

HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 103. ÉVF. 1. SZÁM • 2023
HUNGARIAN JOURNAL OF HYDROLOGY • VOL 103. No. 1. • 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, Bogárdi János, 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, †Kuti László, 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

Hirdetés

Magyar Hidrológiai Társaság Titkarsága
1091 Budapest, Üllői út 25. IV. em.
Telefon: (1)-201-7655 Fax: (1)-202-7244
E-mail: titkarsag@hidrologia.hu

Indexelik

Appl. Mech.; Rew. Chem.; Abstr. Fluidex;
Geotechn. Abstr.; Meteor / Geostrophys.
Abstr. Sei.; Water Res. Abstr.
Index: 25374

HU ISSN 0018-1323

Tartalomjegyzék

Major Veronika: Előszó	3
TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK	
Báder László: Magyarország vízmérlege és az éghajlatváltozás.....	4
Illés Zsombor, Nagy László: Völgyzárógátak földrendésbiztos tervezésének fejlődése – esettanulmányok	17
Pomázi Flóra, Baranya Sándor, Ermilov Alexander Anatol, Török Gergely Tihámér, Horváth Gábor, Pál Irina: Az Alsó-Dráva antropogén és természetes hatásokra bekövetkezett függőleges mederváltozásainak vizsgálata ...	32
Strausz Tímea, Ács Tamás, Decsi Bence, Varga Laura: Budapesten létesített vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képesség változásának vizsgálata terepen végzett mérésekkel	48
TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP	
Konecsny Károly: Adatok a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat működéséről (1904-1912)	59
Albert Gábor: P. Károlyi Zsigmond és a Dégen-korszak vízügyi történetírása	66
FÓRUM	
Petrőcz Bálint, Németh József: 70 éves az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság	73
ESEMÉNYEK	
Major Veronika: Fejér László Wellmann Imre díjat kapott	81
KÖNYVISMERTETÉS	
Bogárdi János: Vízből vagyok, vízzé leszek – Miért forog a víz körforgása körül a világ? című könyvét ismerteti Gayer József	82
NEKROLÓG	
Kuti László – Major Veronika megemlékezése	84



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, János BOGÁRDI, Csaba BOZÁN, Géza CSÖRNYEI, Zsuzsanna ENGI, János FEHÉR, László FEJÉR, József GAYER, Géza HAJNAL, Márk HONTI, István IJJAS, János JÓZSA, Zsuzsanna KERESKÉSNÉ STEINDL, Zoltán KLING, Károly KONECSNY, Kálmán KORIS, Sándor KOVÁCS, †László KUTI, István LICSKÓ, Veronika MAJOR, Zoltán MELICZ, László NAGY, Judit RÁKOSI, István RÁTKY, Pál ROMÁN, Ferenc SZILÁGYI, Lajos SZLÁVIK, Péter SZÜCS, 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
Email: titkarsag@hidrologia.hu

Advertising

Secretariat of the Hungarian Hydrological Society
H-1091 Budapest, Üllői út 25., Hungary
Phone: +36-(1)-201-7655, Fax: +36-(1)-202-7244
Email: titkarsag@hidrologia.hu

Indexed in

Appl. Mech.; Rew. Chem.; Abstr. Fluidex;
Geotechn. Abstr.; Meteor / Geostrophys.
Abstr. Sei.; Water Res. Abstr.

Index: 25374

HU ISSN 0018-1323

Contents

Veronika MAJOR: Foreword	3
SCIENTIFIC PAPERS	
László BÁDER: Assessing the water balance of Hungary in the shadow of climate change	4
Zsombor ILLÉS, László NAGY: Evolution of earthquake-resistant design of dams – case studies	17
Flóra POMÁZI, Sándor BARANYA, Alexander Anatol ERMILOV, Gergely Tihamér TÖRÖK, Gábor HORVÁTH, Irina PÁL: Analysis of the vertical changes of the Lower Drava River morphology due to natural and anthropogenic impacts	32
Tímea STRAUSSZ, Tamás ÁCS, Bence DECSI, Laura VARGA: Assessment of clogging of permeable pavements in Budapest using in-situ infiltration measurements	48
HISTORICAL SNAPSHOT	
Károly KONECSNY: Data on the activities of the Mária and Hodos Stream Valley Water Use Association (1904-1912)	59
Gábor ALBERT: Zsigmond P. Károlyi and the historiography of the water management in the Dégen-era	66
FORUM	
Bálint PETRŐCZ, József NÉMETH: The North-Transdanubian Water Directorate is 70 years old	73
EVENTS	
Veronika MAJOR: László FEJÉR received the Imre Wellmann Award	81
BOOK REVIEW	
János BOGÁRDI: I am made of water, I will become water – Why does the water cycle make the world go round? – review by József GAYER	82
OBITUARY	
László KUTI – Commemoration by Veronika MAJOR	84

Cover photo: Bottom sill with fish ladder at Ásvány, Hungary (Photo: József KERTÉSZ)

Előszó



Visszatekintve a 2022-es évre, nehéz időszakot zártunk, hisz egyszerre kellett megküzdenünk a meteorológiai, a hidrológiai és a légköri aszályal is. A *Hidrológiai Közöny* közleményei is mind többet foglalkoznak a klímaváltozás egyre erősödő és fenyegető jeleivel, a sokasodó vízgazdálkodási problémák megoldási lehetőségeivel. Újra kell gondolnunk a vízgazdálkodás eszköz- és intézményrendszerét.

A *Hidrológiai Közöny* 103. évfolyam (2023) 1. száma az éghajlatváltozás hatásainak újraértelmezésétől egy különleges életút bemutatásáig vezet olvasóit.

Báder László tanulmányában az éghajlati víz- és energiamérleg kedvezőtlen változásainak megfékezésére egy rendszerszemléletű integrált légkör-vízkör modell kidolgozását sürgeti. A vízügyi ágazat így úttörője és motorja lehet a kedvező változásoknak.

Illés Zsombor és *Nagy László* esettanulmányokon keresztül mutatja be a völgyzáró gátak földrengésbiztos tervezésének fejlődését. Bár a földrengések következtében előfordul ilyen események hazánkban ritkán esnek meg, de az esettanulmányokon keresztül a mérnökök szembesülhetnek a tervezési (mértezési) és a kivitelezési hiányosságok következményeivel.

Napjainkra már jól ismert tény, hogy a magyarországi folyókon medermélyülés figyelhető meg, mely magával vonja a vízszintek süllyedését is. A legjelentősebb medermélyülés a Dráva folyón tapasztalható. *Pomázi Flóra*, *Baranya Sándor*, *Ermilov Alexander Anatol*, *Török Gergely Tihamér*, *Horváth Gábor* és *Pál Irina* közleményükben a Dráva folyó morfológiai, illetve a kisvízszintekben bekövetkezett változások elemzésén keresztül adnak becslést az intenzív emberi beavatkozások hatására, felhasználva a rendelkezésre álló folyószabályozási, kotrási és hordalékmérési adatokat, valamint korábbi mederfelmérések eredményeit.

Strausz Tímea, *Ács Tamás*, *Decsi Bence* és *Varga Laura* írása a vízáteresztő burkolatok egyik legfontosabb tulajdonságával, a felszíni vízáteresztő képességük időbeli változásával foglalkozik. A vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képessége idővel jelentősen csökkenhet, mely folyamat a burkolatok megfelelő karbantartásával, rendszeres tisztításával megelőzhető lenne.

A TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP rovatunkban a helyi vízgazdálkodási feladatok ellátásában kiemelkedő szerepet játszó víztársulatokról emlékezik meg *Konecsny Károly* a Mária és Hodos Patak völgyi Víztársulat működését bemutató írásában.

Ugyanebben a rovatban közöljük *Albert Gábor* történész tanulmányát, melyben P. Károlyi Zsigmond szaktörténészi munkásságát főként a Vízgazdálkodás folyóiratban, az 1960-as és az 1970-es években megjelent cikkein keresztül mutatja be.

A FÓRUM rovatban *Petrőcz Bálint* és *Németh József* az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság történetét, érdekes projektjeit és gyönyörű tájait mutatja be, invitálva ezzel a szakembereket a Magyar Hidrológiai Társaság XL. Vándorgyűlésének és az annak helyet adó Győr városának meglátogatására.

Az ESEMÉNYEK rovatban köszöntjük *Fejér Lászlót*, a Magyar Hidrológiai Társaság Tiszteleti tagját, az MHT Vízügyi Történeti Bizottságának elnökét, aki Wellmann Imre díjat kapott. A díjat a történeti muzeológiában kiemelkedő szakembereknek ítélik oda.

A KÖNYVISMERTETÉS rovatunkban *Bogárdi János* professzor „Vízből vagyok, vízzé leszek – Miért forog a víz körforgása körül a világ?” című könyvét mutatjuk be az egyik szerkesztő, *Gayer József* írásával. A könyv a szerző több, mint 50 éves szakmai életútjának összefoglalója. A kötet az OVF Vízügyi Tudományos Tanácsának kezdeményezésére és koordinálásában, a „Jövőépítés a vízgazdálkodásban” című könyvsorozat hatodik köteteként látott napvilágot.

A NEKROLÓG rovatban búcsúzunk a 2022. októberében elhunyt szerkesztőbizottsági tagunktól, *Kuti Lászlótól*, aki geológiai, agrogeológiai, vízföldtani és oktatáspolitikai területen segítette munkánkat.

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

Dr. Major Veronika
a *Hidrológiai Közöny* főszerkesztője

Magyarország vízmérlege és az éghajlatváltozás

Báder László*

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék. 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., K épület magasságszint 12. (E-mail: laszlo.bader@edu.bme.hu)

DOI:10.59258/HK.10410



Kivonat

A globális felmelegedéssel járó hőmérséklet-növekedéssel nő a párolgási igény. Vízmérlegünk legnagyobb tagjai (az átfolyó vízmennyiséget nem számítva) bevételi oldalon a csapadék, kiadási oldalon a párolgás. Az éghajlati energiák elosztását végző párolgásnak a szerepét azonban nem veszteségként, hanem szolgáltatásként kell értelmeznünk: egyik legfontosabb funkciója a felszín melegedésének korlátozása. A teljes lakossági-, ipari- és mezőgazdasági vízigénynél nagyobb mennyiségű vízre van most szükség a párolgás növeléséhez, azért, hogy az éghajlati víz- és energiamérleg kedvezőtlen változásait fékezzük. Még mielőtt versenyfutás kezdődne a vízárt a légköri vízigény és a felszíni (természeti és társadalmi) vízigények kielégítése között, egy rendszerszemléletű integrált légkör-víz-kör modell kidolgozására van szükség. A víz és párolgás szerepéről alkotott nézeteinket meg kell újítani. A passzív párolgáshoz képest meg kell növelni a növényzet segítségével szabályozott (és hasznosított) aktív párolgatózás mennyiségét és arányát. A civilizációk kialakulása és fejlődése során az ember képessé vált a hidrológiai ciklus stabilitását befolyásolni. A vízbiztonság érdekében ezért nem „csak” egy vízügyi problémát, hanem egy civilizációs problémát kell megoldanunk. Ez messze nem csak a vízügy feladata, a kihívás az élet minden területét érinti az oktatástól a kutatásig, a legkülönbözőbb ágazatokkal együtt. Ezzel a megközelítéssel a vízügyi ágazat szerepe is új értelmezést nyer: úttörője és motorja lehet a kedvező változásoknak.

Kulcsszavak

Hidrológiai ciklus, éghajlatváltozás, párolgás, evapotranszpiráció, klimatikus vízigény, ökoszisztéma szolgáltatások, felszínhőmérséklet, kis vízkör, vízbiztonság.

Assessing the water balance of Hungary in the shadow of climate change

Abstract

Global warming induces an increasing demand for evaporation. The largest components of the water balance equation in Hungary are precipitation on the input side, and evapotranspiration on the output side (excluding the rivers flowing through the country). The role of evaporation needs to be redefined from a simple loss factor to an important ecological service that enables the distribution of climatic energy. This invisible service protects the surface from overheating. Due to global warming evapotranspiration must be increased on land to meet the growing need of climatic energy transport, exceeding all current consumption by population, industry and agriculture. We must renew our concepts about evapotranspiration before it is too late. An integrated, system-orientated atmosphere-hydrosphere model is urgently needed. We must not fall into the pointless trap of competing for water between civilization and natural processes. This can be avoided by increasing the ratio of active transpiration through vegetation compared to passive evaporation from the surface. Human civilisation has become capable of influencing the hydrological cycle and challenge its stability. Providing access to water is by no means the only task of the water infrastructure sector. Keeping enough water in the hydrological cycle for both natural processes and civilizations is the way to ensure water security. This huge task requires an unprecedented effort and collaboration across many fields, including education, research and many other sectors of our lives. With this approach the role of the water sector gains a new perspective: it can be a pioneer and engine of much needed and urgent favourable changes.

Keywords

Hydrological cycle, climate change, evaporation, evapotranspiration, climatic water demand, ecological services, surface temperature, short water cycle, water security.

BEVEZETÉS

Az éghajlatváltozás kísérő jelenségei közé tartozik a szélsőséges időjárási események (aszály, árvíz, hőség) gyakoribbá válása. Magyarországon leginkább a meleg hőmérsékleti szélsőségek száma nőtt meg (Lakatos 2021). A szélsőségek kezelése és a következmények elhárítása egyre több és nehezebb feladatot ad a társadalom minden szegletében, a katasztrófavédelemtől kezdve a mezőgazdaságon, vízgazdálkodáson, közlekedésen át az egészségügyig. Hogyan lehet ezekre a nehézségekre felkészülni, vagy inkább megelőzni őket, miközben a vízellátás biztonsága alapvető elvárásává vált? Az ember tevékenysége mélyreható változásokat hozott a környezetben. A problémák jó részét saját magunk okozzuk: „egészen a modern időkig a víz alakította az emberi civilizációt. A jövőben ez fordítva lesz, az emberi civilizáció határozza meg a hidrológiai ciklus sorsát” (Szöllősi-Nagy 2022). Ha nekünk, embereknek kulcsszerepünk van a

hidrológiai ciklus alakulásában – és szem előtt tartjuk, hogy a víz az élet alapfeltétele –, akkor a hidrológiai ciklus alakításával tulajdonképpen saját sorsunkat határozzuk meg.

Rendszerszemlélet a vízmérleg elemzésében

A vízmérleg elemzéséhez a hidrológiai ciklus és a légkörzés egymásba fonódó folyamatait kell vizsgálnunk, mert azok nem választhatóak el egymástól. Induljunk ki onnan, hogy a légkörzés motorja az a különbség, amely az eltérő egyenlítői és sarkvidéki sugárzási egyenlegekből adódik (Geresdi és társai 2013). A víz a hőcserélő közeg szerepét tölti be a földi légkörzésben, az éghajlati energiacserélő folyamatokban, amelyekben a víz rendkívüli hőtani tulajdonságai és halmazállapot változásai semmi mással nem pótolható szerepet játszanak (Hesslerova és társai 2019, Báder 2021). A hidrológiai ciklus és a légkörzés folyamatai a csapadékon és a párolgáson keresztül elválaszthatatlanul összekapcsolódnak és egy rendszert alkotnak. Összetett folyama-

tok vizsgálatát érdemes következetesen, rendszerszemlélettel megközelíteni, amelyet egyre több kutató szorgalmaz: „A vízkészletek stratégiai szerepe világszerte felértékelődött. A víz és a környezet fenntartható kapcsolatán alapuló integrált vízgazdálkodás egyrészt a társadalmi elvárásoknak megfelelő gyakorlati feladat, másfelől megvalósulása a víz természeti és társadalmi körforgásának egységes, tudományos megalapozottságú és rendszerszemléletű figyelembevételét teszi szükségessé. Ennek megfelelően elengedhetetlenül fontos a vízrajzi és meteorológiai közszolgáltatások összehangolt szemléletű kezelése” (Bozó 2017).

A szemléletváltás azonban lassan halad, az áttöréssel, egy rendszerszemléletű integrált vízkörforgás képnek a megfogalmazásával még adósak vagyunk, pedig a szemléletek összehangolásának gondolata több mint fél évszázados: „A rendszerelmélet egy általános közelítésmód, amely messze túlmutat a technológiai problémákon és igényeken, egy szemléletváltás, amely szükségessé vált a tudományban általában, a tudományágak teljes skáláján a fizikától és a biológiától a viselkedési és társadalomtudományig, valamint a filozófiáig, ... és egy jelentős hatású új világképet vetít előre” (Bertalanffy 1968).

Ez a tanulmány a hidrológiai ciklus főbb tagjainak funkcióit elemezve tesz javaslatokat a fogalomhasználat változtatásaira, amely a szemléletváltozás kulcsa lehet. Felvázol egy egyszerű integrált légkörzés-vízkörzés modellt, amely segítségével a körforgás elemeinek funkcióiról, azok hangsúlyainak értelmezéséről szóló párbeszéd felgyorsulhat. Apróságnak tűnhet, de a helyes szóhasználat lehet a mérleg nyelve a fenntarthatóság felé vezető helyes út kiválasztásában. Apropos fenntarthatóság: fontos felhívni a figyelmet arra is, hogy az egymásba fonódó környezeti, társadalmi és gazdasági válságok megoldása nem képzelhető el a jelenlegi ágazati modellek és gyakorlatok megváltoztatása nélkül. A tudományos közélet integrált megközelítést sürget (Geresdi és társai 2013, Bozó 2017, Vida 2017), amely a környezeti problémákkal együtt a vízgazdálkodási kihívások kezelésére és megoldására is vonatkozik. A Hidrológiai Közlöny a teljes 2021/3. számot a körkörös vízgazdálkodás előmozdításának szentelte. A területi vízgazdálkodásban alkalmazandó természetes vízmegtartó megoldások eszköztárának és jó gyakorlatoknak a bemutatása már ebbe az irányba vezet (Murányi 2021). A mezőgazdaság a saját nézőpontjából, a termésbiztonság felől közelíti meg a problémát (Kolossváry 2021), és mint a vízellátás-szolgáltatást igénylő ágazat lép fel, ugyanakkor a mezőgazdaság és az erdészet tipikusan olyan ágazatok, ahol a szemléletváltás és az integrált megközelítés a hidrológiai ciklus stabilitásának visszaállítását a legjobban támogathatja például a párologtatási képesség növelésével. A csapadékvíz visszatartását már számos hazai kezdeményezés sürgeti külterületen és belterületeken egyaránt (Bíró 2017).

Kitekintés: hol tart a tudomány?

Egy nemzetközi kutatócsoport a hidrológiai ciklus 464 különböző ábrázolását elemezte, amelyeket az egész világból gyűjtöttek össze (Abbott és társai, 2019). Megítélésük szerint a hidrológiai ciklus megfelelő ábrázolása és tanítása a vízzel kapcsolatos ismereteket jelentősen befolyásolja, tanulmányaik során nagyon sokan találkoznak vele már az

alapoktatástól kezdve, később pedig a szakmai és tudományos gondolkodásmódra is nagy hatással van. Megállapításuk szerint az ábrák túlnyomó többsége jelentős hiányosságokkal rendelkezik, amelyek hátráltatják a vízkörzés jelentőségének általános megértését, pedig a vízkörzés szakterületi alapismeretből, vagy érdekes kutatási témából létkérdéssé vált az emberiség számára. Más kutatások is szorgalmazzák olyan fontos témák tisztázását, mint amilyen a növényzet szerepe a hidrológiai ciklusban (Arora 2002) vagy a párologás szerepének megfelelő értékelése az energiacsere folyamatokban (Rípl 2003, Hesslerova és társai 2019). Felhívják a kutatások a figyelmet arra is, hogy a szárazföldek vízellátásának biztonsága nem csak a beérkező nedvességtől függ, lényeges szerepet játszik a folyamatban a kis vízkör működése, a növényborítás és a csapadék/párologás helyben történő újrahasonosítása is (Kravcik és társai 2007, Spracklen és társai 2018, Sušnik és társai 2022).

Új fogalmak is kezdenek bekerülni a köztudatba, úgy mint a „légköri folyók”, amelyek óriási mennyiségű nedvességet szállítanak az egyenlítő felől a magasabb szélességekre és a szárazföldek belseje felé, ahova a felszíni lefolyás vízmennyiségének sokszorosát juttatják el. A tanulmányok egy része a szárazföldek légköri vízellátásának elemzésével kapcsolatban használja a kifejezést (URL1), híradások a rendkívüli csapadékeseményekkel összefüggésben említik (URL2). Bízható, hogy a vizsgálatok egyre inkább a hidrológiai ciklus egészének megismerését célozzák meg.

Bertalanffynak, az általános rendszerelmélet atyjának a figyelmeztetése azonban ma is érvényes. A modern tudomány hajlamos a részletekben elmerülni, a legapróbb részletek működési mechanizmusát megismerni, miközben megfeledkezik a részek együttműködésének fontosságáról. A rendszerszemlélet célja, hogy a vizsgálat tárgyát teljes „egész-ség”-ben ismerje meg (Bertalanffy 1968). Ne feledkezzünk meg erről a továbbiakban! Nem zárt kockába rendezett igazság egy modell, hanem egy közelítés, hogy összetett dolgokat, folyamatokat átlássunk és megértsük, hogyan állnak össze a részek jól működő egészé.

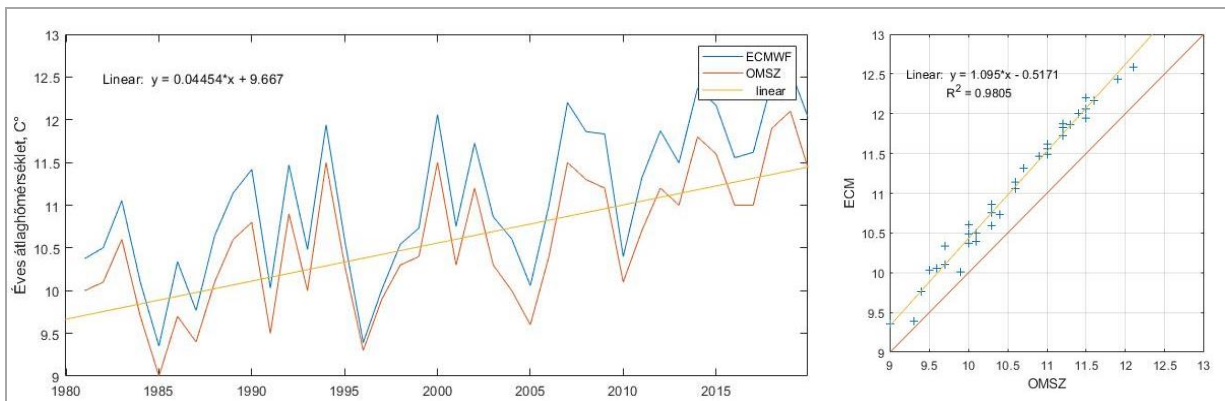
MÓDSZER

Egy rendszer működésének lényege leírható a környezetével való kapcsolatnak (bemenetek, kimenetek) alrendszerének, a rendszerelemek közötti funkcionális kapcsolatoknak, a szabályozó- és korlátozó folyamatoknak az azonosításával (Bertalanffy 1968, Sasvári 2020).

A hidrológiai ciklus esetében induljunk ki az alapvető funkcióból, a főbb tagok meghatározásából, azok szerepének és a közöttük lévő kapcsolatoknak a leírásából. A globális folyamatok helyett összpontosítsunk Magyarországra, hogy a probléma és a javasolt megoldás kézzelfogható legyen. A bevezetőben abból indultunk ki, hogy a légkörzés motorja a Nap felől beérkező rövidhullámú sugárzás földrajzi szélességek közötti eltérése. A légkörzés és a hidrológiai ciklus egymásba fonódnak, ezért a rendszer működés megértéséhez célszerű egy közös modell felvázolása. A globális felmelegedés teszi aktuálissá és sürgetővé a rendszerszemléletű elemzést. Magyarország éves átlaghőmérsékletének emelkedését mutatja be az 1. ábra az 1981-2020 közötti időszakban. Az ábra az Országos Meteorológiai Szolgálat homogenizált, rácspontra interpolált éghajlati

adatsora, illetve az ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – Európai Középtávú Időjárás-

Előrejelző Központ) ERA-5 Land reanalízis adatsora alapján készült MATLAB-ban feldolgozva.



1. ábra. Balra: az éves átlaghőmérséklet emelkedése Magyarországon 1981 és 2020 között az OMSZ és az ECMWF adatai alapján. Jobbra: a két adatbázis összehasonlítása (a szerző ábrája, az adatok forrása: OMSZ rácsponti, ill. az ECMWF ERA5-Land reanalízis adatbázis).

Figure 1. Left: average temperature in Hungary between 1981–2020 based on data from Hungarian Meteorological Service (OMSZ) and ECMWF-ERA5-Land database. Right: Comparing the datasets.

Az ECMWF és OMSZ adatokat összehasonlítva látható eltéréseket nem elemzem részletesen a tanulmányban, mert a lefutások és tendenciák közel egyformák, így a levont következtetéseket érdemben nem befolyásolják. Mindkét adatbázis felbontása $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ fok, ami Magyarországon körülbelül 9×11 km-nek felel meg, 1233 rácspont fed le az országot.

Ha a hőmérséklet alakulását egy energiaelosztó rendszer működését jellemző paraméternek tekintem, akkor az emelkedő tendencia figyelmeztető jel, hogy a rendszer stabilitásával probléma van, amit ki kell vizsgálni. Ehhez meg kell határozni a rendszert, hogy tulajdonképpen mi is a probléma tárgya. Nem elég a következményeket elemezni, az egész rendszer működését kell megérteni.

A vizsgált rendszer azonosítása és lehatárolása

Rendszerek tekintésük ebben a tanulmányban a hidrológiai ciklus azon részét, amely Magyarországon a – közép-európai kontinentális viszonyokra értelmezett – légkörzessel kapcsolatban van. A lehatárolt rendszer terjedelme magába foglalja a szárazföldi légkörzés főbb funkcionális elemeit, de nem tér ki más éghajlati rendszerek, vagy az óceáni légkörzés működésének elemzésére. Terü-

letileg és funkcionálisan ezt a lehatárolt egységet vázoljuk fel rendszerként (amely egy nagyobb szuper-rendszer részének tekinthető, és azzal a kapcsolatok meghatározhatóak, de erre itt nem tudunk kitérni).

A rendszer külső határai és fizikai kényszerek

Magyarország vízmérlegének főbb tagjait mutatja be a 2001–2010 közötti 10 éves átlagok alapján a 2. ábra (Kocsis 2018). Az eredeti teljes ábrából kiemelt tagok (a csapadék, a párolgás-párologtatás /evapotranspiráció/ és a lefolyás-beszívárgás) mind Magyarország teljes területére megadott értékek. Az átfolyás jelentős tényező – és kezelése a vízügyi ágazatnak rendkívül sok feladatot jelent – de azt most nem vesszük figyelembe, hogy a helyi rendszer működés sajátosságait tartjuk a vizsgálatunk fókuszában. (Ha mennyiségi sorrendben közelítenék meg az átfolyás hatását, az háttérbe szorítaná azokat a kiemelt tagokat, amelyek területi hatása leginkább érvényesül. A társadalmi és gazdasági vízfelhasználással hasonló a helyzet: számunkra ugyan a saját vízigényünk kielégítése a legfontosabb, de az nagyságrendileg kisebb a vizsgálandó rendszer kiemelt tagjainál, később ezeket is vizsgálhatjuk külön.)



2. ábra. Magyarország vízmérlege, részlet. Magyarország Nemzeti Atlasza (Kocsis 2018)
Figure 2. Water balance of Hungary (detail). National Atlas of Hungary (Kocsis 2018)

Az eddigi adatok az egyelőre fekete dobozként kezelt körvonalazódó rendszerünk kapcsolatát mutatják be a külvilággal. A meghatározó elemek a zártnak tekintett rendszer és a külső környezet között az energia- és vízforgalom. Lassan nevet is adhatunk a gyerekeknek, a munkahipotézisünk szerint egy olyan egységet határoltunk körbe, amelyet „éghajlati energiacserelelő- és szabályzó rendszer”-nek nevezhetünk.

Funkcionális elemzés

Fekete dobozunk sugárzási energiát és vizet, vagy átalakított formában vízpárát cserél a környezetével. Körvonalazódó rendszerünk főbb összetevőit azonosítottuk, amelyben nehezen szétválaszthatóak a hidrológiai ciklus és a légkörzés elemei. A légkörzéssel nem csak a csapadék egy része érkezik, de az energiacserelelőben is aktívan részt vesz. Az eddigi megállapításokat összegezve, a főbb elemeket az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. A szárazföldi „éghajlati energiacserelelő- és szabályzó rendszer” főbb elemei
Table 1. Main components of the „Climatic Energy Distribution and Regulation System” on the Continents

	A RENDSZER	LEÍRÁS
1	Helye	a globális hidrológiai ciklus és a légkörzés mint szuperrendszer egyik rendszere (ne feledjük, vizsgálatunk tárgyát lehatároltuk)
2	Funkció	az éghajlati energiák különbségének kiegyenlítése, életkörülmények szabályozott tartományban tartása
3	Bemenetek	beérkező napenergia (sugárzasegyenleg), csapadék, légkörzéssel érkező energia
4	Kimenetek	a párolgással felvett energia, lefolyás, légkörzéssel távozó energia, kiegyensúlyozott hőmérséklet
5	Alrendszerek	<még nem azonosítottuk>
6	Szabályzó, korlátozó tényezők, visszacsatolások	<még nem azonosítottuk >

A főbb rendszerelemek azonosítása után szükség szerint bővebb és pontosabb meghatározásokat készíthetünk, például:

- Csapadék: az energiacserelelőhöz szükséges energiaszállító közeg, és egyszerre az életfolyamatokhoz nélkülözhetetlen különleges anyag, alapvető életfeltétel. Nagy nedvességtartalmú légtömegekkel érkezik vagy helyben keletkezik.
- Párolgás: a besugárzás, mint külső fizikai kényszer által meghatározott energiafelvétel. Történhet közvetlenül a szabad felszínről, vagy szabályozottan például a növényzeten keresztül. Mennyiségét a rendelkezésre álló víz vagy az energia korlátozza.
- Lefolyás, beszivárgás: az energiacserelelőhöz pillanatnyilag nem szükséges többlet elvezetődése és eltárolódása.

A meghatározások a modell finomítása során értelemszerűen pontosíthatók.

EREDMÉNYEK

Szemléleti alapok tisztázása

Az adatgyűjtés és irodalomkutatás során körvonalazódott, hogy az eddig megismert fogalmainkat és ismereteinket felül kell vizsgálni ahhoz, hogy egy új, egységes, rend-

szerszemléletű modellt fel tudjunk vázolni. Ez természetesen nem jelenti a felhalmozott tudás megkérdőjelezését, csak annak más nézőpontból történő megközelítését, azért, hogy össze lehessen illeszteni egy folyamatról eddig megszerzett mozaikokat egy teljesebb képpé. Így van ez a hidrológiai ciklussal is, amely mérlegegyenletének általánosan elterjedt formáját a 2. táblázat (1) egyenlete mutatja be (Hajnal és Koris 2014). Az átfolyást és a kisebb tagokat elhanyagolva, átrendezve az (1) egyenlettel azonos tartalmúak az ábrán szereplő (2)-(4) változatok is.

Ha a KIADÁS tagot funkciói alapján SZOLGÁLTATÁS tagnak nevezzük, az átrendezés segíthet abban, hogy a mérlegegyenlet lényegét, a mérleg jelleget, az egyensúlyt kihangsúlyozza. A baloldalon csak a csapadék bevételt meghagyva nyilvánvalóbb, hogy csak addig nyújtózkodhatunk a jobb oldalon a szolgáltatások igénybevételével, amennyi csapadékunk van. A jobb oldalon (a kiadási oldalon) tulajdonképpen csak a lefolyás a veszteség (az is csak a lehatárolt terület nézőpontjából, de más értelmezésben ezt is felül lehetne vizsgálni), a többi tagnak fontos szerepe van: ökológiai szolgáltatást nyújtanak a táj klímájának és élővilágának fenntartásában, beleértve a lakossági, mezőgazdasági és ipari felhasználást is. A párolgást a legfontosabb szolgáltatási tagnak kell tekintenünk!

2. táblázat. A hidrológiai ciklus mérlegegyenletének főbb tagjai (átfolyás nélkül), és a szolgáltatási jellegét kiemelő formája (3) és éves mennyiségek Magyarországon (4)

Table 2. Main components of the hydrology balance equation (without flow through) highlighting services

(1)	$\Sigma \text{BEVÉTEL} - \Sigma \text{KIADÁS} = \pm \Delta K \text{ (KÉSZLETVÁLTOZÁS)}$
(2)	$\Sigma \text{BEVÉTEL} = \Sigma \text{(SZOLGÁLTATÁS)} \pm \Delta K \text{ (KÉSZLETVÁLTOZÁS)}$
(3)	$\Sigma \text{CSAPADÉK} = \Sigma \text{(PÁROLGÁS + FELHASZNÁLÁS + LEFOLYÁS)} \pm \Delta K$
(4)	$56 \text{ km}^3 \sim 48 \text{ km}^3 \text{ (+ FELHASZNÁLÁS)} + 8 \text{ km}^3 \pm \Delta K$

Adódik a kérdés, hogy mi értelme van a mérlegegyenlet ilyen apró formai változtatásának, amikor mindegyik alak ugyanazt jelenti? Miért emeljük ki megkülönböztetett tisztelettel a párolgást? A párolgás fontosságának felismeréséről és a rendszerszemléletű modellek utóbbi két évtizedes

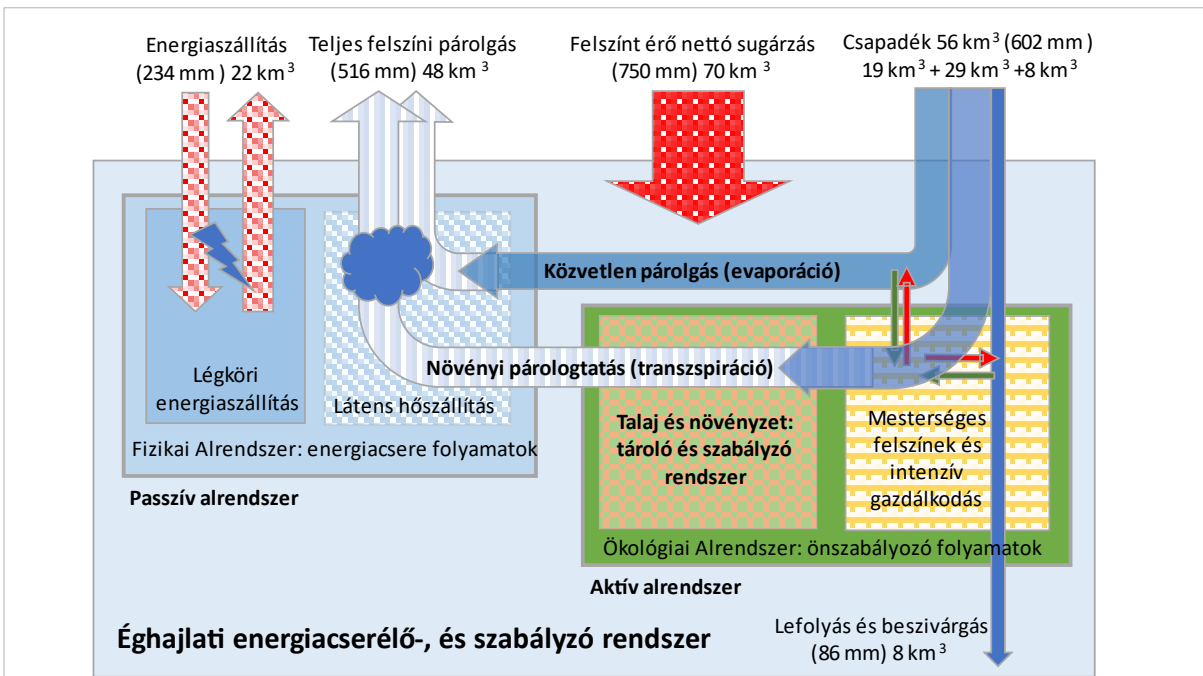
fejlődéséről jó áttekintést ad egy közép-európai kutatócsoport munkája (Hesslerová és társai 2019). Miért kell ilyen apróságnak tűnő dolgokkal foglalkozni? Erre a kérdésre is választ adhat a bevezetőben említett, a hidrológiai ciklus ábráiról készített elemzés tanulsága (Abbot és társai 2019): a

hidrológiai folyamatok működésének megváltozásában óriási szerepe van az emberiségnek. A legkisebb félreérthetőség vagy hiba a folyamatok megértésében súlyosbítja az amúgy is rosszabbodó helyzetet. A pontosabb fogalmazás, jobb modellek, alaposabb ismeretek önmagukban még nem oldják meg a környezeti problémákat, de lehetőséget adnak arra, hogy az oktatásban, kutatásban és az alkalmazásban felgyorsuljon a hatékony, természettel együttműködő megoldások megértése, kidolgozása és bevezetése.

Éghajlati energiacserélő- és szabályzó rendszer funkcionális modellje Magyarországra

Egy rendszerszemléletű modellnek fontos szerepe van az ismereteink rendezésében és az érdekeltek közötti párbeszéd és együttműködés kialakításában. Ha egyszerű és közérthető a modell, az további előny olyan esetben, amikor számos szakterület érdekelt egy probléma megoldásában. Az éghajlatváltozás és a vízbiztonság kérdése pedig ilyen. A 3. ábra felvázol egy egyszerű alapmodellt, amely

a további egyeztetések vitaindító alapja lehet. (A modell a közép-európai kontinentális éghajlatra jellemző arányokkal mutatja be a főbb rendszerelemeket. Eltérő éghajlaton az arányok és a hangsúlyok értelemszerűen mások lehetnek és további részletekre lehet szükség.) Az ábrán szerepelnek Magyarország vízmérlegének fontosabb adatai (a 2. ábra szerint), valamint a rendszermodell meghatározó tagjai: Bemenetek, Kimenetek (az 1. táblázat szerint). A légköri energiaszállítás átlagos éves értékére feltüntetett adat csak becslés a nettó sugárzás és felszíni párolgás alapján. Az energia mennyiségét eltérő mértékegységben fejezhetik ki az egyes szakterületek. SI mértékegységben az alapegység Ws (1 Watt teljesítmény 1 másodperc alatt) és $1 \text{ Ws} = 1 \text{ Joule}$. Gyakran használt származtatott energia mértékegység az 1 m^2 -ről elpárolgó 1 liter (azaz 1 mm vízréteg) párolgásához szükséges energia. A víz párolgáshőjét 2480 KJ/kg -nek véve ez 1 kg vízre 2480 KJ -t jelent, amely kWh-ban kifejezve $2480/3600 \text{ kWh} = 0,69 \text{ kWh}$.



3. ábra. Az „éghajlati energiacserélő- és szabályzó rendszer” modellje Magyarország vízmérlegének 2001-2010. évi átlagai alapján (Kocsis 2018, a szerző szerkesztése)

Figure 3. The functional model of the „Climatic Energy Distribution and Regulation System” based on the annual average values of the water balance of Hungary in 2001-2010 (Kocsis 2018, edited by the author)

A rendszer funkcióit az alrendszerek, a köztük levő kapcsolatok és a bennük megvalósuló átalakító folyamatok látják el. Az alrendszerek meghatározásához azt kell tudnunk, hogy a rendszeren belül milyen fontosabb átalakítások történnek, milyen összefüggéssel jellemezhető a Bemenetek és Kimenetek kapcsolata, azokat milyen szabályozó és korlátozó tényezők alakítják. A légkörzés és hidrológiai ciklus összekapcsolódó folyamatai a rendszeren belül két alrendszerrel felvázolhatóak:

- Fizikai alrendszer: feladata közvetlenül a fizikai kényszerek alapján működő energiacsere. A légkörzés segítségével energiát szállít. A csapadék párolgásra – ezáltal energiaközvetítésre – történő közvet-

len „felhasználása” (vízfelszín, talaj, beépített terület stb. párolgása). Működése *passzív*, közvetlenül az adott külső kényszereket követi (energia és víz rendelkezésre állása).

- Ökológiai alrendszer: feladata a kiegyenlítő szabályozás, a külső kényszerek hatását módosítani, csillapítani, késleltetni. Működése *aktív*, szabályozni, időzíteni képes az energiacserét. Tárolja a talajban az energia közvetítéséhez majd később szükségessé váló vizet, és késleltetve, megfelelő időben, igény szerint teszi elérhetővé (felszívás a növényzet gyökerein, párolgotatás a lombzaton keresztül stb.). A külső hatások keltette ingadozást csökkenti.

A két alrendszer szorosan együtt működik, tulajdonképpen csak a szemléletesség kedvéért érdemes őket különválasztani: együtt „dolgoznak” az energiák kiegyenlítésén. A feladat nagyobb részét az ökológiai alrendszer végzi (átlag mintegy 29 km^3 vizet párologtat évente, míg a passzív alrendszer „teljesítménye” $19 \text{ km}^3/\text{év}$!). A szárazföldeken évek százmilliói alatt fejlődött ki óriási változatoságban és gazdagságban az élővilág. A Föld élő burkoló rétege tulajdonképpen magában hordozza a vizet (Margulis 2000). A bioszféra egyszerre a víz felhasználója, raktározója, saját életfeltételeinek szabályzója. A talaj által alkalmassá vált a csapadék egy részének tárolására, tartálékolására, a növényzet pedig képessé vált az eltárolt vizet késleltetve felhasználni, akkor, amikor arra szüksége van (Ács és társai 2017). A szárazföldi környezet fenntarthatóságának a záloga a párologás (Eiseltová és társai 2012).

Az aktív és passzív alrendszer megkülönböztetésével és az elpárolgó víz útjának a két alrendszeren keresztüli láthatóvá tételével érthetőbbé válik a természeti környezet jelentősége. A növényzetnek nem „csak” életfeltétele a víz, hanem „működésével” szabályzója a víz körforgásának. Az ábrán feltüntetett kicsi piros és zöld nyilak azt mutatják, hogy a csapadék megoszlása a két alrendszer között milyen irányban változhat. A piros azt jelzi, ha a szabályzó folyamatba kevesebb csapadék jut és ezzel gyengül a szabályzó képesség, a zöld pedig azt, hogy több csapadékot juttatva az aktív alrendszerbe a szabályzó képesség javítható. Más megközelítések és ábrák a körfolyamat egyéb tulajdonságait hangsúlyozzák, például a kis vízkör, vagy a nagy vízkör működését (Kravcik és társai 2007), de nincsenek ellentmondásban a 3. ábrán bemutatott működéssel. Az itt bemutatott ábra a beérkező csapadék származását nem tünteti fel. Fontos hangsúlyozni, hogy a nagy

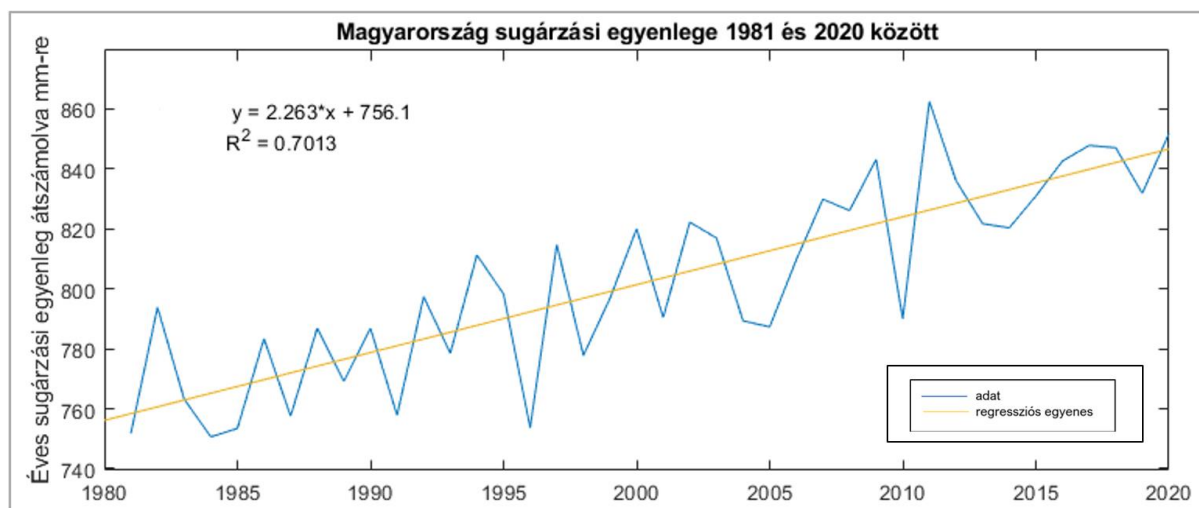
vízkör működésében is (az óceán felől érkező nedves légtömegek szállítása a kontinens belsejébe) nagy jelentősége van az ökológiai alrendszernek. A „biotikus pumpa” modell (Makarjeva és Gorshkov 2007) nélkülözhetetlen szerepet tulajdonít a növényzetnek.

Bemenetek és Kimenetek

A hidrológiai- és légköri folyamatokat a Napból érkező energia „működteti”, ezért a rendszert „meghajtó” energia a legfontosabb bemenő tag a külső határok meghatározásánál. Az ECMWF sugárzás adataiból meghatározott energiámérleg éves értékeit mm-re átszámolva látjuk a 4. ábrán, amely a nettó rövid- és nettó hosszúhullámú sugárzás egyenlege. A sugárzási egyenleg értéke párologásra átszámítva 1981 és 2020 között 756-ról 846 mm-re nőtt! Fontos megjegyezni, hogy most a felszínen rendelkezésre álló energiáról beszélünk, a légkör tetejét a Nap felől elérő ún. napállandó értéke nem mutat jelentős változást (Mika és társai 2010).

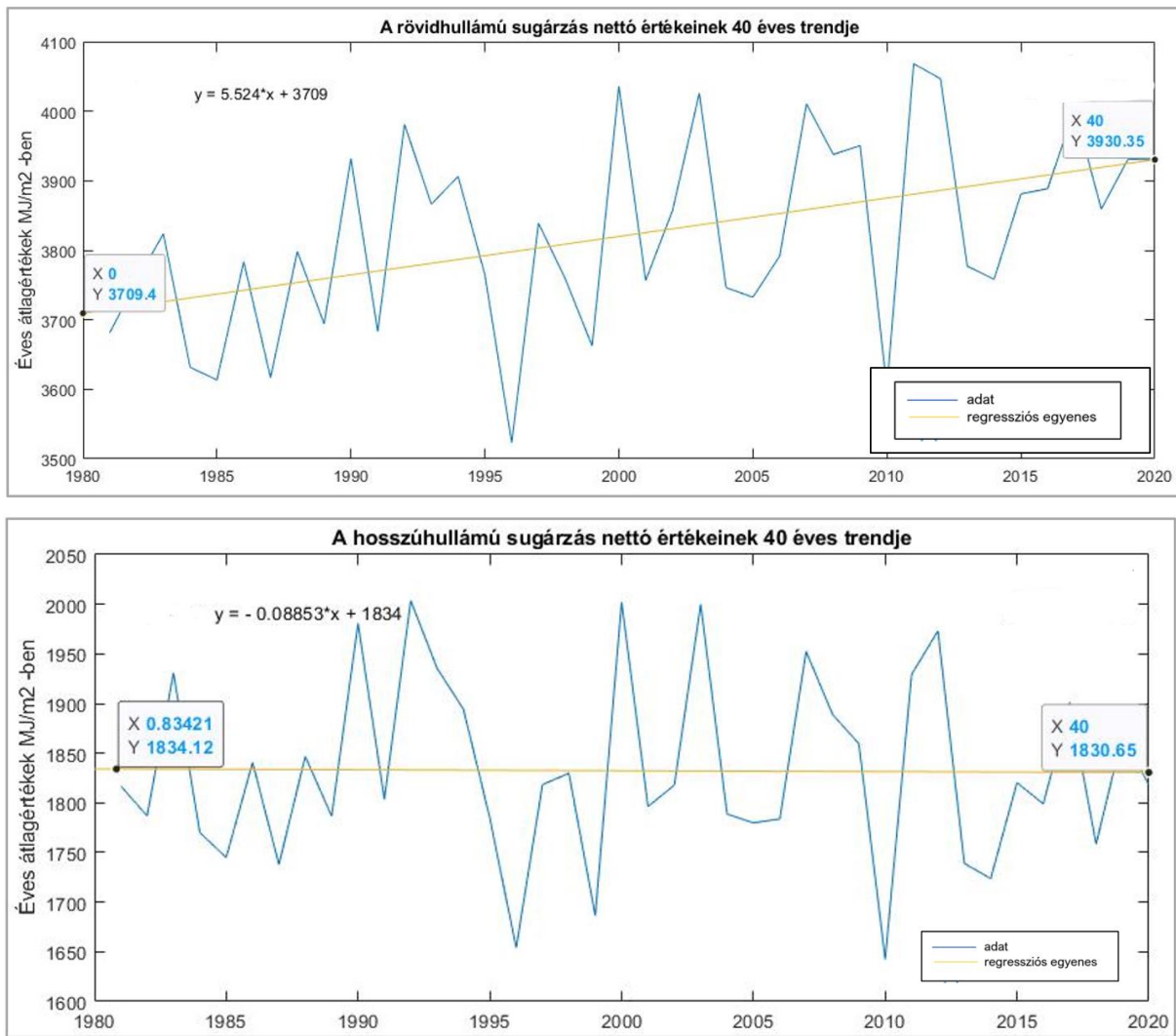
Az emelkedő tendencia okát vizsgálva az 5. ábra külön is bemutatja a sugárzási mérleg számolásához felhasznált két összetevőt.

40 év alatt a nettó hosszúhullámú sugárzás (ECMWF str paraméter) trendvonala állandó értéken maradt, míg a nettó rövidhullámú sugárzás (ECMWF ssr paraméter) emelkedő tendenciát mutat ($3\,700 \text{ MJ/m}^2$ -ről $3\,900 \text{ MJ/m}^2$ -re, mintegy 200 MJ/m^2 -rel növekszik). A besugárzás növekvő trendjének ellenőrzésére nézzünk meg egy másik forrást, az OMSZ 37 mérőállomásának homogenizált, $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ -os felbontású rácspontra interpolált napi adatainak összesítését is (6. ábra). Itt a teljes felszínre beérkező rövidhullámú sugárzási energiát látjuk, de a növekmény hasonló mértékű változást mutat, mint az ECMWF adatok.



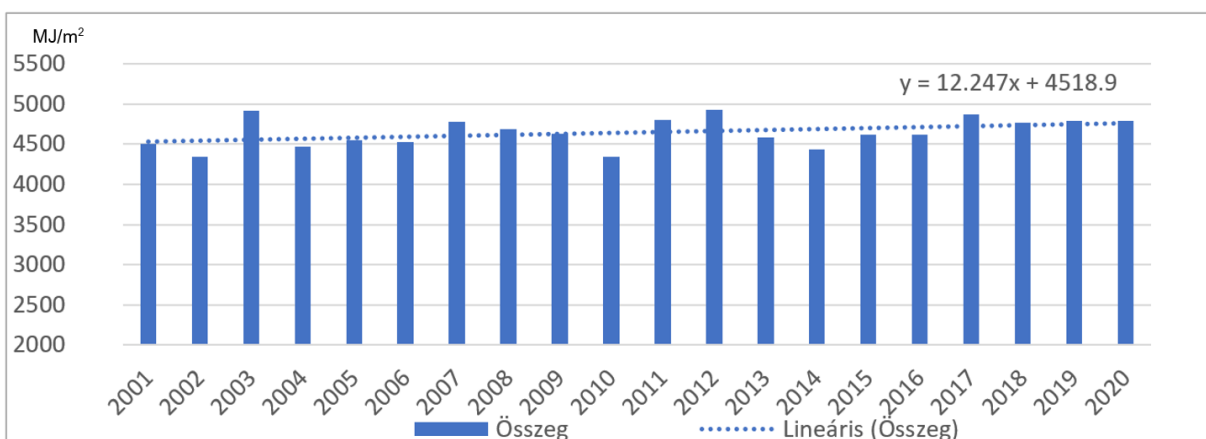
4. ábra. A nettó sugárzási mérleg éves átlagértékei Magyarországra 1981 és 2020 között, átszámolva mm-re (a szerző ábrája, az adatok forrása: ECMWF)

Figure 4. Annual values of the net radiation balance in Hungary in 1981-2020, expressed in mm of evaporation (edited by the author, data from ECMWF)



5. ábra. A sugárzási mérleg éves értékei Magyarországon 1981 és 2020 között. Fent: nettó rövidhullámú sugárzás, Lent: nettó hosszúhullámú sugárzás (a szerző ábrája, az adatok forrása: ECMWF ERA5-Land)

Figure 5. Annual values of the net-radiation in Hungary btw. 1981-2020. Top: shortwave radiation, bottom: long wave radiation (edited by the author, data from ECMWF ERA5-Land)



6. ábra. A globálisugárzás éves értékei Magyarországon 2001 és 2020 között (a szerző ábrája, az adatok forrása: OMSZ)

Figure 6. Annual values of global incoming radiation in Hungary btw. 2001-2020. (Data from the Hungarian Meteorological Service, edited by the author)

Az emelkedő trend összhangban van külföldi és hazai publikációkban leírtakkal. Szárazföldeken a globálsugárzás értéke kismértékben nőtt az 1986-2000 közötti időszakban, amely a csapadék enyhe növekedésével járt együtt. Ezek az adatok a hidrológiai ciklus gyorsulására utalnak (Wild és társai 2008). A légkör sugárzásmódosító hatásának számszerűsítése nem egyszerű feladat, hiszen a felszint elérő energia mennyisége sok tényezőtől függ.

Európa középső részein – hazánkban is – a globálsugárzás növekedése várható, míg Észak- és Dél-Európában csökkenés várható (Bartók 2013). A globálsugárzás és a felhőborítás kapcsolatának fizikai modellezésével foglalkozó kutatás előrevetíti, hogy a légkör vízgőztartalmának változása eltérően alakulhat különböző területeken (7. ábra). A kihullható vízgőztartalom területi eloszlásának térképe Európában 1981 és 2006 között az ERA-INTERIM adatbázis adatainak felhasználásával készült.

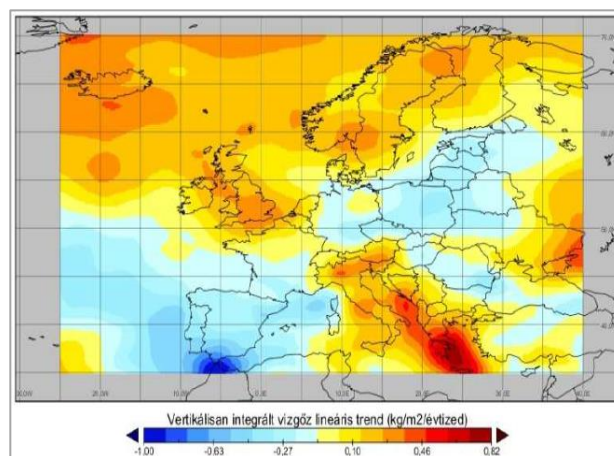
A sugárzási egyenleg változásainak további elemzése meghaladja ennek az írásnak a kereteit, de felhívja arra a figyelmet, hogy ha egy rendszer bemenő paramétere változik, az valamilyen formában hatással lesz a rendszer belső működésére és a kimenetekre is.

Az alrendszerek és működésük

Egy kiegyensúlyozott rendszer bizonyos határok között képes a működését stabilizálni, a bemenetek változásaira úgy válaszolni, hogy a rendszer főbb paraméterei változatlanok maradjanak. A tanulmányban a globális felmelegedésből indultunk ki, és az 1. ábrán Magyarország átlaghőmérsékletének növekedését láttuk. Az IPCC 2019-es jelentésében a globális felmelegedést ábrázoló grafikonján a levegő globális átlagnál nagyobb és gyorsabb ütemben növekvő felmelegedését mutatja be szárazföldeken (IPCC

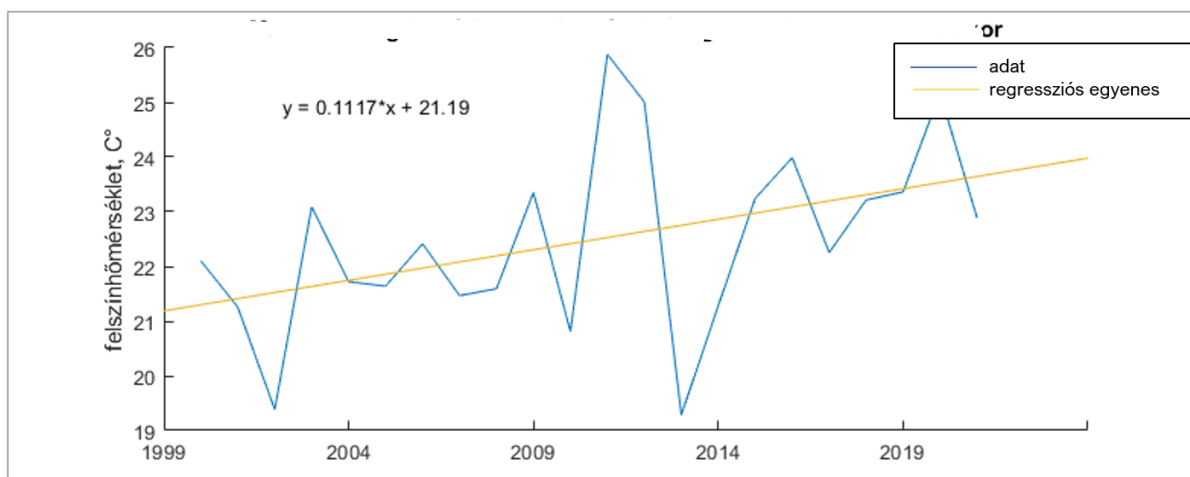
2019). Ennek a különbségnek a pontos okát nem tudjuk, de összefüggésben lehet az ökológiai alrendszer működésével és szabályzó szerepével, amit érdemes lehet részletesebben megvizsgálni (Báder 2021).

Ha a felszínhőmérséklet változásait nézzük, ott is megfigyelhetjük az emelkedő tendenciát, amelyet a szeptemberi adatok jól érzékeltetnek (8. ábra). Ezek az adatok azt jelenthetik, hogy a rendszer munkapontja elmozdult. A bejövő energiamennyiség növekedésével az alrendszerek energiacsereelő teljesítményének is növekednie kell. A változás oka lehet a bemenetek változása. Nagyobb energiaszállító képesség nagyobb vízigényt jelent a bemeneti oldalon és több párolgást a kimeneti oldalon.



7. ábra. A légkör víztartalmának évtizedes változása 1981 és 2006 között Európában (Bartók 2013)

Figure 7. Decadal Changes in the Vertically Integrated Water Column in Europe from 1981 to 2006 (Bartók 2013)



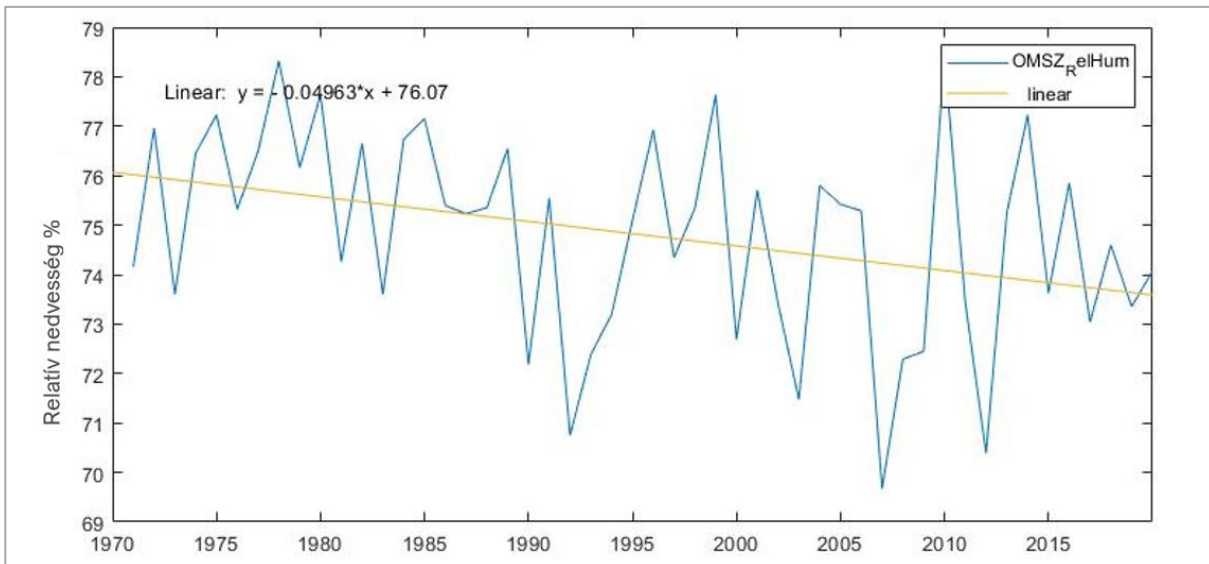
8. ábra. Átlagos felszínhőmérséklet Magyarországon szeptemberben 10:30-kor, 2000 és 2021 között

(A szerző ábrája, MODIS Terra műhold adatai: NASA Land Processes Distributed Active Archive Center, LP DAAC)

Figure 8. Average surface temperature in September in Hungary at 10:30, btw. 2000-2021, based on MODIS Terra satellite data, by the author (Edited by the author, source: NASA Land Processes Distributed Active Archive Center, LP DAAC)

A hőmérséklet emelkedésével az energiaszállító közeg mennyiségének a növekedése is szükséges. A nagyobb teljesítményhez több víznek kell rendelkezésre állnia a folyamat stabil „működéséhez” (Báder 2020). Jelezheti ezt a megnövekedett igényt a relatív páratartalom csökkenése is az 1971 és 2020 közötti években (9. ábra). Persze óvatosan kell kezelnünk a páratartalom

csökkenésének grafikonját, hiszen azt önmagában a hőmérséklet emelkedése is magyarázhatja (nagyobb a melegebb levegő párafelvévő képessége). A 7. ábrán azonban azt láttuk, hogy Magyarország túlnyomó részén kevesebb lett a légkör víztartalma 1981 és 2006 között, amely rámutat arra, hogy részletesebben is meg kell vizsgálni a folyamatot.



9. ábra. A relatív nedvesség éves átlagos alakulása Magyarországon 1971 és 2020 között
(a szerző ábrája, az adatok forrása: OMSZ)

Figure 9. Annual average of relative humidity in Hungary btw. 1971-2020.
(Data from the Hungarian Meteorological Service, chart by the author)

Ha indikátorként értelmezzük a 7. és 9. ábra adatait, akkor arra az eshetőségre is gondolnunk kell, hogy az éghajlati energiacsere- és szabályozó rendszer változásairól van szó: az aktív szerepet játszó ökológiai alrendszer teljesítő-képessége romlik, mert nem képes annyit párologtatni, mint amennyit a megnövekedett sugárzási egyenleg és hőmérséklet kényszere okoz. Ha pedig a párologással a felszínről el nem szállított hőmennyiség szenzibilis (érzékeny) hővé válik, és nő az aránya a párologással elszállított látens (rejtett) hőszállításhoz képest, akkor egyre inkább a száraz, kopár területekre jellemző hőszállítási mintázatok felé tolódik el a felszín hőszállítása (Kravcik és társai 2007, Unger és társai 2012, Sušnik és társai 2022).

Szabályzó, visszacsatoló, korlátozó elemek

Egy rendszer elemeiben a változások törvényszerűek, de attól rendszer egy rendszer, hogy a kilengéseket képes kezelni, szabályozni és működését egy ellenőrzött tartományban tartani. Az éghajlati energiákat kiegyenlítő rendszeren belül a szabályozás két eltérő formáját látjuk. A fizikai alrendszerben egyszerű fizikai törvényszerűségeken alapul: a víz és az energia elérhetősége (a külső kényszerek) megszabják a párologás és az energiaszállítás mértékét (ezt neveztük *passzív alrendszernek* „Az alrendszerek és működésük” fejezetben). Összetettebb szabályozásra képes az ökológiai alrendszer, amely tározó, időzítő képességével akkor is hatékonyan tudja támogatni az energiacsere- és szabályozó folyamatokat, amikor a felszínen már nincs annyi víz, aminek az elpárologása képes lenne az energia elszállítására: ekkor a talajban tárolt tartalékokhoz nyúl (ezt neveztük *aktív alrendszernek*). Természetesen itt is a fizikai törvényszerűségek érvényesülnek, de a növényzet keresztül közvetett módon.

Az energiacsere folyamatok önszabályozó képessége a fenntarthatóság kulcsa. Kecskemét környéke területi és potenciális párologásának és a levegőhőmérsékletnek a 3 havi átlaga látható a 10. ábrán a nyári hónapokban (június-július-augusztus) az 1981-2020 években. A baloldali skála

a párologást mutatja milliméterben, a jobb oldali a hőmérsékletet °C-ban. Az adatok forrása: ECMWF 0,1' cella (19,6E 46,9N, kb. 9x11 km).

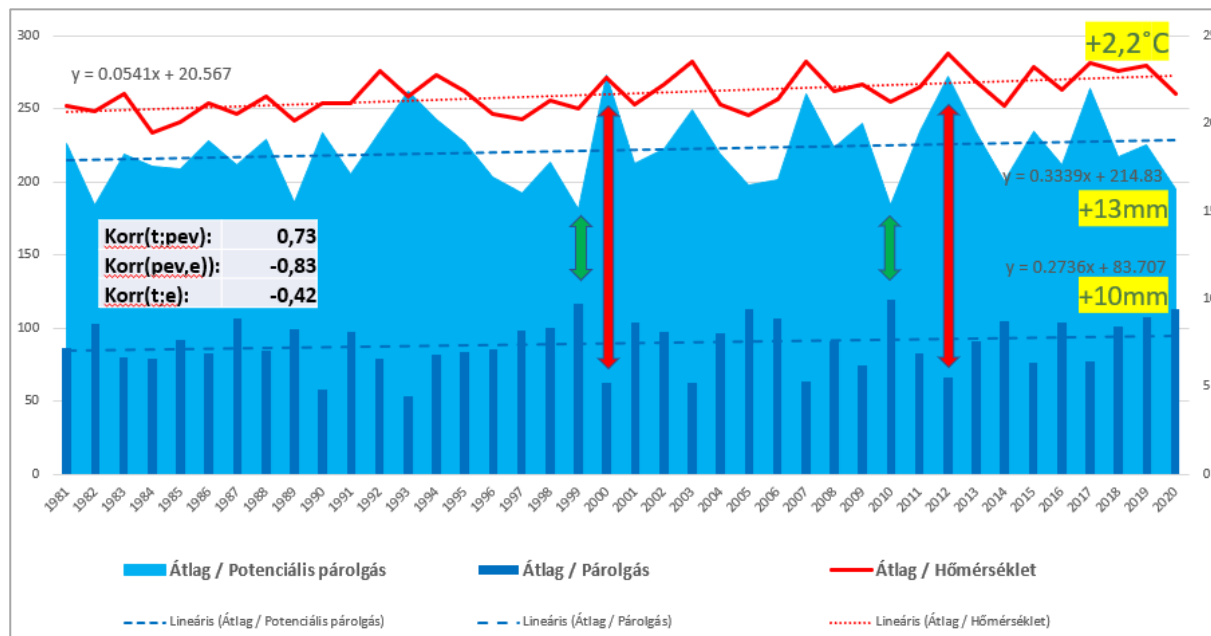
Azokban az években, amikor a párologás értéke nagyobb, mint az előző vagy következő években (pld. 1999 és 2010), látható, hogy a hőmérséklet csökken, és vele együtt a potenciális párologás is (10. ábra). A párologás szabályozó szerepe felismerhető. A rákövetkező években (2000 és 2011-2012) kevesebb a párologás, ismét jelentősen megnő a potenciális párologás és a hőmérséklet is. Zöld és piros nyilak jelölik az ábrán a változást. A trendek növekedési értéke még nem tűnik önmagában jelentősnek, de figyelmeztető jel, hogy nyílik az olló a tényleges és potenciális párologás között, amely a rendszer stabilitásának csökkenéséhez, és ebben a térségben a sivatagosodáshoz vezethet.

Az energiacsere folyamatok hatékonyságát növelheti az elpárologott víz újrahasznosítása a kis vízkörben. A csapadékhöz és a párologáshoz szükséges víz „származásának” vizsgálatok kimutatták ennek a hatékonyságot növelő fontos tényezőnek a szerepét. A sokkal nagyobb energiaforgalmat „bonyolító” forró égővi régiókban (Kelet-Afrika, Amazónia északi része) a párologás 60-90%-a csapadékként tér vissza a kontinensen belül (Ent és társai 2014)! Más kutatások arra figyelmeztetnek, hogy a meggyengült önszabályozó képesség negatív hatással van egy egész térség éghajlatára és megnő az aszályok gyakorisága és intenzitása (Zemp és társai 2017, Sušnik és társai 2022). A víz helyben való hasznosításának ismerete még általános volt a hagyományos kultúrákban (Andrásfalvy 2013), most tudományosan is megerősítést nyernek a népi tapasztalatok.

A relatív nedvesség alakulását vizsgálták globális szinten is, ahol 1979 és 2000 között előbb enyhén emelkedő tendencia jelentkezett, majd 2000-tól 2017-ig hasonló mértékű csökkenést mutattak ki (Xiao és társai 2020). A tanulmány a trend megfordulását a szárazföldi növényzet párologtató képességének csökkenésével hozza összefüggésbe.

Magyarországon Csáki (2019) vizsgálta a különböző CORINE felszínborítási kategóriák szerint a párolgást a CREMAP (Complementary Relationship based evaporation MAPping) eljárással készült 1 kmx1 km felbontású párolgástérképeket felhasználva (Szilágyi és Kovács 2010). A vizsgált 2000-2008-as időszakban, átlagban a mesterséges felszínek párolgása a legkisebb (471 mm/év),

ennél alig több a mezőgazdasági területek párolgása (499 mm/év). Az erdők-természetközeli területek, vízenyős területek párolgása sorrendben: 576 mm/év, ill. 671 mm/év (Csáki 2019). A vízfelületek párolgásának értéke 861 mm/év. Az eltérő felszínborításokra adódó nagyobb értékek egyben az ökológiai alrendszer energiacserélő- és szabályozó funkcióknak való jobb megfelelését is mutatják.



10. ábra. A 3 nyári hónap hőmérsékletének, párolgásának és potenciális párolgásának havi átlaga Kecskemét környékén 1981 és 2020 között. A baloldali skála a párolgást mutatja milliméterben, a jobb oldali a hőmérsékletet °C-ban (az adatok forrása: ECMWF ERA5-Land)

Figure 10. Monthly average temperature, evapotranspiration, and potential evaporation around Kecskemét calculated for the 3 summer months. Scale on the left axis shows evaporation in mm, right axis in °C (source of data: ECMWF ERA5-Land database)

A rendszer működésének értékelése

Magyarország vízmérlegére a bemutatott paraméterek alakulása jelentős hatással lehet. Kiemeltem és felértékelendőnek tartom a párolgás szerepét a vízmérlegben. Veszteségi tagból a legfontosabb szolgáltatási taggá léphet elő, ha kellő súllyal értékeljük az éghajlati energiák elosztásában betöltött szerepét. A párolgáshoz-párologtatáshoz (a passzív fizikai alrendszerhez és az aktív ökológiai alrendszerhez) szükséges vízmennyiség rendelkezésre állása határozhatja meg az ország éghajlatának alakulását. A víz hiánya a sivatagosodás felé vezethet, megfelelő intézkedésekkel a folyamatot lassítani vagy megállítani is lehetséges.

Jogosan merülhet fel a kérdés, akkor tulajdonképpen mennyivel több vízre van szükségünk, mennyivel több párolgás szükséges a felmelegedés jelen üteme mellett annak hatásait ellensúlyozni? Az elméleti értéknek a maximális párolgás és a rendelkezésre álló víz különbségét tekinthetjük (potenciális párolgás - csapadék). Ez az érték túlbecsüli ugyan az éghajlati vízhiányt, de nagyságrendje így is elgondolkodtató, többszöröse a teljes lakossági-, ipari- és mezőgazdasági vízfelhasználásnak. A potenciális párolgás leggyakrabban használt becsült értéke 750 mm (Stelczer 2000). Ez átszámolva mintegy 70 km³ víz, így az éghajlati

vízhiány éves értékére 14 km³-t kapunk. (A megadott értékek országos átlagok. Fontos felhívni a figyelmet, hogy regionális szinten ettől jelentősen eltérő átlagértékek is lehetségesek. A hiány akkor is jelentős, ha a vízigényt „csak” a potenciális párolgás 80%-ának számoljuk.)

Az országos adatok mellett a Tisza magyarországi vízgyűjtőjére kigyűjtött adatok (Ungvári és társai 2012) elemzése jelzi a veszélyét annak, hogy mi várható, ha nő a különbség a területi párolgás és a potenciális párolgás között. Lokális szinten (ez alatt több megyényi területet is érthetünk) a potenciális párolgás meghaladhatja az 1000 mm/év értéket, miközben a tényleges párolgás 500 mm/év alá csökken. Pozitív, gerjesztő visszacsatolás jöhet létre. Ha tovább folytatódik a melegedés, annak csillapításához még több vízre lenne szükség. A teljes csapadék elpárolgása sem lenne elegendő a felszínen az energiaegyensúly megtartásához. Az éghajlati vízhiány értéke pedig már most is többszöröse a jelenlegi lakossági-ipari-mezőgazdasági vízhasználatnak. A Nemzeti Vízstratégia, a Kvaszay Jenő Terv (URL3) által megcélzott öntözés mennyisége messze nem elegendő a légköri vízhiány pótlására. Más megoldásokban is kell gondolkodnunk, az öntözés csak elsőséggel lehet.

ÖSSZEGRZÉS

A globális felmelegedéssel járó hőmérséklet növekedéssel nő a párolgási igény. A tanulmányban ezért a párolgás mértékét és folyamatát vizsgáltam meg rendszerszemlélettel közelítve. Javaslatot tettem egy egyszerű rendszer-szemléletű integrált légkör-vízör modellre, amely Magyarország felszínére szűkítve a vízkörzés főbb tagjainak működését írja le (az átfolyás nélkül). A kialakult kép azt sugallja, hogy a párolgást nem veszteségként, hanem az éghajlati energiák elosztását végző szolgáltatásként kell értelmeznünk: funkciója a felszín melegedésének korlátozása. A teljes lakossági-, ipari- és mezőgazdasági víz-igénynél nagyobb mennyiségű vízre van szükség a párolgás növeléséhez, ahhoz, hogy az éghajlati víz- és energiámérleg kedvezőtlen változásait fékezzük. Egy modell azonban nem eredmény, hanem eszköz, amely a probléma megértését, a párbeszédet és az együttműködést segítheti.

A civilizációk kialakulása és fejlődése során az ember képessé vált a hidrológiai ciklus stabilitását befolyásolni. Egyre fejlettebbek és hatékonyabbak vagyunk, mégis egyre inkább ki vagyunk szolgáltatva a külső tényezők változásainak? Itt valami nincs rendben. Most ezért nem „csak” egy vízügyi problémát, hanem egy civilizációs problémát kell megoldanunk. Ha a bevezetőben említett súlyos állítások igazak, hogy az ember természetátalakító képessége annyira megnőtt, hogy meg tudja határozni a vízkörzés sorsát, akkor tulajdonképpen saját sorsát is képes meghatározni. Ha a hatékonyságunkat magunk ellen fordítjuk (az erőforrások gyors felélésével, vagy a környezeti állapotok gyors és kedvezőtlen irányú változtatásával) akkor velünk van a baj, nem a külső környezet kedvezőtlen változásaiban kell kizárólagosan (és önigazolásképpen) keresni a problémák okát. A víz- és a természeti környezet szerepét kell újraértékelnünk, megértenünk és meg kell tanulnunk együttműködni vele. Ne akarjuk legyőzni a Természetet, mert akkor Ő fog legyőzni bennünket.

A dolgozat főbb megállapításainak összefoglalása segíthet a társadalmi együttműködés kialakításában, és a Természettel való együttműködés helyreállításában:

1. A vízmérleg egyenletében a párolgás nem veszteség, hanem az éghajlati energiák szállítását végző rendkívüli jelentőségű környezeti szolgáltatás.
2. A hidrológiai ciklus funkciójának értelmezésekor szerencsésebb a mérlegegyenlet olyan formáját használni, ahol a bevételi oldallal szemben tüntetjük fel a szolgáltatási tagokat, amelyek közül a legnagyobb – és a környezeti stabilitást jelentő – tag a párolgás.
3. Ha a közvetlen passzív párolgásról az ökológiai rendszereken keresztül történő önszabályzó párolgatatás felé tolódik el az arány az összesített párolgásban (evapotranszspiráció), az a hidrológiai ciklus és a légkörzés stabilitását és kiegyensúlyozottságát egyaránt segíti.
4. Az édesvízi készletek folyamatosan megújulnak a szárazföldeken, amelyhez a nagy vízkör működése mellett (az óceáni nedvesség szállítása) a kis vízkör hozzájárulására is szükség van (amikor a párolgás segíti a csapadék képződését és újrahasznosul).

5. A víz körforgásának bármely pontján az emberiség számára kivett készleteket felhasználás után vissza kell juttatni a körforgásba, az ökológiai vízigények pótlására vagy tartalékolásra, és a lehető legkevesebbet a lefolyásba. Ekkor a természeti és társadalmi szükségleteket egyaránt fenntartható módon ki lehet elégíteni.

6. Az oktatás minden szintjén azt a képet kell kialakítani a vízről, hogy a víz sokkal több, mint erőforrás, amely mindenki számára hozzáférhető. A víz, mint energiaközvetítő, a szárazföldön egy önszabályozó életfenntartó körfolyamat része, amelynek működése létérdekünk és általános emberi kötelességünk.

7. A vízügyi ágazat tevékenységi körét újra kell értelmezni. A vízellátás feladatköre a jelenlegi lakossági, mezőgazdasági és gazdasági igényeken túl ki kell, hogy terjedjen az éghajlati energiakiegyenlítő körfolyamathoz, a párolgáshoz szükséges víz biztosítására is.

Még mielőtt versenyfutás kezdődne a vízért a légköri vízigény és a felszíni (természeti és társadalmi) vízigények kielégítése között, sürgősen cselekedni kell. A megoldás felé vezető út az, ha a passzív párolgáshoz képest az ökológiailag szabályozott (és hasznosított), éghajlati igényekhez igazodó aktív párolgatatást növeljük. Ez messze nem csak a vízügyi feladata, a kihívás az élet minden területét érinti az oktatástól a kutatásig, a legkülönbözőbb ágazatokkal együtt. Az élet minden területén új szemléletre van szükség a vízzel kapcsolatban. Minden szektor hozzá tud járulni a vízkörzés stabilitásának megőrzéséhez. Ezzel a megközelítéssel a vízügyi ágazat szerepe is új értelmezést nyer: úttörője és motorja lehet a kedvező változásoknak. Minden ágazatnak ki kell azonban dolgoznia a saját feladatait, amelyek azonos alapelven működnek: a Föld felszínének energiaforgalmát segítsék aktívan a természetes folyamatok. Csak néhány területet kiragadva a körkörös megoldások bevezetésére adódó számtalan lehetőség közül: a mezőgazdaságban a talajtakaró és talajjavító gazdálkodás elterjesztése (amely lefedi és védi a felszínt, növeli a beszivárgást, segíti a párolgatatást a csapadékmentes időszakokban), az erdőgazdálkodásban a folyamatos erdőborítással járó üzemmódok, az urbanizált területeken a kék-zöld infrastruktúrák (zöld fal, zöld tető, esőkertek stb.) terjesztése.

Az éghajlatváltozás problémájának megoldása az emberiség egyik legnagyobb kihívása, ami a vízügyi ágazat számára is hatalmas feladat. Az élet alapfeltétele a víz, de a környezeti fenntarthatóság záloga is egyben. Az összefogás nélkülözhetetlen, ezért a kutatásban, ágazatok közötti együttműködésben is össze kell hangolni azokat a programokat, amelyek ebbe az irányba mutatnak és elsőbbséget kell nekik adni, mert a feladat megoldható, azonban minél később fogunk hozzá ebben a szellemben, annál nehezebbé tesszük saját munkánkat. A magyar vízügyi ágazat jelentős tapasztalatokat halmozott fel, amelyekre építve ennek az óriási kihívásnak a megoldásában újabb szintet léphet előre.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm Szilágyi Józsefnek, Gribovszki Zoltánnak és Zsugyel Mártonnak a kézirat javításához tett észrevételeit. Köszönöm Nagy Eszternek az ECMWF adatok, Farkas Máténak a MODIS adatok letöltéséhez nyújtott segítségét. A bemutatott kutatás a BME-NVA-02 számú projekt részeként az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a TKP2021 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

Arora, V. (2002). Modeling vegetation as a dynamic component in soil-vegetation-atmosphere transfer schemes and hydrological models. *Reviews of Geophysics*, 40, 2 May 2002. pp. 3.1-3.26. doi:10.1029/2001RG000103

Abbott, B., Bishop, K., Zarnetske, J., Minaudo, C., Chapin, F., Krause, S., Hannah, D., Conner, F., Ellison, D., Godsey, S., Plont, S., Marçais, J., Kolbe, T., Huebner, A., Frei, R., Hampton, T., Gu, S., Buhman, M., Sayedi, S., Ursache, O., Chapin, M., Henderson, K., Pinay, G. (2019). Human domination of the global water cycle absent from depictions and perceptions. *Nature Geoscience*, Vol 12 July 2019. pp. 533-540. doi:10.1038/s41561-019-0374-y

Andrásfalvy B. (2013). A víz a magyar történelemben. In: *Víz határok nélkül II. Magyar Tudomány*. 2013. II. pp. 1313-1321.

Ács F., Breuer H., Szász G. (2017). A talaj légkörre gyakorolt hatásának modellezés-szemponitú áttekintése. In: *A talajtakaró geonómiája. ELTE Meteorológiai Tanszék*. pp. 230-248. ISBN 978-963-284-918-8 (online)

Bartók B. (2013). A globálsugárzás változásai Európában. Egyetemi doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem, Földtudományi Doktori Iskola. p. 81.

Báder L. (2020). „Táji hőszigetek” és hatásuk az éghajlati energia- és vízmérlegre, *Tájökológiai Lapok / Journal of Landscape Ecology* 18: 2. pp. 87-96. doi:10.56617/tl.3487

Báder L. (2021). A párolgás szerepe és a „táji hőszigetek” hatása az éghajlati energia-és vízmérlegre. *Léghő 66. évf. 3. sz. pp. 16-21.*

Bertalanffy, L. von (1968). *General System Theory*. George Braziller New York. pp. 30-53.

Bíró T. szerk. (2017). Országos települési csapadékvíz-gazdálkodási konferencia tanulmányai, Baja. ISBN 978-615-5845-22-2 https://vtk.uni-nke.hu/document/vtk-uni-nke-hu/Kézikönyv_csapadék.pdf

Bozó L. (2017). A víz és a légköri folyamatok – a hidrológiai ciklus atmoszferikus része. *Magyar Tudomány* 178. pp. 1198-1205. doi:10.1556/2065.178.2017.10.3

Csáki P. (2019). A klímaváltozás hatása a vízkészletekre a felszínborítás figyelembevételével. Soproni Egyetem, PhD disszertáció.

Eiseltová, M., Pokorný, J., Hesslerová, P., Ripl, W. (2012). Evapotranspiration – A Driving Force in Landscape Sustainability, In: *Evaporation – Remote Sensing and Modelling*. Ayse Irmak, IntechOpen. ISBN 978-953-307-808-3. doi:10.5772/19441

Ent, R.J., Wang-Erlandsson, L., Savenije, HHG. (2014). Contrasting roles of interception and transpiration in the hydrological cycle – Part 2: Moisture recycling. *Earth Syst. Dynam.*, 5. pp. 471-489. doi:10.5194/esd-5-471-2014

Geresdi I., Horváth Á., Bozó L. (2013). A víz szerepe a légköri folyamatokban. *Magyar Tudomány*. 174. pp. 1293-1299.

Hesslerová, P., Pokorný, J., Hurina, H., Harper, D. (2019). Wetlands and Forests Regulate Climate via Evapotranspiration. In: An, S., Verhoeven, J. (eds) *Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use*, Ecological Studies 238, Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14861-4_4

Hajnal G., Koris K. (2014). Hidrológia I. Fizikai hidrológia, Jegyzet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. p. 13.

IPCC2019 (2019). Technical Summary, SPM_Updated-Jan20. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Szerk. Shukla et al.

Kolossváry G. (2021). Körforgásos gazdaság a mezőgazdaságban, a vízzel összefüggésben. *Hidrológiai Közöny* 101. évf. 3. szám. pp. 31-39.

Kocsis K. főszerk. (2018). *Magyarország nemzeti atlasza – Természeti környezet*. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet. Budapest. p. 187.

Kravcik, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kovac, M., Tóth E. (2007). *Water for the Recovery of the Climate – A New Water Paradigm*. People and Water NGO, Kosice, Slovakia

Lakatos M. (2021). Kiterjedt, gyors és egyre intenzívebb az éghajlatváltozás az IPCC 6. értékelő jelentése szerint. *Léghő 66. évf. 3. szám. p. 29.*

Margulis, L. (2000). *Az együttműködés bolygója*. Vince Kiadó. Budapest. ISBN 963-9192-52x.

Makarieva, A. M., Gorshkov, V. (2007). Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11. pp. 1013-1033. doi:10.5194/hess-11-1013-2007

Mika J., Dunkel Z., Utasi Z. (2010). Satellite observations for climate science, in *COST ACTION 734 (European Cooperation in Science and Technology): Satellite data availability methods and challenges for the assessment of climate change and variability on European agriculture*. pp. 115-134.

Murányi G. (2021). A körkörös gazdasági modell kiaknázása a területi vízgazdálkodásban. *Hidrológiai Közöny* 101. évf. 3. szám. pp. 16-30.

Ripl, W. (2003). Water, the bloodstream of the biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 358(1440). pp. 1921-1934. doi:10.1098/rstb.2003.1378

Sasvári P. (2020). *Rendszerelmélet*. Dialóg Campus Budapest. doi: 10.36250/00734.00

Spracklen, DV., Baker, JCA., Marsham, JH. (2018). The Effects of Tropical Vegetation on Rainfall. *Annu.*

Rev. Environ. Resour. 2018. 43. pp. 14.1–14.26. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-030136>

Stelczer K. (2000). A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. ELTE Eötvös Kiadó. ISBN 963-463-249-1

Sušnik, J., Masia, S., Kravčík, M., Pokorný, J., Hesslerová, P. (2022). Costs and benefits of landscape-based water retention measures as nature-based solutions to mitigating climate impacts in eastern Germany, Czech Republic and Slovakia. *Land Degradation & Development*, 1-14. doi:10.1002/ldr.4373

Szilágyi J., Kovács Á. (2010). Complementary-relationship-based evapotranspiration mapping (cremap) technique for Hungary. *Civil Engineering* 54/2. pp. 95-100. doi:10.3311/pp.ci.2010-2.04

Szöllősi-Nagy A. (2022). A globális víz helyzet – tényleg akkora a baj? Öntözzünk, de miből? A Magyar Természettudományi Társulat konferenciasorozata. 2022. március 8.

Unger J., Sümegehy Z., Kántor N., Gulyás Á. (2012). Kisléptékű környezeti klimatológia. JATEPress, Szeged, ISBN 978-963-315-068 9

Ungvári G. Molnár Zs., Varga Gy., Ellison D. (2012). Ökoszisztéma-szolgáltatások nagyságrendi becslése vízgyűjtő szinten a vízkörforgást leíró vízháztartási jellemzők alapján. Regionális Energiagazdálkodási Kutatóközpont, Budapest. Műhelytanulmány (working paper). Utolsó hozzáférés: 2020. március 20. <https://www.researchgate.net/publication/274912006>, <http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/560/>

Vida G. (2017). Közös otthonunk a Föld. Szent István Tudományos Akadémia. Előadás, 2017. április 3.

Wild, M., Grieser, J., Schaer, C. (2008). Combined surface solar brightening and increasing greenhouse effect support recent intensification of the global land-based hydrological cycle. *Geophysical Research Letters* 35. doi:10.1029/2008GL034842

Xiao, M., Yu, Z., Kong, D., Gu, X., Mammarella, I., Montagnani, L., Arain, A., Merbold, L., Magliulo, V., Lohila, A., Buchmann, N., Wolf, S., Gharun, M., Hörtnagl, L., Beringer, J., Gioli, B. (2020). Stomatal Response to decreased relative humidity, *Environ. Res. Lett.* 15 094066. doi:10.1088/1748-9326/ab9967

Zemp, DC., Schleussner, CF., Barbosa, H., Hirota, M., Montade, V., Sampaio, G., Staal, A., Wang-Erlandsson, L., Rammig, A. (2017). Self-amplified Amazon Forest loss due to vegetation–atmosphere feedbacks. *Nat. Commun.* 8, doi:10.1038/ncomms14681

Internetes hivatkozások:

URL1 (2018). Fred Pearce: Rivers in the Sky: How Deforestation Is Affecting Global Water Cycles. <https://e360.yale.edu>. Utolsó hozzáférés: 2022.05.01.

URL2 (2021). Rivers in the Sky: 6 facts you should know about atmospheric rivers. <https://www.usgs.gov>. Utolsó hozzáférés: 2022.05.01.

URL3 (2015). NEMZETI VÍZSTRATÉGIA, KVASAY JENŐ TERV. <http://www.vizugy.hu/index.php?module=vizstrat&programelemid=143>. Utolsó hozzáférés: 2022 április 28.

SZERZŐ



BÁDER LÁSZLÓ mérnök–geográfus, az MHT tagja. Jelenleg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem doktorandusza az Építőmérnöki Karon, a Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéken. Kutatási területe a párolgás becslése és az éghajlati víz- és energiamérleg alakulásának vizsgálata. A versenyszektorban szerzett munkahelyi tapasztalatokat, közben társadalmi szervezetekben is dolgozott és több országos programban, például a Nemzeti Erdőstratégia kidolgozásában vett részt.

Völgyzárógáták földrengésbiztos tervezésének fejlődése – esettanulmányok

Illés Zsombor*, Nagy László*

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Geotechnika és Mérnökgeológiai Tanszék
(E-mail: zsombor.illes@edu.bme.hu, lacinagydr@gmail.com)

DOI:10.59258/HK.10980



Kivonat

A közlemény célja, hogy olyan esettanulmányokon keresztül mutassa be a gátak földrengésbiztos tervezésének fejlődését, ahol földrengés hatására a szerkezetek károsodtak vagy tönkrementek. Kijelenthető, hogy az ilyen esetek nagyon ritkák, egy völgyzárógát szakadása beláthatatlan következményekkel járhat. Ezen ritkán előforduló események (károsodás és tönkremenetel) részletes bemutatása segít megérteni a szeizmikus hatásokkal szembeni tervezési (méretezési) és kivitelezési hiányosságokat. Azon esetekben, amikor nem készült részletes tervezés szeizmikus hatásokra „back analízis” elvégzése tette lehetővé az események rekonstruálását, a tönkremeneteli mechanizmus megértését és a pontosabb biztonsági közelítés kidolgozását. Az egyik legtöbbet vizsgált eset 1971-ben a San Fernando gát károsodása, amikor a víztározó gátjának vízoldali rézsúje jelentősen sérült. Az egyetlen dokumentált gátszakadás pedig a Fujinuma gátnál történt 2011-ben a „nagy Tohoku” földrengés idején. A nemzetközi szakirodalom összefoglalásán alapuló tanulmány felhívja a figyelmet arra, hogy a gátak dinamikus terheléssel, szeizmikus hatásokkal szembeni ellenállásához elengedhetetlen a földrengésbiztos tervezés, mely a kivitelezési kérdéseken át a szerkezeti kialakításon keresztül a komplex méretezési kérdéseket is magába foglalja. A konkrét számítási módszerekkel az Eurocode 8 és a szerzőpáros egy korábbi közleménye is foglalkozik.

Kulcsszavak

Nagygátak, földrengésbiztos tervezés, talajfolyósodás, esettanulmányok, San Fernando gát, Zippingpu gát, Fujinuma gát.

Evolution of earthquake-resistant design of dams – case studies

Abstract

The purpose of the publication is to present the evolution of earthquake-resistant dam design through case studies where structures have been damaged or destroyed by earthquakes. It can be stated that such cases are very rare, and the rupture of a dam can have unforeseeable consequences. A detailed presentation of these rare events (damage and failure) helps to understand the design and construction deficiencies against seismic effects. In some cases, performing “back analysis” made it possible to reconstruct the events, understand the failure mechanism and develop more accurate safety approaches. One of the most documented cases is the damage of the San Fernando dams in 1971, when two reservoir dams’ upstream sides suffered massive slides. The only recorded dam failure happened at the Fujinuma dam during the 2011 “great Tohoku” earthquake. Based on a summary of the international literature, the study draws attention to the fact that earthquake-resistant design is essential for dams to tackle dynamic loads and seismic effects. The design procedure includes construction issues as well as structural detailing and complex dimensioning. Specific calculation methods are also dealt with in Eurocode 8 and in a previous publication by the authors.

Keywords

Dams, earthquake-resistant design, soil liquefaction, case studies, San Fernando dam, Zippingpu dam, Fujinuma dam.

BEVEZETÉS

A gátak földrengésállóságára kevés adattal rendelkezünk, az ellenőrző számítások inkább csak azt mutatják egy földrengés után, hogy a gát állékony volt, de nincs információ a biztonsági tartalék nagyságáról. Az esettanulmányokban a gátak rézsújének tönkremenetelére is említésre kerül. Viszonylag részletesen bemutatjuk az Alsó San Fernando, Sheffield és a Zippingpu gátak károsodását, valamint a Fujinuma gát tönkremenetelét. A történeti leírás mellett szólnunk az okok feltárására használt módszerekről. Sorra vesszük a gátak földrengésbiztos kialakításának lehetőségeit. Esettanulmányokkal alátámasztva végigkövetjük a szeizmikus igénybevételnek kitett rézsú méretezési módszerének fejlődését és szabványokba történő beépülését.

Hazánkban a földrengésre való méretezést az *Európai Szabványügyi Bizottság földrengésálló szerkezetek tervezésével kapcsolatos Eurocode 8 szabványa (European Committee for Standardisation 2004)*, illetve annak nemzeti mellékletei szabályozzák. A szabvány bevezetése lendületet adott a földrengéssel kapcsolatos vizsgálatoknak, gyakorlati kutatásoknak, annak ellenére, hogy a Kárpát-medence és benne Magyarország mérsékeltén kitett a földrengéseknek (*Timár és társai 2018, Szabó és társai 2018*). Az Eurocode szabványok gazdaságos és ésszerű alkalma-

zásához elengedhetetlen a földrengésterhelés helyszínspecifikus meghatározása. A hazai kutatásokat *Mahler és társai (2019)* közleménye foglalja össze.

Magyarországon napjainkig tartotta magát az ismeret, hogy földrengés következtében gátszakadás még nem alakult ki nagygátaknál. Úgy tűnik azonban, hogy nem is egy volt ilyen, ugyanis a hazai figyelem csak az Észak-Amerikában megjelent irodalomra irányult. A tudományos horizont tágulása elkezdte növelni az ismeretek mennyiségét.

MANNOU-IKE (MANNO-TÓ, JAPÁN)

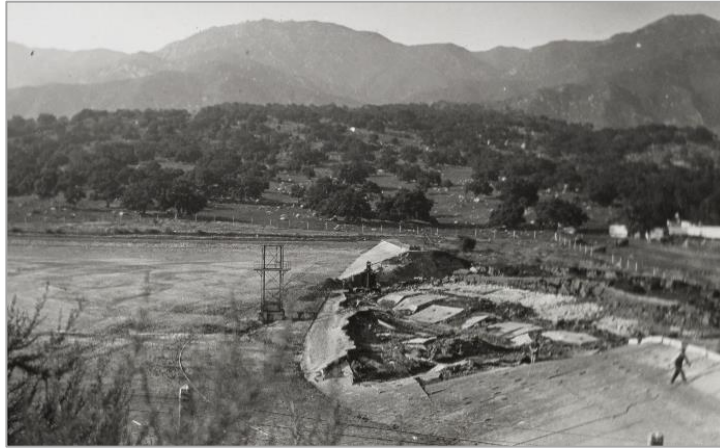
A legkorábbi, földrengés következtében ismertté vált gátszakadás 1854-ben történt. Az i.sz. 701-ben a helyi rizstermesztés föllendítésére épített és többször magasított Manno-tó gátjának tönkremenetelét (*Ono és társai 2011*) az Ansei Nankai (M 8,4) földrengés okozta. A Manno-tó víztározó gátmagassága 22,0 m, a korona hossza 155,8 m, a tározott térfogat 113 000 m³ volt. A Japánban az egyik legrégebbi mezőgazdasági tározóként nyilvántartott mű segítségével 3 003 ha területet öntöztek.

SHEFFIELD GÁT (EGYESÜLT ÁLLAMOK)

A Santa Ynez-hegység alján, Santa Barbara megye északi végén található Sheffield-gát az Egyesült Államok egyetlen gátja, amely földrengés során tönkrement, a tárolt víztö-

meg pedig kiszabadult. A Sheffield gát 1925-ben Santa Barbara közelében, Kalifornia államban bekövetkezett földrengés miatt károsodott. A gát 1917 telén épült, 230 m hosszú koronával, 8 m-es magassággal és a földrengés idején a tározó 113 500 m³ vizet fogadott be.

A gát homokos talajon épült, felvízi beton vízzáró burkolattal. A földrengés során drámai módon ugrott fel a talajban a pórusvíz nyomás és a talaj inkább folyadékként, mint szilárd anyagként viselkedett. A talajfolyósodás (soil liquefaction) hatására a gát középpontja körülbelül 95 méter hosszon egyszerűen lebegett a megfolyósodott talajon,



1. ábra. A károsodott (vagy tönkrement) Sheffield-gát (https://archive.org/details/cstb_000071)
Figure 1. The damaged (or failed) Sheffield dam (https://archive.org/details/cstb_000071)

Később pseudo-statikussal módszerrel megvizsgálták és a számítási módszer alapján nem volt kérdéses a rézsűk stabilitása (a pszeudostatikus – kvázi statikus – számításokhoz a szeizmikus hatást a vízszintes és függőleges statikus erők együttesével kell megadni, amelyek a nehézségi erők és a szeizmikus együttható szorzataként számíthatók). A momentum magnitúdó skálán 6,5-6,8-ra becsült földrengés reggel 7 óra előtt pattant ki. A minimális biztonsági tényező meghatározásához a szeizmikus együttható értékét 0,1-nek vették fel, ami megfelel egy 10 kilométerre bekövetkezett 6,25-ös magnitúdójú földrengésnek. A szeizmikus együttható MSZ EN 1998-5:2009 (Eurocode 8) alapján függ: a tervezési talajgyorsulástól (α), a talajtényezőztől (S), ezek értékeit az MSZ EN 1998-1:2004 adja meg, illetve az r tényezőtől ami a megtámasztó szerkezet típusára utal, ezt az MSZ EN 1998-5:2009 szabályozza. A Sheffield gát esetében a biztonsági tényező 1,2-re adódott (3. táblázat). A talaj drénezetlen nyírószilárdsági értékével számoltak, mivel ez a legmegfelelőbb a rövid ideig tartó terhelések esetén, mint amilyen az említett földrengés is volt (Seed és társai 1969). Az egyszerű pszeudostatikus vizsgálat nem veszi figyelembe a talajfolyósodás lehetőségét. Ez csak különböző helyszíni vizsgálatokkal lehetséges, melyek értékeléséhez az Eurocode 8. (2004) B melléklete ad útmutatást. Magyarországon egyetlen esetben, az 1956-os dunaharaszti földrengés után jelentkeztek talajfolyósodásra utaló jelek. 60 évvel később Bán és társai (2020) helyszíni vizsgálatok segítségével (CPT, SPT) számította ki a maximális vízszintes talajgyorsulást (0,193-0,247 g). Mivel a különböző infrastruktúra műtárgyak (vasútvonalak, árvízvédelmi töltések) használhatósága

majd körülbelül 30 méterrel tolódott el az alvív irányában (1. ábra).

A gát meglehetősen közel volt Santa Barbara városához, amin keresztül egy vízfal rohant a Voluntario és az Alisos utcák között a tenger felé. Fákat, autókat és három házat vitt el, hátrahagyva egy sáros, törmelékkel borított területet. A víz a város alsó részét 60 cm mélységig öntötte el, amíg fokozatosan be nem ereszkedett a tengerbe (1925 Santa Barbara Earthquake: The Dam Break). Halálos áldozatot nem jelentettek.

már a tönkremenetelt megelőzően is korlátozódhat, ezért fontos a biztonsági tényező mellett az elmozdulások és a szeizmikus teljesítőképesség ismerete is, melyekről a pszeudo-statikussal vizsgálat nem ad felvilágosítást. Az elmozdulások talajválasz elemzéssel határozhatók meg. A különböző elmozdulásokat a károk mértékétől függően károsztályokba sorolva, az egyes károsztályok meghaladási valószínűségét meg lehet határozni. Ezt a meghaladási valószínűséget különböző intenzitású szeizmikus hatások eseteére a sérülékenységi görbék jellemzik (Hübner és Mahler 2020a). A sérülékenységi görbék egy autópálya töltés eseteére kerültek előállításra (Hübner és Mahler 2020b).

OJIKÁ FÖLDRENGÉS (JAPÁN)

Az 1939. évi, 6,6-os magnitúdójú Ojika (Japán, Honszűiget) földrengés során 12 gátzakadás történt (Akiba és Semba 1941). A földmozgás következtében a becsült gyorsulás a súlyosan károsodott gátaknál 0,3-0,4 g között változott.

Számos alacsony, öntözési célból épült földgát károsodott a földrengés során. A károsodások jobb megértése érdekében ezek átfogó összehasonlító felmérését Akiba és Semba (1941) végezte el. A részletes felmérés összesen 52 töltés károsodást dokumentált, ebből 40 sérülést (rézsű károsodás) és 12 gát tönkremenetelt állapítottak meg. A töltések magassága 1,5 m és 18 m között változott, de a töltés magassága és a sérülés mértéke között nem volt nyilvánvaló kapcsolat. Bár a vizsgált töltések közül csupán 31-nél találtak meg a töltéscélpítési nyilvántartást, a károsodás hálózata és az építési eljárások közötti összefüggést nem lehetett meghatározni.

Az 1. táblázat a különböző típusú károsodásokhoz kapcsolódó töltések számának részletezését mutatja. E szerint a rézsű meghibásodásai és repedései (a kidudorodást is enyhe lejtőn való meghibásodásnak tekintették) a töltések legalább 80%-ában okoztak károkat, a többi töltés esetében – mivel azok teljesen tönkrementek – a károk típusát nem határozták meg.

1. táblázat. Ojika földrengés, rézsű suvadások és töltésrepedések (Akiba és Semba 1941)

Table 1. Ojika earthquake reservoir damage and cracks (Akiba and Semba 1941)

Rézsű suvadások és töltésrepedések	No.
Felvízi rézsű suvadása	17
Alvízi rézsű suvadása	6
Mindkét rézsű suvadása	8
Teljes gátszakadás meg nem határozható mechanizmussal	9
Meg nem határozható repedések és műtárgy sérülés	2
Csak műtárgy sérülés	1
Csak repedések (elsődlegesen függőleges)	9
Összesen	52

A teljesen tönkrement töltések esetén a töltésépítő anyag szemeloszlásának néhány jellemző pontját mutatja a 2. táblázat. Amint az a táblázat adataiból kitűnik, a 12 töltésből 9-et elsősorban homokból építettek. Agyagos homokból kivitelezett töltéseknél bekövetkezett három meghibásodás esetében kettőt a gyengén tömörített talaj elmosása okozta a nemrégiben javított leürítő vezetékeknél, míg a harmadikat pedig a leürítő vezeték törése miatt kialakult buzgár okozta.

2. táblázat. Az Ojika földrengésnél 1939-ben átszakadt gátak szemeloszlása (Akiba és Semba 1941)

Table 2. Failed dams and their grain size distribution in Ojika earthquake in 1939 (Akiba and Semba 1941)

Sorszám	Szemeloszlás [%]			Megjegyzés
	> 0,1 mm	0,01 – 0,1 mm	< 0,01 mm	
1	85	15	0	
2	84	15	1	
3	82	15	3	
4	66	18	16	
5	72	21	9	
6	79	12	9	
7	77	13	10	
8	92	5	3	
9	81	6	13	
10	34	38	28	Laza töltés
11	14	59	27	Laza töltés
12	36	31	33	Buzgárosodás

A földrengés és következményeinek vizsgálata során a következő fontosabb megállapításokat tették (Akiba és Semba 1941):

1. Nagyon kevés adat áll rendelkezésre a gát meghibásodásáról. A legtöbb gátszakadás néhány órával vagy akár 24 órával is a földrengés után történt.
2. A sérült és tönkrement töltések nagy része homokos talajból épült; míg az agyag talajból épült töltéseknél nem történt teljes tönkremenetel.
3. Még az epicentrumhoz közel lévő töltéseknél sem voltak teljes átszakadások az agyagból épült töltések

esetében; azonban az epicentrumtól nagyobb távolságra is jelentős számban sérültek a homokos talajból álló töltések.

SAN FERNANDO GÁT (EGYESÜLT ÁLLAMOK)

1971. február 9-én, nem sokkal reggel 6 óra után 8-10 millió kaliforniai lakos riadt fel az állam egyik legpusztítóbb földrengésére. Tíz másodperc elteltével a szerkezetek széleskörű károsodását figyelték meg a San Fernando völgy északi részén. Ezen szerkezetek jelentős hányada összedőlt, más részük súlyos károsodásokat szenvedett és az összeomlás határára került. A Richter-skála szerinti 6,6-os magnitúdójú földrengés volt Kalifornia állam egyik legerősebb katasztrófája a XX. században. 58 ember halt meg, 2400 megsérült és 1500 épület menthetetlenül károsodott. A veszteséget akkori értéken 500 millió dollárra becsülték. A földrengés legkomolyabb következménye az Alsó San Fernando gát csaknem teljes tönkremenetele volt (2. ábra).



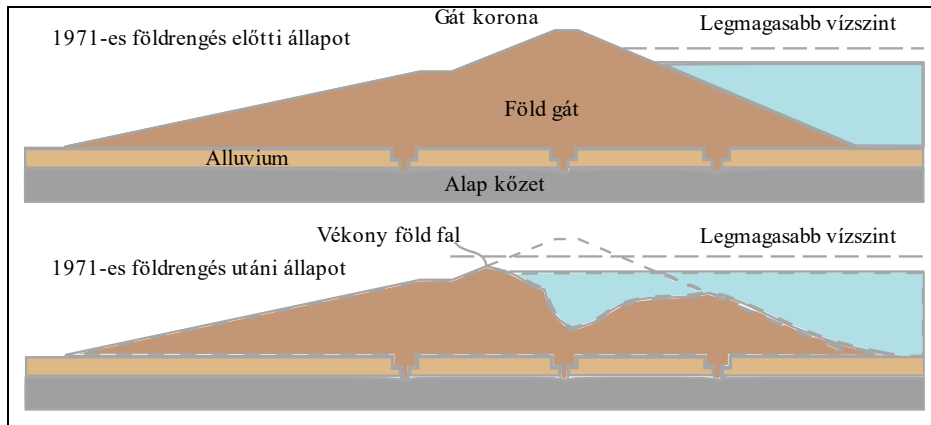
2. ábra. A sűrűn lakott családi házas környezetben elhelyezkedő Alsó San Fernando gát (Seed és társai 1975)

Figure 2. The Lower San Fernando dam is surrounded by a densely populated suburban area (Seed et al. 1975)

A töltésépítések 1912-ben kezdődtek. A gátat alluvialis területre alapozták, ahol az altalaj kemény agyag rétegei közé homok és kavicsrétegek, lencsék ékelődtek. A töltés túlnyomó része hidraulikus kotrásból származó homokból épült 1912 és 1915 között. A homokot kikotorták a tározó fenekéről és deponálták az építendő gát felvízi és alvízi oldalán kezdődő töltésépítéshez. A hidraulikus kotrás eredményeként a két töltés főleg homokot és iszapot tartalmazott, míg a magba agyag talajt építettek be. A felvízi és alvízi oldalon kivitelezett töltéseket azonos ütemben építették, így feltehetően azonosak a tulajdonságaik is. A töltés 1916-ban egy megtámasztást kapott. 1916 és 1930 között több alkalommal magasították. A magasításokat hengerrel tömörítették. Majd 1929 és 1930 között vékony szivárgó paplant építettek be az alvízi oldalra a szivárgás szabályozása és az állékonyság további növelése érdekében. A paplan összetétele az építés utáni jelentések tanúsága szerint agyagpala és kavics volt, melyet 30 cm-es rétegekben hordtak fel és teherautókkal tömörítették. A gáthoz az utolsó hozzáépítés egy 4,5:1 hajlású padka volt 1940-ben, melyet szintén hengerrel tömörítették (Castro és társai 1992). Amint az Alsó San Fernando gát keresztmetszete felső részén látható (6.a ábra), az egyes építési anyagok eltérő színnel vannak jelölve (Seed 1979).

Az 1971-es földrengés hatására a 630 m hosszú és 43 m magas töltés koronája szinte teljesen a víztározóba csúszott és csak egy vékony töltésszakasz maradt a 15 millió tonna víz és a 80 000 lakos között. A felső mintegy 9 m magas rész belesúszott a tározóba. Mivel a tározó vízszintje több mint 10 m-el volt alacsonyabb a megengedett

maximális vízszintnél (3. ábra), így szerencsére a katasztrófa nem következett be. A földrengést követően 80 ezer embert azonnal evakuáltak a gát 9,6 km-es körzetéből és a lehető leggyorsabban megkezdték a tározó leürítését az amúgy nem károsodott műtárgyon keresztül (Page és társai 1995).



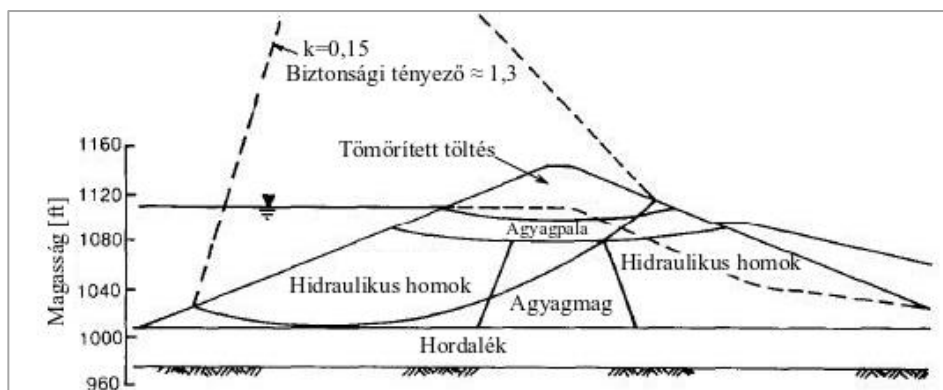
3. ábra. Az 1971-es földrengés következtében megrongálódott és az eredeti gát keresztmetszet (Seed és társai 1975)
Figure 3. The damaged cross section, due to the earthquake in 1971 and the original one (Seed et al. 1975)

„Csak egy hajszál választott el minket attól, hogy Észak-Amerika egyik legnagyobb természeti katasztrófája bekövetkezzen” írta Seed (1979) közleményében. Ez a katasztrófa közeli állapot felelős azért, hogy a föld és kőszórás gátak földrengésbiztos tervezésével részletesen elkezdtek foglalkozni a mérnökök.

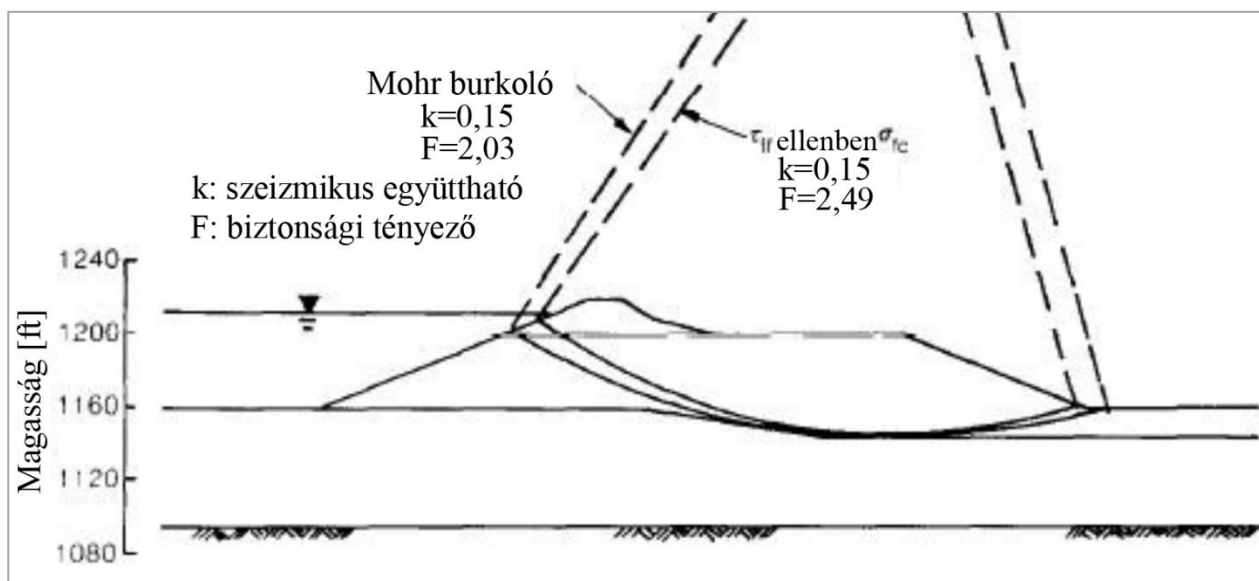
A San Fernando gátak esete azért is szembeötlő, mert a szerkezetek szeizmikus stabilitását 5 évvel a földrengés előtt vizsgálták és megfelelőnek találták. Az eset rávilágított a tervezési és felülvizsgálati eljárások újraértékelésének a szükségességére.

A Felső és az Alsó San Fernando gátak remek lehetőséget nyújtottak a pseudo-statikussal közelítés alkalmazhatóságának vizsgálatára, mivel a gátak tönkremenetel közeli állapotba kerültek, azaz a biztonsági tényezők 1,0 alatt vagy akörül alakultak. Korábban is voltak arra utaló jelek, hogy a pseudo-statikussal nem minden esetben jelezhető előre a rézsű tönkremenetele. Az elvégzett stabilitás vizsgálatokat a 4. és 5. ábra mutatja be Seed és társai (1975) alapján. Az Alsó San Fernando gát számított biztonsági tényezője (F) 1,3 volt 0,15-ös szeizmikus együtt-

ható (k) esetén, ennek ellenére a felvízi oldal teljesen tönkrement. A Felső San Fernando gát keresztmetszete az 5. ábrán látható, a pseudo-statikussal vizsgált kritikus csúszólappal együtt. A szeizmikus együttműködési (k) értéke 0,15, a számított biztonsági tényezők (F) erre a keresztmetszetre 2,0 és 2,5 között adódtak, ennek ellenére a töltés felső 1,5-2,0 m-es része megcsúszott. Mindkét gát esetén a mozgások meghaladták az elfogadható értékeket. Mindez annak ellenére történt, hogy a pseudo-statikussal számított módszer szerint bőséges biztonsági tartalékkal rendelkeztek a földrengés-hatással szemben. A súlyosan károsodott, illetve tönkrement gátak szeizmikus együttműködési (h) és számított biztonsági tényezőit a 3. táblázat foglalja össze. Azonban a rézsű nem egyszerűen rézsűcsúszással merev testként ment tönkre, mint amire a számítás vonatkozott. A földrengés hatására a felvízi rézsű alatti hidraulikus kotrással készült talaj megfolyósodott (liquefaction) és így az ellenállását veszített talaj a csúszólappal mentén elmozdult. Az állékonyságra helyes megoldást tehát akkor kapunk, ha a számítás követi a tönkremeneteli mechanizmust, vagyis jelen esetben a megfolyósodást.



4. ábra. Az Alsó San Fernando gát pseudo-statikussal vizsgálat (Seed 1979)
Figure 4. Pseudo-static analysis of embankment stability, Lower San Fernando dam (Seed 1979)



5. ábra. A Felső San Fernando gát pseudo-statisztikus stabilitás vizsgálata (Seed 1979)

Figure 5. Pseudo-static analysis of embankment stability, Upper San Fernando dam (Seed 1979)

3. táblázat. Gátak pseudo-statisztikus vizsgálata és tönkremenetelük földrengés hatására (Seed 1979)

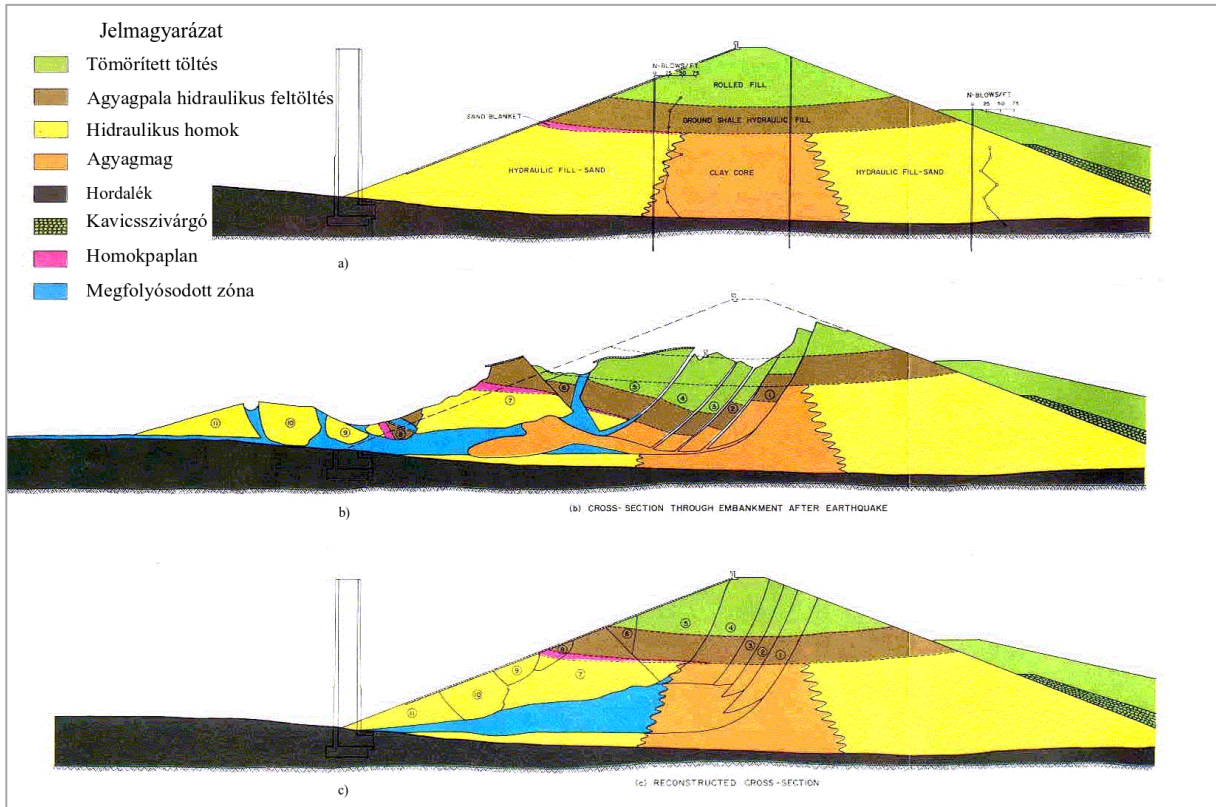
Table 3. Pseudo-static analysis of dams with slope failures during earthquakes (Seed 1979)

Gát	Szeizmikus együttható (k)	Számított biztonsági tényező (F)	Földrengés hatása
Sheffield gát	0,10	1,2	Teljes tönkremenetel
Alsó San Fernando gát	0,15	1,3	Felvízi részü tönkremenetele
Felső San Fernando gát	0,15	≈2,0-2,5	Az alvízi oldal elmozdult és a töltés koronája 2 m-t süllyedt
Zagy gát (Japán)	0,2	≈1,3	Gátszakadás után zagyömlés

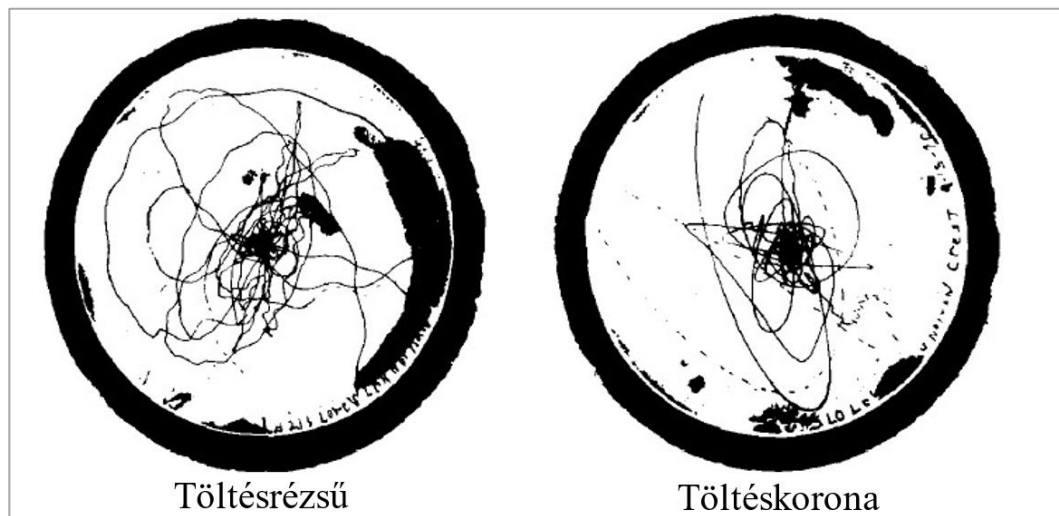
Tehát a pseudo-statisztikus körcsúszólap vizsgálat (a homogén kötött anyagú gátakban körcsúszólapot feltételezünk, a pseudo-statisztikus vizsgálatot pedig erre az esetre végezzük el) eredménye csak abban az esetben elfogadható, ha a gát és az altalaj ellenállását alapjaiban nem befolyásolják az időszakosan jelentkező ciklikus igénybevételek és azok pórusvíznyomás növekedést nem okoznak. Az *ICOLD Bulletin 52* (1986) a pseudo-statisztikus vizsgálatot csak agyagok, illetve tömör homokok és kavicsok ($I_D > 80\%$ fölötti tömörségi index) esetén ajánlja. Az *Eurocode 8 (European Committee for Standardisation 2004) szabvány* szerint abban az esetben, ha a talaj telített és kohéziómentes, a talajfolyósodással szemben $\gamma=2,0$ biztonságot követel meg. (Amikor valamit nem tudunk magabiztosan számolni, a saját biztonságunk érdekében egy magasabb determinisztikus biztonsági tényezőt adunk meg, jelen esetben az Eurocode 7-ben alkalmazott 1,35 helyett 2,0-t.) A tömör telítetlen homok esetén csak kicsi pórusvíznyomás növekedés volt megfigyelhető. Ezzel szemben a természetes vagy hidraulikus úton telített homokok esetén, ahol alacsony relatív sűrűség jellemzi a talajt, magas pórusvíznyomás alakulhat ki. Tönkremenetel azon gátak esetén jelentkezett, ahol a pórusvíznyomás jelentősen megemelkedhetett.

A földrengés után tapasztalt jelek arra utaltak, hogy a talajfolyósodás a töltés vízdali talpánál következett be. A megfolyósodott zóna világoskékkel van jelölve a 6. ábrán. A károsodást ez a zóna indította el, mely később a felsőbb rétegek kiterjedt mozgásához vezetett, ennek következtében egy 46×76 méteres talajtömb szelelve merev testként csúszott bele a tározóba. Ezek a talajtömbök úsztak a megfolyósodott talajsávon. A megfolyósodott talaj a mozgások befejeződését követően kitöltötte a blokkok közötti részt. A kifolyt homok a töltéstalptól 61 m-re is megtalálható volt, míg a talajtömbök „csak” 46 m-t mozogtak az alvíz irányába (Castro és társai 1992). A vízdali töltéstest összeomlásával az agyagmag elvesztette a megtámasztását. Az el nem mozdult talajtömb legalacsonyabb pontja csak 17 cm-rel volt magasabb, mint a tározó vízszintje. Ennyi kellett, hogy ne alakuljon ki meghágás. A sértetlen vízleeresztő műtárgyon keresztül azonnal megkezdődött a tározó vízszintjének csökkentése.

A rengés során két szeizmoszkóp mérte a földmozgást. Az egyik a töltés részüjének alján, a másik pedig a töltés koronáján. Az utóbbit a törmelék között találták meg. A szeizmoszkópok egy füstölt üvegből álltak, melyen egy karcolótű húzott nyomot. A műszerek mérései a 7. ábrán láthatóak Seed (1979) nyomán.



6. ábra. Keresztmetszet a csúszás helyén és az „összeillesztett” keresztmetszet (Seed 1979)
Figure 6. Cross-section through slide area and reconstructed cross-section (Seed 1979)



7. ábra. Szeizmoszkóp mérések az Alsó San Fernando gáton az 1971. február 9-i földrengés során (Seed 1979)
Figure 7. Seismoscope records at Lower San Fernando dam during earthquake of 9 February 1971 (Seed 1979)

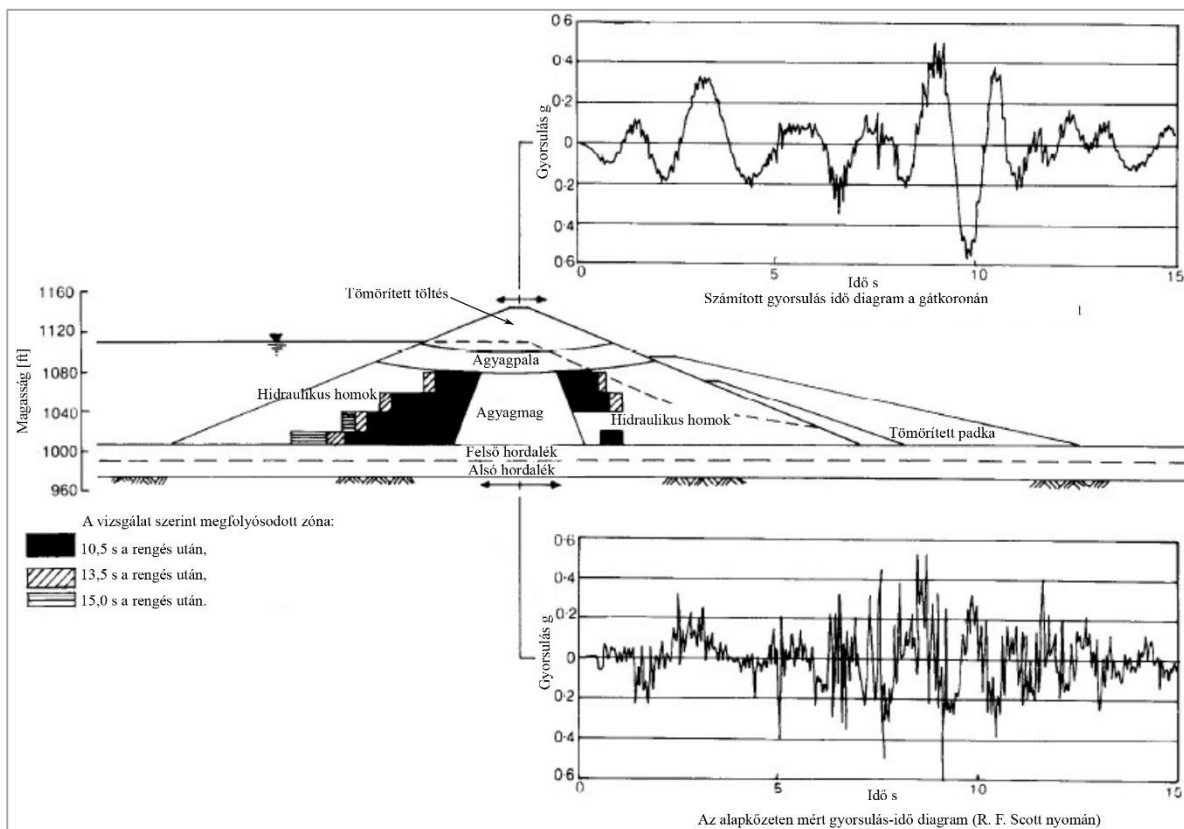
A szeizmográfok adatai alapján a gát környezetében az alapkőzeten mért legnagyobb talajgyorsulás 0,55-0,60 g között alakult, a rézsűn és a koronán pedig 0,48 g és 0,55 g volt meghatározható (Seed 1979). A rengés időtartama 14 másodperc volt, ami egy rövid idejű földrengésnek számít. Ezt több kisebb utórengés követte. A töltés tönkremenetele 20-30 másodperccel a rengés befejeződése után kezdődött. Ebből arra lehet következtetni, hogy nem a földrengés által gerjesztett tehetetlenségi erő okozta a szerkezet tönkremenetelét, hiszen a rengés lejátszódása után kezdődött a rézsűcsúszás. A rengés következtében megemelkedett a pórusvíznyomás, ezáltal lecsökkent a hatékony fe-

szültség, a töltés teherbírása így kimerült. A gátör öt perccel a rengés után vizsgálta meg a gátat, ekkor már a suvadás lejátszódott. A rengés és a tönkremenetel főbb eseményeit részben a szeizmoszkóp mérései alapján 4. táblázat foglalja össze.

Kiterjedt helyszíni és laboratóriumi vizsgálatokat végeztek a töltés anyagához tartozó csillapítási tényező meghatározására, illetve vizsgálták a ciklikus terhelés hatására a homoktöltésben bekövetkező pórusvíznyomás emelkedést és a létrejövő alakváltozásokat. A dinamikus válaszspektrum analízis eredményeit a 8. ábra mutatja be.

4. táblázat. Az 1971. február 9-i földrengés fontosabb történései (Seed 1979)
 Table 4. The actions of the Earthquake in February 9 of 1971 (Seed 1979)

Idő (s)	Esemény
0	A földrengés kezdete
~14	Az erős mozgás tartomány vége, a gátkorona enyhe dőlése
~40	A gátkorona csúszásának kezdete
~56-57	Utórengés 1
~62-63	Utórengés 2
~72-73	Utórengés 3
~75-76	Utórengés 4
~90	A fő elmozdulás vége – a mérőműszerek 26° dölést jeleztek
>90	További dőlés 37°-ig 10 nap elteltével (kúszás)



8. ábra. Az Alsó San Fernando gát válaszspektrum vizsgálata az alapkőzet gyorsulás alapján (Seed 1981)
 Figure 8. Analysis of response of lower dam during San Fernando earthquake to base motion (Seed 1981)

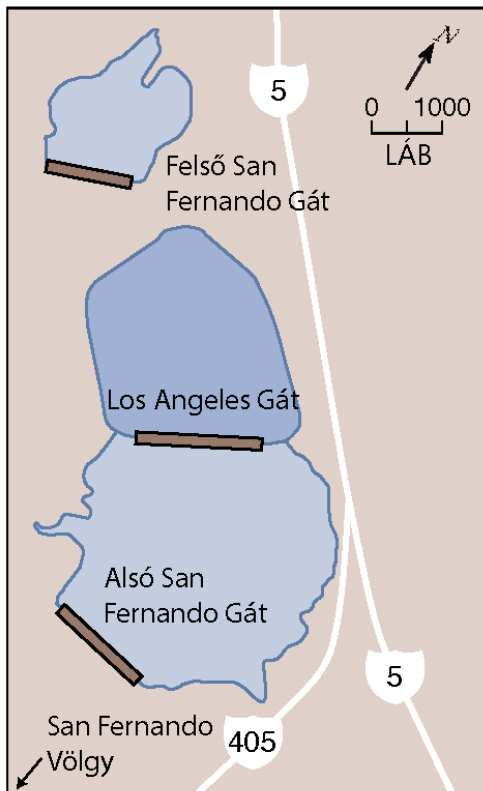
A Seed-Lee-Idriss módszer alapján Seed 1979-es közleményében foglalja össze az állékonyságszámítási eljárás lényegét. Az alapkőzeten mért talajgyorsulásból kiindulva a szeizmoszkópok által mért elmozdulásokhoz hasonlókat kaptak. Továbbá arra a megállapításra jutottak, hogy amennyiben a 8. ábrán feketével jelölt területeken a pórusvíznyomás és a hatékony feszültség ($\Delta u / \gamma' \cdot h$) hányadosának értéke egy körül alakulna, a töltésnek ezen a részén a talaj nyírási ellenállása 0-ra csökkenne. Ezt figyelembe véve, a rengés során drénezetlen állapotban (zárt állapotban) lévő töltés biztonsági tényezője 1,4 körül alakulhatott, így az megfelelő biztonsággal rendelkezett. Ezt igazolja az is, hogy a rengés alatt csak kis mértékben károsodott a töltés. Idővel a víz a magas víznyomású területekről az alacsonyabb nyomású, fellazult szerkezetű, nem hidrosztatikus állapotú területek felé áramlana, így nagyobb területen csökken a talaj nyírószilárdsága. A kiterjedt nyírószilárdság nélküli zónát és drénezett állapotot figyelembe

véve a biztonsági tényező Seed (1979) alapján 0,8-ra adódik. A töltés felvízi oldalán következett be a rézsű tönkremenetele, a megtámasztást adó laza szemcsés anyag megcsúszott, majd a megtámasztását veszített agyagmag is tönkrement. Ez az elméleti fejtegetés egybevág az Alsó San Fernando gátnál 1971. február 9-én tapasztaltakkal.

Az új 33 millió dolláros Los Angeles tározó gátja 1975-76 között épült 900 m-re a régi alsó San Fernando gáttól (9. ábra). A régi gátat nem építették át az U.S. Geological Survey (USGS) elvárásainak megfelelően, de megtartották. Záportározóként és az új Los Angeles tározó gát biztonsági tartalékként funkcionál (Page és társai 1995).

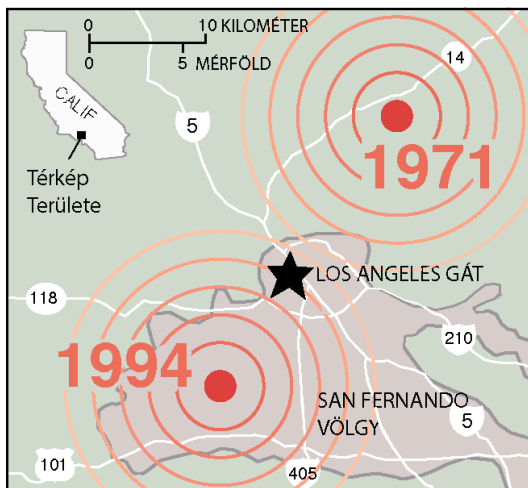
Az 1994-es northridge-i földrengés (10. ábra) próbára tette az akkor már megépült új gátat. Az 1994-es rengés a momentum magnitúdó skála szerint (6,7 M_w) gyakorlatilag megegyezett az 1971-es földrengéssel (6,6 M_w), a rengések a legerősebbek közé tartoztak, amire az USGS szerint

tervezni kell a gátakat. A földrengések epicentrumai a 10. ábrán láthatóak.



9. ábra. A Los Angeles gát és víztározó, melyet az Alsó és a Felső San Fernando gátak által alkotott záportározók fognak közre (Page és társai 1995)

Figure 9. The Los Angeles dam and Reservoir lie between the storm water retention basins formed by the older Lower and Upper San Fernando dams (Page et al. 1995)



10. ábra. A San Fernando és a Los Angeles gátak helyszínét csillag, a földrengések epicentrumát pedig a piros pontok jelölik (Page és társai 1995)

Figure 10. The San Fernando and Los Angeles dam sites are marked with a black star, and the epicentres of the earthquake are marked with red dots (Page et al. 1995)

Az 1976-ban elkészült új gáton csak felületi repedések keletkeztek, ezek a 11. ábrán láthatóak. A gátkorona 3 cm-t mozdult el oldalirányba és 10 cm-t süllyedt. Ezzel ellenében az Alsó San Fernando gátat ismét károsodás érte, a

felvízi oldala erősen repedezett és megsüllyedt. A rézsúkárosodást és a felvízi oldalon megjelenő, a talajfolyósodásra jellemző homokkúpokat *Bardet* és *Davis* az 1996-os cikkében dokumentálta.



11. ábra. Repedések a Los Angeles gát felvízi oldalának burkolatán, a gát egésze sértetlen maradt (Page és társai 1995)
Figure 11. Cracks on the surface pavement of the upstream slope of the Los Angeles dam (Page et al. 1995)

A szakirodalom összefoglalása alapján *Seed* és *társai* (1977) arra a következtetésre jutottak, hogy a különböző anyagú és kialakítású gátak eltérő intenzitású földrengésekre eltérő módon reagálnak. A tanulmány az alábbi viselkedéseket különítette el:

- A hidraulikus kotrásból épült gátak sebezhetőnek bizonyulnak erős földrengéssel szemben. Azonban sok hasonló gát jól teljesített, amennyiben megfelelő rézsúhajlással lettek kialakítva. Mérsékelt erősebb rengéseket képesek átvészelni, melyek esetén a talajgyorsulás nem haladta meg a 0,2 g-t és a földrengés magnitúdója nem volt nagyobb, mint 6,5.
- Megfelelően szilárd alapon jól megépített gát képes ellenállni egy mérsékelt földrengésnek 0,2 maximális talajgyorsulásig, káros hatások nélkül.
- Agyag talajra vagy kőzetre épült agyag gátak szélsőséges rengéseket is átvészeltek, melyek talajgyorsulása 0,35 g-tól 0,80 g-ig terjedt és a rengés magnitúdója akár a 8,25-öt is elérte.
- Kétségtelen, hogy a kőszórás gát földrengés-állókonsysága a legjelentősebb. Ezek a gátak képesek erős rengéseket is átvészelni, ha a gátat a vízdali szigeteléssel szárazon tartják, vagyis a vízdali rézsút beton vagy aszfalt burkolattal látják el és a töltést megfelelően tömörítik.
- A földrengés következtében rézsú tönkremenetelt szenvedett gátokról megállapítható volt, hogy a töltés telített homokból épült vagy az altalajban telített homokrétegek helyezkedtek el.
- Szemcsés talajból épített gátak esetén a rengés következtében a pórusvíznyomás megemelkedhet, ami a gát teherbírását veszélyezteti. A pórusvíznyomás megemelkedése következtében a hatékony feszültséget nagyon nehéz a pszeudo-statisztikus módszerrel előre jelezni, további vizsgálatok szükségesek a helyszíni viselkedés megbízható előrejelzéséhez.

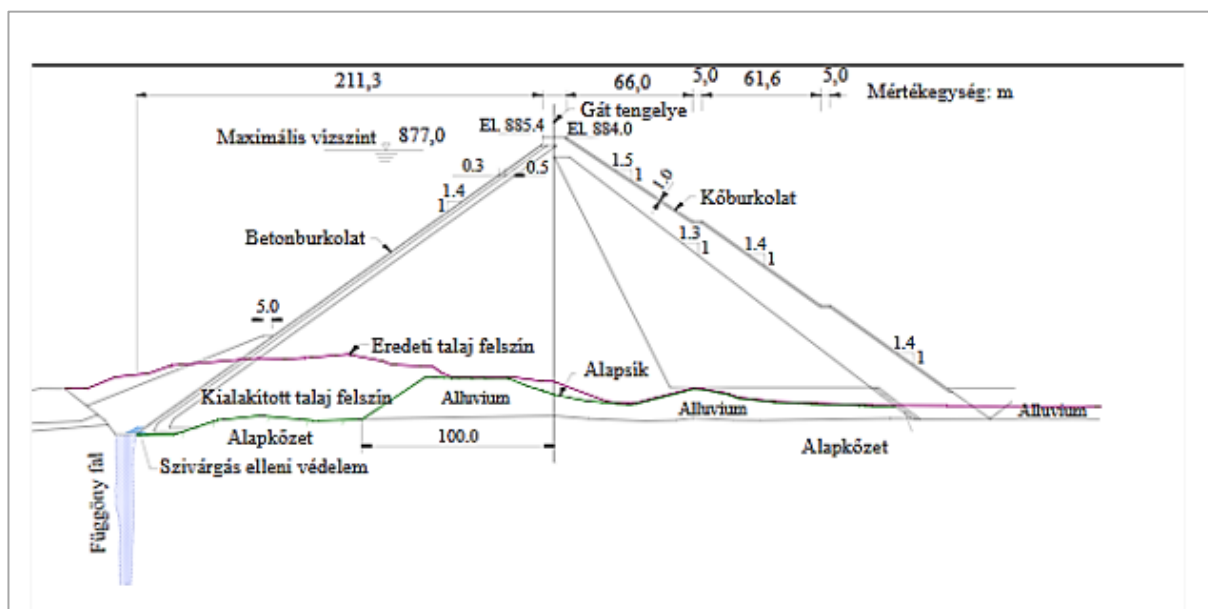
- Mivel bőséges bizonyíték áll rendelkezésre, hogy a jól megépített gátak képesek ellenállni mérsékelt rengéseknek – ahol a maximális talajgyorsulás nem haladja meg a 0,2 g-t –, ezzel a problémakörrel nem érdemes a továbbiakban foglalkozni. Érdekes azokra a létesítményekre összpontosítani, ahol a rengés következtében a talajgyorsulás meghaladja a 0,2 g-t vagy pedig az építés során kohézió nélküli finom szemcsés anyagokat építettek be a töltésbe.

A San Fernando gátnál történtek rávilágítanak a földrengéshatásra történő méretezés fontosságára, amit a San Fernando gátak esete előtt szinte teljesen elhanyagoltak az Egyesült Államokban, az alkalmazott módszerek paramétereit determinisztikusan határozták meg. A több, mint fél évszázaddal a katasztrófa előtt épült (1912-1915) szerkezet a kor színvonalának megfelelően készült, ám földrengésbiztos kialakítások alkalmazási lehetősége fel sem merült, pedig a műtárgyat a földrengés veszélyes Kaliforniában építették. Ennek megfelelően komoly károsodásokat szenvedett az 1971-es és kisebbeket az 1994-es földrengések során is. Az 1971-es földrengést követően a méretezési eljárások fejlesztése megindult, illetve több valós szeizmológiai adat állt a tervezők rendelkezésére. A Los Angeles gát tervezése során ezeket már felhasználták, vagyis úgy tervezték meg, hogy az USGS által komolynak titulált rengéseknek is ellenálljon, ezért az az 1994-es northridge-i földrengés során bár nem maradt sértetlen, de komoly károsodást sem szenvedett.

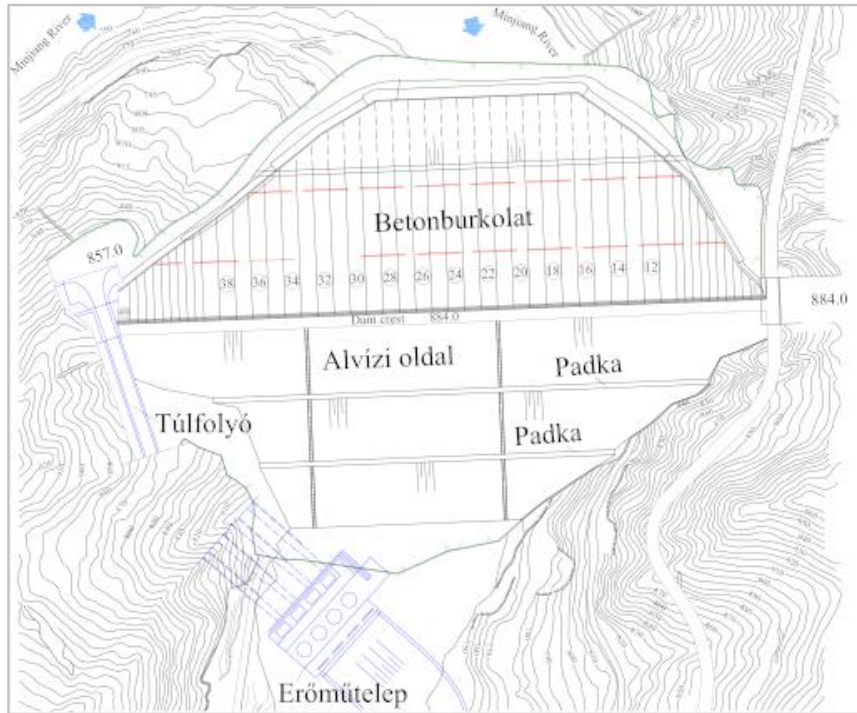
A ZIPINGPU GÁT (KÍNA)

A Nyugat-szecsuáni földrengés 2008. május 12-én következett be. A rengés Pekingi idő szerint 14:48-kor pattant ki, magnitúdója pedig a Richter skála szerint 7,9 volt. A sekély mélységű földrengés hipocentruma 19 km-rel a föld felszíne alatt helyezkedett el. A következmények hatalmasak voltak: 62 664 halott, 300 000 fő sérült. A teljes érintett 10,6 millió fős lakosság fele, 5,2 millió ember vált hajléktalanná. Jelentős károk alakultak ki a vizes infrastruktúrában, a csővezetékekben, a vízellátó rendszerekben és a szennyvíztisztítóokban. Károsodtak az öntözőrendszerek, melyek 100 000 hektár rizsföldhöz és több, mint 50 000 üvegházhoz juttatták el a vizet. A hatalmas károkat a Zippingpu gát sérülésének költsége csak minimális mértékben növelte (Zhang és társai 2015).

A 156 m magas Zippingpu kőszórás gát a Ming folyón épült, egyike annak a mintegy 400 gátnak, melyek Kínában legveszélyeztetettebbek a földrengéstől. A felvízen 1:1,4 hajlású beton vízzáró burkolat, az alvízen 1:1,5 rézsúhajlású szárazon rakott kőburkolat készült. A víztározó és a gát vízellátás és áram termelés (760 MW) céllal létesült, a tározott térfogat 1,1 milliárd m³. A gát keresztmetszete a 12. ábrán, míg a felülnézete a 13. ábrán látható. A gát 17 km-re volt a földrengés hipocentrumtól, a gát koronáján a gyorsulás kb. 2 g-nek felelt meg. A gátnál az építés alatt 68,4 cm süllyedést regisztráltak, ami a földrengés hatására további 6,4 cm-rel egészült ki 20 cm maximális vízszintes elmozdulás mellett. A mentett oldali szivárgóban a csurgalékvíz mennyisége 17 l/s-ról 25 l/s-ra nőtt a földrengés hatására.



12. ábra. A Zippingpu gát keresztmetszete (Zhao és társai 2019)
Figure 12. Cross section of the Zippingpu CFRD (Zhao et al. 2019)



13. ábra. A Zipingpu gát és a hozzá tartozó erőmű felülnézete (Zhang és társai 2015)
Figure 13. General layout of the Zipingpu CFRD and the power station (Zhang et al. 2015)

A korona közelében kialakult károsodásokat a 14-16. ábrák mutatják (Zhang és társai 2015). Aggodalomra adott okot a leeresztő műtárgy kapujának beszorulása, amelyet csak mintegy hónap múlva tudtak kiszabadítani, ugyanis addig a vízszint folyamatosan nőtt a tározóban. A tározó körül több rézsű is elszabadult, melyek részben méretüknél fogva, részben az alacsony vízállás miatt nem okoztak cunamit a gátnál. Bár a Zipingpu gát sikeresen átvészelte a tervezésénél figyelembe vett, csaknem két magnitúdóval erősebb földrengést, nem szabad elfelejteni, hogy a vízszint nem sokkal volt a minimális üzemi vízszint felett és azt sem, hogy a földrengés epicentruma a gát tengelyébe esett, így más erőhatások alakultak ki, mint egy lényegesen eltérő földrengés-irány esetén. További kutatási terület lehet, hogy a gát tengelyének és a földrengés epicentrumának a relatív helyzete milyen következményekkel jár.



15. ábra. Vízoldali beton burkolat károsodása (IWPDC)
Figure 15. Damaged concrete cover on the upstream surface (IWPDC)



14. ábra. A vízoldali koronaélben lévő vasbeton fal károsodása (Lekkas 2008)
Figure 14. Reinforced concrete wall on the upstream crest of the dam (Lekkas 2008)



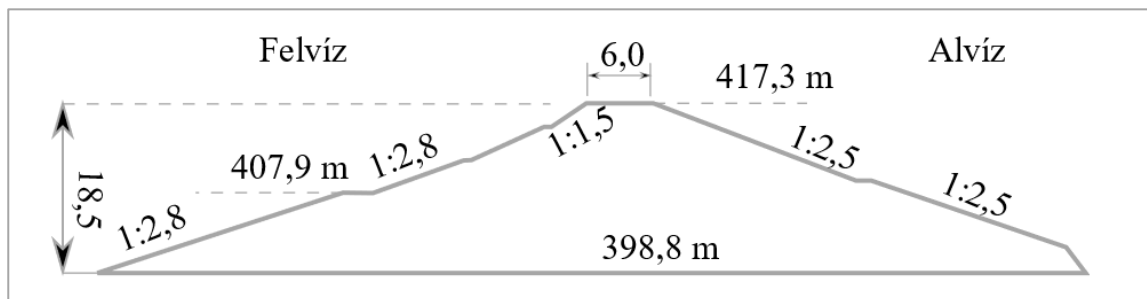
16. ábra. Mentett oldali rézsű károsodása (Lekkas 2008)
Figure 16. Damage of the downstream slope (Lekkas 2008)

Mint ahogy a 16. ábra mutatja, a korona mentett oldali süllyedése – ahol az autók állnak – megközelítette a 40 cm-t (Lekkas 2008).

FUJINUMA GÁT (JAPÁN)

Az Ebana folyó felső folyásán a Fujinuma gát 1937. és 1949. között épült, feladata a környék öntözővizének biztosítása Fukushima prefektúrában Honsú szigetén. A 18,8 méter magas földgát 6 m korona szélességgel és 133 m hosszú koronával készült (17. ábra). A beépített

földmennyiség 99 000 m³ volt. A gát felvázi oldalán beton keretek között beton paneleket helyeztek el a töltés erózióvédelme érdekében. A burkolat nem volt szigetelt, így a víz bejuthatott a töltéstestbe. A tározó térfogata 1 504 000 m³, felülete 20 hektár, vízgyűjtő területe 8,8 km².



17. ábra. A Fujinuma gát keresztmetszelve (Matsumoto 2011)
 Figure 17. Cross section of Fujinuma dam (Matsumoto 2011)

2011. március 11-én a gát átszakadt 20-25 perccel a 9,0-es magnitúdójú Tohoku (Honsú sziget, Tohoku régió) földrengést követően. A gátszakadás a tározó torkolatától nézve a jobboldali gátfőnél következett be (Kayen és társai 2011), ahol szerves réteget találtak a töltésben. Egy másik helyen tuskót találtak, amiből arra következtettek, hogy a töltés alapozása nem lehetett teljesen szakszerű (18. ábra). A tározónak volt egy oldalgátja is, amelyik csak károsodott. A károsodás oka nagy valószínűséggel jellemzően a hirtelen vízleeresztést követő vízoldali suvadás volt (Harder

és társai 2011). Öt házat és egy hidat sodort el a víz, 8 fő eltűnt, 4 holttestet megtaláltak. A következő napon 252, a földrengéshez közeli gátat vizsgáltak át, hat földgát koronáján volt sekély repedés, egy betongátnál pedig enyhe rézsűhámítás alakult ki (Matsumoto 2011).

Hivatalos felmérések szerint a Japánban található mintegy 210 000 víztározó közül 20 000 gátja sérülékeny a földrengésekkel szemben (Okuno és társai 2003).



18. ábra. Az összeomlott Fujinuma gát (https://en.wikipedia.org/wiki/Fujinuma_Dam)
 Figure 18. The collapsed Fujinuma dam (https://en.wikipedia.org/wiki/Fujinuma_Dam)

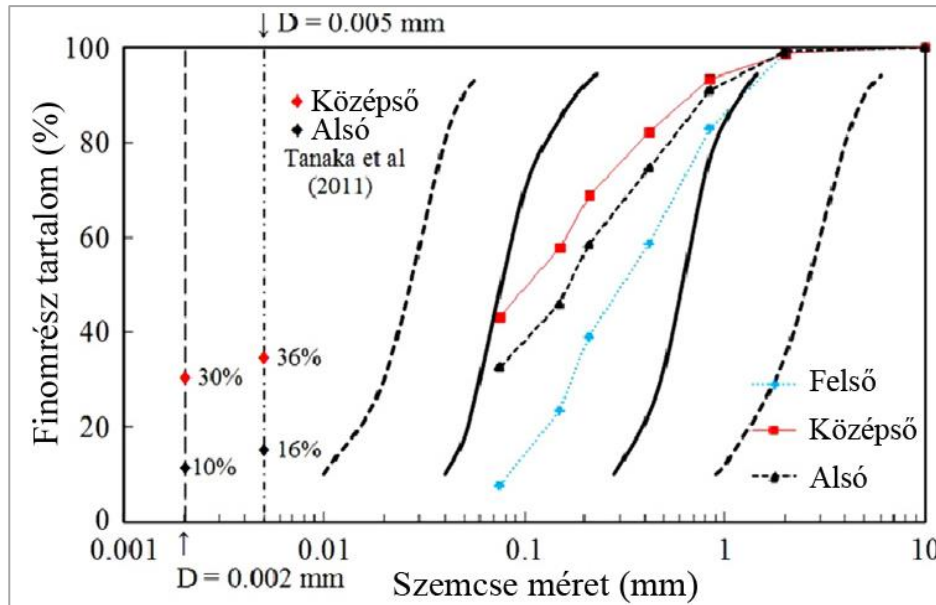
Az átszakadt töltés három jól elkülöníthető részből állt, a töltés megmaradt részét vizsgálva ezeket alsó, középső és felső rétegeknek nevezték el. A zavartalan mintákon átteresztőképességi együttható meghatározást és konszolidált drénezetlen (CU) triaxiális vizsgálatokat végeztek. Sajnálatos mó-

don a szemeloszlási vizsgálatokat nem folytatták hidrometrálással. A meghatározott szemeloszlási görbék a 19. ábrán láthatóak. A vastag folyamatos vonalak a megfolyósodásra leginkább hajlamos talajok határát jelzik, míg a szaggatott vonalak a megfolyósodásra képes talajokét (The Overseas Coastal

Area Development Institute of Japan 2002). Egy talaj folyósodási hajlamának megbecsléséhez több kritérium is tartozik. *Seed és Idriss* (1982) szerint az agyagtalajok akkor hajlamosak a folyósodásra, ha az alábbi három feltételt teljesítik:

- a talaj 15%-nál kevesebb 0,005 mm vagy annál finomabb részecskét tartalmaz,
- folyási határa kisebb, mint $w_L < 35\%$,
- a víztartalom/folyási határ hányadosa nagyobb, mint 0,9.

Andrews és Martin (2000) az alábbi határt húzta meg: amennyiben egy talaj kevesebb, mint 10% 0,002 mm vagy annál finomabb szemcsét tartalmaz, és/vagy a folyási határ kisebb, mint 32%, akkor megfolyósodásra hajlamos talajról beszélünk és további vizsgálatok szükségesek. Megjegyezzük, hogy a Fujinuma gát középső és alsó rétege nem teljesíti *Seed és Idriss*, illetve *Andrews és Martin* első feltételét (19. ábra).

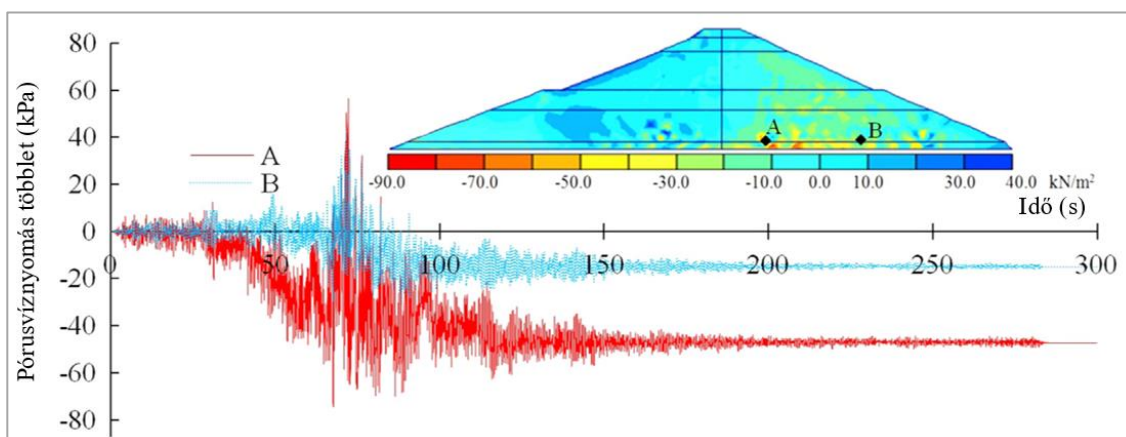


19. ábra. A Fujinuma gát rétegeinek szemeloszlása (Charatpangoon és társai 2014)

Figure 19. Grain size distribution of Fujinuma dam (Charatpangoon et al. 2014)

Charatpangoon és társai (2014) a végeeselemes modellezéshez Plaxis 2D szoftvert használtak, melynek bemenő paramétereit a laboratóriumi vizsgálatok szolgáltatták. A gát töltésanyagának viselkedését Mohr-Coulomb anyagmodellel írták le, ami egy rugalmas, tökéletesen képlékeny modell. Az 1,64 és 2,45 Hz-es tartományban (első és második rezgés alak) 5%-os Rayleigh csillapítást alkalmaztak (*Bentley 2016*). A rétegzett talaj dinamikus viselkedését nem tudta a Mohr-Coulomb talajmodell visszaadni, ugyanis az alakváltozás következtében a változó merevség és a csillapítás nem modellezhető. A 20. ábra a rezgés kezdetét követő 105,19 másodpercben mutatja a többlet pórusvíznyomás értékét a gát keresztmetszetében, az A és B

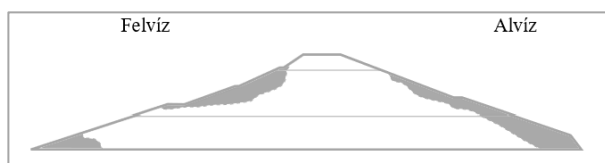
pontban jelentkező pórusvíznyomás többlet pedig a grafikonon követhető végig csaknem 300 másodpercig. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a gát keresztmetszetében megemelkedett a pórusvíznyomás, de az nem volt elég nagy ahhoz, hogy a hatékony feszültségeket kiegyenlítse és a talaj ellenállásának teljes megszűnését okozza. Az alvízi oldalon, ahol a hatékony feszültségek kisebbek lehetnek a pórusvíznyomás jelentős megemelkedése miatt, a talaj nyírási ellenállása lecsökkenhetett, ami jelentős deformációkat okozhatott. A Mohr-Coulomb modell csak térfogati feszültségből származó többlet pórusvíznyomást képes kezelni, vagyis az itt tapasztalt jelenségek modellezésére csak részlegesen alkalmas.



20. ábra. Többlet pórusvíznyomás eloszlás a Fujinuma gát keresztmetszetében (Charatpangoon és társai 2014)

Figure 20. Excess porewater pressure distribution in the cross-section of Fujinuma dam (Charatpangoon et al. 2014)

Az utólagos helyszíni bejárás és a numerikus vizsgálatok alapján nem voltak arra utaló jelek, hogy a töltés megfolyósodott volna, igaz, nem is maradt meg a töltésből túl sok. A tönkremeneteli mechanizmusokra szemtanúk és mérési adatok hiányában csak következtetni tudtak. A töltés húzási repedései a tönkremenetel kiindulópontjai lehetnek. A 21. ábrán azok a területek láthatók szürkítve, ahol a rezgés hatására a húzási feszültségek meghaladták a talaj húzási ellenállását. A felvízi oldalon a repedések mélyebbre hatoltak, illetve mindkét oldalon a töltéslábnál is megjelenhettek. Vélhetően a gyenge felső réteg csúszott meg elsőként a hosszú rengés következtében. A rezgés nagy tartománya miatt rezonancia is létrejöhetett, tovább növelve a gátra ható gyorsulási erőket. A pórusvíznyomás emelkedése következtében létrejövő elmozdulások is hozzájárultak a gát megcsúszásához és annak következtében a víz átbukásához.



21. ábra. Húzási repedések zónája a Fujinuma gátnál (szürkített rész) (Charatpangoon és társai 2014)

Figure 21. Tension crack zone at the Fujinuma dam (gray area) (Charatpangoon et al 2014)

ÖSSZEFOGLALÁS

A földrengésre történő méretezés a XX. század közepe óta jelentősen fejlődött, új módszerek jelentek meg, amelyek háttérbe szorították a pszeudo-statikus vizsgálatot és a Newmark-módszer alkalmazását (Nagy és Illés 2020). A szabványokban a pszeudo-statikus tervezési módszer továbbra is szerepel, azonban a módszer esetén tisztában kell lennünk azzal, hogy a töltés talajában megnövekedhet-e a pórusvíznyomás. Amennyiben igen, úgy nagyobb biztonsággal kell rendelkeznie a rézsűnek.

A bemutatott esetek a gátak széles skáláját fedik le, azonban kétségtelen, hogy mai ismereteinkkel a műszaki elvek betartásával a jól megépített gátaknak nem csak a statikus, de a dinamikus igénybevételekkel szembeni ellenállása is megfelelő kell, hogy legyen. A laza, nem megfelelően tömörített vagy tömöríthető gátaknál (a San Fernando gát hidraulikus feltöltése, vagy a zagygátak) a töltés laza anyaga kisebb ellenállást jelent a dinamikus hatásokkal szemben. Ezt bizonyítja a zagygátak földrengés következtében történő tönkremenetelénél a magas törés hányad (Nagy 2012).

A kőszórás gátak az összes gáttípusból a leginkább földrengésbiztosak, és talán az íves betongátak a leginkább veszélyesek. Ezért földrengésveszélyes területen – amennyiben a helyi adottságok engedik – kőszórás gátat kell építeni, de mindenképpen kerülni kell a hidraulikus kotrással épült laza anyagú gátak építését vagy a zagyolt anyagból épült gátak kialakítását.

A bemutatott esetekkel kapcsolatban is hangsúlyozni kell, hogy nagyon kevés információval rendelkezünk a gátak földrengés viselkedésével kapcsolatban, sőt már ese-

tenként a földrengés nagyságának meghatározásával kapcsolatban is. Még mindig a bevált tervezői gyakorlat dominál a szerkezet kialakításával kapcsolatban. Azonban az is tény, hogy a korábbi tervezői ismeretek, az előző ötven évben felhalmozódott és egyre bővülő tudás is szerepet játszik abban, hogy a manapság épülő nagygátak földrengés-állékonyasága jónak mondható. Az általános ismeretek bővülésének folyamatát segítheti az Eurocode 8 megjelenése kapcsán a jelen közlemény is.

Bár újabban egyre több elméleti és számítógépes modell futtatásával kapcsolatos közlemény jelenik meg a gátak és tározók földrengésgerjesztő hatásáról (mint pl. a Zipingpu gát leírt károsodásával kapcsolatban is), ami mintegy visszacsatolása a földrengésre történő méretezésnek, de jelentős hátránya ezeknek a publikációknak, hogy nem rendelkeznek építés előtti földrengés mérésekkel és adatokkal, ami az összehasonlítás szempontjából elengedhetetlen volna. Kétségtelen az is, hogy a pórusvíznyomás növekedésének a határértéke csak a felszín közelében lehet arányában véve jelentős, azokban a mélységekben, ahol a földrengések kipattannak, ez a hatás talán már elenyésző.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönettel tartoznak a bírálóknak, a Hidrológiai Közlöny szerkesztőbizottságának és mindazoknak, akik a kézirat átolvasásával elősegítették annak megjelenését.

IRODALOMJEGYZÉK

- Akiba, M., Semba, H. (1941). The earthquake and its influence on reservoirs in Akita prefecture. *J. Agric. Eng. Soc. Japan*, 1.
- Andrews, D., Martin, G. (2000). Criteria for liquefaction of silty soils In: Proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering. Auckland, New Zealand.
- Bardet, J.P., Davis, C.A. (1996). Performance of San Fernando Dams during 1994 Northridge Earthquake. *Journal of Geotechnical Engineering*, 7. pp. 554-564. doi:10.1061/(ASCE)0733-9410(1996)122:7(554)
- Bán Z., Győri E., Tóth L., Grácz Z., Mahler A. (2020). Characterization and Liquefaction Hazard Assessment of Two Hungarian Liquefied Sites from the 1956 Dunaharaszti Earthquake. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 3. pp. 713-721. doi:10.3311/PPci.15607
- Bentley (2016). *Plaxis 2D Reference Manual*.
- Castro, G., Seed, R.B., Keller, T.O., Seed, H.B. (1992). Steady-State Strength Analysis of Lower San Fernando Dam Slide. *Journal of Geotechnical Engineering*, 3. pp. 406-427. doi:10.1061/(asce)0733-9410(1992)118:3(406)
- Charatpangoon, B., Kiyono, J., Furukawa, A., Hansapinyo, C. (2014). Dynamic analysis of earth dam damaged by the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, pp. 50-62. doi:10.1016/j.soildyn.2014.05.002
- European Committee for Standardisation (2004). *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance -*

Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects. doi:10.3403/03244357u

Harder, F.L., Kelson, I.K., Kishida, T., Kayen, R. (2011). Preliminary Observations of the Fujinuma Dam Failure Following the March 11, 2011 Tohoku Offshore Earthquake, Japan. *Geotechnical Extreme Events Reconnaissance (GEER)*. p. 29.

Hübner B., Mahler A. (2020a). Közúti infrastruktúra elemeinek szeizmikus teljesítőképességének vizsgálata. *Útügyi Lapok*, 13. pp. 41-60. doi:10.36246/UL.2020.1.04

Hübner, B., Mahler, A. (2020b). Analysis of Seismic Fragility Functions of Highway Embankments. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 4. pp. 1162–1169. doi:10.3311/PPci.16483

ICOLD (1986): Earthquake analysis for dams. No. 52.

Kayen, R., Tanaka, Y., Tanaka, H., Sugano, T., Estevez, A.I., Cullenward, S.S., Yeh, W., Thomas, D. (2011). LiDAR and Field Investigation of the March 11, 2011 M 9.0 Great Tohoku Offshore Earthquake, and April 7, 2011 M7.4 Aftershock. *Geotechnical Extreme Events Reconnaissance (GEER)*. p. 95.

Lekkas, E. (2008): Zipingpu dam failures (Sichuan Prefecture, China) caused by the 7.9R earthquake on the 12th MAY 2008. https://www.eeri.org/site/images/lfe/pdf/china_20080512_dam.pdf.

Mahler A., Bán Z., Hübner B., Zsarnóczy Á., Vigh L.G. (2019). Földrengésteher meghatározásának geotechnikai vonatkozásai, In: Kézdi Konferencia. Magyar Geotechnikai Egyesület, Budapest, Magyarország. pp. 17-37.

Matsumoto, N. (2011). "Amended 4th Quick Report on Dams," Japanese Committee on Large Dams, April 4, 2011.

Nagy L. (2012). Történelmi zagyvátszakadások. *Hidrológiai Közlemények*, 92./2. pp. 70-72.

Nagy L., Illés Zs. (2020). Völgyzárógáták földrengésbiztos tervezésének fejlődése. *Hidrológiai Közlemények*, 100./2. pp. 28–36.

Okuno, H., Kidoguchi, M., Kobayashi, M. (2003). The proposal of the rational design technique about repair of the small dam constructed at old times. *Bemutatva Geo-Tech Forum. Japan Geotechnical Consultants Association*, Tokyo. pp. 87-88.

Ono, K., Kazama, S., Kawagoe, S., Yokoo, Y., Gunawardhana, L. (2011). Possible earthen dam failure mechanisms of Fujinuma reservoir due to the Great East Japan Earthquake of 2011. *Hydrological Research Letters*, pp. 69-72. doi:10.3178/hrl.5.69

Page, R.A., Boore, D.M., Yerkes R.F. (1995). The Los Angeles Dam Story. Fact Sheet. No. 096–95 Earthquake Science Center. 2. doi:10.3133/fs09695

Seed, H.B. (1979). Considerations in the earthquake-resistant design of earth and rockfill dams. *Géotechnique*, 3. pp. 215-263. doi:10.1680/geot.1979.29.3.215

Seed, H.B. (1981). Earthquake-Resistant Design of Earth Dams 23. kötet. *Bemutatva International Conferences on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*. St. Louis, Missouri.

Seed, H.B., Idriss, I.M. (1982). Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. *Earthquake Engineering Research Institute*. Berkeley, California

Seed, H.B., Idriss, I.M., Lee, K.L., Makdisi, F.I. (1975). Dynamic analysis of the slide in the Lower San Fernando Dam during the earthquake of February 9, 1971. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 7. pp. 651-688. - doi:10.1061/jsfaq.0001352

Seed, H.B., Lee, K.L., Idriss, I.M. (1969). Analysis of Sheffield Dam Failure. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 6. pp. 1453–1490. doi:10.1061/ajgeb6.0000195

Seed, H.B., Makidisi, F.I., De Alba, P. (1977). The Performance of Earth Dams during Earthquakes. *Research report*. No. UCB/EERC-77/20 p. 57.

Szabó J., Schweiter F., Horváth G., Bihari Z., Czigány Sz., Fábrián Sz., Gábris Gy., Iványi K., Kerényi A., Lóki J., Magyar D., Mányoki G., Molnár Zs., Négyesi G., Pásztor L., Pátzay Gy., Pirkhoffer E., Szabó M., Szentiványi Á., Szövényi G., Tóth L., Udvardy O., Varga G. (2018): Természeti veszélyek. In: Kocsis K. (főszerk.): *Magyarország Nemzeti Atlasza – Természeti környezet*. Budapest. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet. pp. 156-167. doi:10.31400/dh-hun.2021.4.3132

Timár G., Fancsik T., Galsa A., Mónus P. és Tóth L. (2018): *Geofizika* In: Kocsis K. (főszerk.): *Magyarország Nemzeti Atlasza – Természeti környezet*. Budapest, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet. pp. 36-41. *The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan* (2002). *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. doi:10.31400/dh-hun.2021.4.3132

Zhang, J., M., Yang, Z., Gao X., Zhang, J. (2015). Geotechnical aspects and seismic damage of the 156-m-high Zipingpu concrete-faced rockfill dam following the Ms 8.0 Wenchuan earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. pp. 145-156. doi:10.1016/j.soildyn.2015.03.014

Zhao, M., Han, L., Zhang, X, Li, Z. (2019). Analysis and seismic behavior verification of Zipingpu concrete faced rockfill dam during Wenchuan Earthquake, *International Conference on Civil and Hydraulic Engineering*, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 304, 042062. doi:10.1088/1755-1315/304/4/042062

Internetes hivatkozások:

IWPDC (*International Water Power and Dam Construction*): Lessons learnt from the Wenchuan earthquake <https://www.waterpowermagazine.com/features/features-lessons-learnt-from-the-wenchuan-earthquake/features-lessons-learnt-from-the-wenchuan-earthquake-424538.html>

https://en.wikipedia.org/wiki/Fujinuma_Dam

1925 Santa Barbara Earthquake: The Dam Break https://archive.org/details/cstb_000071

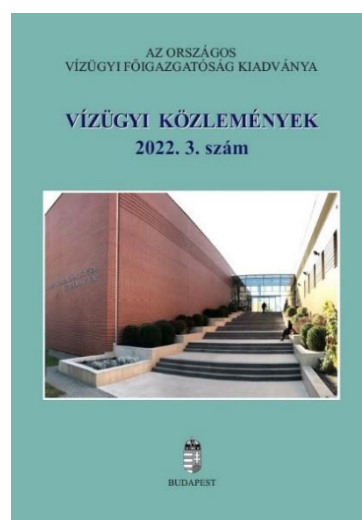
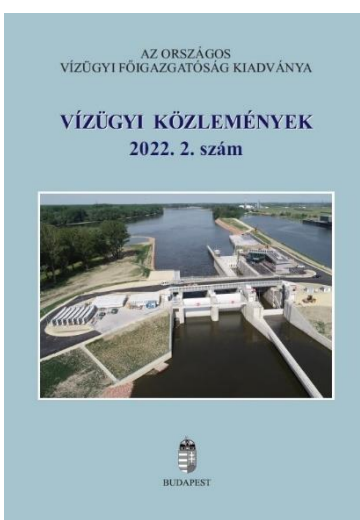
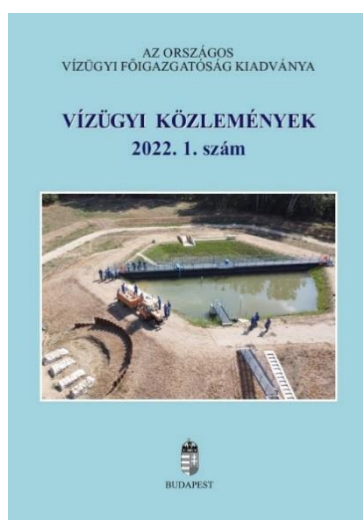
A SZERZŐK



ILLÉS ZSOMBOR 1993-ban született Budapesten. Gimnáziumi tanulmányait Budapesten és Glasgow-ban végezte. 2012-ben nyert felvételt a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karára, ahol 2018-ban Szerkezet-építőmérnök szakirányon szerzett MSc diplomát. MSc tanulmányai alatt egy évet Campus Mundi Ösztöndíjjal és doktoranduszként még egy évet az Instituto Superior Técnico-n (IST, Técnico Lisszabon) töltött. 2018 óta a Vásárhelyi Pál Doktori Iskola hallgatója, ahol témavezetője Nagy László. Fő kutatási területe a talajok térfogatváltozása, az árvízvédelmi töltések száradási repedései. A doktori kutatásának helyszíni méréseinek tervezésében és a kutatási eredmények hasznosulásában az ipari konzulense, Antal Őrs segíti. A Magyar Geotechnikai Egyesület és a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



NAGY LÁSZLÓ 1956-ban született Nyíregyházán, iskoláit Debrecenben végezte. Első diplomáját 1980-ban szerezte a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán. Ugyanott 1984-ben szakmérnöki vizsgát tett. Munkahelyei a vízügyi szakterülethez kapcsolódtak: Vízügyi Tervező Vállalat, Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Központ, Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Központi Szervezet, Országos Vízügyi Főigazgatóság. 2003 óta a Műegyetemen oktat, kutat. 2006-ban megvédte PhD disszertációját, kilenc évvel később habilitált. 2015-ben a geotechnika és az árvízvédelem határterületén végzett munkásságáért a Magyar Köztársaság Érdemrend Lovagkereszt kitüntetését kapta. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja, 2016 májusától a Hidrológiai Közlöny egyik szakszerkesztője.



A Vízügyi Közlemények 2022. évi 1-3. számai digitálisan, kereshető hasonmás formátumban elérhetők: https://library.hungaricana.hu/hu/view/VizugyiKozlemenyek_2022/?pg=0&layout=s

A Vízügyi Közlemények teljes megjelent állományának valamennyi lapszáma az alábbi linken található: https://library.hungaricana.hu/hu/collection/vizugy_VizugyiKozlemenyek/

A Vízügyi Közlemények saját honlapja: <http://www.vizugyikozlemenyek.hu/>

Az Alsó-Dráva antropogén és természetes hatásokra bekövetkezett függőleges mederváltozásainak vizsgálata

Pomázi Flóra^{*,**}, Baranya Sándor^{*,**}, Ermilov Alexander Anatol^{*,**}, Török Gergely Tihamér^{**,***}, Horváth Gábor^{****}, Pál Irina^{****}

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék (E-mail: pomazi.flora@emk.bme.hu)

** Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

*** ELKH-BME Vízgazdálkodási Kutatócsoport, Eötvös Loránd Kutatási Hálózat, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

**** Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, 7623 Pécs, Köztársaság tér 7.

DOI:10.59258/HK.10988



Kivonat

A Duna-vízgyűjtő magyarországi részének felülvizsgált, 2015. évi vízgyűjtő-gazdálkodási terve („VGT2”) alapján legtöbb folyónkon medermélyülés figyelhető meg, amely magával vonja a vízszintek süllyedését. A legjelentősebb medermélyülés a Dráva folyón tapasztalható (kb. 3–4 cm/év), amit a természetes mederváltozási folyamatok mellett különféle intenzív emberi beavatkozások (hagyományos folyószabályozási beavatkozások, vízlépcsők létesítése, intenzív folyami kotrás) váltottak ki. A folyó különböző hatásokra adott válaszait azonban meglehetősen nehéz elkülöníteni. Vizsgálataink során a morfológiai, illetve a kisvízszintekben bekövetkezett változások elemzésén keresztül tettünk becslést az egyes hatások arányára, felhasználva a rendelkezésre álló folyószabályozási, kotrási és hordalékmérési adatokat, valamint korábbi mederfelmérések eredményeit is. A 18. századi folyószabályozási beavatkozások előtt az Alsó-Dráva medre természetesnek volt mondható. Az azóta domináló antropogén hatások alapján három időszakot különíthetünk el a vizsgálataink során. Az első időszakban (a 18. sz. végétől 1974-ig) csak folyószabályozási beavatkozásokat végeztek a folyószakaszon, azonban hatásukra jelentős medermélyülés következett be (átlagosan 1,3 méter kb. 120 év alatt). A második időszakban (1975-től 2002/2011-ig) három horvát vízerőmű létesült a közvetlen felvízi szakaszon, valamint ezzel egyidejűleg jelentős folyami kavics-, illetve homokkitermelés ment végbe a vizsgált szakaszon. A vízlépcsők hatása a legközelebbi, őrtilos szelvényben mutatkozott meg a legintenzívebben (a medersüllyedés elérte akár a 7,7 cm/év intenzitást is), míg folyami kotrást a teljes szakaszon végeztek, átlagosan 0,80 cm/év medermélyülést okozva. A harmadik időszakban (2003/2012 óta), vagyis a fő kiváltó okok megszűnése óta – az utóbbi évtized kisvízszintjei, valamint a mederfelmérések alapján – az Alsó-Dráva medrében szignifikáns függőleges irányú változások már nem igazolhatók. Fontos megjegyezni azonban, hogy ez a kotrási tevékenység megszűnése óta eltelt 10–20 éves időszak a trendelemzés szempontjából nem feltétlenül tekinthető reprezentatívnak.

Kulcsszavak

Alsó-Dráva, egyensúlyi állapot, medersüllyedés, trendelemzés.

Analysis of the vertical changes of the Lower Drava River morphology due to natural and anthropogenic impacts

Abstract

Based on the revised River Basin Management Plan („VGT2”) of the Hungarian part of the Danube River Basin, significant bed erosion can be observed in most Hungarian rivers. The incision has been the most intensive in case of the Drava River (approx. 3–4 cm/year), caused by natural and anthropogenic (river regulation interventions, dams and hydropower plants, sand and gravel mining). However, the effects of individual factors tend to overlap, making it difficult to distinguish the hydromorphological response of the river to them. An additional difficulty in identifying the impacts of bed incision is that little information is available to investigate the various factors. In the present study, the value of the incision was estimated based on the analysis of the available hydrological (water level time series), morphological (sediment data, bed surveys, river regulations) and dredging data. Before the 18th century, human interventions were not significant, and the morphology of the river was natural. Taking anthropogenic interventions as the triggering effect, the incision process of the Lower Drava riverbed can be divided into three periods. In the first period (from the end of the 18th century to 1974), only river regulation interventions took place, but their impact was significant (1,3 m deepening in ca. 120 years). In the second period (from 1975 to 2002/2011), three Croatian HPPs were built, and simultaneously, intensive sand and gravel extraction took place in the Lower Drava River. The effects of the HPPs was most intensive in the nearest station at Órtilos (the rate of incision exceeded 7,7 cm/year), while sand and gravel mining along the full reach caused ca. 0,80 cm/year incision. In the third period (from 2003/2012 to the present), based on the analysis of low water levels and bed surveys, it can be concluded that a new state of equilibrium appears to be formed almost at the entire section of the Lower Drava River after the cessation of anthropogenic effects. It is important to note that the 10–20-year period since the end of dredging is not necessarily considered representative for trend analysis.

Keywords

Lower Drava River, equilibrium state, incision, trend analysis.

BEVEZETÉS

A folyók morfológiai változásai bekövetkezhetnek természetes vagy mesterséges hatások következtében, amelyek az esés, vagy a víz- és hordalékhozam módosításán keresztül hatnak a meder morfológiájára. Schumm (1977) alapján medersüllyedés következik be, ha i) változatlan

vízjárás mellett csökken a hordalékhozam, ii) változatlan hordalékhozam mellett nő a vízhozam, iii) növekvő vízhozam mellett csökken a hordalékhozam – vagyis valamilyen módon a medersüllyedést megelőző állapothoz képest hordalékseggényé válik a víz. A folyók egyensúlyuk megzavarásakor természetes módon törekednek egy új

egyensúlyi állapot elérésére, melynek legegyszerűbb módja saját medrük esésének, illetve alakjának változtatása (Galay 1983, Surian és Rinaldi 2003, Nyiri és Török 2022). Lane (1955) általános összefüggése (1) alapján kvalitatív módon becsülhető egy folyó morfológiai változása. Egyensúlyi állapotban a hordalékhozam (Q_S), a mederanyag szemcsemérete (d), a vízhozam (Q_W), az esés (S) mint négy, egymástól független hidromorfológiai változó között felírható arányosság:

$$Q_S d \propto Q_W S \quad (1)$$

Amennyiben a vízhozamban, illetve a hordalékhozamban bekövetkező változás hatására megindul a medererozió folyamata (megjegyzés: a szövegben a medermélyülés, medersüllyedés és bevágódás fogalmakat, mint szinonimák használjuk), az új egyensúlyi állapot a mederanyag durvulásával, illetve a folyó alakjának változásával alakulhat ki.

A medersüllyedés okai

A medersüllyedés okai között egyaránt szerepelnek antropogén és természetes hatások is, melyek lehetnek közvetlenek és közvetettek is (Kiss 2014). Ezek a hatások azonban általában egymásra halmozódnak, így igen nehéz elkülöníteni a rájuk adott válaszokat (Galay 1983, Rumsby és Macklin 1994, Liébault és társai 2005). A közvetett természetes hatások (pl. klímaváltozás, tektonikai mozgások a vízgyűjtőn) leginkább a vízgyűjtő területet érintik és a lefolyás módosítása révén megváltoztatják a víz- és hordalékhozamot (Kondolf és társai 2002), amelyre a folyó morfológiai válasszal reagál. A közvetlen természetes hatások (pl. tektonikai mozgások a folyó hossz-szelvénye mentén, oldalirányú vándorlás) a mederesést és a meder morfológiáját alakítják (Galay 1983). A természetes hatásokra a folyó válasza jóval lassabb, mint az antropogén hatások esetében (Kiss 2014).

Az antropogén hatások lehetnek közvetlen, azonnali és közvetett, elhúzó hatásúak is. A lokális, közvetlen hatások közé tartoznak a folyószabályozási beavatkozások (pl. kanyarulat-átvágások és sarkantyúk), a folyami kotrás (folyószabályozási célú mederkotrás, illetve ipari homok- és kavicskitermelés), valamint a vízlépcsők építése. A folyószabályozási művek jellemzően a mederesés növelésén, illetve a meder szűkítésén keresztül okozzák a meder süllyedését, míg a kotrás és a vízlépcsők létesítése esetében a hordalékcszállításban keletkező hiány pótlására következik be a meder eroziója. Az antropogén hatások közé sorolt területhasználat azonban szintén egy nagyobb területet, teljes vízgyűjtőt érintő, közvetlen hatású, amely a lefolyási viszonyok módosításán keresztül hat a folyó mechanizmusaira (Gregory 2006). Ezekre a közvetlen hatásokra a folyó válasza is elhúzó jellegű.

Medersüllyedési folyamatok a hazai folyókon

Legtöbb folyókon medermélyülés figyelhető meg (pl. Duna (SOLVEX-BME 2014a-d); Tisza (Fiala és társai 2006); Maros (Kiss és Nagy 2012)). A Kárpát-medence tektonikai mozgásainak következtében az Alföld és a Kis-Alföld folyamatosan süllyed, magával vonva a síksági folyók medrének süllyedését is. A kiemelkedő területeken (pl. Dunántúli-középhegység) a teraszképződés mellett

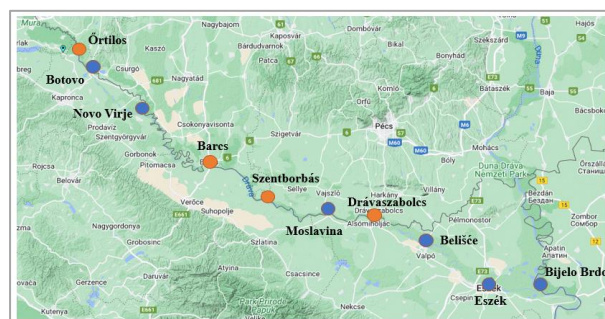
szintén a folyók bevágódása jellemző. Az emberi beavatkozások tovább növelték a medermélyülési folyamatok intenzitását. A jelentős folyószabályozási beavatkozások hatására megnövekedett a folyók munkavégző képessége, a vízlépcsők (hazai és határon túli, felvízi) azonban nagymértékben csökkentették az egyes folyókon felülről érkező hordalék mennyiségét. A Duna és a Tisza süllyedése hosszú távon a mellékfolyóik fokozódó mélyülését is magával vonja (az erózióbázis süllyedése miatt), a Dunán és a Drávn pedig a mederkotrás is nagymértékben hozzájárult a medersüllyedéshez.

A Duna-vízgyűjtő magyarországi részének felülvizsgált, 2015. évi vízgyűjtő-gazdálkodási terve („VGT2”) alapján a következő víztesteken jelentős a medermélyülés: a Dráva teljes magyar szakasza (kb. 3-4 cm/év), a Duna Szob fölötti, illetve Dunaföldvár alatti szakasza (kb. 1 cm/év), a Maros keleti és torkolati szakasza, a Mosoni-Duna alsó, torkolati szakasza, a Rába torkolati szakasza, a Sebes-Körös felső szakasza és a Tisza Kiskörétől a Hármas-Körösig tartó része. A medermélyülés összesen kb. 670 km hazai folyószakaszt érint (OVF 2015).

MÓDSZERTAN

A vizsgált terület

Tanulmányunkban a Dráva Órtilostól a torkolatig tartó (236-0 fkm), alsó szakaszán bekövetkezett vertikális mederváltozásokat vizsgáltuk a rendelkezésre álló kisvízszint-idősorok trendelemzésén, valamint medertérképek összehasonlításán keresztül. Az 1. ábrán látható a vizsgált terület átnézeti térképe, jelölve azon vízmerce állomásokat, melyek idősorait fel tudtuk használni a trendelemzés során.



1. ábra. A vizsgált terület átnézeti térképe (narancs színnel jelölve a magyar, kékkkel a horvát vízmerce szelvényeket)
Figure 1. Case study area (Hungarian gauge stations marked by orange, Croatians marked by blue)

Morfológiai mérések

A Dráva magyar szakaszán 1969-től folytatnak rendszeres hordalékméréseket a folyó barcsi (154,10 fkm) és dravasabolcsi (77,70 fkm) szelvényeiben, noha 1983-1988 között szüneteltek a mérések. A Dráva hordalékvándorlásának monitoringja 1989-ben folytatódott – ekkor új állomásként megjelent Vízvár (187,59 fkm), ahol 7-10 éves rendszerességgel végeznek mintázást, 2016-ban pedig Botovot (226,80 fkm) is bekapcsolták a monitoring rendszerbe. A hazai gyakorlatban a lebetgetett hordalékméréseket szivattyús eljárással, a görgetett hordalékméréseket pedig a szemösszetételtől függően az ún. Károlyi-féle vagy a Helley-Smith féle mintavevővel végzik. A rendszeres hordalékmérések alapján hordalékhozam ösz-

szeffüggéseket állítottak fel a folyó fenti szelvényeire (VITUKI 2003, EJF 2012). Ezeket a kapcsolatokat a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (DDVIZIG) által azóta végzett hordalékmérések, valamint a 2019-ben végzett saját hordalékméréseink eredményeit felhasználva frissítettük. A hordalékadatok alapján vizsgáltuk a Dráva éves hordalékszállításának hosszú idejű alakulását, illetve becslést tettünk a vertikális mederváltozás mértékére is.

Lebegtetett hordalékmérés

A lebegtetett hordalékmérések alkalmával a mintavétel szivattyús mintavevővel, az ún. többpontos módszer alapján megválasztott mintavételi pontokban történt (a kereszt-szelvény menti megoszlás minél pontosabb leképezése érdekében) (ME-10-231-20:2009). A nedvesített szelvény szélességét 5 részre kell osztani, a mérésre kijelölt függőleges szakaszok középpontjában kell kijelölni. A mérések során 5 függvényben, függvényenként 3-3 pontban történt mintavétel. A többpontos módszer alkalmazásához a rögzített hajós (függvény menti) méréseket a vízmélység (H) meghatározásával kell kezdeni. A vízmélység ismeretében a mintavételi pontok vízfelszíntől való távolsága az alábbiak alapján számítható: 0,2H; 0,6H; 0,8H. A szelvény menti hordalékhozam számításához ismerni kell a függvény menti sebességprofil, ezért a lebegtetett hordalékmérés minden esetben függvény menti áramlásméréssel egészül ki.

A szivattyús mintavevők általában egy elsüllyeszthető hordozóegységből (bemeneti nyílással, vízsebességmérővel és mélységmérővel ellátva), egy a hajóra szerelt szivattyúból és egy, az előbbi két részt összekötő flexibilis tömlőből állnak. A szívócsövet 25 kg-os szabvány mérőszállal lehet a kívánt mélységbe juttatni. A szivattyús mintavevő pontbeli (diszkrét) mintavételezésre alkalmas. A mintavétel szokásos eszközei a következők: a mérőcsónakon elhelyezett szivattyú, a szivattyúhoz csatlakozó tömlő, a szívócső és a súly, ami biztosítja a szívócső helyzetének egyszerű meghatározását. A mintavételt olyan szivattyú fordulatszám, illetve hozam mellett kell végezni, hogy a mintavevő csónakon belépő víz sebessége a folyó becsült, pontbeli áramlási sebességétől ne térjen el jelentős mértékben. Az áramlás és a hordalékszállítás időben lüktető jellegéből adódó ingadozások kiegyenlítése érdekében, illetve azért, hogy a minták laboratóriumi elemzéséhez szükséges térfogat is rendelkezésre álljon, viszonylag hosszú idejű a mintavétel, a mintavételi térfogat 5 liter egy mérési pontban.

A hordaléktöménység meghatározása a hagyományos filtrációs (vagy szűrőpapíros) módszerrel történt. Az elemzés során a mérőhenger segítségével, ml pontossággal meghatározott térfogatú mintát egy ismert tömegű, 0,45 µm pórusméretű membránszűrőn szűrtük keresztül. A szűrés után a szűrőpapírt a lebegtetett hordalékkal együtt 105 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd újból lemértük a tömegét. Az átszűrt hordalékos vízminta térfogatának, valamint a szűrőpapír szűrés előtti és utáni tömegének ismeretében számítható a hordaléktöménység. A szelvény menti lebegtetett hordalékhozam a többpontos mintavételi módszerrel (BMFLUW 2017) vett minták szűrőpapíros elemzéséből kapott hordaléktöménység és a

mintavételi pontokban vett áramlási sebesség alapján becsülhető. Az összetartozó áramlási sebesség és hordaléktöménység szorzata a pont környezetére jellemző fajlagos hordalékhozamot adja [g/(s·m²)]. A szorzat teljes szelvényre vett integrálásával (2) a teljes hordalékhozam számítható (kg/s). Mivel a fajlagos hordalékhozam értékek diszkrét pontokban ismertek, az integrálási művelet háromszögek, téglalapok és trapézok területeinek összegzésékként számítható.

$$Q_s = \int_W \int_a^h SSC(z)v(z)dzdW \quad (2)$$

ahol: W a mederszélesség; h a vízmélység; a az ún. referenciaszint (jellemzően a vízmélység 10%-a); SSC a lebegtetett hordaléktöménység; z a mintavételi pont mederfenéktől vett távolsága; v az áramlási sebesség.

Görgetett hordalékmérés

Mivel a görgetett hordalék mennyisége térben és időben nagymértékben változhat, mérése nagy kihívás elé állítja a mérnököket és jelenleg is kutatások témáját képezi. A gyakorlatban nincs olyan hordalék mintavételi módszer, aminek segítségével általánosan, nagy pontossággal meghatározható lenne a hordalék tömegárama. A mérési bizonytalanságot tovább növelik a mederfenékre helyezett műszerek körül megváltozott áramlási viszonyok, a műszer mederfenékre való felfekvése, a műszer rögzítése stb. A mintavevők részei általában: nehéz keret (a műszer mérülését és mederfenékre való felfekvést biztosítandó), szárnyak (a mintavevő áramlási iránnyal szemben való elhelyezését segítő), a mintavevő belépő nyílása és hordalékgyűjtő zsák. Az eszköz a vizsgált folyóra jellemző hordalék szeménységától és hozamától függően különböző belépő nyílásmérettel rendelkezik, továbbá a hordalékgyűjtő zsák szövetének sűrűsége is változtatható. A Dráván végzett görgetett hordalékmérések során a mintavevőkön Rákóczi és Szekeres (2003) nyomán víz alatti kamerákat is rögzítenek a DDVIZIG munkatársai, amellyel pontosabb mérés végezhető. A kavicsmedrű szakaszon (Barcs fölött) a Károlyi-féle, a finom kavics-homokmedrű szakaszon (Barcs alatt) a Helley-Smith mintavevőt alkalmaztuk. A mintavételek helyei megegyeztek a lebegtetett hordalékmérés függőeivel.

A mintavételezés után a görgetett hordalék minták a laboratóriumba kerültek elszállításra. Kicsomagolás után a mintákat a szárítókamencében 105 °C-on kiszárítottuk. Ezután a minták a szitarázógépbe kerültek, majd az egyes frakciók tömegének meghatározása után a minták szemeloszlás görbéit is előállítottuk. A görgetett hordalékhozam egy adott szelvényen egységnyi idő alatt átáramló görgetett hordalék mennyiségét fejezi ki, amit a minták tömegének meghatározásával lehet becsülni. Ehhez első lépésben a mintavételi pontok függőeire kell meghatározni a fajlagos hordalékhozamot, a minták tömegének és a mintavételi idő hányadosaként. Ezután a szelvény teljes hordalékhozamának grafikus megjelenítése már megtehető: a szelvény adott függőeire számított fajlagos hozamokat kell ábrázolni. A pontokat összekötve kapjuk a szelvény menti fajlagos görgetett hordalékhozam eloszlását. A teljes hordalékhozam a görbe szelvény menti integrálásával,

azaz a görbe alatti terület számításával becsülhető (kg/s). Az egyes minták tömegét el kell osztani a mintavételi idővel. Az így kapott értékeket tovább kell osztani az alkalmazott mintavevő szájának szélességével, hogy megkapjuk a fajlagos görgetett hordalékhozamokat (kg/s·m). Ezt minden függvényben meg kell tenni. A szelvény menti hordalékhozam a fenti fajlagos értékeket összekötő görbe integrálásával, vagyis a görbe alatti terület számításával becsülhető. A part menti pontokban feltételezhető, hogy nincs görgetett hordalékszállítás, így ott a profil zérusba köthető.

Mederfelmérések

A morfológiai változások pontosabb feltárására felhasználtuk az 1971-es Dráva Atlaszt (VITUKI 1971), illetve a 2006-os és 2018-as mederfelmérések eredményeit is. A 2019. évi mérési kampányaink során a domborzati adatbázist további domborzati mérésekkel egészítettük ki a hordalékmérési szelvényekben, melyek során a vízhozammérésre alkalmazott ADCP (akusztikus Doppler-elvű áramlásmérő) műszerből nyertük ki a meder adatokat. A digitális térképállományok összehasonlítása alapján a szignifikáns (a mérési felbontásnál nagyobb mértékű) vertikális mederváltozások helyszíneit igyekeztünk beazonosítani.

A keresztshelvények alakjának vizsgálatával két célunk volt. Egyfelől igazolni akartuk, hogy a korábbiakban, a kisvízszintek alakulásából a medermélyülésre levonható következtetések helytállóak, vagyis azok a tendenciák, amiket ismertetünk a vízszint elemzés alapján, a mederalak mélyülésében tetten érhetőek, legalábbis azokban az „időpillanatokban”, amikre a felmérések vonatkoznak. A másik célunk az volt, hogy olyan szakaszokon, ahol hosszú idejű vízszint idősorok nem állnak rendelkezésre, mert pl. egyszerűen nincsenek az adott szakaszon vízrajzi állomások, valamilyen, legalább kvalitatív jellemzést adhassunk a mederváltozásra.

Az Alsó-Dráva kisvízszintjeinek trendelemzése

A Dráva alsó, Őrtilostól torkolatig tartó szakaszán összesen 14 vízmérce található (1. táblázat), melyek közül 10 állomás vízállás-idősorát használtuk fel az elemzéshez. Az éves kisvízszint-idősorok előállítására a DDVIZIG állomásokra a napi adatsorok, a Horvát Hidrometeorológiai Szolgálat (DHMZ) állomásokra pedig a 2020-ig archivált éves adatsorok (napi átlag) alapján történt.

1. táblázat. Az Alsó-Dráva menti vízmércék adatai (szürkével a fel nem használt idősorok)
Table 1. List of water gauges along the Lower Drava River (gauges in grey were excluded from the analysis)

Vízmérce	Helye (fkm)	Nullpont (mBf)	Idősor	Üzemeltető
Őrtilos	235,90	125,94	1957-	DDVIZIG
Botovo	226,80	120,88	1926-2020	DHMZ
Novo Virje	200,60	108,19	1977-2020	DHMZ
Vízvár-He-resznye	187,59	101,195	2012-	DDVIZIG
Barcs	154,10	98,14	1901-	DDVIZIG
Terezino Polje	152,30	100,00	1925-2020	DHMZ
Szentborbás	133,10	94,74	1934-	DDVIZIG
Vrbovka	127,00	92,54	1997-2019	DHMZ
Moslavina	98,40	90,27	1968-2019	DHMZ
Donji Miholjac	80,50	87,90	1993-2020	DHMZ
Drávaszabolcs	77,70	86,76	1959-	DDVIZIG
Belišće	53,80	83,32	1962-2020	DHMZ
Eszék	18,96	80,81	1900-1912; 1920-2020	DHMZ
Bijelo Brdo	1,00	77,65	1964-1990; 2001-2013	DHMZ

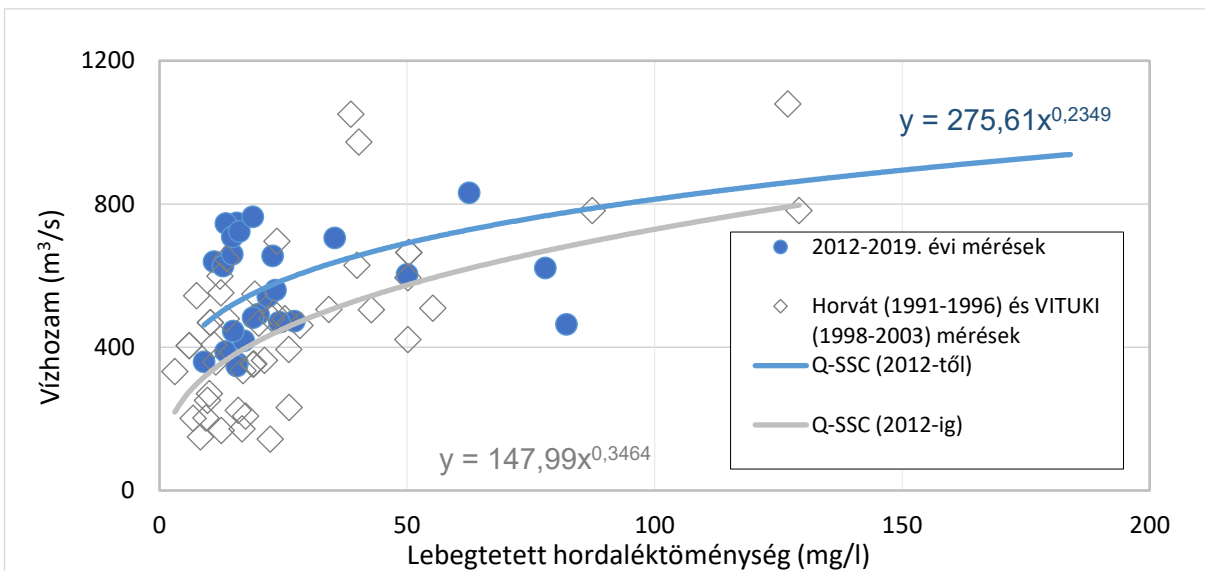
EREDMÉNYEK

A hordalékvándorlás alakulása

Lebegtetett hordalékvándorlás

A DDVIZIG átadta a 2012-2018 közötti időszakban végzett mérésekből kapott összetartozó vízhozam-hordaléktöménység adatait, amelyeket a 2019-ben kapott eredményekkel egészítettünk ki. Az így előállt, 2012-től figyelembe vett időszakra új kapcsolatokat tudunk felállítani a fenti két paraméter között Botovo, Barcs és

Drávaszabolcs állomásokra. A Dráva botovoi szelvényében a friss adatok a kapcsolati görbe balra való eltolódását (2. ábra) jelzik, ami azt jelenti, hogy adott vízhozamhoz a 2012 előtti időszakhoz (EJF 2012) képest általában kisebb hordaléktöménység tartozik. A legnagyobb eltérés a kis-középvizes tartományon (200-450 m³/s) jelentkezik, nagyvíznél már a görbék közelebb esnek egymáshoz, jöllehet, kevés nagyvízi mérési eredmény áll rendelkezésünkre.



2. ábra. A vízhozam (Q) és lebegtetett hordaléktöménység (SSC) között felállított kapcsolati görbe eltolódása Botovonál
Figure 2. Shift of the regression curve between flow discharge (Q) and suspended sediment concentration (SSC) at Botovo

A Dráva éves lebegtetett hordalékhozama jelenleg 0,5-2,5 Mt/év között ingadozik (BME 2019). A vizsgált szakaszon a lebegtetett hordalékhozam mennyiségére nagy hatással vannak a horvát vízlépcsők (különösen a Donja Dubrava-i), ahol a tározótérben a hordalék egy jelentős része kiülepedik (VITUKI 2003). A lebegtetett hordalékszállításban bekövetkezett változások külön kiemelkednek az éves hordalékhozam-összegző görbéen (Bonacci és Oskoruš 2010), ahol erőteljes esésváltozások észlelhetők az egyes erőművek üzembe helyezése után (pl. a Donja Dubrava-i vízlépcső üzembe helyezése után 2003-ig átlagosan 100 000 t/év-vel csökkent a lebegtetett hordalékszállítás; VITUKI 2003). Közvetlenül az egyes erőművek működésének megkezdése után a hordalékhozam fokozatosan csökken, majd fokozatosan nő (Bonacci és Oskoruš 2010). Miután a folyó kialakítja az új egyensúlyi állapotát, erodálja a medrét és a partokat és a hordalékhozam egyensúlya is bekövetkezik, ami az enyhe, vagy a változások előttivel közel azonos esésekből sejtethető. Ezzel összhangban a botovoi szelvényben ugyanakkora vízhozamok mellett a lebegtetett hordalékhozam csökkenése figyelhető meg, míg a távolabbi mérőszelvényekben (Barcs, Drávaszabolcs) ezzel szemben alig változott a két paraméter között korábban felállított összefüggés (EJF 2012), ami a hordalékvándorlás szempontjából egy dinamikus egyensúlyi állapotra utal.

Görgetett hordalékvándorlás

A görgetett hordalék adatokat illetően szintén a korábban felállított kapcsolatokkal (EJF 2012) vetettük össze. A botovoi, bélavári és drávaszabolcsi szelvények esetében az tapasztalható, hogy a 2019-es évi hozamok továbbra is jól követik a korábban felállított kapcsolatot. A barcsi szelvény esetében viszont a 400 m³/s vízhozam feletti tartományban az ezredforduló után megnőtt a görgetett hordalék mennyisége, így korrekcióra szorult a korábbi összefüggés.

A vízlépcsők hatására a felülről érkező, nagyrészt kavicsos anyagú görgetett hordalék gyakorlatilag teljes egészében csapdázódik a tározóterekben, miáltal az alvízre

egy nagy energiájú, hordalékszegény víz jut tovább. A hordalékszállító kapacitásban keletkezett deficit pótlására a folyó a gát alatt saját medrét, illetve partjait kezdi kimosni, bevágódási folyamatot indítva el, amely mindaddig tart, amíg az új egyensúlyi folyamat be nem áll (pl. mederpáncélozódás útján). A horvát vízlépcsők görgetett hordalékszállításra kifejtett hatása az Órtilos-Botovo térségben a legerőteljesebb. A folyó megnövekedett energiataralmának következtében a vízerőművek alatt a korábbinál nagyobb frakciók is megindulnak a mederfenéken. A kimosódott hordalék a vízlépcsőtől távolabb, fokozatosan rakódik le – egyes tanulmányok (EJF 2012) szerint a barcsi szakaszon. A kimosódott hordalék helyén keletkezett mederpáncélt Botovonál kb. 20 mm szemátmérőjű kavics alkotja, amelynek felszakításához egy legalább 700 m³/s nagyságú árhullám szükséges (VITUKI 2003).

Kisvízszintek változása

A kisvízi vízszintek alakulásának vizsgálata az antropogén hatásoknak megfelelően több időszakra bontva történt: a horvát vízlépcsők (Varaždin, Čakovec és Donja Dubrava) megépítését megelőző, 1975 előtti I. időszakban csak folyószabályozási beavatkozásokat végeztek; a II. időszakban már a vízlépcsők és a folyami mederkozás hatásai az elsődlegesek; míg az utóbbi 10-20 évre már az antropogén hatások alig mutathatók ki (III. időszak).

A vízszint-idősorok (4-6. ábra) alapján kijelenthető, hogy a 20. század eleje óta folyamatosan csökkentek a kisvízi vízszintek, kb. 0,40-3,40 cm/év (átlagosan 1,80 cm/év) ütemben. A Barcs fölötti, természetesebb állapotú szakaszon csak néhány folyószabályozási beavatkozást (főként az érett- és túlfellett kanyarulatok átmetésését) végeztek, így az 1975 előtti időszakban csak enyhe, átlagosan 0,50 cm/év csökkenés következett be. A horvát vízlépcsők (kiváltképp a Donja Dubrava-i) hatása azonban 1975-től jelentősen megnyilvánult a kisvízi vízszintekben – 1975 és 2000 között 20-200 cm-rel (átlagosan 84 cm-rel) szálltak alá a kisvízszintek. Órtilosnál (4. ábra) a Donja Dubrava-i erőmű üzembe helyezését követően 1989 és

2000 között közel 140 cm-rel csökkent a kisvízszint. A botovói és a Novo Virje-i idősorokban (4. ábra) felismerhető a kanyarulat-átvágások hatására 1980-ban, illetve 1982-ben bekövetkezett vízszintcsökkenés is. A rendelkezésre álló kotrási adatok ismeretében 1982 és 2011 között nagymértékű, ipari célú kavicskotrás gyorsította tovább a medermélyülést, és így a vízszintek csökkenésének folyamatát.

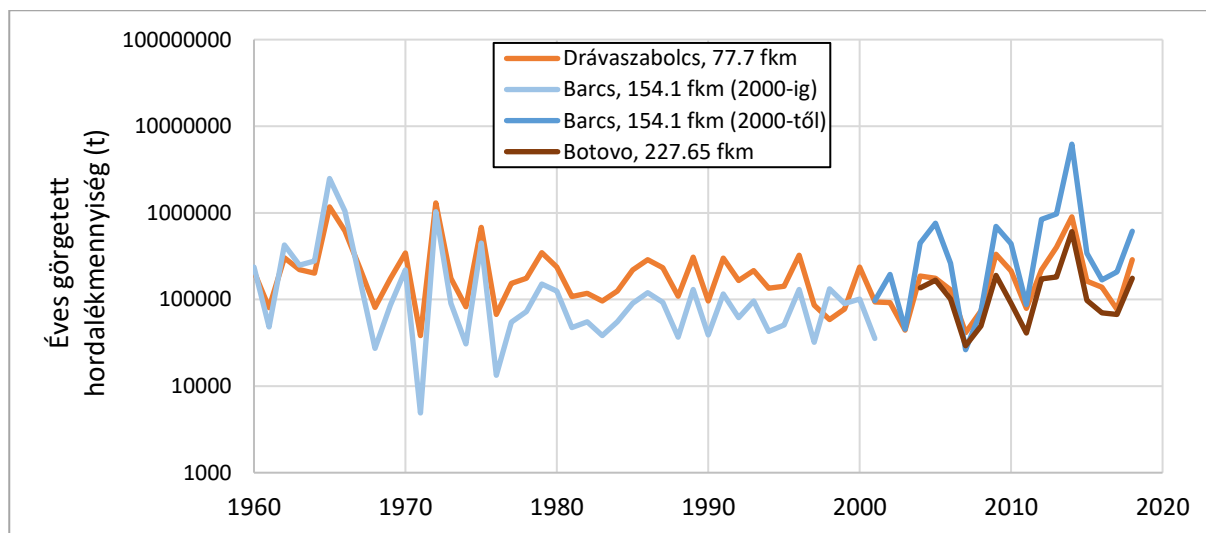
A Barcs alatti, intenzíven szabályozott szakaszon 1975 előtt gyorsabb ütemben (átlagosan 2,08 cm/év) csökkentek a vízszintek (5. ábra) például a barcsi vízmércén 1901-től rögzített kisvízi vízállások alakulása látható. Ezen az alsó szakaszon még az 1980-as években is több folyószabályozási beavatkozást végeztek, amely Barcs és Drávaszabolcs között időközben jelentős homokkotrási tevékenységgel is kiegészült, tovább erősítve a vízszintek csökkenését (a szakaszon átlagosan 2,17 cm/év). 1975 és 2002 között az antropogén tényezők együttes hatására mintegy 40-120 cm-rel (átlagosan 83 cm) csökkentek a kisvízi vízszintek. Drávaszabolcs alatt, a torkolati szakaszon már nagymértékben megmutatkozik a Duna hatása, a vízszintek dinamikus alakulását döntően befolyásolja (6. ábra).

A kisvízi vízszintek alakulása alapján elmondható, hogy – a 2014-es nedves év kiugró értékétől eltekintve – a vízszintek állandósulni látszanak, mely arra enged következtetni, hogy a kotrások megszűnése óta ki tudott alakulni egy új egyensúlyi állapot. Azonban fontos megjegyezni, hogy rövid idejű adatsorokról (utóbbi 10-20 év) van szó, amelyek nem feltétlenül tekinthetők reprezentatívnak és mindenképpen arra hívják fel a figyelmet, hogy folyamatos, további vizsgálatok szükségesek annak igazolására, hogy a Dráva medre közelít egy új egyensúlyi állapothoz.

A medermélyülésnek kitett szelvények beazonosítása

Órtilos környezetében ugyan lokálisan, de egészen 2018-ig megfigyelhető a meder jelentős mélyülése (7. ábra; 151 és 149 VO szelvények). Ezen a szakaszon a Mura-torkolat dinamikus alakulása számottevően kihat a Dráva alakjára, továbbá ez a szelvény helyezkedik el legközelebb az utolsó horvát vízlépcsőhöz, így annak hatása is itt érződik a legintenzívebben. A mederszintek változása ezen a szakaszon az egyes mérési időszakok között néhol méteres nagyságrendű, de ez összhangban van a korábban bemutatott kisvízszint változás értékekkel.

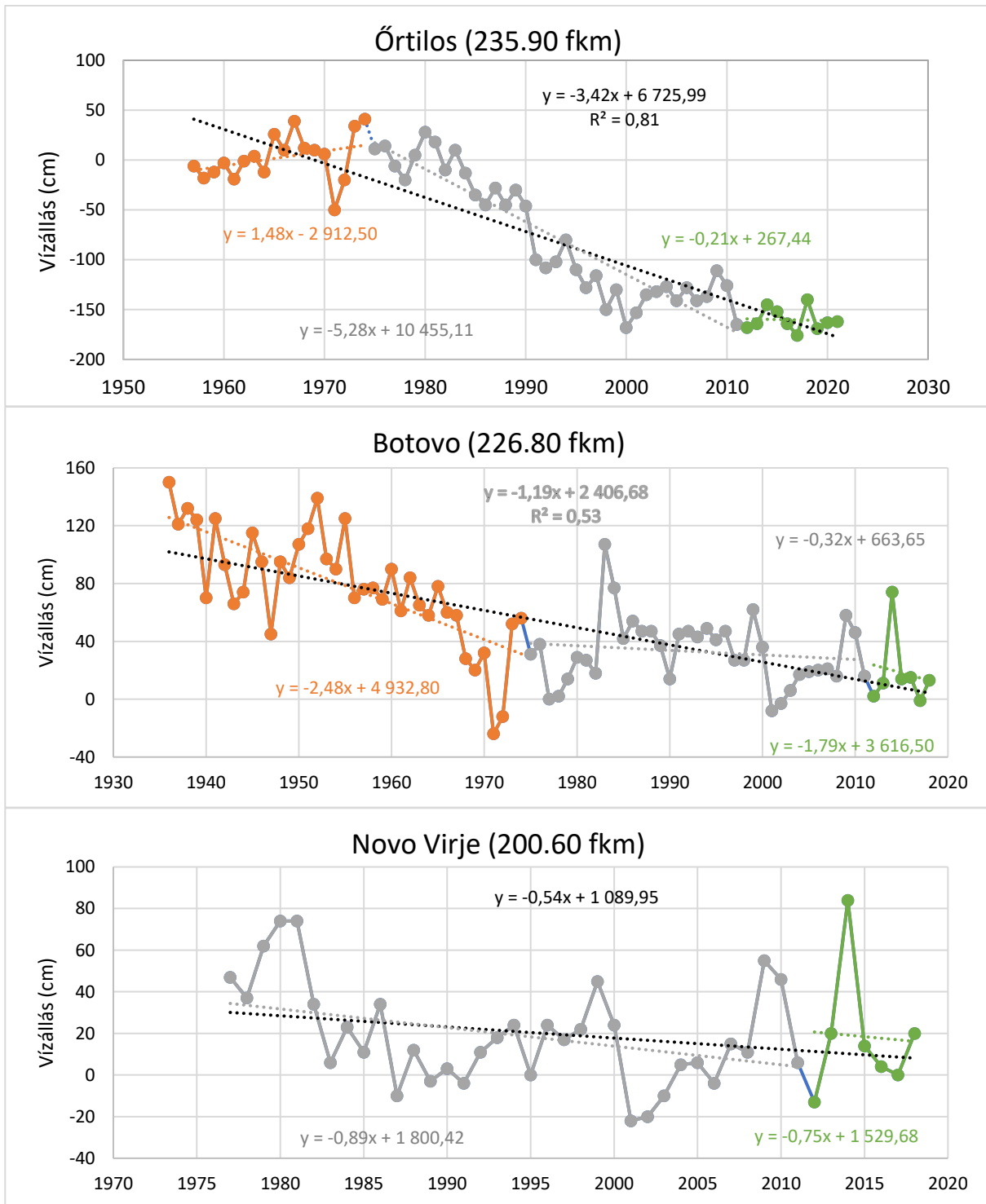
Alvízi irányban Barcsig egészen hasonló viselkedést mutat a keresztiselvény változása: 1971-2006 között egy-egy kivétellel rendre méteres nagyságrendű mélyülés, majd 2006-2018 között stabil mederalak inkább lokális, akár szelvényen belüli átrendeződéssel (8. ábra; 118 és 112 VO szelvények). Barcs környezetében (8. ábra; 109 és 102 VO szelvények) ezzel szemben az elmúlt 15 éves időszakban is további medermélyülés jelentkezett, ami a vízszint adatsorokon már nem látható egyértelműen. Ez a jelenség arra enged következtetni, hogy a korábbi mederkotrások eredményeként kialakuló és bizonyos ideig fennmaradó medereróziós folyamatok mentek végbe, ami a kotrási területek hordalékcspadázó hatásával magyarázható. Drávaszabolcs felé haladva a keresztiselvények dinamikus változó jelleget mutatnak. Mint a Dráva teljes vizsgált szakaszán, itt is szembetűnő az 1971 óta bekövetkezett méteres nagyságrendű medermélyülés, viszont a rákövetkező vizsgált időszakban, 2006-2018 között már sokkal inkább a lokális átrendeződés figyelhető meg és szemben a Szentborbás környezetében tapasztalt stabil mederalakkal, itt a meder keresztirányú mozgása mutatható ki (8. ábra; 86 és 81 VO szelvények).



3. ábra. Az éves görgetett hordalékmenyiség alakulása Barcsnál 1960-2000 között (világoskék) és 2000 után (sötétkék), illetve Drávaszabolcsnál (narancs) 1960-2018, illetve Botovonál (barna) 2004-2018 között

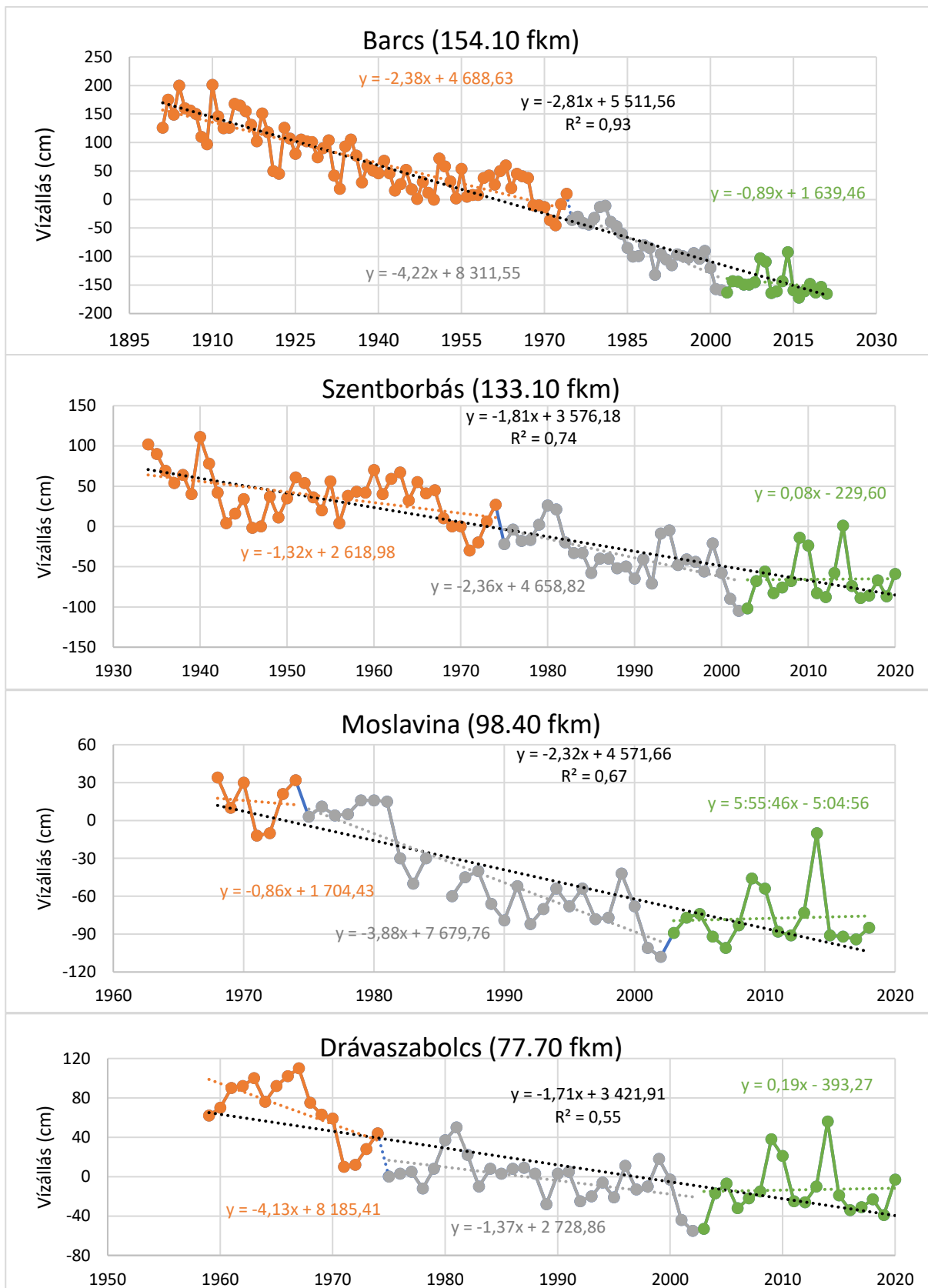
(Megjegyzés: az 1960-2000 között alkalmazásban lévő vízhozam-görgetett hordalékhozam összefüggés 2000-ben frissítésre került)
Figure 3. Annual bedload transport at Barcs in 1960-2000 (light blue) and since 2000 (dark blue) and Drávaszabolcs (orange) in 1960-2018, and at Botovo (brown) in 2004-2018

(Note: the bedload curve used in 1960-2000 was updated in 2000)



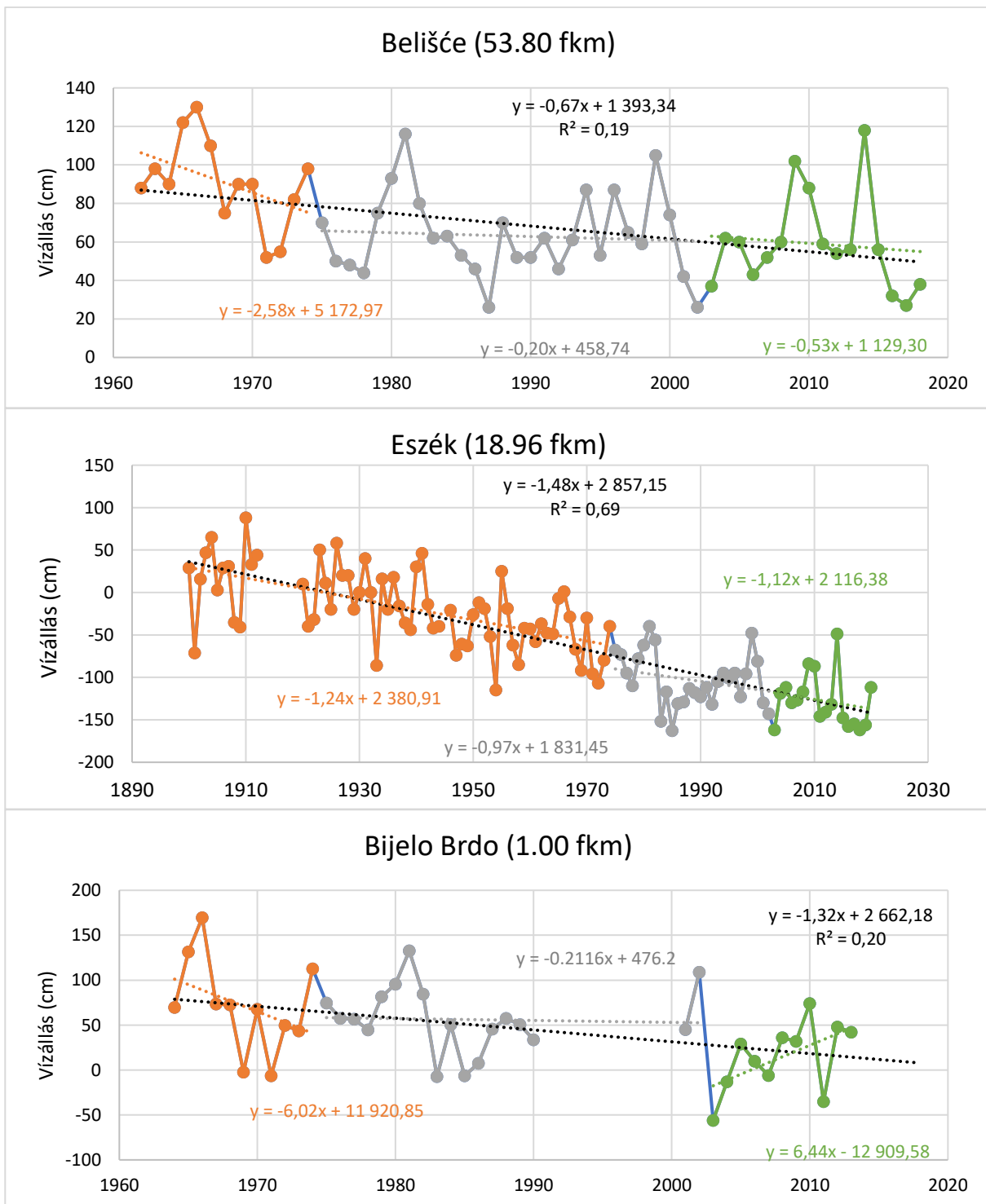
4. ábra. A Barcs fölötti állomások kisvízszintjeinek alakulása. A színek magyarázata: narancs: csak folyószabályozási beavatkozások (1975 előtt), szürke: vízlépcsők és mederkotrás is (1975-2011), zöld: a kotrási tevékenység megszűnése óta (2012-től napjainkig); fekete: teljes időszak

Figure 4. Low water levels at gauging stations above Barcs. Notation: orange: only river regulation interventions (I. period, before 1975), grey: hydropower plants and dredging in addition (II. period, 1975-2011), green: since the end of dredging activities (III. period, since 2012), black: the whole period



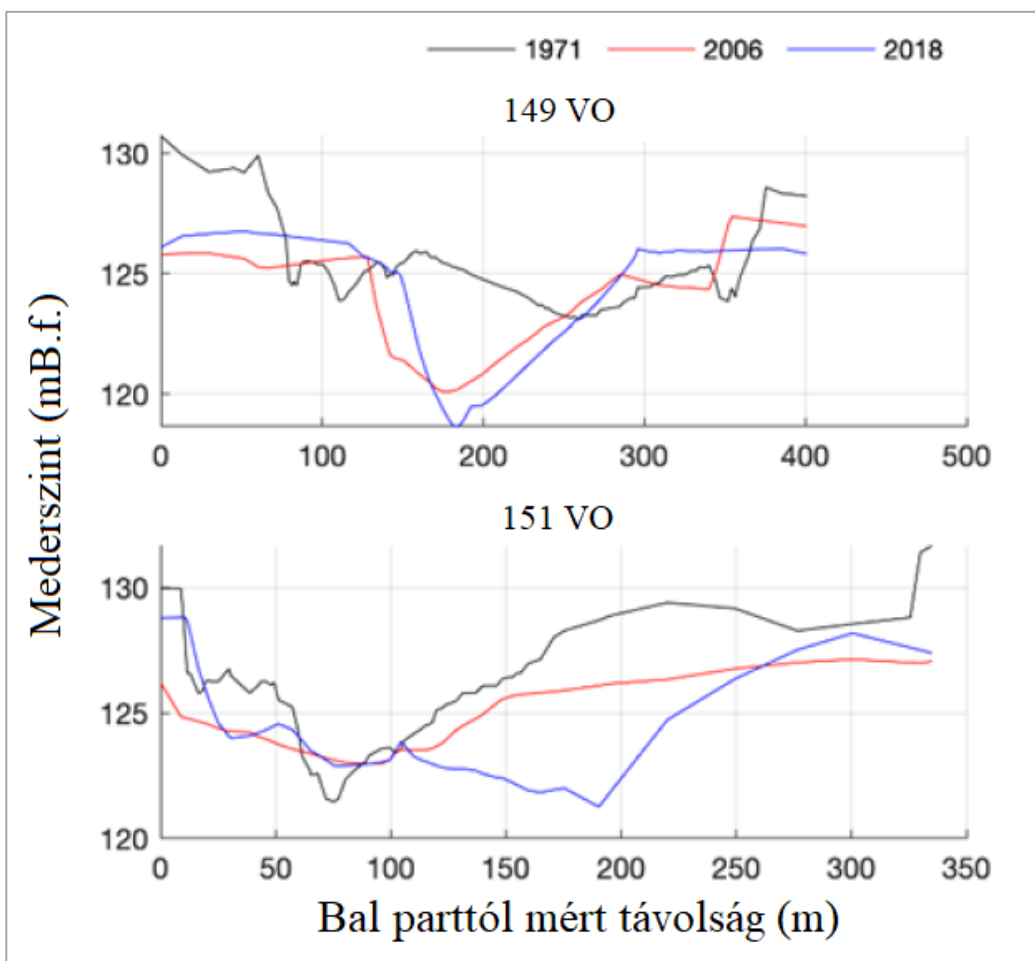
5. ábra. A Barcs és Drávaszabolcs közötti állomások kisvízszintjeinek alakulása. A színek magyarázata: narancs: csak folyószabályozási beavatkozások (1975 előtt), szürke: vízlépcsők és mederkotrás is (1975-2002), zöld: a kotrási tevékenység megszűnése óta (2003-tól napjainkig); fekete: teljes időszak

Figure 5. Low water levels at gauging stations between Barcs and Drávaszabolcs. Notation: orange: only river regulation interventions (I. period, before 1975), grey: HPPs and dredging in addition (II. period, 1975-2002), green: since the end of dredging activities (III. period, since 2003), black: the whole period

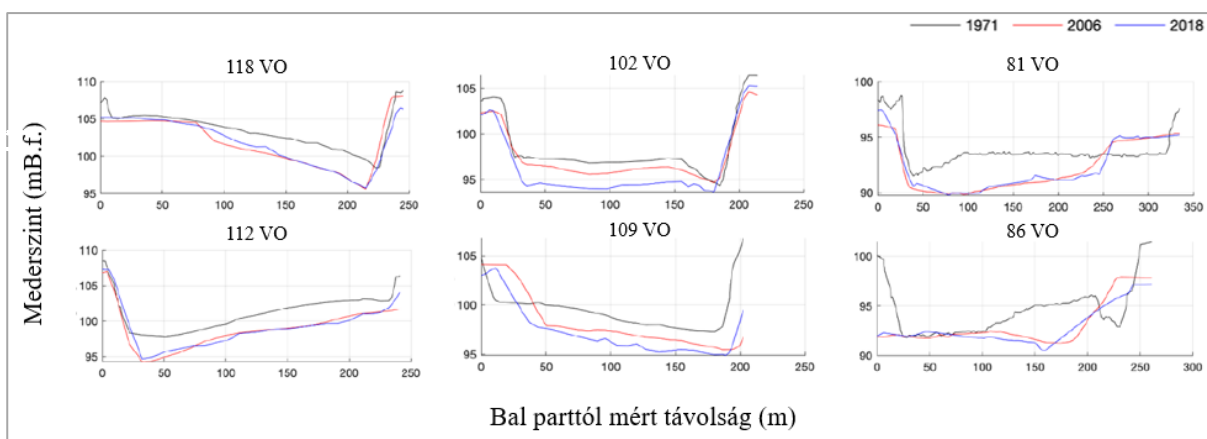


6. ábra. A Drávaszabolcs alatti állomások kisvízszintjeinek alakulása. A színek magyarázata: narancs: csak folyószabályozási beavatkozások (1975 előtt), szürke: vízlépcsők és mederkotrás is (1975-2002), zöld: a kotrási tevékenység megszűnése óta (2003-tól napjainkig); fekete: teljes időszak

Figure 6. Low water levels at gauging stations below Drávaszabolcs. Notation: orange: only river regulation interventions (I. period, before 1975), grey: HPPs and dredging in addition (II. period, 1975-2002), green: since the end of dredging activities (III. period, since 2003), black: the whole period



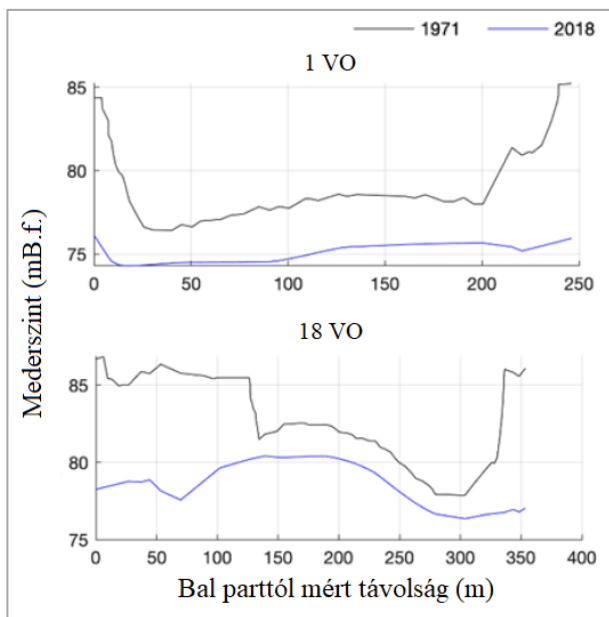
7. ábra. Keresztszelvények jellemző alakulása az őrtilos szakaszon az 1971-es (fekete), 2006-os (piros) és 2018-as (kék) medertérképek alapján
 Figure 7. Evolution of bed geometry in characteristic cross sections in the area of Órtilos based on topographical surveys from 1971 (black), 2006 (red) and 2018 (blue)



8. ábra. Keresztszelvények jellemző alakulása a Barcs környéki szakaszon az 1971-es (fekete), 2006-os (piros) és 2018-as (kék) medertérképek alapján
 Figure 8. Evolution of bed geometry in characteristic cross sections in the area of Barcs based on topographical surveys from 1971 (black), 2006 (red) and 2018 (blue)

A Drávaszabolcs és Duna-torkolat közötti szakaszon már nem állt rendelkezésre a 2006-os mederdomborzati térkép, ezért ezen a szakaszon csak két felmérési időszak alapján lehetett előállítani a keresztmetszvény alak grafikonokat (9. ábra; 18 és 1 VO szelvények). A jelzett időszakban a

teljes alsó szakaszon méteres nagyságrendű medermélyülés figyelhető meg. A 2018. évi felmérés csak a főmederre terjedt ki, ezért a partvonalak alakulása nem vehető össze a korábbi adatokkal, de számos szelvény esetében jól láthatóan a mélyülés mellett oldalirányba is elmozdult a meder.



9. ábra. Keresztszelvények jellemző alakulása a Drávaszabolcs alatti szakaszon az 1971-es (fekete) és 2018-as (kék) medertérképek alapján

Figure 9. Evolution of bed geometry in characteristic cross sections below Drávaszabolcs based on topographical surveys from 1971 (black) and 2018 (blue)

A MEDERSÜLLYEDÉS LEHETSÉGES OKAINAK VIZSGÁLATA

Jelen tanulmányban a medersüllyedés értékének becslése a rendelkezésre álló hidrológiai adatok elemzése, valamint az ismert kotrási adatok alapján történt. A barsói és északi vízszintek alapján elmondható, hogy már jóval előbb megindult a medersüllyedési folyamat a Dráván (Bonacci és Oskoruš 2010), azonban a legtöbb vízmércét csak a 20. század második felében telepítették, így csak onnantól vizsgálható részletesebben a medersüllyedési folyamat. A kotrási tevékenység elemzésében szintén bizonytalanság rejlik, hiszen kevés adat ismert a kotrások pontos helyszínéről, az illegális kotrási tevékenység pedig (értelemszerűen) egyáltalán nincs dokumentálva. A mederváltozásokat közvetlenül a mederfelmérések, medertérképek alapján lehetne meghatározni, azonban ilyen jellegű monitoring nem folyik a Dráván. Az eseti mederfelmérésekből előállított medertérképek összeegyeztetése komplex feladat, s már a legcsekélyebb transzformálási hibák is jelentősen torzíthatják az eredményeket.

A Dráva intenzív medersüllyedése többféle hatás (természetes és antropogén) következménye, melyek egymásra tevődnek, egyéni hatásuk nehezen különíthető el, mértékük nehezen becsülhető. A medersüllyedést kiváltó hatások feltárásában további nehézséget okoz, hogy kevés információ áll rendelkezésre a különböző tényezők vizsgálatához. Fontos kérdés az is, hogy az egyes tényezőkre milyen hosszú a folyó által adott válasz reakcióideje – a természeti hatásokra a folyó válaszája például jóval lassabb, mint az antropogén hatások esetében.

Természetes hatások

Klimaváltozás

A Dráva vízgyűjtőjének felső, alpesi része felelős a vízhozam kétharmadért, így a felső vízgyűjtőn bekövetkező változások hatásait is figyelembe kell venni (Lóczy 2019). Az alpesi régiókban a klímaváltozás direkt hatásai közé sorolható a nyári aszályos időszak növekvő gyakorisága, a növekvő árvízveszély, a csökkenő lejtőstabilitás stb. Lóczy (2019) alapján a klímaváltozás egyelőre nem sorolható a Dráva jelentős medermélyülését kiváltó tényezők közé, azonban a jövőben jelentős változások következhetnek be az éghajlatban, aminek feltehetőleg már kimutatható hidromorfológiai hatásai is lehetnek, leginkább a vízjárás megváltozására gyakorolt hatásában.

Tektonikus mozgások

A Dráva Mura és Duna-torkolat közötti szakasza mélyszerkezeti árokban halad, amelyben több kisebb részmedence alakult ki a pleisztocén végén, illetve a holocén időszakban (Lovász 1967). A tektonikai mozgások következtében a Dráva-völgy a kora miocén (a Pannon-medence kialakulása) óta folyamatosan süllyed (Burián és társai 2019). Ezek a tektonikai mozgások alakították ki a Dráva hosszszelvényében az egymástól jelentősen különböző esésű szakaszokat, melyek közül az utolsó markáns eséslépcsőt (Zaláta és Donji Miholjac között) egy igen fiatal süllyedés okozta. Barcs alatt a Dráva a Duna torkolatában lévő hatalmas süllyedékbe ér, ahol az alsószakasz jellegnek megfelelően kiegyenlített mechanizmusa, s természetes állapotban a feltöltődés jellemzi (Lovász 1967). A tektonikus süllyedés mértéke mindössze 1-2 mm/év (Joó 1992), vagyis egy nagyságrenddel kisebb a medersüllyedés mértékénél, ezáltal nem tekinthető az intenzív medersüllyedés kiváltó okának.

Folyómeder oldalirányú mozgása

A Dráva-torkolat vándorlásában a tektonikai mozgások mellett a folyó oldalirányú mozgása (kanyargózása) is szerepet játszott. Ez újfent csak közvetett módon okozhat medersüllyedést. A Duna aktívan és jelentősen befolyásolja a torkolati szakasz mederváltozásait, így a Duna – mint erózióbázis – medersüllyedése a Dráván is bevágódási folyamatot indít meg.

Erózióbázis megsüllyedése

A Dráva Drávaszabolcs alatti, torkolati szakaszának folyamatait jelentősen befolyásolja a Duna, miáltal a Duna (mint erózióbázis) mederváltozásai aktívan kihatnak a Dráva medrére is. A Duna érintett szakaszára a dinamikus mederváltozás a jellemző. Magyarország területére fentről hordalékszegény víz érkezik a vízlépcsők miatt, ami medereróziót okoz. A medermélyülési folyamatokat a magyar szakaszon végzett intenzív kotrási tevékenység tovább erősítette. Ezzel szemben az eséseszkkenés következtében természetes feltöltődés jellemző a szakaszra (DanubeSediment 2019). A Duna magyar-horvát határtól a Vaskapuig tartó szakaszára mindent egybevetve tehát csak enyhe erózió jellemző az utóbbi évszázadban. A Dráva 1,00 fkm-énél (Bijelo Brdo) mért vízállások alapján – noha az idősor helyenként hiányos – szintén dinamikus mederváltozások, hosszabb távon (1964-2013) pedig medersüllyedés (1,32 cm/év) figyelhető meg.

Antropogén hatások

Területhasználat

A Dráva vízgyűjtőjének alsó részén már évszázadok óta alapvetően mezőgazdálkodással foglalkoznak, nem változott túl jelentősen a beépítettség aránya sem (*Lieb és Sulzer 2019*). A Dráva menti Natura 2000-es élőhelyek védelmére nagy hangsúlyt fektet a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság, az így megőrzött parti növényborítottság aktívan gátolja az eróziót, lassítja a lefolyást. Így – noha a felszíni lefolyás, illetve a talajvesztés alakulásáról nincs információ – a területhasználat változásai feltehetően nem eredményeznek jelentős mederváltozásokat a Dráván.

Folyószabályozás

Közel 250 éve, természetes állapotában a Dráva alsó szakaszán (Órtilostól a torkolatig) meanderezve, medrét dinamikusán építve és pusztítva haladt (*Mantuánó 1974, Bognar 2008, Schwarz 2019*). A 18. század végétől az elsődlegesen a hajózási útvonal javítására irányuló folyószabályozási beavatkozások (kanyarulat-átvágások, mellékágak elzárása, keresztgátak, partbiztosítások építése) hatására kb. 40%-kal csökkent a folyó hossza, jelentősen egyszerűsödött a medre (csökkent a kanyargóssága, egyszerűsödött a formakincse), s intenzív bevágódási folyamat indult meg a vizsgált szakasz teljes hosszán (*Petric és társai 2019*). A kisvízi vízszintekben bekövetkezett változások elemzése alapján az 1975 előtti időszakban (amikor is feltehetőleg csak a folyószabályozási beavatkozások hatásai érvényesültek) a Barcs fölötti szakaszon átlagosan 0,50 cm/év, a Barcs alatti szakaszon 2,08 cm/év medersüllyedés következett be. A vízlépcsők üzembe helyezése és a kotrási tevékenység megkezdése után azonban már nehezen különíthetők el az egyes tényezők hatásai. A folyószabályozások hatásai jellemzően lokális jellegűek, a folyó válaszdása a beavatkozást követően azonnal, de időben és térben röviden jelentkezik, az új egyensúlyi állapot hamar (néhány éven belül) kialakul. A Dráva medrében korábban folyamatos szabályozási munkálatok folytak, amik így időben elnyúló medermélyülő hatást okoztak. Mivel 1990 óta nem történt jelentős folyószabályozási beavatkozás (*Petric és társai 2019*), az elmúlt évtizedekben feltételezhetően már nem okoz jelentős medermélyülést a folyószabályozás.

Folyami kotrás

A Dráva medréről kitermelt homok- és kavics térfogatának (*VITUKI 2003*) elemzése alapján 1982-től 2011-ig (a kotrási tevékenység megszüntetéséig) becsülhető a pusztán a kotrási tevékenységből származtatható medersüllyedés. A számítások alapján Barcs fölött 1,25 cm/év, Barcs alatt 0,57 cm/év medersüllyedést eredményezett a kavics-, illetve homokkotrás. A kotrás hatására azonban a hordalék háztartásban is deficit keletkezett, amely tovább erősítette a medersüllyedési folyamatokat. A kotrási térfogatok alapján becsült medersüllyedés és az egyes szelvényekben mért görgetett hordalék mennyiségének alakulása alapján becsült mederváltozás összegzése után (a (3) egyenlet alapján) a Barcs fölötti szakaszon 1,53 cm/év, a Barcs alatti szakaszon 0,94 cm/év ütemű medersüllyedés következett be 1982 és 2011 (Barcs fölött), illetve 1982 és

2002 (Barcs alatt) között. Fontos megjegyezni, hogy csak 1993-tól ismertek részletesebben a kotrási adatok (pl. kotrási helyszínek), valamint az illegálisan kitermelt térfogatokról egyáltalán nem áll rendelkezésre adat. A hordalékmérési adatokban szintén jelentkezhetnek bizonytalanságok.

$$i_{\text{kotrás}} = \frac{\sum V_{\text{kotrás}} - (Q_{\text{BL,alvíz}} - Q_{\text{BL,felvíz}})}{W \cdot L} \quad (3)$$

ahol: $i_{\text{kotrás}}$ a kotrásból származó medersüllyedés mértéke a vizsgált szakaszon; $V_{\text{kotrás}}$ az éves kitermelt kotrási térfogat a vizsgált szakasz hosszára vetítve; Q_{BL} éves görgetett hordalékhozam a vizsgált szakasz felvízi, illetve alvízi szelvényében; t a vizsgált időszak hossza; W a mederszélesség; L a vizsgált szakasz hossza.

Vízlépcsők

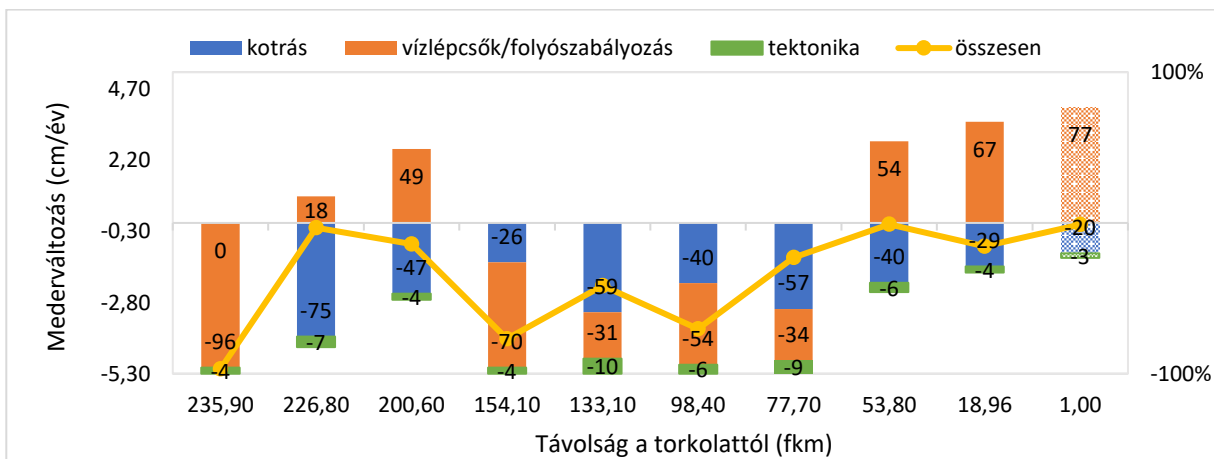
A vizsgált szakasz hidromorfológiájára a legelső horvát vízlépcső (Donja Dubrava-i) van a legjelentősebb hatással (*Burián és társai 2019*). A vízlépcsők alatt a létesítést követően hirtelen intenzív bevágódás indul meg, amely az első néhány évben a legdinamikusabb, majd a bevágódás hatására fokozatosan csökkenő mederesés a folyó energiájának csökkenését és a hordalékszállítás mérséklődését vonja maga után, s egy új egyensúlyi állapot áll be. A vízlépcsők hatásából eredő medersüllyedés mértékének becslése szintén a kisvízszintek elemzése alapján történt. A horvát vízlépcsőkhöz legközelebb az őrtilos vízmerce található, így hatásuk elsődlegesen itt elemezhető. Itt 1975 és 2000 között összesen 209 cm (7,74 cm/év) medersüllyedés következett be a vízlépcsők üzembe helyezésének hatására. A botovoi és Novo Virje-i szelvényekben a vízlépcsők esetleges hatása mellett párhuzamosan már a kanyarulat-átvágások és a kotrás is szerepet játszott. A kisvízszintek csökkenésének üteméből levonva a mederkotrásokból eredeztethető medersüllyedést, az 1975-2011 között bekövetkezett mederváltozásra Botovonál 0,21 cm/év, Novo Virjénél 1,45 cm/év feltöltődés adódik. Barcsnál és Drávaszabolcsnál a vízlépcsők és a kotrási tevékenység hatása már nem különíthető el egyértelműen. Az előzőekhez hasonlóan becsülve Barcsnál 2,66 cm/év, Drávaszabolcsnál 0,71 cm/év medersüllyedés adódik. A múlt évtized állandósulni látszó vízszintjei alapján elmondható, hogy a vízlépcsők hatására napjainkban már nem mélyül tovább a Dráva medre. Ennek magyarázata abban keresendő, hogy a vízlépcsők létesítése után megindult hirtelen, gyors vertikális változások egy idő után mérséklődtek, s az új, dinamikus egyensúlyi állapot kialakítása érdekében a folyó partjainak pusztításával igyekszik kompenzálni az esésében bekövetkezett változást. Fontos megemlíteni, hogy a vízlépcsők üzemeltetésének mederalakra kifejtett hatása csak egy, a számos hatásmechanizmus mellett. A folyamatos, akár napi, dinamikus vízszintingadozások az áramlási sebességre, a mederfenéknél fellépő csúsztatófeszültségre és a vízhőmérsékletre is kihatnak, és ezen keresztül csökkenti a minőségét és kiterjedését a folyómenti élőhelyeknek, ami a biodiverzitás csökkenését vonja maga után, továbbá a halak és más élőlények reprodukcióját és túlélését is csökkenthetik (*Greimel és társai 2018*).

A hatások összegzése

A medersüllyedés egyes antropogén, illetve természetes tényezőinek áttekintése alapján kijelenthető, hogy a Dráva medersüllyedésének legfontosabb kiváltó okainak a mederkotrás, a horvát vízlépcsők és a folyószabályozási beavatkozások tekinthetők. A torkolati szakaszon a Duna (mint erózióbázis) meder- és vízszintváltozási folyamatai jelentősen kihatnak a Dráva medrére. A Dráva-völgy folyamatos tektonikai süllyedéséből adódó bevágódás egy nagyságrenddel kisebb a kimutatott medermélyülésnél, míg a klímaváltozás (és a vele szorosan összefüggő területhasználat) hatásai várhatóan csak később jelentkezhetnek. A folyómeder oldalirányú mozgása csak akkor okozhat medermélyülést, ha az valamilyen módon (pl. folyószabályozási művekkel) gátolva van, minekutána a horizontális mozgás helyett szükségszerűen vertikális mederváltozások következnek be.

A kisvízszintek változása, a kotrási és hordalékadatok, valamint a tektonikai süllyedés alapján az 1975 és 2002/2011 (azaz a kotrási tevékenység megszűnéséig) közötti időszakban becsülhető az egyes tényezők hatásának

aránya is (10. ábra). A becslések alapján a teljes szakaszon a medermélyülés 39%-a ered a kotrási tevékenységből, 55%-ban az egyéb antropogén hatások (vízlépcsők, folyószabályozás vagy torkolati visszahatás), míg 6%-ban a tektonikai mozgások tehetők felelőssé. A felső szakaszon az őrtilosi szelvényben feltehetőleg csak a vízlépcsők hatásai jelentkeznek, míg Botovo és Barcs között átlagosan 61%-ban a kotrási tevékenység, 33%-ban a vízlépcsők és a folyószabályozások okozhatták a medermélyülést. A Barcs-Drávaszabolcs szakaszon a homok kitermeléséből és a vízlépcsők/folyószabályozási beavatkozásokból eredő medersüllyedés aránya közel azonos arányú (46% kotrás, 47% vízlépcsők/folyószabályozás). Drávaszabolcs alatt már fokozatosan csökken a kotrásból feltételezhető (megjegyzés: a Drávaszabolcs alatti szakaszon végzett kotrásokról nincs adat) medermélyülés aránya (átlagosan 29%). A Dráva-völgy tektonikai süllyedése a teljes medersüllyedés 5%-át teszi ki. A vízlépcsők hatása itt már nem érződhet, így a fennmaradó 66% főként a folyószabályozások hatásából, valamint a Duna befolyásából tevődik össze.



10. ábra. A mederváltozás mértéke (sárgával), illetve a kotrás és a vízlépcsők (valamint egyéb hatások) okozta medersüllyedés százalékos aránya a II. időszakban (1975 és 2011 (235,90-154,10 fkm; felső szakasz), illetve 1975 és 2002 (154,10-0,00 fkm; alsó szakasz) között)

(Megjegyzés: a torkolati állomás külön jelölése az adatok hiányosságára utal; adathiányos évek: 1991-2000)

Figure 10. Vertical bed changes along the Lower Drava in the second period (i.e., 1975-2011 above Barcs and 1975-2002 below Barcs) (yellow) and the distribution (%) of the different factors. (Note: the different marking in case of the station by the confluence indicates that the time series is incomplete.)

Miután az 1990-es évek óta nem végeztek jelentősebb folyószabályozási beavatkozásokat, a kotrási tevékenységet 2011-ben beszüntették, s a legutoljára üzembe helyezett Donja Dubrava-i vízlépcső által okozott változásokra is megszűnt már a Dráva válaszdása, a Dráva medrének stabilizálódása várható. Az, hogy a kisvízszintek elemzése alapján a III., antropogén hatások nélküli időszakban az Őrtilos-Drávaszabolcs szakaszon már csak 0,19 cm/év volt a medersüllyedés, alátámasztja ezt a feltevést, hiszen ez a Joó (1992) által a Dráva-völgy területére meghatározott 1-2 mm/év tektonikai süllyedés értékével egyenlő.

KITEKINTÉS

A Dráva alakváltozási folyamatainak értékelését jól támogatná egy évente végrehajtott teljes főmedri domborzati felmérés, amiből például különbségtérképeket lehetne előállítani. A különbségtérképek alapján megfelelő módon

beazonosíthatók tendenciózus mélyüléssel vagy hordaléklerakódással jellemezhető mederszakaszok és jól felhasználhatók a hordalékmérleg felállításához is. Utóbbihoz előállíthatók a mederváltozási térfogatok a folyó hossza mentén, ami már összekapcsolható a görgetett hordalék-vándorlási adatokkal ahhoz, hogy teljes képet kapjunk a folyó hordalékkegyensúlyáról. A lebetegtetett hordalékjárás hossz mentén is időben is dinamikusan változó jellemzőinek mérésére egy olyan monitoring rendszer kiépítését javasoljuk, amely, ha a folyónak ugyan csak pár pontjában is, de folyamatosan (pl. 15 percnként) detektálja a hordaléktöménységet, majd a nagy időbeli felbontású adatsort felhasználva tudjuk kiterjeszteni a becslést a folyó egyes keresztelvényeire (Haimann és társai 2014, Danube Sediment 2019, Pomázi és társai 2020). A görgetett hordalék mérésének fejlesztésére hosszú ideje, folyamatosan jelentős erőfeszítéseket tesznek a témát gondozó kutatók. A hordalékmozgás jellegéből, a műszerek alkalmazhatósági

korlátai, vagy éppen a mérési körülmények miatt általában véve nagy bizonytalansággal terhelték a mérések. A Drávan jelenleg alkalmazott fizikai mintavételi eljárások, a megfelelő hordalékfogók alkalmazása, a víz alatti kamera bevetése jó alapot nyújt hosszabb idejű hordalékelemzéseknek, de javasoljuk azok kiegészítését egyéb, közvetett mérési módszerekkel (pl. a mederfenéken mozgó dűnék elmozdulása alapján, lásd *Muste és társai 2016*), továbbá hangsúlyozzuk, hogy medermorfológiai szempontból kiemelt szerepet játszanak a nagyvizes időszakok, így amennyire lehet, a méréseket ezekre szükséges csoportosítani. A hordalékmozgás és az ahhoz kapcsolódó medermorfológiai folyamatok pontosabb megértését, azok előrejelzését a folyó medrében tervezett beavatkozások esetén nagyban támogathatják a mérések mellett a szimulációs modellek alkalmazása is. Több hazai folyószakaszra már sikeresen hajtottunk végre olyan morfordinamikai modellezéseket, amelyek igazolták, hogy részletes 3D modellek összekapcsolt áramlási és hordalékvándorlási modulokkal valóban alkalmasak rövidebb folyószakaszon a hidromorfológiai hatásvizsgálatokra (*Baranya 2009, Török és társai 2020*). Nagyobb tér- és időléptékben való vizsgálatokra pedig 1D morfordinamikai modell alkalmazása lehet indokolt (*Nyiri és Török 2022, Nyiri 2021*).

Noha a Dráva medersüllyedési folyamata megállni látszik, az elmúlt kb. 120 évben az antropogén beavatkozások eredményeként a természetes állapothoz képest jelentős változások következtek be. A meder átlagosan 1,20 m-rel süllyedt, s az eredetileg igen gazdag formakincs is elszegényedett. A mederszint süllyedése magával vonta a talajvízszintek csökkenését is, amely problémát okoz a környező területek vízellátásában (pl. a mezőgazdasági öntözésben vagy a természetvédelmi szempontból is jelentős Cún-Szaporca-holtágrendszer feltöltésében kisvízkor). Éppen ezért szükséges feltárni a természetes állapothoz való visszatérést, s a medersüllyedés hatására bekövetkezett káros változások visszafordításának lehetőségét.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Dráva intenzív medersüllyedése a 19. században, a folyószabályozások hatására kezdődött meg, amelyet a 2011-ig tartó jelentős kotrási tevékenység, valamint a felső szakaszon épített vízlépcsők tovább erősítettek. A különböző vizsgálatok (közvetett és közvetlen) alapján a Dráva magyarországi szakaszán 1970 óta átlagosan 1-4 cm/év ütemben süllyedt a meder, vagyis az elmúlt 50 évben 0,5-2 m medermélyülés következhetett be. A Barcs fölötti szakaszon intenzívebb a süllyedés (2,00-3,15 cm/év), míg a Barcs alatti szakaszon Drávaszabolcsig jóval mérsékeltebb (0,50-1,08 cm/év), az Eszék alatti, torkolati szakaszon pedig – feltehetőleg a Duna befolyása miatt – kismértékben megnövekszik (0,86-2,19 cm/év). A tektonikus mozgásokból adódó süllyedés mértéke egy nagyságrenddel kisebb a kimutatott medersüllyedés mértékénél (1-2 mm/év). Amikor egy folyó dinamikája külső hatásokra megváltozik, a folyó természetes módon törekszik egy új egyensúlyi állapot elérésére. Vizsgálataink alapján az antropogén hatások mérséklődése óta az Alsó-Dráva medrében szignifikáns függőleges irányú változások már nem valószínűsíthetők.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben bemutatott kutatás a LIFE17NAT/HU/000577, „*Bölcs vízgazdálkodás a Dráva mentén az ártéri erdők megőrzése érdekében*” (Wise water management for the conservation of alluvial forest habitats along River Drava) projekt és a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg. A tanulmány kapcsolódik a negyedik szerző Bolyai János Kutatási Ösztöndíjához, valamint a PD 135037 számú NKFIH - OTKA projektjéhez.

IRODALOMJEGYZÉK

- Baranya, S.* (2009). Three-dimensional analysis of river hydrodynamics and morphology. Doktori értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. doi:10.15170/mm.2019.53.02.03
- BME* (2019) Dráva hordalékmérés és morfológiai értékelés. Magyar nyelvű projektjelentés.
- BMFLUW* (2017). Schwebstoffe im Fließgewässer – Leitfaden zur Erfassung des Schwebstofftransports. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2. Auflage, Vienna, Austria.
- Bognar, A.* (2008). Geomorfološka obilježja korita rijeke Drave i njenog poloja u širem području naselja Križnica. Hrvatski geografski glasnik. 70(2). pp. 49-71. doi:10.21861/hgg.2007.69.01.02
- Bonacci, O., Oskoruš, D.* (2010). The changes in the Lower Drava River water level, discharge and suspended sediment regime. Environ. Earth Sci., 59. pp. 1661-1670. doi:10.1007/s12665-009-0148-8
- Burián, A., Horváth, G., Márk, L.* (2019). Channel Incision Along the Lower Drava. In: Lóczy (Ed.) The Drava River, Springer Geography, Chapter 10. pp. 139-156. doi:10.1007/978-3-319-92816-6_10
- DanubeSediment* (2019). Handbook on Good Practices in Sediment Monitoring. Projekt jelentés. Budapest. (Utóljára megtekintve: 2022.07.26.)
- EJF* (2012). A Dráva morfológiai monitoringja – Hordalékvizsgálat. Projekt jelentés. Baja.
- Fiala K., Sipos Gy., Kiss T.* (2006). Szabályozások hatására bekövetkező morfológiai változások a Tisza és a Maros alsó szakaszán. In: Kiss A., Mezösi G., Sümegi Z. (szerk): Táj, környezet és társadalom. pp. 203-213. doi:10.14232/phd.1084
- Galay, V.J.* (1983). Causes of River Bed Degradation. Water Resour. Res., 19(5). pp. 1057-1090. doi:10.1029/wr019i005p01057
- Gregory, K.J.* (2006). The human role in changing river channels. Geomorphology, 79(3-4). pp. 172-191. doi:10.1016/j.geomorph.2006.06.018
- Greimel, F., Schülting, L., Graf, W., Bondar-Kunze, E., Auer, S., Zeiringer, B., Hauer, C.* (2018). Hydropeaking Impacts and Mitigation. In: Schmutz S., Sendzimir J. (eds) Riverine Ecosystem Management. Aquatic Ecology Series, vol 8. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-73250-3_5

- Haimann, M., Liedermann, M., Lalk, P., Habersack, H. (2014). An integrated suspended sediment transport monitoring and analysis concept. *Int. J. Sed. Res.*, 29. pp. 135-148. doi:10.1016/s1001-6279(14)60030-5
- Joó I. (1992). Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin. *Tectonophysics*, 202(2-4). pp. 129-134. doi:10.1016/0040-1951(92)90091-j
- Kiss T. (2014). Fluviális folyamatok antropogén hatásra megváltozó dinamikája: egyensúly és érzékenység vizsgálata folyóvízi környezetben. PhD értekezés. Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- Kiss T., Nagy Z. (2012). A Maros medrének aktív bevágódása és ennek morfológiai következményei az ártéren. *Hidrológiai Közlöny*, 92(2), pp. 19-23.
- Kondolf, G.M., Piégay, H., Landon, N. (2002). Channel response to increased and decreased bedload supply from land use change: contrasts between two catchments. *Geomorphology*, 45(1-2). pp. 35-51. doi:10.1016/s0169-555x(01)00188-x
- Lane, E.W. (1955). The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.*, 81(7). pp. 1-17.
- Lieb, G.K., Sulzer, W. (2019). Land Use in the Drava Basin: Past and Present. In: Lóczy (Ed.) *The Drava River*, Springer Geography, Chapter 3. pp. 27-44. doi:10.1007/978-3-319-92816-6_3
- Liébault, F., Gomez, B., Page, M., Marden, M., Peacock, D., Richard, D., Trotter, C.M. (2005). Land-use change, sediment production and channel response in upland regions. *River Res. Applic.*, 21. pp. 739-756. doi:10.1002/rra.880
- Lóczy, D. (2019). Climate and Climate Change in the Drava-Mura Catchment In: Lóczy (Ed.) *The Drava River*, Springer Geography, Chapter 4. pp. 45-60. doi:10.1007/978-3-319-92816-6_4
- Lovász Gy. (1967). A szerkezeti viszonyok hatása a Dráva és a Muravölgy esésgörbéjére, illetve a nagyobb mellékfolyók mechanizmusára. *Hidr. Tájékoztató*, 7(2). pp. 42-47.
- Mantuánó J. (1974). A Dráva vízjárásának vizsgálata. *Vízügyi Közlemények*, 56(3). pp. 368-401.
- ME-10-231-20:2009: Felszíni vizek lebegtetett hordalékának mérése szivattyús mintavételezéssel, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.
- Muste, M., Baranya, S., Tsubaki, R., Kim, D., Ho, H., Tsai, H., Law, D. (2016). Acoustic mapping velocimetry. *Water Resources Research*, 52(5). pp. 4132-4150. doi:10.1002/2015wr018354
- Nyiri E., Török G.T. (2022). Folyók dinamikusan egyensúlyi állapotát becsülő eljárás kidolgozása és alkalmazása a magyarországi Felső-Dunára. *Hidrológiai Közlöny*, 102(3). pp. 20-32.
- Nyiri E. (2021). Folyómedrek egyensúlyi állapotának nagy tér-idő léptékű vizsgálata 1D modellezéssel. TDK dolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest. doi:10.15170/mm.2019.53.02.03
- OVF (2015). A Duna-vízgyűjtő magyarországi része – Vízügyi-gazdálkodási Terv – 2015.
- Petrić, H., Tamás, E.A., Lóczy, D. (2019). Flood History and River Regulation. In: Lóczy (Ed.) *The Drava River*, Springer Geography, Chapter 8. pp. 105-124. doi:10.1007/978-3-319-92816-6_8
- Pomázi F., Baranya S., Török G.T. (2020). Nagy folyók lebegtetett hordalék-vándorlásának új vizsgálati módszerei 1. A továbbfejlesztett hordalékmonitoring módszertan bemutatása. *Hidrológiai Közlöny*, 100(3). pp. 64-73.
- Rákóczi L., Szekeres J. (2003). A görgetett hordalék mintavétel felülvizsgálata víz alatti video segítségével. *Hidrológiai Közlöny*, 83(3). pp. 151-166.
- Rumsby, B.T., Macklin, M.G. (1994). Channel and floodplain response to recent abrupt climate change: the Tyne basin, Northern England. *Earth Surf. Proc. Landf.*, 19(6). pp. 499-515. doi:10.1002/esp.3290190603
- Schumm, S.A. (1977). *The Fluvial System*. John Wiley & Sons, New York. p. 338.
- Schwarz, U. (2019). Hydromorphology of the Lower Drava. In: Lóczy (Ed.) *The Drava River*, Springer Geography, Chapter 5. pp. 61-78. doi:10.1007/978-3-319-92816-6_5
- SOLVEX-BME Konzorcium (2014a). Duna Nagyvízi Mederkezelési Terv (01.NMT.01 Duna államhatár 1850,20 fkm – Ásványráró – Győrzámoly 1809,76 fkm) (Utoljára megtekintve: 2022.05.01.)
- SOLVEX-BME Konzorcium (2014b). Duna Nagyvízi Mederkezelési Terv (01.NMT.02 Duna 1809,76-1786,00 fkm) (Utoljára megtekintve: 2022.07.26.)
- SOLVEX-BME Konzorcium (2014c). Duna Nagyvízi Mederkezelési Terv (01.NMT.03 Duna 1786,00-1729,35 fkm) (Utoljára megtekintve: 2022.07.26.)
- SOLVEX-BME Konzorcium (2014d). Duna Nagyvízi Mederkezelési Terv (01.NMT.04 Duna 1729,35-1699,50 fkm) (Utoljára megtekintve: 2022.07.26.)
- Surian, N., Rinaldi, M. (2003). Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50(4). pp. 307-326. doi:10.1016/s0169-555x(02)00219-2
- Török, G.T., Józsa, J., Baranya, S. (2020). A Novel Sediment Transport Calculation Method-Based 3D CFD Model Investigation of a Critical Danube Reach. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(4). pp. 2889-2899. doi:10.15244/pjoes/111877
- VITUKI (1971). *Vízrajzi Atlasz sorozat. 8. Dráva. 3. kötet. Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet Budapest.* p. 224.
- VITUKI (2003). A Dráva hordalékjárásának vizsgálata a legfrissebb adatok figyelembevételével. Projekt jelentés. Budapest.
- DHMZ hidrológiai archívum: <https://hidro.dhz.hr/>

A SZERZŐK

POMÁZI FLÓRA építőmérnök BSc oklevelét 2016-ban, majd Infrastruktúra-építőmérnök MSc diplomáját 2018-ban szerezte a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Jelenleg az egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékének doktorandusza. Doktori kutatásának témája a folyami lebetegtetett hordaléktranszport. A Magyar Hidrológiai Társaságnak 2013 óta tagja.



BARANYA SÁNDOR építőmérnöki oklevelét a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szerezte 2003-ban, PhD fokozatát ugyanitt 2010-ben. Jelenleg a BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékének egyetemi docense. Kutatási területe folyók medermorfológiai, áramlástan és hordalékvándorlási vizsgálata terepi eljárásokkal és számítógépes modellezéssel. A Magyar Hidrológiai Társaságnak 2003 óta tagja.



ERMILOV ALEXANDER ANATOL okleveles építőmérnök, doktorandusz a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékén. Doktori kutatásának témája a folyami áramlás és a mederfenék kölcsönhatásának vizsgálata. 2015-ben TDK II. helyezést kapott a „Balaton szélkeltette vízcseré folyamatának numerikus modell alapú vizsgálata” című dolgozattal, majd ezen értekezéssel I. helyezést ért el a Magyar Hidrológiai Társaság Lászlóffy Woldemár diplomamunka pályázatán. MSc diplomamunkáját a Norwegian University of Science and Technology-n védte meg 2017-ben.



TÖRÖK GERGELY TIHAMÉR építőmérnöki oklevelét 2012-ben, PhD fokozatát 2018-ban szerezte meg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Jelenleg az MTA-BME Vízgazdálkodási Kutatócsoport tudományos munkatársa. Kutatási területe a vegyes szemösszetételű folyómedrek morfordinamikai folyamatainak vizsgálata. A Magyar Hidrológiai Társaságnak 2010 óta tagja.



HORVÁTH GÁBOR vízgazdálkodási mérnök, vízrajzi szakmérnök, 1984 óta a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság dolgozója. 1988-tól dolgozik a vízrajz szakterületén, 1994-től csoportvezetőként, 2003-tól osztályvezető-helyettesként, majd 2014-től osztályvezetőként. Feladatköre az igazgatósági vízrajzi monitoring irányítása, fejlesztése. Az igazgatósági vízrajzi távmérőhálózat alapítója, több nemzetközi projekt menedzselésének irányítója. A Magyar-Horvát Duna és Dráva Vízyűjtő Albizottság hidrológus szakcsoport magyar delegációjának vezetője. A Magyar Hidrológiai Társaságnak 2007 óta tagja.



PÁL IRINA meteorológus mérnök, 1992 óta a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság dolgozója. A Vízrajzi és Adattári Osztályon kiemelt műszaki referensként dolgozik. Főbb tevékenységei és feladatkörei a hidrometeorológiai hálózat működtetése, adatok gyűjtése, feldolgozása, értékelése, hidrológiai statisztikák készítése, adatszolgáltatás. Számítalan hazai és nemzetközi projekt részvevője. Közreműködött több szakmai program fejlesztésében és tesztelésében. Emellett a Magyar-Horvát Duna és Dráva Vízyűjtő Albizottság hidrológus szakcsoportjának tagja. A Magyar Hidrológiai Társaságnak 2019 óta tagja.



Fotó: MTI/Sóki Tamás

Budapesten létesített vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képesség változásának vizsgálatára végzett mérésekkel

Strausz Tímea*, Ács Tamás*, Decsi Bence*, Varga Laura*

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, 1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3. (E-mail: timea.strausz96@gmail.com)

DOI:10.59258/HK.11087



Kivonat

A vízáteresztő burkolatokat egyre gyakrabban alkalmazzák városi felületek burkolataként világszerte és hazánkban egyaránt, mivel a vízzáró felületek kiváltása hozzájárul az éghajlatváltozás okozta negatív hatások mérsékléséhez. A vízáteresztő burkolatok a csapadékvíz-gazdálkodást támogató kék-zöld infrastruktúra rendszerek egyik eszközeként segíthetnek a városi vízgyűjtőre lehullott csapadékvizek visszatartásában és a talajba való beszivárogatásában, csökkentve ezzel a lefolyó csapadékvíz mennyiségét és javítva a helyi mikroklímát.

A vízáteresztő burkolatok egyik legfontosabb tulajdonsága a felszíni vízáteresztő képességük, amely az idő előrehaladtával az őket érő szemes (szennyező)anyagok hatására csökkenhet. A kutatás során 18 budapesti helyszínen végeztünk in-situ beszivárgás méréseket 2020-ban és 2021-ben öntött gumi, valamint műgyantával stabilizált szőrt kavicsburkolatokon. A burkolatok kora és az áteresztő képességük között erős, exponenciális kapcsolatot találtunk, mely szerint a burkolatok vízáteresztő képessége évenként nagyjából megfelelődik. Mivel a mérési módszer típusa is hatással lehet a terepi mérések eredményére, ezért a mérések során kétfajta infiltrációs tesztet hasonlítottunk össze, szimpla és dupla gyűrűset. A két módszerrel mért vízáteresztő képesség között nem találtunk egyértelmű különbséget, azonban az azonos módszerekkel végzett, ismételt vizsgálatok esetében több, a mérés megbízhatóságát befolyásoló jelenséget és hatást is vizsgáltunk, úgymint: eltömődés, kimosódás, oldalirányú elszívárgás, térbeli heterogenitás.

Kulcsszavak

Vízáteresztő burkolatok, eltömődés folyamata, vízáteresztő képesség, kék-zöld infrastruktúra, városi vízgazdálkodás.

Assessment of clogging of permeable pavements in Budapest using in-situ infiltration measurements

Abstract

Permeable pavements are increasingly being used as pavements for urban surfaces both in Hungary and around the world, as the replacement of impermeable surfaces contributes to mitigating the negative impacts of climate change. As a tool of blue-green infrastructure systems that support stormwater management, permeable pavements can help to retain and infiltrate urban storms, reducing runoff and improving the local microclimate.

One of the most important properties of permeable pavements is their surface permeability, which may decrease over time due to the impact of particulate (pollutant) matter they are exposed to. In this research, in-situ infiltration measurements were carried out at 18 sites in Budapest in 2020 and 2021 on resin bound gravel and crumb rubber pavements. A strong exponential relationship was found between the age of the pavements and their permeability, with the permeability of the pavements roughly halving per year. Since the type of measurement method can also affect the results of field measurements, we compared two types of infiltration tests, single and double ring. No clear difference was found between the permeability measured with the two methods, but for repeated tests with the same methods, several phenomena and effects affecting the reliability of the measurement were investigated, such as clogging, leaching, lateral leakage, spatial heterogeneity.

Keywords

Permeable pavements, clogging process, surface permeability, LID/GI, urban water management.

BEVEZETÉS

Az éghajlatváltozás következtében egyre gyakoribbá válnak a szélsőséges időjárási jelenségek, többek között a nagy intenzitású csapadékok és az extrém magas hőmérsékletű napok. A nagy mennyiségű csapadék a városra hirtelen lezúdulva a csatornarendszerek túlterheléséhez vezethet, amelyek ennek következtében kiöntenek, számos káreseményt okozva (IPCC 2014). Az éghajlatváltozás mellett a városok területének nagymértékű, vízzáró felületekkel való burkolása a probléma másik forrása, hiszen a talajba történő beszivárgás és a párolgás csökkenésével párhuzamosan növekszik a lefolyó vizek mennyisége. Ezen kedvezőtlen folyamatokhoz és hatásokhoz való alkalmazkodás a konvencionális csapadékvíz-elvezető rendszerekkel csak korlátozottan lehetséges, többek között azért, mert a meglévő, nagy átmérőjű csövekből felépült hálózatok bővítésének gyakran fizikai és pénzügyi akadályai vannak.

A települési csapadékvíz-gazdálkodás – ellentétben a konvencionális, elvezetésen alapuló koncepcióval – a csapadékot hasznosítható erőforrásnak tekinti, és célja, hogy a település területének természetes, beépítés előtti állapot szerinti vízkörforgását közelítse a csapadékvíz lefolyásának késleltetésével, ideiglenes tározásával, párolgásának és a talajba való beszivárgásának elősegítésével (Buzás 2015). Ennek eszközei lehetnek a településen belüli zöldfelületek és az azokba ágyazódó vízfelületek közös rendszerei (kék-zöld infrastruktúra) (Csizmadia 2018), melyek gyakran nem önállóan, hanem a meglévő csapadékvíz elvezető hálózatot (szürke infrastruktúra) kiegészítve segítik hatékonyan a csapadékvíz eredetű problémák kezelését. Alkalmazásukkal csökkenthető a csatornahálózatba jutó és elvezetett víz mennyisége és mérsékelhető a csúcshozamok is, csökkentve ezzel az elöntések kockázatát, továbbá a szennyvíztisztító telepek túlterhelését. A kék-zöld infrastruktúrán alapuló megoldásoknak szennyezőanyag

eltávolító (*Csizmadia 2018*), illetve a helyi mikroklimát szabályozó szerepe is lehet (*Buzás 2015*).

A települési kék-zöld infrastruktúra egyik csoportját képviselik, egyben a csapadékvíz-gazdálkodás egyre nagyobb teret nyelő eszközei a vízáteresztő burkolatok. Kialakításuknak köszönhetően képesek felszínükön beszivároztatni a csapadékvizet, amely a szerkezeti rétegekbe (ágyzatba és típustól függően tároló rétegbe) jut, végül részben vagy egészben a talajba szívárog, vagy késleltetve a csapadékvíz-elvezető hálózatba kerül. Alkalmazásuk különösen akkor előnyös városi környezetben, amikor a kialakítandó felület megköveteli a burkolat meglétét, de vízáteresztő felületre van szükség és fizikai korlátok (pl. helyhiány) miatt egyéb zöld megoldások nem alkalmazhatóak, vagy alkalmazásukkal értékes területek használatát kellene korlátozni (*Csizmadia 2018*). Vízáteresztő burkolatokat általában alacsonyabb forgalmú utakon, parkolóknak, parkokban, favermek burkolataként, járda és kocsibehajtók, valamint játszótérek és sportpályák burkolataként alakítanak ki. Gyakran alkalmazott típusaik a porózus drénbeton, drénaszfalt, valamint a kiselemes (térkő) burkolatok. Hazánkban városi környezetben – így Budapesten is – három másik típus, az öntött gumi, az organikus kötőanyagú és a műgyantával stabilizált szórt kavicsburkolatok dinamikus tényezőre figyelhető meg az elmúlt években. Nagy rugalmasságuknak (ütéscsillapításuknak), változatosan alakítható megjelenésüknek, egyszerű építésüknek és tartósságuknak köszönhetően kiválóan alkalmasak játszótérek és sportpályák homok, gyöngykavics és gumilap burkolatainak kiváltására.

A vízáteresztő burkolatok hidrológiai hatékonyságának kézenfekvő indikátora a felszíni vízáteresztő képességük (*Chen és társai 2019*). A burkolat kialakításakor ez minden típusnál általában rendkívül nagy (*Boogaard és társai 2014a*). Drénbetonokra vonatkozó vizsgálatok áttekintése nyomán *Chandrappa és Biligiri (2016)* a beton összetételétől (adalékanyagok szemcsemérete) és pórus-tér fogatától függően a kezdeti vízáteresztő képességüket 2 736-12 6000 mm/h tartományban adta meg. *Bean és társai (2005)* 10^4 mm/h, *Pezzaniti és társai (2009)* 10^5 mm/h nagyságrendű áteresztőképességet mértek kiselemes térkő burkolatokon közvetlenül a beépítésüket követően. *Kabir és társai (2020)* kétéves porózus gumi burkolaton végzett vizsgálatukban átlagosan 30 836 mm/h beszivárogtató képességet kaptak. Azonban a környezetükből ráfolyó vagy ráhordott szemcsés anyagok és szervesanyagok hatására a vízáteresztő burkolatok hézagrendszere eltömődik, áteresztő képességük csökken és ezáltal hidrológiai teljesítőképességük romlik. Drénbeton, beton térkő és porózus aszfalt burkolatokon végzett mérések alapján a telepítésüket követő első két évben vízáteresztő képességük jelentősen csökkent, a negyedik évre a kezdeti értéknél két nagyságrenddel kisebb lett (*Razzaghmanesh és Beecham 2018*). Kiselemes burkolatok esetén a kolmatáció okozta vízáteresztő képesség csökkenés már az első néhány évben elérheti a 70-90%-ot (*Eisenberg és társai 2015*), de a burkolat még hosszú idő elteltével sem válik vízzáróvá, hanem a vízáteresztő képessége egy, a kezdetinél lényegesen kisebb értéken állandósul. *Borgwardt (2006)* 80 helyszínre kiterjedő vizsgálata alapján a minimum a kezdeti érték 18%-a, míg *Pezzaniti és társai (2009)* kismintákon végzett

eltömődési kísérletei alapján a vízáteresztő képesség 35 év elteltével is az eredeti 25-41%-a maradt.

Az eltömődést és vízáteresztő képesség csökkenését vizsgáló (*Pezzaniti és társai 2009*) és a korábbi elemzéseket összefoglaló (*Boogaard és társai 2014a, Razzaghmanesh és Beecham 2018*) tanulmányok alapján a vízáteresztő képesség csökkenése időben nem lineáris folyamat, de a burkolatok kora és vízáteresztő képességük közötti kapcsolati függvények matematikai formuláját a dolgozataikban nem adták meg. Ráadásul a hivatkozott és a szakirodalomban még fellelhető kutatások és áttekintő tanulmányok fókuszában szinte kizárólag drénbetonok, drénaszfaltok és kiselemes burkolatok állnak, a rugalmas burkolatokra (öntött gumi és szórt kavics) vonatkozóan tudományos igényességű vizsgálatokról nem találtunk közleményeket. Ugyanakkor ezen burkolattípusok népszerűségének növekedésével fenntartói oldalról egyre inkább felmerül a kérdés, hogy milyen gyakorisággal és milyen módszerekkel kell tisztítani a burkolatokat (és ezzel legalábbis részben visszaállítani beszivárogtató képességüket), és ennek megválaszolása csak a vízáteresztő képesség csökkenés folyamatának feltárásával és megértésével lehetséges. Részben az ismeretek hiánya miatt a vízáteresztő burkolatok tisztítása és karbantartása Magyarországon sok esetben elmarad, vagy nem megfelelő rendszerességgel és eszközökkel történik. A tisztítás hiánya olyan mértékű eltömődéshez is vezethet, amely a burkolat eredeti funkciójának betöltését és a tervezésnél megszabott csapadékvíz-elvezetési biztonságot veszélyezteti.

Fontos megemlíteni, hogy szerkezetét tekintve egy burkolat akkor nevezhető vízáteresztőnek, hogyha mind az alépitmény, mind a felépitmény képes a vizet megfelelő mértékben el(át)vezetni. A vízáteresztő rétegrend általános felépítése (alulról felfelé haladva) a következő: víztározó alapréteg, teherhordó réteg, fagymentesítő réteg (szükség esetén), kötőanyag nélküli alapréteg, geotextília, ágyazó réteg (burkolat típusától függően), kopóréteg. Rétegzett burkolatok esetében a vízáteresztő képesség értékét a legkisebb áteresztőképességű réteg fogja limitálni.

A burkolatok vízáteresztő képességének mérése a terepen többféle módszerrel is lehetséges (*Razzaghmanesh és Beecham 2018*): parcella módszerrel, szimpla vagy dupla gyűrűs (keretes) infiltrómméterrel, melynek *Beecham és társai (2009)* nem kör, hanem négyzet alakú változatát is alkalmazták kiselemes burkolatok mérésére, vagy a burkolati rétegbe beépíthető automata érzékelőkkel (*Razzaghmanesh és Borst 2018*). Az American Society for Testing and Materials (ASTM) a szimpla gyűrűs mérési módszert javasolja kiselemes vízáteresztő burkolatok (*ASTM C1781/C1781M 2015*) és porózus beton (*ASTM C1701/C1701M 2017*) burkolatok kezdeti vízáteresztő képességének méréséhez. Magyarországon jelenleg nincsen érvényben lévő előírás vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képességének mérésére vonatkozóan. Ezt a várhatóan 2022 decemberében hatályba lépő Kiselemes Burkolatok Ütügyi Műszaki Előírásának (továbbiakban: ÜME) (*Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2022*) előírásai részben pótolják majd. Az ÜME az ASTM javaslataihoz hasonlóan szimpla gyűrűs módszert ír elő. Általában, a szakirodalomban közölt vizsgálatok döntő részében szimpla vagy dupla gyűrűs módszert használtak vízáteresztő burkolatokra. A szimpla gyűrűs mérési módszer ismert hátránya a dupla

gyűrűssel szemben, hogy az oldalirányú elszivárgás miatt a függőleges vízáteresztő képességi együttható felülbecslésével járhat. Talajok esetében a tapasztalatok azt mutatják, hogy ez az eltérés akár 5-10-szeres is lehet (Braud és társai 2017). Ugyanakkor a rugalmas burkolatokra jellemző nagy vízáteresztő képességi együtthatók mellett ennek a hatásnak a mértéke nem ismert. Az ismerethiány jelentősége abban rejlik, hogy a szimpla gyűrűs infiltrációs próba előkészítése és végrehajtása lényegesen egyszerűbb, mint a dupla gyűrűs és egyéb infiltrációs méréseké.

Kutatásunkban Budapesten létesített öntött gumi- és műgyantával stabilizált szórt kavicsburkolatokon (továbbiakban: szórt kavicsburkolatok) végeztünk in-situ infiltrációs vizsgálatokat. A célunk az volt, hogy: i) feltárjuk, hogy a burkolatok korával hogyan változik a vízáteresztő képességük, ii) a kapcsolatot előrejelzésre is alkalmas matematikai formulával közelítsük és iii) megvizsgáljuk és értékeljük az infiltrációs méréseket és azok eredményeinek interpretációját befolyásoló legfontosabb tényezőket: a szimpla és dupla gyűrűs módszerrel mért vízáteresztő képességek eltéréseit és az egyes helyszínek vízáteresztő képességének térbeli heterogenitását.

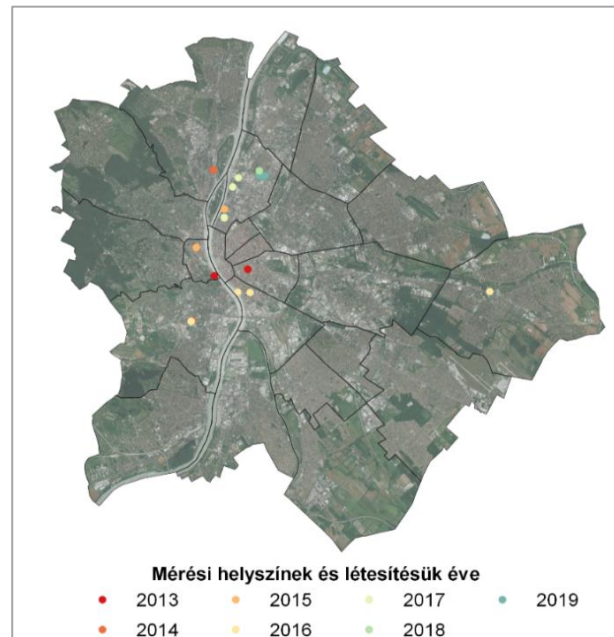
ANYAG ÉS MÓDSZER

Mérési helyszínek

A kiválasztott 18 fővárosi helyszín 50%-a öntött gumi, 50%-a szórt kavicsburkolatú. Egymáshoz viszonyított helyzetüket az 1. ábra mutatja a burkolatok létesítésének ideje (2013 és 2019 között) szerint eltérő színekkel ábrázolva.

A burkolatok többsége játszóterek felületét, szabad terrek járdáit, illetve favermek borítását alkotják (1. táblázat).

Helyszínenként több (2-5) mérési pontot jelöltünk ki, egyrészt annak érdekében, hogy a vízáteresztő képességet illetően minél reprezentatívabb képet kapjunk a burkolat egészére vonatkozóan, másrészt azért, hogy a térbeli eltéréseket értékelni tudjuk.



1. ábra. Beszivárgás mérések helyszínei Budapest közigazgatási területén

Figure 1. Locations of infiltration measurements in the administrative area of Budapest

1. táblázat. Beszivárgás mérési helyszínek és jellemzőik

Table 1. Infiltration measurement sites and their characteristics

Helyszín (kerület)	Burkolat típusa	Hasznosítás	Létesítés éve	Mérési pontok száma (2020, 2021)
Romkert (I.)	szórt kavics	járda	2013	2, 3
Rákóczi tér (VIII.)	szórt kavics	favermek	2013	2, 2
Bikás park (XI.)	szórt kavics	közösségi tér	2014	2, 5
Laktanya utca park (III.)	öntött gumi	futópálya	2014	2, 5
Duna játszótér (XIII.)	öntött gumi	játszótér burkolata	2015	2, 3
Budai vár oldala (I.)	szórt kavics	járda	2015	2, 3
Pesti út 124. (XVII.)	szórt kavics	favermek, járda	2016	3, 3
Kalóztenger játszótér (XI.)	öntött gumi	játszótér	2016	3, 4
Nehru part játszótér (IX.)	öntött gumi	játszótér	2016	3, 4
Ferenc tér (IX.)	öntött gumi	játszótér	2016	2, 3
Dagály sétány (XIII.)	szórt kavics	járda	2017	2, 3
Népfürdő utca 21. (XIII.)	szórt kavics	park	2017	2, 4
Wein János park (XIII.)	szórt kavics	járda	2017	4, 5
Wein János park játszótér (XIII.)	öntött gumi	játszótér	2017	2, 3
Hajós játszótér (XIII.)	öntött gumi	játszótér	2018	3, 5
Fiastyúk utca közpark (XIII.)	szórt kavics	járda, favermek	2019	2, 3
Hajdú utca sportpark (XIII.)	öntött gumi	futópálya	2019	4, 4
Hajdú utcai játszótér (XVIII.)	öntött gumi	játszótér	2019	3, 3

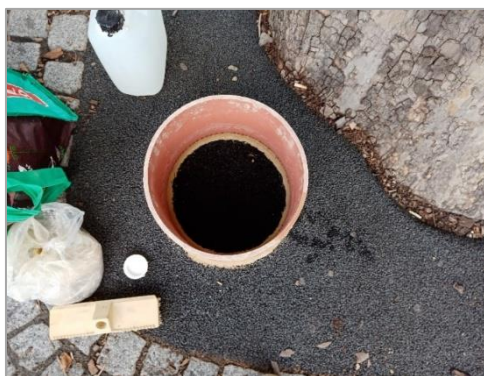
Az egyes helyszíneket eltérő környezet és különböző mértékű használat jellemzi. Az intenzívebben használt és burkolatlan felületekkel határolt helyszínek az eltömődés kockázatának jobban kitétek, ezért hipotézisünk szerint azonos idő alatt a kezdeti vízátteresztő képességük nagyobb mértékben csökkent, mint a szemcsés anyagokkal és törmelékkel kevésbé „szennyezett” burkolatok vagy burkolatrészek. Ezért az elemzéseinkben a szennyezésnek való kitettség alapján megkülönböztettünk szennyezett és mérsékelt szennyezett mérési pontokat. Egy helyszínen belüli pontok is jelentősen eltérő szennyezésnek vannak kitéve, ezért az elkülönítés nem helyszínenként, hanem mérési pontonként, helyszíni tapasztalatok alapján, szubjektív módon történt:

- Szennyezett mérési pontok azon mérési pontok, melyek közelében közvetlen szennyezőforrás volt megtalálható (pl. burkolatlan útfelület vagy játszótérek esetében homokozó), illetve a burkolat felszínén annak pórusai szemmel láthatóan nagy mértékben eltömődtek.
- Mérsékelt szennyezett mérési pontok azon mérési pontok, melyek környezetében nem található közvetlen szennyezőforrás, illetve a burkolat pórusai szemrevételezés alapján tiszták, eltömődés mentesek.

Infiltrációs próbák

A mérésekre 2020-ban és 2021-ben került sor a következő ütemezésben:

- 2020 február: szimpla gyűrűs próbamérések 4 helyszínen (Hajós játszótér, Fiastyúk utca közpark, valamint a Hajdú utcai sportpark és játszótér),



2.a. ábra. Szimpla gyűrűs beszivárgás mérés
Figure 2.a. Single ring method

A mérések megkezdése előtt az ÚME előírásai szerint előnedvesítettük a felületet. Ehhez 5 liter vizet töltöttünk a gyűrűbe (dupla gyűrűs mérésnél a belső gyűrűbe), és a mérést ennek elszivárgása után 2 percen belül kezdtük. Az előnedvesítés célja, hogy a méréssel a burkolat víztelített (mint mértékadó) állapothoz tartozó vízátteresztő képességét tudjuk meghatározni és a beszivárgás sebességének telítetlen, porózus közegekre

- 2020 június-augusztus: szimpla gyűrűs mérések mind a 18 helyszínen,
- 2021 június-augusztus: szimpla gyűrűs mérések mind a 18 helyszínen,
- 2021 október-november: szimpla és dupla gyűrűs módszerek összehasonlító mérései a Kalóztenger játszótéren (3 pontban) és a Népfürdő utcai közparkban (5 pontban).

A 2020. évben végzett beszivárgás mérések során helyszínenként legalább két ponton hajtottunk végre mérést. Ezt a 2021. évi mérések alkalmával – négy helyszín kivételével, ahol a 2020-as mérési kampány során legalább három ponton mértünk, illetve favermeknél helyhiány miatt – legalább egy ponttal bővítettük (1. táblázat). Tekintve, hogy vízátteresztő burkolatok vízátteresztő képességének mérésére nincs érvényes hazai szabvány vagy előírás, az infiltrációs próbák kivitelezésénél és kiértékelésénél a kis-elemes burkolatokra vonatkozó ÚME előírásait vettük figyelembe.

A szimpla gyűrűs mérésekhez 300 mm belső átmérőjű gyűrűt (KG PVC csődarabot) használtunk. A próba helyszínen az esetlegesen felszínen levő törmelékeket és port seprével eltávolítottuk. A gyűrű és a burkolat érintkezése mentén kívül és belül is agyagot kentünk, ezzel biztosítva, hogy a gyűrűbe töltött víz maradéktalanul a burkolatba szivároghjon (2.a. ábra). Az agyag előnye, hogy a mérést követően visszanyerhető és környezetbarát. A dupla gyűrűs mérés elrendezése annyiban tért el a szimpla gyűrűstől, hogy annak gyűrűje köré koncentrikusan 500 mm belső átmérőjű KG PVC gyűrűt helyeztünk (2.b. ábra), és azt a szimpla gyűrűsnél leírt módon szintén agyaggal szigeteltük.



2.b. ábra. Dupla gyűrűs beszivárgás mérés
Figure 2.b. Double ring method

jellemző – gyakran Horton görbével (Horton 1941) közelített – exponenciálisan csökkenő szakasza ne jelenjen meg a mérésben.

Az infiltrációs mérések állandó víznyomásos próbák voltak. Az előnedvesítéshez használt víz elszivárgásának időigénye (t_{en}) alapján az ÚME-ben rögzítettek szerint döntöttük el a méréshez felhasznált víz mennyiségét (V) (2. táblázat).

2. táblázat. A beszívárgás méréshez felhasznált víz mennyisége az előnedvesítés idejének függvényében
Table 2. The amount of water used for the infiltration test as a function of the pre-wetting time

Előnedvesítés időigénye (t_{en}) (s)	Méréshez felhasznált víz térfogata (V) (l)
<5	40
≥ 5 és < 10	25
≥ 10 és < 20	15
≥ 20 és < 30	10
≥ 30	5

A vizet az elszívárgásnak megfelelő ütemben töltöttük a 300 mm belső átmérőjű hengerbe úgy, hogy a vízszint a burkolat fölött mindenkor 1,0 és 1,5 cm között maradjon. Az alacsony vízszintek tartásával minimalizáltuk a hidraulikus gradiens túlnyomásból adódó növekedésének és ezzel a vízáteresztő képességi együttható felülbecslésének mértékét. A mérés időtartamát (t [s]) a víz betöltésének kezdete és a betöltött víz maradéktalan elszívárgása között rögzítettük. Minden pontban két mérést végeztünk, a mérések között maximum 5 percet várva.

A dupla gyűrűs elrendezésnél a külső gyűrűben a vízszintet folyamatos utántöltéssel a belső gyűrűben kialakuló vízszinttel megegyező szinten tartottuk annak érdekében, hogy a belső gyűrűből elszívárgó vizet a külső gyűrűből elszívárgó víz „megtámassza”, vagyis, hogy a belső gyűrűből elszívárgó víz sebesség-vektora függőleges legyen.

A szimpla és dupla gyűrűs módszer összehasonlítása céljából végzett mérések során a kijelölt mérési pontokon először dupla gyűrűs mérést végeztünk, majd a külső gyűrűt eltávolítottuk és szimpla gyűrűvel folytattuk a mérést. A mérések egy részét fordított sorrendben is elvégeztük (először szimpla gyűrűvel mértünk, majd a külső gyűrű felállításával dupla gyűrűvel folytattuk a mérést) a két mérési módszerrel kapott eredmények jobb összehasonlíthatóságának, valamint a méréseket befolyásoló folyamatok azonosíthatóságának érdekében.

Mérési eredmények kiértékelése

Az egymást követő két mérés eredményei alapján a burkolat adott pontját jellemző vízáteresztő képességi együtthatót az (1) összefüggéssel számítottuk.

$$k_b = \frac{4 \cdot 3,6 \cdot 10^9}{D^2 \cdot \pi} \cdot \min \left\{ \frac{V_1}{t_1}, \frac{V_2}{t_2} \right\} \quad (1)$$

ahol k_b [mm/h] a burkolat vízáteresztő képessége az adott mérési pontban; V_1 és V_2 [l] az 1. és 2. mérés során felhasznált víz térfogata; t_1 és t_2 [s] a víz elszívárgatásához szükséges idő az 1. és 2. mérés során; D [mm] a (belső) gyűrű belső átmérője (a mérések során konstans 300 mm). A $3,6 \cdot 10^9$ szorzó a l/s·mm² és a mm/h dimenziók közötti átváltás miatt jelenik meg. A vízáteresztő képességi együtthatót általában m/s, cm/s vagy m/d dimenzióban szokás megadni, de a csapadék intenzitásokkal való összehasonlíthatóság érdekében dolgozatunkban egységesen mm/h-ban adjuk meg.

Az (1) összefüggés alapján – az ÜME előírásaival összhangban – a két mérés közül mindig az alacsonyabb értékű vízáteresztő képességet fogadtuk el. A mérési helyszínek burkolatának átlagos vízáteresztő képességét a mérési pontokra kapott k_b értékek számtani átlagával jellemeztük.

Az eredmények értékelése kapcsán fontos megjegyezni, hogy az egyes helyszíneken csak a burkolatok felszínén volt lehetőségünk vízáteresztő képesség méréseket végezni, az egyes rétegek külön-külön történő vizsgálatára nem volt lehetőségünk, ezért azt az ideális és tervezésnél/kivitelezésnél követendő esetet feltételeztük, hogy a burkolat alsóbb rétegei legalább olyan vízáteresztő képességgel rendelkeznek, mint a legfelső réteg. Ezáltal a felszínen mért értékek a valóságban a teljes szerkezet vízáteresztő képességét jellemzik, amelynél a legrosszabb vízvezető réteg fogja limitálni a szerkezeten átfolyó víz sebességét. Ez a tervezési és kivitelezési bizonytalanság azonos burkolattípusok esetén nagymértékben eltérő felszíni vízáteresztő képesség értékeket eredményezhet, ezzel növelve a mért értékek esetleges szórását.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A burkolat kora és vízáteresztő képessége közötti kapcsolat

Eredményeink alapján a burkolatok a létesítésükkor és az első néhány évben is rendkívül magas vízáteresztő képességgel rendelkeznek (3.a. és 3.b. ábrák). Öntött gumi burkolatok esetén a szennyezésnek kevésbé kitett pontokon 14 800 mm/h, míg a szennyezett pontokon 4 530 mm/h maximális vízáteresztő képességi együtthatót kaptunk, és mindkét csoportnál a maximumot a legkésőbb létesített (≤ 1 éves) pontokon mértük. A legfeljebb egy éves burkolatokon a minimum értékek nagyságrendileg nem maradnak el a maximumoktól, a szennyezett pontokon 2 046 mm/h, a kevésbé szennyezett pontokon 10 345 mm/h, ugyanakkor az eltérő terhelésből adódó különbség egyértelműen látszik és számottevő. Vagyis azokon a területeken, melyeknek a közelében burkolatlan felület, homokozó vagy egyéb, szemcsés szennyezőanyag forrás volt megtalálható, a vízáteresztő képesség értéke jóval kisebb, mint a mérsékelt szennyezett mérési pontok esetében. A külföldön végzett mérések alapján hasonló eredményre jutottak a szennyezetté váló kitétségi kérdésében, miszerint lényegesen kisebb beszívárgási értékeket mértek az olyan területeken, amelyek a közelében finom szemcsés talajú burkolatlan felületek voltak (Bean és társai 2004).

A szórt kavicsburkolatoknál csak a szennyezésnek kevésbé kitett pontok eredményeit közöljük, mert a szennyezésnek jobban kitett mérési pontokból nem állt rendelkezésünkre megfelelő mennyiségű információ ahhoz, hogy kellő bizonyossággal illeszthessünk leíró görbét rájuk. Általánosságban a k_b értékeit tekintve ennél a típusnál is hasonló képet látunk, mint az öntött gumi esetében, ugyanakkor a legnagyobb vízáteresztő képességet nem a legfiatalabb, hanem a 2020-ban 3-4, a 2021-es mérési kampány

alkalmával 4-5 éves burkolat (Dagály sétány) egyik pontján mértük. Ennek oka vélhetően az, hogy ebben a pontban a burkolatot tapasztalataink szerint elhanyagolható mértékben használják, és a környezetében burkolt felületek és cserjékkel sűrűn beültetett (tehát erózióra kevésbé érzékeny) burkolatlan felületek vannak, így a burkolatra kerülő szemcsés anyagok mennyisége valószínűleg elhanyagolható. Ezt a feltételezést erősíti, hogy a 2020-ban és a 2021-ben mért értékek szinte pontosan megegyeznek (16 702 mm/h és 16 820 mm/h), tehát nem történt érdemi eltömődés egy év leforgása alatt.

A kapott 10^3 - 10^4 mm/h nagyságrendű értékek két nagyságrenddel haladják meg az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) által 2020 végén, 101 állomásra közreadott csapadékmaximum függvények 100 éves visszatérési idejű, 10 perces csapadékok intenzitását (jellemzően 100-150 mm/h), vagyis a vízáteresztő burkolatok új korukban a hazai extrém csapadékesemények maradéktalan beszívárogtatására is gond nélkül képesek. Sőt, az ábráról az is leolvasható, hogy ezeket a nagy intenzitású csapadékokat a vizsgált burkolatok 4-5 éves korukig képesek elszívárogtatni. A képet árnyalja, ha a vízáteresztő burkolat felszíni lefolyással szomszédos vízzáró felületekről többletterhelést kap, de a vizsgálatba bevont helyszínek esetén ilyen kapcsolt vízgűjtőket nem, vagy csak elhanyagolható területnagysággal azonosítottunk.

Az előzetes várakozásoknak megfelelően az idő előrehaladtával a burkolatok beszívárogtató képessége csökkent a használat, a kolmatáció és a nem megfelelő tisztítás és karbantartás következtében. Tapasztalataink alapján ez a csökkenés a kezdeti értékekhez képest 6-8 éven belül közel 100 százalékos is lehet, vagyis ezek a felületek akár közel vízzáróvá is válhatnak, ami lényeges különbség a kiselemes burkolatokhoz képest, amelyeknél a külföldi vizsgálatok (Borgwardt 2006, Pezzaniti és társai 2009) szerint sokéves burkolatok is megőrzik a kezdeti vízáteresztő képességük legalább 18%-át.

A burkolatok kora és a vízáteresztő képességük közötti kapcsolat mindkét burkolat típus esetében azonosítható (3.a.

és 3.b. ábrák). A csökkenés abszolút értékben az első években a legnagyobb mértékű. Ezt a külföldi tapasztalatok (Eisenberg és társai 2015, Woods és társai 2015) is megerősítik, melyek szerint pár év alatt a csökkenés mértéke akár a 70-90%-ot is elérheti. Az is leolvasható az ábráról, hogy a vízáteresztő képesség változása az idővel nem lineáris kapcsolatot mutat, ami összhangban van Razzaghmanesh és Beecham (2018) következtetéseivel. A relatív változásokat nézve azt látjuk, hogy a mérsékelt szennyezett mérési pontok esetében a vízáteresztő képesség minden évben az előző évnek kb. 40-50%-ára csökken, vagyis évenként nagyjából megfelelődik, és a két burkolat típus ebből a szempontból nézve is hasonlóan viselkedik. A szennyezésnek jobban kitett öntött gumi burkolatokon a csökkenés üteme valamivel mérsékeltőbb, de ezek a burkolatok is elveszítik a megelőző évben jellemző vízáteresztő képességük átlagosan ~40%-át (Pezzaniti és társai 2009, Boogaard és társai 2014b, Razzaghmanesh és Beecham 2018).

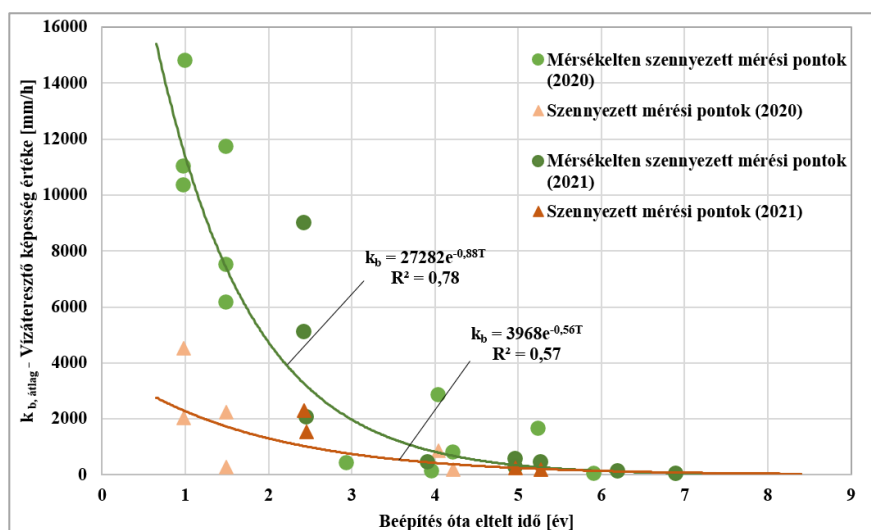
A mérési eredményeink alapján a vizsgált burkolatok vízáteresztő képessége együtthatójának időbeli csökkenése jó közelítéssel exponenciális függvénnyel írható le, ezért a burkolat kora és vízáteresztő képessége közötti kapcsolatot a (2) összefüggéssel közelítettük (3.a. és 3.b. ábrák).

$$k_b(T) = k_0 * e^{-d*T} \quad (2)$$

ahol k_0 [mm/h] a $T=0$ -hoz tartozó (az új burkolatot jellemző maximális) vízáteresztő képesség; d [1/év] alaki paraméter és T [év] a burkolat kora.

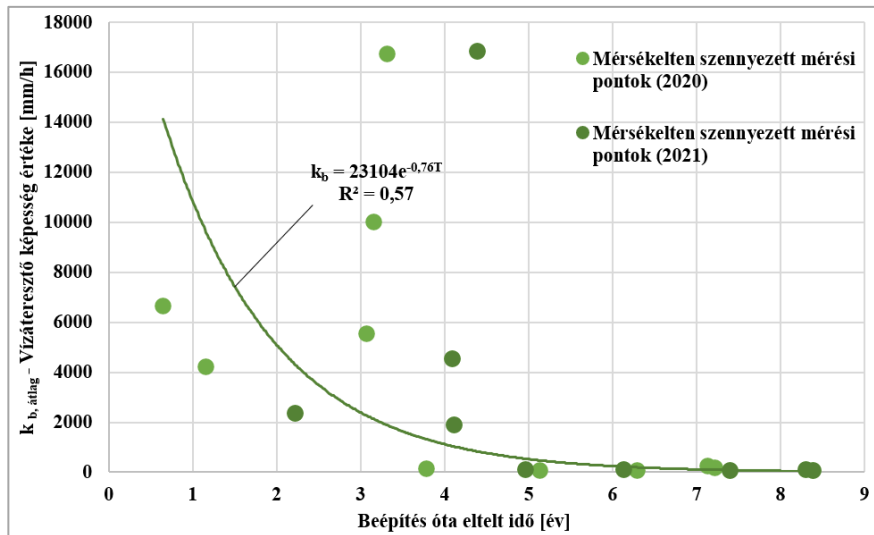
A görbék illeszkedése a mérési pontokra a determinációs együttható alapján jónak tekinthető, azonban fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy az egyes görbék értékei csak közelítő becslésnek tekinthetők. Az illeszkedést befolyásolja a mért értékek szórása, amely az adott pontokat érő eltérő mértékű szennyezőanyag terhelésnek és a burkolatok különböző mértékű használatának következménye.

A burkolatok eltömődési ütemének az ismeretében javaslatok tehetőek azok tisztítására és karbantartására vonatkozóan, melyek a későbbiekben segíthetnek az üzemeltetési és fenntartási munkákat.



3.a. ábra. Az öntött gumi burkolatok felszínének időbeli eltömődését leíró görbe szennyezett és mérsékelt szennyezett mérési pontjainak esetében

Figure 3.a. Descriptive curve of temporal clogging differentiated by the amount of pollution, in case of mold rubber surfaces

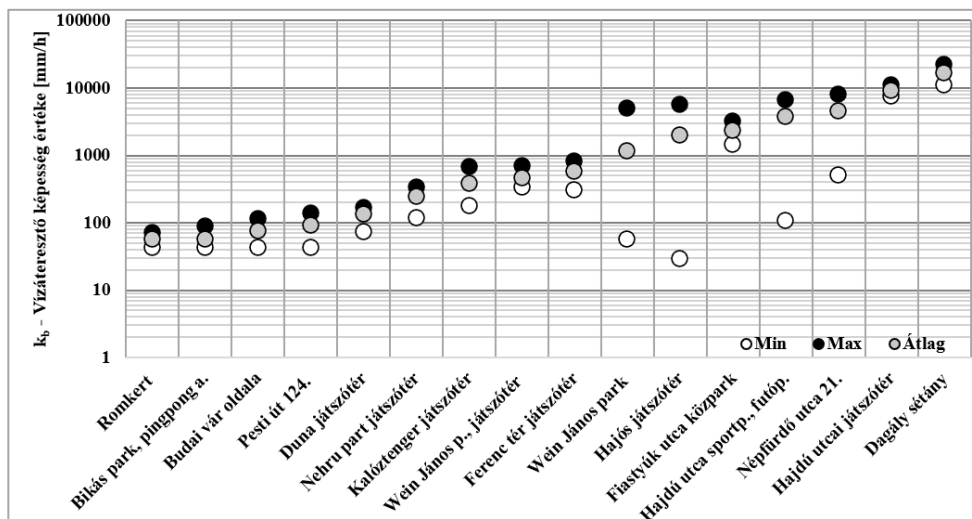


3.b. ábra. A szórt kavicsburkolatok felszínének időbeli eltömődését leíró görbe mérsékelt szennyezett mérési pontjainak esetében
 Figure 3.b. Descriptive curve of temporal clogging for resin bound gravel surfaces, in case of slightly polluted measurement points

A burkolatok vízáteresztő képességének térbeli inhomogenitása

A 2021-es szimpla gyűrűs infiltrációs tesztek eredményei alapján megvizsgáltuk a vízáteresztő képesség egyes

helyszíneken belüli területi változékonyságát. A 4. ábrán azon helyszínek vízáteresztő képességének minimum, maximum és átlag értékei láthatók, ahol legalább három különböző pontban történt beszívárgási teszt.



4. ábra. Az egyes helyszínek vízáteresztő képességének minimális, maximális és átlag értékei a 2021-ben végzett szimpla gyűrűs beszívárgási tesztek alapján

Figure 4. Minimum, maximum and average values of permeability at the measurement sites, based on single ring method tests in 2021

Az eredményeink alapján egy helyszínen belül is jelentős, akár nagyságrendbeli eltérések lehetnek a burkolat vízáteresztő képességében. Például a Wein János parkban és a Hajós játszótéren a mért vízáteresztő képesség minimum értéke 10^1 , maximum értéke pedig a 10^3 nagyságrendben volt mérhető. A két helyszín eltérő burkolattal rendelkezik, amelyből látható, hogy a térbeli heterogenitás mindkét burkolat típus esetében tetten érhető.

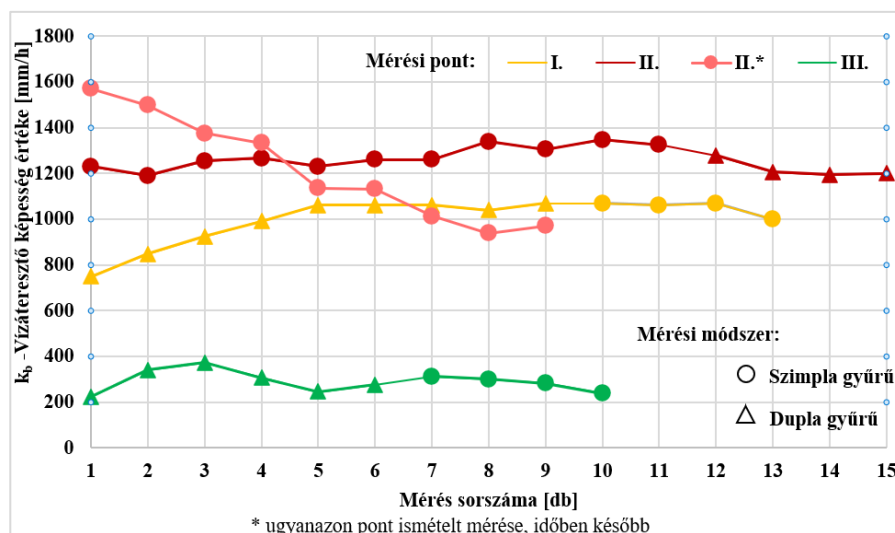
A terepen végzett mérések tapasztalata alapján ez a különbség a mért vízáteresztő képességi értékekben akár már néhány méteres távolságban is megfigyelhető volt. Az eltérések oka feltehetően az, hogy az egyes pontokat nem egyforma mértékű szemcsés (szennyező)anyag terhelés éri, a felületek használata sem azonos mértékű, valamint az egyes helyszíneknek eltérő a környezete. A tapasztalt területi változékonyság miatt merült fel korábban, hogy az

egyes mérési pontokat a szennyezésnek való kitettség alapján megkülönböztessük.

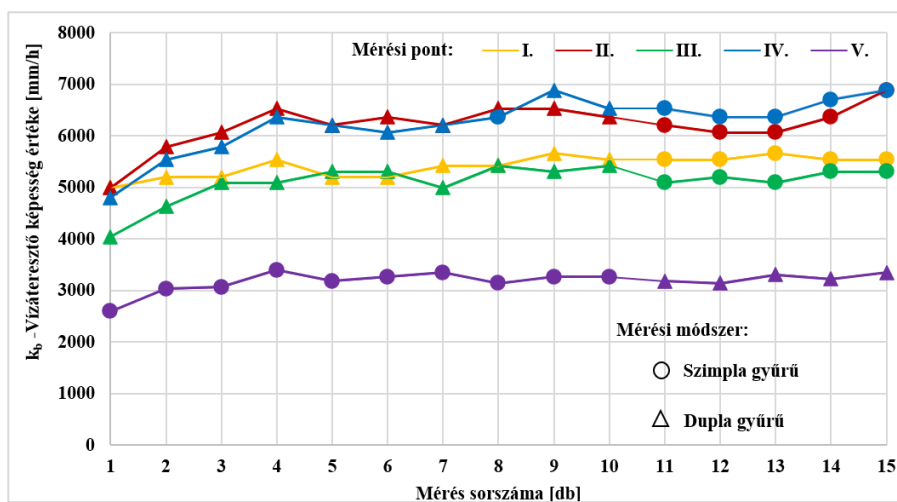
A vízáteresztő képesség térbeli változékonyságával kapcsolatban felmerülhet a kérdés, hogy nagyobb felületű burkolatok tetszőlegesen kiválasztott pontjain mért vízáteresztő képességek mennyire jellemzik a teljes terület átlagos vízáteresztő képességét. A kérdés megválaszolásához további vizsgálatokra és a megfelelő előírások kidolgozására (felülvizsgálatára) lehet szükség, pl. egy-egy burkolat állapotfelméréseinek kapcsán.

A szimpla és dupla gyűrűs módszer összehasonlítása

A szimpla és a dupla gyűrűs infiltrációs tesztek eredményeit az 5. ábra szemlélteti: a) az öntött gumival burkolt Kalóztenger játszótér és b) a szórt kavicsburkolatú Népfürdő utcai közpark esetében.



5.a. ábra. Szimpla és dupla gyűrűvel végzett mérések eredményei a Kalóztenger játszótér esetében
 Figure 5.a. Results of the single and double ring measurements at the Kalóztenger playground



5.b. ábra. Szimpla és dupla gyűrűvel végzett mérések eredményei a Népfürdő utcai közpark esetében
 Figure 5.b. Results of the single and double ring measurements at the Népfürdő street public park

A szimpla és a dupla gyűrűvel végzett mérések során több mérési sorozat elején is megfigyeltünk egyfajta „felfutó” szakaszt, ahol az adott pontban a vízáteresztő képesség értéke az egymást követő mérések során folyamatosan növekedett, majd beállt egy közel konstans értékre (lásd az 5.a. ábra I. számú és az 5.b. ábra I-V. számú mérési pontjainak görbéit). A növekedés oka feltehetően az, hogy az egymás után elvégzett méréseknek atmosférikus hatása lehet: a folyamatos vízzel való terhelés hatására a burkolatba korábban bemosódott szennyezőanyag szemcsék a burkolat alsóbb rétegei felé mozdulhatnak, ezáltal szabadabb utat engedve az átszivárgó víz számára, így felgyorsítva a szivárgás folyamatát.

Az előbbi folyamat ellentéte is megfigyelhető volt a mérések során, vagyis, hogy a vízáteresztő képesség csökkent az egymás után elvégzett mérések alatt az adott pontban (5.a. ábra II.* jelű mérési pont). Ebben az esetben a burkolatban található szennyezőanyag szemcsék vélhetően nem mosódnak ki a burkolatból, hanem annak belsejében „átrendeződnek”, amellyel a burkolat belső hézagrendszere megváltozik és a víz számára addig átjárható utovonalak elzáródnak. Az öntött gumi burkolaton folytatott

vizsgálatok során a II. számú pont (5.a. ábra) esetében ez a folyamat észlelhető volt, azonban a korábban elvégzett mérések során ezt a jelenséget nem tapasztaltuk az adott mérési pontban. A vízáteresztő képességben és az adott mérési pont viselkedésében bekövetkezett változás arra enged következtetni, hogy nem csak a területi változékonysággal kell számolni az adott burkolat vízáteresztő képességének jellemzésénél, hanem azzal is, hogy a burkolat egyes pontjainak a beszivárogtató képességében rövid idő elteltével is jelentős változás következhet be.

Az egyes mérési pontokban elvégzett mérési sorozatoknál általában, a mérési módszertől függetlenül azt tapasztaltuk, hogy miután a „felfutás” vagy „lefutás” lejátszódott, a mért vízáteresztő képességek értékei kis szórással egy állandó érték körül alakultak (az átlagértéktől való eltérés minimum és maximum értékeit százalékos formában a 3. táblázatban foglaltuk össze). Az átlagtól való pozitív eltérések maximuma 8%, a negatív irányúaké 6%, amely alapján arra következtethetünk, hogy a szabvány szerinti mérés (ÚME 2022) egy-egy mérési ponton belül kellő bizonyossággal jellemezheti a vízáteresztő képesség értékét.

3. táblázat. A szimpla és dupla gyűrűs beszívárgási mérési sorozatok állandósult szakaszának átlagtól való százalékos eltérése
Table 3. Deviation from the mean of the constant sections of the single and double ring infiltration measurement series

Mérés jele	Öntött gumi burkolat		Szórt kavicsburkolat				
	I.	II.	I.	II.	III.	IV.	V.
Konstans szakasz $k_{\text{átlag}}$ [mm/h]	1 055	1 260	5 475	6 345	5 249	6 464	3 244
Negatív irányú eltérések maximuma [%]	5%	6%	5%	4%	5%	6%	3%
Pozitív irányú eltérések maximuma [%]	1%	7%	3%	8%	3%	6%	3%

A két mérési módszer eredményei között feltételezett jelentős különbség a méréseink alapján nem igazolódott sem az öntött gumi, sem a szórt kavicsburkolatok esetében, mindkét módszer megfelelőnek bizonyult a vizsgált burkolatok vízáteresztő képességének mérésére. A szimpla gyűrűs mérési módszer kivitelezése azonban lényegesen egyszerűbb (egy személy által is megfelelően végrehajtható), ezért a külföldi előírásokkal és útmutatókkal összhangban (Chen és társai 2019) ennek a módszernek az alkalmazását javasoljuk a burkolatok bizonyos mértékű eltömődéséig (~150 mm/h feletti tartomány). Azonban megjegyezzük, hogy a burkolatok bizonyos mértékű eltömődése után (~150 mm/h alatti tartomány) célszerű lehet a dupla gyűrűs mérési módszer alkalmazása.

ÖSSZEFOGLALÁS

A vízáteresztő burkolatok a lehullott csapadékvizek szűrtartásával és talajba szivárogtatásával hatékonyan járulhatnak hozzá a városok kedvezőbb vízgazdálkodásához. Azonban a beépítésükkor jellemző nagy felszíni vízáteresztő képességük az őket érő szennyezőanyag terhelések hatására idővel csökkenhet, akár olyan mértékben is, hogy nem tudják biztosítani a tervezésnél mértékadónak tekintett csapadék beszívárogatását. Ez a folyamat a burkolatok megfelelő karbantartásával, rendszeres időközönként történő tisztításával megelőzhető lenne. Ezért fontos, hogy a burkolatok vízáteresztő képességének időbeli változását rendszeres mérésekkel nyomon kövessük, és a tisztítások gyakoriságát ezek alapján ütemezzük.

Magyarországon jelenleg a tisztításra és karbantartásra vonatkozó előírások nincsenek érvényben, mely következtében a burkolatok tisztítása sok esetben nem, vagy nem a megfelelő rendszerességgel, eszközökkel történik. Ezt a hiányosságot a 2022. decemberben hatályba lépő Kiselemezés Burkolatok Ütőgyi Műszaki Előírása (Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2022) részben pótolja majd. Jelen kutatásban az előírt mérések lehetséges bizonytalanságait mutatuk be, illetve egy módszert, hogy hogyan becsülhető egy adott területen a burkolatok eltömődésének üteme terepi mérések alapján.

A kutatás során öntött gumi és műgyantával stabilizált szórt kavicsburkolatú vízáteresztő burkolatok in-situ beszívárgás méréseit végeztük el 18 budapesti helyszínen 2020-ban és 2021-ben. A burkolatok 2013 és 2019 között létesültek, használatukat tekintve városi szabad terek járda felületeként, játszótérek burkolataként, illetve favermek borításaként találhatók meg a főváros számos kerületében. A két vizsgált burkolat típus mellett Magyarországon jellemzően még organikus kötőanyagú szórt burkolatokat alkalmaznak a közterületek felületein, de ezek nem

képezték a jelen kutatás részét. A jövőben tervezzük a mérések kiterjesztését ezen típusokra is.

A szimpla gyűrűs beszívárgási tesztheink eredményei alapján a burkolatok kora és az áteresztő képességük között exponenciális kapcsolatot adtunk meg, amely szerint a burkolatok áteresztő képessége minden évben közel 50%-kal csökken, de a csökkenés mértéke függ a burkolat szemcsés anyagoknak való kitettségétől és így a felületre kerülő szemcsés anyagok mennyiségétől. A burkolatok eltömődési ütemének ismeretében javaslatok tehetők a későbbiekben alkalmazható karbantartási, tisztítási útmutatók és előírások készítéséhez.

Megvizsgáltuk a szimpla és a dupla gyűrűs mérési módszer által kapott eredményeket két kiválasztott helyszín esetében, amelyek eltérő felszíni burkolati réteggel rendelkeztek. Az egyes mérési módszerek során számos bizonytalanság és folyamat játszódhat le egyidejűleg. A szimpla és a dupla gyűrűs mérési módszerek összehasonlításakor az egyes mérések során több folyamatot is azonosítottunk, úgymint a kimosódás, szemcse átrendeződés, valamint a mérési eredmények szórása. A kimosódás a mérések során a vízáteresztő képesség értékének növekedését okozhatja, melynek oka feltehetően az, hogy a burkolat belsejében található szennyezőanyag szemcsék a folyamatos vízzel való terhelés hatására kimosódnak a burkolat alsóbb rétegei felé. A szemcse átrendeződés során a burkolat belsejében található szennyezőanyag szemcsék pedig vélhetően „átrendeződnek”, melynek hatására a burkolatban található korábban szabad hézagrendszerek elzáródnak, ezáltal a víz kisebb felületen tud átszivárogni, melynek következtében a mért beszívárgás értéke kisebb lesz. A szemcsék feltételezett mozgása után közel konstans értékre álltak be a mért vízáteresztő képesség értékek, ezért kijelenthetjük, hogy a talajok beszívárgási mérésénél tapasztalt egy-fél nagyságrendnyi különbség a két módszer által mért eredményekben (Braud és társai 2017) a vizsgált burkolatok esetében nem igazolódott. Ezáltal mindkét módszer alkalmasnak tekinthető a burkolatok beszívárgási tesztheinek elvégzésére, azonban a szimpla gyűrűs mérési módszer használatát javasoljuk annak lényegesen egyszerűbb kivitelezése miatt, a külföldi előírásokhoz hasonlóan (Chen és társai 2019), a burkolatok bizonyos mértékig való eltömődéséig (~150 mm/h, azaz a természetes talajok szivárogtató képessége körüli tartomány és az általunk kimért értékek határa). Jelentősen eltömődött burkolatok esetén a dupla gyűrűs mérési módszer alkalmazása lehet ajánlott.

A 2021-ben végzett szimpla gyűrűs infiltrációs tesztek eredményei alapján megvizsgáltuk a burkolat vízáteresztő

képességének az egyes helyszíneken belüli változékonyságát. A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a burkolatok vízáteresztő képessége akár egy helyszínen belül is nagymértékben eltérhet. Egy-egy mérési pont vízáteresztő képességének értéke között akár nagyságrendbeli különbségek is lehetnek az adott helyszínen belül. Emiatt a területi változékonyság miatt pedig felmerül a kérdés, hogy a burkolatok szabvány szerint (ÚME 2022) elvégzett mérése kellőképpen reprezentatív-e a burkolat teljes felületének átlagos vízáteresztő képességének tekintetében. A felmerült kérdés megválaszolása érdekében további vizsgálatok elvégzése szükséges.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közlemény az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-2 kódszámú, Új Nemzeti Kiválóság Programjának a szakmai támogatásával készült, melyet a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap finanszírozott.

IRODALOMJEGYZÉK

American Society for Testing and Materials (ASTM) (2015). C1781/C1781M Standard Test Method for Surface Infiltration Rate of Permeable Unit Paving. ASTM: West Conshohocken, PA, USA.

American Society for Testing and Materials (ASTM) (2017). C1701/C1701M Standard Test Method for Infiltration Rate of in Place Pervious Concrete. ASTM: West Conshohocken, PA, USA. doi:10.1520/stp20120019

Bean E.Z., Hunt, W.F., Bidelspach, D.A. (2005). A Monitoring Field Study of Permeable Pavement Sites in North Carolina. In: Proceedings of the 8th Biennial Conference on Stormwater Research & Watershed Management, Southwest Florida Management District, Brooksville, Florida. pp. 57-66.

Bean, E.Z., Hunt, W.F., Bidelspach, D.A., Smith, J.T., (2004). Study on the Surface Infiltration Rate of Permeable Pavements, prepared for Interlocking Concrete Pavement Institute. Raleigh, N.C.: North Carolina State University Biological and Agricultural Engineering Department. doi:10.14796/jwmm.r223-22

Beecham, S., Pezzaniti, D., Myers, B., Shackel, B., Pearson, A. (2009). Experience in the application of permeable interlocking concrete paving in Australia, 9th International Conference on Concrete Block Paving, Buenos Aires, Argentina 2009.

Boogaard, F., Lucke, T., Beecham, S. (2014a). Effect of age of permeable pavements on their infiltration function. CLEAN–Soil Air Water, 42 (2). pp. 146-152. doi:10.1002/clen.201300113

Boogaard, F., Lucke, T., Van de Giesen, N., Van de Ven, F. (2014b). Evaluating the Infiltration Performance of Eight Dutch Permeable Pavements Using a New Full-Scale Infiltration Testing Method. Water, 6 (7). pp. 2070-208. doi:10.3390/w6072070

Borgwardt, S. (2006). Long-term in-situ infiltration performance of permeable concrete block pavement. In: Proc. of the eighth int. conf. on concrete block paving, San Francisco, California, USA.

Braud, I., Desprats, J.F., Ayral, P.A., Bouvier, C., Vandervaere, J.P. (2017). Mapping topsoil field-saturated hydraulic conductivity from point measurements using

different methods. J. Hydrol. Hydromech, 65 (3). pp. 264–275. doi:10.1515/johh-2017-0017

Buzás K. (2015). Víz a városban: alkalmazkodás a klímaváltozáshoz, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék. p. 136. doi:10.15170/mg.2021.16.02.01

Chandrappa, A.K., Biligiri, K.P. (2016). Pervious concrete as a sustainable pavement material—Research findings and future prospects: A state-of-the-art review. Constr. Build. Mater, 111. pp. 262–274. doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.02.054

Chen, L.M., Chen, J.W., Chen, T.H., Lecher, T., Davidson, C.P. (2019). Measurement of Permeability and Comparison of Pavements. Water, 11(3). p. 444. doi:10.3390/w11030444

Csizmadia D. (2018). Zöldinfrastruktúra füzetek 3.: Vízérzékeny tervezés a városi szabadtereken. Budapesti Fővárosi Főpolgármesteri Hivatal, Budapest, 2018.

Eisenberg, B., Lindow, K.C., Smith, D.R. (2015). Permeable Pavements. American Society of Civil Engineers (ASCE) 2015. 248. doi:10.1061/9780784413784

Horton, R.E. (1941). An approach toward a physical interpretation of infiltration-capacity. Soil Science Society of America Journal, 5. 399. doi:10.2136/sssaj1941.036159950005000C0075x

IPCC (2014). Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 117-130
doi:10.1017/cbo9781107415416

Kabir, T., Oyeyi, A.G., Al-Bayati, H., Tighe, S. (2020). Performance evaluation of Porous Rubber Pavement (PRP) in the Canadian climate. Innovations in Pavement Management. Engineering and Technologies Session at the 2020 TAC Conference & Exhibition, Vancouver, B.C. doi:10.1007/978-981-19-1004-3_7

Pezzaniti, D., Beecham, S., Kandasamy, J. (2009). Influence of clogging on the effective life of permeable pavements. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management, 162(3). pp. 211–220. doi:10.1007/978-981-19-1004-3_7

Razzaghmanesh, M., Beecham, S. (2018). A Review of Permeable Pavement Clogging Investigations and Recommended Maintenance Regimes. Water, 10(3). p. 337. doi:10.3390/w10030337

Razzaghmanesh, M., Borst, M. (2018). Investigation clogging dynamic of permeable pavement systems using embedded sensors. Journal of Hydrology, 557. pp. 887-896. doi:10.1016/j.jhydrol.2018.01.012

Magyar Közút Nonprofit Zrt. (2022). Ütügyi Műszaki Előírás. Kiselemes burkolatok. e-UT 06.03.43. (hatályba lépés: 2022. 12. 15.)

A SZERZŐK

STRAUSZ TÍMEA építőmérnöki oklevelet szerzett 2021-ben alapszakon, jelenleg infrastruktúra építőmérnöki mesterszakon folytatja tanulmányait a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Kutatási témája a vízáteresztő burkolatok felszíni vízáteresztő képességének vizsgálata.



ÁCS TAMÁS okleveles építőmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének külső óraadója. Kutatási területei közé tartoznak a felszín alatti vizek mennyiségi kérdései, a felszín alatti vizektől függő ökoszisztémák vízigényének meghatározása és a telített és telítetlen közegekben lejátszódó szivárgási folyamatok



DECSI BENCE okleveles infrastruktúra-építőmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének tudományos segédmunkatársa. Főbb kutatási témái a hidrológiai ökoszisztéma szolgáltatások térképezése, számszerűsítése, illetve a felszíni- és felszín alatti vizek kapcsolatának elemzése.



VARGA LAURA a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének tudományos segédmunkatársa, okleveles infrastruktúra-építőmérnök. Fő kutatási területei: városi csapadékvíz-gazdálkodás, kék-zöld infrastruktúra rendszerek, lefolyás és hidrodinamikai szimulációk, csapadék lecsalás.

**Ember és víz**

– Fejezetek a vízgazdálkodás történetéből –

Leonardo da Vinci hidraulikai modellkísérletei

Leonardo az elsők között volt, akik rendszeresen megfigyelték a folyómedrek alakulását. Megállapította, hogy az egyenes vonalú mederszakaszon a folyó közepén a vízmozgás sebessége nagyobb, mint a partoknál, ahol érvényesül a súrlódás hatása. Felismerte az esés jelentőségét a szabadfelszíni vízmozgások hidraulikájában, amikor így írt erről:

"Ha a folyó medrének nagy az esése, a víz gyorsabban folyik, a gyorsabban mozgó víz pedig kimélyíti a medret, így az abban mozgó ugyanaz a víztömeg kisebb helyet foglal el".

A folyók és csatornák vízmozgásának vizsgálatánál modelleket használt, amelyek vázlatrajzai és leírásai jegyzeteiben fennmaradtak. A rajzokból látható, hogy a laboratóriumi csatornák oldala a kedvezőbb megfigyelések érdekében üvegből volt. Alkalmazta a festési eljárást is a vízmozgás vizsgálatára. Az egyik modellen Leonardo azt vizsgálta, hogy hogyan rakódik le a hordalék a mederben egy vízfolyást gátló akadály mögött. Számos feljegyzése vonatkozik az öntözésre, a lecsapolásra és az árvizek szabályozására is.

SZL.

Történelmi pillanatkép

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

Adatok a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat működéséről (1904-1912)

Konecsny Károly (E-mail: konecsnyk@gmail.com)

DOI:10.59258/HK.11101



Kivonat

A Felső-Tisza baloldali mellékfolyója, a Kraszna dombvidéki szakaszán az I. világháborút megelőző évtizedekben az érintett községek birtokosainak összefogásával több kisebb vízitársulat alakult, főleg patakmeder-szabályozási és lecsapolási munkák végzésére. A szakirodalom szerint ilyen vízitársulat jött létre a Mária és Boldád patakok völgyében 1894-ben, Krasznabéltek (Beltiug) székhellyel. Nem található adat azonban arra, hogy ennek a társulatnak a szomszédságában a Mária patak Szakasz (Rátești) község feletti szakaszán és a Hodos patak alsó részén nagyszokondi (Socond), krasznasándorfalvai (Șandra), oláhgyűrűsi (Gerăușa) és béltekhodosi (Hodișa) érdekeltség 1904-től egy másik vízitársulat megalakulását kezdeményezte. 1906-ban a Debreceni M. Kir. Kultúrmérnöki Hivatal elkészítette a medertisztítás tervét. A benyújtott kérelem és hatósági határozat alapján 1907. október 3-án a Földművelésügyi Minisztérium tudomásul vette a 285 hold területű érdekeltség Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulattá alakulását. A Nagyszokond székhelyű társulat részére Szatmár vármegye alispánja 1910. május 11-i véghatározata előzetesen megengedte a munkálatok megkezdését. 1910. decemberében elkészült a végleges vízjogi engedélyt tartalmazó hatósági határozat, a vízimunkák részletes műszaki adataival. A társulat az I. világháború idején feltételezhetően befejezte működését.

Kulcsszavak

Kraszna folyó, Mária és Hodos patakok, földbirtokos érdekeltség, vízi munkálatok, vízhasznosítási társulat, kultúrmérnöki hivatal, vármegyei alispáni hivatal.

Data on the activities of the Mária and Hodos Stream Valley Water Use Association (1904-1912)

Abstract

In the hilly section of the Kraszna river, a left tributary of the Upper Tisza, in the decades before World War I, several smaller water companies were formed with the cooperation of the owners of the affected villages, mainly to carry out stream bed regulation and drainage works. According to the water literature, such a water company was established in the valley of the Mária and Boldád streams in 1894, with Krasznabéltek (Beltiug) as its headquarters. However, there was no information in the literature that, in the neighborhood of this company, in the section of the Mária stream above the village of Szakasz (Rátești) and in the lower part of the Hodos stream, the interests of Nagyszokond (Socond), Krasznasándorfalva (Șandra), Oláhgyűrűs (Gerăușa) and Béltekhodos (Hodișa) also initiated the establishment of another water company from 1904. In 1906, the Debrecen Hungarian Royal Office of Cultural Engineering prepared the plan for river bed cleaning. Based on the submitted application and official decision, on October 3, 1907, the Ministry of Agriculture took note of the 285 acres area, becoming Mária and Hodos Stream Valley Water Company. For the company based in Nagyszokond, the final decision of May 11, 1910, of the deputy mayor of Szatmár county, gave preliminary permission to start the works. In December 1910, the official decision containing the final water rights license was completed, with detailed technical data of the water works. The troupe presumably ended its operations during World War I.

Keywords

Kraszna river, Mária and Hodos stream, landholding interest, water works, water use association, cultural engineering office, county deputy office.

BEVEZETÉS

A vízitársulatokra vonatkozó magyarországi vízügyi történelmi szakirodalom szerint a Kraszna-völgy Szatmár vármegyére eső részében működött a Mária és Boldva Patak völgyi Társulat (Vályi 1901, Lászlóffy 1982, Fejér 2010, Suba 2012, Konecsny 2021a, 2021b). A szakirodalomban viszont nincs adat a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulatra vonatkozóan. A nyíregyházi Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Történelmi Gyűjteményében több korabeli iratot találtunk a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat működéséről.

A magyarországi vízitársulatok földtulajdonosok, gazdálkodók, települések önkéntes összefogása volt arra, hogy a vizek kártételei ellen vagy a víz hasznosítására szervezeten, egységesen lépjenek fel (Csermák 1993, Fejér 2010). Az

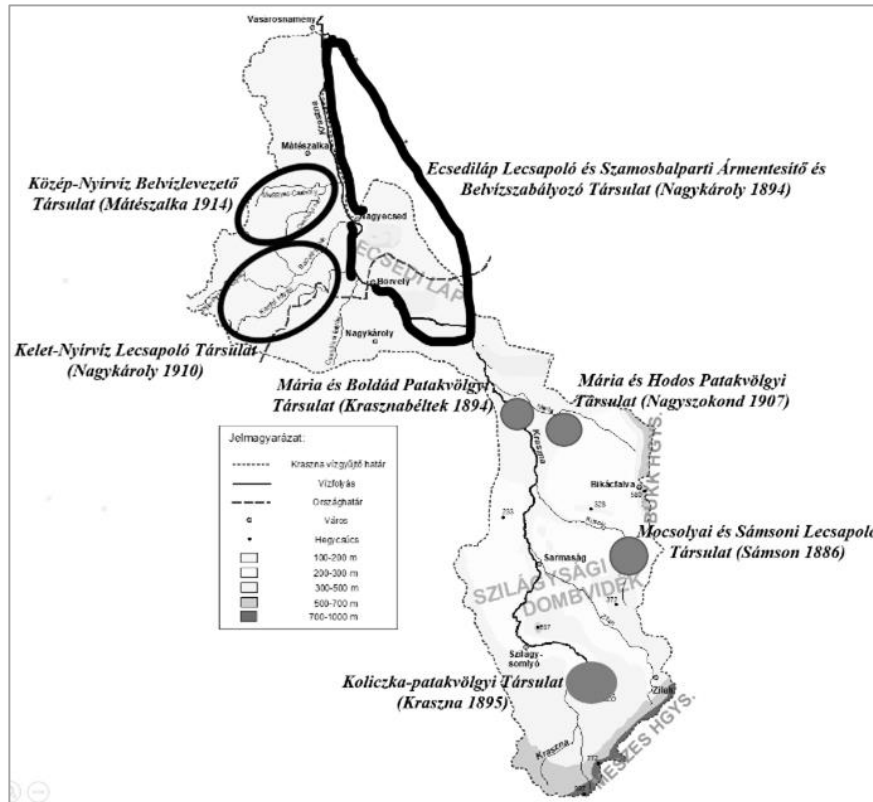
1885. évi XXIII. t. c., a vízjogi törvény 68. §-a kétféle vízitársulatot különböztet meg: vízrendezésre és vízhasználatra alakítható társulatokat. A vízrendező társulatok mederszabályozás, partbiztosítás, árvédelem és az ezzel kapcsolatos vízlevezetés céljára közérdekből alakultak a nagyobb folyók mentén, a folyammérnöki hivatalok felügyelete alatt. A vízhasználati társulatok öntözésre, alagsóvezetésre, lecsapolásra, sankolásra (földhordásra), mocsárciszításra alakultak és felügyeletük a kultúrmérnöki hivatalok hatásköre volt.

A nagyszabású, egységes Tisza szabályozás megkezdésekor, a folyó felső szakaszán 1846-ban alakult meg a Beregmegyei Ármentesítő Társulat, a Felsőszabolcsi Tiszaszabályozó Társulat és az Alsó-Szabolcsi Tiszai Ármentesítő Társulat. A Kraszna és mellékvízei síkvidéki szakaszának szabályozását és az Ecsediláp lecsapolását a

Nagykárolyban 1894-ben megalakított Ecsediláp Leccsapoló és Szamosbalparti Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat végezte 1895-1898 között.

Az I. világháborúig a Kraszna-völgy dombvidéki szakaszán a VI. Kerületi Debreceni M. Kir. Kultúrmérnöki Hivatal felügyeletével több kisebb társulat alakult (Vályi 1901, 1916, Lászlóffy 1982, Fejér 2010, Suba 2012, Konecsny 2021a, 2021b): 1886-ban a Mocsolyai és Sámsoni Leccsapoló Társulat (Szilágy vm.), székhelye Sámson (Şamşud), 278 ha

érdekeltség; 1894-ben a Mária és Boldva Patak völgyi Társulat (Szatmár vm.), székhelye Krasznabétek (Beltiug), 1358 ha érdekelttség; 1895-ben a Koliczka-patak völgyi Társulat (Szilágy vm.), székhelye Kraszna (Crasna), 972 ha érdekelttség. Később Szatmár vármegyében a Nyírség keleti részén a Kraszna balpartján alakult: 1910-ben a Kelet-Nyírvíz Leccsapoló Társulat, székhelye Nagykaroly, 9 225 ha érdekelttség; valamint 1914-ben a Közép-Nyírvíz Belvízvezető Társulat, székhelye Mátészalka, 2 863 ha érdekelttség.



1. ábra. Vízitársulatok a Kraszna völgyében 1886-tól az I. világháborúig
Figure 1. Water companies in the Kraszna valley from 1886 to the World War I

A MÁRIA VÖLGY HIDROLÓGIAI VISZONYAI ÉS TELEPÜLÉSEI

A Kraszna völgyében a Zilah-patak (274 km², 37 km) torkolata és az Ecsedi-láp (Királydaróc) közötti szakaszon, a jobb part felől érkeznek a nagyobb mellékvizek, a Mázsa (243 km², 29 km), a Cserna (115 km², 19 km), a Bãii (26 km², 12 km) és a Mária (170 km², 31 km) patakok (Újvári 1972).

A Mária patak a 400-500 m magasságú Szilágy-sági-Bükk hegység északnyugati lejtőin ered. Baloldali mellékvizei a Boldád (Boldá) és a Kisszokond (Soconzel). A jobboldali mellékvizei a Hodos (Hodişa) és a Stana vízhiányos időszakokban, jellemzően 5 évente kiszáradnak (Atlasul secãrii 2019). Ennek ellenére jelentős a kockázata az időnként kialakuló villámárvizek romboló hatásának. Kivételesen nagy árvíz idején a Mária-patak vízhozama Szakasznál meghaladhatja az 50 m³/s-ot. Ilyenkor a vízfolyás alsó szakasza mentén számottevő elöntések keletkeznek (<https://tinyurl.com/bdfce926>).

A Mária és Hodos patakok Szakasz község feletti völgyszakaszán a korabeli Szatmár vármegyei Erdődi járás négy kistelepülése található, melyeknek összlakossága az 1910. évi népszámlálás adatai szerint 2 644 fő volt. A lakosság kb. fele román nemzetiségű, a másik fele német

(sváb), magyar és más nemzetiségű volt. Nagyszokond (Socond) területe 2 986 kh., népessége 677 fő, Krasznásándorfalu (Şandra) területe 2029 kh., népessége 592 fő, Oláhodos vagy Bêltekhodos (Hodişa) területe 1 460 kh., népessége 526 fő, Oláhgyűrűs (Gerăuşa) területe 4 747 kh., népessége 849 fő (1910. évi Népszámlálás 1912).

SZATMÁR VÁRMEGYE VÍZÜGYI SZERVEZETEI

A XIX-XX. század fordulója előtti és utáni két-két évtizedben Szatmár vármegyében több állami, vármegyei és társulati vízügyi szervezet működött. Szatmárnémetiben volt a székhelye a Szatmári M. Kir. Folyammérnöki Hivatalnak, melynek hatásköre és illetékessége a Felső-Tisza és a Szamos mellett a Krasznára is kiterjedt és amely többek között felügyelte az árvízmentesítési és vízrendezési társulatokat, árvízmentesítési érdekeltségeket (Konecsny 2021b).

Kultúrmérnöki feladatok szempontjából Szatmár vármegye a VI. Kerületi Debreceni M. Kir. Kultúrmérnöki Hivatal illetékességéhez tartozott (4. ábra). A VI. Kerületi Hivatal székhelye 1894-ben költözött Budapestről Debrecenbe. Ebben az időszakban a hivatal vezetői teendőit Vinnay Géza m. kir. mérnök látta el, a beosztott műszaki alkalmazottak Katona Béla, Landau Lajos és Büchl Károly mérnökök voltak (Konecsny 2021a).

1905-ben a debreceni hivatal illetékessége Hajdú, Szabolcs, Szatmár és Szilágy vármegyékre, a területen lévő vízfolyásokra és tíz vízlecsapoló társulat felügyeletére terjedt ki (*Szatmár vármegye Hivatalos Lapja 1905*).

A hivatalfőnöki tisztségben Vinnay Gézát 1910-ben Sz. Jármay Tamás váltotta. Ekkor a beosztott mérnökök között volt Czverdely Andor, Török Gábor, Meskó Kálmán és Horváth József (*Magyarország tiszti cím és névtára 1910*).

A vízügyi hatósági feladatokat, a vízjogi engedélyezést I. fokon a nagykarolyi székhelyű vármegyei alispán, II. fokon Szatmár vármegye törvényhatóságának közigazgatási bizottsága, III. fokon a földművelésügyi miniszter látta el. 1889-1920. között Szatmár vármegye alispáni tisztségét Ujfalussy Sándor (1881-1889), Nagy László (1889-1905), majd Ilosvay Aladár (1906-1919) töltötték be (*Reiszig 1908, Magyarország tiszti cím és névtára 1873-1920*).

A hatósági engedélyhez kötött vízhasználat, vagy vízmunkálat engedélyezéséért, víziszolgáltatás megállapításáért folyamodóknak tervekkel ellátott kérvényt kellett benyújtania a törvényhatóságnak címezve, az illetékes kultúr-, illetve folyammérnöki hivatalnál (*Csermák 1993*).

A MÁRIA ÉS HODOS PATAKVÖLGYI TÁRSULAT FELTÁRT DOKUMENTUMAI

A nyíregyházi Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság Felső-Tisza-vidéki Műszaki Történeti Gyűjteményének (FTV MTGy.) okirattárában megtaláltuk a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat 1904-1912. évekből származó 40 iratát (levelek, jegyzőkönyvek, hatósági határozatok stb.), melyeket a nagykarolyi Szatmár vármegyei Alispáni Hivatal, a Debreceni M. Kir. Kultúrmérnöki Hivatal, valamint a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat tisztségviselői jegyezték. Ezek nagyobb része (24) kézirásos, de elég sok írógéppel lejegyzett irat is keletkezett (16). A legtöbb irat 1910-ből (9), 1909-ből (8), a legkevesebb 1905-ből (1) és 1908-ból (0) származik. A kézirásos dokumentumok általában jól olvashatók, de esetenként az írás elhalványult és nem, vagy alig olvasható.

Az első dokumentum egy 1904. szeptember 10-én kelt, Szatmár vármegye alispánjának címzett levél, amit a Szatmár vármegyei Sándorfalu község jegyzője írt és megtalálható rajta a község bélyegzője. A levél utal a 12800/904 sz. határozatra és rögzíti, hogy a Mária patak medertisztításánál Oláhhodos község is részben parti birtokos.

A Szatmár vármegyei Alispáni Hivatal (alispán Nagy László) VI. Ker. Debreceni M. Kir. Kultúrmérnöki Hivatalnak címzett 18470/1904. sz. kézirásos levele hivatkozik az 1904. június hó 24-én kelt 1045 sz. átiratra, a Szakasz község határában lévő úgynevezett „Felső mező rétek” ármentesítésének ügyére.

A Nagyszokondon 1904. október 8-án kelt Baumgartner Ambrus bíró és Drágos Ferenc jegyző által az alispánnak címzett 834/1904. számú levél szerint Nagyszokond község a 12800/904 sz. határozattal Szakasz községnek a „Felső mező rétek” ármentesítéséhez a műszaki munkák elkészítése céljából a Mária patak menti érdekeltébe bevont községet 50 Korona költség befizetésére kötelezte. A bíró kérte az alispánt, hogy Szakasz községet a vízjogi törvény értelmében kötelezze a műszaki munkálatok elvégzésére. Az alispán a dokumentumot – szakértői véleményezés céljából – 1904. október 14-én megküldte a Debreceni Kultúrmérnöki Hivatalnak is.

Vinnay Géza kir. műszaki tanácsos, a Debreceni Kultúrmérnöki Hivatal főnöke 1904. évi október hó 27-én kelt, Szatmár vármegye Alispáni Hivatalának címzett levelében megállapította, hogy nem kényszeríthető ki, hogy Szakaszon kívül más községek is hozzájáruljanak a költségekhez.

Az alispán Nagykárolyban 1904. november 16-án kelt 21491/1904 sz. határozata szerint: „... ha Szakasz község eredeti kérelméhez ragaszkodik a f. évi június hó 28-án 12500 f.v. kelt határozatának módosítására a dologi kiadások fedezésére bekért összegeket vagyis 2000 Koronát Szakasz község köteles előlegezni s hozzám 30 nap alatt befizetni.” A határozatról értesítést kapott a kultúrmérnöki hivatal, valamint Szakasz, Sándorfalva, Oláhgyűrűs, Nagyszokond községek előljárósága.

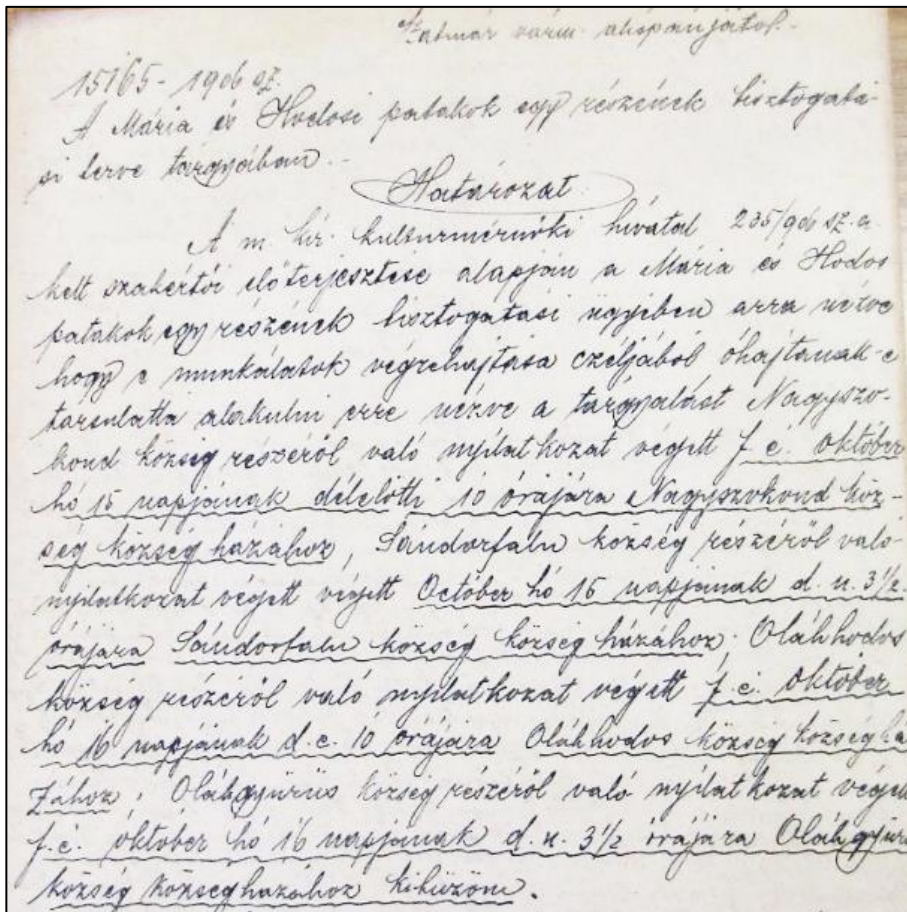
Szakasz község előljárósága 1904. december 26-i átiratában közölte az alispánnal, hogy Szakasz község részéről a kultúrmérnökség munkálatainak költségeit 1905. január végéig befizetik.

A Debreceni Kultúrmérnöki Hivatalnál Vinnay Géza m. kir. műszaki tanácsos, hivatalfőnök felügyelete mellett Török Gábor m. kir. segédmérnök 1905. augusztus 14-én elkészítette a patak tisztítási munkáinak költségvetését, mely földmozgatásból, híd átalakításból és előre nem látható kiadásokból állt és összesen 19 000 Koronát tett ki.

A kultúrmérnöki hivatal 1906. július 9-én Vinnay Géza hivatalfőnök aláírásával elkészítette a Mária és Hodos patak egy részének tisztítási tervére vonatkozó „Szakértői észrevételek” című iratot. Ebben megállapítják, hogy a tervezett mederkarbantartási munkálatok végrehajtása közérdekbe nem ütközik: 1.) Célszerűen létesíthető és fenntartható; 2.) Csak előnnyel jár, ugyanis a nyári árvizek a mederben nem férnek el és kiöntéseikkel tetemes kárt okoztak Szokond községtől lejjebb a Szakasz-Erdőd községi út hidjáig; 3.) A munkálat más meglévő munkálatokat károsan nem érint; 4.) Más tulajdon megszerzése vagy szolgálommal terhelése nem szükséges; 5.) A munkálathoz bevonandók a terv mellékleteit képező érdekeltégek kimutatásokban foglalt területek.

Vinnay Géza m. kir. műszaki tanácsos 1906. július 9-én 235/1906. számon levelet küldött a nagykarolyi Alispáni Hivatalnak. Ebben hivatkozik az alispán 12800/1904. számú határozatára, miszerint, a Mária és Hodos patakok egy részének tisztítási tervét az érdekelt települések községházánál 30 napi közzemlére tegyék ki. Az érdekelték adjanak nyilatkozatot, hogy hajlandók-e a munkálatok végrehajtása céljából társulattá alakulni. Kéri az érdekeltéket, Szakasz, Nagyszokond, Sándorfalva, Oláhhodos, Oláhgyűrűs községek előljáróit, a Mária és Boldád Patak völgyi Vízitársulatot és az erdő-ákosi törvényhatósági út képviselőjét összehívni.

Szatmár vármegye 1906. májusában kinevezett alispánja, Ilosvay Aladár 1906. augusztus 17-én 15165/1906. számon, a Mária és Hodos patakok egy részének tisztogatói terve tárgyában határozatot adott ki. 1906. október 15-17-re tárgyalásokat tűzött ki az érintett települések községházához, azért, hogy az érdekelték nyilatkozzanak, hogy a munkálatok végrehajtása céljából óhajtanak-e társulattá alakulni. Ha vállalják a társulattá alakulást, 1906. október 17-én alakuló közgyűlés tartandó.



2. ábra. Részlet Szatmár vármegye alispánja 1906. évi határozatából a vízitársulattá alakulásról
(Forrás: FTV MTGy.)

Figure 2. Extract from the 1906 decision of the deputy-lieutenant of Satu Mare (Szatmár) county on the formation of a water company
(Source: FTV MTGy.)

A Magyar Királyi Földmívelésügyi Minisztérium 1907. április 24-én kelt 11748/V.2. sz. Szatmár vármegye alispánjának szóló leirata hiánypótlásra visszaküldte a Mária és Hodos Patak völgyi Víztársulat megalakulására vonatkozó iratokat, mert négy helyett csak három választmányi tag írta alá a társulati közgyűlés jegyzőkönyvét. Az alispán az aláírás hiányát azzal indokolta, hogy a közgyűlésen a választmányi tagok közül csak hárman voltak jelen.

A Magyar Királyi Földmívelésügyi Minisztérium államtitkára Budapesten, 1907. október 3-án kelt 80042/V.2. számú rendeletében tudomásul vette a 285 hold 601 négyszögölnyi összterülettel rendelkező érdekeltség Mária és Hodos Patak völgyi Víztársulat néven társulattá alakulását és a bemutatott alapszabályokat jóváhagyta. A társulat mellé miniszteri megbízottként Vinnay Géza műszaki tanácsost, a Debreceni M. Kir. Kultúr- és Hivatal főnökét rendelte ki. Rendelkezett arról is, hogy az iratok egy példányát a vízikönyv okirattárba helyezték el.

A kultúr- és Hivatal 1907. november 8-án, az Alispáni Hivatalnak küldött 1711/1907. sz. levelében javasolta: „A társulat megalakulását kérem LIII/5 újonnan nyitandó vízikönyvi lapszámon feljegyeztetni, a társulat alapszabályait pedig a sorrend szerint következő iratcsomagban a vízikönyvi okirattárban elhelyeztetni, a társulati elnök és a választmányi tagok neveit ugyanezen vízikönyvi lap „Bejelentés tárgyá” című rovatában feljegyeztetni.”

A Földmívelésügyi Minisztérium 1909. március 23-án 38256/V.2. számon arról rendelkezett, hogy mivel a Mária és Hodos Patak völgyi Víztársulat 1908. december 30-i közgyűlését határozatképtelenség miatt nem tartották meg, az alispán utasítsa a társulatot a közgyűlés ismételt összehívására. Az irat egy példányát megküldték Schwegler Lajos római katolikus lelkésznek, a Mária és Hodos Patak völgyi Víztársulat elnökének, sándorfalui lakosnak.

1909. március 27-én a nagyszokondi község házában a Mária és Hodos Patak völgyi Víztársulat közgyűlést tartott, melyen Nagyszokond részéről 131 hold 583 ööl, Krasznasándorfalu részéről 3 hold 393 ööl, Oláhgyűrűs részéről 6 hold 290 ööl, Béltékahodos részéről 7 hold 78 ööl érdekelt jelent meg. Összesen képviselve volt 147 hold 147 szavazattal, így a közgyűlés az alapszabály alapján határozatképes volt. Az elnök előterjesztette a választmány javaslatát az évi munkaprogramra. A közgyűlés úgy döntött, hogy a csatorna kiásási munkákat sürgősen kezdjék meg, holdanként egy koronát a társulat pénztárába fizessenek be a szükséges költség fedezése céljából. Vida Mihályt, Merk Mártont, Pfefferkorn Jakabot a számvizsgáló bizottság tagjainak választották, Steinbinder Jánost társulati igazgatónak, Baumgartner Ambrust társulati pénztárnoknak nevezték ki. A víztársulat szavazati joggal rendelkező érdekeltjeinek nagy része a jegyzőkönyvi névsor családnevei alapján (pl.: Baumgartner, Einholz, Fortenhaizer, Heidelbacher, Kaiser, Kellenberger,

Linczenbold, Merk, Reizer, Steinbinder, Villand, Weinberger, Zigl stb.) német származásúak voltak, pedig ők a lakosság alig 40%-át tették ki. A társulat vezetői teendőit is német, illetve magyar származású birtokosok látták el. A románok számukhoz képest alulreprezentáltak voltak, és a társulati jegyzőkönyvek bizonyítják, hogy a közgyűléseken többször nem jelentek meg. Ennek oka főleg az lehetett, hogy a völgy elöntések által kevésbé érintett magasabb fekvésű részein gazdálkodtak.

A kultúrmérnöki hivatal 1909. április 3-án kelt, Vinnay Géza kir. műszaki tanácsos által Szatmár vármegye Alispáni Hivatalának küldött 510/1909. számú levele szerint az 1909. március 27-i társulati közgyűlés elhatározta a munka kivitelezését, de az még engedélyezve nincs. Kéri a 235/1906. számú szakértői észrevétel alapján az engedélyezési eljárás sürgős megindítását. A tárgyalásra a kérvényező társulat elnökét, a községek előjáróságait, a Mária és Boldád Patak völgyi Vízitársulat elnökét, ismeretlen érdekelteket és a kultúrmérnöki hivatalt hívják meg.

Kölcsey Rudolf, a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat alelnöke a vármegyei alispánnak címzett, Nagyszokond 1909. szeptember 15-i levelében közölte, hogy a közgyűlést és választmányi ülést 1909. szeptember 30-ra tűzték ki. Az alelnök az alispánnak Nagyszokond 1909. október 1-i levelében arról számolt be, hogy az 1909. szeptember 30-i közgyűlésen az érdekeltek csekély számában jelentek meg, így az nem volt határozatképes.

1909. december 17-én Nagyszokondon a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat évi rendes közgyűlést tartott, melyen jelen volt Kölcsey Rudolf társulati alelnök, illetve Horváth József, a kinevezett miniszteri megbízott helyettes a debreceni kultúrmérnöki hivaltól. Az összes 283 érdekeltségi szavazat közül 112 jelent meg, így a közgyűlés határozatképtelen volt. Az alelnök bejelentette a közgyűlésnek, hogy tekintettel a hivatalával járó elfoglaltságára, alelnöki állásáról lemond. A közgyűlés megválasztotta Winkler Antal helybeli tanítót társulati elnöknek és Merk Félixet alelnöknek. A közgyűlés egyhangúlag elhatározta, hogy a munkát a terveknek megfelelően végrehajtja, azok engedélyezése iránt lépéseket tesz a vármegyei alispánnál. Úgy döntöttek, hogy „magánúton” végzik a patak tisztítását a kultúrmérnöki hivatal útbaigazításai szerint. A kiküldött vízmester díjait kifizetik és ennek költségeire a társulat pénztárába érdekeltségi holdanként két koronát fizetnek be.

A Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat Nagyszokondon, 1910. január 15-én kelt levelében kérést terjesztett fel az alispánhoz a munka engedélyezése iránti eljárás megindítására. Szatmár vármegye alispánja 1910. március 1-én 3452/910. számon határozatot adott ki a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat tervezet vízimunkálatainak engedélyezése ügyében. Az iratokat Nagyszokond község házában 30 napra közzemlére tették ki, illetve felhívták az érdekelteket, hogy a tervezett vízhasználat elleni ellenvetéseiket írásban adják be. A határozat egy példányát a Mária és Boldád Patak völgyi Vízitársulat elnöke, Miklóssy Gyula is megkapta.



3. ábra. Winkler Antal társulati elnök Szatmár vármegye alispánjának írt 1910. januári levele (Forrás: FTV MTGy.)

Figure 3. Letter of water company president Antal Winkler addressed to the deputy-lieutenant of Satu Mare (Szatmár) county, January 1910 (Source: FTV MTGy.)

1910. április 23-án Nagyszokondon a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat évi rendes közgyűlésén jelen volt Mangu Béla vármegyei főjegyző, Horváth József kir. mérnök, Merk Félix társulati alelnök. A községi előjáróság jelentette, hogy a közzemlére kített tervezet ellen észrevételt senki nem adott be. A debreceni kultúrmérnöki hivatal hatósági szakértője a tárgyaláson a közzemlére kített tervezetet az érdekelteknek részletesen megmagyarázta. A Mária és Boldád Patak völgyi Társulat képviselőjében Miklóssy Gyula társulati elnök kijelentette, hogy a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat által kérelmezett vízi munkálatok engedélyezése ellen tiltakozik. Társulata csak azon esetben hajlandó tűrni a munkálatok végrehajtását, ha a víziművek fejlesztési költségeihez folyamodó társulat aránylagosan hozzájárul ahhoz. A Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat képviselőjében Merk Félix alelnök viszont kérte, hogy a munkálatokat a tavaszi időben hajthassák végre, mert a nyári munkaidő beálltával akadályozva lesznek, így az engedély soron kívüli kiadását kérte.

Ilosvay Aladár alispán, Nagykároly, 1910. május 11-én 8889/1910. számon véghatározatot adott ki, mely megengedte a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulatnak, hogy az iratokhoz mellékelte tervek alapján a vízimunkálatokat a végleges engedély kiadásáig kiépíthesse.

Sz. Jármay Tamás m. kir. főmérnök, a kultúrmérnöki hivatal főnöke 1910. december 6-i keltezéssel határozattervezetet készített az Alispáni Hivatal részére, a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat vízi művei engedélyezése tárgyában. A határozattervezet 1. §-nak megfelelően a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat részére Sándorfalu, Nagyszokond, Oláhgyűrűs és Oláhhodos községek határában a Mária és Hodos patakok medrében az engedélyokirat részét képező, a Hivatal 171/906. sz. tervei alapján a patakok mentén fekvő területek lecsapolása céljából engedélyezi: a.) A Mária patak tisztítását a Sándorfalu-szakaszi határtól kezdődőleg 4 700 m hosszban; b.) A Hodos patak tisztítását a Mária patakba való betorkolásától 1 000 m

hosszban. A medertisztítás szelvényét a Mária pataknál 0,8 m fenékszélességgel, 1,88 m átlagos terep alatti fenékmélységgel, a Hodos pataknál 0,8 m fenékszélességgel, 1,02 m átlagos terep alatti fenékmélységekkel, 1:1 rézsúhajlással tervezték. A határozattervezett 2. §-a az engedélyes társulatnak jogot ad arra, hogy a munkálatok kivitelezésével és fenntartásával a Mária és Hodos patakok felé induló vizeket a Mária patak alsó, a Mária és Boldád Patak völgyi Vízitársulat által takarított mederszakaszába elvezesse. Az engedélyokirat kiegészítő részét képezi: 1 műszaki leírás, 2 helyszínrajz, 1 köbkimutatás, 1 költségvetés.

A Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat 1912. január 3-i évi rendes közgyűlésén jelen volt Merk János társulati elnök és a jegyzőkönyvben felsorolt társulati tagok [A jegyzőkönyvben a határozatok olvashatatlanok].

A Debreceni M. Kir. Kultúrtechnikai Hivatal képviselőjében Sz. Jármay Tamás kir. főmérnök, hivatalfőnök 1912. január 16-án kelt és az Alispáni Hivatal részére küldött levele szerint a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat 1912. január 3-i közgyűlésén Merk János nagyszokondi lakost elnökké választották. A hivatal felhívta a társulatot, hogy a munkálatok végrehajtására hozott II. számú közgyűlési határozat nem törvényes, mert a parti birtokosokra aránytalanul nagy terhet ró, a nem parti birtokosok pedig a munkálathoz semmivel sem járulnak hozzá.

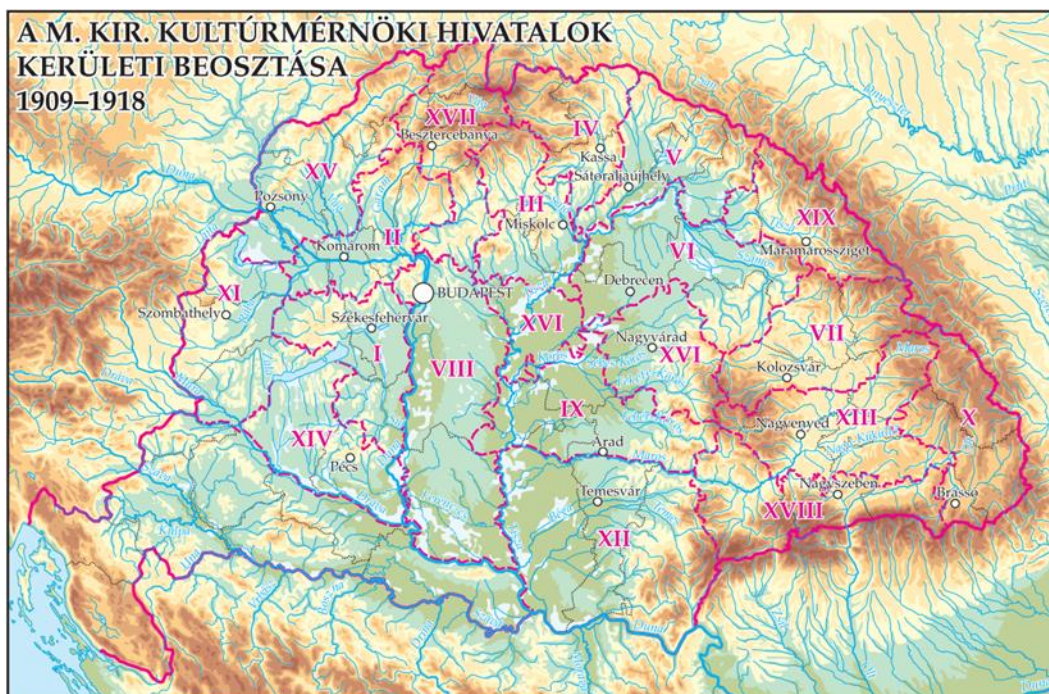
Az 1912. március 19-én kelt, a társulat működésével kapcsolatban megtalált utolsó irat szerint Nagyszokondon a Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat közgyűlést tartott, melyen jelen volt Merk János társulati elnök, Merk Félix alelnök és a névjegyzék szerinti társulati tagok.

Dokumentumok hiányában a vízitársulat további működésére vonatkozóan nem találtunk adatokat, a társulat feltételezhetően az I. világháború idején feloszlott.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Kraszna-völgy dombvidéki részén a Debreceni M. Kir. Kultúrtechnikai Hivatal felügyeletével az I. világháború előtt a vízimunkálatok végzése céljából alakult kisebb vízitársulatok között volt a Nagyszokond székhelyű Mária és Hodos Patak völgyi Vízitársulat. Ezzel a társulattal kapcsolatban nem található adatok a vízügyi történeti szakirodalomban.

A nyíregyházi Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság Vízügyi Történeti Gyűjteményében a munkálatok tervezésével és a hatósági eljárással kapcsolatos iratok és a jegyzőkönyvek 1904-től 1912-ig találhatóak meg. A vízitársulat mintegy 200 szavazattal rendelkező, közel 300 k. holdat birtokló érdekeltsége a Mária és a Hodos patakok völgyében található Nagyszokond, Krasznasándorfalu, Béltekhdos és Oláhgyűrűs településeket képviselte. Szatmár vármegye Alispáni Hivatala felterjesztése nyomán a Földművelésügyi Minisztérium 1907. október 3-án tudomásul vette az érdekeltség társulattá alakulását. Az alispán 1910. május 11-én megengedte a társulatnak, hogy a vízimunkálatokat elvégezze. A társulati közgyűlés határozatának megfelelően a patakmeder tisztítási munkáit saját kivitelezésben, a kultúrtechnikai hivatal útbaigazításai szerint valószínűleg 1910 tavaszán végezték, a Mária patakon 4 700 m, a Hodos patakon 1 000 m hosszúságban. A vízitársulat feltételezhetően az I. világháború idején oszlott fel.



4. ábra. A m. kir. kultúrtechnikai hivatalok kerületi beosztása 1909-1918. között (Dóka 2010)

Figure 4. The district assignment of the Hungarian royal civil engineering offices 1909-1918. (Dóka 2010)

(I. Székesfehérvár, II. Komárom, III. Miskolc, IV. Kassa, V. Sátoraljaújhely, VI. Debrecen, VII. Kolozsvár, VIII. Budapest, IX. Arad, X. Brassó, XI. Szombathely, XII. Temesvár, XIII. Nagyenyed, XIV. Pécs, XV. Pozsony, XVI. Nagyvárad, XVII. Besztercebánya, XVIII. Nagyszék, XIX. Máramaros-sziget)

IRODALOMJEGYZÉK

Csermák B. (1993). Vízügyek az 1945 előtti időkben. Vízügyi Közlemények. 75. évfolyam. 4. füzet. pp. 332-341.

Fejér L. (2010). A Vízitársulatok 200 éve. Vízgazdálkodási Társulatok Országos Szövetsége. Budapest. p. 256.

Konecsny K. (2021a). 3. Felső-tiszai vízügyi szervezetek kialakulása és működési struktúrája 1953-ig. In: A Felső-Tisza-vidék vízügyi múltja. FETIVIZIG Nyíregyháza. (Kézirat). p. 419.

Konecsny K. (2021b). A Szatmári Folyammérnöki Hivatal tevékenysége és szerepe a Felső-Tisza-Vidék vízviszonyainak átalakításában (1871-1920). Történeti Földrajzi Közlemények 9. évf. 3. szám. pp. 197-232.

Lászlóffy W. (1982). A Tisza. Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben. Akadémiai Kiadó Budapest. p. 610. doi:10.1177/030913338400800311

Magyarország tiszti cím- és névtára (1894-1920). Országos m. kir. Statisztikai Hivatal. Budapest.

Suba J. (2012). Magyarországi vízi társulatok 1807-1918. In: Tiszteletkötet Dr. Boros László főiskolai tanár 75. születésnapjára. Szerk.: Dr. Frisnyák Sándor - Dr. Kókai Sándor. Nyíregyházi Főiskola Turizmus és Földrajztudományi Intézete. pp. 153-164.

Takács P. szerk. (2016). A Történeti Szatmár vármegye. Erdődi járás. Kölcsey Társaság. pp. 264-296.

Újvári I. (1972). Geografia apelor României. Editura Științifică București. p. 591.

Vályi B. (1901). A Tiszavölgy vízszabályozási átnézet térképe. Katonai Geographiai Intézet. Bécs. (Kimutatás II.)

Szatmárvármegye Hivatalos Lapja (1905). 4726 – 1905. sz. Körrrendelet a m. kir. folyam- és kultúrmérnöki hivatalok beosztása. Kiadja: Szatmár vármegye alispánja. 1905. március 23. 3. évf. 13. szám. Nagykaroly 1906. pp. 156-157. https://library.hungaricana.hu/hu/view/SzatmarmegyeHivatalosLapja_1905/?pg=0&layout=s

Magyar Statisztikai Közlemények (1912). A Magyar Szent Korona országainak 1910. évi népszámlálása. A Magyar Királyi Központi Statisztikai Hivatal, Az Athenaeum Irodalmi és Nyomdai R.-Társulat Nyomása. Budapest. doi:10.20311/stat2022.5.hu0431

Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire Apelor (2019). Tema A6, M.M.A.P. "Finalizarea și publicarea Atlasului secării râurilor din România", București. <https://tinyurl.com/bdfce926>. doi:10.37897/rmj.2019.4.11

A SZERZŐ

KONECSNY KÁROLY 1979-ben a Kolozsvári „Babeș-Bolyai” Tudományegyetemen földrajz szakon diplomázik, majd hidrológus posztgraduális képzésen vesz részt. 1997-ben védi meg területi vízháztartási témájú doktori értekezését és szerez Phd fokozatot. Közben 1979-től 2005-ig vízügyi igazgatóságoknál vezető hidrológusként dolgozik, 2005-től nyugdíjazásáig a VITUKI tudományos osztályvezetője, az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Hatóság vízgazdálkodási vezető főtanácsosa, az Országos Vízügyi Hatóság osztályvezetője és igazgatóhelyettese, tervezőcég hidrológiai szakértője. Mintegy 140 szakmai közleménye jelent meg. Akadémiai köztestületi tag. Az MHT több választott tisztségét is betöltötte. MHT kitüntetései: Pro Aqua díj (2005), dr. Schafarzik Ferenc emlékérem (2016), Vitális Sándor szakirodalmi díj (2002; 2018), Bogdánfy Ödön emlékérem (2022). 2016. évtől a Hidrológiai Közlöny szakszerkesztője, 2022-től a lap főszerkesztő-helyettese.

P. Károlyi Zsigmond és a Dégen-korszak vízügyi történetírása

Albert Gábor*

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

DOI:10.59258/HK.11100



Kivonat

A gazdaság- és technikatörténész P. Károlyi Zsigmondot a hazai szaktörténetírás kiemelkedő képviselőjeként tartjuk számon. Alkotó munkásságának jelentős része a Dégen Imre nevével fémjelzett korszakhoz kapcsolódott. Dégen Imre vízügyek igazgatójaként 1967-ben Károlyi P. Zsigmondot bízta meg egy történeti kutatócsoport létrehozásával. Írásunk P. Károlyi Zsigmond szaktörténetírói munkásságát, főként a Vízgazdálkodás folyóiratban az 1960-as évek elejétől az 1970-es évek közepéig megjelent cikkein keresztül értékeli.

Kulcsszavak

Vízügyi történetírás, gazdaság- és technikatörténet, Dégen-korszak.

Zsigmond P. Károlyi and the historiography of the water management in the Dégen-era

Abstract

The economic and technical historian, Zsigmond P. Károlyi is considered to be an outstanding representative of Hungarian professional historiography. A significant part of his work was related to the era marked by Imre Dégen's name. Imre Dégen, as a director of water affairs entrusted Zsigmond P. Károlyi with the creation of a historical research group in 1967. This paper examines P. Károlyi's work as a specialist historian through his articles published in the journal Vízgazdálkodás (Water Management) from the early 1960's to the middle of 1970's.

Keywords

Historiography of the water management, history of economy and technology, Dégen-era.

BEVEZETÉS

P. Károlyi Zsigmond az 1950-es évek elejétől egészen 1989-ben bekövetkezett haláláig foglalkozott a vízügyek történetével, de azt – ahogyan Fejér László a szerzőről írt nekrológiájában fogalmazott – „a természet-táj-emberi tevékenység-műszaki színvonal szoros összefüggésében tárgyalta, mindvégig otthonosan mozogva a tudományterület rokon területei között” (Fejér 1989).

P. Károlyi Zsigmond a pesti egyetem bölcsészkarának elvégzése után 1967-ig a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtárában dolgozott. 1960-ban jelent meg „A vízhasznosítás, vízépítés és vízgazdálkodás története Magyarországon” című munkája. Alkotó munkásságának jelentős része a Dégen Imre nevével fémjelzett korszakhoz kapcsolódott. Az ő kifejezett biztatására szerkesztőként és szerzőként is jelentős szerepet vállalt a Vízügyi Történeti Füzetek sorozat megjelenítésében (ifj. Károlyi Zsigmond *szóbeli közlése*). Dégen Imre vízügyi főigazgatóként egy történeti kutatócsoport létrehozásával is megbízta P. Károlyit. A vizsgált periódus vége Dégen Imre 1975-ös nyugdíjaztatásához kapcsolódik és csak egy-két esetben – P. Károlyi munkásságának teljesebb áttekintése miatt – léptünk túl a kijelölt időhatáron. A Dégen-korszak szaktörténetírásához Lászlóffy (1973) adatgazdag összefoglalását használtuk, P. Károlyira vonatkozó adatokat nekrológok segítségével (Fejér 1989, Móra 1989), és fia, ifj. Károlyi Zsigmond visszaemlékezései alapján értékeljük. Vázlatos áttekintésünkhöz levéltári forrásokat is segítségül hívtunk: munkánkat a BME Központi Könyvtára beszámolójelentéseire, a Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár vonatkozó iratanyagára, kiemelten a „Vízügyi Történeti adatok” című munka átdolgozása és kiadása tárgyában folytatott levelezésekre alapoztuk.

Károlyi Zsigmond a Rajk-perben kivégzett nagybátyja, Pálffy György iránti tiszteletből vette fel a P. Károlyi nevet. Írásunkban hol P. Károlyiként, hol Károlyi Zsigmondként írjuk a szerző nevét, attól függően, hogy a hivatkozott munkát milyen formában publikálta.

VÍZÜGYTÖRTÉNETI KUTATÁSOK DÉGEN IMRE HIVATALI IDEJÉN

Lászlóffy ismertetéséből tudjuk, hogy a Magyar Hidrológiai Társaság 1973 májusa előtt, a szervezet keretében létrejött Vízügyi Történeti Bizottság megalakulásáig szervezeten nem foglalkozott történeti kutatásokkal. A hidrológusok mégsem voltak közömbösek a történeti kutatások iránt (Lászlóffy 1973).

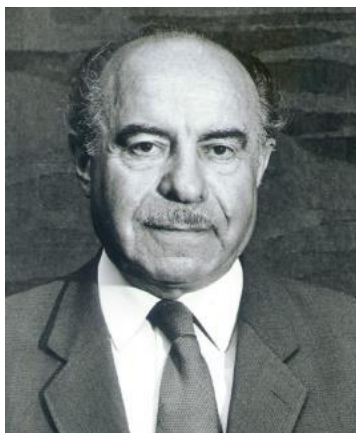
Az 1960-as, 1970-es években a Hidrológiai Közönyben és a Hidrológiai Tájékoztatóban több történeti témájú írás is megjelent. Bendefy László Lányi Sámuelről, Vay Miklósról, Vedres Istvánról és Vörös Lászlóról írt, a budai Ördögárok történetét Kuhárszky Tihámér dolgozta fel, a hévízkutatás hazai történetéről Schmidt Eligius Róbert számolt be. A Magyar Hidrológiai Társaság vidéki csoportjai is foglalkoztak helyi irányultságú szaktörténeti kutatásokkal. Szegeden Vedres István születése 200., a szegedi árvíz 90. évfordulója alkalmából tartottak megemlékezést. Pécs római kori vízvezetékéről Somogyi Géza értekezett (Lászlóffy 1973).

Beszédes József munkásságának biografikus feldolgozását – mely a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtára „Műszaki Tudománytörténeti Kiadványok” című sorozatának első darabjaként 1953-ban jelent meg – Károlyi Zsigmond végezte el (Lászlóffy 1973).

E sorozat 13. köteteként megjelent műve – A vízhasznosítás, vízépítés és vízgazdálkodás története Magyarországon (Tankönyvkiadó, 1960) – a Dégen Imre vezette Or-

szágos Vízügyi Hivatal (OVH) támogatásával látott napvilágot. Dégen érdeklődése már korábban kialakult a vízügy-történet iránt, mert átlátta, hogy a gazdag hagyományokkal rendelkező vízügyi szolgálat tapasztalataira építve tudja folytatni azt az országépítő munkát, amely a dualizmus korában szökkent szárba, és a szocializmus gazdasági viszonyai között is a gazdasági-társadalmi fejlődés egyik fontos alapját biztosította. Támogatta a kutatómunkát, így figyelt fel Károlyira, akit Beszédesről írott munkája révén ajánlottak figyelmébe munkatársai. Dégen 1967-ben a VITUKI keretén belül egy vízügytörténeti kutatócsoport létrehozásával bízta meg Károlyi Zsigmondot (*Fejér 1989*). Eredmény a Károlyi által szerkesztett Vízügyi Történeti Füzetek című kiadványsorozat (melyet már a Vízügyi Dokumentációs Központ (VÍZDOK) jelentetett meg), majd az OVH kezdeményezésére létrejött VÍZDOK-on belül megalakult Magyar (1988-tól Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeum (közismert nevén a Duna Múzeum), valamint a Vízügyi Levéltár (ma Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár). P. Károlyi 1984-es nyugdíjazásáig a Magyar Vízügyi Múzeum tudományos munkatársa volt.

Természetesen a vízügyi történetírás kiemelkedő alakjai között magát Lászlóffy is számon kell tartanunk, aki vízügytörténeti kutatásai jelentős részét szintén a Dégen-korszakban folytatta. Ő már nemzetközi kontextusba helyezte kutatási eredményeit és nemcsak könyvészeti, de alapos levéltári munkákat is végzett. Lászlóffy lektori és tudományos szervező ténykedése is példaértékű (*Fejér 2018, Albert és Farkas 2022*).



1. kép. Dégen Imre (Forrás: Duna Múzeum, 2007.08.01.)
Picture 1. Imre Dégen (Source: Duna Múzeum, 1.8.2007)

Dégen Imre érdeme pedig az volt, hogy felismerte a szaktörténeti kutatások jelentőségét és annak intézményesítésében, hivatali háttérének megteremtésében tevéleges szerepet is játszott. „Az európai vízgazdálkodási műveltség, amelyet Vásárhelyi, Kvassay, Sajó képviselt a magyar vízügyben, Dégen munkásságában folytatódott.” – állapította meg Glatz Ferenc 2010-es írásában, melyben már akkor sürgette Dégen Imre államtitkár működéséről egy áttekintő tanulmány elkészítését (*Glatz 2010*). Egy biztos: a múltörzés fontosságának felismerését nála a tettek követik. A tudományos intézmények (Múzeum, Levéltár) megalapítása mellett a tiszadobi Vásárhelyi emlékmű, a Kerepesi temetőben Vásárhelyi díszsírhelyének kialakítása, az OVH egykori épületét és tanácstermét díszítő, a vízügyi szakma nagyjait ábrázoló arcképek és mellszobrok mind-

mind szimbolikus jelentőségűek, történeti érdemükön felül Dégen Imre elköteleződéséről is tanúskodnak (*Lászlóffy 1973*).

KÁROLYI ZSIGMOND A BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM KÖZPONTI KÖNYVTÁRÁBAN

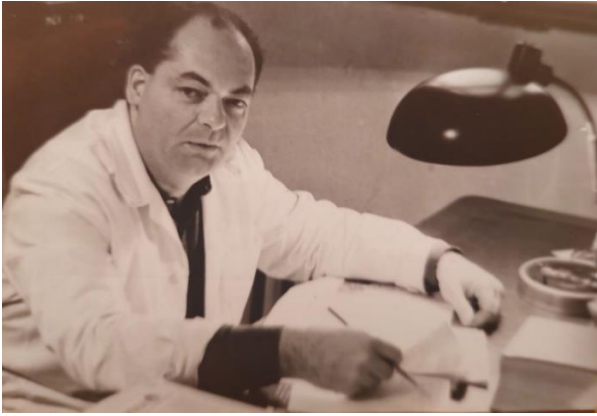
A vízügytörténeti kutatások a II. világháború alatt, majd 1945 után is háttérbe szorultak. A csendet 1953-ban a fent már említett Beszédes József mérnökről szóló kötet törte meg, mely a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtára által gondozott Műszaki Tudománytörténeti Kiadványok című sorozat első füzeteként jelent meg. A szerző Károlyi Zsigmond a Központi Könyvtár állományában, főkönyvtárosi munkakörben dolgozott.

A könyvtár – ahogyan erről a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtárának éves beszámolójelentéseiből értesülhetünk – korszerű, az akkori információáramlás magas szintjén működő, nagy létszámú szervezeti egység volt. A Tájékoztató és Bibliográfiai Osztály, ahol Károlyi is dolgozott, valóságos kincsesbánya volt az oktatók, kutatók és hallgatók számára: Felsőoktatási Szakirodalmi Tájékoztatója 233 külhoni folyóiratot szemlézett, különválasztották a retrospektív irodalomkeresést és a kurrens folyóirat-kutatást, rendszeresítették az előszerzeményezést, beszerezték a Science Citation Index évi köteteit, és állományonként fordítói segítséget vettek igénybe (*BME Központi Könyvtár 1964. évi beszámolójelentése*).

A könyvtárosok munkájának szerves része volt a tudományos kutatómunka. Károlyi Zsigmond – sok más kollégájához hasonlóan – kutatónappal rendelkezett, éves munkatervben beállított könyvtártudományos kutatómunkát végzett és számos témában publikált. A magyar műszaki irodalom kezdetei – a legrégebbi időktől a XIX. század derekáig című témát – melyről az 1961. és az 1962. évi beszámolójelentésből olvashatunk – 1961-ben és 1962-ben dolgozta fel. 1964-ben a műszaki tájékoztatás folyóiratbázisát elemezte, 1965-ben és 1966-ban pedig a szakirodalmi információbázis tervszerű kiépítésének kérdése állt könyvtártudományi vizsgálódásai fókuszában (*BME Központi Könyvtár 1964. évi beszámolójelentése, Héberger 1966a, 1967*). Mindemellett még a könyvtári időszak alatt született meg a fent már idézett, legfontosabb összefoglaló munkája is (*Károlyi 1960*).

Károlyi a fentiekén túl minden évben több vízügytörténeti és technikatörténeti cikket is jegyzett. Vízügytörténeti írásai többnyire a Vízgazdálkodás című periodikában és a Technikatörténeti Szemlében jelentek meg. A Vízgazdálkodásban a „Vízügyi eseménynaptár” rovatot szerkesztette és írta.

1964-ben az Országos Vízügyi Főigazgatóság „A vízügyi történeti adatok” című kiadvány előállításával bízta meg Károlyit. Erről Károlyi az alábbiakat írta: „A 'vízügyi eseménynaptár' szerény kereteiből kinőtt nagyarányú vállalkozás hézagpótló jelentőségű munka a magyar vízépítés történetének feltárásában.” (*Károlyi 1964a*). A korabeli levelekből, feljegyzésekből tudjuk, hogy egyrészt szakmai indokok (*Károlyi 1970*), másrészt a két társszerző, Károlyi Zoltán és Vázsonyi Ádám visszalépése (*Stelczer 1964*) – egyikük megbetegedése, a másik elhalálása – miatt csak 1968-ban lett kész a kézirat.



2. kép. P. Károlyi Zsigmond az íróasztalánál 1966 végén (Forrás: ifj. Károlyi Zsigmond családi fotógyűjteményéből)
Picture 2. Zsigmond P. Károlyi at his desk at the end of 1966 (Source: family photo collection of Zsigmond Károlyi Jr.)

Károlyi széleskörű érdeklődését bizonyítja, – és erről Héberger Károly könyvtárigazgató Elekes Lajoshoz, a Felsőoktatási Pedagógiai Kutatócsoport vezetőjéhez írt 1966. szeptember 19-i leveléből értesülhetünk – hogy (*Hodinka László* társszerzőjeként) a Budapesti Műszaki Egyetem /és az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem/ történeti bibliográfia tervezetét elkészítette (*Héberger 1966b*). Ezen kívül Károlyi Zsigmond előadóként működött közre Kövessy Ferenc, a Műegyetem Növénytan Tanszékén egykor dolgozó professzor bibliográfiájának összeállításában is (*Héberger 1966c*).

P. KÁROLYI ZSIGMOND ÍRÁSAI A VÍZGAZDÁLKODÁSBAN

A Vízgazdálkodás (1978-tól Magyar Vízgazdálkodás, 1991-től Vízűkör) néven megjelent folyóirat rendszeresen közölt vízgyűjtőtörténeti írásokat, ahol a vizsgált bő 10 éves periódus alatt közel ötven vízgyűjtőtörténeti írás jelent meg.

Számos tanulmány született a neves mérnök és geológus, a VITUKI tudományos kutatója, Bendefy László tollából: folyóink vízrajzi felmérésének kezdeti, 1650 és 1773 közötti időszakáról (*Bendefy 1974*), Huszár Mátyás haláláról és sírjáról (*Bendefy 1975a*), a hazánkban dolgozó vízszabályozó mérnökök kiképzésében szerepet játszó bécsi császári Mérnöki Akadémiáról (*Bendefy 1975b*), Vedres István Rummy Károlyhoz írt leveleiről (*Bendefy 1977*).

„Történeti adatok a Dunaszabályozásról” címmel írt cikket Vincze Oszkár (*Vincze 1968*). Vízgyűjtő szakoktatástörténeti téma bemutatása terén Wisnovszky Iván cikkére utalhatunk (*Wisnovszky 1969*). Benedek István Gábor Luigi Ferdinando Marsigliéről írt (*Benedek 1976*), Horváth Mihály Sajó Elemért méltatta (*Horváth 1975*).

A társszerzős munkák közül Faludi Gábor és Kubatov János 1976-ban a 150 éve született Türr Istvánra emlékezett (*Faludi és Kubatov 1976*), Faludi Gábor és Nagy István öntözéstörténeti témát választott (*Faludi és Nagy 1971*), Papp Géza és Szabó László egy 1727-ből fennmaradt, elfelejtett vízgazdálkodási tervről értekeztek (*Papp és Szabó 1977*).

A folyóirat közleményeinek túlnyomó részét azonban P. Károlyi Zsigmond jegyezte. Témái egyrészt kiemelt

eseményekhez, másrészt neves vízgyűjtő szakemberek életéhez (születésének vagy elhalálzásának évfordulójához) kapcsolódtak.

A hidrometria magyar úttörőjéről, Hajós Sámuelről 1967-ben, halálának negyvenedik évfordulóján írt (*P. Károlyi 1967*). A vízgépészet jeles művelőjével, Kienitz Vilmosmal születésének nyolcvanadik, halálának tizedik évfordulóján, 1969-ben foglalkozott (*P. Károlyi 1969a*). A kultúrmérnöki intézmény és a korszerű vízgyűjtő igazgatás megszervezőjét és vezetőjét, Kvassay Jenőt ugyancsak 1969-ben méltatta (*P. Károlyi 1969b*). Ugyancsak 1969-es írása a Tisza-szabályozás első királyi biztosának méltatása. Orczy Lőrinc, a kiváló hadmérnök, az irodalomtörténetből ismert főúri költő 1718-ban született. Róla születésének 250. évfordulóján emlékezett meg. Ez a cikke egyben a 18. századra, a vízgyűjtő irodalom akkoriban egyik kevésbé kiemelt korszakára is ráirányította a figyelmet. Arra az időszakra, amikor a vízszabályozás ügye mindinkább előtérbe került: a török háborúk befejeztével a hadászati célú vízelvezetési munkák ugyan megszűntek, de az elnéptelenedett területek átláthatatlan, mocsaras viszonyai, valamint a vízimalmok „áldásos” tevékenysége mellett a medrekben épített malomgátak káros hatásai egyre komolyabb problémává váltak. Orczy a Tisza-szabályozás terén megfelelő állami támogatás és műszaki segítség hiányában csak rész eredményeket tudott elérni (átmetszések, partvédő munkálatok megindítása). Bár felismerte, hogy a folyószabályozást rendszerben kell elvégezni, a Felső-Tisza egységes szabályozási terve a 18. század végén még nem állt rendelkezésre, a technikai feltételek még nem voltak adottak. Az Ung, a Latorca és a Laborca folyók teljes szabályozásával, a víz lefolyását gátló malmok és malomgátak elbontásával azonban maradandót alkotott (*P. Károlyi 1969c*). Károlyi méltatása szerint a poéta-generálist nem véletlenül tekintethetjük Széchenyi egyik előfutárának.

Vásárhelyi Pálról halálának 125. évfordulója alkalmából, 1971-ben vetette papírra gondolatait (*P. Károlyi 1971a*).

Budapest 1973-ban ünnepelte a város egyesítésének centenáriumát. P. Károlyi a városrendezés kevésbé ismert, vagy feledésbe merült mozzanatára hívta fel a figyelmet, amikor a XIX. század második felének magyar mérnökét és vízmérnökét, Lechner Lajost méltatta születésének 140. évfordulóján: ő volt az, aki az egyesített főváros rendezésének és fejlesztésének végleges tervét kidolgozta. E cikk keretében emlékezett meg a hazai közegészségügyi mérnöki szolgálat kiépítőjéről és vezetőjéről, Farkas Kálmánról is halálának 20., valamint az artézi kútúróról Zsigmond Béláról, születésének 125. évfordulóján (*P. Károlyi 1973a*).

Ugyancsak 1973-ban készült el a Kiskörei Vízlépcső. Ezért tekintette P. Károlyi halaszthatatlannak, hogy Huszár Mátyás munkásságát, „Vízrajzi értekezések a Körösök és a Berettyó vízgyűjtő területéről” című művét bemutassa, vízrajzi térképezésre, tervezésre, vízszabályozásra és a mérnökképzés helyzetére vonatkozó újító elképzeléseit példaként állítsa a korabeli szakemberek elé (*P. Károlyi 1973b*).

1975-ben a hazai vízügyi szolgálat 30 évét tekintette át (P. Károlyi 1975a, 1975b). Beszédes Józsefről, a reformkor kiváló mérnökéről, Széchenyi munkatársáról a neves mérnök halálának 125. évfordulója alkalmából, 1977-ben írt, kiemelve Beszédesnek a vízhasznosítás és a mezőgazdasági vízépítés terén elért eredményeit (P. Károlyi 1977).

Bár a vizsgált időintervallumon kívül esik Torontál híres vízépítő mérnökéről, Katona Antalról szóló, 1982-ben megjelent cikke, mégis azért citáljuk ide ezt az írást, mert annak születéstörténetét – és ez a szerző stílusában, szófordulataiban, patetikus hangnemében is tetten érhető, – az értékörzés és értékmentés nemes gondolata vezérelte. A Magyar Hidrológiai Társaság Szegedi Területi Szervezete által megrendezendő emlékülésre ugyanis 1981 végéig nem került sor. Pedig Katona Antal a Tisza-völgy rendezésében részt vett jeles mérnökök egyike volt, „akinek elhalványuló neve, szerepe és jelentősége ma már alig kelti fel a megemlékezés rezonanciáját.” (P. Károlyi 1982).

Persze nem kihagyhatók az általa gondosan és igényesen megírt nekrológok sem, melyekben a neves kortársról vagy szerzőtársról adott teljességre törekvő életmű-ismeretést. Vázsonyi Ádámról írt 1973-as emlékezése is ezek sorába tartozik (P. Károlyi 1973c).

A történelmet a mindenkori politikai hatalom igyekszik a maga rendszerének legitimációjaként kezelni. A szocialista rendszerek – benne a magyar is – lázasan keresték azokat a személyeket, eseményeket, korszakokat, amelyek valamilyen módon kötődtek az érához, azzal párhuzamba állítható, rendszerstabilizáló erőként felmutathatók voltak. A Vízgazdálkodás szerzői, maga P. Károlyi sem tudtak (vagy nem is akartak) az aktuálpolitikai irányvonallal szembe menni. Ebben P. Károlyi baloldali meggyőződése is szerepet játszott. Nagybátyját, Pálffy Györgyöt ugyan a Rajk-perben halálra ítélték és ez megrázta őt, de baloldali alapállásától nagybátyjának elvesztése sem tudta eltántorítani (Fejér 1989, Móra 1989).

Vizsgált korszakunk rendszer-legitimáló formája a forradalmi legitimáció volt, kiemelten az 1919-es Tanácsköztársaság, a történelmi folytonosság és szellemi azonosulás megteremtése. P. Károlyi 1967 és 1977 között több írást is szentelt ennek a 133 napnak, közelebről a Tanácsköztársaság vízügyi programjának és a vízügyi szolgálat 1919-es tevékenységének (Károlyi 1964b, 1976, P. Károlyi 1969d). 1970-ben „Lenin a műszaki haladásról és a vízgazdálkodás feladatairól” címmel jelent meg közleménye (P. Károlyi 1970a). Az itt-ott feltűnő aktuálpolitikai és ideológiai felhangoktól eltekintve, azokat „leporolva” adatgazdag írásokat olvashatunk, amelyek tükrében a vízügyi szolgálat kiváló mérnökeinek teljesítménye mind szakmai programalkotás, mind megvalósítás tekintetében ma is tisztelet érdemel.

P. Károlyi részletesen írt a Tanácsköztársaság programjának alapelvéről, a közlekedési hálózat aránytalanságának megszüntetéséről, arról, hogy a vasúti szállításhoz sokkal gazdaságosabb vízi szállítás a forgalom lebonyolításában nagyobb szerepet kell, hogy játsszon. A korabeli elképzelés szerint az ország keleti és nyugati víziút hálózatának

összeköttetését a Duna-Tisza-csatorna megépítése biztosíthatja. Ennek érdekében hozták létre Gerster Béla, a Korinthoszi-Csatorna világhírű építőjének irányításával a (sajnos rövid életű) Duna-Tisza-Csatorna Építési Igazgatóságot is. A 133 napos uralom idején kezdődött meg a csepeli kereskedelmi kikötő építése is. A szerző 1964-es írása az árvédelem bemutatására is figyelmet fordított. A vízügyi szolgálat 1919 április-májusi tevékenységének kiemelt fejezete volt a tiszai árvíz és az ellene való védekezés is. Az árhullám tetőzésekor az érintett terület a román hadsereg hadműveleti zónájába esett, ami megnehezítette az árvédelmi munkálatokat. Az ellességes haderő korlátozta az állami, társulati mérnökök és munkatársaik mozgását, lefoglalta a távíróvonalakat, az ingó vagyont elhurcolta és sok esetben fegyvertüzet is alkalmazott (P. Károlyi 1964b).

P. Károlyi részletesen írt a munkásmozgalommal szolidáris szocialista mérnök-mozgalomról is, az „Adatok a Magyar Tanácsköztársaság vízgazdálkodásának történetéhez II.” című cikkében. A Tanácsköztársaság 50. évfordulójára emlékező írás a vízügyi szolgálat vezetőiről és műszaki tanácsadóiról adott biográfikus „esetleányomatókat” (P. Károlyi 1969d). A polgári radikális mozgalom szabadkőműves páholyából induló, majd a szakszervezeti mozgalom keretében kialakuló szocialista mérnök-mozgalomhoz csatlakozó Bodgánfy Ödön nemcsak a Tanácsköztársaság vízügyi szolgálatának vezetőjeként, de az AMOSZ-ban (Alkalmazott Mérnökök Országos Szövetségében) a Mezőgazdasági Műszaki Szakosztály és az Energiagazdálkodási Szakosztály irányítójaként is maradandót alkotott. A Korinthoszi-Csatorna tervezőjeként és építőjeként korábban említett Gerster Béla mellett P. Károlyi Zsigmond a vízerő hasznosításában és az országos energiaszolgáltató hálózat kialakításában szerepet játszó szakemberekről – főként Seidner Mihályról, a Ganz Villamosági Gyár vezetőjéről, termelési biztosáról és Hoór Tempis Mórról, az energiagazdálkodás struktúrájának korszerűsítőjéről, illetve kettejük munkásságáról is részletes áttekintést adott (P. Károlyi 1969d).

Az évfordulókon és a politikailag „kihagyhatatlan” témákon túl értelemszerűen P. Károlyi (ahogyan a korszak maga is) érzékenyen rezonált, reflektált írásaiban a jelentősebb jelenkori eseményekre – aszályos időszakokra, jelentős árvizekre, belvizekre, fontosabb műtárgyépítésre stb. – kiemelve azok múltbeli vonatkozásait, kapcsolódásait.

Vásárhelyi Pál „Általános Tisza-szabályozási tervéről”, a szerző fő alkotásáról szóló, fent már említett 1971-es (részben 1972-es) cikksorozatának megírását nemcsak Vásárhelyi halálának 125. évfordulója, de az 1970. évi nagy Tisza-völgyi árvíz, vele kapcsolatban a Tisza-szabályozás megkezdésének évfordulója egyaránt befolyásolta (P. Károlyi 1971a, 1972a). Ugyancsak a Tisza völgyét sújtó természeti csapás ösztönözte P. Károlyit az „Adatok a Tisza völgyi árvizek történetéhez” című cikksorozatának elkészítésére. A szerző történelmi korszakok szerinti bontásban adott teljes történeti áttekintést a Tisza völgyi árvizek történetéről (P. Károlyi 1970b, 1970c, 1971b).

1972 májusában a két szomszédos szocialista állam, Jugoszlávia és Románia együttműködésével megépült a

Vaskapu szorosban a Vaskapu I. vízerőmű. Ez a nagylétesítmény egyszerre volt korszakzáró és korszaknyitó a Duna-hajózás, különösen az Alsó-Duna hajózásának történetében. „Az Al-Duna-szabályozás múltjából” címmel írt cikksorozatának megírását részben ez az esemény befolyásolta. Másrészt az, hogy a P. Károlyi szerkesztésében megjelent „Vízügyi történeti füzetek” 5. száma az Al-Duna szabályozás történeti ismertetésével foglalkozott. A Vízgazdálkodásban megjelent cikksorozatát figyelemfelkeltésnek szánta (P. Károlyi 1972b, 1972c).

Végezetül ide kívánczik még P. Károlyi folyami kotrások történetéről szóló munkája – habár szintén meghaladja a vizsgált korszak időhatárait (1979-es írásról van szó): ismertetése nemcsak hajózástörténeti és műszaki technikatörténeti szempontból érdekes. A cikk – Rupcsics György, a tiszai kotrások egykori megszervezőjének méltatásán túl – a kotróhajók munkába állításának kérdéseiről és a kitermelt anyag elszállításáról is beszél, utalva Keczkés Károly egykori munkásságára, aki Széchenyi korában a Vidra (az első közép-európai gőzkotró) tanulmányozásánál már foglalkozott ezzel a kérdéssel (P. Károlyi 1979). Bár a cikk írója nem említette a munkájában, de a témaválasztással kapcsolatban azért érdemes megjegyezni az 1960-as, 1970-es évek lakótelep építési munkálatait: akkor és ott a hazai folyókból kitermelt kavicsnak óriási jelentősége lehetett.



3. kép. P. Károlyi Zsigmond 1980 körül (Forrás: ifj. Károlyi Zsigmond családi fotógyűjteményéből)
Picture 3. Zsigmond P. Károlyi around 1980 (Source: family photo collection of Zsigmond Károlyi Jr.)

MÉRLEG

P. Károlyi Zsigmond termékeny szaktörténetírói munkássága (közel ötven cikke a Vízgazdálkodásban), technikatörténészként végzett vízügytörténeti kutatásai azért voltak hitelesek, mert a technika általános megközelítésén túl, fáradságot nem kímélve annak térhez és időhöz való kötődését is felismerte.

Írásaihoz releváns történeti és műszaki forrásokat vont be. Nem csürte-csavarta a nyelvet, nem hágtá át a nyelvhelyesség szabályait – Lászlóffy követve – tisztán és szabatosan fogalmazott. Alapos és igényes munkát végzett, az elgépeléseket korrigálta, ha kellett újragépelte kéziratának egyes oldalait (ifj. Károlyi Zsigmond szóbeli közlése).

A harmincas-egyvenes éveiben járó kutatót minden bizonnyal inspirálta a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtárának alkotó légköre, a szervezeti egység tudományos kutatómunka iránti elköteleződése. Későbbi szaktörténetírói munkásságához, teljesítményéhez azonban kellett a Dégen Imre által képviselt szakpolitikai támogató háttér is.

IRODALOMJEGYZÉK

Albert G., Farkas I. (2022). Vízügy történeti keretben. A „több, mint kultúrmérnök”, Lászlóffy Woldemár. Hidrológiai Közöny 2022. 102. évf. 1. sz. pp. 60-64.

Bendefy L. (1974). Folyóink vízrajzi felmérésének kezdeti időszaka 1650-1773. Vízgazdálkodás. 1974 május-június. pp. 118-121.

Bendefy L. (1975a). Huszár Mátyás halála és sírja. Vízgazdálkodás. 1976 július-augusztus. pp. 143-145.

Bendefy L. (1975b). A bécsi császári kir. Mérnöki Akadémia szerepe a hazánkban dolgozó vízszabályozó mérnökök kiképzésében. Vízgazdálkodás. 1975 november-december. pp. 223-229.

Bendefy L. (1977). Vedres István levelei Romy Károlyhoz a Magyar Tudományos Akadémia kéziratárában. Vízgazdálkodás. 1977. 1. sz. pp. 10-12.

Benedek I. G. (1976). Luigi Ferdinando Marsigli a Duna középkori szerelmese. Vízgazdálkodás. 1976 november-december. pp. 196-198.

Faludi G., Kubatov J. (1976). 150 éve született Türr István (II. rész). Vízgazdálkodás 1976 január-február. pp. 22-26.

Faludi G., Nagy I. (1971). Részletek a magyarországi öntözés történetéből II. Vízgazdálkodás 1971 május-június. pp. 106-108.

Fejér L. (1989). P. Károlyi Zsigmond 1925-1989. Magyar Vízgazdálkodás. 1989/4. p. 13.

Fejér L. (2018). Lászlóffy Woldemár. In: Ágoston István-Fejér László: A nemzet inzellérei III. Vízmérnökök élete és munkássága XIX-XX. sz. Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság. Szeged.

Glatz F. (2010). A hazai vízgazdálkodás, Duna-stratégia történeti vitakérdései. História. pp. 64-70.

Horváth M. (1975). Sajó Elemér 1875-1934. Vízgazdálkodás. 1975 szeptember-október. pp. 179-181.

Károlyi Zs. (1960). A vízhasznosítás, vízepítés és vízgazdálkodás története Magyarországon. Műszaki Tudománytörténeti Kiadványok, 13. szám. Tankönyvkiadó. p. 322.

Károlyi Zs. (1964b). A Tanácsköztársaság vízügyi programja és a Vízügyi Szolgálat 1919. évi tevékenysége. II. Vízgazdálkodás 1964/4. pp. 126-128.

Károlyi Zs. (1976). Emlékezés a Magyar Tanácsköztársaság vízgazdasági politikájára. Vízgazdálkodás 1976 március-április. pp. 59-62.

Károlyi Zs. (1977). Beszédes József 1786-1852 (Megemlékezésül halálának 125. évfordulójáról). Vízgazdálkodás. 1977 május-június. pp. 106-112.

- Lászlóffy W. (1973). A Magyar Hidrológiai Társaság Vízügyi Történeti Bizottsága. Hidrológiai Tájékoztató. 1973. pp. 15-17.
- Móra L. (1989). P. Károlyi Zsigmond (1925-1989). Technikatörténeti Szemle. XVIII. 1990-1991. Országos Műszaki Múzeum. 1991. pp. 209-210.
- P. Károlyi Zs. (1967). Hajós Sámuel (1855-1927) a hidrometria magyar úttörője. *Vízgazdálkodás* 1967/2.
- P. Károlyi Zs. (1969a). Kienitz Vilmos (1889-1959). *Vízgazdálkodás*. 1969 november-december. p. 186.
- P. Károlyi Zs. (1969b). Kvassay Jenő (1850-1919). A Kultúrmérnöki Intézmény és a korszerű vízügyi igazgatás megszervezője és vezetője (Megemlékezésül halálának 50. évfordulójáról) *Vízgazdálkodás*. 1969 szeptember-október. pp. 151-155.
- P. Károlyi Zs. (1969c). Orczy Lőrinc a Tiszaszabályozás első biztosa. *Vízgazdálkodás*. 1969 január-február. pp. 20-21.
- P. Károlyi Zs. (1969d). Adatok a Magyar Tanácsköztársaság vízgazdálkodásának történetéhez II. A Tanácsköztársaság vízügyi szolgálatának vezetői és műszaki tanácsadói. *Vízgazdálkodás*. 1969 május-június. pp. 65-68.
- P. Károlyi Zs. (1970a). Lenin a műszaki haladásról és a vízgazdálkodás feladatairól. *Vízgazdálkodás*. 1970 május-június. pp. 90-93.
- P. Károlyi Zs. (1970b). Adatok a Tisza völgyi árvizek történetéhez I. Régi Tisza völgyi árvizek *Vízgazdálkodás*. 1970 július-augusztus. pp. 150-152.
- P. Károlyi Zs. (1970c). Adatok a Tisza völgyi árvizek történetéhez II. Árvizek a rendszeres szabályozási és ármentesítési munkálatok megkezdése óta. *Vízgazdálkodás*. 1970 szeptember-október. pp. 191-192.
- P. Károlyi Zs. (1971a). Vásárhelyi Pál „Általános Tisza-szabályozási terve” (Megemlékezésül halálának 125. évfordulójáról. II). *Vízgazdálkodás*. 1971 november-december. pp. 227-229.
- P. Károlyi Zs. (1971b). Adatok a Tisza völgyi árvizek történetéhez III. *Vízgazdálkodás*. 1971 január-február. pp. 37-38.
- P. Károlyi Zs. (1972a). Újabb adatok Vásárhelyi Pál „Általános Tisza-szabályozási tervé”-ről. III. közl. *Vízgazdálkodás* 1972 május-június. pp. 114-117.
- P. Károlyi Zs. (1972b). Az Al-Duna szabályozás múltjából I. A régi szabályozási munkálatok – és azok nemzetközi visszhangja. *Vízgazdálkodás*. 1972 szeptember-október. pp. 183-186.
- P. Károlyi Zs. (1972c). Az Al-Duna szabályozás múltjából II. A múlt század végi szabályozási munkálatok az Al-Dunán – és azok nemzetközi visszhangja. *Vízgazdálkodás*. 1972 november-december. pp. 238-241.
- P. Károlyi Zs. (1973a). Emlékezzünk a régiekről. Lechner Lajos – a hazai városrendezés, vízellátás és csatornázás úttörője (1833-1897) Farkas Kálmán – a „Közegészségügyi mérnöki szolgálat” kiépítője és vezetője (1859-1953) Zsigmond Béla – az ártézikútúró, az Alföld vízellátásának úttörője (1848-1916) *Vízgazdálkodás*. 1973 március-április. pp. 77-80.
- P. Károlyi Zs. (1973b). Emlékezzünk a régiekről. Huszár Mátyás „Vízrajzi értekezése a Kőrösök és a Berettyó vízgyűjtő területéről ...” 1823-ból. *Vízgazdálkodás*. 1973 május-június. pp. 108-110.
- P. Károlyi Zs. (1973c). Vázsonyi Ádám (1901-1973). *Vízgazdálkodás*. 1973 szeptember-október. pp. 185-186.
- P. Károlyi Zs. (1975a). A vízügyi szolgálat 30 éve (I. rész 1945-50). *Vízgazdálkodás*. 1975 március-április. pp. 86-88.
- P. Károlyi Zs. (1975b). A vízügyi szolgálat 30 éve (II. rész 1950-1957). *Vízgazdálkodás*. 1975 július-augusztus. p. 147.
- P. Károlyi Zs. (1979). A folyami kotrások története. *Magyar Vízgazdálkodás*. 1979/6. pp. 29-31.
- P. Károlyi Zs. (1982). Torontál híres vízépítő mérnöke Katona Antal. *Magyar Vízgazdálkodás*. 1982/1. pp. 23-24.
- Papp G., Szabó L. (1977). Egy elfelejtett vízgazdálkodási terv 1727-ből. *Vízgazdálkodás*. 1977 július-augusztus. p. 156.
- Vincze O. (1968). Történeti adatok a Dunaszabályozásról. *Vízgazdálkodás*. 1968 november-december. pp. 183-185.
- Wisnovszky I. (1969). A vízügyi szakközépiskolai oktatás. *Vízgazdálkodás*. 1969 július-augusztus. pp. 117-120.
- *** (1957-1970) BME Központi Könyvtár végzett munkájáról. BME Levéltár VIII. 25/c
- *** (1961) Beszámoló jelentés a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtárának 1961. évben végzett munkájáról. p. 26. BME Levéltár VIII. 25/c
- *** (1962) Beszámoló jelentés a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtárának 1962. évben végzett munkájáról. p. 39. BME Levéltár VIII. 25/c
- *** (1964) Jelentés a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtárának 1964. évben végzett munkájáról. pp. 32-36. BME Levéltár VIII. 25/c
- *** (1964) Jelentés a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtárának 1964. évben végzett munkájáról. p. 45. BME Levéltár VIII. 25/c
- *** Héberger K. (1966a). Jelentés a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtárának 1965-ben végzett munkájáról. Budapest. BME Központi Könyvtára. p. 63. BME Levéltár VIII. 25/c
- *** Héberger K. (1966b). Héberger Károly 1966. szeptember 29-i levele Elekes Lajos egyetemi tanárnak. BME Levéltár VIII. 25/a Iktatókönyv 1966. 872/5/1966.
- *** Héberger K. (1966c). Héberger Károly 1967. április 21-i levele Leslie Andrének. BME Levéltár VIII. 25/a Iktatókönyv 1966. 1032/5/1966.
- *** Héberger K. (1967). Jelentés a Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtárának 1966-ban végzett munkájáról. Budapest. BME Központi Könyvtára. p. 62. BME Levéltár VIII. 25/c
- *** (1964-1970) Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár (KVL) XIX. 5. c. OVF iktatott iratok. A „Vízügyi történeti adatok” c. OVF szakmai kiadvánnyal kapcsolatos levelezések, feljegyzések.

*** (1964a). Károlyi Zsigmond 1964. február 29-i feljegyzése a „Vízügyi történeti adatok” c. munka átdolgozása és kiadása tárgyában. (1964-1970) KVL XIX. 5. c. OVF iktatott iratok. A „Vízügyi történeti adatok” c. OVF szakmai kiadvánnyal kapcsolatos levelezések, feljegyzések.

*** Károlyi Zsigmond 1970. július 27-i feljegyzése László Ferenc főosztályvezetőnek „Vizeink szabályozása” c. kiadvány tárgyában. (1964-1970) KVL XIX. 5.

c. OVF iktatott iratok. A „Vízügyi történeti adatok” c. OVF szakmai kiadvánnyal kapcsolatos levelezések, feljegyzések.

*** (1964). Stelczer Károly főigazgató helyettes 1964. július 8-i levele az Országos Vízügyi Főigazgatóság számára „Vízügyi történeti adatok” c. kiadvány előállítás tárgyában. (1964-1970) KVL XIX. 5. c. OVF iktatott iratok. A „Vízügyi történeti adatok” c. OVF szakmai kiadvánnyal kapcsolatos levelezések, feljegyzések.

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, vízügy-történet, történelemtanítás-történet.



Az elsüllyedt palota

Az Isztambultól 20 km-re lévő belgrádi erdőből kapja vizét az a Hagia Szophia közvetlen szomszédságában lévő föld alatti medence, mely 80 000 m³ víz tárolására alkalmas.

A 336 márványoszlopból álló víztározót és az akvaduktot I. Justinianus bizánci császár építtette 532-ben.

1985-ben a helyreállítási munkálatok közben mintegy 50 000 tonna iszapot emeltek ki a víztározóból. A ciszternát a nagyközönség előtt 1987-ben nyitották meg.

Fórum

A Hidrológiai Közlönyben a Fórum rovatokban – szerkesztőségünk felkérése alapján – a vízügyi igazgatóságok szakembereinek tollából készült tanulmányokat közlünk, amelyekben bemutatják az igazgatóságok működési területére jellemző vízgazdálkodási kérdéseket.

Alábbiakban Petrócz Bálint és Németh József írását közöljük, amelyben bemutatják az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (ÉDUVIZIG) történetét.

70 éves az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság

Petrócz Bálint*, Németh József**

* ÉDUVIZIG nyugalmazott osztályvezető (E-mail: balintpetroc@ gmail.com)

** ÉDUVIZIG igazgató (nemeth.jozsef@eduvizig.hu)

BEVEZETŐ

Öröm és megtiszteltetés az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság szakembereinek, hogy 2023-ban a Magyar Hidrológiai Társaság XL. Vándorgyűlésének előadóit és vendégeit Győrben köszönhetik. A vizekben gazdag városunk és működési területünk számos kihívás és sikeres feladat elé állította és állítja Igazgatóságunk dolgozóit. Erről a szép szakmai munkáról szeretnénk egy rövid beszámolót adni.

AZ IGAZGATÓSÁG MŰKÖDÉSI TERÜLETE

A vízügyi igazgatóságok működési területét a vízrajzi egységek, a vízrendszerek és az állami közigazgatási egységek határainak együttes figyelembevételével alakították ki. Elnevezésük előbb székhelyükhöz igazodott, míg 1959. július 1-i hatállyal elnevezésüket a természetföldrajzi és vízgazdálkodási egységet alkotó területet kifejező mai elnevezésre változtatták. Így lett a Győri Vízügyi Igazgatóságból Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság.

Az Igazgatóság működési területe kiterjed Győr-Moson-Sopron és Komárom-Esztergom vármegye majdnem teljes egészére, ezen kívül Vas, Veszprém és Fejér vármegyéből 13 település területére. A működési terület nagysága 6 370 km², a lakosság száma mintegy 760 000 fő. Felügyelete alá tartozik többek között a Duna a szlovák határtól az Ipoly torkolatig, a Mosoni Duna-ág, a Rába Sárvártól Győrig terjedő és a Rábca teljes szakasza, a Marcal alsó szakasza, a Fertő tó magyarországi területe és a tatai Öregtő. Az Igazgatóság területén négy szakaszmérnökség működik: a Hansági, a Rábai, a Szigetközi és a Tatai.

A VÍZÜGYI IGAZGATÁS SZERVEZETEINEK KIALAKULÁSA

A Kárpát-medencében élő ember víz ellen, illetve vízért vívott küzdelmének dokumentumai több évszázadra tekintenek vissza. Középkori királyaink fennmaradt utasításai ezekről a vízi beavatkozásokról szólnak. A XVIII. században bekövetkezett mezőgazdasági fejlődés hatására megerősödött nagybirtokosoknál megjelent a vízrendezési, sőt vízhasznosítási munkálatok igénye. A vízügyi munkálatok irányításával kezdetben a vármegyék foglalkoztak, a rendek vagy az uralkodó által kiküldött „biztosok” felügyelete alatt. A mindennapi állami vízgazdálkodási és mezőgazdasági feladatok ellátására 1871-től alakultak meg a Folyammérnöki Hivatalok (Pozsony, Ko-

márom és Győr), majd 1881-től a Kultúrmérnöki Hivatalok. Az állami hivatalok mellett 1859-1929 között területünkön összesen 9 vízitársulat alakult és működött kisebb-nagyobb területeken. Ezek közül kiemelendő a teljes Szigetközöt magába foglaló Szigetközi Ármentesítő Társulat (1892) és a Rába árvizeinek kivédésére alakult Rábaszabályozó Társulat (1873) megalakulása és működése (Meiszner 1888, Huszár 1930, Fekete 1947). Tevékenységük alatt olyan kiváló vízépítési művek épültek és részben mai is üzemelnek, mint a Rajkai zsilip (1. kép) és a Nicki duzzasztó (2. kép). E két társulat működési területe szinte lefedi a mai igazgatóság területét.



1. kép. Rajkai zsilip (ÉDUVIZIG felvétel)



2. kép. Nicki nyerges gát (ÉDUVIZIG felvétel)

Vízügyi igazgatás központi és területi szervezetei 1945 után

Az 1948. június 2-án hatályba lépő rendelet megszüntette a helyi, egyéni érdekeket szolgáló, korábban a nagybirtok irányítása alatt álló vízitársulatokat. Ezzel az aktuális az állam feladatává vált majdnem minden vízgazdálko-

dási tevékenység. 1948-ban létrehozták az Országos Vízgazdálkodási Hivatalt és a működési területünkön az év októberében létrejött a Győri Vízgazdálkodási Körzet 17 fővel Nyuli József vezetésével, amely két kirendeltséggel rendelkezett:

1. Győri Folyammérnöki Kirendeltség Schleicher Géza vezetésével, 29 fő munkatárssal

2. Győri Ár- és Belvízvédelmi Kirendeltség Demetrovics Szilárd vezetésével, 99 fő munkatárssal, akik főleg a megszüntetett Rábaszabályozó Társulat dolgozóiból álltak össze.

Alig egyéves működés után 1949. decemberében a két kirendeltség beolvadt az újonnan alakult Vízgazdálkodási Körzetbe, amely 1950. januárjától képviselte az állami vízügyi szervezetet. Az 1951. februárjában kiadott rendelet alapján a kultúrmérnöki, belvízrendezési, öntözési feladatok, illetőleg az árvízvédelmi és folyamszabályozási tevékenység ellátására külön-külön területi hivatalokat hoztak létre. Így jött létre 1951. márciusában a Győri Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Hivatal, melynek vezetője Vönöczki Dezső lett. Ugyanezen időtől alakult meg a Győri Kultúrmérnöki és Belvízrendező Hivatal is, Nyuli József főmérnök vezetésével. A két vízügyi szerv egy helyütt, a Rábaszabályozó Társulat volt székházában működött. A vízügyi igazgatás történetének egyik legkeményebb tanulságát szolgáltatotta az 1951. évi, nem kellően átgondolt átszervezés, amely a körzetekhez képest a területen is visszalépés volt. Két év alatt világossá vált, hogy a hatalmas feladatokat maga elé tűző új társadalom vízgazdálkodással szembeni igényeit egy megosztott, feldarabolt vízügy nem tudja kielégíteni, ez a helyzet a fejlődés akadályává vált. Sürgetően jelentkezett a korszerű, egységes vízgazdálkodás kialakításának szükségessége.

Az egységes vízügyi államigazgatás megalakulása és főbb szervezeti változásai 1953-2023 között

A Minisztertanács határozatban rendelte el az egységes vízügyi szervezet felállítását és 1953. október 1-én megkezdte működését az Országos Vízügyi Főigazgatóság és 11 vízügyi igazgatóság. Az újonnan létrejött Győri Vízügyi Igazgatóság első igazgatója Asztalos László volt, helyettese Nyuli József főmérnök. A Vízügyi Igazgatóság a Győri Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Hivatal, valamint a Győri Kultúrmérnöki és Belvízrendező Hivatal jogutódjaként jött létre, így természetes volt, hogy feladatát is ezen hivatalok korábbi teendői határozták meg (Markó 2003).

Az új szervezetet már 1954-ben komoly próbára tette a Dunán levonuló, magasságában és tartósságában minden addiginál is nagyobb árhullám, amely a Szigetközben árvíz-katasztrófát is okozott. Az árvíz következményei, a helyreállítás számos problémára hívta fel a figyelmet. Jelentős árvízvédelmi fejlesztések és a Duna főmedrének rendezési munkái indultak meg. Az árvízi események után 1954-ben a Győri Vízügyi Igazgatóság vezetésében Najmányi László váltotta fel Asztalos Lászlót. 1955-ben az OVF elrendelte, hogy a területi vízgazdálkodás megerősítése érdekében szakmérnökségeket kell létrehozni. Így alakultak meg a

Győri Vízügyi Igazgatóság komáromi, csornai, ásványrárói, nicki és győri székhelyű szakmérnökségei.

A vízügy alaptevékenysége volt a vízművek és a vízi munkák elsőfokon történő vízjogi engedélyezése is. Az 1950-es évek végétől már a vízgazdálkodás, a vízkészletgazdálkodás is bővítette a feladatkört, majd pedig az 1960-as évek közepétől a vízminőségvédelem.

A társulatok 1948-ban történt megszüntetése után 9 évvel a kormányzat előtt is világossá vált, hogy az állam nem tudja ellátni valamennyi vízfolyás és csatorna karbantartását és fejlesztését, ezért 1957-ben lehetővé tette vízgazdálkodási társulatok alakítását az érdekeltek saját, helyi jellegű vízügyi feladatainak megoldására. Területünkön ezt követően kezdtek megalakulni újra a vizitársulatok (Győri, Kapuvári, Komáromi, Tatai, Mosonmagyaróvári).

Még 1960-ban úgy döntött az igazgatóság vezetése, hogy a nicki szakmérnökséget megszünteti és a Rába igazgatósági teljes szakaszára, Győr székhellyel létrehozza a Rábai Szakmérnökséget. 1962-ben a Komáromi Szakmérnökséget átköltöztették Tatára, az Öreg-tó partján lévő egykori Ugron-villába és az elnevezése ettől kezdve Tatai Szakmérnökségre változott.

1964-ben elkészült az Országos Vízgazdálkodási Kertterv, majd 1965. július 1-én hatályba lépett a Vízügyi Törvény. 1966-ban az államigazgatás és a termelési feladatok ágazaton belüli elválasztását rendelték el. Ennek eredményeképpen jöttek létre az igazgatóságokon a termelési üzemek.

A vízi közművesítés iránti társadalmi igények megnövekedése miatt 1968-ban létrehozott Vízellátási és Csatornázási Osztály feladatai kibővültek a víziközmű fejlesztés hatósági egyeztetési, a hatósági engedélyezési és felügyeleti tevékenységgel, végigkísérve a megvalósítást, az üzemeltetési engedélyezési eljárást és a hatósági felügyeletet. Az 1960-as évek végén az igazgatóság az országban az elsők között kísérletezett a fenntartási, karbantartási munkák gépesítésével. A csatornák tisztogatásához, az előterek és a rézsűk kaszálásához próbáltak ki célgépeket, adaptereket, mert a fizikai munkaerő mind kevésbé állt rendelkezésre. Ekkor kezdték kialakítani a Hydrot, a különböző gépkinyúlású CSATI gépek mintapéldányait.

A vízügyi igazgatóság területi elhelyezkedése miatt a határt képző és keresztező vizek kezelése a határvízi együttműködésekön keresztül valósul meg. Az igazgatóság két országgal is közvetlen kapcsolatot tart fenn. Az Ausztriával közös vízügyi problémáinak megoldása a Magyar-Osztrák Vízügyi Bizottság feladata. A Magyar-Osztrák Vízügyi Bizottság 1971. évi határozata alapján megkezdődtek az osztrákokkal közös vízminőségi vizsgálatok a határtérségben. Emellett a Lajta és a Fertő tó kisvízi és árvízi kérdései a legfontosabb igazgatósági feladatok ebben a bizottságban. Szlovákiával a Duna medrének hajózási, jég- és árvízlevezetési célú beavatkozásai adnak különleges feladatokat.

1971-ben fejeződött be az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság új székházának építése és a hivatal átköltözött a Győr, Árpád út 28-32-be (3. kép).



3. kép. ÉDUVIZIG Székház (ÉDUVIZIG felvétel)

1980-ban az igazgatóság létrehozta a Bős-Nagymarosi Vízlépcsőrendszer beruházásával kapcsolatos feladatok ellátása érdekében a GNV kirendeltséget.

1988. július 1-én létrehozták a környezetvédelmi szervezetekből és a vízügyi igazgatóságokból a területi szervezetet, így területünkön az Észak-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóságot. Az újonnan létrehozott területi szerv feladatköre a vízügyek mellett jogutódként tartalmazta a beolvadt szervezetek valamennyi feladatait (természetvédelem, hulladékgazdálkodás, a zaj és levegő tisztaság).

1989 októberében a magyar parlament a vízlépcsőrendszer teljes munkálatait leállította. A befejezetlen létesítmények a teljes határterület vizeinek állapotát károsan érintették.

1990. október 15-én megalakult a Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium (KHVM), ahova a vízügyi igazgatóságok kerültek. A vízminőségi feladatokat, valamint a környezetvédelmi teendőket és a természetvédelmet az újonnan alakított Környezetvédelmi Felügyelet hatáskörébe utalták. 1991. január 1-től jogszabálmódosítás következtében az állami tulajdonban és a vízügyi vagyongazdálkodásban lévő Kis-Rába, Mosoni-Duna, Által-ér öntözőrendszerek az igazgatóság üzemeltetésébe kerültek és ettől kezdve az üzemeltetési feladatokat az illetékes szakmérnökség látja el.

A létszámban bekövetkező legnagyobb változást a GNV munkák leállításán kívül az 1994. év hozta. A hatósági munka függetlenségének elérése érdekében – igazodva az államigazgatási létszámcsökkentési szándékhoz – megkezdődött a termelés leválasztása a Vízügyi Igazgatóságról és a mintegy 1700 fős létszám 430 főre változott. 1994-ben a műszaki tervezési, építőipari, kivitelezési tevékenység az újonnan alapított Észak-dunántúli Vízügyi Építőipari és Szolgáltató Kft. (ÉDUVIZ Kft.) feladatai közé került. A hajózási és a vízi szállítási, valamint a kitzúzési és kotrási feladatokat 1994 óta a Lasselsberger Vízügyi Házépítési Kft. látja el.

Ezzel párhuzamosan megkezdődött az új vízgazdálkodási törvény előkészítése, majd 1995-ben az elfogadása. Az új törvény – figyelemmel a társadalmi változásokra – pontosan definiálta, hogy a vízgazdálkodás keretében mi az állam feladata, mi az önkormányzatoké és a társulatoké.

2000. december 22-én életbe lépett a Víz Keretirányelv, amelynek célja, hogy intézményes kereteket adjon az Európai Unióban a fenntartható vízgazdálkodásnak, és a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek készítésével és az azokban foglalt intézkedések végrehajtásával legkésőbb 2027-re megteremtse a felszíni és felszín alatti vizek jó állapotát.

A 2002. év újabb fordulatot hozott, mert a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium újra egyesítette a vízgazdálkodás és a környezetvédelmi feladatok ellátását. 2004. január 1-vel a területen létrejött a Vízügyi Felügyelet, amely gyakorolta az elsőfokú vízügyi hatósági, szakhatósági jogköröket. Többek között segítette a működési területén lévő önkormányzatokat vízügyi hatósági feladatai ellátásában. Egy évvel később a Vízügyi Felügyelet beolvasztásával jött létre a zöldhatóság, vagyis az Észak-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség.

Ugyanakkor ismételt 2004. január 01-én megalakult a Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság, amely a területen végezte a vízkárelhárítási, környezeti és vízminőségi kárelhárítási tevékenységet. Többek között koordinálta a terület vízgazdálkodását érintő koncepciók és tervek elkészítését, gondoskodott a különböző tulajdonban lévő vízi létesítmények fejlesztési, üzemeltetési összhangjának megteremtéséről. Az Igazgatóság az alaptevékenységén túl korlátozott vállalkozói tevékenységet is folytathatott.

Az Igazgatóság folyamatosan fejlesztette a vízrajzi állomásokat, majd azok jelentős részét távjelzővé alakította. A 2000-es évek elején bevezetésre került az Igazgatóságnál az ISO 9001 minőségirányítási rendszer, előbb a vízrajzi, majd később a vízkárelhárítási tevékenységekre.

2010-ben a kormányzati átalakítások következtében megszűnt az önálló Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és az ágazat irányítása átkerült a Vidékfejlesztési Minisztériumba. A vízügyi ágazat, így Igazgatóságunk is 2011. évtől részt vesz az országos közmunkaprogram végrehajtásában.

A 2012. évre tervezett kibővített Start munkaprogram összehangolt megvalósulása érdekében a vízügyi szervezet a Vidékfejlesztési Minisztériumtól átkerült a BM Közfoglalkoztatásért Felelős Helyettes Államtitkárság irányítása alá. A korábbi Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóságból különválással jött létre az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) és a Nemzeti Környezetügyi Intézet (NeKI) 2012. január 1-jén. Ez utóbbi létszámát részben a vízügyi igazgatóságok biztosították. 2014. szeptemberben megszűnt a NeKI és az ott dolgozók egy része visszakerült az Igazgatóságra.

„SOK VÍZ, A KEVÉS VÍZ ÉS A SZENNYEZETT VÍZ DRÁMÁJA” – AZ IGAZGATÓSÁG KIEMELKEDŐ VÍZKÁRELHÁRÍTÁSI VÉDEKEZÉSEI

1953 – Az Által-éren Dad térségében június 9-én 2-3 órán belül 220 mm, egész nap pedig összesen 260 mm eső esett, ami a mai napig fennálló magyarországi egynapos rekord csapadékösszeg. A kialakult árhullám lefolyását a Környei halastó akadályozta, ahol előbb tározódott, majd átcsapva a zsilip mögött házak udvarán folyt a víz tovább lerombolva két épületet. A tó túlfolyó zsilipje kiszakadt és a kiáramló víz elérve a Bánhidai Erőmű hűtőtávtát, a zsilipet kimosta és az ár elvitte a mögöttes lévő gyaloghídat. A fentiek felül az árvíz összesen 15 db hidat rongált meg, mosott el Bokod, Kecskéd, Környe és Tabánya településeken.

1954 – A Szigetközben katasztrófát okozott a magas és tartósságában is rendkívüli árvíz. Július 15-én hidraulikus talajtörés (buzgár) következtében Ásványrónál két helyen, majd Kisbodaknál, 16-án pedig Dunakilitinél átszakadt a Duna jobb parti védvonal. A Szigetközbe rövid időn belül betört víz végigsöpört a területen a községekben és 1295 lakóházat rombolt le, több ezret pedig megrongált. Július 20-án hajnalán átszakadt Győr város szigetközi területét, Révfalu nagy részét védő körgát is, ugyancsak egy holtmeder keresztezésénél bekövetkezett hidraulikus talajtörés következtében és Révfalut is elöntötte az ár. A különösen lassú apadás miatt csak július 31-re sikerült a Mosoni-Duna töltésen két helyen – Pataháza és Vénéknél – nyitott kapun keresztül a vizet a Szigetközből kiengedni. Az óriási anyagi károkat okozó árvíz azonban szerencsés módon nem követelt emberéletet (VITUKI 1954).

1962/63 év telén nagy havazások és hosszan tartó hideg után március közepén a hirtelen megindult felmelegedés árhullámot indított el. Az áradás következtében a folyók állójege megindult és jégtorlódásokat okozott. Kis jég-törőhajók és honvédségi robbantóosztagok bevetésére is sor került. A Marcal alsó szakaszán az árvíz március 14-én a Böszödményi híd alatt átszakította a még teljesen ki nem épített töltést, és az áradó víz elöntötte a Rába és a Marcal közötti területet, Rábaszentmihály, Mórchida és Kisbabet községek egy része víz alá került. Rábaszentmihály és Kisbabet területét kiürítették. A március 19-i vízkielvezítés után a zsilipek kinyitásával a Gyirmóti szivattyútelep és 6 db szivattyú telepítésével, valamint 4 db szivornya építésével siettették a víz visszavezetését a folyóba.

1965 – A Dunán 1965. április-június hónapokban négy egymást követő árhullám vonult le, amelyek közül az utolsó a Gönyű alatti szakaszon az 1954. évi maximumot meghaladó vízállásokat eredményezett. Az egymást követő hosszú ideig tartó magas árhullámok súlyos helyzetet teremtettek főként Dunakiliti–Cikolasziget, Lipót–Nagybajcs és a Komárom–Almásfüzitő közötti szakaszokon. Csehszlovákiában a Duna bal parton töltésszakadás is bekövetkezett (OVF 1966).

Szintén 1965-ben a Rábán április és augusztus között nyolc árhullám vonult le, s közülük az első volt a leghe-

sebb. A folyó vízállása sok helyen minden korábbinál magasabb volt, annak ellenére, hogy alsó szakaszán öt, mellékvizein további öt gátszakadás következett be, s a kiömlő víz csökkentette a tetőzés magasságát. Április 23-án a Rába bal partján Rábapaty térségében, a jobb parton pedig Sítkenél 5-5 km hosszban átbukott a víz a töltéseken. A bal parti töltés két helyen, a jobb parti szintén két helyen szakadt át. A szétterülő víz a Répce-árapasztó csatorna jobb parti töltéséig vonult, elárasztotta Répcelak egy részét, majd átszakítva a töltést a Répce árapasztó csatornájába ömlött. A Marcalon két helyen is meghágás következtében szakadt el a töltés. A szakadás után Rábaszentmihály és Kisbabet védelmére körtöltéseket építettek, így a két falu megmenekült az elöntéstől. A Lajtán áprilisban ugyancsak árhullám vonult végig, amely osztrák és magyar területen is több helyen okozott töltésszakadást. A védekezés az Igazgatóság területén 104 napig tartott, és az ÉDUVIZIG valamennyi munkatársát komoly erőpróbnak vetette alá.

1975. június utolsó napjaiban a nagy csapadékterékenység következtében jelentős árhullám alakult ki a Dunán. A tetőző vízállások Dunaremete esetében meghaladták az 1965. évi maximumot. A védekezés nagy erővel folyt és az időközben megerősített töltéseknek köszönhetően sikeres volt.

1992. október 23-án a szlovák fél egyoldalúan üzembe helyezte a Bösi vízlépcsőt az ún. C változat létesítményeivel és megkezdte a meder áttöltését és a Duna elterelését, ezzel a magyarországi Duna szigetközi felső szakaszon katasztrófát okozva. A Dévény felől érkező víz jelentős része a Bösi erőművön keresztül folyik le, az Öreg-Duna medrébe átadott vízhozam töredéke a folyó természetes vízhozamának. Ennek következtében a Duna Rajka–Szap közötti szakaszán alapvetően megváltozott a folyam vízjárása. A főmederben kialakult alacsony vízszintek következtében a hullámtéri mellékágrendszerekben szélsőségesen alacsony vízszintek alakultak ki, illetve a medrek nagy része kiszáradt. Ezt követően a szükségintézkedések keretében megkezdődött a térség vízpótlása illetve a rehabilitációs intézkedések tervezése. Erről később írunk még.

1996. évben az utóbbi 50 év leghosszabban tartó belvízvédekezését kellett végrehajtani az Igazgatóság területén február és június között. A belvízhelyzet gyakorlatilag mindegyik belvízrendszert érintette, de a Szigetközt és a Mosoni-Duna mentét kevésbé, mint a Rábca–Hansági és a Rába menti belvízrendszert. A kiváltó okok még az előző év végén jelentkeztek: 1995. decemberében 90-130 mm közötti csapadék hullott. Az ebből származó belvízi elöntéseket az akkori szivattyúzással nem lehetett teljesen megszüntetni, így mintegy 2000 ha-t kitevő vízborítás alakult ki.

2002-ben a Dunán rekord magasságú árvíz vonult le. Augusztusban a lehullott jelentős csapadék következtében rendkívüli áradás kezdődött a Duna felső szakaszán és mellékvízfolyásain. Az árvíz Ausztriában katasztrófális elöntéseket okozott. Az áradás a dunacsúnyi tározó előürítése miatt az osztrák szakasz áradásával szinte egyidejűleg megjelent a Szigetközben. Az árvíz megosztása az alvízcsatorna és a Duna főmeder között először történt meg, de az erőmű vízlevezető kapacitása az alvízszint növekedése

és az emiatt csökkenő vízszintkülönbség miatt egyre kisebb lett, ezért az árvíz levezetésében a Duna eredeti, „öreg” medre egyre nagyobb szerepet kapott. Az alvízcsatorna alatti Duna szakaszon lefolyó árvíz miatt az Alsó-Szigetközben jelentős hosszúságú nyúlgát építése mellett le kellett zárni a Vámoszabadi szlovák-magyar határt, mert a hidat elöntötte a víz. Komoly probléma a Mosoni-Duna mentén mutatkozott, mert a balparton a védvonalba épült Szavai zsilip a víznyomás hatására megmozdult. Itt be kellett avatkozni, a védekezés sikeres volt. Dunaszentpálnál, Mecsernél és Táton önkormányzati védekezés keretében ideiglenes védvonalat kellett kiépíteni. A 2002. augusztusi árvíz legkedvezőtlenebb tapasztalata az volt, hogy az érkező vízhozam kisebb volt, mint az 1954. évi, de az magasabb szinten vonult le. Ennek fő oka az volt, hogy az árvízi mederben romlottak a lefolyási viszonyok, ami a hullámtér helytelen használatára utal. A kezeletlen, helyenként sűrű, lefolyást akadályozó növényzet miatt egyre kevesebb hely áll rendelkezésre a hullámtéren az árvíz levezetésére.

A Duna vízgyűjtőjén 2006 év elején az átlagosnál jóval nagyobb hóban tárolt vízkészlet volt a jellemző, amelyre március végén kiterjedt eső hullott. Az eső és hóolvadás hatására kialakult számos árhullám a Duna magyarországi szakaszára egyidejűleg érkezett és egy árhullámként vonult le Igazgatóságunk területén 2006. március 29-április 14. között. A kialakuló vízállások magasságát jelentősen befolyásolták a Duna mellékfolyói, a Morván, a Garamon, a Vágon szintén levonuló árhullámok is. Komáromnál csak 20 cm-rel, Esztergomnál pedig 4 cm-rel marad el a tetőző vízszint az akkori LNV szintjétől, így Komárom-Esztergom megyében rendkívüli árvízvédelmi készültséget rendeltek el. A védekezés összességében sikeres volt. A dunai rendkívüli árhullám levonulása után közvetlenül a Tiszán is rendkívüli árhullám alakult ki, így az ÉDUKÖVIZIG-től 26 fő átvezénylésre került a KÖTIKÖVIZIG árvízvédelmi vonalaira és ott folytatták a védekezési feladatok végrehajtását.

A 2010-es év a vízkárelhárítás minden területén mérte a Vízügyi Igazgatóság felkészültségét. Az év jelentős dunai árvízzel kezdődött, majd a tavaszi időszakban a belvízi védekezés mellett a kisvízfolyásokon (Cuhai-Bakony-ér, Concó, Által-ér, Unyi-patak, Kenyérmezei-patak, Nagy-Pándzsa) vonultak le rendkívüli készültséget és beavatkozásokat igénylő árhullámok. Több település egy részét elöntötte a víz (Mezőörs, Böny). A Cuhai-Bakony-ér M1 autópálya hídjánál beszakadást és kiüregelődést észleltek, és a Bécs felé vezető sáv lezárásra került.

2010. október 4-én az ajkai timföldgyár vörösiszap-tározója átszakadt és ennek következtében a Torna-patakba 600-700 ezer m³ kb. 13 pH érték körüli erősen lúgos kémhatású vörösiszap került. A katasztrófa halálos áldozatokat is követelt, s levonulva a Torna-patakon még a területünkhöz tartozó Marcal folyó alsó szakaszán is komoly vízminőségi problémát okozott, melyre eddig ismeretlen védekezési beavatkozásokat, majd helyreállítási munkákat kellett végrehajtani több hónapon keresztül.

2013 júniusában rekord vízállásokat eredményező árhullám vonult le a Dunán. Május 30. - június 2. időszak négy napja alatt külön-külön is jelentős, összességében azonban rendkívüli mennyiségű csapadék hullott a Duna és nyugati mellékfolyóinak vízgyűjtő területeire. Az első csapadékos nap utáni ausztriai vízállás emelkedések intenzitásából lehetett érzékelni, hogy jelentős árhullám fog kialakulni. A kialakult árhullám az eddig mért maximumok felett 32-42 cm-rel tetőzött. Védekezni így nemcsak a töltéseken, hanem a magaspartokon is kellett, mert azok alacsonnyá váltak. Ideiglenes védműveket kellett kiépíteni Mecser, Dunaszentpál és Tát lakott területeinek bevédésére összesen 22 km hosszban. A fővédvonalakon 20 km hosszban töltésmagasítást végeztek és az intenzívvé váló fakadóvíz és buzgárképződések elleni védekezést hajtottak végre. Győrújfalú térségében az éppen folyó töltéserősítési projekt által meggyengített Mosoni-Duna bal parti töltés védképességének helyreállítása érdekében még helikopterek és katonai szállítójárművek igénybevételére is sor került. Győrújfalú kitelepítését is elrendelték, de a védekező több ezres fő hősies munkájának köszönhetően a töltés védképességét visszaállították.

FONTOSABB FEJLESZTÉSEK AZ IGAZGATÓSÁG TERÜLETÉN

Az Igazgatóságnál az építési technológiában nagy változás következett be, amikor 1968-ban beszerezték a MASTER típusú, holland gyártmányú szívó-nyomó kotrot. A Rába árvédelmi töltéserősítéseket már ezzel a technológiával kezdték meg. A hidromechanizációs technológiát alkalmazva az építéshez szükséges anyag zömét a Rába mederből nyerték, egyidejűleg a folyó szabályozási feladatait is elvégezve. A mederből kikortort homokos kavics egy részét a háttöltésbe építették be, más részből pedig a hullámtéri holtmedreket töltötték fel. A Győr-Árpás közötti Rába mindkét oldali töltéserősítési munkák 1981-ben fejeződtek be.

1968-1975 között három nagyon jelentős beruházási munka folyt. Árvízvédelmi fejlesztésként erősítették, magasították a töltéseket és rendezték az előtereket a Duna jobbparti védvonalon az 1965. évi árvízi tapasztalatok alapján. Belvizek, fakadóvizek kárainak megszüntetése érdekében az egész Szigetközt érintő belvízvédelmi fejlesztés valósult meg. E munkák keretében új koncepció szerint átalakították a teljes mentett oldali vízrendszert. Folyamszabályozási fejlesztésként mellékág elzárások és a Duna főmedrében középvízszabályozási munkák valósultak meg.

1969. január elsejével visszakapta az Igazgatóság a Győr városi védvonalakat és megkezdődött azok fejlesztésének előkészítése. „A Győr város árvízvédelmének fejlesztése” című projekt kivitelezése 1976-tól 1991-ig tartott. Átépültek a Mosoni-Duna jobb parti, az Iparcsatorna bal parti, a Rába mindkét oldali töltései és árvízvédelmi falai. Ebben a programban – a Rábca mindkét oldali és a Mosoni-Duna bal parti töltéserősítése helyett – a Rábca torkolatáthelyezés mindkét oldali töltésépítéssel és árvíz-

kapuval, a Mosoni-Duna Püspökerdei átvágása pedig a felhagyott meder be- és leeresztő zsilipjeivel épült meg (ÉDUIVIZIG 1982).

1977 szeptemberében Magyarország és Csehszlovákia államközi szerződést írt alá a Gabčíkovo (Bős)-Nagymarosi Vízlépcső rendszer (GNV) közös megvalósításáról és üzemeltetéséről. 1977-ben elkészült a közös egyezményes terv, melynek célja a Budapest és Pozsony közötti Duna szakasz komplex hasznosítása volt. 1978-ban az ÉDUIVIZIG is bekapcsolódott a vízlépcső rendszer kivitelezésébe, ami több mint tíz éven át meghatározó feladatot jelentett az igazgatóság életében. Az építkezés a terveknek megfelelően 1989-ig folyt, ekkor a magyar kormány először a Nagymarosi vízlépcső építését, majd a Bősi vízlépcsővel összefüggő magyar kivitelezésben épülő munkákat leállította és az elkészült létesítmények üzembe helyezését felfüggesztette.



4. kép. Dunakiliti fenékküszöb (ÉDUIVIZIG felvétel)



5. kép. Dunakiliti vízlépcső (ÉDUIVIZIG felvétel)

Az 1992-es Duna elterelés után a hullámtéri mellékágrendszerbe történő katasztrófális állapotok enyhítése érdekében az Igazgatóság 1995 májusában a Duna folyam főmeder 1843 fkm-ében megépítette a Dunakiliti fenékküszöböt (4. kép), amely a mellette lévő mederátvágásban megépített Dunakiliti duzzasztómű segítségével (5. kép) megemeli a fellette lévő folyószakasz vízszintjét. Így lehetővé vált, hogy a főmederben érkező vízmennyiség egy részét a hullámtéri mellékágrendszerek legfelső végében kibontott és stabilizált töltőbukókon keresztül kivezessék a hullámtérre. Ez a műtárgy a Szigetközi Hullámtéri és Mentett Oldali Vízpótló Rendszer alapja és a további fejlesztések kiindulópontja. A vízpótló rendszerek létesítésének fő célja, hogy a mellékágrendszerekben az 1950-es évek dinamikus vízjárását szimulálják. Ehhez a vízpótló rendszerben vízszintszabályozó és

hosszmenti átjárhatóságot biztosító funkcióval számtalan vízszintszabályozó közmű és vízszintszabályozó műtárgy épült az elmúlt időszakban (6. kép).



6. kép. Bagaméri hallépcső (Kertész József felvétele)

A Rába balparti töltésfejlesztés Nick-Sárvár között a 80-as évek közepén fejeződött be. 1992-ben átadásra került az osztrák-magyar közös beruházásban épült új Fertőszéli-zsilip, ami a tó vízszintszabályozását szolgálja.

1999-ben fejeződött be a Mosoni-Duna balparti töltésfejlesztés Győr és Vének között, a nicki duzzasztó rekonstrukciója, melynek során a korábbi nyerges gát helyett tömlőgátas elzárást építettek be. 2001-ben fejeződött be a likócsi védvonal kiépítése az önkormányzattal közös beruházásban. A Rábca és a Hanság Főcsatorna mederrekonstrukciójára 2001-2003 között Phare projekt keretében került sor. 2001-ben kezdődött s mintegy tíz évig tartott az igazgatóság területén lévő üzemelő és távlati vízbázisok diagnosztikája program.

2004-ben megbízta a minisztérium igazgatóságunkat a Győr-Gönyű Kikötő vagyonezelésével és egyidejűleg annak fejlesztésével. A Győr-Gönyű Országos Közforgalmú Kikötő Intermodális Központ fejlesztése I. ütem a KIOP (Európai Unió Környezetvédelmi és Infrastruktúra Operatív Programja) keretében 2007-re készült el 25 ha terület közművesítése, vasúti infrastruktúrával való ellátása és az 1. számú főút nem szintben keresztezése. A továbbépítések közül a 3. számú hajóállás megépítését, a Wuppermann cég betelepítését 5 db hajóállás kiépítésével, valamint a Mosoni-Duna torkolati mű megépítését kell kiemelni, mellyel a kikötő medencés kikötővé vált 2022-ben.

2008-2011 között az Által-ér és a Nagy-Pándzsa vízgyűjtőjének revitalizációja valósult meg a Regionális Fejlesztési Alap (ERFA) finanszírozásában. A 2010-es évek elejétől a fejlesztések az Európai Unió Környezet és Energia Operatív Program (KEOP) keretében történtek. Ezek az alábbiak voltak: a Szigetközi mentett oldal és hullámtéri vízpótló ökológiai továbbfejlesztése, a Mosoni-Duna-Lajta folyó térség rehabilitációja aminek keretében átépült a mosonmagyaróvári Lajta zsilip és a Mosoni-Duna Püspökerdei régi meder bevezető zsilipje és az összes győri partburkolat, a Tát, Kenyérmezei és Únyi-patak visszatöltése, a Marcal jobb parti töltésfejlesztés, a Komárom-

*Almásfüzitő árvízvédelmi fejlesztése és a Fertő tó nádasa-
inak és a főmeder vízpótlásának rekonstrukciója.* Ezzel
egyidejűleg, de az OVF-ÉDUVIZIG közös bonyolításban
készült el a Duna projektben a *Mosoni-Duna bal parti és
jobb parti töltéserősítése, a Mecseri és a Dunaszentpáli
töltésépítés, valamint az Iparcsatorna torkolati műve.* A
2010-es évek elején épületenergetikai fejlesztések voltak
az igazgatóság több magasépítményénél.

2011-ben az osztrák féllel közösen döntöttünk a Fertő
tó szabályozási vízszintjének emeléséről, ami ugyan a
szélsőségesen kisvízi helyzeteket nem szünteti meg, de
azok tartósságát csökkenti.

Az utóbbi években pedig a Környezeti és Energiaha-
tékonysági Operatív Program (KEHOP) keretében sike-
rült a *Felső-Duna mellékágrendszerek árvízvédelme és
vízpótlása, a „Belvízcsatornák fejlesztése a Kepés-
Lesvári főcsatorna rekonstrukciója, valamint a Rába-
Rábca folyó mentesített öblözeteinek árvízvédelmi fej-
lesztése”* című projekteket elkészíteni. Szintén KEHOP
pályázat keretében valósult meg a *Mosoni-Duna torko-
lati szakaszának vízszint rehabilitációja*, amely 2*12 m-
es vízszintszabályozó zsilippel, 12*90 m hosszú hajó-
zsilippel és az ökológiai átjárhatóságot biztosító halát-
járóval épült meg 2022-ben (7. kép).



7. kép. Mosoni-Duna torkolati műtárgy (ÉDUVIZIG felvétel)

A nagyműtárgyak fejlesztése országos program ke-
retében igazgatóságunk területéről a Dunakiliti és a
Nicki duzzasztómű rekonstrukciója történt meg az el-
múlt években.

TOVÁBBI JÖVŐBENI FEJLESZTÉSEK

A kivitelezés alatt álló Rába és Rábca folyó mentesített
öblözeteinek árvízvédelmi fejlesztése projekt eredménye-
ként átépítésre kerülnek a Rábca töltésben lévő rossz álla-
potú zsilipek. A Rába mentén befejeződik a jobb parti
szükségeltározó területén elhelyezkedő települések árvízvé-
delmének fejlesztése, a lakott területeket védő települési
körmentés kiépítése. A térségben megvalósuló nagyvízi
levezető sávok és árapasztó vápák, valamint a fenékküszöb
kialakítása komplex, ökológiai és fenntartható árvízvé-
delmi célokat szolgálóknak.

A közeljövő egyik legfontosabb feladata az elmúlt év-
tized Duna menti árvízvédelmi fejlesztéseinek befejező
elemeként Esztergom város árvízvédelmi fejlesztésének
megvalósítása. A város védelme érdekében teljesen új
nyomvonalon, a Primás-sziget részbeni bevédésével ter-

vezett fejlesztés biztosítja a részöblözet árvízi biztonsá-
gát. A Tát-Esztergomi öblözet árvízvédelmi biztonságát
a Tát-Nyergesújfalui öblözet rész árvízi veszélyeztetett-
ségét csökkentő fejlesztés teszi teljessé, melyek megva-
lósításához szükséges források jelenleg még nem állnak
rendelkezésre.

Árvízvédelmi szempontból középtávon előttünk álló
feladat a szigetközi Duna szakasz töltéseinek fejlesztése és
a nagyvízi mederkezelési tervekben megfogalmazott be-
avatkozások megvalósítása az árvíz levezetőképesség ja-
vítása érdekében. Az árvízszintek emelkedése miatt foko-
zott figyelmet kell fordítani a kimerült biztonságú magas-
parti szakaszokra, az önkormányzati védekezés feltételei-
nek javítására.

Öntözésfejlesztési beruházási forrásokból az Észak-
Hansági vízpótló rendszert tervezzük kiegészíteni a János-
somorja város és térsége felszíni vízpótlás kiépítésével. A
projekt célja a Lébény-Hanyi öntöző főcsatorna szabad
vízkészletének felhasználásával Jánossomorja város és tér-
ségének jelenleg nem öntözhető mezőgazdasági területei-
nek öntözésfejlesztési és a város rekreációs vízhasznosítási
lehetőségének megteremtése, valamint a szomszédos osztrák
határmenti területek vízpótlási lehetőségének biztosítá-
sa. A kivitelezés előtt álló beruházás több további fej-
lesztés alapjait teremti meg a határtérségben, vagyis a Han-
ság-főcsatorna menti területek vízpótlását és a talajvízház-
tartás javítását célzó beavatkozásokat, melynek központi
eleme a Hanság-főcsatorna vízszintszabályozási lehetősé-
geinek javítása. Ausztriában fontos cél a Fertőzug vízpót-
lási és vízrendezési lehetőségeinek megteremtése és javítá-
sa. A jelenlegi hidrológiai helyzet miatt szükséges a Fertő tó
Stratégiai Tanulmányban megfogalmazottak szeri-
nt a Fertő tó, mint tájképi elem megőrzését szolgáló víz-
pótlási alternatívák összehasonlító elemzésének az elvég-
zése, illetve ehhez a lehetséges vízpótlási irányok szakértői
vizsgálata vízháztartási, természetvédelmi és vízminőségi
szempontból.

A vízhiányos területek vízpótlása, a vízvisszatartás, a
térségi vízáteremtés, a felszín alatti vízkészletek védelme,
a vízkészletek térbeni és időbeni egyenetlen eloszlásának
kiegyenlítése, a felszíni és a felszín alatti víztestek, vala-
mint az élőhelyek védelme érdekében tervezzük megvalósítani
a Rábaköz-Tóköz vízpótlását. Első ütemben az EU
Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszköz (RRF) forrá-
sainak felhasználásával a Keleti-Rábaköz felső területén
valósulhatnak meg a tervezett beavatkozások. A fejlesztés
a Vág-Sárdos-Megág-csatorna rekonstrukciója, a Keszeg-
ér és Vág-Sárdos-Megág-csatorna közötti új összekötő
csatorna építése és a Keszeg-ér rekonstrukciója eredmé-
nyeként biztosítja a térség vízpótlását.

Az Insula Magna projekt keretében folyamatban van az
Öreg-Duna rehabilitációjának előkészítése. A projekt
megindítását a hullámtéri vízpótlás kedvező eredményei és
a térségben jelenlévő társadalmi elvárások alapozták meg.
A rehabilitációval lehetővé válik a főmeder és a kétoldali
mellékágrendszer ökológiai kapcsolatának helyreállítása
és az árvízlevezető képesség javítása.

Magasépítési létesítményeink fejlesztései közül a köz-
eljövő sürgető feladata az energetikai és épületgépészeti

szempontból elavult székház felújítása és a Rábai Szakasz-mérnökség áthelyezése a Kiskúti védelmi központ átalakítását követően.

VEZETŐINK

A Győri/Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság vezetőinek névsora a megalakulástól napjainkig:

Igazgató	Igazgatóhelyettes főmérnök
Asztalos László 1953.10.01-1954.	Nyuli József
Najmányi László 1954-1957.04.	Nyuli József
Putz József 1957.08.01-1979.	Nyuli József 1960.12.31-ig Bencsik Béla 1961.01.01.-1970. Markó László 1970.12.16-tól
Varga Miklós 1979-1982.	Markó László
Markó László 1982.08.01-1991.03.31.	Jakus György 1982.08.01-től
Jakus György 1991.04.01-1998.12.31.	Baross Károly 1991.04.22-től
Baross Károly (megbízott) 1999.01.01.-1999.04.31.	
Janák Emil 1999.05.01-2012.06.30.	Baross Károly 1999.05.01-2009.05.31. Pannonhalmi Miklós 2009.09.01-2012.01.15. Németh József 2012.01.16-től
Németh József (megbízott) 2012.07.01.-2012.09.15.	
Németh József 2012.09.16-től	Sütheő László 2012.11.01-től

TISZTELT VÁNDORGYŰLÉS RÉSZTVEVŐ!

Röviden szeretnénk volna bemutatni az Igazgatóság kialakulását, tevékenységét, védekezéseit, fejlesztéseit, melyek közül a helyszínen ismerkedhetnek meg legújabb létesítményünkkel, a Mosoni-Duna torkolati művével. Mindenkinnek élménydús vándorgyűlést kívánunk!

IRODALOMJEGYZÉK

Dóka K. (1978). Az Országos Vízügyi Levéltár alaptára. VIZDOK.

ÉDUVIZIG (1981). Szigetköz fakadóvizeinek elvezetése engedélyezési terve.

ÉDUVIZIG (1982). Rábca torkolati műtárgy és vízrendszere. Műszaki terv.

Fekete K (1947). Visszatekintés a Rábaszabályozás történetére a társulat megalakulásának 70 éves évfordulóján.

In: Tanulmányok vízrendezési munkálatainkról. A központi bizottság 1943., 1944. és 1947. évben tartott gyakorlati tájékoztató előadásai. Szerk.: PICHLER János. (A Tisza-Dunavölgyi Társulat Központi Bizottságának kiadványa III. évf. 1. szám) Bp.

Huszár I. (1930). A Szigetközi Ármentesítő Társulat kivonatos ismertetése. Győr.

Markó L. (2003). Az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság és jogelődeinek krónikája (Kézirat).

Meiszner E. (1888). Rábaszabályozó Társulat Zsebkönyve. Győr.

OVF (1966). 1965 Dunai árvíz Vízügyi Közlemények különkiadás.

VITUKI (1954). Összefoglaló jelentés az 1954. júliusi árvízvédelemmel kapcsolatos kérdésekről.

A SZERZŐK



PETRŐCZ BÁLINT (Győr, 1951. III. 28.) Okleveles építőmérnök (BME 1975). Mérnöki munkáját nyugdíjazásáig az ÉDUVIZIG szervezeti keretei között végezte. 1975-ben előbb a Rábai Szakasz-mérnökség építésvezetője, majd 1978-tól az Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Osztályon előadó, csoportvezető, osztályvezető-helyettes, majd osztályvezető. 1992-től 1993-ig az akkor alakult Szervezési és Fejlesztési Osztály vezetője, majd 1995-ig az összevont Vízkárelhárítási Osztály helyettes vezetője volt. Ezt követően Árvízvédelmi és Folyamszabályozási osztályvezető, majd 1999-től 2010-ig, nyugdíjazásáig a Beruházási Osztály vezetőjeként dolgozott, ahol az Igazgatóság beruházásainak, fejlesztéseinek előkészítése, beruházások bonyolítása és mindenmű közbeszerzés az egységéhez tartozott. 1976-tól a Magyar Hidrológiai Társaság győri szervezetének tagja.

Az MHT Országos Vándorgyűléseinek aktív résztvevője, többször előadója. 1996-2010 év között a Győri Területi Szervezet titkára, a Víz világnapi ünnepek sorozatának győri főszervezője.



NÉMETH JÓZSEF okleveles vízépítő mérnök (BME 1996). Pályafutását 1996-ban az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság Vízrendezési Osztályának előadójaként kezdte. 1998-2005 között a Hullámvonal Mérnök-szolgálati Kft. tervező mérnöke, majd visszatérve a VIZIG-hez az Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Osztály árvízvédelmi ügyintézője, 2007-től osztályvezető-helyettese, 2012 januárjától a VIZIG műszaki igazgató-helyettese, megbízott igazgatója, majd az Igazgatóság vezetője. Számos árvízi védekezésben vett részt, 2013-ban mint védelemvezető, munkáját több kitüntetéssel is elismerték. A Hidrológiai Társaságnak 1999 óta tagja, 2014-től a Győri Területi Szervezet elnöke.

Események

Fejér László címzetes egyetemi docens, a Magyar Hidrológiai Társaság Tiszteleti tagja, az MHT Vízügyi Történelmi Bizottság elnöke, a Hidrológiai Közlöny Történelmi Pillanatkép című rovatának vezetője Wellmann Imre díjat kapott.

A Magyar Múzeumi Történész Társulat (MaMuTT) 2004-ben Wellmann Imre¹ díjat alapított a hazai és határon túli történész-muzeológusok elismerésére. A díjat a történelmi muzeológiában kiemelkedő szakembereknek ítélik oda, akik tevékenységüket – a múzeumi munka bármely területén – hosszabb időn át közmegelegedésre, magas színvonalon látták el, illetve a kiállításrendezés, a tudományos publikáció, vagy a gyűjteménygyarapítás és feldolgozás területén kiemelkedő teljesítményt nyújtottak.



A vízügyi szakma részére is külön megtiszteltetés, hogy Dr. Deák Antal András² 2007. évi és Kaján Imre³ 2018. évi díjazása után 2022-ben Fejér László mérnök kiemelkedő színvonalú történelmi és muzeológusi munkájáért kapta ezt a megtisztelő elismerést. A képen dr. Horváth László, a MaMuTT elnöke adja át a Fejér Lászlónak kitüntetést. A kitüntetéshez ezúton is gratulálunk!

Fejér László vízépítő mérnök, politológus és technikatörténész 1976 óta dolgozik a vízügy történetének feltárásán. A Duna Múzeumban előbb a tárgyi gyűjteményt vezető muzeológusként, majd intézményvezetőként, később

1992-től 2010-es nyugdíjba vonulásáig a vízügy egyesített történelmi intézményének (múzeum, levéltár és könyvtár) első számú vezetőjeként dolgozott, tudatosan arra törekedve, hogy a három közgyűjteményi ág kutató és publikáló munkája összekapcsolódjék, a szakterületek segítsék egymást. 1990-től a MHT Vízügyi Történelmi Bizottságának, 2002-től pedig a Magyar Mérnöki Kamara (MMK) Történelmi Bizottságának elnökeként tevékenykedik. Szerkesztőbizottsági tagja a Vízügyi Közleményeknek, a Hidrológiai Közlöny és a Hidrológiai Tájékoztató folyóiratoknak, valamint szerkesztője a Vízügyi Történelmi Füzetek című kiadványsorozatnak. Nyugdíjba vonulása óta is aktívan dolgozik a vízügy történetének kutatásán és az ágazat történelmi léptékű eredményeinek megismertetéséért. Személyében 2014-ben a Vízügyi Tudományos Tanács először választott történelmi témákkal foglalkozó tagot!



Kutatási területei: a vízgazdálkodási társulatok története, a vízgazdálkodási politika, a vízügy és a társadalom kapcsolata a történelemben, kiemelkedő vízügyi személyiségek életrajza, valamint a vízi emlékek kutatása. Fejér László számos könyv és közlemény szerzőjeként ápolja a szakma emlékeit.

Fejér László kitüntetései, elismerései: MTESZ Zemplén Jolán érem (1984), ÉVM Podmaniczky Frigyes érem (1986), MHT Vitális Sándor szakirodalmi nívódíj (1995, 1996), MHT Pro Aqua emlékérem (1997), MHT Bogdánfy Ödön érem (2001), KöViM Vízügyért érem (2002), MMK Signum Aquae díj (2008), KvVM Vásárhelyi Pál díj (2009), MHT Kvassay Jenő díj (2010), az MHT Tiszteleti tagja (2017), BM „A köz szolgálatáért” érem arany fokozata (2020), Wellmann Imre díj (2022).

Fejér László elismerésével a vízügyi történelmi kutatás előtt is fejet hajtott az adományozó.

¹ Wellmann Imre (Budapest, 1909. március 22. – Budapest, 1994. augusztus 5.) magyar történész, levéltáros, muzeológus, a történettudomány doktora, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja. A 18. századi agrártörténet neves kutatója. 1951 és 1957 között a Fővárosi Levéltár igazgatója, 1965 és 1980 között a Magyar Mezőgazdasági Múzeum főigazgató-helyettese.

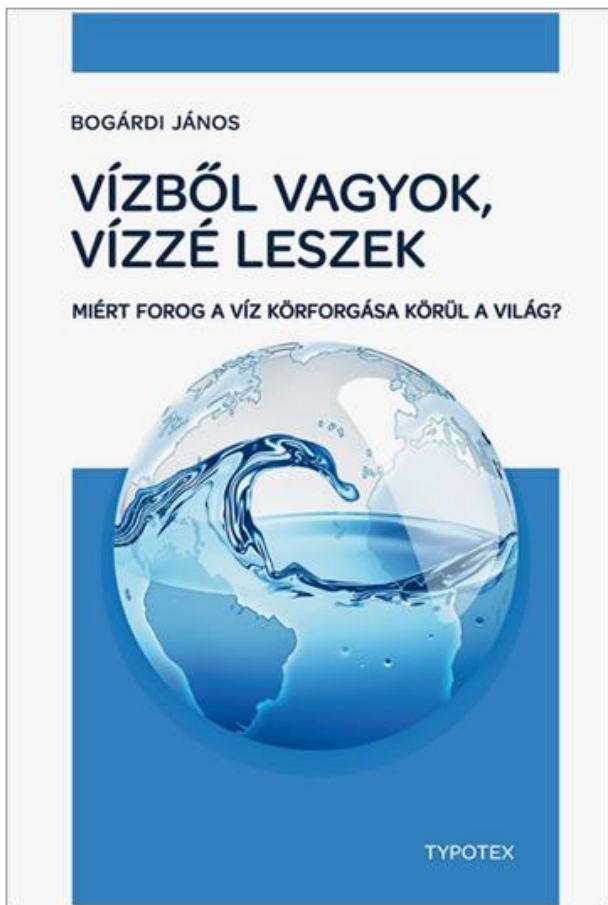
² Dr. Deák Antal András a Duna Múzeum történész muzeológusa. Az intézmény Széchenyi-gyűjteményének feldolgozásával és a reformkor mérnöki alkotásaihoz köthető dokumentumok forrásainak ismertetésével, majd a 17-18. század fordulójának térképtörténetével foglalkozott. L.F. Marsigli munkásságának egyik legismertebb hazai kutatója.

³ Kaján Imre építőmérnök, műemlékvédelmi szakmérnök. 1980-tól a vízügyi ágazat emlékeit gyűjtő és történetét feldolgozó Duna Múzeum (Magyar Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeum) történelmi képgyűjteményének a vezetője, majd 1990-től a múzeum igazgatója. 2007-től a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum főigazgató-helyetteseként, majd rövid ideig munkatársaként dolgozott. 2011-től nyugdíjba vonulásáig a Zala Megyei Múzeumok Igazgatóságának vezetői és a Göcseji Múzeum igazgatói pozícióját töltötte be. A Duna Múzeum az ő vezetésének ideje alatt nyerte el az Európai Múzeum Fórum rangos különdíját 2002-ben.

Könyvismertetés

2022 decemberében jelent meg Bogárdi János professzor „Vízből vagyok, vízzé leszek – Miért forog a víz körforgása körül a világ?” című könyve, mely a szerző több, mint 50 éves pályafutásának összefoglalója. A kötet az OVF Vízügyi Tudományos Tanácsának kezdeményezésére és koordinálásában a „Jövőépítés a vízgazdálkodásban” című könyvsorozat hatodik köteteként, a Typotex Kiadó nyomtatásában látott napvilágot.

A *Bevezetésben* hat szélsőséges eseményről olvashatunk, melyeket szakmai életpályája meghatározóinak nevez professor úr, egyben utalva a könyv felépítésére is (a tiszai árvíz, 1970; aszály a Zambézin, 1981-1984; az indiai-óceáni cunami, 2004; a Katrina hurrikán, 2005; a fokvárosi vízhiány, 2017-2018; az Ahr folyó villámárvize, 2021).



Az ezt követő három fejezet Bogárdi János aktív pályafutását mutatja be 15-17 éves szakaszokban, míg a negyedik az elmúlt tíz, úgymond „nyugtalan nyugdíjas évek” összefoglalója. A kötetet *Epilógus* és hét melléklet zárja.

A *mérnök és kutatóvá válás évei (1964-1979)* című első fejezetben a szerző kitér a pályaválasztás körülményeire, visszatéve az egyetemi évekre, valamint megemlékezik az 1970-es tiszai árvíz elleni védekezésről. Az útkeresés időszakához tartozik részvétele a padovai egyetemen egy fél éves hidrológiai továbbképző kurzuson 1971-ben, melynek végeztével az NSZK-ban keres és talál munkát. Karlsruhe-ban 1979-ben szerez doktori fokozatot, témája az árvízi tározók szerepe a vízgazdálkodásban.

Módjában állt az akadémiai szférán kívüli vízgazdálkodást is megismernie. *A kutatás, a tanácsadás és az oktatás évei (1979-1995)* című második fejezetben számol be a Zambézi-medencét sújtó aszályról, ahol a Kariba-tározó problémájával foglalkozik. Az itt tapasztaltak alapján fogalmaz meg alapvető következtetést vízgazdálkodási kérdésekről.

1985-től a bangkoki *Asian Institute of Technology* docenseként oktat. A tározók témaköre itt is foglalkoztatja, hallgatói figyelmét is ebbe az irányba terelve. A dinamikus programozás felhasználásával kapnak választ a korábban Afrikában feltett kérdésre, hogy hogyan lehetett volna elkerülni a Kariba-tározó katasztrófáisan alacsony vízállását. A tajvani Feitsui-tározó üzemeltetésével kapcsolatos problémák is szerepet játszanak kutatásaiban, illetve a tározóhoz kötődik első doktoranduszának munkája is. Itt olvashatunk Bogárdi János mérnöki filozófiájáról is.

1989-től tanszékvezető egyetemi tanár a Wageningeni Mezőgazdasági Egyetemen. Székfoglalójában az integrált vízgazdálkodás felé vezető útról beszél. Tanulmányok az egykori előadás szövegébe mai szemlélettel megfogalmazott kommentárjai. Ugyancsak ebben a fejezetben számol be az 1990-es évek tudományos/oktatási együttműködés „aranykorára” emlékezve az Erasmus- és a TEMPUS PHARE programok sikeréről.

1995-ben csatlakozik az UNESCO Víz tudományi Osztályához, ahogy a *Tudomány menedzsmen a vízen innen és túl (1995-2012)* című 3. fejezetben olvashatjuk. Az UNESCO-nál töltött évek során számos nagyvolumenű projektben vett részt tudományos diplomataként Bogárdi professzor, mint a Lesothóból a Dél-afrikai Köztársaságba történő vízátvezetés, az Aral-tó és a Volga-medence víziójának kidolgozása. 20 év után is gyakori hivatkozás tárgya Z. Kundzewicz-csel közösen szerkesztett könyvük *Vízkezelési rendszerek kockázata, megbízhatósága, bizonytalansága és robusztussága* címmel. Kezdeményezője volt a ma is futó „From Potential Conflict to Cooperation Potential” nevet viselő projektnek.

Mint a Nemzetközi Hidrológiai Program „oktatásért felelős munkatársa” Bogárdi professzor tucatnyi továbbképző kurzussal volt kapcsolatban szerte a világban, köztük az egykori VITUKI tanfolyamával, de olvashatunk négy évig tartó küzdelméről is, hogy a delfti IHE-ből, a vízügyi oktatás nagyhírű intézményéből az UNESCO-hoz tartozó nemzetközi státuszú intézet legyen.

2003-2009 között az ENSZ Egyetem környezeti kérdésekkel és emberi biztonsággal foglalkozó intézetének alapító igazgatója. Az indiai-óceáni cunamit és a Katrina hurrikánt követő időben középpontba került a

környezeti migráció kérdése. Ennek terén intézetének sikerült rövid idő alatt a tudományos diskurzusban vezető helyet kiharcolnia.

2009-2012 között feladata a Global Water System Project nemzetközi projektirodájának „feltámasztása”, a vízgazdálkodás globális összefüggéseinek vizsgálata és az eredmények közzététele révén.

A 4. fejezet témája a még ma is tartó *nyugtalan nyugdíjas évek* (2012-) alatti tevékenység, mint az ENSZ Környezetvédelmi Programja, a UNEP felkérésére folytatott munka egy bizottság élén azzal a mandátummal, hogy útmutatót készítsenek egy nemzetközi irányelv kidolgozására a vízi ökoszisztémák fenntarthatósága érdekében. Erre az időszakra esik még egy nemzetközi konferencia szervezése is annak támogatására, hogy a 2015-ös ENSZ közgyűlés a Fenntartható Fejlődési Célok közé felvegye a dedikált vizes célt.

Vezető szerkesztőként 2021-ben mutatja be a több, mint 100 közreműködő munkájával elkészült *Handbook of Water Resources Management: Discourses, Concepts and*

Examples című kötetet, ami áttekintést nyújt a vízről folyó aktuális szakmai viták irányairól, tényekről, elméletekről és módszerekről a döntéshozatali folyamatok elősegítése érdekében.

A személyesen átéltek alapján ír az árvízvédelem csődjéről az Ahr folyó völgyében 2021 nyarán, melynek 100-nál több áldozata volt a világ egyik legfejlettebb régiójában.

Az *Epilógusban* négy, pályáját meghatározó személyhez fűződő kapcsolatáról ír, *Négy személy négy dimenzió* címmel. Elért eredményei közül Bogárdi professzor a tanítványaira a legbüszkébb, bízva abban, hogy ők viszik tovább a tudományos fejlődés folyamatát.

Bogárdi János tapasztalatait ma a kőszegi Felsőbbfokú Tanulmányok Intézetében hasznosítja. Az életművét összefoglaló kötet nemcsak rendkívül tanulságos, de szórakoztató is.

Dr. Gayer József
a Hidrológiai Közlöny Szerkesztőbizottságának tagja



Bogárdi professzor úr életmű kötetének bemutatóján 2022. december 5-én az MTA Székház Felolvasó termében
(<https://www.ovf.hu/hu/hirek-ovf/bogardi-janos-vizbol-vagyok-vizze-leszek>)

Nekrológ



Életének 76. évében elhunyt Kuti László geológus, okleveles földrajztanár, az Értelmiségi Szakszervezeti Tömörülés (ÉSZT) elnöke, a Hidrológiai Közlöny Szerkesztőbizottságának tagja.

Kuti László a szegedi Radnóti Miklós Gimnáziumban érettségizett, majd a József Attila Tudományegyetemen 1969-ben szerzett geológusi és okleveles földrajztanári diplomát. 1977-ben doktorált földtanból. Az egyetem elvégzése után a Magyar Állami Földtani Intézetben helyezkedett el, ahol végigjárva a kutatói ranglétrát, segédmunkatársként kezdte tevékenységét és tudományos főmunkatársi fokozatig jutott el. Mintegy 25 évig osztályvezetői, majd főosztályvezetői beosztásban dolgozott.

1984 óta vett részt a felsőoktatásban. A debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen szedimentológiát, a szombathelyi Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskolán Magyarország földtanát, a szegedi József Attila Tudományegyetemen környezetföldtant, a Miskolci Egyetemen agrogeológiát tanított. 1989 óta a gödöllői Szent István Egyetemen, mint címzetes egyetemi docens a földtan alapjaira, hidrológiára, hidrogeológiára oktatott. A doktorandusz képzésben agrogeológiát is tanított.

Kuti László

Szeged, 1946. január 20. – Budapest, 2022. november 6.

Aktív szakszervezeti tevékenységét 1985-ben kezdte, amikor a földtani intézet szakszervezeti titkárnak választották. 1988-1990. között részt vett a Tudományos és Innovációs Dolgozók Szakszervezete (TUDOSZ), az Értelmiségi Szakszervezeti Tömörülés (ÉSZT), a Közszolgálati Szakszervezetek Szövetsége (KSZSZ) és a Szakszervezetek Együttműködési Fóruma (SZEFE) alapításában. 1990-től 2014-ig a TUDOSZ elnöke volt.

1990-től az ÉSZT elnökségi tagja, alelnöke, 2008-tól az ÉSZT elnöke. 1990-től képviselte az ÉSZT-t az Érdekegyeztető Tanácsban, valamint különböző közszolgálati érdekegyeztető fórumokon. Az ÉSZT közleménye szerint Kuti László szívügyének tekintette a munkavállalók érdekképviselését, a szakszervezeti mozgalmat. Konszenzuskereső személye garancia volt a tömörülésen belüli és a konföderációk közötti együttműködésre egyaránt.

A Nemzeti Gazdasági és Társadalmi Tanácsban (NGTT) aktív szerepet vállalt a testület reformbizottságában és az oktatási bizottságában. A munkavállalói oldalt képviselte 1996-tól a megszűntéig az Országos Területfejlesztési Tanácsban, és 2009-től a megszűntéig a Felsőoktatási Tudományos Tanácsban.

Szakszervezeti publikációs tevékenységének eredménye három könyv az érdekegyeztetésről, két könyv társszerzőségben az ÉSZT történetéről és tevékenységéről, több mint 100 cikk különböző lapokban, kiadványokban, előadások tartása szakszervezeti konferenciákon és egyéb fórumokon.

Kuti László tagja volt a Magyar Hidrológiai Társaságnak, a Talajtani Társaságnak és a Magyar Természet-tudományi Társulatnak is.

2019-től a Hidrológiai Közlöny Szerkesztőbizottságának tagjaként geológiai, agrogeológiai, vízföldtani és oktatáspolitikai területen segítette munkánkat.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

*Dr. Major Veronika
a Hidrológiai Közlöny főszerkesztője*

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 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.)