

Az *N*-metil-2-pirrolidon (NMP) biológiai kezelésének lehetőségei

Dr. Fehér Balázs

XXIV. Környezetvédelmi és Iparbiztonsági Konferencia, Visegrád, 2024.04.17.



KOMPETENCIA-TERÜLETEK

SZAKÉRTŐ PARTNER

A KUTATÁS-FEJLESZTÉSTŐL A GYÁRTÁSIG
AZ ADOTT IPARÁGAKBAN

- 133 alkalmazott kutató
- 11.000 m² kutatási laboratórium
- 42 együttműködő ország
- 200 vállalati partner évente
- 150 nemzetközi partnerintézmény
- 30 év kutatás-fejlesztés és innovációs tapasztalat

BAY MATERIAL

BAY WASTE

BAY AGRI

BAY VALID

BAY ENERGY

BAY MATERIAL

Meglévő anyagok megismerésére, vizsgálatára, valamint új anyagstruktúrák létrehozására, fejlesztésére koncentrálnak.

BAY ENERGY

Közös emberi erőfeszítés a megújuló energiaforrásokra történő átállás. Erre keressük a válaszokat rugalmassági energiamegoldásokkal, új típusú energiatárolási formákkal és az újfajta akkumulátorok felhasználhatóságának kutatásával.





BAY AGRI

Erős törekvésünk, hogy megoldjuk az étellemezzel kapcsolatos kihívásokat. Ebben a biológiai rendszerek bevonásával mindig a természethez legközelebb álló megoldásokat választjuk.

BAY VALID

30 év szaktudásával segítjük vállalati Partnereinket a környezeti megfelelés tanúsításában és fejlesztésében. Többek között környezeti életciklus-elemzéssel, karbonlábnyom számítással támogatjuk az ESG megfelelést.



MÁSODLAGOS NYERSANYAGOK HASZNOSÍTÁSA

Az ipari melléktermékekre mi másodnyersanyagként vagy energiaforrásként tekintünk. A kritikus nyersanyagok visszanyerésében és visszaforgatásában jelölünk ki új útvonalakat, illetve műanyagok újra definiálására koncentrálnak.

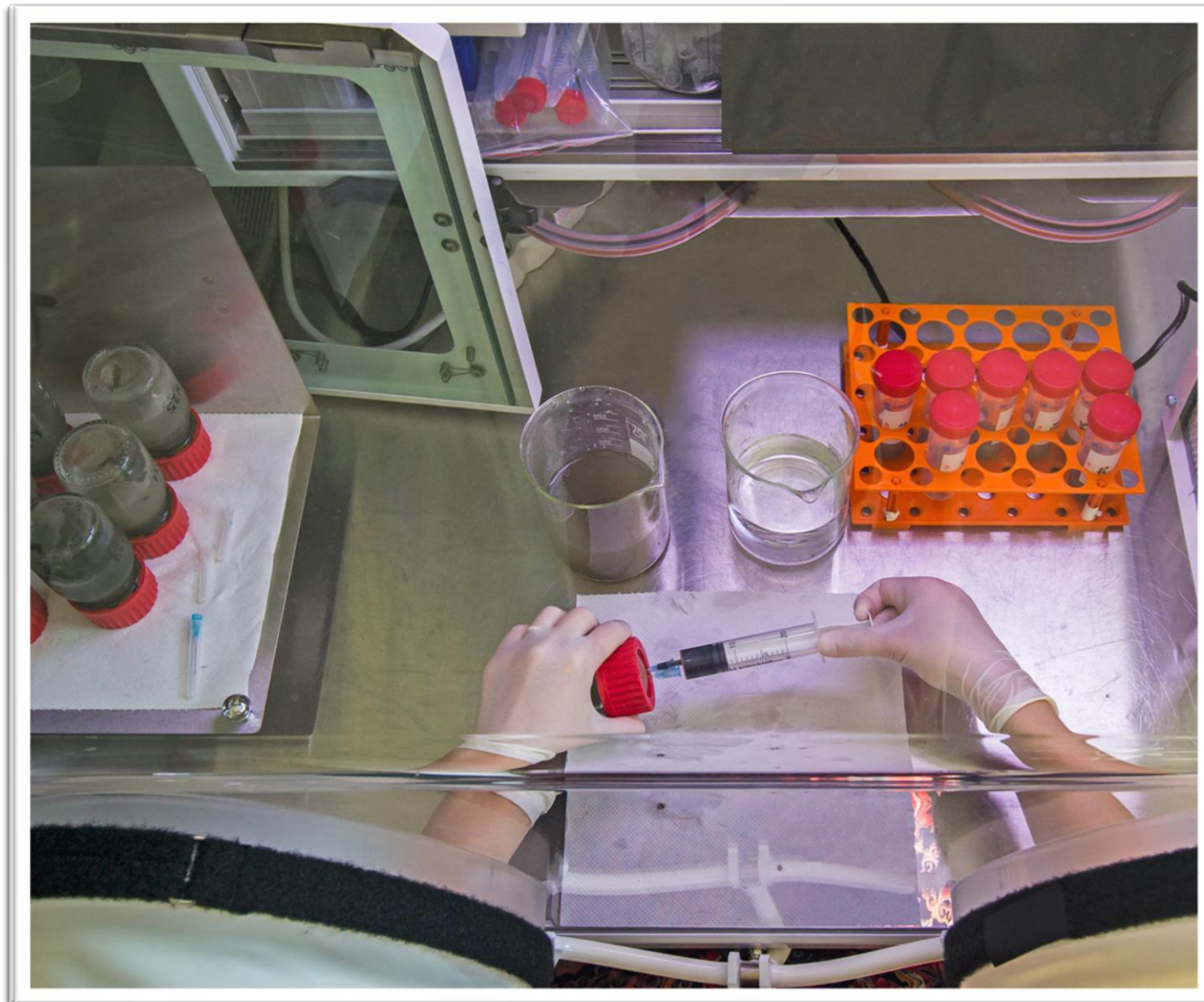
BIOREMEDIÁCIÓ

Egészségre, környezetre veszélyes anyagok lebontása élőlények segítségével.

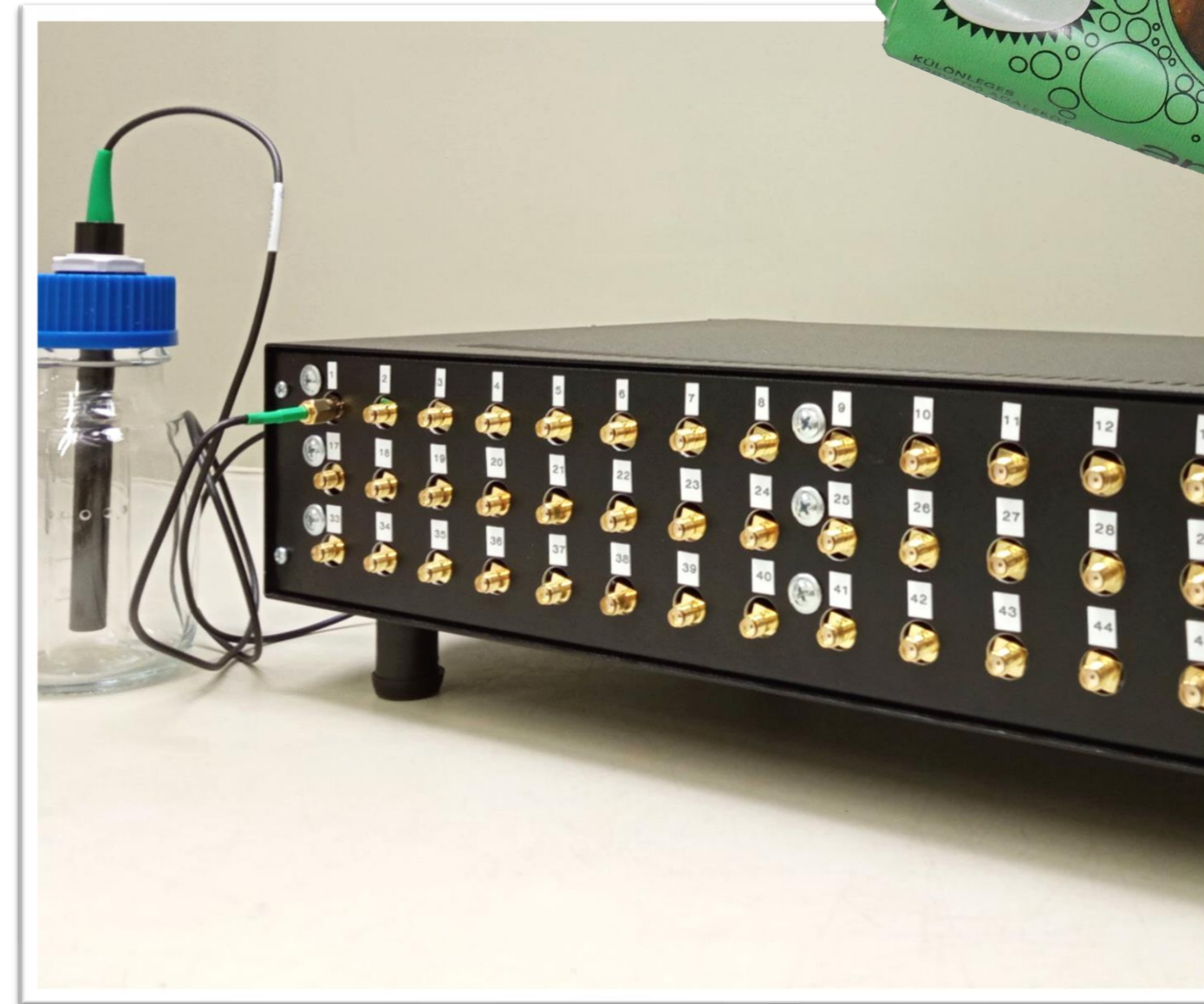
Szerves szennyezőanyagok kezelése:

- Kőolajszármazékok (alifás, aromás, poliaromás)
- Klórozott alifás és aromás vegyületek
- Alifás és gyűrűs éterek
- NMP

Alkalmazott Mikrobiológiai Osztály (AMO)



BIOREMEDIÁCIÓS CSOPORT



KÖRNYEZETIPARI TECHNOLÓGIÁK CSOPORT

PRO

Nagyon jó diszperziós tulajdonsága van, különösen

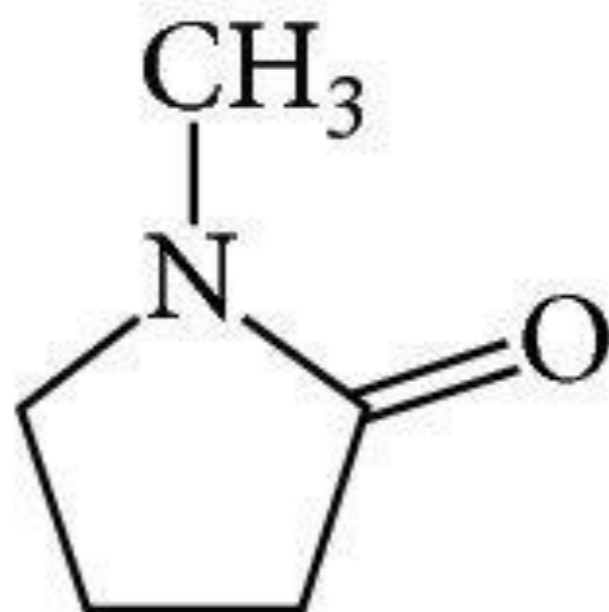
kiválóan old egyes polimereket (pl. PVDF)

Képes elegyedni a legtöbb szerves oldószerral és a vízzel IS.

Nem illékony (forráspont 202°C)

Alacsony a viszkozitása

Kémiaileg stabil, hőstabil, nem korrozív



KONTRA

Higroszkópos

Nem illékony (forráspont 202 °C)

Bőrön keresztül is képes felszívódni

Bizonyítottan:

**Károsíthatja a magzat egészségét
Meddőséget okozhat**

Nem aromás, nitrogéntartalmú gyűrűs szerves vegyület

Felhasználja a petrokémia, gyógyszeripar, festékgyártás, autóipar, elektronika

Éves szinten 200-250 ezer tonnát állítanak elő

Környezetbe kikerülve a vizes fázisban akkumulálódik (P_{ow} -0,38)

(1,4-)dioxán

izopropanol

klórbenzol

NMP

triklór-etilén

benzol

Toxicitás	1	2	3
Orálisan (mg/kg)	4 300	4 500	5 500
Bőrön át (mg/kg)	12 870	8 000	29 000
Belélegezve (mg/kg)	53 mg/l - 4 óra	>5,1 mg/l - 4 óra	140 mg/l 1 óra
Alga (<i>Scenedesmus quadricuada</i>)	1 800 mg/l - 168-240 óra	>500 mg/l - 72 óra	> 1 000 mg/l - 168-192 óra
Planktonikus rák (<i>Daphnia magna</i>)	>10 000 mg/l - 48 óra	2,5 mg/l - 24 óra	18-100 mg/l - 24-48 óra
Hal (<i>Lepomis macrochirus</i>)	>1 400 mg/l - 24-96 óra	832 mg/l - 96 óra	>68-<100 mg/l - 24 óra
Egyéb hatás			

Toxicitás	4	5	6
Orálisan (mg/kg)	2 300	4 500	4 700
Bőrön át (mg/kg)	7 940	7 600	>8 260
Belélegezve (mg/kg)	13,5 mg/l - 7 óra	46 mg/l - 2 óra	44,5 mg/l - 4óra
Alga (<i>Scenedesmus quadricuada</i>)	> 390 mg/l - 168-240 óra	5 600 mg/l - 240 óra	1 400 mg/l - 168-240 óra
Planktonikus rák (<i>Daphnia magna</i>)	8,6-140 mg/l - 24-48 óra	4 700 mg/l - 24 óra	200-682 mg/l - 24-48 óra
Hal (<i>Lepomis macrochirus</i>)	4,5-24 mg/l - 24-96 óra	>10 000 mg/l - 96 óra	22,49-910 mg/l - 24-96 óra
Egyéb hatás			

(1,4-)dioxán

izopropanol

klórbenzol

NMP

triklór-etilén

benzol

Toxicitás	1	2	3
Orálisan (mg/kg)	4 300	4 500	5 500
Bőrön át (mg/kg)	12 870	8 000	29 000
Belélegezve (mg/kg)	53 mg/l - 4 óra	>5,1 mg/l - 4 óra	140 mg/l 1 óra
Alga (<i>Scenedesmus quadricuada</i>)	1 800 mg/l - 168-240 óra	>500 mg/l - 72 óra	> 1 000 mg/l - 168-192 óra
Planktonikus rák (<i>Daphnia magna</i>)	>10 000 mg/l - 48 óra	2,5 mg/l - 24 óra	18-100 mg/l - 24-48 óra
Hal (<i>Lepomis macrochirus</i>)	>1 400 mg/l - 24-96 óra	832 mg/l - 96 óra	>68-<100 mg/l - 24 óra
Egyéb hatás	szemirritáció, célszervi toxicitás (narkózis)	teratogén	karcinogén

Toxicitás	4	5	6
Orálisan (mg/kg)	2 300	4 500	4 700
Bőrön át (mg/kg)	7 940	7 600	>8 260
Belélegezve (mg/kg)	13,5 mg/l - 7 óra	46 mg/l - 2 óra	44,5 mg/l - 4óra
Alga (<i>Scenedesmus quadricuada</i>)	> 390 mg/l - 168-240 óra	5 600 mg/l - 240 óra	1 400 mg/l - 168-240 óra
Planktonikus rák (<i>Daphnia magna</i>)	8,6-140 mg/l - 24-48 óra	4 700 mg/l - 24 óra	200-682 mg/l - 24-48 óra
Hal (<i>Lepomis macrochirus</i>)	4,5-24 mg/l - 24-96 óra	>10 000 mg/l - 96 óra	22,49-910 mg/l - 24-96 óra
Egyéb hatás	akut toxicitás, bőrirritáció, mérgező a vízi élővilágra	szemirritáció, karcinogén, célszervi toxicitás	karcinogén, mutagén, szem- és bőrirritáció, célszervi toxicitás

(1,4-)dioxán

izopropanol

klórbenzol

Toxicitás		NMP	
Orálisan (mg/kg)	4 300	4 500	5 500
Bőrön át (mg/kg)	12 870	8 000	29 000
Belélegezve (mg/kg)	53 mg/l - 4 óra	>5,1 mg/l - 4 óra	140 mg/l 1 óra
Alga (<i>Scenedesmus quadricuada</i>)	1 800 mg/l - 168-240 óra	>500 mg/l - 72 óra	> 1 000 mg/l - 168-192 óra
Planktonikus rák (<i>Daphnia magna</i>)	>10 000 mg/l - 48 óra	2,5 mg/l - 24 óra	18-100 mg/l - 24-48 óra
Hal (<i>Lepomis macrochirus</i>)	>1 400 mg/l - 24-96 óra	832 mg/l - 96 óra	>68-<100 mg/l - 24 óra
Egyéb hatás	szemirritáció, célszervi toxicitás (narkózis)	teratogén	karcinogén

triklór-etilén

benzol

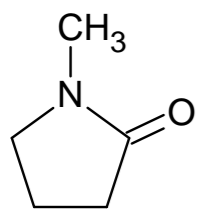
Toxicitás			
Orálisan (mg/kg)	2 300	4 500	4 700
Bőrön át (mg/kg)	7 940	7 600	>8 260
Belélegezve (mg/kg)	13,5 mg/l - 7 óra	46 mg/l - 2 óra	44,5 mg/l - 4óra
Alga (<i>Scenedesmus quadricuada</i>)	> 390 mg/l - 168-240 óra	5 600 mg/l - 240 óra	1 400 mg/l - 168-240 óra
Planktonikus rák (<i>Daphnia magna</i>)	8,6-140 mg/l - 24-48 óra	4 700 mg/l - 24 óra	200-682 mg/l - 24-48 óra
Hal (<i>Lepomis macrochirus</i>)	4,5-24 mg/l - 24-96 óra	>10 000 mg/l - 96 óra	22,49-910 mg/l - 24-96 óra
Egyéb hatás	akut toxicitás, bőrirritáció, mérgező a vízi élővilágra	szemirritáció, karcinogén, célszervi toxicitás	karcinogén, mutagén, szem- és bőrirritáció, célszervi toxicitás

Toxicitás	izopropanol	NMP	triklór-etilén
Orálisan (mg/kg)	4 300	4 500	5 500
Bőrön át (mg/kg)	12 870	8 000	29 000
Belélegezve (mg/kg)	53 mg/l - 4 óra	>5,1 mg/l - 4 óra	140 mg/l 1 óra
Alga (<i>Scenedesmus quadricuada</i>)	1 800 mg/l - 168-240 óra	>500 mg/l - 72 óra	> 1 000 mg/l - 168-192 óra
Planktonikus rák (<i>Daphnia magna</i>)	>10 000 mg/l - 48 óra	2,5 mg/l - 24 óra	18-100 mg/l - 24-48 óra
Hal (<i>Lepomis macrochirus</i>)	>1 400 mg/l - 24-96 óra	832 mg/l - 96 óra	>68-<100 mg/l - 24 óra
Egyéb hatás	szemirritáció, célszervi toxicitás (narkózis)	teratogén	karcinogén

Toxicitás	klórbenzol	(1,4-)dioxán	benzol
Orálisan (mg/kg)	2 300	4 500	4 700
Bőrön át (mg/kg)	7 940	7 600	>8 260
Belélegezve (mg/kg)	13,5 mg/l - 7 óra	46 mg/l - 2 óra	44,5 mg/l - 4óra
Alga (<i>Scenedesmus quadricuada</i>)	> 390 mg/l - 168-240 óra	5 600 mg/l - 240 óra	1 400 mg/l - 168-240 óra
Planktonikus rák (<i>Daphnia magna</i>)	8,6-140 mg/l - 24-48 óra	4 700 mg/l - 24 óra	200-682 mg/l - 24-48 óra
Hal (<i>Lepomis macrochirus</i>)	4,5-24 mg/l - 24-96 óra	>10 000 mg/l - 96 óra	22,49-910 mg/l - 24-96 óra
Egyéb hatás	akut toxicitás, bőrirritáció, mérgező a vízi élővilágra	szemirritáció, karcinogén, célszervi toxicitás	karcinogén, mutagén, szem- és bőrirritáció, célszervi toxicitás

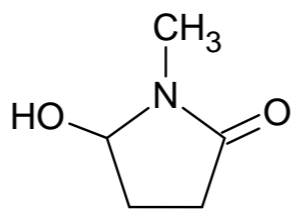
AZ NMP BIOLÓGIAI LEBOMLÁSA (HUMÁN)

45%-os koncentrációcsökkenés 😊



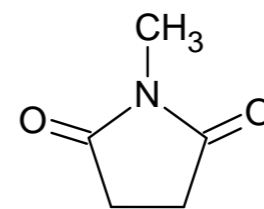
NMP

N-metil-2-pirrolidon



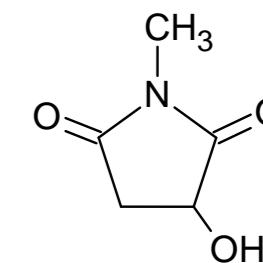
5-HNMP

5-hidroxi-*N*-metil-pirrolidon



NMSc/MSI

N-metil-szukcinimid



2-HMSc/HMSI

2-hidroxi-*N*-metil-szukcinimid

Expozíció után a megjelenés: ~3 óra; (1%)
 Expozíció után a maximum: ~4 óra, $t_{1/2}$: 6 óra; (54%)
 Expozíció után a maximum: ~5 óra; (2%)
 Expozíció után a maximum: ~29 óra, $t_{1/2}$: 17 óra; (43%)

BOMLÁSTERMÉKEK ÖKOTOXICITÁSA

Teszt organizmus/rendszer	NMP	5-HNMP	MSI	2-HMSI
<i>Scenedesmus subspicatus</i> (édesvízi alga)	600-673 mg/l - 3 nap	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Daphnia magna</i> (planktonikus rák)	1979: 4 897 mg/l - 48 óra, 1 107 mg/l - 96 óra 2004: 2,5 mg/l - 1 nap; 1,23 mg/l - 2 nap	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Lepomis macrochirus</i> (naphalféle)	600-832 mg/l - 4 nap	n.d.	n.d.	n.d.
<i>In vitro</i> embriótoxicitás (patkány)	250-600 mg/l	800-1 200 mg/l	1 600-4 400 mg/l	1 200-2 400 mg/l
<i>In vitro</i> citotoxicitás (sejtkultúra)	730 mg/l	2 900 mg/l	4 800 mg/l	800 mg/l
Mikrotox teszt (alga)	5 300 mg/l	n.d.	1 200 mg/l	n.d.
<i>In vivo</i> embriótoxicitás (patkány)	250 mg/kg/nap	>1 000 mg/kg/nap	750 mg/kg/nap embriótoxikus	>1 500 mg/kg/nap

HATÁRÉRTÉKEK

Vegyület neve	Expozíció módja	DNEL (REACH)	Idővel súlyozott 8 órás átlagérték (mg/m ³)	Rövid idejű (<15 perc) expozíciós maximum érték
<i>N</i> -metil-2-pirrolidon	Inhaláció	14,4 mg/m ³	40 mg/m ³	80 mg/m ³
	Bőrön át felszívódás	4,8 mg/kg testtömeg/nap	"Bőr" megjegyzés	

FOTOLÍZIS

UV-C fotolízis NMP lebontási hatékonyság <2% (Kumar et al. 2022)

ÓZON KEZELÉS

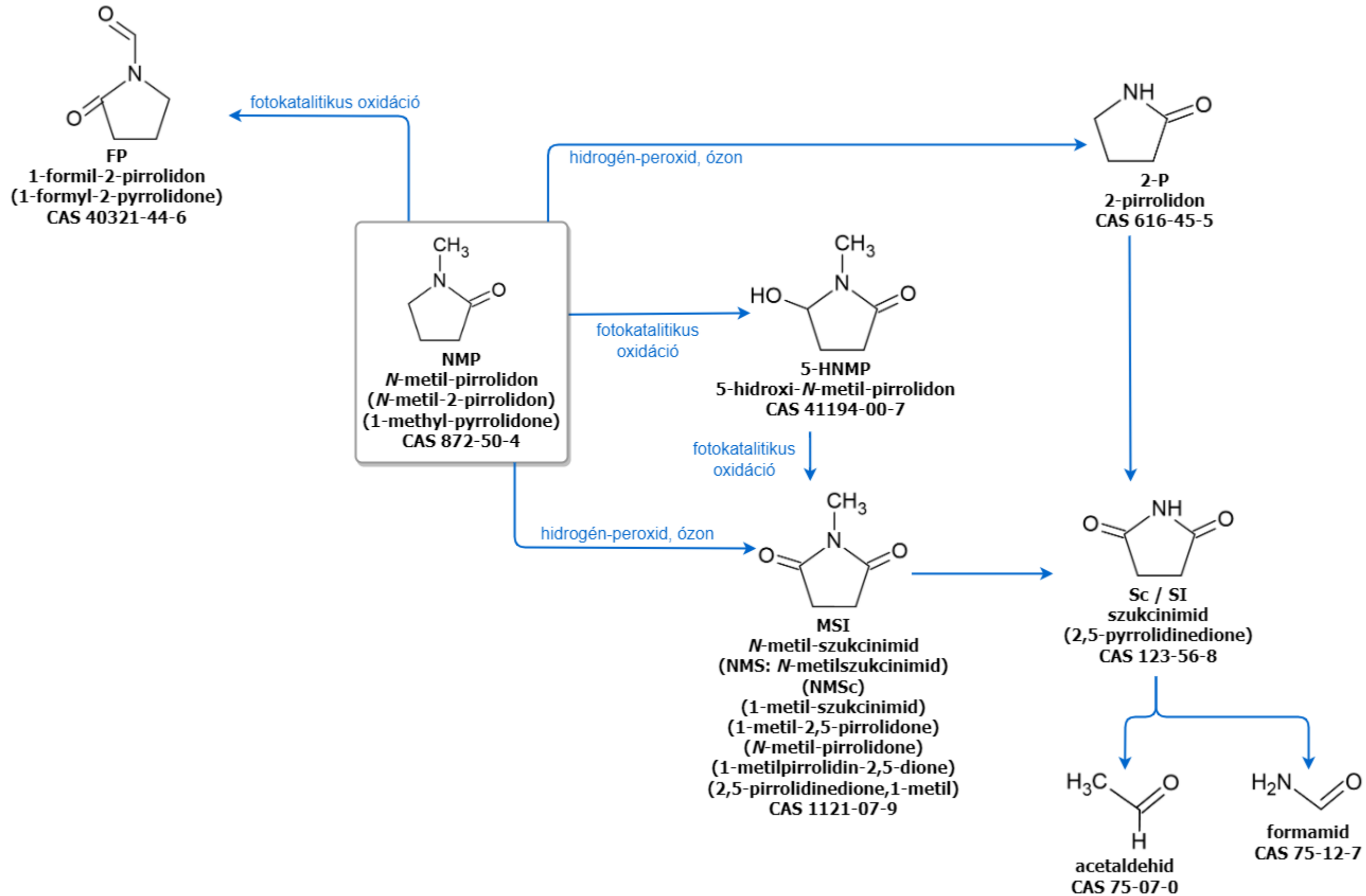
0,5 literes reaktorméret, 200 ml/perc ózonáram, 6 óra alatt a **TOC elimináció 44%**
(Muruganandham et al. 2007)

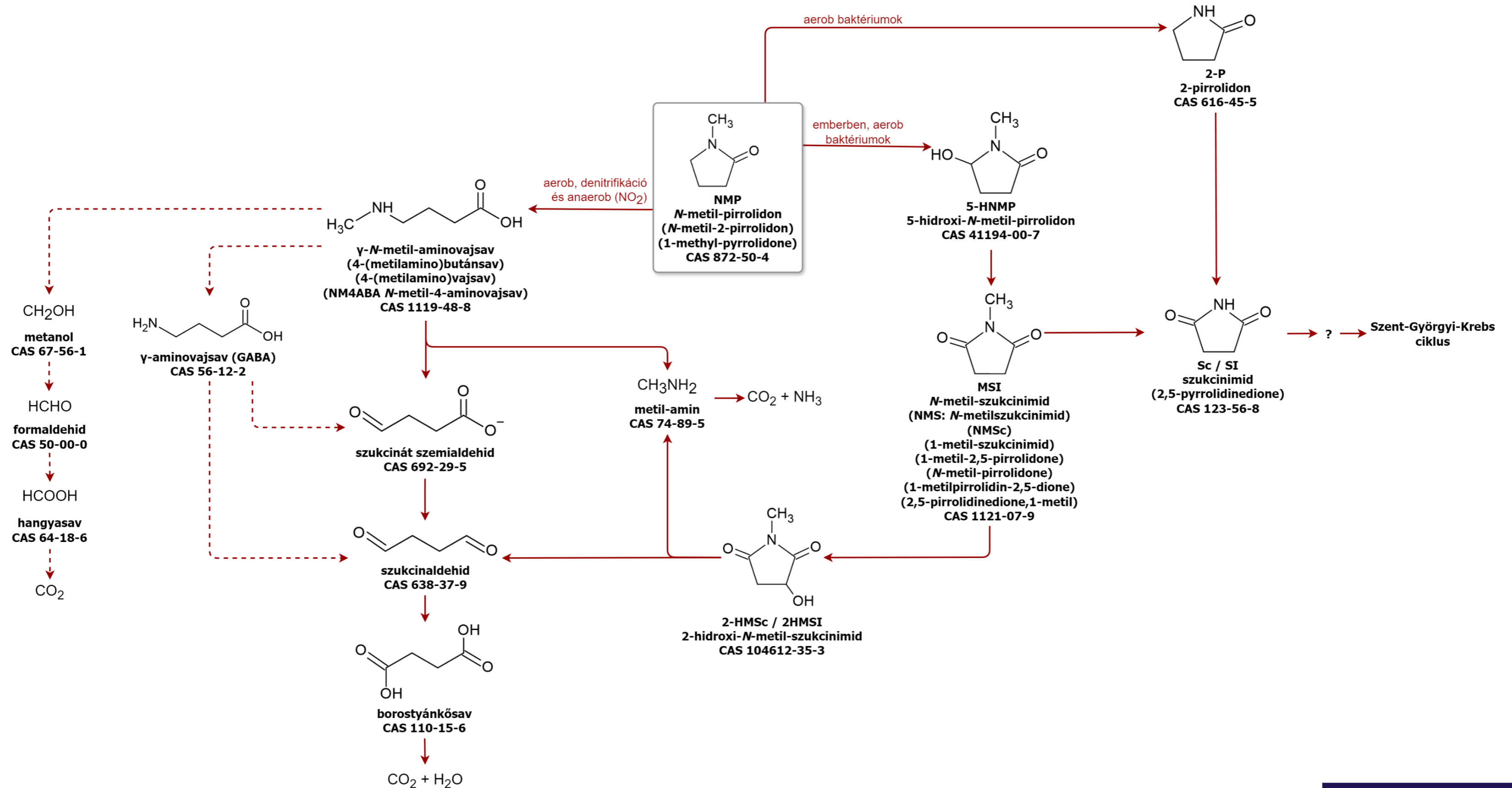
FOTOKATALÍZIS

0,4 literes reaktorméret, UV-C sugárzás: 11W (28,5W/m²), NMP koncentráció 100 mg/l
100 % NMP bontás 20 percen belül. A mért széntartalmú anyagcseretermékek 200 percen
belül bomlottak le, **TOC mérés nem volt** (Zolfaghari et al. 2011)

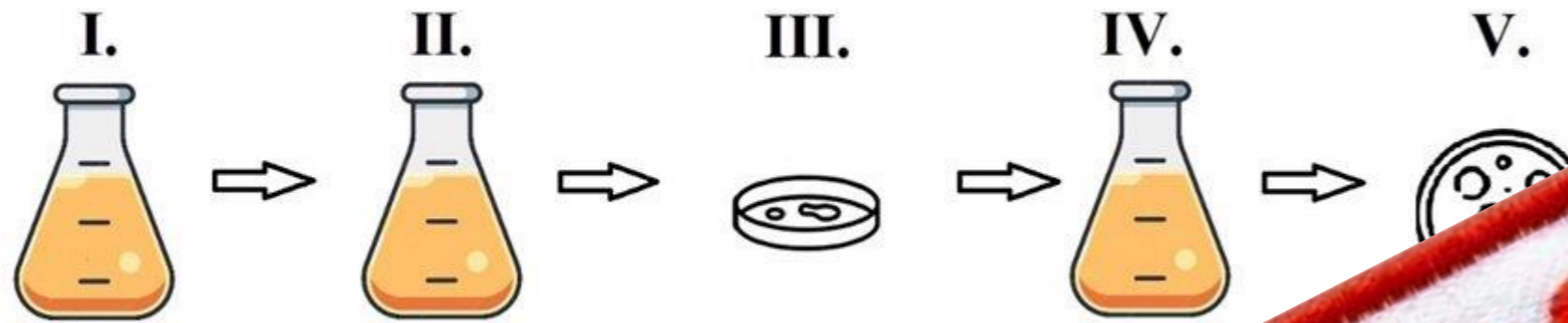
KOMBINÁLT KEZELÉS UV-C aktivált peroximonoszulfát

0,05 literes reaktorméret, UV-C sugárzás: 15W (14 000 J/m²); PMS koncentráció 300 mg/l,
NMP koncentráció 10 mg/l, ? idő
NMP eltávolítási hatásfok: 97,5%; **TOC csökkenés 26,86%** (Kumar et al. 2022)





Izolált baktérium	Elektron akceptor	NMP koncentrációcsökkenés (mg/l/óra)	TOC koncentrációcsökkenés (mértéke %)	TOC koncentrációcsökkenés (mg/l/nap)	Maximálisan tolerált NMP koncentráció (g/l)
<i>Paracoccus pantotrophus</i> NJUST38	denitrifikáló	42,36	81,33%	532,36	n.d.
<i>Paracoccus</i> sp. NMD-4	aerob	18,75	-	n.d.	n.d.
<i>Paracoccus</i> sp. MP1	aerob	n.d.	92,24%	16,79	20
<i>Rhodococcus</i> sp. MP2	aerob	n.d.	78,47%	14,28	20
<i>Pseudomonas</i> sp. MP10	aerob	n.d.	79,02%	14,38	20
<i>Pseudomonas</i> sp. MP11	aerob	n.d.	78,11%	14,22	20
<i>Acinetobacter</i> sp. MP12	aerob	n.d.	74,21%	13,51	20
<i>Rhodococcus</i> sp. JF1	aerob	n.d.	87,90%	7,62	10
<i>Patulibacter</i> sp. JF2	aerob	n.d.	87,30%	7,57	5
<i>Pseudomonas migulae</i> MS1	aerob	n.d.	73,53%	44,61	10
<i>Pseudomonas</i> sp. MS2	aerob	n.d.	82,81%	75,35	25
<i>Mesorhizobium</i> sp. J20	aerob	n.d.	85,01%	9,10	10
<i>Mesorhizobium</i> sp. R0	aerob	n.d.	94,18%	34,28	10
<i>Rhizobium</i> sp. R4	aerob	n.d.	94,88%	34,54	10
<i>Alicyclophilus</i> sp. BQ1	aerob	33,75	n.d.	n.d.	25
<i>Alicyclophilus</i> sp. BQ8	aerob	15,87	n.d.	n.d.	25
<i>Methylobacterium organophilum</i>	aerob	62,22	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Sphingomonas melonis</i>	aerob	35,00	n.d.	n.d.	n.d.



TULAJDONSÁGOK

Az izolált baktérium

Oxigénigény

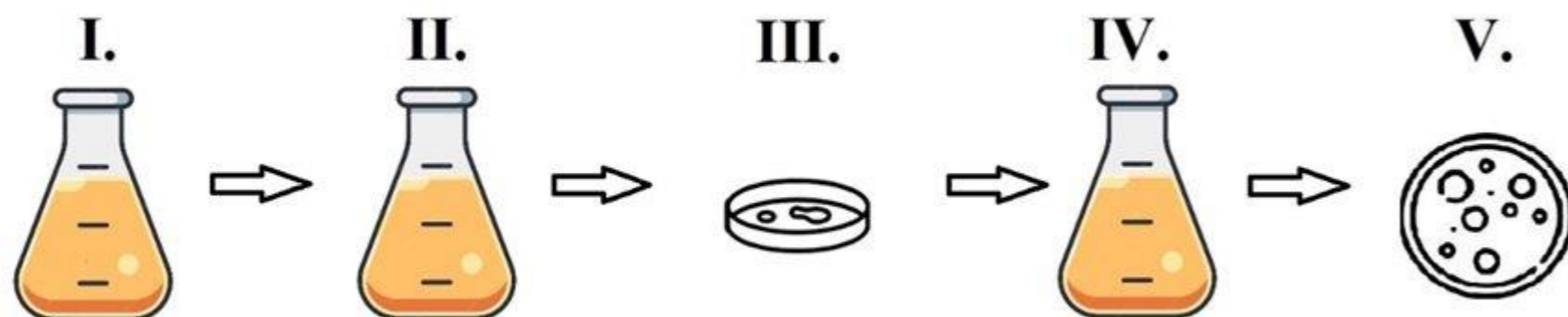
Hőmérséklet

pH tartomány

Koncentráció

Fém-tolerancia:





TULAJDONSÁGOK

Oxigénigény:

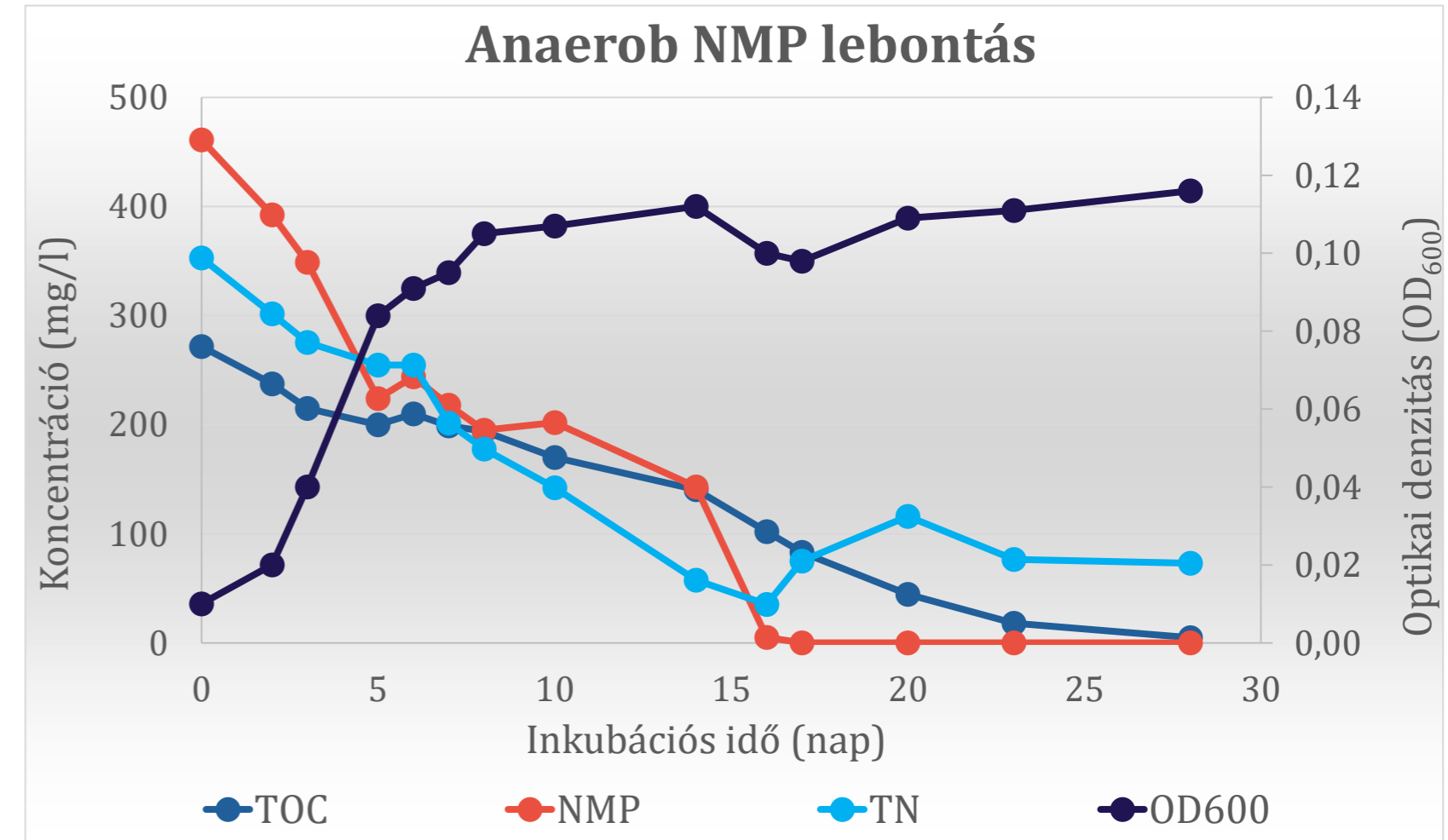
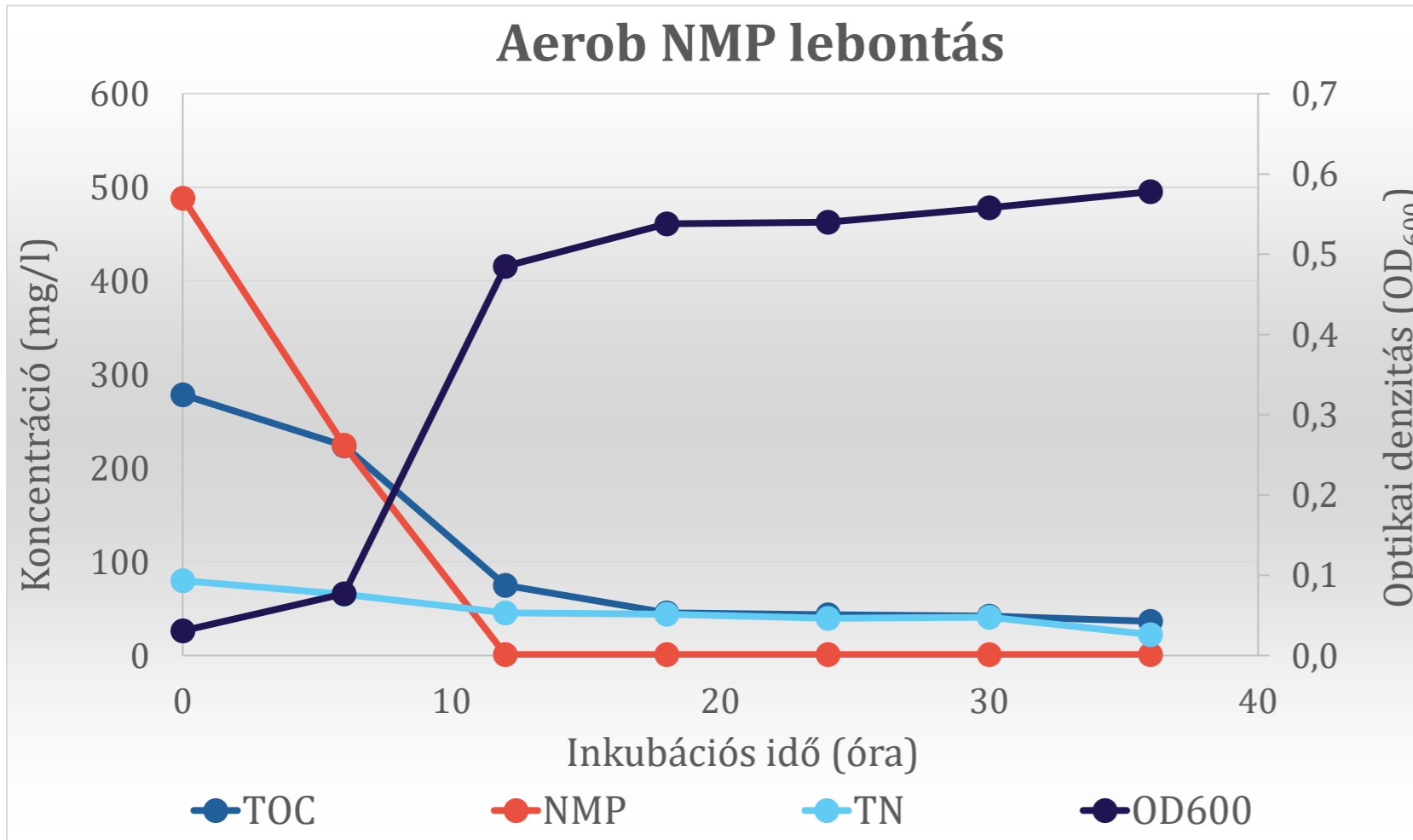
Hőmérséklettartomány:

pH tartomány:

Koncentráció tolerancia:

Fém tolerancia:





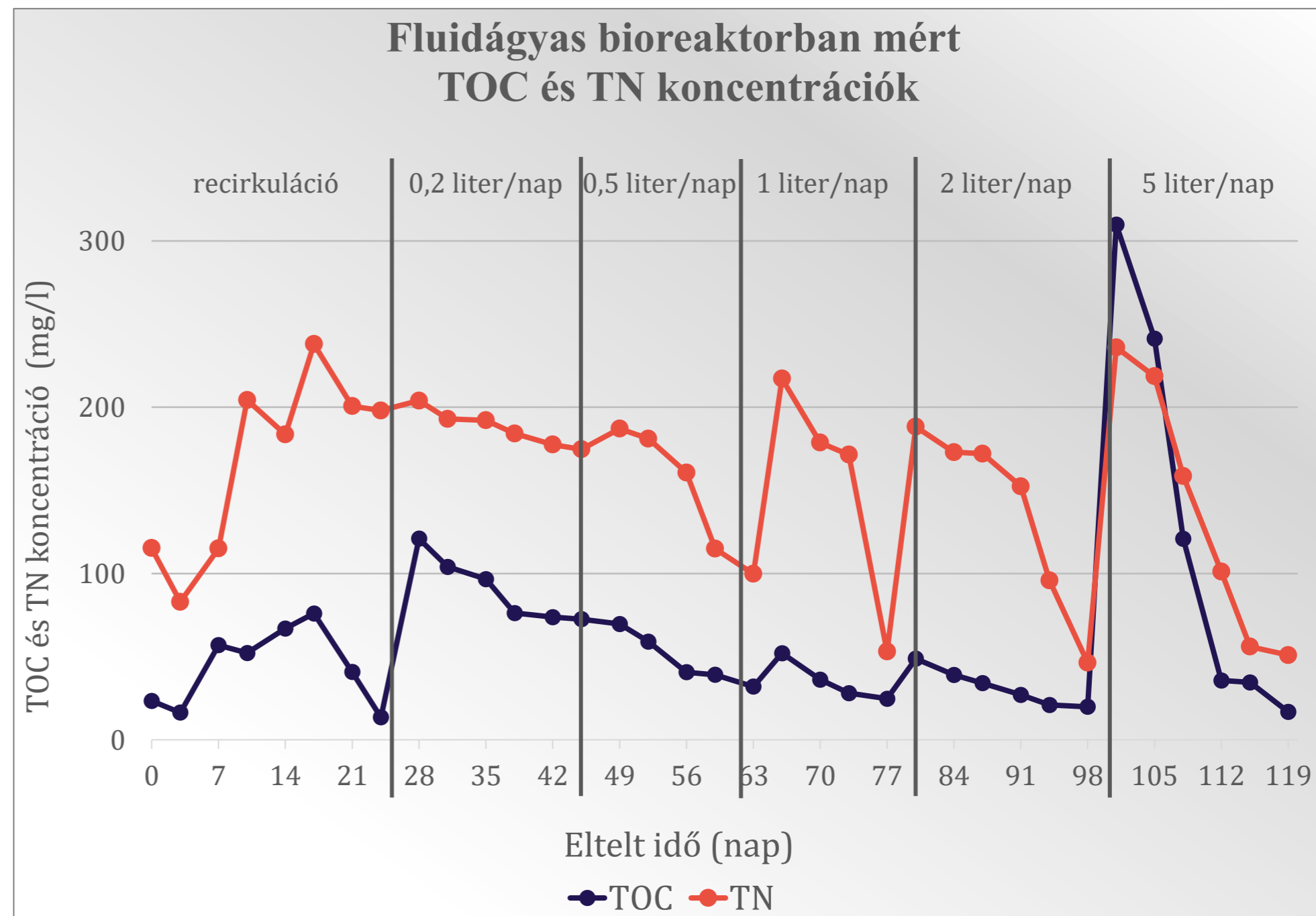


RECIRKULÁCIÓS ÜZEM

- **Négy hétig: az aktív baktériumtömeg eléréséhez**

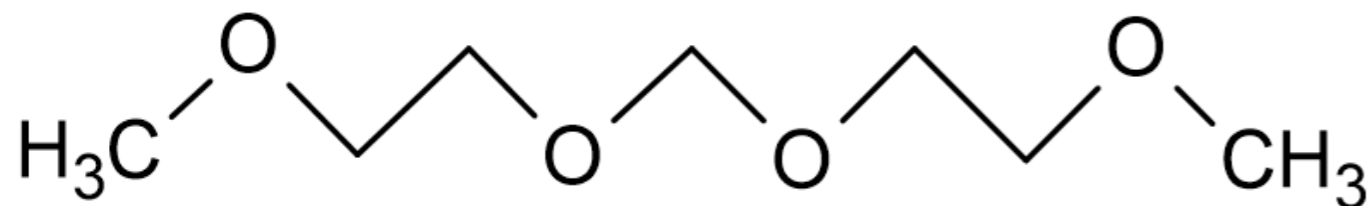
FOLYAMATOS ÜZEM

- **Terhelés növelése után: TOC koncentráció emelkedés**
- **Ezt követően egy gyorsabb TOC csökkenés**



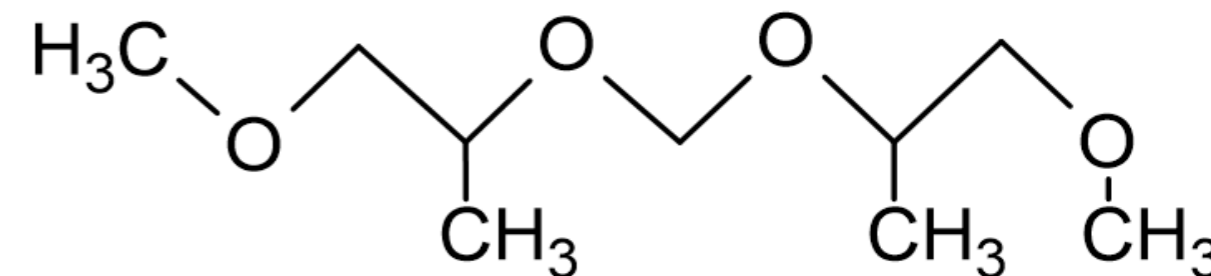
2,5,7,10-TETRAOXAUNDEKÁN (TOU)

CAS: 4431-83-8

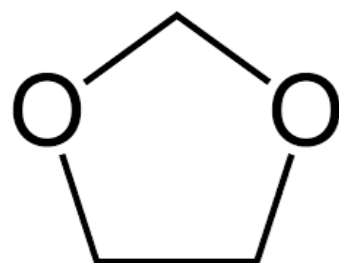


4,8-DIMETIL-2,5,7,10-TETRAOXOUNDEKÁN (ELCOSOL DM)

CAS: 59039-15-5

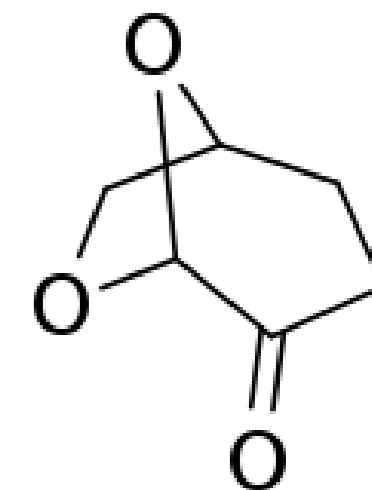


Fizikai paraméter	NMP	TOU	Elcosol DM	1,3-Dioxalén	Cyrene
Forráspont (°C)	202	202	209	75	226
Fagyáspont (°C)	-24	<-65	-20	-95	-20
Gyulladáspont (°C)	86	88	88	2,5	108
Sűrűség (kg/l)	1,03	0,99	0,95	1,06	1,25
Gőznyomás (Pa)	39	22	6,9	10 000	14,4
Kinematikus viszkozitás (mm ² /s)	1,62	1,53	1,63	0,55	n.d.
Dinamikus viszkozitás (mPa s)	1,67	n.d.	1,55	n.d.	14,5
Felületi feszültség (mN/m)	40,8	31,5	29,5	34,3	72,5
Vízoldhatóság	elegyedik	elegyedik	26-27,9 V/V%	elegyedik	elegyedik



1,3-DIOXOLÉN

CAS:646-06-0



DIHIDROLEVOGLÜKOSZENON (CYRENE™)

CAS: 53716-82-8



KONTAKT

TOVÁBBI INFORMÁCIÓÉRT KERESSEN MINKET!

Dr. FEHÉR Balázs

OSZTÁLYVEZETŐ

BIOTECHNOLÓGIAI DIVÍZIÓ

+36-30/924 7705

BALAZS.FEHER@BAYZOLTAN.HU



bay® Bay Zoltán
Kutatóközpont

CÍM: H-1116 BUDAPEST, KONDORFA U. 1.

WEB: WWW.BAYZOLTAN.HU

E-MAIL: BAYZOLTAN@BAYZOLTAN.HU



Az NMP lebontás lehetséges útvonalai

biológiai úton
kémiai úton
feltételezett útvonal

