

Összefoglalás

Csatornahálózaton is érdemes vizsgálni a villamosenergia-felhasználást, de ebben az esetben a hálózatot „csak” visszamenőleg, a több éves adatsorral lehet összehasonlítani – mivel nincs két egyforma hálózat –, de villamos energiát spórolhatunk, ha növekvő fajlagos esetén beavatkozunk.

Szennyvíztisztító telepek esetében más a helyzet, mert technológiánként érdemes összehasonlítani a telepeket. Egyforma tisztítási technológiák esetén is eltérő a telepek nagysága, terhelése, ezért érdemes a fajlagosokkal számolni. Két fajlagos tényezőt érdemes vizsgálni, az egyik, mennyi kWh energia szükséges 1 m³ szennyvíz tisztításához, a másik, mennyi kWh energia szükséges 1 kg BOI₅ lebontásához. Ez a

két érték még kevés, mert nem mindegy, hogy milyen határértékre kell megtisztítani a szennyvizet, mivel érzékeny befogadó esetében a szigorúbb határértékek miatt jóval magasabb a szennyvíztisztító telep villamosenergia-felhasználása, mint egyéb esetekben.

Azt gondolom, elsősorban az üzemeltetőknek segítség az 1. számú táblázat, ha egy számukra nem ismert technológiával működő szennyvíztisztító telepet vesznek át üzemeltetésre, és nem rendelkeznek visszamenőleg adatokkal, amik alapján el tudnák dönteni, hogy a szennyvíztisztító telep villamosenergia-felhasználása jó-e, vagy sem.

A táblázat elkészültét követően derült ki, hogy az a tervezőknek is segítséget nyújthat, mert ennek alapján meg tudták tervezni a megvalósítandó mű villamosenergia-költségét.

BIOLÓGIAI IVÓVÍZ-TISZTÍTÁSI KÍSÉRLET A BALATONSZÉPLAKI FELSZÍNI VÍZMŰBEN

PINTÉR ANETT RITA
projektasszisztens,
Dunántúli Regionális Vízmű Zrt.

A kísérletek kiindulópontja, célja

A Balatoni Regionális Rendszer elsősorban a tó vizét forrásként használó part menti vízkezelő művekre volt alapozott. A vízkezelő művek részben elavult technológiával dolgoznak, ezért rekonstrukciójuk indokolt. Üzemük szezonális, fajlagos költségeik magasak, ennek következtében a költségoptimumra való törekvés a drága működésű vízkezelő művek háttérbe szorulást hozta. A DRV Zrt. alternatívákat keres a hosszú távú gazdaságos üzemeltetés megvalósítására. A vízellátás jövőbeni megoldására több lehetőség kínálkozik. Az egyik lehetőség a felszíni víz kiváltása a lényegesen olcsóbb, kutakból kitermelhető karsztvízzel, melyet azonban csak hosszú távvezetékeken keresztül lehet a fogyasztások súlypontjáig szállítani, és a vízkitermelés kapcsán meglehetősen nagy a lakossági ellenállás. Megoldás lehet a hálózatokban a szűk keresztmetszetek megszüntetése vagy a membrántechnológia alkalmazása. A biológiai tápanyaglebontás olcsó és környezetkímélő alternatíva lehet, mégis mesterséges körülmények között csak nagyon ritkán kerül bevezetésre.

Természetes ivóvíz egyre ritkábban fordul elő. A vízellátó hálózatokba táplált vizet ezért valamilyen formában kezelni, tisztítani kell. Kísérleti projektünk során a Dunántúli Regionális Vízmű Zrt. Balatonszéplaki Felszíni Vízművében arra keressük a választ, hogy vajon lehet-e a biológiai tápanyaglebontás felhasználásával, biológiai szűrés útján a Balatonból mint állóvízből ivóvizet nyerni.

Kísérleti projektünk során a Dunántúli Regionális Vízmű Zrt. Balatonszéplaki Felszíni Vízművében arra keressük a választ, hogy vajon lehet-e a biológiai tápanyaglebontás alkalmazásával, biológiai szűrés útján a Balatonból mint állóvízből ivóvizet nyerni. Ha igen, alternatívát kínálunk arra, hogy az ellátás középpontjában található felszíni vízkezelő művek drága technológiája átalakíthatóvá váljon úgy, hogy árban versenyképes legyen a kútvízzel, a karsztvízzel.

A parti szűrés egy természetes víztisztítási mechanizmus, ahol a folyó vize (Duna) a mederágyon átszivárogva fizikai, kémiai és biológiai tisztuláson megy keresztül, így a vizet egy lépésben ivóvízzé szűri. A folyamat hatásmechanizmusa legfőképpen a biológiai tápanyaglebontás alapszik.

A folyamat során a tápanyagától megfosztott víz mikrobiológiailag stabil lesz. Állóvizek tekintetében (Balaton) a parti szűréssel analóg technológiát modellezzük egy zárt rendszerű szűrőtartály segítségével.

A kísérlet elméleti háttere

A parti szűrés modellezése a dimenzióanalízis módszerének felhasználásával történt. Az eljárás során eredményül kapott dimenziótlan változók közül kettő, a Pe-szám és az L/d viszony alakulása befolyásolható.

A parti szűrés ivóvíz-előállítási hatékonysága kiváló, amelyet $Pe = 5 - 15$ és $L/d = 10.000$ mellett képes megvalósítani. A parti szűrés esetében a szűrési sebesség rendkívül alacsony (cca. 0,5 m/d), a biofilmhordozó homok fajlagos felülete meglehetősen kicsi, ezért nagy beáramlási keresztmetszetre, hosszú kút előtti partszakaszra, nagy természetes kialakítású „műtárgyra” van szükség. Mesterséges építésű szűrők beruházási költségét úgy lehet mérsékelni, ha a szűrési sebességet érdemben növeljük. A szóban forgó dimenziótlan számok képletei az alábbiak:

$$Pe = \frac{w \uparrow d_m \downarrow}{D_s \uparrow} \quad L/d = \frac{L_{\text{aktív}} \downarrow}{d_m \downarrow}$$

ahol

- w a szűrési sebesség,
- d_m a mértékadó szemcseátmérő,
- D_s a szubsztrát (a lebontandó szennyezés) difúziós tényezője,
- $L_{\text{aktív}}$ a biológiailag aktív réteg vastagsága.

A hasonlósági transzformáció szabályainak megfelelően, a parti szűrés paramétereit tartva a következő beavatkozások lehetségesek, a beavatkozások irányát a képletekben a nyílak jelzik:

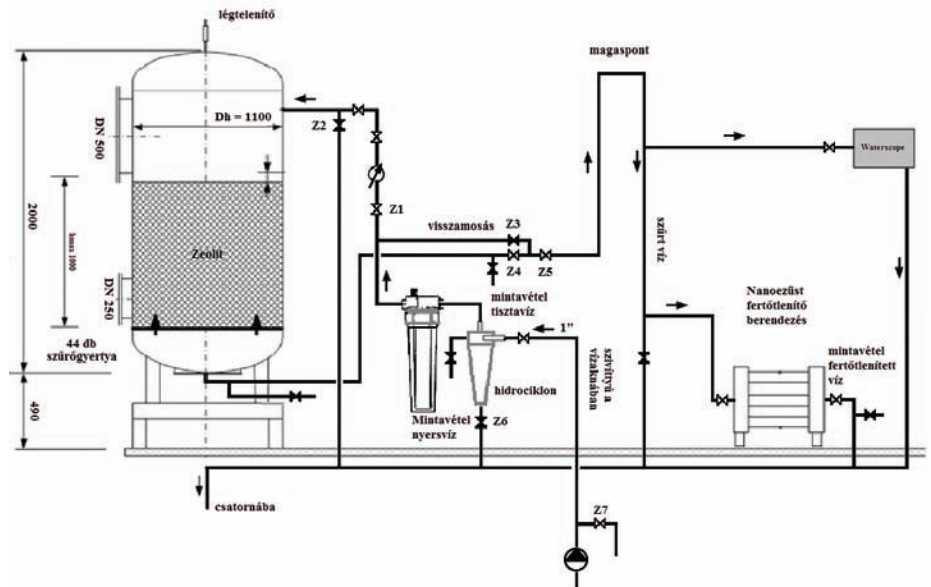
- a biofilmhordozó réteg cseréjével a d_m mértékadó szemcseméret csökkentése,
- pl. ózonkezeléssel a diffúziós tényező növelése (ezt most nem alkalmaztuk).

A Pe-szám útján így a beállítandó szűrési sebesség volt meghatározható, míg az L/d viszony a szükséges szűrőréteg (biofilmhordozó réteg) vastagságát adja meg.

Folyamatában a biológiai szűrés alapvetően két részre bontható. A tisztítandó víz a szűrőrétegen történő adott sebességű átáramlásával a tápanyag eljut a biofilmhez. Az áramlás nyomáskülönbség hatására jön létre. A tápanyag biofilmbe történő bejuttatása difúzióval történik. A difúzió hajtóereje a koncentrációkülönbség, amely a biofilmen belüli lebontás révén folyamatosan újratermelődik. A víz tisztulása tulajdonképpen ezzel a leválasztással jön létre. A biofilmen belüli tápanyaglebontást mikrobák végzik. Sok tápanyag lebontásához sok „munkáskézre” van szükség, a nagyszámú baktérium letelepedésének pedig nagy a felületigénye. A baktériumszaporodás a Monod-kinetika törvényszerűségei szerint történik. A baktériumok egyséjű élőlények, amelyek testanyaga javarészt enzimekből áll. Az enzimek a sejtek tápanyagellátásának katalizátorai. Csökkentik az aktiválási energiaküszöböt, elősegítve ezzel a nagy molekulák lebontását. A reakciósebességet az ún. Michaelis-Menten kinetika írja le. A tápanyaglebontás exoterm folyamat, amely energiafelszabadulással jár. Az így nyert kémiai energiát a sejtek, a mikrobák saját „életvitelük” fenntartására fordítják.

A tápanyaglebontás (a szennyezéscsökkentés) tulajdonképpen az energiateremtést szolgálja, miközben a víz tisztul.

Összefoglalva tehát a biológiai szűrés áll egy logisztikai elemből – a tápanyag biofilmhez történő szállítása és bevétele –, valamint a biofilmen belüli tápanyaglebontásból. A biológiai szűrők geometriai méretezése tulajdonképpen a logisztikai feltételek biztosítását jelenti. A biofilmen belüli biokémiai folyamatok hatékonyságát a klimatikus viszonyok beállításával érhetjük el.



1. ábra: A kísérleti biofilter szűrőegység

A kísérleti berendezés felépítése

Az elméleti háttérre alapozva került kialakításra a kísérleti szűrőegység, amelyet az 1. folyamatábra szemléltet.

A hagyományos kialakítású hengeres szűrőegységbe zeolit került. Az L/d viszony alapján a biofilmhordozó réteg szükséges vastagsága csupán 10-12 cm. A szűrőben a zeolitréteg vastagsága > 50 cm.

A szűrési sebességet a Pe-számból lehet kiszámítani, ennek alapján került beállításra az átfolyási vízmennyiség. A biológiai szűrési kísérlet kiegészült egy nanoezüst fertőtlenítő egységgel, és a vízminőség ellenőrzésében segít a holografikus elven működő WaterScope részecskeszámoló készülék. Ez utóbbival a véglények, férgek darabszámát kontrolláljuk (2. kép). A biológiai szűrőt a durva elszennyeződéstől védi a nyers víz zavarosságától függő tápszivattyú-lekapcsolás, a hidrociklon és egy mechanikai szitaszűrő (1. kép).

Mért paraméterek

A mért paraméterek három csoportba oszthatók. A helyszínen az 1. táblázatban lévő paramétereket rögzítjük.

A laborban hagyományos módon mért jellemzőket a 2. táblázat szemlélteti. A biofilm mikrobaháztartásának meghatározására a 3. táblázatban található vizsgálatokat az ELTE Mikrobiológiai Tanszéke végzi.

T-RFLP-elemzőskor a vizekben található teljes DNS kerül kivonásra, és a mikrobióta összetételét az egyes résztvevők DNS-ujjlenyomata alapján szemikvantitatív módszerrel állapítják meg. A töltet esetében célszerű a biológiai bevonat kialakulását nyomon követni pásztázó elektronmikroszkópi vizsgálat segítségével.



1. kép: Szűrőberendezés



2. kép: WaterScope és Nanoezüst

Részleges mérési eredmények

Részleges mérési eredményről a balatoni víznyerés adottságai miatt kell beszélni. A Balaton – szemben például a Boden-tóval – rendkívül sekély, a déli parton – ahol a kísérleti berendezés működik – különösen az.

1. táblázat

Mérési jellemző	Dim	Végzi
Mérés / mintavétel időpontja	hó-nap, óra:perc	DRV labor
Vízóraállás	m ³	DRV labor
Hőmérséklet nyers víz	°C	DRV labor
Redox potenciál nyers víz	mV	DRV labor
Redox potenciál tisztított víz	mV	DRV labor

Erős szélben – és ilyen időjárási viszonyok jellemezték az elmúlt időszakot – a tó vize felkeveredett, a zavarosság meghaladta a 80 FNU-t, a zavarosságmérő által vezérelt tápszivattyú ezért gyakran lekapcsolt (4. kép). A kísérleti szűrőegység a fő technológia búvárszivattyúinak meghibásodása miatt sem kapott nyers vizet. A szivattyúk javítása az akna teljes leürítésével történt, következésképp a kísérleti berendezés tápszivattyúja sem kapott vizet (3. kép).

A különleges körülmények miatt a mérési eredményekből csak részleges következtetések vonhatók le. A tehető megállapítások felsorolás szerűen:

- A $KO_{I_{ps}}$ és a BO_{I_5} csökken (3. és 4. diagram)
- Erőteljesen csökken az oldottoxigén-szint, ami indirekt módon utal a biológiai aktivitásra (1. diagram)
- A zavarosság csökkenése meghatározó (2. diagram)

2. táblázat

Mérési jellemző	Dim	Végzi
$KO_{I_{ps}}$ nyers víz	mg/L	DRV labor
$KO_{I_{ps}}$ tisztított víz	mg/L	
BO_{I_5} nyers víz	mg/L	DRV labor
BO_{I_5} tisztított víz	mg/L	
Zavarosság nyers víz	FNU	DRV labor
Zavarosság tisztított víz	FNU	
Oldott oxigén nyers víz	mg/L	DRV labor
Oldott oxigén tisztított víz	mg/L	
pH nyers víz	-	DRV labor
Férgek/ véglények nyers víz	dbszám/L	DRV labor
Férgek/ véglények tisztított víz	dbszám/L	
Teleszám 22°C-on nyers víz	dbszám/L	
Teleszám 22°C-on tisztított víz	dbszám/L	DRV labor
Teleszám 22°C-on fertőtlenített víz	dbszám/L	
Teleszám 37°C-on nyers víz	dbszám/L	
Teleszám 37°C-on tisztított víz	dbszám/L	DRV labor
Teleszám 37°C-on fertőtlenített víz	dbszám/L	
Coliform nyers víz	dbszám/100 mL	
Coliform tisztított víz	dbszám/100 mL	DRV labor
Coliform fertőtlenített víz	dbszám/100 mL	

3. táblázat

Mérési jellemző	Dim	Végzi
Férgek, véglények tisztított víz	dbszám/L	dbszám/L
I. T-RFLP-elemzés		ELTE labor
1. Közösségi DNS izolálás és 16S rDNS amplifikációja PCR-rel		ELTE labor
2. T-RFLP-elemzés (hasítás 2 enzimmel, futtatás, értékelés)		ELTE labor
II. Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok		DRV labor



3. kép: Tápszivattyú az üres aknában



4. kép: Viharos Balaton

Diagramokkal nem alátámasztott módon a tiszta vízben a véglények és férgek darabszáma nem éri el az 5-öt, ami az időközben módosított határérték alatt van. A telep szám alakulásában sem volt megfigyelhető abnormalis változás. A coliform a tisztított vízben mindig 0 volt, annak ellenére, hogy a nyers víz esetenként kismértékben ugyan, de terhelt volt.

A mikrobaháztartás feltérképezéséhez szükséges mintavételek megtörténtek, de mérési eredmények még nincsenek. Erről majd a készülő kutatási jelentésben számolunk be.

Előzetesen annyi azonban megállapítható, hogy van remény a mesterséges biológiai szűrés megvalósítására, illetve annak megnyugtató módon való kézben tartására.

A kísérlet ütemezése

1. ütem (ez történt eddig részlegesen) – A biológiai szűrőhatás megállapítása és stabilizálásának bizonyítása,
2. ütem – A szűrési sebesség növelése a szűrési hatékonyság csökkenéséig,
3. ütem – Az erózióra hajlamos zeolitréteg cseréje elegendően kicsi mértékadó szemcseátmérővel rendelkező állékony műanyag biofilmhordozóra.

Hivatkozások

Tolnai, B.: Bevezetés a biológiai szűrés modellezésébe és méretezésébe. Szabadalmi bejelentés, Po800635/2008.

Tolnai, B.: Chapters from the topic of biological filtration and application. Re-Water Braunschweig, 2013. 11. 06-07.

Jekel, I. – Grünheid, S.: Ist die Uferfiltration eine effektive Barriere gegen organische Substanzen und Arzneimittelrückstände. GWF Wasser-Abwasser 148 (3007) Nr. 10.

