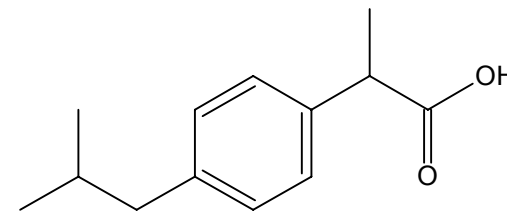


Diclofenac (DCF)



Ketoprofen (KP)

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Biodegradation of antibiotics. Results of closed bottle test.^{a)}

Test compound	Concentration n $\mu\text{g ml}^{-1}$	Biodegradation after 28 days, %	Biodegradation after 40 days, %
Cefotiam dihydrochloride	4.8	7	10
Ciprofloxacin	3.5	0	0
Meropenem	2.5	7	7
Penicillin G	3.0	27	36
Sulfamethoxazole	3.8	0	0

a) Al-Ahmad, A., Dashner, F.D., Kummerer, K., Biodegradability of cefotiam, ciprofloxacin, meropenem, penicillin G and sulfamethoxazole and inhibition of waste bacteria. *Archiv. Environ. Contam. Toxicol.* 37, 158 (1999)



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Gyógyszervegyületek koncentrációja az ivóvízben

		Max. konc. ng/l	Ország
Lipid szabályozók	<i>Bezafibrate</i>	27	Németo.
	<i>Cofibric acid</i>	165	Németo.
		270	Németo.
		170	Németo.
		5,3	Olaszo.
	<i>Gemfibrozil</i>	70	Kanada
Láz- és fájdalomcsillapítók	<i>Diclofenac</i>	6	Németo.
	<i>Ibuprofen</i>	3	Németo.
	<i>Phenazone</i>	250	Németo.
		400	Németo.
	<i>Propylphenazone</i>	80	Németo.
		120	Németo.
Antibiotikum	<i>Tylosin</i>	1,7	Olaszo.
Antiepileptikum	<i>Carbamazepine</i>	24	Kanada
		258	USA
Citosztatikum	<i>Bleomycin</i>	13	Anglia
Antipszichosztatikumok	<i>Diazepam</i>	10	Anglia
		23,5	Olaszo.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt





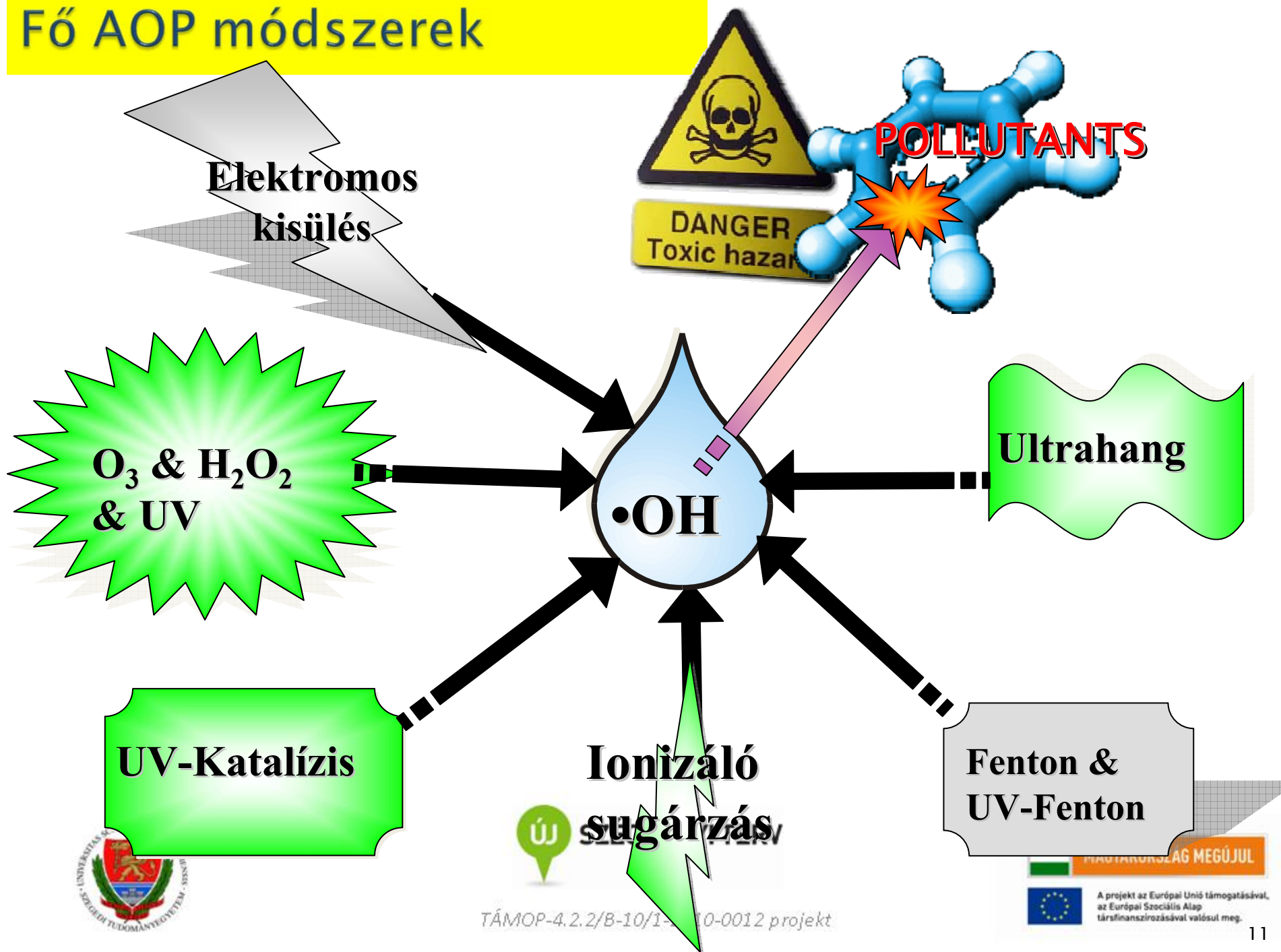
- Advanced Oxidation Processes (AOPs) – nagyhatékonyságú oxidációs eljárások: OH gyök segítségével bontják le a toxikus vegyületeket
- $\cdot\text{OH}$ gyakorlatilag a vízben oldott összes szerves vegyületet képes oxidálni.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Fő AOP módszerek



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-10-0012 projekt



A víz kezelésére használható AOP módszerek

- **Fenton, foto-Fenton**
- **UH (ultrahang)**
- **EB (ionizáló sugárzás)**
- **Nedves oxidáció, katalitikus nedves oxidáció**
- **Kombinált módszerek: a fenti módszerek kombinálása adalékokkal pl. $\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2/\text{O}_3$**

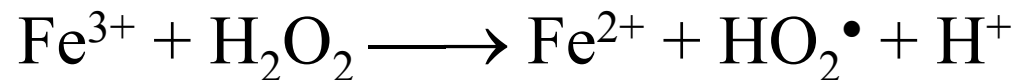


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt

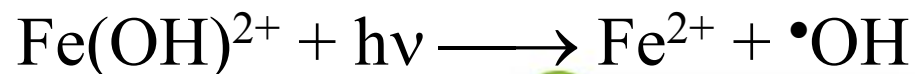


FENTON ÉS FOTO-FENTON REAKCIÓK

- ▶ A Fenton reagens – hidrogénperoxid és vas katalizátor keveréke. A H_2O_2 oxidálja a vasat ($\text{Fe(II)} \rightarrow \text{Fe(III)}$) a reakcióban OH^- és $\bullet\text{OH}$ is keletkezik. A Fe(III) redukálódik Fe(II) , a reakcióban szuperoxid gyökanion/perhidroxil gyök pár keletkezik:



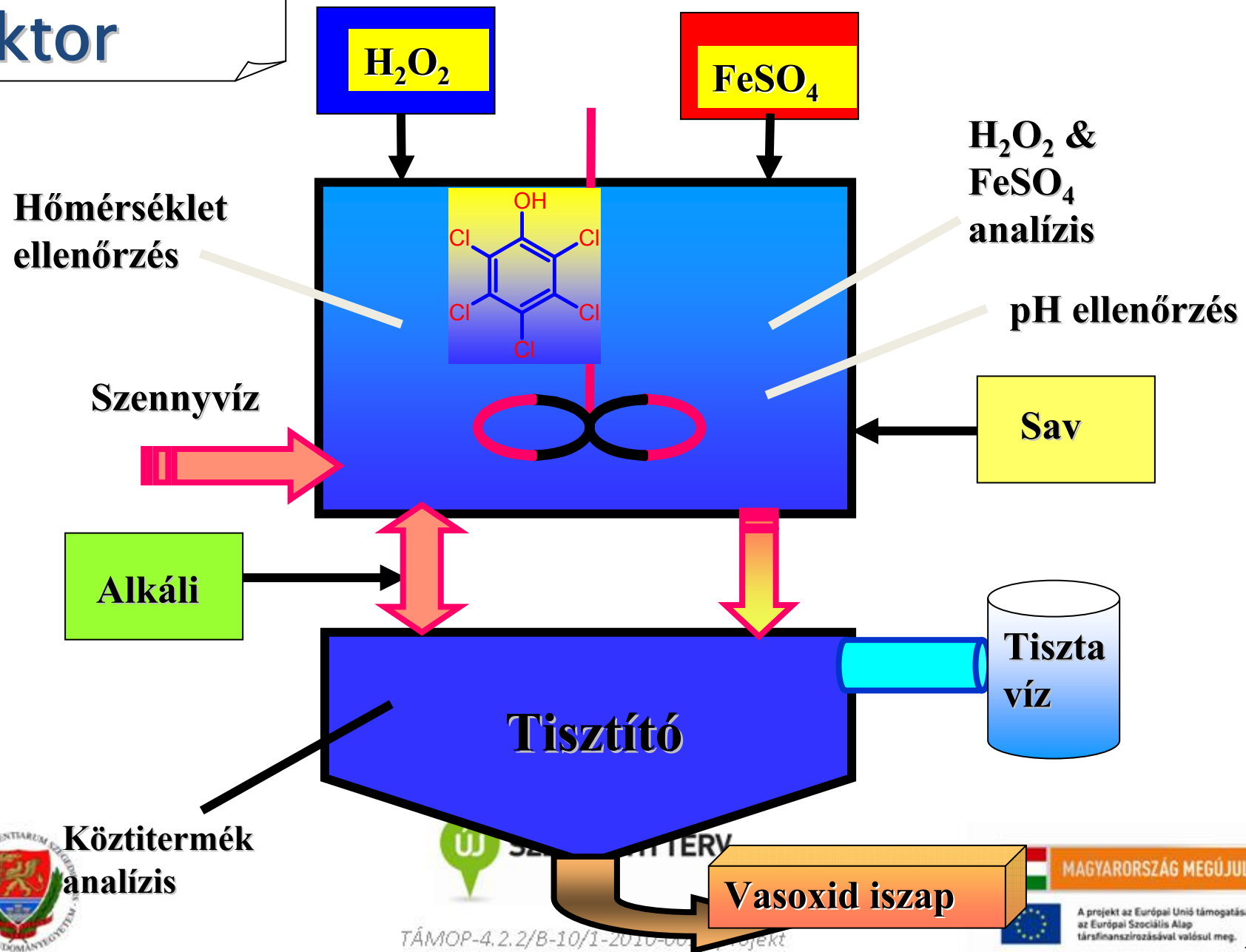
- ▶ Ha UV sugárzást is használnak (Foto-Fenton reakció) a Fe^{2+} regenerálása gyorsabb.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



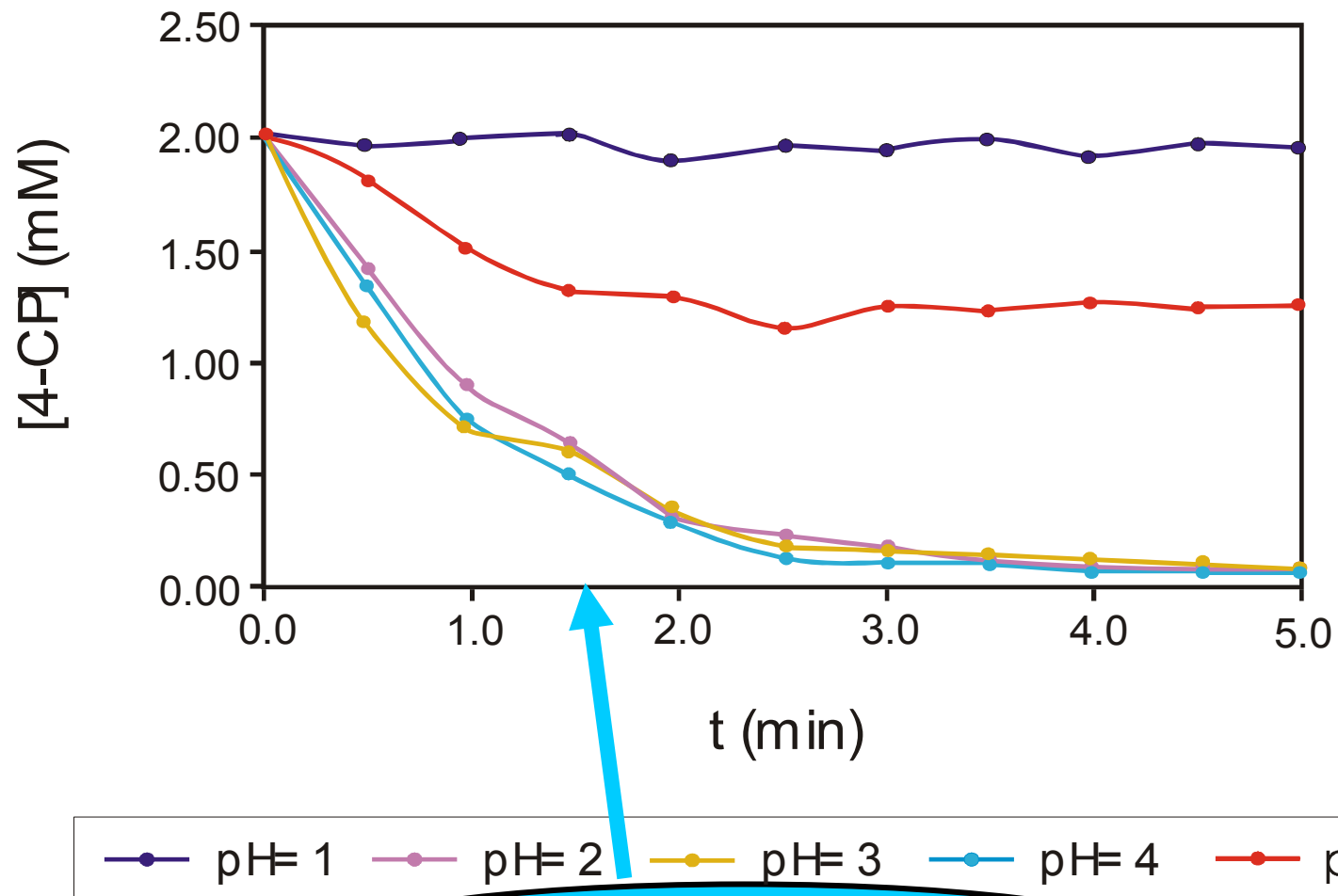
Fenton reaktor



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-00... projekt



Fenton: erős pH függés



ULTRAHANG

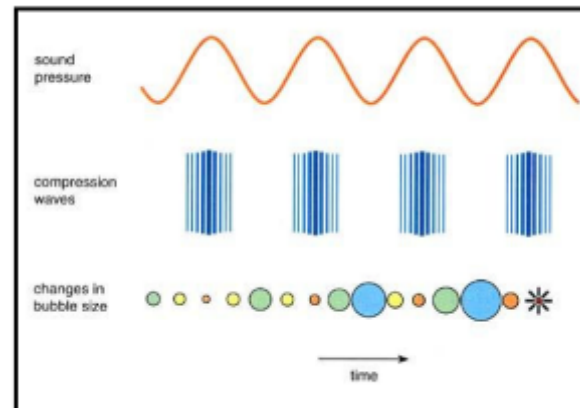
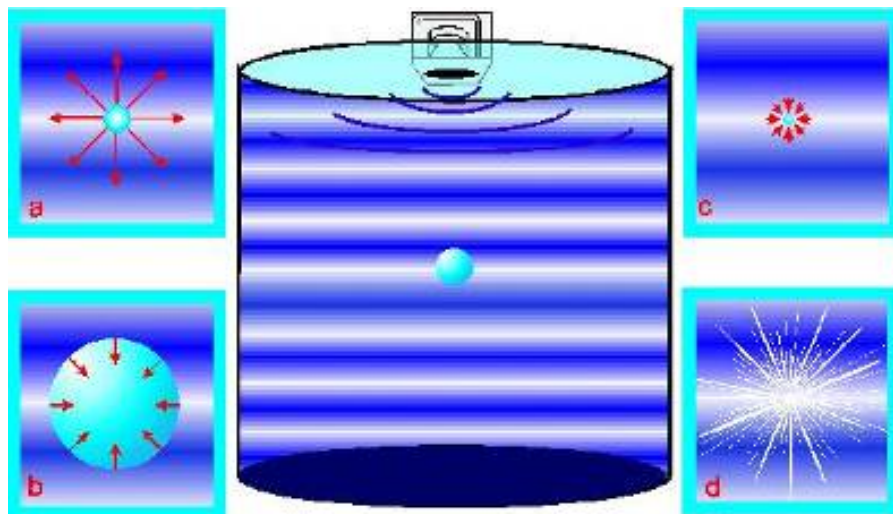
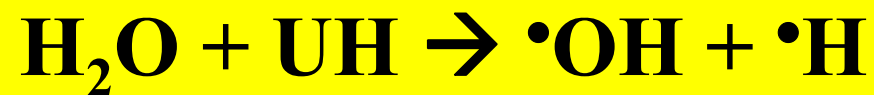
Az ultrahangnak nem direkt kémiai hatása van. Az akusztikus kavitáció: a folyadékban buborékok keletkeznek, nőnek, majd robbanás-szerűen összeesnek. Eközben igen nagy hőmérséklet kb. 5000 K, és nyomás kb. 1000 bar keletkezik, a felmelegedés-lehűlés sebessége 10^{10} K s⁻¹ fölötti. A kavitáció hatására extrém fizikai és kémiai körülmények alakulnak ki a folyadékban.



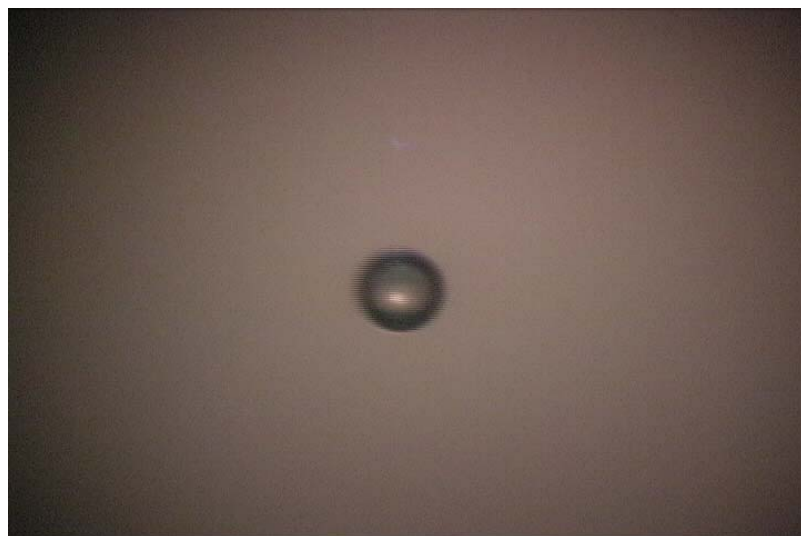
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Ultrahangos kezelés (UH)



bubble.flv



A kavitáció hatására extrém fizikai és kémiai körülmények alakulnak ki a folyadékban, a víz elbomlik $\cdot\text{H}$ és $\cdot\text{OH}$ keletkezik.

ZÉCHENYI TERN

B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.



Ionizáló sugárzás

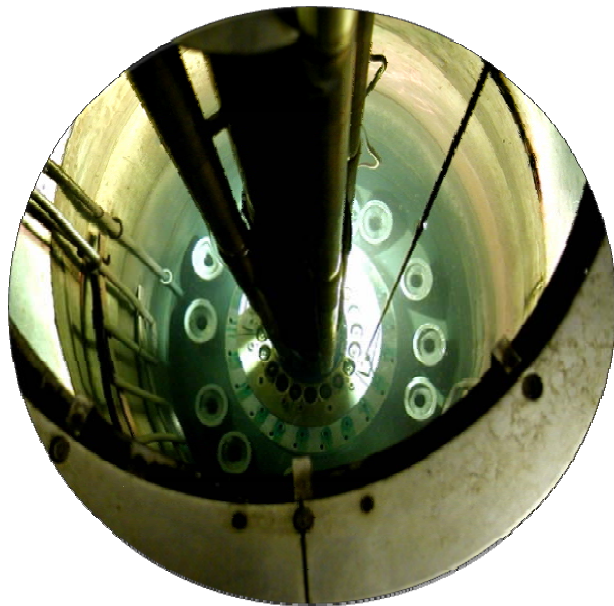
- A tisztított szennyvíz kezelése: egy lépésben fertőtleníti és csökkenti a maradék szerves szennyeződés koncentrációját.
- Nagy toxicitású szennyvizek kezelésére többféle AOP kombinálása szükséges.
- A szennyvíz–iszap fertőtlenítése.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Források és módszerek a degradáció és követésére



- ▶ Gamma radiolízis
- ▶ Analízis: UV-VIS, HPLC
- ▶ COD, BOD, TOC, Microtox toxicitás (*Vibrio fischeri*)
- ▶ Impulzusradiolízis – kinetikus spektroszkópiás detektálással



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Radiolízis vizes oldatban

Híg vizes oldatokban a sugárzás elsődleges hatása a víz radiolízise:



$$G(\cdot\text{H}) = 0.06 \mu\text{m J}^{-1}; G(\cdot\text{OH}) = 0.28 \mu\text{m J}^{-1}; G(e_{\text{aq}}^-) = 0.28 \mu\text{m J}^{-1}$$



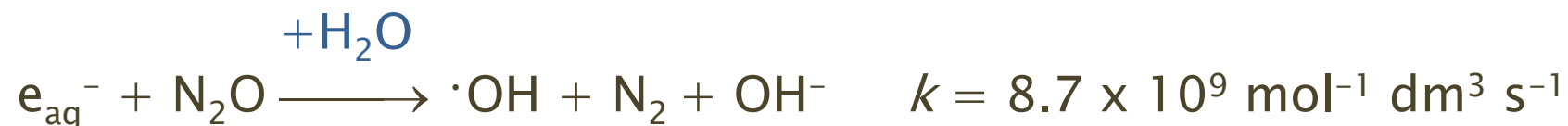
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Radiolízis vizes oldatban

N₂O-dal telített oldatban: ·OH reakciója



OH gyök: $G \approx 0.56 \mu\text{mol J}^{-1}$ H atom: $G \approx 0.06$



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Radiolízis vizes oldatban

N₂-nel telített oldatban:



t-butanol jelenlétében: e_{aq}^-



$$k(\text{OH}) = 6 \times 10^8 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$$

Spektrum e_{aq}^- :

$$\lambda_{\text{max}} = 715 \text{ nm}$$

$$\varepsilon_{\text{max}} = 18\,500 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ cm}^{-1}$$



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Radiolízis vizes oldatban, oxigén jelenlétében

Szuperoxid gyökanion ($O_2^{-\bullet}$) és perhidroxil gyök(HO_2^{\bullet}):

- ▶ $e_{aq}^- + O_2 \longrightarrow O_2^{-\bullet} \quad k = 1.2 \times 10^{10} \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$
- ▶ $H^{\bullet} + O_2 \longrightarrow HO_2^{\bullet} \quad k = 1.9 \times 10^{10} \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A $\cdot\text{OH}$ reakciója egyszerű aromás molekulákkal

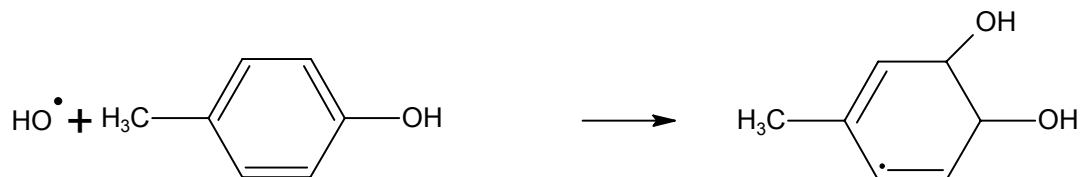
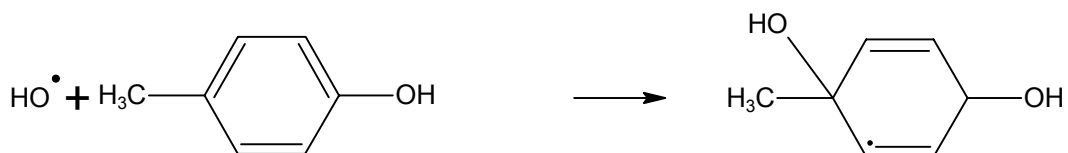
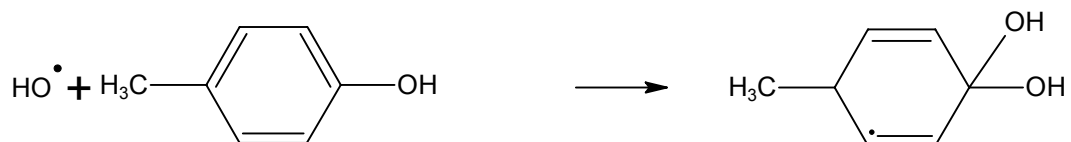
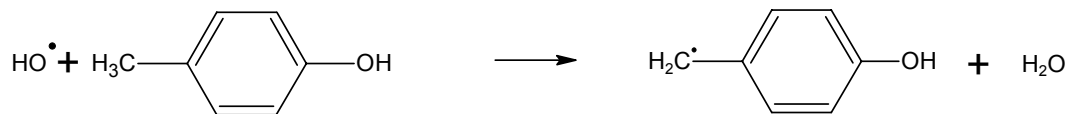
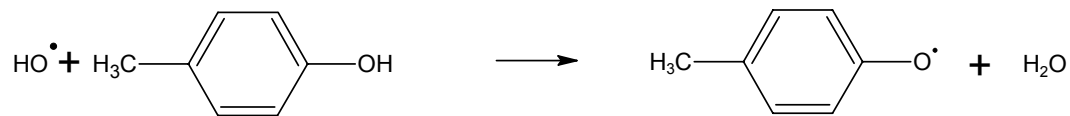


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

•OH reakciója; *p*-krezol degradációja

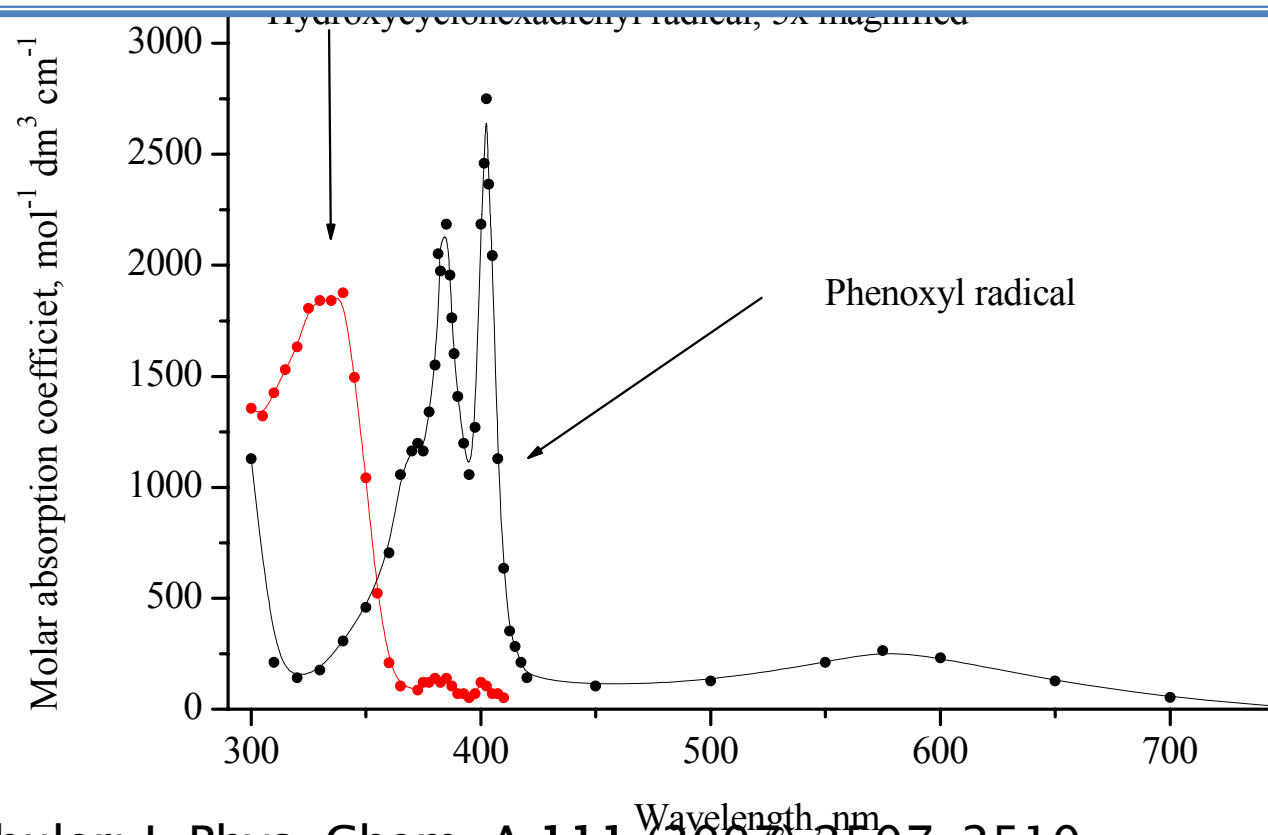


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Impulzusradiolízis



G. Albarran, R.H. Schuler: J. Phys. Chem. A 111 (2007) 2507–2510.
Jonston et al., Can. J. Chem. 71 (1993) 1655–1662.

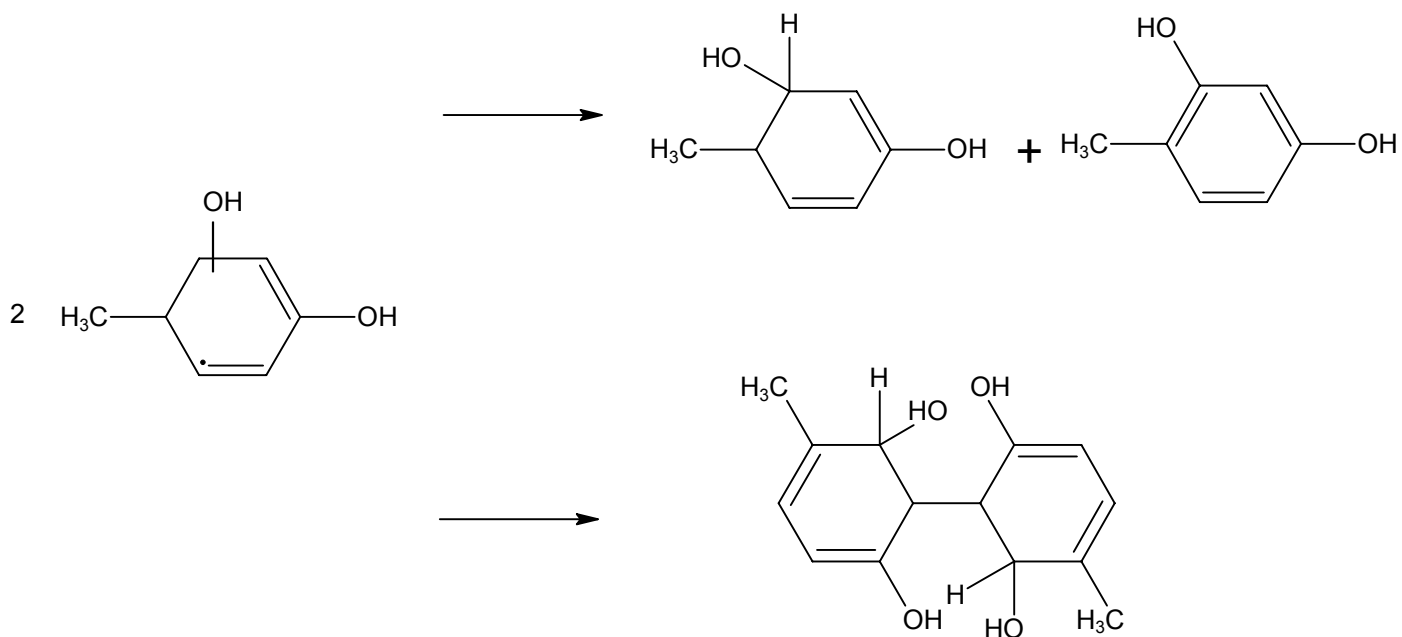


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

•OH reakciója; *p*-krezol degradációja

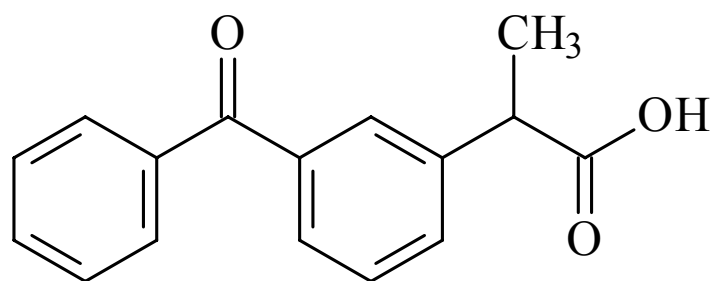


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt

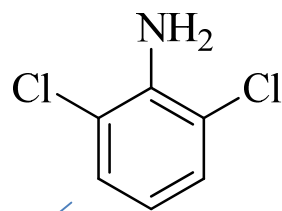


A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

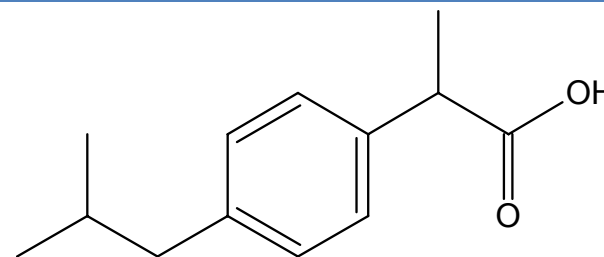
Gyógyszer molekulák sugárzásos lebontása



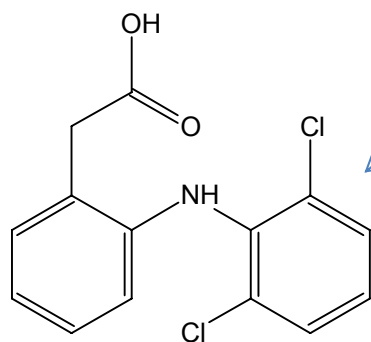
Ketoprofen



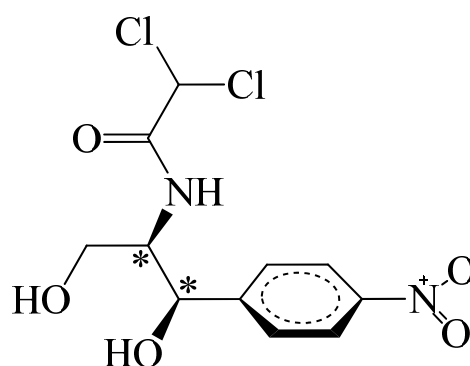
2,6-diklór anilin



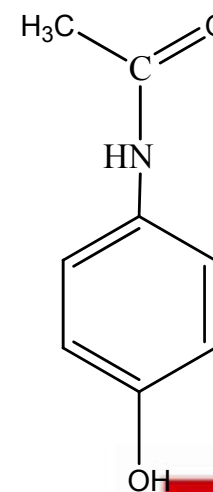
Ibuprofen



Diklofenak



ÚJ SZÉCHENYI TERV
Klorocid



Paracetamol



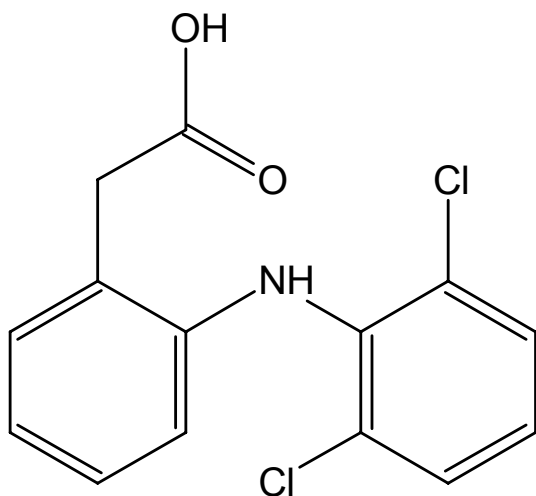
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



MAGYARORSZÁG MEGÚJUL

A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Gyógyszer molekulák sugárzásos lebontása



Diklofenak, DCF
Fájdalom csillapító,
gyulladásgátló



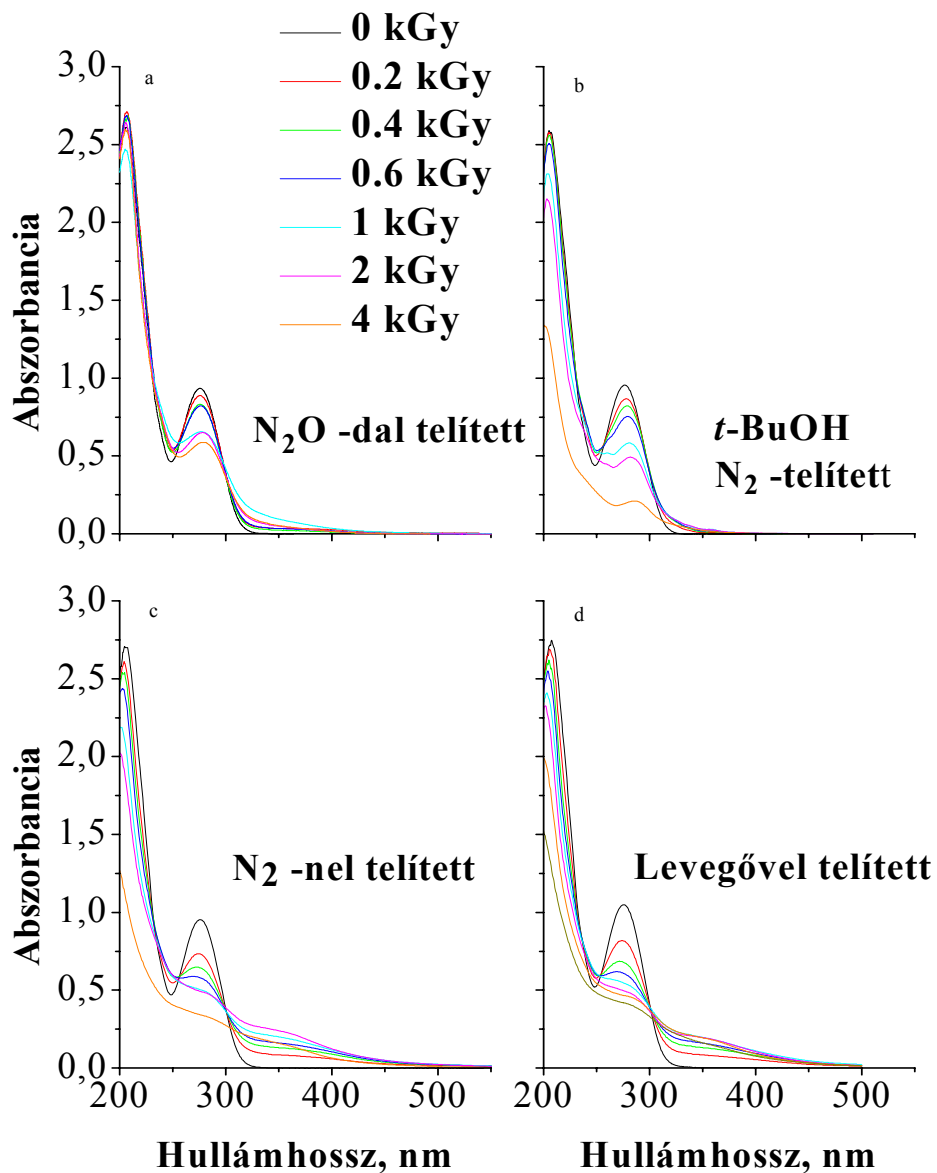
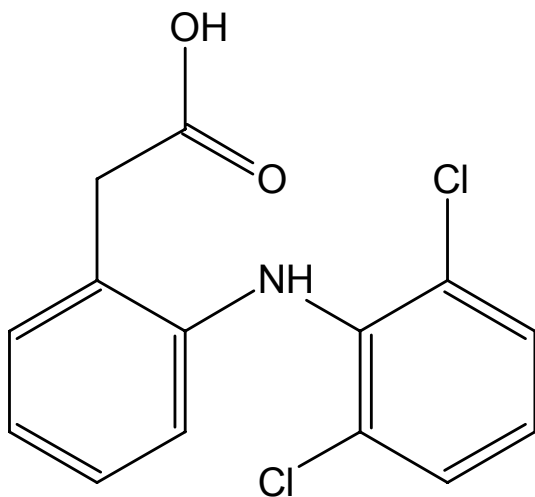
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

DCF lebomlása

0,1 mmol dm⁻³ DCF

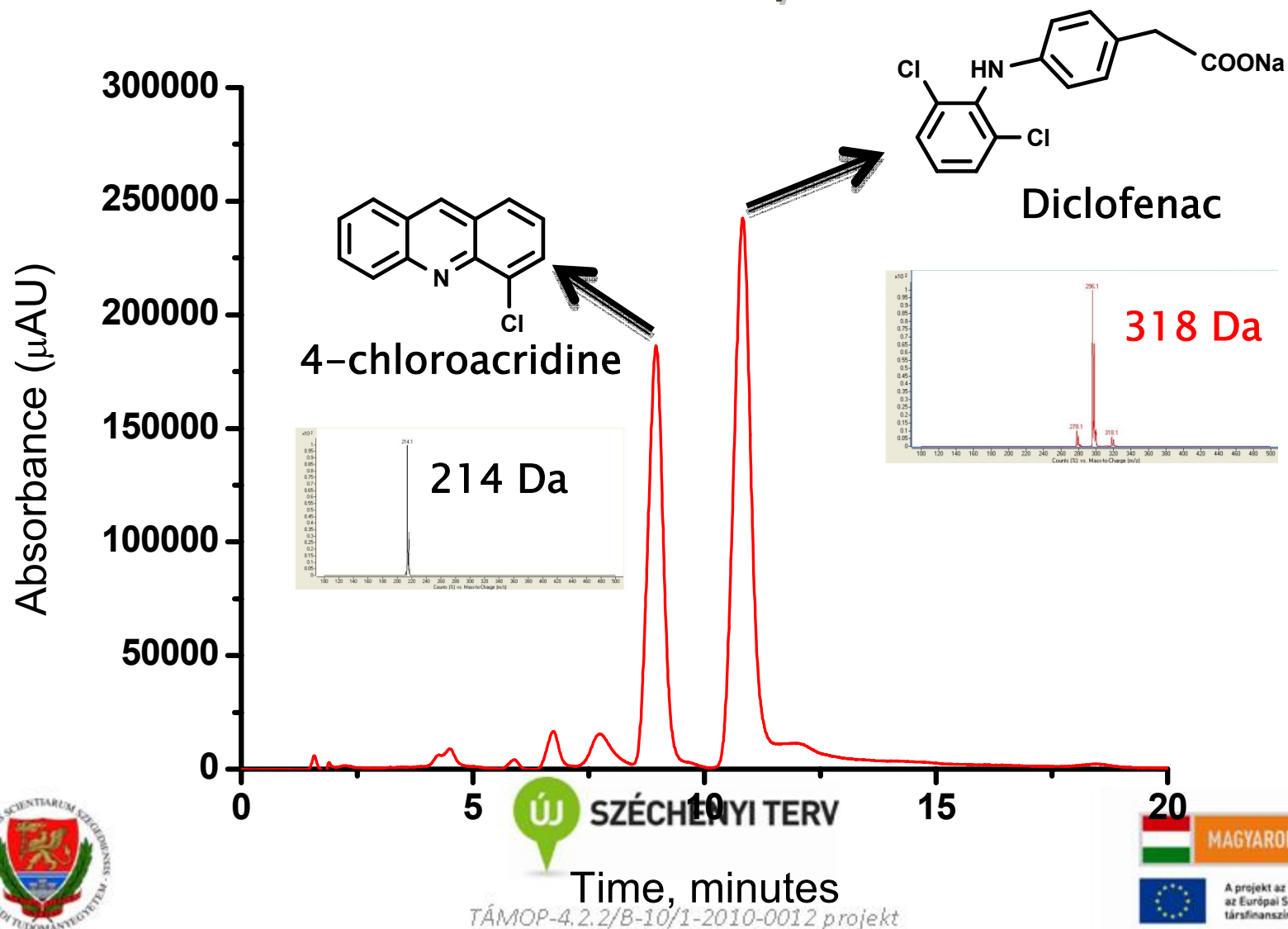


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

A degradációs termékek azonosítása: LC-MS/MS

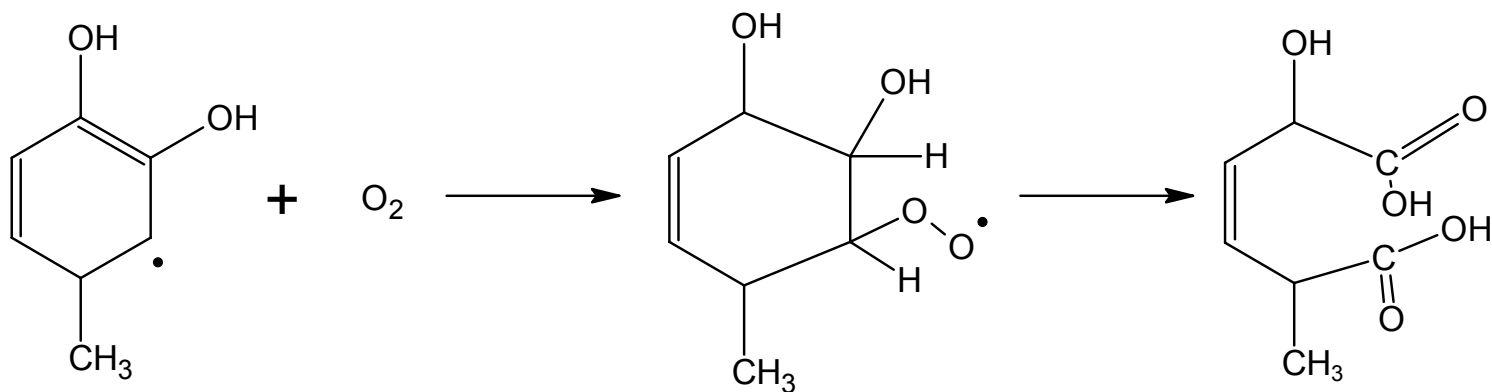


MAGYARORSZÁG MEGÚJUL



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Oxigén jelenlétében: mineralizáció

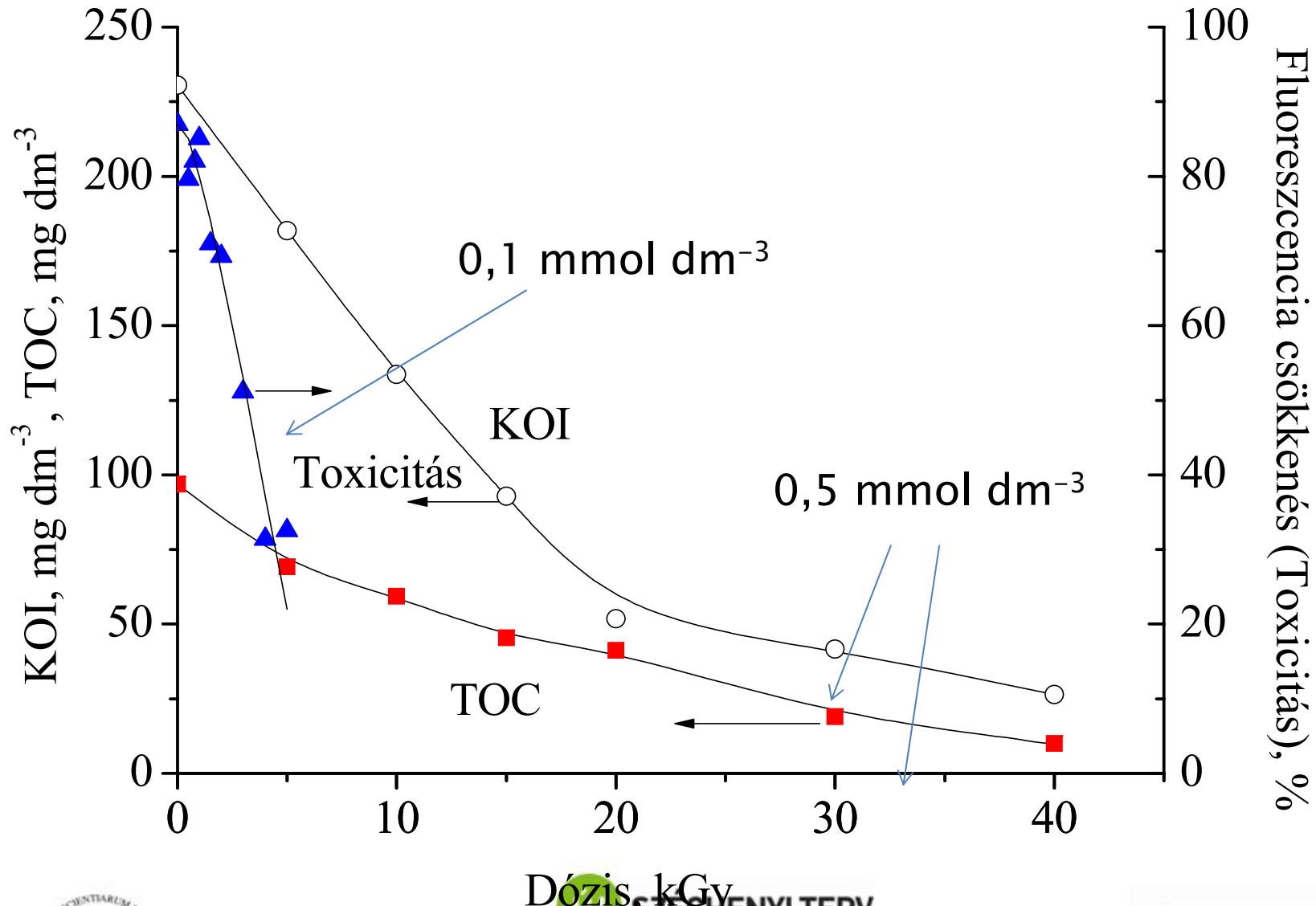


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Degradáció, mineralizáció és toxicitás DCF lebontásakor



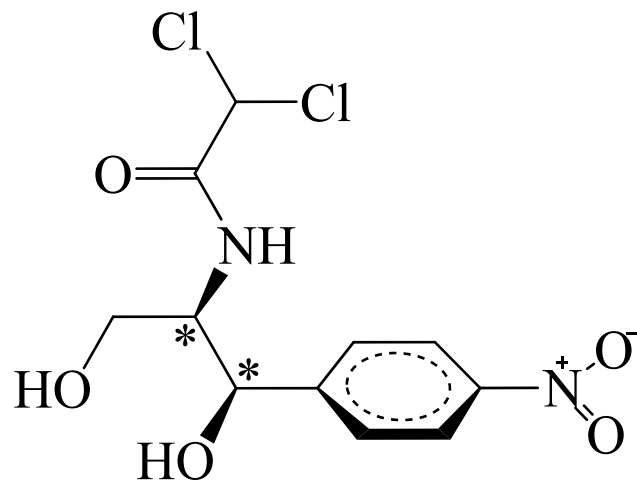
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Klorocid

Chloramphenicol (CPL)
/klorocid/

Nagyon széles spektrumú antibiotikum
(Gram +/-, aerob/anaerob baktériumok)



Peptidil-tanszferáz enzim gátlással a riboszómán belül akadályozza a peptid szintézist

Előfordulás szennyvizekben:

Kína: **5,8-47,0 $\mu\text{g dm}^{-3}$**

Effektív koncentráció szervezetben belül:

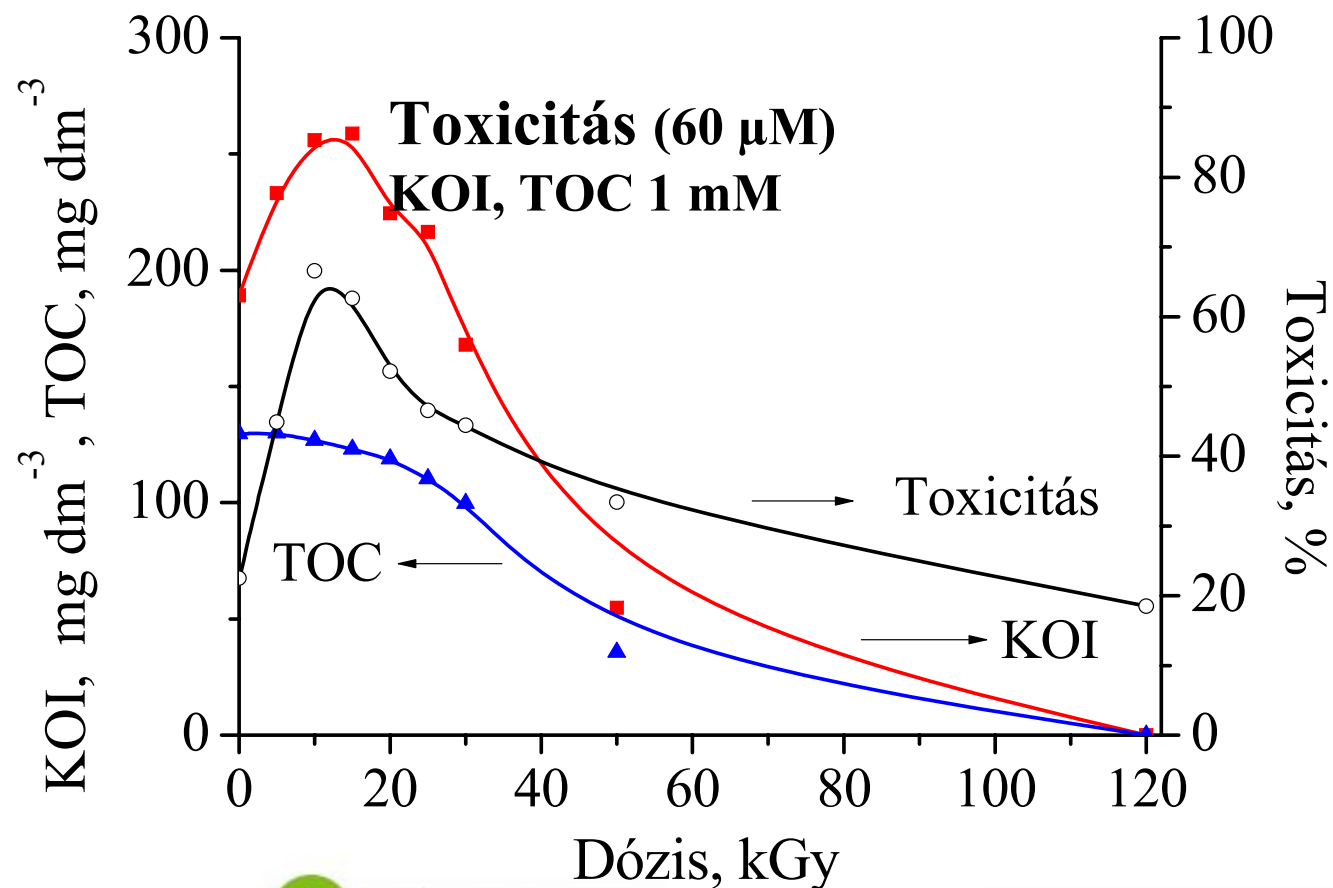
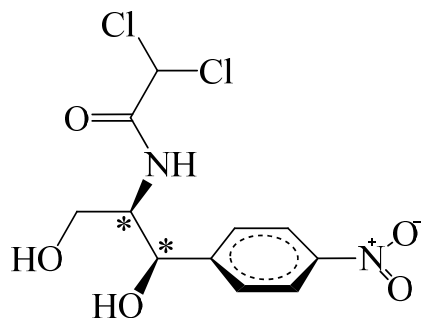
ÚJ SZÉCHENYI TERV **15-20 mg dm^{-3}**



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Degradáció, mineralizáció és toxicitás klorocid lebontásakor

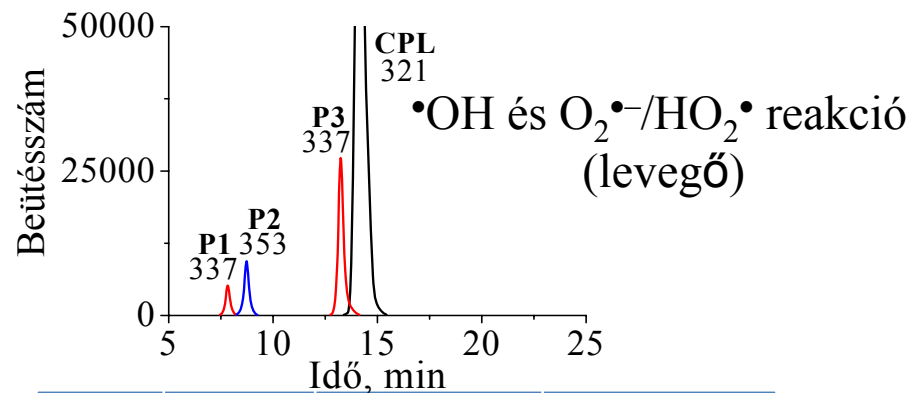
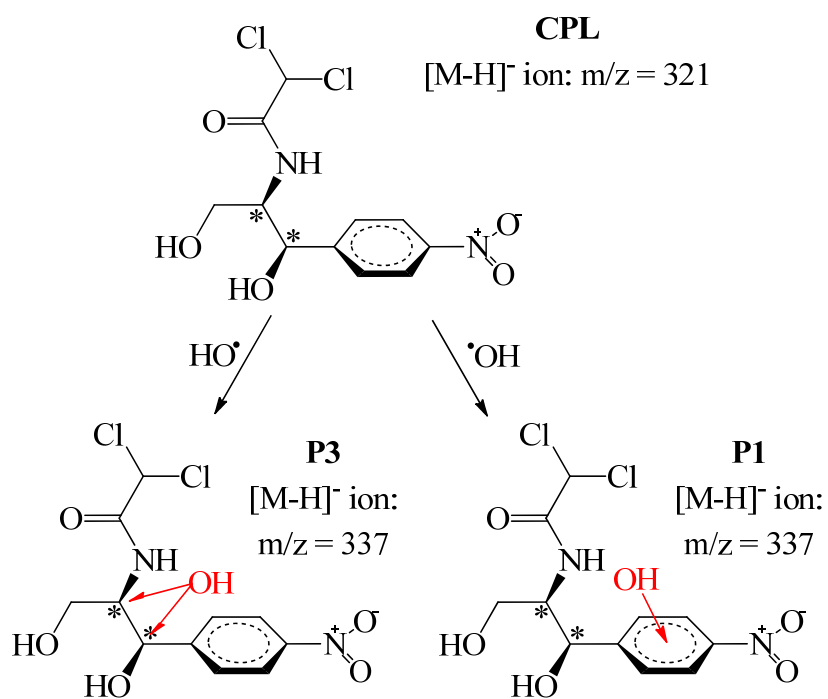


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

LC-MS/MS analízis



Név	m/z	Δtömeg	
CPL	321	[M]	
P1	337	[M+16]	
P2	353	[M+32]	
P3	337	[M+16]	vicinális

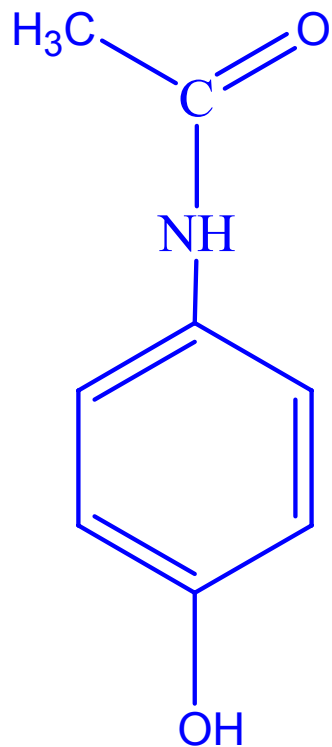


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Paracetamol



CAS szám	103-90-2
IUPAC név	N-(4-hidroxiifenil)acetamid
Általánosan használt nevek	Acetaminofenol
	4-acetamidofenol
	4-hidroxiacetanilid
Képlet	C ₈ H ₉ NO ₂
Moláris tömeg (g/mol)	151,16
Olvadáspont (°C)	169-172 °C
Forráspont (°C)	>500
Oldhatóság vízben (g/l) _{20 °C}	14
Sűrűség (g/cm ³)	1,293
pKa	9,63

A legismertebb és a legnagyobb mennyiségben használt **fájdalom- és lázcsillapítószer.**

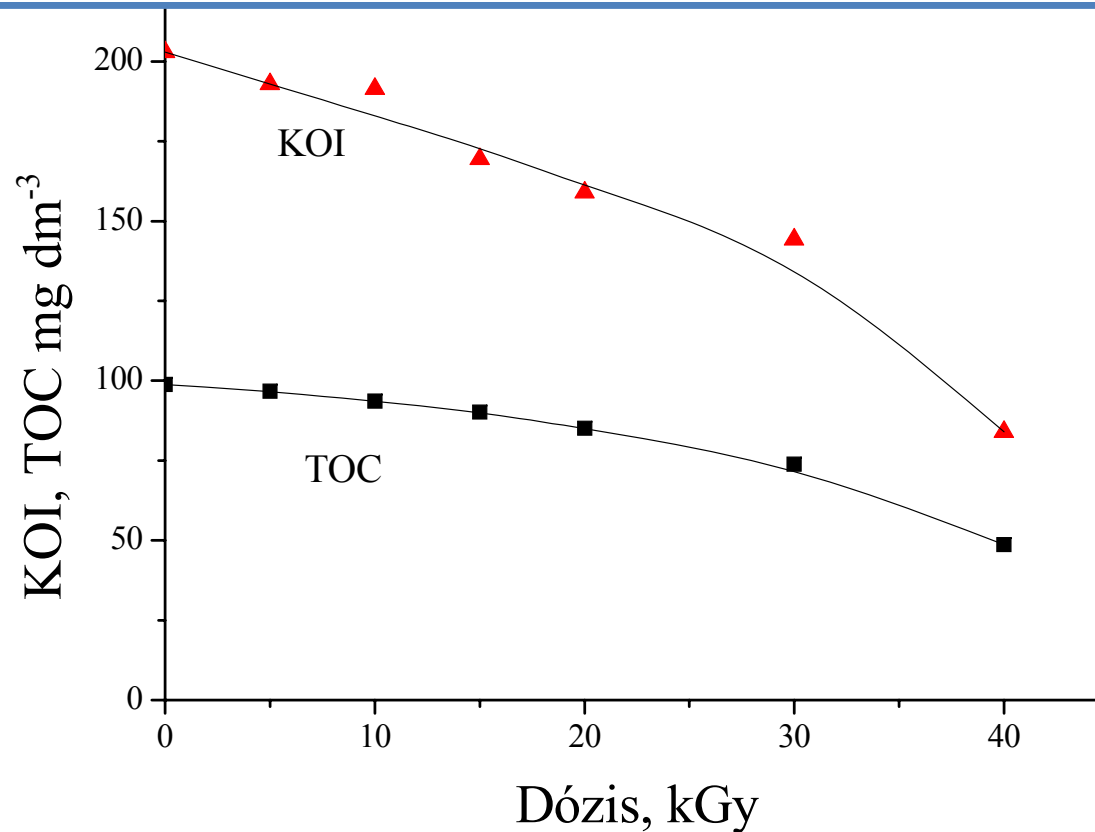


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Degradáció és mineralizáció paracetamol lebontásakor



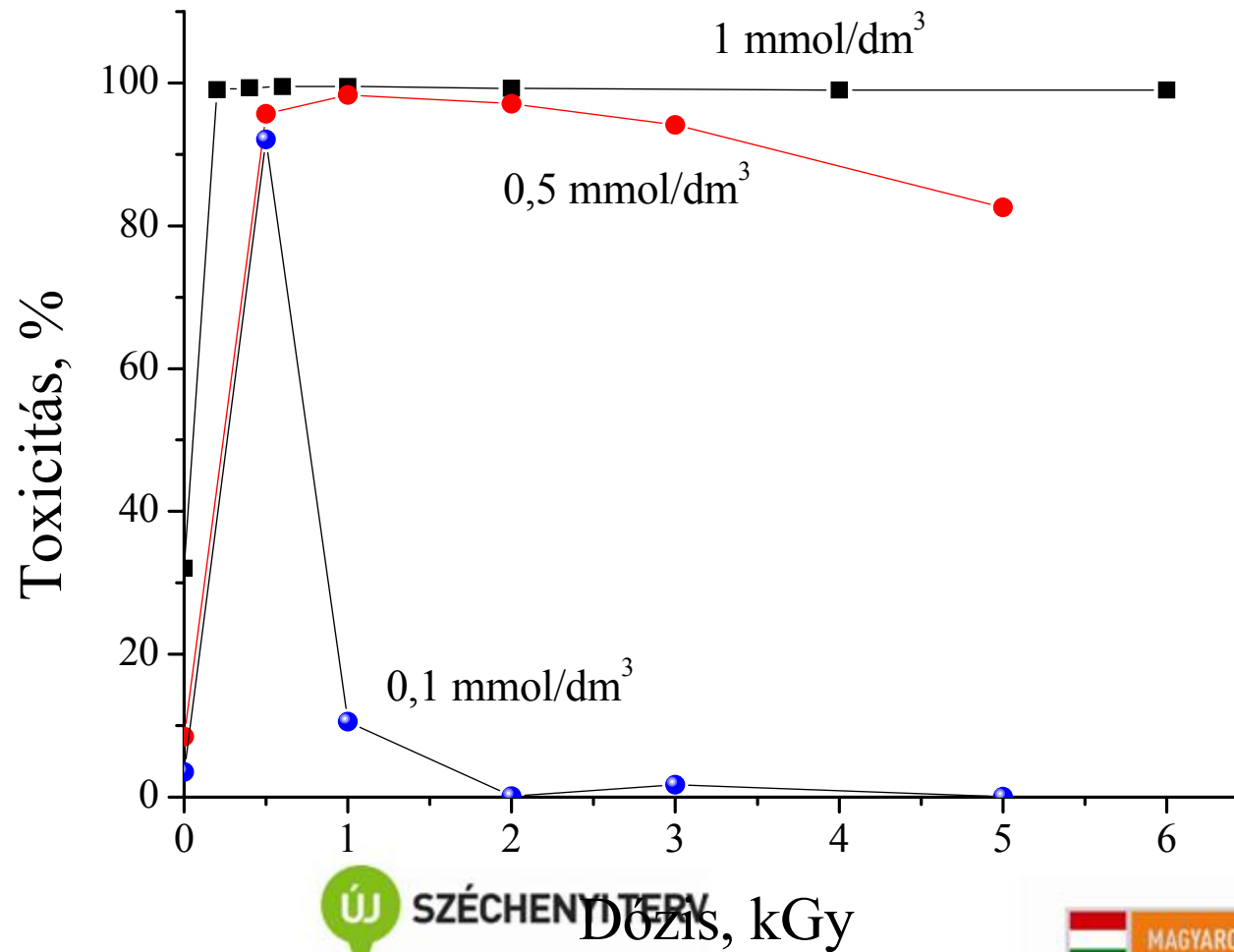
Paracetamol lebomlása 1 mmol dm⁻³ vizes oldatban



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



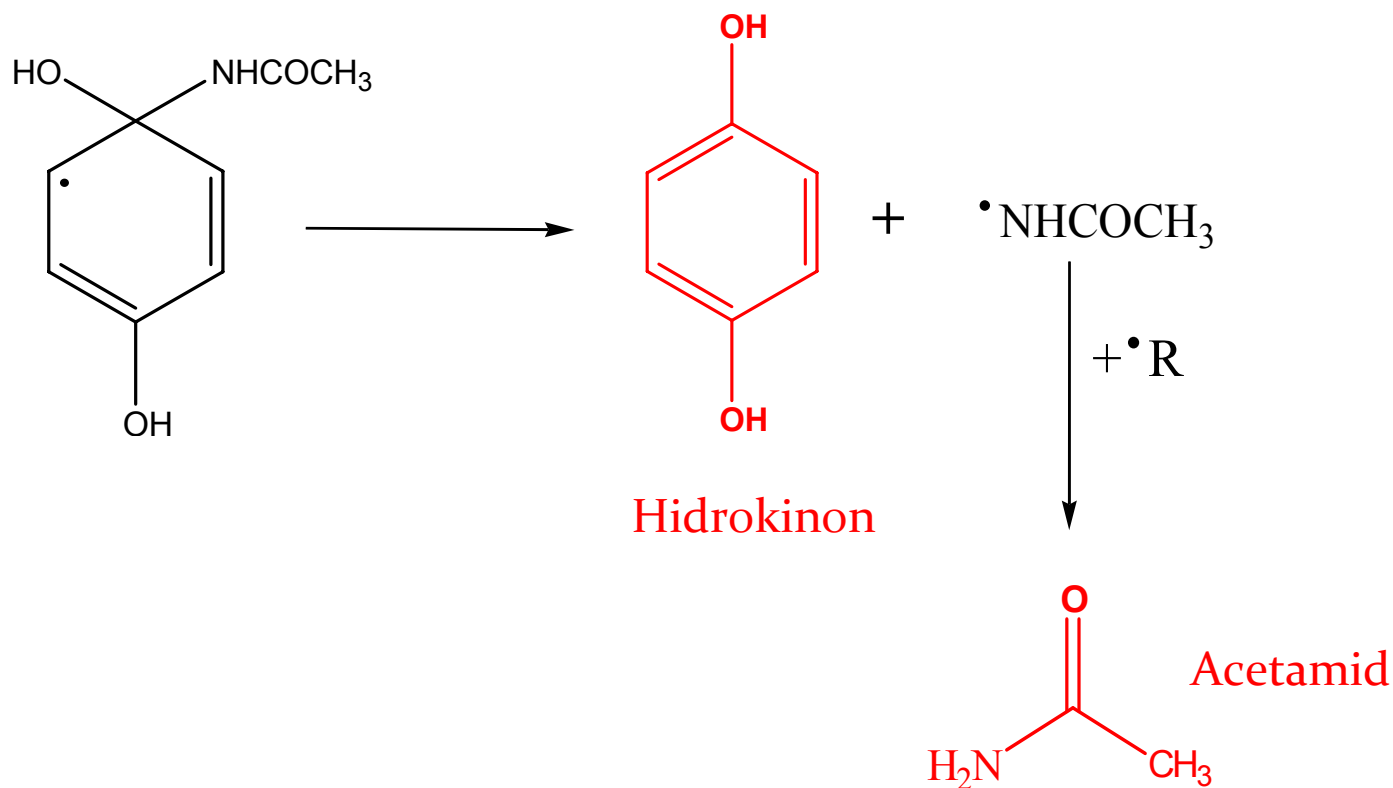
Paracetamol toxicitása



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Az *para*-addukt további átalakulásai



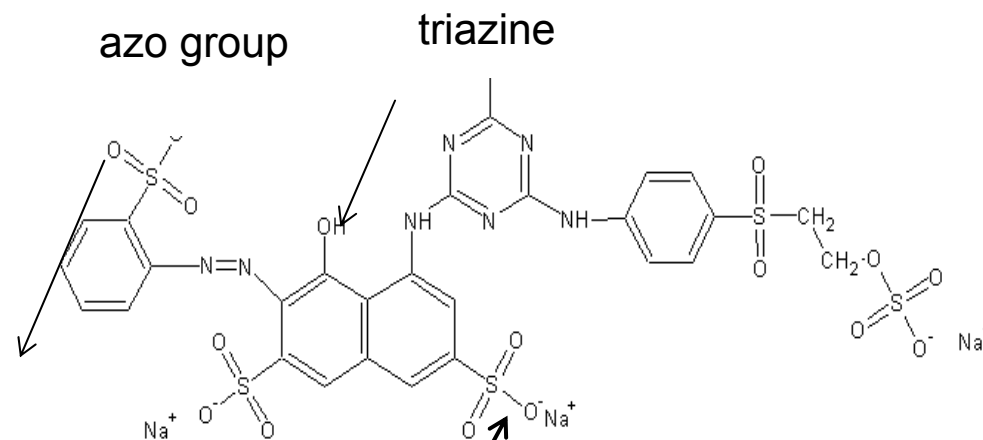
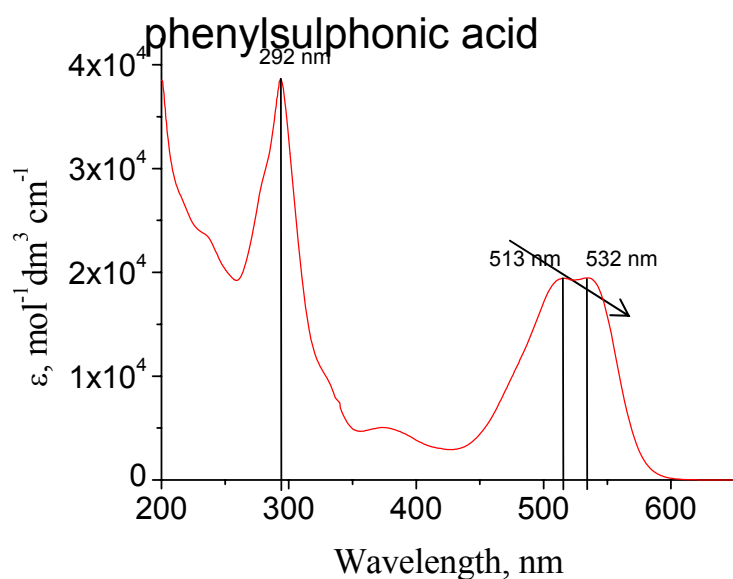
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Textilszínezékek degradációja

Apollofix Red (AR-28)



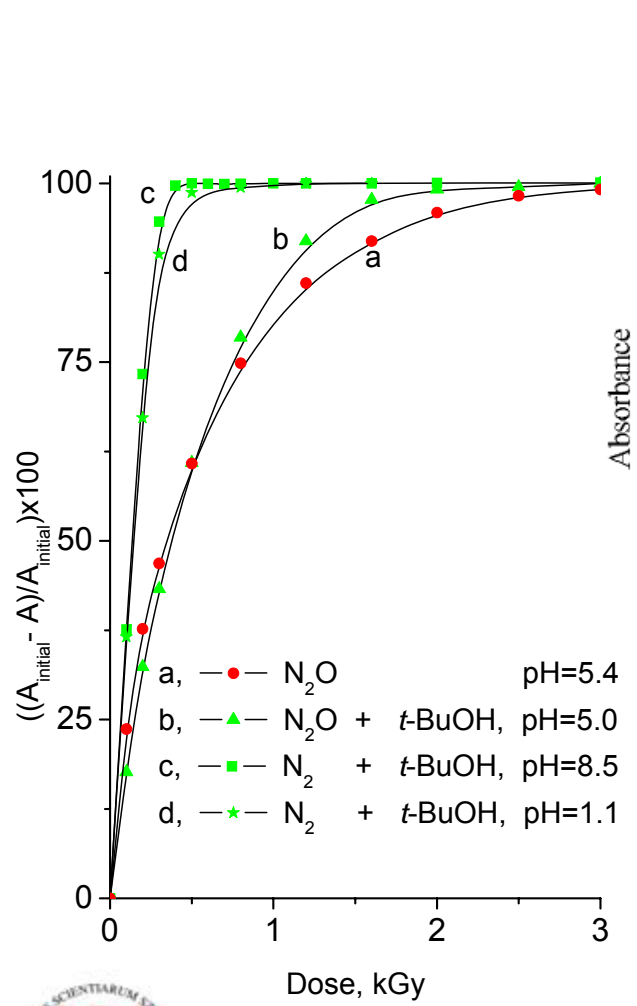
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



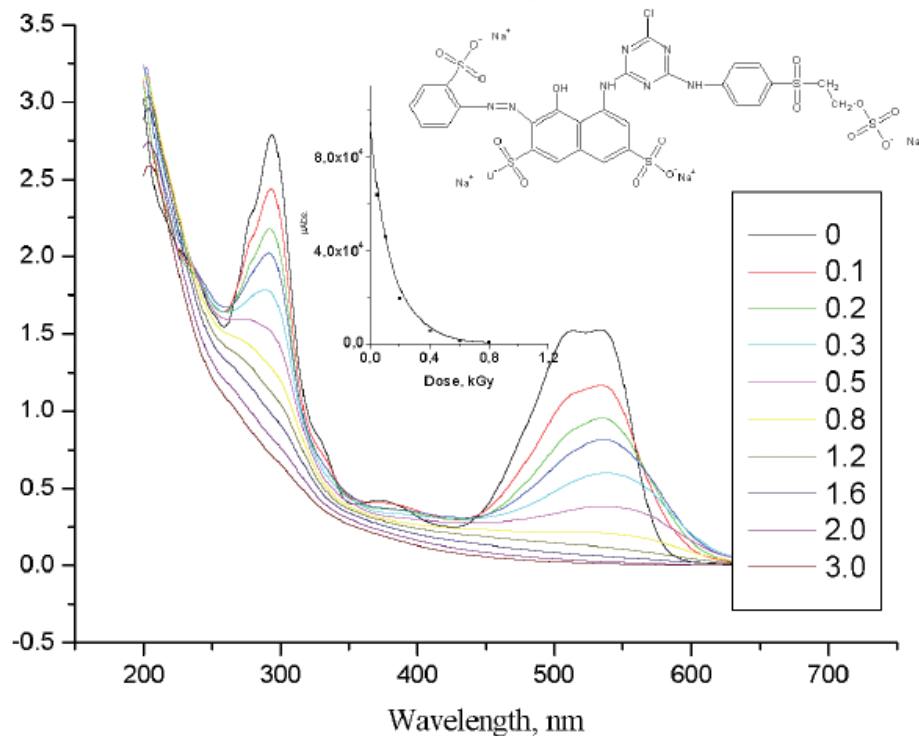
A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

$\lambda_{\max} = 292 \text{ nm}$ $\epsilon_{\max} \approx 50000 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ cm}^{-1}$

$\lambda_{\max} = 513, 532 \text{ nm}$, $\epsilon_{\max} = 31400 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ cm}^{-1}$



Apolofix-Red



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt

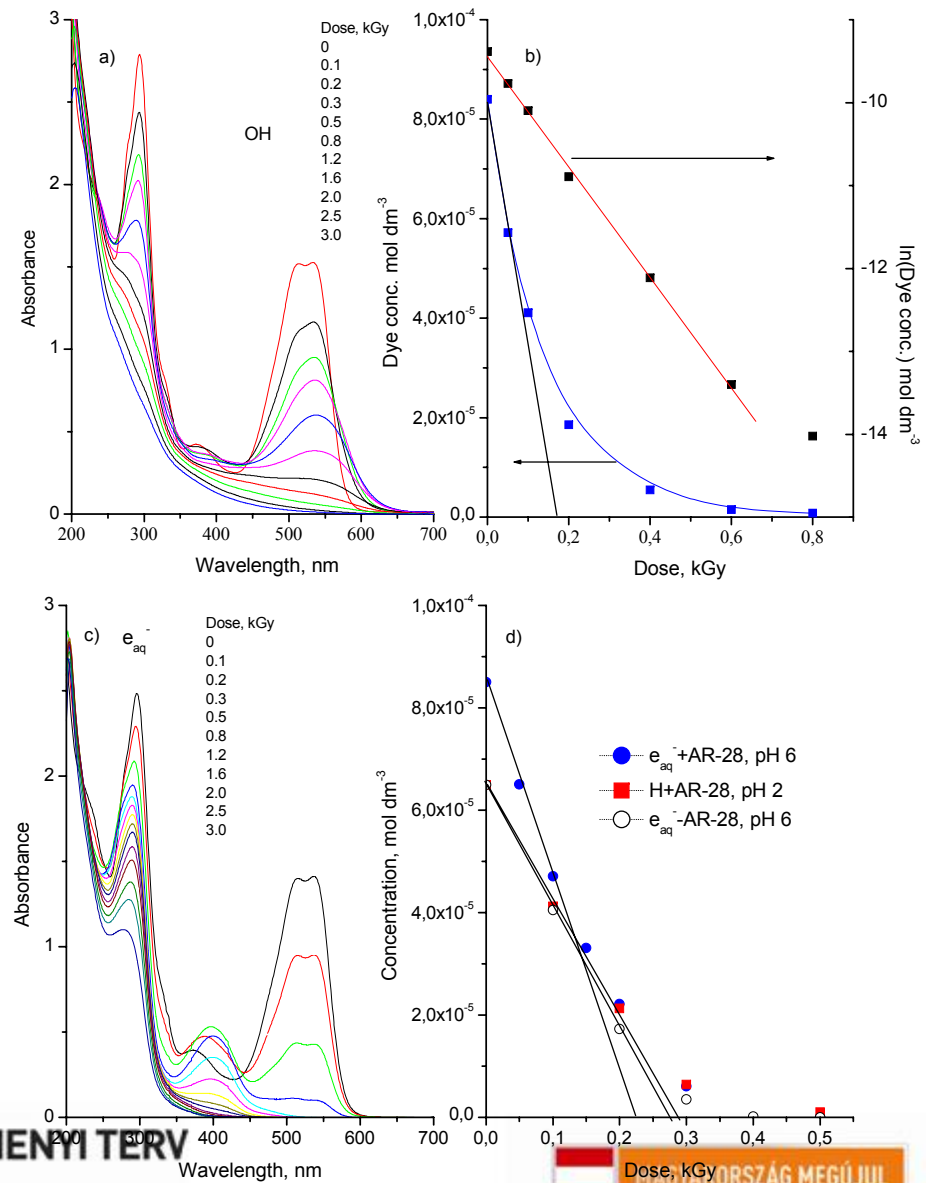


A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

$8.5 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ AR-28

N_2O -dal telített oldat – OH gyök reakciója (a),
színezék koncentráció csökkenés a dózis függvényében HPLC mérés alapján (b).

Elszintelenedés N_2 -dal telített tert-butanol tartalmú oldatban – a hidratált elektron reakciója (c, d) és a hidrogén atom reakciója (d).



ÚJ SZÉCHENYI TERV

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt

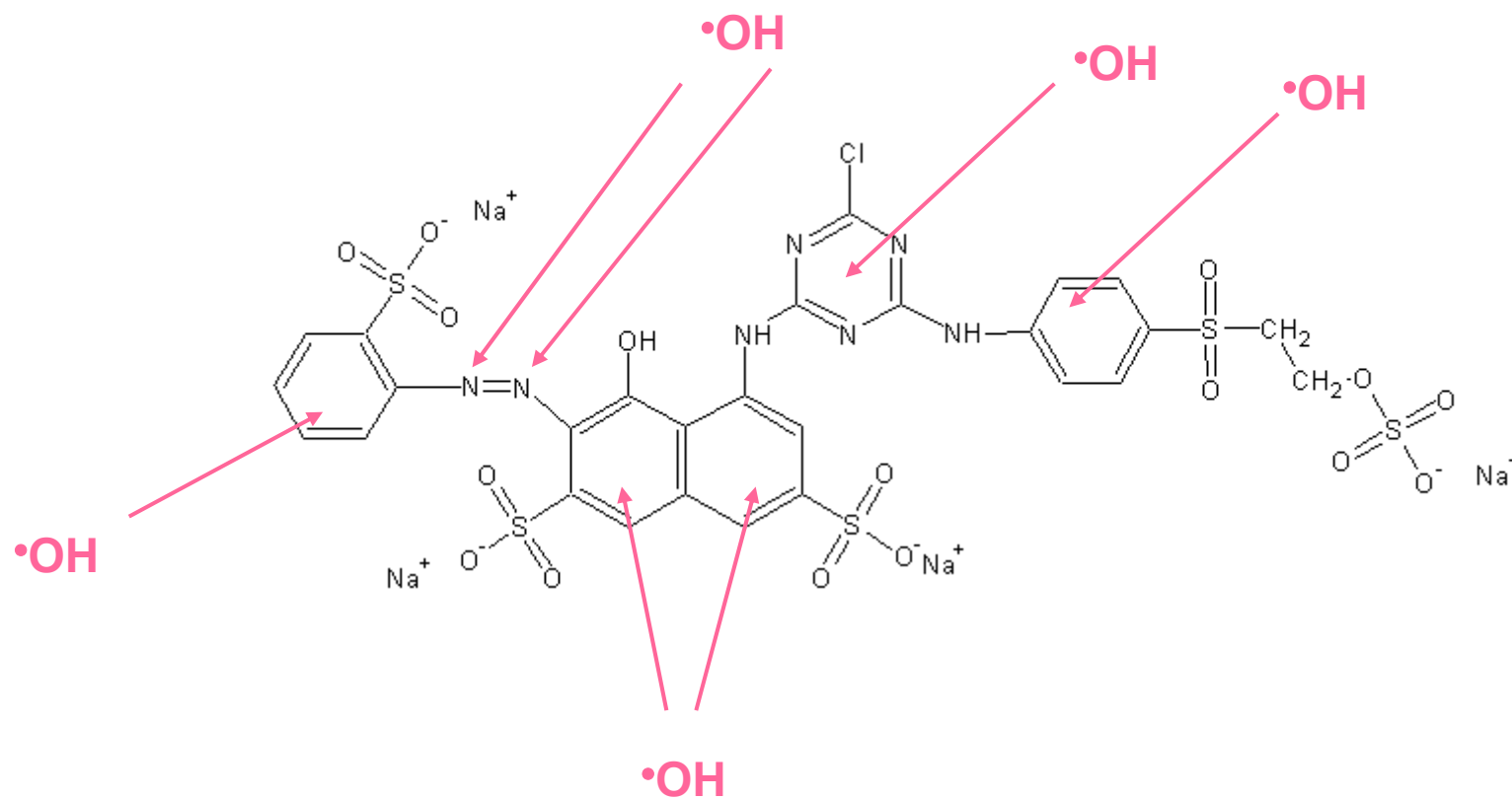


HUNGÁRIKUSZÁG MEGÚJUL



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

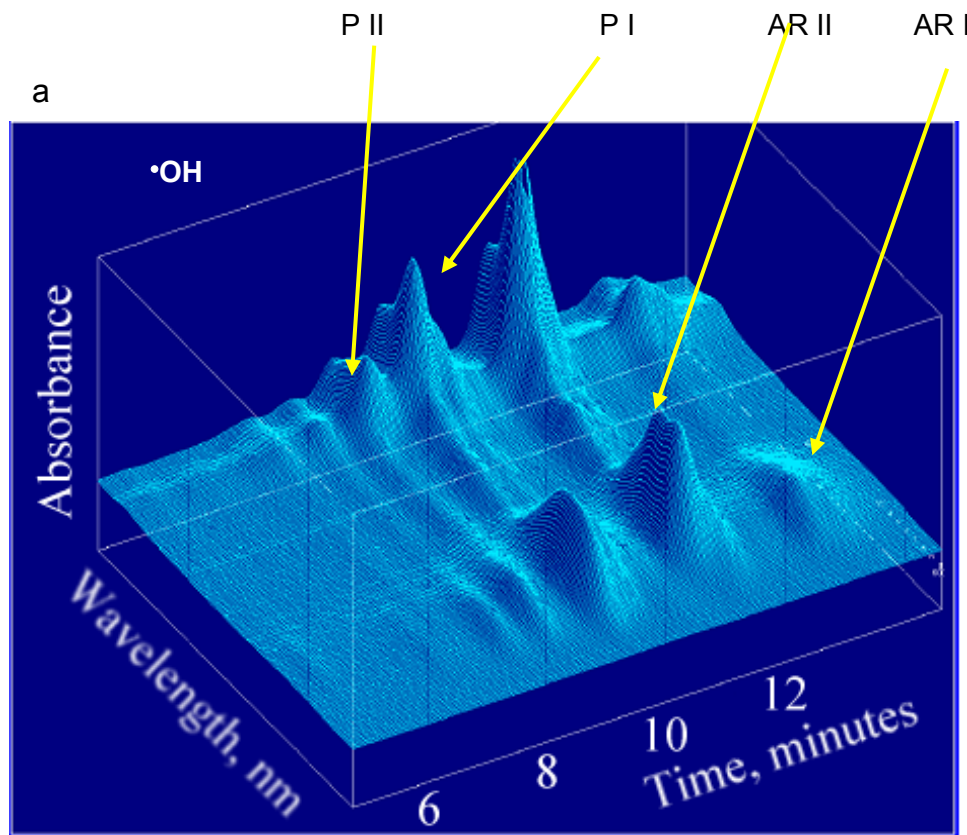
•OH gyök támadási lehetőségei AR molekulán



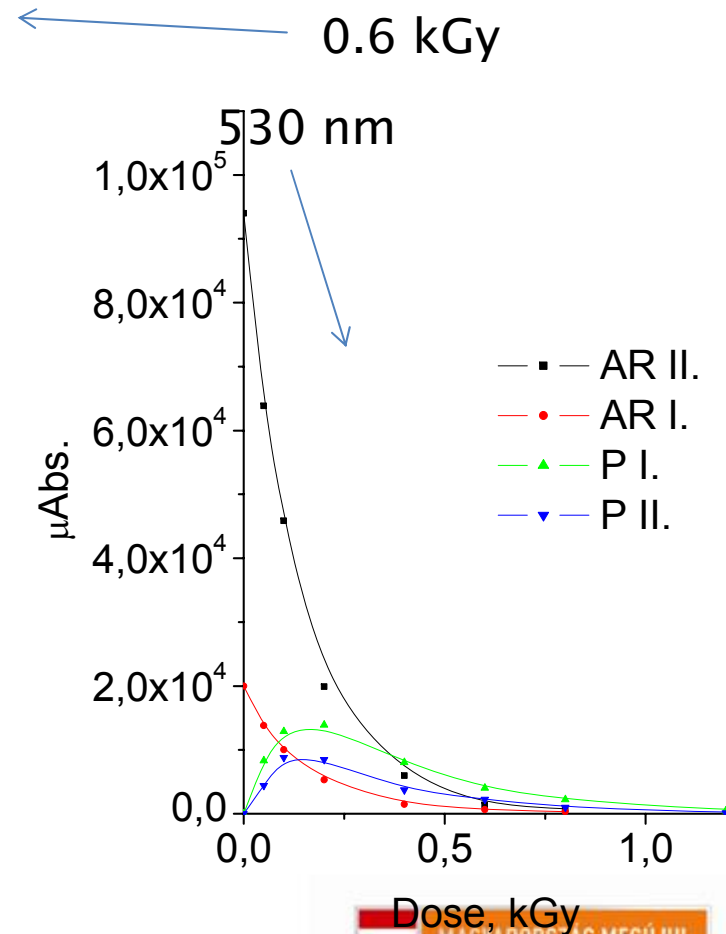
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.



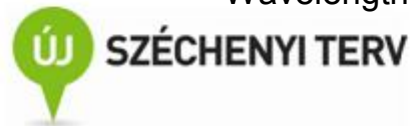
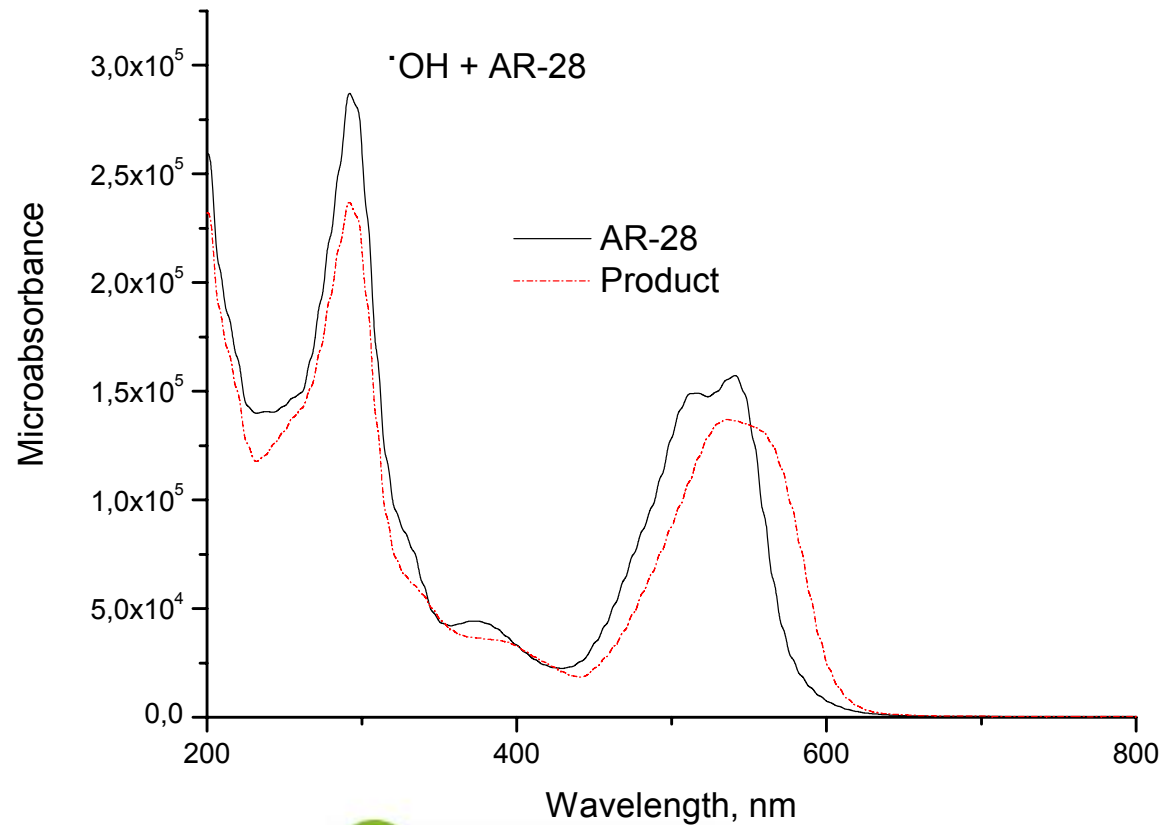
HPLC - diódasoros detektálás OH gyök reakciója



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



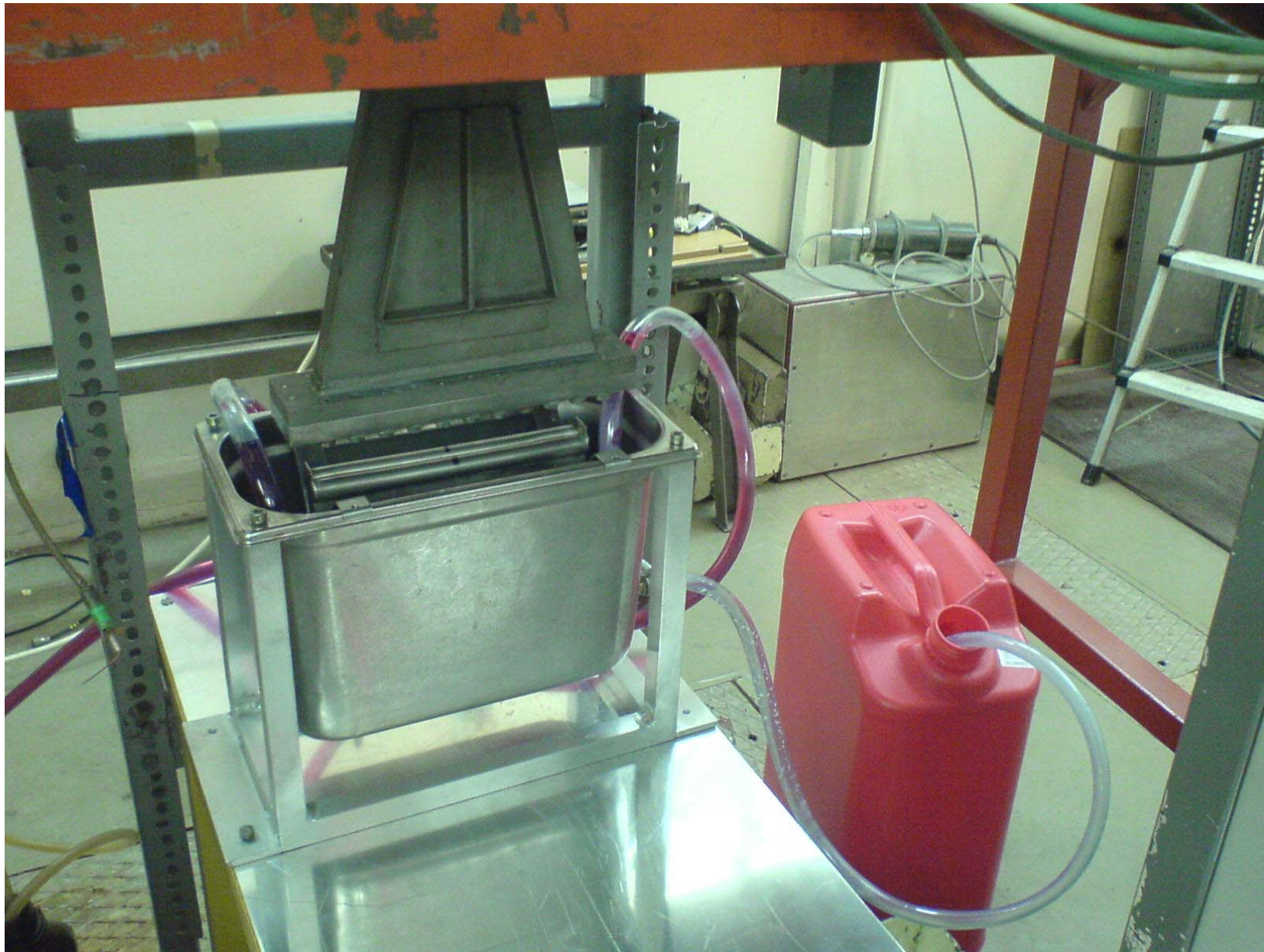
HPLC – diódasoros detektálás OH gyök reakciója



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

AOP eljárások kombinálása

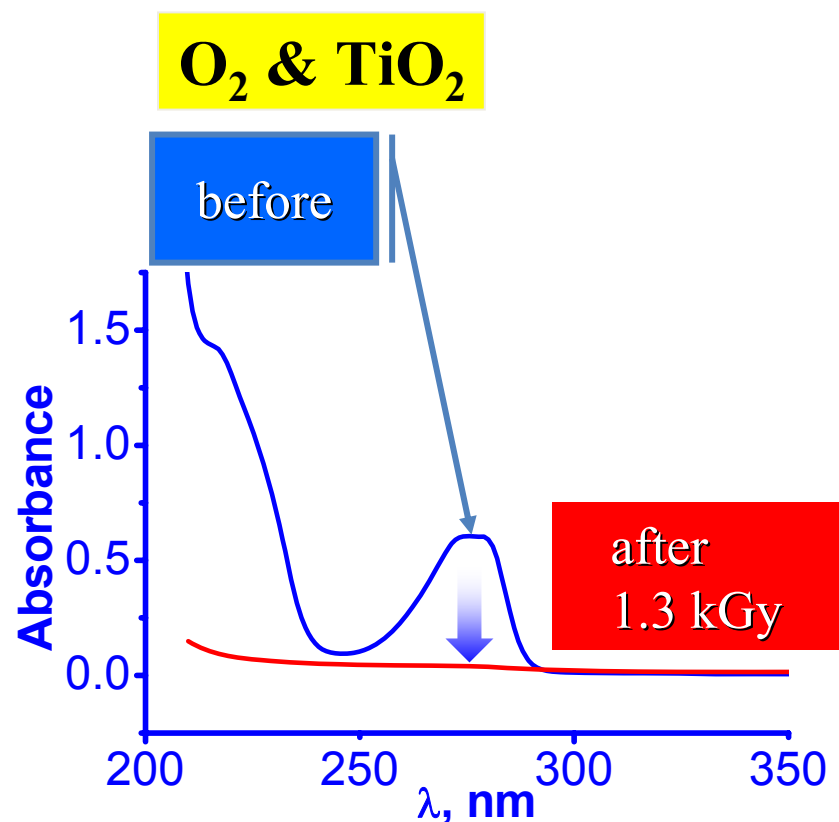
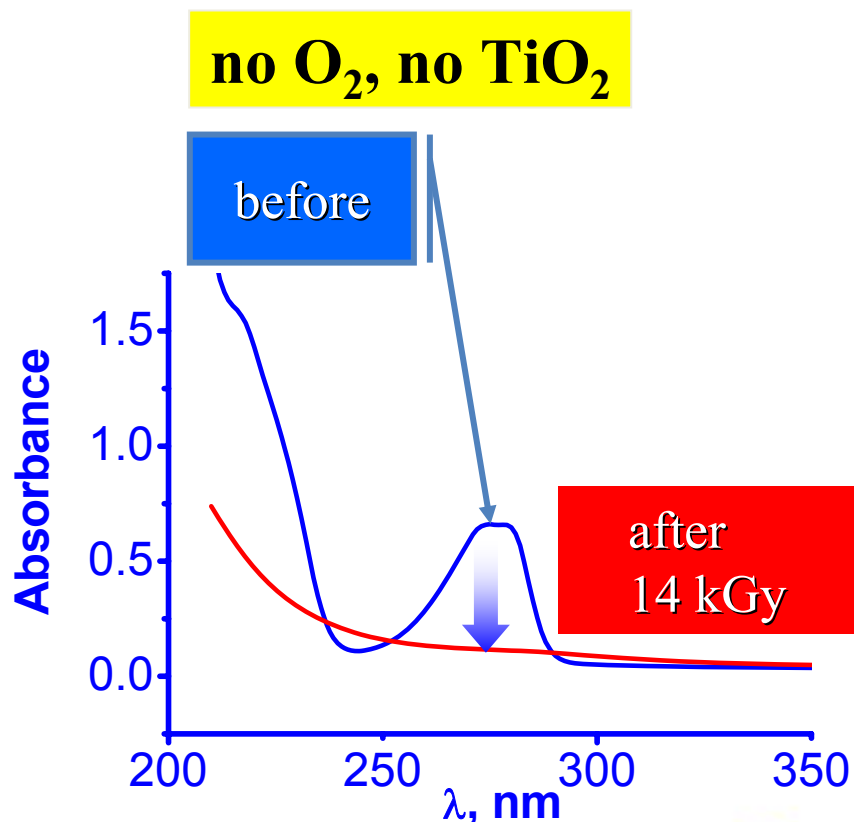


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



TiO₂ katalizátor és gamma-besugárzás: Carbofuran

[Carbofuran] 200 μM + ·OH



Emmi, S.S., De Paoli, G., Takács, E., Pálfi, T. *24th Miller Conference on Radiation Chemistry*, Le Londe les Maures, France, 10–15 September 2005

ÚJ SZÉCHENYI TERV



MAGYARORSZÁG MEGÚJUL
A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Nedves oxidáció és sugárzás (20 bar oxigén)



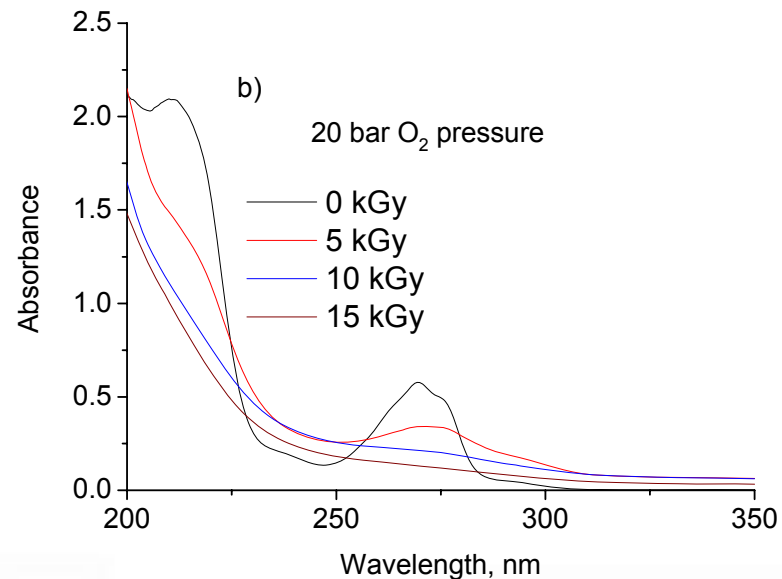
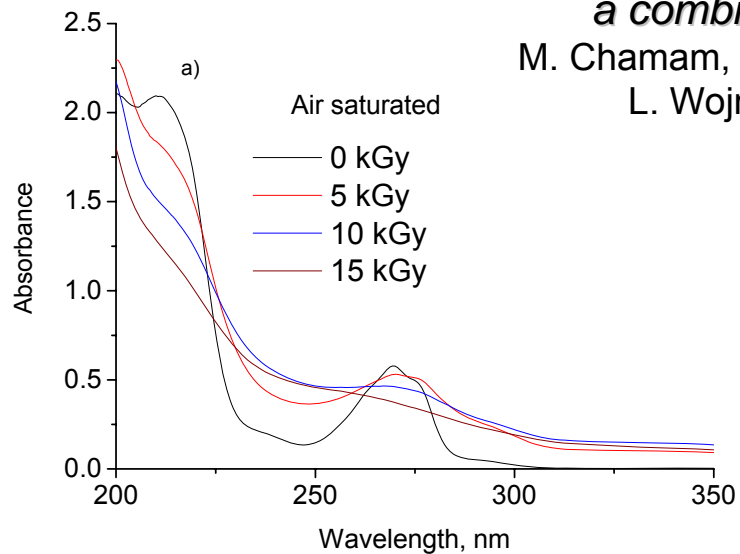
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Fenolát oldat UV spektrumának változása levegős és oxigénes reakcióban elektron besugárzással

*Mineralization of aqueous Na-phenolate solutions:
a combination of irradiation treatment and wet oxidation*
M. Chamam, Cs. M. Földváry, A. M. Hosseini, A. Tungler, E. Takács and
L. Wojnárovits, Radiation Physics and Chemistry accepted.
Doi:10.1016/j.radphyschem.2011.11.013

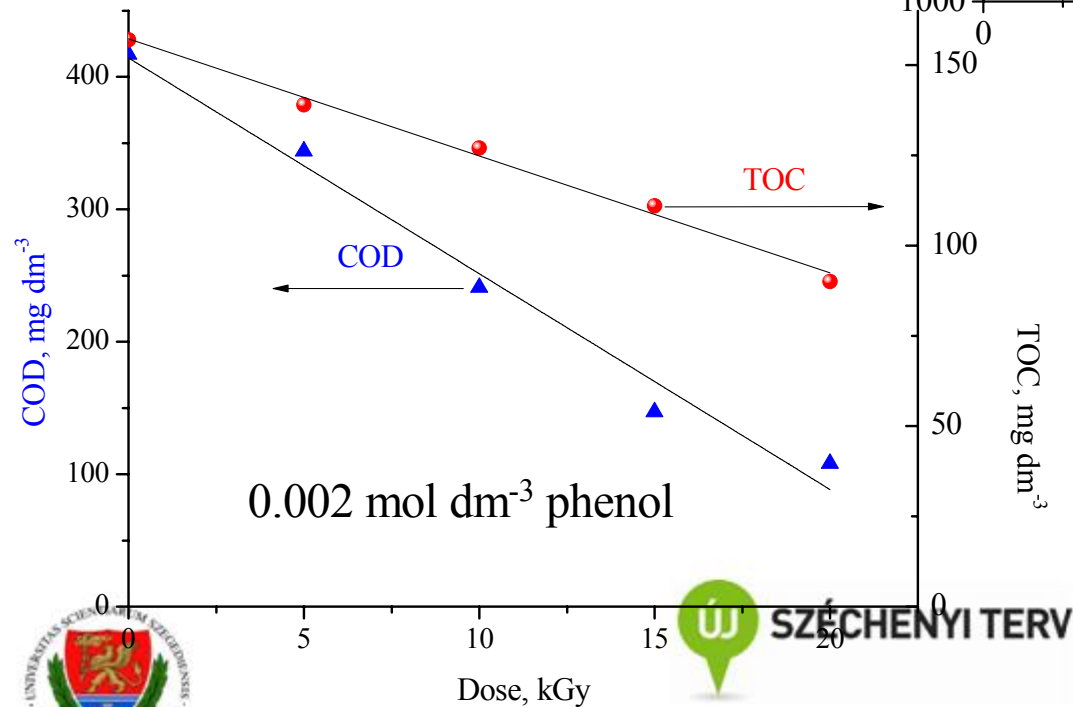
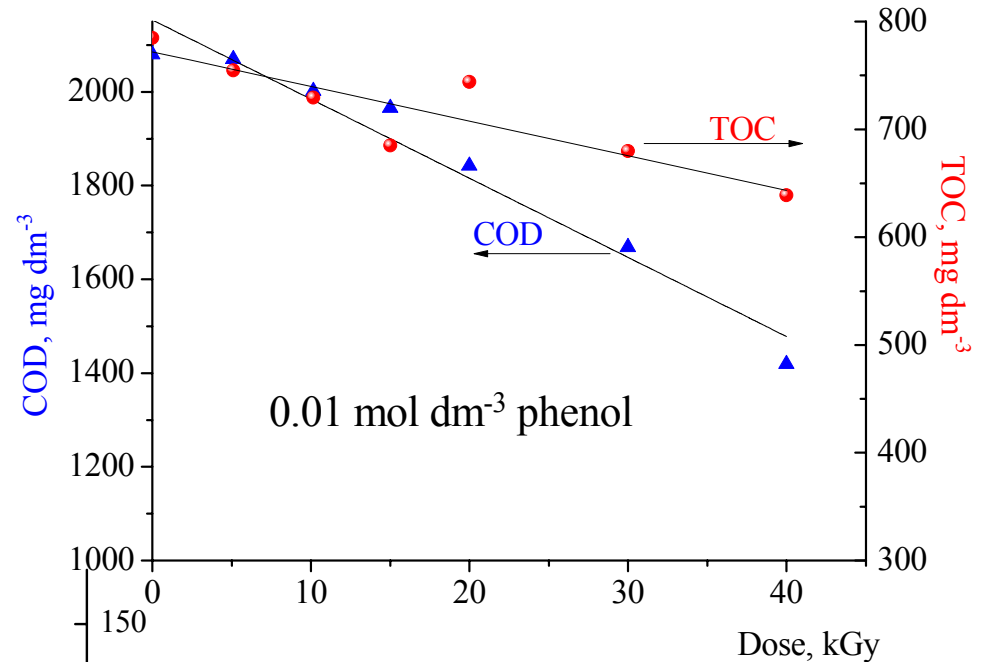


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Fenolát oldat oxidációja LINAC, 25 °C, 20 bar O₂



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Eredmények szennyvízzel

- ▶ Tisztított szennyvíz – utókezelés
- ▶ Erősen toxikus szennyvíz – nedves oxidáció és sugárzás



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



TOTAL COLIFORM AND FECAL COLIFORM VALUES MEASURED WITH SAMPLES FROM A MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT AFTER BIOLOGICAL TREATMENT, BEFORE STERILIZATION AND AFTER STERILIZATION BY CHLORINE TREATMENT OR IRRADIATION.

Sample	Free Cl mg dm ⁻³	Total Cl mg dm ⁻³	Dose, kGy	Total Coli.	Fecal Coli.	Fec. C./ Total C.
I ₀₁	-	-	-	730	75	10.2
II _{Cl1}	0.07	0.09	-	560	52	9.3
I _{rad1}	-	-	0.5	1	0	-
	-	-	1	1	0	-
	-	-	20	0	0	-
I ₀₂	-	-	-	900	90	9.9
II _{Cl2}	<0.05	0.06	-	700	80	11.4
I _{rad2}	-	-	0.5	0	0	-
	-	-	1	0	0	-
	-	-	20	0	0	-



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



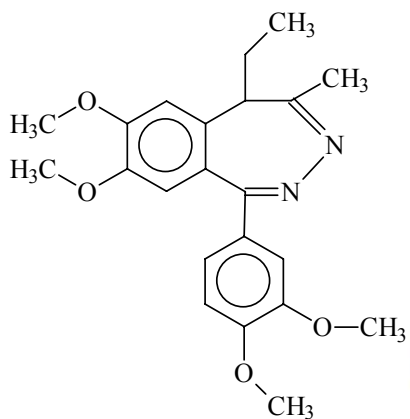
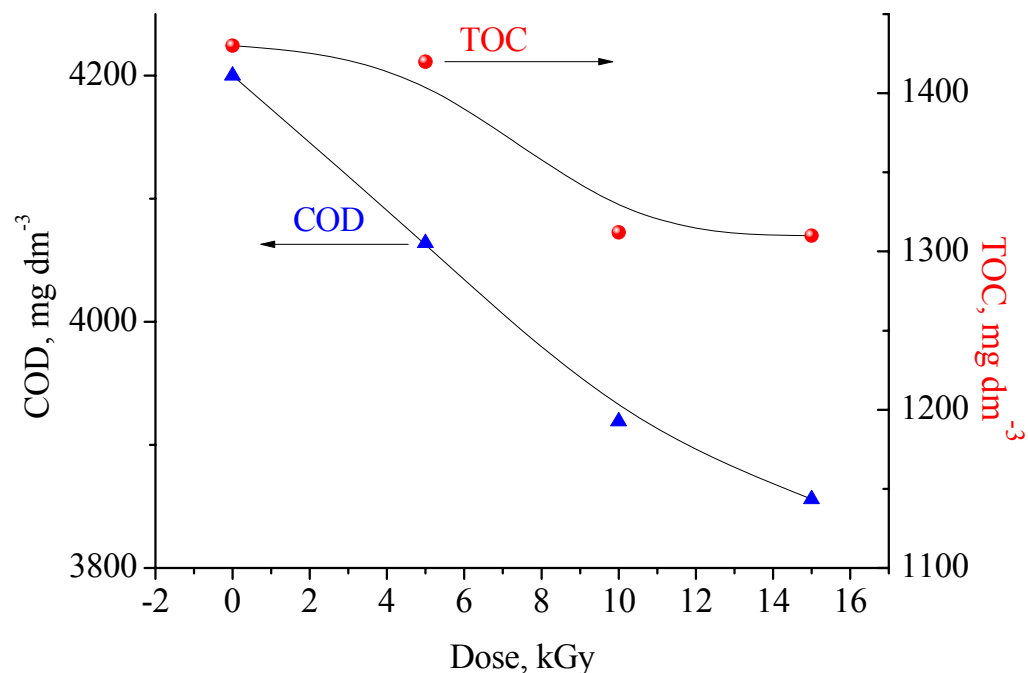
COMPARISON OF COD_k AND BOD₅ VALUES MEASURED WITH SAMPLES FROM A MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT AFTER BIOLOGICAL TREATMENT, BEFORE DISINFECTION AND AFTER DISINFECTION BY CHLORINE TREATMENT OR IRRADIATION.

Sample	Treatment	COD _k mg dm ⁻³	BOD ₅ mg dm ⁻³	BOD ₅ /COD _k %
I ₀₁	-	46	16	35
II _{Cl1}	Cl	62	16	26
I _{rad1}	0,5 kGy	36	<10 (6)	<17
	1 kGy	32	<10 (8)	<25
	20 kGy	36	<10 (5)	<14
I ₀₂	-	53	17	32
II _{Cl2}	Cl	58	15	26
I _{rad2}	0,5 kGy	31	<10 (7)	<23
	1 kGy	30	<10 (7)	<18
	20 kGy	<30	<10 (5)	<18



Gyógyszergyári szennyvíz kombinált kezelése

Compounds	m%
TOFISOPAM	1.19
METHANOL	31
AMMON. CI	9.2
ACETIC ACID	13.64
WATER	44.86



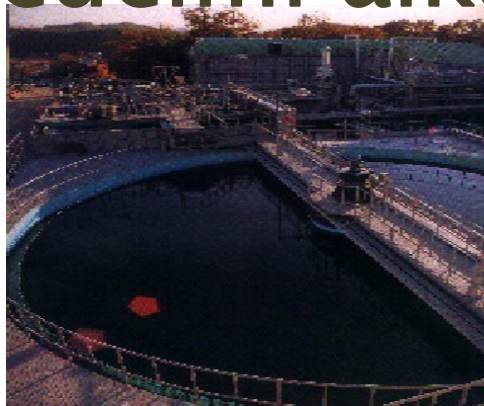
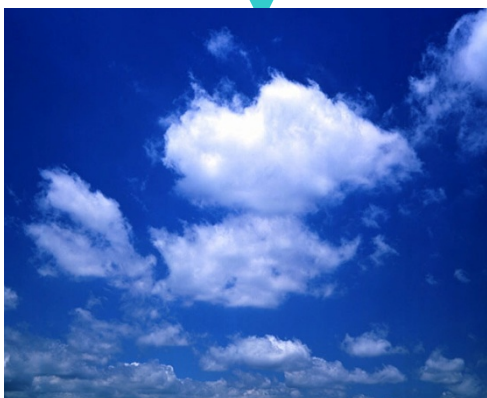
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



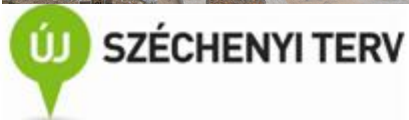
Az ionizáló sugárzás környezetvédelmi alkalmazásai



Flue gas Purification



Wastewater Treatment



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Sludge Disinfection



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Az ionizáló sugárzást alkalmazó technológiák előnyei

- Energia takarékos és környezet kímélő
 - Nincs szükség adalékra, könnyű automatizálni, nincs toxikus melléktermék
- Számos működő ipari és félüzemi méretben működő technológia bizonyította a technológia előnyeit



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Az ionizáló sugárzást alkalmazó víz és szennyvíz kezelési technológiák előnyei

- A szerves szennyezőket sugárkémiai úton lebontja
- Elszínteleníti a szennyvizet: bontja a konjugált rendszereket, színcentrumokat
- Sugárkémiai úton szagtalanít

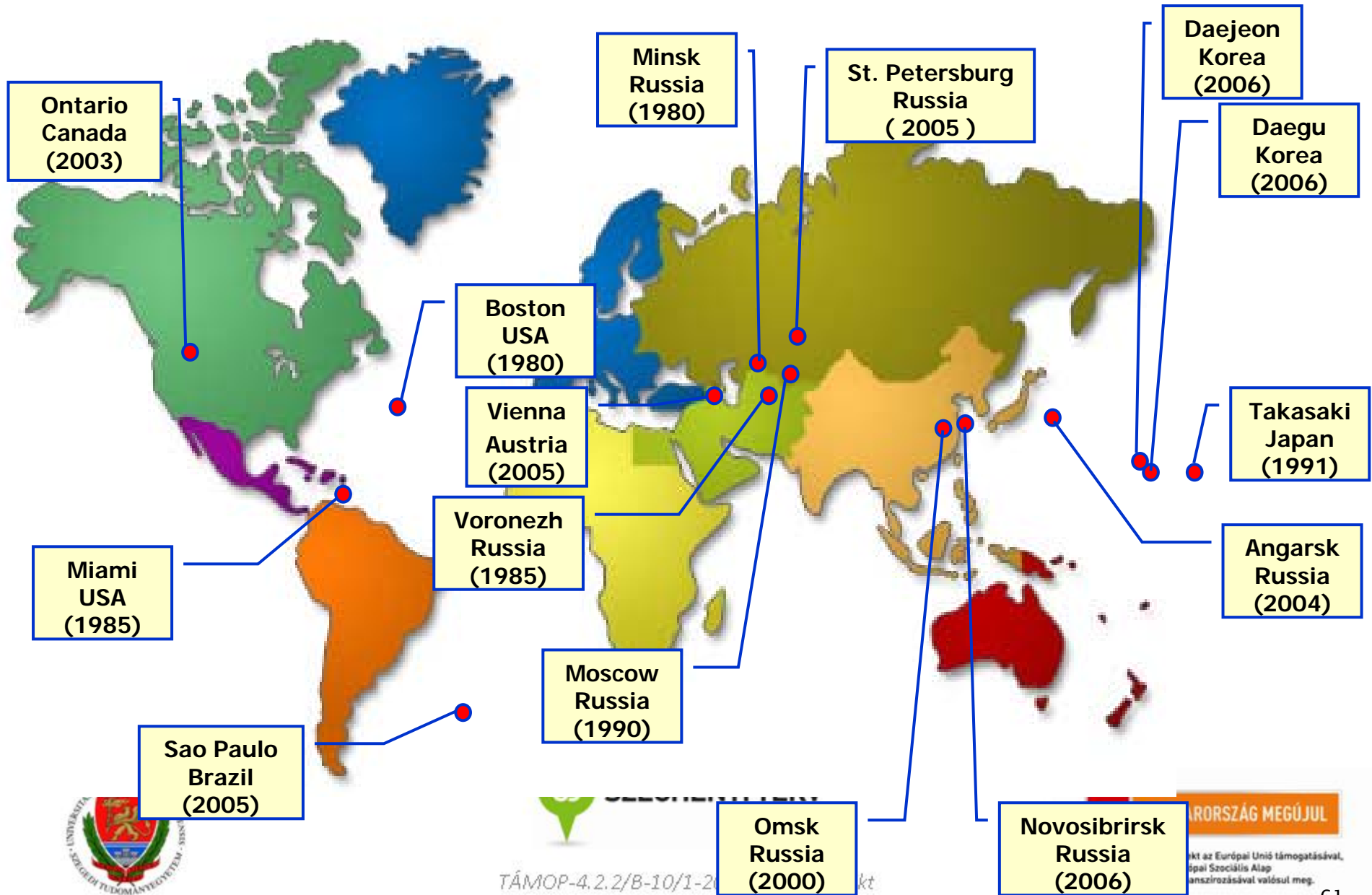
- Fertőtlenít: a mikroorganizmusok DNA-ját roncsolja
- A kezelt szennyvíz használható pl. öntözésre



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Víz/Szennyvíz kezelés sugárzással



Pensive Bodhisattva, 7th Century, National Museum of Korea



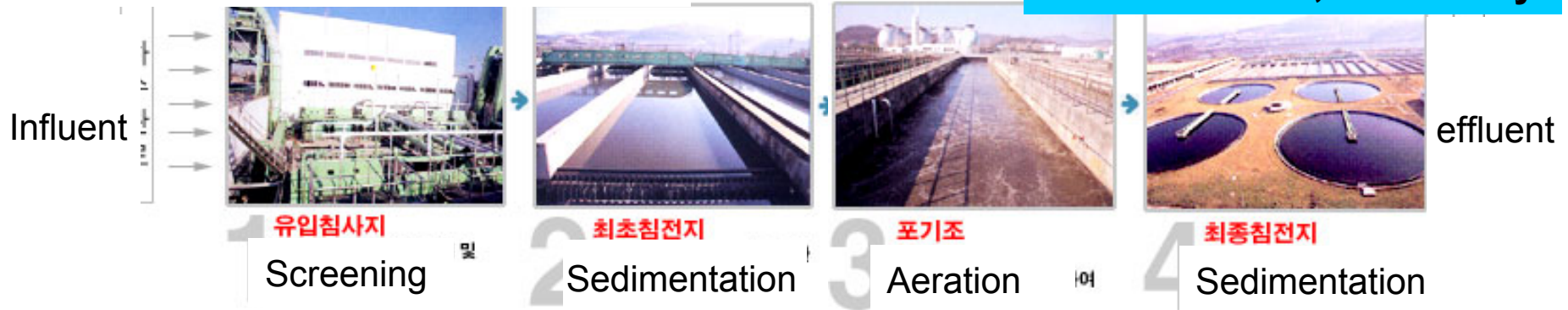
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Municipal Wastewater Treatment Plant in Daejeon

Capacity : 900,000 m³/day
Influent : 664,000 m³/day

Municipal wastewater treatment



Sludge treatment



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



az Európai Unió támogatásával,
és az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.



Existing system

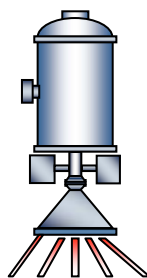


Discharge after bio treatment



Coli-forms etc.
Residual odor, colors

Proposed system



Radiation



Disinfection,
Removal of odor,
color

Irrigation

Industries

Re-use

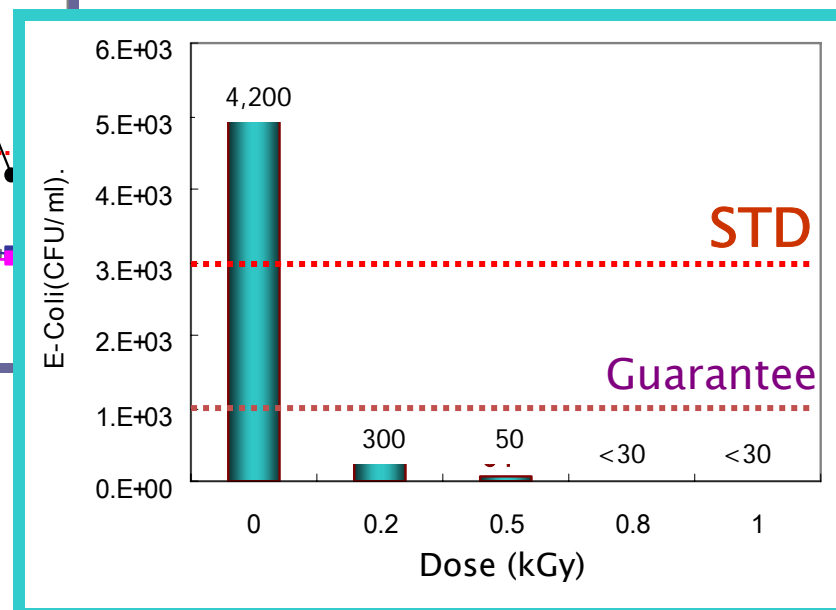
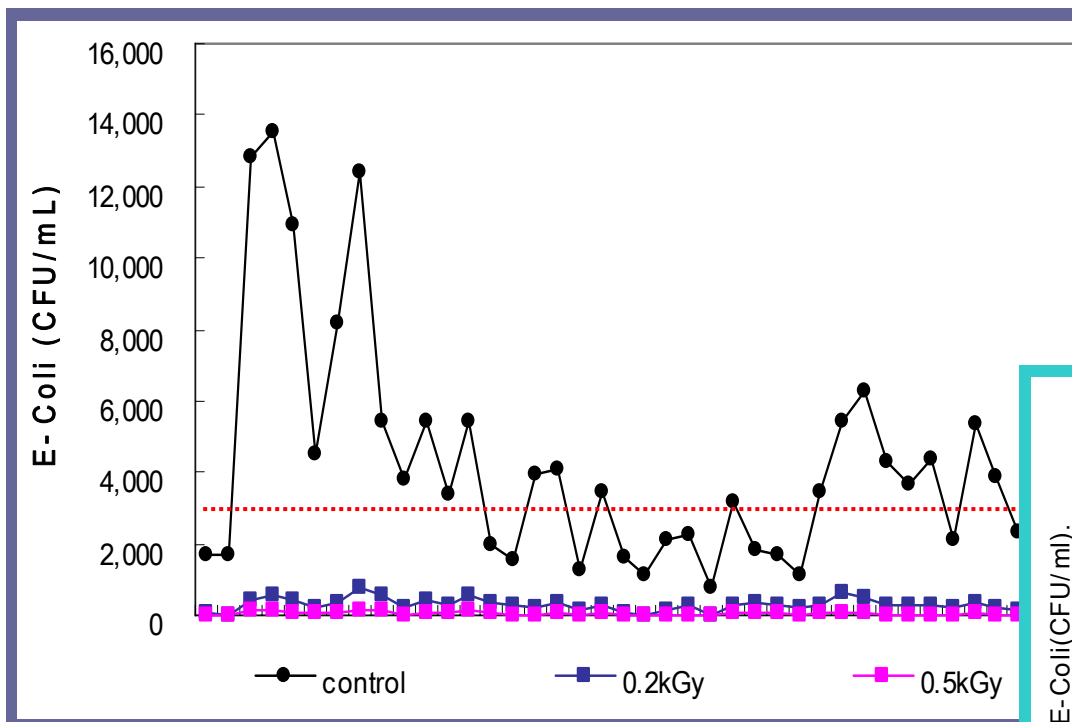


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



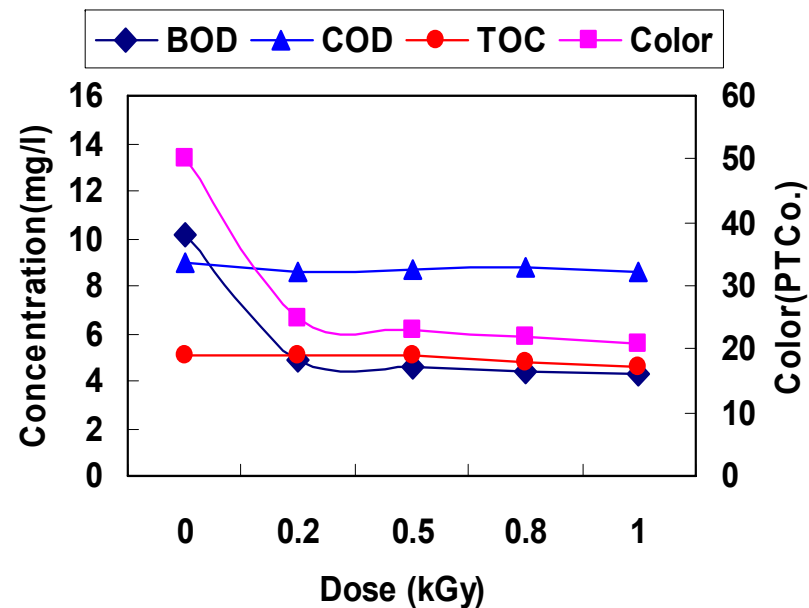
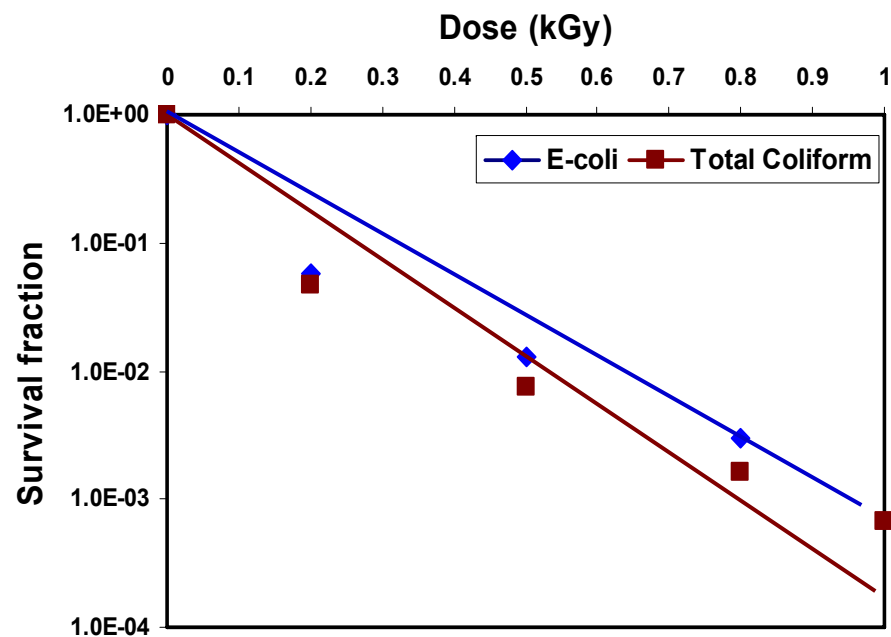
A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

E-Coli

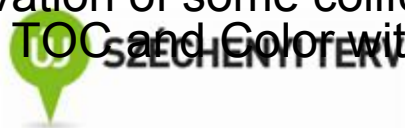


TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt





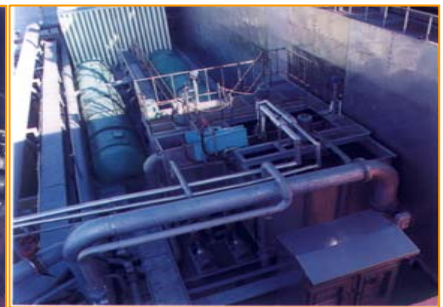
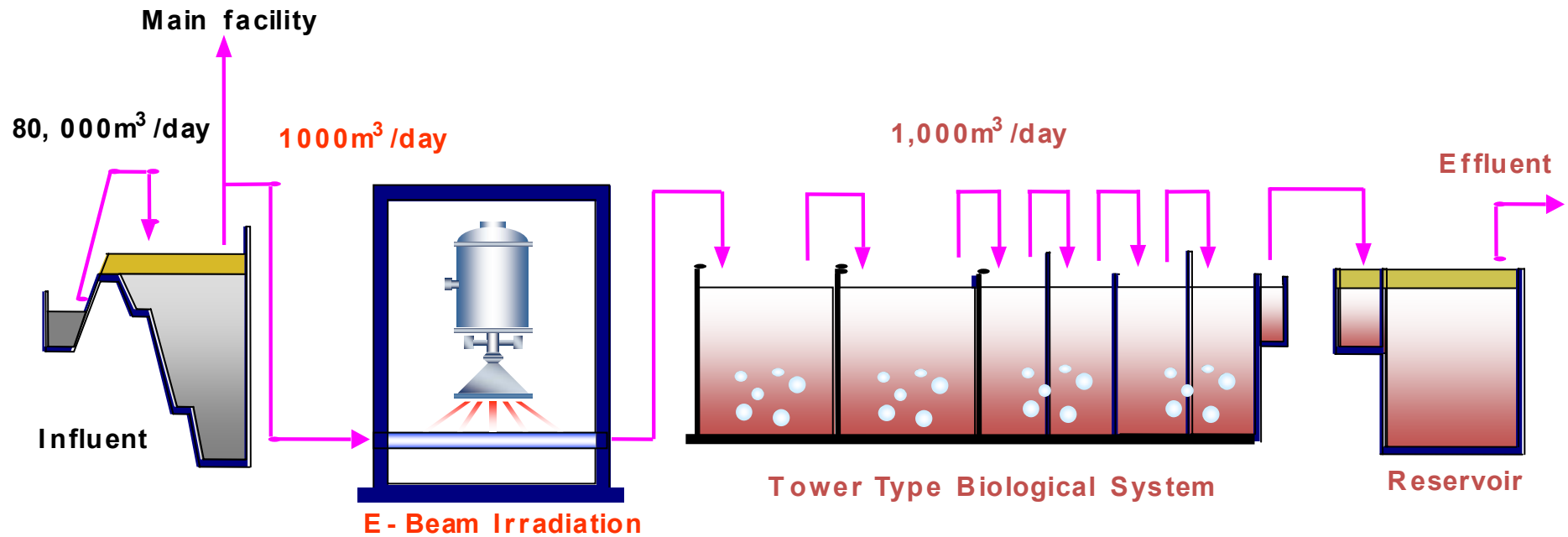
Effect of electron beam on the effluent from municipal wastewater plant:
a – radiation induced inactivation of some coliforms in the effluent;
b – variation of BOD, COD, TOC and Color with absorbed doses.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



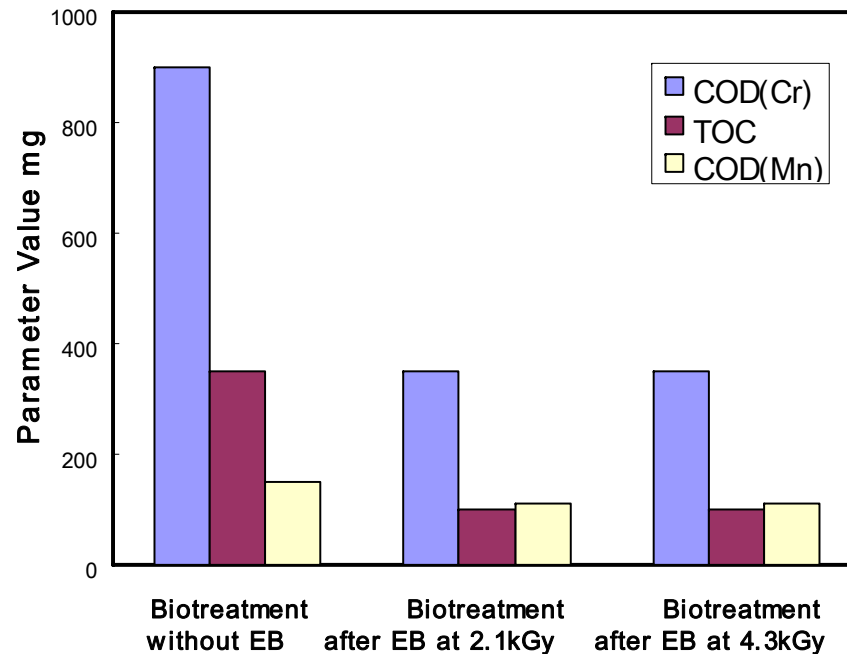
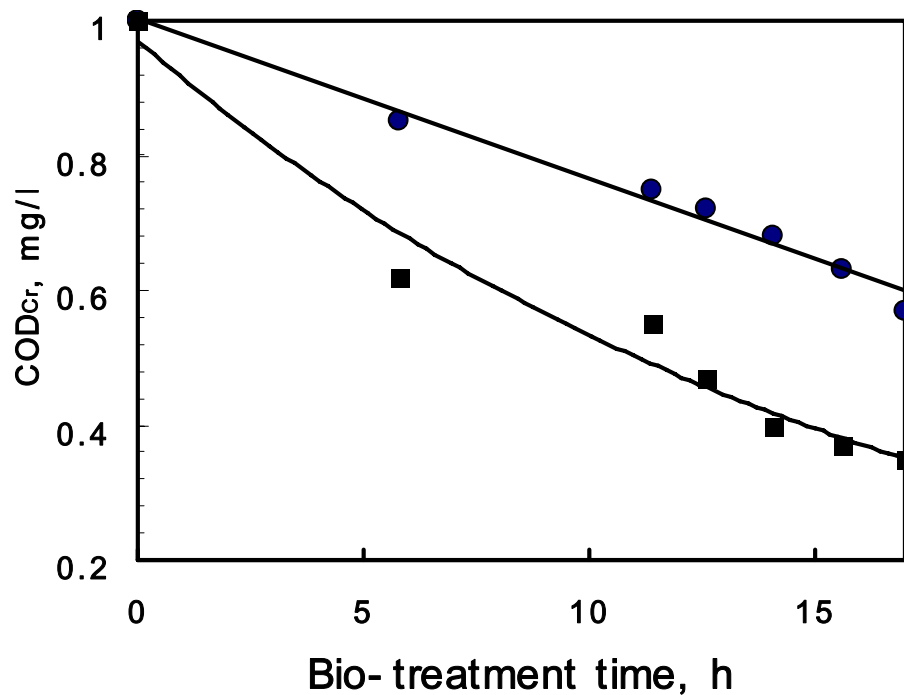
Schematic Diagram of Pilot Plant



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



Effect of electron-beam treatment on biological treatment of dyeing wastewater:
a - kinetics of biotreatment of irradiated (1) and unirradiated (2) wastewater;
b - absorbed dose effect on combined electron-beam/biological treatment.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Location of Pilot Plant and Commercial Plant



Wastewater Treatment Facility in Daegu Dyeing Industrial Complex



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Költséganalízis (Bumsoo Han, EB-Tech)

Technológia	Ózon	Elektongyorsító (EB)	Ultraibolya (UV)
Kapacitás		100,000 m³/nap	
Beruházás	7.4 M\$	4.0 M\$	2.4 M\$
Éves működési költség	1.2 M\$	0.5 M\$	1.0 M\$
Etc.			UV lámpa : 1 év Lámpa : \$550

1. *Combined Sewer Overflow Technology Fact Sheet, Alternative Disinfection Methods [EPA 832-F-99-033] September 1999*
2. *Wastewater Technology Fact Sheet, Ultraviolet Disinfection [EPA 832-F-99-064] September 1999*
3. *1999 Drinking Water Infrastructure Needs Survey, Modeling the Cost of Infrastructure [EPA 816-R-01-005] February 2001*
4. *EB-TECH Report[2001]*



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt

Miért nem terjed gyorsabban az ionizáló sugárzás alkalmazása az iparban?

Gátló tényezők

A lakosság ellenállása: Félelem a sugárzástól

Félelem, hogy a besugárzott anyag sugároz

Technikai problémák: A folyamatos működés biztosítása

A keletkező termékek analízise, toxicitás

A hatósági előírások

Verseny más technológiákkal (gazdaságosság)

Nagy beruházási költség, hosszú megtérülési idő

Az EB-nél műszaki hiba esetén nincs alternatív megoldás, helyettesítés

Ipari megvalósítás, méretnövelés



Drága a félüzemi méretű berendezés

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

A félüzemi EB berendezés konstrukciós költségei (Bumsoo Han, EB-Tech)

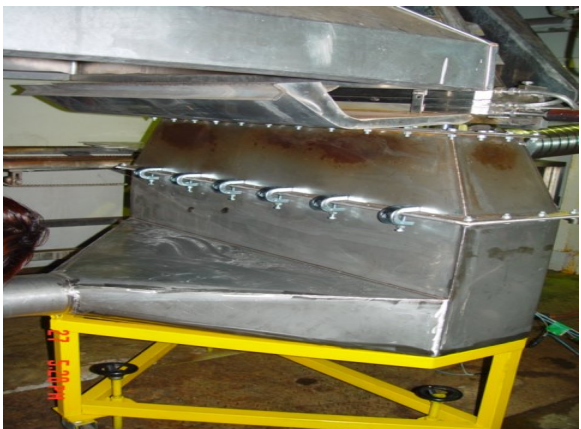
Type	Capacity	Main facility	Others	Total
Liquid	500~1,000m ³ /d with 1~5kGy	accelerator (50kW) 0.7M\$ shield room and Civil 0.4M\$ reactor/piping etc. 0.2M\$	reservoir 0.3 M\$ etc. 0.1 M\$	1.7 M\$
Gas	~20,000Nm ³ /h with 4~8kGy	accelerator (50kW) 0.7M\$ shield room and Civil 0.4M\$ reactor/piping etc. 0.2M\$	cooler 0.2 M\$ ESP 0.4 M\$ etc. 0.1 M\$	2.0 M\$
Sludge	10~20m ³ /h with 10kGy	accelerator (50kW) 0.7M\$ shield room and Civil 0.4M\$	conveyor 0.1M\$ feeder 0.3M\$ piping etc. 0.3M\$	1.7 M\$




SZECHENYI TERV
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



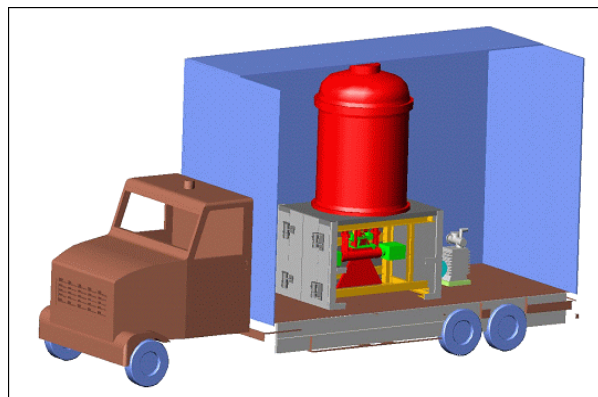
**Lab. Scale Experiments
(1~50m³/day)**



**Lab. Scale Experiments
(1~10,000Nm³/h)**



**Pilot scale Experiments
(500~1,000m³/day)**



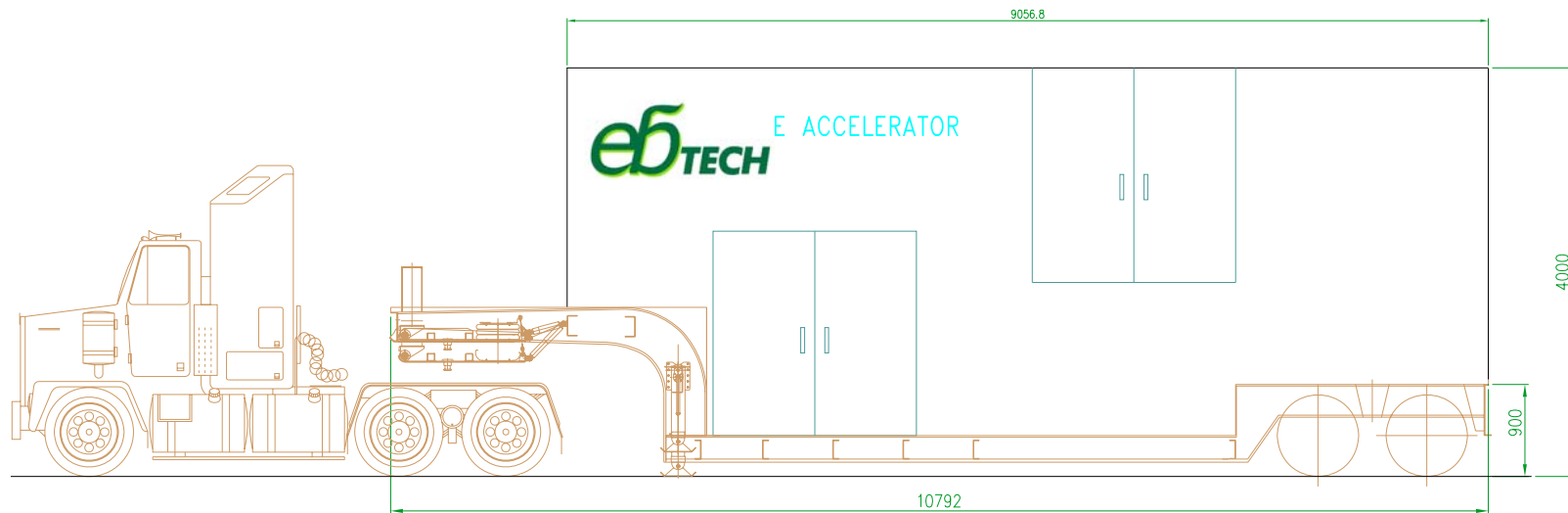
**Industrial scale Wastewater Plant
(10,000m³/day)**



**Industrial scale EBFGT Plant
(~600,000Nm³/h)**



ÚJ SZÉCHENYI TERV
TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



Beam Energy : 0.4~0.7 MeV, Beam Power : 20 kW

Self-sustaining system : Self-shielded accelerator

Built-in control and monitoring room

Diesel electricity generator (option)

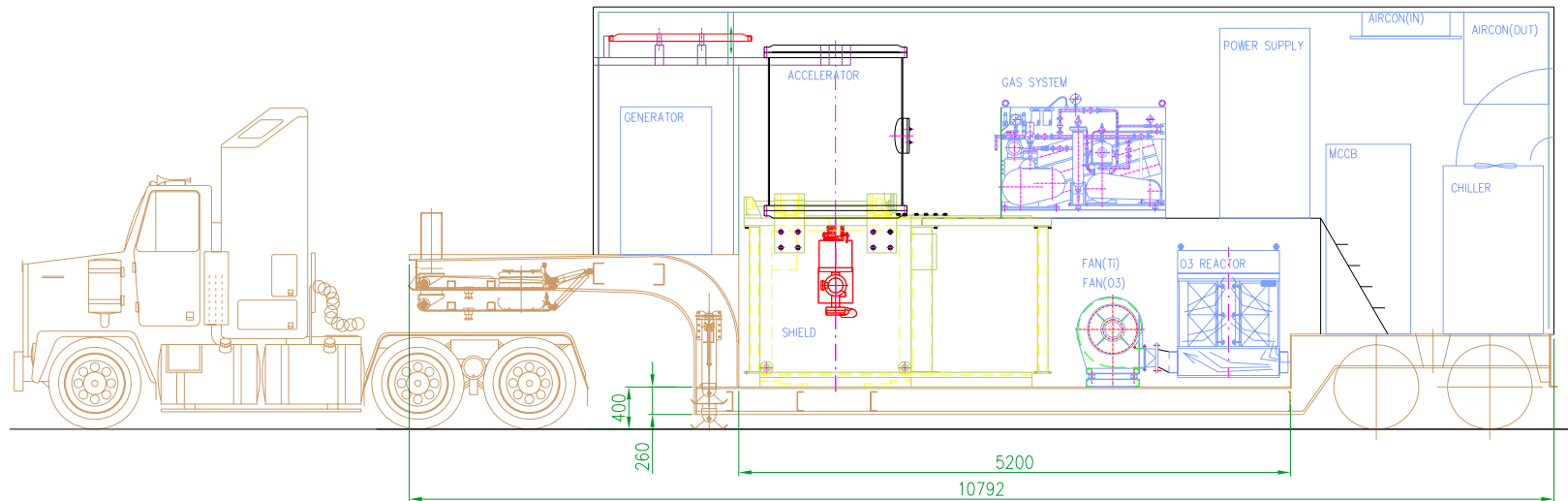
Trailer and Shelter : Fit to U.S. and world standard

Total weight : 40 ton (trailer only 30 ton)



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt





Built-in Computerized Experimental & Monitoring System

Continuous Treatment of Wastewater

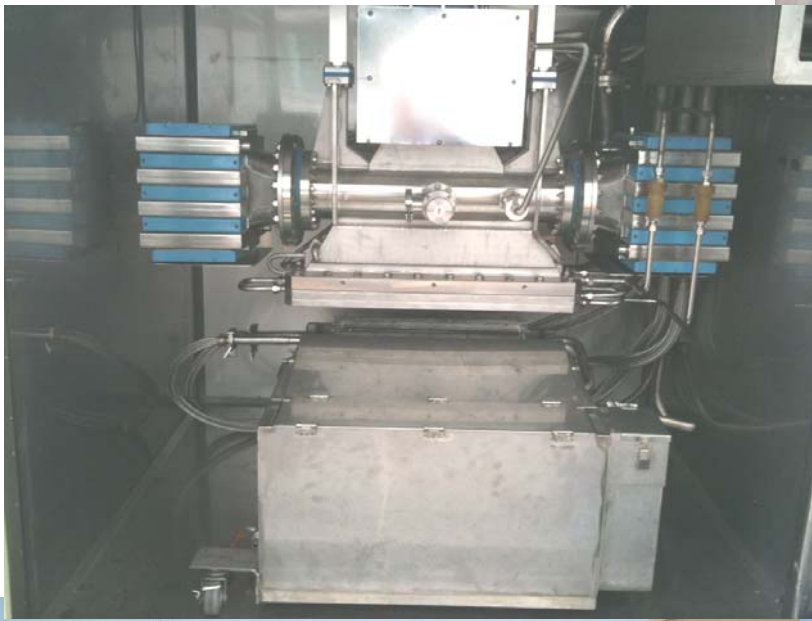
Treatment Capacity : Liquid waste: 500 m³/day (at max. 2 kGy)



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



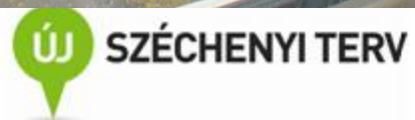
A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Összefoglalás

- Néhány gyógyszer molekula (Diklofenak, Klorocid, Paracetamol) példáján bemutattam, hogyan követjük a toxikus szerves molekulák degradációját ionizáló sugárzással.
- Az eredmények alapján megállapítható, hogy a toxikus molekulák eredményesen lebonthatók sugárzással. A KOI és TOC értékek csökkennek, a toxicitás értékében is jelentős csökkenés érhető el.
- A kezelt szennyvíz fertőtlenítése, a lebontatlanul maradt gyógyszer molekulák lebontása kis dózissal megoldható.
- Ipari alkalmazások világszerte és Koreában.



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Köszönöm a figyelmüket



TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.