

# Patogén mikroszervezetek kimutatása és jellemzése felszíni vizekben

**Dr. Kaszab Edit**  
egyetemi docens

**Képzés:**  
Környezetgazdálkodási  
agrármérnök MSc

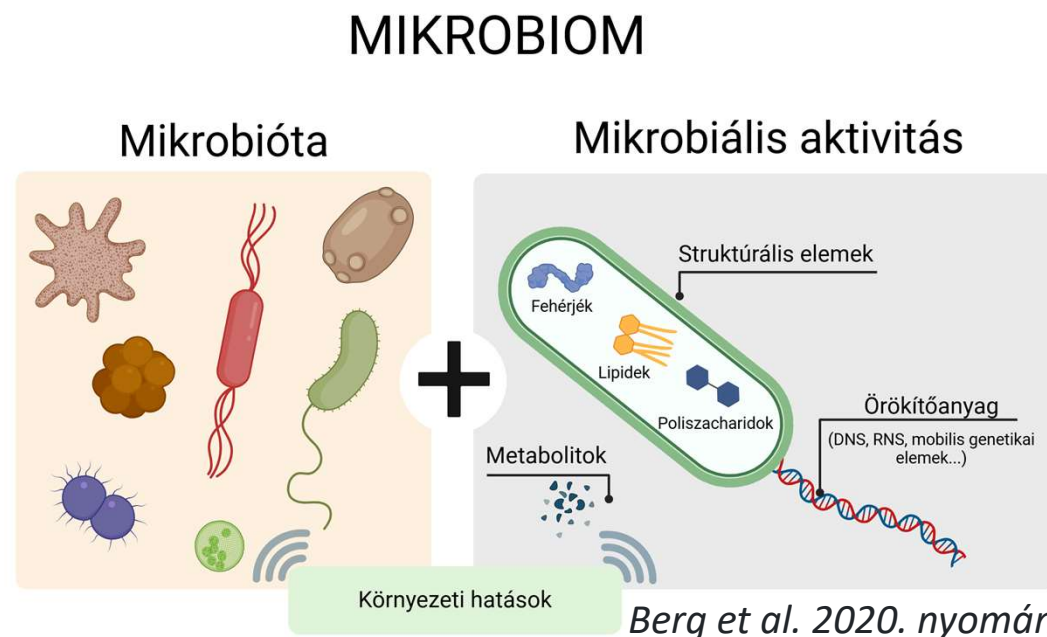


# Óravázlat

- A mikroszervezetek és az immunrendszer kapcsolata
- Patogén mikroszervezetek csoportosítása
- A betegségkiváltó-képesség mérőszámai
- Fertőzési láncolat, behatolási kapuk
  
- A felszíni víz mikrobiális szennyezettségének lehetséges forrásai
- Expozíciós útvonalak a különböző vízhasználatok alá eső víztestek esetében
- Környezeti eredetű mikroszervezetek virulenciájának vizsgálatára alkalmas módszerek bemutatása
- Egy *in vivo*, patogenitás mérésére alkalmas, innovatív módszerfejlesztés bemutatása

# Témafelvetés

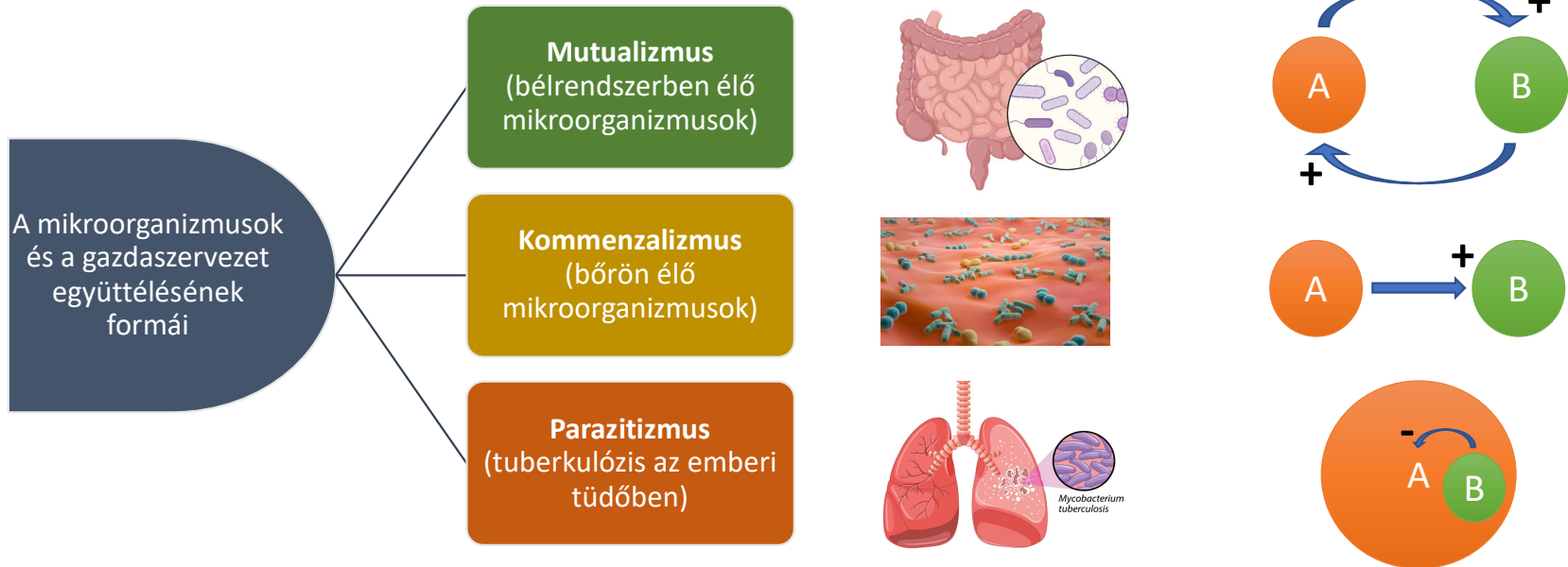
- A mikroszervezetek mindenhol megtalálhatóak, nap, mint nap érintkezésbe lépnek az emberrel.
- **Mikrobiom:** egy közeg teljes mikrobaközössége, beleértve a baktériumokat, archeákat, alacsonyabb és magasabb rendű eukariótákat és vírusokat), valamint e szervezetek teljes genomja (azaz génjeik összessége) és az őket körülvevő környezeti tényezők (Marchesi & Ravel, 2015).





# Témafelvetés

A mikroszervezetek mindenhol megtalálhatóak, nap, mint nap érintkezésbe lépnek az emberrel

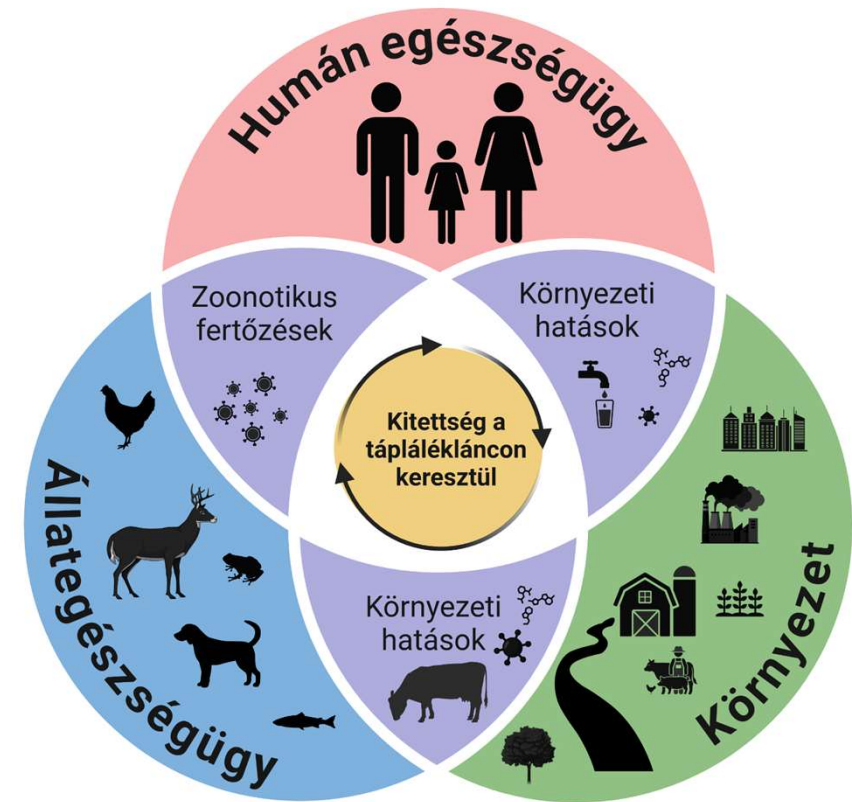


**Patogén mikroorganizmusok:** betegség (károsodás) kiváltására képes mikroszervezetek.

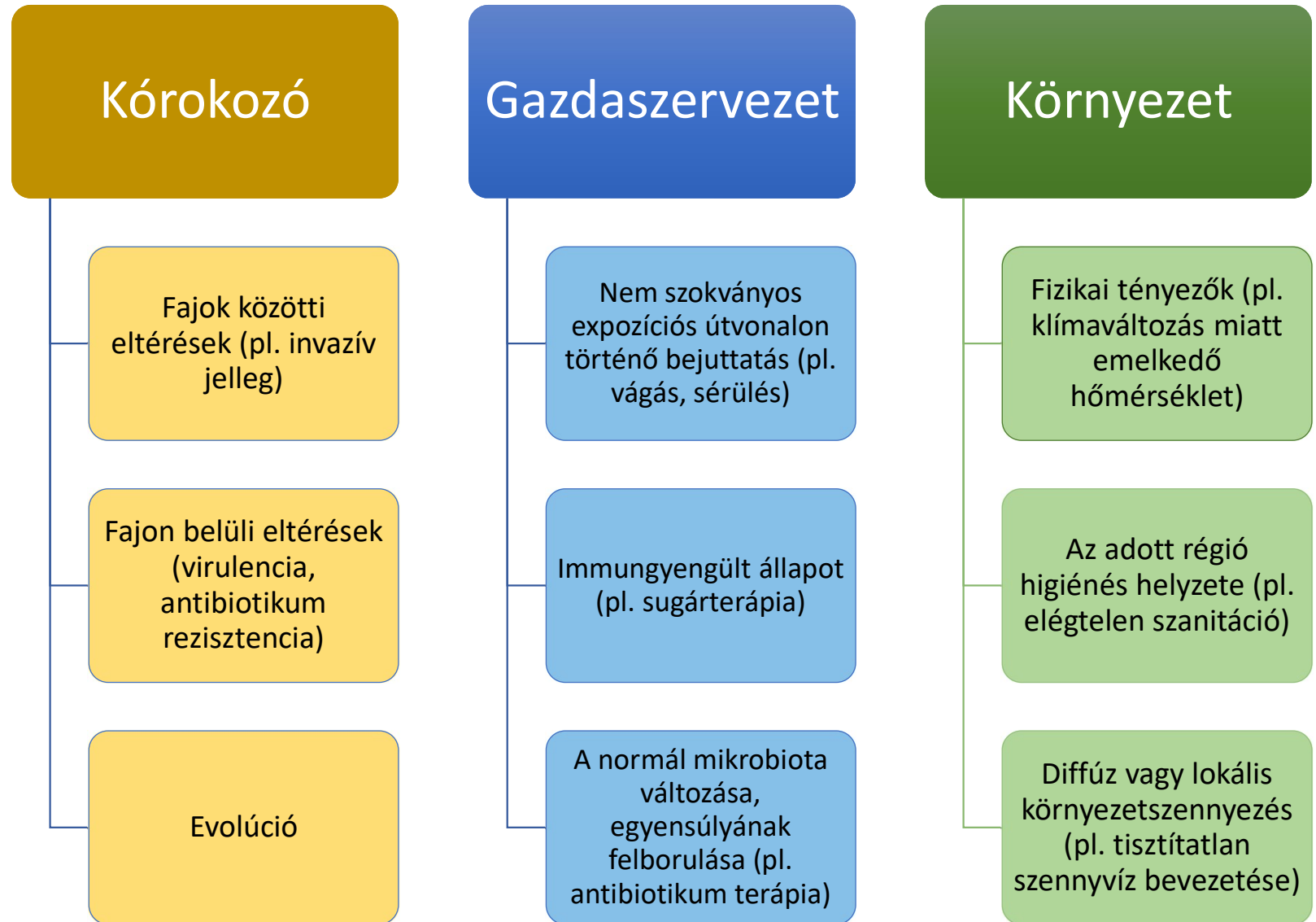


# Egy egészség megközelítés

- A fertőző betegségek hatékony leküzdése nem csupán a humán gyógyászat feladata
- A One Health (Egy Egészség) megközelítés lényege, hogy az emberi egészséget veszélyeztető problémákat az összes érintett szektor bevonásával, koordinált módon kezelje
- Az „Egy Egészség” triád legdinamikusabban változó és legbonyolultabb eleme a **környezet**, melyet számos külső hatás (pl. a klímaváltozás, környezetszennyezés) is fenyeget



# A patogének térnyerését befolyásoló tényezők



# Kolonizáció, vagy infekció?

- A szervezet válaszreakciójától függően beszélhetünk **kolonizációról**, ill. **infekcióról**.
- **Kolonizáció:** a megtelepedett mikroorganizmusok jelenlétének és szaporodásának nincsenek klinikai jelei, tünetei, a válaszreakció hiányzik, vagy minimális.
- **Infekció:** A megtelepedő és szaporodó mikroorganizmusokra a szervezet válaszreakcióval jelez, így rendszerint klinikai tünetekkel jár.



Infekció kockázata = 
$$\frac{\text{inokulum (kórokozó mennyisége)} \times \text{virulencia (kórokozó megbetegítő képessége)}}{\text{védekezőképesség}}$$



# Infektív dózis, virulencia

$$\text{Infekció kockázata} = \frac{\text{inokulum (kórokozó mennyisége)} \times \text{virulencia (kórokozó megbetegítő képessége)}}{\text{védekezőképesség}}$$

Mindkét fogalom olyan mikrobiológiai változó, mely csak egy érzékeny gazdaszervezet esetében értelmezhető

- **Infektív dózis:** Másnéven  $ID_{50}$ , a kórokozó becsült száma, mely egy adott fertőzési útvonal esetében a kitett normál egészségi állapotú, felnőtt populáció 50%-át képes megfertőzni.

Néhány patogén infektív dózis értéke élelmiszer útján történő bevitel esetében (Sahlström, 2006)

Mikroorganizmus	Fertőzéshez szükséges dózis	Hivatkozás
<i>Salmonella</i> spp.	10000 baktériumsejt	D'Aoust et al., 2001
<i>Campylobacter jejuni</i>	<1000 baktériumsejt	Nachamkin, 2001
<i>E. coli</i> O157	4-20 TKE (telepképző egység)	Strachan et al., 2001
Vírusok	1-10 vírusrészecske	Vasickova et al., 2005
<i>Giardia lamblia</i>	10-100 ciszta	Smith & Grimason, 2003

- **Virulencia:** kórokozó fajon belül egy törzs relatív megbetegítő képessége (a kár/betegség súlyosságának mértéke, azaz annak kifejezése, hogy milyen mértékben képes károsítani a kórokozó a gazdaszervezetet) → virulencia faktorok



# Patogén mikroorganizmusok csoportosítása

- **Obligát, vagy nyilvánvalóan patogének:**

- Az egészséges szervezetet is képesek megtámadni
- Csak a gazdaszervezetükben, vagy ezek sejt- és szövetanyagában képesek életben maradni
- Terjedésük kizárólag gazdaszervezetek közötti átadással történhet
- Táptalajon nem tenyészthetők
- Törzsfelődésük egyértelműen a betegség-kiváltó képességük fokozódásának irányába tart

- **Opportunista, vagy fakultatív patogének:**

- Az egészséges szervezetet nem képesek megtámadni
- A betegség kialakításához hajlamosító tényező (prediszpozíció) szükséges
- Táptalajon tenyészthetők, szaprofiton életciklusuk miatt a környezetben is megtalálhatók
- Fennmaradásuk nem kötődik szorosan betegség-kiváltó képességükhöz, de evolúciós szempontból ebbe az irányba mutató nyomás érvényesül

## A patogenitás három fő formája

- **Invázió:** a kórokozó bejutott az élő szervezetbe, sejtbe, szövetbe és ott elszaporodik. Az invazív mikrobák enzimeikkel, metabolitjaikkal, térkitöltésükkel vagy toxinjukkal károsíthatják a gazdszervezetet.
- **Toxicitás:** a mikroba által termelt nagy molekulájú (sokszor fehérje természetű), mérgező hatású anyag, a toxin károsítja a gazdszervezetet.
- **Allergia:** a szervezet valamilyen hatásra feleslegesen erős válaszreakciót ad (pl. asztma). Az egyén hajlama fontos ebben a folyamatban. A kiváltó ok lehet a mikroba sejtjének valamilyen anyaga, vagy lebomló anyaga
- *Adott kórképen belül keverten is jelentkezhettek.*



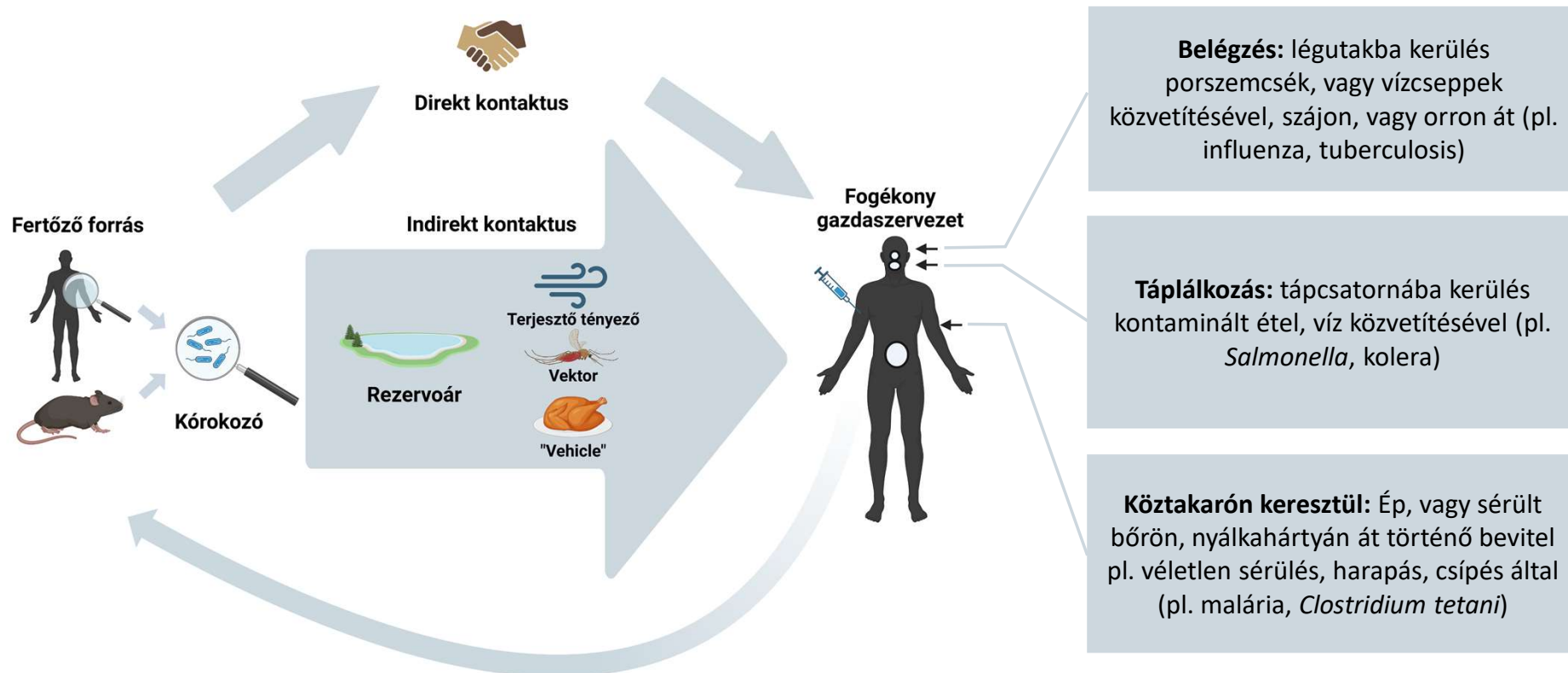
# A fertőző betegségek előfordulási gyakoriságára vonatkozó viszonyszámok

- **Morbiditás.** A betegség előfordulási gyakoriságát fejezi ki.
- Számítása:
  - $$\frac{\text{az adott betegségben egy naptári év alatt megbetegedettek száma}}{\text{a népesség évközépi száma}} \times 100\,000$$
- **Mortalitás.** Egy adott betegségre vonatkozó halálozás gyakoriságát fejezi ki.
- Számítása:
  - $$\frac{\text{az adott betegségben egy naptári év alatt meghaltak száma}}{\text{a népesség évközépi száma}} \times 100\,000$$
- **Letalitás.** A betegség veszélyességét jellemző viszonyszám.
- Számítása:
  - $$\frac{\text{az adott fertőző betegségben meghatározott időtartamon belül meghaltak száma}}{\text{az adott betegségben meghatározott időtartamon belül megbetegedettek száma}} \times 100$$

# Fertőzőes tünetek

- Bőr: Gyulladás, fájdalom, duzzanat, meleg
  - Légutak: Fokozott légúti váladéktermelés, köhögés
  - Húgyutak: Fájdalom, gyakori, sürgető vizelés
  - Központi idegrendszer: Zavartság, aluszékonyság, tarkómerevség, fejfájás
  - Gyomor-bél csatorna: Hasfájás, hányás, hasmenés
- Kialakult betegségek
- Bőr: dermatitis (bőrgyulladás),
  - Légutak: pneumonia (tüdőgyulladás)
  - Húgyutak: cystitis (húgyhólyaggyulladás)
  - Központi idegrendszer: encephalitis (agyhártyagyulladás)
  - Gyomor-bél csatorna: gastroenteritis (gyomor-bélhurut)
  - Véráram-fertőzés: septicaemia (vérmérgezés)

# Fertőzési lánc, avagy hogyan jut el a kórokozó a fogékony gazdaszervezethez?



**Rezervoár:** élő, vagy élettelen közeg, amelyben a kórokozó élni, anyagcserét folytatni és szaporodni képes és amelyből kikerülve betegséget képes előidézni. A fertőzés forrása és rezervoárja lehet azonos!



## A víz szerepe a betegséget kiváltó kórokozók terjedésében

- A víz általános transzportközeg, számos kórokozó terjedését és egyben fennmaradását biztosítja
- A patogén baktériumok mellett közegészségügyi problémát jelentenek a gombák, állati egysejtűek, egyes férgek lárvái és a vírusok
- A tiszta vízhez való korlátozott hozzáférés, az elégtelen személyes higiéné és szennyvíztisztítás hiányosságai közegészségügyi problémát eredményeznek nemcsak a fejlődő országokban, hanem a fejlett államokban is



A WHO 2022-es adatai szerint  
**2,2 milliárd**  
ember él biztonságosan kezelt ivóvíz nélkül, beleértve 115 millió embert, akik felszíni vizet fogyasztanak

Source: WHO/UNICEF Joint Monitoring Program for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP) - Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2022. Special Focus on gender



A WHO európai régiójában a hasmenéssel járó megbetegedések becslések szerint

**napi 14 halálestet eredményeznek**

az elégtelen vízhiány miatt



**WaSH** WATER  
SANITATION  
HYGIENE

# A vízeredetű megbetegedésekhez (WRD – Water-related Disease) köthető betegségteher

## DALY

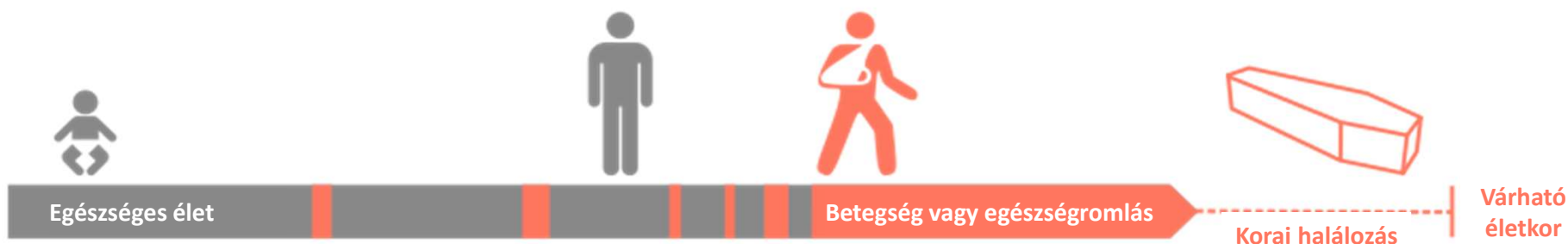
Disability Adjusted Life Year:  
a betegségteher kifejezésére szolgáló mérőszám

=

YLD  
Years lost due to disability:  
egészségkárosodásban leélt évek

+

YLL  
Years of life lost: elveszített  
potenciális életévek



Csak az Egyesült Államokban:

- 7,15 millió vízhez köthető megbetegedés/év
- 118 000 kórházi kezelés
- 6630 haláleset
- 3,33 milliárd \$ egészségügyi költség (ennek több, mint 70%-a (nem tuberkulózis) *Mycobacterium*, *Pseudomonas* és *Legionella* fajokhoz köthető)

Collier et al., 2021

# Az ENSZ fenntartható fejlődés célok vízhez köthető elemei

## 3 EGÉSZSÉG ÉS JÓL-LÉT



*Az egészséges élet biztosítása és a jóllét előmozdítása minden korosztály valamennyi tagjának*

- **3.3 cél:** 2030-ig (...) a hepatitis, **a víz útján terjedő** és egyéb fertőző **betegségek** elleni küzdelem erősítése
- **3.9 cél:** 2030-ig a (...) **vízszennyezés és fertőzés** miatt bekövetkező **elhalálozások és betegségek** számának jelentős mértékű csökkentése

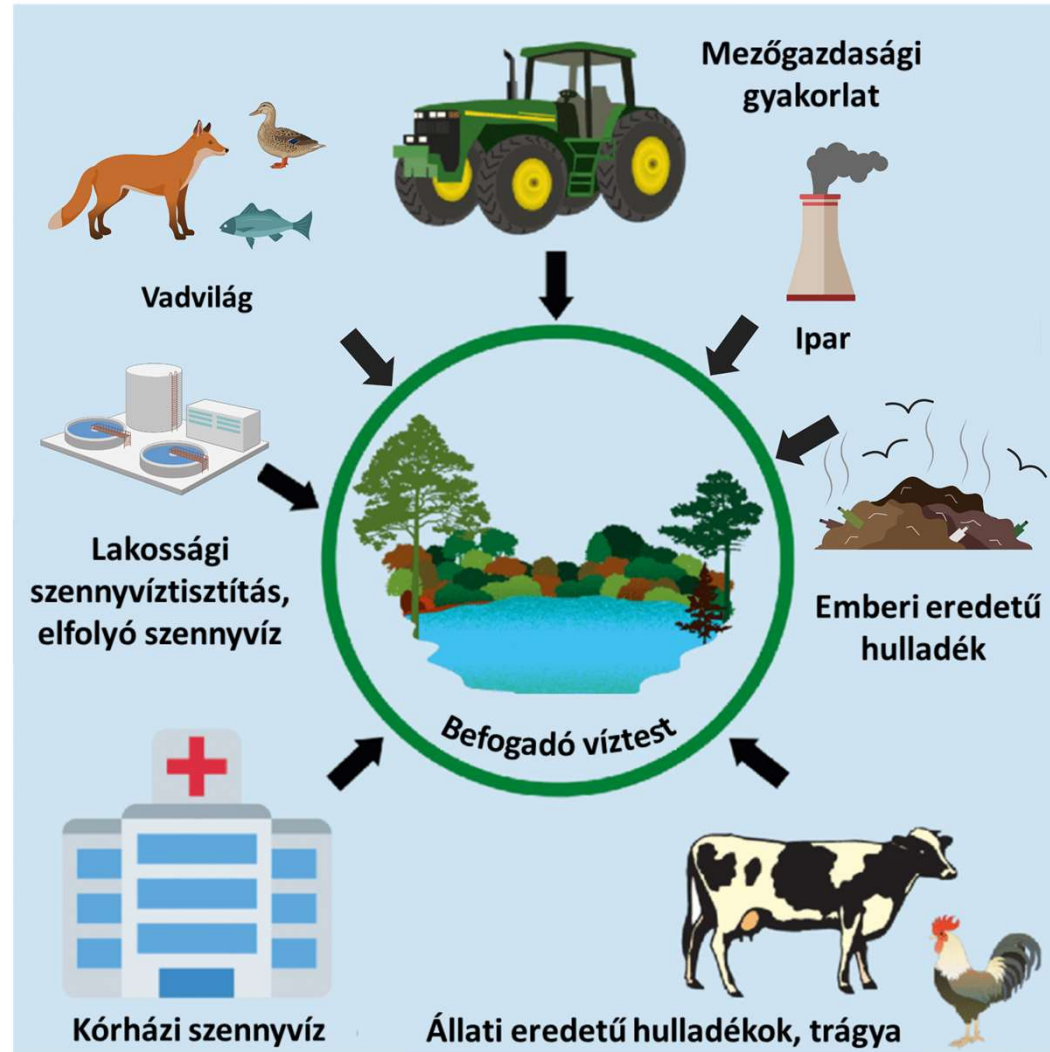
## 6 TISZTA VÍZ ÉS ALAPVETŐ KÖZTISZTASÁG



*A vízhez és szanitációhoz történő hozzáférés és a fenntartható vízgazdálkodás biztosítása mindenki számára*

- **6.1 cél:** 2030-ig mindenki számára egyetemes és egyenlő esélyű hozzáférés biztosítása a **biztonságos** és megfizethető **ivóvízhez**
- **6.2 cél:** 2030-ra mindenki számára **egyenlő esélyű hozzáférés biztosítása** a megfelelő szintű **szanitációhoz és higiéniához**

## A felszíni vizet érő mikrobiológiai szennyeződések lehetséges forrásai



*Alawi et al. 2022. nyomán*



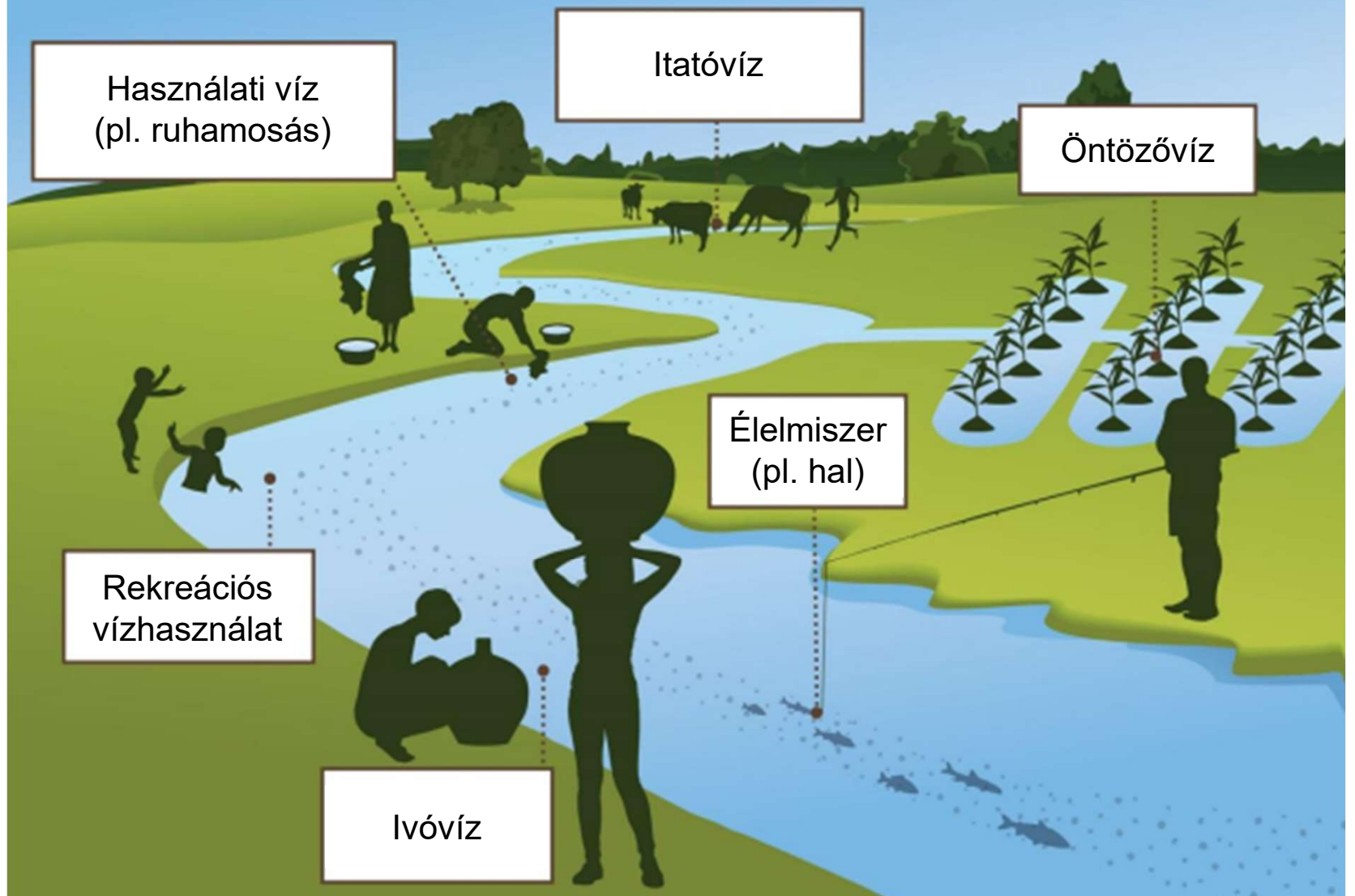
# Felszíni vizek szennyezettségének forrásai







Expozíciós útvonalak a különböző lakossági vízhasználatok alá eső víztesteknél

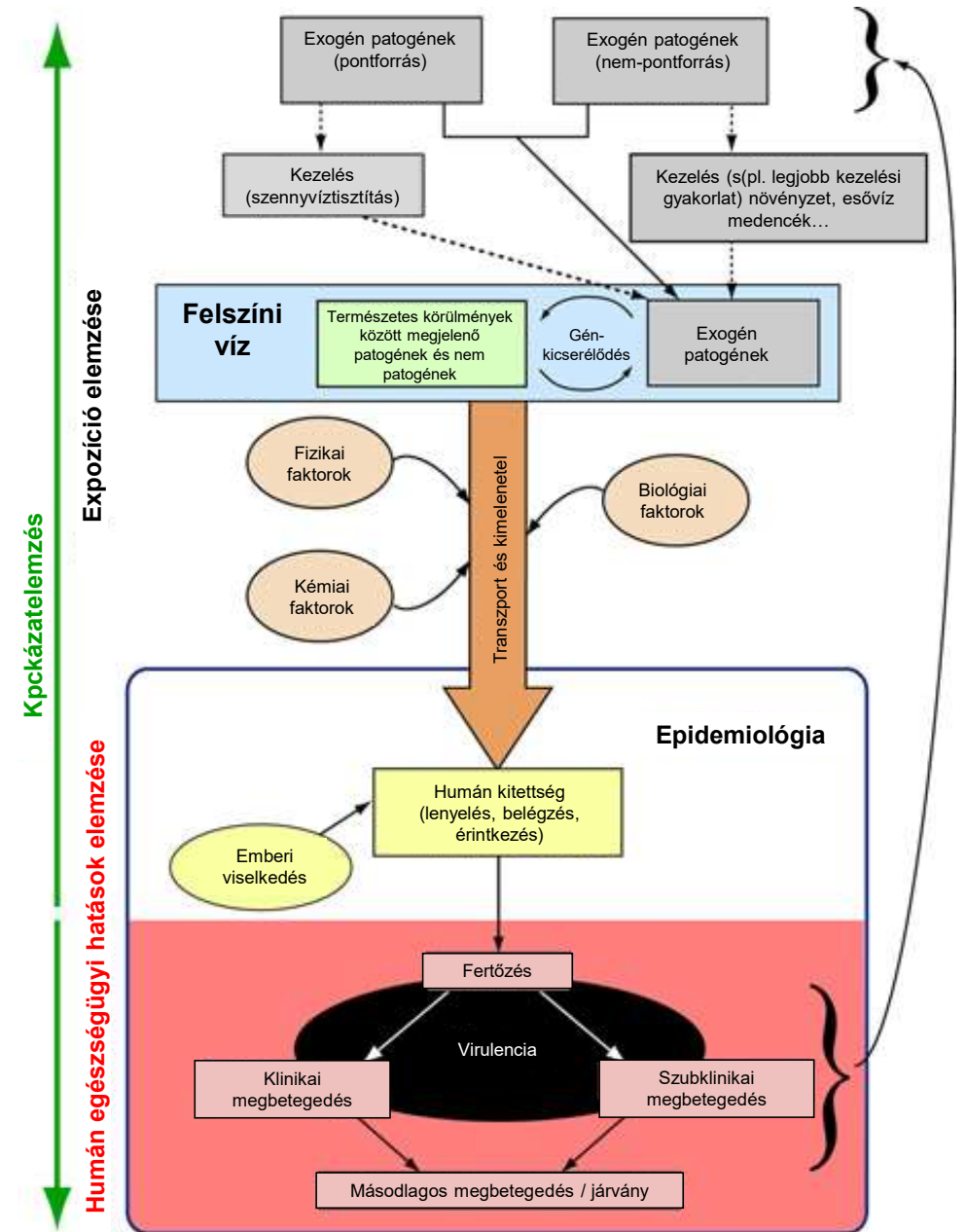




# Pathogen Flow

A patogének, a környezet és a humán egészség kapcsolatrendszere nem egyirányú, hanem körfolyamat, melyben mind a környezeti, mind a mikrobiológiai tényezők dinamikusán változnak

Stewart et al., 2008





# Problémafelvetés

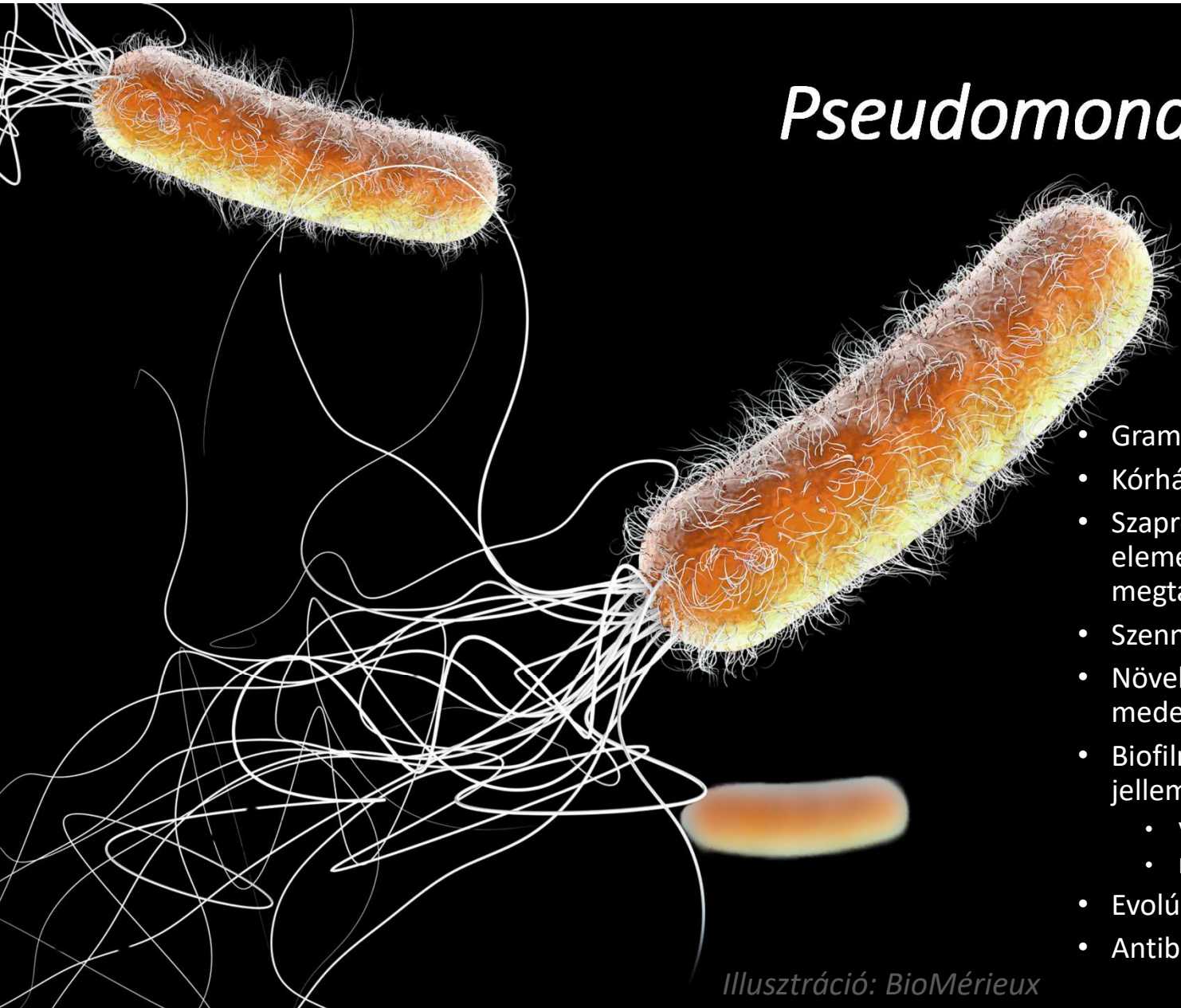
- Magyarországon jelenleg egyetlen hatályban lévő rendelet van, amely a felszíni vizekre vonatkozóan előírja a higiénés bakteriológiai vizsgálatok elvégzését. (78/2008. (IV.3.) Korm. rendelet a természetes fürdővizek minőségi követelményeiről).
- A 283 természetes fürdővíz évi 4 alkalmas vizsgálatán kívül nincs rendszerezett mikrobiológiai adatgyűjtés

## Megválaszolandó kérdések

- Mennyire elterjedtek egyes vízeredetű kórokozók a magyarországi felszíni vizekben?
  - Beazonosíthatók-e a lehetséges forrásaik?
  - Vannak-e érdemi eltérések fajon belül az egyes törzsek megbetegítő képessége (virulenciája) között?
- A felsorolt információk birtokában nyílik lehetőség kockázatbecslésre, megelőzésre, illetve célzott beavatkozások végrehajtására
- Mintaszervezet – *Pseudomonas aeruginosa*



# *Pseudomonas aeruginosa*



- Gram-negatív, fakultatív aerob baktérium
- Kórházi környezetben ismert opportunista patogén
- Szaprotróf életciklusa révén a környezeti elemekben és így a felszíni vizekben is megtalálható
- Szennyezőanyag-tűrő képessége kiemelkedő
- Növekvő jelentőségű vízeredetű kórokozó (ivóvíz, medencés és természetes fürdővíz)
- Biofilmképző képessége miatt indikátor vízminőség jellemző ivóvízben - 5/2023 (I.12.) Korm. r.
  - Vezetékes víz: 0 szám/100 ml
  - Palackozott víz: 0 szám/250 ml
- Evolúciója a virulencia fokozódásának irányába tart
- Antibiotikum rezisztenciára való hajlama kifejezett

Illusztráció: BioMérieux





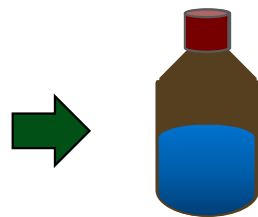
# Megválaszolandó kérdések

- Mennyire elterjedtek a magyarországi felszíni vizekben?
- Beazonosíthatók-e a lehetséges forrásaik?
- Vannak-e érdemi eltérések fajon belül az egyes törzsek megbetegítő képessége (virulenciája) között?

# *Pseudomonas aeruginosa* - felszíni víz monitoring



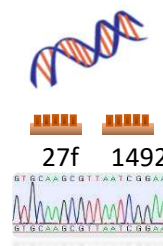
Felszíni víz



Mintavétel



Izolálás szelektív  
 dúsító táptalajon



Faj szintű identifikáció  
 16S rDNS szekvenálás/  
 PA-SS PCR (Spilker et al., 2004)

- 2003-ban indult vizsgálati irány
- Országos lefedettség, több, mint ezer környezeti minta feldolgozása szabványos eljárások keretében

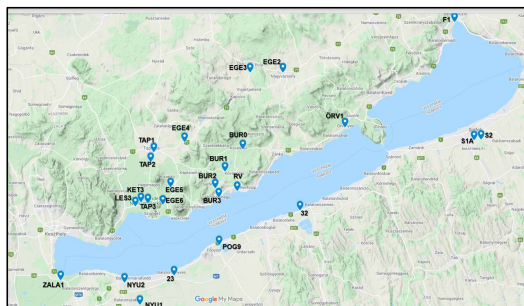
## 2017-2019

- Akvakultúra



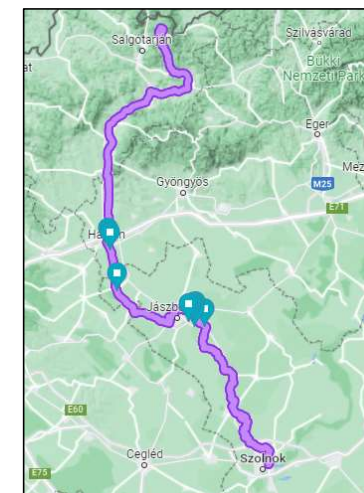
## 2021-2022

- Balaton vízgyűjtő



## 2022-2024

- 12 szennyvíztisztító hatása alatt álló felszíni víztest
- Mintaterület a Zagyva



# A *Pseudomonas aeruginosa* kimutatási gyakoriságára vonatkozó eredmények felszíni víz esetében



<b>2017-2024</b>	Mintavételi helyek száma	Minták száma	<i>P. aeruginosa</i> -ra pozitív minták száma	<i>P. aeruginosa</i> kimutatási gyakoriság (%)
Természetesközeli állapotú felszíni víz	<b>37</b>	<b>88</b>	<b>8</b>	<b>9,0%</b>
Akvakultúra	<b>8</b>	<b>55</b>	<b>3</b>	<b>5,4%</b>
Szennyvíz és szennyvízterhelés alatt álló víztest	<b>9</b>	<b>87</b>	<b>66</b>	<b>75,8%</b>

- Természetesközeli állapotú víztestekben és akvakultúrákban a kimutatási gyakoriság jellemzően alacsony
- A tapasztalt élősejtszám nem, vagy alig éri el az infektív dózis alsó határát ( $10^2$  TKE/ml)



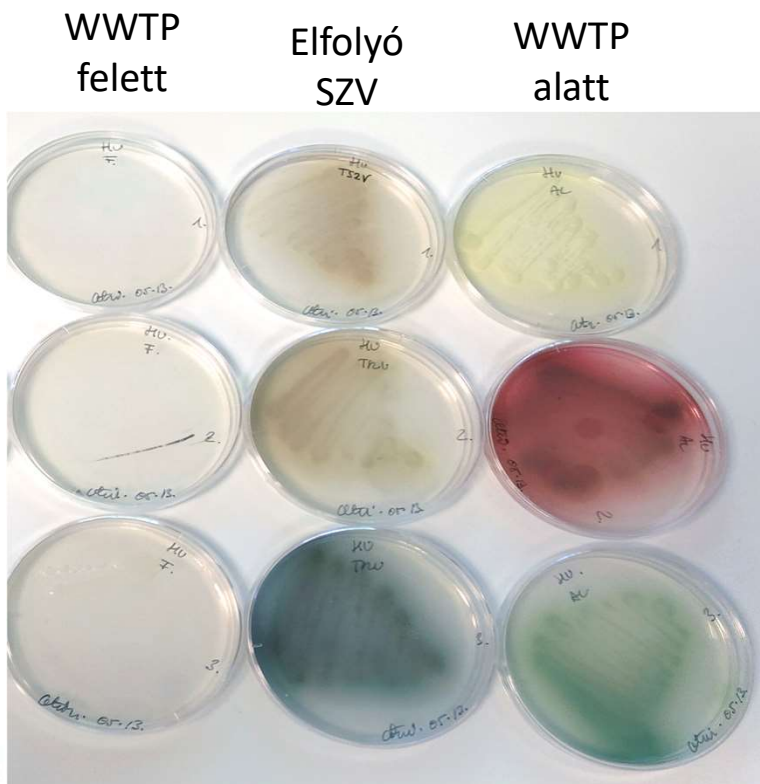
# Megválaszolandó kérdések

- Mennyire elterjedtek a magyarországi felszíni vizekben?
- Beazonosíthatók-e a lehetséges forrásaik?
- Vannak-e érdemi eltérések fajon belül az egyes törzsek megbetegítő képessége (virulenciája) között?



# A *Pseudomonas aeruginosa* lehetséges forrásai felszíni vizekben

- Szennyvízzel terhelt felszíni víztest (Zagyva) vizsgálata



- Egyértelmű összefüggés a szennyvízbevezetéssel
- Természetesközeli állapotú víztestekhez képest magasabb TKE (telepképző egység) értékek

→ A szennyvíztisztítók a III. tisztítási fázis fertőtlenítés szakaszának kihagyásakor a *P. aeruginosa* potenciális forrásaivá lépnek elő



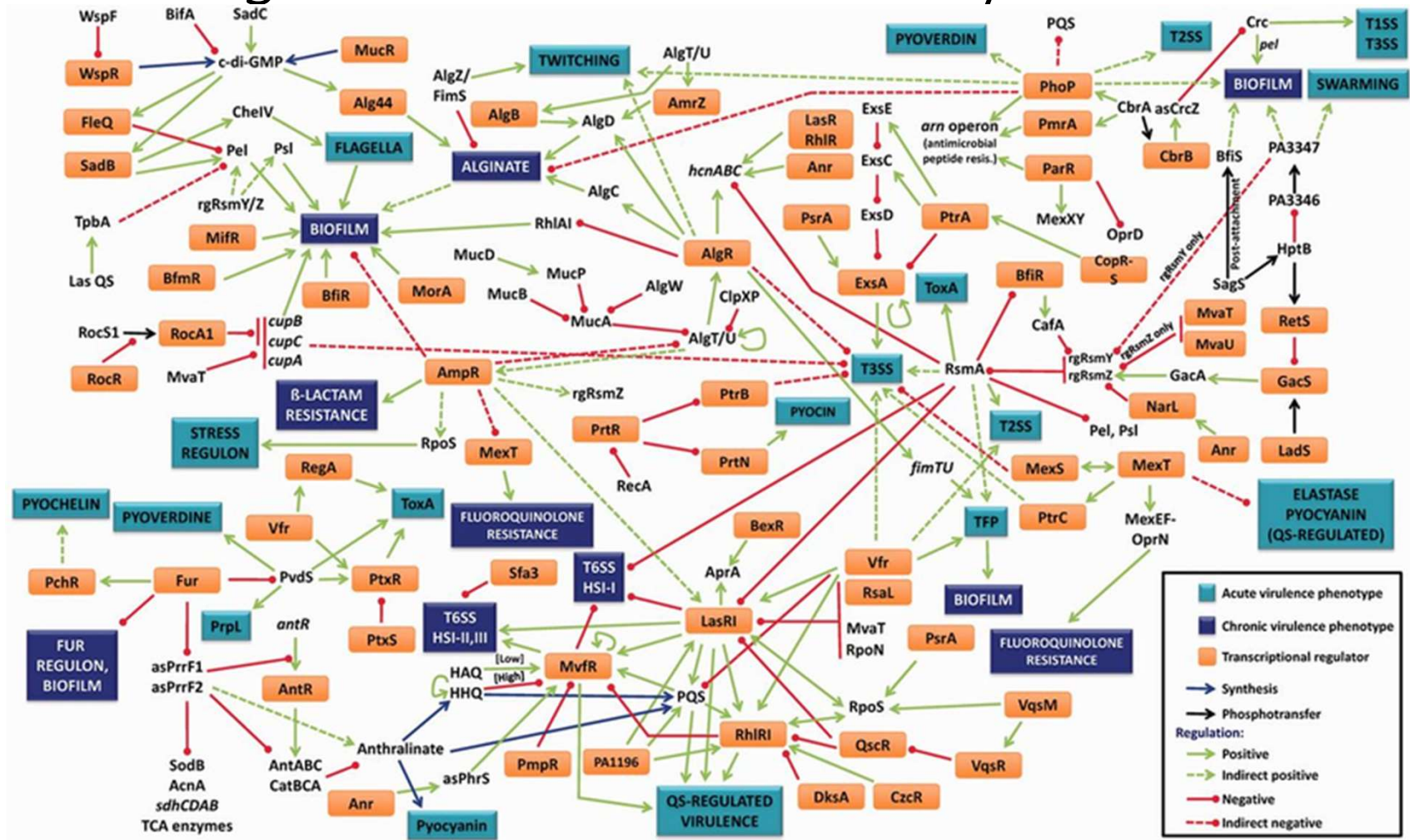
# Megválaszolandó kérdések

- Mennyire elterjedtek a magyarországi felszíni vizekben?
- Beazonosíthatók-e a lehetséges forrásaik?
- Vannak-e érdemi eltérések fajon belül az egyes törzsek megbetegítő képessége (virulenciája) között?

# Virulencia

- **Bakteriális virulencia faktorok** néven foglaljuk össze azokat a szerkezeti elemeket, illetve baktériumok által kiválasztott termékeket, melyek lehetővé teszik, hogy a mikroorganizmus valamilyen módon veszélyeztesse a gazdaszervezetet
- Virulenciáért felelősek lehetnek **felületi faktorok** (sejtfalkomponensek, sejtfalban illetve a sejt felületén található egyes poliszacharid- és fehérjeantigének, burokanyagok, fimbriák), **endotoxinok**, ill. **extracelluláris enzimek, exotoxinok**
- Néhány virulencia faktor sejthez kötött, mások extracelluláris úton fejtik ki hatásukat.
- A virulenciáért felelős molekulák extracelluláris térbe irányuló szelektív kiválasztását, transzportját a baktériumsejtek változatos útvonalakon hajthatják végre.
- Hat útvonal ismert, az I-VI. típusú szekréción rendszer.

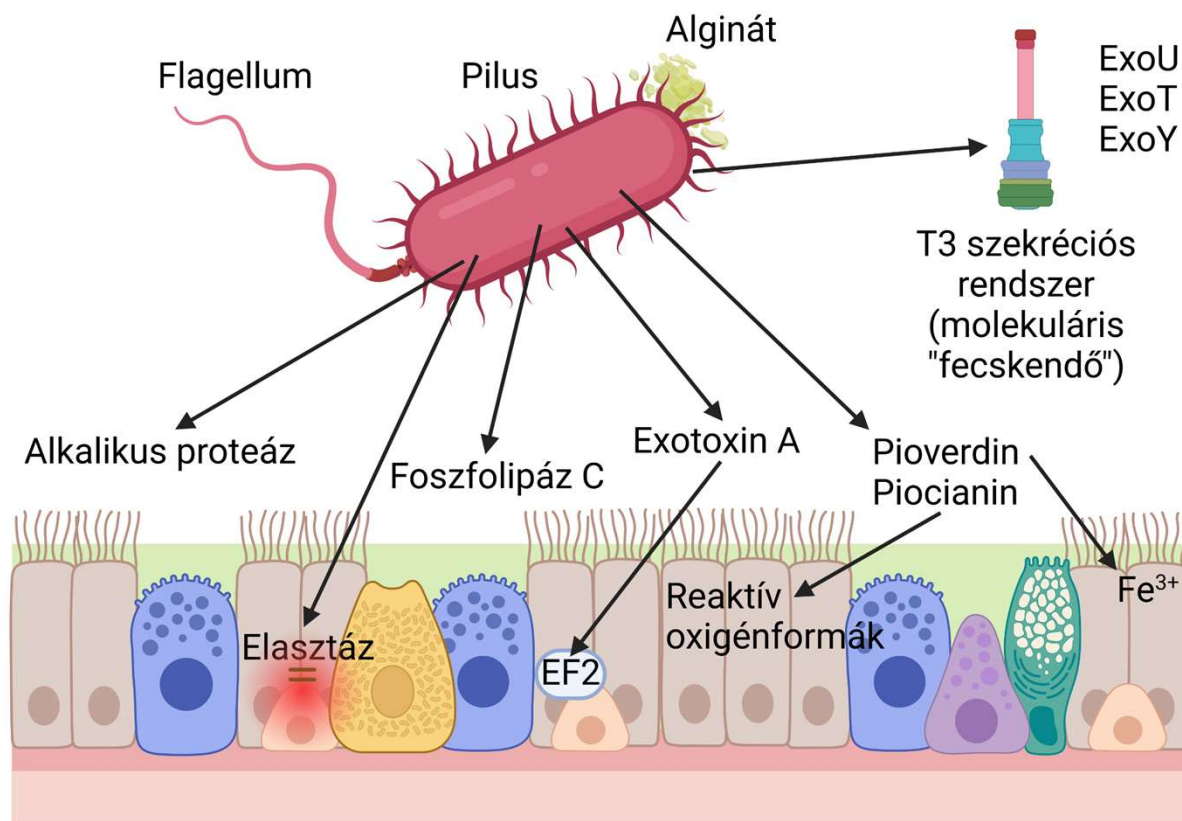
# A *P. aeruginosa* virulencia szabályozó hálózata



Egy könnyen áttekinthető ábra mindig segít 😊



# A *Pseudomonas aeruginosa* fontosabb virulencia mechanizmusai

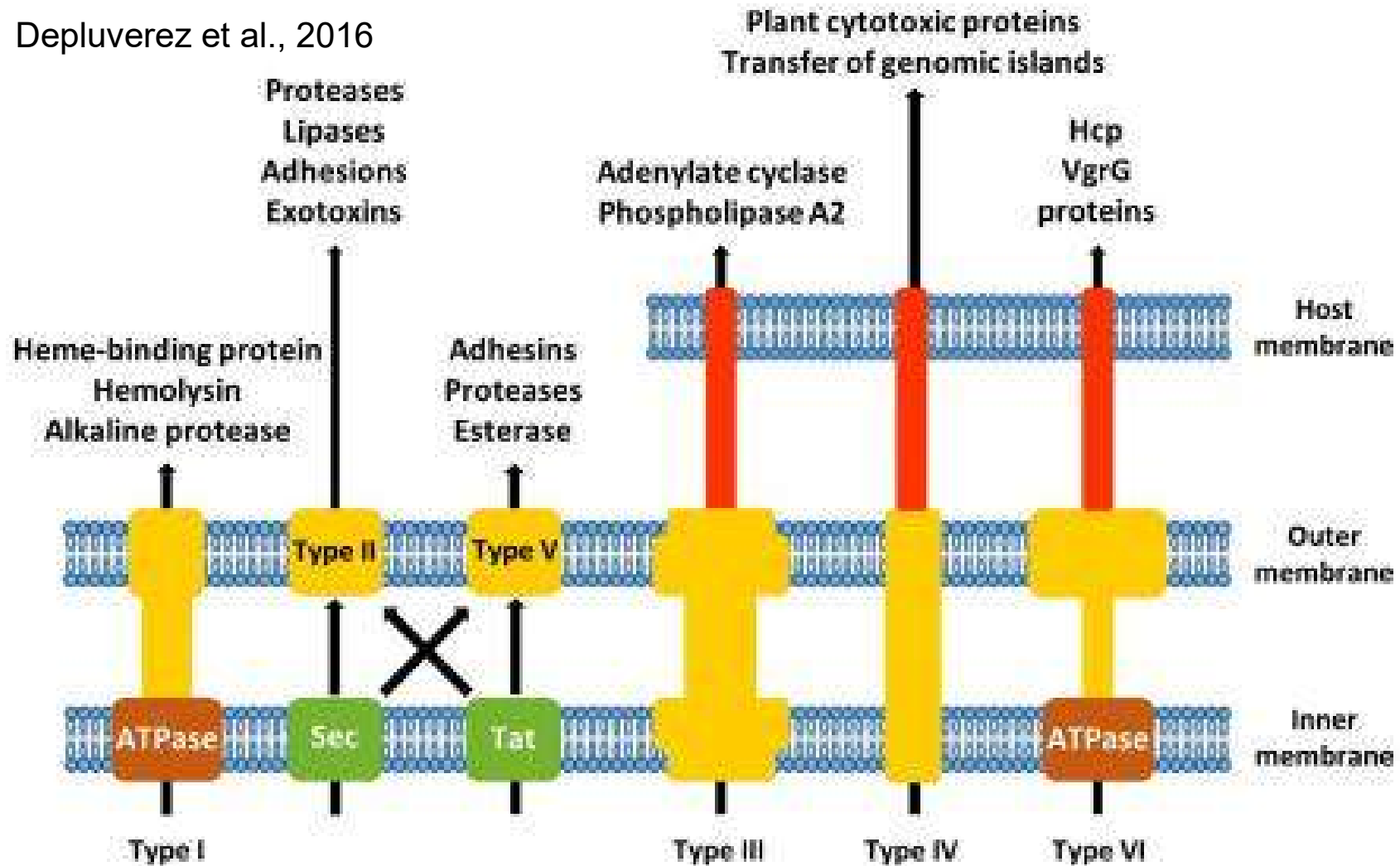


Gellatly & Hancock, 2013 nyomán

Illusztráció: BioRender.com

# A gram-negatív baktériumok esetében ismert szekréción rendszerek

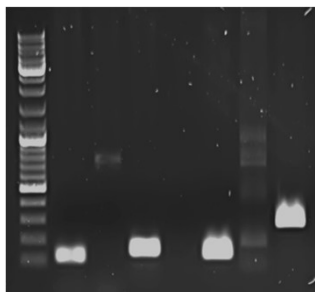
Depluvertz et al., 2016



Virulencia faktor	Biológiai hatás
<b>Szerkezeti elemek</b>	
Tok	Mucoid exopoliszacharid, adhezin. Gátolja az antibiotikumok hatását, és a neutrofilek limfociták aktivitását. Fagocitózisnak ellenáll.
Pilus	Adhezin
Lipopoliszacharid (LPS)	Endotoxin aktivitás
Piocianin	Roncsolja a csillók aktivitását, stimulálja a gyulladást, befolyásolja a szövetkárosodást toxikus szabadgyökök képzésével (hidrogén-peroxid, szuperoxid)
<b>Toxinok és enzimek</b>	
Exotoxin A	Gátolja a fehérjeszintézist, szövetkárosodást okoz (bőr, szaruhártya), gyengíti az immunrendszert
Citotoxin (leukocidin)	Citotoxikus az eukarióták membránjára (pl. gátolja a leukociták működését, mikrovaskuláris sérüléseket eredményez)
Elasztáz	Elasztin-tartalmú szövetek károsodását előidéző enzim (tüdőszövet, bőr, erek)
Alkalikus proteáz	Szövetkárosodás, interferonok és tumor nekrosis faktorok inaktiválása
Fosfolipáz C	Hőlabilis hemolizin, szabályozza a szövetkárosodást, gyulladást eredményez
Rhamnolipid	Hőstabil hemolizin, lecitin tartalmú szöveteket károsít, gátolja a csillóhám működését

# A virulencia vizsgálatának módszerei

## VIRULENCIA GÉNEK AZONOSÍTÁSA



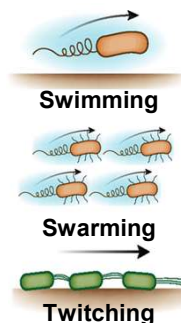
PCR

<i>algD</i>	Biofilmképződés
<i>lasB</i>	Szövetkárosítás
<i>plcH</i>	Haemolízis
<i>aprA</i>	Eritrociták károsítása
<i>exoS/</i> <i>exoT</i>	A célsejtek apoptózisának beindítása
<i>exoU</i>	Citotoxicitás

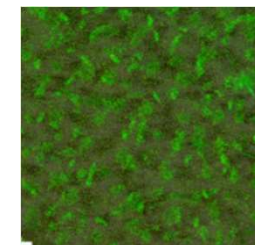
## FENOTÍPUSOS VIRULENCIA TESZTEK



Hemolitikus aktivitás



Motilitás



Biofilmképzés

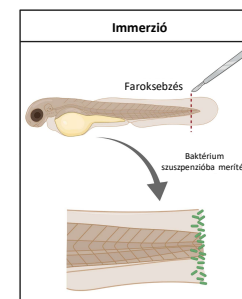
Fotó: Nagy Ádám

## IN VIVO VIRULENCIA VIZSGÁLATOK



Nagy viasmoly  
(*Galleria mellonella*) teszt

Fotó: Nagy Ádám



Zebradánió (*Danio rerio*)  
virulencia tesztek

Pont & Blanc-Potard, 2021



## Virulencia vizsgálati módszerek – előnyök és hátrányok

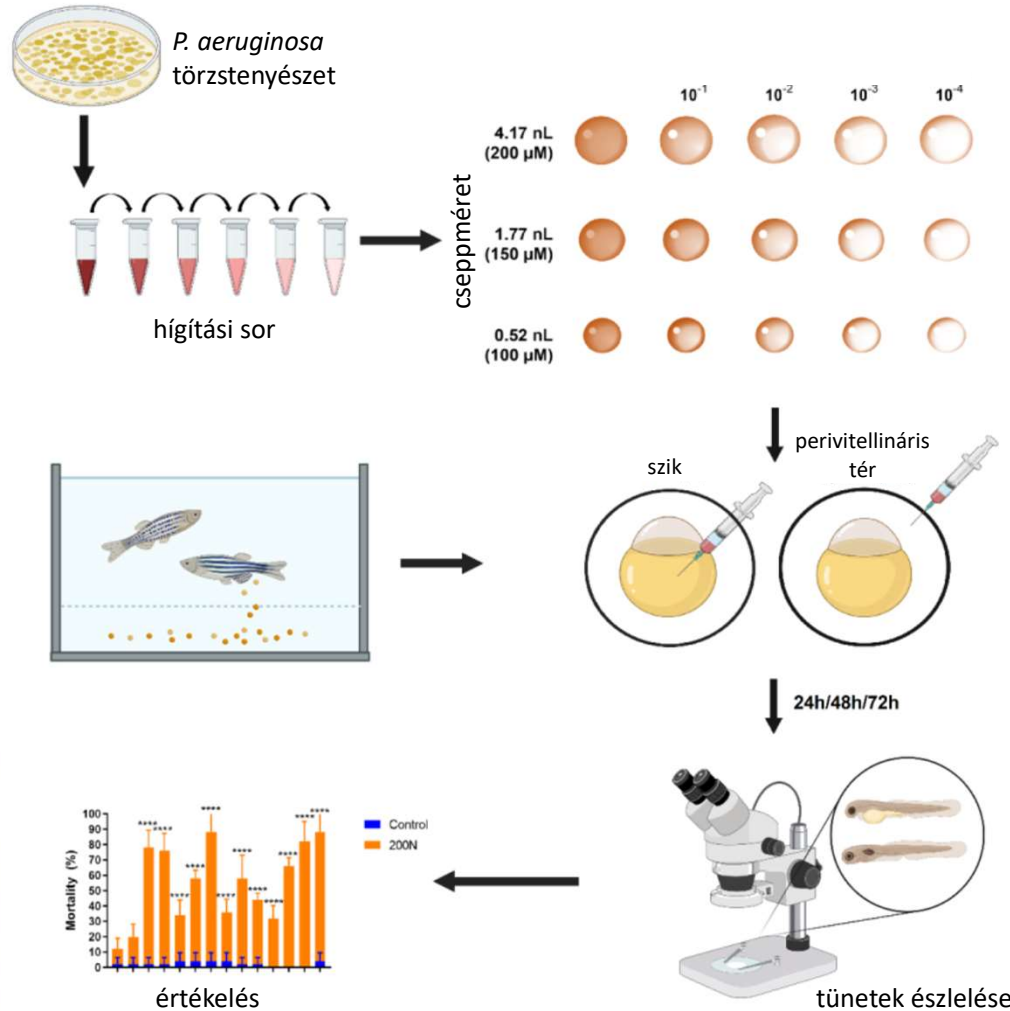
- A fenotípusos és molekuláris biológiai vizsgálatok gyakran önkényesen kiválasztott virulencia determinánsok kimutatásán alapulnak
- A virulencia faktorok bonyolult rendszert alkotnak, a virulencia gének kifejeződését számos tényező befolyásolja
- **Az *in vivo* virulencia vizsgálatoknak továbbra is jelentős szerepe van**
  - *Galleria mellonella* (nagy viaszomoly)
    - Csak egy végpont (mortalitás) mérésére alkalmas
    - Csak egy egyféle expozíciós útvonalat használ (injektálás)
    - Szubletális tünetek általában nem állapíthatóak meg



→ Új vizsgálati módszerek fejlesztése indokolt

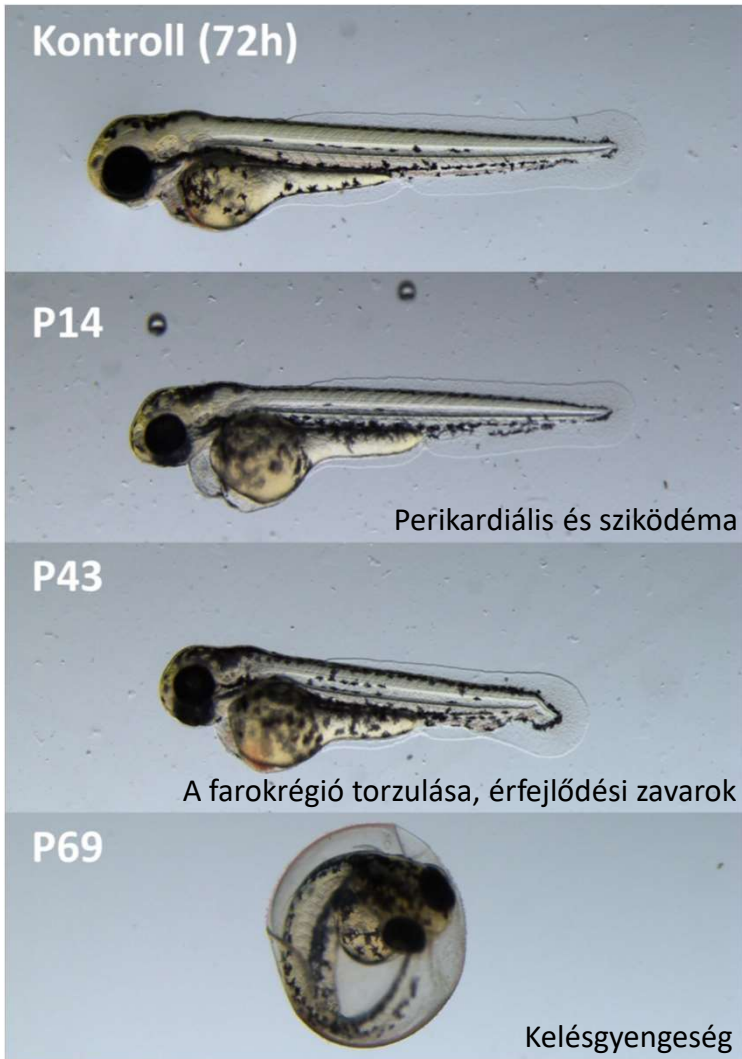
Fotó: Nagy Ádám

# Zebradánió embrió mikroinjektáláson alapuló *in vivo* virulencia teszt fejlesztése



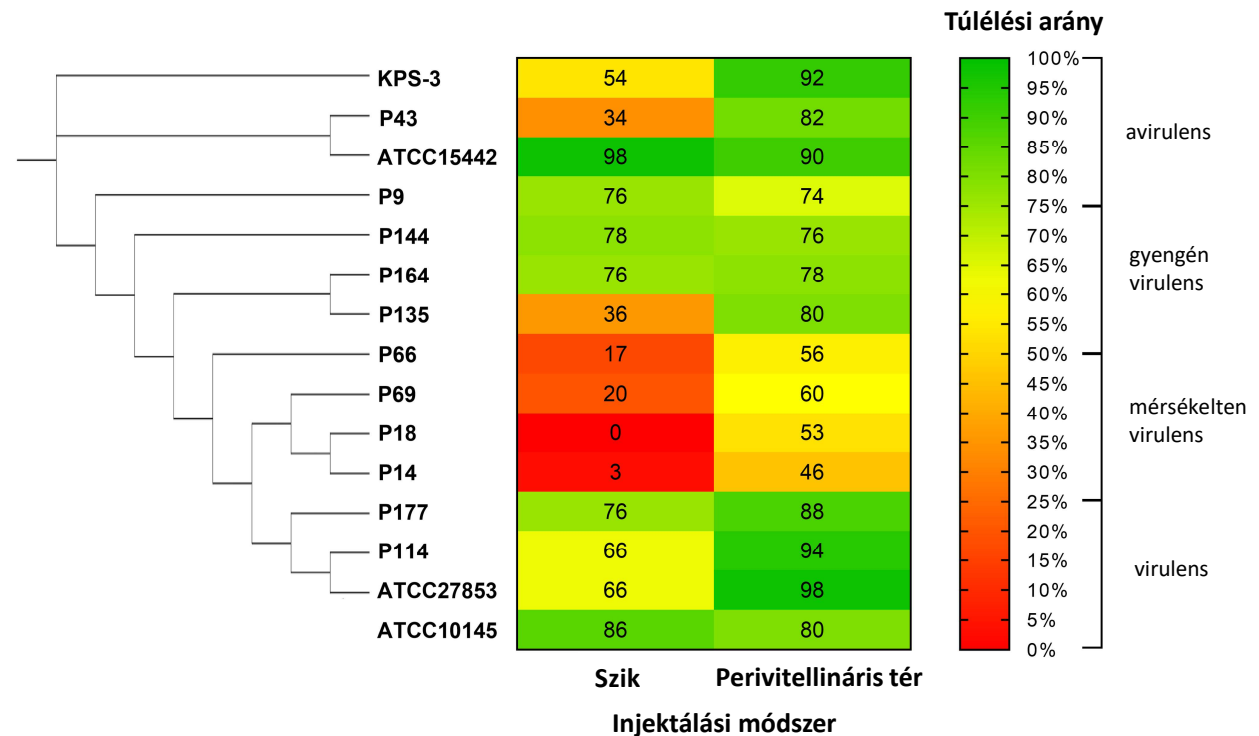
- Optimalizálás (cseppméret, dózis)
- Két expozíciós útvonal a citotoxicitás és az invazív jelleg vizsgálatára:
  - Injektálás szikbe (Y)
  - Injektálás a perivitellinális térbe (PV)
- Letális és szubletális tünetek detektálása

# Eredmények

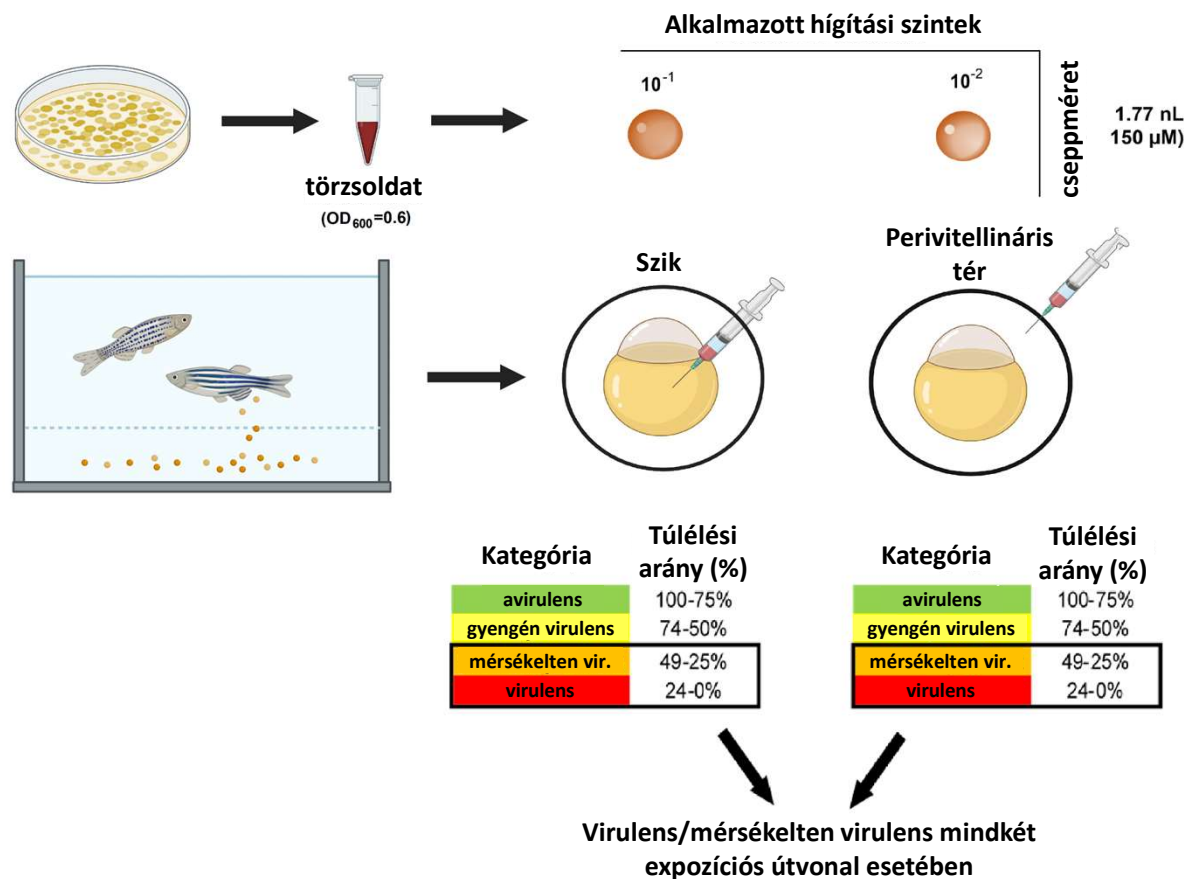


Fotók: Dr. Csenki-Bakos Zsolt

- A módszer validálása során a cseppméret, a koncentráció és az inkubációs idő optimalizálásra került
- A vizsgált *P. aeruginosa* törzsek nem okoztak jellemző és erőteljes fenotípusos tüneteket a kezelt embriókon
- A kétféle expozíciós útvonal egyidejű vizsgálatán alapuló értékelés lehetővé tette a citotoxikus és invazív jelleggel összefüggő mortalitás egyidejű észlelését



# Zebradánió embrió mikroinjektáláson alapuló *in vivo* virulencia teszt



A kidolgozott módszeregyüttes

- Elsősorban környezeti törzsek minősítésére ajánlott
- Alacsony költségigényű
- Nem igényel speciális felszerelést
- Könnyen megtanulható
- Könnyen adaptálható más baktériumfajokhoz, függetlenül az adott faj motilitásától
- Validálást követően 3 nap alatt kivitelezhető



Article

Evaluating the In Vivo Virulence of Environmental *Pseudomonas aeruginosa* Using Microinjection Model of Zebrafish (*Danio rerio*)

Edít Kaszab<sup>1,2</sup>, Dongze Jiang<sup>1,3</sup>, István Szabó<sup>2</sup>, Balázs Kriszt<sup>1,4</sup>, Béla Urbányi<sup>3</sup>, Sándor Szoboszlaj Rózsa Sebők<sup>1</sup>, Illés Bock<sup>2</sup> and Zsolt Csenki-Bakos<sup>2</sup>





# Összefoglalás

- A vízeredetű megbetegedések jelentősége a **klímaváltozás** és a **környezetszennyezés** miatt növekedni fog
- Az UNICEF becslése alapján a **tiszta víz, higiénia és szanitáció** biztosításával a hasmenéses megbetegedések 88%-a, az emberiséget sújtó betegségek tizede, évente 1,4 millió gyermek halála lenne megelőzhető
- Ennek ellenére a vízhez köthető patogén mikroorganizmusok gyakoriságára, jellemző élősejtszámára, lehetséges forrásaira és jellemzésére vonatkozó **ismereteink hiányosak**
- A vízhez köthető egészségkockázatok csökkentése érdekében **pontos és rendszerezett információra van szükség**, melyek alapján a megelőzés lehetőségei és a beavatkozási pontok azonosíthatók
- Új módszerekre van szükség a környezeti törzsek megbetegítő képességének számszerűsítésére a szakszerű kockázatbecsléshez

# A *P. aeruginosa* faj virulencia arzenálja

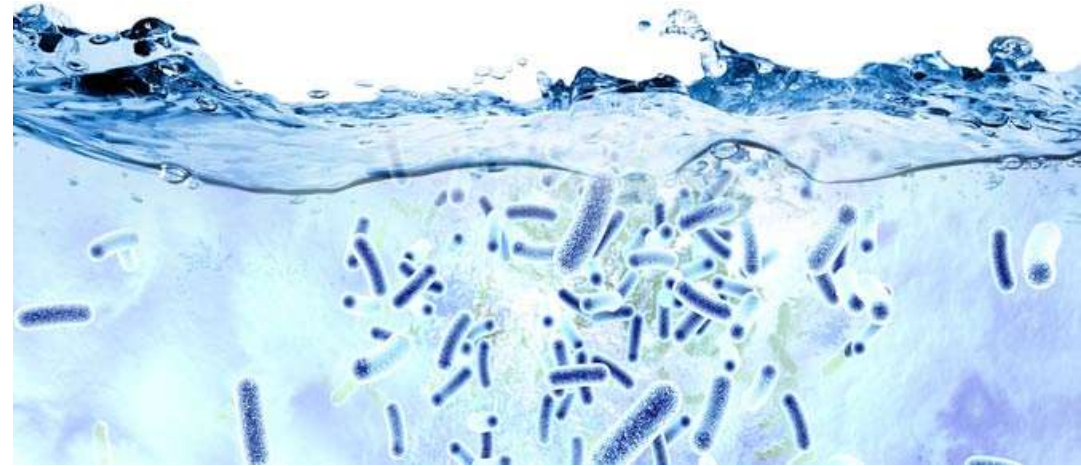
Virulencia faktor	Biológiai hatás
<b>Szerkezeti elemek</b>	
Flagellum	Motilitási faktor (úszás)
Pilus	Adhezin, elősegíti a baktériumsejt felülethez tapadását
3-as típusú szekréción rendszer	Molekuláris fecskendő, az exoenzimek gazdasejtbe juttatásáért felel
Piocianin	Roncsolja a csillók aktivitását, stimulálja a gyulladást, befolyásolja a szövetkárosodást toxikus szabadgyökök képzésével (hidrogén-peroxid, szuperoxid)
Pioverdin	Sziderofór, vas-kelátképző
Alginát	Védelmet nyújt a káros környezeti hatásokkal szemben és elősegíti a felületen megtapadást
<b>Toxinok és enzimek</b>	
Exotoxin A	Inaktiválja az elongációs faktor 2-t az eukarióta sejtekben, ezzel gátolja a fehérjeszintézist. Szövetkárosodást okoz (bőr, szaruhártya), gyengíti az immunrendszert
Effektor proteinek (ExoU, ExoS, ExoT, ExoY)	ExoU: erős citotoxin foszfolipáz A2 aktivitással. ExoS és ExoT: kettős funkciójú enzimek, mind a GTPáz-aktiváló fehérje (GAP), mind az ADP-ribosziltranszferáz (ADPRT) aktivitást kódolják. ExoY: egy adenilát-cikláz.
Elasztáz	Elasztin-tartalmú szövetek károsodását előidéző enzim (tüdőszövet, bőr, erek)
Alkalikus proteáz	Szövetkárosodás, interferonok és tumor nekrosis faktorok inaktiválása
Foszfolipáz C	Hőlabilis hemolizin, szabályozza a szövetkárosodást, gyulladást eredményez

# Az ivóvízminőség szabályozása

A biztonságos ivóvízellátás az ENSZ Közgyűlése által deklarált és a magyar alaptörvényben rögzített emberi alapjog.

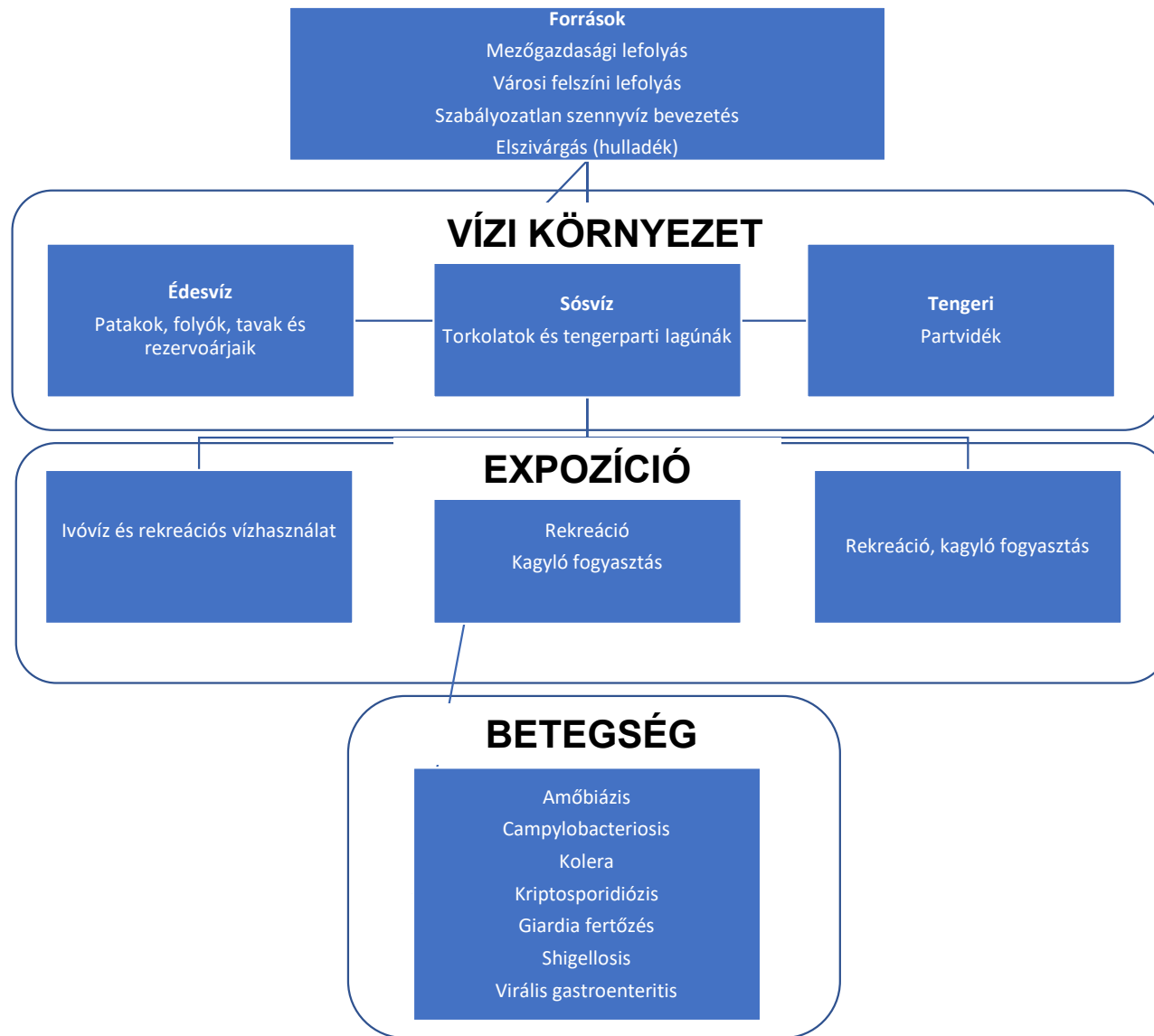
- Európai Tanács 98/83/EK irányelve (1998.XI.3.) az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről
- a 47/2005. (III. 11.) Korm. rendelettel módosított **5/2023. (I. 12.) Korm. Rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről**

# Vízhygiéné

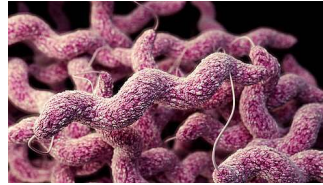


- A víz általános transzportközeg, számos kórokozó terjedését és egyben fennmaradását biztosítja.
- Az ivóvíz mellett a fürdővíz szennyeződése is súlyos közegészségügyi problémát jelent nemcsak a fejlődő országokban, hanem a fejlett államokban is.
- Az ivóvíznél és fürdővíznél egyaránt problémát jelentenek a patogén baktériumok, állati egysejtűek, egyes férgek lárvái, vírusok.





# Néhány szó a vízjárványokról



## Sertés beleiben élő baktériumtól lettek betegek Domszlán

Az első vizsgálati eredmények alapján Campylobacter nevű baktérium okozta a hányással, hasmenéssel, magas lázzal járó **tömeges megbetegedéseket** Domszlán és Kisnánán - közölte a Heves Megyei Kormányhivatal hétfőn az MTI-vel.

- Betegség kialakítására képes mikroszervezetek természetes és mesterséges úton juthatnak az ivóvízbe
- A víz által okozott megbetegedések hasmenéssel, hányással, magas lázzal járnak
- Vízjárványok ismérvei:
  - Egyszerre hirtelen több ember betegszik meg hasonló tünetekkel, azonos vízellátási területen
  - Az ivóvíz fertőzöttsége megállapítható
  - A vízforrás lezárása után a tömeges megbetegedés már nem fordul elő

# Esettanulmány (forrás: semmelweis.hu)

- 2006-os miskolci vízjárvány
- Június 2-3. intenzív esőzések a térségben → karsztárvíz (a telített karsztra és a telített talajtakaróra június 2-án 49-82 mm nagycsapadék, majd 3 nap alatt további 32-51 mm csapadék érkezett).
- A járvány Miskolc 43 ezer fő lakosú részét érintette, melyet a miskolctapolcai vízmű látott el ivóvízzel
- Hatósági intézkedések: Gastroenteritises betegek jelentési kötelezettségének elrendelése, víz fogyasztás előtti forralásának javaslata, lajtos kocsi, zacskós víz
- 3914 jelentett megbetegedés, 179 fő szorult kórházi ellátásra
- 20 esetben Calici vírus, 75 esetben *Campylobacter* sp. volt kimutatható a vízben

# Elhullott állatok, mint potenciális fertőző források

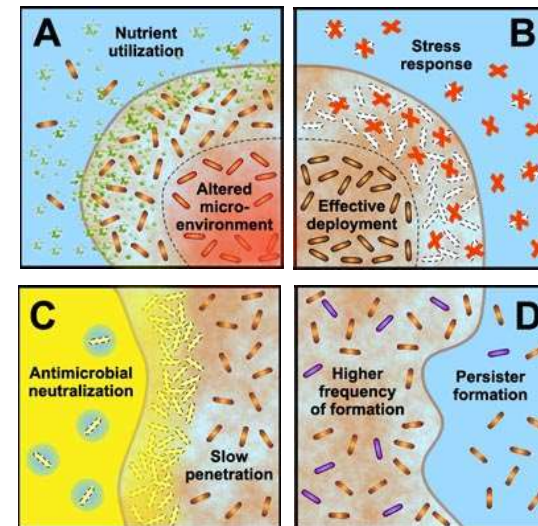
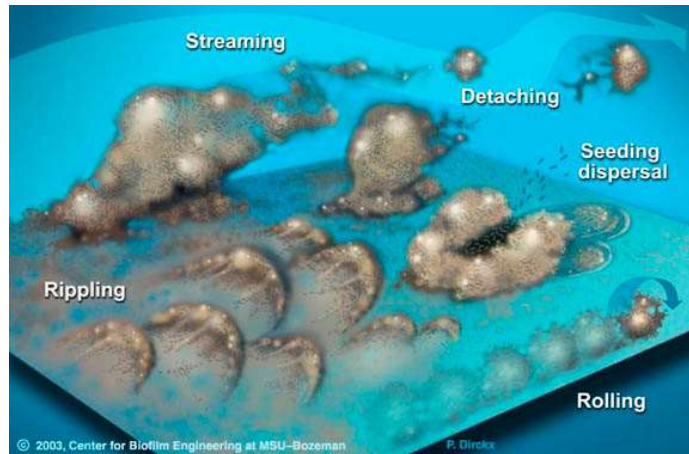
- Korábban: dögkutak – óriási higiéniai kockázat!
  - Az 1950-60-as években kezdték létrehozni, hogy az állattartó nagyüzemekben vagy a falusi portákon elhullott állatokat egy helyen, távol a lakott területtől ártalmatlanítsák.
  - A telepi és önkormányzati kezelésű dögkutak többsége egyszerű földbe vájt üreg, gödör, mindenféle bélelés nélkül, esetleg kútgyűrűvel szigetelt akna, ahonnan a talajvízbe szivároghat a romlott vagy akár fertőzött hús leve.
  - Bár többségük lakott területtől messze épült, van olyan dögtér, amely kimutathatóan szennyezte az ivóvizet. A szerves anyagok mellett a kórokozók, fertőző csírák okoznak gondot.
  - Tahitótfalunál és a Szentendrei-szigeten korábban a főváros ivóvízbázisát is veszélyeztette egy-egy dögkút.
  - Kb. 10 ezren fogyasztották az onnan származó húst
- A hulladékgazdálkodási törvény alapján 2005 végéig meg kellett szüntetni a dögkutakat és az állati hulladékok kezelését és hasznosítását jogilag szabályozták - 71/2003. FVM rendelet (égetés, vagy engedélyezett kezelő és feldolgozó üzemben történő hőkezelés)



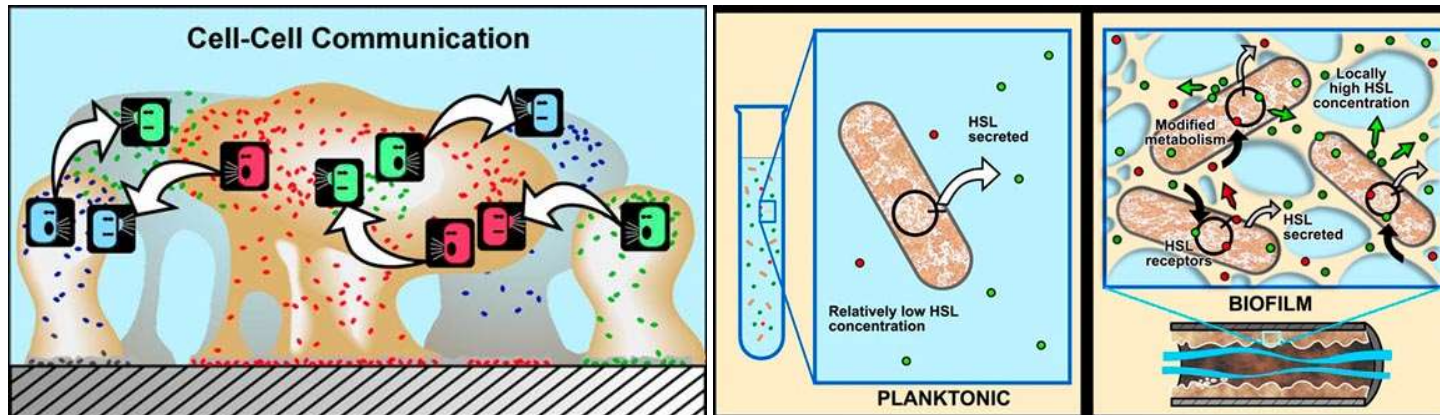
# Termálvizek bevezetésének hatásai a felszíni vizek állapotára

- Hő
- Sótartalom
- Fenol, PAH, TPH tartalom
- Ökológiai hatások
  - Tájidegen fajok megjelenése (Azolla, de cianobaktériumok is
  - **Patogének túlélése javul**

- **Biofilmek:** az opportunista kórokozók természetes rezervoárjai, mely hatást gyakorolhat a szerzett immungyengeséggel érintett populációra. Lehetővé teszi invazív patogén mikroorganizmusok megtelepedését, mellyel hozzájárulhat a vízhez köthető fertőzések, vízjárványok nehezen előrejelezhető kockázatának növeléséhez.



# Biofilmek - Quorum sensing



Quorum sensing: a baktériumok által kibocsátott kémiai jelekkel történő intercelluláris kommunikáció (ún. szignalizáció). A populáció sejtsűrűségének érzékelése kis molekulatömegű jelemolekulák (autoinducerek) termelése és érzékelése által. Gram+ és Gram- baktériumok esetében számos fiziológiai aktivitást szabályozhat a QS. Befolyásolják a szimbiózist, a virulenciát, a konjugációt, az antibiotikum termelést, sporulációt, a biofilmképződést.

# Ivóvízhasználat



The infographic features a dark blue silhouette of a toilet on the left and a water tap on the right. A thick blue pipe starts from the bottom of the toilet, loops around, and ends at the tap. A single blue water drop is falling from the tap into a blue cup below it. This visual metaphor represents the contamination of drinking water with feces.

**WHO reported in 2014 that 1.8 billion people use a drinking water source contaminated with feces**

The **Global Water Pathogen Project (GWPP)** of the **International Hydrological Programme (IHP)** and **Michigan State University (MSU)** are developing a knowledge resource to reduce mortality due to water pathogens and the lack of safe drinking water and basic sanitation

**Logos:**  
UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization  
IHP: International Hydrological Programme  
SDG 6: Sustainable Development Goals (Clean Water and Sanitation)



# Rekreációs vízhasználat

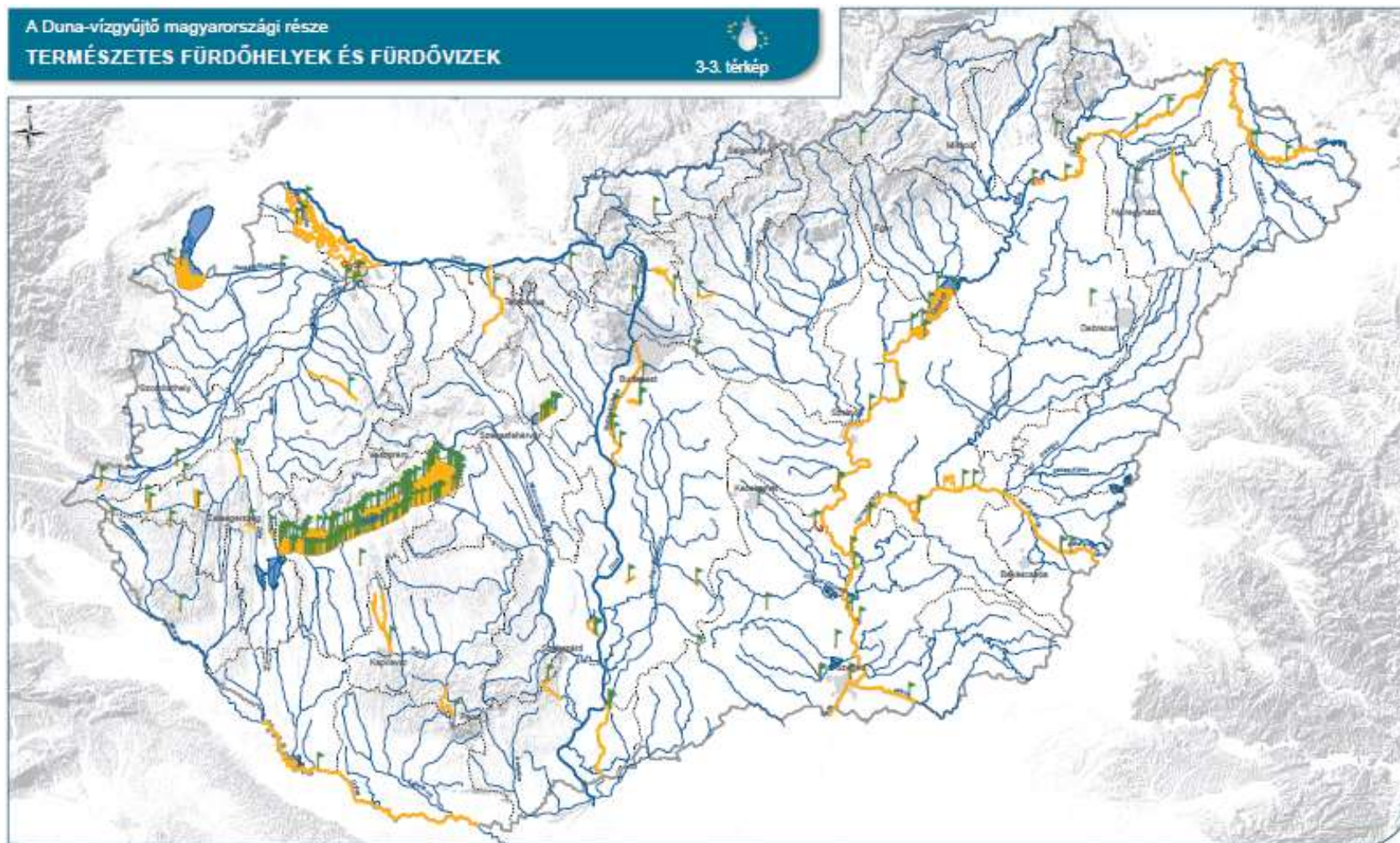
- **A közös víztérben való fürdőzés minden esetben közegészségügyi kockázattal jár**
- **Természetes és medencés fürdővizeknél eltérő mikrobiológiai problémák jelentkeznek**
- **Természetes fürdővizek**
  - Folyóvíz (folyó, állandó és időszakos vízfolyás, holtág)
  - Állóvíz (természetes és mesterséges tó, tározó)
  - Vízi létesítmény (csatorna)

vize, illetve ezek része, amelyet fürdőhelyként kijelöltek, illetve amelyben a fürdés nem esik tiltó rendelkezés hatálya alá, és ahol a fürdőzők napi átlaga a fürdési időszakban meghaladja a 100 főt.



A Duna-vízgyűjtő magyarországi része  
**TERMÉSZETES FÜRDŐHELYEK ÉS FÜRDŐVIZEK**

3-3. térkép



**Jelmagyarázat**

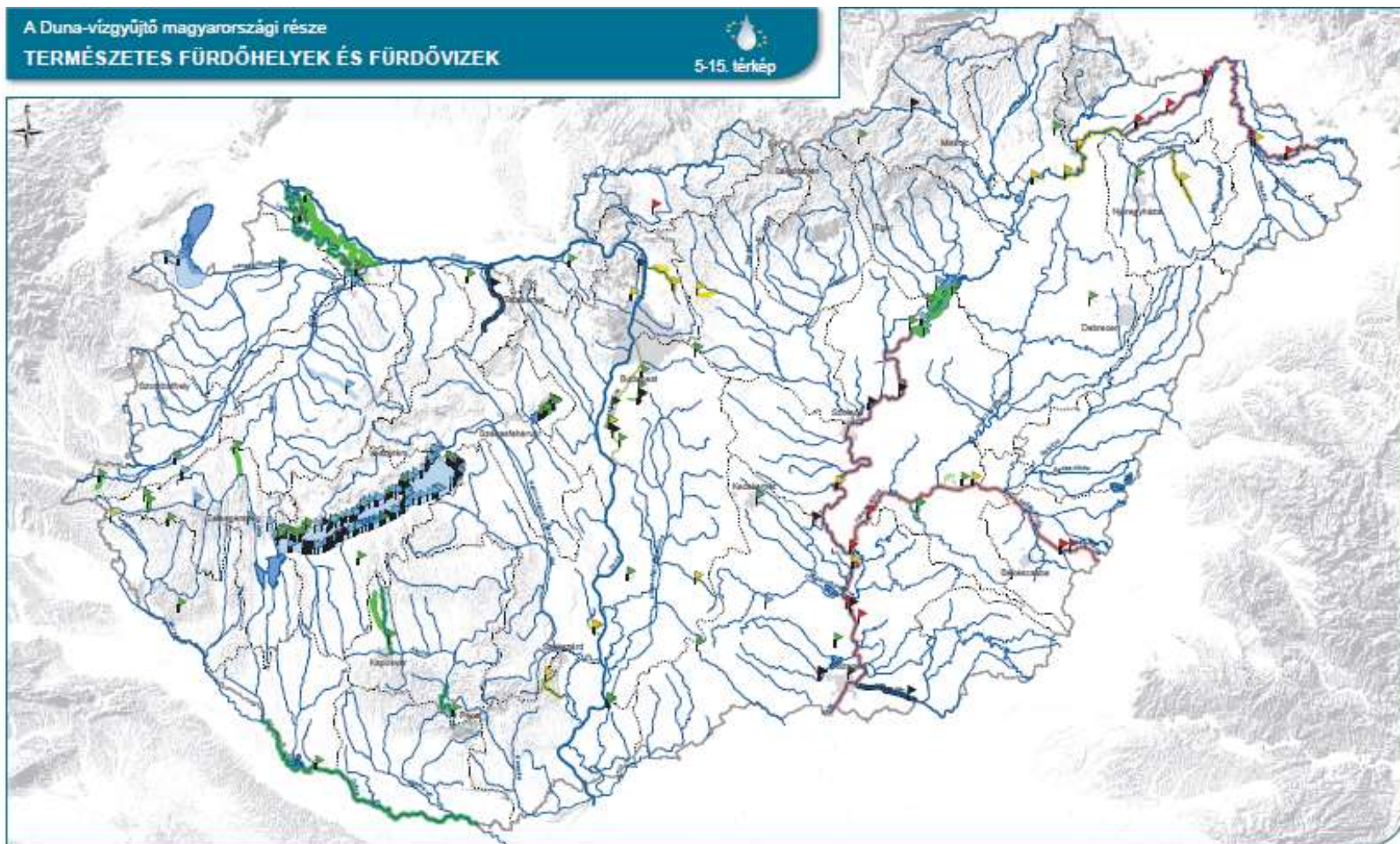
- |                 |                                  |                     |   |
|-----------------|----------------------------------|---------------------|---|
| — alegységhatár | — legnagyobb vízfolyás víztestek | Kijelölt fürdővizek | Fürdőhelyei érintett víztestek és állóvizek |
| — országhatár   | legnagyobb állóvíz víztestek     | fürdőhely           | — vízfolyás víztest                         |
|                 |                                  |                     | — állóvíz víztest                           |
|                 |                                  |                     | — egyéb állóvíz                             |





A Duna-vízgyűjtő magyarországi része  
**TERMÉSZETES FÜRDŐHELYEK ÉS FÜRDŐVIZEK**

5-15. térkép



**Jelmagyarázat**

- alegységhatár
- országhatár
- legnagyobb vízfelvétel
- legnagyobb átlós vízfelvétel

**Kjeltől  
Rúdóhely**

- ▶
- ▶

**Átlós víz**

- 
- 

**Vízfelvétel**

- 
- 

- Átlós vízminőség többnyire kiváló
- Átlós vízminőség a túlértékelt határértékeknek megfelel

- ▶
- ▶

- 
- 

- Átlós vízminőség esetenként nem megfelelő
- Átlós vízminőség rendszeresen károsított

- ▶

- 

- Nincs elegendő adat a minőséghez

0 20 40 60 80 km

# Természetes fürdővizek

- Rendszeresen nagy számban fürdenek vagy sporttevékenységet végeznek – közvetlen kontaktus a vízzel
- Hivatalos természetes fürdővizet a járási népegészségügyi intézet jelölhet ki
- Szabályozása
  - 2006/7/EK tanácsi irányelv „A fürdővizek minőségéről”
  - 78/2008 (IV.3.) Korm. rend. „a természetes fürdővizek kijelöléséről és az ellenőrzés rendjéről”

## Természetes fürdővizek vizsgálata

- Fürdőhely üzemeltetője vagy a járási intézet által megbízott laboratórium végzi
- Mintavétel: a szennyezés lehetséges helyén vagy ott, hol a legtöbben fürdenek
- Fekális indikátorok
- Helyszíni megfigyelés
  - úszó szennyezés
  - olajfolt
  - idegen szag
  - hínárosodás
  - cianobaktérium burjánzás





# Medencés fürdővizek higiénés követelményei

- **Két típus: töltő-ürítő medencék és vízforgatással üzemelő**
  - **1996-tól csak vízforgatással létesülhet közfürdő**
  - **A töltő-ürítőket át kell alakítani**
  - **Kivéve egyes gyógymedencék esetén, ahol a biológiailag aktív komponenseket a vízforgatás károsítja (ezek többsége fertőtlenítés nélkül üzemel)**
- **Az indikátor mikroszervezetek mennyiségének határérték alatt kell lenniük**
- **Ivóvíz minőségű vizet adó kútból kell lennie**
- **Megfelelő kémiai összetétel**



## Medencés fürdők ellenőrzésének szempontjai

- **Hatósági helyszíni szemle (NNK)**
  - Általában szezonnyitás előtt alapos ellenőrzés
  - Általános higiéniai állapot ellenőrzése a fürdő egész területén.  
A kiegészítő és szociális helyiségek rendjének ellenőrzése
  - Üzemnapló ellenőrzése
  - Vízmintavétel és vizsgálat
    - Célszerű összekötni a helyszíni szemlével, de lehet egyéb időpontokban is
      - Helyszíni szemle naponta, laboratóriumi ellenőrzés hetente, vagy havonta
      - Mikrobiológiai ellenőrzés általában havonta

# Medencés fürdővízminőség

## Kémiai vizsgálat

Leggyakoribb a fertőtlenítőszer maradék

- Szabad aktív klór

- fertőtlenítési hatásfokot jelzi

- hat. ért.: 1 mg/l

- Köttött aktív klór

- fertőtlenítési melléktermékek keletkezésére utal

## Mikrobiológiai vizsgálat

Indikátor baktériumok

- *E. coli*, *Micrococcus*, *Enterococcus* – fekális indikátorok

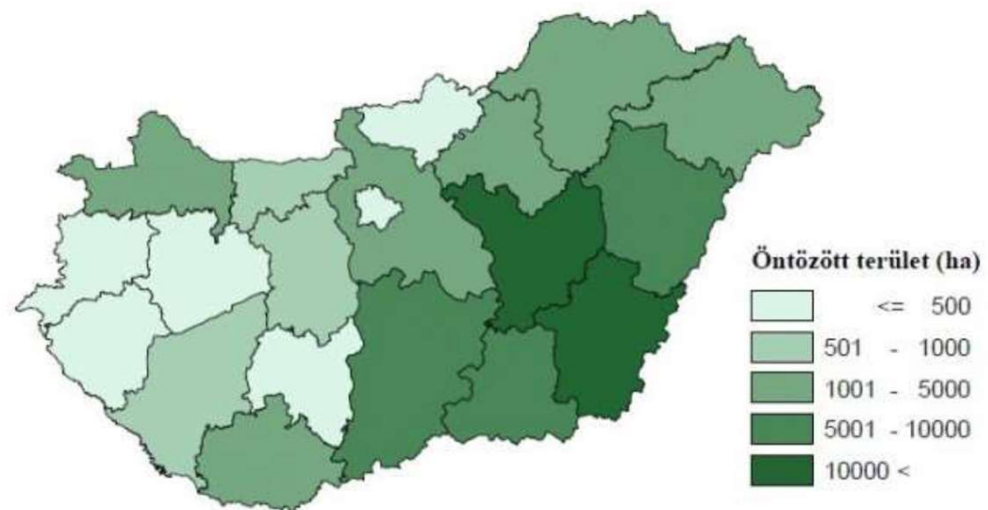
- *Staphylococcus aureus* – bőr eredetű baktérium  
– a medence túlterheltségét vagy a pótvíz elégtelen mennyiségét jelzi

- *Pseudomonas aeruginosa* – biofilmképző baktérium  
– mikroorganizmusokkal erősen szennyezett a víz  
– fakultatív kórokozó – sebfertőzést, fülgyulladást, kiütéseket is okozhat

• Vízforgatásos, aeroszol képző medencéknél (pl. pezsgőfürdő) javasolt a *Legionella* vizsgálat is.

# Öntözővíz

- 2019. évi CXIII. törvény az öntözéses gazdálkodásról
- Magyarországon a legnagyobb hagyománya a felületi öntözésnek van, ezen belül is az esőszerű öntözésnek.
- Az 1980-as évek elejétől a csévélhető, a körbejáró és a lineár berendezések voltak népszerűek, azonban ma már a szántóföldi öntözött területeknek 80 %-a járvaüzemelő berendezésekkel működik.
- Az elmúlt 10 év átlagában az öntözött területek nagysága hazánkban nem haladta meg a 100 ezer hektárt. A vízjogi engedéllyel rendelkező terület mintegy 200 ezer hektár.
- Az öntözés közel 90 %-ban szántóterületen történik, csupán 4-5 % oszlik meg a gyümölcs, szőlő- és gyepterületek között.
- Az öntözött terület aránya Magyarországon alig 1-2 %.



Forrás: NAIK AKI Agrárstatisztikai Osztály

- 92 %-ban felszíni, 7,5 %-ban felszín alatti és 0,5 %-ban partiszűrésű vízből öntöztek.



# Az öntözés folyamata

- Vízszerezés/vízkiemelés (természetes, vagy mesterséges vízfolyásból, tóból, tározókból, felszín alatti vízből)
- Vízszállítás (nyílt csatorna, vagy csővezeték)
- Vízszétosztás
- Vízkijuttatás
  
- Problémák az öntözővízzel:
  - Kémiai
  - Mechanikai
  - Biológiai (baktériumok, vírusok, protozoák)
    - Az öntözővíz eredetű fertőzésekre tipikus példa az E. coli O157: H7 kitörés az Egyesült Államokban, mely aprított saláta fogyasztásával volt kapcsolatban és az öntözésre szánt kútvíz és egy hígtrágya tároló vizének véletlenszerű keveredésére volt visszavezethető (Pachepsky et al., 2011).

	Baktériumok (CFU/liter)	Vírusok (PFU/liter)	Protozoák (Előző K)
Általános állapotú felszíni víz	Min: 1.00e+02, Max: 1.00e+04	Min : 1.00e-02, Max : 1.00e+02	Min : 0.00e+00, Max : 1.00e+03
Szennyezett felszíni víz	Min : 9.00e+01, Max : 2.50e+03	Min : 3.00e+01, Max : 6.00e+01	Min : 2.00e+00, Max : 4.80e+02
Nyers szennyvíz	Min : 1.00e+02, Max : 1.00e+06	Min : 5.00e+01, Max : 5.00e+03	Min : 1.00e+00, Max : 1.00e+04
Talajvíz	Min : 0.00e+00, Max : 1.00e+01	Min : 0.00e+00, Max : 2.00e+00	Min : 0.00e+00, Max : 1.00e+00
Esővíz (tetőről gyűjtött)	Min : 0.00e+00, Max : 2.40e+01	Min : 0.00e+00, Max : 1.00e-02	Min : 0.00e+00, Max : 1.90e-01

CFU – colony forming units (telepképző egységek száma); PFU – plaque forming units (plakk-képző egység)

# Higiénés laboratóriumi vizsgálatok

- MSZ 448/44-1990 Ivóvíz vizsgálat. Bakteriológiai vizsgálat.

- Telepszám 37°C hőmérsékleten
- Telepszám 20°C hőmérsékleten

Az összes kórokozó nem mutatható ki egyidejűleg →  
indikátor fajok

- Szulfitredukáló anaerob spórások (*clostridium*)
- Fekális *enterococcusok* száma
- *Coliform* baktériumok száma és fekális eredete
- Fekális *coliformok* jelenléte esetén *E. coli*
- *Pseudomonas aeruginosa* száma

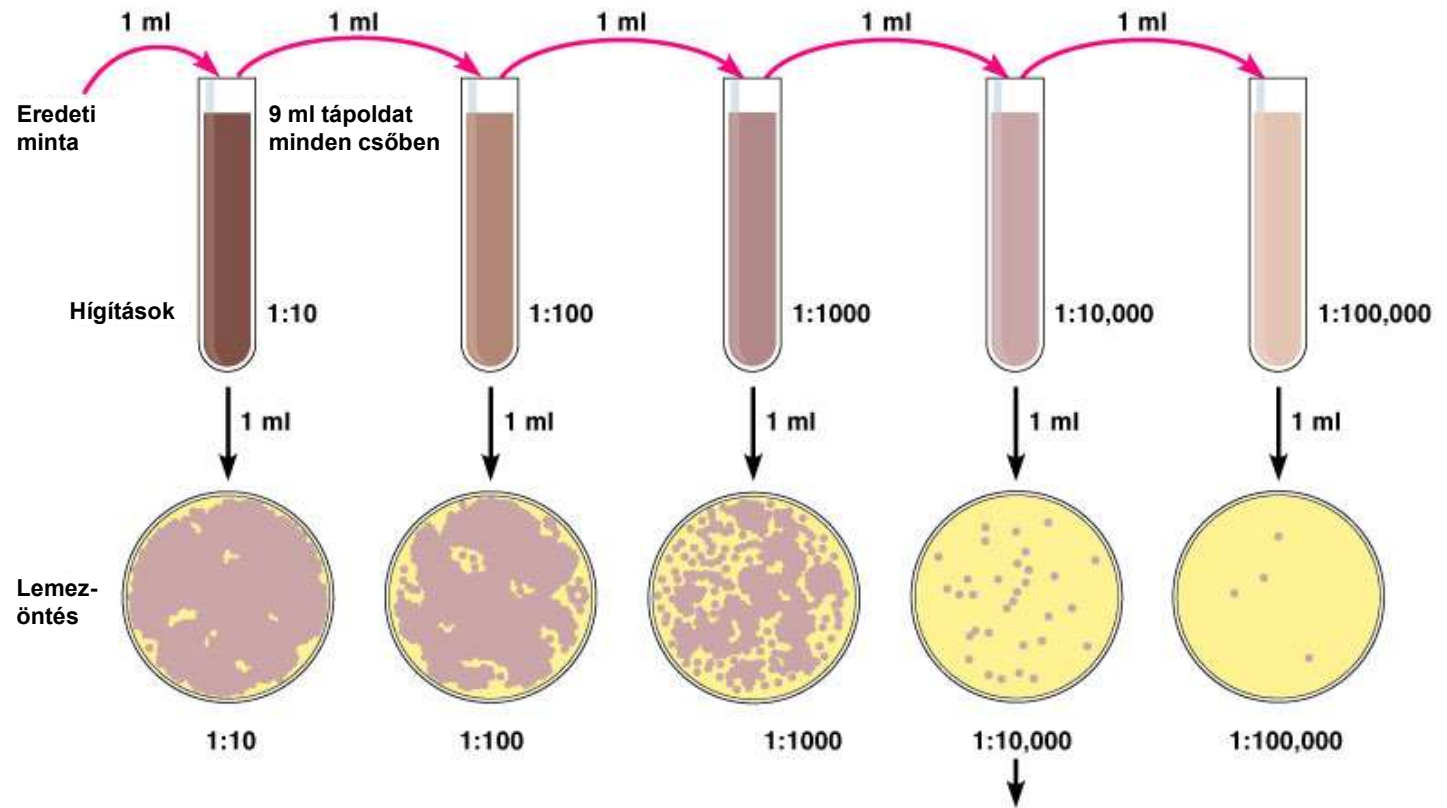
- Összcsíraszám: élő és szaporodni képes összes baktériumok száma. Nagy részük ártalmatlan, ám jelzik a víztisztítási eljárások hatékonyságát.



# Lemezöntés

- Elve:

- Obligát aerob, kevésbé hőérzékeny mikrobák tenyésztésére
- Különböző hígítási fokú minta egyenletes elkeverése agarral szilárdított, 40-45°C-os tápközeggel
- Leolvasás telepszámlálással



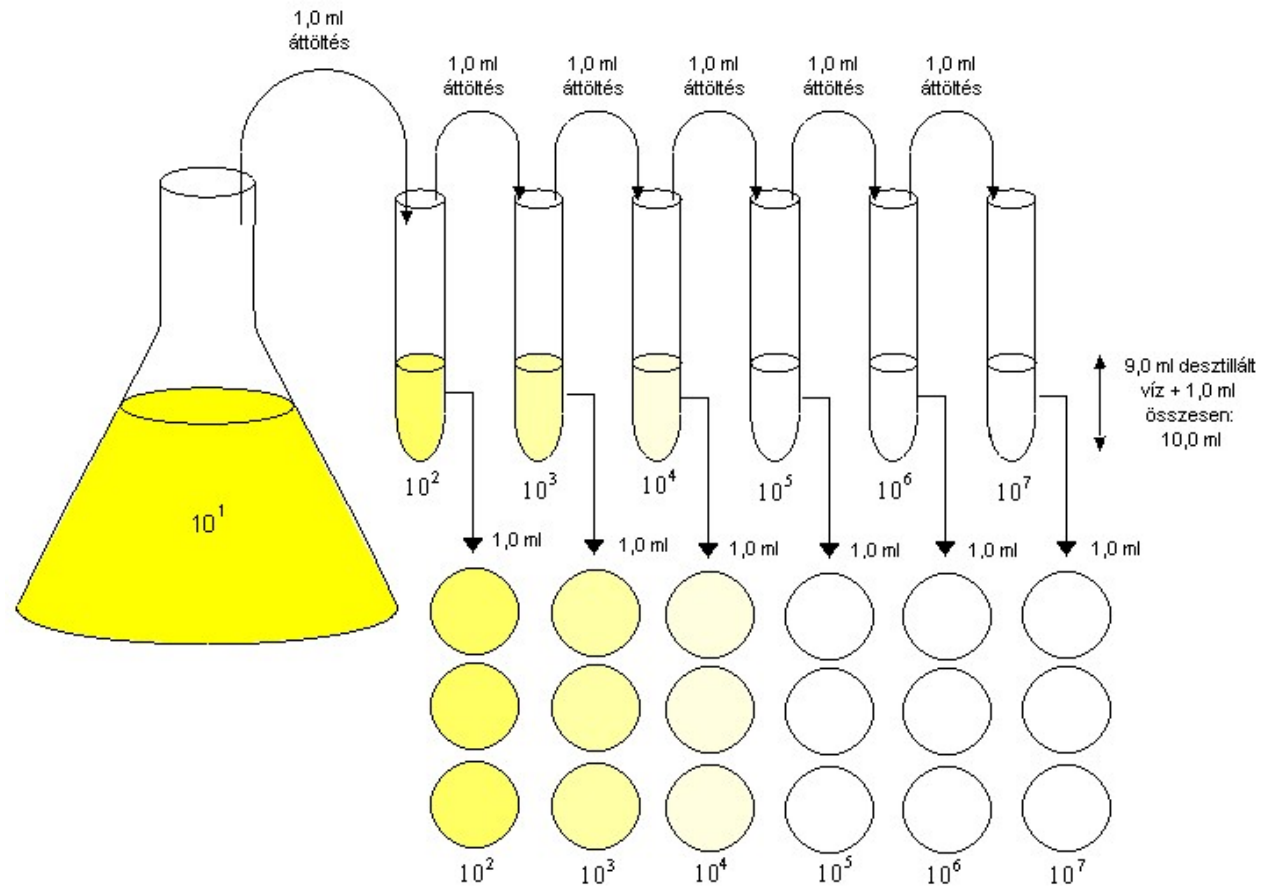
Számítás: Telepek száma a lemezen x a minta hígítás reciprokával = baktériumszám / ml (pl. ha 32 telep van az 1/10.000 hígítású lemezen, akkor a sejtszám  $32 \times 10.000 = 320.000$  / ml)



# MPN módszer

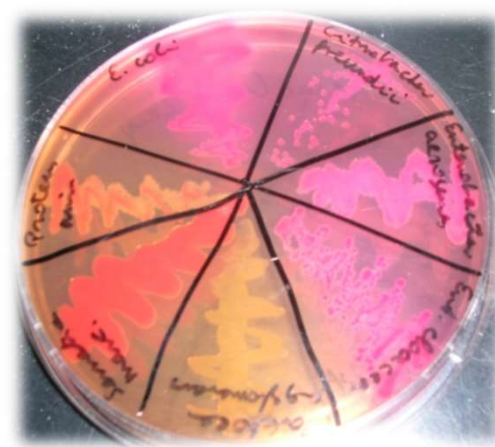
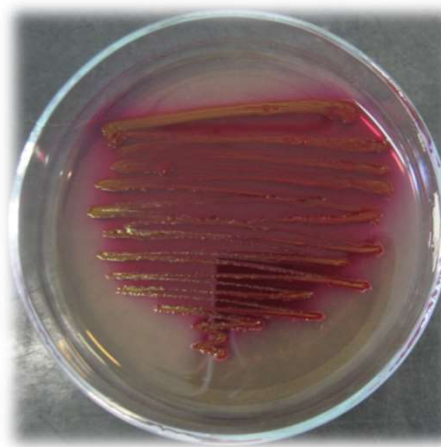
- Elve:

- Obligát aerob mikroba tenyésztésére
- Különböző hígítási fokú minta elkeverése kémcsőben, folyékony tápközeggel,
- 3-5 párhuzamos kémcső egy-egy hígításból
- Leolvasás zavarosság alapján
- Sejtszám meghatározás statisztikai úton



# *E. coli* és coliformok

- Az emberi széklet legjellegzetesebb baktériuma
- Vastagbélben él
- 150 típus → csupán néhány okoz megbetegedést
- Ivóvíz széklet eredetű szennyezettségét jelzi
- *E. coli*-hoz hasonlóak a coliformok – nem egyértelmű indikátorok



# Fekális *Enterococcus*ok

- Régebbi fekális szennyezést jelez, mert igen ellenálló
- *Enterococcus faecalis*
- A bél normális lakója



# Az ideális indikátor mikroorganizmusok kritériumai

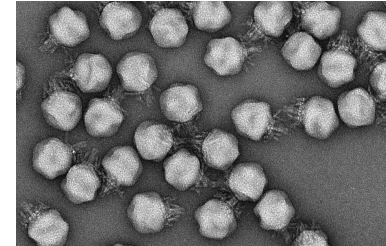
- Should be useful for all types of water (drinking water, wastewater, recreational water, sea water)
- Should be present whenever enteric pathogens are present, and absent, when pathogens are absent
- Should survive longer in the environment than the toughest enteric pathogen
- Should not grow in water
- Detection protocols should be easy and inexpensive
- Density of indicator microorganisms should correlate with the degree of fecal pollution
- Should be a member of the normal intestinal microflora of warm-blooded animals

crAssphage

Új indikátor a humán

eredetű fekális

szennyezettség kimutatására



- Bakteriofág

- Human-specifikus
- Abundáns a humán fekáliában és a szennyvízben
- Az egészséges human emésztőszervi mikrobióm tagja
- Bizonyított ko-evolúciója az emberrel
- Vízminőség monitoringra alkalmas
- qPCR primerek elérhetőek mennyiségi kimutatásához

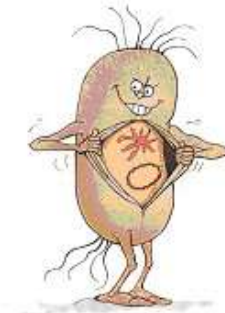


# *Clostridium*ok

- Spóráképző anaerob baktériumok → ellenállóak
- Talajban is megtalálhatóak, szerves anyag lebontásban jelentősek
- Több faj normál bélflóra tagja
- Ritkán okoz megbetegedést, de jelenléte a bélbaktériumoknál ellenállóbb fajok sorsáról ad tájékoztatást

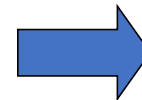
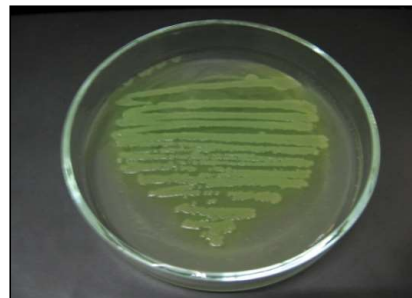
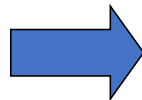
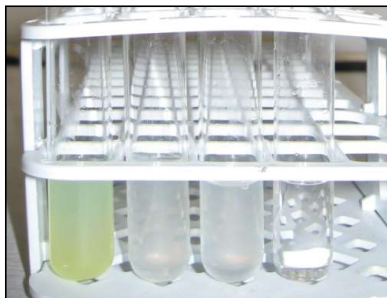


# *Pseudomonas aeruginosa*



## **Identifikáció több módszerrel**

- *Magyar Szabvány (MSZ 21470/77-1988) - fenotípi*
  - Aszparaginos dúsítás
  - Szélesztés cetrimid agarra
  - Ammóniatermelés vizsgálata acetamid tápoldatban
- *API 20 NE módszer - biokémiai reakciók vizsgálata,*
- *ETA PCR; 16S rDNS – genotipizálás*



# A vízeredetű fertőzések elsődleges kórokozói

Baktériumok	Vírusok	Protozoák
<i>Campylobacter jejuni</i>	Hepatitis A virus	<i>Balantidium coli</i>
<i>Escherichia coli</i>	Norovirus	<i>Cryptosporidium spec.</i>
<i>Helicobacter pylori</i>	Rotavirus	<i>Cyclospora cayetanensis</i>
<i>Legionella spec.</i>	Adenovirus	<i>Entamoeba histolytica</i>
<i>Leptospira spec.</i>	Enterovirus	<i>Giardia spec.</i>
<i>Mycobacterium spec.</i>	Astrovirus	<i>Naegleria fowleri</i>
<i>Salmonella enterica</i>		
<i>Shigella spec.</i>		
<i>Vibrio cholerae</i>		

© World Health Organization 2022. Some rights reserved. This work is available under the CC BY-NC-SA 3.0 IGO license.



TOP 5 kórokozó csoport a vízeredetű járványok száma alapján a páneurópai régióban (GIDEON adatbázis, 2000-2013)

+ Beazonosítatlan fertőzések - növekvő jelentőségű vízeredetű kórokozók?

# Víz eredetű patogének

## **Baktériumok   Protozoák/paraziták   Vírusok**

*V. cholerae*

*E. coli*

*Fekális coliform*

*Shigella*

*H. pylori*

*Aeromonas*

*Mycobacterium avium*

*Campylobacter*

*Yersinia enterocolitica*

*Arcobacter*

*Salmonella*

*Legionella*

*Cryptosporidium*

*Giardia lamblia*

(*giardiasis*)

*Guinea-féreg*

(*dracunculiasis*)

*Toxoplasma gondii*

(*toxoplazmózis*)

*Entamoeba histolytica*

*Hepatitis*

*Norwalk-vírus*

*Coxsackie vírus*

(*kéz-láb-száj*

*betegség*)

*Adenovírusok*

*Astrovírusok*

*Rotavírusok*

*Calicivírusok*

## *Vibrio cholerae* és más *Vibrio* fajok



- Gram-negatív, csavart pálca alakú baktériumok
- Élelmiszerekkel, nem kellően átfőtt tenger gyümölcseinek fogyasztásával, szennyezett vízzel terjedhetnek.
- Gastroenteritis és septicaemia kiváltói lehetnek
- A *V. cholerae* a kolera kórokozója, jellemzően sós, szervesanyagokban gazdag vizekben fordul elő (tengerparti folyótorkolatok)



# *Shigella* fajok



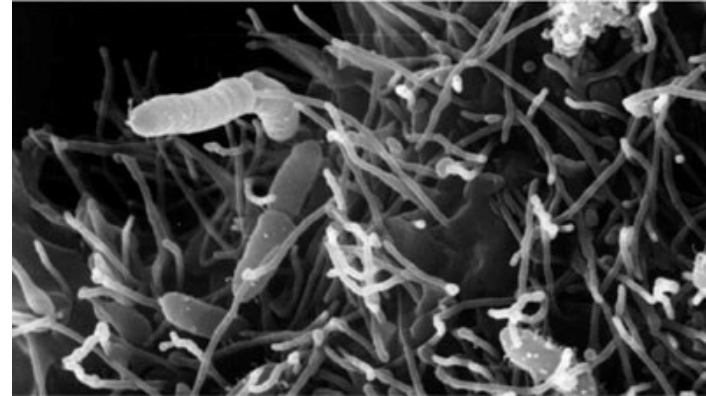
- Nem motilis, tok nélküli Gram-negatív baktériumok
- A dysenteria (vérhas) kórokozói
- Jellemzően fekális szennyezettség révén kerülnek felszíni vizekbe, vagy szennyeznek el élelmiszereket
- A vastagbélben telepednek meg, sejtelhalást, bevérzéseket okoznak toxintermelésük révén
- Magyarországon a kevésbé veszélyes *Shigella sonnei* dominanciája tapasztalható
- Folyóvízben hónapokig élet- és fertőzőképes marad

# *Helicobacter pylori*



- Az egyik legelterjedtebb gyomor-bélrendszeri kórokozó
- Az emberiség kb. fele hordozza, de 85%-nál sosem okoz tüneteket
- A gyomornyálkahártya felszíni rétegein telepszik meg
- Kórképei változatosak – gyomorhurut, fekélybetegség, gyomorrák (ez utóbbiaknál társtényezőnek számít)
- Feltehetően széklettel szennyezett víz, tárgyak, ételek közvetítik

# Aeromonas-ok



- Gram-negatív baktériumok, felszíni vizekben elterjedtek.
- Természetes vizekben, víztartályokban, vízi szervezeteken (kagyló, hal) kimutatható
- Halpatogén fajok (*A. salmonicida*) és humán patogén vonatkozások is ismertek.
- Gastroenteritis, legyengült egyéb előfordulhat

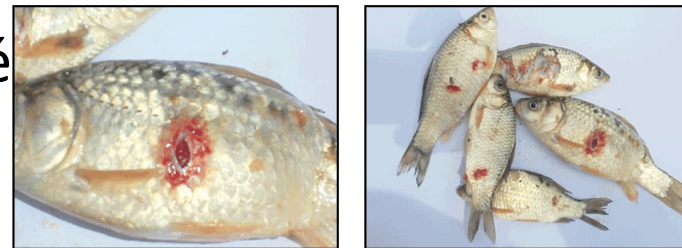
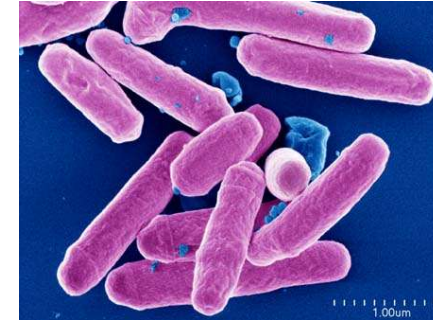


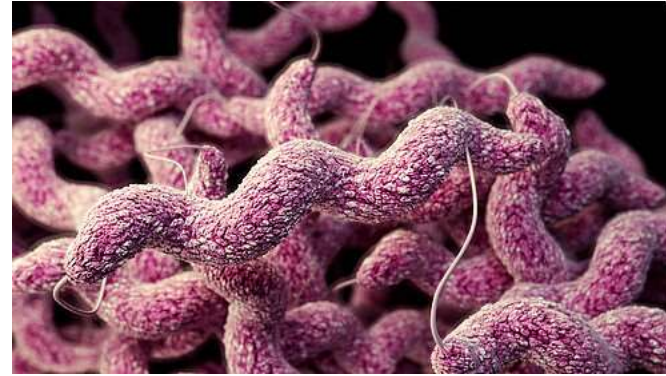
Figure 1 Fish infected with *Aeromonas hydrophila*. Registered under charity number SC000278  
Heriot-Watt University is a Scottish charity UK

# *Mycobacterium avium*



- A *Mycobacterium avium* komplex (MAC) három fajt tartalmaz
- Környezeti mycobacterium-ok, számos forrásból izolálhatók (víz, aeroszol, talaj, iszap, növények)
- Legyengült immunrendszerű egyéneket fertőznek (pl. AIDS), az esetek nagyrésztében vízhez köthető a fertőzés
- Járványos megbetegedéseik jellemzően szennyezett vízhez köthetők

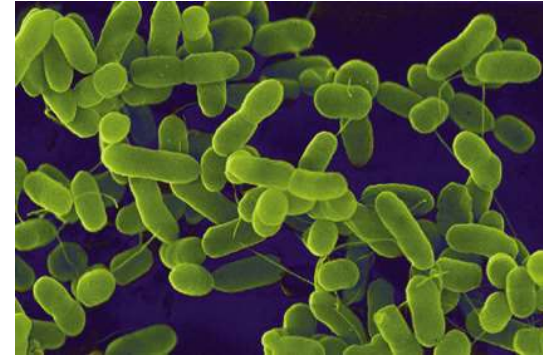
# *Campylobacter*



- Enterális kórokozók, hasmenést okoznak
- *C. jejuni*, *C. coli*
- A hasmenéses betegségek kb. negyedét okozza *Campylobacter* faj (Mo-on kb. 10 ezer eset/év)
- Háziállatokról közvetlenül terjedhet emberre, forrása lehet az elégtelenül megfőzött/sütött hús, vagy pasztörizálatlan tej
- Széklettel a külvilágba jutva vízbázist is elszennyezhet kisebb-nagyobb vízjárványokat eredményezve



## *Yersinia enterocolica*



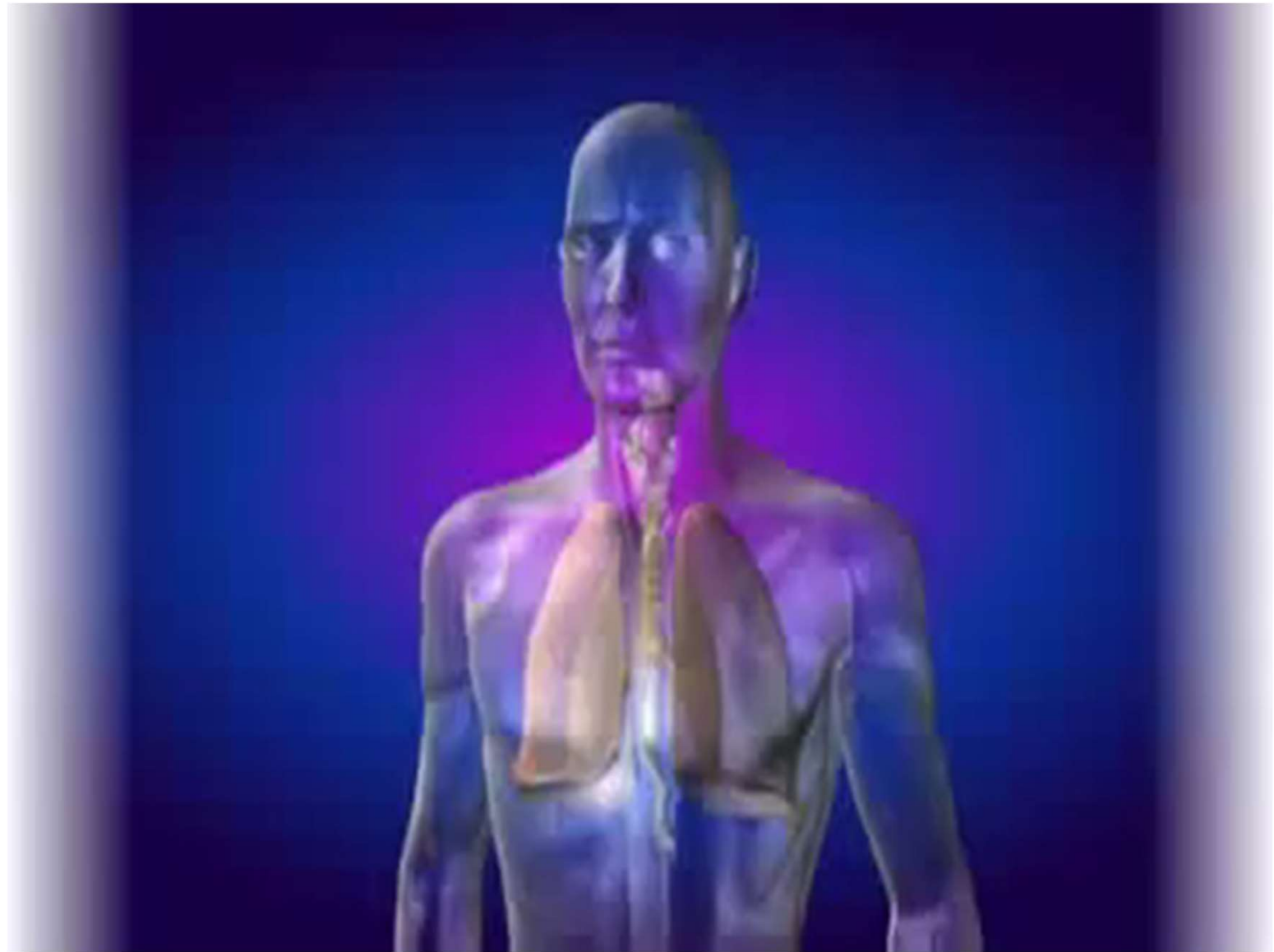
- Szájon át jut a bélcsatornába, a nyálkahártya kifeléyesedést okozhat.
- Forrása lehet beteg ember, házi, vagy vadonélő állat (sertés, szarvasmarha, nyúl, kutya, macska baromfi, madarak, rágcsálók)
- Közvetlen kontaktussal, vagy víz és élelmiszer közvetítésével terjedhet
- Vakbélgyulladásához hasonló tüneteket produkál

# *Arcobacter*

- Epsilonproteobacteria, Gram-negatív, csavart alakú baktériumok
- Állatokban és változatos környezeti forrásokban kimutatható genusz (epsilonproteobacterium-oknál egyedi módon), néhány faja humán patogén
- Növekvő jelentőségű felszíni és felszín alatti vízben, valamint háziállatoknál
- Az *A. buthleri* hányással, hasmenéssel járó tüneteket okozhat

# *Legionella*

- Gram-negatív pálcák, 60 faj ismert, eddig harmadukról igazolódott, hogy patogén.
- *Legionella pneumophila*
- Tipikus vízeredetű baktérium, bármely vízi környezetben előfordul, egészségügyi kockázatot természetes előfordulási helyükön ritkán okoz
- Ha természetes vizekből zárt vízrendszerbe kerül, egészségügyi kockázata jelentősen megnő
- Aeroszolok közvetítésével juthat le a tüdő alveolusokba, ahol tüdőgyulladást okozhat



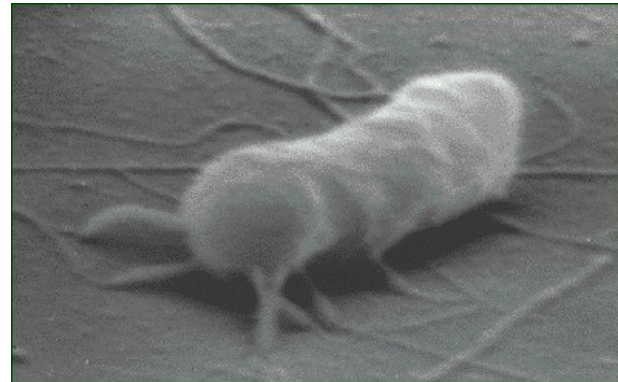
# Salmonella

Európában, USA-ban és a világ többi részén is az egyik leggyakrabban élelmiszer-eredetű megbetegedést kiváltó baktérium, évente több millió megbetegedést okoz

## Előfordulás:

Környezeti források:

- » víz, szennyvizekben
- » talaj,
- » rovarok,
- » üzemi felületek,
- » konyhai felületek,
- » állati eredetű takarmányokban
- » állati ürülék, hígtrágya
- » nyers hús,
- » nyers baromfi,
- » nyers tengeri hal, rák és kagyló.



A *Salmonella* széles körben fordul elő állatok bélcsatornájában, különösen a szárnyasoknál és sertésnél, de az emberek is lehetnek tünetmentes hordozói.



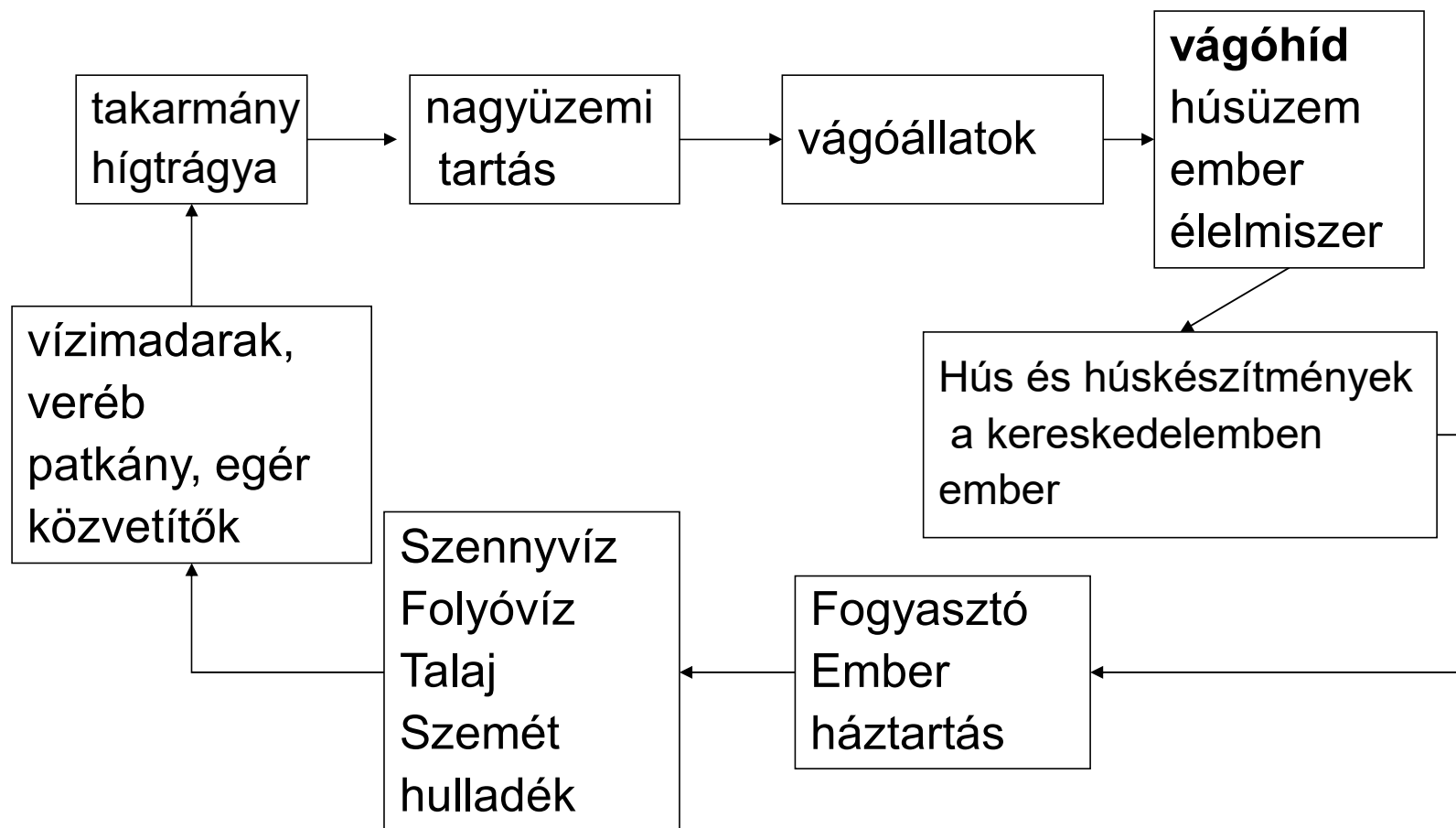
# Salmonella nemzetség

	Ember	Állat
<b>Hastífusz</b>	<i>S. typhi</i>	<i>S. typhisuis</i> (sertés) <i>S. pullorum</i> (baromfi) <i>S. gallinarum</i> (baromfi)
<b>Paratífusz</b>	<i>S. paratyphi</i> A,B,C <i>S. sendai</i> <i>S. typhimurium</i> <i>S. thompson</i> <i>S. choleraesuis</i> <i>S. enteritidis</i>	
<b>Vetélés</b>	<i>S. abortusequi</i> <i>S. abortusbovis</i> <i>S. abortusovis</i>	

Nem keverendő össze a kiütéses tífusszal, melyet a ruhatetűben élősködő *Rickettsia prowazekii* sejtparazita okoz.

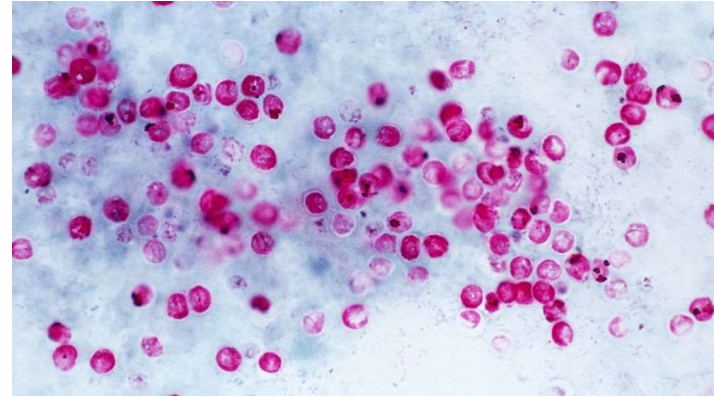
Forrás: bme

# A salmonellák fertőzési láncolata



Forrás: bme

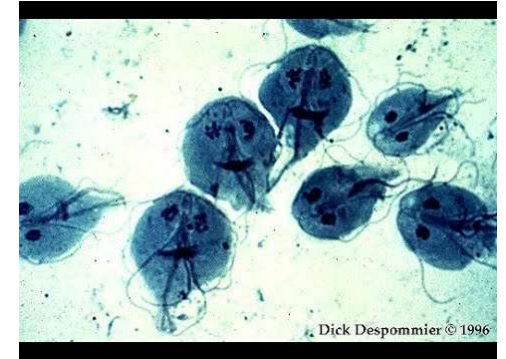
# Kriptosporidiózis



- *Cryptosporidium* nevű protozoa által kiváltott megbetegedés
- Fertőzött emberek, vagy állatok ürülékével szennyezett vízzel terjed
- Különösen gyakori azoknál, akik sokszor kerülnek kapcsolatba természetes vizekkel, tavakkal, folyókkal – nyáron sok embert érinthet
- Már 2-10 oociszta képes betegséget kiváltani
- A vékonybelet támadják meg, súlyos hasmenést okozva

# Giardia fertőzés (giardiasis)

- A *Giardia lamblia* kórokozó által kiváltott megbetegedés.
- Szájon keresztül történik a fertőzés, fertőzött étellel, vagy vízzel, mely a kórokozó ciszta alakjával szennyezett.
- A lenyelt ciszták a patkóbélben alakulnak át kifejlett egyedekké (trophozoita)
- Tünetei: hasmenés, hányinger, puffadás (főleg gyermekeknél)
- Természetes vizekben való előfordulását 15%-ra teszik



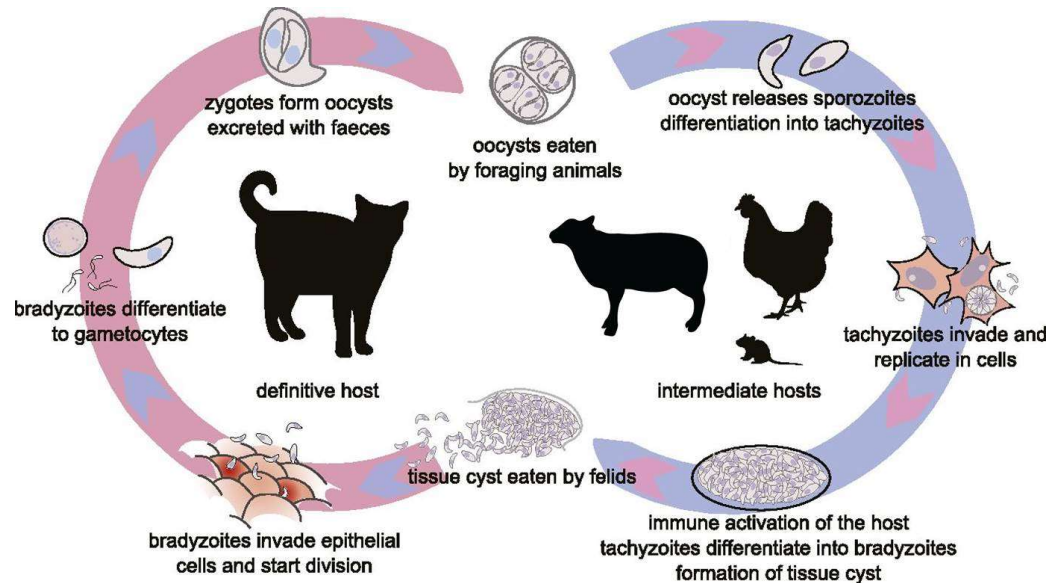
# Dracunculiasis

- A guinea féreg által okozott fertőzés
- Az ember az egyedüli emlős, melyet megfertőz, a vízi bolha közvetítésével, mely a fertőzött ivóvízzel kerül a szervezetbe
- Jelentősége csökken, ez lehet az első parazita, melyet az emberiség „legyőz”
- 2013-ban már csak 148 esetet regisztráltak (négy Afrikai ország érintett még)



# Toxoplazmózis

- *Toxoplasma gondii* protozoon által kiváltott betegség
- Végző gazdája a macska, köztigazdája az ember
- A világ népességének kb. harmada fertőzött
- Általában tünetmentes, vagy enyhe influenzaszerű
- Hosszútávon pszichés hatásai vannak (skizofrénia, depresszió)
- Forrása elsősorban a macskaürülék, de kimutatták már rosszul átsült élelmiszerek és víz (ivóvíz) közvetítésével történő terjedését is



# *Entamoeba histolytica*



- Protozoon, emberi élősködő, mely a vastagbélben elszaporodva okoz amoebiasis-t.
- Világszerte, így hazánkban is előfordul, a cisztákat tartalmazó ivóvíz, zöldség, gyümölcs elfogyasztásával fertőz (általában fekális-orális úton)
- A ciszták a vékonybélben trofozoitákká alakulnak, majd a vastagbélben szövetoldó enzimeikkel (proteázok) károsítják a bélfalat és vastagbélgyulladást (colitis) okoznak, mely ödémák, tályogok kialakulását követően nekrotizációhoz vezethet

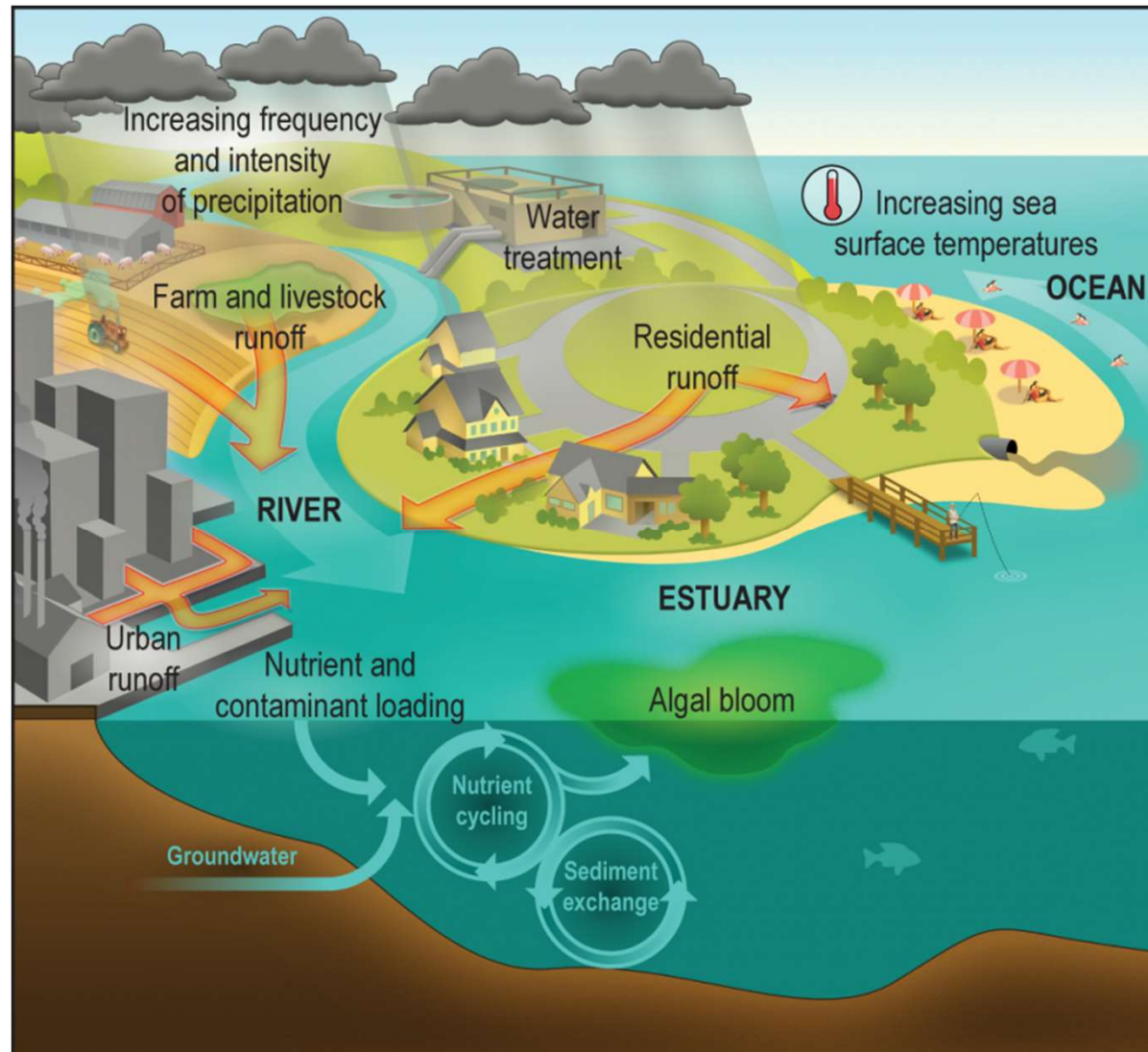
# Vírusok szerepe felszíni vizekben

- A vírusok száma nincs összefüggésben a bakteriológiai állapottal!
- A vízzel terjedő humán patogén vírusok - gyűjtőnéven enterális vírusok – fekális-orális úton fertőznek. Ezek elsősorban a következő víruscsaládok képviselői:
  - *Adenoviridae* (adenovírus 40 és 41 típus),
  - *Caliciviridae* (Norovírus és Sapovírus nemzetségek),
  - *Picornaviridae* (poliovírusok, coxsackievírusok, echovírusok, enterovírusok, hepatitis A vírus [HAV])
  - *Reoviridae* (rotavírusok)
- Az enterális vírusok által kiváltott betegségek: gyomor-bélgyulladás, hepatitis, szívizomgyulladás, asepticus meningitis, valamint szemgyulladás és légzőszervi megbetegedések

# Vírusok kimutatása vízmintából

- Közvetlen kimutatásuk (sejtkultúrában) lassú, körülményes és alacsony az érzékenysége.
- A bakteriális és bakteriofág indikátorok nem megfelelőek.
- A molekuláris diagnosztika (PCR) pontosabb, ám mivel a vírusok titere rendkívül alacsony, akár több száz liter mintára lenne szükség elvégzéséhez (filtráció, vagy flokkuláció).
- Hatékonyság javítása: Virobathe projekt (a vírusok kapszidfehérjéi pH változásokra bekövetkező töltésváltozásnak köszönhető reaktív felülethez történő reverzibilis kötődésen alapuló módszer – cellulóz-észter membrán).
- Az eredmények alapján a leggyakoribb az adenovírusok csoportja volt (Kern et al., 2011).

## A globális felmelegedés hatása a vízeredetű fertőzésekre



# A vízhez köthető megbetegedések klímaérzékeny elemei

Patogén vagy toxintermelő	Kitettség útvonala	Egészségügyi kimenet/tünetek	Klíma összefüggés, vagy mozgatórugó
Algák – toxigén tengeri fajok pl. <i>Alexandrium</i> , <i>Dinophysis</i> , <i>Pseudo-nitzschia</i> , <i>Karenia brevis</i>	Kagyló, hal, rekreáció (aeroszolizálódott toxinok)	Gasztrointesztinális, vagy neurológiai tünetek, asztma, irritáció	Növekvő vízhőmérséklet és vízfelület, savasodás, hurrikánok
Cianobaktériumok (toxintermelő édesvízi fajok)	Ivóvíz, rekreációs vízhasználat	Máj és vesekárosodás, gastroenteritis (hányás, hasmenés), neurológiai rendellenességek, légzési problémák	Hőmérséklet, csapadékeloszlás
Enterális baktériumok és protozoák ( <i>Salmonella enterica</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>E. coli</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Giardia</i> )	Ivóvíz, rekreációs vízhasználat, kagyló	Gastroenteritis	Hőmérséklet (légkör és víz), heves esőzések, árvíz
Enterális vírusok (enterovírusok, rota, noro vírus, hepatitis A és E)	Ivóvíz, rekreációs víz, kagyló	Gasztrointesztinális megbetegedés (súlyos esetben paralízis, vagy szív és más szerveket érintő tünetek)	Heves esőzés, áradás, hőmérséklet (légkör és víz)
<i>Leptospira</i> , <i>Leptonema</i> baktériumok	Rekreációs vízhasználat	Influenzaszerű megbetegedés, súlyos esetben meningitis, vese és májkárosodás	Árvíz, hőmérséklet (víz), heves esőzések
<i>Vibrio</i> baktériumfajok	Rekreációs víz, kagyló	Gastroenteritis ( <i>V. parahaemolyticus</i> , <i>V. cholerae</i> ), véráramfertőzés lenyelés, vagy seb útján ( <i>V. vulnificus</i> ), bőr, szem és fülfertőzés ( <i>V. alginolyticus</i> )	Hőmérséklet (melegedő víz), tengerszint emelkedése, csapadékeloszlás

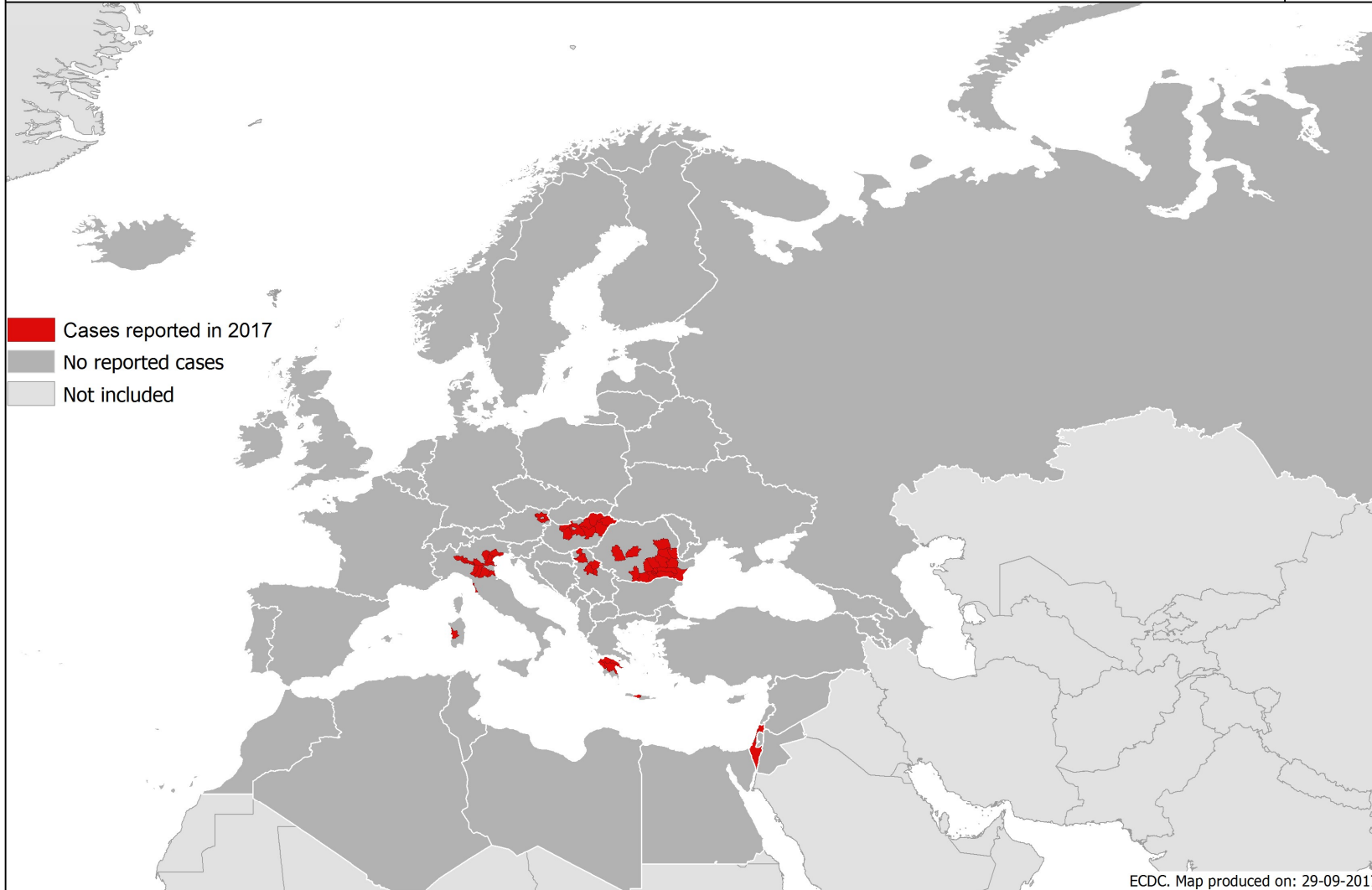


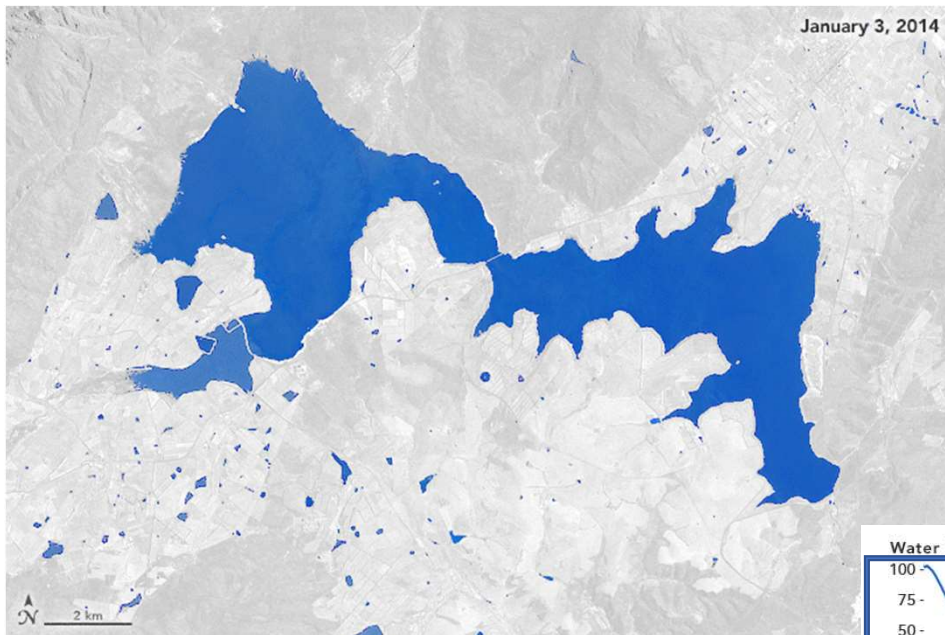
## A globális felmelegedés hatása a vízeredetű fertőzésekre



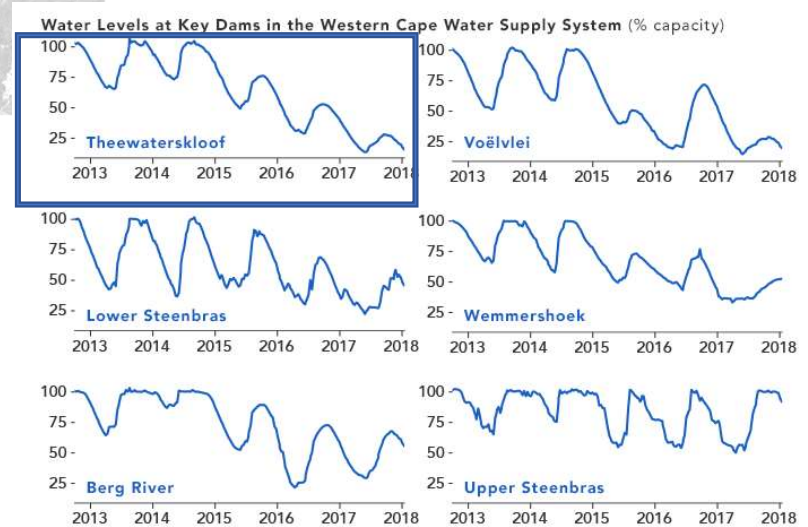
- Az árvizek gyakorisága és intenzitása növekedik
- Az árvíz komoly közegészségügyi kockázatot jelent a patogén mikroorganizmusok szempontjából
- E. coli és fekális coliform baktériumok, Salmonella, Hepatitis A, calici vírus...
- Elpusztult állatok, szennyvíz (aknák, csatornák, udvari WC-k)
- Fertőtlenítés hiánya, szennyezett víz, élelmiszer (gyümölcs, zöldség) fogyasztása → enterális megbetegedések aránya nő
- Fertőzött szúnyogok – a csípőszúnyog mellett az elmúlt években megjelent Magyarországon a koreai csípőszúnyog (*Aedes koreicus*), az ázsiai bozótshúnyog (*Aedes japonicus*) és az ázsiai tigrisszúnyog (*Aedes albopictus*)
- → nyugat nyilusi láz, chikungunya láz, fonalférgék (*Difilaria*, *Brugia*)
  
- A felszíni vizek minőségét közvetlenül érintő jelenség

Distribution of West Nile fever cases in humans by affected areas in the EU/EEA Member States and EU neighbouring countries  
Transmission season 2017; latest data update 28-09-2017





# Vízhiány



Fokváros - az évszázad aszálya  
 vízkorlátozás  
 2017 végén 87 l/fő/nap  
 2018 elején (50 L/fő/nap)  
 6B szintű vízkorlátozás

# Mire elég 50 liter



24.0%

A vízkészletek a korlátozások mellett is tovább fogynak, pedig a lakosság 55%-a szigorúan betartja az ajánlott fogyasztási limitet.

WEEKLY TREND - 0.4% 



**DAY ZERO** 15 07 2018 THE DAY WE MAY HAVE TO QUEUE FOR WATER

- A CSAPOKAT ELZÁRJÁK
- VÍZOSZTÁS KIJELÖLT HELYSZÍNEKEN, 25 L/FŐ FEJADAGGAL





64%



Behind Schedule - On Schedule - Ahead of Schedule

## Folyamatban lévő megoldások

- *Cape town-nak követnie kellene Izrael példáját, ahol az ivóvízellátást 35%-ban tengervíz lepárlásával fedezik*
- *Használt víz tisztítása és újrahasználata*
- *Felszín alatti vízkészletek kitermelése*

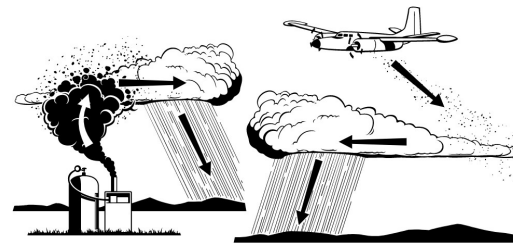


# Folyamatban lévő megoldások

- *Felszín alatti víz - cape flats aquifer unit (CFAU)*
  - *A CFAU kb. 750 km<sup>2</sup> kiterjedésű, édesvíznek tekinthető (Sótartalma kisebb, mint 1 g/L). A vízadó réteg hozzávetőlegesen 150 millió m<sup>3</sup> vizet tartalmaz. Az első tesztfúrásokat már megkezdték.*



ESŐTÁNC?



IDŐJÁRÁS MANIPULÁCIÓ EZÜST-JODIDDAL (CLOUD SEEDING)?

CSAK AKKOR MŰKÖDIK, HA MEGFELELŐ A LEVEGŐ PÁRATARTALMA





**Köszönöm szépen a megtisztelő figyelmet!**

Felhasznált források: e-learning

További olvasnivaló: Losonczy Gy. (2001): A klinikai epidemiológia alapjai.  
Medicina Könyvkiadó, Budapest