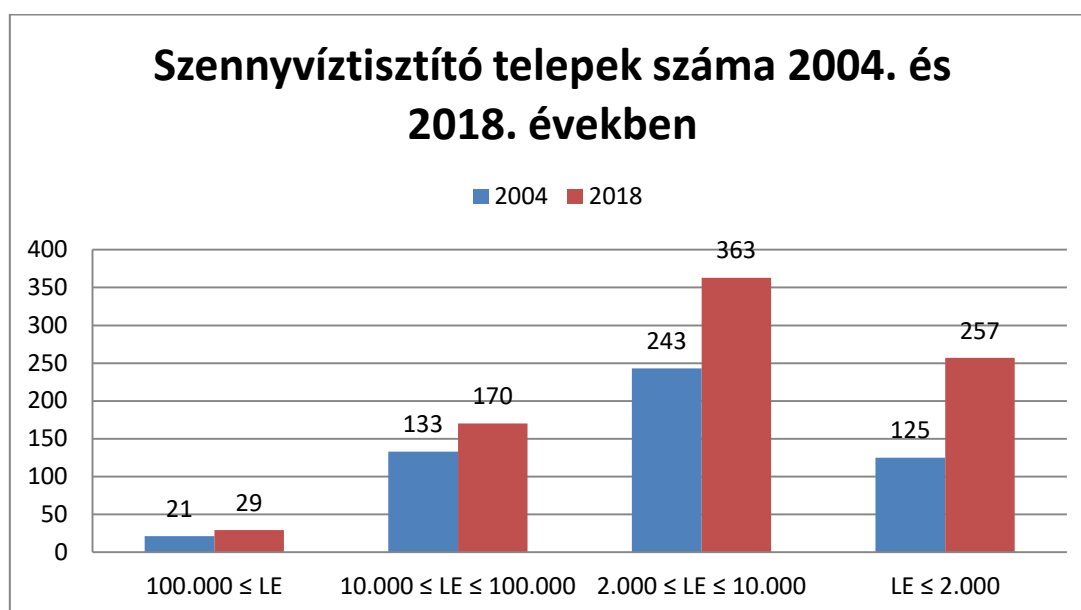


# Hazai szennyvíztisztító telepek és hálózatok fejlesztési lehetőségei

## 1. Az elmúlt évek fejlesztései

A 2000-es évek elejétől folyamatos fejlesztés történik a szennyvíztisztítás területén. A fejlesztések célja a hazai lakosság szennyvízkibocsátása minél nagyobb hányadának csatornán történő elvezetése és tisztítása.

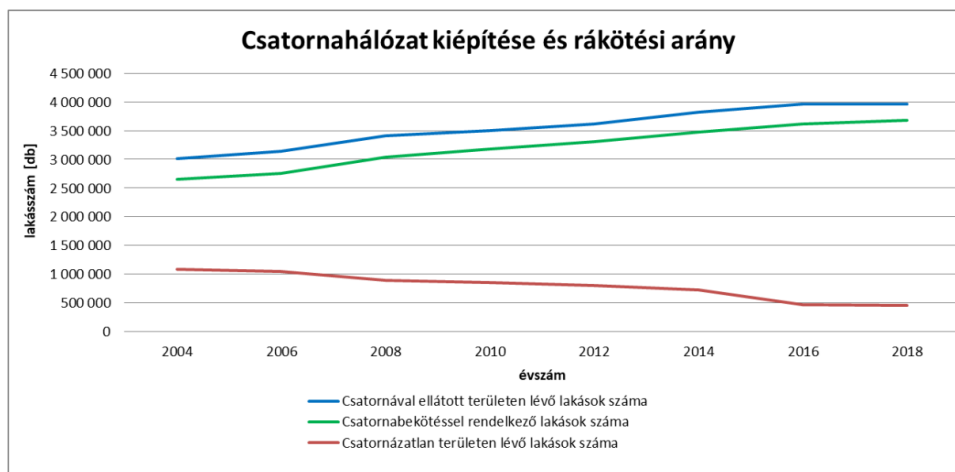
A korábbi időszakokkal szemben, amikor alapvetően a kis vízfolyások túlterhelése miatti szennyvízkezelés volt a jellemző (a nagy ipari kibocsátók, ill. nagyvárosok kis vízfolyás melletti kezelésén volt a hangsúly), addig az elmúlt 20 évben elkészült a budapesti központi és a győri szennyvíztisztító telep, melyeknek csatornahálózata ugyan rendelkezésre állt az elmúlt 100 évben is, de a befogadó nagy víztömege lehetővé tette a szennyvíz részleges tisztítása mellett a közvetlen bebocsátást is. A nagy befogadókkal rendelkező nagyvárosi szennyvízterhelések kezelését követően a közepes telepek fejlesztése indult meg, melyek befogadói nagy vízfolyások voltak. Az elmúlt években a közepes és kis települések fejlesztése is előrehaladt, melynek következtében a közepes és kis vízfolyások is tisztított szennyvizet kapnak.



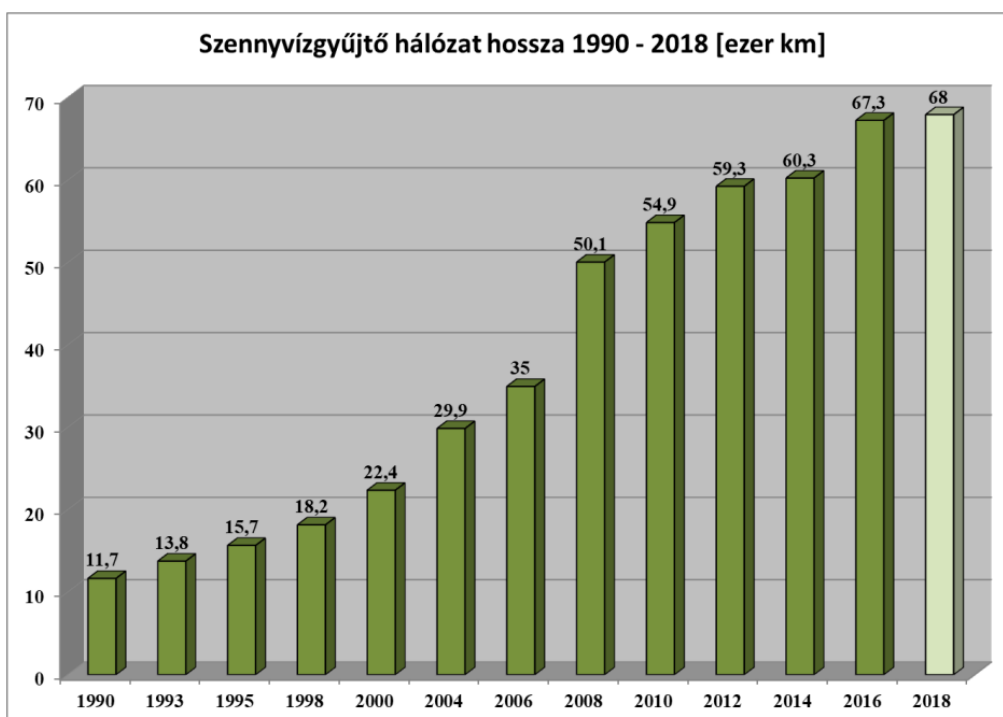
1. ábra: A Szennyvíztisztító telepek számának alakulása a 2004. és 2018. évek között a lakosegyenérték (LE) függvényében

A Belügyminisztérium Közfoglalkoztatási és Vízügyi Helyettes Államtitkársága 2020. júniusában közölt adatai alapján a hazai csatornázottság és rákötési arány a 2. ábra és 3. ábra szerint alakult<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Tájékoztató – Magyarország településeinek szennyvízelvezetési és – tisztítási helyzetéről, a települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelv Nemzeti Megvalósítási Programjáról



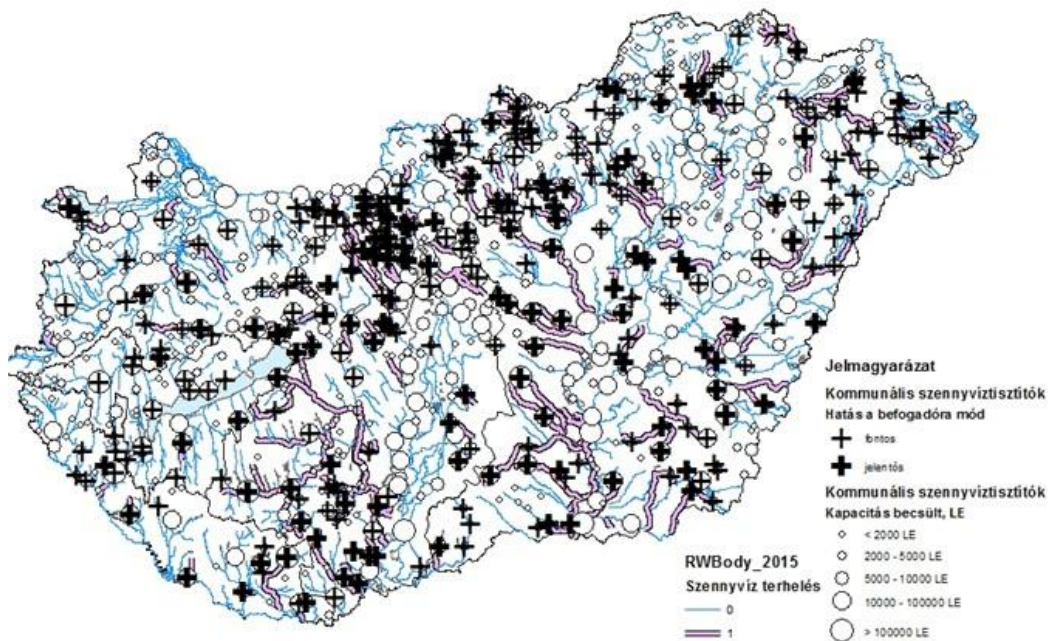
2. ábra: A csatornázott lakások számának és a rákötési arányok alakulása



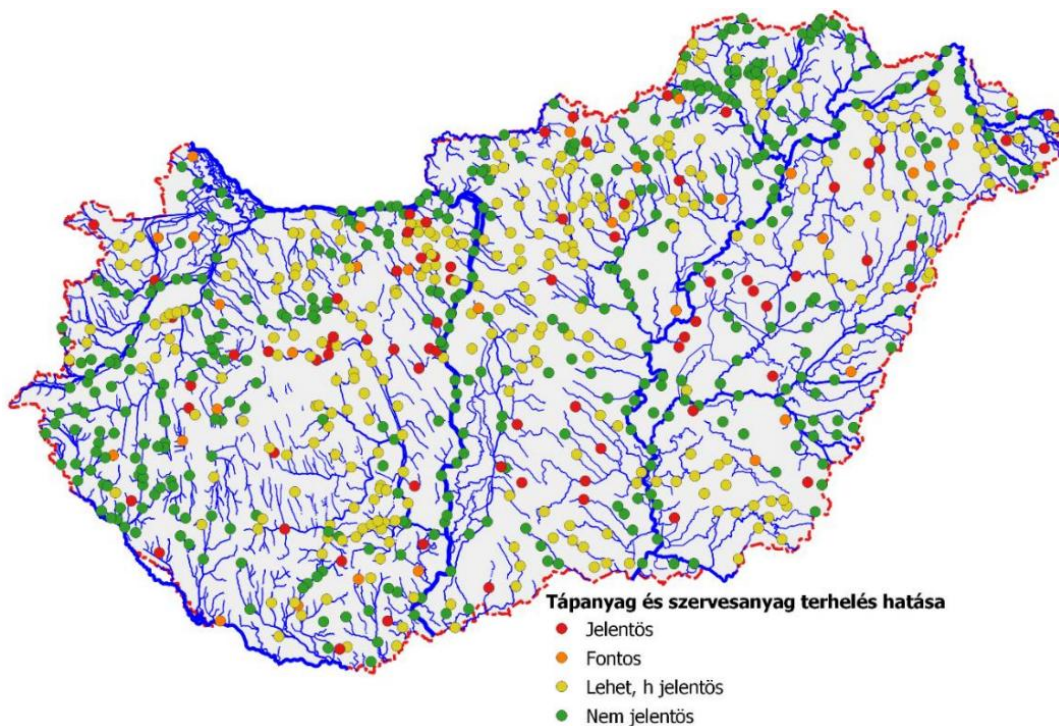
3. ábra: A szennyvízgyűjtő hálózat fejlődése

## 2. Megfigyelt jelenségek a felszíni vizek állapotában

A felszíni vizek monitoring adatai szerint a telepek üzembe helyezését követően romlott a folyók, befogadók minősége. Alapvetően két jelenség tapasztalható. Egyrészt a mért szennyezőanyag koncentrációja a folyókban számottevően megemelkedett, másrészt időszakosan kotrásokra volt szükség a területen, mivel szagproblémák, és a berothadás jelei mutatkoztak a befogadókban. Ez utóbbiak főleg a kisebb befogadók esetén okoztak nagyobb problémákat.



4. ábra: A szennyvíztisztítók hatása a befogadóra<sup>2</sup>



5. ábra: A települési szennyvíztisztítók kibocsátásából eredő tápanyag-és szervesanyag-terhelés hatása a vízminőségre<sup>3</sup>

<sup>2</sup> forrás: Dr. Clement Adrienne (BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék): A kommunális szennyvíztisztítás szerepe a felszíni vízminőség alakulásában és a tervezett intézkedések  
Web: <https://slidetodoc.com/a-vzgyjtgzdldkdsi-tervezs-telepsi-vzgzdldkossal-kapcsolatos-eredmnyei-az/>

<sup>3</sup> forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság: A Duna-vízgyűjtő magyarországi része  
VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERV – 2021, 118. oldal.

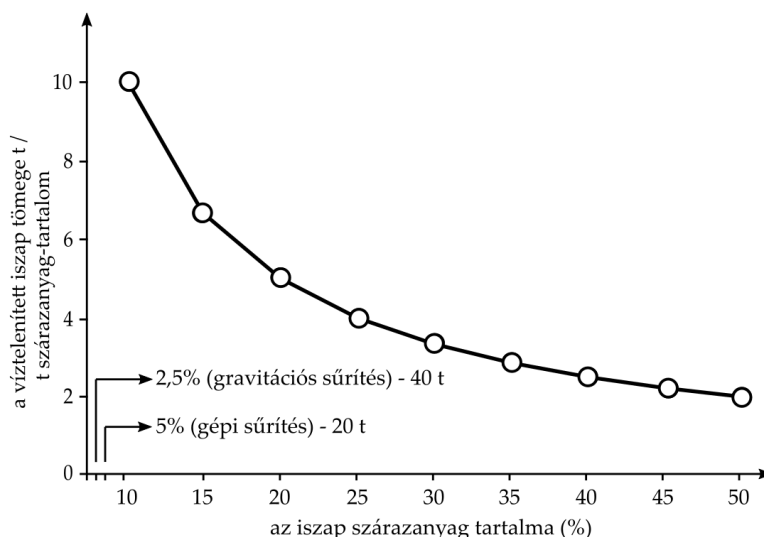
### 3. Szennyvizek tisztításának módjai, napi tapasztalatok

A települések szennyvizeinek tisztítása alapvetően biológiai rendszerekben történik, melyek lehetővé teszik az egyébként más technológiával el nem távolítható szénhidrátok és ammónia kezelését is. (Zsírokat és fehérjéket részlegesen zsírfogóval és flotálással is el lehet távolítani.) A kiépített eleveniszapos szennyvíztisztító telepek hatékony tisztítást tesznek lehetővé egy lépésben zsírok, fehérjék, szénhidrátok, ammónia és foszfor tekintetében. A tisztítást követően beépült szerves anyagokat eleveniszap segítségével távolítják el a vízből, mely megfelelő tartózkodási idő mellett lehetővé teszi a fekál eredetű ammónia nitráttá, majd nitrogénné történő átalakítását is. A foszfor eltávolítása részlegesen az iszappal történik, ill. vas- és alumínium-tartalmú vegyszerek hozzáadásával.

A telepek működésének alapvető feltétele a hatékony és elégséges oxigénbevitel a megfelelően kialakított eleveniszapos terekbe, a hidraulikailag jól kialakított utóülepítő és iszaprecirkuláció, ill. a keletkező ún. fölösiszap elvétele, annak hatékony kezelése és víztelenítése.

A beérkező szervesanyag-terhelést KOI (kémiai oxigénigény) méréssel jellemzik, ami egy kémiai oxidáción alapuló mérés, és lehetővé teszi a zsírok, fehérjék és szénhidrátok egy paraméterrel történő jellemzését. Ennek egy biológiai mérés alapján történő változata a  $BOI_5$  (ötnapos biológiai oxigénigény), ami azt mutatja meg, hogy 5 nap alatt biológiai környezetben milyen mennyiségű oxigénfelvételi igénye van a biológiai lebontásnak. Jellemzően a  $BOI_5$  és KOI aránya egy kommunális szennyvíz esetén 0,6. A  $BOI_5$  nem csak azt mutatja meg, hogy milyen terheléssel érkezik a szennyvíz, hanem azt is, hogy ha közvetlenül a befogadóba kerülne, akkor milyen mennyiségű oxigént vonna el a vízi életközösségtől annak lebontása. Ez akár a magasabb rendű (oxigénnel légző) élőszervezetek károsodását és pusztulását okozhatná.

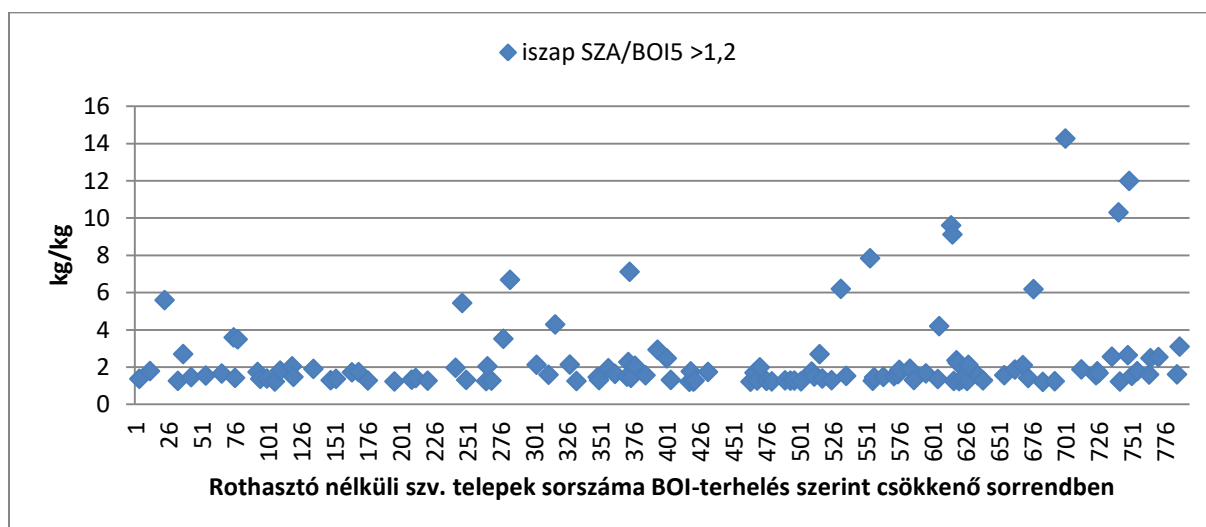
A jól működő telepek napi  $BOI_5$  terhelése közel egyenlő a várható fölös- ill. víztelenített iszapmennyiség szárazanyag-tartalmával (sz.a.) (külön iszapkezelés – rothasztás vagy ATAD (autotherm thermofil aerob digestion) – nélkül). Ez ma itthon egy  $1000 \text{ m}^3/\text{d}$ -os (8.333 LE) telep esetén mintegy 500 kg  $BOI_5$ -t jelent, és ezzel egyenértékű víztelenített iszap szárazanyag-tartalom mennyiségét. Ennek a természetben való megjelenése viszont kb. ötszöröse, mivel a víztelenített iszap szárazanyag-tartalma kb. 20%-os. Kevésbé jól működő telepeken 18% vagy kevesebb, míg jól működő telepeken 21-22%. Vagyis 18% esetén, egy 500 kg szárazanyag-tartalmú iszap naponta 2780 kg-nak adódik, míg egy stabilan működő telep esetén – 22%-os szárazanyag-tartalomnál – 2270 kg. Előbbi esetben az évi iszapmennyiség 1015 tonna, utóbbinál 830 t/év. (Ebben a tartományban 1% szárazanyag-tartalomnövekedés 5%-os iszapmennyiség-csökkenést jelent víztelenített iszapmennyiségre vonatkoztatva.) Ennek oka az iszapszerkezet, ami alapvetően befolyásolja az iszap vízteleníthetőségét. További befolyásoló tényező az iszapvíztelenítő gép stabil működése és az iszap víztelenítését segítő adalékanyag (polimer), de alapvetően az iszap szerkezete határozza meg a vízteleníthetőséget. A 6. ábra 1 tonna szárazanyag-tartalmú iszap különböző szárazanyag-tartalmakhoz tartozó iszapmennyiségeit mutatja.



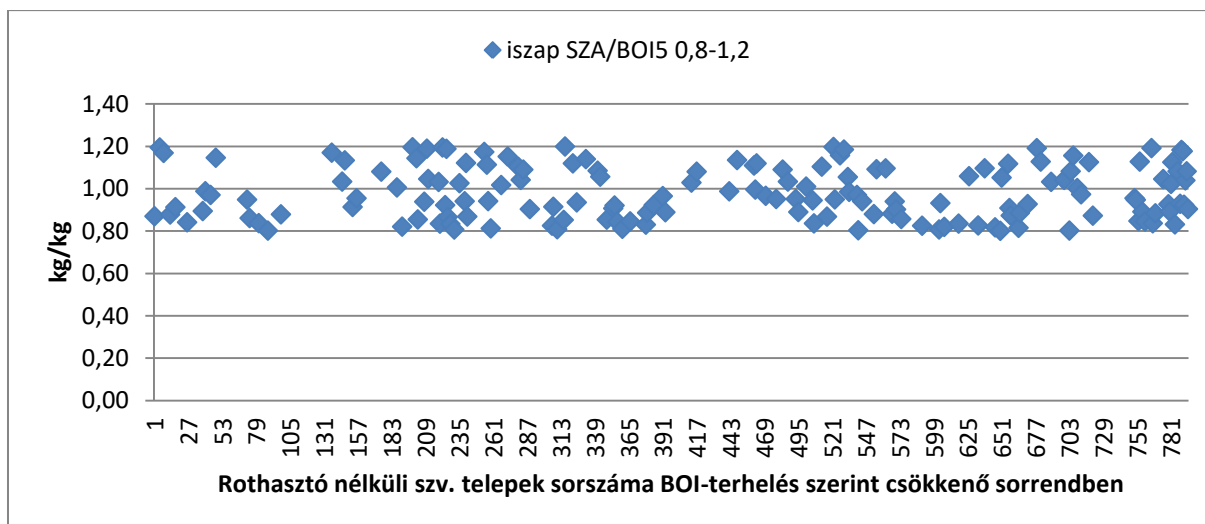
6. ábra: A víztelenített iszap tömegének és szárazanyag-tartalmának összefüggése

Nem stabilan működő (nagy fölősiszap-mennyiséget termelő, télen habzó, fonalasdásra hajlamos) telepeken nem csak az iszap szárazanyag-mennyisége lesz nagyobb akár 20-30%-kal, de romlik annak vízteleníthetősége (20-30%-kal tovább növelve a mennyiséget), és a nitrifikáció, vagyis az ammóniaeltávolítás hatásfoka is nagymértékben lecsökken. A jó működést veszélyezteti az iszapok vízvonalon tartása, utőülepitőben történő sűrítése, a túl nagy anoxikus és anaerob terek, és a (rothasztóból származó) csurgalékvizek terhelése. Ezek olyan problémákat okoznak, amelyek rontják a telepek működését, főleg a téli időszakban (fonalasdás, habzás, foszfor-visszaoldódás stb.).

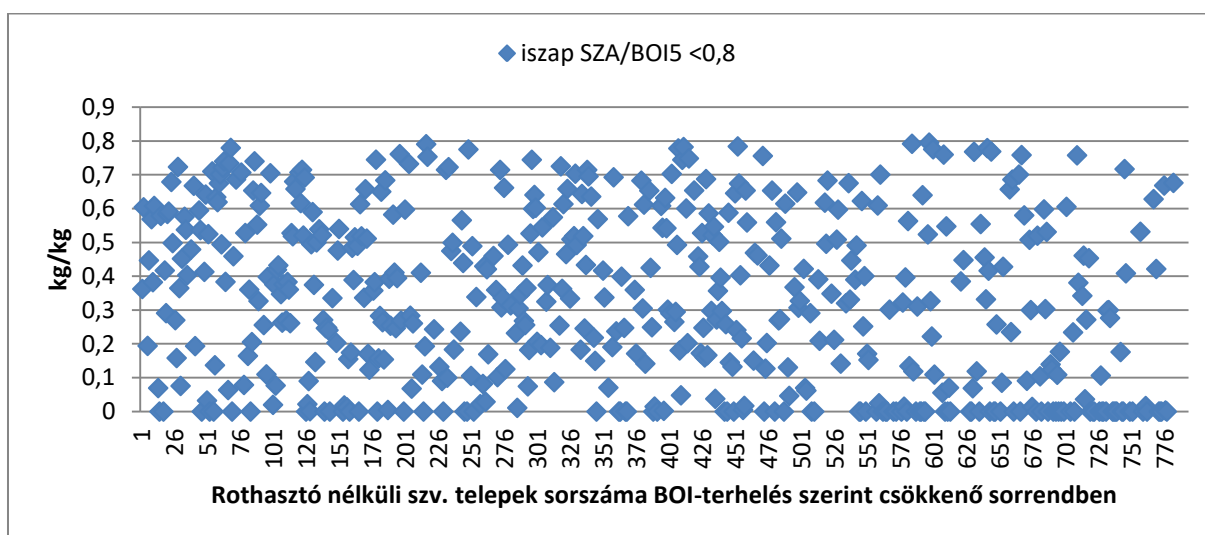
A következő ábrák a kis és közepes nagyságú (rothasztóval nem rendelkező) telepek BOI<sub>5</sub> terhelésének és a kivett/eltávolított iszap szárazanyag-tartalmának arányát mutatják be. Jól látható, hogy 1,2 kg sz.a./kg BOI<sub>5</sub> arány feletti értékből jóval kevesebb van, mint a 0,8 alatti értékekből, miközben normálisan 1,0 körül kellene alakulnia jól működő telepek esetén. (Az ábrák vízszintes tengelyei 794 db szennyvíztisztító telepet jelölnek, melyek sűrűsége mutatja az adott ábrára jellemző gyakoriságot. Azonos számhoz csak a tengely rövidege miatt rendelődhet különböző érték.)



7. ábra: Az 1 kg BOI<sub>5</sub> terhelésből 1,2 kg iszap-szárazanyagnál többet termelő és eltávolító szennyvíztisztító telepek iszaptermelése, gyakorisága és száma (124 db telep)



8. ábra: Az 1 kg BOI<sub>5</sub> terhelésből 0,8-1,2 kg iszap-szárazanyagot és eltávolító szennyvíztisztító telepek iszaptermelése, gyakorisága és száma (157 db telep)



9. ábra: Az 1 kg BOI<sub>5</sub> terhelésből 0,8 kg iszap-szárazanyagnál kevesebbet termelő és eltávolító szennyvíztisztító telepek iszaptermelése, gyakorisága és száma (512 db telep)

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság „Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási terve – 2021 II. Vitaanyag” című dokumentációjának 3. mellékletét képező táblázatok szerint, a hazai szennyvíztisztító telepek – rothasztót üzemeltető telepek nélkül – évi 100.260 tonna BOI<sub>5</sub> terhelést fogadnak. Ugyanezen mellékletek szerint ezen telepek éves kezelt iszapmennyisége 71.245 tonna szárazanyag/év. Ez azt jelenti, hogy a keletkező iszapok maximum 71%-a kerül kezelésre évente a hazai kis és közepes nagyságú telepeken. De ha figyelembe vesszük az instabil működés miatti többletiszap-termelést (ami meghaladhatja akár az 1,2 sz.a. kg/kg BOI<sub>5</sub>-s értéket is), ez az érték akár 60%-ra csökkenhet. Feltételezhető, hogy a valóság a két szám között helyezkedik el – és inkább az utóbbihoz esik közelebb, de ezekből az adatokból nem állapítható meg pontosan a tényleges érték.

Azok az iszapok, melyek nem kerülnek kivételre a tisztítás során, a befogadóba kerülnek, ott mint szerves anyag jelennek meg, mely nagy befogadók esetében haleledelként hasznosul, míg kis befogadókban berothadnak és bűzhatást keltenek, illetve veszélyeztetik a vízi életközösséget. Az elfolyó iszap szerves anyagot (biomasszát), nitrogént és foszfort tartalmaz. Az 1 kg szárazanyag-tartalomra számolt szervesanyag mintegy 70 gramm nitrogént és 10 gramm foszfort tartalmaz, amit a biológiai foszforeltávolítás 20-40 grammra is növelhet.

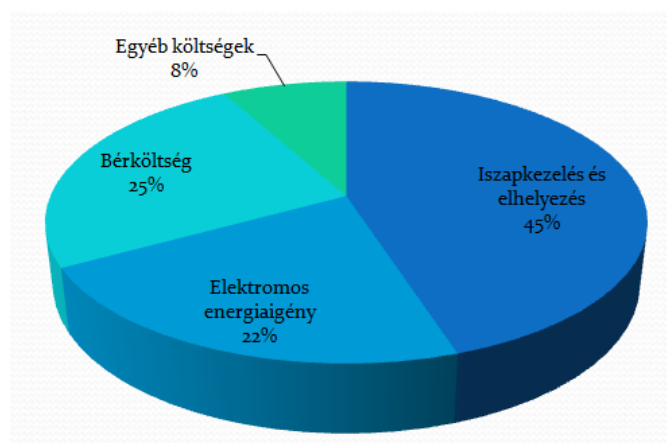
Tehát minden kg elfolyó iszap a befogadóban legalább 10 gramm foszforterheléssel, és 70 gramm ammóniának megfelelő ammónia-nitrogén terheléssel jár.

A fentiek alapján, éves szinten a hazai befogadóba bocsátott tisztított vízzel minimum 29.015 t szárazanyag-tartalmú iszap kerül ki. (Ami 20%-os szárazanyag-tartalmú iszap esetén 145.075 t, míg 17%-os szárazanyag-tartalom esetén 170.677 t iszap feldolgozását és elhelyezését teszi szükségtelemmé.) Évente a befogadóba – a szervesanyagon túl – 29.015 t iszappal számolva mintegy 620 t (2%-os) foszfor foszfát formában és 2.170 t nitrogén kerül ki aminosavak formájában. (A nitrogén redukált állapotú, vagyis bomlása során ammónia keletkezik.)

#### 4. A szennyvíztisztító telepek költségeinek megoszlása

Egy jól működő telep esetén, ahol nincs rothasztás, ill. egyéb iszapvonalai iszapstabilizálás, az alábbi módon oszlanak el a költségek (10. ábra - közvetlen költségek, amortizációs és központi irányítási költségek nélkül):

- Iszapkezelés és elhelyezés: 30-55% (átlagosan 45%)
- Elektromos energiaigény: 20-25% (átlagosan 22%)
- Bérköltség: 20-30% (átlagosan 25%)
- Egyéb költségek (vegyszer, labor, stb.): 5-10% (átlagosan 8%)



10. ábra: A szennyvíztisztító telepek közvetlen költségeinek átlagos megoszlása

#### 5. A szennyvíztisztító telepek instabil működésének okai

Az instabil működésnek két alapvető oka van: tervezési és üzemeltetési.

A tervezési okok alapvetően arra vezethetők vissza, hogy az iszapokat, mint homogén,  $BOI_5$ -t, ammóniát és nitrátot bontó élő masszát kezelik. A tervezések során jellemzően a makroparamétereket veszik figyelembe, úgymint:

- milyen  $BOI_5$  eltávolítás szükséges,
- mennyi ammóniát kell lebontani,
- ehhez mennyi oxigénre, milyen iszapkorra, és a nitrátlebontáshoz szükséges anoxikus tér meghatározása esetén mekkora anoxikus terekre van szükség,
- van-e igény biológiai foszforeltávolításra.

Ezért a következő technológiákat építik ki, kellő mérlegelés nélkül:

<b>A kiépített technológiák vagy tervezési hiányosságok</b>	<b>Következmények</b>
biológiai foszforeltávolítás	többlet fölösiszap-termelés és fonalas baktériumok (habzás) megjelenése
nagy anoxikus terek tervezése a magas $\text{NO}_3^-$ koncentráció miatt	
rossz hidraulikai kialakítás az utóülepítőben	iszapelúszás, instabil működés, többlet fölösiszap-termelés
alulméretezett recirkulációs iszapkapacitás	
iszapsűrítés és víztelenítés alultervezése, rosszul kalkulált fölösiszap-mennyiségek	víztelenítési nehézségek, iszapelúszás
nem megfelelő oxigénszabályozás az ágak között	többlet fölösiszap-termelés, instabil működés
rothasztók esetén nincs megoldva a csurgalékvíz-kezelés (ezért a fővonalon történik)	fonalásodás (fonalas baktériumok előtérbe kerülése az iszaphelyeket képző baktériumokkal szemben, nem ülepedő iszap), habzás, instabil működés (főleg, ha alacsony össz. N előírás van a befogadóra)
SBR (sequencing batch reactor) technológiák tervezése nagy szennyvíz-mennyiség mellett	rövid tartózkodási idők, nagy anoxikus terek, rossz ülepedés, fonalásodás, iszapelúszás jellemzi a technológiát

Ezek helyett a biológiai folyamatok ismeretét kell előtérbe helyezni, ezt, és a gyakorlati tapasztalatokat figyelembe véve kell a technológiákat megtervezni. Tervezési modellekre szükség van, de csak a magyarországi viszonyokat jól figyelembe vevő modelleket szabad elfogadni. Például olyan modellek kerülendők, melyek csak a be- és kimeneti paramétereket tartalmazzák, így a folyamatok leírása, a tervezési számítások közvetlenül nem ellenőrizhetők.

#### Üzemeltetési problémák:

- iszapcsökkentés az iszap utóülepítőben történő tartásával, majd elúszásával,
- iszapsűrítőnek használt utóülepítő, ami közvetlenül kihat a tisztítás minőségére.

#### Gazdasági szempontok:

Ami iszap nincs kivéve, azt nem kell kifizetni. Ugyanis az iszapköltség a telep költségeinek legnagyobb tétele (30-55%-a), ami az iszapfeldolgozás magas élőmunka- és karbantartásigényéből, illetve az iszapelhelyezéséből adódik.

Hasonló szempontok érvényesülnek a foszforeltávolításnál: ami vegyszer nincs beadagolva, azt nem kell kifizetni. (Ugyanakkor az eutrofizáció legfőbb limitáló tényezője a foszforkoncentráció alacsonyan tartása.)

## **6. Fejlesztési lehetőségek és feladatok**

A szennyvíztisztítás működési problémáinak megoldására az alábbi technológiai lehetőségek állnak rendelkezésre:

#### A) Stabil szennyvíztisztító rendszerek létrehozása:

- Instabil tervezési okok megszüntetése,
- iszapcsökkentés biztosítása a vízvonalon (ezzel nő az iszapkor és javul a telep stabilitása is),
- stabil, megbízható működésű iszapvonal kiépítése, melyeken mérettől függően a következő iszapkezelések jöhetnek szóba:



- gépi elősűrítés,
- ATAD (autotherm termofil aerob digestion) rendszerű iszapkezelés közepes méretű telepeken (50-60%-os szervesanyag-tartalomcsökkenés),
- rothasztás (25-30%-os szervesanyag-tartalomcsökkenés),
- iszapszárítás hőhasznosítással közepes és nagyméretű telepeken, magasabb, mint 50%-os szárazanyag-tartalom érhető el télen is (hőhasznosítás rothasztókból/ATAD-ból).

#### B) Hálózati fejlesztés:

Csatornahálózatokon olcsó, költséghatékony szagmegelőző rendszer kiépítése. Ezzel lehetővé válik relatív nagy távolságú hálózatok kiépítése is, így a mikrotelepek elkerülése. (Olcsóbb a szennyvízhálózaton történő szállítása (akár vegyszeres kezeléssel is), mint egy mikrotelep heti szintű ellenőrzése, iszapkezelése és karbantartása.)

Ma rendelkezésre áll olyan szagkezelő rendszer, mely azon csatornaszakaszokat kezeli hatékonyan, ahol kis mennyiségű szennyvíz áll hosszú ideig. A kis vízmennyiség kevesebb vegyszerigénnyel jár, és hatékonyan megakadályozza nagymennyiségű szennyvizek rothadt vízzel történő beoltását, és így szaghatásának kialakulását.

A fenti fejlesztéseket meg kell előznie annak tisztázása, hogy az egyes telepeken milyen fejlesztésekre van szükség. Ehhez a következőket kell elvégezni:

- a telepek (és a rothasztók) felmérését,
- a fejlesztési irányok meghatározását a felmérések alapján,
- meghatározni a méretfüggő műszaki megoldásokat (ezekre ma is rendelkezésre állnak tapasztalatok).

A tervezést követő lépések:

- a szükséges rekonstrukciók elvégzése,
- rekonstrukciót követő eredményellenőrzés,
- az üzemeltetők érdekelte tétele (az iszap- és foszforeltávolításban).

## 7. Várható eredmények

A stabil tisztítási kapacitás kiépítése esetén a következő eredményekkel lehet számolni:

- A szennyvíztisztító telepek könnyen és stabilan üzemeltethetők, ezzel javul a helyi szakemberek morálja, a munka minősége, és érdekeltnek lesznek a jó eredményekben.
- Jól ellenőrizhető szennyvíztisztítási technológia.
- Kisebb létszámmal is elvégezhető az üzemeltetés, mivel a tisztítási problémák nagy része megszűnik. (A folyamatos habzás, fonalásodás télen, vízfelületek tisztítása, többletmérések, nehéz víztelenítés, hatósági jelentések, elszámolás, megszűnése/csökkenése mind-mind élőmunka-igény csökkenéssel jár.)
- Megszűnnek a folyók többletterhelései, így a szükséges kotrások és iszapeltávolítás.
- A folyók bűzhatása és élővilágának károsodása nagymértékben megelőzhető.
- Nagy tavaink vízminősége javul (algásodása megszűnik).
- A kis településeken is előtérbe kerülhet a gyűjtés és telepeken történő kezelés. (Mivel a helyi, házankénti kezelés — ahol nem megoldható az iszapelvételek és feldolgozás — egyértelműen rosszabb hatásfokú, és talajterheléssel jár.)

Iszap:

- Az iszap szárazanyag-mennyisége valamelyest nőni fog, de annak kezelhetősége nagymértékben javul.
- Ha kiépítésre kerülnek iszapstabilizálási technológiák, akkor a víztelenített iszap mennyisége is jelentősen csökken.
- Iszapstabilizálással az iszap meghatározó tömege szagtalan, alacsony csíraszámú és könnyen kezelhető lesz.
- Az így kezelt iszap jól hasznosítható a mezőgazdaságban, és a körkörös gazdaság részévé tehető.
- A stabilizált iszap termőföldekre juttatása növeli a talaj humusztartalmát, ami a közvetlen tápanyagszolgáltatáson túl szerkezetjavító hatású, és „élővé” teszi a talajt.

A tisztított szennyvíz minősége lehetővé fogja tenni, az öntözésre való felhasználást, fertőtlenítést követően akár szélesebb területen is.

A kapcsolódó ágazatok (horgászat, turizmus, idegenforgalom) létfeltétele az élővizek állapotának nagymértékű javulása, ami főleg a terhelt nagy tavainknál lesz jól érzékelhető.

## 8. Összegzés

A szennyvíztisztító rendszerek fejlesztése hatékonyan csak a biológiai folyamatok ismerete, a gyakorlatban kipróbált technológiák mentén lehetséges. A rekonstrukciók lehetővé teszik a mainál minimum 30%-kal hatékonyabb szervesanyag- és tápanyageltávolítást azzal, hogy a ma még befogadókba bocsátott iszapok eltávolításra kerülnek a tisztítás során. Ez költségét tekintve többet érhet ró az üzemeltetőkre, ill. az ezt megfinanszírozó államra, de lehetővé teszi a rendezett viszonyokat a szennyvíztisztítás terén, a természetes vizek hatékony megvédését. Ezzel felszíni vizeink vízminősége számottevően javulni fog, és jelentősen csökken a környezetterhelés az iszapok kihelyezése során is.

Fertőszentmiklós, 2021. november 5.

Horváth Gábor  
biológus-, és vegyészmérnök  
BIO- T, M; VE- T, M 08-1053  
<https://www.mmk.hu/nevjegyzek?id=54298>