
HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY



<https://doi.org/10.59258/HK>



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 103. ÉVF. 2. SZÁM • 2023
HUNGARIAN JOURNAL OF HYDROLOGY • VOL 103. No. 2. • 2023





Hidrológiai Közlöny

A Magyar Hidrológiai Társaság lapja
Megjelenik háromhavonként

Főszerkesztő

Major Veronika

Főszerkesztő-helyettes és olvasószerkesztő

Konecsny Károly

Szakszerkesztők

Ács Éva

Nagy László

Szerkesztőbizottság elnöke

Szöllősi-Nagy András

Szerkesztőbizottság tagjai

Ács Éva, Bakonyi Péter, Baranyai Gábor, Baross Károly, Bíró Tibor, Bozán Csaba, Csörnyei Géza, Engi Zsuzsanna, Fehér János, Fejér László, Gayer József, Hajnal Géza, Honti Márk, Ijjas István, Józsa János, Kerekesné Steindl Zsuzsanna, Kling Zoltán, Konecsny Károly, Koris Kálmán, Kovács Sándor, Licskó István, Major Veronika, Melicz Zoltán, Nagy László, Rákosi Judit, Rátky István, Román Pál, Szilágyi Ferenc, Szlávik Lajos, Szűcs Péter, Tamás János, Ungvári Gábor

Kiadó

Magyar Hidrológiai Társaság
1091 Budapest, Üllői út 25. IV. em.
Tel: +36-(1)-201-7655
Fax: +36-(1)-202-7244
E-mail: titkarsag@hidrologia.hu
Honlap: www.hidrologia.hu
A Kiadó képviselője: Szlávik Lajos, a Magyar Hidrológiai Társaság elnöke

Indexelik

OJS, REAL, ROAD
HU ISSN 0018-1323,
ISSN 2939-8495 (Online)

Tartalomjegyzék

Major Veronika: Előszó	3
TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK	
Zsuffa István, Szöllősi-Nagy András, Bogárdi János: Insula Insolita – Szigetköz és Bős-Nagymaros párhuzamos története	4
Gulyás Gábor, Kiss Gergely, Sinkovics Ádám, Rádi József, Domokos Endre, Kárpáti Árpád: A mikroelem tartalom hatása a lakossági szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosíthatóságára	24
Licskó István, Laky Dóra: Felszíni vízbázis ivóvíz tisztítási technológiája	33
Jakab Jázmin, Bőjtke Andrea Clara, Soltész Andor Gergő, Korponai János, Gyulai István: Paleolimnológiai módszerek alkalmazásának korlátai sekély állóvizek esetében	46
Rác Tibor: Történeti csapadékatok egyes szisztematikus hibáinak újabb javítási lehetőségei	52
TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP	
Albert Gábor: Az öntözésügyi szakoktatás kezdetei (Kállay Miklós szerepe a hazai agrárképzés fejlődésében)	61
Kiss Miklós: 100 éve született Frommer Miklós	69
FÓRUM	
Széles Gábor: Profilozó berendezés fejlesztése	70
ESEMÉNYEK	
Eröss Anita: Az esőcsepptől a forrásvízig – Szűcs Péter akadémikus székfoglaló előadása a Magyar Tudományos Akadémián	73
Borsányi Mátyás: Klorát-ion határérték az ivóvízben: várható problémák és lehetséges megoldások – Vozik Dávid (Dunántúli Regionális Vízművek Zrt.) előadása	75
KÖNYVISMERTETÉS	
Laurentius Stocker: Thermographia Budensis című könyvét ismerteti Szűcs Péter	77
NEKROLÓG	
Faludi Gábor – Keve Gábor megemlékezése	79
Szűcs Gábor – Major Veronika megemlékezése	80



Hungarian Journal of Hydrology
Journal of the Hungarian Hydrological Society
Published quarterly

Editor-in-Chief

Veronika MAJOR

Deputy Editor-in-Chief and Copy Editor

Károly KONECSNY

Assistant Editors

Éva ÁCS

László NAGY

Editorial Board Chairman

András SZÖLLŐSI-NAGY

Editorial Board Members

Éva ÁCS, Péter BAKONYI, Gábor BARANYAI, Károly BAROSS, Tibor BÍRÓ, Csaba BOZÁN, Géza CSÖRNYEI, Zsuzsanna ENGI, János FEHÉR, László FEJÉR, József GAYER, Géza HAJNAL, Márk HONTI, István IJJAS, János JÓZSA, Zsuzsanna KERESKESNÉ STEINDL, Zoltán KLING, Károly KONECSNY, Kálmán KORIS, Sándor KOVÁCS, István LICSKÓ, Veronika MAJOR, Zoltán MELICZ, László NAGY, Judit RÁKOSI, István RÁTKY, Pál ROMÁN, Ferenc SZILÁGYI, Lajos SZLÁVIK, Péter SZŰCS, János TAMÁS, Gábor UNGVÁRI

Publisher

Hungarian Hydrological Society
H-1091 Budapest, Üllői út 25., Hungary
Phone: +36-(1)-201-7655,

Fax: +36-(1)-202-7244

Email: titkarsag@hidrologia.hu

Web: www.hidrologia.hu

Represented by: Lajos SZLÁVIK, President
of the Hungarian Hydrological Society

Indexed in

OJS, REAL, ROAD
HU ISSN 0018-1323
ISSN 2939-8495 (Online)

Contents

Veronika MAJOR: Foreword	3
SCIENTIFIC PAPERS	
István ZSUFFA, András SZÖLLŐSI-NAGY, János BOGÁRDI: Insula Insolita – Parallel history of the Szigetköz area and the Gabčíkovo-Nagymaros Barrage Scheme	4
Gábor GULYÁS, Gergely KISS, Ádám SINKOVICS, József RÁDI, Endre DOMOKOS, Árpád KÁRPÁTI: The effect of micro element content on the agricultural utilization of municipal sewage sludge	24
István LICSKÓ, Dóra LAKY: Treatment technology of surface waters for drinking water supply	33
Jázmin JAKAB, Andrea Clara BÖJTJE, Andor Gergő SOLTÉSZ, János KORPONAI, István GYULAI: Limits of paleolimnological methods in shallow standing waters	46
Tibor RÁCZ: New ways of correcting certain kinds of systematic errors in historical rainfall intensity data	52
HISTORICAL SNAPSHOT	
Gábor ALBERT: The beginnings of irrigation education (The role of Miklós Kállay in the development of the Hungarian agricultural education)	61
Miklós KISS: Miklós FROMMER was born 100 years ago	69
FORUM	
Gábor SZÉLES: Development of a profiler system	70
EVENTS	
Anita ERŐSS: From raindrops to spring water – academician Péter Szűcs's inaugural lecture at the Hungarian Academy of Sciences	73
Mátyás BORSÁNYI: Chlorate ion limit value in drinking water: expected problems and possible solutions – Presenta- tion by Dávid VOZIK (Transdanubian Regional Waterworks Ltd.)	75
BOOK REVIEW	
Laurentius STOCKER: Thermographia Budensis – A review by Péter SZŰCS	77
OBITUARY	
Gábor FALUDI – Commemoration by Gábor KEVE	79
Gábor SZŰCS – Commemoration by Veronika MAJOR	80

Cover photo: Danube River tributary-system at Cikolasziget, Hungary
(Photo: József KERTÉSZ)

Előszó



A Hidrológiai Közlöny életében a 2023-as év fontos mérföldkövet jelent. A Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) támogatásával már használjuk az Open Journal System (OJS) nyílt forráskódú fejlesztést, melyet a tudományos folyóiratok online publikálására alakítottak ki. Ez a nagyon rugalmas szerkesztő-vezérelt folyóirat menedzselő és publikáló rendszer javítja a tudományos folyóiratok online kiadásának minőségét és átláthatóbbá teszi a folyóirat kiadási politikáját. 2023-tól a Hidrológiai Közlönyben megjelenő közlemények digitális objektum azonosító számot (DOI) is kapnak, mely segítségével az online megjelenő közlemények egyértelműen azonosíthatóak és könnyen kereshetőek lesznek. A kötetek megjelenésével egyidőben a közlemények automatikusan hivatkozhatóvá válnak, valamint a szerzők affiliációja magyar és angol nyelven is elérhető lesz. Reméljük, hogy a közlemények, a szerzőink és ezzel együtt lapunk ismertsége, valamint citálási indexe is jelentősen megnő. A 2023. év első kötete már az OJS-ben, DOI számokkal együtt jelent meg.

A *Hidrológiai Közlöny* 103. évfolyam (2023) 2. számának első közleményében, *Zsuffa István, Szöllösi-Nagy András* és *Bogárdi János* a szigetközi ártér és a Bős-Nagymaros Vízlépcsőrendszer (BNV) párhuzamos történetét mutatja be. Az eltelt 30 év alatt kiépült és üzemel a vízpótló rendszer, amely sikeresen revitalizálta a hullámtéri ökoszisztemeket az átadott vízhozamok felhasználásával. A főmeder revitalizációjával és a vízpótló rendszer továbbfejlesztésével megvan a lehetőség akár arra is, hogy az ökológiai viszonyok még a vízlépcsőrendszer előtti állapotokhoz képest is jobba váljanak a Szigetköz teljes területén.

Gulyás Gábor, Kiss Gergely, Sinkovics Ádám, Rádi József, Domokos Endre és *Kárpáti Árpád* esettanulmányokon keresztül mutatják be, hogy a települési szennyvíziszapok potenciálisan toxikus elem tartalma mennyire korlátozza az iszap mezőgazdasági hasznosíthatóságát. Eredményeik azt mutatják, hogy a jogszabályoknak megfelelő módon kihelyezett iszap esetében a talaj csak évtizedek, vagy akár évszázadok alatt terhelődik olyan mértékben nehézfémekkel, amelyek alapján a jelenlegi jogi szabályozás szerint maga is szennyezetté válik.

Dr. Orbán Veronika élete és hobbija a szakmája, a hivatása volt. Egy átfogó víz- és szennyvíztisztítással foglalkozó könyv összeállításán dolgozott, ám 2021-ben, 81 éves korában elhagyott bennünket. Emléke előtt tisztelgünk *Licskó István* és *Laky Dóra* tanulmányával, mely összefoglaló képet ad a felszíni vízbázis ivóvíz tisztítási technológiáiról.

A paleolimnológiai vizsgálatok segítségével, az állóvizek üledékének elemzésével a múltban lejátszódott folyamatok, illetve környezeti hatások megismerésére adódik

lehetőség. *Jakab Jázmin, Bőjthe Andrea Clara, Soltész Andor Gergő, Korponai János* és *Gyulai István* közleményükben a sekély vízterekben mintavételi pont kijelölésének módszertanával foglalkoznak.

A klímaváltozás kapcsán egyre gyakrabban nyúlunk vissza a történeti csapadékadatokhoz. Vajon hordoznak-e hibákat ezek az adatsorok és javíthatjuk-e őket? Erre a kérdésre válaszol *Rácz Tibor* vizsgálata, mely a történeti csapadékadatok egyes szisztematikus hibáit és annak javítási lehetőségeit elemzi.

TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP rovatunkban *Albert Gábor* történész az öntözésügyi szakoktatás kezdeteivel, illetve *Kállay Miklósnak* a hazai agrárképzésben betöltött szerepével foglalkozik.

Ugyancsak ebben a rovatban emlékezünk meg a 100 éve született *Frommer Miklósról* *Kiss Miklós* segítségével.

A FÓRUM rovatban *Széles Gábor* egy mintavételt támogató, egyedülálló víztest profilozó berendezést mutat be, mely alkalmas program szerint különböző vízmélységekbe leengedni és ott pontosan megtartani a csatlakoztatott mérőműszereket, mintavevő berendezéseket.

Az ESEMÉNYEK rovatban *Erőss Anita* írásával tisztelgünk a Hidrológiai Közlöny szerkesztőbizottsági tagja, *Szűcs Péter* akadémikus előtt, akinek akadémiai székfoglaló előadása a víz útját mutatta be az esőcsepptől a forrásvízig.

Ugyancsak ebben a rovatban *Borsányi Mátyás* Vozik Dávid előadásáról számol be, mely a klorát-ion határérték kérdéseivel foglalkozik.

1721-ben latin nyelven jelent meg a *Thermographia Budensis* (Budai hévízitan) című könyv *Laurentius Stocker*, Buda város főorvosának tollából, amely máig az egyik legátfogóbb írás a budai hévizekről és a gyógyfürdőkről. 300 év elmúltával jelentette meg az Akadémiai Kiadó a mű facsimile kiadását és első magyar fordítását. A KÖNYVAJÁNLÓ rovatunkban a könyvet *Szűcs Péter* akadémikus ismerteti.

A NEKROLÓG rovatban búcsúzunk *Faludi Gábortól* aki az alapítástól kezdve végig kísérte és támogatta a bajai Főiskola fejlődését. Elköszönünk továbbá a fiatalon elhunyt *Szűcs Gábortól*, a magyar vízipolitika kiemelkedő szakemberétől.

Köszönetemet fejezem ki a szerzőknek, a bírálóknak és a szerkesztőbizottságnak, hogy munkájukkal segítették a kötet megjelenését.

Dr. Major Veronika
a Hidrológiai Közlöny főszerkesztője

Insula Insolita – Szigetköz és Bős-Nagymaros párhuzamos története

Zsuffa István¹, Szöllösi-Nagy András¹, Bogárdi János²

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víztudományi Kar, Víz- és Környezetpolitikai Tanszék, ² Kőszegi Felsőfokú Tanulmányok Intézete (iASK)

Mosonyi Emil emlékére

DOI:10.59258/HK.11537



Kivonat

A közlemény célja a szigetközi ártér és a Bős-Nagymaros Vízlépcsőrendszer (BNV) párhuzamos történetének bemutatása és a történet tanulságainak levonása. A BNV-t megelőző idők árvízvédelmi és folyószabályozási munkáinak mellékhatásaként, továbbá a Duna fokozott szennyezőanyag terhelése miatt súlyos degradációs folyamatok indultak be a Szigetközben, melyek megállítása és visszafordítása a BNV egyik fontos célkitűzése volt. A múlt század nyolcvanas éveiben kialakult mozgalmak a környezetvédelem jelszavát hirdetve, ám hamis érvekre hivatkozva a BNV megvalósításának megakadályozását tűzték ki célul. Ezek a mozgalmak – köszönhetően a rendszerváltás idejére kiépített politikai befolyásuknak – végül elérték a céljukat: a BNV beruházását magyar részről egyoldalúan felfüggesztették, majd végleg leállították. Szlovákia azonban, mint a nemzetközi beruházás másik résztvevője, nem adta fel a projektet és a magyar fél kiszállásából adódó kényszerhelyezethez alkalmazkodva, egyoldalúan kivitelezte azt. Ennek következménye lett a szigetközi Duna szakasz 30 évvel ezelőtti elterelése. A BNV magyar részről történő leállítása súlyos károkat okozott Magyarországnak: az anyagi, szellemi és erkölcsi károkozásokon túl az ország de facto elvesztette a beruházás tárgyában Szlovákia ellen indított nemzetközi pert és még az elkészült mű által megtermelt megújuló energiából sem részesedik. Az elmúlt évtizedek során végzett monitoring tevékenység egyértelműen cáfolta a vízlépcsőellenes mozgalom ökológiai katasztrófát vizionáló álláspontját. A szigetközi hullámter talaj- és felszíni vizeinek minőségi és mennyiségi viszonyaiban degradáció helyett javulás történt – még a BNV előtti időkhöz képest is. Ez a javulás a Duna vízminőségében beállt pozitív változásoknak, valamint a Szigetközben kiépült vízpótló-rendszernek köszönhető. A vízpótló-rendszer kiépítésével a magyar vízügyi szolgálat újfent bebizonyította, hogy képes nagyszerű teljesítmények elérésére.

Kulcsszavak

Szigetköz, Bős-Nagymaros Vízlépcsőrendszer, hidrológia, medermorfológia, ökohidrológia, vízminőség, vízgazdálkodás, politika, nemzetközi jog, vízpótló-rendszer.

Insula Insolita – Parallel history of the Szigetköz area and the Gabčíkovo-Nagymaros Barrage Scheme

Abstract

The goal of the article is to present the parallel history of the Szigetköz floodplain and the Gabčíkovo-Nagymaros Barrage Scheme (GNBS), and also to draw the conclusions of this history. As a side effect of flood control and river training works implemented prior to the GNBS, and also due to the increasing pollution of the Danube River, severe degradation processes had started in the Szigetköz. One of the envisaged objectives of the GNBS was to stop and reverse these degradations. In the eighties of the last century however, environmental movements emerged with the aim of preventing the implementation of GNBS. They opposed the GNBS on environmental grounds, albeit referring to false arguments. Due to their strong political influence, these movements finally managed to accomplish their goal: the GNBS project was first suspended and then permanently discontinued by the Hungarian side. Slovakia on the other hand, as the other participant in this international project, did not give it up and after adapting to the situation resulted by the Hungarian withdrawal, she unilaterally implemented the project. This resulted in the diversion of the Szigetköz Danube reach 30 years ago. The shutdown of the GNBS project by the Hungarian side has caused severe damages to Hungary: besides the financial and moral damages, the country de facto lost the international lawsuit it initiated against Slovakia in the case, furthermore it does not even benefit from the renewable energy generated by the project. Outcomes of monitoring activities have denied the charges of the opponents about the ecological catastrophes being caused by the GNBS. The fact is that the ground- and surface waters of the Szigetköz floodplain have undergone improvements with respect to the pre-GNBS times both in terms of quality and quantity. These improvements have been brought about by the improved water qualities of the Danube, and also by the water supplement scheme constructed in the Szigetköz. By implementing the water supplement scheme, the Hungarian water management service has proven once again that it is capable of great achievements.

Keywords

Szigetköz, Gabčíkovo-Nagymaros Water Barrage Scheme, hydrology, channel morphology, ecohydrology, water quality, water management, politics, international law, water supplement scheme.

BEVEZETÉS

Sokat töprengtünk a főcímen. Harminc évvel ezelőtt valószínűleg az „Insula Misera”-t (szerencsétlen sziget) vagy a még borúlátóbb „Insula Exsecrata”-t (elátkozott sziget) választottuk volna. Viszont azóta sok olyan dolog történt a

Szigetközben, amelyek bizakodásra adnak okot. Ezek közül a legjelentősebb az, hogy sikerült revitalizálni a hullámter értékes élőhelyeit. Mindazonáltal, ott még nem tartunk, hogy a műnek nyugodt szívvel adjuk pl. az „Insula Harmoniae” (harmóniak szigete) főcímet. Egy külső szem-

lélő továbbra is furcsa dolgokat tapasztalna a Szigetköz-zel kapcsolatban. Látna két azonos rendeltetésű duzzasztóművet közvetlenül egymás alatt (a dunacsúnyit és a dunakilitit), melyek közül az alsó voltaképpen nem azt a funkciót látja el, amire létrehozták. Tapasztalna, hogy bizonyos, tisztán szakmai kifejezéseket (pl. „duzzasztás”, „tározás”) továbbra is valamiféle baljós politikai köd lengi körül olyannyira, hogy sokan még az említésüktől is tartózkodnak. Látna továbbá azt is, hogy egy közel fél évszázada megkezdett projekt továbbra sincs lezárva; nincs egyetértés, az érdekelt felek továbbra sem jutottak végleges megegyezésre.

Mindezek alapján esett a választás az „Insula Insolita” (furcsa sziget) főcímrre. Ez egyrészt már nem borúlátó, másrészt érzékelteti a helyzet ellentmondásosságát: a Szigetköz fejlődéséhez egy megoldatlan jogi konfliktus és egy műszaki torzó képezi a permfeltételeket.

Harminckét évvel ezelőtt szállt ki egyoldalúan a magyar kormány a Szigetköz sorsát alapvetően befolyásoló Bős-Nagymarosi Vízlépcsőrendszer (BNV) projektből. Ennek a döntésnek lett következménye a szigetközi Duna harminc évvel ezelőtt történt egyoldalú elterelése. Már negyedszázada, hogy a Bős-Nagymaros ügyben indított nemzetközi per a hágai Nemzetközi Bíróság ítéletével lezárult. Adott tehát egy olyan távlat, amely már lehetővé tesz egy átfogó, történelmi kontextusba helyezett objektív elemzést. Az eltelt idő a projekt hosszú távú hatásainak elemzését is lehetővé teszi. Az ügyvel kapcsolatos jelenlegi fáradtság és társadalmi közömbösség pedig kifejezetten kedvező a tárgyi-lagos visszatekintéshez.

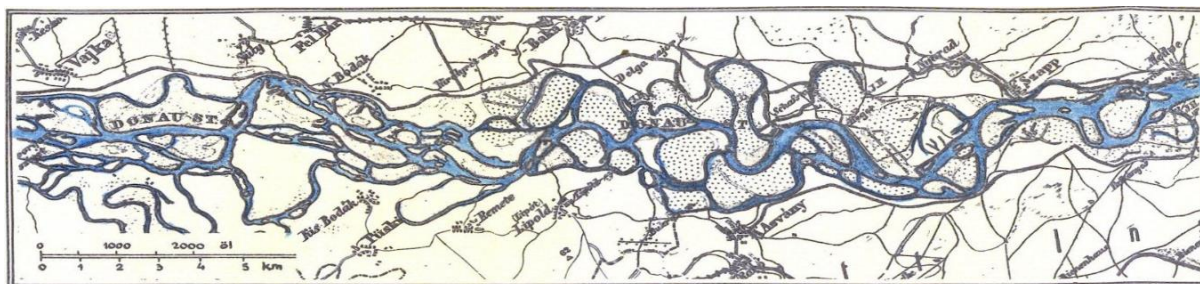
Jelen tanulmány célja a szigetközi ártér és a Bős-Nagymaros Vízlépcsőrendszer (BNV) párhuzamos történetének bemutatása és a történet tanulságainak levonása.

Bős-Nagymaros ügyben már számos objektív írás született (*Dlusztus 1989, Kozák 1994, Köves 1998, Moldova 1998, Árpási 2006, Sámsondi Kiss 2019, Kozák 2020*) a Hidrológiai Közlöny *Refuznyiki* sorozata a nyolcvanas évek végétől), melyek itt is fontos forrásokként szolgálnak. Amiben ez a tanulmány újat keres, az a fent említett történelmi távlatból adódó lehetőségek kiaknázása a folyamatok teljesebb megértése érdekében. Az immáron közel négy évtizedes történet felvázolása során az adatokkal, ábrákkal és grafikonokkal alátámasztott műszaki-tudományos összefüggések mellett szerepet kap még a politikai tényezők és áramlatok bemutatása is.

A tanulmány első sorban a szigetközi hullámtérre fókuszál. Ennek oka – a terjedelmi szempontokon túl – a hullámtér kiemelt fontosságú természetvédelmi, területhasználati és árvíz-levezetési funkciói; továbbá az, hogy ezeket a funkciókat alapvetően befolyásolta a BNV és a BNV körüli történések.

SZIGETKÖZ A TERVEZETT VÍZLÉPCSŐRENDSZER ELŐTT

A folyószabályozás előtti ősállapotban a szigetközi Duna egy tipikus alsó-szakasz jellegű folyószakasz volt. A hegyvidéki felső szakaszból a Csallóköz-kisalföldi síkságra kiérve a folyó sebessége lecsökkent, melynek következtében beindult a szállított lebegtetett és görgetett hordalék folyamatos lerakódása. Az így kialakult és folyamatosan növekvő szigetközi hordalékkúpon – melynek vastagsága néhol eléri a 300 métert is – a Duna több ágra szakadt, kialakítva az alsó szakaszra jellemző fonatos szerkezetet (*1. ábra*).



1. ábra. A Duna szigetközi szakasza a szabályozás előtt

(A bécsi Katonai Földrajzi Intézetnek a Monarchia 1806-1869 közti második katonai felmérése alapján készült térképe)

Figure 1. The Szigetköz reach of the Danube River prior to the implementation of river training works

(The map is based on the 2nd military surveying campaign (1806-1869) of the Vienna-based Military Geographical Institute of the Austro-Hungarian Monarchy)

A XIX. század végén kezdődött a Duna szigetközi szakaszának árvízvédelmi és hajózási célú szabályozása, amely – változó intenzitással – eltartott a Duna 1992-es eltereléséig. A folyamat a *nagyvízi szabályozással* kezdődött, melynek során árvízvédelmi töltések létesültek a folyó mentén. A töltések két jól elkülöníthető részre osztották a Szigetközt: mentett oldalra és hullámtérre. A mentett oldalra az árvizek – a töltések jótékony hatásaként – többé már nem veszélyeztették a belterületeket és a területhasználatokat. Ugyanakkor, az altalajon keresztül árvízkor történő szivárgás (fakadóvizek) előltekkel fenyegettek, míg kisvízkor a korábbi időszakból hátramaradt holtág-rendszerek kiszáradására kellett számítani.

A hullámtéren is alapvetően megváltoztak a hidrológiai viszonyok, köszönhetően a *középvízi szabályozás* során kiépített egységes főmedernek és a hullámtéri mellékágak részleges lezárásának. A hajózás feltételeinek javítását és a jég kártétel nélküli levezetését célzó *kisvízi szabályozás* során beépített keresztirányú művek tovább stabilizálták a főmedret. A Duna szigetközi szakaszának esésviszonyai miatt relatíve nagy vízsebességek alakultak ki a főmederben, amely így mozgómedrű folyószakasszá vált. Az elzárások miatt a mellékágak csak nagyobb vízhozamoknál kaptak élővizet, így a hullámtéren maradt egykori folyómedrek állóvízű holtágakká alakultak (*Jakus 2023*).

A Szigetköz állapotára és a szabályozási munkákra jelentős befolyást gyakoroltak a különböző időszakokban levonuló árvizek. Az 1954-es nyári, korábbiakban nem tapasztalt rendkívüli árhullám átszakította a töltéseket, emberéletet követelve és jelentős károkat okozva az egész Szigetköz területén. Az árvíz levonulását követő években megerősítették a töltéseket, a deformálódott főmederben pedig kotrással és a szabályozó művek módosításával állították helyre a biztonságos hajózáshoz szükséges feltételeket (Jakus 2023).

Az 1965-ös árvíz a Dunán – és szinte valamennyi mellékfolyón is – rendkívüli állapotokat teremtett. A levonuló árhullámok rendkívül tartós és magas vízállású előntéseket eredményeztek a hullámtéren. A több hónapig tartó árvízi időszakban katasztrofálisan megemelkedtek a szigetközi fakadó- és belvizelvezető rendszerekben a vízszintek, csak rendkívüli erőfeszítésekkel lehetett a belvíz és fakadóvíz károkat mérsékelni. Az árvíz levonulása után újra kellett értékelni a védelmi rendszer állapotát, valamint a belvíz és fakadóvíz elvezető rendszerek működését. Az újratervezés alapján a hatvanas-hetvenes években jelentős fejlesztések történtek. Tovább erősödtek a töltések, átépültek a keresztező műtárgyak, biztonságos mentett oldali sávok és feltöltések alakultak ki. Belvízvédelmi programként, új koncepció alapján (fakadóvizek átvezetése a Mosoni Duna felé) szivattyútelepek, vízkormányzó műtárgyak és elvezető csatornák épültek. A főmeder rendezése érdekében, jelentős középvíz-szabályozási beavatkozásokra is sor került (Jakus 2023).

Az ősszállapot domináns szedimentációs folyamatai a szabályozási munkák ideje alatt is folytatódtak. Egészen a múlt század hatvanas éveitől a hordalék lerakódása volt a meghatározó morfológiai folyamat a főmederben és a hullámtéren egyaránt (2. ábra). Erre bizonyíték az, hogy ebben az időszakban a szigetközi Duna dunaremetei szelvényében a kis-, közép- és árvízszintek határozottan emelkedő trendeket mutattak (3. ábra), miközben a dunaremetei vízhozamgörbe is egyértelműen és jelentős mértékben eltolódott a vízállás-tengely pozitív irányába (4. ábra). A 4. ábra jól mutatja, hogy a hatvanas évek elején több, mint egy méterrel magasabban vonultak le a kis-, közép- és nagy-vízhozamok a XX. század elejéhez képest. Ez egyértelmű bizonyíték a főmedri és hullámtéri feltöltődésre.

A hatvanas évektől a Duna eltereléséig tartó időszak során részben megfordultak a korábbi tendenciák. A dunaremetei kis- és középvízszintek ebben az időszakban már csökkenő trendeket mutattak (3. ábra). A kisvízszintek csökkenésének oka az, hogy a mozgó főmederben megváltoztak a morfológiai folyamatok. A szedimentációt felvál-

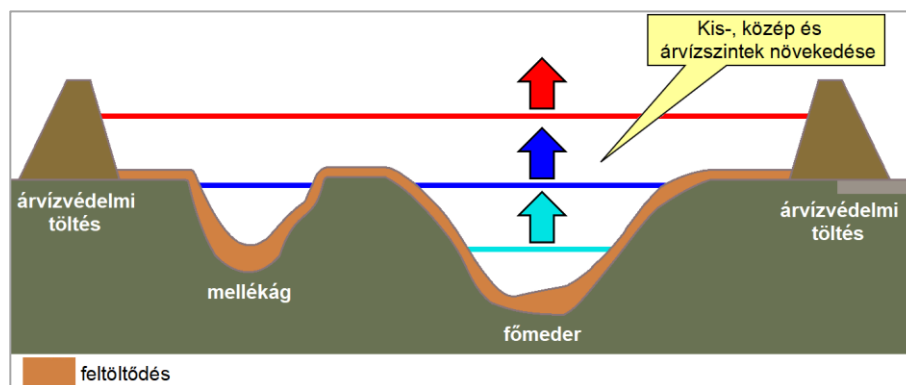
totta a medersüllyedést eredményező erózió (5. ábra), ahogy azt a dunaremetei vízhozamgörbe kisvízi tartományban beállt változások is mutatják (4. ábra). A medersüllyedés elsődleges oka a Duna lecsökkent hordalékhozama, ami a Duna felvízi vízgyűjtőjén létesített nagyszámú völgyzárógát és vízlépcső hordalék-visszatartó hatásának, valamint a pozsonyi Duna szakaszon folytatott kavics ki-termelés következménye.

Az 1960-61-es és 1990-91-es dunaremetei vízhozamgörbék ugyanakkor azt is mutatják, hogy a középvízi tartományban már nem érvényesült a medersüllyedés hatása (4. ábra). Az itt tapasztalt vízszintsüllyedés (3. ábra) oka a közép-vízhozamokban észlelt süllyedő tendencia volt.

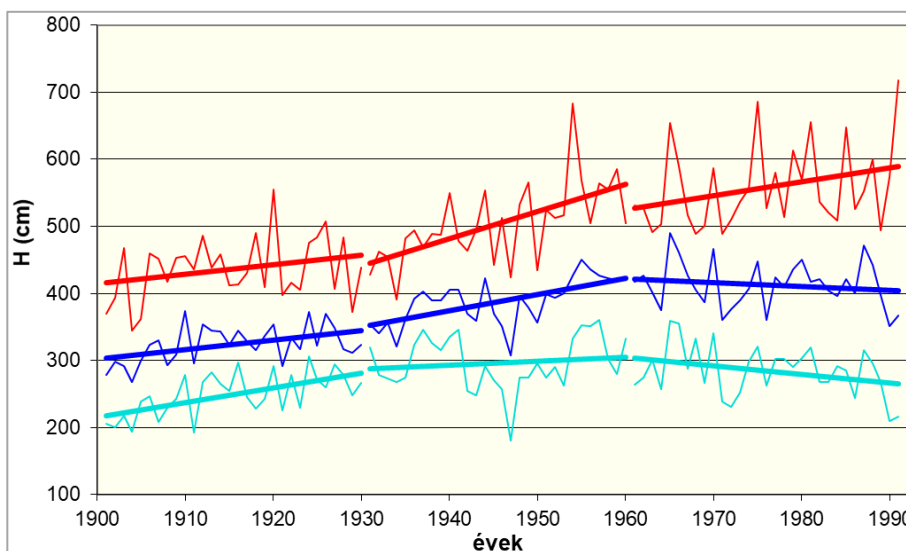
Az árvízszintek viszont tovább emelkedtek (3. ábra), és a vízhozamgörbe nagyvízi szakaszának emelkedése is folytatódott (4. ábra). Ez azt jelenti, hogy tovább romlott a hullámtér árvízlevezető képessége, meghozzá olyan mértékben, amely – a mederbeágyazódás ellenére – tovább rontotta a teljes árvízi meder vízlevezető képességét. Ennek oka a hullámtér – különösen a mellékágak – folytatódó feliszapolódása, valamint a hullámtéri benőttség fokozódása.

Tehát a Szigetközben is beindult a Duna magyarországi szakaszára általánosan jellemző mederbeágyazódás és hullámtéri feliszapolódás kettős folyamata (Zsuffa 2001, Kalocsa és Tamás 2003, Pataki és társai 2013). Mindez hosszútávon a hullámtéri vizes élőhelyek károsodásához vezet, ahogy az a gemenci ártéren például már meg is történt (Zsuffa 2001, Pataki és társai 2013). Egy Gemencsel kapcsolatos érzékenységvizsgálat kimutatta, hogy külső beavatkozás nélkül az ártér vizes élőhelyeinek jelentős része 60-70 éven belül várhatóan teljesen eltűnik, az ártér feliszapolódása, a főmeder beágyazódása, valamint a klímaváltozás hidrológiai hatásainak következtében (Pataki és társai 2013). A Szigetközre is minden bizonnyal ez a sors várt volna.

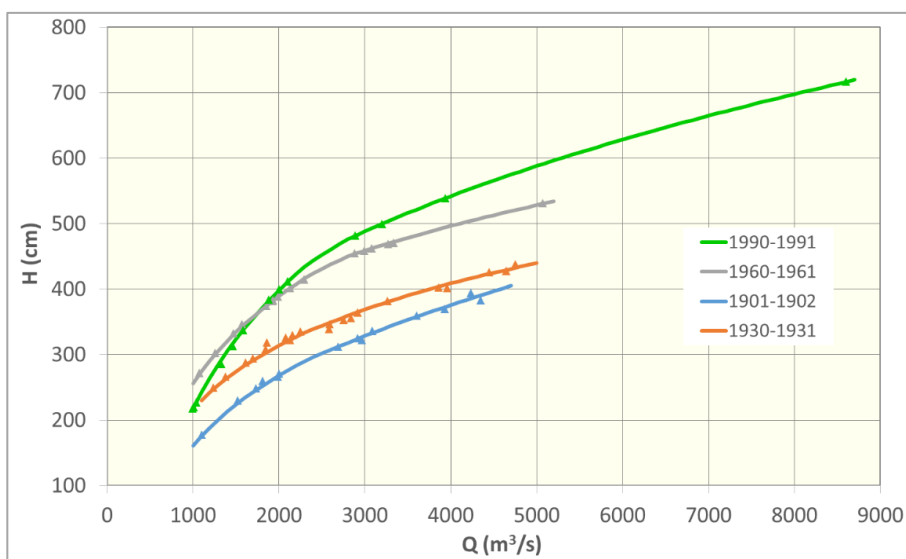
A XX. század még egy nagy változást hozott a Szigetköz hidrológiai viszonyaiban. Jelentős mértékben felgyorsult az árhullámok levonulása, ami a maximális napi vízszintemelkedések és vízszintsüllyedések határozottan növekedő trendjeiben is látható (6. ábra). Mindez további ökológiai problémákat eredményezett. Az ártéri ívölyhelyeken a rövid ideig tartó előntéseket követő gyors vízszintsüllyedések egyre gyakrabban eredményezték a növényzetre tapadt, még immobil halikrák pusztulását (Pintér 1992 Welcomme és Halls 2002). Ráadásul a halivadékok, sőt a felnőtt halak is egyre gyakrabban estek csapdába és pusztultak el a visszamaradó, majd kiszáradó ártéri pocsolókban (Welcomme és Halls 2002).



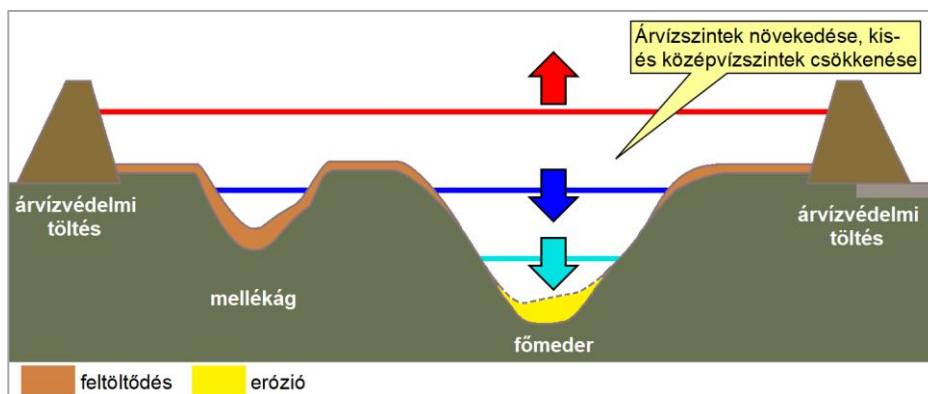
2. ábra. Uralkodó morfológiai folyamatok a Szigetközben az 1960-as évekig
Figure 2. Prevailing morphological processes in the Szigetköz area till the 1960s



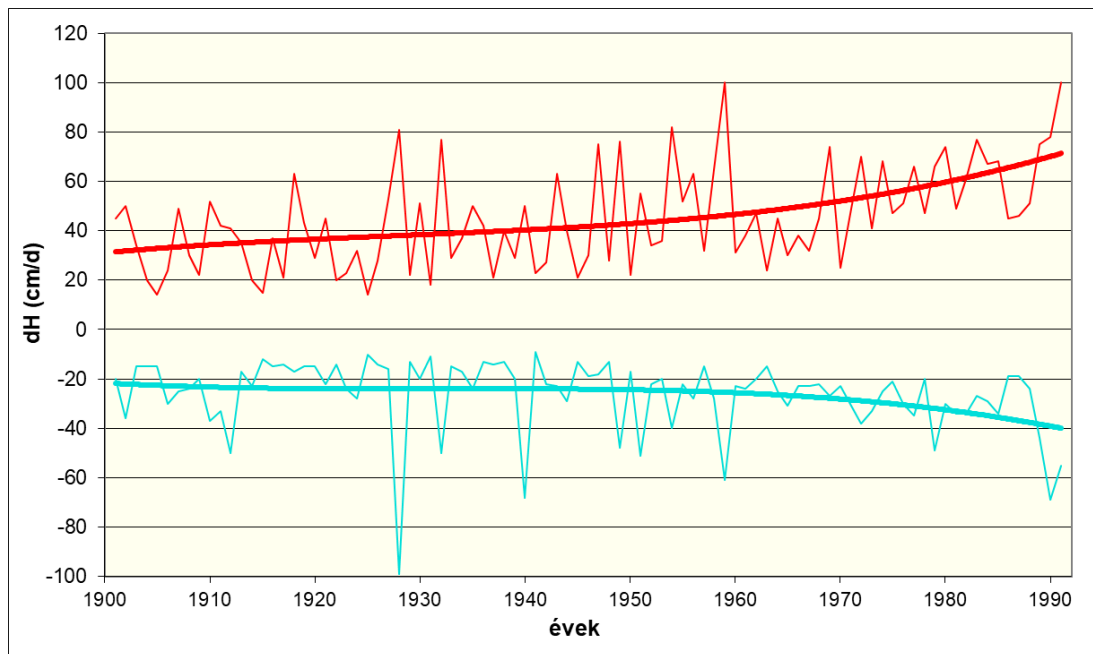
3. ábra. Kis-, közép- és árvízszintek trendjei a Duna dunaremetei szelvényében (A vizsgálat során csak a nyári félév (április-szeptember) vízszintjeit vettük figyelembe, a vízállásokat erősen befolyásoló jégjelenségek kizárása érdekében)
 Figure 3. Trends of low-, mean- and floodwater levels of the Danube at the Dunaremete gauging station (Water levels from the summer period (April-September) were taken into account only, in order to eliminate the potential impacts of ice phenomena on water levels)



4. ábra. A Duna dunaremetei vízhozam görbéjének változása a XX. század során (A görbék a tetőző/völgyelő vízállás-vízhozam adatpontokra történő illesztéssel készültek. A század első feléből hiányzó dunaremetei vízhozam adatokat a pozsonyi vízhozamok alapján pótoltuk, a két szelvény tetőző és völgyelő hozamai között fennálló szoros regressziót felhasználva.)
 Figure 4. Changes of the discharge rating curve of the Danube at Dunaremete during the 20th century. (The curves were fitted on water level-discharge data observed under peak and low flow conditions. For the first part of the century, the missing discharge data at Dunaremete were substituted with the help of discharge values from the Bratislava gauge, by relying on the close correlation between discharges from the two gauges)



5. ábra. Uralkodó morfológiai folyamatok a Szigetközben az 1960-as évektől a Duna 1992-es eltereléséig
 Figure 5. Prevailing morphological processes in the Szigetköz area between the 1960s and the diversion of the Danube River in 1992



6. ábra. Napi vízállásváltozások ($dH=H_i-H_{i-1}$, i : napok sorszáma) április-június időszakra vonatkozó maximális és minimális értékek harmadfokú polinomiális trendjei a Duna dunaremetei szelvényében

Figure 6. Fitted third-order polynomial trends of maximum and minimum daily changes of water levels ($dH=H_i-H_{i-1}$, i : serial number of days) of the Danube River at Dunaremete from the period April-June

Az árhullámok felgyorsult levonulása általánosan jellemző a mai Dunára (Zsuffa 2001, Hein és társai 2018). Pozsonynál például, az április-június időszakra vonatkozó maximális napi vízállássüllyedések átlagos értéke 34 cm/nap volt az 1878-1897-es időszakban, míg ugyanezen változó 1986-2005-ben már 76 cm/nap volt (Hein és társai 2018). Ez a jelenség, valamint az árterek feliszapolódás miatti kiszáradása eredményezte a folyó halállományában tapasztalt degradációt.

A heves vízállásváltozások káros hatással vannak az akvatikus és szemi-akvatikus növényzetre is, melyek egyre nehezebben tudnak alkalmazkodni a gyors alámerülés és szárazra kerülés okozta növekvő stresszhatásokhoz (Brock és társai 1987, Welcomme és Halls 2002). Nem véletlen, hogy ez a fajta növényzet nem tud tartósan megtelepedni a vízállás ingadozásnak legjobban kitett főmeder menti partokon, zátonyokon.

Az 1970-1975-ös években már egyértelműen lehetett érezni és mérni a megváltozott állapotok hatását. Az árvízvédelmi, hajózási, fakadóvíz elvezetési célok elérése ugyan megvalósult, de ez egyidejűleg kedvezőtlen mellékhatásokkal is járt. A mellékágak egyre inkább elszakadtak a főmedertől, a kisvizek szintjeinek süllyedése az egész hordalékkúpra, a Szigetköz egészére negatív hatást gyakorolt. Kisvízi állapotban a mellékágaknál és a mentett oldali holtmedreknél is kiszáradási folyamatok indultak be (Jakus 2023).

A XX. század a vízminőségi viszonyokban is jelentős változásokat hozott. A Szigetköz vízminőségét alapvetően a Duna vízének minősége határozza meg, ami – egészen a 70-es évekig – fokozatos romlásra ment keresztül. Ennek oka a folyó folyamatosan növekvő kommunális, ipari és mezőgazdasági eredetű szennyezőanyag-terhelése volt (Pannonhalmi 2023). A Szigetközbe érkező Duna-víz

ortofoszfát és ammónium koncentráció szerinti minősítése még a 80-as évek közepén is 'gyenge' és 'mérsékelt' volt (Pannonhalmi és Varga 2021). A víz felol tartalma szintén károsan magas volt (Pannonhalmi és Varga 2021) olyannyira, hogy az még a szigetközi halak ízén is érezhető volt (Kertész 2023). Végeredményben a szennyezett Duna-víz vízminőségi problémákhoz vezetett a Szigetköz víztesteiben (Kertész 2023). A 80-as évek közepétől aztán javulás állt be a Szigetközbe érkező Duna-víz minőségében (Pannonhalmi és Varga 2021), köszönhetően a felvízi folyószakaszon fogatosított intenzív vízminőség-védelmi programoknak. Az évtized végére a lakossági szennyvíz több mint 80%-a részleges tisztítás után került a befogadóba (Pannonhalmi 2023).

Mindebből következik: tévedés azt állítani, hogy a BNV előtt a Szigetköz érintetlen vizes élőhely lett volna. A XIX. századi állapothoz képest a folyószabályozás, az ármentesítés és a Duna szennyezőanyag terhelése alapvetően átrendezte a hidromorfológiai és vízminőségi viszonyokat. Ezek a változások súlyos degradációs folyamatokat is beindítottak a Szigetközben, melyek ellensúlyozása, ill. megállítása előbb-utóbb átfogó mérnöki beavatkozást tett volna szükségessé.

A VÍZLÉPCSŐRENDSZER TERVEZETT KONCEPCIÓJA

Vízlépcsők létesítése a Duna Pozsony-Budapest szakaszán a XX. század kezdete óta a tervezők látókörében volt. Számos koncepcionális terv készült már az 1945 előtti időszakban is (Kozák 2020). A Csehszlovákiával közösen létesítendő többcélú vízlépcsőrendszerre az első átfogó javaslatot Mosonyi Emil tette 1950-ben a Magyar Tudományos Akadémia vízerőhasznosítással foglalkozó ülésén. 1958-ban megkezdődött a közös magyar-csehszlovák tervezési munka, amire a pontot az 1977-es államközi szerződés aláírása tette (Kozák 2020).

A tervek a Duna részleges elterelését irányozták elő a *dunakiliti* szelvényben létesített *duzzasztómű* segítségével (7. ábra). A tervek szerint a duzzasztó a folyó hozamának 80-90%-t a csehszlovák oldalon létesített *üzemvízcsatornába* tereli. A csatorna az áterelt vizet a vízerőhasznosítás céljából létesített *Bósi* (Gabčíkovo) *vízerőművön* átvezetve, Szapnál (Sap) vezeti vissza a régi Duna-mederbe. Az elterelés tehát a Szigetköz közel teljes területét érinti. A dunakiliti duzzasztó szabályozható zsilipein keresztül történik a Szigetköz gravitációs vízellátása, valamint az árvízi többlethozamok régi mederben történő levezetése. A duzzasztó fölött kialakított *tározó* célja a Duna vizének ideiglenes tározása, a bósi erőmű csúcsra járatása érdekében. A rendszer legalsó eleme a *Nagymarosnál* tervezett *vízlépcső*, melynek feladata – az energiatermelésen túl – a hajózás biztonságának megteremtése, valamint az eseti csúcsra járatás során levonuló ár hullámok csillapítása lett volna.

A fő létesítményeken túl a tervek kiegészítő beruházásokat is tartalmaztak. A Duna Szap és Nagymaros közötti

szakaszán védelmi létesítményekkel tervezték az árvízi biztonságot növelni, valamint a partokat biztosítani az eseti csúcsra járatás okozta fokozott igénybevétellel szemben. Szennyvíztisztítók létesítése is szerepelt a tervekben, elsősorban az olyan nagyvárosok esetében, mint Pozsony és Győr. Erre utal *Kozák* (2020), Mosonyit idézve: „Ha egy folyó rendkívül módon szennyezett, akkor a duzzasztómű káros hatásait nem lehet tagadni. Ha viszont a vízlépcső fölötti duzzasztott szakaszokba ömlő vízfolyásokat megfelelő módon tisztítják, mint ahogy az Ausztriában, Németországban, Franciaországban és Svájcban látható, akkor a duzzasztásnak semmiféle biológiai, kémiai káros hatása nincs!”

Térségfejlesztési beruházások (például kerékpárút) is részei voltak az eredeti terveknek, melyek magukba foglalták még a nagymarosi vízlépcső duzzasztott felvizehez kapcsolódó prédikálószerű szivattyús energiátározó terveit is (*Jakus* 2023). Ez utóbbi napjainkig hiányzik a hazai csúcserőenergia termelésből.



7. ábra. A Bős-Nagymarosi Vízlépcsőrendszer eredeti elrendezése
Figure 7. The original layout of the Gabčíkovo-Nagymaros Barrage Scheme

Fontos tervezett kiegészítő beruházás volt a *szigetközi vízpótló-rendszer* kiépítése, melynek feladata az ártéri ökoszisztémák és ökoszisztéma szolgáltatások megfelelő működésének biztosítása a gyökeresen megváltozott hidrológiai peremfeltételek mellett. (A némi módosítással, de végül is megvalósult vízpótló-rendszert „A szakma válasza: a vízpótló-rendszer megvalósítása” című fejezetben részletesen is bemutatjuk.)

A végleges tervek kialakításában fontos szerepet játszottak a komplex környezeti hatásvizsgálatok, melyeket Magyarországon először épp a BNV projekt keretében végeztek. Szintén ez a beruházás vette figyelembe elsőként a negatív környezeti hatások kiküszöbölésére tett javaslatokat is (*Jakus* 2023).

Összefoglalásként tekintünk át a tervezett többcélú vízlépcsőrendszer funkcióit:

1. Megújuló energia termelése

A rugalmas működtetésű bósi és a nagymarosi vízlépcsők turbináinak összes teljesítménye 878 MW.

A megtermelt energia jelentős része a napi energiafogyasztás csúcsidőszakában termelt csúcserőenergia, melynek előállítására a rugalmatlan (szén és atomenergia alapú) „zsinór-erőművek” nem alkalmasak. A tervek szerint a termelt energián a két ország 50-50%-ban osztozik – éppúgy, mint a beruházási költségeken. A tervezett vízerőművek számos fosszilis tüzelőanyaggal üzemelő, üvegházhatású gázokat kibocsájtó erőmű kiváltását teszik lehetővé mindkét országban, ezzel is segítve a klímaváltozás káros hatásai ellen folytatott küzdelmet.

2. Hajózás feltételeinek javítása a Pozsony-Nagymaros szakaszon

Számos gázló akadályozta – és akadályozza még ma is – a hajózást alacsony dunai vízhozamok mellett. Ezek közül a legjelentősebbek a Rajka-Gönyű mozgó medrű Duna szakasz gázlói, a nagymarosi szelvény feletti dömösi sziklaküszöb, valamint a nyergesújfalui gázló. A hajóút üzemvízcsatornába

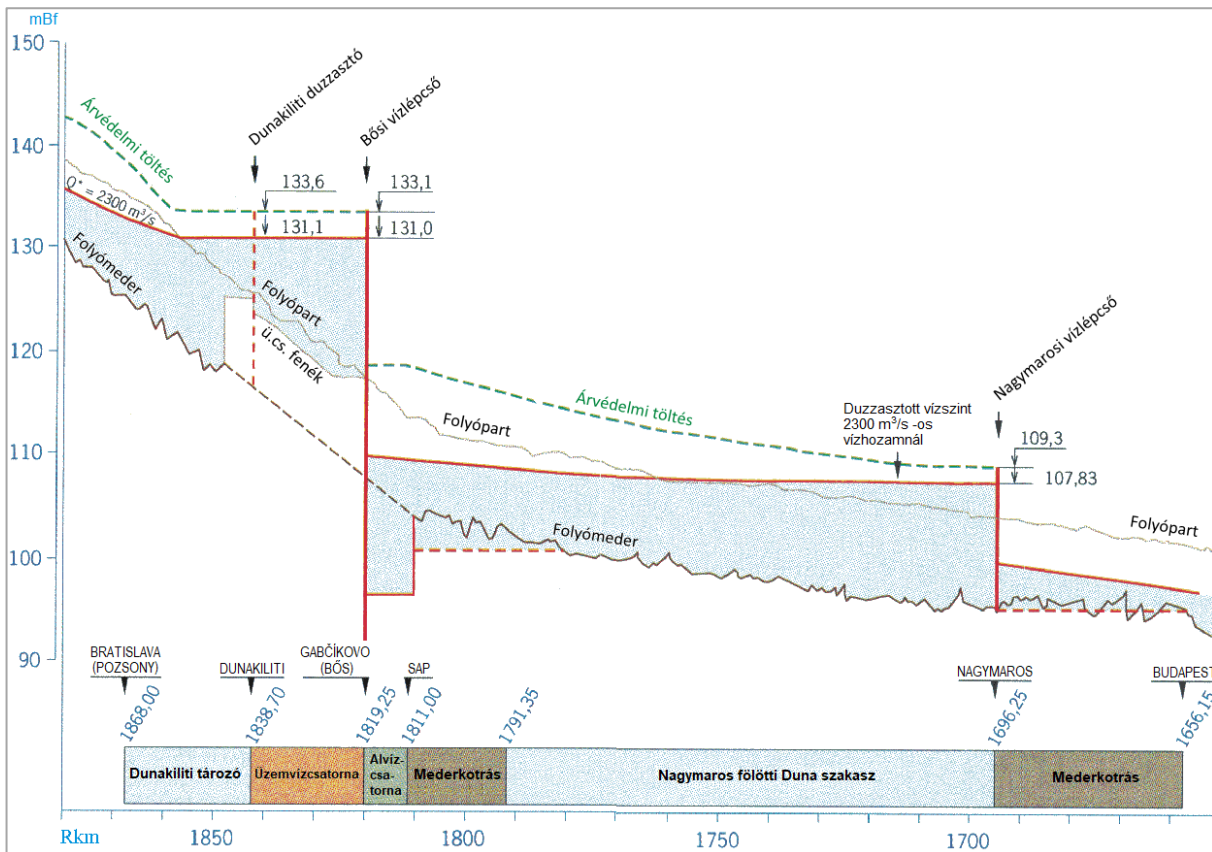
történő áthelyezése, valamint a nagymarosi vízlépcső duzzasztó hatása még alacsony vízhozamok mellett is akadálymentesíti a hajózást.

3. Árvízvédelmi biztonság növelése

Árvizek során, az üzemvízcsatornán levezetett kb. 3000 m³/s-os hozam csökkenti a Szigetköz árvízi veszélyeztetettségét, elsősorban annak felvízi részén. A Szap-Nagymaros közötti Duna-szakasz árvízvédelmi biztonságát pedig a nagymarosi beruházás részét képező töltéserősítések növelik.

4. Szigetköz ökológiai degradációjának megállítása, visszafordítása

A vízpótló-rendszer által biztosított szabályozott vízellátás és belső vízszintszabályozás lehetővé teszi az ökológiai degradáció megállítását és visszafordítását a Szigetközben. A nagymarosi vízlépcső is jelentős szerepet játszik az ökológiai károsodások elhárításában, mivel duzzasztó hatása ellensúlyozza az elterelés okozta vízálláscsökkenéseket a szigetközi Duna alsó szakaszán (8. ábra).



8. ábra. A Bős-Nagymarosi Vízlépcsőrendszer hossz-szelvénye (SzKKM 1999)

Figure 8. Longitudinal section of the Gabčíkovo-Nagymaros Barrage Scheme (SzKKM 1999)

Összefoglalva: a vízlépcsőrendszer eredeti terve egy többcélú, komplex hasznosítású, integrált vízgazdálkodási rendszer létrehozását irányozta elő. A tervváltozatok elemzése, valamint a végleges terv kidolgozása évtizedeket vett igénybe. A megkötött államközi szerződés egyformán garantálta mindkét ország érdekeinek érvényesülését. Azonban az összekapcsolt, integrált rendszerek sajátossága, hogy ha egy vagy több elemét kivesszük, akkor a rendszer nem képes többé céljainak megfelelően működni. Ez történt.

De miért?

DUNASZAURUSZ

A beruházás ellenzői már a nyolcvanas évek elejétől hallatták a hangjukat (Vargha 1981). 1984-ben megalapították a Duna Kör, melynek elsődleges küldetése a vízlépcsőrendszer környezetvédelmi alapon történő ellenzése, felépítésének megakadályozása volt. A Duna Kör törekvését hamar fölkarolta az akkori demokratikus ellenzék. Szamizdat kiadványaikban a Kör rendszeresen publikálta a vízlépcsőrendszerrel kapcsolatos elutasító álláspontját. Az

ilyen ellenzéki tevékenységnek a pártállam idején hatósági vegzálás volt az ára. Másrészt, egy vízlépcsőrendszer elleni tiltakozás sokkal kevésbé volt kellemetlen a pártállam számára, mint a hatalma alapjait megkérdőjelező kritikák (pl. az 56-ot követő megtorlások, a szovjet haderő jelenléte, valamint a diktatórikus berendezkedés firtatása). Következésképpen, a hatalom elnézőbben viszonyult a vízlépcső-ellenességhez, és az ellenzék is ebbe a kevésbé veszélyes és nagyobb mozgásteret biztosító irányba mozdult el. Erősen valószínűsíthető tehát, hogy nagyrészt ebben gyökerezik a pártállam ellenzékéből kinőtt politikai pártok vízlépcsőellenes elkötelezettsége.

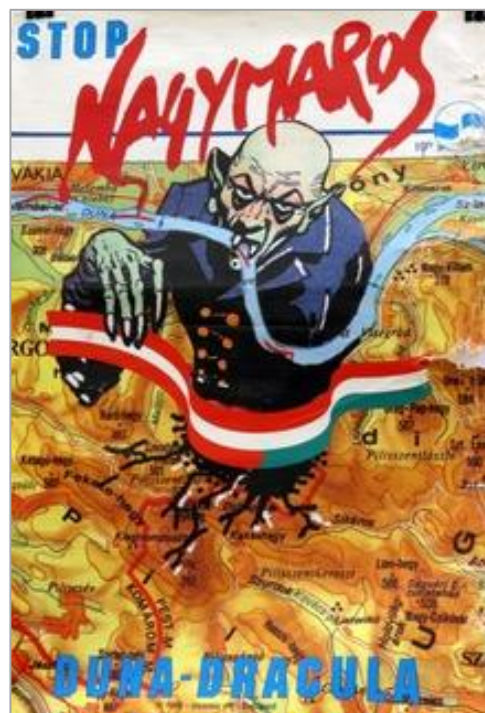
A rendszerváltás idején aztán a vízlépcsőellenesek köre gyorsan bővült. Szinte az összes politikai és politikai párt csatlakozott (a parlamentbe bejutottak közül mindenki), továbbá a sajtó, a rádió és a televízió is kritika nélkül átvette az ellenzők álláspontját.

Bizonyára voltak az aktív ellenzők között olyanok is – főleg a mozgalom kezdetén – akik őszintén hitték, hogy a

vízlepcsősrendszer környezeti pusztulást okoz, és, hogy az ellene való fellépés hazafias kötelesség. Mégis azt gondoljuk, hogy a többséget nem az őszinte aggodás, hanem az aktuális populista irányvonalhoz való igazodásban remélt haszonszerzés motiválta. Máskülönbönten hogyan mondhatott vagy hihetett el meggyőződéssel egy, az ügygel foglalkozó, átlagos intelligenciával rendelkező ember olyan kijelentéseket, mint amelyet például egy országgyűlési képviselő tett, aki szerint a bős-i erőmű felépítésében „benne foglaltatik a népiirtás esélye” (idézi: Bercsi 1991). A korabeli sajtó és a médiumok tele voltak az ehhez hasonló képtelen kijelentésekkel és nem akadt olyan politikus, aktivista vagy újságíró, aki a leírt vagy kimondott szó jelentését számon kérve, kritikusan viszonyult volna ezekhez.

Az ellenzők nyolcvanas évek végére kikristályosodott kommunikációs stratégiáját az alábbi pontok szerint lehet összefoglalni:

- Állításainkat ex-cathedra kijelentő mondatok formájában hangoztassuk, melyeket érvek helyett agresszív fellépéssel támasszunk alá;
- Végletes, széles körben fogyasztható katasztrófa-elméleteket terjesszünk a bizonyítás igénye nélkül. Például ilyeneket: „A síkvidéki tározóban és oldalsatornában a környező terep szintje fölé duzzasztott víz állandósítja az árvíz kockázatát. A vízlepcsősrendszer üzembe helyezése előtt csak egyes esztendőben és csak egy-két hétig kellett az árvíz lehetőségével számolni. A vízlepcsősrendszer üzembe helyezése esetén gondatlanság, műszaki hiba vagy természeti katasztrófa, pl. földrengés esetén – amely utóbbival a Duna aktív törésvonalon kialakult medre következtében nagyon is számolni kell – bármikor bekövetkezhet árvíz” (Vargha 1999). (Ennek a vádnak a cáfolata e fejezet végén található.);
- Hatásvadász jelzőkkel és szólamokkal operáljunk: „Dunasaurusz”, „gigantomán”, „Duna Dracula” (9. ábra), „sztálini agyrém”, „csallóközi víziszörny” stb.;
- A tervezőket, meg úgy általában a vízügyi szakmát ne velünk egyet nem értő vitapartnereknek tekintsük, hanem a haza ellenségeiként démonizáljuk őket. (Az aktivisták szerint a vízügyi szolgálat egyszerre volt „sztálinista szervezet”, „technofasiszta vízügyi lobbí” és „rákos daganat a nemzet testén”.);
- Ne foglalkozunk az állításaink bizonyításával, mivel az szaktudást, továbbá sok időt és energiát igényel, nem is beszélve a kimenetel bizonytalanságáról. Sokkal inkább törekedjünk arra, hogy véleményünkkel leuraljuk a tájékoztatást és a politikát, majd a megszerzett politikai befolyást felhasználva az ellenvéleményeknek ne adjunk teret;
- A projekt tervezők által feltárt lehetséges környezeti kockázatait biztosan bekövetkező katasztrófákká nagyítsuk fel, hallgatva a káros hatások kivédését célzó (a projekt részét képező) intézkedésekről;
- A beruházás pozitív környezeti hatásairól meg egyszerűen ne is vegyünk tudomást.



9. ábra. A Duna Kör vízlepcsőellenes plakátja (Inconnu Art 1988)

Figure 9. Anti-barrage poster of the Duna Kör (Danube Circle) (Inconnu Art 1988)

Az aktivisták etikátlan vitastílusát a jelen cikk szerzői személyesen is megtapasztalták. A viták vagy rafináltan manipulálva voltak az elejétől fogva, vagy mesterségesen elcsúsztak egymás mellett azzal a nyilvánvaló céllal, hogy ne kerüljön sor a műszaki-tudományos kérdések – aktivistákra nézve leleplező hatású – tisztázására. Amikor hajózásról esett szó, akkor árvízvédelmi kérdésekkel zavarták össze az arra vonatkozó minden tudással nem rendelkező hajózási szakértőt, amikor egy árvédelmi szakembert interjúvoltak, akkor a kérdés az akvatikus ökológiáról szólt (Szöllősi-Nagy 2020).

Az aktivisták vádjainak jó részét annak idején a vízügyi szakemberek különböző szakmai kiadványokban megválaszolták, megcáfolták. Azért csak ott, mert az országos sajtó, ahol a vádak elhangzottak, rendre visszautasította a válaszok közzétételét. Az elutasított írások végül a Hidrológiai Közlöny külön erre a célra életre hívott „Refuznyiki” rovatában jelentek meg éveken keresztül. Megjelent néhány, a témával tárgyilagosan foglalkozó könyv is (Dlusztus 1989, Köves 1998, Moldova 1998), viszont az ilyen úton terjesztett információ is csak egy szűk, a téma iránt kifejezetten érdeklődő körhöz jutott el. A közvélemény túlnyomó része a teljes mértékben elfogult és egyoldalú sajtóból, rádióból és a televízióból értesült a BNV körüli fejleményekről.

A vádatokat és a cáfolatokat az olvasó részletekbe mérően is megismerheti a Refuznyiki cikkeiben (https://library.hungaricana.hu/en/collection/vizugy_Hidrologiai-Kozlony/), valamint Kozák (2020), Köves (1998) és Moldova (1998) írásaiban. Itt most csak két, széles körben terjesztett (és sajnos elfogadott), vízlepcsőellenes vádra térünk ki:

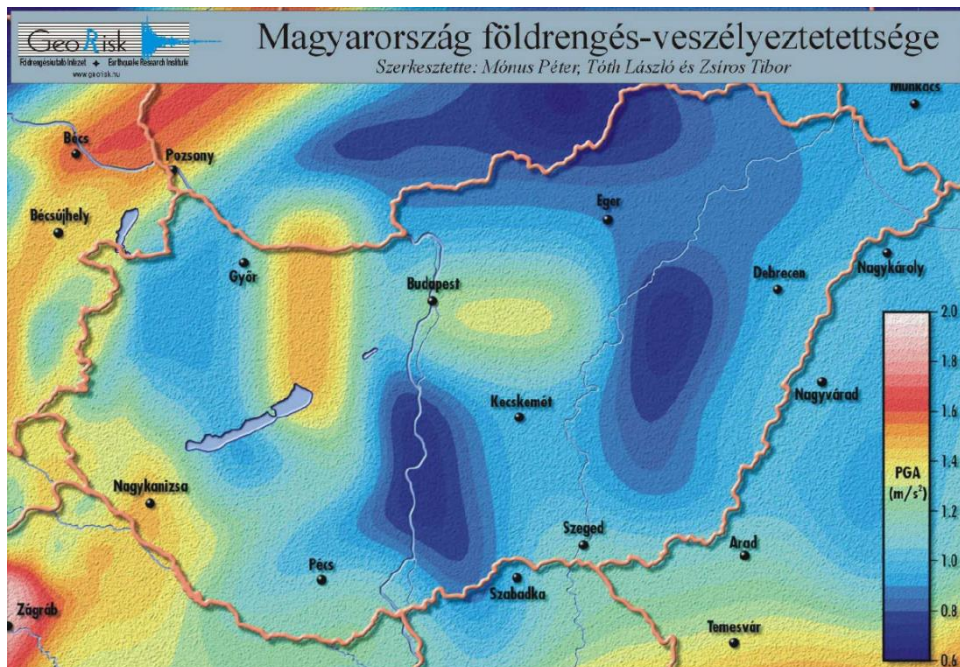
Elsőként nézzük a Szigetköz vízellátásával kapcsolatos visszatérő vádat, melyet a World Wildlife Fund (WWF) egyik aktivistája fogalmazott meg igen plasztikusan: „A dunacsúnyi duzzasztón keresztül a Szigetközbe átengedett 20% vízhozam olyan, mintha egy ember a vérének csupán 20%-val lenne kénytelen életben maradni” (idézi: Maas 1997). Ez a kijelentés jól tükrözi az ellenzők vízhozammal és vízállással kapcsolatos hiányos ismereteit. Mosonyi Emil ezzel kapcsolatban így fogalmazott: „A hozzá nem értők nincsenek tisztában a fizikai alapfogalmakkal, amikor azt hiszik, hogy a talajba való beszívargás intenzitása attól függ, hogy a mederben mennyi víz folyik. A beszívargás lassú folyamat, s így az elszívargó vízmennyiség csak igen kis hányada az átfolyó vízmennyiségnek. A beszívargás intenzitása attól függ, hogy mekkora nyomás alatt van a víz. Tehát ha kevés víz folyik a mederben, de magas a vízállás, akkor több szívárog be, mintha sok víz folyna alacsony vízállással.” (idézi: Kozák 2020). Tehát a talajvíz pótlásához – valamint a holtágak és vizes élőhelyek vízellátásához is – a kulcs a megfelelő vízállás. Régióta megvannak a műszaki eszközök arra, hogy alacsonyabb vízhozam mellett is kialakíthatóak legyenek ezek a vízállások, ahogy azt az azóta megépült vízpótló-rendszer is bizonyítja (lásd lejjebb „A szakma válasza: a vízpótló-rendszer megvalósítása” című fejezetben).

Másodikként tegyük helyre a fokozódó árvízi veszélyeztetettséggel kapcsolatos már említett, vádat:

A dunakiliti tározóban, az üzemvícsatornában és a Duna Nagymaros fölötti szakaszán a környező terep szintje fölé duzzasztott víz nem állandósítja és nem is emeli az árvíz kockázatát, mivel a BNV magába foglalja az árvízvédelmi infrastruktúra megváltozott hidrológiai viszonyok szerinti megerősítését oly módon, hogy az megfeleljen az előírt árvízvédelmi biztonságnak. Ehhez járul még a magyar vízügyi szolgálat világviszonylatban is egyedülálló árvízvédelmi szervezete, szakértelme és gyakorlottsága (Láng 2017). A Halcro-Water cég szakértői szerint a magyar árvízvédekezés szervezetsége és szakértelme felér egy fejlesztéssel (Halcro-Water 2007).

Ami pedig a földrengésveszélyt illeti:

Magyarország földrengésekkel szemben biztonságos országnak tekinthető. A földrengés-veszélyeztetettséget jelző PGA szám sehol sem haladja meg az 1,5 m/s²-es értéket (10. ábra), ami az Egyesült Államok Geológiai Szolgálatára szerint csak „enyhe” károkozást okozna az épített környezetben (USGS 2011), és ott is csak az olyan szerkezetekben, melyeket nem méreteztek földrengésre. A BNV összes főműtárgyának, valamint a duzzasztott folyószakaszok árvédelmi töltéseinek földrengésre való méretezése azonban megtörtént. A méretezett műtárgyakról részletes tudományos elemzés útján bebizonyosodott, hogy azok kellő biztonsággal ellenállnak a mértékadó földrengéseknek (Mistéth 1987).



10. ábra. Magyarország területének földrengés-veszélyeztetettsége. A megadott gyorsulás értékek 50 évre, 10% meghaladási valószínűség mellett értendők az alapkőzeten. A mérnökszeizmológiai gyakorlatban ez tekinthető a földrengésbiztos tervezés szempontjából mértékadónak (Tóth és Zsíros 2002)

Figure 10. Earthquake-hazard map of Hungary. The indicated accelerations refer to the bedrock and to be interpreted as values with 10% exceedance probability over a period of 50 years. According to the practice of engineering seismology, this can be regarded as the „design threat” for earthquake-safe planning (Tóth és Zsíros 2002)

Tekintsük meg a Duna bécsi szakaszát is, ahol a földrengés-veszélyeztetettség jóval meghaladja a magyarországi maximumot (10. ábra). Vajon az itt megépült Freudenau-i vízlépcső árvízi elöntéssel fenyegeti Bécs városát?

A válasz nemleges. Ezt a vízlépcsőt is – a felvízi folyószakasz árvízvédelmi infrastruktúrájával egyetemben – a megemelkedett vízszintekre és a mértékadó földrengés-kockázatra méretezték/kivitelezték.

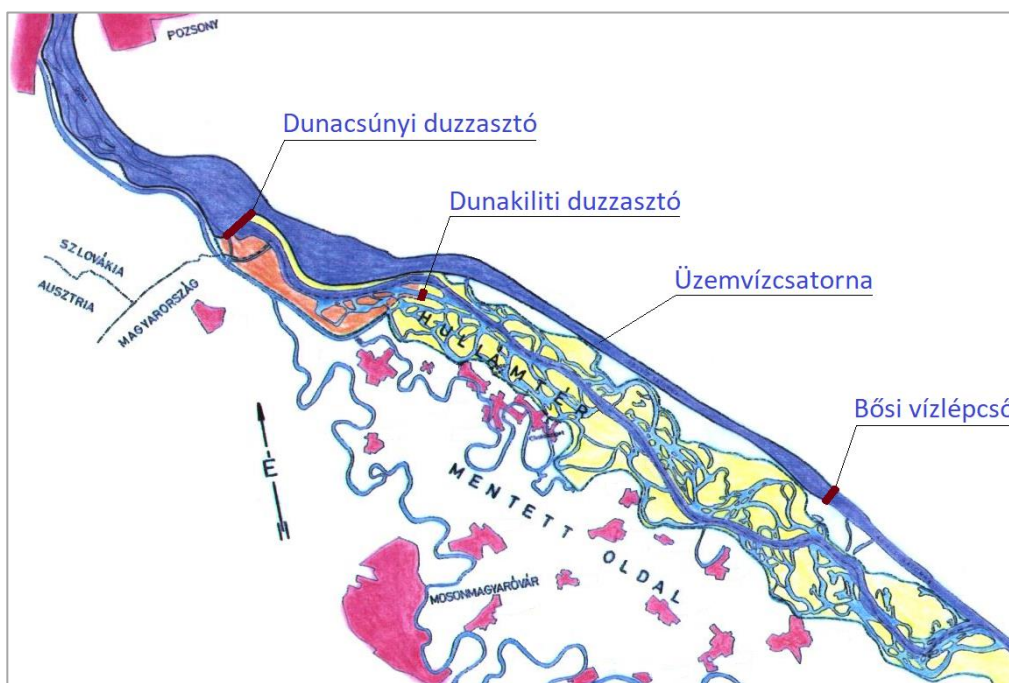
Évtizedek távlatából visszatekintve joggal merül fel a kérdés, hogy hogyan hihette el a közvélemény egy jelentős része az ellenzők képtelen állításait, vádjait. Hogyan történhetett meg az, hogy aktivisták és politikusok népszerűséget, befolyást és hatalmat szereztek mindezek segítségével? A válaszokat keresve az ember hajlamos a közvélemény alacsonynak vélt átlagos iskolázottsági szintjére – és ezért könnyű manipulálhatóságára – gondolni. Az igazság magja azonban sokkal inkább a tájékoztatás teljes egyoldalúságában keresendő. Régi alapelve a propagandának az, hogy ha egy véleményt folyamatosan, minden esatornán keresztül hangoztatunk – továbbá nem adunk helyt az ellenvéleménynek – akkor azt a célközönség előbb-utóbb igaznak fogadja el. Karádi Gábor – a Wisconsini Egyetem Építőmérnöki és Mechanikai Tanszékének tanára, az MTA külső tagja – is erre utalt, amikor a nagymarosi vízlépcsővel kapcsolatban így fogalmazott: „*Semmi kétségem sincs afelől, hogy ha a magyar néppel megismertetnék mindkét oldal érveit és megengednék, hogy szavazzon a nagymarosi létesítményről, akkor a szavazók túlnyomó többsége az építést támogatná*” (Karádi 1991).

C VARIÁNS

A politikusokkal és a sajtó teljes támogatásával kiegészült vízlépcsőellenes mozgalom végül elérte a célját: előbb a Németh-kormány 1989-ben felfüggesztette a beruházást, majd az Antall-kormány 1992-ben felmondta az 1977-es

államközi szerződést. A csehszlovák fél azonban nem adta fel a projektet és ragaszkodott a szerződés megvalósításához. Csehszlovák oldalon jóval kisebb befolyást szerzett a vízlépcsőellenes mozgalom, így ott megmaradhatott a projekt annak, ami: megújuló energiát olcsón termelő, a hajózást, az árvízvédelmet, valamint a természet- és környezetvédelmet is szolgáló beruházás, melynek esetleges káros mellékhatásai kezelhetők és kivédhetők. Ráadásul a szlovák oldali munkálatok már annyira előrehaladott állapotban voltak, hogy az gyakorlatilag is kizárta a projekt feladását. Így a csehszlovák fél a magyar fél teljes kiszállásából adódó kényszerhelyzethez adaptálta a terveket, majd egyoldalúan kivitelezte azokat. Ez lett a „C variáns”.

A C variáns lényege az, hogy a dunakiliti duzzasztó funkcióit teljes egészében átveszi a szlovák területen újonnan létesített dunacsúnyi duzzasztó (11. ábra). Az így létrehozott tározó térfogata kb. 1/3 -dal kisebb lett, mint amekkora az eredeti dunakiliti tározóé lett volna. Mivel a nagymarosi vízlépcsőt a magyar fél teljesen elhagyta, a bőszi erőműnél nincsenek meg a csúcsra járatás műszaki feltételei. A Szigetköz vízpótlása, valamint az árvízi több-lethozamok levezetése a dunacsúnyi duzzasztón keresztül történik. A már elkészült dunakiliti duzzasztó, mint a bőszi vízlépcső szabályozó műve, kizáródott a vízlépcsőrendszerből. (A duzzasztó eltérő célú, korlátozott üzembe helyezése később, 1995-ben megtörtént.)



11. ábra. A „C variáns”: megvalósult vízlépcsőrendszer a Szigetközben
Figure 11. The “C variant”: the barrage-system implemented in the Szigetköz area

A Duna üzemvízcsatornába történő elterelésére és a C variáns üzembe helyezésére 1992. október 25-én került sor.

Magyar szempontból a C variáns a lehető legrosszabb végkifejlet. Magyarország nem részesül a Bős-nél megtermelt energiából, a vízmegosztás meg teljes egészében szlovák kézbe került. Ez utóbbi még az aktivisták és politikusok „erőviszony”- és „érdek”-alapú szemlélete szerint

is súlyos kár kell, hogy legyen. Pedig lett volna lehetőség egy sokkal jobb megoldásra is, melyben a csehszlovák fél is partner lett volna. 1990 ősen maga Josef Vavroušek, Csehszlovákia akkori környezetvédelmi minisztere állt elő egy olyan javaslattal, amely egyrészt tudomásul veszi a nagymarosi vízlépcső elhagyását (az ebből adódó károkért Csehszlovákia nem kért volna kártérítést); másrészt az ere-

deti terveknek megfelelően, a dunakiliti duzzasztó üzembe helyezésével valósult volna meg a projekt szigetközi térségre eső része, azzal az eltéréssel, hogy a bösi erőművet nem lehet csúcsra járatni (Sámsondi Kiss 2019). Így továbbra is 50%-ban részesedünk volna a megtermelt energiából és a rendszer működését szabályozó „csap” is magyar kézen maradt volna. Ez volt a „D variáns”.

Tévedés azt gondolni, hogy a csehszlovák fél kezdettől fogva a C variánsban gondolkodott. Tartottak azoktól a hatalmas költségektől, melyek egy teljesen új duzzasztómű felépítésével járnak, és tisztában voltak azzal is, hogy a Duna egyoldalú elterelése a nemzetközi jogba ütközik (Sámsondi Kiss 2019). Ezért javasolták – a magyar fél számára nagyra is kedvező – D variánst.

Vízlepcsőügyben akkorra azonban a magyar politika már teljes mértékben az illetékes minisztériumokba is beépült ellenző aktivisták kontrollja alá került, akik a racionalitás határát átlépve arra az álláspontra helyezkedtek, hogy egyetlen föléletesítést sem szabad üzembe helyezni. Ezt sikerült is egy parlamenti határozat formájában keresztülvinniük, amely aztán végleg blokkolta az utat a csehszlovák féllel történő megállapodás előtt. Sámsondi Kiss György, az Antall-kormány „Bős-Nagymaros probléma szakmai kezelésére” kinevezett államtitkári rangú kormánybiztosa erre így emlékezik: „... annyira merevvé vált a magyar álláspont – a parlamenti képviselők túlnyomó többsége a Duna Kör közvetlen befolyása alatt áll –, hogy gyakorlatilag nem kezdeményezhettük a kompromisszumot” (idézi: Dubniczky 2019).

Az ellenzők irracionális elvakultságát jól tükrözi az is, ahogy a C variáns építéséhez viszonyultak. Szinte egészen a dunacsúnyi duzzasztó üzembe helyezéséig azt hangoztatták, hogy a létesítmény nem fog elkészülni, mert a szlovákoknak nincs rá pénzük, túl nagy falat az nekik, amúgy is csak zsarolás az egész, és persze: „papírtigris”. Pedig az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (ÉDUVIZIG) szakemberei, akik a saját szemükkel látták az építkezést, figyelmeztették a minisztériumot és az illetékes országgyűlési képviselőt, hogy a C variáns komoly dolog, és hogy meg fog valósulni (Jakus 2023, Kertész 2023). A magyar politikusok azonban még ekkor is inkább az aktivistákra hallgattak.

A SZAKMA VÁLASZA: A VÍZPÓTLÓRENDSZER MEGVALÓSÍTÁSA

Az elterelést követően valóban hirtelen és drasztikusan kiszáradt az egész Szigetköz. (Többek között azért is, mert a magyar fél minden munkát leállított, így a vízpótlórendszer kiépítését is.) A károk enyhítése érdekében a Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium (KTM) ideiglenes hullámtéri vízpótlást kezdeményezett a Mosoni-Duna vízkészletének megosztásával. A térség polgármestereinek tiltakozása, valamint a helyi szakemberek és a VITUKI előrejelzése ellenére a Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium (KHVM) 1993 július elején a vízátvezetést elrendelte, a vízpótlás irányítását, a méréseket, a vízkormányzás esetleges módosítását a helyi Környezetvédelmi Felügyelőségre bízta. Végül ez a vízátvezetés nem

valósult meg, köszönhetően a szigetközi polgármesterek erőfeszítésének, amit a helyszínen, a szivárgó-csatorna 5. zsilipjénél tartottak (Kertész 2023).

A politikusok és aktivisták következő kárenyhítési célzó akciója a szivattyúzás volt, vagyis hogy a szigetközi holtágakba nagyteljesítményű szivattyúk segítségével kell az öreg Dunában megmaradt vízhozam egy részét betáplálni. 1994. július 20-án a tájvédelmi körzet három helyszínére telepített 30 db dízel üzemű szivattyú meg is kezdte a folyamatos, éjjel-nappali működését zajt csapva, levegőt szennyezve, napi 2 millió forintos üzemelési költséggel és mindössze 15 m³/s össz-vízhozamot átelve. Ekkor terjedt a szakértők körében az a szarkasztikus, ám egyben elkeseredett mondat, mely szerint „normális országban a vízből csinálnak energiát, nálunk ez fordítva történik”. Pedig az ÉDUVIZIG szakemberei már 1993 őszén javasolták a dunakiliti fenékküszöb megépítését, mely tisztán gravitációs úton, zaj- és légszennyezés nélkül, jóval hatékonyabban biztosította volna a mellékágrendszer vízpótlását (Kertész 2023).

Miért történhetett meg ez a rengeteg bornírtás? Azért, mert a mozgalmi munkában és akadályozásban edződött aktivisták csődöt mondtak, amint szaktudást és hatékony cselekvést kívánó helyzetbe kerültek. A végső felelősség azonban a döntéshozó politikusokat terheli, akik – ez idő tájt – teljes mértékben az aktivisták befolyása alatt álltak.

Végül szerencsére győzött a józan ész – legalábbis részben. 1995. április 19-én megállapodás jött létre a magyar és a szlovák kormány között, amely egyrészt előírja a Dunába és a Mosoni Dunába biztosítandó vízhozamok nagyságát, másrészt felhatalmazta a magyar felet, hogy Dunakilitinél, a Duna 1843 fkm-ében megépítse a vízügyi szakemberek által javasolt fenékküszöböt. A megállapodás szerint télen minimum 250 m³/s-nak kell lennie a Dunába áradó vízhozamnak, ami a folyó aktuális dévényi vízhozamával arányosan növekszik, amint az meghaladja a 2300 m³/s-ot. Másrészt, nyáron 400 m³/s az előírt minimális áradó hozam, ami 900 m³/s-os dévényi hozam fölött kezd el arányosan növekedni. Az év többi részében a fent bemutatott nyári és téli szélsőségek közötti fokozatos átmenet szerint történik a vízátadás (Tatai 2016). Ez a megoldás tehát egyrésztől figyelembe veszi a szigetközi hullámtér ökoszisztémáinak fokozott nyári vízigényeit, másrésztől télen több vizet biztosít a megújuló energia termelésére, olyankor, amikor az ökoszisztémák vízigényei minimálisak.

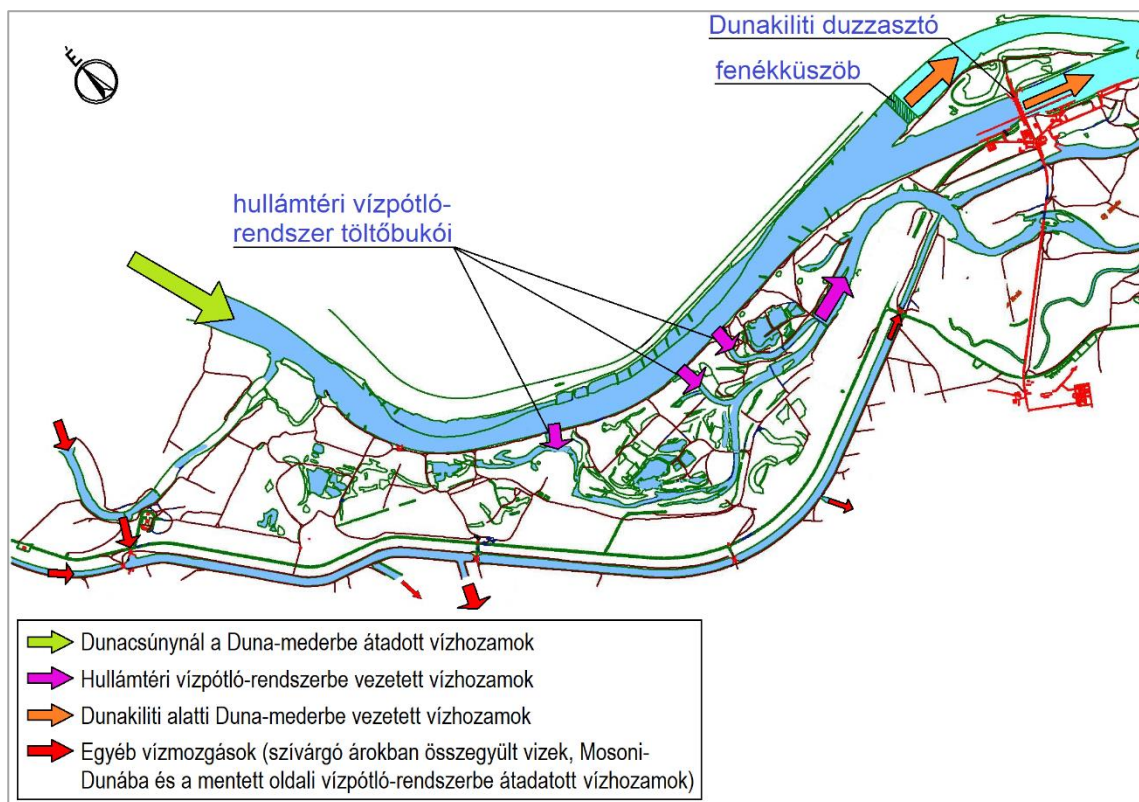
1995 nyarán megépült a fenékküszöb (1. kép), ami a szigetközi vízpótló-rendszer módosított megvalósulásának egyik alapműtárgya lett (Köves 1998). 1995 júliusában leálltak a szivattyúk, üzembe helyezték a vízpótló-rendszert, ami azóta is, tisztán gravitációs úton és hatékonyan biztosítja a szigetközi holtágrendszer vízellátását (Kertész 1996). A vízpótló-rendszer üzemeltetője az ÉDUVIZIG, a vízpótlás felügyeletét pedig a terület kezelőit, az illetékes kormányhivatali egységeket, a helyi önkormányzatokat és a Horgász Szövetséget tömörítő Szigetközi Üzemelési Bizottság látja el (Tatai 2016).



1. kép. A dunakiliti fenékküszöb háttérben az üzemvízcsatornával (Fotó: Kertész)
Photo 1. Bottom sill at Dunakiliti with the diversion canal in the background (Photo: Kertész)

A Duna medrében létesített fenékküszöb feladata az, hogy megtartsa az üzembe helyezett dunakiliti duzzasztóval létrehozott duzzasztott vízszintet. Ez a duzzasztás teszi lehetővé a szigetközi hullámtéri mellékágrendszer gravitációs vízellátását (12. ábra). A duzzasztási vízszint pontos

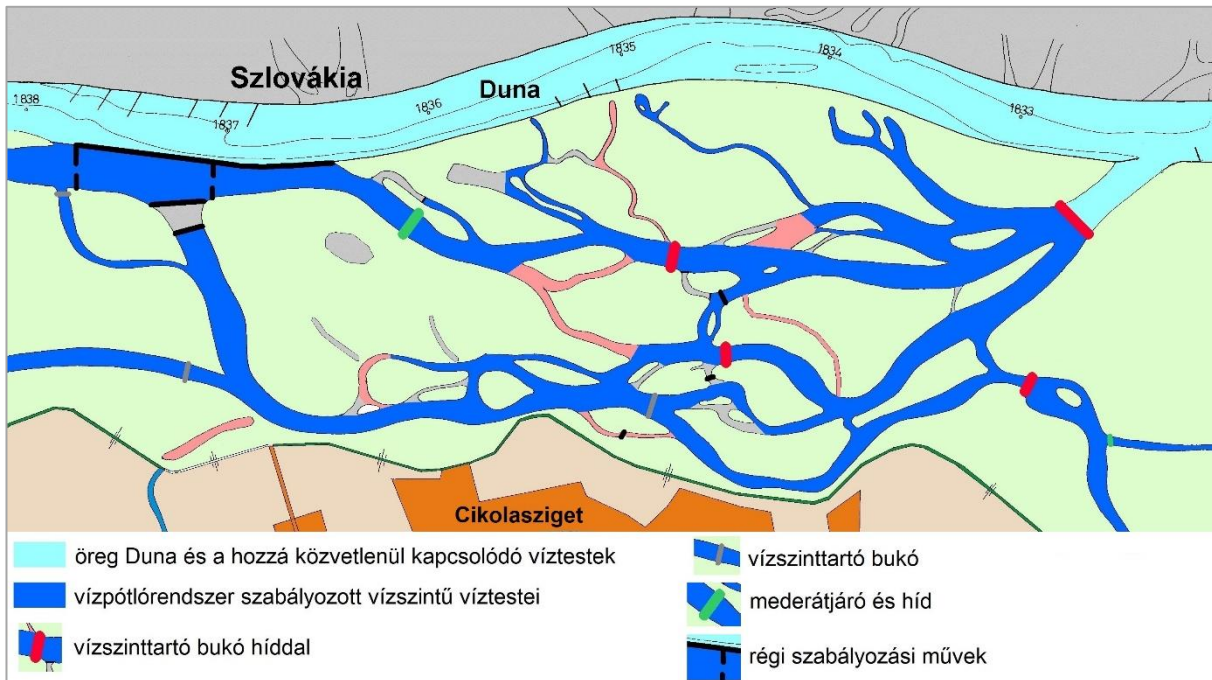
beállítása a dunakiliti duzzasztóval történik. Ez egyben azt is jelenti, hogy a duzzasztó szabályozza az átadott hozam megosztását a régi Duna-meder és a vízpótló-rendszer között. Árvízkor a duzzasztó zsilipeinek teljes nyitásával biztosítják többelhozamok biztonságos levezetését.



12. ábra. A szigetközi vízpótló-rendszer betápláló alrendszere
Figure 12. The intake subsystem of the water supplement scheme of Szigetköz

A vízpótló-rendszer belső elemei azok a bukók, fenékküszöbök és elzárások, melyek a mellékágakon belüli vízszinttartást – és ezáltal a környező talajvízszintek tartását is – biztosítják (13. ábra). Ezek teszik tehát lehetővé azt,

hogy jóval alacsonyabb vízhozamok mellett is tarthatók legyenek az elterelés előtti vízszintek, vagy, ha kell, akkor azoknál magasabbak is beállíthatóak a műtárgyak küszöbszintjeinek emelésével.



13. ábra. A szigetközi vízpótló-rendszer cikolai alegysége
 Figure 13. The Cikola subunit of the water supplement scheme of Szigetköz

Az ágrendszerek végeinek lezárása, az ágrendszerek főmedren kívüli összekötése, valamint a nagy felszín esést csökkentő kis duzzasztott terek létrehozása lehetővé tette azt, hogy a célállapot fenntartásához elég legyen csak az elszivárgó és elpárolgó vizek pótlását biztosítani. A vízpótló-rendszer szabályozhatósága megteremtette az ökológiai szempontból kedvező, folyamatosan változó állapotok létrehozásának lehetőségét a szigetközi hordalékkúpban és a felszíni vizekben. A szabályozható vízpótló-rendszer képes létrehozni azokat a hidrológiai viszonyokat, melyeket korábban a Duna hozott létre. A vízpótló-rendszer tehát átvette a Duna egykori szerepét (Jakus 2023).

Mivel a rendszer vízellátása teljesen szabályozott, lehetőség van a mellékágrendszer hidrológiai viszonyainak pontos beállítására, és ekképpen a vízlépcsőprojekt előtt beindult degradációs folyamatok kompenzálására is.

Azonban már a tervezés fázisában kiderült: hiába van hatékony vízszabályzó eszköz a kezünkben, ha az érdekelt felek ellentétes preferenciái akadályozzák a létrehozandó hidrológiai viszonyok definiálását. Ami ökológiai és természetvédelmi szempontból optimális, az nem mindig felel meg az erdészek, a gazdák, a horgászok és a turizmus érdekeinek; ráadásul a felsorolt területhasználók egymáshoz képest is alapvetően eltérő hidrológiai viszonyokat részesítenek előnyben. A többirányú konfliktus feloldására már a nyolcvanas években sikeres kísérletet tett az ÉDUVIZIG szakértői csoportja. Ahelyett, hogy megpróbálták volna egy minden érdekre tekintettel lévő kompromisszumos hidrológiai rezsímet megtervezni (mellyel aztán senki sem lett volna elégedett), vissza-

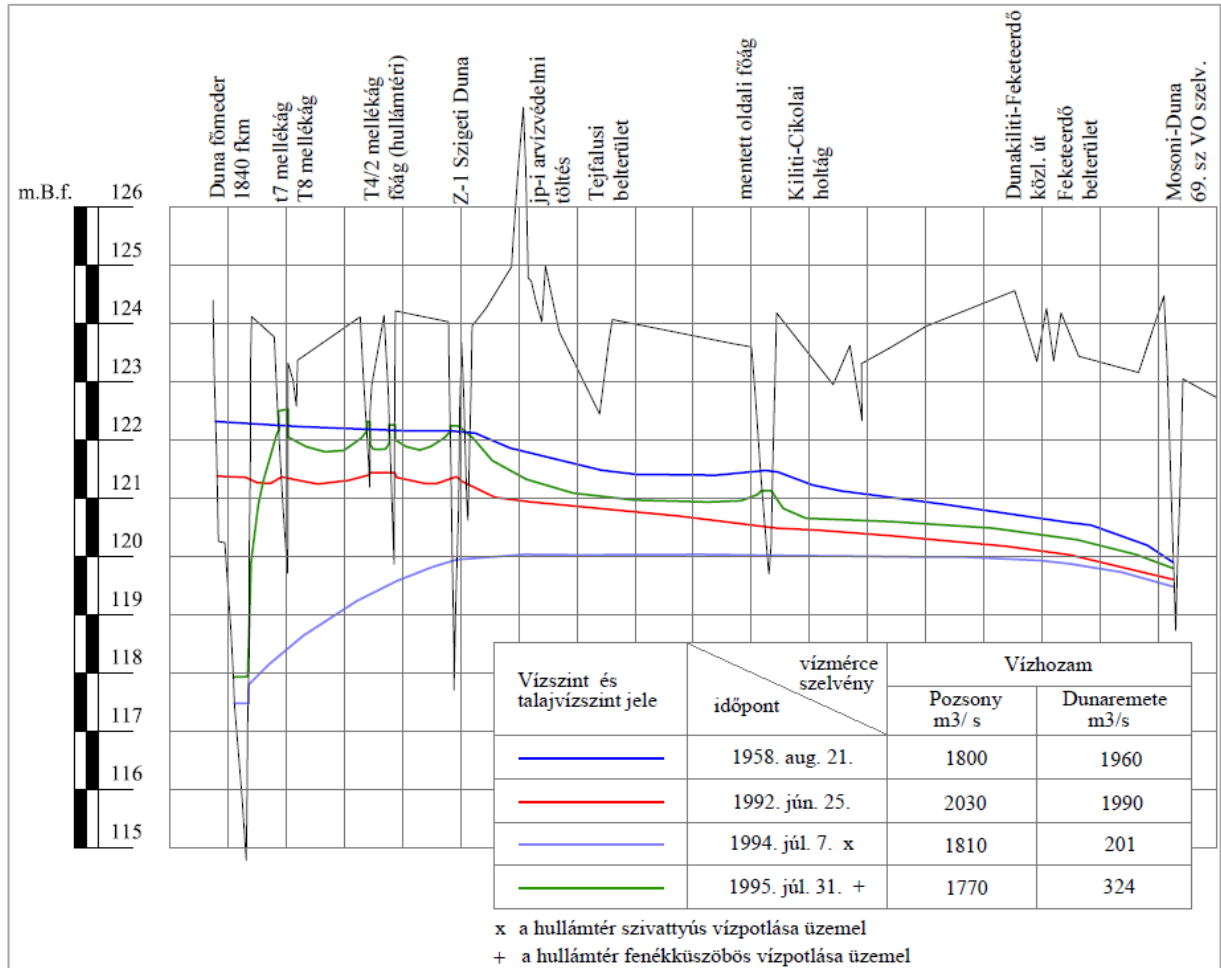
nyúltak a múltba, és kerestek egy olyan időszakot, melyre az összes érdekelt pozitívan emlékezett. Így találtak rá az ötvenes évekre. Azóta is az ötvenes évek felszíni- és talajvíz-viszonyainak rekonstrukciója a vízpótló-rendszer feladata (Jakus 2023).

A hullámtér vízellátásának alapját a Dunacsúnynál átadott vízhozamokból a vízpótló-rendszerbe táplált vízhozamok képezik, melyeket – hasonlóan az átadott vízhozamokhoz – a Duna aktuális dévényi vízhozama és az aktuális évszak határoz meg (Kertész 2023). A cél az, hogy a vízpótlás dinamikusan kövesse egyrészt a Duna mindenkori vízjárását, másrészt az ökoszisztémák és ökoszisztéma szolgáltatások évszakok változását követő változó vízigényeit.

A vízpótló-rendszer belső vízszinttartó műtárgyai pedig úgy lettek kialakítva és beállítva, hogy a létrehozott vízszintek megfeleljenek az 50-es években az adott dunai vízhozam mellett kialakult hullámtéri vízszinteknek (14. ábra).

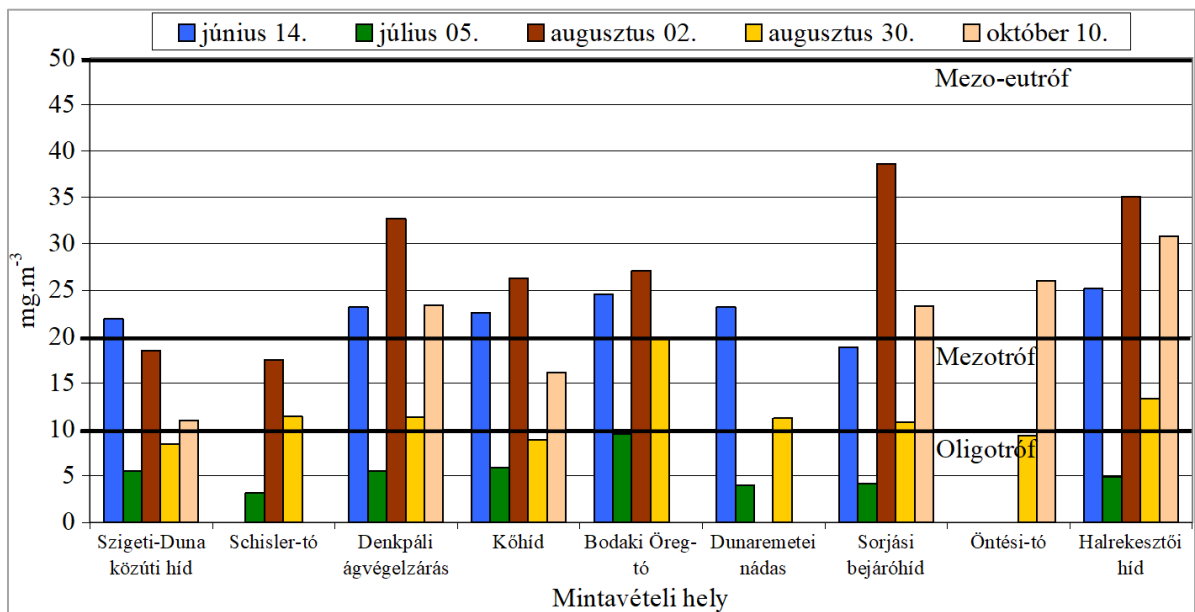
A 14. ábra még azt is jól mutatja, hogy a vízpótló-rendszer nemcsak az elterelés káros következményeit szüntette meg, hanem még az elterelés előtti időkhöz képest is javított a hullámtér hidrológiai viszonyain.

A szigetközi hullámtér vízminőség-viszonyai is kedvezően alakultak a vízpótló-rendszer beüzemelését követően. A különböző víztestekben történt klorofill-a mérések sehol sem utaltak veszélyes eutrofizációra vagy tartós tápanyagszegénységre; a trofitási szint leginkább az optimális mezotróf - mezo-eutróf állapotban van mindenhol (15. ábra).



14. ábra. Felszíni és felszín alatti vizek állapota a Szigetköz tejfalusi szelvényében, hasonló hidrológiai helyzetű különböző időpontokban (Németh 2016)

Figure 14. States of surface and subsurface waters in the Tejfalu section of Szigetköz, under similar hydrological boundary conditions but at different time points (Németh 2016)

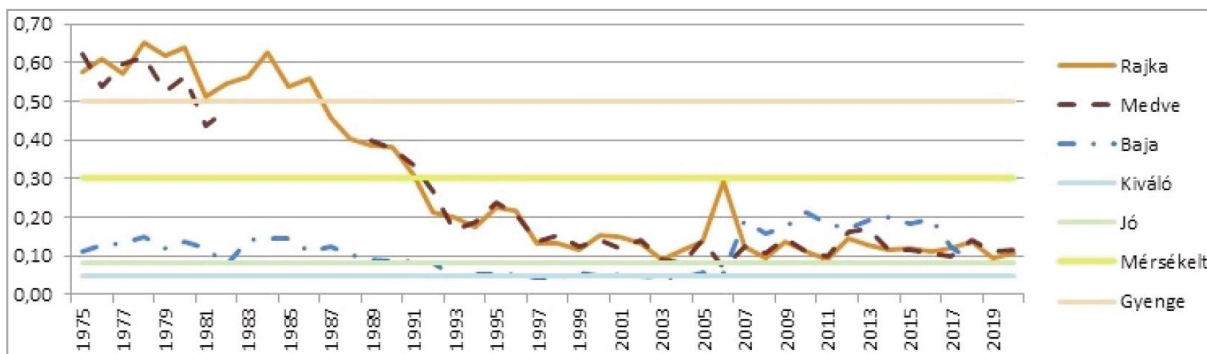


15. ábra. A klorofill-a koncentrációjának alakulása a Szigetköz felszíni vizeiben egy 2006-os felmérés alapján (Pannonhalmi 2007)

Figure 15. Chlorophyll-a concentrations in the surface water bodies of Szigetköz according to the 2006 measurements (Pannonhalmi 2007)

A jó vízminőség elsősorban a víztetekbe érkező Duna-víz jó minőségének köszönhető. A rajkai szelvényben történt mérések szerint a szervesanyagok koncentrációja jelenleg jóval kedvezőbb szinteken áll a Dunában, mint az elterelés előtt. Az ortofoszfát koncentrációja például még a kilencvenes évek elején is csak a „gyenge” és „mérsékelt” minősítési szintek között volt ebben a szelvényben, míg

mára a „jó” szint közvetlen közelébe került (16. ábra). Hasonló pozitív változás történt a nitrit, nitrát és az ammónium vonatkozásában is (Pannonhalmi és Varga 2021). Mindez, elsősorban a felvízen időközben üzembe helyezett szennyvíztisztítóknak köszönhető (például Linzben, Bécsben és Pozsonyban), melyeket korszerű foszfor és nitrogén eltávolító technológiákkal is felszereltek (Pannonhalmi 2023).

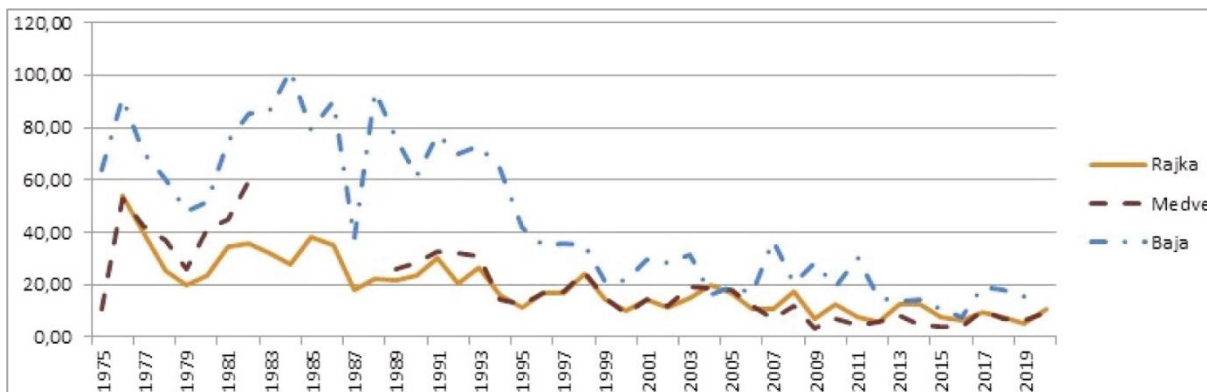


16. ábra. Az ortofoszfát (PO_4-P) koncentrációjának (mg/l) éves átlagai a Duna határszelvényeiben (Pannonhalmi és Varga 2021)

Figure 16. Annual means of orthophosphate (PO_4-P) concentrations (mg/l) at the border sections of the Hungarian Danube reach (Pannonhalmi and Varga 2021)

A rajkai mérési adatok nemcsak a hullámtérbe érkező vizek minőségének értékelésére alkalmasak, hanem a dunacsúnyi tározóban kialakuló vízminőségi viszonyok elemzésére is. A klorofill-a koncentrációjában Rajkánál megfigyelhető folyamatosan csökkenő

tendencia (17. ábra) egyértelműen cáfolja az ellenző aktivisták azon állítását, mely szerint a dunacsúnyi (dunakiliti) tározóban eutrofizációs vízminőségromlás fog bekövetkezni (Halmos 1993, Vargha 1999, Hájósy 2020).



17. ábra. A klorofill-a koncentrációjának (mg/m^3) éves átlagai a Duna határszelvényeiben (Pannonhalmi és Varga 2021)

Figure 17. Annual means of chlorophyll-a concentrations (mg/m^3) at the border sections of the Hungarian Danube reach (Pannonhalmi and Varga 2021)

Fontos megjegyezni, hogy a dunai vízminőségi mérések nemcsak Rajkánál mutattak ki általános javulást, hanem lejjebb, Medvénél is, továbbá a változók éven belüli értékei nem térnek el jelentősen a fenti ábrákon megjelenített éves értékektől (Pannonhalmi 2023).

Hasonlóan a szervesanyagokhoz és a klorofill-a-hoz, a fenol és KOI_{Cr} (kémiai oxigénigény: a szervesanyag-szennyezés egy mérőszáma) koncentrációk is kedvező, csökkenő tendenciákat mutatnak (Pannonhalmi és Varga 2021). A BOI_5 -ben (biológiai oxigénigény: a szervesanyag-szennyezés egy mérőszáma) is határozott csökkenés történt egészen 2001-ig, amikor is megfordult a tendencia és azóta enyhe emelkedés tapasztalható ebben a mérőszámokban, megjegyezve, hogy a mai értékek még így

is jobbák a 70-es, 80-as évek értékeihez képest (Pannonhalmi és Varga 2021). Ez az emelkedés nyilvánvalóan nem a vízlépcsőprojekt következtében alakult ki.

A Duna magyarországi szakaszán a folyó vízének a vizsgált paraméterekkel jellemezhető minőségét – ami egyben a szigetközi vízpótló-rendszerbe táplált víz minőségét is meghatározza – elsősorban a határszelvényeken belépő vizek minősége határozza meg (Pannonhalmi 2023). Az értékelt komponensek tekintetében az elmúlt évtizedekben a vízminőség javulása jelentős volt.

A dunacsúnyi (dunakiliti) tározóval kapcsolatban fölmerült még az a vád is, hogy a tározó fenekén kiüledő szennyezett iszap miatt el fog szennyeződni a talajvíz, melynek következtében veszélybe kerül a Szigetköz fel-

szín alatti ivóvízkincse (*Halmos 1993, Hajósy 2020*). (Ez a vád a hágai per során is előkerült.) Nos, az elmúlt harminc évben az üledék nem került olyan állapotba, ami közvetlenül befolyásolta volna az oldott állapotban lévő komponensek koncentrációját (*Pannonhalmi 2023*). A rajkai vízminőségi adatok nem mutattak semmiféle kiugró, jelentős szennyezést. Ha pedig üledékhez tapadó, nem oldódó szennyeződésről van szó, akkor az a talajvízbe se tudna bejutni.

A szigetközi talajvíz minőségének megítélése szempontjából perdöntő információval szolgál a Vízyűjtő-gazdálkodási Terv második felülvizsgálata, amely „jó”-nak minősítette a Szigetköz alegységben található sp.1.1.1 jelű „Szigetköz” nevű, és az sp.1.1.2 jelű „Hanság, Rábca völgy É-i rész” nevű sekély felszín alatti víztestek kémiai állapotát (*OVF 2022*).

A Szigetköz hidroökológiai viszonyaiban tehát degradáció helyett revitalizáció történt, köszönhetően a vízpótló-rendszer üzembe helyezésének és a Duna vízminőségében beállt javulásnak. Az ökológiai revitalizáció mértéke ráadásul akkora, hogy mára a vízpótló-rendszer által lefedett területeken még a BNV előtti időkhöz képest is jobb hidroökológiai állapotok alakultak ki.

Nem igaz tehát az a vád, hogy a tervezőket és az üzemeltetőket csak a műszaki szempontok érdekelték. A vízpótló-rendszer kialakításában jelentős szerepet vállaló ÉDUVIZIG-es szakemberek például a kezdetektől fogva, mint a természetvédelmi problémák megoldását jelentő lehetőségekre tekintettek a vízlépcső projektre (*Jakus 2023*). A vízpótló-rendszer kialakítása és üzemeltetése során is ez volt – és ez ma is – a végcél. Hasonló természetvédő mentalitás jellemezte a tervezésben és vitákban részt vevő többi vízügyi szakembert is.

A JOG VÁLASZA: A NEMZETKÖZI BÍRÓSÁG SALAMONI ÍTÉLETE

A Duna elterelését követően a megegyezésre képtelen Magyarország és Szlovákia végül a hágai Nemzetközi Bírósághoz fordult. A bíróság döntésének elfogadására vonatkozó „alávetési nyilatkozatot” a két kormány képviselői 1993. április 7-én írták alá (*Köves 1998*).

A magyar fél hágai érvelése szerint azért volt szükség az 1977-es szerződés egyoldalú felfüggesztésére, majd felmondására, mert a vízlépcsőrendszer olyan „ökológiai szükséghelyzetet hozott létre, mely egyértelműen a természeti környezet pusztulásával jár” (idézi: *Kozák 2020*). Ezt az állítást – egyebek között – a szigetközi térség felszíni és felszín alatti vízkészleteiben várható sokrétű károsozással indokolták. Kiemelt hangsúlyt kapott a térség talajvízkészleteinek mennyiségi és minőségi károsodása, melyet – a magyar fél szerint – a dunacsúnyú tározó fenekén lerakódott szennyezett üledék, valamint a vízben szegény főmeder megváltozott hidrológiai viszonyai okoznak. A Szigetköz ártéri élővilágának elterelést követő pusztulása is szerepelt az indoklásban. A magyar fél érvelése szerint a bemutatott ökológiai problémák egy jelentős része hosszú távon, 20-30 évvel a C variáns üzembe helyezése után fog jelentkezni.

A magyar tárgyalócsoport (amelybe egyetlen magyar vízügyi szakembert sem delegált a magyar kormány) – feltehetően felismerve, hogy az ökológiai szükséghelyzetre való hivatkozás gyenge lábakon áll – számos politikai érvet is bevetett, melyek közül a legfurcsább az, amely Szlovákiát nem tekintette Csehszlovákia jogutódjának az ügyben. Felmerül a kérdés: ezzel vajon mit akartunk elérni? Netán azt, hogy a bíróság majd tárgyalásra alkalmatlannak minősíti Szlovákiát, és így – megúszva a lényegi kérdések firtatását – surranópályán megnyerjük a pert?

A már idézett Karádi Gábor által is fontosnak tartott kiegyensúlyozott tájékoztatás végül is megvalósult, csak éppen nem a magyar közvélemény, hanem a hágai bíróság előtt, és nem a magyar médiumok, hanem a pártatlan bíróság jóvoltából. A professzor által ilyen helyzetre prognosztizált következmény nem is maradt el. A mindkét fél meghallgatását követően meghozott ítéletében ugyanis a bíróság az alábbiakat állapította meg:

- Magyarországnak nem volt joga arra, hogy 1989-ben felfüggeszesse, majd ezt követően véglegesen leállítsa a nagymarosi beruházást, illetve a bősai beruházás egy részét, melynek elvégzése az 1977-es szerződés és az ehhez kapcsolódó dokumentumok alapján az ő kötelessége lett volna;
- Csehszlovákiának 1991 novemberében joga volt a C variánszt választania;
- Csehszlovákiának nem volt joga 1992 októberében üzembe helyezni a C variánszt;
- az 1977-es államközi szerződés 1992. május 19-i felmondása Magyarország részéről nem volt jogos, így a szerződés nem vesztette érvényét;
- Szlovákia lett Csehszlovákia jogutódja az 1977-es államközi szerződésben;
- a két félnek jóhiszeműen kell tárgyalni a „fennálló helyzet fényében” az eredeti szerződés céljainak megvalósításáról, esetleges módosításokkal;
- a feleknek közös üzemeltetési rendszert kell létrehozniuk;
- más megállapodás híján Magyarország kárpótlásra kötelezett a munkák felfüggesztése és leállítása által okozott károkért, Szlovákia pedig a C variáns üzembe helyezése és üzemben tartása következményeiért;
- a létesítmények felépítésének és üzemeltetésének számláit az 1977-es szerződés rendelkezéseinek és a hágai ítélet ide vonatkozó pontjainak megfelelően kell rendezni (*Sámsondi Kiss 2019*).

Az ítélet indoklása pedig (többek között) a következőket tartalmazta:

- „Azok a veszedelmek, melyekre Magyarország azok valós súlyának felmérése nélkül hivatkozott, 1989-ben nem voltak sem kellően megalapozottak, sem pedig azonnaliak; illetőleg Magyarország ebben az időszakban a rá eső munka felfüggesztésén és végleges leállításán kívül más eszközökkel is reagálhatott volna az észlelt veszedelmekre. Sőt mi több, tárgyalások zajlottak, melyek a beruházás felülvizsgálata

tárhoz és határidő-módosításokhoz vezethettek volna, anélkül, hogy a beruházás végleges leállítására szükség lett volna.” (idézi: Sámsondi Kiss 2019)

- „Szükséghelyzetre csak bizonyos, igen szigorúan körülírt és halmozottan fennálló körülmények megéléte esetén lehetséges hivatkozni, és az érintett állam nem lehet egyedüli bírója annak, hogy ezek a körülmények valóban fennállnak-e.” (idézi: Kozák 2020)
- „Még, ha bebizonyosodna is, hogy 1989-ben szükséghelyzet állt fenn az 1977-es szerződés teljesítésével kapcsolatban, Magyarországnak akkor sem lett volna joga arra, hogy a szükséghelyzetre hivatkozzék, és ezzel igazolja szerződéses kötelezettségeinek nem teljesítését, mert tetteivel, illetve mulasztásaival maga is segítette azt előidézni.” (idézi: Sámsondi Kiss 2019)

Egyetértünk Sámsondi Kiss Györggyel, az egykori Bős-Nagymaros-ügyi kormánybiztossal: ez valóban szomorú eredmény (Sámsondi Kiss 2019). A semleges ítéleteket nem számítva, ez bizony 3:1 oda. És ami még fontosabb: a bíróság nem fogadta el azokat a katasztrófaelméleteket, melyekre az aktivisták és a politikusok a vízlépcső-ellenes álláspontjukat alapozták.

És a következmények?

Az ítélet 1997. szeptember 25-i kihirdetését követően az ellenzők és a sajtó hágai döntetlenként tálalta az eredményt (Csuhaj és társai 1997, Kis 1997), majd később még az is kiderült, hogy valójában Magyarország jól jött ki az ügyből (Györffy és Nagy 1998, Nagy 2019). Az akkor hatalmon lévő Horn-kormány megpróbált az ítélet szellemében „jóhiszeműen tárgyalni” a szlovák féllel „az eredeti szerződés céljainak megvalósításáról, esetleges módosításokkal”. A tárgyalások egyik fontos pontja a 77-es szerződés által előírt alsó vízlépcső létesítése volt. Ennek helyét a szerződés eredetileg a nagymarosi szelvényben jelölte ki, viszont ezt a magyar kormány elvetette – nyilvánvalóan politikai szempontok által vezérelve. Kész volt azonban alternatív helyszínekről tárgyalni, így került a tárgyalások látókörébe például egy Pilismarótnál kijelölt szelvény.

Az akkori ellenzék azonban – megérezve a politikai haszonszerzés lehetőségét – szorosabbra fűzte kapcsolatát az aktivistákkal, majd a tájékoztatási „légifölényüket” (Moldova 1998) kihasználva újra bevetették a Hága után már lejáratosnak hitt vízlépcsőellenes retorikát. 1998 tavaszán ismét tüntetés hömpölygött végig Budapest utcáin, újrahasznosított vízlépcsőellenes jelmondatokat hangoztatva. A helyzetet még tovább bonyolította a kormánykoalíciót alkotó kisebbik párt, amely szintén a tiltakozáshoz való csatlakozásban vélte megtalálni a politikai számítását. Így aztán a szlovák féllel folyó tárgyalások nem vezettek eredményre.

A tiltakozásban jelentős szerepet játszó ellenzéki pártok végül megnyerték az 1998 májusi választásokat. Győzelmükben, ha nem is meghatározó, de mindenféleképpen jelentős szerepet játszott a felmelegített vízlépcső-ellenesség. Nem véletlenül jegyezte meg a felálló első Orbán-kormány egyik minisztere: „A választópolgárok a gátról is szavaztak” (idézi: Kozák 2020).

Az új adminisztrációban a hágai bukás felelősei magas pozíciókat kaptak: egyikük az Országgyűlés Környezetvédelmi Bizottságának elnöke lett, míg a Duna Kör vezetője főtanácsadó lett az újonnan főállított Vízlépcső Kormányközi Bizottságban (Kozák 2020).

Másrészről a magyar kormány ekkorra már megelégtelte Bős-Nagymarost, és valóban elkezdett együttműködésre törekedni a szlovák féllel. Ebben kétségtelenül segítségére volt a hágai ítéletben biztosított tágas mozgástér. Végül a szlovák fél beletörődött az alsó vízlépcső elhagyásába, míg a magyar fél elfogadta a C variáns létét. Innentől kezdve a tárgyalások elsősorban a vízmegosztásról szóltak/szólnak. Mindazonáltal a szerződés körüli vita még ma is rendezetlen, hiába mondta ki Hága, hogy a két országnak záros határidőn belül meg kell állapodnia. Ez a záros határidő egyébként hat hónap volt.

Bár huszonhat év elteltével továbbra sincs végleges megállapodás, az ügy mégis lassan kifáradt, lecsendesedett. Az aktivistákat ez így tovább már nem érdekelte és a Szigetköz ügye visszakerült a vízügyi szolgálat hatáskörébe. Ezt pozitív fejleménynek lehet tekinteni, ami kibontakozási lehetőségeket rejt magában.

EPILOGUS

A Bős-Nagymaros ügy tanulságai harminc év elteltével is meglehetősen lehangolóak. Az ország belefogott egy nagyberuházásba, melyet menet közben, hamis érvekre hivatkozva feladott, nettó veszteséggé változtatva az addig beleölt milliárdokat. Ezt követően de facto elvesztette a beruházás tárgyában indított nemzetközi pert, és még az elkészült mű által megtermelt megújuló energiából sem részesedik. Azonban az anyagi veszteségeknél is súlyosabb az a szellemi és morális károsodás, ami az országot az ügy során érte: triumfált a hozzá nem értés és a populista demagógia. Kialakult egy rendkívül igazságtalan vízügyellenesség, ami még ma is érezteti hatását az egész ország kárára.

Hajlamosak vagyunk egyoldalúan csak az ellenző aktivisták felelősségére gondolni. Valójában a politikusok felelőssége legalább ugyanakkora, ha nem nagyobb. A döntéseket végül is ők hozták. Pedig megvolt a lehetőségük a másik oldal meghallgatására. Számosan közülük baráti, sőt egyenesen rokoni szálakkal kötődtek a vízlépcsőrendszer tervezőihez, szakértőihez (Antall József miniszterelnök például Mosonyi Emil sógora volt), akik rendre el is magyarázták nekik a valós helyzetet. A válasz viszont általában az volt, hogy „ez elsősorban politikai kérdés”. Mintha a „politika” szó kimondása valamiféle alternatív valóságba helyezte volna át az egész vízlépcsőügyet. Oda, ahol nem érvényesek a fizika, a kémia és a biológia eddig ismert törvényei, ahol a víz mozgását nem a Navier-Stokes és Darcy egyenletek írják le. Ott *mindent* politikai szempontok definiálnak.

Mindazonáltal vannak pozitív jelek is, melyek okot adnak az optimizmusra. A vízlépcsőügy „lecsendesedése” lehetőséget jelent a szakmai-tudományos szempontok érvényesítésére. A 90-es évek közepétől kezdve számos pozitív változás történt a Szigetközben: korrekt partneri kapcsolat

alakult ki Szlovákiával, valamint kiépült a vízpótló-rendszer, amely sikeresen revitalizálta a hullámtéri öko-rendszereket az átadott vízhozamok fölhasználásával.

Tehát a BNV-ből való kiszállás következtében hátramaradt műszaki torzó – az összes ellentmondása és furcsasága ellenére – nem vált legyőzhetetlen akadállyá a Szigetköz ökológiai állapotának helyreállítása előtt. A vízpótló-rendszer kiépítésével a magyar vízügyi szolgálat újfent bebizonyította, hogy képes nagyszerű teljesítmények elérésére – feltéve, ha hagyják.

Tennivaló azonban akad még bőven. Hátra van még a Duna főmedrének revitalizációja, számolni kell a hullámtér folytatódó feliszapolódásával és az olyan aktuális kihívásokkal is szembe kell nézni, mint a klímaváltozás. A jelen közlemény szerzői úgy vélik, hogy a főmeder revitalizációjával és a vízpótló-rendszer továbbfejlesztésével megvan a lehetőség akár arra is, hogy az ökológiai viszonyok még a vízlépcsőrendszer előtti állapotokhoz képest is jobbá váljanak, még hozzá a Szigetköz teljes területén.

A Szigetköz további revitalizációjának sikere – ami képp bármely hasonló volumenű jövőbeni vízgazdálkodási projekt sikere is – egészségesebb politikai-közéleti viszonyokat igényel annál, mint ami a múlt század kilencvenes éveiben uralkodott. Ki kell alakítani egy párbeszédre alapuló viszonyrendszert, ahol az ellenvéleményeket képviselők vitapartnereknek és nem ellenségeknek tekintik egymást. Legyünk igazságosak: nekünk, vízügyi szakembereknek sem lenne szabad „csípőből ledilettánszni” a másik oldalt, még akkor sem, ha idegrendszerünket a korábbi támadások már megtépázták. Mindig megvan az esély arra, hogy valakit az őszinte aggodás, a jóra való törekvés vezet; de még akár arra is, hogy az illető konstruktív módon, valóban létező problémákra hívja fel a figyelmünket.

Szükség van a vízepítő mérnöki képzés fejlesztésére is. A szakmai-tudományos ismeretek elsajátításán túl mérnök hallgatóinkat meg kell tanítani arra is, hogy hogyan kell „a terv igazáért harcolni szóban, írásban, meggyőző nyelven” (Bogárdi 2022). Fől kell készülni egy igazságosabb kor eljövetelére, ahol vitatott vízgazdálkodási beruházások esetén az összes érdekelt félnek lehetősége lesz – a megbélyegződés kockázata nélkül – kifejtetni álláspontját, a közvélemény és a döntéshozók felé egyaránt.

Végezetül legyen lehetőség a tévedések beismerésére. Az ne arcvesztést, megszégyenülést eredményezzen, hanem éppenséggel elismerést. Ehhez azonban már országos szintű és alapvető változásokra van szükség a közéletben. Meggyőződésünk, hogy Magyarország képes az ilyen változásokra is. Csak akarni kell.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁSOK

Jelen közlemény a Kőszegi Felsőbbfokú Tanulmányok Intézete (iASK, Institute of Advance Studies Kőszeg) koordinálásával és az Insula Magna projekt keretében végzett munka eredménye. Ez úton mondunk köszönetet az intézet

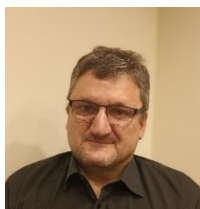
főigazgatójának, prof. dr. Miszlivetz Ferencnek a támogatásért, továbbá az Európai Uniónak és a Magyar Államnak a projekt finanszírozásáért. A szerzők köszönetüket fejezik ki még Jakus Györgynek, Kertész Józsefnek, Pannonhalmi Miklósnak, dr. Honti Márknak valamint a közlemény bírálóinak az értékes információkért, a hasznos javaslatokért és a konstruktív kritikákért. Végezetül köszönetet mondunk dr. Ittész Máténak is a pontos latin fordításokért.

IRODALOMJEGYZÉK

- Árpási Z. (2006). Mosonyi Emil a vízepítés professzora. Kossuth Kiadó, Budapest. p. 316.
- Bercsi J. (1991). Parlamenti képviselők az erőmű ellen. Magyar Hírlap, 1991 augusztus 1. szám.
- Bogárdi J. (2022). Vízből vagyok, vízzé leszek. Typotex Kiadó. p. 432.
- Brock, T.C.M., van der Velde, G., van de Steeg, H.M. (1987). The effects of extreme water level fluctuations on the wetland vegetation of a nymphaeid-dominated oxbow lake in the Netherlands. Archiv Hydrobiologie. Beih. Ergebn. Limnol., 27, pp. 57-73.
- Csuhaj I., Gyévai Z., Szilágyi A.J. (1997). Mindkét felet elmarasztalták. Magyar Hírlap, 30. évfolyam, 225. szám.
- Dlusztus I. (1989). Vízlépcsőd. Novum Kft. p. 169.
- Dubniczky M. (2019). Összeköt, elválaszt – Sámsondi Kiss György a Bős-Nagymaros-szindrómáról. Mérnök Újság, 2019, 6. szám. pp. 45-48.
- Györffy K., Nagy B. (1998). Irányító nélkül. Beszélő, 3. évfolyam, 5. szám.
- Hajósy A. (szerk.) (2020). A bösi vízlépcső környezeti-ökológiai kockázatai. In: Információk a vízlépcsőügyről és a Dunáról. www.szigetkoz.biz/sajto/elraboltfolyo/okologia.htm.
- Halmos F. (főszerk.) (1993). A magyarság kézikönyve / Magyarország földje / Egy jelkép: Bős-Nagymaros / Katasztrófális környezeti hatások a vízlépcső térségében. Pannon Enciklopédia. Pannon Könyvkiadó. p. 630.
- Hein, T., Funk, A., Pletterbauer, F., Graf, W., Zsuffa I., Haidvogel, G., Schinegger, R., Weigelhofer, G. (2018). Management challenges related to long-term ecological impacts, complex stressor interactions and different assessment approaches in the Danube River Basin. River Research and Applications. Special issue paper. John Wiley & Sons Ltd. pp. 500-509. doi:10.1002/rra.3243
- Jakus Gy. (2023). Szóbeli közlés.
- Kalocsa B., Tamás E. (2003). A folyamszabályozás morfológiai hatásai a Duna hullámterén, Élet a Duna-ártérben, konferencia-kötet, Pécs, ISBN: 963 214 2454.
- Karádi G. (1991). Válaszlevél Dr. Sámsondi Kiss Györgynek. Hidrológiai Közöny 71. évfolyam, 6. szám. Refuznyiki rovat. pp. 383-384.
- Kertész J. (1996). A hullámtéri vízpótló rendszer kialakítása. Magyar Hidrológiai Társaság XIV. Országos Vándorgyűlése I. kötet. Sopron, 1996. május 21-24.

- Kertész J.* (2023). Szóbeli közlés.
- Kis T.* (1997). Hágában mindkét felet elmarasztalták. Népszabadság, 55. évfolyam, 225. szám.
- Köves I. (szerk.)* (1998). Kék Duna könyv. Kornétás Kiadó. p. 207.
- Kozák M. (szerk.)* (1994). Dokumentumok és vélemények a Bős-Nagymarosi vízlépcsőrendszeréről (Fehér Könyv). A magyar kormánynek kézirat formájában eljuttatott dokumentum.
- Kozák M.* (2020). Így látom Bős-Nagymarost. In: Kozák M.: Vízgazdálkodási nagyműtárgyak mint a nemzetgazdaság fejlesztésének eszközei. Typotex, Budapest. pp. 407-457.
- Láng I.* (2017). Teret a folyóknak! A nagyvízi mederkezelés szerepe a hazai árvízvédelemben. Biztosítás és Kockázat, IV. évfolyam 2. szám. pp. 42-59. doi: 1018530/BK.2017.2.42
- Maas, M.* (1997). Het gestolen Donauwater (Az elloptott Duna-víz). de Volkskrant, 1997 február 22. szám.
- Moldova Gy.* (1998). Ég a Duna! Riport Bős-Nagymarosról. Kertek 2000 Könyvkiadó. p. 334.
- Mistéth E.* (1987). A dunai vízlépcsőrendszer földrengéssel szembeni állékonysága. Vízügyi Közlemények, LXIX. évfolyam, 2. füzet. pp. 184-205.
- Nagy B.* (2019). Az elmaradt rendszerváltás: Bős-Nagymaros harminc éve. Ellensúly 2019/3. szám. pp. 102-114.
- Németh J.* (2016). A szigetközi vízpótlás vízügyi eredményei, várható fejlesztések. Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság. Előadásanyag. (<https://docplayer.hu/110873514-A-szigetkozi-vizpotlas-vizugyi-eredmenyei-varhato-fejlesztések-eszak-dunantuli-vizugyi-igazgatosag-nemeth-jozsef-igazgato.html>)
- OVF* (2022). Magyarország Vízyűjtő-gazdálkodási Terve – 2021. Országos Vízügyi Főigazgatóság. p. 686.
- Pintér K.* (1992). Magyarország halai. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 202.
- Pannonhalmi M., Varga P.* (2021). A vízügyi szolgálat vízminőség vizsgálatainak 50 éve Magyarországon a Duna példáján. Vízügyi Közlemények, CIII. évfolyam 2021. évi 1. füzet. pp. 43-85.
- Pannonhalmi M.* (2007). Szigetközi vízpótló rendszer vízkémiai és hidrobiológiai monitoring 2006. Összefoglalás. Előadásanyag.
- Pannonhalmi M.* (2023). Szóbeli közlés.
- Pataki B., Zsuffa I., Hunyady A.* (2013). Vulnerability assessment for supporting the revitalisation of river floodplains. In: Special issue of Environmental Science & Policy: Management of wetlands in river basins: the WETwin project. Volume 34, December 2013. pp. 69-78. doi:10.1016/j.envsci.2012.08.010
- Sámsondi Kiss Gy.* (2019). A Duna mégis összeköt. Kairosz Kiadó. p. 432.
- SzKKM (Szlovák Köztársaság Környezetvédelmi Minisztériuma)* (1999). Visit to the area of the Gabčíkovo hydropower project. Bratislava, ISBN 80-968211-0-5.
- Szöllősi-Nagy A.* (2020). Egy jó szándékú könyv rossz szándékú emberekről. Hidrológiai Közöny. 100. évf. 2. sz. pp. 86-87. <http://www.gabcikovo.gov.sk/old.gabcikovo.gov.sk/doc/green/en/main.html>.
- Tatai R.* (2016). A szigetközi hullámtéri vízpótló rendszer üzemeltetése, árasztási tapasztalatok. Magyar Hidrológiai Társaság, XXXIV. Országos Vándorgyűlés. http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/34/dolgozatok/word/0814_tatai_robert.pdf.
- Tóth L., Zsíros T.* (2002). A Pannon-medence szeizmicitása és földrengéskockázata. In: Magyarország Földrengésbiztonsága, Mérnökszeizmológiai Konferencia. Győr, 2002. november 5. (konferencia kiadvány)
- USGS* (2011). ShakeMap Scientific Background. Rapid Instrumental Intensity Maps. Earthquake Hazards Program. U. S. Geological Survey. <https://web.archive.org/web/20110623092131/http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap/background.php#intmaps>.
- Vargha J.* (1981). Egyre távolabb a jótól: Dokumentumok a Gabčíkovo-Nagymarosi vízlépcsőrendszer történetéből. Valóság, 24(11), pp. 1-23.
- Vargha J.* (1999). A Bős-nagymarosi vízlépcső környezeti kockázatai. In: Karátson D. & Száraz M. Gy. (szerk.), Magyarország földje. Pannon Enciklopédia. Kertek 2000 Könyvkiadó.
- Welcomme, R., Halls, A.* (2002). Dependence of river fisheries on river flow. International Conference on Environmental Flows for River systems, 3-8 March 2002. Cape Town, South-Africa.
- Zsuffa I.* (2001). Multi-criteria decision support for the revitalisation of river floodplains. PhD disszertáció, Wageningen University, Hollandia. p. 155.
- INCONNU ART* (1988). "STOP NAGYMAROS" FELIRATÚ PLAKÁT. <https://www.darabanth.com/hu/gyorsarveres/205/kategoriak~Festmeny-mutargy-papirregiseg-egyeb/Festmenyek-es-grafikak~1/1988-STOP-Nagymaros-feliratu-plakat-33x48cm~II828023>

A SZERZŐK



ZSUFFA ISTVÁN 1991-ben kiváló minősítésű vízépítő mérnöki diplomával fejezte be tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetemen. PhD fokozatát 2001-ben a Wageningen-i Egyetemen (Hollandia) szerezte a környezettudományok terén. PhD kutatásának témája: többkritériumú döntéstámogató rendszerek alkalmazása folyami árterek ökológiai revitalizációjához. 2001-től 2012-ig a VITUKI-ban dolgozott, ahol számos hazai és nemzetközi kutatás-fejlesztési projektben vett részt, melyek közül a legjelentősebb a koordinációjával lebonyolított EU támogatású WETwin projekt. Ez a nemzetközi projekt európai, afrikai és dél-amerikai vizes élőhelyek ökológiai revitalizációjával foglalkozott. 2012-től dr. Zsuffa a VITUKI Hungary Mérnökiroda Kft. alkalmazásában áll, ahol jelenleg vízkészlet-gazdálkodási és előrejelzési célú csapadék-lefolyás modellrendszerket fejleszt magyarországi kis- és közepes vízgyűjtőkre. Kutatás-fejlesztési tevékenységek mellett hidrológiát, hidrológiai modellezést és hidrometriát is tanít a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Karán és az ELTE TTK-n.



SZÖLLÖSI-NAGY ANDRÁS vízmérnök, hidrológus, Dr. Techn., PhD, Dr. Habil., az MTA doktora, Prof. Dr. HC mult., egyetemi tanár a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Karán, a Felsőfokú Tanulmányok Intézete (iASK) Kőszeg tudományos tanácsadója; a nemzetközi Sustainable Water Futures Programme (Jövő Fenntartható Vízgazdálkodása), Brisbane, Ausztrália elnöke. Korábban húsz évig az UNESCO Nemzetközi Hidrológiai Program (IHP) főtitkára, később Kormányközi Tanácsának elnöke, majd a delfti (Hollandia) UNESCO-IHE Institute of Water Education rektora. A Hidrológiai Közöny szerkesztőbizottságának elnöke, korábbi főszerkesztője. Hazai szakmai pályáját a VITUKI-ban kezdte Kienitz Gábor Rendszerhidrológiai Osztályán és a VITUKI tudományos főigazgatóhelyetteseként fejezte be 1989-ben. Eközben a IIASA-ban és a kanadai Waterloo Egyetemen dolgozott. A Magyar Mérnök Akadémia tagja és alelnöke, valamint a Magyar Természettudományi Társulat alelnöke.



BOGÁRDI JÁNOS 1969-ben szerzett építőmérnöki és 2019-ben arany diplomát a Budapesti Műszaki Egyetemen. 1971-ben a Padovai Egyetemen (Olaszország) nyert posztgraduális diplomát hidrológiából. Mérnökdoktori képesítést (Dr.-Ing.) a németországi Karlsruhei Egyetemen szerezte 1979-ben. Asszisztensként dolgozott a BME Vízgazdálkodási Tanszékén (1969-1971) majd a Karlsruhei Egyetemen (1974-1979), ahol 1980-1983 között szenior kutató is volt. Több éven át működött konzultánsként Németországban és Afrikában (1971-1973 és 1983-1985 között). 1985 és 1988 között az Asian Institute of Technology (AIT, Thaiföld) docense (associate professor). 1989 és 1995 között a Wageningen-i Mezőgazdasági Egyetem tanszékvezető egyetemi tanára. 1995-től 2003-ig az UNESCO főmunkatársa és a Fenntartható Vízgazdálkodás Szekció vezetője Párizsban. 2003 és 2009 között az ENSZ Egyetemének bonni Környezet és Emberi Biztonság (UNU-EHS) intézetének alapító igazgatója. 2007-2009 között az UNU európai vicerektora. 2009-től 2012-ig a Bonni Egyetem Fejlesztéskutatási Központján (ZEF) belül működő nemzetközi Global Water System Project (GWSP) végrehajtó igazgatója. 2004-től a Bonni Egyetem Mezőgazdasági Karának kooptált professzora. 2012 óta a ZEF kiemelt munkatársa. 2016-tól az AIT megkülönböztetett vendég professzora. 2017 óta a kőszegi Felsőfokú Tanulmányok Intézetének tudományos tanácsadója, 2022-től a mexikói Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) tiszteletbeli vendég professzora. Több mint 200 tudományos publikáció szerzője vagy társszerzője. Több, főleg közép európai egyetem kintüntetettje. A Varsói Mezőgazdasági Egyetem (1996), a BME (1997) és a Nizsnij Novgorodi Állami Építészeti és Építőmérnöki Egyetem tiszteletbeli doktora (Dr.h.c.). 2008-ban a Cannes-i nemzetközi Vízdíj (Grand Prix des Lumières de l'Eau) kitüntetettje. 2021-ig az MHT Hidrológiai Közöny szerkesztőbizottsági tagja. 2017 óta a MHT külföldi tiszteleti tagja.

A mikroelem tartalom hatása a lakossági szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosíthatóságára

Gulyás Gábor*, Kiss Gergely*, Sinkovics Ádám*, Rádi József**, Domokos Endre***, Kárpáti Árpád***

* Dunántúli Regionális Vízmű Zrt. (E-mail: g.gulyas.up@gmail.com), ** Elgoscár-2000 Kft., *** Pannon Egyetem, Környezetmérnöki Intézet

DOI:10.59258/HK.11450



Kivonat

Tápanyagtartalma miatt a települési szennyvíziszap a mezőgazdaságban jól hasznosítható anyagnak minősül. Ennek ellenére itthon a mezőgazdaság csak kis mértékben alkalmazza, amit részben a fertőzőképességével és a toxikus anyag tartalmával magyaráznak. Vizsgálataink során a települési szennyvíziszapok potenciálisan toxikus elem tartalmát vizsgáltuk annak meghatározása érdekében, hogy az mennyire korlátozza az iszap mezőgazdasági hasznosíthatóságát. Eredményeink azt mutatják, hogy amennyiben a szennyvíziszap kihelyezése a jogszabályoknak megfelelő módon (mennyiségi és minőségi megfelelés) történik, a legkedvezőtlenebb feltételeket és a legmeghatározóbb komponenseket vizsgálva is a talaj csak évtizedek, vagy akár évszázadok alatt terhelődik olyan mértékben nehézfémekkel, amelyek alapján a jelenlegi jogi szabályozás szerint maga is szennyezetté válik. Mindezek alapján a települési szennyvíziszapok megfelelő körülményekkel végzett mezőgazdasági hasznosítása előnyös megoldásnak tűnik, bár ennek pontosításához ma már a szennyvíziszapokban lévő egyéb mikroszennyező anyagok mennyiségének meghatározása is szükséges.

Kulcsszavak

Szennyvíziszap, nehézfémek, mikroelemek, mezőgazdaság, talaj, Magyarország.

The effect of micro element content on the agricultural utilization of municipal sewage sludge

Abstract

Due to its nutrient content, municipal sewage sludge can be well utilized in agriculture and crop cultivation. Despite this, domestic agriculture only uses it to a small extent, which is partly explained by its infectiousness and its toxic substances content. In the course of our investigations, we examined the potentially toxic element content, which is considered to be the most dangerous component of municipal sewage sludge. Our results show that if sewage sludge is disposed of in accordance with the legislation (quantity and quality compliance), even when examining the most unfavourable conditions, the harmful accumulation of heavy metals no need to count on. Based on all of this, the agricultural utilization of municipal sewage sludge with due care seems to be a beneficial solution, although in order to clarify this, it is now necessary to determine the amount of other micropollutants in it.

Keywords

Municipal sewage sludge, heavy metals, micro elements, agriculture, soil, Hungary.

BEVEZETÉS

A települési szennyvizek tisztításának mellékterméke a nagy tételben keletkező szennyvíziszap, melynek mennyisége világszerte növekvő tendenciát mutat (*Yang és társai 2018b*). Ártalmatlanítására és hasznosítására számos lehetőség áll az üzemeltetők rendelkezésére, de az elhelyezési módokat a lokális és a regionális adottságok korlátozzák. A szóba jöhető alternatíva alapvetően befolyásolja az adott terület infrastruktúrája, az ipar és a mezőgazdaság fejlettsége, a rendelkezésre álló mezőgazdasági és egyéb módon hasznosított területek kiterjedése, a hulladékkezelési szokások és a környezetvédelmi szabályozás.

A mezőgazdaság hazánkban csak kismértékben alkalmazza a szennyvíziszapot a talajok termőképességének javítására, melyet sok esetben annak fertőzőképességével, illetve nehézfém és egyéb mikroelem tartalma miatt kialakuló fitotoxicitásával magyaráznak. Napjainkban a szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználása inkább csak a környezeti rekultiváció és a tájrendezés területén gyakorlat, habár számos megfigyelés bizonyította a szennyvíziszap nagy hatékonyságát a talajerő pótlásánál (*Camargo és társai 2013, Santos és társai 2014*). Közben a fogyasztásra, vagy állati takarmányozásra szánt nö-

vények termesztésénél a szennyvíziszap felhasználás elhanyagolható, gyakran alkalmazzák a szennyvíziszapot erdők telepítésénél, illetve művelés alól kivett, vagy energianövények termesztésére használatos földek tápanyag tartalmának hosszú távú növelésére.

2013-ban Magyarországon a szennyvíziszapok 37,8%-át hasznosította a mezőgazdaság (*SZKHS 2014*). Az Európai Unió tagállamaiban a mezőgazdasági hasznosítás aránya átlagosan körülbelül 40%, de Belgiumban, Dániában, Spanyolországban, Franciaországban és Nagy-Britanniában 50% feletti (*Yang és társai 2018a*). Kínában a szennyvíziszap 45%-a kerül mezőgazdasági felhasználásra (*Bai és társai 2018*).

Összetételükből adódóan a települési szennyvíziszapok a mezőgazdaság számára jól hasznosítható segédanyagot jelentenek. A termőföldekre kijuttatva fontos makro- és mikrotápanyagokat biztosítanak a növények számára, növelik a talaj szervesanyag tartalmát és adszorpciós kapacitását, javíthatják annak fizikai tulajdonságait, továbbá a talaj vízháztartását is előnyösen befolyásolják (*Lajayer és társai 2019*). Mivel azonban a hagyományos eleveniszapos technológiák alkalmazása során a szennyvízzel érkező komponensek meghatározó része a szennyvíziszapba

kerül, így abban a szerves anyagokon és a tápanyagon kívül a mezőgazdasági hasznosításnál kifejezetten hátrányos komponensek – szerves és szervetlen mikroszennyezők, gyógyszermaradványok és nehézfémek – és patogén mikroorganizmusok is megtalálhatók (Carletti és társai 2008, Singh és társai 2008, Filho és társai 2015).

Ezek egy része mindössze a talaj minőségét befolyásolja kedvezőtlenül, míg más összetevők bizonyos koncentráció felett a talaj ökoszisztémára és a természetű növények fejlődésére is kifejezetten káros hatással lehetnek. A szennyvíziszapok talajhasználatát korlátozó komponensek többek között a nehézfémek is, melyek jelentős negatív hatással lehetnek a talaj termékenységére, a növények minőségére, továbbá a táplálékláncba kerülve súlyos veszélyt jelenthetnek az emberi egészségre (Kchaou és társai 2018). Bár a nehézfémek egy része az élőlények számára nélkülözhetetlen nyomelem, túlzott humán expozíciójuk rendkívül káros következményekkel (idegrendszeri és légzőszervi károsodások, tüdőgyulladás, rák) járhat. A nehézfém-szennyezéssel kapcsolatos fokozott aggodalmak alapja, hogy a nehézfémek rendkívül stabilak, biológiailag nem bonthatók, így a környezetbe kerülve hosszú távon is kiemelt kockázatot jelentenek (Li és társai 2016). A szennyvíziszapban koncentrálandó nehézfémek emiatt a táplálékláncon keresztül veszélyeztetik az embert, az állatokat és a növényeket (Kim és társai 2012, Hariri és társai 2015). A környezetben és az élő szervezetben könnyen felhalmozódnak, ezáltal tartós veszélyeztető és romboló hatást okoznak (Joseph és társai 2015, Li és társai 2016, Acharya és társai 2018, Tariq és társai 2018). Ebből adódóan a nehézfémek jelenléte korlátozhatja a hagyományos szennyvíztisztító technológiákban keletkező szennyvíziszapok elhelyezését és hasznosítását.

Napjainkban a szennyvíziszap elhelyezésére annak közismerten magas szervesanyag és tápanyag tartalma miatt optimális lehetőségként a mezőgazdaságban és az erdőgazdálkodásban történő felhasználást tekintik (Mohamed és társai 2018), de ehhez kapcsolódóan a benne található nehézfémek immobilizálását szükségesű folyamatnak tartják (Wu és társai 2018).

A mezőgazdasági talajok nehézfém szennyezettsége az egész világot érintő kérdés (Bigalke és társai 2017). A földrajzi, az éghajlati és a társadalmi-gazdasági tényezők, valamint az ipari és a mezőgazdasági termelés közötti különbségek révén az egyes régiók területeinek nehézfém szennyezettségében jelentős eltérések vannak. Bizonyított, hogy a talajokba kerülő nehézfémek felhalmozódhatnak és hosszú távon is a talajban maradhatnak. A talajban lévő nehézfém mennyiséget csökkenti a biomassza nehézfém felvétele, a talajvízzel történő kimosódás, illetve az egyéb lefolyások kialakulása (Salman és társai 2017). A mezőgazdasági talajok nehézfém szennyezettsége egyértelműen a mezőgazdasági vegyszerfelhasználásra és a légköri lerakódásra vezethető vissza (Shi és társai 2018). Koupaie és Eskicioglu (2015), valamint Yagmur és társai (2017) szerint kimutatható módon csak a nagy dóziszú és ismételt szennyvíziszap kihelyezés növeli a talaj és a növényi szövetek nehézfém-koncentrációját.

A szennyvíziszapok nehézfém-tartalma a talajban maradó veszélyforrást jelenthet, ezért a fejlett országokban szigorúan szabályozzák a mezőgazdasági termelésben felhasználható szennyvizek és iszapok megengedhető toxikus-tartalmát, maximálják a nehézfémek évente kijuttatható mennyiségét, illetve a talajban a szennyvíziszap-kijuttatás után kialakuló megengedhető nehézfém-tartalmakat.

A mezőgazdasági hasznosításra szánt szennyvíziszapok nehézfém-tartalmát a talaj, a növények, az állatok és végső soron az ember egészségének védelme érdekében Európában először 1986-ban szabályozták, a 86/278/EEC direktívával („szennyvíziszap irányelv”), amely irányelv ma is érvényben van (ECD 1986).

Vizsgálataink célja a települési szennyvíziszapok nehézfém-tartalmának elemzése, illetve annak meghatározása, hogy a nehézfém-tartalom mennyire korlátozza a mezőgazdasági hasznosításukat. Utóbbi vizsgálathoz saját mérési eredményeinken túl a mezőgazdasági talajok szakirodalomban fellelt nehézfém háttérszennyezettségét használtuk fel. A mezőgazdasági hasznosíthatóság értékelését a hazai jogszabályi határértékek és az Európai Unió által előírt megengedhető koncentrációk figyelembevételével végeztük.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatainkhoz felhasznált iszapminták egy hazai kommunális szennyvíztisztító telepről származtak. A szennyvíztisztító telep egy kiemelt üdülőkörzet, valamint az agglomeráció további 10 településének a szennyvizét tisztítja. Az agglomerációban szennyvízelvezetéssel érintett meghatározó ipari tevékenység nincs. A szennyvíztisztító telepen 31 alkalommal került sor minta vételére a viztelenített szennyvíziszapból.

Az alkalmazott szennyvíztisztítási technológia hagyományos eleveniszapos rendszer az érkező szennyvíz mechanikai és biológiai tisztításával és a keletkező fölösiszap gépi víztelenítésével. A vizsgált szennyvíztisztító telepen keletkező 20-25% szárazanyag tartalmú szennyvíziszapot egy közeli komposztáló telepre szállítják, majd további kezelést követően rekultivációs és mezőgazdasági célokra hasznosítják.

Az iszapmintákat műanyag tárolóedényben szállítottuk a mérés helyszínére és a vizsgálatok elvégzéséig +4 °C-on tároltuk. A vizsgálatokat a minták nedvességtartalmának meghatározásával kezdtük. A minták feltárását királyvízes oldatban történő forralással végeztük és a feltárt minták nehézfém tartalma ICP-AES módszerrel került meghatározásra. A kiszárított és porított mintákból minden esetben 3 db párhuzamos bemérést végeztünk.

SZENNYVÍZISZAP NEHÉZFÉM-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A hagyományos eleveniszapos szennyvíztisztító technológiáknál a nyers szennyvíz nehézfém-tartalmának egy része a szennyvíziszapban akkumulálódik. A szennyvíziszapokban gyakorlatilag minden szennyvízbe bekerült fém megjelenik. Mivel a szennyvíziszap összetételét alapvetően befolyásolja a nyers szennyvíz jellege és a tisztítás módja, a települési szennyvíziszapok nehézfém-tartalma attól is

függ, hogy az adott térségre milyen ipari szennyvíz kibocsátások jellemzőek, illetve milyen egyéb forrásokból (pl. közlekedés, háztartások) kerülnek fémek a szennyvízbe.

Hazánkban a mezőgazdasági felhasználásra szánt szennyvíziszapok és szennyvíziszap komposztok megengedhető nehézfém tartalmát a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól szóló 50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet szabályozza. A hivatko-

zott kormányrendeletben meghatározott határértékek valamennyi esetben megegyeznek a 86/278/EEC iránylevben előírt értékekkel, vagy szigorúbbak annál.

Az iszap mezőgazdasági hasznosíthatóságának vizsgálata érdekében a víztelenített szennyvíziszap mintákban mért nehézfém tartalmat összevetettük a szennyvíziszap mérgező anyag koncentrációit korlátozó jelenlegi jogi szabályozással (1. táblázat).

1. táblázat. A víztelenített szennyvíziszap elemtartalma az annak mezőgazdasági kihelyezésére vonatkozó jelenlegi határértékekkel összehasonlítva

Table 1. The elemental content of dewatered sewage sludge compared with the current limit values for its agricultural disposal

Elemek	Mért koncentráció			Szennyvíziszap határérték		Szennyvíziszap komposzt határérték
	min.	max.	átlag	86/278/EEC iránylev	50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet	
	mg/kg sz.a.*					
Ag	<0,2	4,01	0,7	-	-	-
Al	2 440	4 530	3 314	-	-	-
As	4,55	12,3	8,14	-	75	25
B	24,7	46,2	37,2	-	-	-
Ba	71	144	109,1	-	-	-
Cd	0,21	0,86	0,63	20-40	10	5
Co	2,4	3,83	3,14	-	50	50
Cr	21,9	33	27,3	-	1 000	350
Cu	161	417	265	1 000-1 750	1 000	750
Hg	<0,1	0,47	0,28	16-25	10	5
Mo	5,33	13,1	7,76	-	20	10
Ni	18,5	46,8	31,87	300-400	200	100
Pb	15,6	24,4	19,9	-	750	400
Sb	<1,0	3,74	1,3	-	-	-
Se	1,55	10,1	4,36	-	100	50
Sn	11,1	29,4	21,3	-	-	-
Zn	701	1 223	966	2 500-4 000	2 500	2 000

Megjegyzés: *száraz anyag; Note: *dry matter

Az 1. táblázat mutatja, hogy az iszapban mért fém koncentrációk gyakran legalább egy nagyságrenddel alatta maradnak a határértékeknek, miközben a legtöbb esetben a szennyvíziszap komposztra érvényes határértéknek is csak a töredékét képviselik. A szennyvíziszap komposztra vonatkozó határérték túllépés a molibdén esetében megfigyelhető volt, de annak átlagos koncentrációja már határérték alatt maradt. A szennyvíziszap komposztokra vonatkozó alacsonyabb koncentráció a komposztálás során az iszaphoz kevert segédanyagok „hígító hatásával” magyarázható. Amennyiben a komposztálást megelőzően a szennyvíziszap rothasztásra kerül, ez a hígító hatás már nem jelentkezik kellőképpen, hiszen a rothasztás során az iszap szervesanyag tartalmának csökkenésén keresztül a szervesanyag komponensek, így többek között a nehézfémek is feldúsulnak a rothasztott iszapban. Bizonyos mértékű dúsulás a komposztokra is jellemző, hiszen a folyamat során az iszap tömege a

szerves anyagok bomlása miatt csökken, viszont az abban található nehézfém tömeg nem változik.

A nehézfémek dúsulási arányának érzékeltetésére példa Cai és társai (2007) megfigyelései, akik azt tapasztalták, hogy a nehézfémek koncentrációja a komposztban a kadmium esetében 12-60%-kal, a réznél 8-17%-kal, az ólmot tekintve 15-43%-kal, míg a cinket figyelve 14-44%-kal haladta meg a komposzt alapanyagát jelentő szennyvíziszapban mért értékeket.

Érdekes, hogy míg a szennyvízzel történő öntözést az öntözésre szánt szennyvíz alumínium, bór és bárium koncentrációja korlátozhatja, addig ugyanezen komponensek a szennyvíziszapban és a szennyvíziszap komposztban megengedhető koncentrációja nem szabályozott. Különösen érdekes ez abból a szempontból is, hogy az alumínium egészségkárosító hatása régóta ismert. Az alumínium

iszapban történő előfordulásának szabályozatlansága összefügg a szennyvíziszap kezelésben történő gyakori alkalmazásával, ami viszont azért is vezethet ellentmondáshoz, mert felhasználása nemcsak a szennyvíziszapok kezelésénél, de a szennyvizek előtisztításánál is gyakorlat. Ennek következtében a kevésbé optimalizált technológiák (pl. túlzott vegyszerhasználat) elfolyó vizében is nagyobb arányban lehet jelen. Az alumínium megengedhető koncentrációja egyébként sem a közcsatornába engedhető szennyvizek esetében, sem az élővizekbe bocsátható tisztított szennyvizek esetében nem korlátozott, bár a vízvédelmi hatóság az egyes kibocsátásokra egyedi határértéket (2-6 mg/l) állapíthat meg.

A bárium pozitív élettani hatásai nem ismertek, vegyületei mérgezők, illetve nagyobb mennyiségben ugyan, de a bór is toxikus hatással bír. A bór koncentrációja az alumíniumhoz hasonlóan csak az öntözésre szánt szennyvízben szabályozott, viszont a bárium-tartalom szempontjából a 91/271/EGK irányelv alapján készült, Magyarországon jelenleg hatályban lévő 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet alapján mind a közcsatornába bocsátható, mind az élővízbe vezetett szennyvizek (0,3-0,5 mg/l) esetében határérték van előírva.

A vizsgált fémek közül az ón, az ezüst és az antimon mennyisége a szennyvíziszapokban mezőgazdasági felhasználás esetén nem korlátozott.

2. táblázat. A víztelenített szennyvíziszap elem tartalma a természetes és szennyezett mezőgazdasági talajok jellemző összetételével összehasonlítva

Table 2. The elemental content of dewatered sewage sludge compared with the typical composition of natural and contaminated agricultural soils

Elemek	Mért koncentrációk			Mezőgazdasági talajok nehézfém-tartalma			Megengedhető koncentrációk a talajban	
	Saját mérési adatok			Természetes (Simon 2006)	Szennyezett Saját tapasztalati adatok		86/278/EEC irányelv	50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet
	min.	max.	átlag	min.-max.	min.-max.	átlag		
	mg/kg sz.a.							
As	4,55	12,3	8,14	n.a.	0,8-13,6	3,6	-	15
Cd	0,21	0,86	0,63	0,2-1,0	<0,5	<0,5	1-3	1
Co	2,4	3,83	3,14	10	3,4-24,9	10,1	-	30
Cr	21,9	33	27,3	70-100	7,4-57,0	21,4	-	75
Cu	161	417	265	20-30	3,9-31,7	14,6	50-140	75
Hg	<0,1	0,47	0,28	0,03-0,06	<0,1-0,2	<0,1	1-1,5	0,5
Mo	5,33	13,1	7,76	n. a.	<0,1-0,4	<0,1	-	7
Ni	18,5	46,8	31,87	50	8,6-38,5	23,7	30-75	40
Pb	15,6	24,4	19,9	10-100	1,4-67,5	13,4	50-300	100
Zn	701	1.223	966	50	9,7-81,2	47,3	150-300	200

Látható, hogy a szennyvíziszap réz-, cink- és higany-koncentrációja meghaladja ugyanezen elemeknek a természetes állapotban lévő talajokra jellemző arányát. A víztelenített szennyvíziszap higanytartalma a természetes előforduláshoz képest nem meglepő, hiszen a higany a környezetben természetes körülmények között szinte alig lehet jelen, amit a táblázatban feltüntetett koncentrációtartomány is jelez. A réz és a cink a szennyvíziszapban legnagyobb mennyiségben előforduló fémszennyezők. A szennyvíziszapra jellemző koncentrációjuk meghaladja a

Az iszapba kerülő nehézfémek mennyisége egyértelműen függ a befolyó szennyvíz nehézfém-tartalmától, ezért a szigorú forráskontroll miatt a nyers szennyvíz fém-tartalmának csökkenő tendenciája a szennyvíziszapban található legtöbb nehézfém (pl. kadmium, króm, réz, higany, ólom) esetében is megfigyelhető (Gulyás 2020). Ezzel is magyarázható, hogy a kadmium és a higany jelenléte az iszapban ma már rendszerint csekély, ám a cink és az alumínium ma is számottevő mennyiségben jelenik meg abban.

SZENNYVÍZISZAP NEHÉZFÉM-TARTALMÁNAK HATÁSA

Fang és társai (2017) szerint a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításához kapcsolódóan a kijuttatott nehézfémek akár nem kívánt mértékben is, de felhalmozódhatnak a talajban. A szennyvíziszap, illetve a szennyvíziszap komposzt mezőgazdasági területekre történő kijuttatása a talaj nehézfém-tartalmát kezdetben egyértelműen növeli, ami kedvezőtlen lehet a növényzetre és annak fogyasztóira, tehát áttételesen vagy közvetlenül magára az emberre is. A 2. táblázatban a szennyvíziszap általunk meghatározott nehézfém-tartalmát a természetes és szennyezett mezőgazdasági talajok jellemző összetételével hasonlítjuk össze.

jelenlegi jogi szabályozás szerint a talajokban maximálisan megengedhető értéket. A réz és a cink talajban történő feldúsulása a talajok mezőgazdasági hasznosítására vezethető vissza, hiszen lényeges mikroelemek a növények számára, így mesterséges pótlásuk a mezőgazdaságban népszerű gyakorlat. A talajba került cink egyébként az egyik legkönnyebben felvehető nehézfém, egyben esszenciális mikroelem a növények számára. Koncentrációja a szennyvíziszapokban jelentős mértékben feldúsulhat, és mezőgazdasági hasznosítás esetén a talaj közvetítésével a ter-

mesztett növényekbe, illetve a táplálékláncba kerül. A cink fontos enzimek alapeleme, emiatt a növényi növekedéshez elengedhetetlenül szükséges. A szennyvíziszapok réztartalma szintén meghatározó lehet, de a szennyvíziszapokkal kezelt talajokból viszonylag kevés réz kerül be a növényekbe (Gulyás 2020).

A szennyvíziszappal javított talajokon a növények az igan veszélyes nehézfémekből (pl. króm, ólom, kadmium) viszonylag kis mennyiséget vesznek fel, emiatt arányukat tekintve ezek az elemek a talajban sokkal inkább feldúsulhatnak (legtöbbször a talaj felső részében), amit a 2. táblázat adatai is mutatnak. A krómhoz és a nikkelhez hasonlóan a talaj kadmiumtartalmát elméletileg növelheti a kihelyezett szennyvíziszap is, de annak fő forrása sokkal inkább a foszfátműtrágyák alkalmazása (Thévenot és társai 2007).

A 91/676/EGK irányelv alapján készült 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet szerint az évente mezőgazdasági területre szerves trágyával kijuttatott nitrogén hatóanyag mennyisége nem haladhatja meg a 170 kg/ha értéket, beleértve a legeltetés során az állatok által elhullajtott trágyát, továbbá a szennyvizekkel, szennyvíziszapokkal, valamint

szennyvíziszap komposzttal kijuttatott mennyiségét is. Ez alapján, a szennyvíziszap nitrogéntartalmát ismerve kiszámítható az évente hektáronként kihelyezhető szennyvíziszap mennyisége, illetve annak nehézfém-tartalma alapján az iszappal kihelyezett nehézfémek tömege is. Az így meghatározott, évente kijuttatandó nehézfém mennyiségek összehasonlíthatók a 86/278/EEC irányelv 1.C. mellékletében szereplő „Mezőgazdasági talajra évente kijuttatható nehézfém mennyiségek” határértékeivel.

A szennyvíziszapra jellemző nitrogéntartalmat méréseink alapján 41,1 g/kg szárazanyag értéknek vettük, így az évente hektáronként kijuttatható szennyvíziszap mennyisége 4 136 kg iszap szárazanyag.

A számítások során a legkedvezőtlenebb feltételeket vettük figyelembe, miszerint a szennyvíziszap szerves- és tápanyagtartalma teljesen hasznosul, miközben nehézfém-tartalma teljes egészében a talajban marad és feldúsul abban. Ez alapján az egyes nehézfémek évente hektáronként kijuttatott mennyiségére konkrét értékeket kaptunk. Az előző fejezethez hasonlóan a vizsgálatot itt is a talaj felső 50 cm-es rétegére végeztük (3. táblázat).

3. táblázat. A talajtömeg meghatározása
Table 3. Determination of soil mass

Megnevezés	Mértékegység	Érték
Szennyvíziszappal kihelyezhető N mennyisége a 159/2008. (IV. 29.) FVM rendelet (91/676/EGK irányelv) alapján	kg/(ha·év)	170
Szennyvíziszap N tartalma	mg/kg sz.a.	41,1
Kihelyezhető iszap mennyisége	kg sz.a. /(év·ha)	4 136
Vizsgált talajterület	m ²	10 000
Vizsgált talajvastagság	m	0,5
Vizsgált talaj térfogata	m ³	5 000
Talaj jellemző sűrűsége	t/m ³	1,5
Vizsgált talaj tömege	t	7 500
Talaj jellemző szárazanyag-tartalma	%	60
Hektáronkénti talaj szárazanyag-tartalom	t/ha	4 500

A talaj és a szennyvíziszap elemtartalmát alapul véve, az évente kihelyezhető iszap mennyiségéből számítottuk ki a leghosszabb megengedhető iszapfelhasználási időtávot (4. táblázat).

Az évente kihelyezhető szennyvíziszap mennyiségét annak nitrogéntartalma korlátozza, hiszen a jogszabály limitálja az évente mezőgazdasági területre kijuttatható nitrogén mennyiségét. A maximálisan kijuttatható és az iszap összetételéből (N- és nehézfém-tartalom) adódóan a ténylegesen kijuttatott nehézfém mennyiségeket összehasonlítva azt vehetjük észre, hogy a szabályozott elemeket nézve is 10-20-szor több nehézfém juttatható ki egy évben a talajra, mint amennyi a szennyvíziszappal együtt ténylegesen kihelyezésre kerül. A megengedhető mennyiséghez legközelebb itt is a cink áll, melynek az átlagos iszapösszetétel alapján számított kihelyezendő mennyisége még így is csak kicsit több, mint a megállapított maximum ti-

zede. Kadmium esetében az évente talajba kerülő mennyiség a megengedett mennyiség 1/57-ed része. Higany esetében körülbelül az 1%-a, míg az ólomnál ez az arány körülbelül 0,8%, azaz az a maximális ólom mennyiség, ami jogszabály szerint évente a talajba kerülhet, a szennyvíziszap hasznosításával 121 év alatt kerül a talajba. Már ebből a számításból is az a következtetés vonható le, hogy a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosítása rövidtávon is csak csekély mértékben növeli a talaj nehézfém-tartalmát, ráadásul korántsem biztos, hogy ez a növekedés hosszú távon is kimutatható lesz a talajban. A hektáronkénti maximálisan kijuttatható nehézfém mennyiségek meghatározásánál a szakemberek vélhetően figyelembe vették a természetű növénykultúrák mikrotápanyag igényét is, ami azt jelenti, hogy ennek a nehézfém tömegnek egy része a talajból a kihelyezést követően néhány éven belül eltávolításra kerül. Mivel láthattuk, hogy a szennyvíziszappal bevitt nehézfém tömeg szinte össze sem hasonlítható azzal a

mennyiséggel, melynek kijutását a jogszabály lehetővé teszi, az sem elvetendő gondolat, hogy a szennyvíziszap teljes nehézfém-tartalma távozik a talajból a növényi felvételen keresztül. Ezen felvetés pontosításához további mérések elvégzése és kiértékelése szükséges, melyek a szennyvíziszap és a talaj mikroelem tartalmán kívül az adott talajokon termesztett nö-

vények elemtartalmát is vizsgálják. Ezzel a szennyvíziszap kihelyezés várható hatásairól pontosabb kép alkotható, hiszen attól, hogy a talaj elemtartalma számottevő iszapkihelyezés esetén is határérték alatt marad, a növények túlzott mikroelem expozíciója korántsem zárható ki. Ez viszont már nemcsak környezetvédelmi, de élelmiszerbiztonsági kérdés is.

4. táblázat. A víztelenített szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosíthatóságának korlátja
Table 4. The limitation of agricultural usability of dewatered sewage sludge

	Háttér szennyezettség		Szennyezettségi mennyiség		Σ Kihelyezhető mennyiség	Évente kihelyezendő mennyiség		Kihelyezhetőség évei-nek száma	
	mg/kg sz.a.	kg/ha	mg/kg sz.a.*	kg/ha		kg/ha	kg/(ha·év)		év
		A		B	C=B-A	számított**	max.***	számított**	min.**,**
As	3,6	16,2	15	67,5	51,3	0,0337	0,5	1 524	201
Cd	0,5	2,3	1	4,5	2,3	0,0026	0,15	863	66
Co	10,1	45,5	30	135,0	89,6	0,0130	0,5	6 895	527
Cr	21,4	96,3	75	337,5	241,2	0,1129	10	2 136	71
Cu	14,6	65,7	75	337,5	271,8	1,0961	10	248	80
Hg	0,1	0,5	0,5	2,3	1,8	0,0012	0,1	1 554	53
Mo	0,1	0,5	7	31,5	31,1	0,0321	0,2	967	457
Ni	23,7	106,7	40	180,0	73,4	0,1318	2	556	108
Pb	13,4	60,3	100	450,0	389,7	0,0823	10	4 734	153
Zn	47,3	212,9	200	900,0	687,2	3,9956	30	172	23

Megjegyzés:
* 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet, 86/278/EEC irányelv alapján
** 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet, 91/676/EGK irányelv alapján (170 kgN/(ha·év) a saját mérési eredményeinkből számított adatok
*** 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet, 86/278/EEC irányelv (1.C. táblázat) alapján a saját mérési eredményeinkből számított adatok
Note:
,,*** Values calculated according to current Hungarian legislation.

A 4. táblázat eredményeit tovább vizsgálva látható, hogy a szennyvíziszap általunk mért nehézfém-tartalmát figyelembe véve a legrosszabb esetben (folyamatos felhalmozódás) is több 100 éves kihelyezhetőséggel számolhatunk. A nehézfémek mennyiségét vizsgálva az iszap mezőgazdasági hasznosíthatóságát leginkább annak réz- és cinktartalma korlátozhatja. Az iszappal történő higany, kadmium, króm és ólom kihelyezés ma már nem jelentős.

Ugyanilyen feltételek mellett, amennyiben a kihelyezni tervezett szennyvíziszap a nehézfémeket a kihelyezhetőségi határértékeknek megfelelő koncentrációban tartalmazza, az iszap folyamatos mezőgazdasági hasznosítása már rövidebb ideig, de még így is több évtizedig biztosítható. A kihelyezhetőséget ebben az esetben leginkább a szennyvíziszap cink- és réztartalma kívül az iszap higany-, kadmium- és krómtartalma korlátozza. Ebből is látható, hogy az említett komponensek kiemelt toxicitását a jogszabályi döntéshozatalnál is fokozottan figyelembe vették.

A szakirodalom alapján hasonló megállapításra jutottak Contin és társai (2012), akik kimutatták, hogy a vonatkozó jogszabályoknak megfelelő összetételű szennyvíziszapokat hosszú ideig (10 év) talajjavításra alkalmazva sem volt jelentős a mérgező elemek felhalmozódása.

Mindezek ellenére fontos megjegyezni, hogy az antropogén hatások következtében a termőtalajok nehézfém-mérlege rövidtávon általában pozitív, tehát a talajokba időegység alatt több nehézfém kerül be, mint amennyi onnan eltávozik. Ennek megfelelően világszerte tendencia, hogy a szántóföldek fémkészlete folyamatosan növekszik (Thévenot és társai 2007). A talaj egy bizonyos határig pufferként viselkedik, mivel megkötí a nehézfémeket és így tompítja azok hatását, viszont épp emiatt idővel potenciális szennyezővé válhat. Ugyanígy élővizek esetén is jelentős és egyre fokozódó belső nehézfém-terhelés figyelhető meg (Malmström és társai 2009). Mivel nagyobb időtávot felölölő kísérletekről csak ritkán számolnak be, a kérdés inkább az, hogy kizárólag szennyvíziszap hasznosítás mellett a termőtalajok nehézfém-mérlege közepes és hosszú távon is pozitív marad-e. A termesztett növénykultúrák sokféleségéből, azok változatos tápanyag igényéből és mikroelem felvételéből ugyanis hosszú távon egészen más nehézfém-mérleg állítható fel, mintha csak 2-3 éves vizsgálatokat végzünk, mely idő alatt a vizsgált területen mindössze 1-2 növényfajta termesztése történik.

KÖVETKEZTETÉSEK

Eredményeink azt mutatják, hogy amennyiben a szennyvíziszap kihelyezése a jogszabályoknak megfelelő módon

(mennyiségi és minőségi megfelelés) történik, a legmeghatározóbb komponenseket vizsgálva is a talaj csak évtizedek, vagy akár évszázadok alatt terhelődik olyan mértékben nehézfémekkel, amelyek alapján a jelenlegi jogi szabályozás szerint maga is szennyezetté válik.

Számításaink során a legkedvezőtlenebb feltételeket vettük figyelembe, miszerint a szennyvíziszap szerves- és tápanyagtartalma teljesen hasznosul, miközben nehézfém-tartalma teljes egészében a talajban marad és feldúsul abban. Nem számoltunk a növényi nehézfém felvétellel és a nehézfémek esetleges kimosódásával, vagy mélyebb rétegekbe kerülésével. Éppen ezért állíthatjuk, hogy a kihelyezés tényleges időtávja az általunk meghatározott évek számát nagy valószínűséggel meghaladja.

Mindezeket is figyelembe véve jelenlegi ismereteink alapján a települési szennyvíziszapok megfelelő körülményekkel végzett mezőgazdasági hasznosítása előnyös megoldásnak tűnik, bár ennek pontosításához ma már a szennyvíziszapokban lévő egyéb mikroszennyező anyagok mennyiségének meghatározása is szükséges.

Az eredményeket tekintve a kérdés inkább az, hogy ha a mezőgazdasági talajok tápanyag utánpótlására és azok termékenységének javítására kizárólag szennyvíziszapot alkalmazunk, akkor a növények számára fontos mikroelem utánpótlás fedezhető-e egyáltalán, semmint, hogy ezekkel a komponensekkel mennyire terheljük és szennyezzük a talajt.

IRODALOMJEGYZÉK

Acharya, J., Kumar, U., Rafi, P.M. (2018). Removal of Heavy Metal Ions from Wastewater by Chemically Modified Agricultural Waste Material as Potential Adsorbent: A Review International Journal of Current Engineering and Technology, 8 (3). pp. 526-530. doi: 10.14741/ijcet/v.8.3.6

Bai, Y., Zuo, W., Mei, L., Tang, B., Gu, C., Wang, X., Shao, H., Guan, Y. (2018). Eastern China coastal mudflats: salt-soil amendment with sewage sludge Running title: Salt-soil amended with sewage sludge in China Land Degradation and Development, 29 (10). pp. 3803-3811. doi:10.1002/ldr.3092

Bigalke, M., Ulrich, A., Rehmus, A., Keller, A. (2017). Accumulation of cadmium and uranium in arable soils in Switzerland. Environ. Pollut. 221. pp. 85-93. doi:10.1016/j.envpol.2016.11.035

Carletti, G., Fatone, F., Bolzonella, D., Cecchi, F. (2008). Occurrence and fate of heavy metals in large wastewater treatment plants treating municipal and industrial wastewaters, IWA Publishing 2008 Water Science & Technology 57 (9). pp. 1329-36. doi: 10.2166/wst.2008.230

Cai, Q.-Y., Mo, C.-H., Wu, Q.-T., Zeng, Q.-Y., Katsoyianis, A. (2007). Concentration and speciation of heavy metals in six different sewage sludge-composts. J Hazard Mater 147. pp. 1063-1072. doi:10.1016/j.jhazmat.2016.11.035

Camargo, R., Maldonado, A.C.D., Dias, P.A.S., Souza, M.F., França, M.S. (2013). Leaf analysis of *Jatropha* seedlings (*Jatropha curca* L.) produced with sewage sludge. J. Agric. Environ. Eng. 17 (3). pp. 283-290. doi:10.1590/S1415-43662013000300006

Contin, M., Goi, D., De Nobili, M. (2012). Land application of aerobic sewage sludge does not impair methane oxidation rates of soils. Sci Total Environ. 441. pp. 10-18. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.09.052

ECD (1986) European Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 (The Sewage Sludge Directive) on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture.

Fang, W., Delapp, R.C., Kosson, D.S., van der Sloop H.A., Liu, J. (2017). Release of heavy metals during long-term land application of sewage sludge compost: percolation leaching tests with repeated additions of compost. Chemosphere 169. pp. 271-280. doi:10.1016/j.chemosphere.2016.11.086

Filho, A.A., de Camargo, R., Lana, R.M.Q., Moraes, M.R.B., Maldonado, A.C D., Atarasi, R.T. (2015). Treatment of sewage sludge with the use of solarization and sanitizing products for agricultural purposes African Journal of Agricultural Research 11 (3). pp. 184-191. doi:10.5897/AJAR2015.10571

Gulyás G. (2020). Települési szennyvíz nehézfém-tartalma és annak hatása a szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításának lehetőségeire, Doktori Értekezés, Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Veszprém.

Hariri, E., Abboud, M.I., Demirdjian, S., Korfai, S., Mroueh, M., Taleb, R.I. (2015). Carcinogenic and neurotoxic risks of acrylamide and heavy metals from potato and corn chips consumed by the Lebanese population. Journal of Food Composition and Analysis 42. pp. 91-97. doi:10.1016/j.jfca.2015.03.009

Joseph, T., Dubey, B., McBean, E.A. (2015). Human health risk assessment from arsenic exposures in Bangladesh. Science of the Total Environment., 527-528. pp. 552-560. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.05.053

Kchaou, R., Baccar, R., Bouzid, J., Rejeb, S. (2018). Agricultural use of sewage sludge under sub-humid Mediterranean conditions: effect on growth, yield, and metal content of a forage plant Arabian Journal of Geosciences 11. pp. 746-752. doi:10.1007/s12517-018-4103-4

Kim, K.R., Kim, J.G., Park, J.S., Kim, M.S., Owens, G., Youn, G.H., Lee, J.S. (2012). Immobilizer-assisted management of metal-contaminated agricultural soils for safer food production. Journal of Environmental Management, 102. pp. 88-95. doi:10.1016/j.jenvman.2012.02.001

Koupaie, E.H., Eskicioglu, C. (2015). Health risk assessment of heavy metals through the consumption of food crops fertilized by biosolids: a probabilistic-based analysis. J Hazard Mater 300. pp. 855-865. doi:10.1016/j.jhazmat.2015.08.018

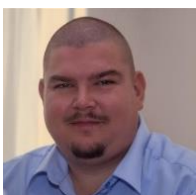
- Lajayer, B.A., Najafi, N., Moghiseh, E., Mosafiri, M., Hadian, J. (2019). Micronutrient and heavy metal concentrations in basil plant cultivated on irradiated and non-irradiated sewage sludge-treated soil and evaluation of human health risk Regulatory Toxicology and Pharmacology 104. pp. 141-150. doi: 10.1016/j.yrtph.2019.03.009
- Li, Z., Chen, J., Guo, H., Fan, X., Wen, Z., Yeh, M-H., Yu, C., Cao, X., Wang, Z.L. (2016). Triboelectrification-Enabled Self-Powered Detection and Removal of Heavy Metal Ions in Wastewater. Advanced Materials. Vol 28, Issue 15. pp. 2983-2991. doi:10.1002/adma.201504356
- Malmström, M.E., Rolli, V., Cui, Q., Brandt, N. (2009). Sources and fates of heavy metals in complex, urban aquatic systems: modelling study based on Stockholm, Sweden, WIT Transactions on Ecology and the Environment 122. pp. 83-96. doi:10.2495/ECO090091
- Mohamed, B., Olivier, G., François, G., Laurence, A.S., Bourgeade, P., Badr, A.S., Lotfi, A., (2018). Sewage sludge as a soil amendment in a Larix decidua plantation: effects on tree growth and floristic diversity. Sci. Total Environ. 621. pp. 291-301. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.11.283
- Salman, S.A., Elnazer, A.A., Nazer, H.A.E. (2017). Integrated mass balance of some heavy metals fluxes in Yakob village, south Sohag, Egypt. Int. J. Environ. Sci. Technol. 14 (5). pp. 1011-1018. doi:10.1007/s13762-016-1200-3
- Santos, F.E.V., Kunz, S.H., Caldeira, M.V.W., Azevedo, C.H.S., Rangel, O.J. P. (2014). Chemical characteristics of substrates used with sewage sludge for seedling production. J. Agric. Environ. Eng. 18 (9). pp. 971-979. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p971-979
- Shi, T., Ma, J., Wu, X., Ju, T., Lin, X., Zhang, Y., Li, X., Gong, Y., Hou, H., Zhao, L., Wu, F. (2018). Inventories of heavy metal inputs and outputs to and from agricultural soils: A review Ecotoxicology and Environmental Safety 164. pp. 118-124. doi:10.1016/j.ecoenv.2018.08.016
- Simon L. (2006). Accumulation, phytoindication and phytoremediation of toxic elements in the soil-plant system, Doctoral dissertation, Hungarian Academy of Sciences, University of Nyíregyháza, Nyíregyháza, Hungary.
- Singh, R.P., Agrawal, M. (2008). Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. Waste Manag 28 (2). pp. 347-358. doi:10.1016/j.wasman.2006.12.010
- SZKHS (2014). Szennyvíziszap kezelési és hasznosítási stratégia (2014-2023), Országos Vízügyi Főigazgatóság. „Stratégia 2014” Konzorcium, Budapest.
- Tariq, W., Saifullah, M., Anjum, T., Javed, M., Tayyab N., Shoukat, I. (2018). Removal Of Heavy Metals from Chemical Industrial Wastewater Using Agro Based Bio-Sorbents. Acta Chemica Malaysia, 2 (2). pp. 09-14. doi:10.26480/acmy.02.2018.09.14
- Thévenot, D.R., Moilleron, R., Lestel, L., Gromaire, M-C., Rocher, V., Cambier, P., Bonté, P., Colin, J-L., de Pontevès, C., Meybeck, M. (2007). Critical budget of metal sources and pathways in the Seine River basin (1994–2003) for Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn, Science of the Total Environment 375 (1-3). pp. 180-203, doi:10.1016/j.scitotenv.2006.12.008
- Wu, D., Yu, X., Chu, S., Jacobs, D. F., Wei, X., Wang, C., Long, F., Chen, X., Zeng, S. (2018). Alleviation of heavy metal phytotoxicity in sewage sludge by vermicomposting with additive urban plant litter Science of the Total Environment 633. pp. 71-80. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.167
- Yagmur, M., Arpal, D., Gulser, F. (2017). The effects of sewage sludge treatment on triticale straw yield and its chemical contents in rainfed condition. J Anim Plant Sci 27(3). pp. 971-977.
- Yang, G., Zhu, G., Li, H., Han, X., Li, J., Ma, Y. (2018a). Accumulation and bioavailability of heavy metals in a soil-wheat/ maize system with long-term sewage sludge amendments, Journal of Integrative 17 (8). pp. 1861-1870. doi:10.1016/S2095-3119(17)61884-7
- Yang, Q., Li, Z., Lu, X., Duan, Q., Huang, L., Bi, J. (2018b). A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment Science of the Total Environment 642. pp. 690-700. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.06.068
- 50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól.
- 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól.
- 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről.
- 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti vízszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről.
- 91/676/EGK irányelv- A TANÁCS IRÁNYELVE (1991. december 12.) a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:01991L0676-20081211&from=DE>

A SZERZŐK

GULYÁS GÁBOR 1988-ban született Kecskeméten. Első (BSc) diplomáját 2010-ben szerezte a Pannon Egyetem Mérnöki Karán, ahol 2012-ben MSc államvizsgát tett. 2015-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán vízellátás-csatornázás szakmérnök lett. 2020-ban megvédte PhD disszertációját. Tagja a Magyar Mérnöki Kamarának, VZ-TEL tervezői jogosultsággal rendelkezik. A Dunántúli Regionális Vízmű Zrt. Engedélyezési Osztályán dolgozik.



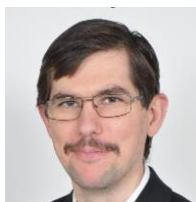
KISS GERGELY 1990-ben született Tapolcán. Okleveles (MSc) környezetmérnök, vízellátás-csatornázás szakmérnök, művezető a Dunántúli Regionális Vízmű Zrt. Balatonfüredi Szennyvíz-művezetőségén.



SINKOVICS ÁDÁM 1984-ben született Keszthelyen. Környezetmérnöki diplomáját 2007-ben szerezte a Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Karán. 2015-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán vízellátás-csatornázás szakmérnök lett. Tagja a Magyar Hidrológiai Társaságnak. 2008. óta a Dunántúli Regionális Vízmű Zrt-nél dolgozik, jelenleg az Engedélyezési Osztály vezetőjeként.



RÁDI JÓZSEF 1987-ben született Kecskeméten. Okleveles környezetkutató diplomáját a Szegedi Tudományegyetemen szerezte 2010-ben. 2014 óta az ELGOSCAR-2000 Környezettechnológiai és Vízgazdálkodási Kft. munkatársa, 2017 óta a Vizsgáló Laboratórium vezetője.



DOMOKOS ENDRE PhD., környezetmérnöki diplomáját 1998-ban szerezte a Veszprémi Egyetem Mérnöki Karán. A Pannon Egyetem Fenntarthatósági Megoldások Kutatólaboratóriumának igazgatója. Kutatási területe: bio-, környezet- és vegyészmérnöki tudományok, informatikai tudományok.



KÁRPÁTI ÁRPÁD 1969-ben szerzett vegyészmérnöki diplomát, 1978-ban műszaki doktori címet olajos kolloid technológia fejlesztéséért a Veszprémi Vegyipari Egyetemen. 1980-ban ugyanott környezetvédelmi szakmérnök lett. 1991-ben Hollandiában, Delftben szerzett még egy környezetmérnöki diplomát. PhD címét 1998-ban a fizikai-kémiai szennyvíztisztítás témakörében kapta, utána szinte kizárólag annak a biotechnológiai-ájával és az iszap-maradékai hasznosítási lehetőségeivel foglalkozott.

Felszíni vízbázis ivóvíz tisztítási technológiája

Licskó István* és Laky Dóra*

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. (Email: lakydori@gmail.com)

DOI:10.59258/HK.11447



Orbán Veronika emlékére

Dr. Orbán Veronika élete és hobija a szakmája, a hivatása volt. Az ország legjobb vizes szakembereinek bevonásával egy átfogó víz- és szennyvíztisztítással foglalkozó könyv összeállításán dolgozott, ám 2021-ben, 81 éves korában elhagyott bennünket. A torzón maradt könyv elkészült fejezeteinek közreadásával szeretnénk ezt a tudást megosztani a szakemberekkel, egyben emléket állítani Orbán Verának.

Kivonat

A hazai vízkivétel jelentős része felszín alatti vízbázisokból történik; a felszíni vízből származó ivóvíz aránya Magyarországon csupán néhány százalék. Jelen tanulmány áttekinti, hogy a felszíni vizekben jellemzően milyen szennyezőanyagok fordulnak elő, majd bemutatja az azok eltávolítására szolgáló technológiákat. A felszíni vizekben található szilárd állapotú szennyezőanyagok közül először a nagyobb, majd lépésről lépésre az egyre kisebb méretű részecskék eltávolítására kerül sor. A rácstól (gerebet) követően kerül sor a dobszűrésre, majd homokfogókra vezetik a vizet. Rendkívüli szennyezések alkalmával sor kerülhet por alakú aktív szén adagolására, majd a következő technológiai lépés általában a koagulációt és flokkulációt követően a derítés. Ezen technológiák alkalmazásával a kolloid és kvázi-kolloid részecskék vegyszeradagolás segítségével ülepszívő méretűvé alakulnak át, majd ezt követően a derítő műtárgyakban megtörténik eltávolításuk. A következő technológiai lépés a finom fázissztválasztás, mely során homokszűrőkön vezetik át a derített vizet. A technológiaközi fertőtlenítési lépések (klórgázzal, nátrium-hipoklorittal vagy ózonnal megvalósított fertőtlenítés) folyamán képződő melléktermékek eltávolítása miatt a felszíni-víz tisztítási technológiáknak része kell, hogy legyen a granulált aktív szén adszorpció is. Erre a technológiai lépésre a klórozott szerves melléktermékek, valamint az ózonizálás által fragmentálódott szervesanyagok eltávolítása céljából van szükség. A tanulmányban bemutatásra kerül egy minta-technológiai sor is.

Kulcsszavak

Felszíni víz, szennyezőanyagok, koaguláció és flokkuláció, derítés, eltávolítási technológiák.

Treatment technology of surface waters for drinking water supply

Abstract

The major part of drinking water comes from subsurface water sources in Hungary; the proportion of drinking water originating from surface water sources is only a few percent. The present study reviews the contaminants typically found in surface waters and then presents technologies for their removal. First the solid contaminants have to be removed, where the removal process starts with the bigger particles followed by the smaller ones: after screening, the water goes to drum filter followed by sand trap. In case of extreme pollutions, powdered activated carbon has to be added, followed by coagulation-flocculation and clarification process. During coagulation-flocculation, the colloidal and quasi-colloidal particles are converted to a settleable size by chemical dosing and then removed in the clarification tank. The next technological step is the fine phase separation, where the clarified water is passed through sand filters. Due to the removal of by-products from inter-technological disinfection steps (disinfection with chlorine gas, sodium hypochlorite or ozone), surface-water treatment technologies must also include granular activated carbon adsorption. This technological step is required to remove chlorinated organic by-products as well as organic matter fragmented during ozonation. A sample technology line is also presented in the study.

Keywords

Surface water, water pollutants, coagulation and flocculation, clarification, treatment technologies.

BEVEZETÉS

A felszíni vízből származó ivóvíz aránya a nyolcvanas években sem érte el a 15%-ot, napjainkban pedig csupán 5% körüli. A nagymértékű csökkenés oka elsősorban a kilencvenes években bekövetkezett ivóvízfogyasztás csökkenésben keresendő. A Balaton térségében, az Északi-középhegységben, Szolnokon és a Keleti-főcsatorna vizének tisztítására létesített felszíni-víz tisztító üzemek ma is üzemelnek, hiszen az adott térségekben nem állnak rendelkezésre felszín alatti vizek megfelelő mennyiségben és minőségben.

A FELSZÍNI VIZEKBEN ELŐFORDULÓ SZENNYEZŐANYAGOK

A felszíni vízbázisok körébe tartoznak a tározók, a tavak és a folyók. A felszíni vizekről feltételezhetjük, hogy jelentős oldott oxigén tartalommal rendelkeznek, folyamatos kapcsolatuk van a légtérrel és ennek megfelelően több felszín alatti víztípussal ellentétben nem tartalmaznak metán gázt, kén-hidrogént, agresszív szén-dioxidot, oldott állapotú vas- és mangán vegyületeket, valamint a nyári időszakban – amikor a nitrifikációs folyamatok megfelelő sebességgel lejátszódnak – 0,5 mg/l-nél nagyobb koncentrá-

cióban ammónium ionokat. Mindezek mellett nem szabad azonban megfeledekeznünk arról, hogy ivóvízellátási céllal létesített tározóinkban éppen a nyári időszakban a fenéklédékben felhalmozódott természetes eredetű szerves anyagok jelenléte miatt felgyorsulnak az anaerob folyamatok és ennek következtében a tározott víz alsó rétegeiben megjelenhet a kén-hidrogén, megnőhet az ammónium ionok, valamint az oldott állapotú vas- és mangán vegyületek koncentrációja.

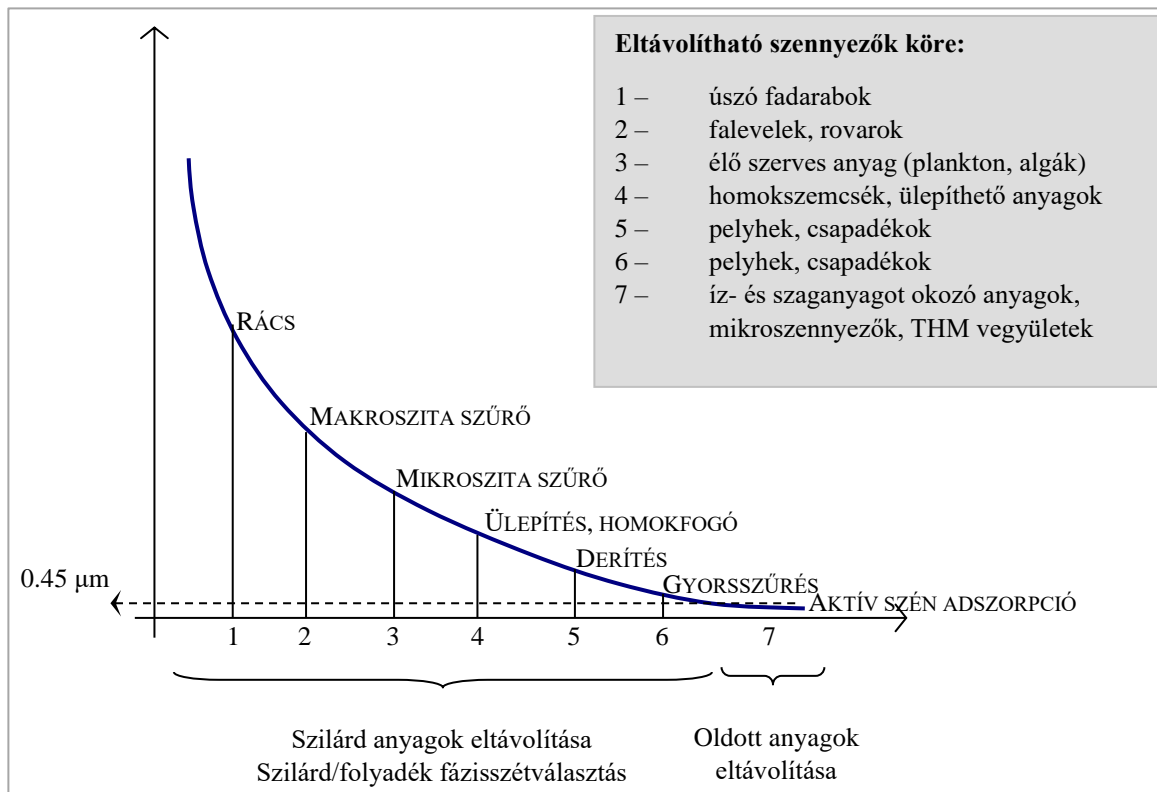
A felszíni vizek tisztításakor elsősorban a következő komponensek eltávolítására van szükség: lebegőanyagok (beleértve az algákat is), mikroorganizmusok, oldott szerves anyagok, íz- és szagröntő anyagok és szerves mikroszennyezők. Időszakosan – az algák jelenléte miatt – algatoxinok is előfordulhatnak egyes vízbázisokban. Téli időszakban, illetve mély tározók alsó rétegeiben időszakosan megjelenhet ammónium ion. Hazai felszíni vizeinkben a szerves mikroszennyezők koncentrációja jelenleg nem közelíti meg az ivóvízszabványban rögzített határértéket, külföldi eredetű folyóink vízében azonban nem zárható ki koncentrációjuk növekedése. A Balatonban, illetve hegyvidéki tározóink vízében megfelelő vízvédelmi, környezetvédelmi intézkedésekkel elkerülhető a szerves mikroszennyezők koncentrációjának növekedése.

Ha a vízkivétel folyókból történik, elsősorban a zavarosság (lebegőanyag és alga), a patogén és nem patogén mikroorganizmusok, a szennyvíz bevezetések szerves anyagai, a humin, lignin és fulvin anyagok, a szerves és

szerves mikroszennyezők, a kőolaj és származékai és az ammónium ionok (elsősorban hideg vizekben) okozhatnak potenciális problémát. Tavak és tározók esetében a potenciális szennyezőanyagok hasonlóak, mint folyókban, azonban a szerves mikroszennyezők kevésbé okoznak gondot. Mély tározókban az előző szennyezőanyagokon kívül a kén-hidrogén okozhat kezelést igénylő problémát elsősorban a tározó mélyebb rétegeiből származó vízben.

SZILÁRD SZENNYEZŐANYAG TÍPUSOK ÉS ELTÁVOLÍTÁSUKRA ALKALMAZOTT TECHNOLÓGIAI LÉPÉSEK

Az 1. ábra áttekintést ad a vízkezelés során alkalmazott szilárd/folyadék fázissztáv választási technológiákról. Az ábrán a teljesség kedvéért szerepel az aktív szén adszorpció is, azonban ez a technológia nem sorolható a szilárd/folyadék fázissztáv választási technológiák közé, hiszen oldott szerves anyag eltávolítására alkalmas. Általánosságban megállapítható, hogy az első öt technológia elsősorban felszíni vízkezelésben alkalmazott eljárás (a derítés bizonyos esetekben előfordulhat felszín alatti vizek tisztításakor is), melynek célja, hogy a vízben található nagyobb méretű szilárd szennyeződések, vagy a technológia során szilárdra alakított szennyezők jelentős részét eltávolítsuk. Ezeket az eljárásokat soroljuk a durva fázissztáv választási eljárások közé. Ezután kerülhet csak sor a finom fázissztáv választásra, a gyorszűrésre, mely mind a felszíni, mind a felszín alatti vizek tisztítási technológiájában megtalálható.



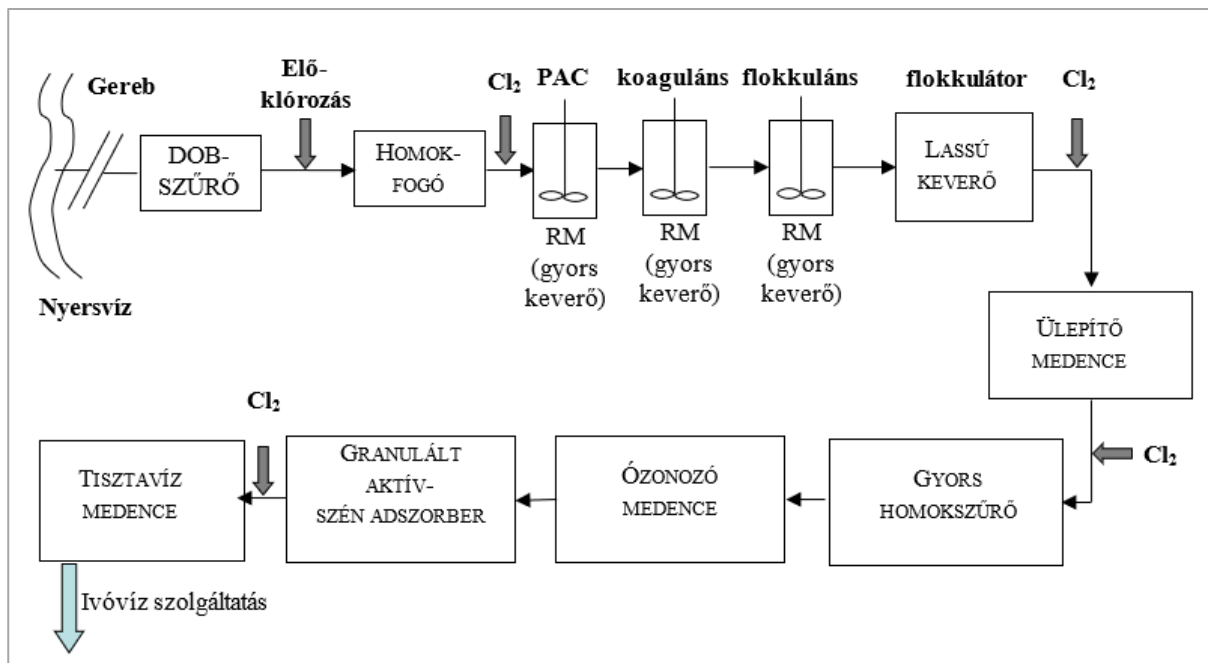
1. ábra. Szilárd/folyadék fázissztáv választási technológiák áttekintése (Öllös 1987)

Figure 1. Solid / liquid phase separation technologies (Öllös 1987)

FELSZÍNI-VÍZ TISZTÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK ALAPJAI

A következőkben egy komplex felszíni-víz tisztító üzem folyamatábrája kerül bemutatásra (2. ábra). Természetesen a technológia kialakítása minden esetben a nyersvíz minőségétől függ, de a bemutatásra kerülő technológiai sor jó példája annak, hogy a felszíni víztisztító üzemek általá-

ban milyen technológiai egységeket tartalmaznak. A blokk-sémát követően az egyes technológiai egységek alkalmazásának indoklása, valamint az adott technológia működtetésével kapcsolatos – elsősorban hazai – tapasztalatok kerülnek bemutatásra. Az egyes technológiai egységek alapvető szerepének bemutatásánál ismertetésre kerülnek a leggyakrabban alkalmazott technológiai műtárgyak.



2. ábra. Felszíni-víz tisztító üzem folyamatábrája
Figure 2. Technological scheme of surface water treatment plant

Víz kivétel

A felszíni vízbázis jellege alapvetően befolyásolja a vízkivétel helyét és jellegét. Eltérő szempontokat kell figyelembe venni a vízkivételi műtárgy telepítésénél és kialakításánál attól függően, hogy a vízbázis folyó, illetve sekély, vagy mély állóvíz. Folyók esetében kerülni kell a pangó, kis áramlási sebességet biztosító mederrészeket, de sok esetben a sodorvonalba sem telepíthetjük a vízkivételi műtárgyat a hajózás miatt. Rekreációs célra is használt sekély tavak (pl. Balaton) esetében a parttól távol célszerű elhelyezni a vízkivételi egységet, hogy a fürdőtavak vízszennyező hatása kevésbé jelenjen meg a víztisztítási technológiára vezetett vízben. Mélyebb hőmérsékleti rétegzettséggel jellemezhető állóvizeknél a mélység szerinti vízminőség változást célszerű figyelembe venni a vízkivételi műtárgy kialakításánál.

Bár az ivóvízellátásban felhasználásra kerülő felszín alatti vizek kitermelésekor is fontos, hogy hová és hogyan telepítjük az adott vízbázis területén a kutakat, a felszíni vizek esetében a vízkivételi műtárgy helyének megválasztása, valamint kialakításának módja a vízműbe jutó víz minőségét lényegesen nagyobb mértékben befolyásolja. Korábban Magyarországon figyelmen kívül hagyták azt a tényt, hogy nagy folyóknál alapvetően eltérő minőségű víz található a két parton és a sodorvonalban pl. a mellékfolyók vizének nem tökéletes elkeveredése miatt. A vízkivételi műtárgy rossz telepítésének egyik példája a Fővárosi Vízművek Víztisztító Gyáregysége számára tervezett vízkivételi műtárgy a Duna bal partján. A vízkivételi műtárgy közel volt ugyan a víztisztító egységekhez, de vízminőség

szempontjából rendkívül kedvezőtlen helyen alakították ki. A Duna hidraulikai viszonyai miatt ugyanis a Vág, a Nyitra és a Garam folyók vízgyűjtő területéről származó – elsősorban ipari eredetű – szennyezőanyagok lényeges elkeveredés nélkül a Duna bal partján vonulnak le, és több mint 30 évig komoly nehézséget okoztak az említett víztisztító üzem működtetésében.

Domb- és hegyvidéki tározóink egy része ivóvízellátási céllal létesült. A vízkivételi műtárgyak a völgyzáró gátak közelében – ahol a legnagyobb vízmélység (18-22 m) mérhető – létesültek. A vízkivételi műtárgyak általában négy különböző mélységben rendelkeznek vízkivételi lehetőséggel. Ez azért fontos, mert az időszakosan nagy alga egyedszám miatt a felső néhány méteres vízréteg a vízkezelés szempontjából kedvezőtlen vízminőséggel rendelkezik. A nyári időszakban – elsősorban a víz hőmérséklet növekedése miatt – a fenékréteg közelében felgyorsulnak az anaerob viszonyokat erősítő folyamatok, és ennek következtében egyre magasabban elhelyezkedő vízrétegekben jelennek meg az ivóvízszabványban meghatározott határértékeknel nagyobb koncentrációban az oldott állapotú vas, mangán és ammónium vegyületek, valamint a kén-hidrogén. Fentieknek megfelelően a nyári időszakban sem a felső, sem a legalsó vízréteg minősége nem tekinthető kedvezőnek az alkalmazásra kerülő víztisztítási technológia szempontjából. Minél több magasságban (mélységben) van lehetőség a vízkivétel kialakítására, annál nagyobb az esély arra, hogy a legjobb minőségű víz kerüljön a vízkezelési technológia következő egységeibe.

Folyók és sekély tavak vízkivételi műtárgyaiból szivattyúk továbbítják megfelelő csővezetéken a kiemelt felszíni

vizet a víztisztító üzembe. A szivattyúk megválasztásánál figyelembe kell vennünk, hogy a vízigények tág határok között változhatnak, de a víztisztítási technológiára kerülő vízmennyiséget nem célszerű rövid idő alatt nagy mértékben megváltoztatni. Különösen a gyors vízhozamnövelés okozhat nehezen kezelhető vízminőség változást a derítő műtárgy elfolyó vizében. Célszerű frekvencia váltóval felszerelt szivattyúkat alkalmazni a kis lépésekben megvalósítható vízhozam változtatások biztosítása érdekében.

Durva fázissztíváltás

A durva fázissztíváltást megvalósító technológiai egységek közé soroljuk a rácsot, a szitaszűrőt (általában dobszűrőt), a nagyobb méretekkel rendelkező algák eltávolítására alkalmas mikroszűrőt és a homokfogót. Ezen technológiai megoldásokat felszíni vízkezelés során alkalmazzuk, ugyanis a felszín alatti vizeink nem tartalmaznak olyan méretű szennyezőanyagokat, amelyeket ezekkel az eljárásokkal kellene eltávolítanunk.

Rács

A rács (gereb) a nagyobb átmérőjű, nagyobb térfogatú úszó tárgyak visszatartását hivatott elvégezni. Mindenféle felszíni vízből történő vízkivételnél alkalmazni kell. Feladata a nagyobb méretű úszó, lebegő tárgyak távol tartása a víztisztítási egységektől (pl. fatörzsek, gallyak, halak, mindenféle darabos hulladék). Szilárd anyag visszatartó képessége a pálcaköz függvénye. Többnyire fix beépítésű, kézi tisztítású rács kialakítására kerül sor.

Dobszűrő

A gerebet követően – vízminőségtől függően – szükség lehet szitaszűrő (többnyire dobszűrő) alkalmazására. Feladata a vízben található kis sűrűséggel és szélsőséges méretekkel rendelkező szennyező anyagok elválasztása a víztől. Ilyen szennyezések lehetnek pl. a falevelek vagy műanyag fóliák. Két típust különböztetünk meg:

- Folyamatos működtetésű, folyamatos tisztítású, atmoszférikus nyomáson működő dobszűrő (3. ábra)

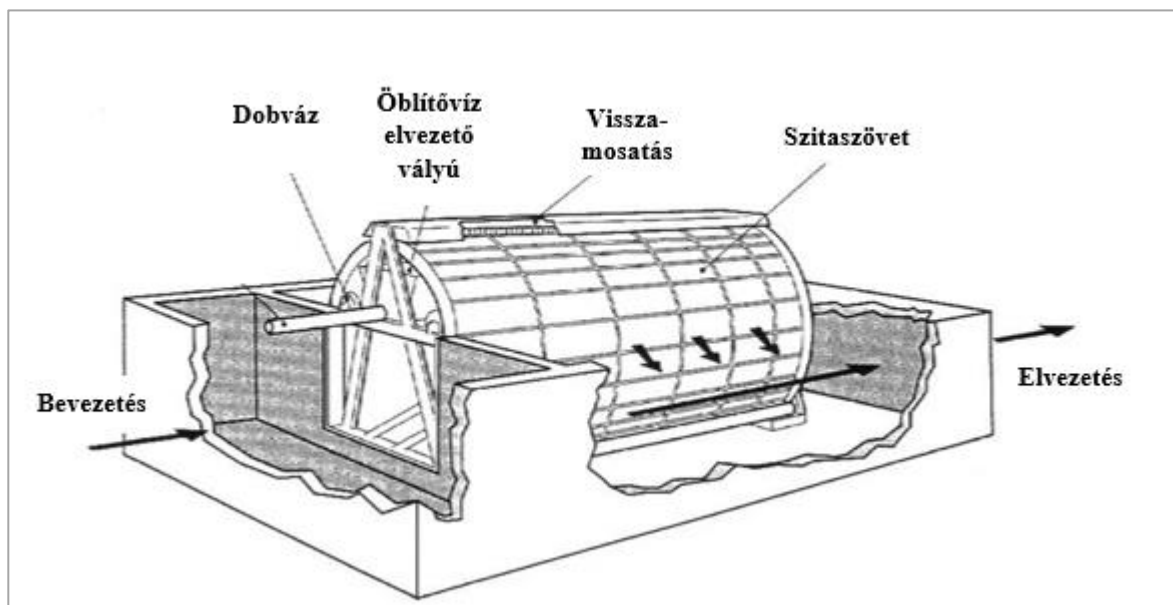
- Zárt, nyomás alatti, szakaszos működésű (minimum két egység) dobszűrő

Az atmoszférikus működtetésű nyitott szitaszűrő tisztítása folyamatosan megoldható vízszűrő alkalmazásával. A nyomás alatti zárt szitaszűrő csak szakaszos üzemeltetéssel működtethető. Ennek megfelelően minimum két egység kialakítása szükséges, ugyanis tisztításához az adott egységet ki kell vonni az üzemeltetésből, a túlnyomást meg kell szüntetni, hogy a szitaszövet tisztítása elvégezhető legyen.

A hetvenes évek elején a vízkezeléssel foglalkozó szakemberek (Pandey és társai 2014) nagyon nagy várakozással tekintettek a mikroszita szűrők (nem tévesztendő össze a mikroszűrő membránokkal) alkalmazása elé, melyek elsődleges feladata az algák visszatartása volt. A gyakorlat azonban azt mutatta, hogy a várakozásokkal ellentétben a mikroszűrők nem alkalmasak a kívánt mértékű alga eltávolításra, és visszamosásuk hatékonysága is elmaradt a várakozásoktól. A beruházási és üzemeltetési költségek nem voltak arányban az eredményekkel, a mikroszűrők széleskörű elterjedésére és alkalmazására sem országosan, sem világszerte nem került sor.

A makroszita szűrő szitaelemének nyílásmérete 0,3-2,5 mm. Az ilyen méretű makroszita bizonyos szuszpendált anyagokat, úszó vagy félig úszó anyagokat, állati vagy növényi hulladékokat, rovarokat, ágot, fűvet stb. tart vissza. A mikroszita szűrő nyílásmérete a 23-65 µm tartományba esik. Az ilyen méretű szitával a nagyon finom szuszpendált anyagok (pl. plankton) távolíthatók el (Öllös 1987).

A 3. ábra egy nyitott makroszita szűrő felépítését és működési elvét mutatja. A dob a tengely alatti felületre merül a vízbe. Forgás közben a lerakódott szennyeződés a szita belső oldalán a vízfelszín fölé kerül, ahonnan aztán az öblítő vízszűrő azt az elvezető vályúba mossa. A dob nyitott vége és a nyersvízbevezető csatorna betonfala között vízzáró csatlakozás szükséges, nehogy a nyersvíz a dobot megkerülhesse (Öllös 1987).



3. ábra. Nyitott makroszita szűrő (Hall és Hyde 1992)
Figure 3. Open drum filter (Hall and Hyde 1992)

Előfertőtlenítés

Az előfertőtlenítés ugyan nem tartozik a durva fáziszétválasztási technológiák közé, azonban ebben a fejezetben szükséges említést tenni róla, hiszen a durva fáziszétválasztás műtárgyainak bakteriológiai védelmére szolgál. A dobszűrőt követi az előfertőtlenítés (többnyire előklórozás, de gyakran alkalmaznak ózonos kezelést is), melynek célja annak megakadályozása, hogy nagyszámú mikroorganizmus szaporodjon el a víztisztító műtárgyakon, hiszen felszíni vízkivétel esetében – szemben a mélysegi vizet kezelő technológiákkal – a kitermelt nyersvíz jelentős számban tartalmazhat kórokozó mikroorganizmusokat. A technológia elején végzett klórozás veszélye, hogy a vízben jelen lévő magas szervesanyag koncentráció miatt az egészségre veszélyes THM (trihalo-metán) és AOX (adszorbeálható szerves halogenidek) vegyületek nagy mennyiségben képződnek. Ezek eltávolítását a technológia további lépcsőiben biztosítani kell (pl. aktív szén felületén történő adszorpcióval).

Homokfogó

Ezután a víz a homokfogóra kerül, ahol a vízkezelés szempontjából nagy sűrűségű (ülepíthető) szemcséket távolítják el a vízből. Alkalmazásának célja a technológia további műtárgyai forgó, mozgó részegységeinek védelme a homok, és homokhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkező anyagok koptató, erodáló hatásától. A homokfogó alkalmazását még a hetvenes években is csaknem minden felszíni-víz tisztító üzem szerves tartozékának tekintették hazai szakmai körökben (Tolnai 2008), kivételt a hegyvidéki tározókra telepített vízművek jelentettek. Így pl. a hetvenes évek elején átadott Balatonszéplaki Vízműben is helyet kapott a homokfogó, teljesen feleslegesen. Egy későbbi rekonstrukció során ezért megszüntetésre is került ez a műtárgy. Kétségtelen tény, hogy a Balatonban nagyon gyakori felkeveredési jelenségek miatt a víztisztító rendszert időnként hirtelen nagy lebegőanyag terhelés éri. Ez a lebegőanyag azonban nagyon kis szemcseméretű, kolloid diszperziót alkot a vízzel, és a homokfogókban, vagy a derítőnek nevezett ülepítőben szokásos tartózkodási idők mellett nem ülepedhet ki a vízből. Az említett tulajdonságokkal rendelkező lebegőanyag dominan-

ciája esetén – ahogy azt a gyakorlat is bizonyította – nem érdemes homokfogót létesíteni, mert a beruházási és az üzemeltetési költségek nincsenek arányban az elérhető tisztítási hatásokkal, vagy a további technológiai egységek kényes (mozgó, forgó) alkotó elemeinek védelmével.

A homokfogó létesítésének szükségességével kapcsolatos szemléletben lényeges változást hozott a nyolcvanas évek elején kiadott, a kezelésre kerülő felszíni víz minőségét is figyelembe vevő műszaki irányelv (MI-10-262-1:1985), mely a homokfogó létesítésének szükségességét a szélsőséges vízjárású, gyakran durva lebegőanyagot is nagy mennyiségben szállító folyókra telepítendő felszíni-víz tisztító üzemekre korlátozza. Ennek az az alapvető oka, hogy a derítő alkalmas mindazon durva lebegőanyag eltávolítására, melyeket a homokfogó hivatott visszatartani. Az említett műszaki irányelv (MI-10-262-1:1985) elkészítésének idején még nem vették figyelembe, hogy a koagulációs – flokkulációs folyamatokat követően a szilárd – folyadék fáziszétválasztás első lépéseként az ülepítés alternatívájaként a flotálás is alkalmazható. Ebben az esetben viszont szinte minden folyóvízre telepített felszíni-víz tisztító üzemben szükséges a homokfogó, mert így a nagy sűrűségű, durva lebegőanyag eltávolítása nem a flotáló egység lebegőanyag eltávolításra kijelölt részében következik be. A flotáló egység kényes részeinek védelme igényli a durva lebegőanyag előzetes eltávolítását.

A homokfogók kialakításukat tekintve hosszanti átfolyásúak. Kialakításra kerülnek levegőztetett homokfogók is, bár alkalmazásuk a felszíni-víz tisztítási technológiákban korlátozott. A levegőztetés során vízbe beoldódó gázok a derítőben jelentős mértékben csökkentik az alumínium- vagy vas(III)-hidroxidok ülepedési sebességét. A homokfogó aljára kiülepedő szilárd anyagot kotró juttatja a zompba, ahonnan felhasználásra, vagy lerakásra elszállítják.

A kiülepedendő homokszemcsék különböző átmérőire tartozó ülepedési sebességeket kvarchomok esetében az 1. táblázat mutatja be. Látható, hogy 0,01 mm átmérőjű homokszemcse még alig ülepszik, 0,05 mm-es szemcseméretnél pedig már elfogadható az ülepedési idő (Tolnai 2008).

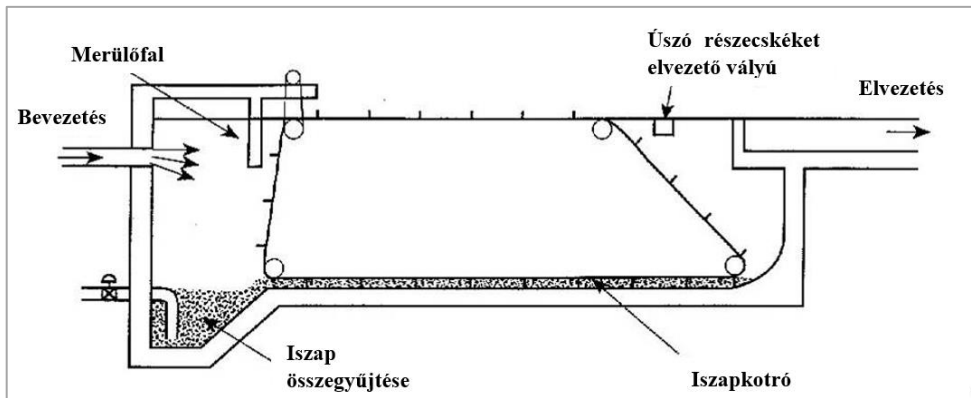
1. táblázat. Az átmérő hatása az ülepedési sebességre 25 °C-on, 2650 kg/m³ sűrűségű kvarchomok esetében (Tolnai 2008)

Table 1. The effect of diameter on settling velocity at 25 °C in case of 2650 kg/m³ density quartz sand (Tolnai 2008)

Szemcseátmérő [mm]	1,0 m függőleges út megtételéhez szükséges idő
1,0	10 s
0,5	19 s
0,1	2,1 min
0,05	2,7 min
0,01	1,8 h
0,005	5,7 h

Míg a nagy sűrűséggel rendelkező szilárd szennyező anyagok megfelelő méretezés esetén kiülepednek a homokfogóban, a víznél kisebb sűrűségű, vízzel nem elegyedő fo-

lyadékok és egyéb anyagok (zsírok, olajok) flotálódnak, és megfelelő eszközökkel lefölezésre kerülnek. A kiülepedő homokot kotró szerkezettel továbbítják a zompba (4. ábra).



4. ábra. Homokfogó (Hall és Hyde 1992)
Figure 4. Sand trap (Hall and Hyde 1992)

Por alakú aktív szén adagolása

A következő technológiai lépés a rendkívüli szennyezések idején alkalmazásra kerülő por alakú aktív szén (PAC) adagolása. A vízbázis vizében átlagos vízminőségi viszonyok mellett jelenlévő szerves anyag eltávolítás részben a koagulációs-flokkulációs folyamatokkal előkészített szilárd-folyadék fázisszétválasztás (derítés és szűrés), részben a granulált aktív szén adszorberben megtörténik. A por alakú aktív szén alkalmazása csak rendkívüli vízszennyezések idején indokolt.

Az adagolást célszerű keverős reaktorban végezni, mechanikus keverést megvalósítva, 100-300 fordulat/min sebességgel, 4-5 perc tartózkodási időre méretezve. A keverős feladata az adszorbensként adagolt aktív szén por tökéletes elkeverése a vízzel. Az aktív szén por adagolására rendkívüli szerves szennyezések esetén kerül sor, hogy tehermentesítsük a granulált aktív szén adszorbert. Az aktív szén szemcséken továbbá a technológia ezen pontjáig képződő THM és AOX vegyületek adszorbeálása is megtörténik. Az aktív szén apoláros tulajdonságokkal rendelkező anyag, ezért vízrel történő elegyítése nem egyszerű. Célszerű kis mennyiségű meleg vízben szuszpendálni, és így adagolni a tisztítandó vízhez; szokásos adagolandó mennyiség a szerves anyag szennyezettség függvényében 10-100 g/m³.

A por alakú aktív szén célszerű a koagulálószer előtt a vízbe juttatni. Tekintettel arra, hogy az aktív szén apoláros, a koaguláns pedig poláros tulajdonságokkal rendelkezik, eltérő jellegű szerves anyagok eltávolítását valósítják meg. Az aktív szén por szemcséinek nagy része a kolloid, kvázi-kolloid mérettartományba sorolható, így víztől való elválasztásukhoz (hatékony ülepítés és szűrés) alumínium- vagy vas(III)-hidroxid pehelybe történő beépülésük feltétlenül szükséges. Ez pedig a leghatékonyabban úgy valósítható meg, ha a koaguláns adagolása előtt juttatjuk az aktív szén port a vízbe. Így biztosíthatjuk, hogy az aktív szén por részecskék úgy jelenjenek meg a koagulánsból képződő alumínium- vagy vas(III)-hidroxid részecskék számára, mintha a felszíni víz természetes lebegőanyagok lennének.

A por alakú aktív szén részecskék adszorpciós kapacitása – ellentétben az adszorberekben alkalmazott granulált aktív szén szemcsékkel – a tisztítási folyamatban nem használható fel 100%-ban. Tapasztalatok szerint az aktív szén por adszorpciós kapacitásának 25-35%-a kihasználatlan marad. Az

aktív szén port is tartalmazó derítő iszap víztisztítási folyamatba történő visszavezetése „friss” aktív szénpor megtakarítást eredményez.

Koaguláció

A kolloid mérettartományba eső, nehezen ülepsző szennyezők eltávolítása érdekében koagulálószer (többnyire alumínium- vagy vas(III)-sók) adagolása szükséges. A koagulálószer adagolásával a szuszpendált aktív szén részecskék is kiülepszővé válnak. A keverős reaktorban a víz tartózkodási ideje 1-1,5-2 perc, a keverés intenzitása érje el a 100-300 fordulat/perc értéket.

Koagulánsként jelenleg alapvetően három anyagtypust adagolnak: egyszerű alumínium-sót (alumínium-szulfátot), vas(III)-sókat (vas(III)-szulfátot, vagy vas(III)-kloridot), illetve poli-alumínium-sót. Az egyszerű alumínium-só és a vas(III)-só a vízbe jutva hidrolizálnak, melynek következtében a víz pH értéke – a víz pufferkapacitásának függvényében – kisebb vagy nagyobb mértékben csökken. Ezzel szemben a poli-alumínium-sók, melyek részlegesen polimerizált vegyületek, csak nagyon kis mértékben csökkentik a kezelésre kerülő felszíni víz pH értékét. Fentiekből következik, hogy az egyszerű alumínium-sókat és a vas(III)-sókat olyan felszíni vizek tisztításához célszerű felhasználni, melyek pufferkapacitása viszonylag nagy (pl. Balaton, Duna, Tisza), míg a poli-alumínium-sókat a Mátrában kialakított, kis pufferkapacitással rendelkező tározók esetében célszerű alkalmazni.

A koagulánsok pH változtató hatását célszerű figyelembe venni alkalmazásukat megelőzően. Az egyszerű alumínium-sók, valamint a vas(III)-sók pH csökkentő hatása fontos a Balaton vizét használó víztisztító üzemekben, ugyanis a 8,0-nál nagyobb pH-val (és nagy pufferkapacitással) rendelkező Balaton-víz klórral történő fertőtlenítése kevésbé lesz hatékony. Amennyiben a pH értékét hatékonyan csökkentő koagulánsokat alkalmazunk (egyszerű alumínium- és vas(III)-sók), a klórral történő hatékony fertőtlenítéshez szükséges kedvezőbb pH értékek kialakulására lesz lehetőség. A mátrai tározók vizének tisztításakor azonban a hagyományos alumínium-sók és a vas(III)-sók olyan mértékben csökkenthetik a tisztításra kerülő víz pH értékét, mely a vízelosztó hálózatban korróziót eredményez. Ennek megfelelően a mátrai tározók vizének tisztításánál poli-alumínium-sókat célszerű alkalmazni.

Flokkuláció

A kolloid, kvázi-kolloid mérettartományba sorolható szilárd részecskéket – közöttük az algák egy részét is – magukba záró alumínium- és vas(III)-hidroxid mikropelyhek csak aggregálódásukat követően alkalmasak egyszerű szilárd-folyadék fázisszétválasztásra (üleptetés, flotálás, szűrés homokszűrőn). Az aggregálódás (flokkuláció) elősegítése érdekében flokkulálószer adagolására is szükség lehet. A flokkulánsok intenzív, gyors bekeverése a koaguláltatott vízbe a harmadik keverőreaktorban történik. A bekeverő reaktorban a javasolt tartózkodási idő 1-1,5-2 perc, a keverés intenzitása 100-400 fordulat/perc ideális esetben.

A flokkulánsok olyan polimerek, melyek a hosszú szénláncon nagy elektronegativitású elemet (pl. nitrogént) tartalmazó funkciós csoportokkal (pl. -NH, -NH₂) rendelkeznek. A fém-hidroxid mikropelyhek -OH atomcsoportjai, valamint a nagy elektronegativitású elemet tartalmazó funkciós csoportok között hidrogénhid kötések jönnek létre, és ennek következtében a mikropelyhek lényegében egy hosszú láncra fűződnek fel.

Bár a mikropelyhek aggregálódását a gyors keverés viszaszorítja, a vizsgálati eredmények (*Rebhun 1990*) és a tapasztalatok azt igazolják, hogy a flokkuláns adagolását gyors keverés közben célszerű megvalósítani. Az 1-1,5 percnél nem hosszabb ideig tartó gyors keverés biztosítja a flokkuláns egyenletes eloszlását a vízben, és lehetővé teszi, hogy a mikropelyhek gyorsan kapcsolatba léphessenek a flokkuláns funkciós csoportjaival. A rövid ideig tartó gyors keverést 15-20 perces lassú keverésnek kell követnie (flokkulátor). A lassú keverésnek az a feladata, hogy a már kialakult pelyhek szétverése nélkül biztosítsa a pelyhek további aggregálódását, növekedését.

A flokkuláció optimális megvalósítását tehát két különböző sebességű, és ennek megfelelően különböző energia-igényű keveréssel biztosíthatjuk. A kétféle keverés segítségével alakulnak ki viszonylag rövid idő alatt a mikropelyhekből az egyszerű szilárd-folyadék fázisszétválasztásra alkalmas pelyhek. A kétféle keverést természetesen külön-külön műtárgyban célszerű megvalósítani, és külön műtárgyban kerül sor a szilárd-folyadék fázisszétválasztásra is. Alapanyaguk tekintetében a flokkulánsok lehetnek szerves és szervetlen anyagok. A XX. század hatvanas éveinek közepéig csaknem kizárólag a szervetlen anyag alapú aktivált kvasavát alkalmazták. Az említett flokkuláns előállítás és alkalmazása nem volt problémamentes. Instabil jellege miatt (oldott anyag, szilárd állapotú változata nem ismeretes) előállítását követően rövid időn belül fel kellett használni. Nagyon gyakran már az adagoló csővezetékben géjesedett, használhatatlanná téve a vezeték. Más esetekben stabilnak mutatkozott, ilyenkor azonban a pehelynövelő képessége volt minimális. Ezek a kellemetlen tulajdonságai tették indokolttá felváltását szerves polimerekkel, melyek lehetnek természetes és szintetikus termékek.

A természetes eredetű szerves polielektrolitok keményítő-, cellulóz-, vagy alga-alapúak. Előnyük a természetes alapanyag, hátrányuk a viszonylag gyenge hatékonyság. Közülük leggyakrabban alkalmazott a karboxi-metil cellulóz, mely tapéta ragasztóként is ismert.

A szintetikus polielektrolitok alapvetően három csoportba sorolhatók. A kationaktív polielektrolitok vízbe kerülve részleges hidrolízisük következtében pozitív elektromos töltéssel rendelkező funkciós csoportokat tartalmaznak. Ezek a polimerek alkalmasak a víz negatív töltésű kolloid, kvázi-kolloid méretekkkel rendelkező lebegőanyagainak semlegesítésére, ivóvíztisztításban történő alkalmazásukat azonban egészségügyi okokból nem engedélyezték. A kationaktív polimerek monomerjei rákkeltő vegyületek. Ezeknek a monomereknek a polimerizációja nem teljeskörű, így a polimer termékben viszonylag nagy mennyiségű rákkeltő tulajdonságokkal rendelkező monomer található. A kationaktív polimerek azonban széleskörű felhasználásra kerülnek a szennyvíziszap víztelenítésének előkészítésekor.

Amennyiben a vízhez adagolt polimer nem hidrolizál, és nem rendelkezik elektromosan töltött funkciós csoportokkal, nem-ionos polimerrel van dolgunk. Ez a polimer nem tudja a kolloid, kvázi-kolloid mérettartományba sorolható méretekkkel rendelkező lebegőanyagok elektromos töltését megváltoztatni, de tartós kapcsolatot alakít ki az alumínium-, illetve a vas(III)-hidroxidokkal, biztosítva a mikropelyhek nagyon gyors növekedését. Az elektromos töltéssel nem rendelkező nem-ionos polimerek funkciós csoportjai, valamint az alumínium- vagy vas(III)-hidroxidok között hidrogénhid kötések hoznak létre tartós kapcsolatot. A nem-ionos polimerek monomerjei nagyon jó hatásfokkal polimerizálódnak, a termék monomer tartalma elhanyagolhatóan kicsi. A nem-ionos polimerek monomer tartalmára vonatkozóan szigorú határértéket határoztak meg (*Rebhun 1990*), melynek betartását a forgalomba kerülő termékek esetében rendszeresen ellenőrzik.

Az anionaktív polimerek a vízhez adagolva nem hidrolizálnak, és negatív elektromos töltésű funkciós csoportokkal rendelkeznek. Ezek a funkciós csoportok részben elektrosztatikus kötések, részben hidrogénhid kötésekkel létesítenek a pozitív töltésű alumínium- vagy vas(III)-hidroxid mikropelyhekkkel. Az anionaktív polimerek a kationaktívakkal ellentétben önállóan nem képeznek pelyheket, és ennek megfelelően a kolloid, kvázi-kolloid rendszer koaguláltatására önmagukban nem alkalmasak. Az ivóvíztisztításban elsősorban anionaktív polielektrolitokat alkalmaznak. Az anionos polimerek monomer tartalma a hatékony polimerizálás miatt nagyon kicsi. A termék monomer tartalmát szigorú határérték alapján rendszeresen ellenőrzik.

Jelenleg több száz kationos, nem-ionos és anionos polimer található kereskedelmi forgalomban különböző fantázianevekkel. Vannak olyan termékek, melyek optimális pehelynövelő hatásukat enyhén savas pH tartományban fejtik ki, a termékek döntő többsége azonban a $6,5 \leq \text{pH} \leq 9,0$ tartományban a leghatékonyabb. Forgalomban vannak olyan polimerek is, melyek a leghatékonyabb pehelynövelő hatásukat 10,0-nél nagyobb pH értékeken fejtik ki. Felszíni-víz tisztításnál mind a nem-ionos, mind az anionos polimerek jó hatásfokkal alkalmazhatók, természetesen azok közül célszerű választani, melyek a $6,5 \leq \text{pH} \leq 9,0$ tartományban a leghatékonyabbak.

A három vegyszer (por alakú aktív szén, koaguláns, flokkuláns) adagolása tehát gyors keverés (RM-rapid

mixing) alkalmazásával történik. A kémiai és fizikai-kémiai folyamatok leghatékonyabb megvalósítását biztosító mechanikus gyors vegyszerbekeverő egységek alkalmazása nem gyakori a víztisztító üzemeknél. A többkevesebb hatékonysággal rendelkező vegyszerbekeverő csőreaktorok beépítése jelentős előrelépésnek tekinthető a korábbi állapotokhoz viszonyítva, de még nem tekinthető megfelelő mértékűnek. Magyarországon az említett háromféle anyag kezelendő vízbe adagolása jelenleg az esetek többségében nagyon kezdetleges módon valósul meg, és ennek következtében az adott komponensekből jelentős túladagolás válik szükségessé a megfelelő tisztítási hatás eléréséhez.

Flokkulátor

Ezt követően flokkulátor (lassú keverő) alkalmazása szükséges, melynek célja a pozitív töltésű nano-részecskével bevont lebegőanyagok, valamint az önmagukkal részben aggregálódott nano-részecskék (mikropelyhek) szilárd-folyadék fázisztválasztásra alkalmas pelyhekké növelése. Az alkalmazott keverési sebesség 4-8 fordulat/perc, a tartózkodási idő 12-18 perc.

A megfelelő hatékonyságú flokkuláció biztosításához a flokkulációt különálló műtárgyban, a flokkulátorban célszerű megvalósítani. A jelenlegi magyarországi gyakorlat azonban nem valósítja meg ezt a műszaki szempontból reális igényt. A derítő medencék egy-egy kijelölt térrészt „nevezik ki” flokkulátornak, melynek – a MÉLYÉPTERV-típusú derítők kivételével – reális alapja nincs. A valódi flokkulátor-tér hiánya az ülepedési képesség csökkenését eredményezi.

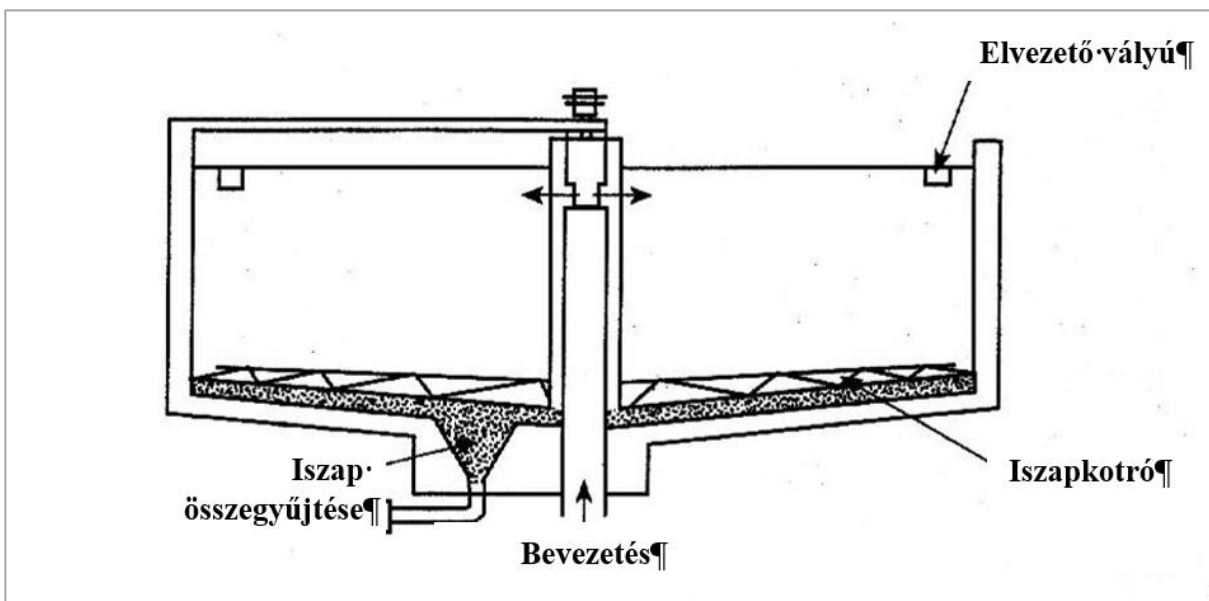
Annak ellenére, hogy a flokkulátornak nem feladata a képződő pelyhek ülepedése, a műtárgy alján jelentős iszapképződésre kerülhet sor. A flokkulátorok tervezésekor ezt a lehetőséget célszerű figyelembe venni, és ennek megfelelően a rendszeres iszapelvtétel lehetőségét biztosítani kell.

Derítés

A derítés fizikai, kémiai, valamint fizikai-kémiai folyamatok összessége, mely magában foglalja a koaguláció és flokkuláció, bizonyos oldott (elsősorban oldott szerves) anyagok adszorpcióját, a kolloid, kvázi-kolloid méretekkkel rendelkező szilárd anyagok pehelybe zárását, üleptetővé, flotálhatóvá alakítását, az egyszerű szilárd-folyadék fázisztválasztás (üleptetés, flotálás) hatékony megvalósulását. Bonyolult, rendkívül gyorsan végbemenő kémiai, fizikai-kémiai folyamatok hatékony megvalósulása szükséges ahhoz, hogy a szilárd-folyadék fázisztválasztás üleptetés vagy flotálás formájában a megfelelő műtárgyakban bekövetkezzen.

A szűrést megelőző fázisztválasztás Magyarországon kizárólag üleptéssel történik. A flotálást hazánkban ma az ivóvízkezelésben nem alkalmazzák. Mind a hosszanti, mind a függőleges átfolyású üleptítők használata elterjedt Magyarországon. A hosszanti átfolyású üleptítők téglalap alaprajzú műtárgyak, és a homokfogóknál ismertetett elvek alapján működnek. Az 5. ábra egy függőleges átfolyású üleptítőt mutat be: a kör alaprajzú műtárgy középső részén vezetik be a vizet, és a leülepedésre addig kerül sor, amíg a víz a műtárgy szélén elhelyezkedő elvezető vályúba nem jut. Az ábrán bemutatott kialakítás szerint a lassan forgó iszapkotró vezet a zompba a műtárgy aljára leülepedett szennyeződések.

A hatvanas évektől uralkodóvá vált a kör keresztmetszetű, lebegő iszapfüggőnyt tartalmazó – és ennek megfelelően függőleges átfolyású – módosított Greaver-reaktorok (közismert nevén MÉLYÉPTERV-derítő) létesítése. A MÉLYÉPTERV-típusú derítők egyeduralmát nagy ritkán a VIZITERV tervei alapján készült szintén függőleges átfolyású KORRIDOR-, illetve CYCLOFLOC-típusú derítő színesítette.



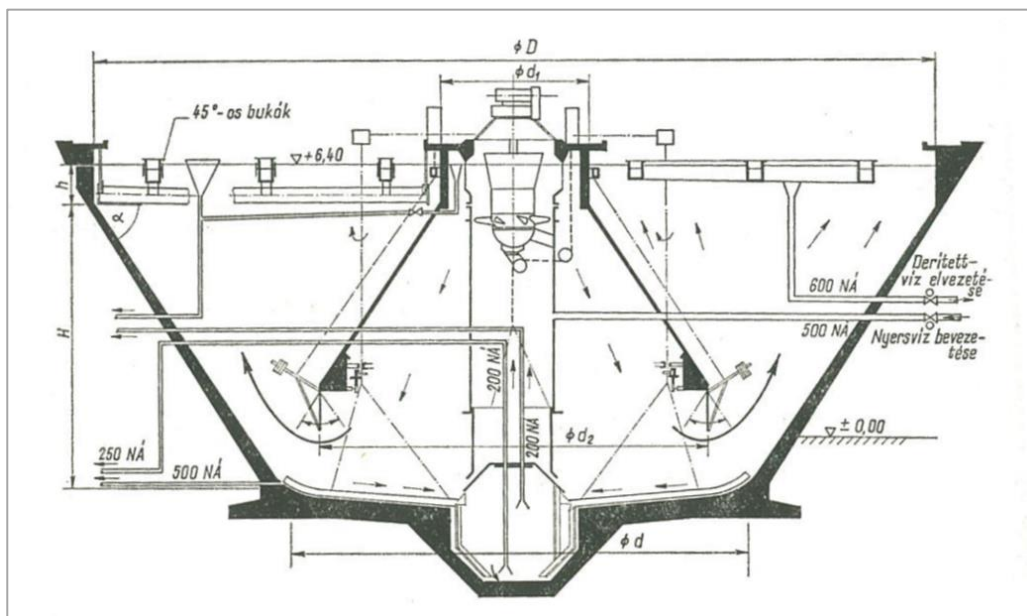
5. ábra. Kör keresztmetszetű üleptítő (Hall és Hyde 1992)

Figure 5. Circular sedimentation tank (Hall and Hyde 1992)

Az említett műtárgyak nem véletlenül kapták az „ülepítő” helyett a „derítő” nevet. A konstruktőrök szándékai szerint a „derítő” többfunkciós műtárgy ellentétben az „ülepítő”-vel. A tervezői elgondolások szerint a derítőben kell lejátszódnia a koaguláció befejező szakaszának és teljes egészében a flokkulációnak, valamint az ülepítésnek. A 6. ábra mutatja be a MÉLYÉPTERV-típusú derítőt. A műtárgy az előzőekben vázolt elvek szerint működik, tehát a műtárgy közepébe vezetik be a nyersvizet, melyhez előzetesen vegyszert (koagulálószer) adagoltak. A lassú keverési fázis ezt követően nem külön reaktorban játszódik le a derítés előtt, hanem magában a derítőben alakították ki a flokkulátor teret a belső csonkakúp alatti pelyhesítő térben, ahol a víz kb. 20-30 percet tartózkodik. A csonkakúpon kívüli térben a tartózkodási idő 2-3 h. Ezen műtárgyak tehát flokkulátorként és ülepítőként funkcionáltak. Az ülepítés hatékonyságát a lebegő iszapfelhő jelenléte intenzifikálta (Öllös 1987).

A lebegő iszapfüggőnyt tartalmazó derítők kör keresztmetszetű ülepítők, melyekben a víz áramlása letről felfelé történik. Működésük lényege, hogy a pelyhek aggregálódása következtében olyan vastagságú iszapfelhő alakul ki,

amelynek a sűrűsége már elég nagy ahhoz, hogy a felfelé tartó vízárammal együtt ne ússzon fel, és ne folyjon el az ülepítőből, azonban az iszapfelhő mennyiségét úgy kell szabályozni, hogy az ne is üledhessen le az ülepítő aljára (7. ábra). A műtárgy aljáról felfelé haladó pelyhek ehhez a lebegő iszapfelhőhöz kapcsolódnak. A lebegő iszapfüggőnyt tartalmazó derítők működését tehát nagymértékben befolyásolják a műtárgyban lejátszódó hidraulikai folyamatok. A viszonylag vastag iszapfelhő (1,5-2 m) kialakítása és stabilizálása, fenntartása csak megfelelő felületi terhelés mellett valósítható meg. Az optimálisnál kisebb vízsebességek az iszapfelhő vékonyodását, elfogyását, a nagyobbak pedig a pelyhek iszapfüggőnyből történő felúszását, az ülepített vízben való megjelenését eredményezik. A stabil iszapfelhő nagy jelentőséggel rendelkezik a lebegőanyagok visszatartása szempontjából: a nem kellő mértékben flokkulált pelyhek a viszonylag sűrű iszapfelhőben kapcsolódnak az ott tartózkodó nagyobb pelyhekhez. A lebegő iszapfüggőny lényegében „megszűri” az áthaladó vizet, visszatartja a lebegőanyag jelentős részét.



6. ábra. MÉLYÉPTERV-típusú derítő (Öllös 1987)
Figure 6. MÉLYÉPTERV-type clarifier (Öllös 1987)

A felszíni-víz tisztító üzemek beruházási költségeinek csökkentése szempontjából kulcskérdés a derítők (ülepítők) felületi terhelésének nagysága. Adott térfogatú víz egységnyi idő alatt történő átbocsátása esetén a hasznos felület és a felületi terhelés szorzata állandó szám (ez az átbocsátott víz térfogata), tehát nagyobb felületi terheléshez kisebb műtárgy felület, és ennek megfelelően kisebb műtárgy térfogat is tartozik. Ha tehát sikerül olyan kialakítást megvalósítani, amellyel nagyobb felületi terhelés érhető el (és az ülepítés határfoka így is megfelelő), akkor kisebb műtárgyak létesíthetők, csökkenthető a vízmű beruházási költsége. Ez azért fontos, mert a felszíni-víz tisztító üzemekben a legkisebb felületi terheléssel a derítő (ülepítő) műtárgyak rendelkeznek, azaz ezek a kapacitást meghatározó technológiai egységek.

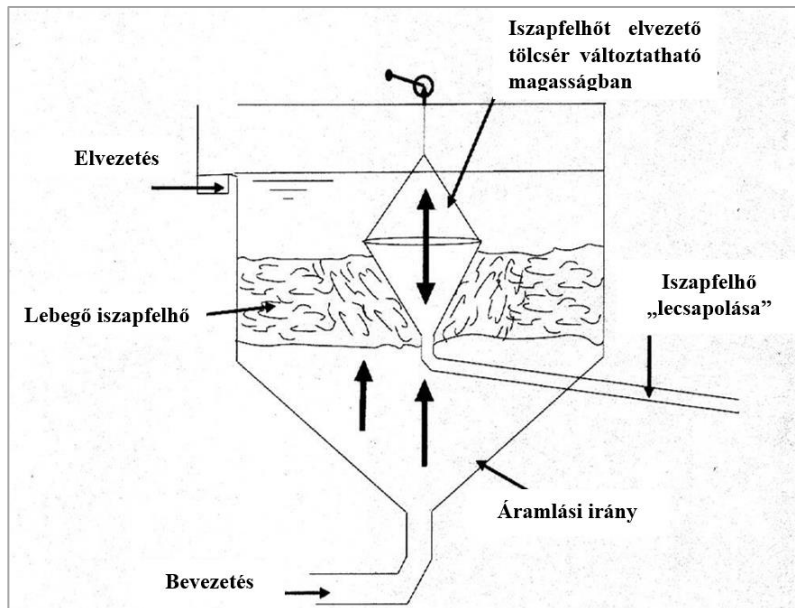
A derítő (ülepítő) műtárgy felületi terhelése közvetett és közvetlen beavatkozásokkal növelhető. A közvetett beavatkozások közé tartozik a koagulánsok és flokkulánsok

adagolásának, valamint bekeverésének megfelelő kialakítása, önálló műtárgyként flokkulátor létesítése. A közvetlen módszerek közé tartozik a koaguláció és flokkuláció során kialakuló pelyhek sűrűségének növelése segédanyag adagolásával (pl. homokpor – CYCLOFLOC-eljárás), vagy a derítő (ülepítő) műtárgyban uralkodó hidraulikai viszonyok az üledés számára kedvező megváltoztatása (pl. lamellák, csökötegek beépítése).

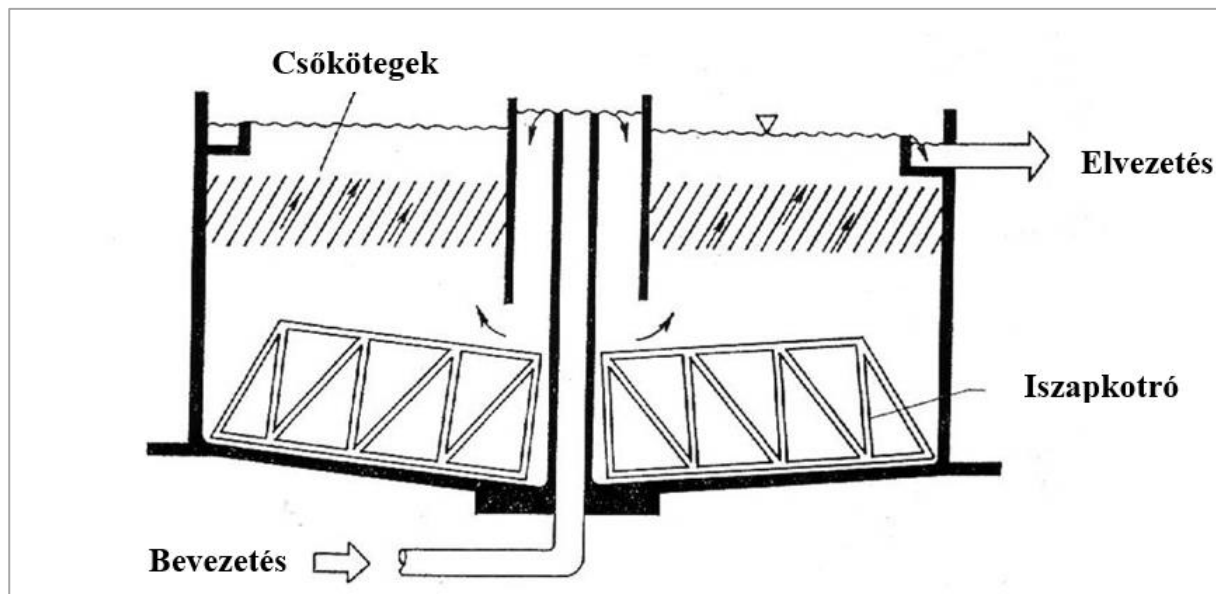
A CYCLOFLOC-eljárás elve az, hogy a kialakuló pelyhekbe nagy sűrűségű adalékanyagot építünk be, és ennek következtében a függőleges áramlású ülepítőben lényegesen nagyobb felületi terhelés (azaz a felfelé áramló víz nagyobb sebessége) érhető el, hiszen a szennyező anyagokat magukba záró pelyhek is a szokásosnál nagyobb sebességgel ülednek. Az eljárás segítségével 5,0-5,5 m/h felületi terhelést lehetett kielégítő ülepített-víz minőség mellett elérni. A szellemes megoldás – az eljárás magyar szabadalom

(Tolnai 2008) – az elérhető nagy felületi terhelés ellenére nem tudott átütő sikert elérni. Ennek egyik oka a viszonylag nagy mennyiségű homok adagolásának nehézsége, a legértékesebb homok-frakció visszaforgatásának megoldatlan-

sága, valamint a segédanyag és a derítőszer egymáshoz viszonyított helyének rossz kiválasztása volt. Problémát jelentett továbbá, hogy különleges gépészeti berendezések kialakítása volt szükséges a homokpor eróziós hatása miatt.



7. ábra. Lebegő iszapfelhős ülepítő (Hall és Hyde 1992)
Figure 7. Sludge blanket clarifier (Hall and Hyde 1992)



8. ábra. Csőköteges derítő (Hall és Hyde 1992)
Figure 8. Lamella clarifier (Hall and Hyde 1992)

A fejlett ipari országokban a hatvanas évek végén kezdték alkalmazni az ülepítők teljesítményének növelésére a lamellákat, csőkötegeket (Liczkó 1990). A függőleges átfolyású ülepítők felső harmadába beépített lamellák alapvetően megváltoztatták a műtárgy hidraulikai viszonyait. A lamellák a víz mozgási irányát a normálisnak tekintett függőlegetől 25-30°-kal eltérítik, így azonos áramlási sebesség mellett a víz függőleges irányú sebességkomponense lényegesen kisebb lesz, mint kényszeráramlás nélkül. A lamellák között áramló vízben a lebegőanyagokra (így a pelyhekbe ágyazott lebegőanyagokra is) ható felhajtó erő is kisebb, tehát a szilárd anyagok ülepedése is

nagyobb hatásfokú lesz. Az egymástól néhány cm távolságra elhelyezett lamellák között az ülepedő részecskéknek lényegesen rövidebb utat kell megtenniük, mint a hagyományos ülepítőkben. Tapasztalatok szerint (Tolnai 2008) a lamellák, csőkötegek falára kiülepedett részecskék ismételt felkeveredése csak kis mértékben fordul elő. A lamellakon és a csőkötegek falán lecsúszó pelyhek nagy részének további mozgására az ülepedés jellemző a nemkényszeráramlású víztérben. Tehát az ülepítés lebegőanyag-eltávolító képessége lényegesen növelhető csőkötegek vagy lamellák beépítésével a derítőbe, lehetőséget adva a derítők kapacitásának növelésére.

A derítők méretezésének alapja a felületük számítása a maximálisan megengedhető felületi terhelés alapján. A felületi terhelésre a következő irányszámok adhatóak (*Mészáros 1998, Tolnai 2008*):

- Hagyományos derítőknél: 0,4-0,5 mm/s
- Csőköteges derítőknél: 0,8 mm/s

Ebből az adatból számítható a derítő felülete a vízhozam és a felületi terhelés hányadosaként. A felület számítását követően a derítő térfogata számítható a tartózkodási idő alapján, ami 2,0-2,5-3,0 óra.

Gyakorlati tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy a csőkötegek alkalmazásával, valamint a koaguláció és a flokkuláció hatékony megvalósításával a hagyományos derítők felületi terhelésének többszöröse is elérhető megfelelő minőségű (10 mg/l-nél kisebb lebegőanyag tartalom) derített víz biztosítása mellett (*Licskó és Abrahám 1996*). Ennek megfelelően egy kedvező áramlási viszonyokkal rendelkező derítő műtárgyban természetes az 1,0-1,5 mm/s felületi terhelés, de nem ritka a 2,0-3,0 mm/s felületi terheléssel működő, megfelelő vízminőséget biztosító derítő sem.

Flotálás

Az iparban a szilárd-folyadék fázisszétválasztási feladatok megoldására (érces és szén elválasztása a meddő kőzettől) már a XX. sz. első felében sikerrel alkalmazták a flotálást. A bányából kitermelt anyagot megfelelő szemcseméretűre őrölték, majd felületaktív anyagot tartalmazó vízzel keverték, és néhány bar nyomású gázt (célszerűen levegőt) fúvattak át a rendszeren. A kis méretű gáz (levegő) buborékok a kisebb sűrűségű (vagy a megfelelő felületaktív anyaggal kapcsolatba lépett) értékes anyaggal tartós kapcsolatba léptek, csökkentve azok sűrűségét. A folyamat következtében az értékes anyag a vízfelszínen képződő habba került, a meddő pedig kiüledett a medence aljára. Ez az eljárás különösen a kis és nagy sűrűségű anyagok egymástól történő elválasztására alkalmazható gazdaságosan.

Nagy-Britanniában és a skandináv országokban a hetvenes években kezdték alkalmazni a flotálást felszíni-víz tisztító üzemekben a koagulált - flokkulált rendszerek elválasztására az ülepítés helyett (*Hall és Hyde 1992*). Kezdetben ezt az eljárást olyan nyers vizek esetében tudták megfelelő hatásokkal használni, melyeknek nagyon kicsi volt az ásványi eredetű lebegőanyag tartalma, a vízre nagy mennyiségű alga jelenléte volt jellemző. A kis sűrűségű algákat tartalmazó alumínium- vagy vas(III)-hidroxid pelyheket lényegesen könnyebb flotálni, mint ülepíteni. A vízkezelésben alkalmazott flotáló berendezések nyolcvanas évek végén történt korszerűsítésének eredményeként a skandináv országok tapasztalatai alapján (*Kiuru 1990*) a flotálás már a nagyobb ásványi eredetű lebegőanyag koncentrációk (max. 50 mg/l) esetén is gazdaságosabb fázisszétválasztási eljárásnak számít, mint az ülepítés.

A jelenleg alkalmazott flotáló berendezések felületi terhelése többszöröse a hagyományos ülepítők terhelhetőségének. Bár a flotálók megfelelő üzemeltetéséhez szükséges gépészeti egységek lényegesen összetettebbek, mint az ülepítőké, az azonos teljesítményhez szükséges sokkal kisebb helyigény miatt viszont a beruházási költségek számottevően kisebbek. Ha azonban az üzemeltetési költsé-

geket vizsgáljuk, megállapítható, hogy a flotáló működtetése lényegesen bonyolultabb és költségesebb, mint az ülepítőé. Tekintettel a flotáló nagy felületi terhelésére, biztonságos működtetése lényegesen nagyobb figyelmet és képzetesebb kezelő személyzetet igényel, mint az ülepítőké. Magyarországon az ivóvízkezelési technológiákban jelenleg nem alkalmaznak flotáló berendezéseket.

Homokszűrő

A derítőkől, vagy flotálókról távozó tisztított víz maradék lebegőanyagainak eltávolítását a homoktöltettel rendelkező szűrő egység végzi el. A maradék lebegőanyag eltávolítására mind lassú-, mind gyorszűrők, valamint membrántechnológiai egységek is alkalmazhatók. Magyarországon csaknem kizárólag gyorszűrők használatára kerül sor, három vízmű telephelyen ultraszűrő membránokat alkalmaznak. A felszíni-víz tisztító üzemek egy részénél – ahol elsősorban nem a lebegőanyag eltávolítás, hanem a szerves anyag koncentráció csökkentése az elsődleges cél – koagulációs szűrőket (rapid koaguláció, kontakt flokkuláció) alkalmaznak, elhagyva a derítőt. A koagulációs szűrő lényegében egyesíti a derítő (flotáló) és a szűrő feladatait.

A felszíni-víz tisztító üzemek többsége Magyarországon a derítést követően nyitott gyorszűrőket alkalmaz a szilárd-folyadék fázisszétválasztás utolsó lépéseként. A lassú-szűrőket Európa több országában széleskörűen alkalmazták, de a felszíni-víz tisztító üzemek többsége nem rendelkezik az adott technológiai egység létesítéséhez szükséges nagy területtel. A gyorszűrők csaknem kizárólagos alkalmazásának további oka a szűrőrétegben kialakuló mikrobiológiai tevékenység ellenőrizhetősége, „kézben tarthatósága”. A rendszeres, 24, 36, vagy 48 óránként megvalósuló szűrőöblítés, valamint a fertőtlenítőszer tartalmazó öblítővíz alkalmazhatósága megfelelő biztosságot ad a nem kívánt mikroorganizmus tevékenység visszaszorítására, megszüntetésére. Az alkalmazott szűrési sebesség 3,0-7,0 m/h között változik a derítőt elhagyó víz lebegőanyag koncentrációjának függvényében. A támréteg (melyben szűrőgyertyákat helyeznek el a zavartalan vízelvétel biztosításához) felett általában 1 m magas szűrőkavics helyezkedik el, melynek méreteloszlása 0,8 mm és 1,5 mm között változik. A szűrőkavics osztályozása nem tökéletes, így 0,8 mm-nél kisebb és 1,5 mm-nél nagyobb méretekkel rendelkező frakciók is jelen vannak a szűrőtöltetben.

A szűrőöblítésnél tisztított vizet és levegőt használnak. A legtöbb felszíni-víz tisztító üzem a szűrőöblítést a legkisebb vízigényű napszakban valósítja meg, azaz az éjszakai órákban. A teljesen automatizált, és az éjszakai órákra időzített szűrőöblítés azzal a kockázattal jár, hogy a folyamat során mutatkozó anomáliákra nem derül fény. A szűrőtöltet egyenletes „átjárhatósága” (vagy annak hiánya) a szűrési folyamatban nem érzékelhető, megfelelő tapasztalattal rendelkezők számára is csak az öblítés során ismerhető fel. Az éjszakai órákban végzett szűrőöblítés megfelelő gyakoriságú szakszerű ellenőrzése ezért nem nélkülözhető.

A koagulációs szűrés egyik fontos jellemzője, hogy az adagolásra kerülő koaguláns mennyisége lényegesen kisebb, mint derítés alkalmazásakor. Koagulációs szűrőt elsősorban olyan felszíni vízbázisok vizének tisztításánál alkalmazhatunk, ahol a lebegőanyag koncentráció kicsi. A

koagulációs szűrő lebegőanyag terhelése ennek megfelelően az adagolt koaguláns és flokkuláns mennyiségének függvénye.

A koagulációs szűrők esetében is fontos követelmény, hogy a koagulánsból képződő fém-hidroxidokkal együtt a lebegőanyag koncentráció lehetőleg ne haladja meg a 10 mg/l értéket. Ez az igény azonban gyakran nem teljesíthető, ezért a koagulációs szűrők öblítésére 24 óránál rövidebb időközökkel kerülhet sor. A koagulációs szűrőkre jutó lebegőanyag koncentráció elsősorban az adagolt koaguláns mennyiség függvénye. Az adagolandó koaguláns mennyisége az eltávolítandó szerves anyag mennyiségétől és minőségétől függ. Tekintettel arra, hogy a felszíni vizekben jelenlévő szerves anyagok mennyisége és minősége vízbázisonként és azon belül akár helyenként is különböző lehet, a hatékony eltávolításhoz szükséges koaguláns dózist minden esetben kísérleti úton kell meghatározni.

Az utóbbi 20-25 évben tavakra és tározókra telepített felszíni-víz tisztító üzemekben egyre gyakrabban alkalmazzák a hagyományos gyorsszűrők és a koagulációs szűrők helyett a membrántechnológia egyszerűbb változatait, a mikroszűrőket és az ultraszűrőket.

A hazai gyakorlatban kevéssé, külföldön azonban gyakran alkalmazzák a derítést (flotálást) és homokszűrést követően a talajvízdúsítást a felszíni-víz tisztítási technológiákban (Tolnai 2008). A talajvízdúsítás lényegesen javítja a víz ízét és szagát. Van példa arra is, hogy a derítés, illetve a flotálás után közvetlenül, szűrés nélkül vezetik a vizet a talajvízdúsító medencékbe, ez utóbbi megoldásnál azonban fennáll a beszivárogtató medencék eltömődésének veszélye. Bár a talajvízdúsítás kedvező hatása a víz minőségére egyértelműnek tűnik, a megvalósítás helyének kijelölése alapos körülmények között igényel. Nem egy esetben előfordult, hogy a nem megfelelő helykijelölés következtében a talajvízdúsítást követően kitermelt víz határértéket meghaladó koncentrációban tartalmazott vas- és mangánvegyületeket, valamint ammónium ionokat. Ezt a kellemtelen következményt feltétlenül el kell kerülni, ezért szükséges a talajvíz dúsításra alkalmazni kívánt terület megfelelő mélységű vizsgálata.

A talajvízdúsítást követően a kitermelt víz minőségének (elsősorban szerves anyag koncentrációjának) függvényében sor kerülhet további technológiai lépésekre is. Amennyiben a derítést (flotálást) és szűrést nem követi talajvízdúsítás, a következő technológiai lépések (ózonos kezelés, adszorpció granulált aktívszén felületen) megvalósítása nélkülözhetetlen.

Ózonozó

Fentieknek megfelelően a következő technológiai egység az ózonozó. Ózont többféle célból alkalmaznak az ivóvíztisztításban. Felszíni vízkivétel esetén alkalmazását indokolhatja, hogy valamilyen ipari jellegű szennyeződés következtében toxikus vegyületeket kell oxidálni, valamint a nagyobb szerves molekulákat kisebbekre bontani (a szervesanyagok szerkezetének megváltoztatása). Tapasztalatok azt mutatják (Öllös 1987), hogy az ózonnal kezelt felszíni vízben jelenlévő, feldarabolódott szerves vegyületek lényegesen nagyobb hatásfokkal távolíthatók el granu-

lált aktív szén adszorbereken, mint az eredeti nagy móltömegű szerves anyagok. Az ózonos kezelés további fontos feladata a felszíni víztisztítás során, hogy a klórral szemben ellenálló mikroorganizmusok (pl. *Giardia*, *Cryptosporidium*) inaktiválását elvégezze. Az ózon – rendkívül erőteljes oxidáló hatása miatt – alkalmas az említett rendkívül veszélyes élősködők elpusztítására.

Aktív szén adszorpció

Az ózonizálás hatására a nagyméretű szerves vegyületek kisebb vegyületekké oxidálódnak, amelyek a hálózatba jutva mikroorganizmusok táplálékaul szolgálhatnak. Ezért az ózon alkalmazását aktív szén adszorpció követi, ahol ezek a kisebb méretű szerves vegyületek, valamint a vízben előforduló szerves mikroszennyező anyagok adszorbeálódnak. Itt játszódik le továbbá a klór-adszorpció hatására esetlegesen képződő maradék THM és AOX melléktermékek eltávolítása is.

Reduktív viszonyok között megjelenő szennyezőanyagok (vas és mangán vegyületek, ammónium ion) eltávolítása

A felszíni vízbázisokban általában oxidatív viszonyok uralkodnak, de időszakosan (elsősorban tározók alsó rétegeiben, nyáron) megjelenhet az oldott állapotú vas és mangán, valamint az ammónium ion. Ammónium ion a téli időszakban megjelenhet folyóvizeinkben, tavainkban is, hiszen alacsony hőmérsékleten a nitrifikáció gátolt, így a nitríté, majd nitráttá átalakulás nem valósul meg. Ezen szennyezőanyagok tehát jellemzően nem jelennek meg felszíni vízbázisainkban, de időszakos jelenlétükkel számolni kell.

A felszíni vízkezelés technológiája a redukált állapotú vas és mangán vegyületek eltávolítására alkalmas, hiszen a technológiáknak része az oxidáció (klórgázzal vagy nátrium-hipoklorittal végzett technológia-közi fertőtlenítés, ózonizálás, esetenként kálium-permanganát adagolás). Ezen oxidálószerkezetek mindegyike alkalmas a vas oxidálására, a felsorolt négy eljárás közül pedig az ózon és a kálium-permanganát a mangán oxidációját is nagy hatékonysággal végrehajtja. Az oxidált vas és mangán vegyületek szilárd állapotúak, így azokat az előzőekben ismertetett szilárd-folyadék fázisátválasztási egységeken hatékonyan el lehet távolítani a vízből. A gyorsszűrési lépést követően koncentrációjuk megbízhatóan határérték alatti lesz.

Ammónium ion megjelenése esetén törésponti klórással, vagy biológiai módszerrel történik az eltávolítás. A felszíni vízkezelésben fertőtlenítési célból adagolt klórgáz vagy nátrium-hipoklorit koncentrációjának töréspontig történő növelésével az ammónium ionok klóraminokká alakulnak. A technológia alkalmazása során azonban számolni kell a klórozott szerves melléktermékek (trihalo-metánok, adszorbeálható szerves halogenidek) megjelenésével, melyek eltávolítása az aktív szén adszorberen történik meg. Amennyiben a vízminőségi jellemzők kedveznek a nitrifikációs folyamatoknak, az ammónium ion eltávolítása biológiai úton is megtörténhet. Ebben az esetben a gyorsszűrőkön, illetve az aktív szén adszorberen kialakuló biofilmben található nitrifikáló baktériumok végzik az ammónium ion átalakítását nitríté vagy nitráttá. Ezek a folyamatok – a korábban már említett, nitrifikáció szempontjából kedvezőtlen hőmérsékleti viszonyok miatt – gátoltak

lehetnek. Problémát okozhat továbbá az is, ha a vízben olyan mennyiségben található fertőtlenítőszer (pl. a technológia-közi fertőtlenítés következtében), ami a nitrifikációt szintén gátolja. Ezekben az esetekben a biológiai módszer helyett a törésponti technológia alkalmazása a célra vezetőbb.

Utófertőtlenítés

Bár az ózon rendkívül erős oxidálószer, hosszan tartó hatása nincsen, mivel a hálózatba jutva nagyon gyorsan lebomlik, így a hálózati biofilm-képződés megakadályozására nem alkalmas. Ezért mielőtt a víz a tározó medencébe, majd ezt követően a hálózatba jut, utólagos fertőtlenítőszer (klórgáz / nátrium-hipoklorit vagy klór-dioxid) adagolás szükséges. Az alkalmazott fertőtlenítőszernek a hatékonyságát mindaddig meg kell őriznie, míg a víz a legtávolabbi fogyasztóig eljut.

Mint minden víztisztító üzemnek, így a felszíni-víz tisztító üzemeknek is szerves része a tisztított vizet tároló medence, vagy medencék. Mind beruházási, mind üzemeltetési szempontból fontos az átlagos napi vízigényhez viszonyított közvetlenül igénybe vehető tárolótér nagysága. A felszíni-víz tisztító egységeket a folyamatos, üzemszünet nélküli működtetés jellemzi. A derítő és flotáló műtárgyak – szilárd-folyadék fázisszétválasztás hatékonysága tekintetében – optimális működésüket a beindításukat követően derítő esetén több óra, flotáló esetén pedig fél-háromnegyed óra elteltével érik el. Gyakori leállításuk és beindításuk jelentős kiesést eredményezne mennyiségi tekintetben, ha a megfelelő tisztított (derített, flotált) víz minőséghez ragaszkodunk.

Amennyiben a derítő és a flotáló felületi terhelését (pl. a pillanatnyi vízigényekhez igazodva) gyakran változtatjuk, a derített, illetve flotált víz minősége (lebegőanyag koncentrációja) ingadozik, nem tartható a kívánt szinten (<10 mg/l). Törekedni kell arra, hogy az üzemeltetés során lehetőleg azonos, vagy közel azonos vízhozammal működjön a víztisztító üzem a nap 24 órájában. Amennyiben a tisztított víz tárolására alkalmas tárolótér nagysága nem teszi lehetővé a nap 24 órájában a közel azonos hidraulikai terhelés alkalmazását, frekvenciaváltóval ellátott szivattyúk alkalmazása szükséges. A megfelelő frekvencia szabályozás alkalmazásával elérhető, hogy minimális energiavesztéssel és kis lépésekben érjük el a kívánt vízhozamot. A kis lépésekben megvalósított vízhozamváltozás

(növelés és csökkentés egyaránt) biztosíthatja a derítő és flotáló egységek zavartalan működését.

IRODALOMJEGYZÉK

Hall, T., Hyde, R.A. (1992). Water Treatment Processes and Practices. Water Research Center (WRC), Wallingford, UK.

Kiuru, H.J. (1990). Unit Operations for the Removal of Solids and their Combinations in Water Treatment In: Hahn, H.H. and Klute R. (Eds.): Chemical Water and Wastewater Treatment Springer-Verlag Heidelberg • London • New York • Berlin. doi:10.1007/978-3-642-76093-8_13

Licskó, I. (1990). Intensification of clarifiers with tube settlers (Experiences in Hungary) in: Proceedings of International Conference on "Modern Methods of Water Treatment" pp. 282-297 Pribram, 22-24. 05. 1990

Licskó, I., Ábrahám, F. (1996). Analiza zjawisk zachodzących w glebokiej koagulacji stosowanej przy uzdatnianiu wód powierzchniowych In: Proceedings of International Conference on "Municipal and Rural Water Supply and Water Quality" Part I. pp. 333-347 4-7 June, 1996. Poznan, Poland

Mészáros G. (1998). Felszín alatti víz tisztítása. Eötvös József Főiskola, Oktatási segédanyag. Műszaki Fakultás, Baja. p. 50.

Öllős G. (1987). Vízellátás. K+F eredmények sorozat. Vízügyi Dokumentációs Szolgáltató Kiadó. Franklin Nyomda Budapest. p. 700.

Pandey, A., Lee, D.-J., Chisti, Y., Soccol C.R. (2014). Biofuels from algae Elsevier, Heidelberg • London • New York • Oxford. p. 338.

Rebhun, M. (1990). Flocc Formation and Breakup in Continuous Flow Flocculation and in Contact Filtration In: Hahn, H.H. and Klute R. (Eds.): Chemical Water and Wastewater Treatment Springer-Verlag Heidelberg • London • New York • Berlin. doi:10.1007/978-3-642-76093-8_9

Tolnai B. szerk. (2008). Mátyus Sándor nyomán. Víz-ellátás. 3. jubileumi kiadás. A Fővárosi Vízművek Zrt. üzemeltetői ismeretanyaga. General Press Kiadó. p. 862.

MI-10-262-1:1985 – Ivóvízkezelés egységesítése. Telepnyagyságrend, mintatechnológiák és méreisor.

A SZERZŐK



LICKSKÓ ISTVÁN CSc, okl. kémia-fizika szakos középiskolai tanár, környezetvédelmi szakmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék címzetes egyetemi tanára. Fő szakterülete a víztisztítás (koaguláció-flokkuláció, szilárd-folyadék fázisszétválasztás, adszorpció aktív szén felületén, fertőtlenítés, nehézfém eltávolítás), a kémiai szennyvíztisztítás (foszfor és nehézfém eltávolítás), vízminőség-értékelés. A Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség, a Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara és a Magyar Kémikusok Egyesülete, valamint a Hidrológiai Közlöny és a Hírsatorna szerkesztőbizottságainak tagja. Benedek Pál díjas.



LAKY DÓRA PhD, okl. építőmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék egyetemi docense. Fő szakterülete a víztisztítás, ezen belül főként felszín alatti vizek tisztítási technológiáival foglalkozik (arzenmentesítés, vas- és mangántalanítás, melléktermékek képződésének problémaköre). A Magyar Hidrológiai Társaság és a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség, valamint a Hírsatorna szerkesztőbizottságának tagja.

Paleolimnológiai módszerek alkalmazásának korlátai sekély állóvizek esetében

Jakab Jázmin*, Bőjthe Andrea Clara*, Soltész Andor Gergő*, Korponai János***, Gyulai István*,**

* Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. (E-mail: jj1998jj@gmail.com)

** Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

*** Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víz tudományi Kar, 6500 Baja, Bajcsy-Zsilinszky utca 12-14.

DOI:10.59258/HK.11449



Kivonat

Világszerte egyre inkább növekednek az aszályos időszakok, jelentősen csökkentek az állóvizeink vízszintjei. Paleolimnológiai vizsgálatok esetében az állóvizek üledékének tanulmányozása folyik, melynek segítségével a múltban lejátszódott folyamatok, illetve környezeti hatások elemzésére adódik lehetőség. Paleolimnológiai kutatások során, amikor az üledékben megőrződött szervezetek maradványait, beleértve a Cladocera maradványokat vizsgáljuk, a meder legmélyebb részéről szoktunk üledék mintát venni, mert a legmélyebb pontra sodródnak össze a maradványok. Hazánkban azonban a legnagyobb számban sekély vizek fordulnak elő, így vizsgálatunk célja az volt, hogy megnézzük, sekély vizek esetében célszerűbb lenne-e a több mintavételi pont kijelölése? A mintavételekre hat vízteret jelöltünk ki és mindegyik víztérből három mintát vettünk, úgy, hogy a mintavételi helyek legalább 75-100 m távolságban helyezkedjenek el egymástól. A medrekben a habitatok is hasonlóak voltak. Az eredmények azt mutatták, hogy egymástól 100 méteres távolságban lévő mintavételi pontokon is különböző Cladocera egyedszámok és fajszámok azonosíthatók.

Kulcsszavak

Paleolimnológia, sekély állóvizek, heterogenitás, szubfosszilis, Cladocera.

Limits of paleolimnological methods in shallow standing waters

Abstract

Drought periods are increasing worldwide, and the water levels of our standing waters have dropped significantly. In the case of paleolimnological studies, the sediment of standing waters is examined to analyse the processes and environmental impacts that took place in the past. In paleolimnological research, when examining the remains of organisms preserved in sediments, including Cladocera remains, we tend to sample the sediment from the deepest parts of lakes where remains of organisms from the whole waterbody accumulate. Since in our country mainly shallow water bodies occur, the aim of our study was to investigate if it would be more appropriate to select more sampling points in shallow water bodies. Six water bodies were selected for sampling and three samples were taken from each water body, with the sampling sites located at least 75-100 meters apart. The habitats in the water bodies were similar. The results showed that sampling sites separated even by one hundred metres can differ significantly in number of individuals and species of Cladoceran remains.

Keywords

Paleolimnology, shallow standing water, heterogeneity, subfossil, Cladocera.

BEVEZETÉS

Napjaink egyik legfontosabb problémája környezetünk nem kellő intenzitású védelme. Sajnálatos módon világszerte egyre inkább növekedik az aszályos időszakok száma, hazai állóvizeink vízszintje csökken, illetve állapotuk nem éri el a jó minősítéshez szükséges kritériumokat. Nagyon fontos vizeink megfelelő mértékű védelme és rendszeres monitorozása. Annak érdekében, hogy vizeink megfelelő állapotát fenntartsuk és megóvjuk a jövőbeli degradációtól, lényeges megérteni, hogy az élőhelyeken bekövetkező változások hogyan hatnak az ott élő fajgyűjtésekre.

Az állóvizek üledéke a környezeti változásokról jelentős archívumot őriz meg (Burge és társai 2017). Az üledékben számos különböző, úgynevezett proxy (közvetett bizonyíték vagy mérés, mely felhasználható az édesvízi ökoszisztémák múltbeli környezeti viszonyainak meghatározására) marad fenn (Cohen 2003). A paleolimnológia az a tudományterület, amelynek keretein

belül az üledékekben megőrződött abiotikus (pl.: radioaktív izotópok, ásványok) és biotikus (pl.: különböző fossziliák, pigmentek) proxy-k széles skáláját elemzik a kutatók az ökoszisztéma változásának rekonstruálása érdekében (Last és Smol 2001, Cohen 2003). A biológiai szervezetek számos különböző csoportja hagy valamilyen azonosítható szubfosszilis maradványt az üledékben, többek között az árvaszúnyogok, a kovaalgák, illetve az ágascsapú rákok (Korosi és társai 2017). A cladocerák elsősorban édesvízekben előforduló apró méretű (0,2-18 mm) rákok, a zooplankton jelentős alkotói (Forró és társai 2008). A környezetben végbemenő változásoknak érzékeny indikátorai, ebből adódóan igen jól alkalmazhatók a környezeti változások nyomán követésére (Kurek és társai 2010). A vizsgálatunk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a Cladocera maradványok hogyan jelzik a tavak heterogenitását. Paleolimnológiai mintavételek során általában egy mintavételi pontot jelölünk ki, mely a meder legmélyebb pontja, mivel a maradványok a legmélyebb pontra sodródnak össze (Korponai és társai 2019).

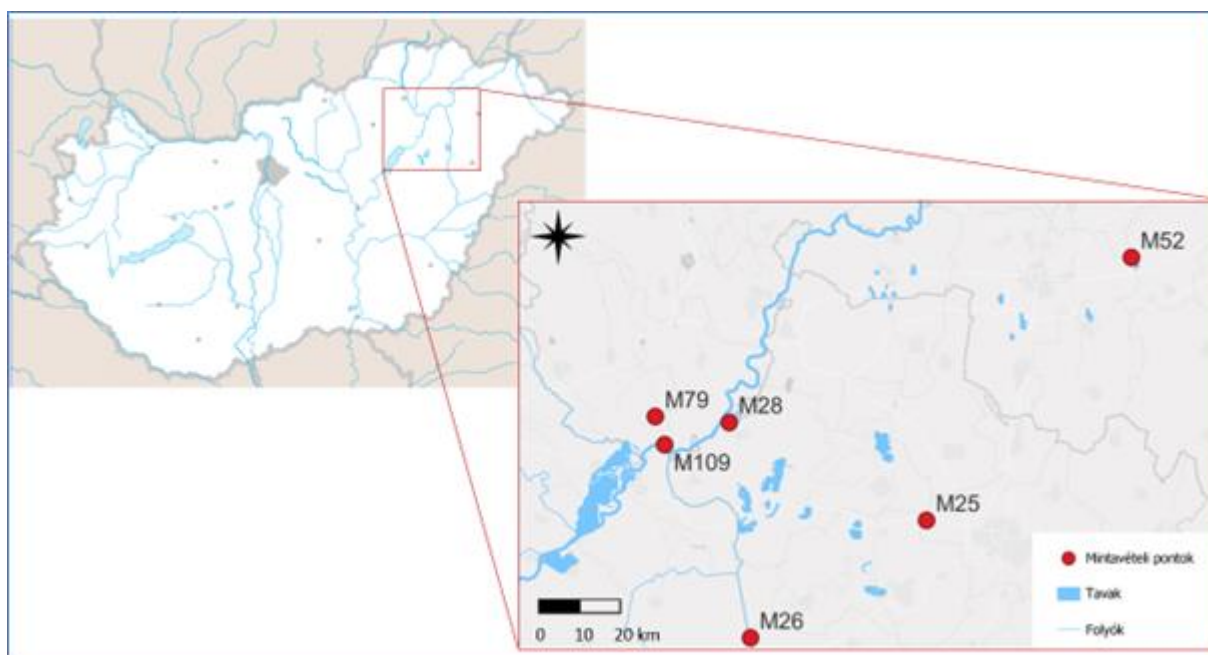
Tekintettel arra, hogy hazánkban sekély vizek fordulnak elő, kutatásunk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy vajon célszerűbb lenne-e egy mintavételi pont helyett többet kijelölni?

ANYAG ÉS MÓDSZER

Terepi mintagyűjtésre hat vízteret jelöltünk ki (1. ábra). A terepi mintagyűjtés előtt mind a hat meder esetében felmértük a medrek állapotát, illetve kijelöltük a potenciális mintavételi pontokat. A mintavételre 2021 júliusában került sor. Mind a hat víztér esetében három mintavételi pontot jelöltünk ki. Ezen mintavételi pontok 75-100 méter távolságban helyezkedtek el egymástól. A medrekben a habitatokban ugyanazok a növénytársulások fordultak elő. Mintavételünk során gravitációs mintavevő eszközt használtunk, amely egy visszacsapó sze-

lepes 0,5 m-es plexi cső vágóéllal ellátva. A teljes üledékoszlop nem került felhasználásra, hanem a felső egy-két centiméter vastagságú lágy üledékréteget gyűjtöttük be, hogy vizsgálatunkba ne vonjuk be a több éves vagy évtizedes maradványokat. A mintákat zárható edényekben, hűtve tároltuk.

A vízmintákat merítéses módszerrel gyűjtöttük be. A helyszínen meghatároztuk a víz fizikai paramétereit YSI EXO 2 multiparaméteres szondával. Minden vízminta esetében vízkémiai vizsgálatokat végeztünk, megállapítottuk az összes lebegőanyag (TSS), összes oldott anyag (TDS), illetve a klorofill-a mennyiségét. Ezen felül meghatároztuk a minták KOI_{sMn} (kémiai oxigénigény) értékeit, illetve az m-lúgosság és p-lúgosság-hoz tartozó értékeket is. Megállapítottuk továbbá a Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} ionok koncentrációját.



1. ábra. A mintavételi helyszínek bemutatása: M79: Tiszavalki-főcsatorna, M109: Szajlai Holt-Tisza, M28: Tiszadorogmai Holt-Tisza, M26: Hortobágy folyó, M25: Látóképi víztározó, M52: Kenderáztató-tó

Figure 1. Location of the sampling sites. M79: Tiszavalki-main channel, M109: Szajlai Holt-Tisza, M28: Tiszadorogmai Holt-Tisza, M26: Hortobágy river, M25: Látóképi reservoir, M52: Kenderáztató-lake

A minták feltárását Korhola és Rautio (2001) standard módszere alapján végeztük. Minden mintából 1 cm³ mennyiséget kimértünk, majd főzőpoharakba helyeztük és 100 milliliter 10%-os KOH (kálium-hidroxid) oldatot adtunk hozzájuk. Ezt követően minimum fél órára vízfürdőbe helyeztük az elegyeket időnkénti keverés mellett, a vízfürdőt követően minden mintát felengedtünk csapvízzel és 35 mikrométer lyukbőségű szűrőn leszűrtük, ügyelve a nagyobb növényi törmelések eltávolítására. A szűrt mintákat 45 milliliteres centrifugacsövekbe helyeztük, 24 órára ülepedni hagytuk, majd ezt követően leszívtuk egységesen 25 milliliterre. Minden mintához a tartósítás kedvéért 96%-os Patosolv alkoholt adtunk, így megakadályoztuk a különböző gombák és baktériumok elszaporodását, illetve a kálium-hidroxiddal (KOH) való kezelés hatására a kitin teljesen átlátszóvá vált, így pár csepp Safranin-glicerinnel festéket adtunk minden mintához a könnyebb határozás érdekében (Sweetman és Smol 2006, Kattel és Augustinus 2010).

A Cladocera maradványok faj szintű határozása történt, a vizsgálatunkhoz Olympus BX 53 típusú fénymikroszkópot alkalmaztunk, 10-100-as nagyítás alatt vizsgáltuk a maradványokat. Száz mikroliter mennyiségű mintát hordtunk fel egy tárgylemezre automata pipetta segítségével. Mintánként 25 db tárgylemezt vizsgáltunk meg, illetve, ha a mintában az egyedszám elérte a 100-at, akkor a mintát befejezettnek tekintettük.

Minden következő tárgylemez esetében a tárgylemezre való felhordás előtt a mintát felkevertük, így elkerülve a kiülepedés következtében kialakuló egyenetlen maradványeloszlást és a teljes 100 mikroliternyi mintát átvizsgáltuk, hogy kiküszöböljük a maradványok nem egyenletes eloszlását. Határozókönyvnek Szeroczyńska és Sarmaja-Korjonen (2007), illetve Gulyás és Forró (1999) könyvét használtuk.

Minden mintavételi pont esetében megállapítottuk a fajszámokat és az egyedszámokat, míg minden mintavételi helyszínen kiszámítottuk az összesített faj, illetve egyedszámokat. Főkoordináta analízissel (PCoA) vizsgáltuk, hogy az egyes habitatok mennyire határozzák meg az adott mederszakasz Cladocera közösségét. Az analízishez a denzitás adatokon Hellinger-transzformációt végeztünk, majd kiszámoltuk az objektumok Euklideszi távolság-mátrixát. Ezt követően PERMDISP (betadisper) módszerrel megvizsgáltuk a távolságmátrix homogenitását, amelyben a távolságoknak a négyzetgyökét vettük alapul. TukeyHD post-hoc teszttel meghatároztuk azokat a medreket, amelyek homogenitása eltér a többitől, és két homogenitási csoportot képeztünk. Ezt követően PERMANOVA segítségével meghatároztuk, hogy a medrek Cladocera közösségei közötti különbség vagy a habitatok közötti különbség határozza-e meg a Cladocera közösségek eltéréseit. A

szignifikancia szintet 10%-on határoztuk meg. A számításainkat az R v. 4.2.1 statisztikai környezetben a vegan csomag segítségével elemeztük.

EREDMÉNYEK

Eredményeink alapján elmondható, hogy a mintavételi helyszínek mintavételi pontjai között nem tapasztaltunk jelentős különbségeket a vízkémia vizsgálataiban. Számos esetben előfordult, hogy a mintavételi helyszín egyik mintavételi pontján az adott Cladocera faj egy példányát sem találtuk meg, viszont a 100 méterrel arébb található mintavételi pontban megtaláltuk ugyanazon faj példányát. Adott mintavételi ponttól 100 méterrel távolabb elhelyezkedő mintavételi ponton más faj- és egyedszámokat azonosítottunk. Az egyes mintavételi pontokon és mintavételi helyszíneken a fajszámok tekintetében különbségeket tapasztaltunk. Minden mintavételi pont és helyszín esetében az egyedszámok is számottevő különbségeket mutattak (1. táblázat).

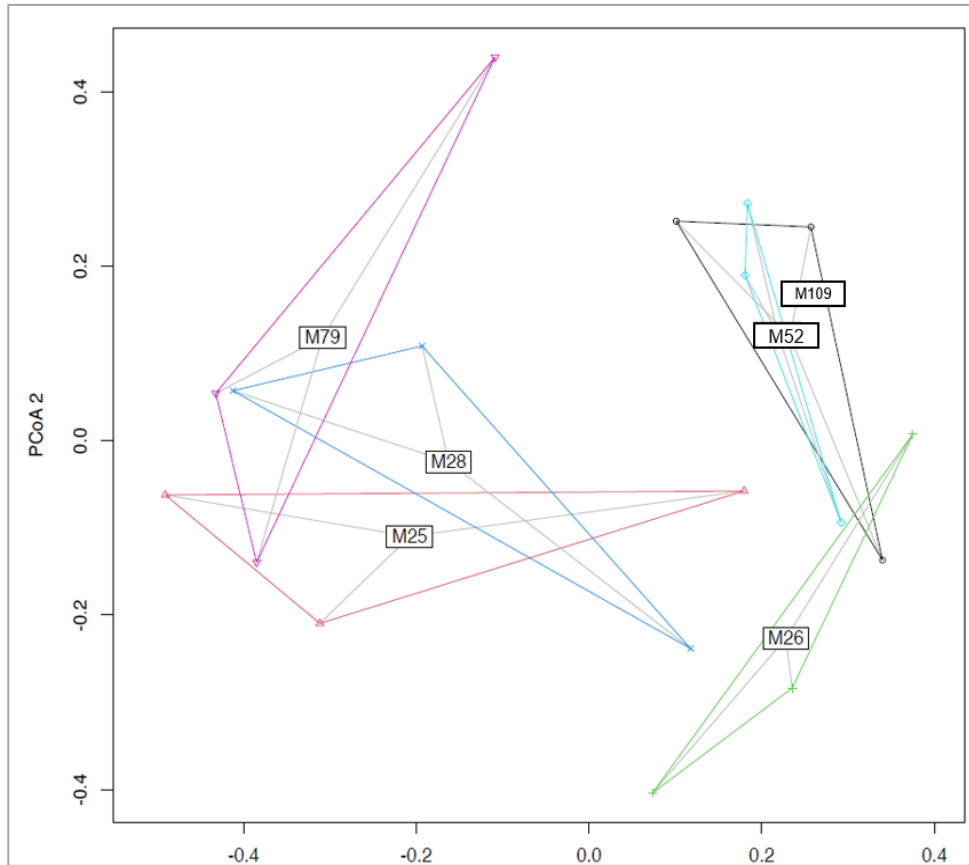
1. táblázat. Mintavételi pontokon észlelt egyedszámok és fajszámok, illetve a mintavételi helyszíneken talált összesített egyedszámok és fajszámok, valamint átlagos egyedszámok

Table 1. Numbers of individuals and species detected at sampling points, and total number of individuals and species found at sampling sites and average numbers of individuals

Mintavételi helyek neve	Látóképi Víztorozó			Hortobágy folyó			Tiszadorogmai Holt-Tisza		
Mintavételi helyek kódja	M 25/1	M 25/2	M 25/3	M 26/1	M 26/2	M 26/3	M 28/1	M 28/2	M 28/3
Fajszám	9	16	9	9	9	10	11	14	13
Összesített fajszám	20			12			20		
Egyedszám	260	985	310	330	160	650	340	360	380
Összesített egyedszám	1555			1140			1080		
Átlagos egyedszám	518			380			360		
Mintavételi helyek neve	Tiszavalki-főcsatorna			Kenderáztató-tó			Szajlai Holt-Tisza		
Mintavételi helyek kódja	M 79/1	M 79/2	M 79/3	M 52/1	M 52/2	M 52/3	M 109/1	M 109/2	M 109/3
Fajszám	9	13	12	13	15	11	12	13	15
Összesített fajszám	22			21			18		
Egyedszám	125	375	630	1137	1392	500	835	1471	660
Összesített egyedszám	1130			3029			2966		
Átlagos egyedszám	377			1010			989		

Statisztikai elemzésünk során az adatok távolságmátrixa nem volt homogén (betadisper, $F_{5,12} = 4,2499$, $p = 0,019$), ezért két homogén csoportra bontottuk az adatokat (2. ábra). Az alacsony diszperziójú (betadisper, $F_{2,6} = 1,4029$, $p = 0,3163$) csoportba az M109, az M26 és az M52 medrek, míg a magasabb (betadisper, $F_{2,6} = 1,7431$, $p = 0,253$) az M25, az M28 és az M79 med-

rek tartoztak. Az alacsony diszperziójú csoport Cladocera közösségei nem különböznek szignifikánsan sem a medrekben, sem a habitatokban (2. táblázat), míg a magas diszperziójú csoport Cladocera közösségei a habitatokban szignifikánsan különböznek egymástól, függetlenül attól, hogy melyik mederből származnak (3. táblázat).



2. ábra. A különböző medrek diszperziója az Euklideszi térben
 Figure 2. Dispersion of the different lake beds in the Euclidean space

2. táblázat. Az alacsony diszperziójú medrek PERMANOVA analizisének eredménye
 Table 2. PERMANOVA analysis of the nonsignificantly different water beds

	Df	Sum Sqs	R ²	F	p
meder	2	0.7194	0.2862	1.0216	0.419
habitat	1	0.2851	0.1134	0.8097	0.77
meder:habitat	2	0.4532	0.1803	0.6435	0.978
Residual	3	1.0564	0.4202		
Total	8	2.5141	1		

3. táblázat. A magas diszperziójú medrek PERMANOVA analizisének eredménye
 Table 3. PERMANOVA analysis of the significantly different water beds

	Df	Sum Sqs	R ²	F	p
meder	2	0.9339	0.2625	1.0522	0.393
habitat	1	0.5949	0.1672	1.3405	0.068
meder:habitat	2	0.6979	0.1962	0.7864	0.944
Residual	3	1.3313	0.3742		
Total	8	3.5579	1		

ÖSSZEZÉS

Kutatásunk során terepi mintagyűjtésre hat vízteret választottunk ki, minden víztér esetében három mintavételi pontot jelöltünk ki. A mintavételi pontokról a lágy üledék begyűjtésére került sor, melyből Cladocera maradványok feltárását végeztük el. Minden mintavételi pont esetében feljegyeztük az üledékmintában fellelhető egyedszámokat, illetve fajszámokat, továbbá mintavételi helyszínként rögzítettük az összesített faj- és egyedszámokat. Az eredményeink szerint akár egymástól 100 méteres távolságban lévő mintavételi pontokban is különböző egyedszámok és fajszámok voltak azonosíthatóak.

Statistikai elemzésünk során főkoordináta analízist (PCoA), PERMDISP (betadisper) módszert, TukeyHD post-hoc tesztet és PERMANOVA-t hajtottunk végre. Eredményeink alapján az adatok távolságmátrixa nem volt homogén, ennek következtében egy alacsonyabb diszperziójú és egy magasabb diszperziójú csoportra bontottuk az adatokat. Az alacsony diszperziójú csoport Cladocera közösségei nem különböztek szignifikánsan a medrekben, illetve a habitatokban. A magas diszperziójú csoport Cladocera közösségei a habitatokban szignifikánsan különböztek egymástól, attól függetlenül, hogy melyik mederből származtak.

Hazánkban a hasonló jellegű kutatások ritkák. *Zsuga és Pekli (2011)* a Bodrog vízgyűjtő területén végzett vizsgálatokat. A Bodrogköz vízteréből leírt 42 Cladocera fajból a folyóban mindössze 9 fajt sikerült megtalálniuk. A kutatásunk során a Hortobágy-folyó általunk vizsgált, igen lassan áramló szakaszán 12 fajt azonosítottunk. Az eltérés oka minden bizonnyal a mintavételezésre kiválasztott szakaszok eltérő áramlási viszonyaiban keresendő, ugyanis a Bodrog vízdinamikai viszonyai nem kedveznek ennek az élőlénycsoportnak, míg a Hortobágy-folyó általunk vizsgált szakaszán jóval kedvezőbbek a körülmények.

Eddigi vizsgálataink és eredményeink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy sekély vízterek esetében célszerű több mintavételi pontot kijelölni annak érdekében, hogy a vizsgált víztér valós Cladocera fajösszetételét jobban megismerhessük.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában jött létre. A közleményben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

Burge, D. R. L., Edlund, M. B., Frisch, D. (2017). Paleolimnology and resurrection ecology: The future of reconstructing the past. *Evolutionary Applications*, 11(1). pp. 42-59. doi:10.1111/eva.12556

Cohen, A. S. (2003). Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems Oxford, UK: Oxford University Press. p. 528.

Forró, L., Korovchinsky, N. M., Kotov, A. A., Petrusek, A. (2008). Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1). pp. 177-184. doi:10.1007/s10750-007-9013-5

Gulyás, P., Forró, L. (1999). Az ágascsapú rákok (Cladocera) kishatározója. *Vízi Természet- és Környezetvédelem*, 9. KGI, Budapest. p. 237.

Kattel, R. G., Augustinus, C. P. (2010). Cladoceran-inferred environmental change during the LGM to Holocene transition from Onepoto maar paleolake, Auckland, New

Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 53(1). pp. 31-42. doi:10.1080/00288301003631772

Korhola, A., Rautio, M. (2001). Cladocera and other branchiopod crustaceans. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (Eds). *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Biological Techniques and Indicators*; Kluwer Academic Publisher: Dordrecht, The Netherlands, Volume 2. pp. 1-38. doi:10.1007/0-306-47671-1_2

Korosi, J. B., Thienpont, J. R., Smol, J. P., Blais, J. M. (2017). Paleo-ecotoxicology: What Can Lake Sediments Tell Us about Ecosystem Responses to Environmental Pollutants? *Environmental Science & Technology*, 51(17). pp. 9446-9457. doi:10.1021/acs.est.7b02375

Korponai, J., Braun, M., Forró, L., Gyulai, I., Kövér, C., Nédli, J., Urák, I., Buczkó, K. (2019). Taxonomic, functional and phylogenetic diversity: how subfossil cladocerans mirror contemporary community for ecosystem functioning: a comparative study in two oxbows. *Limnetica*, 38(1). pp. 431-456. doi:10.23818/limn.38.25

Kurek, J., Korosi, J. B., Jeziorski, A., Smol, J. P. (2010). Establishing reliable minimum count sizes for cladoceran subfossils sampled from lake sediments. *Journal of Paleolimnology*, 44(2). pp. 603-612. doi:10.1007/s10933-010-9440-6

Last, W. M., Smol, J. P. (Eds.). (2001). Tracking environmental change using lake sediments: Vol. 1: Basin analysis, coring, and chronological techniques, (548 pp.) Dordrecht, Netherlands: Springer. doi:10.1007/0-306-47669-x

Sweetman, N. J., Smol, P. J. (2006). Patterns in the distribution of Cladocerans (Crustacea: Branchiopoda) in lakes across a Northsouth transect in Alaska, USA. *Hydrobiologia*, 553(1). pp. 277-291. doi:10.1007/s10750-005-1333-8

Szeroczyńska, K., Sarmaja-Korjonen, K. (2007). Atlas of subfossil cladocera from Central and Northern Europe. Friends of the Lower Vistula Society. Świecie.

Zsuga, K., Pekli, J. (2011). Zooplankton tanulmányok a Bodrog vízgyűjtőjén – Zooplankton studies in the Bodrog catchment area. *Hidrológiai Közlemény (Hungary)*. 91. 6. pp. 116-118.

A SZERZŐK



JAKAB JÁZMIN a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karán 2021-ben végzett biológus, szakdolgozatának keretein belül a természetes és mesterséges állóvizek üledékének összehasonlító elemzését végezte. 2021-től MSc hallgató a Debreceni Egyetem Hidrobiológia Tanszékének Hidrobiológus szakán. Főbb kutatási területe az eltérő trofitású holtmedrek Cladocera közösségének vizsgálata, illetve ezen közösségek abundanciájának és diverzitásának változása. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



BŐJTTHE ANDREA CLARA tanulmányait a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karának Biológia BSc szakán 2021-ben fejezte be, ahol szakdolgozata témája a „Klímaváltozás világszinten” volt. Jelenlegi tanulmányait Hidrobiológus MSc szakon végzi, a Debreceni Egyetemen. Kutatási területe az ártereken kialakult holtmedrek Cladocera közösségének a vizsgálata. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



SOLTÉSZ ANDOR GERGŐ tanulmányait a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar Biológia BSc szakán 2022-ben fejezte be. Jelenleg Hidrobiológus MSc hallgató a Debreceni Egyetemen. Kutatási területe az állóvízi zooplankton-közösségek vizsgálata, illetve a holtmedrek üledékében fellelhető Cladocera maradványok vizsgálata. Paleolimnológiai módszerekkel keresi a választ Cladocera-fajgyűtteseinek időbeli változásaira. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



KORPONAI JÁNOS limnológus, egyetemi docens a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kar Vízellátási és Csatornázási Tanszékén. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



GYULAI ISTVÁN környezetkutató-ökológus, adjunktus a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karának Hidrobiológiai Tanszékén. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



50 éves a Kiskörei vízlépcső (www.kotivizig.hu)

Történeti csapadékadatok egyes szisztematikus hibáinak újabb javítási lehetőségei

Rácz Tibor*

* Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Vízgazdálkodási és Klímaadaptációs Tanszék, egyetemi adjunktus (E-mail: RaczTiborFerenc@uni-mate.hu, raczt167@gmail.com)

DOI:10.59258/HK.11448



Kivonat

A folyékony csapadék mérése és az adatok feldolgozása, mint minden adattal foglalkozó tevékenység, különböző hibáknak van kitéve. A hibák kijavítására az 1600-as évek óta törekednek, de az egy napnál lényegesen rövidebb mintavételi periódusú adatokhoz csak nemrégiben készültek korrekciós eljárások. Csapadékra vonatkozó ismereteink elsősorban történeti adatokon alapulnak. A történeti adatok alatt itt az analóg adatrögzítő eszközökkel (csapadékirókkal) mért adatsorokat értjük, továbbá azokat a diszkrét adatokat, amelyek egy percnél lényegesen hosszabb mintavételnek megfelelően kerültek rögzítésre. Az ilyen jellegű adatokat jellemzően az 1990-es évekig szerezték be. Ma a csapadékinzítás meghatározásához csaknem mindig egyperces mintázást alkalmaznak, szinte kizárólag digitális formátumban, leegyszerűsítve az adatfeldolgozást. A történeti egy napon belüli adatokat általában nem korrigálták, így a mérési hibák a csapadékinzítás statisztikájában (IDF görbék) is megjelennek. A közlemény bemutatja a csapadékmérés és a csapadékinzítás mérés történetét, valamint a hibák megállapítására és kijavítására tett erőfeszítéseket. Bemutatunk néhány régebbi csapadékadat rögzítő berendezéshez kifejlesztett adatkorrekciós eljárást, valamint a hosszabb mintavételi idővel kapott adatok kiegészítő korrekcióját. Rámutatunk az adatok hosszú mintavételi periódusból adódó problémájára is, becslve annak hatását. Elmondható, hogy mindezek a hibák alacsonyabb csapadékinzítást eredményeznek, mint ami a tényleges csapadékinzítés volt a mérési időszakokban. A pontatlan referenciaadatok akadályozzák a jelenségek megértését, valamint a klímaváltozással kapcsolatos feltételezések megfelelő igazolását. A bemutatott új eljárások a témában végzett doktori kutatás eredményeként születtek és megfelelő eszközt adnak még akkor is, ha annak egyes elemei tekintetében csak statisztikai becslés alkalmazása lehetséges az adatkorrekció végrehajtásához.

Kulcsszavak

Csapadékinzítés, történeti adatok, adatjavítás, adatfeldolgozás.

New ways of correcting certain kinds of systematic errors in historical rainfall intensity data

Abstract

Liquid precipitation measurement and data processing, like any other measurement, is subject of various errors. Efforts have been made to correct errors since the 1600s, but for sub-daily data, adjusting procedures have only recently been created. Our knowledge of precipitation statistics is primarily based on historical data. The concept of historical data covers datasets measured by analogous data recording devices, and those discrete data which were recorded in significantly longer than a one-minute sampling interval. These kinds of data were obtained approximately until the 1990s. Today, a one-minute sampling period is almost exclusively used, and the digital data format makes data processing significantly simpler. Generally, the historical sub-daily data were not corrected, so the measurement errors were inherited into the statistics of rainfall intensity (IDF curves). The article presents the history of rainfall measurement and rainfall intensity measurement, as well as efforts to determine and correct the measurement's errors. We also present some data adjusting procedures of systematic errors, developed for certain types of rainfall recorders, furthermore a complementary correction of data obtained with a longer sampling period. We also point out the problems arising from the sampling characteristics of the data, estimating its effect. All of these errors result in lower rainfall intensities than the actual rainfall had in the reality in the measurement periods. Inaccurate reference data hinder the accurate understanding of phenomena, as well as the proper verification of surmises related to some details of climate change process. The new procedures are the result of a doctoral research on the issue and provide a suitable tool, even if the application of statistical estimation becomes necessary for the implementation of data correction with respect to some of its elements.

Keywords

Rainfall intensity, historical data, data correction, data processing.

BEVEZETÉS

Sajátos kettősség az, hogy a víz, amely az egyén és társadalom léteéhez alapvetően szükséges elem, számos veszély és kár forrása is lehet. A károk jelentős része az intenzív csapadékokból ered. Az ebből kialakuló felszíni lefolyáshoz kapcsolhatók az elöntések, valamint az intenzív eróziós jelenségek, a felületi- és árkos erózió, valamint a csepperózió. A felületi- és árkos erózió során a víz előbb azzal okoz kárt, hogy magával sodorja a termőtalajt, majd azzal, hogy a földrajzi viszonyok szempontjából erre alkalmas helyen lerakja és áthalmazza (Butzer 1986, Kiss 2014), egyaránt károsítva termést és talajt (Stefanovits és társai 1999). A téma kapcsán rendre felmerül az ember okozta klímaváltozás miatt észlelhető változások kérdése. Ezzel

kapcsolatban az utóbbi időben elterjedt véleménnyé vált az, hogy a vízelvezető rendszerek méretezéséhez használt csapadékmaximum függvények elavultak, mivel a klímaváltozás egyik hatásaként a csapadékoság megváltozott és a csapadékok intenzívebbé váltak (Lakatos és társai 2021, 2022). Jellemzően visszatérő jövőkép, hogy az előttünk álló évtizedekben a hazai nagycsapadékok legnagyobb intenzitásai is nőnek, hasonlóan a világ nagy részéhez (IPCC 2014, MFGI 2016, Láng 2019, Myhre és társai 2019, EPA 2021). A legnagyobb napi csapadékösszeg éves maximumainak növekedésével számos tanulmány foglalkozik (Gleason és társai 2008) és több, a klímamodellekből levezetett klímaváltozási jövőkép is a rövid idejű nagycsapadékok nagyobb előfordulásával és növekvő intenzitással

maximumaival számol, még ha területi értelemben eltérő mértékben is (*Myhre és társai 2019*). Ezen eredmények értékelése feltételezi a megfelelő pontosságú, a múltban mért referenciaadatok elérhetőségét, mivel ezek nyújthatnak megfelelő összehasonlítási alapot a változás mértékének becsléséhez.

A referenciaadatok körében különös figyelmet érdemelnek a történeti adatok, elsősorban a jelenkori berendezésektől eltérő adatrögzítés, adattárolás, utófeldolgozás miatt. A történeti adatok csapadékirók szalagjai alapján, vagy később billenőkanalas berendezések hosszú mintázási periódusú adatai révén kerültek rögzítésre. Manapság az egyperces mérési, mintázási periódus szinte magától értetődő, amint ahogy a feldolgozást lényegesen leegyszerűsítő digitális formátum is.

A történeti adatok észlelése, rögzítése és feldolgozása, mint minden mérés esetében, bizonyos hibákkal terhelt. A hibák a csapadékintenzitás adatok megbízhatóságára is kihatnak, ami a történeti adatok referencia értéként való felhasználhatóságát árnyalja. Mindez felhívja a figyelmet arra, hogy szükséges lenne a történeti csapadékatatok utólagos ellenőrzése, javítása, akár ismételt feldolgozása. A csapadékintenzitások esetében ez alapvetően az intenzitás-tartósság-gyakoriság (*Intensity-Duration-Frequency*, a továbbiakban *IDF*) összefüggésekre vonatkozik, amelyeket a hazai gyakorlatban csapadékmaximum függvényként, illetve – vélhetően alaptalanul (*Rácz 2020a*) – Montanari-függvényként ismerünk.

A továbbiakban a közlemény a történeti csapadékatatok mérési hibáinak utólagos kiküszöbölhetőségével, valamint a hosszú mintázási periódusból adódó mérési és feldolgozási hibák hatásának becslésével foglalkozik. A vizsgált berendezések a szintmérési elven működő csapadékirók és a több perces mintázási periódussal (10 perccel regisztrált mérések) működő billenőkanalas műszerek voltak. A közlemény a 2022-ben nyílt vitára bocsájtott, és megvédett doktori disszertáció alapján készült (*Rácz 2021c*).

A CSAPADÉK ÉS A CSAPADÉKINTENZITÁS MÉRÉSE

Történeti áttekintés

A csapadék mérésének legegyszerűbb módja a lehullott csapadék súlyának (ill. tömegének) vagy a térfogatának mérése. Ezek az eljárások a legutóbbi időkig egyeduralmuk voltak. Ezen eljárások során a csapadékot össze kell gyűjteni, így az ilyen eljárásokat és eszközöket gyűjtéssel járó, a csapadékkal közvetlenül érintkező módszerként lehet megkülönböztetni az újabb mérési technológiáktól. A méréshez a legegyszerűbb esetben egy térfogattal arányosan skálázott mérőedény vagy egy mérleg szükséges. A csapadék intenzitásának meghatározásához a csapadékhullás idejének mérése és rögzítése is szükséges. A csapadék mennyiségét mindig valamilyen időegységhez kötve értelmezzük és kimondatlanul is időegységhez kötve mérjük, így napi, havi, éves és egyéb periódusokra vonatkozó csapadékokról, illetve azok származtatott mennyiségeiről, például átlagairól beszélünk. A csapadék intenzitása a Meteorológiai Világszervezet, azaz a World Meteorological Organization (WMO) definíciója szerint (*WMO 1992*) azon – egy perctől néhány tíz percig terjedő

– időegység alatt gyűjtött csapadékmennyiség, amelynek az a célja, hogy gyorsan alakuló hidrológiai jelenségekhez szolgáltatson alapadatot a jelenséghez illeszkedő idő nagyságrendjében, így például felhőszakadások hatására hirtelen néhány tíz perc leforgása alatt kialakuló árvizek megfelelő leírásához (*Vuerich és társai 2009*).

Csapadékmérésről a legkorábbi feljegyzések az ősi Kínából származnak mintegy 3100 évvel ezelőtről (*Liu 2001*). 2000-2400 éves emlékek maradtak Indiából és Palesztinából (*Kurytka 1953, NIH 1990, Strangeway 2010*). Európában a csapadékmérés kezdetei a jelenleg ismert dokumentumok szerint viszonylag későiek, az 1600-as évekre datálható és Benedetto Castelli nevéhez fűződik (*Kurytka 1953, Strangeway 2010*). Az óramechanizmusok pontosságának növekedésével mód nyílt az egy napon belüli csapadékösszegek mérésére is és a csapadékintenzitás észlelése (számítása) is lehetségessé vált. Az első ilyen mérőeszköz egyikét Christopher Wren szerkesztette 1662-ben, amely egy billenőkanalas berendezés volt (billenőkanalas berendezés: a továbbiakban az angol elnevezés rövidítésével *TBG*) (*Kurytka 1953*). A *TBG* mérési elve az, hogy a csapadékvíz egy olyan edénybe jut, amely megtelepedését követően instabil statikai állapotba kerül, kiborul, a víz kiömlik és ezután az edény üresen visszabilen a kezdeti helyzetébe. A mérés során a leürítések számát kell regisztrálni és az ismert térfogatú edény révén a csapadékmérés megtörténhet. A mai berendezések esetében két, szimmetrikusan elhelyezett kanalat alkalmaznak. Wren berendezése egy súllyal hajtott óraművel működtetett dobbal rendelkezett, amelyen egy papírszalagon szeg ütött lyukat az edény átfordulásakor. Az intenzitás meghatározható volt a lyukak távolságának mérése alapján (*Strangeway 2010*). A *TBG* berendezéseket különösen az 1900-as évek közepétől, mind a mai napig széleskörűen használják. A nagyteljesítményű, automatizálható digitális adatrögzítés megoldásával a *TBG* műszerek igen népszerűvé váltak használatuk egyszerűsége, az adatok kezelhetősége miatt (*Vasvári 2005*). A folyamat jól megfigyelhető a városi csapadékmérők számában, amelyek egyre kiterjedtebb csapadékeszlelő hálózatokká növekednek, sok esetben kis sorozatban legyártott készülékek alkalmazásával (*Knolmár 2012, Rácz és társai 2012*). Egy másik, széles körben használt berendezéstípusnál a gyűjtött víz mennyiség szintjének rajzolásával rögzítették a csapadékmennyiséget, közvetve a csapadékintenzitást. E műszertípus számos eltérő részletmegoldással készült (*Kurytka 1953*), itt a továbbiakban csak a szifonos leürítéssel működő berendezéssel foglalkozunk (szifonos leürítésű csapadékiró a továbbiakban *SRW*). Ilyen berendezések a mai napig működnek világszerte, ám a magyar gyakorlatban az 1800-as évek végétől használt Hellmann-Fuess csapadékirók alkalmazása az 1990-es évektől visszaszorult. A használatos csapadékirók közül megemlíthetjük még a súlymérési berendezést, amely a mai napig elterjedt és továbbfejlesztett megoldás. Amennyiben a szél torzító hatását sikerül kiküszöbölni, a többi eszköznél megbízhatóbb mérést tesznek lehetővé.

A földfelszíni, a víz gyűjtésével és mérésével működő berendezések jellegzetes mérési hibáira a modern mérések megkezdődését követően hamar rámutattak, és idővel a javításukra eljárásokat igyekeztek kidolgozni (*Kurytka*

1953, Sevrük 1982, Vuerich és társai 2009). Ilyen hibák a mérő benedvesítése miatt nem mért csapadék, az összegyűjtött csapadék párolgása (a napi vagy ritkább leolvadású készülékeknél), valamint a szél mérésre gyakorolt hatása. Ezt már az 1600-as évek utolsó negyede óta vizsgálják: 1686-ban Franciaországban Mariott dokumentáltan ilyen irányú mérést folytatott (Sevrük 1982). 1769-ben Heberdeen írta le a csapadékösszegek eltérését az egyazon helyen, de eltérő magasságban folytatott észlelései alapján (kertben, háztetőn, illetve toronyban) (Strangeway 2010). Az észlelt csapadék-különbségekre vonatkozó elmélete nem volt helytálló, csak 1861-ben, Jevons mutatta ki a szél szerepét egy egyszerű áramlási kísérletet is elvégezve (Jevons 1861, Sevrük 1982, Strangeway 2010). A szél hatásának csökkentésére hamarosan megoldások születtek, mint Nipher szélterelője 1878-ban (Kurytka 1953). Hasonló megoldásokat utóbb világszerte fejlesztettek. A szél okozta veszteség és a cseppméret eloszlás összefüggését Abbe és Bornstein mutatta ki 1880 és 1890 között (Kurytka 1953), igazolva ezzel azt is, hogy a különböző jellegű csapadékokban azonos szélesség mellett is eltérhet a mérésben okozott hiba. Szél hatásától mentes referenciamérést végzett Koschmieder 1931-ben, amikor a mérőt egy gödörben helyezte el, amelyet a terepszinttel színelő ráccsal fedett és e rács szintjében volt a csapadékmérő tölcserének a pereme. Kísérlete során napi leolvasású Hellmann csapadékmérő mérési hibáit vizsgálva mutatta ki a mérési hiba (átlagos) mértékét (Koschmieder 1934). 1937-ben Mercanton szélcsatornás mérést végzett a munkatársaival, sok egyéb mellett a szél csapadékmérésre gyakorolt hatásának vizsgálatára, keresve továbbá az aerodinamikai szempontból legkisebb szél okozta zavarást biztosító „semleges alakú” csapadékmérőt, amelynek alkalmazásával a szél okozta hiba minimalizálható (Mercanton 1937). Allerup és Madsen az 1980-as években a hagyományos Hellmann csapadékmérőkkel, majd később egyéb típusokkal is a szél hatására vonatkozó kísérleteket folytatott (Allerup és Madsen 1980, 1986).

A perces nagyságrendű, rövid mintázási periódusú mérések hibáinak javítására az egynapos, vagy hosszabb időszakra vonatkozó, statisztikai alapon fejlesztett javító eljárások már nem alkalmazhatók. Az ilyen vizsgálatokhoz a pillanatnyi sebesség és pillanatnyi cseppeloszlás ismerete is szükséges lenne. A csapadékontenzitás és cseppméret eloszlás összefüggését az 1940-es éveket követő évtizedekben sokan kutatták (Laws és Parsons 1943, Marshall és Palmer 1948, Ulbrich 1983, Ulbrich és Atlas 1984, Williams és társai 2014), és egyre jobb összefüggéseket fejlesztettek a kapcsolat leírására. A szél miatti veszteség csapadéokra visszavezethető paraméterei megfelelő fizikai alátámasztást kaptak. Az 1950-es és az 1960-as években a csapadékmérők veszteségeinek kutatására számos szélcsatornás kísérletet folytattak (Warnick 1953, Serra 1958, Robinson és Rodda 1969, Green és Helliwell 1972).

A szél hatásának kutatását a számítástechnika áramlástan alkalmazásai, a mind fejlettebb szoftverek gyorsították fel az 1980-as évektől (számítástechnikai alkalmazások a továbbiakban: Computational Fluid Dynamics = CFD). A nyolcvanas években Folland készített két leegyszerűsített matematikai modellt (Folland 1988). Nešpor és

Sevrük az aerodinamikai hatás révén kialakuló alulmérést 3D numerikus modellezéssel vizsgálta (Nešpor és Sevrük 1999). Munkájuk nyomán Habib, Krajewsky, Nešpor és Kruger (Habib és társai 1999) korrekciós eljárást fejlesztett néhány mérőtípusra, amelyek veszteségeit eltérő időbeni felbontásokra vizsgálták. További fejlődést jelentett a CFD modellezésben a Reynolds-átlagolt Navier-Stokes (RANS) összefüggés, valamint a nagy örvényes szimulációs modell (Large Eddy Simulation, LES) alkalmazása (Constantinescu és társai 2007). A szélhatást csökkentő berendezések és a semleges alakú mérő kutatása irányában további háromdimenziós CFD vizsgálatok készültek (Colli és társai 2016a, Colli és társai 2016b, Colli és társai 2018). Caeteruccio és Lanza az esőcseppek mozgását a Lagrange-féle részecskemozgatási modell alkalmazásával és újra paraméterezésével vizsgálta egy hengeres alakú csapadékmérő, valamint az EML Kalyx semleges alakú mérő esetén (Caeteruccio és Lanza 2020, Caeteruccio és társai 2020, Caeteruccio és társai 2021).

A szélcsatornás és CFD modellezés szükségszerűen a vizsgált geometriájú mérőre, vagy szélhatást csökkentő berendezésre vonatkozik, mivel minden eltérő méretű mérő, illetve szélterelő eszköz egyedi sebességmező deformációt okoz. Ez az egyediség azt is jelenti, hogy a nem vizsgált berendezésekhez nincs korrekciós eljárás, így a korábbi évtizedekben használt csapadékirókról sem állnak rendelkezésre ilyen adatok. Mindez gyengíti a történeti csapadék, és elsősorban csapadékontenzitás adatok megfelelő referenciaként való alkalmazhatóságát. E kérdés fontosságára kvalitatív jellegű vizsgálat készült, amely a szél okozta mérési hibák hasonló nagyságrendjére utal a csapadékirók esetében is (Rácz 2021c).

Túl azon, hogy a szél okozta hibák kiküszöbölése terén a leírt elmaradások állnak fenn, a régi csapadékmérők szisztematikus mérési hibáinak javítása sem valósult meg, így például az SRW mérők esetében sem. Az SRW mérők a gyűjtött víz szintjének rögzítése elvén működő berendezések behatárolt adatrögzítést biztosító csoportjába tartoznak (Kurytka 1953). Az e csoportba tartozó műszerek hosszú, viszonylag keskeny papírszalagra rögzítik a tartály vízszintjét. Ahhoz, hogy a mérés folyamatos legyen, a papír felső szélére érő tollat vissza kellett juttatni a kiindulási helyzetbe. Ez mechanikai megoldással is megtörténhetett (folyamatos üzemű mérő), és oly módon is, hogy a mérőtartály leürítéséről gondoskodtak (közbenő leürítésű mérők), ha a vízszintje elérte a szalag felső szélét (Kurytka 1953). Az SRW berendezések esetében a leürítést szifon biztosítja. Mérési hibát okoz ugyanakkor, hogy a leürítés idején nincs mérés. A hiba annál nagyobb, mennél intenzívebb a mért csapadék. A hibát már korán észrevették. A hazai gyakorlatban Kallós foglalkozott a hiba javításával a regisztrátumok adatai alapján (Kallós 1955). Eljárásának alkalmazásáról forrás nem található. A problémát Luyckx és Berlamont vizsgálta elméleti, hidraulikai levezetéssel és laboratóriumi mérésekkel (Luyckx és Berlamont 2002). Mindkét eljárás csak teljes regisztrációs szalag elérhetősége esetén alkalmazható. Gyakran megtörténik ugyanakkor, hogy a szalag nem érhető el. Az ilyen, már feldolgozott adatok javítására a doktori kutatás során készült eljárás, amelynek áttekintő ismertetésére a következőkben kerül sor (Rácz 2021b, 2021d).

A történeti adatok előállításában jelentős szerepet játszott a már említett TBG berendezéscsalád. Az ilyen eszközök pontosságai kérdéseit a XX. század utolsó harmadában többen is vizsgálták (Marsalek 1981, Adami és Da Deppo 1985, Niemczynowich 1986, Frankhauser 1997). A TBG műszerek specifikus hibája arra vezethető vissza, hogy a billenőkanál átfordulásakor a mérés átmenetileg szünetel, továbbá intenzív eső mérése során a kanálba érkező víz egy része kifröccsenhet. A korrekció hatványfüggvény alakban felírható, jól kezelhető, és a magas intenzitások tartományában kifejezetten jól illeszkedik. Csak az alacsony intenzitások esetén tapasztalható kisebb túlkorrekció (Marsalek 1981, Lanza és társai 2006). Az utóbbi évtizedekben az egyperces mintázási periódussal mérő berendezések vizsgálatára került sor (Luyckx és Berlamont 2001, Vuerich és társai 2009). A vizsgálatokat laboratóriumi és terepi körülmények között végezték, és a legtöbb elterjedten használt modell kalibrációs paramétereit leírták (Vuerich és társai 2009). A vizsgálatok során azon korszerű berendezéseket is ellenőrizték, amelyeket a gyártók közlése szerint automatikus korrekciót biztosító elektronikával látnak el (ezek a csapadékintenzitás függvényében a szisztematikus számítási hibát automatikusan kijavítják), és vizsgálták azokat a szoftveres javítóalgoritmusokat, amelyeket a gyártók adtak ki a felhasználóknak bizonyos műszerekhez, hogy az adatfeldolgozás kiegészítő lépéseként az adatkorrekció biztosítható legyen. Minthogy a korrekciót az egyperces adatokra végzik, ezek az említett megoldások (képletek, automatika és javítószoftver), a régebbi, hosszabb mintázási periódussal rendelkezésre álló nyers adat csak további kiegészítő korrekcióval végezhető el (Rácz 2022a). Ugyanez vonatkozik az egyperces mérésből előállított, de nem javított sokperces csapadékösszegekre is.

A történeti, (egy percnél) hosszabb mintázású csapadékadatok esetében további hibaforrást jelent az, hogy az adott mintavételi periódusra vonatkozatható csúcshintenzitás nem feltétlen állítható elő az adatsorból. Ez arra vezet, hogy a csapadékintenzitás összefüggések (IDF görbék) előállítása során a valóságosnál jellemzően alacsonyabb értékek kerülnek a statisztikába, így az IDF görbék értéke a ténylegesen bekövetkezett értékekből levezethető adatokhoz képest kisebb lesz.

Szifonos csapadékírók feldolgozott adatainak javítása

A szintmérési elven működő, szifonos leürítésű műszerek alkalmazása során keletkező hibák tekintetében a leglényegesebb elem a leürítés közben méretlenül maradó csapadék miatt tapasztalható alulmérés. Ezek korrekciójára léteznek eljárások arra az esetre, ha a regisztrációs szalagok rendelkezésre állnak. A történeti adatok egy jelentős körében a regisztrációs szalagok nem érhetőek el. Ilyenkor a regisztrációs szalag alapján a csapadékmagasságból például mérési adatsor készült, amely már nem tartalmazza a leürítés időpontját, amely szükséges lenne a korrekcióhoz. Hasonló problémát jelent az az eset, amikor egy-egy csapadékból csak egyes időintervallumok legnagyobb csapa-

dékmagasságát jegyezték fel, és így a mérés közbeni leürítés időpontja ismeretlen. A hibát ezekben az esetekben tehát nem javították.

A szifonos csapadékírók (1. ábra) feldolgozott adatainak korrekciójához a doktori kutatás során készült eljárás (Rácz 2021b). A csapadékírók szalagjainak felhasználása a számítógépesítés előtti időszakban eléggé körülményes volt. A feldolgozást a legegyszerűbb módon, a legfontosabb adatok kinyerésére kellett korlátozni. Ennek módja az volt, hogy az SRW csapadékíró szalagján megkeresték a legintenzívebb 5, 10, 20, 30, 60 perces intenzitású intervallumot, amelyhez leolvasták a kezdeti és záró csapadékmagasságot, majd kiszámolták az adott időszakban hullott csapadékmagasságot. Ezt az adatot rögzítették adatlapokon, így a nyers adatot tartalmazó szalag és a kinyert adat útja elvált egymástól. Amennyiben a szifon működése közben nem rögzített csapadék miatti hibát a regisztrációs szalag alapján nem korrigálták, az adatlapokra hibával terhelt csapadékmagasság került. Mára az eredeti szalagok nem minden esetben érhetőek el. A hiba javítására készült az alábbi képlet – amelynek levezetése a disszertációban (Rácz 2021c), illetve egy még megjelenés alatt álló közleményben (Rácz 2021d) már ismertetésre került – a következő:

$$i_{corr} = \frac{\left(t + \text{int} \left(\frac{h_0 + t \cdot i_t}{h_s} \right) \left(\frac{t_{s,0}}{1 - \frac{A_f \cdot t}{q_s}} \right) \right)}{t} \cdot i_t \quad (1)$$

Az i_{corr} a javított csapadékintenzitás, i_t a nyers, mért csapadékintenzitás a t időhöz rendelve, amely az adatsorrá transzformált regisztrátum esetén mintavételi periódus, illetve a regisztrátumból kivonatolt intenzitások esetén a kivett adathoz tartozó idő. A h_0 a mérőben feltételezett kezdeti vízszint, amelynek legmegbízhatóbb becslése kezdeti vízszint egyenletes eloszlása miatt $\frac{h_s}{2}$, ahol a h_s a regisztrációs szalag szélessége, csapadékmagasságban kifejezve. A $t_{s,0}$ az az idő, amely a berendezés leürítéséhez szükséges amennyiben vízutánpótlódás nincs, az A_f érték a mérő gyűjtőfelülete, végül q_s a leürítés átlagos vízhozama. A képlet levezetése részletes közleményekben került ismertetésre (Rácz 2021b, 2021c, 2021d).

Vizsgálat készült tényleges adatok felhasználásával a Budapest Belterület meteorológiai állomás Hellmann-Fuess csapadékírókkal rögzített adatainak felhasználásával, amely részletesen szakmai közleményben és a disszertációban került megjelentetésre (Rácz 2021a, 2021c). A kutatás során kapott eredmények azt mutatják, hogy a maximális csapadékintenzitásokban a 10 éves átlagos előfordulási gyakoriság esetén a korrekció értéke az 5%-ot meghaladja, a 100 éves adatok esetében a gyakorlatban kevéssé használt 5 perces adat esetében 21%, a 10 percnél hosszabb időablakokra 10-13% volt. Az eredmények szerint tehát a rövidebb t időkre, és épp a műszaki szempontból lényeges ritka (extrém) csapadékesemények adataiban található számottevő hiba, melyek korrekciója fontos lenne.



1. ábra. Hellmann-Fuess csapadékmérő

(Forrás: <https://www.th-friedrichs.de/assets/ProductPage/ProductDownload/E56.pdf>)

Figure 1. Rain Gauge by Hellmann

(Source: <https://www.th-friedrichs.de/assets/ProductPage/ProductDownload/E56.pdf>)

Billenőkanalas mérővel mért többperces csapadékösszegek (intenzitások) utólagos javítása

A korábbiakban említettük, hogy a TBG csapadékmérők (2. ábra) szisztematikus hibájának javítására az alábbi alakú hatványfüggvény alkalmazását javasolják (Vuerich és társai 2009):

$$i_c = a \cdot i_r^b \quad (2)$$

ahol i_c - a csapadékintenzitás javított (corrected) értéke, avagy kalibrálás esetén a referenciaként elfogadott intenzitás (a korrigálás itt azt jelenti, hogy a nyers, mért adatokat a laboratóriumi kalibrálás során előállított egyenlettel javítom, számolom), i_r - a mérőn mért adatokból javítás nélkül számolt „nyers” csapadékintenzitás, a, b - a műszer kalibrációs paraméterei.

Amennyiben a mérési adatok mintázási periódusának hossza eltér a korrekció meghatározása során használt egyperces mintázási periódustól, jellemzően hosszabb annál, az alap periódus korrigált intenzitásai alapján számolt csapadékösszeg nem egyezik meg az átlagos csapadékintenzitás korrigált átlagértékével számolt csapadékösszeggel. Korrekció nélkül a kétféle számolási eljárás eredményei természetesen megegyeznek. Ahhoz, hogy a korrigált esetben a két módon számolt térfogat – a valóságnak megfelelően – megegyezzen, kiegészítő korrekció alkalmazása szükséges (levezetést ld. Rác 2021c, 2022a).



2. ábra. Egy hagyományos kialakítású billenőkanalas csapadékmérő berendezés a szerkezet burkolatának és tölcserének eltávolításával

(<https://www.hyquestolutionsamerica.com/products/hardware/meteorology/tb3-tipping-bucket-rain-gauge>)

Figure 2. Tipping bucket rain gauge – removed enclosure and collector (<https://www.hyquestolutionsamerica.com/products/hardware/meteorology/tb3-tipping-bucket-rain-gauge>)

A valóságban a hosszabb periódus átlagos intenzitása ismert, így a korrekciót ennek javítására kell felírni. A javított csapadékinzintitás ennek alapján a következőképp írható (Rácz 2022a):

$$i_{c(B)} = \frac{\sum_{j=1}^n (c_j^b)}{n} \cdot a \cdot i_{m,t}^b = CF_t \cdot a \cdot i_{m,t}^b \quad (3)$$

A képlet tartalmazza az a és b , műszerre vonatkozó kalibrációs, avagy javító paramétereket, így megállapítható, hogy a javító formula a mérő paramétereitől és az n értéktől, valamint a $\sum_{j=1}^n (c_j^b)$ összegtől függ. Egy adott mérő esetén a hosszú mintázási időközű mérésnél ugyan a javító paraméterek, valamint az n szám ismert, de a c_j súlyszámok nem. A súlyszámokra vonatkozó megszorítások, illetve tulajdonságok részletezve a korrekciós tényezőt leíró közleményben találhatóak (Rácz 2022a). A CF_t érték további vizsgálata szükséges ahhoz, hogy a gyakorlatban alkalmazható legyen az eljárás. A korrekciós összefüggésből látható, hogy a javító tényező értékét a b hatványkitevő határozza meg. A szakirodalomban (Vuerich és társai 2009, Lanza és társai 2010) rendelkezésre álló, széles körben használt műszer típusokra vonatkozó képletek b paramétere 1,15-nél kisebb, így a CF_t korrekció lehetséges maximuma egyszerűen meghatározható. A vizsgált műszerek körében a legtöbb korrekciót igénylő berendezés esetén a korrekció mértéke az ötperces mintázás esetén 1-2%, a 10-30 perces esetén 1-3%, míg a 60 percesnél 2-7%. Mindezek alapján kijelenthető, hogy a korrekció kifejezetten a hosszabb mérési periódusok esetén lehet lényeges, és kifejezetten a nagy korrekciót igénylő műszerek esetében. A módszer alkalmazását a Budapest Belterület csapadékmérő állomás Lambrecht 15188 gyártmányú berendezéssel mért adatainak korrekciójáról szóló közlemény mutatja be (Rácz 2021a).

A vázolt korrekciós eljárás felhasználható lehet a meteorológiai mérések körén túl is, ahol hatványfüggvény alapú korrekciót alkalmaznának a korrekciós formula előállításától eltérő mintavételi periódussal mért adatokra.

A mintavételezés sűrűségének hatása az IDF görbék reprezentativitására

A csapadékinzintitás mérése nagyobb léptékben részben analóg (folyamatos, pl. SRW mérők), részben periodikus mintavételezéssel (TBG berendezések) terjedt el. Az analóg mérés eredményeit az adatfeldolgozás során óhatatlanul kvantálni, diszkretizálni szükséges, így az adatok periodikus vagy aperiodikus diszkrét állományként állnak rendelkezésre. Periodikus mintavételezés esetén egy folytonos függvényként értelmezhető jelenséget (pl. az időhöz egyértelműen hozzárendelt csapadékadatot) diszkrét függvényre transzformálunk (Kovács 2014). Alapvető kérdés az, hogy a mért adatokból visszaállítható-e a jelenséget leíró folytonos függvény, és ha igen, milyen feltételekkel. Erre a kérdésre válaszol a Shannon-Nyquist-féle mintavételi tétel (Kovács 2014, Huba és Lipovszky 2014), amely néhány kikötés teljesülése esetén elégséges feltételt ad azon legnagyobb mintázási periódusra, amely esetén a folytonos függvény még visszaállítható a mérési adatokból.

A tétel szerint valamely körfrekvenciakorlátos függvény akkor állítható vissza hiba nélkül a mintáiból, ha a mintavételezés frekvenciája (periódusidejének reciproka) a frekvenciakorlát kétszeresét meghaladja. A csapadék vonatkozásában nehéz értelmezni a frekvenciakorlát mibenlétét, de a kérdést a mintavétel frekvenciája felől megközelítve érzékelhető, hogy egy bizonyos t mintavételezési idő mellett a $2t$ időt meghaladó periódusú jelenségek állíthatók helyre az adott mérés adataiból.

A különféle mintavételezési idők pontosságra gyakorolt hatása szemléltethető az egyperces mintavételi sűrűséggel felvett (mért) adatsor felhasználásával. A szemléltetéshez egy sűrű mintázású adatsorból létrehozható több ritkább mintázású adatsor, és ezek vizsgálatával becsülhető az információ csökkenésének, szóródásának mértéke. Belátható, hogy a csapadék az adott mérési periódus kezdeti időpillanatához képest bármely más időpillanatban is kezdődhetett volna. Minden egyes eset új idősort szolgáltat, amelyek maximumai összehasonlíthatók. Ennek révén megállapítható az, hogy adott mintázási periódus mellett a mintavételezés során a maximumok mekkora tartományban szóródnak, illetve milyen valószínűséggel képesek a tényleges (esetünkben az egyperces mérésekből ismert) maximumot szolgáltatni.

A kérdés vizsgálatáról a doktori kutatás kapcsán jelent már meg közlemény (Rácz 2020b), amelynek megállapításai lényegesek a jelen tanulmány vonatkozásában. A kérdést Szentes László Olivér munkája vetette fel (Szentes 2018), amely egy csapadékiró és egy 10 perces mintavétellel működő automata csapadékmérő adatait hasonlította össze. A gondolatának továbbfejlesztése alapján lefolytatott vizsgálatok is bemutatták, hogy az állandó időközű mintavétellel előállított adatsorok mennyire esetlegesen írják le a legnagyobb csapadékinzintitásokat (Rácz 2021a). A kérdés további vizsgálata során megállapítható volt, hogy a mérés kezdetének és a legnagyobb intenzitás csapadékon belüli helyzetének véletlen jellege miatt a kimérhető legnagyobb intenzitások egy számottevő szélességű sávban szóródnak, és a legnagyobb mérhető értéket csak kis valószínűséggel adja eredményül. A szóródás sávja egy adott igen heves zivatar adataiban a 10 perces mérési intervallumban a 10-30 perces adatokra 3-7% lehet. E hibák javítására egyelőre nincs a gyakorlatban eljárás.

ÖSSZEFOGLALÁS, JAVASLATOK

A közleményben látható, hogy a folyékony csapadék és csapadékinzintitás mérésével kapcsolatban milyen, a méréssel összefüggő és az adatfeldolgozásból fakadó hibák fordulnak elő. A hibák kijavítására régóta törekednek ugyan, de számos kérdés vonatkozásában csak az utóbbi időben születtek korrekciós eljárások. Ezek alkalmazása a történeti adatokra vonatkozóan egyelőre nem történt meg, köztük az azokon alapuló statisztikák – így a csapadékinzintitás görbék is – jelentős hibával lehetnek terheltek. A dolgozatban összefoglalásra került néhány olyan eljárás, amely a szifonos ürítésű csapadékirók, valamint a hosszú mérési periódusú billenőkanalas mérők adatainak javításában nyújthat segítséget. Bemutattuk azt is, hogy milyen hibák öröklődnek a mintavételezés sajátosságai miatt a csapadékinzintitás statisztikákban. E hibák mindegyike ki-

sebb csapadékintenzitásokat eredményez, egymásra halmozódva a csapadékintenzitások a múlt időszakokra vonatkozóan alacsonyabbnak tűnnek a valóságban realizálódott értékhez képest. Mindez a jelenségek pontos megismerését, valamint a klímaváltozással kapcsolatos felvételek, vélelmek megfelelő igazolási lehetőségét bizonytalanítja el.

A kérdéssel kapcsolatban folytatott doktori kutatás eredményeképp fejlesztett eljárások megfelelő javítást biztosítanak. A kutatási eredmények alapján a következő javaslatok készültek az eddigi eredmények továbbfejlesztésére:

- A. A csapadékmérők szél okozta mérési hibájának elemzésére a napon belüli csapadékok vizsgálata szükséges, amelyhez a csapadék és szélstatistika együttes elemzése elengedhetetlen – ebben a tárgyban kutatási eredmények publikálása folyamatban van (Rácz 2022b).
- B. A szél miatti mérési hiba kimutatásához szükséges a berendezések áramlástanai vizsgálata, melynek során a régebben használt csapadékmérők mérési hibáját is becsülni lehet, hasonlóan néhány ilyen irányú vizsgálathoz, egyes készülékekre vonatkozóan.
- C. A korábbi csapadékmérési adatok szisztematikus hibáktól való mentesítése szükséges, amely révén a múltbéli adatok revíziója megtörténhet, és ennek révén a klímátörténeti adatok korrekciójára sor kerülhet.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A jelen közlemény és az annak alapjául szolgáló doktori disszertáció elkészítését jelentős mértékben elősegítette az Országos Meteorológiai Szolgálat a feldolgozásra alkalmas csapadékadatok biztosításával. A disszertáció dr. Szalai Sándor meteorológus, programozó matematikus, egyetemi docens vezetésével készült, aki 2022 júniusában elhunyt. Őrizze emlékét ez a közlemény!

IRODALOMJEGYZÉK

Adami, A., Da Deppo, L. (1985). On the systematic errors of tipping bucket recording rain gauges. In: Workshop on the Correction of Precipitation Measurements, Instruments and Observing Methods, Report No. 25 WMO, Zurich. pp. 27-30.

Allerup, P., Madsen, H. (1980). Accuracy of point precipitation measurement. In: Nordic Hydrology. 11. (2). pp. 57-70. doi:10.2166/nh.1980.0005

Allerup, P., Madsen, H. (1986). On the correction of liquid precipitation. In: Nordic Hydrology. 17. pp. 237-250. doi:10.2166/nh.1986.0016

Butzer, K.W. (1986). A földfelszín formakincse. Gondolat, Budapest.

Cauteruccio, A., Lanza, L.G. (2020). Parametrization of the collector efficiency of a cylindrical catching-type rain gauge based on rainfall intensity. Water, 2020. 12. p. 3431. doi:10.3390/w12123431

Cauteruccio, A., Colli, M., Freda, A., Stagnaro, M., Lanza, L.G. (2020). The role of free-stream turbulence in attenuating the wind updraft above the collector of precipitation gauges. Journal of Atmospheric and Oceanic

Technology, 37.1. pp. 103-113. doi:10.1175/JTECH-D-19-0089.1

Cauteruccio, A., Brambilla, E., Stagnaro, M., Lanza, L.G. (2021). Experimental evidence of the wind induced bias of precipitation gauges using particle image velocimetry and particle tracking in the wind tunnel. Journal of Hydrology, 600 (2021) 126690. doi:10.1016/j.jhydrol.2021.126690

Colli, M., Lanza, L., Rasmussen, R., Thériault, J.M. (2016a). The Collection Efficiency of Shielded and Unshielded Precipitation Gauges. Part I. CFD Aerflow modeling. Journal of Hydrometeorology, 17(1). pp. 231-243. doi:10.1175/JHM-D-15-0010.1

Colli, M., Lanza, L. (2016b). The Collection Efficiency of Shielded and Unshielded Precipitation Gauges. Part II: Modeling particle trajectories. Journal of Hydrometeorology. 16(1). pp. 245-255. doi:10.1175/JHM-D-15-0011.1

Colli, M., Pollock, M., Stagnaro, M., Lanza, L.G., Dutton, M., O'Connell E. (2018). A computational fluid-dynamic assessment of the improved performance of aerodynamic rain gauges. AGU Publications Water Resources Research. 54. pp. 779-796. doi:10.1175/JHM-D-15-0011.1

Constantinescu, G.S., Krajewski, W., Ozdemir, C.E., Tokay, T. (2007). Simulation of airflow around rain gauges: Comparison of LES with RANS models. Advances in Water Research, 31. pp. 43-58. doi:10.1016/j.advwatres.2006.02.011

EPA (Environmental Protection Agency) (2021). Climate change indicators: heavy precipitation. <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heavy-precipitation> (Letöltés dátuma: 2021.09.04.)

Folland, C. (1988). Numerical models of the raingauge exposure problem, field experiments and an improved collector design. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 114. pp. 1485-1516. doi:10.1002/qj.49711448407

Frankhauser, R. (1997). Measurement properties of tipping bucket raingauges and their influence on urban runoff simulation. Water Science and Technology, 36(8-9). pp. 7-12. doi:10.2166/wst.1997.0636

Gleason, K., Lawrimore, J.H., Levinson, D.H., Karoly, R.T., Karoly, D.J. (2008). A Revised U.S. Climate Extremes index. Journal of Climate, 21(5). pp. 2124-2137. doi:10.1175/2007JCLI1883.1

Green, P.J., Helliwell, P.R. (1972). The effect of wind on the rainfall catch. In: Vol. II of Distribution of precipitation in mountainous areas. Geilo Symposium, Norway, 31 July - 5 August 1972, WMO/OMM No.326

Habib, E., Krajewski, W.F., Nešpor, V., Kruger, A. (1999). Numerical simulation studies of rain gage data correction due to wind effect. Journal of Geophysical Research, 104(D16). pp. 19723-19733. doi:10.1029/1999JD900228

Huba A., Lipovszki Gy. (2014). Méréselmélet. Budapest. BME-MOGI. Forrás: <http://old.mogi.bme.hu/TA-MOP/mereselmélet/index.html>

INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (IPCC) (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report Of the IPCC. In M. L. Pachauri R:K: (Szerk.), IPCC. pp. 1-31, Geneva, Switzerland.

Jevons, W. S. (1861). On the defficiency of rain in an elevated rain-gauge, as caused by wind. The London Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. pp. 421-433. doi:10.1080/14786446108643180

Kallós I. (1955). Ombrogrammok értékelése. Hidrológiai Közlöny, 35. évf. 7-8. sz. pp. 293-296.

Kiss T. (2014). Geomorfológiai vizsgálati módszerek. JATEPress, Szeged ISBN 978-963-315-202-X.

Knolmár, M. (2012). Cost effective rainfall monitoring., Book3, 1 pp. 183-190. Sofia, Bulgaria.

Koschmieder, H. (1934). Methods and results of definite rain measurements. Monthly Weather Review, 62 (1). pp. 5-7. doi:10.1175/1520-0493(1934)62<5:MA-RODR>2.0.CO;2

Kovács Gy. (2014). A jelfeldolgozás matematikai alapjai. Debrecen: Debreceni Egyetem Informatikai Kar. (Digitális egyetemi jegyzet).

<http://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/handle/123456789/12316>

Kurytka, J.C. (1953). Precipitation measurements study. Urbana, Illinois, USA: State of Illinois, State Water Survey Division, Dpt. of Education and Registration.

Lakatos, M., Szentes, O., Cindrić Kalin, K., Nimac, I., Kozjek, K., Cheval, S., Dumitrescu, A., Iraşoc, A., Stepanek, P., Farda, A., Kajaba, P., Mikulová, K., Mihic, D., Petrovic, P., Chimani, B., Pritchard, D. (2021). Analysis of Sub-Daily Precipitation for the PannEx Region. Atmosphere 2021, 12, 838. doi:10.3390/atmos12070838

Lakatos M., Bihari Z., Izsák B., Marton A., Szentes O. (2022). Megfigyelt éghajlati változások Magyarországon, Légkör, 66 (3). pp. 5-11.

Laws, J.O., Parsons, D.A. (1943). The relation of raindrop size to intensity. Transactions, American Geophysical Union, 24(2) pp. 452-460. doi:10.1029/TR024i002p00452

Láng I. (2019). Feladataink a települési csapadékvíz-gazdálkodás területén. In: Vízmű Panoráma, XXVII (3). pp. 2-4.

Lanza, G.L., Vuerich, E., Gnecco, I. (2010). Analysis of highly accurate rain intensity measurements from a field test site. Advances in Geosciences, 25. pp. 37-44. doi:10.5194/adgeo-25-37-2010

Lanza, G.L., Leroy, M., Alexandropoulos, C., Stagi, L., Wauben, W. (2006). WMO laboratory intercomparison of rainfall intensity gauges. Final report. World Meteorological Organisation. (Instruments and observing methods report No. 84), World Meteorological Organisation, Geneva.

Liu, G. (2001). Hydrology in ancient time in China. In: Colloque International OH2 «Origines et Histoire de l'Hydrologie», Dijon, 9-11 Mai 2001. Université de Bourgogne. Dijon

Luyckx, G., Berlamont, J. (2001). Simplified method to correct rainfall measurements from tipping bucket rain gauges. Specialty Symposium on Urban Drainage Modeling at the World Water and Environmental Resources Congress 2001, May 20-24, 2001 Orlando, Florida, United States. pp. 767-776. doi:10.1061/40583(275)72

Luyckx, G., Berlamont, J. (2002). Accuracy of siphoning rain gauges. Ninth International Conference on Urban Drainage (9ICUD), September 8-13, 2002, Portland, Oregon, United States. pp. 1-12. doi:10.1061/40644(2002)251

Marsalek, J. (1981). Calibration of tipping bucket rain gauge. Journal of Hydrology, 53(3-4). pp. 343-354. doi:10.1016/0022-1694(81)90010-X

Marshall, J. S., Palmer, W. McK. (1948). The distribution of raindrops with size. Journal of Meteorology, 5. pp. 165-166. doi:10.1175/1520-0469(1948)005<0165:TDORWS>2.0.CO;2

Mercanton, P.L. (1937). La Météorologie. pp. 136-139.

MFGI (2016). Éghajlatváltozás és alkalmazkodás - A Nemzeti Éghajlatváltozási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) kialakítása. (Magyar Földtani és Geofizikai Intézet) Budapest.

Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C.W., Hodnebrog, Ø., Marelle, L., Samset, B.H., Sillmann, J., Schaller, N., Fischer, E., Schulz, M., Stohl, A. (2019). Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. Scientific Reports 9, 16063. doi:10.1038/s41598-019-52277-4

NIH (1990). Hydrology in the ancient India. (Szerk.: S. T. M.,) NIH=National Institute of Hydrology, Roorkee - India, Uttharapradesh.

Nešpor, V., Sevruk, B. (1999). Estimation of wind induced error of rainfall gauge measurements using numerical simulation. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 16. pp. 450-464. doi:10.1175/1520-0426(1999)016<0450:EOWIEO>2.0.CO;2

Niemczynowich, J. (1986). The dynamic calibration of tipping bucket raingauges. Nordic Hydrology, 17. pp. 203-214. doi:10.2166/nh.1986.0013

Rácz T., Bana Zs., Székely Á, Szilágyi M. (2012). Csapadékmérő hálózat fejlesztése Budapesten. In K. Z. Szilávik L. (Szerk.), XXX. Országos Vándorgyűlés, Magyar Hidrológiai Társaság. pp. 994-1002.

Rácz T. (2020a). IDF görbe vagy Montanari-féle csapadékmaximum-függvény? A magyar elnevezés története. in: Vízmű Panoráma, XXVIII (3). pp. 24-28.

Rácz T. (2020b). A mintavétel és az adatfeldolgozás szerepe a csapadékmaximum függvények megbízhatóságában és összehasonlíthatóságában. Hidrológiai Közlöny, 100. évf. 4. sz. pp. 52-59.

Rácz T. (2021a). Application of correction procedures for some systematic measurement errors to rainfall intensity data of a rain gauge in Budapest. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 65(4). pp. 1025-1035. doi:10.3311/PPci.17731

Rácz T. (2021b). On the correction of processed archive rainfall data of siphoned rainfall. *Időjárás*, 125(3). pp. 513-519. doi:10.28974/idojaras.2021.3.9

Rácz T. (2021c). Történeti és jelenkori csapadékadatok vizsgálata. Doktori disszertáció, Gödöllő, MATE Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, https://uni-mate.hu/documents/20123/336900/Racz_Tibor_ertekezes.pdf/5371f63a-1453-b4a7-42eb-91a8b07dd93e?t=1652702740962

Rácz T. (2021d). Hellmann-Fuess csapadékirók szisztematikus hibájának korrekciója a feldolgozott záporadatokban. III. Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia 2021. november 10., Elbírálás alatt.

Rácz T. (2022a). On the correction of multiple minute sampling rainfall data of tipping bucket rainfall recorders. *Időjárás*, 126(2). pp. 285-295. doi:10.28974/idojaras.2022.2.7

Rácz T. (2022b). Wind speed estimation for the correction of wind-caused errors in historical precipitation data. *Időjárás*, (In press).

Robinson, A.C., Rodda, J.C. (1969). Rain, wind and the aerodynamic characteristics of rain gauges. *Meteorological Magazine*, 98. pp. 113-120.

Serra, L. (1958). Possibilités d'amélioration des mesures de précipitations. In: Publ. No. 43 U.G.G.I. Ass. Int. Hydrol. Sc. Gen. Ass. Toronto. pp. 535-545.

Sevruk, B. (1982). Methods of correction for systematic error in precipitation measurement for operational use. (Operational Hydrology Report No. 21) World Meteorological Organisation, Geneva.

Stefanovits P., Filep Gy., Füleki Gy. (1999). Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 470.

Strangeway, I. (2010). History of rain gauges. *Weather*, 65(5). pp. 133-138. doi:10.1002/wea.726

Szentes L.O. (2018). A rövid idejű intenzív csapadékok statisztikai vizsgálata. Diplomamunka. Budapest, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék. p. 85. https://nimbuser.elte.hu/tanszek/docs/MSc/2018_2/Szentes_Laszlo_Oliver_2018.pdf

Ulbrich, C.W. (1983). Natural variations in the analytical form of the raindrop size distribution. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 22. pp. 1764-1775. doi:10.1175/1520-0450(1983)022<1764:NVI-TAF>2.0.CO;2

Ulbrich, C.W., Atlas, D. (1984). Assessment of the contribution of differential polarization to improved rainfall measurements. *Radio Science*, 19(1). pp. 49-57. doi:10.1029/RS019i001p00049

Vasvári V. (2005). Calibration of tipping bucket rain gauges in the Graz urban research area. *Atmospheric Research*, 77 (1-4). pp. 18-28. doi:10.1016/j.atmosres.2004.12.012

Vuerich, E., Monesi, C., Lanza L.G., Stagi, L., Lanziger E. (2009). WMO field intercomparison of rainfall intensity gauges. World Meteorological Organisation. (Instruments and observing methods report No. 99), World Meteorological Organisation, Geneva.

Warnick, C.C. (1953). Experiments with windshields for precipitation gages. In: *Transactions, American Geophysical Union*, 34(3). pp. 379-388. doi:10.1029/TR034i003p00379

Williams, C.R., Bringi, V.N., Carey, L.D., Chandrasekar, V., Gatlin, P.N., Haddad, Z.S., Meneghini, R., Joseph Munchak, S., Nesbitt, S.W., Petersen, W.A., Tanelli, S., Tokay, A., Wilson, A., Wolff, D.B. (2014). Describing the Shape of Raindrop Size Distributions Using Uncorrelated Raindrop Mass Spectrum Parameters, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 53(5). pp. 1282-1296. doi:10.1175/JAMC-D-13-076.1

WMO (1992). International Meteorological Vocabulary WMO/OMM/BMO - No. 182, Geneva, Switzerland.

A SZERZŐ



RÁCZ TIBOR 1991-ben okl. építőmérnökként végzett a BME Építőmérnöki Karán, vízépitőmérnöki szakirányon. 2022-ben a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemen PhD fokozatot szerzett. 1991 és 2005 között tervezőként dolgozott mérnöki irodáknál és saját vállalkozásában. 2005-től 2019 végéig a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. Ár- és Belvízvédelmi Osztályán dolgozott, 13 éven át annak vezetője volt. 2020-ban a Ramboll Studio Dreiseitl pekingi irodájában senior vízépitő mérnök. 2022-től egyetemi adjunktus a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Környezettudományi Intézetében a Vízgazdálkodási és Klímaadaptációs Tanszéken. A Magyar Hidrológiai Társaság Vízépitési Szakosztályának elnöke, a Társaság titkára.

Történelmi pillanatkép

Rovatvezető: Fejér László címzetes egyetemi docens, a Magyar Hidrológiai Társaság Tiszteleti tagja, az MHT Vízügyi Történelmi Bizottságának elnöke.

Az öntözésügyi szakoktatás kezdetei (Kállay Miklós szerepe a hazai agrárképzés fejlődésében)

Albert Gábor*

* Történész, Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár (E-mail: albert.gabor@mmgm.hu)

DOI:10.59258/HK.11453



Kivonat

A Kállay Miklóssal kapcsolatos történelmi kutatások – főként és elsősorban – az 1942 és 1944 közötti miniszterelnöki tevékenységéhez kapcsolódnak. Agrárminiszteri, illetve az Országos Öntözésügyi Hivatal (OÖH) elnökeként végzett korábbi munkájáról ugyan az utóbbi időkben jelentek meg szakmunkák, az általa vezetett OÖH öntözésügyi szakoktatással kapcsolatos elképzelései is érdekesek az utókor számára. Célunk annak rekonstruálása, hogy 1937 és 1942 között milyen megfontolásból, mely agrárszakoktatási intézményekben tervezték bevezetni az *Öntözéses gazdálkodás* tantárgyat, és mely intézményekben indult el ténylegesen is a tantárgy oktatása az Országos Öntözésügyi Hivatal kezdeményezésére.

Kulcsszavak

Országos Öntözésügyi Hivatal, öntözéses gazdálkodás, öntözésügyi szakoktatás.

The beginnings of irrigation education (The role of Miklós Kállay in the development of the Hungarian agricultural education)

Abstract

The historical research related to Miklós Kállay is - mainly and primarily - related to his activities as prime minister between 1942 and 1944. Although specialized works have recently been published about his previous work as Minister of Agriculture and as president of the National Irrigation Office (*Estók 2017; Vágás 1992*), the ideas of the National Irrigation Office he led regarding irrigation education are also interesting for posterity. Our goal is to reconstruct the reasons for which the subject of Irrigation Farming was planned to be introduced between 1937 and 1942, in which agricultural education institutions, and in which institutions the teaching of the subject actually began at the initiative of the National Irrigation Office.

Keywords

National Irrigation Office, irrigation farming, irrigation education.

KÁLLAY MIKLÓS AZ ORSZÁGOS ÖNTÖZÉSÜGYI HIVATAL ÉLÉN

Amikor Lampl Hugó 1936 tavaszán a kormányzói audiencián elmagyarázta Horthy Miklósnak az öntözési terv lényegét, a kormányzót meglepte Lamplnak a mérnökök melletti harcias kiállása, majd csodálkozva kérdezte tőle: „Kegyed mérnök?” – *Igen, feleltem éspedig az a mérnök, aki jelenleg a Minisztérium Vízügyi Műszaki Főosztályán kizárólag az öntözések kérdésével foglalkozik! Ekkor akkorát csapott az asztalra, hogy a különböző-gondosan hegyezett ceruzák, amelyek egy fatálcán voltak kirakva, felugrottak, és azt mondta: Na végre egy mérnököt küldtek hozzám és nem jogászt!* (Lampl 1971).

A szaktörténetírók előtt ismert, Lampl Hugó emlékiratában olvasható párbeszéd nem csak a jogászi munkával szembeni fenntartásaira, hanem a Trianon utáni Magyarország megváltozott vízrajzi helyzetéből adódó kormányzói aggodalomra, és Horthynak mint országvezetőnek a vízügyek, illetve az öntözésügy melletti elköteleződésére is rámutat. A trianoni békediktátum következtében megváltozott határok ugyanis jelentősen megváltoztatták Magyarország vízrajzi helyzetét.

Az aszálykárok elkerülése, a mezőgazdasági termelés minőségi és mennyiségi növelésének igénye, az Alföldre tömörült lakosság élelmiszerellátása és foglalkoztatása (ezáltal a munkanélküliség és a kivándorlás megakadályozása) az öntözésügy felértékelődéséhez vezetett, és annak intézményes fejlesztését vonta maga után. Az előmunkálatok igen szerény keretek között indulhattak meg egy központi öntözésügyi előadói ügykör megszervezésével az FM Vízügyi Műszaki Főosztályán és a Hármaskör Öntözési Bizottság létrehozásával, és csak 1934-ben kezdte meg munkáját a Vízügyi Műszaki Főosztály Tervező Csoportja is.

Az 1935. évi aszálykárok nyomában támadt öntözési igények kielégítésére dolgozták ki – a Sajó-féle vízügyi programhoz (*Sajó 1931*) igazodva – az öntözésügy előkészítését szolgáló tiszántúli öntözési kerettervet, majd az országgyűlés megalkotta az 1937: XX. tc.-et, az ún. „Öntözési törvényt” (*Palov 1985*). A programalkotás, az előkészítés és a kodifikációs munka a hivatali-intézményes háttér megteremtésével, a M. Kir. Országos Öntözésügyi Hivatal létrehozásával teljesedett ki.

Az Országos Öntözésügyi Hivatal vezetését a kormányzó a politikában rutinosan mozgó, ma úgy mondanánk, hogy

„erős lobbierővel bíró”, agrárminiszteri tapasztalatokkal már rendelkező bizalmasára, Kállay Miklósrá bízta (1. kép).



1. kép. Kállay Miklós (Forrás: Duna Múzeum)
Photo 1. Miklós Kállay (Source: Duna Múzeum)



2. kép. A Körösön Békésszentandrásnál létesített Vitéz Horthy István vízlépcső 1942. október 15-i ünnepélyes üzembe helyezése. Horthy Miklós kormányzó mögött Kállay Miklós áll (Forrás: Duna Múzeum 2015.3.2.)

Photo 2. Ceremonial startup of István Horthy barrage at Békésszentandrás on the River Körös, October 15, 1942. Miklós Kállay is behind governor Miklós Horthy (Source: Duna Múzeum 2015.3.2.)

Kállay 1937-től 1942-ig, azaz miniszterelnöki kinevezéséig vezette az Országos Öntözésügyi Hivatalt. 1954-es emlékiratában (Kállay 1954) ezekről az évekről szűkszavúan az alábbiakat vetette papírra: „Miután 1937-ben kineveztek az Országos Öntözésügyi Hivatal élére, teljesen a hivatalom ügyeinek szenteltem magam. (Ekkor született az első tervgazdasági koncepció Magyarországon, az állami költségvetéstől független, tizenkét évre biztosított pénzügyi alappal. Vezetésem idején az egész koncepció végleges formát öltött, befejeződött a tervezés, elkészült a tiszafüredi és a körösi öntözési rendszer, valamint a békésszentandrás duzzasztó. A nagy tiszai öntözési rendszernek jelentős csatornázási és egyéb alapmunkái is befejeződtek. Együttal kidolgoztuk a magyar rizstermesztés módszereit, és megindult a nagybani termesztés is.)”

ELKÉPZELÉSEK AZ ÖNTÖZÉSES GAZDÁLKODÁS RENDES TANTÁRGYKÉNT TÖRTÉNŐ BEVEZETÉSÉRŐL

Az Országos Öntözésügyi Hivatal az előmunkálatok, a tervezési feladatok, az építési és a kisajátítási munkák mellett az öntözéses gazdálkodás elterjedését előmozdító tevékenységeket, így az öntözéses gazdálkodás oktatását is fontos feladatának tekintette – ahogyan arról a hivatal által kiadott Öntözésügyi Közleményekben megjelent éves jelentésekben olvashatunk.

Az 1938. évi jelentés erről az alábbiakat írta: „elengedhetetlenül szükséges, hogy a mezőgazdasági szakoktatási intézmények közül felső-, közép- és alsófokon azoknál az intézményeknél, amelyek a tiszántúli öntözőrendszerek területén fekszenek, az öntözéses gazdálkodás rendszeresített elméleti és gyakorlati tantárgyként mezőgazdasági és műszaki vonatkozásaiban részletesen taníttassék” (Németh 1939).

Az Országos Öntözésügyi Hivatal a földművelésügyi tárcának részletes előterjesztést készített az öntözéses gazdálkodás rendes tárgyként történő bevezetéséről. Ebben azt javasolták, hogy a Debreceni Gazdasági Akadémián külön öntözési tanszék létesüljön, és a tanszék keretében a II. és III. évfolyamos hallgatóknak heti 2-2 órában öntözéses gazdálkodást oktassanak (Németh 1939).

A tiszántúli középfokú gazdasági tanintézetek közül a választás egyértelműen Szarvasra esett. 1927-től a középfokú gazdasági tanintézetként és szaktanácsadó állomásként működő intézményt az agrártárca felügyelte. Az intézmény tangazdaságában az 1930-as évek közepétől öntözőtelep is működött. Az Országos Öntözésügyi Hivatal a szarvasi középfokú gazdasági tanintézet tantervébe ugyancsak a II. és III. évfolyamon heti 2-2 órás tárgyként javasolta az öntözéses gazdálkodás felvételét. Az öntözéses gazdálkodás alapszintű tanítását a békéscsabai és a karcagi mezőgazdasági szakiskolák II. évfolyamán heti 2 óra elméleti oktatás keretében tervezték bevezetni. Ez az iskola-típus (korábbi nevén földművesiskola) szintén az agrártárca felügyelete alatt állt. Az Országos Öntözésügyi Hivatal azt is javasolta, hogy a két intézményben az öntözőgazdálkodást 2 éves gyakorlati kiképzés keretében is oktassák (Németh 1939).

A békéscsabai és a karcagi alapfokú mezőgazdasági szakiskolák kijelölését minden bizonnyal az a szempont is befolyásolta, hogy a két település már nagy múlttal

rendelkezett az öntözéses gazdálkodás területén. Békéscsaba Borjúrét nevű határrészén a XX. század elején az ország legnevesebb minta-öntözőtelepe üzemelt. Számos hazai szakember több évtizeden keresztül itt tanulmányozta az öntözéses rétgazdálkodás alapelveit, összefüggéseit (Palov 1985).

A Darányi Ignác földművelésügyi miniszter hivatali idejében, még 1897-ben Karcagon alapított földművelésiskola az 1920-as évek végén már 50 tanulót fogadott. A karcagi intézmény a környék hasonló nagyságú gazdaságai közül nemcsak magas termésátlagával és állattállományával, hanem modern épületeivel és felszereltségével is kiemelkedett. A telepen már az 1920-as évek végén két szélmotor biztosította a vízellátást és az öntözést (N.N. 1929). Különösen Szentannai Sámuel igazgató hivatali idejéhez (1912-1932) fűződnek azok a sziktalajjavítási kísérletek és eredmények, melyek nem csak a közvélemény és a szakma, de a legmagasabb vezető politikai körök érdeklődését is felkeltették. 1927 áprilisában Horthy Miklós meglátogatta a karcagi földművelésiskolát és elsőként az 50 hold föld öntözésére alkalmas gróf Keglevich-féle légsűrítéssel működő szivattyú szerkezetet tekintette meg (Fazekas 1999).

VITA AZ ORSZÁGOS GAZDASÁGI SZAKOKTATÁSI TANÁCS ÜLÉSÉN

Az Országos Öntözésügyi Hivatal előterjesztését az Országos Gazdasági Szakoktatási Tanács véleményezte. „Az öntözéses gazdálkodás ismereteinek behatóbb tanítása a szakoktatási intézetekben” című napirend előadója a szarvasi közép fokú gazdasági tanintézet igazgatója, vitéz Székely Győző volt.

Az Országos Gazdasági Szakoktatási Tanács Tanulmányi Bizottsága 1939. március 24-i ülésén a napirend kapcsán kisebb szakmai vita bontakozott ki a szarvasi tanintézet igazgató-előadója és Kállay Kornél, az Országos Öntözésügyi Hivatal főmérnöke között – ahogyan arról a Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltárban őrzött Országos Öntözésügyi Hivatal Iktatott irataiból értesülhetünk.

Székely Győző aggodalmát fejezte ki az öntözéses gazdálkodás 1939 szeptemberi bevezetésével kapcsolatban. Az öntözési ismeretekkel kapcsolatos gyakorlati tudnivalókat kiforratlannak ítélte, külön tárgyként történő bevezetését pedig a nagy órászámmal működő iskolákban – így a szarvasi tanintézetben is – kivitelezhetetlennek tartotta a növendékek túlterheltsége miatt. Állításait a szarvasi tanintézet gazdaságában felállított 105 kataszteri hold kísérleti öntözőtelep vonatkozásában szerzett tapasztalataira alapozta. Mint írta: „... azt kellett megállapítanunk eddig, hogy az öntözéses gazdálkodás kérdései egyáltalán nem olyan egyszerűek és még sok kérdés /a szükséges vízmenyiség, vízmérés, a víz időközi adagolása, a víz szétosztása, a növényfajták és különféle talajok viselkedése, a megszezés szükségessége és mérve stb./ tisztázatlan.” (KVL II. 2.a. Országos Öntözésügyi Hivatal Iktatott iratok (1939) 861/1939a).

Kállay Kornél – aki 1936 és 1938 között a szarvasi tanintézet bikazugi gazdaságának volt a vezetője – nem értett egyet Székely azon állításával, mely szerint az öntözés kiforratlan és tisztázatlan lenne. „Éppen a szarvasi m. kir.

középfokú gazdasági tanintézet kísérleti öntözőtelepén érték el azokat az eredményeket, amelyekre már nyugodtan rá lehet építeni az öntözéses gazdálkodás alapjait. Így, – hogy mást ne említsek – a vöröshere, füvesherék, mester-séges rétek, a lucerna és a kapásnövények öntözésének kérdéseivel még a legmostohább hazai viszonyok között is tökéletesen tisztában vagyunk. Ugyancsak tökéletesen tisztában vagyunk már azzal, hogy Magyarországon kiváló minőségű rizset is sikerrel lehet termesztetni. – Kétségtelen, hogy megoldatlan problémák még vannak. De ugyan melyik gyakorlati, akár elméleti tudományágban nincsenek még megoldatlan problémák?” – olvashatjuk Kállay Kornél válaszmegjegyzését (KVL II. 2.a. Országos Öntözésügyi Hivatal Iktatott iratok (1939) 861/1939b).

A bikazugi tangazdaság volt vezetője a szarvasi tanintézetben az öntözéses gazdálkodáshoz szükséges órászámot nem órászámnöveléssel, hanem három tantárgy átstrukturálásával szerette volna biztosítani: elképzelése szerint az egyes tantárgyak oktatói más-más megközelítésből tanítanák az öntözést. Javaslatára a II. évfolyamon a „Mezőgazdasági vegytan és technológia” című 4 órás tantárgyból heti 1 órát a talajjal és vízgazdálkodással kapcsolatos tudnivalókra kellene fordítani. A Gazdasági gyakorlatra mind a négy évfolyamon heti 4 óra állt rendelkezésre, melyből a téli időszakokban az öntözéses gazdálkodás alapismereteire heti 1-1 órát lehetne szánni. Végül a III. évfolyamon az építészettan oktatója a rendelkezésre álló heti 3 órából 1 órában az öntözés tanítását, tereprendezési és géptani ismereteit ismertetné. Kállay Kornél – aki maga is gyakorló tanár volt Szarvason – láthatóan jól ismerte a középfokú szakoktatás tantárgyi struktúráját és tananyagrendszerét (KVL II. 2.a. Országos Öntözésügyi Hivatal Iktatott iratok (1939) 861/1939b).

Székely Győző a Debreceni Gazdasági Akadémián a tervezetben szereplő önálló tanszék felállítását is korainak és költségesnek ítélte meg. Egy tanár nem tanszék – jelentette ki. Bár – mint elmondta – teljes részletességgel nem ismeri a gazdasági akadémiai hallgatóság elfoglaltságát, de kétségét fejezte ki a tárgynak két éven át heti 2-2 órában való megtartását illetően. Mivel a Debreceni Gazdasági Akadémia önálló öntözőteleppel nem rendelkezik, így rendkívül időigényes és nehézkes volna a Hortobágyon létesített öntözőtelepen a gyakorlatokat megszervezni. Az előadó azt is nehezményezte, hogy mivel a kísérleti területek messze vannak, a tanszék tudományos-kutató munkát sem végezhet. A gazdasági akadémiákon az öntözéses gazdálkodást a talajismereti, növénytermesztési és műszaki ismereti tárgyak órászámainak keretén belül tartotta kivitelezhetőnek, a már meglévő tanszékek hatáskörébe utalva (KVL II. 2.a. Országos Öntözésügyi Hivatal Iktatott iratok (1939) 861/1939a).

Kállay ezzel szemben kifejtette, hogy Debrecenben Halász Miklós igazgató nem heti 2 órát, hanem egy egész délutánt szentel az öntözésügyi oktatására és bár a Debreceni Gazdasági Akadémiának valóban nincs önálló öntözőtelepe, de vasúton vagy busszal egy óra alatt el lehet jutni a hortobágyi kísérleti öntözőüzembe. Kállay szerint a Debrecenben tervezett önálló tanszék értelemszerűen nem egy oktató, hanem egy felelős oktató mellett fiatal kollégák együttes alkalmazását, megfelelő műszaki és

laboratóriumi felszerelést, magánsemináriumok beiktatását jelenti. A leendő tanszék tudományos kutatómunkáját pedig nem fogja megnehezíteni az sem, hogy a kísérleti terület távol van. A bikazugi tangazdaság volt vezetője az öntözéssel kapcsolatos tudományos szervezés területén is otthonosan mozgott, és kellő nemzetközi kitekintéssel rendelkezett. Válaszában példaként említette a budapesti Műegyetem mezőgazdasági fakultását, a bécsi Hochschule für Bodenkultur és a Modenában működő állami mezőgazdasági kísérleti állomás működését, jelezve, hogy mindegyik intézménytől távol helyezkedik el a kísérleti telep, mégis komoly tudományos munkát végeznek a kollégák (*KVL II. 2.a. Országos Öntözésügyi Hivatal Iktatott iratok (1939) 861/1939b*).

AZ ÖNTÖZÉSES GAZDÁLKODÁS OKTATÁSA A GAZDASÁGI AKADEMIÁKON

A földművelésügyi tárca láthatóan komolyan vette az öntözésügyet és az Országos Öntözésügyi Hivatal munkáját, ugyanis az Országos Öntözésügyi Hivatal 1939. januári előterjesztésére az 1939-1940. évi tanévben a magyaróvári és debreceni gazdasági akadémiákon, az 1940-1941. tanévben pedig a Keszthelyi Gazdasági Akadémián kollokviumi tárgyként kötelezően elrendelte az *Öntözéses gazdálkodás* tanítását (*Németh 1940*).

A debreceni (és a keszthelyi) gazdasági akadémiákon végül külön öntözéses gazdálkodás tanszékesoport is létrejött (*Surányi 2018*). A kötelező kollokviummal záruló tantárgy előadására 1939 és 1941 között Németh Endre, Kállay Kornél és Lapray Géza kaptak lehetőséget (*Németh 1940, 1941, 1942*). Mindhárman neves mérnökök voltak, az oktatásban pedig elismert szakembereknek számítottak.

Németh Endre (1891-1976) mérnöki diplomáját a Budapesti Műszaki Egyetemen szerezte (*3. kép*). 1923-tól került állami vízügyi munkakörbe, előbb az FM Halászlát Osztály főmérnöke, 1932-től a Budapesti Kultúrtechnológiai Hivatal munkatársa lett. Érdeklődése az Alföld öntözésügye felé fordult, annak megszervezésében és az öntözéses mezőgazdaság elterjesztésében nélkülözhetetlen szerepet játszott. 1936-ban Trummer Árpáddal és Lampl Hugóval közösen készítették el az Alföld öntözési kerettervét. Külföldi – főleg olasz és francia tanulmányútjain szerzett – tapasztalatait 1937-től az Országos Öntözésügyi Hivatal munkatársaként kamatoztatta. Az Országos Öntözésügyi Hivatal kiadványát, az *Öntözésügyi Közleményeket* szerkesztette. A Tiszalöki vízlépcső és a hozzá tartozó nagy tiszántúli öntözőcsatorna, az 1943-as békésszentandrás duzzasztó, a tisztaörvényi és hódmezővásárhelyi szivattyútelepek tervezési és kivitelezési munkálataiban is részt vett, az itt szerzett gyakorlati tapasztalatait pedig előszere-ttel emelte be egyetemi előadásaiába is. 1940-ben Rohringer Sándor nyugalomba vonulását követően vette át az I. sz. Vízépítéstan Tanszék vezetését, 1941-ben egyetemi tanárrá nevezték ki (*Bogárdi 1976, Vágás 1991, Fejér 2019*).

A mezőgazdasági mérnök Kállay Kornél (1907-1973) (*4. kép*) korának „ritka nagy tudású mezőgazdasági polihisztor volt” – olvashatjuk Jánossy Andor róla írt 1974-es nekrológiájában (*Jánossy 1974*). A Magyaróvári Gazdasági Akadémia elvégzése után a mezőgazdasági tanári pályát választotta. Szombathelyen, Nagykállón és Csermajorban is tanított, 1936-ban pedig Szarvasra került, ahol –

mint fent már említettük – 1936 és 1938 között a tanintézet bikazugi tangazdaságának és kísérleti öntözőtelepnek vezetője lett. Az öntözéses növénytermesztésnek és rizstermesztésnek szentelte életét. Azt vallotta, hogy az aszályal küzdő Alföldön az öntözés tudja jövedelmezővé tenni a mezőgazdaságot. A tanintézet tanáraival a szántóföldi növények vízigényét, az öntözés talajtani hatását, az öntözés módjait, a szükséges berendezési eszközök költségétényezőit és várható jövedelemnövelő hatásait vizsgálta. 1938-ban már az Országos Öntözésügyi Hivatal vízhasznosítási osztályának vezetője lett (*Kurucz 2017*). Az agrártárca felkérésére lett a magyaróvári intézményben az öntözéses gazdálkodás előadója. Az öntözéses növénytermesztéssel a háború után is foglalkozott. Az ország egész mezőgazdasági szakember társadalma ismerte és elismerte munkásságát.



3. kép. Németh Endre (Forrás: Duna Múzeum)
Photo 3. Endre Németh (Source: Duna Múzeum)



4. kép. Kállay Kornél (Forrás: Duna Múzeum)
Photo 4. Kornél Kállay (Source: Duna Múzeum)

Lapray Géza (1909-1999) (5. kép) a budapesti József Nádor Műszaki Egyetemen 1932-ben mérnökként végzett, majd 1939-ben a Magyaróvári Gazdasági Akadémián szerezte meg a mezőgazdasági diplomát. A nemzetközi tudományos életbe már 1937-ben bekapcsolódott, 1937 és 1939 között az Országos Öntözésügyi Hivatal mérnökeként a Milánói Műszaki Egyetemen kiváló minősítéssel doktorált. 1940 és 1943 között a Magyaróvári Mezőgazdasági Főiskolán (1942-ben a korábbi gazdasági akadémia mezőgazdasági főiskolai rangra emelkedett) hidraulikát és Kállay Kornél mellett az öntözéses gazdálkodást adta elő. Az 1940-es évek végén elhagyta az országot: a nemzetközi tudományos élet állomásai Marokkóhoz és Algériához kötődtek. 1956 és 1960 között a marokkói vízügyi laboratórium műszaki igazgatója, 1963-ig a Rabati Mérnöki Főiskola hidraulika és geodéziai, 1963 és 1988 között az Algiri Műszaki Egyetem hidraulika professzoraként dolgozott (Bardóczy 2001).



5. kép. Lapray Géza (Forrás: Duna Múzeum)
Photo 5. Géza Lapray (Source: Duna Múzeum)

Az Országos Öntözésügyi Hivatal nem légvárra építette az öntözéses gazdálkodás tanítását Debrecenben. Sass Gábor gépészmérnök öntözéssel kapcsolatos iratanyaga – mely a Magyar Mezőgazdasági Múzeum Agrártörténeti Iratok Gyűjteményének értékes darabja – ugyanis arról árulkodik, hogy a Debreceni Gazdasági Akadémián már az Országos Öntözésügyi Hivatal létrehozása előtt is foglalkoztak az öntözésüggyel és az öntözéses gazdálkodás oktatásával.

Sass 1936-ban a Műszaki Tanszék vezetőjeként írt levelet a Hofherr–Schrantz–Clayton–Shuttlerworth R.T.-nek, innen tudunk arról a kezdeményezésről, mely a hortobágyi kísérleti telepen a víz szélerővel történő megemelésére irányult. Sass 1938. szeptember 14-i feljegyzése pedig azt bizonyítja, hogy az öntözés oktatása a Tanszék életében igazán fontos szerepet játszott: a *Kulturtechnika*

tantárgy első része a vízgazdálkodási műszaki ügyeket, az öntözés módjait és azok végrehajtását, valamint a szükséges berendezések bemutatását, a *Géptan* stúdium pedig az öntözéshez szükséges gépek, szivattyúk, esőszerű öntözőberendezések részleteinek ismertetését tartalmazta (MMgM AI 7135).

A Magyaróvári Gazdasági Akadémián az 1939-1940. tanévtől kezdődően az V. évfolyamon heti két előadás keretében oktatták az öntözéses gazdálkodást, melyből a hallgatók kollokváltak.

A Széchenyi István Egyetem Egyetemi Könyvtár és Levéltár Mosonmagyaróvári Levéltára őrzi Lukács Béla földművelésügyi államtitkár 1939. augusztus 31-i megbízó levelét. Ebből értesülhetünk arról, hogy az 1939-1940. tanévben az agrártárca itt is Németh Endrére és Kállay Kornélra bízta a tárgy oktatását (SZE EKL ML VIII. 4.c Iktatott iratok 779/1939.).

Az 1940-1941. tanévben Kállay Kornél mellett Lapray Géza főmérnök is tartott előadást. Az *Öntözéses gazdálkodás* a tanszékhez nem sorolt tantárgyak között szerepelt. A stúdium rangját emelte az a tény, hogy az *Öntözéses gazdálkodás* is azon tárgyak egyike volt, melyet „a műegyetem mezőgazdasági osztályának tanrendje önálló tárgyként nem ismert” (Wallehsausen 1993)

Az Országos Öntözésügyi Hivatal tisztviselői közül Grimm János műszaki tanácsos nevét érdemes még megemlítenünk. Ő a Magyar Királyi Kertészeti Akadémián a *Kulturtechnika* stúdium keretében tartott öntözéses gazdálkodásból előadásokat (Németh 1942). A Hivatal 1943-1945 közötti működéséről szóló utolsó jelentése a Kertészeti Főiskola nagytérenyi 160 kat. holdnyi ingatlanán 100 kat. hold öntözésre berendezett területéről is említést tett. Itt a hallgatók az öntözéses gazdálkodás gyakorlati kérdéseivel foglalkoztak (Németh 1947).

AZ ÖNTÖZÉSES GAZDÁLKODÁS TANÍTÁSÁNAK KÉRDÉSE KÖZÉP- ÉS ALAPFOKON

Az Öntözésügyi Közlemények 1939. évi jelentésében az alábbiakat olvashatjuk: „Nincs még egyelőre intézkedés a közép- és alsófokú gazdasági szakoktatási intézményekre. Előkészületként azonban ezeknek az intézményeknek nővénytermesztéstani tárgykörrel foglalkozó tanárai számára a m. kir. földművelésügyi miniszter úr rendelkezésére 8 napos elméleti és gyakorlati tanfolyamot tartottunk, részben Budapesten, részben a hortobágyi kísérleti gazdaságban.” (Németh 1940).

A szarvasi gazdasági tanintézet korabeli iskolai értesítői évről évre közölték az intézmény óratervét. Ezek az óratervek arról árulkodnak, hogy az öntözéses gazdálkodás tantárgyat külön tárgyként egyik évfolyamon sem vezették be (Székely 1939, Horváth 1940, 1941, Kachelmann 1942, 1943, 1944). Ennek oka a tantervi előírások erős kötöttségében keresendő. A szarvasi középfokú gazdasági tanintézet tanterve az 1927-es induláskor sem volt kiforrott, sőt zsúfoltság jellemezte. Megnyugtató megoldás 1938-ban következett be, amikor az Országos Gazdasági Szakoktatási Tanács javaslatára az agrártárca jelentősen csökkentette az óraszámokat (Lipcei 2014). Az óraszám csökkentésére irányuló bő 10 éves tendenciát látva megérthetjük Székely Győző szarvasi igazgató fenntartásait az

Országos Öntözésügyi Hivatal óraszámnövekedésre irányuló javaslatával szemben.

Ez persze nem jelenti azt, hogy Szarvason az öntözésügyre ne fordítottak volna kellő figyelmet. Beszédesebb a tanintézet 1937-1938. évi részletes tanítási terve. A *Mezőgazdasági vegytan és technológia* tantárgy II. osztályos tanítási anyaga talajkémiai ismereteket is tartalmazott. Itt az öntözés mértékét is befolyásoló talajok tápanyagtartalmáról, a tápanyag pótlását igénylő istállótrágyázásról is tanultak a diákok (*Székely 1938*). A *Gazdasági gyakorlaton* a tangazdaság öntözőberendezésével, a *Gazdasági géptan és építéstudomány* stúdium keretében pedig a szél-, víz- és hőerőgépekkel is megismerkedtek a tanulók (*Székely 1938*). A fent felsorolt tárgyak átstrukturálására, átszervezésére irányuló javaslatával Kállay Kornél nyitott kapukat döngetett, hiszen az általa javasolt tantárgyak keretében mindvégig lehetőség kínálkozott az öntözésügy hangsúlyozására.

Az is bizonyos, hogy a tanintézet szaktanárait erősen foglalkoztatta az öntözésügy és arról előadások, tanulmányok formájában számot is adtak.

A szarvasi tanintézet 1936-1937. évi iskolai értesítőjében „Az öntözéses gazdálkodás problémái” címmel jelent meg egy írás Kállay Kornéltól és Páter Károlytól. Páter – aki később a Gödöllőre telepített Agrártudományi Egyetem rektoraként lett ismert – az 1930-as években Szarvason kémiát tanított. A közösen jegyzett publikációjuk az öntözéses növénytermesztés szarvasi tapasztalatainak összegzéseként értékelhető (*Páter és Kállay 1937, P. Hartyányi 1988*).

Gazdasági építéstudomány a II. évfolyamon heti 3 órában, és *Mezőgazdasági géptan* a III. évfolyamon szintén heti 3 órában Molnár Béla gazdasági tanár, okleveles gépészmérnök, az intézet műszaki tanszékének vezetője oktatott. Molnár azzal a Sass Gáborral állt munkakapcsolatban, aki – mint korábban leírtuk – a Debreceni Gazdasági Akadémián a Műszaki Tanszék vezetőjeként igen fontosnak tekintette az öntözésügy gépészeti szempontból történő feldolgozását és oktatását. Életútjuk számos párhuzamot mutat. Közösen írtak tankönyvet, *Gazdasági géptan* című kiadványuk 1937-től került forgalomba.

Sass a Debreceni Gazdasági Akadémiáról, Molnár Szarvasról került Magyaróvárra. Utóbbi az 1942-1943-as tanévben a IV. évfolyamos hallgatók számára egy teljesen új, a „Mezőgazdaság fejlesztésének időszzerű kérdései” című tárgy keretében tartott speciális előadást a mezőgazdasági öntözőtelepek üzemi kiadásairól – tudjuk meg a mosonmagyaróvári mezőgazdasági főiskola 1942-1943. évi tanévének prodékáni beszámolójából (*Világhy 1944*).

Az iskolai értesítők és a korabeli újsághírek arról is tudósítottak, hogy az öntözésügy gyakorlati kérdéseit a közbirtokosok körében a tanintézet folyamatosan népszerűsítette.

1938 júliusában Horthy Miklós, Magyarország kormányzója Teleki Mihály földművelésügyi miniszter és Kállay Miklós, az Országos Öntözésügyi Hivatal elnöke társaságában megtekintette a békésszentandrás duzzasztómű munkálatait és meglátogatta a szarvasi kísérleti öntözőtelepet. A Békésmegyei Közlemény 1938. július 31-i

lapszámának riportja a kormányzó megelégedéséről és elismeréséről tudósított (*Orosz 1938*).

A földművelésügyi miniszter 1939-ben az alapfokú szakintézményekben, így Karcagon és Békéscsabán sem rendelte még el az öntözéses gazdálkodás bevezetését. A tárca ugyanakkor fontosnak tartotta a Vallás- és Közoktatásügyi Minisztérium fennhatósága alatt álló mezőgazdasági népiskolákban is az öntözéses gazdálkodás népszerűsítését. Ennek érdekében a felügyeletéhez tartozó kecskeméti Magyar Királyi Darányi Ignác Gazdasági Szaktanítóképző Intézetben a mezőgazdasági népiskolák igazgatói számára továbbképző tanfolyamokat hirdetett (*Németh 1941*).

Végül – bár szoroson nem az Országos Öntözésügyi Hivatal kezdeményezéséhez kapcsolódik – nem érdektelen egy később elvetélt, kezdetben nagy lendülettel induló kezdeményezésről is említést tenni.

Gyulán 1940-ben a város képviselőtestületének döntése értelmében Varga Gyula polgármester a földművelésügyi miniszterhez írt levelében külön öntözőiskola létrehozását kezdeményezte – ahogyan arról a Magyar Nemzeti Levéltár Békés Vármegyei Levéltárában őrzött polgármesteri iratokból értesülhetünk. A tényleges oktatás megkezdését a kezdeti lendület (képviselőtestületi döntés, a Földművelésügyi Minisztérium támogatása, helyszíni bejárás) ellenére a későbbi akadályok (jogi, szervezeti és telekértékesítési anomáliák) késleltették, majd a közeledő front meg is hiúsította (*MNL BML V. B. 173. 68 doboz, Surányi 2018*).

ZÁRÓGONDOLATOK

Kállay Miklós kétéves miniszterelnöksége és történelmi szerepe „elhomályosítja, hogy 1937 és 1942 között, csaknem 5 éven át az Országos Öntözésügyi Hivatal elnöke volt, ebben a minőségében vízügyeink egyik elsődleges meghatározója.” (*Vágás 1992*).

Mezőgazdasági szakkérdésekkel, így a vízügyekkel is jóval miniszterelnöksége előtt kezdett foglalkozni. 1922 és 1929 között Szabolcs és Ung közigazgatásilag egyelőre egyesített vármegye kinevezett főispánjaként már foglalkozott az agrárkérdésekkel, 1932 októberétől a földművelésügyi tárca első embereként pedig a hazai agrárpolitika formálójává lett (*Estók 2017*).

Az 1937-es öntözési törvény előkészítése Kállay Miklós 1932. október 1-jei hivatalba lépése előtt történt. Sajó a programját 1930-ban tette le Mayer János miniszter asztalára. A program végrehajtásában viszont Kállay agrárminiszterként, majd az OÖH első elnökeként meghatározó szerepet játszott.

Az Országos Öntözésügyi Hivatal nemcsak a gazdák körében népszerűsítette az öntözéses gazdálkodást, de intézményes keretek között, a szakiskolák minden szintjén igyekezett azt az oktatásba bevezetni. Az agrártárca pedig minden esetben felkarolta az Országos Öntözésügyi Hivatal kezdeményezését.

A gazdasági akadémiákon az öntözéses gazdálkodás kollokviumi tárgy lett, a földművelésügyi miniszter az Országos Öntözésügyi Hivatal munkatársait kérte fel az

előadások megtartására. Bár önálló öntözésügyi tanszék nem, de öntözéses gazdálkodás tanszékcsoport Debrecenben és Keszthelyen is alakult. A Tiszántúl metropoliszában, Debrecenben az Országos Öntözésügyi Hivatal építhetett a Műszaki Tanszékre és Sass Gábor tanszékvezető korábbi munkájára.

A szarvasi középfokú gazdasági tanintézet szaktanárai Kállay Kornél gazdasági tanár irányításával a tanintézet bikazugi gazdaságában a talaj tápanyagforgalmát vizsgálták, rendszeresen tartottak öntözésügyi előadásokat vagy publikáltak a tanintézet értesítőjében. Bár Szarvason az öntözéses gazdálkodás önálló tárgyként nem került be az óratervebe, a részletes tanórai leírások rögzítik, hogy a *Gazdasági géptan és építészet*, valamint a *Mezőgazdasági vegytan és technológia* szaktárgyon belül figyelmet fordítottak az öntözésügy szakspecifikus bemutatására, a gazdasági gyakorlatokon pedig megfigyelték az öntözőberendezés működését is.

Horthy Miklósnak a szarvasi tanintézet öntözőtelepén tett látogatása egyértelműen jelzi, hogy az öntözésügy terén Szarvas meghatározó szerepet játszott.

Az alapfokú szakoktatási intézmények tanárai számára az öntözéses gazdálkodás tanításának felkészítésére tanfolyamot hirdettek. A Magyar Királyi Darányi Ignác Gazdasági Szaktanítóképző Intézetben a Vallás- és Közoktatásügyi Minisztérium (VKM) által fenntartott mezőgazdasági népiskolák igazgatói számára tartottak felkészítést. Mindazonáltal a tanfolyami tapasztalatokról keveset tudunk. Összegyűjtésük, okadatolt forrásfeltárásuk további kutatást igényel. Konkrétan annak bemutatását, hogy a növénytermesztés tanárok a tanfolyamon megszerzett öntözésügyi szakismereteket hogyan, milyen formában közvetítették diákjaiknak.

Gyulán a közeledő front hiúsította meg a tervezett öntözőiskola tényleges működését.

Összegezve megállapíthatjuk, hogy a Kállay Miklós által vezetett Országos Öntözésügyi Hivatal komoly erőfeszítéseket tett és számos eredményt ért el az öntözésügy szakképzésbe történő bevezetésében. Bár az Országos Öntözésügyi Hivatal a második világháború után, 1948-ban megszűnt, a Kállay Miklós és Lampl Hugó által megkezdett öntözésfejlesztés az 1950-es években, majd azt követően is sokáig a hazai szocialista agrárpolitika kiemelt jelentőségű területe volt.

Jelen közlemény a 2022. november 18-án, Pécsen, az Országos Neveléstudományi Konferencián elhangzott előadás szerkesztett változata.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bardóczy L.* (2001). Dr. Lapray Géza 1909-1999. Hidrológiai Közöny, 2001. 81. évf. 2. sz. p. 136.
- Bogárdi J.* (1976). Németh Endre [1891-1976] Vízügyi Közlemények 1976. (58. évf.) 4. sz. pp. 499-501.
- Estók J.* (2017). Kállay, az agrárpolitikus. Rubicon, 28. évf. 5. sz. pp. 30-37.
- Fazekas S.* (1999). Százéves a Karcagi Mezőgazdasági Szakközépiskola. In: Balogh K. (szerk.). A Karcagi

Szentannai Sámuel Mezőgazdasági Szakközépiskola, Gimnázium és Kollégium Jubileumi Évkönyve 1899-1999. Felelős kiadó Z. Tóth György. Karcag.

Fejér L. (2019). A Magyar Hidrológiai Társaság kitüntetettjei 1917-2017. Magyar Hidrológiai Társaság. pp. 215-216.

Horváth I. (1940). A M. Kir. Földművelésügyi Minisztérium fennhatósága alatt álló szarvasi M. Kir. Tessedik Sámuel Középfokú Gazdasági Tanintézet és Mezőgazdasági Szaktanácsadó Állomás XIII. értesítője az 1939-40-ik tanévről. A „Szarvasi Közöny” Könyvnyomdája. Szarvas. p. 84. Magyar Mezőgazdasági Múzeum (MMgM) Szakoktatás-történeti Gyűjtemény (SZO) 2007. 30. 1.

Horváth I. (1941). A M. Kir. Földművelésügyi Minisztérium fennhatósága alatt álló szarvasi M. Kir. Tessedik Sámuel Középfokú Gazdasági Tanintézet és Mezőgazdasági Szaktanácsadó Állomás XIV. értesítője az 1940-41-ik tanévről. A „Szarvasi Közöny” Könyvnyomdája. Szarvas. p. 33. MMgM (SZO) 2007. 31. 1.

Jánossy A. (1974). Kállay Kornél. Növénytermelés. 1974. (23. évf.) 1. sz. pp. 91-92. doi:10.1515/soeu-1974-235-611

Kachelmann C. (1942). A M. Kir. Földművelésügyi Minisztérium fennhatósága alatt álló szarvasi M. Kir. Tessedik Sámuel Középfokú Gazdasági Tanintézet és Mezőgazdasági Szaktanácsadó Állomás XV. értesítője az 1941-42-ik tanévről. A „Szarvasi Közöny” Könyvnyomdája. Szarvas. p. 32. MMgM (SZO) 2007. 32. 1.

Kachelmann C. (1943). A M. Kir. Földművelésügyi Minisztérium fennhatósága alatt álló szarvasi M. Kir. Tessedik Sámuel Középfokú Gazdasági Tanintézet és Mezőgazdasági Szaktanácsadó Állomás XVI. értesítője az 1942-43-ik tanévről. A „Szarvasi Közöny” Könyvnyomdája. Szarvas. p. 22. MMgM (SZO) 2007. 33. 1.

Kachelmann C. (1944). A M. Kir. Földművelésügyi Minisztérium fennhatósága alatt álló szarvasi M. Kir. Tessedik Sámuel Középfokú Gazdasági Tanintézet és Mezőgazdasági Szaktanácsadó Állomás XVII. értesítője az 1943-44-ik tanévről. A „Szarvasi Közöny” Könyvnyomdája. Szarvas. p. 53. MMgM (SZO) 2007. 34. 1.

Kállay M. (1954). Hungarian Premier..., New York, Columbia University Press. Magyar nyelven: Magyarország Miniszterelnöke voltam, 1942-1944. Európa, Budapest, 2012. p. 38. doi:10.7312/kall91502

Kurucz M. (2017). Agrármúltunk nagyjai. Kállay Kornél (1907-1973). Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja, 2017. (28. évf.) 10. sz. p. 160.

Lampl H. (1971). Az 1937. évi XX. tc.-kel felállított Országos Öntözésügyi Hivatal története és annak kulisszatitkai. In: Szerényi I. (szerk.). Szemelvények a magyar öntözés történetéből (Források a vízügy múltjából 6.) Országos Vízügyi Levéltár, Budapest, 1988. p. 17.

Lipcsei I. (2014). Felső mezőgazdasági iskolák a Trianon utáni Békés vármegyében. Neveléstörténet. 11. évf. 1-2. sz. pp. 71-83.

Németh E. (1939). Öntözésügyi közlemények. Műszaki és gazdasági folyóirat. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest. pp. 66-67.

Németh E. (1940). Öntözésügyi közlemények. Műszaki és gazdasági folyóirat. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest. p. 99.

Németh E. (1941). Öntözésügyi közlemények. Műszaki és gazdasági folyóirat. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest. p. 157.

Németh E. (1942). Öntözésügyi közlemények. Műszaki és gazdasági folyóirat. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest. p. 210.

Németh E. (1947). Öntözésügyi közlemények. Műszaki és gazdasági folyóirat. Egyetemi Nyomda, Budapest. p. 29.

N.N. (1929). A M. Kir. Földművelésügyi Miniszter fennhatósága alatt álló karcagi M. Kir. Földművesiskola ismertetője. „Patria” irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság, Budapest.

Orosz I. (1938). Magyarország kormányzójának látogatása a békésszentandrás duzzasztómű munkálatainál és a szarvasi kísérleti öntözőtelepen. Békésmegyei Közlöny. 1938. július 31. p. 5.

Palov J. (1985). Az öntözések múltja a Dél-Tiszántúlon. Békés Megyei Múzeumok Igazgatósága. Békéscsaba.

Páter K., Kállay K. (1937). Az öntözéses gazdálkodás problémái. In: Székely Gy. (1937). A M. Kir. Földművelésügyi Minisztérium fennhatósága alatt álló szarvasi M. Kir. Tessedik Sámuel Középfokú Gazdasági Tanintézet és Mezőgazdasági Szaktanácsadó Állomás X. értesítője az 1936-37-ik tanévről. A „Szarvasi Közlöny” Könyvnyomdája. Szarvas. pp. 5-25.

P. Hartványi B. (1988). Kállay Kornél (1907-1973). In: Für L., Pintér J. (1988). Magyar Agrártörténeti Életrajzok I-P. Budapest, Magyar Mezőgazdasági Múzeum. pp. 76-80.

Sajó E. (1931). Emlékirat vizeink fokozottabb kihasználása és újabb vízügyi politikánk megállapítása tárgyában. Vízügyi Közlemények, 1. sz. pp. 7-89.

Surányi B. (2018). A magyar mezőgazdasági szakoktatás története 1945-ig, különös tekintettel a debreceni agrárfelsőoktatásra. Gerundium. 9(1), pp. 81-115. doi:10.29116/gerundium/2018/1/5

Székely Gy. (1938). A M. Kir. Földművelésügyi Minisztérium fenntartása alatt álló szarvasi M. Kir. Tessedik

Sámuel Középfokú Gazdasági Tanintézet és Mezőgazdasági Szaktanácsadó Állomás XI. értesítője az 1937-38-ik tanévről. A „Szarvasi Közlöny” Könyvnyomdája. Szarvas. pp. 30-70. MMgM (SZO) 2007. 28. 1.

Székely Gy. (1939). A M. Kir. Földművelésügyi Minisztérium fennhatósága alatt álló szarvasi M. Kir. Tessedik Sámuel Középfokú Gazdasági Tanintézet és Mezőgazdasági Szaktanácsadó Állomás XII. értesítője az 1938-39-ik tanévről. A „Szarvasi Közlöny” Könyvnyomdája. Szarvas. p. 36. MMgM (SZO) 2007. 29. 1.

Vágás I. (1991). Németh Endre (1891-1976) centenáriuma. Hidrológiai Közlöny. 1991. 71. évf. 5. sz. pp. 257-262.

Vágás I. (1992). Kállay Miklós (1887-1967), az Országos Öntözésügyi Hivatal elnöke. Hidrológiai Közlöny 1992. 72. évf. 4. sz. pp. 231-236.

Világhy K. (1944). Beszámoló a mosonmagyaróvári M. Kir. Mezőgazdasági Főiskola 1942-43. tanévről. „Mosonvármegye” könyvnyomdája. Mosonmagyaróvár. p. 7.

Walleshausen Gy. (1993). A magyaróvári agrárfelsőoktatás 175 éve. Pannon Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar, Mosonmagyaróvár. p. 314.

*** KVL II. 2.a. Országos Öntözésügyi Hivatal Iktatott iratok (1939) 861/1939a – Dr. vitéz Székely Győző szarvasi középfokú gazdasági tanintézeti igazgató 1939. február 15-i jelentése.

*** KVL II. 2.a. Országos Öntözésügyi Hivatal Iktatott iratok (1939) 861/1939b – Kállay Kornél m. kir. gazdasági tanár ügyirathoz fűzött hozzászólása.

*** MMgM AI 7135 – Sass Gábor iratanyag. Öntözés iratanyaga. Tanszéki munka, külföldi ösztöndíj, ismertető. Tiszafüred. 1938. Hortobágy szélmotor vízemelés.

***. MNL BML V.B. 173. 68 doboz. – A Gyulai M. Kir. Téli Gazdasági és Öntözési Szakiskola. Polgármesteri iratok

*** SZE EKL ML VIII. 4.c Iktatott iratok 779/1939. – Lukács Béla földművelésügyi államtitkár 1939. augusztus 31-i levele, melyben Németh Endrét és Kállay Kornélt bízza meg az Öntözéses gazdálkodás kollokviumi tantárgy előadásainak megtartására.

A SZERZŐ



ALBERT GÁBOR történész, 2003-ban szerzett PhD doktori fokozatot történelemtudományokból az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. 2016-ban habilitált neveléstudományokból az Eszterházy Károly Főiskolán. Munkahelye 2021 június közepétől a Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár. Kutatási területe: agrár szakoktatás-történet, vízügytörténet, történelemtanítás-történet.

Történelmi pillanatkép



Rovatvezető: Fejér László címzetes egyetemi docens, a Magyar Hidrológiai Társaság Tiszteleti tagja, az MHT Vízügyi Történelmi Bizottságának elnöke.

100 éve született Frommer Miklós



100 éve, 1922. augusztus 11-én született Vámospércsen a XX. századi Budapest egyik meghatározó vízműves vezetője, a Fővárosi Vízművek egykori építési főmérnöke, műszaki igazgatóhelyettese.

Édesapja szabó mester volt, édesanyja hét gyermeket szült. Közülük Miklós volt a legfiatalabb. A vámospércsi általános iskolát követően a Debreceni Református Gimnáziumban tanult és érettségizett. Édesapja mellett kitanulta a szabó mesterséget, majd 1951-ben lépett be a Fővárosi Vízművekhez tisztviselő munkakörbe, ahonnan még ebben az évben áthelyezték a Fővárosi Fürdőigazgatósághoz. 1957-től a Vegyesipari Javító Vállalatnál művezetőként, majd főmérökként dolgozott. A Budapesti Műszaki Egyetemen folytatott tanulmányai után 1959-ben vette át építőmérnöki diplomáját.

1963-ban került újra a Fővárosi Vízművek alkalmazásába csőhálózati osztályvezetőként, amit az építési főmérnök beosztás követett. 1965-ben gazdasági-mérnöki szakdiplomát szerzett. Irányítása alatt olyan vízmű létesítmények születtek, melyek többsége ma is hozzájárul Budapest és az agglomeráció biztonságos vízellátásához.

Ezek közül néhány: háromszáz csáposkút a Szentendrei- és a Csepel-szigeten, egy év alatt felépülő világszínvonalú Rocla csőgyár, nagynyomású és nyomásfokozó gépházak, víztároló medencék, főnyomó vezetékek szerte a fővárosban, központi raktárépület és gépjárműjavító üzem Újpesten, valamint vas- és mangántalanító vízkezelő mű Ráckeven.

Megbecsülte a kétkezi munkásokat

Szinte minden nagyobb csőtörésnél jelen volt. Anyagilag és erkölcsileg megbecsülte a kétkezi munkásokat, a kubitásokat, a szerelőket. Előfordult, hogy nagy hidegben pálinkát vitt a fagyos gödörben vízcsőtorést javítóknak. Egy több ügyeletet vállaló szerelő gyakran több pénzt vitt haza, mint a Vízművek első számú vezetője. Az 1970-80-as években bekövetkezett nagy fővárosi csőtöréseknél az elhárítási és a javítási munkákat legtöbbször ő irányította. Egy 1993 februárjában megjelenő budapesti napilap¹ így emlékezik meg erről: „*A népi bölcsesség is úgy tartja: a február a magyar tél. Ennek biztos jele, hogy egymást követik a csőtörések. Budapesten, a Fővám téren nemrégiben például akkora gödröt ástak a szorgos munkások, hogy az arra tévedt turisták között elterjedt: ezek az örült magyarok már megint Attila sírját keresik. (Hitükben az is megerősíthette őket, hogy ezúttal nem ácsorgott a tátongó üreg szélén Frommer Miklós, a Fővárosi Vízművek azóta már nyugdíjba ment igazgatóhelyettese, aki korábban annyira hozzátartozott a városképhez, hogy rossz nyelvek szerint a jobb bédekkerek őt is feltüntették Budapest nevezetességei között, s aki minden ilyen esetben a vezénylő tiszt szerepét töltötte be)*”.

Illés-kút

Azt kevesen tudják, hiszen pályafutásának csak egy apró története, hogy jelentős szerepe volt a főváros egykori híres kutjának felújításában. Buza Péter, az egyik fő szervező könyvében² leírta, mennyire sokat számított Frommer Miklós támogatása, aki felismerte, hogy nemcsak a modern létesítmények azok, amelyek Budapest vízellátásának szerkesztői, hanem meg kell becsülni az évszázadokkal korábbi műszaki emlékeket is. „*Buza úr; én nem vagyok az az ember, aki meghátrál, ha nehézségek adódnak. Megígértem, hogy támogatjuk ezt az ügyet, és meg is tesszük!*” Ma az Illés-kút oldalán elhelyezett emléktáblán – másokkal együtt – Frommer Miklós neve is szerepel. Joggal!

Igazságos, szigorú, kemény, rendet, fegyelmet megkövetelő vezető volt, aki, ha szükség volt rá, megvédte az esetlegesen hibázó vezetőit, beosztottjait. Személyesen működött közre az illetékes hatóságoknál, a főváros vezetőinél, hogy a vízműves családok kedvezményes áron vízparti üdülőtelephez juthassanak a szentendrei-szigeti Horányban, Surányban.

1975-től nyugdíjazásáig, 1988-ig a Fővárosi Vízművek műszaki igazgatóhelyetteseként további műszaki részlegek irányításával bővültek építési főmérnöki feladatai. Munkásságáért több kitüntetésben is részesült, többek között megkapta Budapest Reitter Ferenc- (1980) és Pro Urbe-díját (1985) is.

Nyugdíjasként tanácsaival segítette a Fővárosi Vízműveket és emellett a Fővárosi Vagyonkezelő Központ szaktanácsadói feladatait is ellátta. 1997. április 9-én váratlanul hunyt el.

Kiss Miklós

1 Braun: Jön a tavasz, Kurír - esti kiadás, 1993. február 3.

2 Buza Péter: Bandusia forrása. Századok öltének el... - Titkos Budapest (Budapest, 2016)

Fórum

A FÓRUM rovat keretében teret adunk új technológiai fejlesztések bemutatásának.

Profilozó berendezés fejlesztése

Széles Gábor*

* Water Project Kft. (1161 Budapest, Kossuth Lajos u. 29.) (waterprojectkft@gmail.com)

DOI:10.59258/HK.11451



Kivonat

A GINOP-2.1.7-15-2016-01972 K +F projekt eredményeként kifejlesztésre került egy egyedülálló víztest profilozó berendezés és megépült a tesztelt, piacra vihető rendszer prototípusa. A kifejlesztett eszköz alkalmas program szerint különböző vízmélységekbe leengedni és ott pontosan megtartani a csatlakoztatott mérőműszereket, mintavevő berendezéseket. Az eszköz garantálja a korábbiakhoz képest nagyságrenddel pontosabb mélységbeállítást, pontos mélységtartást, a rétegek összekeverésének minimalizálását. Az intelligens energiamenedzsment és payload (függélyben leeresztett eszköz) menedzsment rendszerek biztosítják a hosszútávú, felügyeletmentes működést.

Kulcsszavak

Profilozó, vízminőség mérés, algamérés, víztestek rétegződése, mélységi vízmintavétel.

Development of a profiler system

Abstract

As a result of GINOP-2.1.7-15-2016-01972 R+D project a unique water body profiler system was developed. Its tested, marketable prototype was built. The profiler is used to lower various water measurement equipment, including sensors, samplers and more to designated depths. The unit enables the user to set an order of magnitude more accurate depth than former profilers offered. This depth is then held accurately by the device. The profiler features wave compensation to make the mixing of layers as minimal as possible. Advanced solar power management and payload management enables long unattended operating periods.

Keywords

Profiler, water quality measurement, algae measurement, water layers, depth watersampling.

BEVEZETÉS

Ismert jelenség a nagyobb természetes víztestek mélység szerinti rétegződése (*Dussart 1992, Wetzel 2001*), melynek többek között hidrobiológiai vonatkozásai régóta a hazai kutatások fókuszába kerültek (*Sebestyén 1963, Pápista és társai 1998, Grigorszky és társai 2003, 2019*). Ezen rétegződések vízminőség paramétereinek és határainak kimérése számos mutató esetében megoldatlan. A rétegek határainak meghatározása rendkívül időt és szaktudást igénylő feladat. Mivel a kellő precizitású automatikus mérés korábban megoldatlan volt, ezért elsősorban a sekély víztestek esetében a vízrétegek időbeli változásáról korlátozott ismereteink vannak.

PROFILOZÓ BERENDEZÉS

A profilozó berendezés célja, hogy a vízminőségi paramétereket, bioindikátorokat ne csak historikusan, hanem vízmélység függvényében is lehessen mérni és kiértékelni. A rendszer a függélyben leeresztett eszköz (payload) független kialakítású, így igen változatos lehetőségeket kínál. A payload gyakorlatilag csak tömegében van korlátozva, azaz szinte bármilyen szonda leereszthető, megnyitva az utat a gyors 3D adatmodellek felé. A rendszer további előnye, hogy payloadként akár

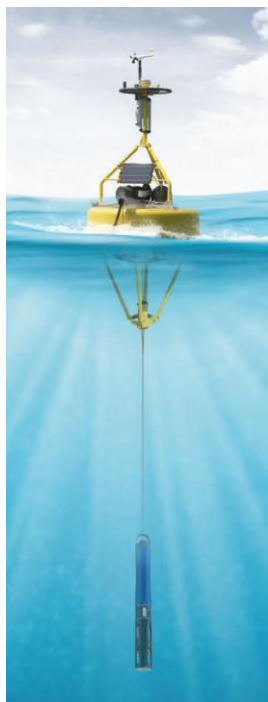
olyan eszközt is kezelni tud, amely a felszínre juttatja a mintát további feldolgozás céljából.

Projektünk keretében olyan profilozó rendszert fejlesztettünk (*1. ábra*), amely alkalmas arra, hogy változatos környezeti körülmények mellett is stabil mélységben tartsa az eszközöket. A rendszer beállítható sebességgel engedi le a payload-ot, és folyamatosan kompenzálja a pillanatnyi eltéréseket.

A rendszer alkalmazásával lehetővé válik álló- és folyóvizek (pl. víztározók, tavak, folyók, tengerek) mélység szerinti profilozása, mérése. A szolgáltatott adatok alkalmasak üzemirányítási ellenőrzőjelként való hasznosításra, illetve tudományos kutatásokhoz, az élővizekben lejátszó folyamatok jobb megértéséhez, ezáltal környezettudatos eljárások és technológiák fejlesztéséhez is (*Beutler és társai 2002*).

A fejlesztett rendszer használatával optimalizálhatók, biztonságosabbá tehetők az ivóvízkivételi művek is. Számos (ivó)víztározó esetében van lehetőség különböző mélységből történő vízkivételre. Az utóbbi időben egyre több olyan eset fordul elő, ami meglepi a tapasztalt üzemeltetőt is (pl. toxikus alga szaporulat Sengbach víztározó,

Solingen, Németország, vagy a Balaton algavirágzásai), ezért egyre fontosabbá válnak a mélység szerinti vízminőség mérések, illetve a biomonitorok alkalmazása.



1. ábra. Profilozó berendezés általános elrendezése
Figure 1. Profiler system general setup

Ismertek olyan eszközök a piacon, amelyek képesek valamilyen nagy lépésközzel (általában 50-100 cm) néhány vízminőségmérő szenzort egyszerű program szerint a vízbe méríteni. Ezen eszközök alkalmasak lehetnek a víztestek durva függély szerinti felmérésére. A kifejlesztett rendszer ezzel szemben egy nagyságrenddel finomabb profilozást tesz lehetővé, ami új tudományos és műszaki távlatokat nyit. A jobb felbontás sekély (néhány méter mélységű) víztesteknél, tudományos igényű méréseknel igen kritikus. A kifejlesztett rendszer hasonló jelentőségű a vízipar számára az ivóvízbiztonság garantálása és az ivóvíz technológiák optimalizálása területén. A korábban piacon levő rendszerek hátránya, hogy felszíni úszóttest alkalmazása esetén a payload vertikálisan oszcillál a réteghatárhoz képest, így további mérési zajt okoz a mérendő mintában, összekeverve a rétegeket.

A pontosabb mélységtartás és az úszóttestes alkalmazás nehézségeinek megoldására fejlesztettük ki hullámkompenzációs eljárásunkat.

Stabilizációs – hullámkompenzációs rendszer

A profilozó berendezések mindegyike tartalmaz csörlőt, mely elérhető, praktikus megoldás a kábelon függesztett terhek víz alá engedésére. Probléma azonban, hogy a csörlő sebessége, annak tehetetlenségi nyomatéka, valamint a villanymotor és annak praktikus vezérlése miatt gyorsan nem változtatható. A sűrű forgásirányváltás az előbbieket miatt szintén nem szerencsés. A payload felszínhez képesti gyors mozgására, akár hirtelen irányváltására ezért olyan rendszert dolgoztunk ki, amely a csörlőt kiegészítve biztosítja a problémák megoldását.

A profilozó berendezést egy gémmel láttuk el, amely gém vízfelszínhez képesti pozíciója lineáris motorral gyorsan, energiahatékonyan változtatható. A gém felfüggesztését úgy alakítottuk ki, hogy az áttétel változtatható legyen, amivel a várható hullámzási viszonyokhoz optimalizálható, vagy akár szezononként átszerelhető a rendszer. A megoldással megtartottuk a csörlős rendszer minden előnyét, de kiküszöböltük annak hátrányait.

A hullámkompenzáció input adatai közé tartoznak a platform mindenkor dőlésszögei, szöggyorsulásai, valamint az aktuális üzemi paraméterek. Ezen adatokat valós időben mérjük, majd feldolgozás után dönt a rendszer – a gépészeti elemek sajátosságait is figyelembe véve – a szükséges beavatkozás irányáról és mértékéről (Ang és társai 2005, Kosko és társai 1993, Wu és társai 2014, Yen és társai 1994). Ezzel az innovatív és elegáns megoldással egyszerre biztosítható a payload réteghatárhoz viszonyított igen alacsony vertikális sebesség, a gépészeti eszközök kímélése és az energiahatékonyság is. A rendszer felhasználója számára előnyként jelenik meg, hogy a műszerek nem keverik össze a rétegeket, így a határok pontosabban kimérhetők, valamint a hatékony energiagazdálkodásnak köszönhetően lehetőség van napelemes üzemre is.

A hullámkompenzációhoz több ötlettel számoltunk, a legígéretesebb, az az ötlet megvalósíthatóságát legjobban bizonyító (proof-of-concept) prototípusokat, modelleket valósítottuk meg. Ezek ellenőrzésére, validálására laboratóriumi tesztberendezést hoztunk létre, mellyel reprezentatív, reprodukálható körülmények között tudtuk vizsgálni az egyes megoldások előnyeit, hátrányait. A tesztberendezés szisztematikusan vagy sztochasztikusan is képes az úszóttest mozgását szimulálni.

A hullámkompenzációtól függetlenül lehetőség van a payload sebességének programozására is. A programozás történhet manuálisan, de akár automata üzemre is állítható a kifejlesztett intelligens, adaptív rendszer használatával. Az adaptív rendszer a mérési elvárások és a lehetőségek figyelembevételével választja ki az optimális sebességeket, üzemmódokat. Figyelembe veszi például a mért paraméterek számát, típusát, esetleges automata vízmintavevő alkalmazását, de a pillanatnyi energiatartalékot is. A rendszer figyeli a gépészeti elemek üzemidő kitértési tényezőjét és azt a megengedett határokon belül tartja.

Áramellátás

Napelemes áramellátás esetén fontos feladat az energiamenedzsment. Ezt külön alrendszer felügyeli, ami folyamatosan méri a puffer-akkumulátorokba betárolt és onnan kivett energiát. A rendszer már a felhasználói program beállításakor képes jelezni, ha olyan paramétereket állítottak be, amelyek negatív energiamérleget okoznak. A fejlesztett algoritmus historikus adatokat gyűjt az energiafogyasztásról és a felhasználó igénye szerint szigorú profilozás vagy energiaoptimalizált üzemmódban is képes működtetni a rendszert. A rendszer ezen túl rendelkezik akkumulátorvédelmi funkcióval is, mely meggátolja a puffer-akkumulátorok mélykisülését, így idő előtti elhasználódását.

Szoftverfejlesztés

A szoftverfejlesztés egyik fontos kihívása volt a különböző szenzorok összehangolása, a zajok szűrése. Problémát okoz az is, hogy a különböző potenciálisan használható szenzorok igen eltérő beállási idővel rendelkeznek, az aktuálisan használt payload készlet így meghatározó az optimális profilozási paraméterek szempontjából. Innováció része az is, hogy a vezérlőszoftver képes figyelembe venni a payload konfigurációt is. Az egyéb paraméterek mellett így a fejlesztett rendszer számol az aktuális payload tulajdonságokkal is a javasolt profilozási paraméterkészlet generálásakor. Lehetőség van intelligens üzemmód használatára, vagyis amikor a profilozó kommunikál a payloaddal és az a saját méréseit, állapotinformációit is figyelembe veszi.

A szoftver alkalmas intelligens hibajelzésre, azaz a rendszer-állapottárból a felhasználó számára értelmezhető jelzéseket tud produkálni. A kezelőfelület (HMI) kialakításakor fontos szempont volt, hogy különösebb előképzettség, tanulás nélkül is kezelhető legyen a rendszer. Tekintve, hogy az ilyen eszközöket jellemzően sokszor nehezen megközelíthető, vagy szabad vízfelületeken, infrastruktúrától távol alkalmazzák, a kezdetektől arra törekedtünk, hogy a rendszer külön használati utasítás nélkül, intuitív módon legyen kezelhető. A kezelőfelület ennek megfelelően beépített segítő és magyarázó funkciókkal rendelkezik. Már a HMI tervezési fázisában figyelembe vettük a többnyelvűség lehetőségét, így a rendszert úgy alakítottuk ki, hogy több nyelvet kezeljen és a nyelvek közötti váltás egyszerűen, menüből megtörténhessen.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutatás a GINOP-2.1.7-15-2016-01972 projekt keretében valósult meg. Köszönjük a Magyar Állam és az Európai Unió támogatását.

IRODALOMJEGYZÉK

Ang, H., Chong, G., Li, Y. (2005). PID control system analysis, design, and technology, in IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 13, no. 4. pp. 559-576. doi:10.1109/tcst.2005.847331

SZERZŐ



SZÉLES GÁBOR villamosmérnöki diplomáját 2011-ben szerezte az Óbudai Egyetemen, majd 2013-ban a Szent István Egyetemen diplomázott környezetmérnökként. A versenyszektorban dolgozik, vízanalitikai műszerekkel, eszközökkel foglalkozik. Érdeklődési területe az online mérések és az új vízminőség-méréstechnikai megoldások kutatása. K+F mérnökként elsősorban mikroelektronikai és szoftverfejlesztéseken dolgozik.

Beutler, M., Wiltshire, K.H., Luring, C., Moldaenke, C., Lohse, D. & Abbas, Z. (2002). Fluorometric depth-profiling of chlorophyll corrected for yellow substances. Actes de Colloques-ifremer. pp. 231-238.

Dussart, B. (1992). Limnologie. L'étude des eaux continentales. – N. Boubée c Cie. Paris. p. 681.

Grigorszky, I., Padisák, J., Borics, G., Schitchen, C., Borbély G. (2003). Deep chlorophyll maximum by Ceratium hirundinella (O. F. Müller) Bergh in a shallow oxbow in Hungary. Hydrobiologia, 506–509. pp. 209-212. doi:10.1023/b:hydr.0000008632.57769.19

Grigorszky I., Kiss K.T., Szabó J.L., Dévai Gy., Nagy S.A., Somlyai I., Berta Cs., Gligora-Udovič M., Borics G., Pór G., Muwafaq M.Y., Hajredini A., Tumurtogoo U., Ács É. (2019). Drivers of the Ceratium hirundinella and Microcystis aeruginosa coexistence in a drinking water reservoir. Limnetica, 38(1). pp. 41-53. doi:10.23818/limn.38.11

Kosko, B., Isaka, S. (1993). Fuzzy Logic. Scientific American, vol. 269, no. 1. pp. 76-81. doi:10.1038/scientificamerican0793-76

Párista É., Ács É., Böddi B., Kiss K.T., Makk J. (1998). Alológiai vizsgálatok a Komravölgyi-tározón. Hidrológiai Közlemény 78. pp. 303-306.

Sebestyén O. (1963). Bevezetés a limnológiába. A belvizek életéről. Akadémiai Kiadó. Budapest. p. 236.

Wetzel, R.G. (2001). Limnology. Lake and river ecosystem. Third edition. Academic Press. New York. p. 1006.

Wu, H., Su, W., Liu, Z. (2014). PID controllers: Design and tuning methods," 2014 9th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, Hangzhou, China. pp. 808-813. doi:10.1109/iciea.2014.6931273

Yen, J., Liu, X. (1994). A fuzzy logic-based foundation for analyzing imprecise conflicting requirements," Proceedings of 1994 IEEE 3rd International Fuzzy Systems Conference, Orlando, FL. Vol. 2. pp. 1099-1104. doi:10.1109/fuzzy.1994.343889

Események



Az esőcseptől a forrásvízig – Szűcs Péter akadémikus székfoglaló előadása a Magyar Tudományos Akadémián

Szűcs Péter, a Miskolci Egyetem általános rektorhelyettese az első hidrogeológiával foglalkozó szakember az Akadémia tagjai között. Levelező taggá választása mind munkásságának, mind szakterületének elismerést jelent. 2023. január 24-én megtartott szék-

foglaló előadásának címe, „Az esőcseptől a forrásvízig” jól illusztrálja egyrészt a hidrogeológia tudományának átalakulását, másrészt Szűcs Péter szakmai életútjának fejlődését, a geofizikus mérnök hallgatótól az akadémikusig.



Szűcs Péter székfoglaló előadásán Bozó László osztályelnök átadja Szűcs Péter részére az oklevelét (Forrás: MTA)

A felszín alatti vizek tudománya kezdetben a lokális vízszerzési lehetőségekre fókuszált. Manapság azonban egyre nagyobb figyelmet kap a globális változások fényében, már nem csak az ivóvízkészletek, hanem az energiaválság és az éghajlatváltozás kapcsán is. A vizsgálandó kérdések léptéke egyre inkább regionálissá, sőt globálissá válik. A felszín alatti vizek komplex hasznosítása pedig további tudományterületek kapcsolódását eredményezi ezen természeti erőforráshoz. A felszín alatti vizek dinamikus rendszere – az esőcseptől a forrásvízig – számos földtani folyamat mozgatója, kapcsolatban áll a felszíni víztestekkel, az élővilággal, azaz a földi vízkörforgalom, anyagforgalom szerves eleme. Ezért sem tekinthető, vizsgálható elszigetelt víztestként, hanem lényeges feltárni kölcsönhatásait a többi tudományterülettel karöltve. Mindezek figyelembevételével lehet csak a jövőben fenntartható természeti erőforrásgazdálkodásról, fenntartható vízgazdálkodásról beszélni, melyet Szűcs Péter is hangsúlyozott székfoglaló előadásában.

A hidrogeológia tudományában megfigyelt, egyre növekvő komplexitás tükröződik azokban a kutatási projekteknél is, melyek Szűcs Péter vezetésével a Miskolci Egyetemen zajlottak, zajlanak. Mint ahogy az esőcsepp felszín alatti útja során egyre csak gazdagodik oldottanyag-

tartalomban míg végül a forrásig elér, úgy gyarapodtak, színesedtek, tágultak Szűcs Péter kutatási tématerületei, más tudományterületekkel és intézményekkel való hazai és nemzetközi kapcsolatai. Kezdetben a tudományos munkájának fókuszusa elsősorban különböző célú hidrogeológiai modellezési eljárások fejlesztéséhez kötődött, melyhez kapcsolódóan a Stanford Egyetemen is végzett kutatásokat. Mindez a 2009-ben megvédett MTA doktori értekezésében csúcsondott ki, melynek témája a hidrogeológiai és vízbányászati modellek megbízhatóságának növelése volt. Napjainkra kutatásainak jelentős része kötődik a klímaváltozáshoz, a szélsőséges időjárási viszonyok vizsgálatához, és ezek hatásának mérséklésére irányuló módszerek, technológiák kifejlesztéséhez. Ehhez kapcsolódik például az „INNOVÍZ - Innovatív megoldások a felszín alatti vízkészletek fenntartható hasznosítása érdekében” című GINOP projekt is, melynek eredményeként egy szabadalmat is bejegyeztek. A Nemzeti Kiválósági Program keretében az MTA Ökológiai Kutatóközpontjával, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, a Fővárosi Vízművek Zrt.-vel és a Nemzeti Népegészségügyi Központtal együttműködésben a Miskolci Egyetem a parti szűrőrendszerre épülő budapesti ivóvízellátás multidiszciplináris vizsgálatát tűzte ki célul a forrástól a fogyasztókig, melyben szintén fokozott figyelem irányul az ivóvízminő-

ségi paraméterek mellett a szélsőséges vízjárások hatásának elemzésére is. A projekt fő vizsgálati területe mellett a Bükk hegység és Miskolc, mint karsztos vízbázis elemzését is bevonták a kutatásokba.

A kutatási projektjeinek léptéke idővel egyre inkább regionálissá vált, melynek keretében például a Tokaji-hegység és a bükki karsztvízrendszer átfogó hidrogeológiai vizsgálata is elkészült. Ehhez kapcsolódnak a határral osztott vízáradatokkal kapcsolatos eredmények, melyek harmonizált kezelésére az ukrainai példa alapján egy javaslatcsomag született meg. A nemzetközi projektek sorából kiemelendő a KINDRA H2020-as projekt, mely a felszín alatti vizekkel kapcsolatos kutatási igényekre fókuszálva elkészítette a hidrogeológiai kutatások osztályozási rendszerét és európai leltárját.

Az energiaválság kapcsán nagy jelentőségűek azok a munkák is, melyek a felszín alatti vízkészletek energetikai célú felhasználásához járultak hozzá. Ilyen volt például a meddő és használaton kívüli kutak energetikai hasznosíthatóságára irányuló szakértői pontrendszer kidolgozása (PULSE GINOP projekt), mely szintén egy mintaoltalom bejegyzését eredményezte. A termálvizek energetikai célú kiaknázása mellett Szűcs Péter nagy hangsúlyt fektet a termálvizek egészségügyi hatásának vizsgálatára, a balneológiai kutatások megerősítésére is, melyen a Miskolci Egyetem Egészségtudományi Karával és a Parádfürdői Állami Kórházzal együttműködésben dolgoznak. Szívügyének tekintik a Kárpát-medence ásványvizeivel foglalkozó szakembereinek összefogását is, és aktívan részt vesz az ehhez kötődő konferenciasorozat szervezésében.

Szűcs Péter munkásságának köszönhetően a Miskolci Egyetem ma már nélkülözhetetlen résztvevője a felszín alatti vizeket érintő kiemelt hazai projekteknek, mint a

nemrég indult Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium és az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program Fenntartható Technológiák Alprogramja.

A nagyszámú kutatási projektvezetés mellett kiemelkedő Szűcs Péter szerepe a hidrogeológiai oktatásban és a tudományos utánpótlás képzésében. Eltökélten dolgozik azon, hogy ugyanúgy segítse, támogassa a mostani fiatalokat, mint ahogyan őt segítették elődei és a Miskolci Egyetem. Semmi sem tükrözi ezt jobban, mint az tény, hogy fiatal kollégái egykori doktorandusz hallgatói közül kerülnek ki.

Szűcs Péter akadémiai székfoglaló előadása nagy népszerűségnek örvendett. A Magyar Tudományos Akadémián a teljesen megtelt Nagyterem jól illusztrálta széles kapcsolati hálóját, hiszen a több, mint három évtizedes kutatómunkája során kiváló szakembergárdával dolgozott együtt.

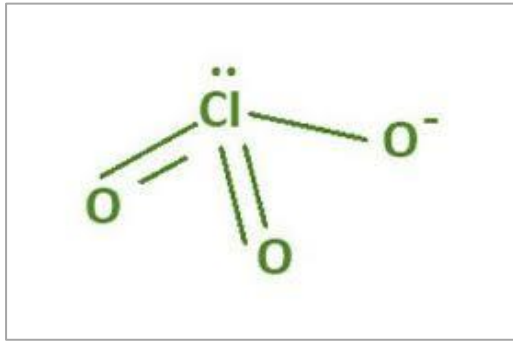
A Hidrológiai Közlöny számára külön megtiszteltetés, hogy Szűcs Pétert évek óta a Szerkesztőbizottság tagjai között köszönheti. Munkásságához, elismeréséhez gratulálunk és további eredményes munkát kívánunk a hidrogeológia tudományának szolgálatában!

*Dr. Erőss Anita
tudományos munkatárs
Eötvös Loránd Tudományegyetem,
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék*

Események



Dr. Vozik Dávid (DRV Dunántúli Regionális Vízművek Zrt.) előadása „Klorát-ion határérték az ivóvízben: várható problémák és lehetséges megoldások” címmel, a Magyar Hidrológiai Társaság Víztisztasági és Víztechnológiai Szakosztályának ülésén, 2023. január 31-én



Az ivóvíz minőségére és ellenőrzésére vonatkozó követelményekben nagy horderejű változás történt az 5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről jogszabály hatálybalépésével, melynek következtében a hazai víziközműszolgáltatóknak új kihívásokkal kell szembenéznük. A számos bevezetésre kerülő vízminőségi paraméter között a klorát-ion 0,25 mg/l határértékkel szerepel, mellyel kapcsolatban a monitorozási és a megfelelési kötelezettség egyaránt 2026. 01. 12-től áll fenn.

Tekintve, hogy az új szabályozást előkészítő 2020/2184 számú EU irányelv alapján a várható követelmények már két évvel korábban ismertek voltak, a DRV Zrt. előzetesen elkezdte vizsgálni a szolgáltatott ivóvíz klorát-ion tartalmát, majd 2022. év elejétől egy belső projekt keretében részletesebben is tanulmányozta a szervetlen klórozási mellékterméket.

A szakirodalom alapján a klorát-ion megjelenésére klórdioxid (ClO_2) vagy nátrium-hipoklorit (NaClO) adagolás esetén kell számítani. Figyelembe véve, hogy a klórdioxid alkalmazása csak fertőtlenítési céllal és dózis szempontjából szigorú korlátok között lehetséges Magyarországon, a klorát-ion elsődleges forrása a nátrium-hipoklorit. A legnagyobb kockázatot egyértelműen az olyan eljárások képviselik, ahol a nátrium-hipoklorit használata magas fajlagos adagolással valósul meg, ami leginkább a törésponti klórozás elvén működő ammóniummentesítő technológiákra jellemző. Ilyen típusú vízművek nagy számban kerültek átadásra, illetve továbbra is épülnek az Ivóvízminőség-javító Program keretében, ezért a DRV Zrt. elemzésében is kiemelt figyelmet kaptak.

A klorát-ion ivóvízből történő eltávolítására gazdaságosan üzemeltethető eljárás nem ismert, ezért célszerű a megelőzésre helyezni a hangsúlyt. A nátrium-hipoklorit bomlásának fő terméke a klorát-ion, melynek képződési sebességét öt tényező befolyásolja: hőmérséklet, pH, hipoklorit-koncentráció, bomlást katalizáló szennyeződések (Fe, Cu, Ni), fénynek való kitettség. A klorát-tartalom minimalizálása egyrészt megfelelő oldattulajdonságokkal (alacsony hőmérséklet, $\text{pH} > 13$, alacsony HClO^- kon-

centráció), másrészt a vegyszer előírásoknak megfelelő tárolásával és kezelésével biztosítható.

A nátrium-hipoklorit minőségére vonatkozó MSZ EN 901 szabvány az aktív klórtartalom függvényében határozza meg a vegyszer maximális klorát-tartalmát, amely 90 g/l töménységű vegyszer esetén 3,8 g/l. A kritériumot a szállítás időpontjában kell garantálnia a vegyszer beszállítójának, de ezt követően még akár további 1-3 hét is eltelhet a vízbe adagolásig.

A hőmérsékletfüggés miatt a gyakorlatban erős szezonális figyelhető meg az alkalmazott nátrium-hipoklorit klorát-tartalmát illetően. Méréseink szerint a téli időszakban az 1-4 g/l, míg a nyári hónapokban inkább a 4-8 g/l tartományban alakul jellemző értéke a vízművekben adagolt 90 g/l-es NaOCl oldatban.

Az ivóvízbiztonság javítása érdekében első lépésként a kockázatfelmérést érdemes elvégeznie az üzemeltetőknek. Minden olyan eljárás érintett, ahol NaOCl vagy ClO_2 adagolás történik magasabb dózisban. Ha a kétféle vegyszer sehol nem keveredhet az ivóvízellátó rendszer folyamataiban, akkor – a klorát-ion perzisztens tulajdonsága miatt – elegendő a vízbe adagolással járó hígítást figyelembe venni és a vegyszer klorát koncentrációja alapján az ivóvízben kialakuló kloráttartalom viszonylag pontosan becsülhető.

A várható kloráttartalom teljesen elméleti alapon is kiszámítható, amennyiben a vízkezeléshez és fertőtlenítéshez szükséges elméleti fajlagos klór igényekkel történik a kalkuláció. Törésponti klórozás esetén a nyersvíz ammóniumtartalmától erősen függ, hogy milyen kloráttartalmú NaOCl alkalmas az ammóniummentesítés megvalósításához. Megállapítható, hogy 0,5 mg/l ammóniumtartalom (NH_4^+) eltávolítása esetén 5 g/l-nél alacsonyabb, míg 2 mg/l NH_4^+ kezelése esetén már 2 g/l alatti kloráttartalommal kell rendelkeznie az alkalmazott 90 g/l-es NaOCl oldatnak annak érdekében, hogy a klorát-ion határérték betartható legyen.

A kockázatot alapvetően két fő elv mentén lehetséges csökkenteni. Elsődlegesen a vízkezelési céllal történő nátrium-hipoklorit adagolások mérséklése, vagy kiváltása vetődhet fel. Ennek eléréséhez a vízbeszerzés lépésnél a minél kedvezőbb nyersvíz minőség (alacsony NH_4^+ , Fe, Mn) elérése lehet a cél, ami történhet kütüzem-váltással, vagy vízbázisváltással. A vízkezelést tekintve a vegyszeradagolás optimalizálása mellett elképzelhető technológiaváltás (pl. légoxidáció) vagy vegyszerváltás is (klórgáz, KMnO_4) kedvező feltételek fennállása esetén. A vízelosztás fázisban az utófertőtlenítés optimalizálásával, fertőtlenítőszer-váltással (klórgáz), vagy másik rendszerrel való összekötéssel további javulás érhető el.

Másodsorban olyan intézkedések jöhetnek még szóba, melyek az alkalmazott nátrium-hipoklorit klorát-tartalmát hivatottak minél alacsonyabb szinten tartani. Ilyen megoldás lehet a vegyszer tárolási idejének csökkentése, a vegyszeres tartály rendszeres kiürítése és tisztítása, valamint hígabb, pl. 45 g/l töménységű NaOCl oldat alkalmazása, esetlegesen a vegyszer hűtött tárolása.

Vízminőségi szempontból a legtöbb esetben a klórgázra történő átállás tekinthető a legkedvezőbb megoldásnak, ugyanis klórgáz adagolása esetén nem kell számolni klorát-ion képződéssel, azonban a vízkezelő technológia átalakítása komoly beruházási költségvonzattal jár. Ebből kifolyólag a beruházási tétel mielőbbi szerepeltetése javasolható a gördülő fejlesztési tervben a magas kockázattal rendelkező vízművek esetén.

Összességében kijelenthető, hogy a legjobb megoldás eltérő lehet más-más vízellátó rendszer tekintetében, ezért egyedileg szükséges értékelni a lehetséges alternatívákat. Az érintett technológiák felülvizsgálata, optimalizációja, indokolt esetben módosítása (pl. klórgáz adagolásra) mielőbb szükséges a közegészségügyi kockázatok minimalizálása, valamint az ivóvízbiztonság javítása érdekében. Fontos feladat a közeljövőben az ismeretek további bővítése, valamint átültetésük a gyakorlatba szabályzatok és munkautasítások aktualizálásával. A vízbiztonsági tervek szintén kiegészítésre szorulnak a veszélyelemzést és a felügyeleti eljárásokat illetően, valamint az új szempontokat célszerű vizsgálni az éves és a 6 éves felülvizsgálatok során is.

*Dr. Borsányi Máttyás
a Vízinőségi és Víztechnológiai Szakosztály elnöke*

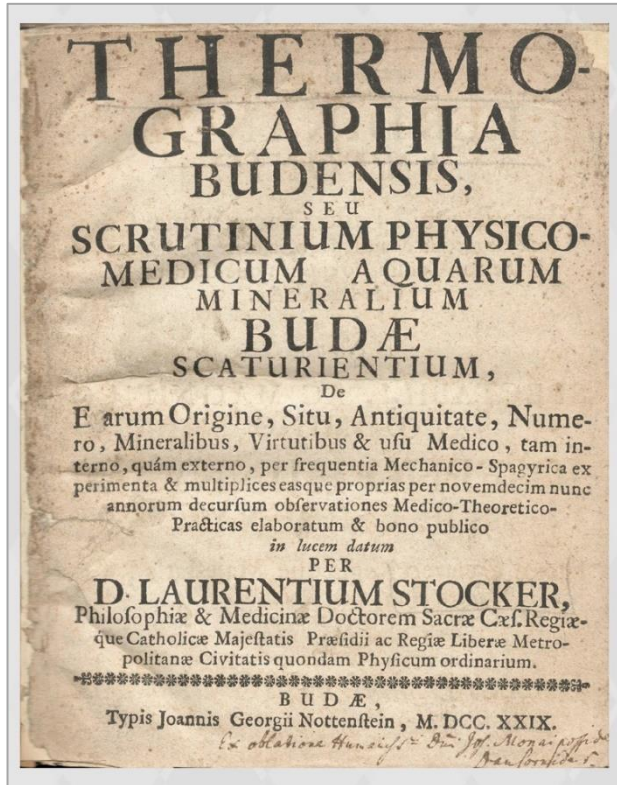


Fejér László: Csepel tájkép

Könyvismertetés



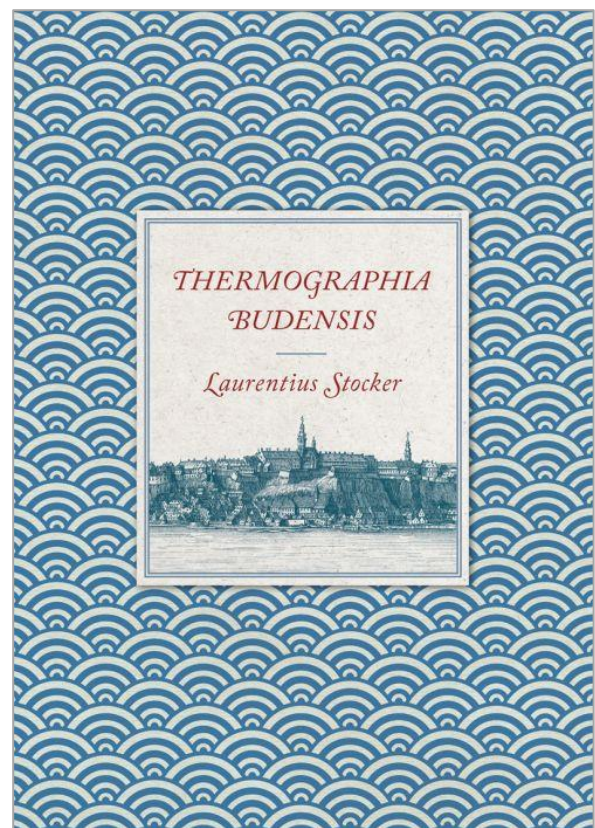
1721-ben jelent meg Laurentius Stocker, Buda város főorvosának *Thermographia Budensis (Budai héviztan)* című latin nyelvű könyve Buda hévizeiről és gyógyfürdőiről. 300 év elmúltával jelentette meg az Akadémiai Kiadó a mű facsimile kiadását és első magyar fordítását, Áder János volt köztársasági elnök úr előszavával.



A magyar ember életében mindig is kitüntetett szerepet játszottak a hévizek és a gyógyvizek. A Kárpát-medencében való letelepedésnél a kiváló legelők és földek, a bőséges felszíni vízfolyások mellett az itt lévő tiszta hideg és meleg vizű források, valamint gyógyvíz előfordulások is jelentős szerepet játszottak abban, hogy őseink itt úgy érezhették, végre biztonságos és éltető otthonra találtak. Hazánk számos hévíz és gyógyvíz előfordulása már a rómaiak idején is ismert volt. A legenda szerint a Pannónia földjéről származó Balaton felvidéki ásványvíz Theodóra bizánci császárnő kedvenc itala volt. A gyógyvizeinkhez kötődő empirikus tapasztalatok mindig is rendkívüli értéket képviseltek a különböző nyavalyáktól szenvedő emberek számára. Generációról generációra öröklődött ez a rendkívül értékes tudás többnyire szóban, ritkábban pedig írásos feljegyzések formájában.

Ezen ritka írásos dokumentumok sorába tartozik a latin nyelven 1721-ben megjelent *Thermographia Budensis* (Budai héviztan) című mű Laurentius Stocker, Buda város főorvosának tollából, amely máig az egyik legátfogóbb írás a budai hévizekről és a gyógyfürdőkről. Laurentius Stocker a városi tanácsülési jegyzőkönyvek szerint a korábbi főorvos, Peter Everling után, 1701-től lett Buda város főorvosa. Ezenkívül a budai császári helyőrség orvosaként tevékenykedett és 1701-től a város tanácsnoki feladatait is ellátta. A könyv a maga idejében igazi sikerkiadvány

lehetett a közérdeklődésre számot tartó tartalma miatt. 1729-ben 200 példányban újra kiadták tekintettel a jelentős keresletre. A kiadás 300. évfordulójára elkészült, és az Akadémiai Kiadónál gyönyörű kivitelben megjelent keményfedeles könyv az 1721-es kiadás facsimiléjét, első magyar fordítását, valamint a szerzőről és az írásáról készült szakmai tanulmányt tartalmazza Áder János korábbi köztársasági elnök úr előszavával együtt.



Az 1721-es eredeti latin anyag áttekintése után Magyar László András nagyszerű fordítása alapján magyarul is olvasható az egész mű, amely négy fő részre tagolódva 21 fejezetből áll. Az első hat fejezet a budai hévizek eredetével és gyógyhatásuk okaival foglalkozik. A következő három fejezet az akkor ismert gyógyfürdőket ismerteti történelmi vonatkozásaikkal együtt igen részletesen. Ezután hat fejezetben mutatja be Laurentius Stocker a budai hévizek fajtáit és azok kémiai összetételét. Végül az utolsó hat fejezet a külső és belső gyógyvízkúrával kapcsolatos tudnivalókat foglalja össze. A mai olvasó számára is rendkívül olvasmányos és lebilincselő írásról van szó a számos földrajzi, helytörténelmi, orvostörténelmi, művelődéstörténelmi és vízföldtani érdekesség miatt. Különleges és szórakoztató, hogy az eredeti írásban több helyen is tetten érhető a főorvos szerző, Laurentius Stocker enyhén alkímista szemléletmódja. A budai gyógyvizeket jellemezve nem véletlenül

beszél sok esetben folyékony aranyról. Az adott korra gyakran jellemző szemléletmód azonban semmit nem von le a könyv igazi értékeiből, sőt meglepődve tapasztalhatjuk, hogy számos tekintetben a mai ember sem tud sokkal többet a századokkal korábban élt elődökhöz képest.

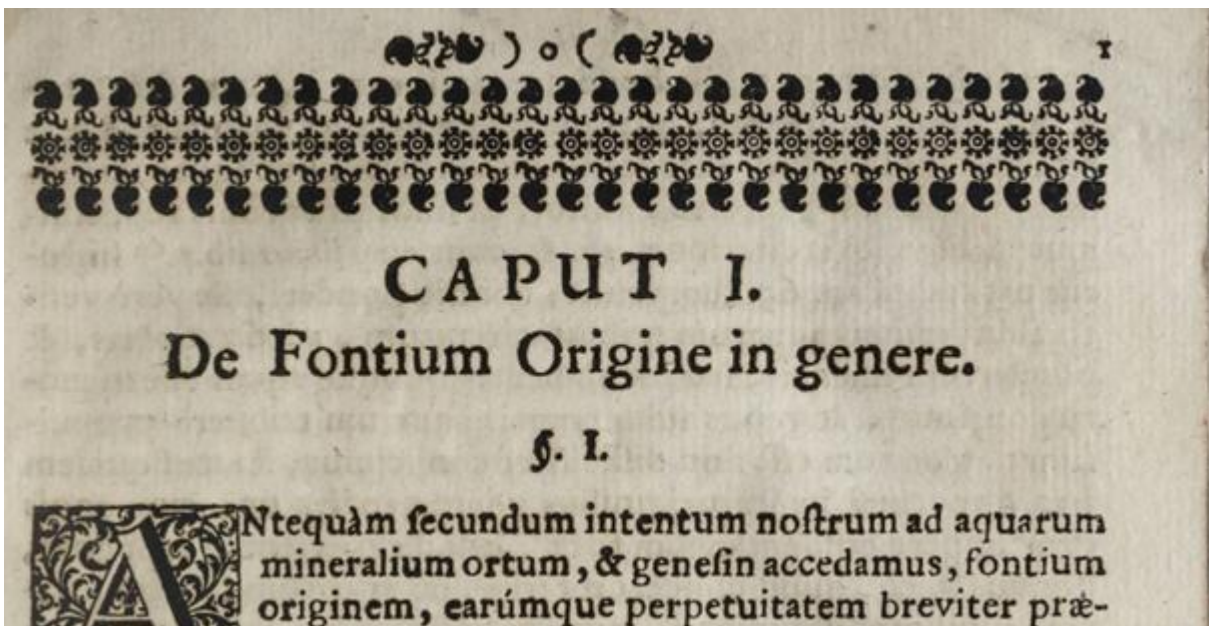
Az eredeti könyv nem csak tudós és gazdag emberekhez jutott el, hanem a döntéshozókhoz is. A korabeli feljegyzésekből tudjuk, hogy az 1751-es pest-budai látogatása során egy példányt kapott Mária Terézia, Magyarország királynője, Ausztria uralkodó főhercegnője is, akit férje, I. Ferenc német-római császár kísért el hazánkba. Ez a könyv egyértelműen hozzájárult ahhoz, hogy Mária Terézia felismerje, micsoda kincset jelentenek a számos helyen előforduló gyógyvizek a Habsburg Birodalomban. Ennek hatására rendelte el Mária Terézia 1762-ben, hogy a vármegyei tisztii főorvosok írásos dokumentumban mérjék fel a területükön található ásvány- és gyógyvizeket. A rendelet értelmében például Borsod vármegyében Dombi Sámuel, Heves vármegyében Markhot Ferenc igen magas színvonalon végezte el ezt a speciális szakértelmet igénylő feladatot.

Az Akadémiai Kiadónál megjelent könyvben az eredeti mű magyar nyelvű fordítása után egy kiváló tanulmány segíti a jelenkor olvasóját, hogy még inkább megértse Laurentius Stocker művének sok tekintetben ma is érvényes főbb üzeneteit és értékeit. A Bálint Péter Vince, Magyar László András, Mádlné Szőnyi Judit, Tömpe Péter és Bálint Géza tollából megjelent tanulmány közérthető módon számos érdekes információt ad az eredeti mű szerzőjének életrajzáról, az 1721-ben megjelent könyv történetéről és korrajzáról, Buda hévizeinek hidrogeológiai és vízkémiai viszonyairól, valamint az orvostörténeti jelentőségű megállapításokról. Ez a színvonalas kiegészítő tanulmány is igen olvasható és élményeket adó írás mindenki számára.

Jó szívvel ajánlom az Akadémiai Kiadónál 2021-ben megjelent 410 oldalas nagyszerű könyvet minden érdeklődő olvasó számára.

Jó szerencsét!

Szűcs Péter
egyetemi tanár, az MTA levelező tagja
Miskolci Egyetem



A könyv első fejezete

Nekrológ



Szerény körülmények között élő, dolgos családba született, tizenhárom testvére közül nyolc érte meg a felnőttkort. Elemi és reálgimnáziumi iskolába is szülővárosában, Békésen járt. Hamar munkába állt és 17 évesen már a Muronyi Állami Gazdaság egyik részlegének vezetésével bízták meg. A jobb élet reményében a Petőfi Politikai Tisztképző Akadémiára jelentkezett, ahol kiváló minősítéssel végzett. 1952-ben a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Társadalomtudományi Tanszékére nevezték ki oktatónak. 1956 telén önként szerelt le a katonaságtól és fizikai munkát vállalt. 1958-ban hagyta el a fővárost és költözött Bajára, ahol munkája mellett továbbtanult és megismerte, sőt meg is szerette a várost és vidékét. 1967-ben az ELTE BTK történelem szakán tanári diplomát szerzett, ezt követően 1969-ben, a Szegedi Tudományegyetemen Summa cum laude minősítéssel doktorált. Képzettségét tovább fokozva a Művelődési Minisztérium szervezésében általános szociológiát, etikát, vallástörténetet és valláskritikát, valamint esztétikát tanult.

Az 1960-as évek elejétől részese volt az új bajai felsőfokú vízügyi oktatási intézmény születésének és fejlesztésének. Így a Felsőfokú Vízgazdálkodási Technikum alapításánál, szervezésénél is ott tevékenykedett. Wis-

Dr. Faludi Gábor

Békés, 1933. március 8. – Baja, 2023. március 8.

novszky Ivánnal (OVF) és Vukovary Attilával (ADUVIZIG) közösen szemelték ki a Felsőfokú Technikum helyszínéül a Sugovica part egyik szakaszát. Akkoriban fás-cserjés mocsár jellemezte Karunk mai helyét. Először meghívott előadóként, majd 1964-től véglegesített oktatóként, később docensként és tanszékvezetőként dolgozott az addigra már Főiskolává emelkedett oktatási intézményben.

A felsőoktatásból 1997-ben vonult nyugdíjba, azonban dr. Halász Rudolf akkori bajai vízügyi igazgató felkérésére a bajai vízügyi történettel kezdett foglalkozni. Több helyen készített árvízi emléktáblát, a Deák Ferenc zsilipnél álló Türr szobor és a Vízügyi Múzeum létrehozásában is tevékeny szerepet vállalt. Számos kiadványt, könyvet és leprellőt szerkesztett. Feleségével, dr. Klossy Irénnel, az Eötvös József Főiskola művészeti tanszékének tanárával közösen szervezték meg az első Országos Víz és Élet Képzőművészeti Biennálét. Ugyancsak szervezője volt a Dunamenti Nyár kéthetes mérnöktovábbképző programoknak, amelyek megalapozták a Bajai Nyári Egyetem rendezvénysorozatát.

Szakmai-társadalmi szerepvállalásai közül kiemelkedik, hogy a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) városi szervezetének egy időben elnöke, illetve a Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) Bajai Területi Szervezetének 1965-ben egyik alapító tagja volt. 2000-tól az MHT Vízügyi Történelmi Bizottságának tagja. Számos történelmi emlékünkk felkutatása, megmentése, bemutatása fűződik nevéhez. Oktatási-kulturális munkájáért több állami elismerésben részesült, szakmai tevékenységét az MHT 2016-ban Pro Aqua kitüntetéssel ismerte el.

Életvidám és szívós természetét jól jellemzi, hogy idős korában kapott agyvérzéséből akaraterjét használva szellemi frissességét szinte teljesen visszanyerte. Azonban testi ereje egyre jobban meggyengült. Emelt fővel viselt betegségével 90 éves koráig küzdött, míg pontosan születésének napján, 2023-ban örökre lehunyt szemét. Utolsó útjára 2023. március 27-én 15 órakor kísértük a bajai Rókus temetőben.

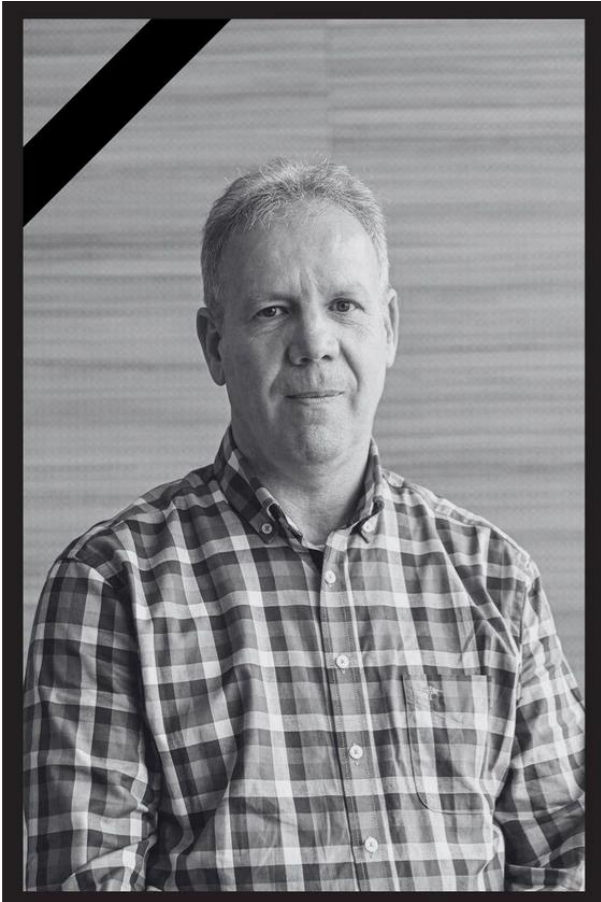
Emlékét kegyelettel megőrizzük!

*Dr. Keve Gábor
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Víz tudományi Kar, Területi Vízgazdálkodási Tanszék
tanszékvezető, egyetemi docens*

Nekrológ

Dr. Szücs Gábor

1969–2023



Forrás: <https://kfi.uni-nke.hu/munkatarsaink/dr-szucs-gabor>

Egy jó embert veszítettünk el. Tragikus hirtelenséggel, életének 54. évében hunyt el kitűnő szakemberünk, dr. Szücs Gábor.

Mosolygós alakja mindig feltűnt a vizes szakma fontos rendezvényein, segítőkészségét ott érezhettük a legfontosabb eseményeknél. 2023 márciusában még aktív résztvevője

volt számos szakmai rendezvénynek, majd áprilisban érkezett a megrázó hír! Gábor itt hagyott bennünket!

Dr. Szücs Gábor középiskolai tanulmányait a Hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Gimnáziumban végezte, ezt követően 1992-ben a Szegedi József Attila Tudományegyetem Állam- és Jogtudományi Karán szerzett diplomát. 2015-ben a Pázmány Péter Katolikus Egyetemen kapott környezetvédelmi szakjogász képesítést. 2006-tól kezdődően foglalkozott környezetvédelmi és fenntarthatósági kérdésekkel, ezen belül a vízgazdálkodás volt a fő érdeklődési területe.

2007-2008 során szakértőként segítette a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács megalakulását, majd 2010-ig a működését. 2009-től 2012-ig Ader János EP képviselő szakértője, majd 2012-től 2022-ig a Köztársasági Elnöki Hivatal tanácsadója volt. 2014-től kezdődően az OVF Vízügyi Tudományos Tanácsának tagjaként szolgálta az ágazatot. Főszerkesztő-helyettese és egyik szerzője volt a 2017-ben elfogadott magyar nemzeti vízstratégiának, a Kvassay Jenő Tervnek.

Részt vett a Budapesti Víz Világtalálkozók megszervezésében 2013-ban, 2016-ban és 2019-ben is. 2016-tól 2022 júniusáig a Kék Bolygó Klímavédelmi Alapítvány kuratóriumának tagjaként, ezt követően az Alapítvány szakértőjeként tevékenykedett.

Dr. Szücs Gábor a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Környezeti Fenntarthatósági Intézetének főreferensként szolgálta a vízügy, a környezetvédelem és a fenntarthatóság ügyét.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

*Dr. Major Veronika
a Hidrológiai Közlöny főszerkesztője*



Vizi E. Szilveszter, a Magyar Tudományos Akadémia korábbi elnöke, Ader János köztársasági elnök, Martonyi János volt külügyminiszter és Szücs Gábor klímavédelmi szakértő kuratóriumi tagok a Kék Bolygó Klímavédelmi Alapítványról és a megújult Élő bolygónk honlapról tartott sajtótájékoztatót 2017. december 16-án.

A **HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY** első sorban hidrológiával, vízgazdálkodással és a kapcsolódó szakterületeket érintő tudományos megalapozottságú szakmai közlemények megjelentetésére ad teret. Ezek mellett a **FÓRUM** rovatban lehetőség van szakmai érdekességek, újdonságok közzétételére is. A **TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP** rovatban a régmúlt vízügyi eseményeinek állítunk emléket. Módot adunk továbbá szakkönyvek bemutatására a **KÖNYVISMERTETÉS** rovatban.

A közlésre szánt kéziratot elektronikus formában lehet benyújtani Word (.doc vagy .docx) állományban, maximum 30 oldal terjedelemben a hk@hidrologia.hu e-mail címre. Eredeti műveket, azaz más folyóiratban, kiadványban korábban még nem közölt kéziratokat fogadunk el. Amennyiben a kézirat tartalma már valamilyen formában megjelent hazai vagy külföldi (idegennyelvű) kiadványban, illetve másodközlésnek minősül, azt a kézirat beküldésekor jelezni kell.

A kézirat beérkezését követően a Szerkesztőbizottság visszaigazolást küld a szerzőnek és a közleményt szakmai bírálóknak adja ki. A bírálatok alapján a kéziratot a Hidrológiai Közlöny: a) elfogadja megjelentetésre; b) javításokat, kiegészítéseket, módosításokat javasol; c) nem fogadja el közlésre. A közlésre elfogadott kézirat esetében a grafikus elemeket (ábra, kép, táblázat) külön elektronikus állományban is meg kell küldeni a Szerkesztőség részére.

FORMAI KÖVETELMÉNYEK

Kérjük, közleményük készítésekor tanulmányozzák a részletes közlési útmutatót (http://www.hidrologia.hu/mht/letoltes/hk_kozlesi_utmutato.pdf), melyből közléstesünk néhány előírását:

A szakmai közlemény kötelező részei: cím, szerző(k) teljes neve, a szerző(k) munkahelye és e-mail címe, magyar nyelvű kivonat, magyar kulcsszavak, angol nyelvű cím, angol kivonat (Abstract), angol kulcsszavak (Keywords), törzsszöveg fejezetekre tagolva, irodalomjegyzék, szerző(k) életrajzi adatai és fényképe (portrékép). Az ábra-, kép- és táblázatscímek angol változatát is meg kell adni.

A használt betűtípus: Times New Roman, szimpla sorközzel, sorkizárt rendezéssel. Az oldal A4-es méretű, 2,5 cm-es margóval.

A közleményben más szerzők műveiből átvett szövegrészeknél, ábráknál, fényképeknél, táblázatoknál, internetes forrásoknál, adatbázisoknál feltétlenül hivatkozni kell a felhasznált forrásra. Kérjük, hogy lábjegyzetet ne használjanak.

A Hidrológiai Közlöny fontos célkitűzése a szakmai anyanyelv ápolása, ezért kérjük, hogy ügyeljenek a magyar szakmai nyelv megfelelő használatára és alkalmazzák a magyar helyesírási szabályokat (<http://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12>).

A Hidrológiai Közlöny Szerkesztőbizottsága

A HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY ELŐFIZETÉSE

A http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_jellap15&Itemid=209 címen található űrlap kitöltésével és visszaküldésével megrendelhető nyomtatott formában a Magyar Hidrológiai Társaság szaklapja, a Hidrológiai Közlöny.

A kiadvány 2023. évi előfizetői díjai az alábbiak:

cégeknek 1-4. szám: 12 000 Ft/év

egyéni tagoknak 1-4. szám: 4 800 Ft/év

(Az árak az 5% áfát tartalmazzák.)