MIKROMŰANYAGOK A HAZAI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEK ELFOLYÓ VIZEIBEN

DR. NÉMETH ZSOLT PHD.
NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM, VÍZTUDOMÁNYI KAR, FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS TANULMÁNYOK INTÉZETE

Kulcsszavak: *mikroműanyag, elfolyó tisztított kommunális szennyvíz*

ABSTRACT

A műanyagok, kémiai stabilitásuknak és általános elterjedésüknek köszönhetően, releváns környezeti tényezővé léptek elő az utóbbi 70 év során. Darabjaik a mikrométerestől a több méteresig megtalálhatók a talajban, levegőben és vizeinkben is. Jelen felmérés hét közepes méretű (50 000–120 000 LE) hazai szennyvíztisztító-telep elfolyó vizeinek első kvantitatív vizsgálata, melynek alapján nagyságrendi becslést adunk az innen kikerülő mikroműanyag-szennyezés mértékére. A telepek főleg a Dunántúlon, annak középső körzetében helyezkednek el. A méréseket mintavételek útján, szűréssel és főleg optikai kiértékeléssel végeztük. Az eredmények azt mutatják, hogy az elfolyó, tisztított vízben a mikroműanyag-koncentráció viszonylag alacsony, átlagosan mintegy 2.175 db/m^3, azonban az utóbbi évek fogyasztói szokásai következtében ennek növekedése várható. Felmérésünkben a szemcsék anyagi minőségét egyelőre nem vizsgáltuk. Mivel az elfolyó, tisztított vizek befogadói időszakos-, vagy állandó felszíni vizek, vízfolyások, különösen fontos, hogy e szennyezés jelentőségét konkrét mérések alapján tudjuk megbecsülni.

BEVEZETÉS

A műanyagok az elmúlt évtizedek során mindennapi életünk részévé váltak. Használati tárgyaink, ruháink, kozmetikumaink, étkeink csomagolása belőlük készül, s mivel a mikrobák nem tudják lebontani őket, hulladékká vált anyagaik évszázadokig a környezetben maradnak.

A világban 2016 folyamán nagyjából 335 millió tonna műanyagot gyártottak [Statista], melynek mintegy 40%-a csomagolóanyagként szolgált. A termelés mennyisége az utóbbi 10 év átlagában minden évben nagyjából 9%-kal növekedett. A hulladékká váló műanyagok

tömege pedig 275-290 millió tonnára tehető évente [LovetheOceans], melyből minden évben több tízmillió tonna kerül ki a természetbe, főleg az emberi gondatlanság következtében.

Természeti környezetünk egyébként is folyamatosan és sokféle veszélynek, terhelésnek van kitéve, a közlekedés és ipar okozta levegőszennyezéstől a mezőgazdasági kemikáliák, vagy szénhidrogén-termékek általi talajszennyezésig, azonban fiziko-kémiai sajátosságai miatt a legérzékenyebben a felszíni édesvizek és ökológiájuk reagál a szennyezésre. Jó példa erre a tiszai cianid-katasztrófa, a kolontári vörösiszap hatása a Torna-patakra, vagy a Balaton-felvidék, évtizedekkel ezelőtti műtrágya-terhelésének a tó élővilágára gyakorolt, szintén katasztrofális hatása.

A fenti példák egyszeri, vagy néhány évtizeden át fennálló szennyezések voltak, melyek elmúltával a helyi ökológiai közösségek legalább (részbeni) regenerációja következett, azonban a hosszan tartó és egyre növekvő szennyezések, melyek már rendkívül kis koncentrációban is *maradandó változásokat hoznak létre a vízi életközösségek genetikájában,* beépülnek a táplálékláncba, felhalmozódva a magasabb rendű élőlényekben, a jövőre nézve szinte beláthatatlan veszélyforrást jelentenek. Ilyen szennyeződések pl. a hormonok, vagy hormon-hatású anyagok.

Ugyan a gyógyszeripar által komoly mennyiségben eladott fogamzásgátlók és egyéb gyógyszerek, kommunális szennyvíztisztítókban nem lebomlott hatóanyag tartalma is gyakran vizsgált genetikai és hormonális hatásokat válthat ki alacsonyabb rendű élőlényeknél, megdöbbentő módon napjainkra a *műanyagokból kioldódó gyártási segédanyagok által okozott hormonhatás válik egyre dominánsabbá.* [Colborn et.al. 1996]

A hormonok fontossága a környezetszennyezésben könnyen érthető, hiszen ezen anyagokra receptorokkal rendelkezünk és már rendkívül kis koncentrációban (pár nanogramm/liter!) is komoly hatásokat váltanak ki az élő szerezetekből.

Mindennapi műanyagaink, mint pl. a polietilén, polipropilén, polikarbonát, vagy a PVC gyártásához több száz adalékot használnak (pl. festékeket, biszfenolokat, ftalátokat, polibrómozott difenil-étereket... stb.), melyek az utóbbi évtized kutatási eredményei szerint hormonrendszerünkre, anyagcserénkre, viselkedésünkre jelentős hatással vannak. A vizeinkbe, vagy a talajvízzel kontaktusba kerülő, évi több tízezer tonna műanyag hulladékból ezen anyagok a kémiai-fizikai degradáció során folyamatosan kioldódnak.

A vizekbe került műanyagdarabok a fizikai mozgás, egymással és a part köveivel való súrlódás, illetve a fotodegradáció során folyamatosan aprózódnak és bekerülnek a táplálékláncba. A mikroszkopikus méretű polimer darabkák pedig beépülnek mind az alacsonyabb, mind

pedig a magasabb rendű vizi élőlények szöveteibe is, [Thompson, 2017] ahogy ezt egy közelmúltbeli kutatás megállapította. Itt a megváltozott kémiai környezet is felgyorsíthatja az adalékok kioldódását.

A mikroműanyagok forrásai leginkább a műszálas anyagok, a csomagolások, a kozmetikumok és a gumi. Egy mosógépből akár több százezer mikroszkopikus műanyagszál is a lefolyóba kerül egy 6 kg tömegű átlagos töltet mosása során [Napper, 2016], valamint egy átlagos kamion 100 km megtételekor kb. 20-22 g mikroszkopikus gumiport szór szét a levegőbe az abroncsok kopása miatt. A közlekedés során szétszóródott gumipor jó része a városokban, utak mentén leülepszik és a csapadékkal bemosódik a talajba, illetve a szennyvíz-csatorna hálózatba. Ugyancsak ide kerül a kozmetikumokban alkalmazott mikroműanyag szemcsék nagyrésze, melyek a fogkrémekben, bőrradírokban, krémekben és festékekben találhatók **(1. ábra).**

A szennyvízzel elfolyó mikroműanyag mennyiségét a világban éves szinten 1 millió tonnára becsülik [Tyree]. Ennek jórésze nem jut be a szennyvíztisztítókba, de ami bejut, annak tekintélyes hányada sajnos ki is kerül onnan a környezetbe. A szennyvíztisztító telepek kifolyói ezért a felszíni vizekbe jutó mikroműanyag-szennyezés komoly forrásai. Ezek a mikroműanyagok aztán a vízzel bekerülnek szinte mindenhová, a felszín alatti vízbázisok egy részébe is.

Nem csoda, hogy a Minnesotai Egyetemen az ORBMedia által megrendelt kutatás 2017-ben a Föld öt lakott kontinensének ivóvíz hálózataiból gyűjtött több mint száz minta elemzése sokkoló eredményt hozott. [Tyree] A minták 83%-ában találtak mikroműanyag darabokat, átlagosan 4,8-at. Az USA mintáiban 94% volt ez az arány, mig az Európából származó 18 minta esetén „csak" 72%.

A fentiek miatt is fontosnak tartottuk tehát megbecsülni a hazai szennyvíztisztítókból kikerülő mikroműanyag-szennyezést, hogy a magyarországi helyzetre vonatkozó konkrétabb adatok birtokába jussunk.

1. ábra: *Mikroműanyag a fogkrémben és nagyobb darabok elhullott albatrosz emésztőtraktusában. [NPR]*

MINTAVÉTEL, VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Felmérésünk során hét, közepes méretű hazai szennyvíztisztító-telep kifolyóját vizsgáltuk. A telepek hazai viszonylatban közepesnek mondható, 50-120 ezer LE kapacitásúak, négy közülük a nyári turizmus által különösen terhelt körzetekben helyezkedik el.

Az elfolyók vizét egy 450 W teljesítményű búvárszivattyúval továbítottuk a 25, illetve 77 mikron résméretű, rozsdamentes szűrőkre **(2.ábra).** A fémházba zárt szűrők felülete kör alakú volt, nagyságuk 254 cm^2. A szűrőház és a hozzá vezető tömlő együttes térfogata kb. 3 litert tett ki, ami a vizsgált minták térfogatának töredéke.

2. ábra: *A mintavevő rendszer elemei: A fehér szűrőház állványon, a kifolyó vízmennyiséget ½ collos vízórával mértük.*

A mintavételek során addig pumpáltuk a vizet a szűrőre, mig az vagy teljesen el nem tömődött, vagy el nem értük az 1 m^3 átfolyt térfogatot.

A szűrőház kiképzése nem engedte meg, hogy a beszívott szemcsék a rendszerből más úton távozzanak, a szűrőbetét átszakadását pedig a nyomás mérésével és szabályozásával előztük meg.

A szűrőket telítődés után a laboratóriumban üveglapon, felső megvilágításban, 25-szörös nagyításban kiértékeltük. Így a 25-30 mikrométeres szemcsék is jól láthatóvá váltak, méretük pedig a 25- és 77 mikronos szűrőrések segítségével könnyen behatárolható volt **(3. ábra).** Problémát legtöbbször inkább az anyagi minőség meghatározása jelentett, ugyanis ebben a mérettartományban egy műanyag forgácsot egy másik anyagdarabtól pusztán optikai úton nem mindig lehet egyértelműen megkülönböztetni.

3. ábra: *Szűrőbetét (balra) és műanyagszemcsék (jobbra) nagyított képe*

Sajnos ezen első vizsgálathoz nem állt rendelkezésre FFT-IR-Mikroszkóp, így a műanyagokat optikailag és termikus vizsgálattal tudtuk azonosítani, hőre való lágyulásuk alapján.

EREDMÉNYEK

A vizsgált telepek név szerinti megjelenítésére szóló engedély híján a telepeket számokkal láttuk el.

Az egyes telepeken vett minta mennyiségeit és az azonosított műanyag szemcsék számát az **1. táblázatban** foglaltuk össze.

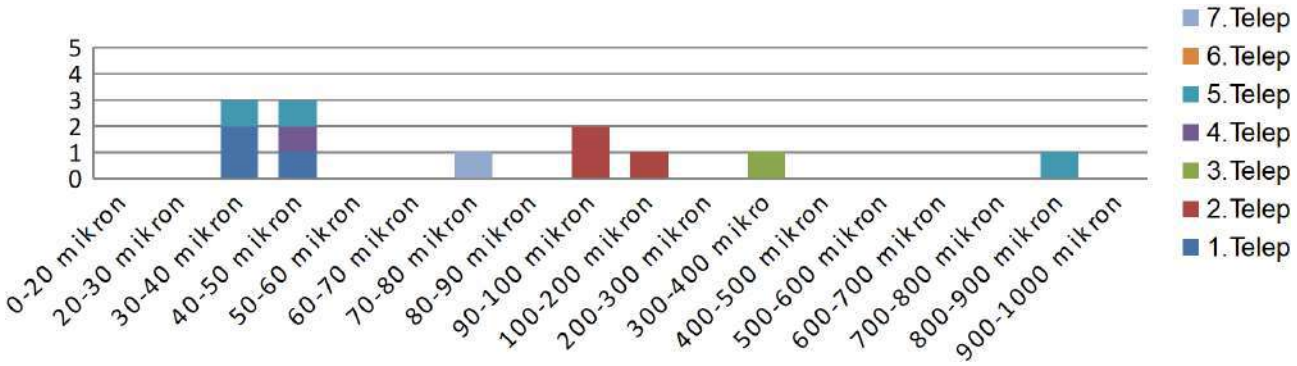
Látható, hogy a mintákban csak elenyésző számű részecskét találtunk, a 30 mikrontól az 1000 mikronig terjedő mérettartományban.

Az egyes telepek kifolyóinak tisztasága között sajnos hatalmas eltérések voltak tapasztalhatók. Volt olyan telep, mely esetén még a 25 mikronos szűrőn is 970 liter vizet tudtunk átszűrni, ugyanakkor más esetben a minta térfogata még a 77 mikronos szűrő esetén is csak 8 liter volt. Itt és néhány más esetben a mérést a kifolyó vízminőségének javulása után meg szeretnénk ismételni tekintettel arra, hogy az iszapból a mikroműanyag szemcsék nem, vagy csak igen jelentős erőfeszítések árán, nagy hibalehetőséggel mutathatók ki, illetve a vizsgált minta mérete folytán nem reprezentatív.

A talált mikroműanyagokat méretük szerint is osztályoztuk, ezt mutatja a **4. ábra.**

1. táblázat

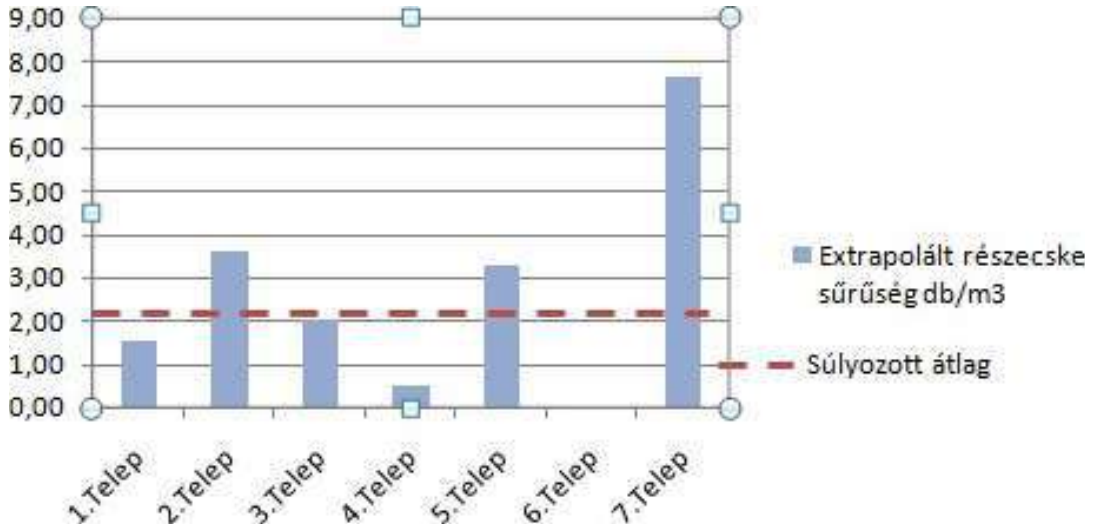
	Átszűrt víz mennyisége (liter)	Talált mikroműanyag darabszáma
1. telep	1970	3
2. telep	831	3
3. telep	500	1
4. telep	1965	1
5. telep	920	3
6. telep	8	0
7. telep	131	1



4. ábra: *Talált mikroműanyagok száma és mérete telephelyek szerint*

Látható, hogy a mikroműanyagok mérete az eddigi mérések szerint a 30-1000 mikron tartományban jórészt egyenletesen oszlik el. Ennek egyik oka valószínűleg a vizsgált telepek technológiai változatossága, másik oka a viszonylag csekély mintatérfogat. Figyelemre méltó, hogy még az 1 mm-es tartományban is megjelennek részecskék, valószínűleg a szűrés hiányában, vagy a homokszűrőn való áthatolás következtében. Utóbbi effektusnak jelentős hatása lehet a parti szűrésű ivóvíz kutakra nézve, ezért alaposabb vizsgálata része kutatási programunknak.

A mérési eredményeket extrapollálva 1m^3 mintára megkaphatjuk a telepek kifolyóinak átlagos részecske-sűrűségét **(5. ábra).**



5. ábra: *Extrapolált részecske sűrűség az egyes telepek kifolyóiban és súlyozott átlaguk. db/m^3*

Az ebből számolt súlyozott átlag 2.175 db/m^3, ami az első mérések pontatlansága miatt csupán nagyságrendi becslésnek mondható, de felette van az eddigi külföldi vizsgálat eredményének. [Murphy, 2016] Ennek oka lehet a jelen vizsgálatok mérési hibája mellett, mind a viszonylag kis mintamennyiségekből eredő szórás, mind pedig a vizsgált szennyvíztisztító-telepek technológiai különbözősége.

Az eddigi eredmények alapján általánosságban talán elmondhatjuk, hogy bár a vizsgált telepek naponta valószínűleg több ezer mikroműanyag darabot bocsátanak ki a befogadókba, ez a szennyezés, rendkívül csekély tömegénél és vélhetően magas poliolefin-arányánál fogva egyelőre nem jelent talán komoly környezeti veszélyt. A tömegre vonatkozó becslés során a legnagyobb, 900 mikronos szemcsékkel és 10^3 kg/m^3 közelítő sűrűséggel számolva sem lépi túl a napi kibocsátott mennyiség a 8 grammot a legnagyobb telep csúcsterhelése alatt sem. Ennél egyetlen PET-palack, vagy gumiabroncs felszíni vízbe kerülése is komolyabb környezeti hatást jelent.

Mivel a befolyó szennyvíz az eddigi mérések és józan észérvek alapján [Murphy, 2016] jóval magasabb arányban tartalmaz mikroműanyag szemcséket, ezek tekintélyes hányadának a szennyvíziszapban kell maradni. A **mikroműanyag szemcsék** általban **dielektrikumok,** így részt vesznek a Van der Waals-kölcsönhatásban és **jórészt beépülnek az iszappelyhekbe.** Ezen állítás kísérleti igazolásán dolgozunk. **Ez és mérési eredményünk egyben azt is jelenti, hogy a telepek kifolyóinak műanyag szennyezése egyelőre csak olyan körzetekben tekinthető valamelyest releváns környezeti hatásnak, ahol a befogadó közvetlen kapcsolatban van az ivóvízbázissal.**

Összehasonlításul: a közlekedésből származó, köbméterenként sokezer mikroszkopikus gumi- és korom részecskét tartalmazó levegő közvetlen belégzése az utak mentén és a városokban például nyilvánvalóan sokkal komolyabb egészségügyi kockázatot jelent, melynek problémájára technikai megoldást adni ráadásul sokkal nehezebb, mint a szennyvíztisztító-telepek kifolyóinak fizikai szűrésére. Utóbbi jó hatásfokkal csökkentené a mikroműanyag részecskék menyiségét a kifolyókban és ezáltal a befogadók műanyag-terhelését is.

ÖSSZEFOGLALÁS

Hét magyarországi szennyvíztisztító-telep elfolyó vizeinek vizsgálatát végeztük szűréssel és optikai módszerekkel. A vizsgálat során a 30-1000 mikrométeres tartományban találtunk műanyagszemcséket, melyek sűrűségének súlyozott átlaga 2.175 db/m^3 volt.

A mérések eredménye a mintavételi problémák és kiértékelési módszer hiányosságai miatt közelítő jellegűnek tekinthető, belőle nagyságrendi becslések adhatók a környezet terhelésére. **Az eredmények alapján elmondhatjuk, hogy a vizsgált telepek mikroműanyag kibocsátásai egyelőre nem jelentenek komoly környezeti kockázatot.** Méréseinket folytatjuk, hogy nagyobb minták és mégtöbb hazai szennyvíztisztító-telep kibocsátásának vizsgálatával pontosabb eredményeket nyerhessünk.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett munkához anyagi támogatást nyújtottak:

- a kitűnő magyar fejlesztésű tüzelőberendezéseket gyártó HALEX3 Kft. és
- a professzionális víztechnikai megoldásokat kínáló HIDROFILT Kft. ,
- melyet a Szerző ezúton köszön meg.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

Colborn T., Dumanovsky D., Myers J.P.:Our Stolen Future: Are We Threatening Our Fertility, Intelligence, and Survival? DUTTON 1996, ISBN: 978-0-525-93982-5

LovetheOceans https://lovetheoceans.org/2018/06/05/world-environment-day-beat-plastic-pollution-if-you-cant-reuse-it-refuse-it/

Murphy, F. et. al.: Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment, Environ. Sci. Technol., 2016, 50 (11), pp 5800–5808
https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b05416

Napper, I. E., Thompson, R.C. : Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions, Marine Pollution Bulletin, Volume 112, Issues 1–2, 15 November 2016, Pages 39-45

NPR National Public Radio: https://www.npr.org/blogs/picturesshow/2011/10/31/141879837/how-soda-caps-are-killing-birds

Statista https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/

Thompson, Richard: Plastic pollution and the planet, https://www.plymouth.ac.uk/news/pr-opinion/plastic-pollution-and-the-planet 08.12.2017

Tyree, Chris, Morrison, Daan: Invisibles, the plastic inside us, ORBMEDIA, https://orbmedia.org/stories/Invisibles_plastics/multimedia