



Mikroszennyezők a szennyvizekben, jellemzőik és analitikai vizsgálati lehetőségeik

Dr. Szigeti Tamás János
Stratégiai igazgató
Bálint Analitika Kft.
1116 Budapest, Kondorfa u. 6-8.

Üdvözlét a Konferencia Szervezőinek és Résztvevőinek!



Bálint Analitika Kft.
1116 Budapest
Kondorfa utca 6-8.





Pannon Egyetem

Körforgásos Gazdaság
Egyetemi Központ Nagykanizsa

Víz- és szennyvízkezelés az iparban, 2025.

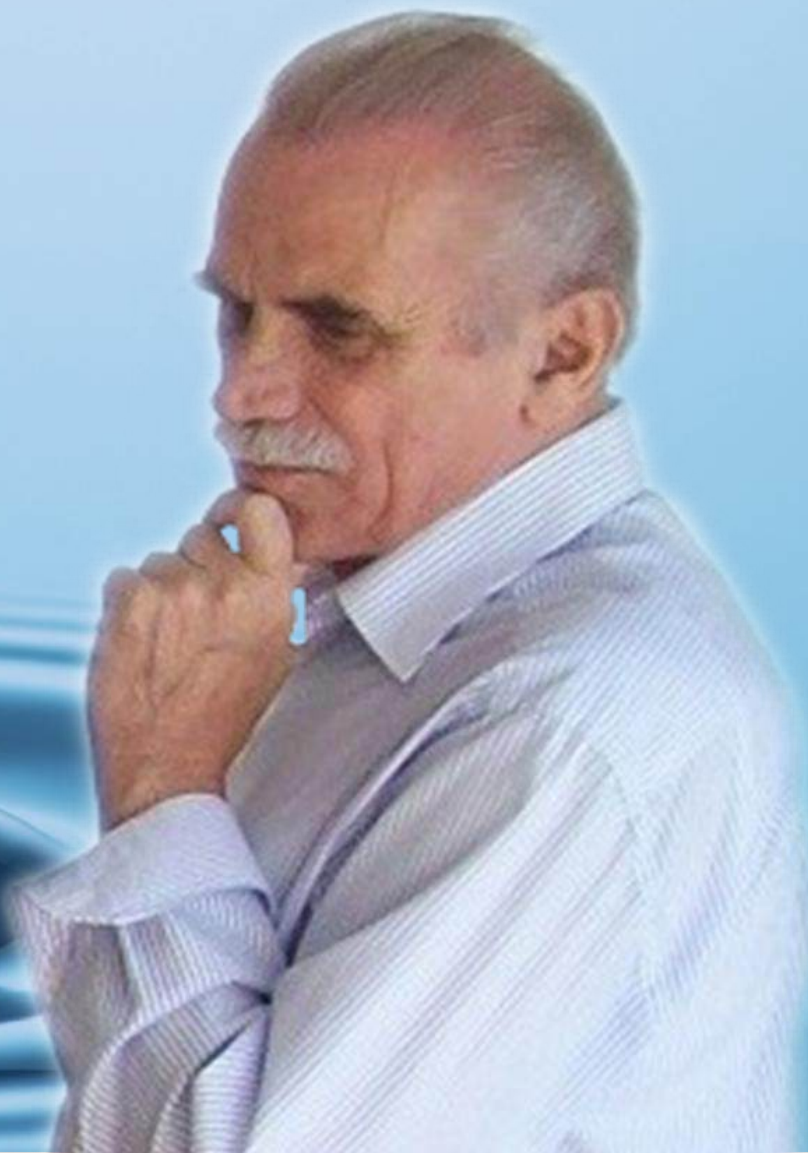
Hotel Karos Spa, 8749 Zalakaros, Alma utca 1.

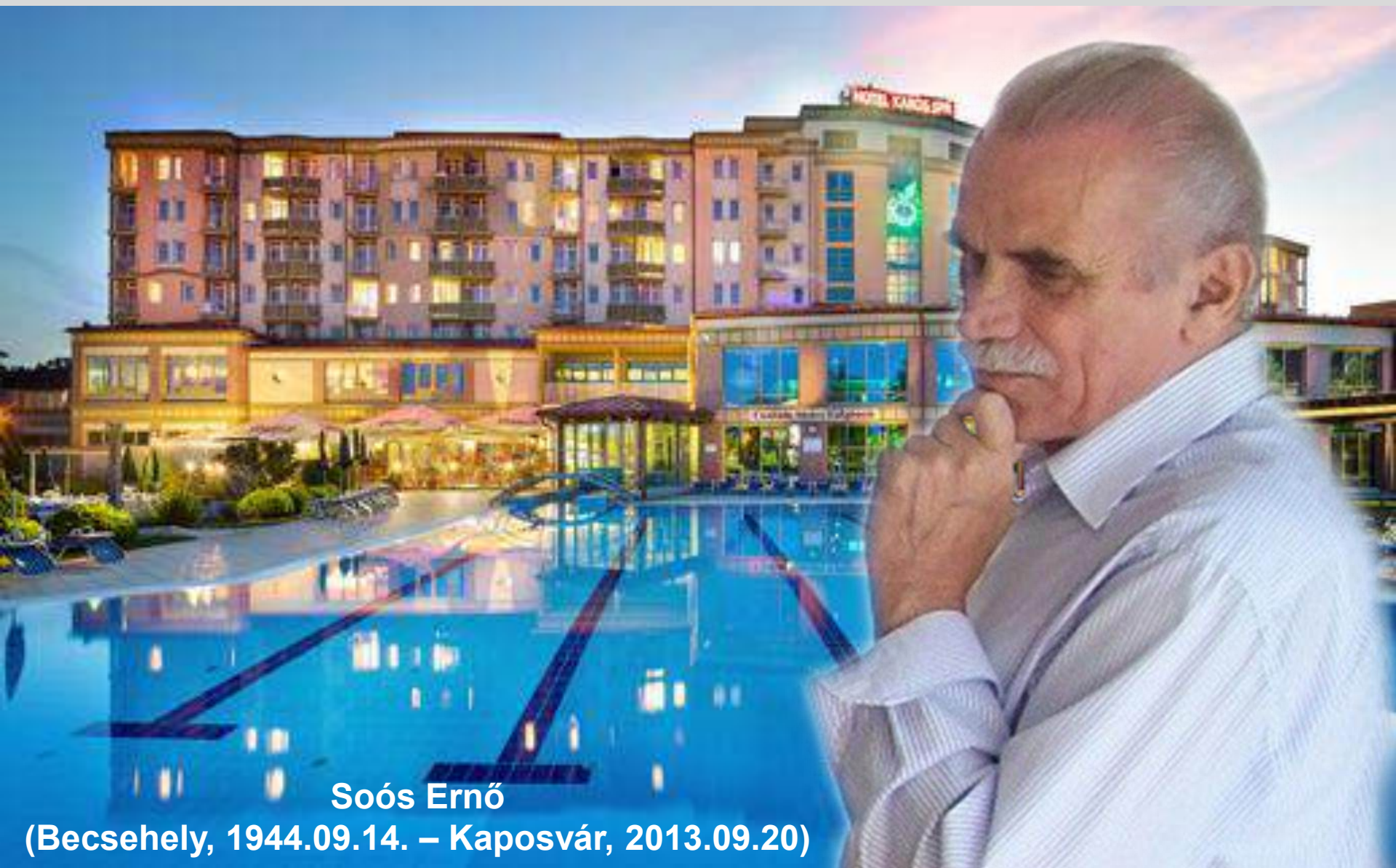


Kutató-fejlesztő Központ
Nagykanizsa

Víz- és szennyvízkezelés az iparban, 2025.

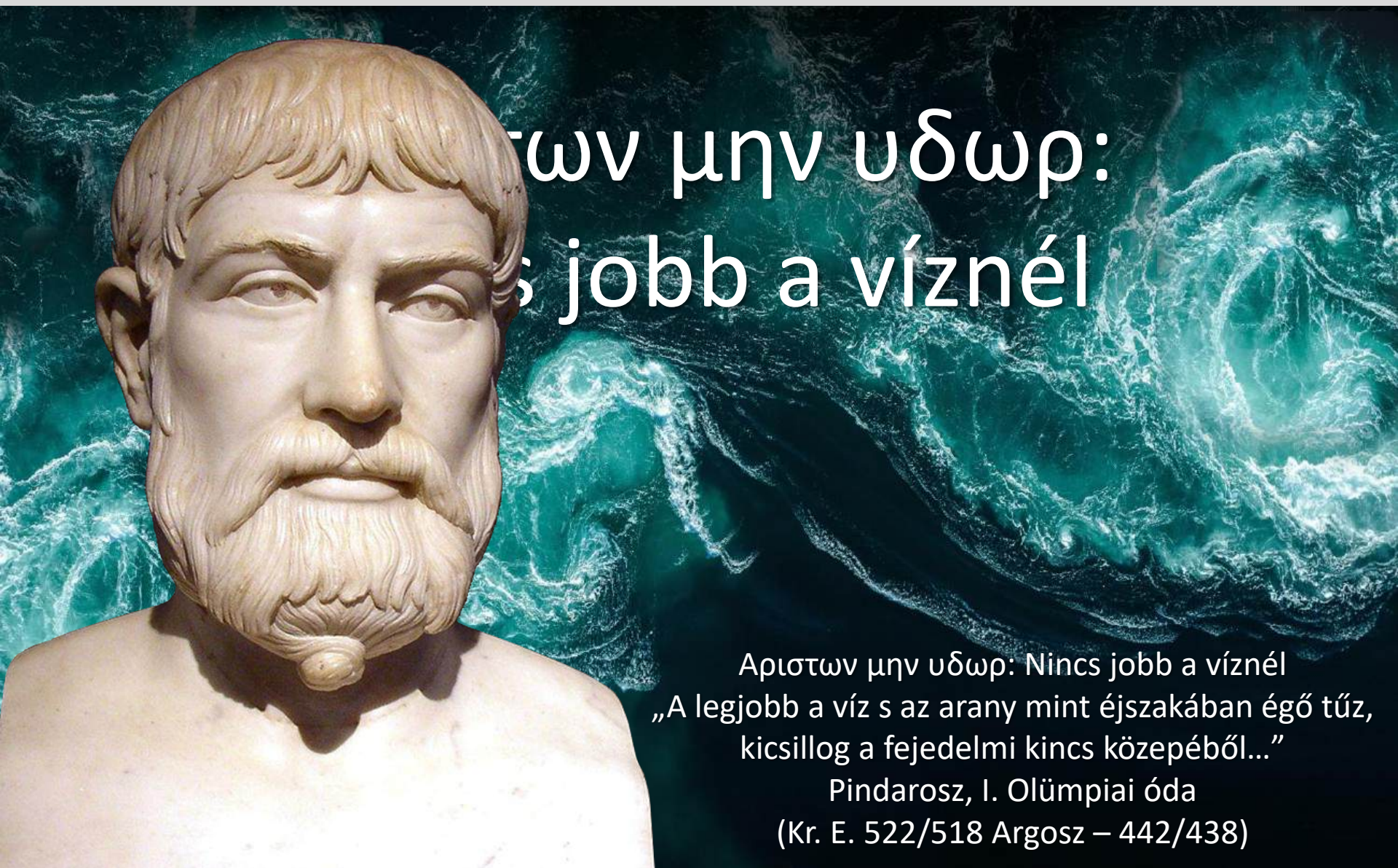
Hotel Karos Spa, 8749 Zalakaros, Alma utca 1.





Soós Ernő

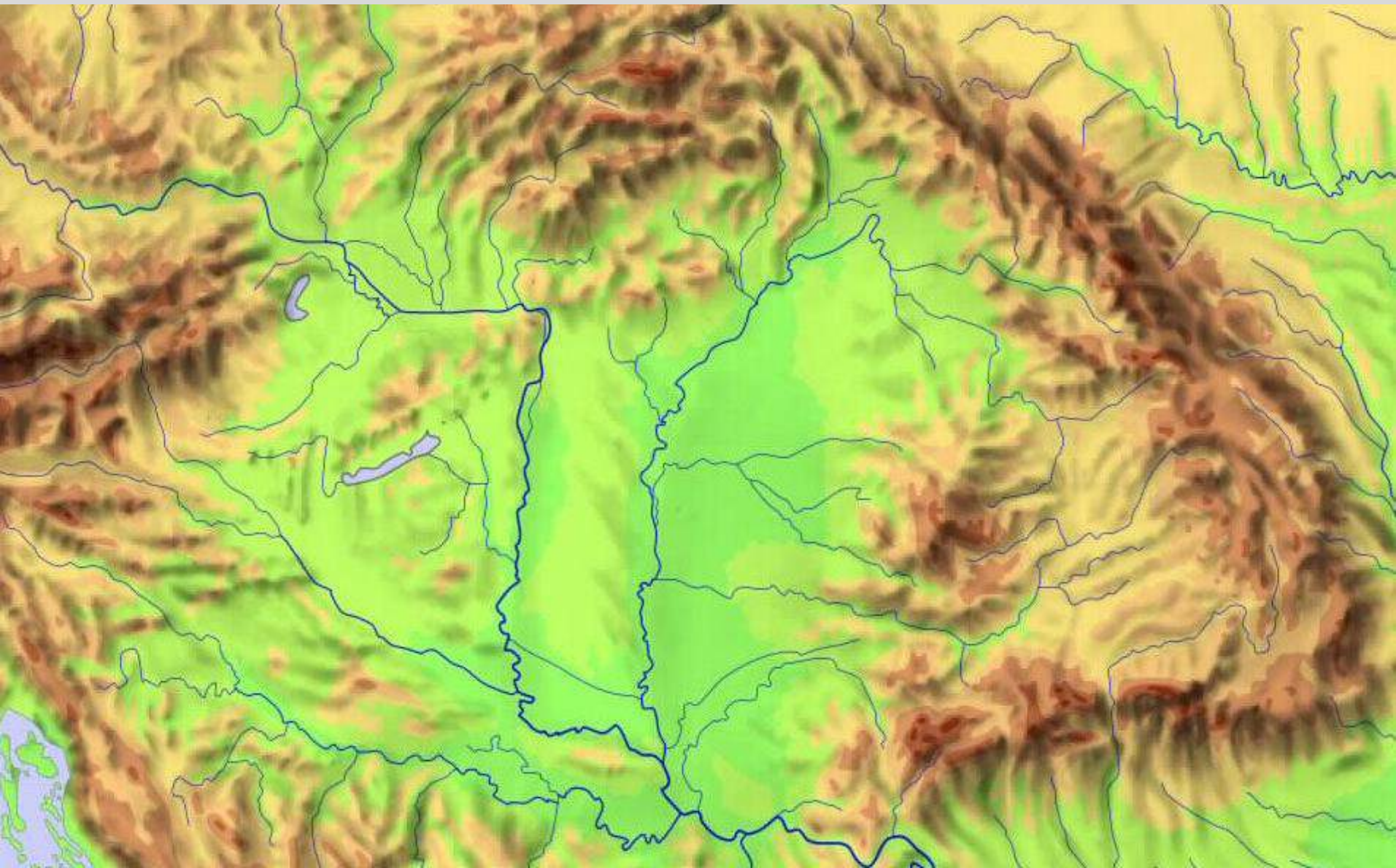
(Becsehely, 1944.09.14. – Kaposvár, 2013.09.20)



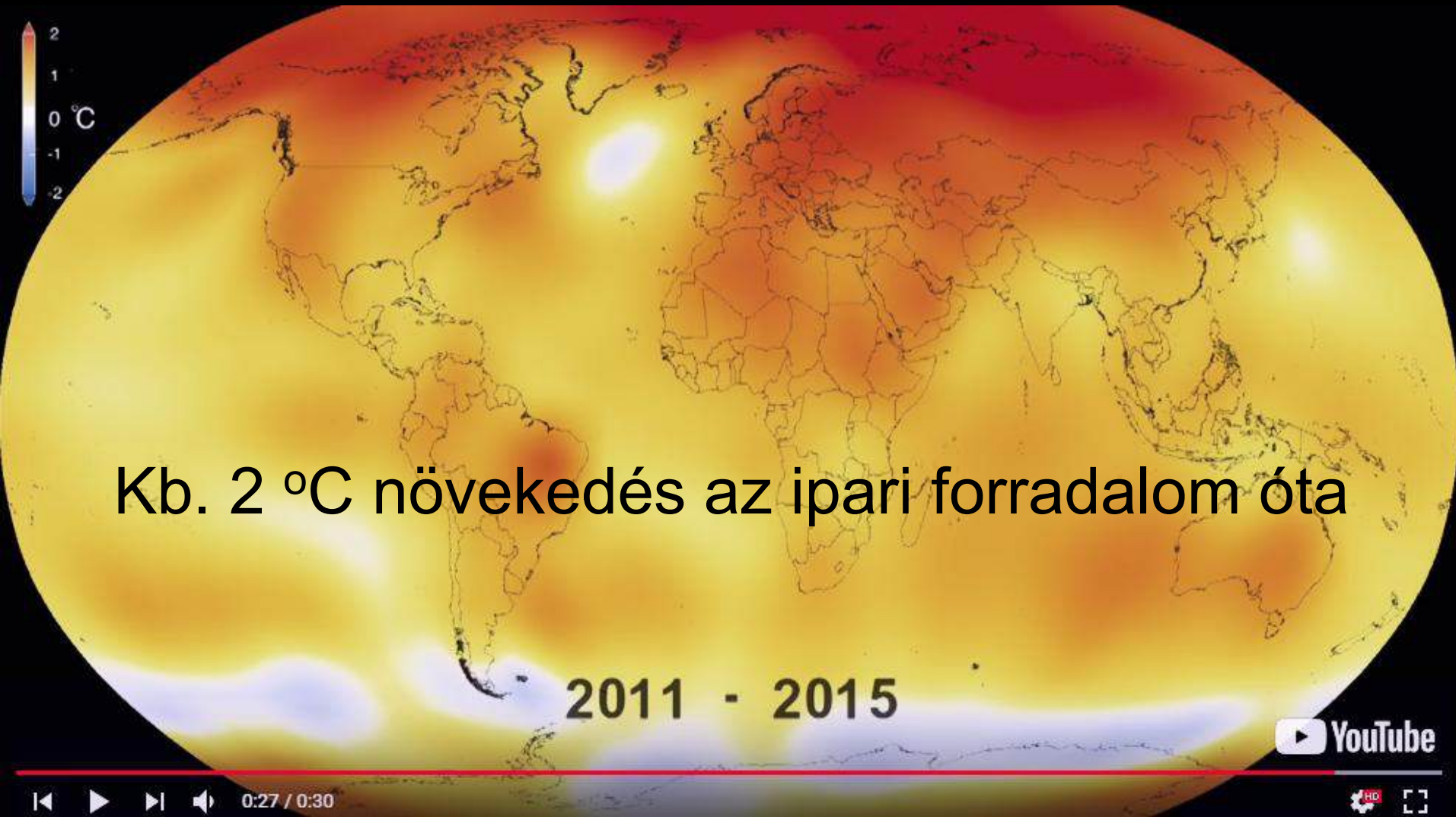
ἄριστων μὴν ὕδωρ:
Nincs jobb a víznél

Ἀριστων μὴν ὕδωρ: Nincs jobb a víznél
„A legjobb a víz s az arany mint éjszakában égő tűz,
kicsillog a fejedelmi kincs közepéből...”

Pindarosz, I. Olümpiai óda
(Kr. E. 522/518 Argosz – 442/438)



A Föld középhőmérsékletének változása 1881-től 2015-ig



https://www.mclimateaction.org/what_is_climate_change

Az a baj, hogy kevés a víz, vagy esetenként egyáltalán nincs víz...



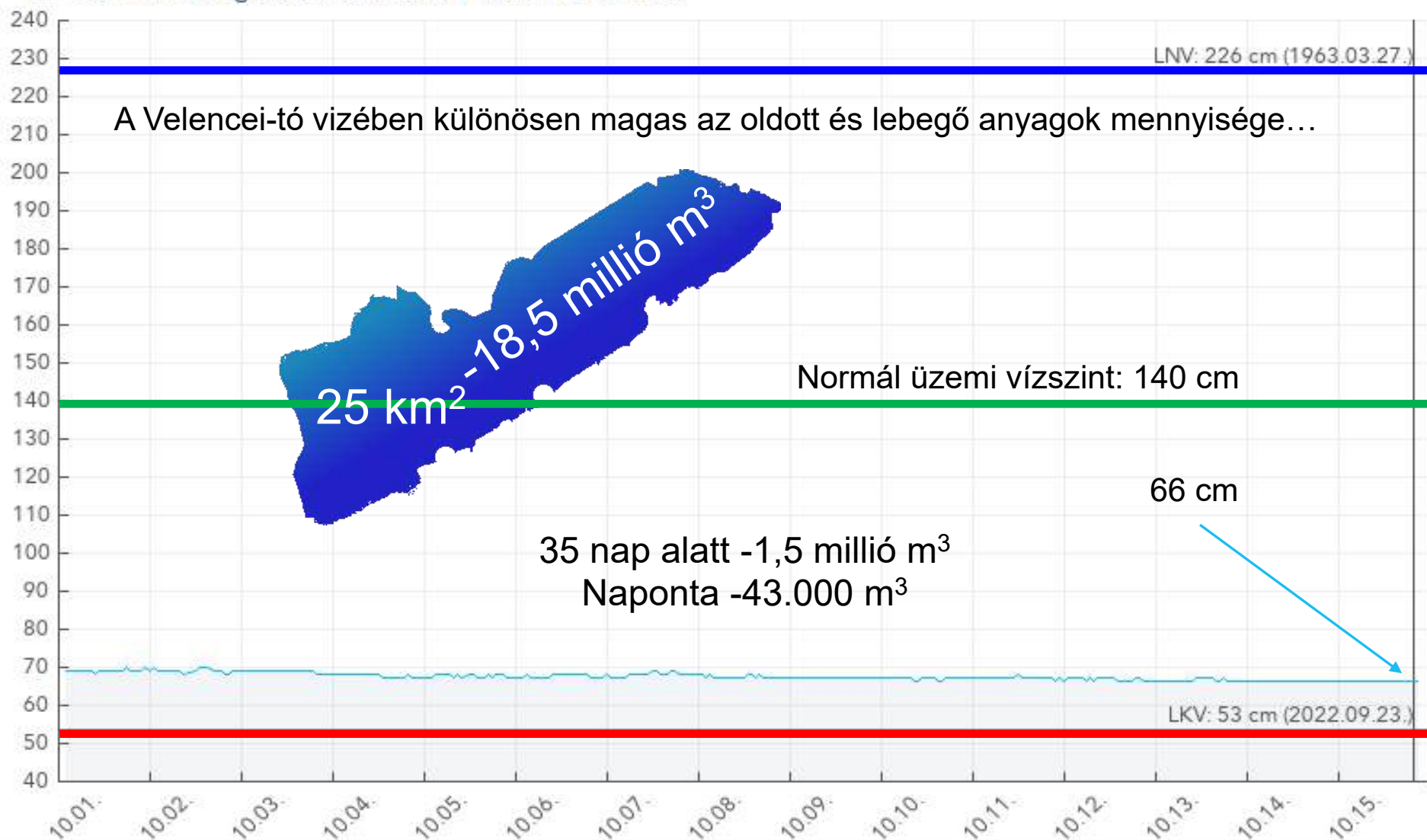
Fogy a víz...



Velencei-tó, madárrezervátum, Dinnyés...

A Velencei-tóból hiányzó vízmennyiség (vízállás 2025.10.15.: 66 cm)

KDTVIZIG, Agárd (Velencei-tó, 1 fkm, 102.62 mBf)



A Velencei-tóból hiányzó vízmennyiség (vízállás 2025.09.10.: 72 cm)

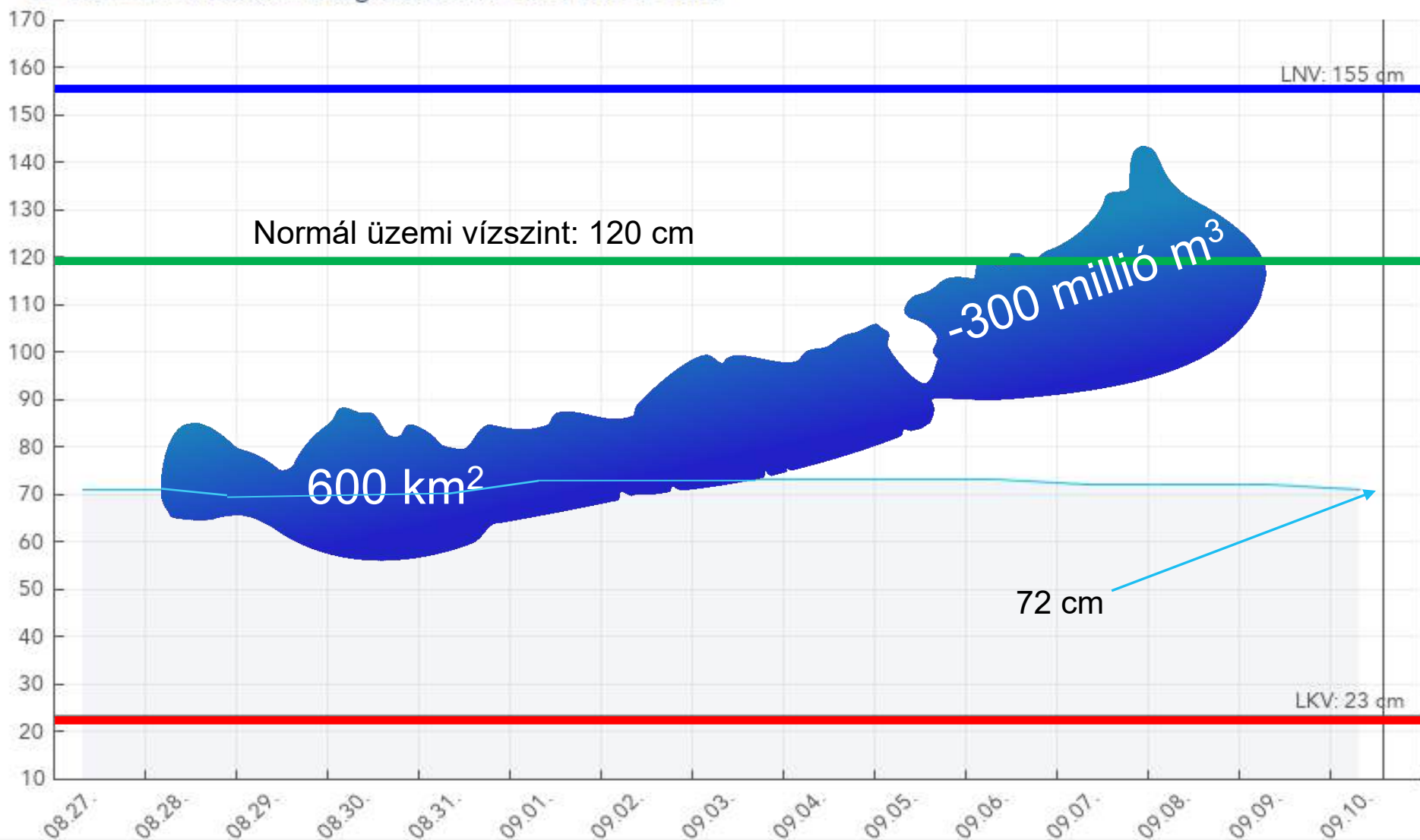
KDTVIZIG, Agárd (Velencei-tó, 1 fkm, 102.62 mBf)





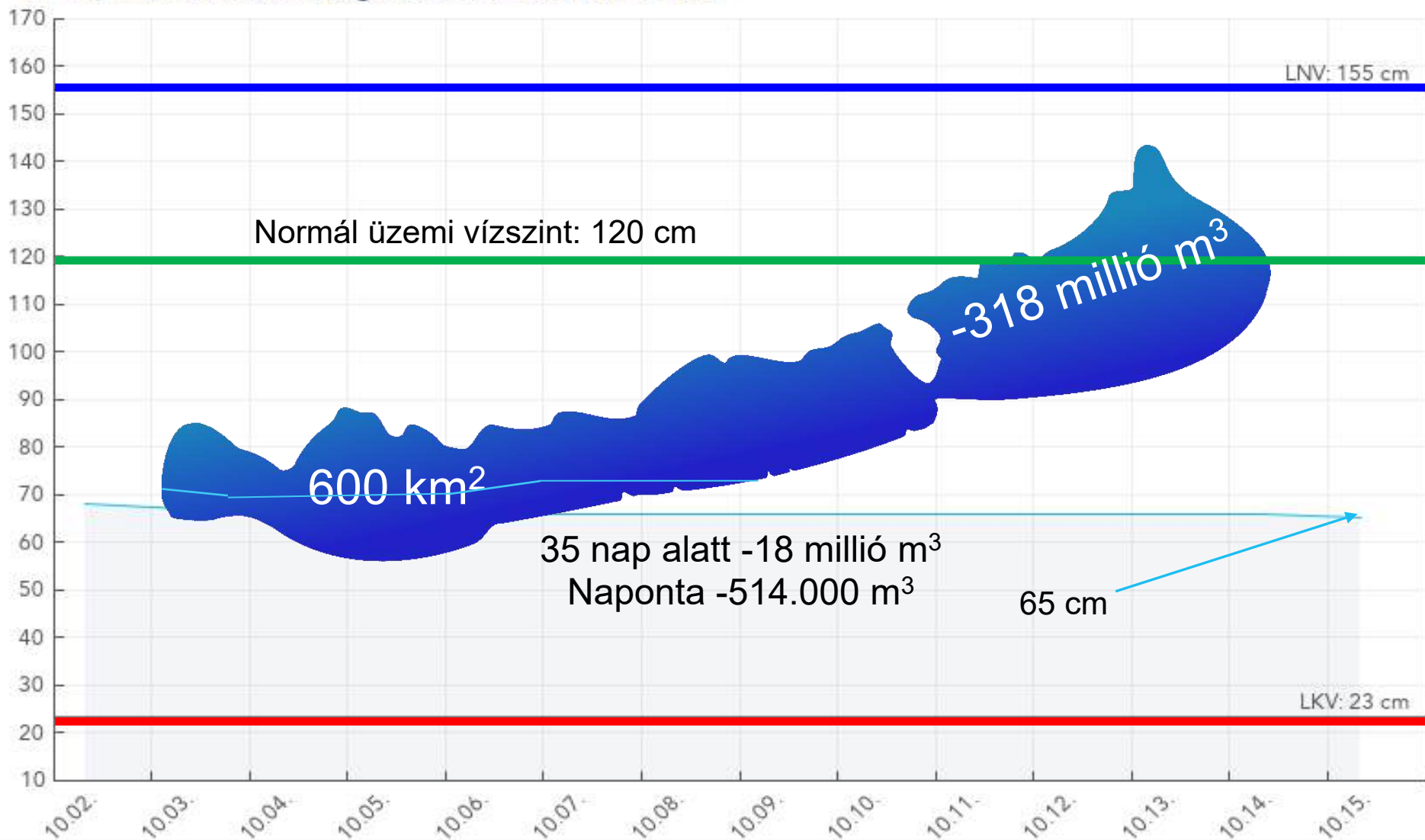
A Balatonból hiányzó vízmennyiség (vízállás 2025.09.10.: 71 cm)

KDTVIZIG, Balaton átlag (Balaton, 0 fkm, 103.42 mBf)

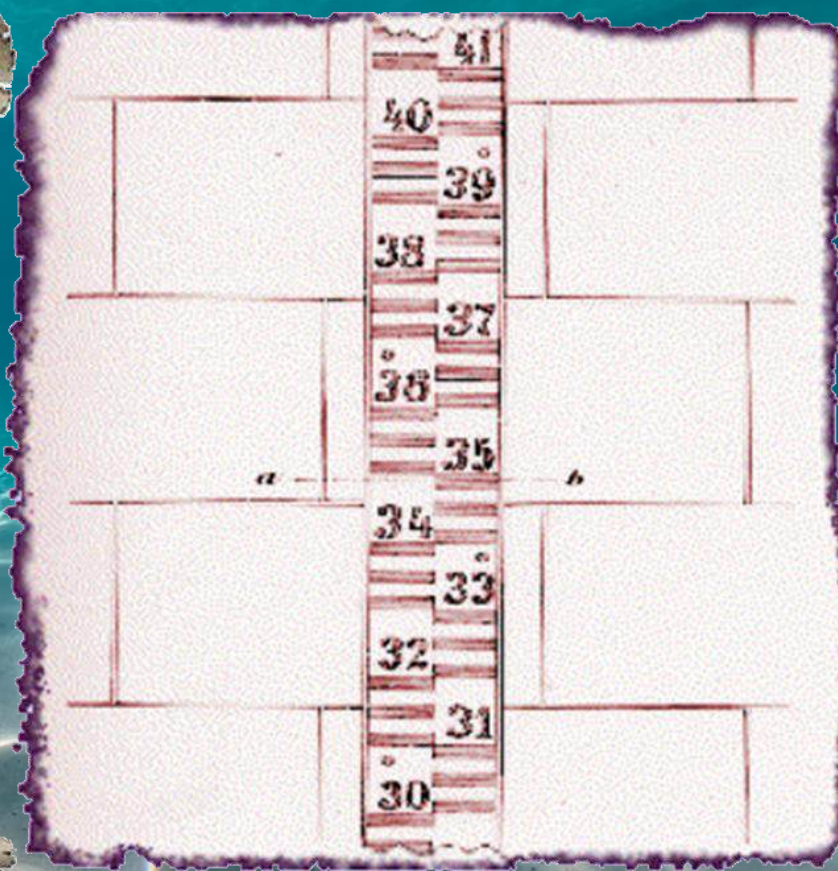


A Balatonból hiányzó vízmennyiség (vízállás 2025.10.15.: 65 cm)

KDTVIZIG, Balaton átlag (Balaton, 0 fkm, 103.42 mBf)



Központi Hidrológiai Adattár ARCHIVUM



Panta rhei (πάντα ῥεῖ)



Ugyanabból a
víztestből ismételt
méréseknél hasonló
eredményt kapni?





- Kőolajszármazékok
- Vulkáni tevékenység
 - Toxikus fémek
- Radioaktív elemek
- Dioxin-származékok
 - Mérgező kationok
 - Mérgező anionok
- Kőzetekből kioldódó anyagok

Antropogén szennyezőforrások

- Mezőgazdaság
- Ipari termelés
- Nagyvárosi életforma
- Gyógyszerfogyasztás
- Közlekedés
- Hulladékok termelődése



Rachel Carson: Silent Spring – Néma tavasz (1962)





Prof. Dr. Darvas Béla utószava a 2007-ben kiadott könyvhöz:

„1987-ben adta ki az Amerikai Kémiai Szövetség (American Chemical Society) a *Silent Spring Revisited* c. könyvet, amelyben azt olvashatjuk, hogy Carson állításainak jó része beigazolódott, s csak kevés maradt megerősítés nélkül...
... az elsőgenerációs géntechnológiával módosított növényeknek – velük a vízszennyező és hormonmoduláns glyphosate hatóanyag kiterjedt használatának – nem jósolok tartós dicsőséget, ha marad még független kutató és civil kurázsi.”



Nemzeti
Köszolgálati
Egyetem
Vízudományi Kar

Szerkesztette
Knisz Judit

SZERVES MIKROSZENNYEZŐK A VIZEKBE



7. Mikroszennyezők jogi szabályozása (Vas László, Vadkerti Edit)

7.1. Jogszabályi hierarchia Magyarországon	156
7.2. A környezeti elemek védelmére vonatkozó jogszabályok	157
7.3. Nemzetközi környezet- és vízjog	159
7.4. Nemzetközi szabályozás	160
7.5. EU-s szabályozás	164
7.6. Magyar szabályozás	172
Bibliográfia	176

8. Szerves mikroszennyezők kimutatása a környezetből (Salamon Endre)

8.1. A mérési módszerek minősítéséről általában	181
8.2. Spektroszkópiai módszerek	183
8.3. Termóanalitikai módszerek	194
8.4. Elektrokémiai módszerek	194
8.5. Tömegspektrometria	196
8.6. Kromatográfiás módszerek	200
8.7. Minták előkészítése	210
Bibliográfia	214

9. A szerves mikroszennyező csoportok részletes bemutatása (Knisz Judit, Vadkerti Edit, Mátrai Ildikó, Goda Zoltán)

9.1. Gyógyszermaradványok	217
9.2. Illegális pszichoaktív szerek	225
9.3. Kozmetikai és testápoló szerek	229
9.4. Rezisztenciagének	235
9.5. Peszticidek	244
9.6. Életviteli termékek, élelmiszer-adalékanyagok	264
9.7. Felületaktív anyagok	271
9.8. Szerves fertőtlenítési melléktermékek	281
9.9. Égési melléktermékek	289
9.10. Egyéb ipari kemikáliák	301
9.11. Toxinok	332
9.12. Fémorganikus vegyületek	335
9.13. Mikro- és nanoműanyagok mint új szennyezők	340
Bibliográfia	351



„Aggódalomra okot adó anyagok” (Contaminants of Emerging Concern – CEC)

- Antropogén anyagok,
- Cianidok,
- Felületaktív anyagok,
- Fenolok,
- Gyógyszer- és kozmetikai termékek maradványai,
- Hormonok,
- Klórozott szerves vegyületek,
- Kőolaj és származékai,
- Mesterséges nano-anyagok,
- Nehézfémek,
- Növényvédő szerek,
- Nukleinsavak (gyógyszerekből)
- Perfluorozott vegyületek,
- Policiklusos aromás szénhidrogének
- Vírusok (pl. COVID);

- Gyógyszerek vénykötelezettség nélkül
- Gyógyszerek, vénykötelezettek
 - Antibiotikumok
 - Szteroidok és hormonok (fogamzásgátló szerek)
 - Nem szteroid típusú gyulladáscsökkentők (pl. aszpirin)
 - Fájdalomcsillapítók (pl. diklofenák)
 - Pszichotróp készítmények (antidepresszánsok, altató szerek, kábítószeres stb.)
 - Diagnosztikumok
- Kozmetikai termékek illatanyagai
- Foto-stabilizátorok
- Tartósító szerek kozmetikumokból (pl. különböző parabének)
- Növényvédő szerek maradékai és bomlástermékei (glifozát, AMPA stb.)
- Ipari termelésből származó hulladékok, bomlástermékek (pl. PFAS vegyületek, toxikus fémek, oldószerek, reagensek stb.)
- Mikroműanyagok migráló komponensei

Temperature-driven and discharge-driven variability of organic micropollutants in a large urban river and its implications for risk-based monitoring

Norbert Erdélyi, Dóra Gere, Attila Engloner, Márta Vargha

PMID: 38986789 DOI: 10.1016/j.chemosphere.2024.142803

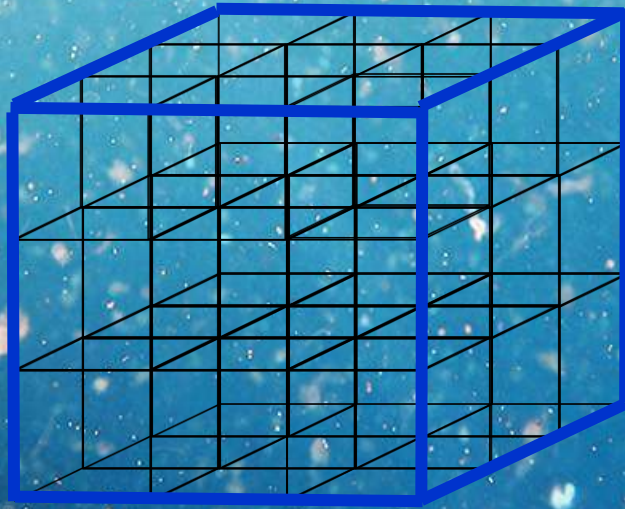
2024 Sep;363:142803. doi: 10.1016/j.chemosphere.2024.142803. Epub 2024 Jul 8.

Két héten keresztül összesen 336 mintában a **medián értékek 1 – 26 ng/L** közé estek, de számos szennyező koncentrációja megközelítette a **100 ng/L értéket**

- Nem-szteroid gyulladáscsökkentők (NSAID: Non-Steroid Anti-Inflammatory Drugs): ibuprofen, diklofenak stb.
- Hormonok, fogamzásgátlók
- Fájdalomcsillapítók, pl. Metamizol és bomlástermékei
- Vérnyomáscsökkentők
- Anti-epileptikumok
- Diabétesz elleni szerek
- Antibiotikumok
- Jódzott kontrasztanyagok (ICM: Iodinated Contrast Media), pl. iohexol, iopamidol stb.
- Korrozógátlók, pl. benzotriazolok
- Növényvédő szerek (pl. 2019-ben a **felszíni vizek mintáinak 75%-a tartalmazott glifozátot**, vagy AMPA-t

Mikroműanyagok (mg/m³, vagy db/m³?)





3x3x3 mm kockát feldarabolva

$54 \text{ mm}^2 \rightarrow 162 \text{ mm}^2$

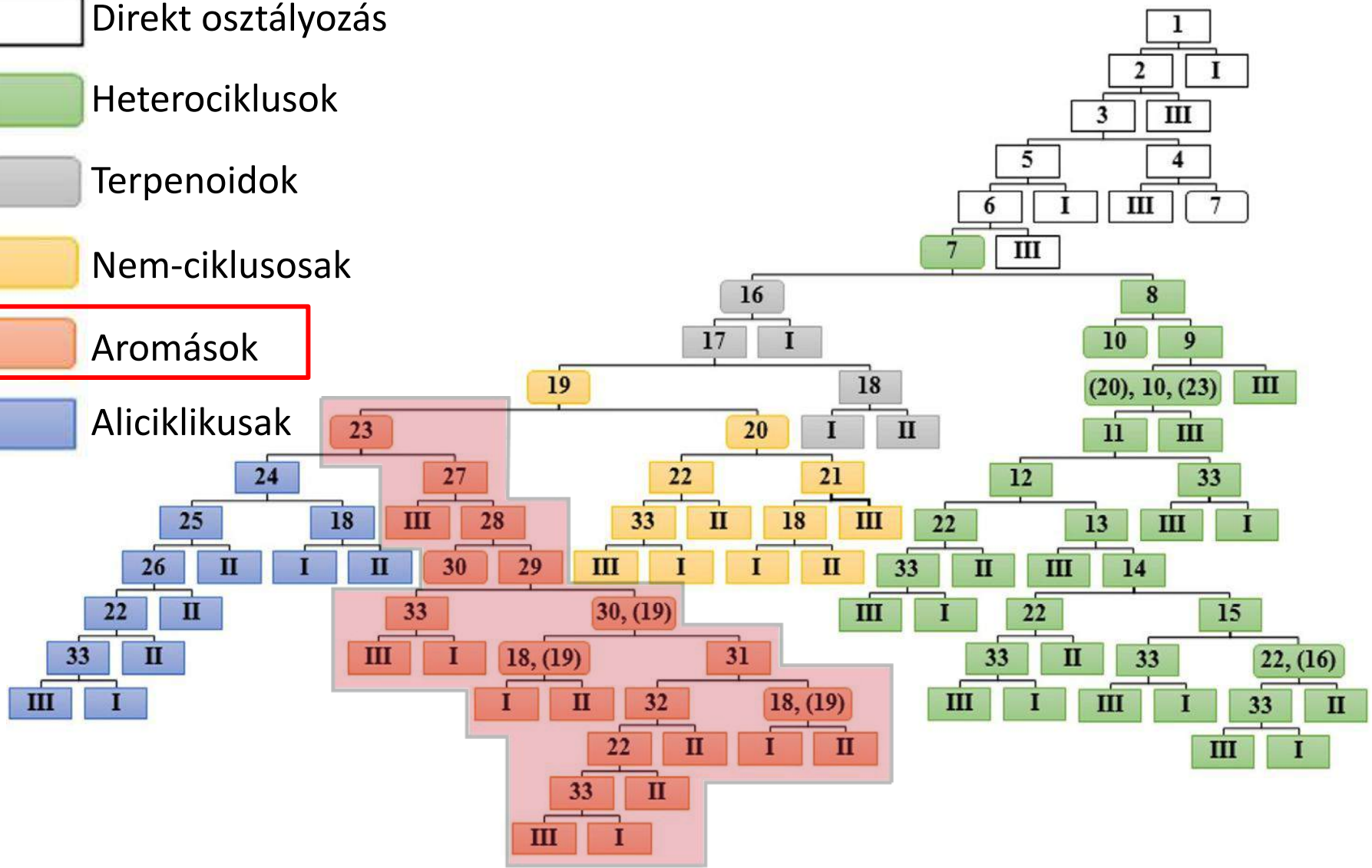
A felület növekedése által exponenciálisan növekszik a kioldódás
intenzitása

Mennyire toxikusak a vizekben található mikroszennyezők?



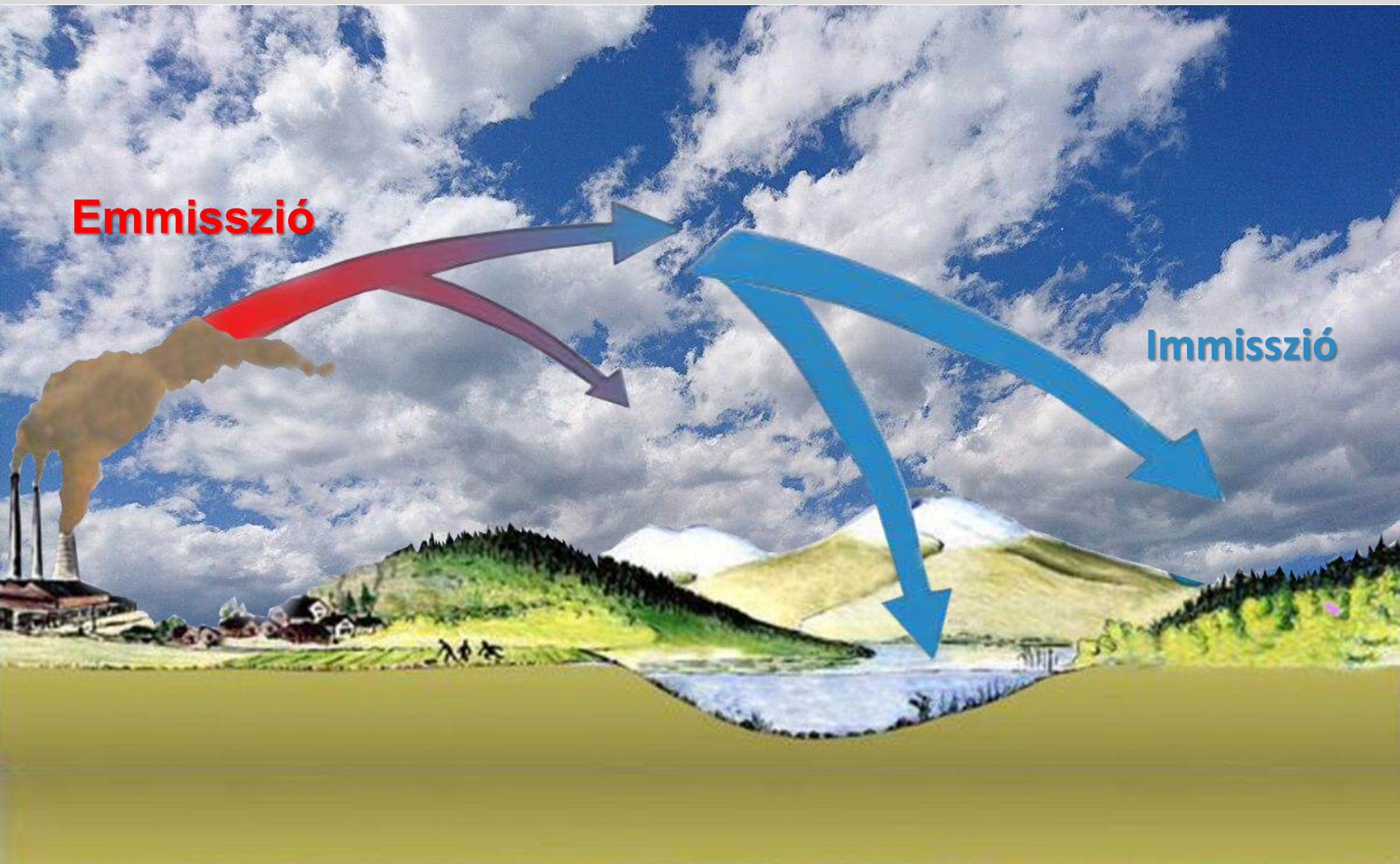
Cramer-osztályozás (33 kérdés: I., II. és III osztályú vegyületek)

- Direkt osztályozás
- Heterociklusok
- Terpenoidok
- Nem-ciklusosak
- Aromások
- Aliciklikusak





Az antropogén szennyezés a levegővel is terjed



**Budapesten kb. 160
millió m^3 tisztított
szennyvíz keletkezik
évente (Gerőfi-
Gerhardt A. M.
2025.)**





Emlékeztetek Gerőfi-Gerhardt András ma délelőtti plenáris előadására (Főv. Csat. M.)



2024/3019

2024.12.12.

AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) 2024/3019 IRÁNYELVE

(2024. november 27.)

a települési szennyvíz kezeléséről

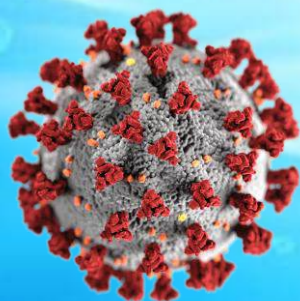
(átdolgozás)

(EGT-vonatkozású szöveg)

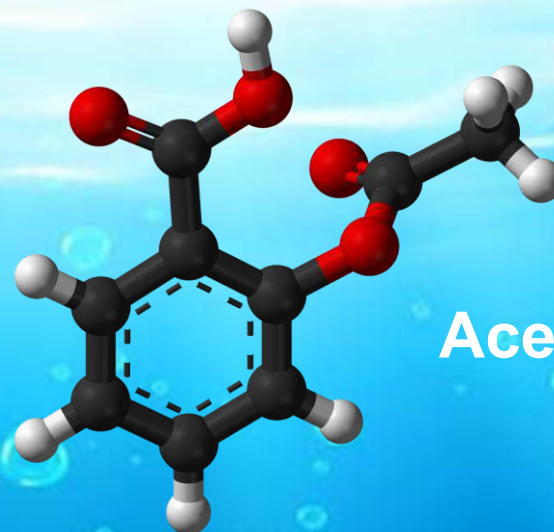
17. cikk A települési szennyvízzel kapcsolatos felügyelet

(1) Koordinációra szolgáló nemzeti rendszert: a befolyóknál ellenőrizni kell a közegészségügyi jelentőségű paramétereket:

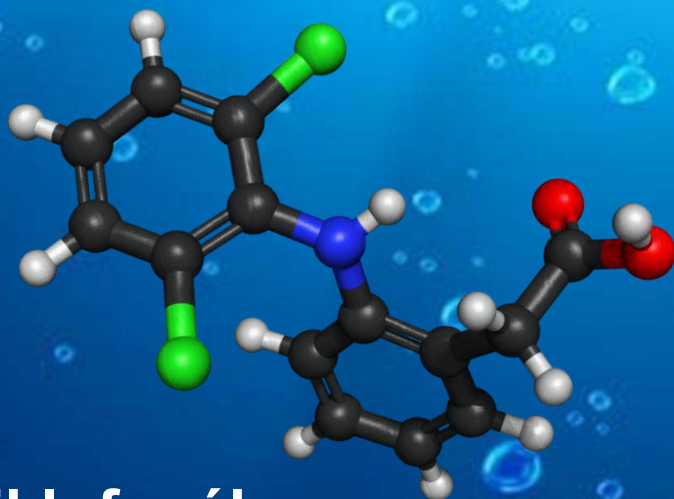
- SARS-CoV-2 vírus és annak variánsait;
- Poliovírust (járványos gyermekbénulás vírusa);
- Influenzavírust;
- Újonnan megjelenő kórokozókat;
- **Minden egyéb olyan közegészségügyi paraméter**, amelyet az illetékes hatóságok a monitoring szempontjából relevánsnak tartanak;



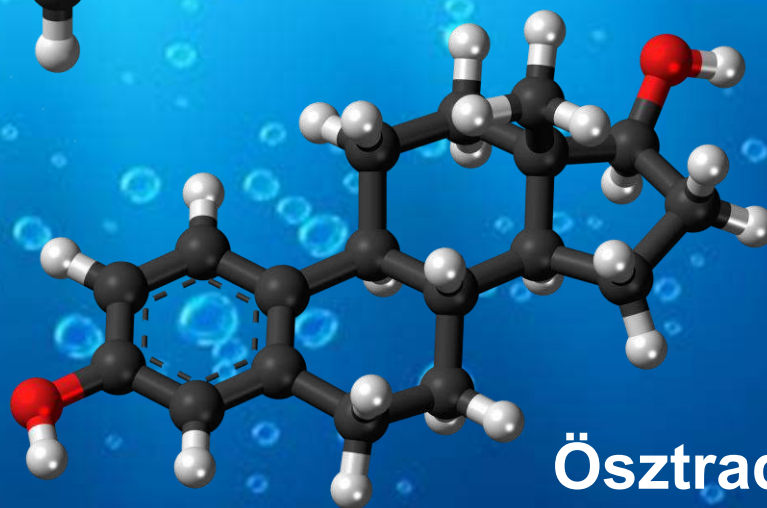
SARS-CoV-2



Acetil-szalicilsav



Diklofenák



Ösztradiol

Melléklet C-rész

Monitoring:

A tagállamok biztosítják, hogy olyan monitoring-módszer kerüljön alkalmazásra, amely megfelel a 2–5. pontban foglalt követelményeknek. Adott esetben minden elemzési módszernek a **2009/90/EK** irányelvben és más vonatkozó szabályokban meghatározottakkal azonos minimális teljesítménykritériumoknak kell megfelelnie.

Vízhozammal arányos, vagy 24 órás mintavételek + **mikroszennyezők esetében 48 órás mintavételek**

- 1.000 – 9.999 LE: Havonta egy minta
- 10.000 – 49.999 LE: Havonta 2 minta, mikro-szennyezőkre havonta 1 minta
- 50.000 – 149.999 LE: Hetente 1 minta, mikro-szennyezőkre havonta 2 minta
- >150.000 LE: Hetente 2 minta, mikro-szennyezőkre havonta 2 minta

EU jogi szabályozás 2024/3019 irányelv – 80%-ban eltávolítandók

Mikroszennyezők a szennyvizekben, jellemzőik és analitikai vizsgálati lehetőségeik – Zalakaros 2025.10.16. Dr. Szigeti Tamás – Bálint Analitika Kft.

1. K

önny

k)

szám

is

2. Karbam

la, 30 polaritás kezelésére

5

6. H

m

7. M

35

8. Venlafaxin (Cas-szám 93413-65-5) – depresszió, mentális zavarok ellen



EU jogi szabályozás 2024/3019 irányelv – 80%-ban eltávolítandók

Melléklet C-rész, 3. táblázat (alacsony koncentrációjú szennyezők 80%-os eltávolítása)

2. kategória (könnyen károsítható)

1. 1-Methyl-1H-benzotriazole (cas

cas
aga

-Sz

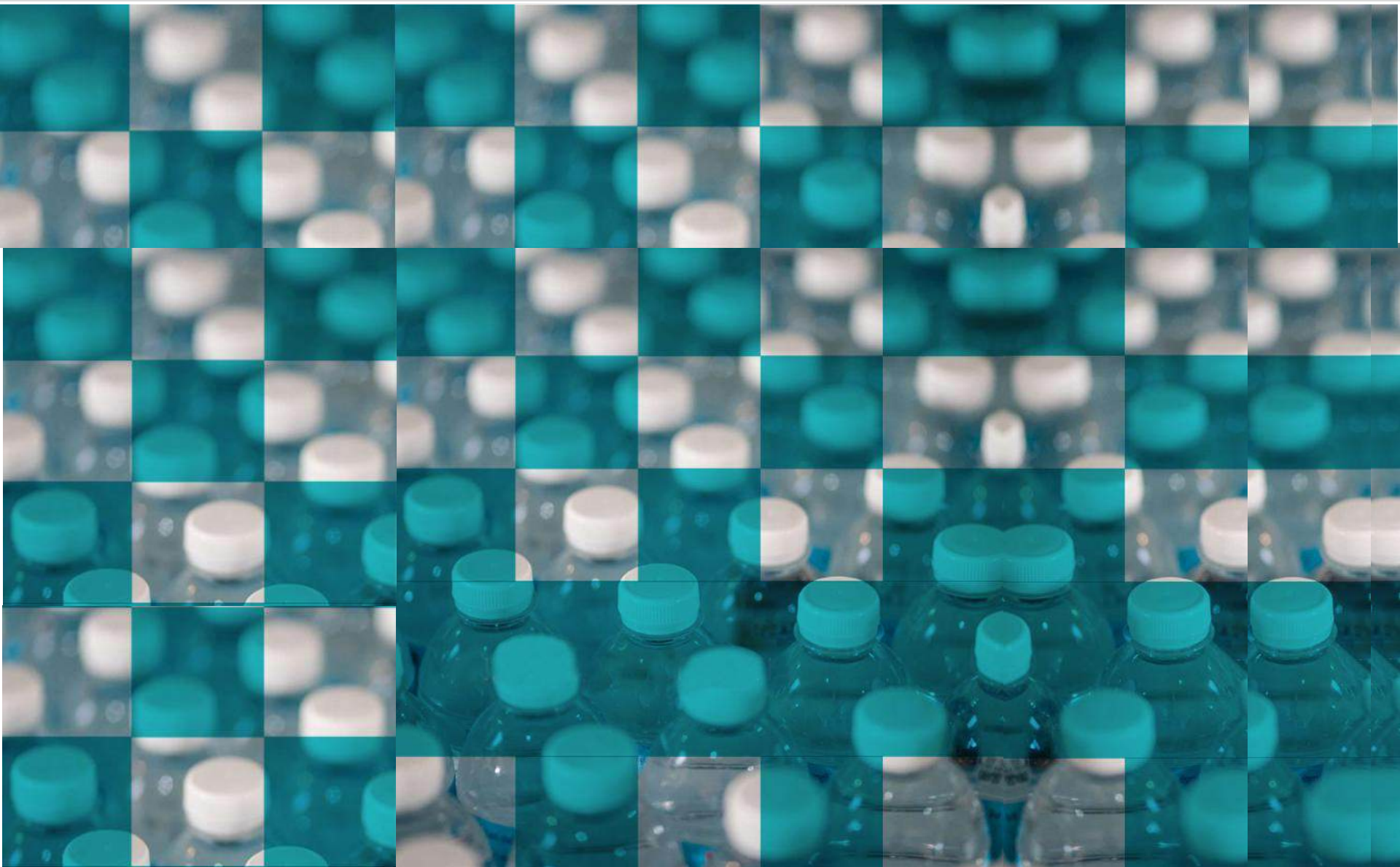
s inhi

gioter

szin l

ta,





A MIKROSZENNYEZŐK KOCKÁZATA A HASZNÁLTVIZEK ÚJRAHASZNOSÍTÁSÁBAN

DR.KUN ÁGNES

NEMZETI AGRÁRKUTATÁSI ÉS INNOVÁCIÓS KÖZPONT ÖNTÖZÉSI ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI KUTATÓINTÉZET

Mesterséges nanoanyagok (1-100 nm):

1. Gyógyszerkészítmények
2. Kozmetikumok
3. Elektronikai ipari összetevők
4. Építőipari anyagok

Gyógyszermaradványok:

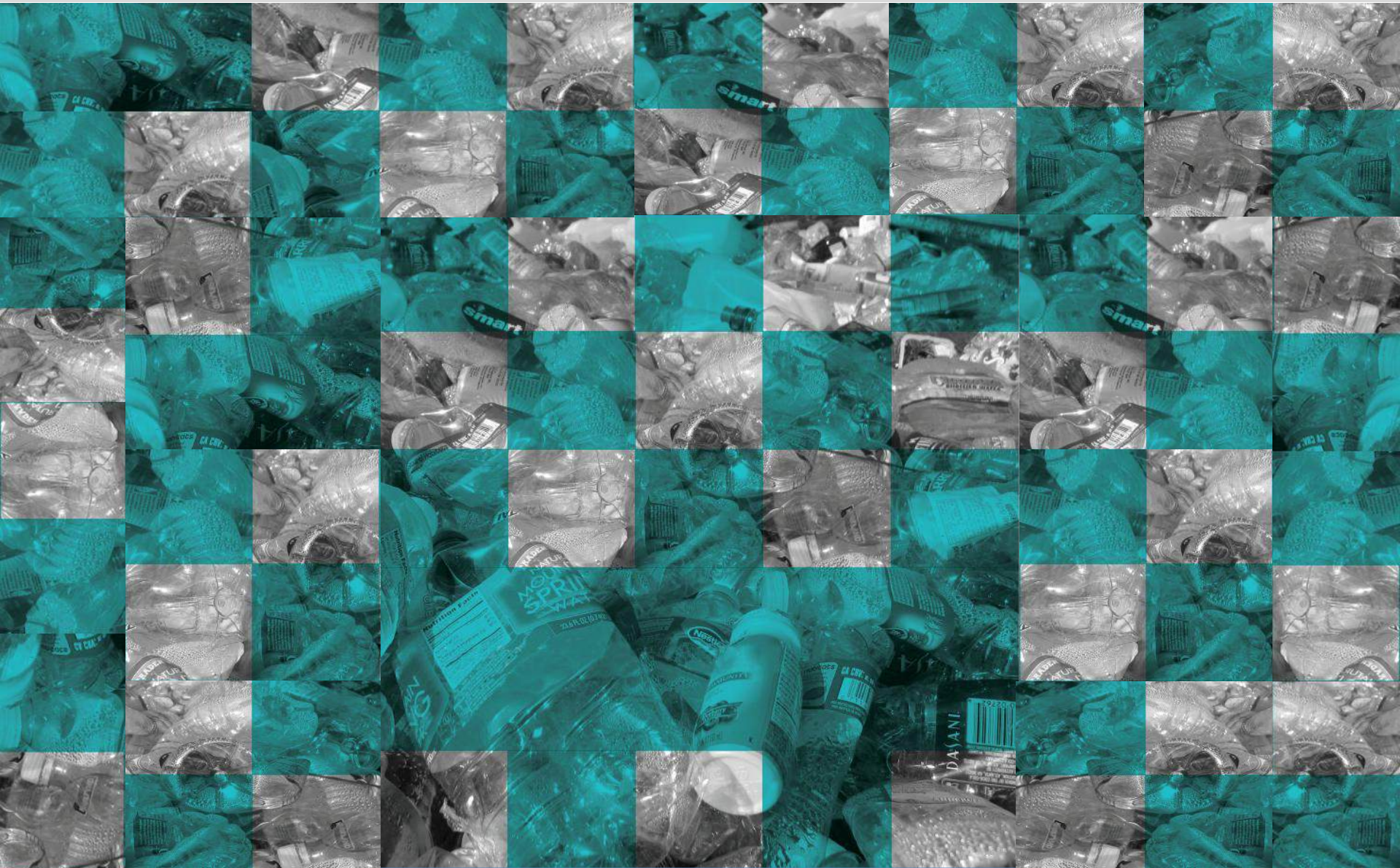
1. Diklofenák-kálium
2. Ibuprofen
3. Ketoprofen
4. Naproxen

A növények képesek felvenni ésbeépíteni szervezetükbe a környezetbe kerülő nanoanyagokat.

A nanoanyagok a gyökérből a xilém transzporton keresztül juthatnak a növény többi testrészébe, amelyek képesek befolyásolni a növény életfolyamatait.

A gyógyszermaradványok a szennyvíztelepek befolyóinál µg/liter koncentrációban fordulnak elő





DR. FLEIT ERNŐ

KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI SZAKÉRTŐ

Az USDA felmérése arról, hogy az átlag amerikai polgár mitől fél a leg

1. Pesz
2. Vírus
3. Bakt
4. Kole
5. Mag

„A ipari é
lehet ava

koncentrációkban található

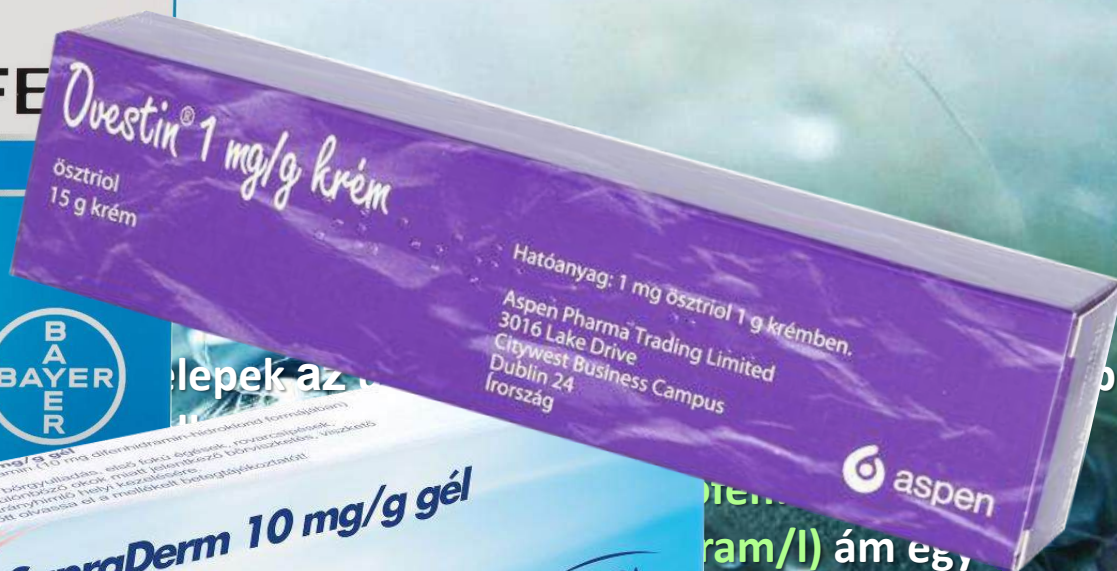
nanogram/I; difenilhidra

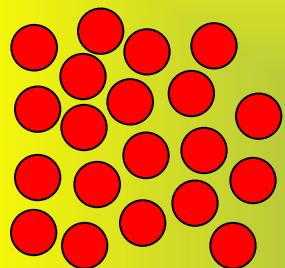
molekuladzsungelbe ágy

nehézkes – mivel mellett

könnyen bontható szubs

és költséges technológiát





Diffúzió (Fick-törvények), koncentráció-gradiens, entrópia





1. melléklet a 14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelethez

Szűrővizsgálat során a **felszín alatti vízmintából** vizsgálandó szennyező anyagok, tulajdonságok

1. Szervetlen szennyezők

	A	B	C
1	Szennyező anyagok és tulajdonságok	Javasolt vizsgálati módszer elve	Javasolt vizsgálati szabvány, mérési módszer
2	pH	potenciometria	MSZ 448-22:1985, MSZ ISO 10523:2003
3	elektromos vezetőképesség	konduktometria	MSZ EN 27888:1998, MSZ 448-32:1977
4	fluorid	potenciometria vagy ionkromatográfia vagy spektrofotometria	MSZ EN ISO 10304-1:1998, MSZ 448-17:1986
5	klorid	ionkromatográfia vagy titrimetria	MSZ EN ISO 10304-1:1998, MSZ 448-15:1982, MSZ ISO 9297:2003
6	nitrit	fotometria vagy ionkromatográfia	MSZ EN ISO 10304-1:1998, MSZ EN 26777:1998, MSZ 448-12:1982, MSZ EN ISO 13395:1999
7	nitrát	fotometria vagy ionkromatográfia	MSZ EN ISO 10304-1:1998, MSZ 448-12:1982, MSZ EN ISO 13395:1999
8	szulfát	fotometria vagy ionkromatográfia	MSZ EN ISO 10304-1:1998, MSZ 448-13:1983
9	foszfát	fotometria vagy ionkromatográfia	MSZ EN ISO 10304-1:1998, MSZ 448-18:1977, MSZ EN ISO 6878:2004
10	ammónium-ion	fotometria	MSZ EN ISO 11732:1999, MSZ ISO 7150-1:1992
11	króm, kobalt, nikkel, réz, cink, molibdén, szelén, kadmium, ón, bárium, ólom, ezüst (kivéve: krómVI)	ICP-MS vagy ICP-OES vagy AAS vagy AAS-ETA vagy GF-AAS	MSZ 1484-3:1998, ISO 17294-1:2004, MSZ EN ISO 17294-2:2005, EPA-6010, EPA-6020, MSZ EN ISO 11885:2000
12	arzén	ICP-MS vagy hidrid-AAS vagy ICP-OES	MSZ 1484-3:1998, MSZ EN ISO 11969:1998, ISO 17294-1:2004, MSZ EN ISO 17294-2:2005, EPA-6010, EPA-6020
13	higany	ICP-MS vagy hideggőzős AAS vagy hidrid-AAS vagy ICP-OES	ISO 17294-1:2004, MSZ EN ISO 17294-2:2005, EPA-6010, EPA-6020, MSZ 1484-3:1998

1. melléklet a 14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelethez

Szűrővizsgálat során a **felszín alatti vízmintából** vizsgálandó szennyező anyagok, tulajdonságok

2. Szerves szennyezők

	A	B	C	D
	Szennyező anyagok		Javasolt vizsgálati módszer elve	Javasolt vizsgálati szabvány, mérési módszer
2	Illékony szerves vegyületek	alifás szénhidrogének C_5-C_9	GC-FID vagy GC-ECD vagy GC-MS-SCAN vagy GC-MS-SIR	MSZ 1484-4:1998, MSZ 1484-5:1998, EPA 8260
3		benzol és alkil benzolok		
4		aromás halogénezett szénhidrogének (klórbenzol, diklórbenzol, triklórbenzol, brómbenzol, klórnaftalinok)		
5		halogénezett alifás szénhidrogének (kivéve: vinil-klorid)		
6		egyéb vegyületek körében: izopropil-alkohol, glikolok, piridin, tetrahidro-furán és tetrahidro-tiofén		
7	Nem illékony szerves vegyületek	alifás szénhidrogének $C_{10}-C_{40}$	GC-FID vagy GC-ECD vagy GC-NDP vagy GC-MS-SCAN vagy GC-MS-SIR	MSZ 1484-6:2003, EPA 8270 (A minta lúgos/semleges/ savas, egymást követő extrakciója diklór-metánnal. A vizsgálat lehet extraktumonként vagy az egyesített extraktumból.)
8		fenolok		
9		policiklikus aromás szénhidrogének (kivéve: benz-a-pirén)		
10		klórozott aromás szénhidrogének (tetra, penta, hexa)		
11		klórfenolok		
12		gázkromatográfiás módszerrel mérhető növényvédő szerek		

„Klasszikus” vízanalitika nedveskémiai módszerekkel (pl. AVK stb.)



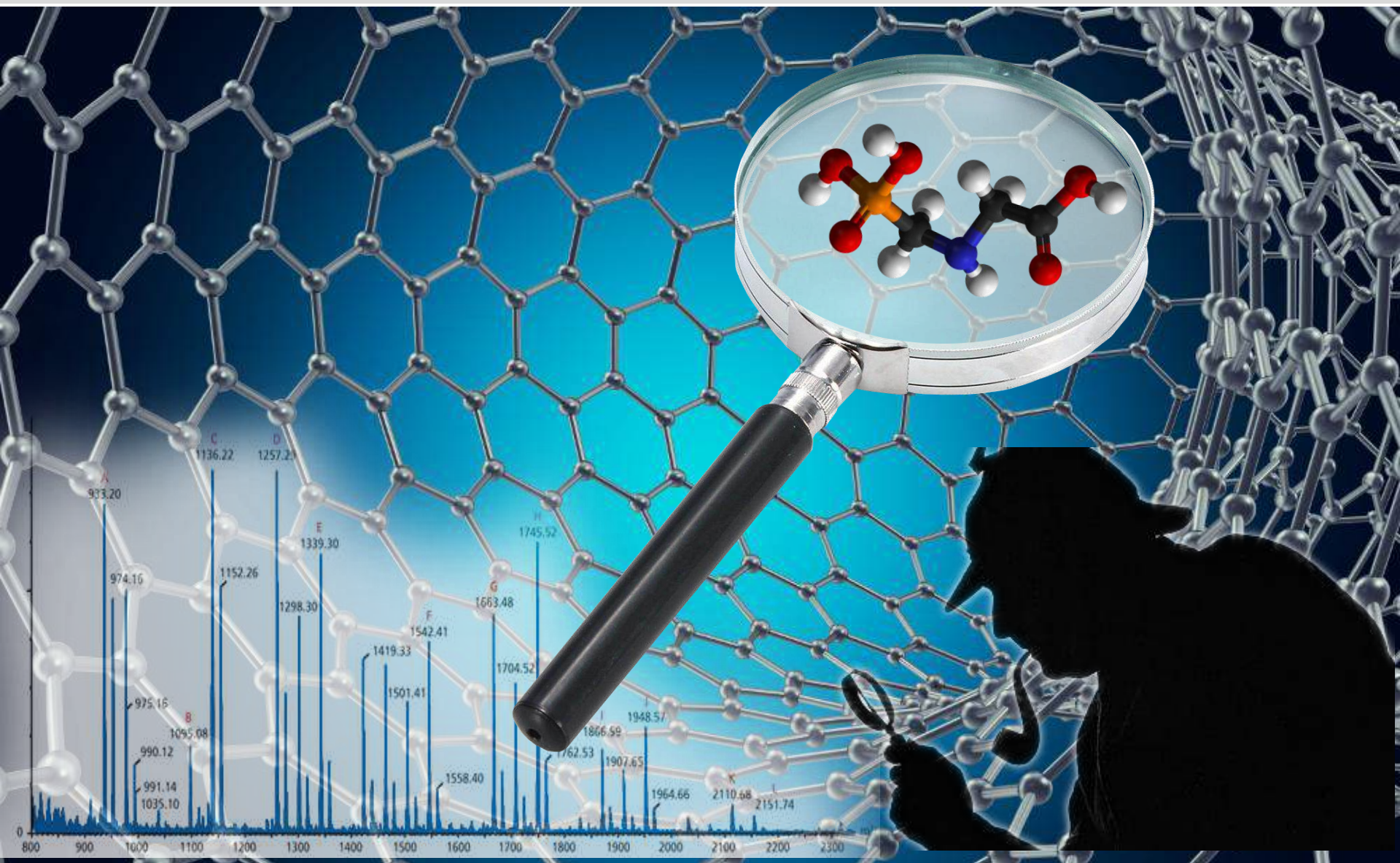
Toxikus fémek, szerves szennyezők



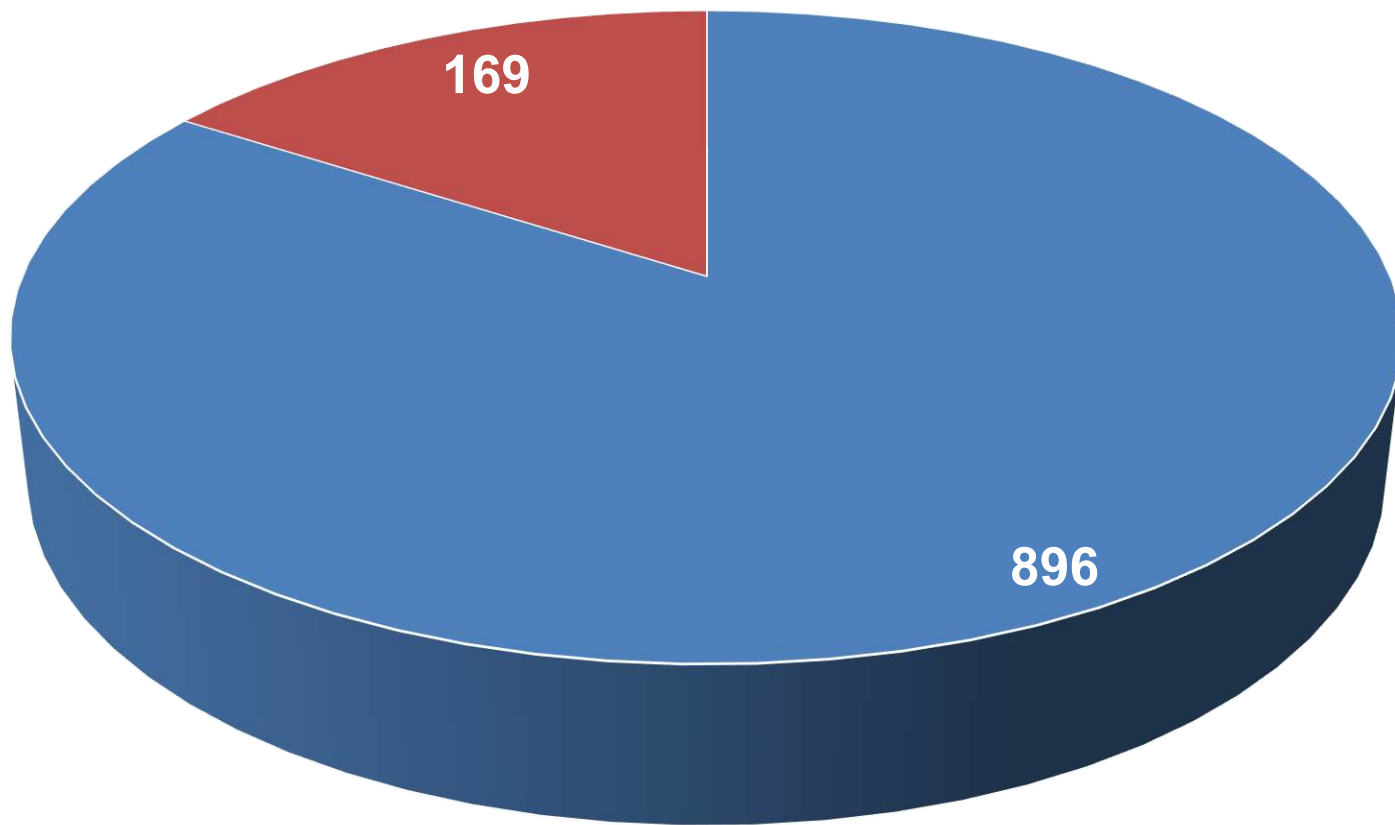
Milyen vízszennyezőkkel kell számolnunk?



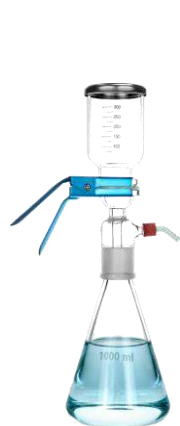
Az analitikai zsargonban „Non target analysis” felszíni vizek esetén...



1065 pozitív (>LOQ) FAV-eredményből 896 vizsgálati eredményre vonatkoztak jogszabályi határértékek (84%)



A vízminták vizsgálata elválasztástechnikai eszközökkel



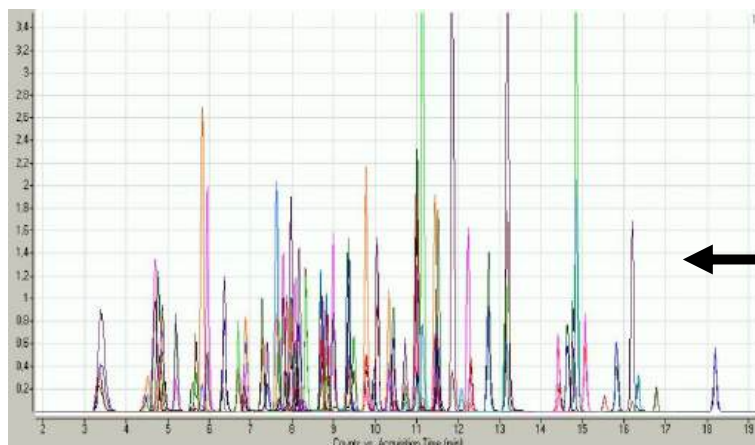
A minta szűrése



Koncentráció



Oldószercsere



Kromatogram kiértékelése



GC, vagy LC elválasztás, MS/MS detektálás

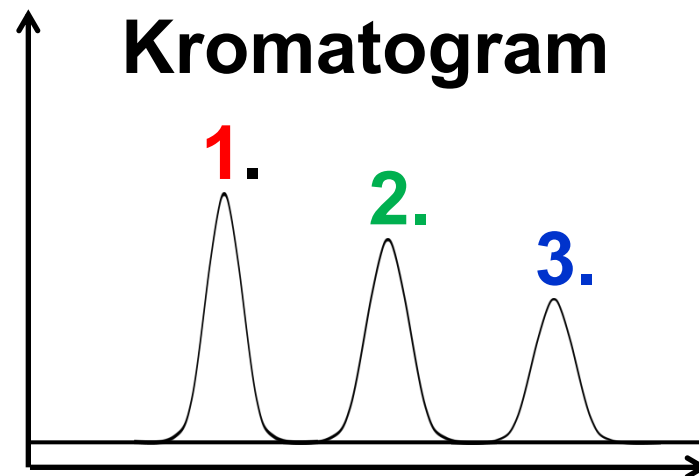


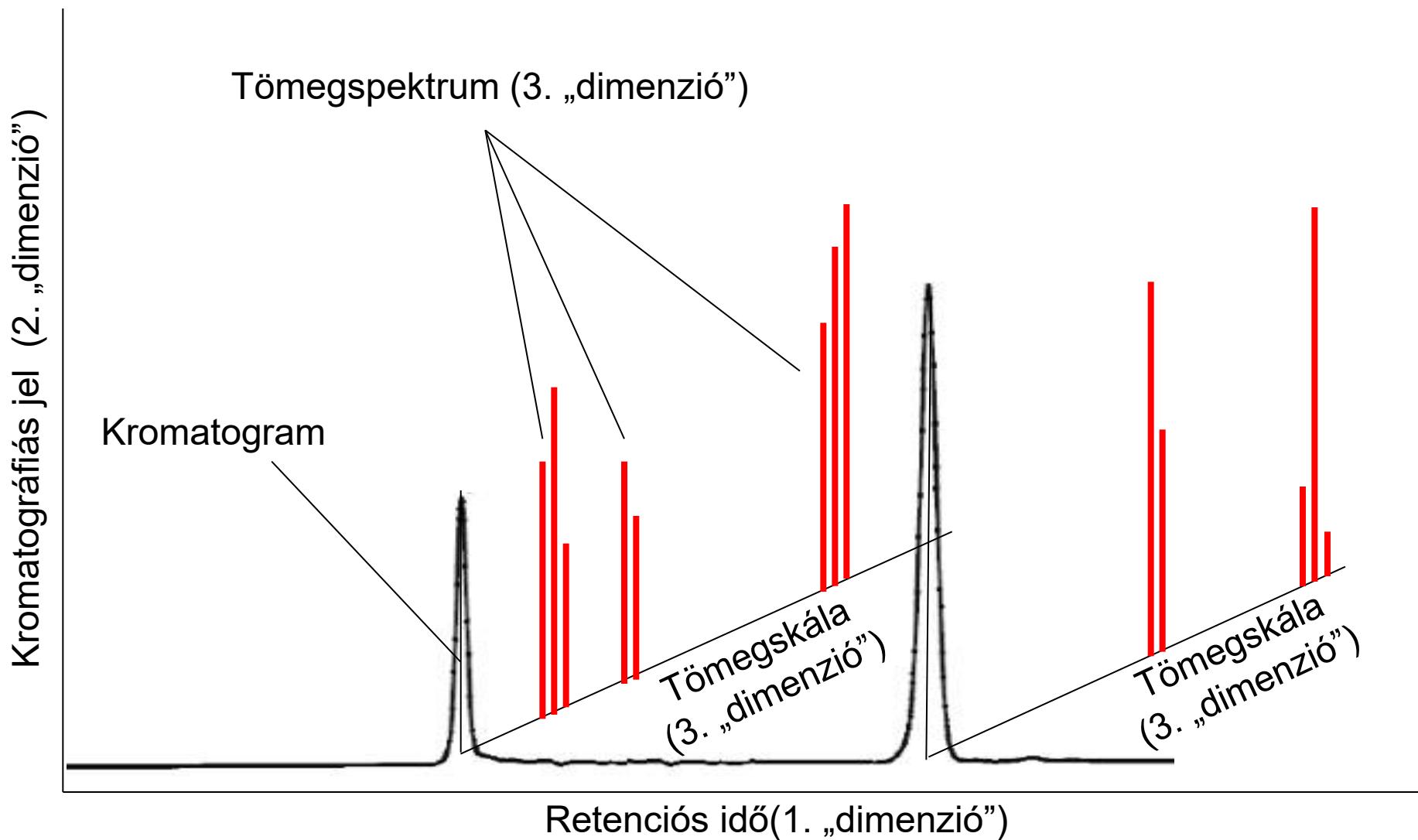
Az elemzés eredménye:

1. szennyező ($\mu\text{g/l}$)

2. szennyező ($\mu\text{g/l}$)

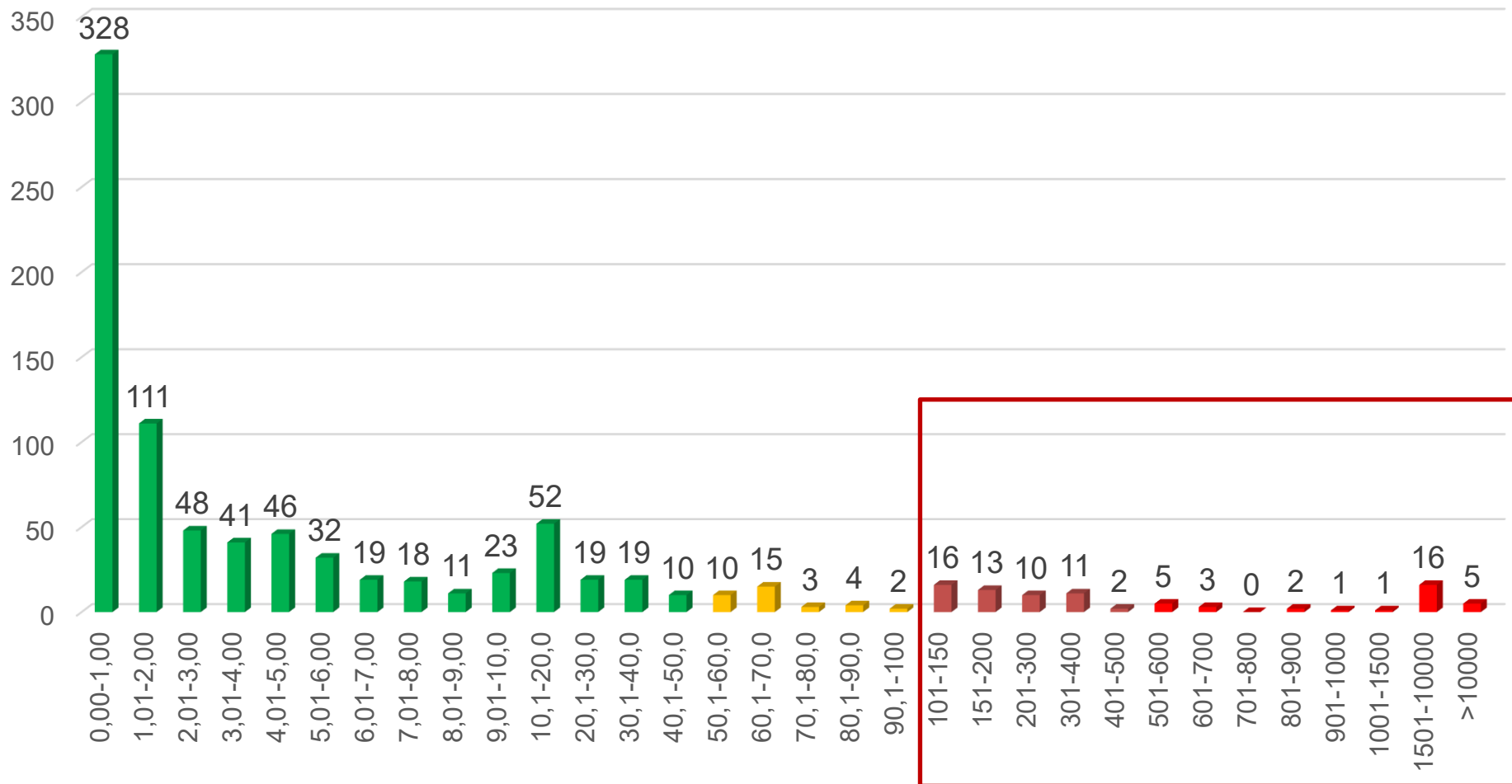
3. szennyező ($\mu\text{g/l}$)





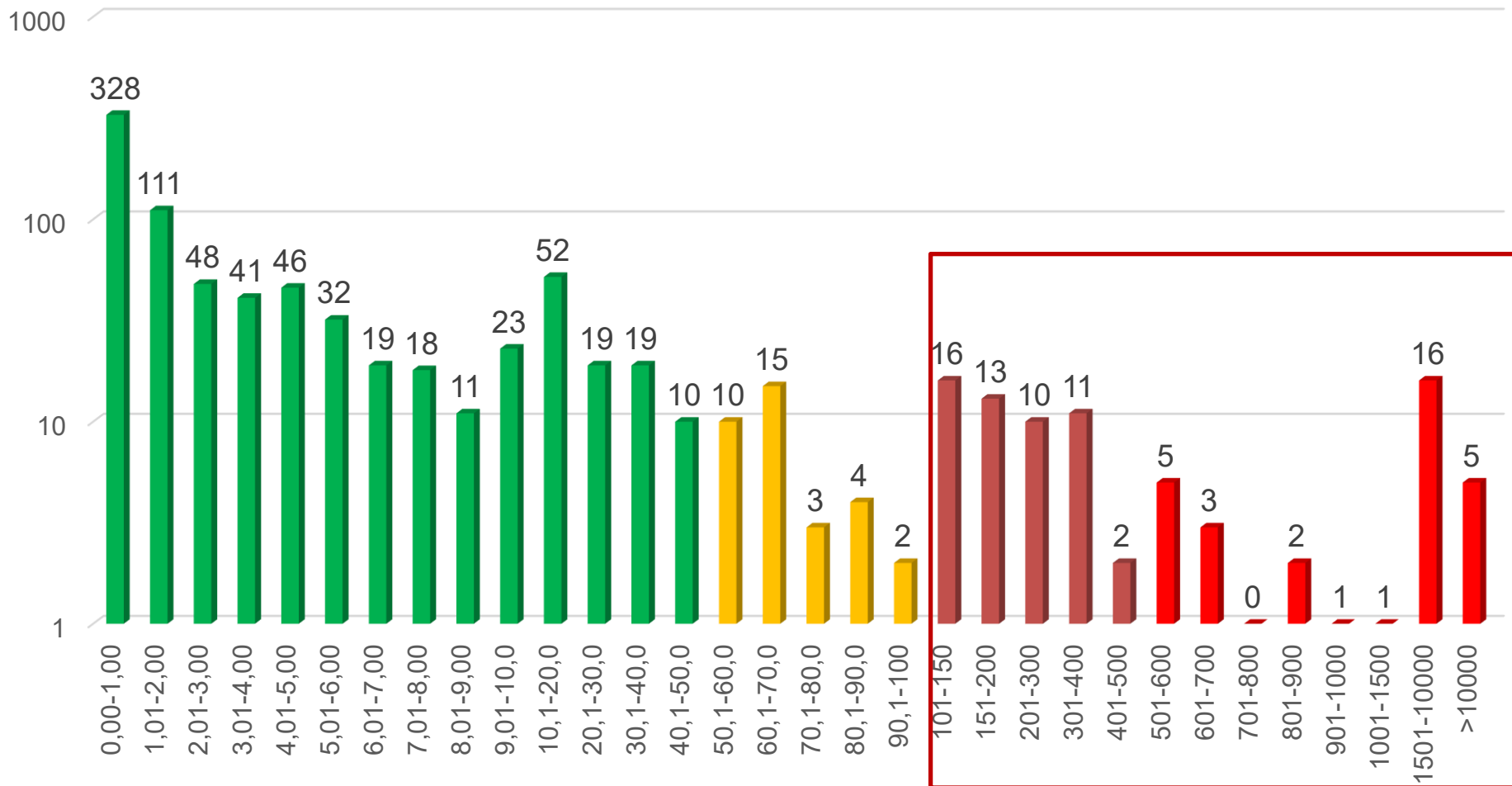
Néhány, FAV alatti vízminta mérési eredményének elemzése (2025)

Határértékekhez viszonyított %-os koncentráció-tartományokhoz
tartozó elemi eredmények számai
(összesen 896 FAV eredményből számolva) lineáris Y-skálán

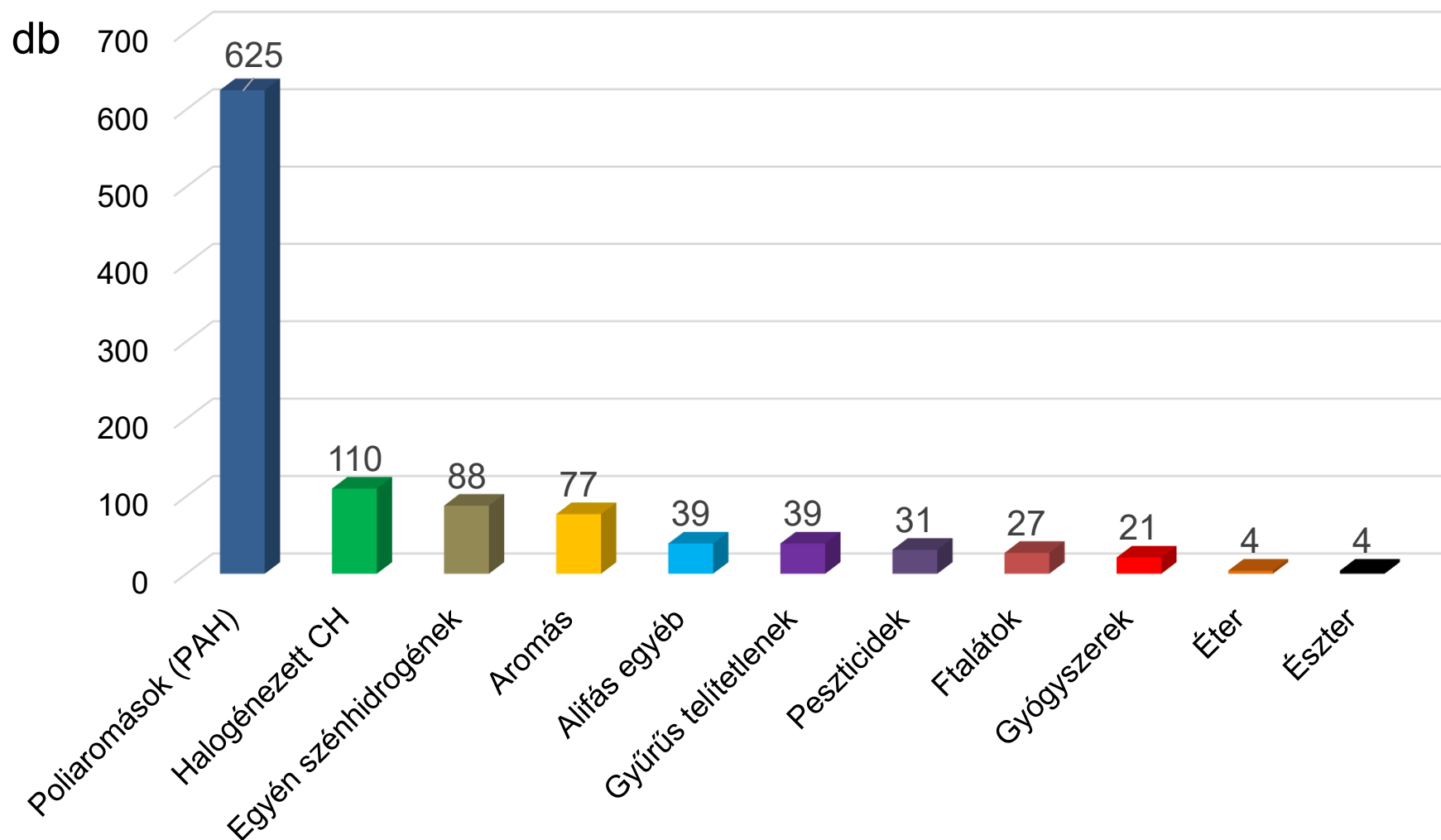


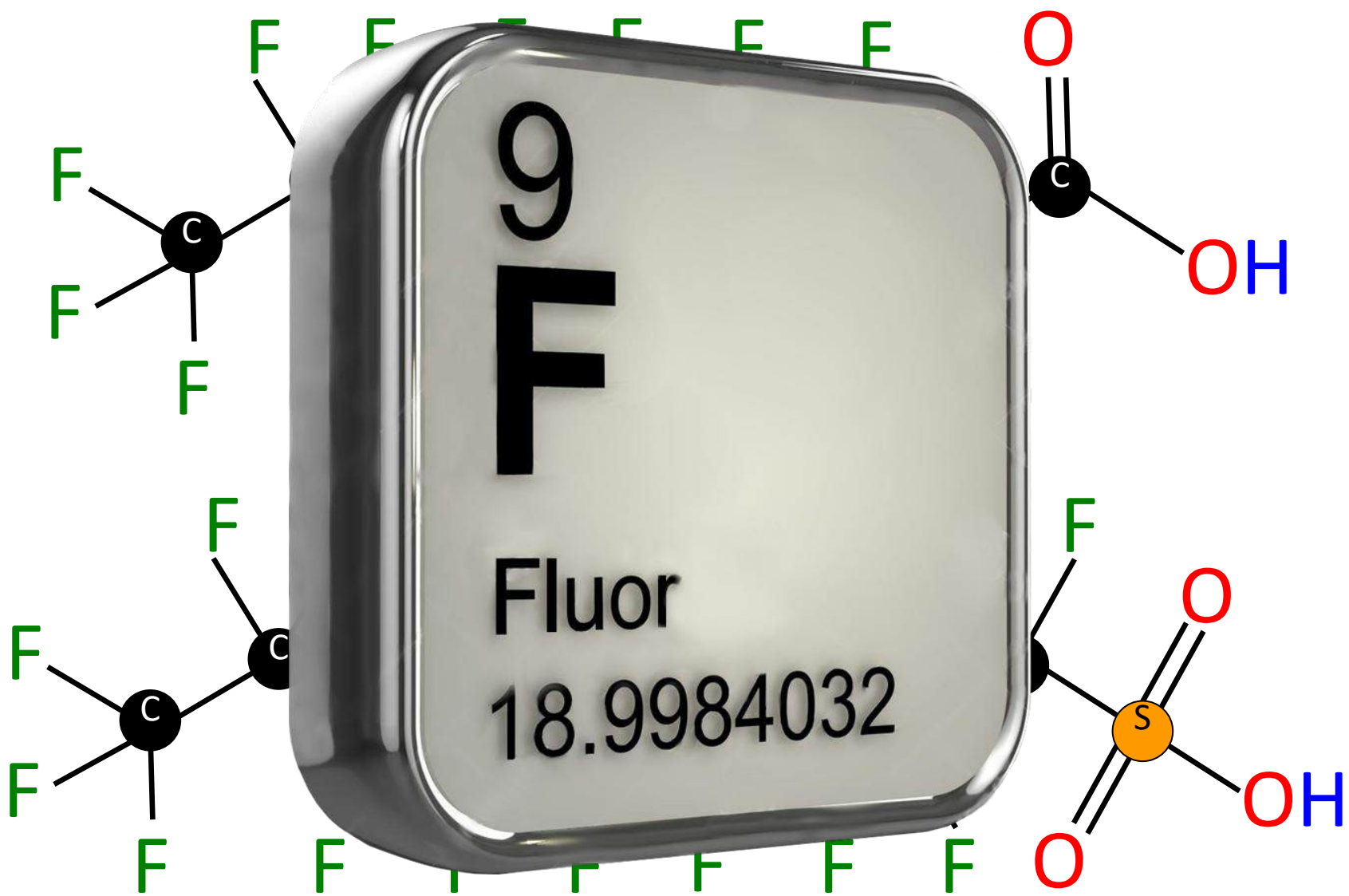
Néhány, FAV vízminta mérési eredményének elemzése (2025)

Határértékekhez viszonyított %-os koncentráció-tartományokhoz
tartozó elemi eredmények számai
(összesen 896 FAV eredményből számolva) logaritmikus Y-skálán

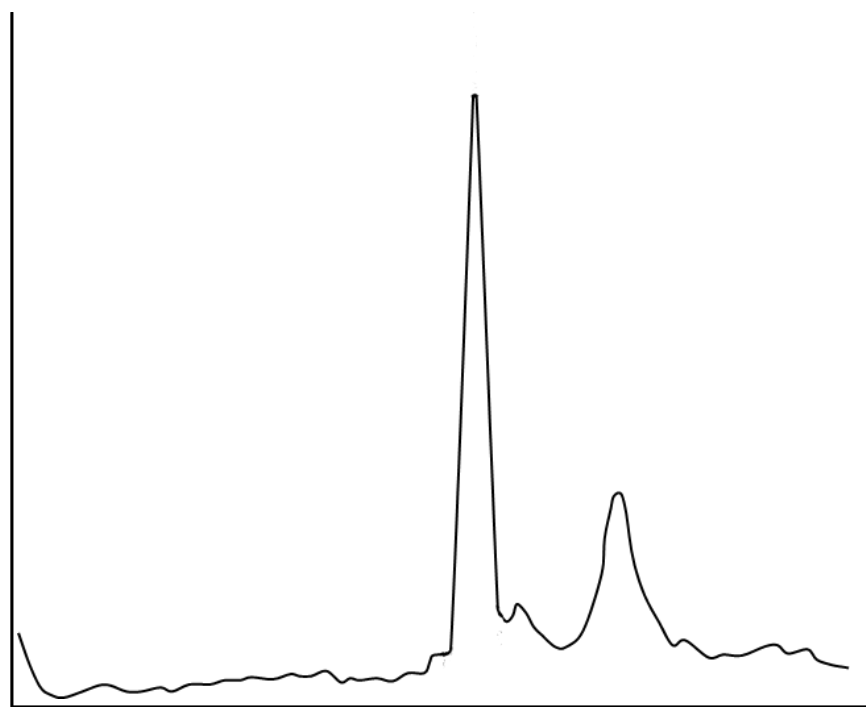


FAV pozitív vizsgálati eredmények db-száma vegyülettípusok szerint

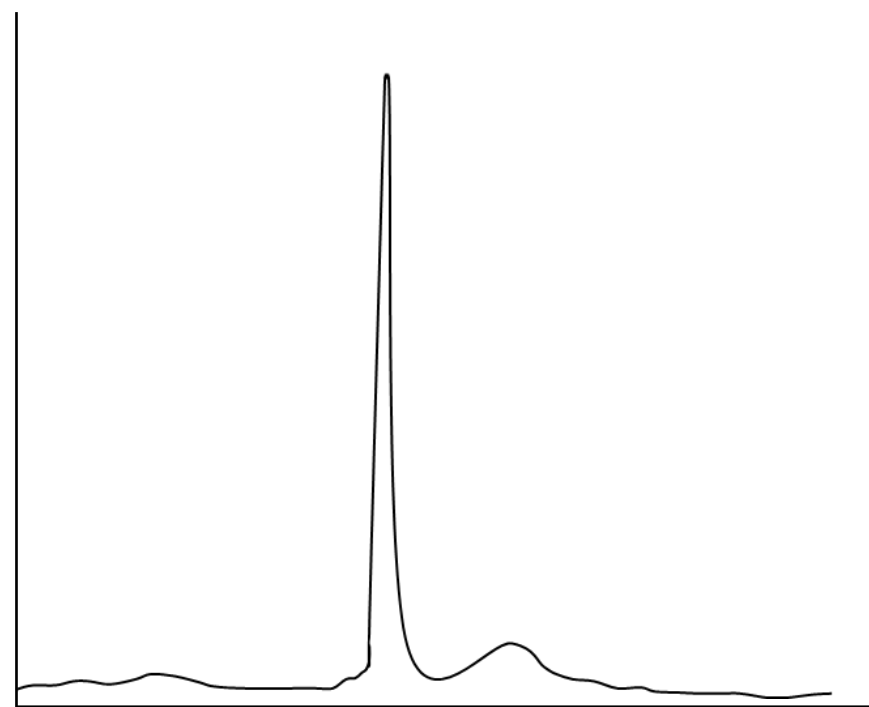




$\text{C}_8\text{F}_{17}\text{COOH}$
Perfluoro-octilsav (PFOA)

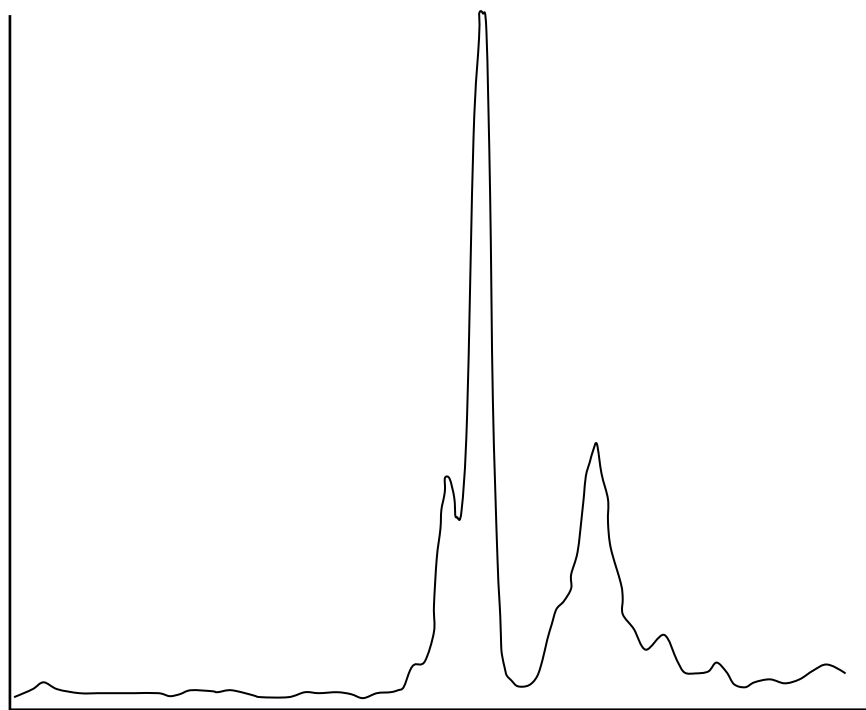


0,01 ng/ml kalibrációs pont S/N=20,3

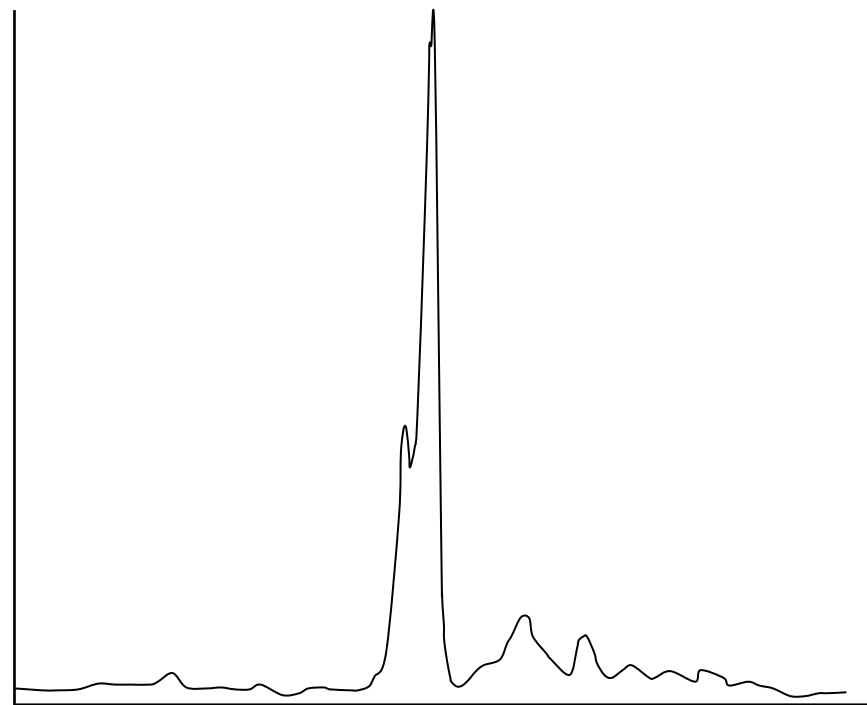


LOQ szinten spike-olt minta S/N=36,4

$\text{C}_8\text{F}_{17}\text{SO}_2\text{OH}$
perfluoro-octil-szulfonsav (PFOS)



0,01 ng/ml kalibrációs pont S/N=85,1



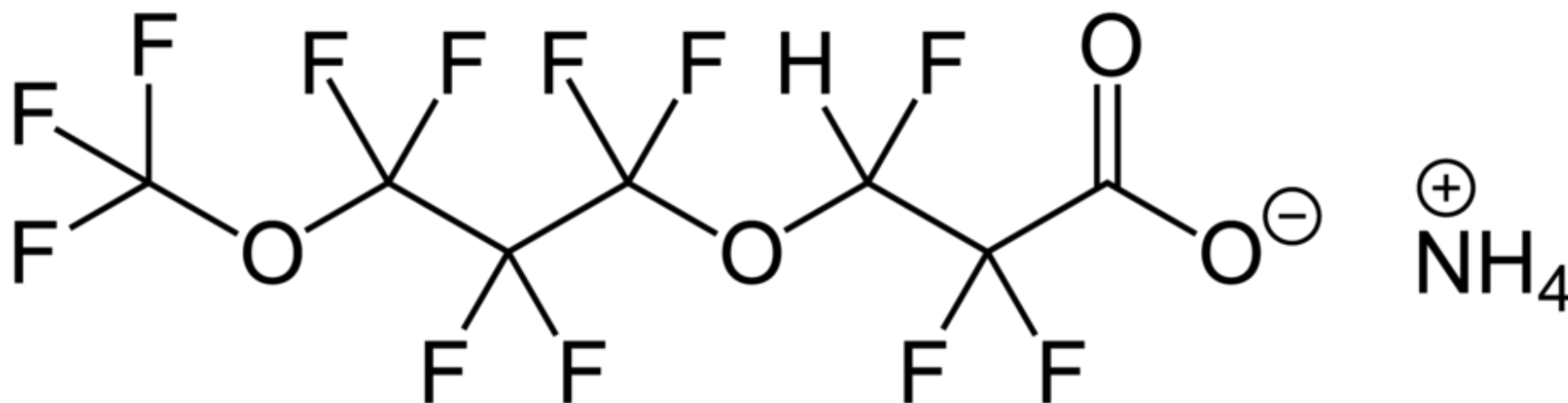
LOQ szinten spike-olt minta S/N=32,7

Néhány, felszín alatti vízminta PFAS-tartalmának mérési eredményei

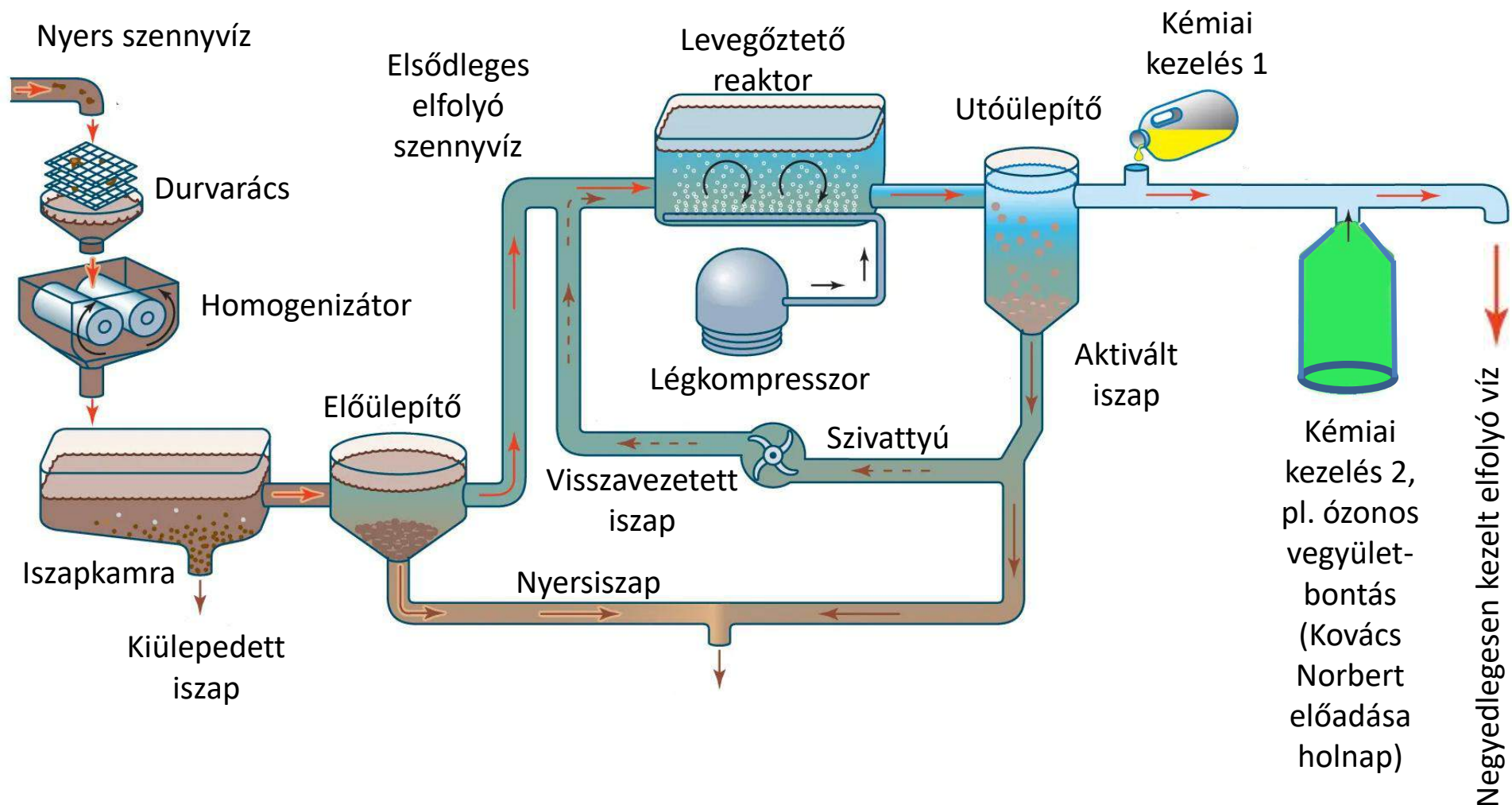
PFAS vegyület neve	Koncentráció	1. minta	2. minta	3. minta	4. minta	5. minta
Perfluor-butánsav (PFBA) ^{NA}	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluor-pentánsav (PFPA) ^{NA}	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluor-hexánsav (PFHxA)	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluor-heptánsav (PFHpA)	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluor-oktánsav (PFOA)	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluor-nonánsav (PFNA)	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluor-dekánsav (PFDA)	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluor-undekánsav (PFUnDA)	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluor-dodekánsav (PFDoDA)	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluor-tridekánsav (PFTrDA)	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorbután-szulfonsav (PFBS)	µg/l	<0,0015	<0,0015	0,011	0,0023	0,0070
Perfluorpentán-szulfonsav (PFPS) ^{NA}	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorhexán-szulfonsav (PFHxS)	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorheptán-szulfonsav (PFHpS) ^{NA}	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluoroktán-szulfonsav (PFOS)	µg/l	0,0022	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluornonán-szulfonsav (PFNS) ^{NA}	µg/l	<0,0015	<0,0015	0,0038	<0,0015	<0,0015
Perfluordekán-szulfonsav (PFDS) ^{NA}	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorundekán-szulfonsav (PFUnDS) ^{NA}	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluordodekán-szulfonsav (PFDoDS) ^{NA}	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluortridekán-szulfonsav (PFTrDS) ^{NA}	µg/l	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015

ADONA

(4,8-Dioxa-3H-perfluorononanoic acid: $\text{CF}_3\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{OCFHCF}_2\text{COOH}$) CAS: 102961-72-8



Szennyvízkezelés vázlatos folyamatábrája (zöld: negyedleges kezelés)





9896 mérési eredményünkből 251 db volt a nulla, illetve az alsó
mérés határok közelében...

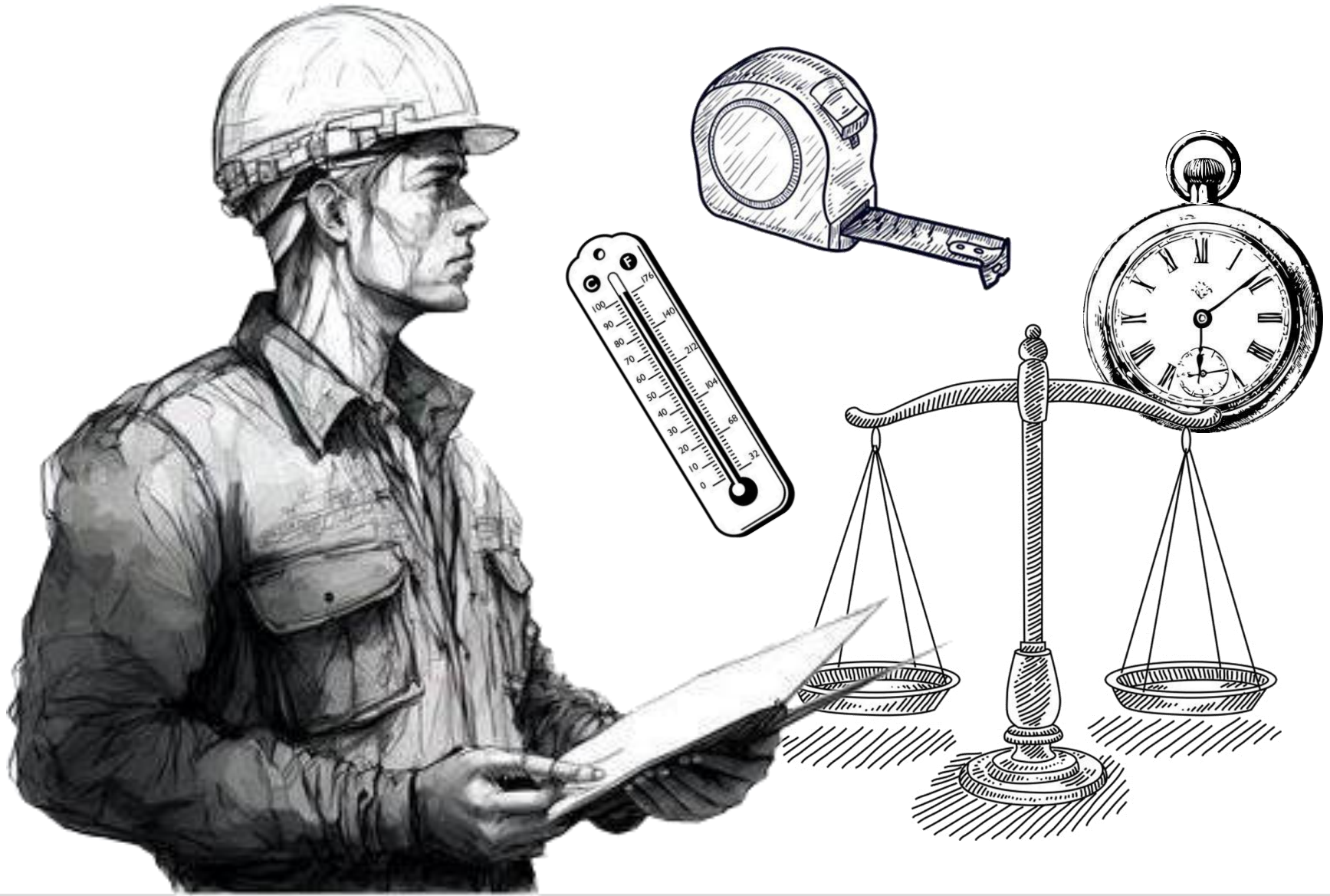
(LOQ: 0,001-0,005 $\mu\text{g/L}$, azaz 1-5 ng/L)

Egy nehezen megválaszolható kérdés: mennyi a „sok” és mi a „kevés”

Homeopátia: $C \rightarrow 0,0000...00$,
vagy több tízezer kilogramm...



Döntéseink alapja általában valamilyen mérési eredmény



$$\sigma_x \sigma_p \geq h/2$$

- Bizonyos fizikai mennyiségek egyszerre, teljes pontossággal való megismerhetőségének **alapvető elméleti határa**.
- **Nem a megfigyelői hatás**: a kvantumoz rendszerek alapvető tulajdonsága, nem pedig a mérőberendezések technikai korlátja.
- **A valószínűségi eloszlás** elve áthatja a méréselméletet.
- A bizonytalanság (határozatlanság) a fizikai megfigyelés **eloszlási függvényének** relatív szélességét vagy keskenységét jelenti.

- A kémiai analitikai körvizsgálatok eredményei az elemzendő anyagtól és a vizsgálati mintától, illetve a mérési módszer alapját képező **fizikai elvtől függetlenül** követni látszottak az általa leírt függvény értékeit...
- Emellett a pontosság az idők folyamán nem javult, dacára az analitikai technikák hatalmas fejlődésének: sőt ellenkezőleg, azóta kiderült, hogy az **1920-as években végzett körvizsgálatok szórása kisebb** volt, mint az 1990-es években végzett körvizsgálatoké.



Koncentráció, C	Tömegfrakció, C	PRSD(R) (%)
100 %	1,0	2
1 %	0,01	4
0.01 %	0,0001	8
1 ppm	0,000001	16
10 ppb	0,000000001	32
1 ppb	0,00000000001	45

$$\frac{RSD_{(R)}}{PRSD_{(R)}} = \text{HorRat}$$

A laboratórium saját mérési sorozatából származó tapasztalati szórás és a Horwitz egyenletből számítható elméleti (előre jelezhető) tapasztalati szórás hányadosa

Kétféle HorRat arányt lehet értelmezni:

$$\frac{RSD_{(R)}}{PRSD_{(R)}} = \text{HorRat}_{(R)}$$

Laboratóriumok között

$$\frac{RSD_{(r)}}{PRSD_{(r)}} = \text{HorRat}_{(r)}$$

Laboratóriumon belül



$2,0 < \text{HorRat}$

Nem elfogadható tartomány
(nagy az inhomogenitás)

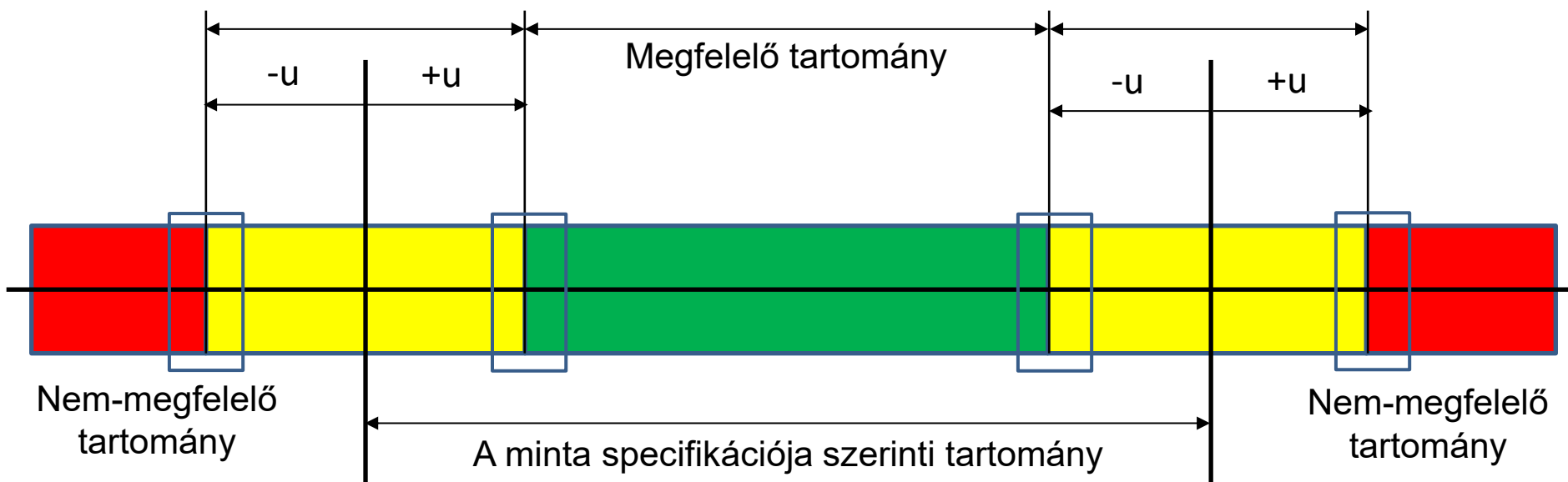
$1,0 \leq \text{HorRat} \leq 2,0$

Elfogadható, de ellenőrzésre
szoruló tartomány

$0,3 \leq \text{HorRat} \leq 1,0$

Teljesen elfogadható, ajánlott
tartomány

$$u = \frac{\pm s^* t}{\sqrt{n-1}}$$



A téglalapokkal bekeretezett tartományok értelmezése igényel alapos szakmai gyakorlatot, hozzáértést, esetenként intuíciót

A wide-angle photograph of a sunset over a body of water. The sky transitions from a deep blue at the top to a bright orange near the horizon. The water is calm, reflecting the colors of the sky. In the distance, there are dark silhouettes of hills or mountains. Several small, dark buoys are visible in the water.

Köszönöm a megtisztelő türelmet és figyelmet!

