

AZ ORSZÁGOS  
VÍZÜGYI FŐIGAZGATÓSÁG KIADVÁNYA

# VÍZÜGYI KÖZLEMÉNYEK

2025. 2. szám



BUDAPEST

# VÍZÜGYI KÖZLEMÉNYEK

MŰSZAKI FOLYÓIRAT

2025. évi 2. szám

BUDAPEST, 2025

# AZ ORSZÁGOS VÍZÜGYI FŐIGAZGATÓSÁG KIADVÁNYA

KÖZZÉTESZI:

AZ OVF VÍZÜGYI TUDOMÁNYOS TANÁCSA

*A folyóirat megjelenik nyomtatott kiadványként és digitális formában is.*

A kézirat lezárva: 2025. november 10-én.

Főszerkesztő:

**DR. VÁRADI JÓZSEF**

Szerkesztette:

**DR. SZLÁVIK LAJOS**

Tördelte: dr. Szlávik Lajos

A Szerkesztő Bizottság összetétele:

Bak Sándor, dr. Bakonyi Péter, dr. Balatonyi László, dr. Bálint Zoltán, dr. Búzás Kálmán, dr. Csonki István, dr. Dévai György, dr. Dobos Endre, dr. Engi Zsuzsanna, Fejér László, Göncz Annamária, Haranghy Csaba, dr. Hayde László, Horkai András, dr. Horváth Ákos, Illés Lajos, dr. Kertai István, dr. Keve Gábor, Kling Zoltán, dr. Koris Kálmán, Kóthay László, dr. Kovács Sándor, dr. Kozák Péter, dr. Krámer Tamás, Lábdy Jenő, Lovas Attila, dr. Madarassy László, Pannonhalmi Miklós, Rácz Tibor, Rosza Péter, dr. Szaló Péter, Sziebert János, dr. Szlávik Lajos, dr. Varga István, dr. Váradi József

Szerkesztőség:

1012 Budapest, Márvány u. 1/D.

Borítóterv: Bíró Mária

Az ábrák kidolgozásában közreműködött: Sziebert János

Nyomdai munkák: GMN-Color Digital Kft.

**HU ISSN 0042-7616**

## TARTALOMJEGYZÉK

	oldal
Szerkesztői bevezető .....	5.
<i>Pannonhalmi Miklós: Quo Vadis, Fertő tó?</i> .....	11.
<i>Baranya Sándor: A hordalékgazdálkodás szükségessége hazai nagy folyóinkon</i> .....	47.
<i>Kiss Tímea, Tóth Marcell, Baranya Sándor, Sági Rajmund, Török T. Gergely: A Tisza hordalékháztartásának évszázados változása a Kisköre – szerb országhatár közötti szakaszon</i> .....	69.
<i>Fejér László, Albert Gábor: Magyarország vízügyeinek felelős irányítói – Kvassay Jenő és Sajó Elemér munkássága</i> .....	91.
<i>Tanai Anna: 150 éve született Sajó Elemér</i> .....	103.
<i>Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Herceg András, Gribovszki Katalin, Szabó András, Bolla Bence, Zagyvainé Kiss Katalin Anita: Napi ingadozáson alapuló párolgásszámítás</i> .....	115.
<i>Antal Örs, Ganszky Márton, Kisgyörgy Bence, Süveggyártó Anita Mária: A komplex tervezési koncepció válasza az összetett vízgazdálkodási igényekre</i> .....	135.
<i>Füle László, Kiss Szabolcs, Laurinyecz Pál: A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedése által veszélyeztetett területek felmérési tapasztalatai, megoldási javaslatok</i> .....	155.
<i>A vízügyi igazgatás nagy egyéniségei Papp Ferenc (1925–2012)</i> .....	169.



## SZERKESZTŐI BEVEZETŐ

A Vízügyi Közleményeknek ebben a számában változatos témákat tartalmazó tanulmányokat gyűjtöttünk össze és adunk közre.

*Pannonhalmi Miklós: Quo vadis, Fertő tó?* c. tanulmányában ismerteti a tó nevének eredetét. Összefoglalja a Fertő tó vízszintváltozásainak több mint ezeréves történetét, áttekinti a fontosabb Fertő-tavi áradásokat és kisvizeket. A 16. és a 19. század között a tó négy ízben teljesen kiszáradt (legutóbb 1868-ban), ugyanakkor számos esetben itt nagyvízi állapotok uralkodtak, a tó megáradt. A tó természetes eredetű extrém vízszintjei mindig felvetették az érdekeltek részéről a vízállapotokba történő beavatkozások kérdését, lehetőségét.

Az elmúlt évtizedben ismét kisvizes helyzet van, a legutóbbi 60 év legalacsonyabb vízszintjeit figyelték meg. A tó természeti védettsége, a tóvíz különleges, sztyeppei tavakra jellemző vízminősége meghatározza a vízpótlás, vízszintszabályozás lehetőségeinek feltételrendszerét. Az elmúlt évtizedek alacsony vízszintjei ismét felvetették a Dunából történő vízpótlás reális lehetőségét, melynek kockázatát az eddigi vizsgálatok nem tárták fel részletesen. A szerző részletesen indokolja, hogy hiányos tudományos ismeretek birtokában ilyen döntés az elővigyázatosság elvének betartása, az érdekeltek és érintettek bevonása nélkül nem hozható meg.

*Baranya Sándor: A hordalékgazdálkodás szükségessége hazai nagy folyóinkon* c. tanulmányában bemutatja, hogy a Duna és hazai nagy folyóink hordalék-háztartásának felborulása az elmúlt két évszázad beavatkozásainak következményeként napjainkra az egyik legfontosabb folyógazdálkodási kihívássá vált. A medermélyülés, a mellékágak főágtól való leválása, az árterek természetes vízutánpótlásának csökkenése, a hajózás feltételeinek és a folyami élőhelyek minőségének romlása mind azt jelzik, hogy a hordalékgazdálkodás bevezetése elengedhetetlen a folyók fenntartható használatához. Általánosan, mindenhol működő mérnöki megoldások azonban nincsenek; a cikkben példaként bemutatott módszerek különböző kombinációi alkalmazhatók a helyi hidrológiai, áramlási, hordalékszállítási, geomorfológiai stb. adottságtól függően.

Ezért a megalapozó vizsgálatok – a folyamatok részletes megértése, a mérési és modellezési módszerek bevonása – rendkívül fontosak a megfelelő beavatkozások megtervezéséhez.

A szerző összefoglalóan ismerteti, hogy jelenleg is számos hazai és nemzetközi kutatási program foglalkozik a kérdéssel, amelyek a tudományos eredményekre alapozva keresnek gyakorlati megoldásokat. A kutatások és a bemutatott példák egyértelműen bizonyítják, hogy a hordalékgazdálkodás nem csupán mérnöki feladat, hanem komplex ökológiai, társadalmi és gazdasági kérdés is. A sikeres megoldások kulcsa a szakterületek közötti együttműködésben, a hosszú távú szemléletben és a nemzetközi tapasztalatok beépítésében rejlik.

*Kiss Tímea, Tóth Marcell, Baranya Sándor, Sági Rajmund és Török T. Gergely* tanulmányukban a *Tisza hordalékháztartásának évszázados változását* elemzik a folyó Kisköre – magyar-szerb országhatár közötti szakaszán. A szerzők bőséges szakirodalmi áttekintést adnak a folyami hordalékháztartás változását (a hordalék forrásokat és csapdákat) befolyásoló tényezőkről. Megállapítják, hogy míg a legtöbb tanulmány a vízgyűjtő területnek a hordalékháztartásban betöltött szerepére összpontosít, addig a mederben zajló folyamatok szerepe ebben alig vizsgált. Sorra veszik azokat az emberi tevékenységeket, amelyek az elmúlt két évszázadban lényegesen kihatottak folyóink hordalékháztartására (gátak és tározók építése, mederszabályozási művek, mesterséges átvágások, mederkotrás).

A *vizsgálatok mintaterületeként* a Tisza Kisköre és a magyar-szerb határ közötti 243 km-es szakaszát (403–160 fkm) választották. Ezt a folyószakaszt 86 egységre osztották; ahol mindegyik „egység” vagy mesterséges átvágást, vagy egy-egy kanyarulatot képvisel. Ezeken az egységeken belül számították ki a medererózió és akkumuláció szerepét, hozzájárulását a hordalékháztartáshoz. A vizsgálatokhoz a rendelkezésre álló vízrajzi felméréseket használták (1838, 1890, 1929, 1976 és 2017).

A szerzők ezeken az egységeken vizsgálták a mélységi viszonyok és a hordalékáram tér- és időbeli változásait; a kanyarulat-átvágások, partbiztosítások, sarkantyú építések és duzzasztók hatását a hordalékfluxusra. Megállapították, hogy a mederszabályozás hatására a meder tényleges méretei csökkentek, mivel a keresztmetszet területe csökkent és a meder szűkült. Ez – kombinálódva a többi paraméterben megfigyelt változásokkal (jelentős eséscsökkenés, hordalékhozam csökkenése, sűrű parti növényzet, amely megtelepedett a meder oldalain is) – gátolja a közepes és nagy árvizek levonulását. A jövőben mederbővülésre és további mélyülésére lehet számítani, ami új kihívásokat vet fel a meder és az árvízi kockázat kezelésében. A folyamat már megindult, amit a partbiztosítások beomlása is jelez.

2025 jelentős vízügyi évfordulók éve: 175 évvel ezelőtt született Kvassay Jenő, 150 éve pedig unokaöccse, Sajó Elemér, akik Magyarország vízügyeinek felelős irányítói voltak. Rájuk, munkásságukra emlékezve két tanulmányt is közlünk e számunkban.

*Fejér László és Albert Gábor Kvassay Jenő és Sajó Elemér munkásságát* foglalja össze. Kvassay a dualista korszakban, míg Sajó a Trianon utáni időszakban fejtette ki vezetői tevékenységét. Igaz, Kvassay évtizedeken keresztül, Sajó pedig csak néhány évig, de a vízügyi történetírás mindkettőjüket meghatározó, programalkotó vezetőként tartja számon. A kétféle Magyarország gazdasági-politikai viszonyainak a vízügyekkel kapcsolatos igényeit nem csupán az első világháború területi következményei, hanem a két mérnök munkássága között eltelt évtizedek is meghatározták.

*Tanai Anna* dolgozatában a Duna Múzeum gyűjteményeiben található és *Sajó Elemér*hez köthető dokumentumokat segítségül hívva idézi fel a 150 éve született mérnök életét és munkásságát. Sajó korának kiemelkedő vízügyi vezetője. Elhivatottságának és kiváló szakmai teljesítményének eredményeit ma is ismerjük, élvezzük. Munkássága során olyan nagy volumenű vízügyi munkákat irányított, mint a Soroksári-Dunaág felsőtorkolati zsilip (a Kvassay-zsilip) és a budapesti Szabadkikötő építése. Sajó a vízügyi távlati tervezés úttörője volt. 1930-ban íródott munkáját az „*Emlékirat a vizeink fokozottabb kihasználása és újabb vízügyi politikánk megállapítása tárgyában*” Sajó testamentumának is tekintik, amelyben kijelölte a hazai vízügyi politika legfőbb irányait és akkori feladatait – máig kiható gondolatokkal.

*Gribovszki Zoltán és szerzőtársai Napi ingadozás a hidrológiai jellemzőkben* c. tanulmányukban – bőséges forrásmunkák elemzése alapján – bemutatják, hogy amíg a talajnedvesség, a talajvíz és a lefolyás többéves vagy éven belüli változásaival, az ökoszisztéma évszakos ökológiai ritmusával különböző szakcikkek sora foglalkozik, addig a rövid periódusidejű (pl. napi) jellemzőket a klasszikus szakkönyvek alig említik. Ez a tény azon alapulhatott, hogy a rövid periódusidejű mennyiségi változások vízgazdálkodási szempontból kevésbé jelentősnek minősültek. Ehhez járult még az is, hogy e jelenség sokszor egyszerűen ismeretlen volt a mérést végző számára. A korszerű digitális adatgyűjtő eszközök fejlődésével egyre több lehetőség adódik nagyobb gyakoriságú adatgyűjtésre, így számos új információt nyerhetünk a napi periódusú hullámról.

Ugyanakkor a hidrológiai jellemzőkben észlelhető napi ingadozás sok fontos információt tartalmaz. A napi ciklusú ingadozásból levonható információk nemcsak a vízkészletek számszerűsítésére, az adott víztartó jellemzőinek becslésére

alkalmasak, hanem nagyon jó diagnosztikai mutatói a klímaváltozásnak is. A legtöbb esetben a hidrológiai jellemzőkben tapasztalható napi ciklusú változás fő indukáló faktorainak a *napsugárzást* és a *hőmérsékletet* tekintjük. Ezek szabályozzák a napi ciklusú vízfelvételt és vízleadást, a csapadék, az evapotranszpiráció, az infiltráció és a hóolvadás vagy egyszerűen a hőmérséklet napon belüli fagyponthoz alatti és fölötti változása révén. A fluktuáció okai sokfélék lehetnek, de az okozó hatások közül az egyik legjelentősebb és legjellemzőbb a mi klímánkon a *vegetáció vízfogyasztása*.

*Antal Örs, Ganszky Márton, Kisgyörgy Bence és Süveggyártó Anita Mária* tanulmányukban az *összetett vízgazdálkodási kérdések társadalmi hasznosulására komplex szemléletű megoldást, terület alapú tervezési megközelítést javasolnak*, olyan kisléptékű tervezési területek kijelölésével, ahol az érintettek kockázati (és nem csak árvízi) közösséget tudnak alkotni, a tervezés és megvalósítás kezelhető léptéket ölt. A dolgozatban kitérnek arra, hogy a komplex tervezésre javaslatot tett korábban például az Országos Árvízi Kockázatkezelési Konceptió, valamint a Kvassay Jenő Terv és ezt igénylik az egyre gyakoribb vízhiányos időszakok következtében jelentkező lakossági, agrár, természetvédelmi és egyéb vízigények is.

A területi alapú tervezésben benne foglaltatnak a területrendezési feladatokat, ide értve a szabályozási módosításokat is. Felmerül a kérdés, hogy az irányítás szervezésében mi a komplex tervezés megfelelő módja? Jelentős kérdéseket vet fel a finanszírozás módja is, amely esetében azonosítani kell azokat a pénzügyi eszközöket is, amelyek lehetőséget teremtenek a komplex tervezésre. A tanulmány foglalkozik a társadalom bevonásának kérdésével is, amelyre, mint integráló tervezési elemre szükséges tekinteni és meg kell találni a tervezéshez igazodó legmegfelelőbb módját.

*Füle László, Kiss Szabolcs és Laurinyecz Pál* egy KEHOP projekt keretében felmérték a *Dunántúli-középhegység karsztvízszint emelkedése által veszélyeztetett területeket*. A modellezés eredménye szerint egyes területeken a karsztvízszint a jövőben várhatóan a terep fölé emelkedik. A szerzők dolgozatukban ismertetik a munka fontosabb lépéseit: felmérési módszertan kidolgozása, részletes felmérés, terepbejárás, az objektumok beazonosítása. A felmérési munka 56 önkormányzat területére terjedt ki. Összesen közel 500 objektumot azonosítottak, mértek fel és ezekről *térinformatikai adatbázis* készült Ennek alapján kiválaszthatóak voltak azok helyszínek, melyekre további vizsgálatok, megoldási javaslatok kidolgozása volt szükséges. Az azonos jellegű problémák típusai szerint

csoportosítva elemezték a megoldási javaslatokat és – amennyiben szükséges volt – meghatározták a lehetséges, javasolt további vizsgálatokat, a dokumentációkhoz szükséges tervezők, szakértők körét is.

Folytatjuk a VK előző számaiban megkezdett sorozatunkat, immár a 14. megemlékezést tesszük közzé. „*A vízügyi igazgatás nagy egyéniségei*” sorában mostani számunkban emlékezünk a 100 esztendővel ezelőtt született *Papp Ferenc*re, (1925-2012), aki a magyar vízmérnöki társadalom kiemelkedő egyénisége volt. Széles látókörű mérnök, aki hat évtizeden át tevékeny részese volt a vízügyi szolgálat fejlődésének; jelentős egyénisége az ország vízgazdálkodásának; élete, sorsa összefonódott a vízügyével.

*Dr. Váradi József*  
főszerkesztő

*Dr. Szlávik Lajos*  
szerkesztő

## QUO VADIS, FERTŐ TÓ?

PANNONHALMI MIKLÓS<sup>1</sup>

„Minél távolabbra tekintünk hátra,  
annál messzebre látunk előre.”

Sir Winston Churchill

### 1. Bevezetés

#### *Lacus Peiso/Pelso – Fertő tó – Neusiedler See*

A rómaiak – Pilinus Naturalis Historis III nyomán *Lacus Peiso*-nak, illetve egyesek szerint *Pelso(is)*-nek nevezik a tavat, több, mint valószínű, a tó környékén élő Pei nevű törzs alapján.

*A tó elnevezéséről Hunfalvy Pál a következőket írja: „Mind a Balatonra, mind a Fertőre a rómaiaknál csak a Pelso név divatozott. A folyónevek megmaradtak a rómaiak után, s átöröklődtek a magyarokra. A Pelso tónév megváltozik. A nagyobbikra talán már az avarok közt élt szlovénektől a Balaton (blató – sár) név ragad, s rajta marad a magyarok közt is, kik az ottani szlovéneket magokba olvasztották. A kisebbik tónak Fertő lesz a neve, mely magyar szó, ugyanazt jelent, mint Balaton.” (Hunfalvy 1876).*

A Fertő elnevezés sok tudományos vitára adott okot. A Fertő név már a 12. században szerepel III. Béla király okirataiban és hol a Fejér megyei Velencei-tavat, hol a Csákvár határában lévő mocsaras területet illetik e névvel. A 13. században Pest-Pilis-Solt-Kiskun megyében lévő tómcászár kapja a nevet. „A 13. és a 14. századbeli oklevelekben gyakori a „fluvius ferteu” Fertő folyó-féle elnevezés; igaz, hogy ugyane századokban kelt oklevelek, térképek „lacus”-nak (tó) vagy egyszerűen csak „aqua”-nak nevezik...” – írta Bella Lajos (Bella 1886).

Olyan okiratok, melyek kifejezetten a mai Fertőre alkalmazzák ezt a régi elnevezést, már a 11. századból valók, IV. Henrik császár idejéből. Arra is vannak adatok,

<sup>1</sup> Pannonhalmi Miklós MSc, ny. főmérnök, Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság

hogy a régiek a *Pelső*, *Peisó* nevet nemcsak a Balatonra, hanem a Fertőre is alkalmazták. Az 1664-es magyar királyi térképen mind a latin (*Lacus Peiso*), mind a magyar (*Fertő*), mind pedig a német (*Peisoferter-Neusiedlersee*) megnevezés szerepel. A Fertő elnevezés egyébként a későbbi idők során mindinkább a mai Fertő tó kizárólagos nevévé lett. Az a tudományos meggyőződés válik uralkodóvá, hogy a „Fertő” szó nem szláv, hanem avar, de talán kelta eredetű (Károlyi 1933). A *Neusiedler See* német elnevezés eredete – a [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org) szerint – az 1242-es mongol hódítás, a tatárjárás, a tó körüli lakosság kiirtása után jelent meg<sup>2</sup>.

## 2. Keretfeltételek

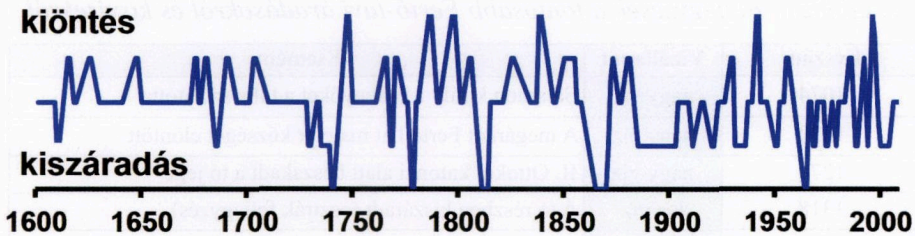
A Fertő tó vízgyűjtőterülete 1.116 km<sup>2</sup>, ebből a tómeder területe 317 km<sup>2</sup>, szabad vízfelülete mintegy 143 km<sup>2</sup>. A nádas területből – ami a Duna delta után Európa második legnagyobb összefüggő nádas – a magyar rész 64 km<sup>2</sup>, a magyar nyílt víz felülete 13 km<sup>2</sup>. Az átlagos vízmélység 1,4 m. A tó tárolt vízmennyisége – átlagos vízállás mellett – 350 millió m<sup>3</sup> körüli. A tófelületnek és a tavon kívüli vízgyűjtőterületnek az aránya rendkívül csekély, 1:2,6, ami pl. a Bodeni tó esetében 1:20, míg a Genfi tónál 1:13, a Balatonnál 1:10 közeli érték. A Fertő tó Közép-Európa egyetlen sztyeppe jellegű tava (Kopf 1967).

A tó vízmérlegében meghatározó a csapadék 574 mm/év és a párolgás 660 mm/év. A felszíni hozzáfolyás 180 mm/év, kifolyás a zsilipen pedig 85 mm/év, az 1965 – 2012 közötti időszak középértékei alapján (Wolfram et al. 2014). Az evapotranspiráció mértékére jellemző, hogy a tó a nyári napokon a párolgás következtében akár napi 1 cm-t is apadhat, ami kb. 3 millió m<sup>3</sup> víztérfogatnak felel meg.

A vízszint változásában meghatározóak az uralkodó É-ÉNy-i szelek. A szélmentes napok száma kevés, szeles napokon a maximális vízfelszín-kimozdulás, tőlengés a mérések alapján meghaladja az 1 m-t, de a 0,8 m-es É-D-i tőlengés is gyakori.

A náddal jelentősen borított, sekély vízmélységű nagy tómedence a magas evapotranspirációs arid, illetve szemi-arid klímaövezetre jellemző. Az ilyen típusú tavaknál a tápvizek elmaradása gyors vízszintcsökkenéshez, extrém esetben kiszáradáshoz vezethet. A vízhőmérséklet nagyon ingadozó, az iszap és a víz között nincs nagy különbség, már kis szél is felkeveri az iszapot, ezért kifejezett stratifikáció, hőmérsékleti rétegződés nem alakul ki. A nyílt víz színe az állandó mozgásban lévő finom üledék hatására szürkés, a nádövezetben a huminsavak hatására kifejezetten barnás. A szinte állandó mozgásban lévő zavaros nyíltvíz hatására a tó eutrofizációs szempontból a fénylimitált tavak csoportjába tartozik.

<sup>2</sup> A térségbe dél-német telepések érkeztek és Samstagmarkt város romjain az új várost Neusiedl-nek (Újtelep) nevezték el. Ebből vezethető le a tó német neve *Neusiedler See*, *Neusiedlersee* (szabad fordításban: „Újtelepi tó” – PM).



1. ábra. A Fertő tó történelmi vízállásváltozásai (1600 – 2007) (Forrás: ÉDUVIZIG)

A lefolyástalan mélyedésben fekvő tó korát 13.000 évre becsülik (Janisch et al. 2023). Egy időben a tó a „titokzatos” jelzőt is viselte, mivel időnként megáradt, majd kiszáradt, és csak évek múltán telt meg újból vízzel. A tó vízszintjének nagyfokú ingadozását mutatja az is, hogy a korai századokból fennmaradt oklevelekben nagyon gyakran nem mint tó, hanem mint folyó szerepelt. A tó életében a legjelentősebb antropogén beavatkozást a tónak a Hanság vizes élőhelyétől történő leválasztása jelentette. 1780-ban megépítették a pomogy-eszterháza utat, ami a vizek elöntése ellen védő, részben nyílásokkal épült gátat is képezte. Ezt követően részben megvalósították a Rába, Rábca, Fertő szabályozását célzó, Meiszner Emil által 1878-ban készített Rábaszabályzó Társulati átfogó tervet.

A római Pannonia provincia alapításakor a „Lacus Peiso”-ként említett sekély sztyepp-többször kiszáradt, majd visszatérő áradásával veszélyeztette a környező települések lakosságát. Az évszázados teljes kiszáradások 110–120 évente jelentkeztek. A Fertő menti lakosság hét éves áradási – száradási periódusokat tart nyilván. A megfigyelések helyesek, éves eltérések lehetségesek (Varga 1962).

Az 1. táblázatban összefoglaltuk a fontosabb Fertő tavi áradásokról és kiszáradásokról történelmi dokumentumokból, feljegyzésekből kigyűjtött adatokat, feljegyzéseket, különös tekintettel a szélsőséges vízállapotokra, a nagy és kis vizekre, 1074-től napjainkig. Az 1. ábra grafikusán szemlélteti a Fertő történelmi vízállás-változásait az 1600 és 2007 közötti időszakra.

A jelenlegi tószabályozás a mexikópusztai zsilip üzemeltetésével 1965-ben kezdődött meg. Ezekkel a beavatkozásokkal meghatározóvá vált a tó vízháztartásának csapadéktól való függősége. A 2. ábra bemutatja a Fertő tó vízszintjének alakulását az 1965-ben megkezdett szabályozástól kezdődően napjainkig.

A Fertő-tó vízgazdálkodása szempontjából meghatározó az 1965-ben létrehozott Magyar-Osztrák Vízügyi Bizottság hatásköre. A tó vízszintjének szabályozása a Bizottság által jóváhagyott, vízjogi engedéllyel rendelkező ún. zsilipkezelési szabályzat alapján történik. A tó maximális vízszintjét 116,00 méter osztrák Adria felett (m o.Af) értékben határozták meg. Az első meghatalmazottak egyetértése esetén tóeresztés csak ezen érték meghaladása után lehetséges. A természeti adottságok miatt kisvizekre vonatkozó értékeket nem állapították meg.

## 1. táblázat. Feljegyzések a fontosabb Fertő-tavi áradásokról és kiszáradásokról

Évszám	Vízállapot	Esemény
1074	nagy víz	Salamon király a besenyőket a tóba szorította
1230	nagy víz	A megáradt Fertő hat magyar községet elöntött
1270	nagy víz	II. Ottokár katonái alatt beszakadt a tó jege
1318	kis víz	A tó részben kiszáradt (osztrák feljegyzés)
1410	nagy víz	A tó megáradt (osztrák feljegyzés)
1429	nagy víz	A megáradt Fertő elöntötte Urkony községet
1541	kis víz	A tóban nem lehetett halászni
1543	kiszáradás	A tó eltűnt
1544	kis víz	Csak itt-ott látszott nedves rész
1549	nagy víz	A balfi réteket elöntötte a tó
1568	kis víz	A Répce miatt apadt a vízszint (osztrák feljegyzés)
1500-as évek vége	kis víz	Alacsony vízállapotok
1674	kis víz	Rusznál 3.830 öl szélesnek mérték a tavat (osztrák feljegyzés)
1683	kis víz	A Bécs ellen nyomuló török átkelt a tavon
1694	kis víz	Alig látszottak tócsák a tó fenekén
1738	kis víz	Majdnem teljesen kiszáradt a tó
1740	kis víz	Majdnem teljesen kiszáradt a tó
1741-1742	nagy víz	Ismét megtelt a tó
1768-1769	nagy víz	500 km <sup>2</sup> feletti vízfelület (osztrák feljegyzés)
1773	kiszáradás	A Fertő kiszáradt (osztrák feljegyzés)
1786	nagy víz	512 km <sup>2</sup> -re (a mai duplájára) nőtt a területe
1797	nagy víz	A tó megáradt (osztrák feljegyzés)
1801	kis víz	Igen kicsi lett a tó
1811-1813	kiszáradás	A tó kiszáradt (osztrák feljegyzés)
1800-as évek eleje	nagy víz	A Répce árvize behatolt a Hanságba és a Fertőbe
1830	nagy víz	A Lajta árvize is betört a tóba
1831-1840	kis víz	Majdnem teljesen kiszáradt a tó
1836	nagy víz	A Fertő megáradt (osztrák feljegyzés)
1838	nagy víz	356 km <sup>2</sup> feletti vízfelület (osztrák feljegyzés)
1853	nagy víz	Igen magas volt a vízállás (Nezsider: 117,60 mAf), a Rábaszabályozó Társulat az ártér határát ehhez igazította
1854	kis víz	Apadt a vízszint (osztrák feljegyzés)
1855	kis víz	A víz leapadt
1862	kis víz	20-100 cm-es vízállás

Évszám	Vízállapot	Esemény
1864	kis víz	15-25 cm-es vízállás
1865	kis víz	Csak néhány pocsolya maradt a tóban
1866	kis víz	A „tócsata” Ruszt és Oggau között
1868	kiszáradás	Teljesen kiszáradt a tó, Ruszt és Illmitz között rendszeres kocsiforgalom volt
1869	növekvő	Ismét gyűlni kezdett a víz
1872-1880	nagy víz	A tó megáradt, 2-3 m-es vízszint (osztrák feljegyzés)
1876	nagy víz	A tó újra elérte régi méreteit
1891-92	kis víz	Viszonylag kis víz volt
1893	kis víz	Befejeződtek a Duna és mellékfolyóinak árvízvédelmi munkái
1899	kis víz	A leapadást mesterséges hatás idézte elő (Hanság-főcsatorna kiépítésének előrehaladása)
1902	kis víz	Alacsony vízszint (osztrák feljegyzés)
1910	kis víz	Kikotorták a Hanság-főcsatornát a Fertő tóig
1929		A tó fenékgig befagyott, a lékekből kénhidrogénes víz tört fel
1941	nagy víz	A Fertő megáradt (osztrák feljegyzés)
1965		Az újkori tószabályozás kezdete
2003	kis víz	Az 1965 óta eltelt időszak legalacsonyabb nyugalmi tóvízszintje
2009	nagy víz	Vízeresztés a Fertőszéli-zsilipen
2014	nagy víz	Vízeresztés a Fertőszéli-zsilipen
2022	kis víz	114,87 m o.Af – az 1965 óta mért legalacsonyabb vízszint
2024	kis víz	115,21 m o.Af szeptember végén
2025	kis víz	115,26 m o.Af augusztus

A tulajdonviszonyok tekintetében a tó egyharmada Magyarországhoz, kétharmada Ausztriához tartozik. Magyarországon a Fertő tó az állam tulajdona, vagyionkezelője közel fele-fele arányban az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (ÉUVIZIG) és a Fertő-Hanság Nemzeti Park Igazgatóság. Ausztriában a tó önkormányzati és magántulajdonban van, legnagyobb része Eszterházy birtok, kezelője az Eszterházy Alapítvány. A *Fertő-Hanság Nemzeti Parkot (FNHP)* 1991-ben, az *osztrák Fertő tó–Fertőzug Nemzeti Parkot (Nationalpark Neusiedler See – Seewinkel)* 1992-ben alapították. A többi osztrák nemzeti parktól eltérően a *Fertő tó–Fertőzug Nemzeti Park* nem az állam, hanem kb. 1.200 helyi gazdálkodó tulajdona, akik kompenzációt kapnak a művelésből kivont területükért. A határon átnyúló közös nemzeti parkot 30 éve, 1994-ben avatták fel.

### Csata a kiszáradt Fertő tóban

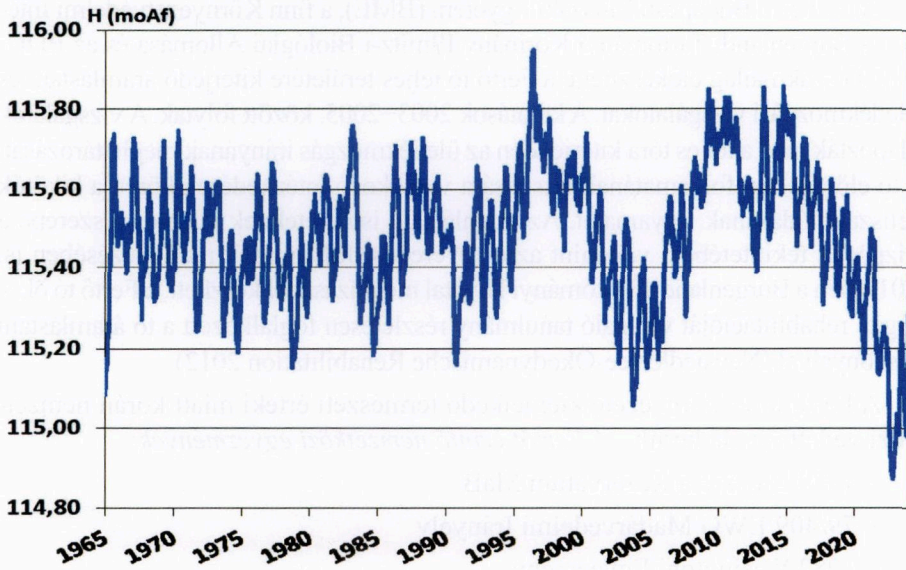
1866-ot írunk, a porosz-osztrák háborúban a Porosz királyság döntő győzelmet aratott a königrázi csatában a többnemzetiségű, elavult felszerelésű Habsburg csapatok felett. A politikai hatalom ingadozott és kicsiben ez jelentkezett két Fertő-menti település, Ruszt és Oggau között is. A fordulópontot egy banális határvillongás, a két településsel határos legelő használata jelentette. A Fertő tó ekkor szinte teljesen kiszáradt. A hagyományok szerint mindkét település lakói kaszálóként használták a területet, de hosszantartó szárazság idején a tulajdonviszonyok kiéleződtek, mindkét település sajátjának tekintette a volt vizes tómedret. A helyzet 1866 november 6-án háborúvá eszkalálódott.

Minkét település családjai a kaszálást elvégezték, a szénát elszállításra kazlakba rakták. A gazdagabb protestáns szabad királyi város, Ruszt nagyobb jogot formált a szénára, mint a szegényebb katolikus Oggau település. Akkoriban egy kazal széna ára 30 Krajcár – mai áron 7,90 Euró – volt, ami egy vagyont jelentett az oggauiak számára.

1866. november 5-én került sor a hagyományos Szent Imre körmenetre Oggauuban, amelyen a falu apraja-nagyja részt vett. Amíg Oggau északon imádkozott, délen a rusztiak kihasználták a lehetőséget, átmentek az érintett területre és megkezdték a széna kocsikra történő felrakását és elszállítását. Másnap, november 6-án Oggau Szent Lénárd napját ünnepelte és a lakosság nagy része a templomban volt. A mise alatt terjedt el a hír a rusztiak tettéről, ami már nem maradhatott megtorlás nélkül. Az oggauiak kaszával, furkósbottal, szerszámokkal felfegyverkezve indultak meg, míg a rusztiak, mint szabad királyi város polgárai hozzáfértek a löfegyverekhez és a városparancsnok kiadta a tűzparancsot. Oggau falu parasztjai a védekezés során saját készítésű ágyukat is bevetettek. A „harcokban” három oggau férfi súlyosan megsérült. A sajtó „véres” zavargásokról írt. Az összetűzésnek jogi következményei voltak: 16 ruszti és 25 oggaui személyt bepereltek; a bírósági eljárás öt évig tartott és 1871-ben hirdettek ítéletet. A börtönbüntetések egy hónaptól egy évig terjedtek, amit aztán a császár munkavégzésre enyhített.

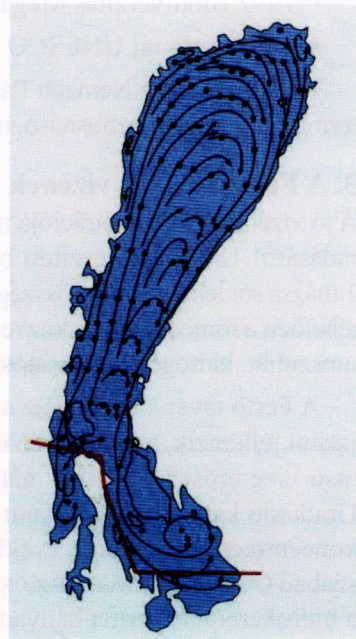
Az események több évtizedes ellenségeskedéshez vezettek a két település között, majd elcsitultak. A történetek szájhagyomány útján terjedtek, néha fantázia-dús tartalmakkal. Ruszt és Oggau lakói a továbbiakban békésen, harmóniában éltek egymás mellett, gyakoriak voltak a települések lakói közötti házasságok, de a „tócsata” szimbolikus lezárására csak 159 év után került sor.

2025. június 6-án ünnepélyes keretek között megtörtént a két szomszédvár közötti „békekötés”. A kerékpárút mentén felállított és felszentelt békeemlékmű szimbolizálja a Ruszt és Oggau közötti barátságot és szeretetet. A béke feltétlen szükségességét az emlékműre vésett *Willy Brandt* idézet hangsúlyozza: „*A béke nem minden, de béke nélkül minden semmi*”.



2. ábra. A Fertő tó vízszintjének alakulása az 1965-ben kezdett szabályozás óta napjainkig (Forrás: ÉDUVIZIG)

A Fertő tó magyarországi része áramlási viszonyainak vizsgálatára, az ÉDUVIZIG a finn Környezetvédelmi Intézet közreműködésével a 90-es évek elején, a VITUKI-n keresztül kapcsolódott be. A finn szakértőkkel sikerült a legkorszerűbb műszerek segítségével feltárni és megmérni a fertőrákosi öböl áramlási viszonyait, feltárni az öböl és az osztrák tórész közötti vízcsere mechanizmusát és megismerni az öböl üledékvándorlását a hullám keltette erők hatására. (3. ábra)



3. ábra. A Fertő tó általános áramlási képe

2002-ben a Budapesti Műszaki Egyetem (BME), a finn Környezetvédelmi Intézet, a Burgenlandi Tartományi Kormány Illmitz-i Biológiai Állomása és az ÉDU-VIZIG szakmailag előkészítette a Fertő tó teljes területére kiterjedő áramlástan és üledékmozgási vizsgálatokat. A kutatások 2003–2005. között folytak. A vizsgálatok alapozták meg a teljes tóra kiterjedően az üledékmozgás irányának meghatározását, a tó előregedési folyamatának lassítására vonatkozó intézkedések körét, a kikötők feliszapolódásának folyamatát. Az áramlástan ismereteknek jelentős a szerepe a vízpótlás tekintetében, valamint az elkeveredési folyamatok modellezésében is. 2012-ben a Burgenland-i Tartományi Hivatal megbízásából készített, a Fertő tó ökológiai rehabilitációját vizsgáló tanulmány részletesen foglalkozott a tó áramlástanai viszonyaival (Neusiedlersee-Ökodynamische Rehabilitation 2012).

A Fertő tó és környezete kiemelkedő természeti értéki miatt korán nemzetközi védettség alá került. *A Fertőt érintő nemzetközi egyezmények:*

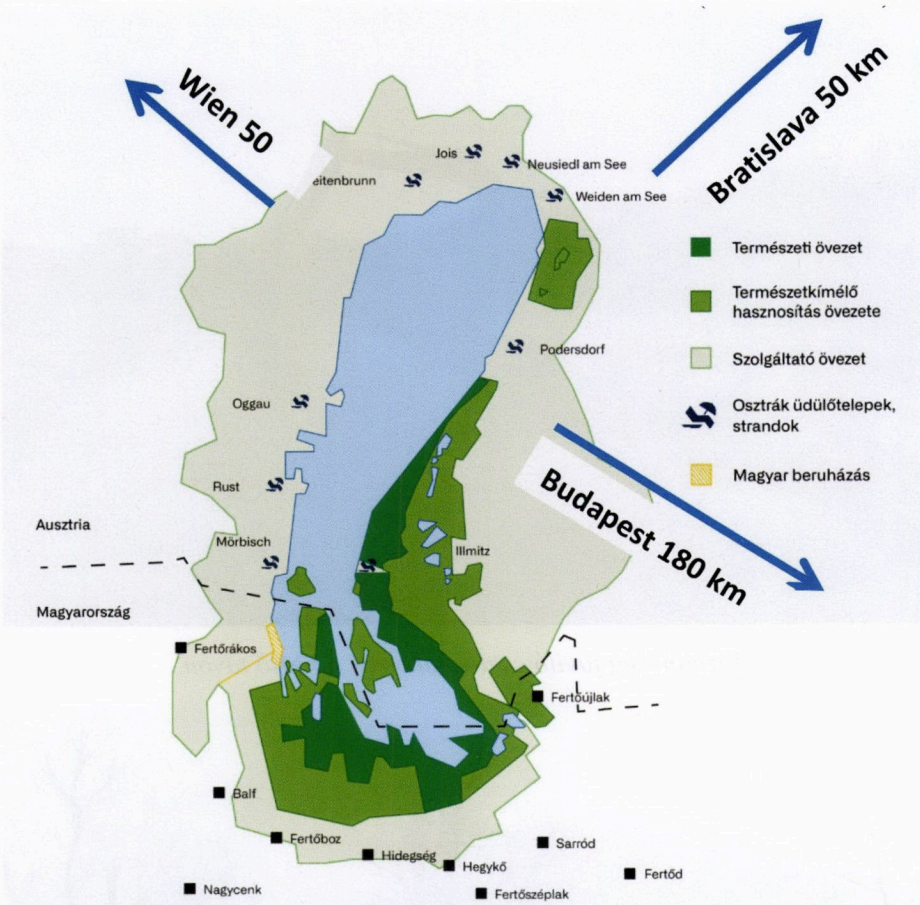
- 1979 Bioszféra Rezervátum MaB
- 79/409/EWG Madárvédelmi Irányelv
- 1982 Wasingtoni Egyezmény
- 1983 Ramsar Egyezmény
- 1983 Berni Egyezmény
- 92/43/EWG Flóra-Fauna Élőhely Irányelv
- 1992 Biodiverzitás Megállapodás Rio de Janiero
- 2001 Fertő táj UNESCO világörökség

A Fertő-Hanság Nemzeti Park magyar területének jelentős része természeti és természetkímélő hasznosítású, míg az osztrák tórész elsősorban szolgáltató övezet.

### 3. A Fertő tó nyílt vízének minőségéről

A tó vízének sókoncentrációja magas, amit jól mutatott a tó legutóbbi teljes kiszáradásáról 1868-ban készített beszámoló, miszerint 4 négyszögölnyi területről 1 mázsa sót lehetett volna összegyűjteni (Károlyi 1933). A víz magas sótartalma feltehetően a tómederben és közvetlen a tómeder alatt lévő nagykoncentrációjú nátriumsulfát, hidrogén-karbonátos kloridos üledék kölcsönhatására vezethető vissza.

A Fertő tavat általában az asztatikus sztyeppe tavak egyik legnyugatibb tagjaként jellemzik, azaz állandó mozgásban lévő, magas sótartalmú, lúgos kémhatású vize erősen alkálikus nátrium-hidrokarbonát és nátriumsulfát tartalmú. Uralkodó kation a  $\text{Na}^+$ , főként  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{CO}_3^{--}$ ,  $\text{Cl}^-$  ionokhoz kötött. A víz  $\text{Ca}^{++}$  koncentrációja az elmúlt években csökkent, karbonát tartalma nőtt, esetenként szabad  $\text{CO}_2$  is előfordul. Az oxidációs folyamatok szempontjából előnyös, hogy a hidrokarbonát/sulfát hányados értéke 1-nél kisebb (Donászy 1972).



4. ábra. A Fertő tó védelem alatt álló területei. (Forrás: FHNP)

2. táblázat. A Fertő tó vízének a fajlagos elektromos vezetőképességéből (EC) számított, illetve mért összes ion tartalom változása az utóbbi több mint 120 év során (Pannonhalmi, Sütheő-2007 nyomán)

Év	Min. mg/l	Max. mg/l
1902	3726	9274
1903	3540	15940
1927-31	766	3340
1958	1058	1596
1960-61	1083	2010
2006	1418	2598
2023	1414*	3262**

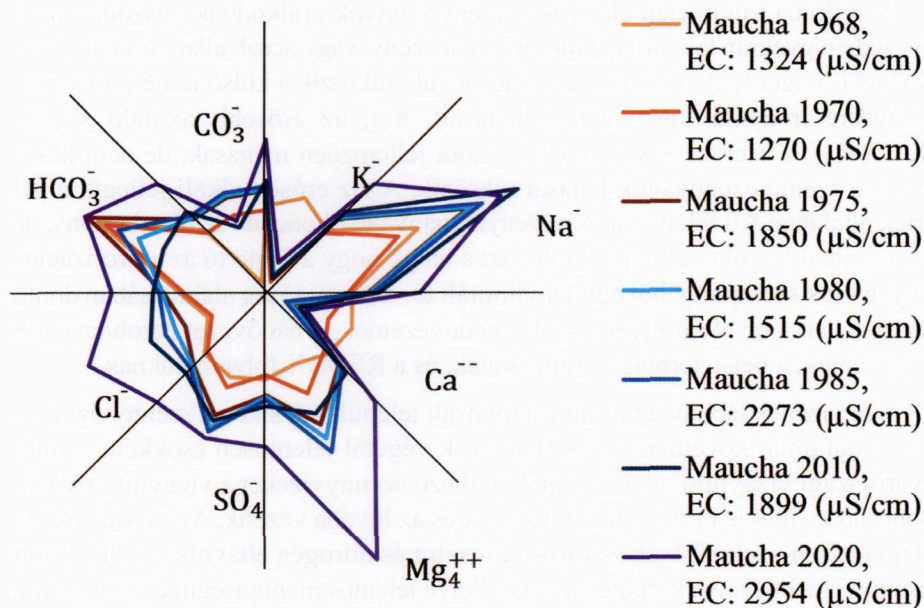
\* – Virágosmajori főcsatorna \*\*–Nádas állomány



*Vízminőség javító csatornakotrás a Fertő tavon*



*„Haragos” a Fertő – vihar a tavon*  
(a felvételek az ÉDUVIZIG archívumából származnak)



5. ábra. A Fertő tó ionösszetételének kialakulása az 1965-ös szabályozás után

A Fertő tó vízére oly jellemző kation/anion összetétel a Fertőszéli zsilip helyreállítása után, a zsilipkezelési szabályzat elfogadását követő években hamarosan kialakult és a mai napig meghatározó. A kialakulási folyamatot jól szemlélteti az 5. ábra, az elmúlt több, mint 50 év tóvíz ion-összetételének változását mutató, az 1968 – 1975 – 1985 – 2010 – 2020 évekre készített, a tóvíz nyolc fő ionarányainak eloszlására szerkesztett *Maucha-féle csillagdiagram*.

A változás elsősorban a karbonát anion és magnézium kation jelentős növekedésében, illetve a hidrogénkarbonát anion és kalcium kation jelentős csökkenésében figyelhető meg. A fajlagos elektromos vezetőképesség (EC) viszonylag alacsony értékei a 60-as évek végét, a 70-es elejét jellemezték.

A tóvíz sótartalmára jelentős hatást gyakorolhat a tömedencére közvetlenül hulló csapadékvíz mennyisége – az 1965–2012 időszak vízmérlegéből számított átlag alapján 17,5 millió m<sup>3</sup>/év – és összetétele. Az oldott oxigénben általában gazdag csapadékok vize gyengén savas kémhatású, és literenként nagyon kevés (100-szor kevesebb) oldott ásványi anyagot tartalmaz, fajlagos elektromos vezetőképessége (EC) általában 40 μS/cm alatt van (*Dulovics – Csapák 2024.*).

A nyíltvízi tófelületen előnyös oxigénviszonyok uralkodnak, viszont a nádövezetben gyakran találkozhatunk oxigénszegény, vagy aerob állapotokkal. A víz  $\text{KMnO}_4$  oxigénfogyasztás értékei alacsonyak, tükrözik a külső terhelések csökkentésére irányuló intézkedések hatásait, míg az erősebb oxidáló szerrel ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) a szerves anyag értékek a tóra jellemzően magasak, de nem külső eredetű szennyezőanyagok hatását tükrözik. A víz erősen alkáli jellegű, a pH érték általában 8,0 felett van. A növényi tápanyagok koncentrációja alacsony, de nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a tényt, hogy a Fertő tó az eutrofizációs folyamatok szempontjából egy fénylimitált tó. A vízminőség alakulásában döntő szerepe van a tavat körülvevő széles nádövezetnek, a nádövezet aerob/anaerob állapotának, a belső terhelés változásának, és a REDOX folyamatoknak.

A tó vízének tápanyagtartalma a tó körüli települések sikeres szennyvízkezelési programját követően az 1980-as évek végétől jelentősen csökkent. A magyarországi vízgyűjtő településein keletkező szennyvizeket a vízgyűjtőn kívül, Sopronban, illetve Fertőendrédn kezelik és az Ikvába vezetik. Az osztrák tórész vízgyűjtőjén a települések és városok foszfor és nitrogén eltávolítással tisztított szennyvizei közvetve kerülnek a tóba, illetve jelentős mennyiségüket a vízgyűjtő területet kívül kezelik és a Lajtába vezetik. A tóba tehát közvetlenül még tisztított szennyvizet sem vezetnek be. A tó vízminősége kielégíti az EU természetes fürdővizekre vonatkozó előírásait.

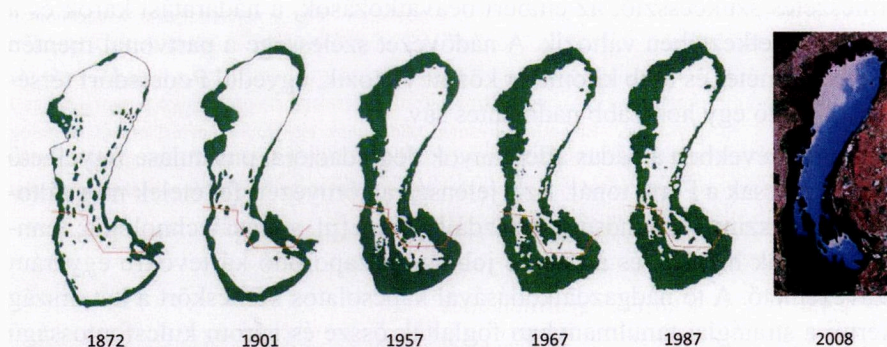
Nyomelemek, elsődleges veszélyes anyagok a Fertő tó vízében alacsony koncentrációban fordulnak elő. A nyomelem terhelésekre a Fertő tó a klimatikus, hidrológiai és morfológiai keretfeltételei miatt különösen sérülékeny, de ezen agyagok koncentrációja nem lépik túl az osztrák környezeti határtértékeket. A tó ökoszisztéma szolgáltatásait ezek az anyagok nem korlátozzák. A magas sérülékenység onnan származik, hogy a tó a nyomelemek csapdájaként is működik. Ezek a vegyületek a tóba jutva feldúsulhatnak a vízben, tárolódhatnak a nádövezet üledékében, ahonnan bizonyos körülmények között később mobilizálódhatnak (Zessner *et al.* 2019).

#### **4. A Fertő tó nádközi vízének minőségéről**

A Fertő tó jelenlegi állapotára, de különösen a déli tórészre a széles nádövezet, a feltöltődési folyamatok jellemzőek. A vízszintváltozások, a külső és belső terhelések, az uralkodó észak-északnyugati szelek, a szél keltette áramlások miatt és a tó elhelyezkedésének következtében a laza üledék jelentős része a tó déli részén, a nádas határán, szegélyén rakódik le. A keleti partot egy lényegesen keskenyebb nádövezet jellemzi, ami a már említett uralkodó szélirányra, a hullámhatásra és a jégtorlódásra vezethető vissza. Összességében a Fertő tó esetében

ez a széles nádövezet adja a tó jellegzetes megjelenési formáját és döntő kihatással van a tó vízháztartására, vízminőségére. A tó végleges, mai formáját a 19-20. század fordulója után kiépített déli, mexzikópusztai poldergátakkal és a levezető Hanság-főcsatorna kiépítésével kapta meg.

A nádövezet intenzív fejlődése alapvetően a következő beavatkozásokra vezethető vissza. A 20. század elején létesített Hanság-főcsatorna csökkentette a tó vízszintjét, ezzel optimális feltételek, vízmélységek keletkeztek a nád növekedése szempontjából. Az 1965-ös vízszintemelés lényegesen lecsökkentette a nádelőretörést, viszont kedvezett a part felőli nádnövekedésnek. A zsilipkezelési szabályzat feltehetően tovább fékezi ezt a folyamatot, annak ellenére, hogy a tó dinamizmusa nem változik. A változásokat jól mutatja *Kopf* és *Fischer-Nagel* által 1986/87-ben összeállított, Pannonhalmi által kiegészített térképsor (*Wolfram et al.* 2014) (6. ábra).



6. ábra. A Fertő tó nádasainak fejlődése 1872 – 2007 között, 135 év alatt

A Fertő tó nádas állományainak dinamikus változása szoros kapcsolatban áll a tó vízdinamikájával, a magas vízállások a nád szárazföld irányú terjedését segítik elő. A csökkenő vízmélység a tó belseje felé történő nád előrehaladást támogatja. Ezzel a jelenséggel prognosztizálta *Kopf* a tó nyílt vízfelületének megszűnését (*Kopf* 1967).

Fontos megemlíteni a belső tavak (barnavíz) területének utóbbi évtizedekben történő növekedését is (*Csaplovics–Schmidt* 2011).

A Fertő tó nádhasznosítása mindig jelentős volt. Kezdetben, a 20. század közepeig a szarvasmarha csordák végezték a nádgazdálkodást, majd, mint építőanyag egyre nagyobb jelentőségre tett szert. A kézi aratás mellett megjelent a nagyüzemi gépi aratás, és a magyar tórészen a nádövezetben az aratás és a szállítás megkönnyítésére több, mint 300 km csatornát alakítottak ki, és a nádasokat parcellákra osztották fel. Ekkor még az égetés is a nádgazdálkodás egyik hatékony eszköze volt.

A hatvanas évek közepétől a gépesített nádatartás dominanciájával az aratás a minőségi nád irányába tolódott el, és egyre nagyobb területeket foglaltak el az ún. öreg, avas nádterületek. A nádasövezet ugyanakkor természetvédelmi szempontból felértékelődött, a különleges madárvilág élő, költő és szaporodó helye, megfelelő táplálékbázis és egyben biztosítja a vonuló madarak nyugalma is. Halélettani szempontból sem hanyagolható el a Fertő tó nádövezete, ahol elsősorban a csatornák biztosítják a halak számára az életterületet, a szaporodási helyeket. A déli tórészén a nádövezet hasznosítása intenzívebb.

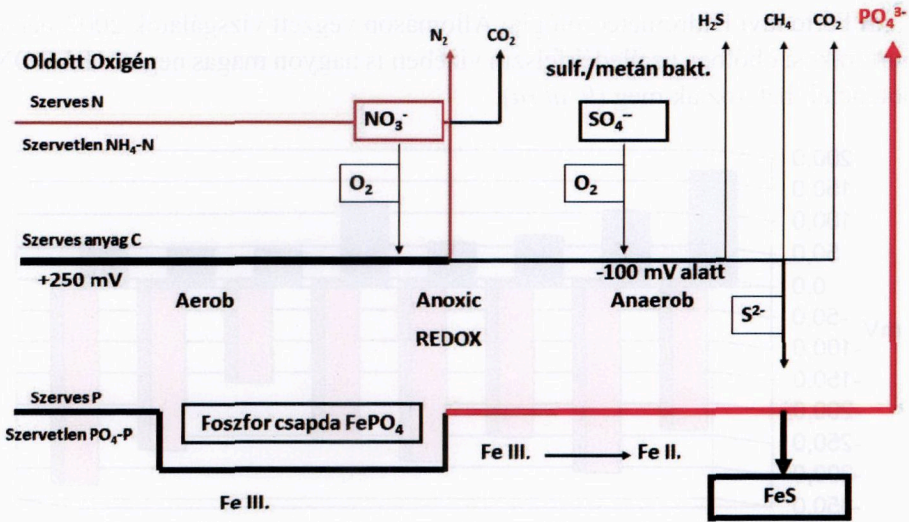
A Fertő tó nádas öv fejlődésével részletesen foglalkozott *Csaplovics, Király és Márkus* a tó stratégiai tanulmányában (*Wolfram et al.* 2014). Közlésük szerint a nádas öv közel 181 km<sup>2</sup> területű, mely az osztrák és a magyar oldal között 64, ill. 117 km<sup>2</sup> részben oszlik meg. A tó nádasállománya szinte tiszta *Phragmites*, részben lágyszárú aljnövényzetű állományokból áll. Az állomány heterogenitása a természetes szukcesszió, az emberi beavatkozások, a nádatartási károk és a nádtüzek következtében változik. A nádövezet szélessége a partvonal mentén néhány száz méter és több kilométer között változik, egyedül Podersdorf térségében található egy hosszabb nádmentes sáv.

Az utóbbi években a nádas állományok degradációja, pusztulása figyelhető meg, és nem csak a Fertő tónál. Ez a jelenség a környezeti feltételek megváltozására (pl. vízszint, vízminőség), a gazdálkodásra (pl. aratási technológia, fenntartási munkák hiánya) és az egyre jobban elszaporodó kártevőkre egyaránt visszavezethető. A tó nádgazdálkodásával kapcsolatos kérdéskört a két ország szakértői a stratégiai tanulmányban foglalták össze és három kulcsfontosságú területet jelöltek meg:

- a tó feltöltődésének kockázata (különös tekintettel a nádövezetre),
- vízminőségvédelem (kémia),
- a jó ökológiai állapot megtartása (élővilág).

Vízminőségi szempontból bizonyított, hogy a degradációval erősen érintett területeken az üledék szervesanyag tartalma magasabb, redox potenciál értéke viszont alacsonyabb, ami a kedvezőtlenebb oxigénviszonyokra vezethető vissza. Tovább fokozhatja ezt a kedvezőtlen hatást az a tény, hogy a már említett folyamatok következtében növekszik a nádszegély előtt az üledék felhalmozódása, korlátozódhat a nádövezet átöblítődése. A nádparcellákon belül a csatornahálózat feliszapolódott, a parcellák frissvíz pótlása, dinamizmusa korlátozott mértékű. A vízelvezetésben csak az ún. *főcsatornák* vesznek részt (részben közvetlenül), ami viszont hozzájárul a tó nyílt vizének terhelés-növeléséhez, rontva ezzel a nádövezet szűrő, vízvédelmi funkcióját is. A nádövezet/tó belső terhelésére vonatkozó folyamatot szemlélteti a 7. ábra.

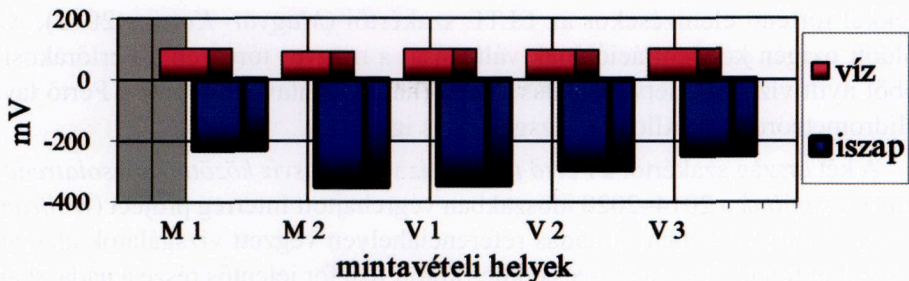
### A nádövezet/tó belső terhelése



7. ábra. A Fertő tó nádövezet belső terhelésének elvi vázlata

Miao és társai (2006) szerint az üledék a tápanyagok és a fémek szempontjából csapdaként, vagy forrásként szolgál. A REDOX állapot és a pH változása az üledékben ezen anyagok oldhatóságában játszik szerepet és hatással van a az üledék feletti vízréteg tápanyag dúsításában, a fémek átalakításában. Az oxidált állapot csökkenti a fémek oldhatóságát, míg a redukzív környezet elősegíti mobilitásukat.

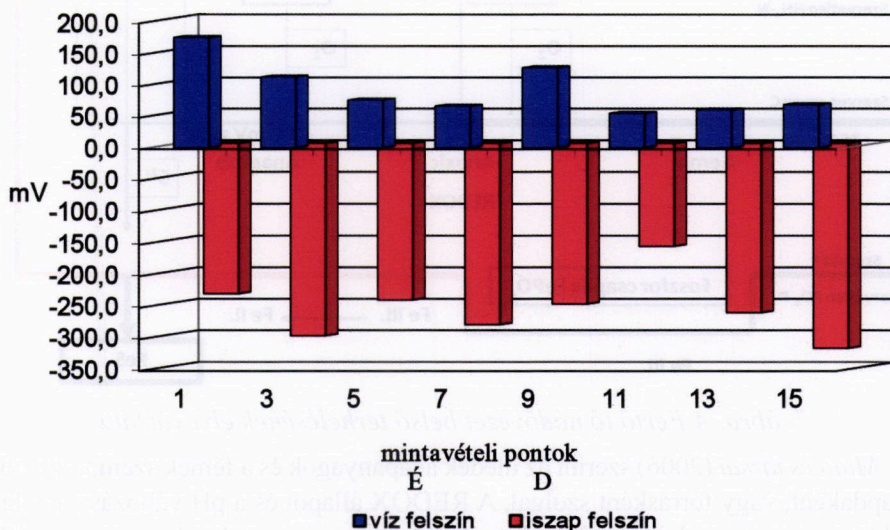
1975 óta a rendszeres vízkémiai mérések és megfigyelések egy részét – elsősorban üzemeltetési szempontból – az ÉDUVIZIG Fertő tavi Hidrometeorológiai Állomásán végelik, mely vizsgálatok kiterjedtek a nyílt víz mellett a nádközi vizek, valamint a csatornák vizsgálataira is (8. ábra).



8. ábra. Virágosmajori csatorna (V) és a csatorna torkolat nádfal (M) előtti REDOX állapota (1997)

A nád szempontjából a nagyon negatív redox potenciál következtében a gyökerek nem tudnak tápanyagot felvenni, a rügyek elhalnak, és mérgező anyagok is keletkezhetnek.

A Fertő tavi Hidrometeorológiai Állomáson végzett vizsgálatok 2002-ben a Fertőrákosi öbölben az üledékfelszín vízében is nagyon magas negatív REDOX potenciált határoztak meg (9. ábra).



9. ábra. Redoxpotenciál értékek az akkori üdülőházak előtt (Fertő tó, 2002)

A nádasban és a nyílt vízben lejátszódó redox folyamatokra világít rá a két közegben mért oldott oxigén hosszú távú változása. A zártabb Fertőrákosi öbölben a korlátozott vízcsere és a 8. ábrán szemléltetett üledék állapotára a nádas övben jelentős oxigénhiányos állapotok alakulhatnak ki. Hasonló megállapításra jutottak a magyar tórész vízkémiai paramétereinek statisztikai módszerekkel történő elemzésekor az ELTE szakértői (Magyar–Kovács 2012). Az oldott oxigén koncentrációjának változását a magyar tórészen a Fertőrákosi-öböl nyílt vízében illetve a nádas övben (nádas mintavételi pont) a Fertő tavi Hidrometeorológia Állomás vizsgálatai is igazolták.

A két ország szakértői a Fertő tó nyíltvíz vs. nádasvíz közötti kapcsolatrendszerrel vizsgálták a 2014–2020 időszakban végrehajtott Interreg project (Wolfram et al. 2020) keretében. A nádas referenciahelyen végzett vizsgálatok alapján megállapították, hogy a részecskékhez kötött foszfor jelentős része a nádasban rakódik le. Az üledékből felszabaduló oldott foszfor jelentős foszforforrás, az összes bejövő terhelés kb. 80%-a. Ez a folyamat jelentősen változik száraz és

nedves években. A nádas szűrő szerepe korlátozza a lebegtetett hordaléknak közvetlenül a nyílt vízbe jutását.

A nádöv vízminőségi vizsgálatai, az üledék felső rétegének REDOX állapota, az intersticiális rétegben lejátszódó biokémiai folyamatok, valamint a hazai és nemzetközi tapasztalatok megerősítik a tó belső terhelésének csökkentése érdekében az üledék felső rétegének aerob állapotban tartását.

A nádövezet vízminősége szempontjából meghatározó, és a tó belső terhelésének csökkentése érdekében jelentős szerepet játszhat a Fertő tó természetes dinamikájához tartozó esetenként tartós rendkívül alacsony vízszintek, vagy tó-lengés következtében szárazra kerülő jelentős mértékű meder intersticiális vízének aerob állapotba kerülése. A közepesnél magasabb vízállások viszont hozzájárulhatnak a nádöv oxigénben gazdag „nyíltvízzel” törénő átöblítéséhez, szintén javítva a nádöv aerob állapotba kerülését.

## 5. Lecsapolás versus vízpótlás?

A Fertő tó gyakori extrém vízszintváltozásai (1. táblázat) korán felkeltették az érdekeltek – a tó egyes ökoszisztéma szolgáltatásait hasznosítók – figyelmét a tó életébe történő közvetlen beavatkozások lehetőségeinek vizsgálatára. A javasolt beavatkozások egyrészt a tó teljes körű, vagy részleges lecsapolására, a tó-meder mezőgazdasági hasznosítására, vagy a vízpótlással a természetes vízszintingadozások visszaszorítására, magasabb vízszintek tartására irányultak.

A Fertő tó és a Hanság lecsapolásának gondolata a Mária Terézia kormánya által kezdeményezett merkantilista politika következménye volt, amelynek célja a termőterületek növelése volt. A Hanság és a vele összefüggő mocsarak rendezésére 1762-ben készítette az első tervet *Freman Maxim* (Szekendi 1938). Említést érdemel, hogy a Hanság-csatorna őstét először 1775-ben ásták meg, és később, 1820 körül is tisztogatták.

1780-ban megépítették a már említett pomogy–eszterházi utat, amely nem volt egyéb, mint a vizek elöntése ellen védő keresztirányú gát, ezzel a Fertő–Hanság térség legdrasztikusabb – a tó jövőjét meghatározó – beavatkozással a tavat gyakorlatilag leválasztották a Hanságtól.

1873-ban megalakult a *Rába szabályozó Társulat*, mely a térség vízrendszerének kiépítését a következő feladatok végrehajtásában határozta meg:

- Rába és mellékfolyóinak szabályozása,
- a dunai árvizek elleni kármentesítés,
- a Fertő és a Hanság lecsapolása, külvizektől való mentesítése.

A szabályozási munkálatokat *Meiszner Ernő* „vezérmérnök” tervei alapján kívánták végrehajtani. Az 1893. évi XVII. tc. elrendelte a megkezdett munkákhoz

kapcsolódóan a hátralévő munkák két év alatti befejezését, a Hanság-csatorna 15 m fenékszélességgel való kiásását, de a beruházási törvényben a Fertő lecsapolása nem szerepelt (Kárpáti–Fally 2021).



Az utóbbi évtizedekben a Fertő tó alacsony vízszintjei miatt osztrák részről gyakran felmerült a tó vízpótlásának gondolata (Sütheő 2023). A magyar és osztrák szakértők az alábbi változatokkal foglalkoztak, amelyek azonban még a mennyiségi igények kielégítésére sem adtak minden esetben megoldást:

- *A Dunából partiszűrősű víz bevezetése a Fertőbe Alsó-Ausztriában* (északi irány). A vízpótlásnál Duna partiszűrősű készleteit vettek figyelembe, északról csővezetéken történő vízszállításal, a Parndorfi patakon történő végső bevezetéssel. A Dunából történő vízkivétel – vízkészlet-gazdálkodási szempontból – nem lenne aggályos a folyó nagy vízhozama miatt.

- *A Mosoni-Dunából történő vízkivétel magyar területen és a Lébény-Hanyi öntöző csatornán keresztül történő bevezetése a Fertőbe osztrák területen* (keleti irány). Ez a változat Magyarországon korlátozná az Észak-Hanság hosszú távú öntözés-fejlesztését.

- *A Rábából magyar területen* (déli irány). Mennyiségi szempontból a vízpótlási stratégiát illeszteni kell a folyó potenciális készleteihez, ami az év teljes időszakában nem áll rendelkezésre.

A vízpótlás lehetősége ezzel a Duna-vízre korlátozódik. A tervek eddig – a józan megfontolásokat követően – nem valósultak meg, meghagyva az utókor számára az állandóan változó, „titokzatos”, a ma már az *UNESCO Világörökséghez* tartozó, határokon átnyúló különleges természeti értéket, a Fertő tavat.

## 6. A dunai vízpótlás áttekintése

A Fertő tó Dunából történő vízpótlására, illetve a vízpótlás mellett a vízi energia hasznosítására, új mezőgazdasági területek nyeresére készült 1929-es tanulmány szerint a dunai vízátervezést Fischamend térségéből kiindulva a Lajta-hegységen át tervezték. A dunavíz Winden térségében érte volna el a Fertő tavat, három tározó tó, illetve egy vízerőmű kialakításával, egyidejűleg a tó mintegy 50%-ának lecsapolásával, kiszáritásával (*Pannonhalmi–Sütheő* 2007).

A Fertő tó Dunából történő vízpótlásának terveit *Károlyi Zoltán* foglalta össze 1960-ban megjelent tanulmányában (*Károlyi* 1960). A három vizsgált változat a Fertő tóra 15 m<sup>3</sup>/s, míg a Hanság öntözésére 10 m<sup>3</sup>/s vízmennyiséggel számolt, azaz összesen 25 m<sup>3</sup>/s Dunából a térségbe átvezetett vízhozamot tervezett. A vízpótlás előnyeit a következőkben fogalmazta meg: a 25 m<sup>3</sup>/s vízhozam a jó minőségű öntözővizet állandóan biztosítja, hozzájárul a Fertő tó vízszintjének stabilizálásához és a tóvíz magas sótartalmának megszüntetésével az öntözés és a halászat számára a vízminőség javul. Az ökológiai szempontokat és a lehetséges hatásokat ekkor egyáltalán nem vették figyelembe.

A Fertő tó extrém alacsony vízszintjei hozzájárultak, hogy 2022. július végén Burgenland Tartomány és Magyarország képviselői egyetértési nyilatkozatot írtak alá a Mosoni-Duna öntözőcsatorna államhatárig történő bővítéséről, melynek célja vízszint stabilizálása és a térség érzékeny ökoszisztémájának és vízellátásának hosszú távú biztosítása volt. Ezt követően a magyar belügyminiszterrel történt találkozáson megállapodtak abban, hogy kétoldalú szakértői csoport kidolgozza a technikai megvalósítás részleteit. A részletek közös kidolgozása azonban elmaradt. ([www.volksgruppen.orf.at/magyarok/stories/3185275](http://www.volksgruppen.orf.at/magyarok/stories/3185275)).

A térség és a tó vízpótlásának témájában döntő esemény következett be 2024 szeptember 2-án. Egy sajtóközlemény szerint letették a Fertő tó vízpótlásának alapkövét azzal, hogy megoldásként jelöltek ki közös megoldási stratégiát egy *Egyetértési Nyilatkozatban* (Memorandum of Understanding), amely az osztrák szövetségi mezőgazdasági, erdészeti és vízgazdálkodási miniszter, valamint Alsó-Ausztria tartományi főnökhelyettese és Burgenland tartományi főnöke között jött létre és a „Carnuntum-Variante” megvalósíthatóság vizsgálatát és pénzügyi koncepció kidolgozását irányozta elő. A Carnuntum változat szerint egy tervezett csatornán vezetnék a Duna vizét a Fertő tóig. *Heinrich Dörner* burgenlandi tartományi tanácsos kiegészítése szerint a nyilatkozat súlypontjai megegyeznek szándékaikkal, ami érinti a mezőgazdaságnak a megváltozott klimatikus feltételekhez történő igazítását, a megfelelő gazdálkodási formákkal és kultúrákkal, valamint a takarékos vízkészletekkel történő eljárásokat ([www.krone.at/3512834](http://www.krone.at/3512834)).

A Fertő tó tervezett vízpótlásának eldöntésekor azonban fel kell hívni a figyelmet arra, hogy ebben nem csak egy ország, jelen esetben Ausztria érdekelt, lévén szó egy határvízi, számos nemzetközi védeettséget élvező, a vízgyűjtőn és azon kívül is számos ökoszisztéma szolgáltatást nyújtó tóról.

A Fertő *vízgazdálkodása, ökoszisztéma szolgáltatásai* érintik mind a négy fő csoportot (ellátó vagy termelő, kulturális, szabályozó és támogató vagy fenntartó szolgáltatások), a tóból és természeti adottságaiból nyerhető hasznokat, hasznosításokat. Az ökológiai szolgáltatás/hasznosítás jelentős mértéke a tó esetében szezonális jellegű, közvetlenül kapcsolódik a vízgazdálkodáshoz, beleértve a szőlészet/borászat/gasztronómia különleges adottságait meghatározó, a tó által befolyásolt mikroklimát is. A Fertő tó legjelentősebb biotópja a széles nádas. Szolgáltatásaival integráltan, de megkülönböztetett figyelemmel kell foglalkozni. A tó ökoszisztéma szolgáltatásai közvetlenül több millió embert érintenek, ami messze túlmutat a tó és szűkebb környezete szempontjain és érdekein.

A tó közvetlen környezetében közel 3 millió ember él, két főváros érintett. Ez Ausztria egyetlen nagy, síkvidéki meleg vizű tava. A vízgyűjtő területén gyakorlatilag jelentősebb ipari tevékenység nincs. Meghatározóak a szolgáltató jellegű tevékenységek, amelyek döntő többsége az idegenforgalomhoz, a turizmushoz, művészetekhez kötődik. Kiemelkedő jelentőségű a *kulturális ökoszisztéma szolgáltatások* köréből a rekreáció, a turizmus, ezek közül is az ökoturizmus, kerékpározás, camping, csónakázás (kajak, kenu), vitorlázás, szörfözés, fürdőzés, pihenés, madárfigyelés, horgászat, vadászat és tó körüli túrázás. A legtöbb foglalkoztatott ebben a szektorban dolgozik, gyakorlatilag *turisztikai iparról* beszélhetünk. A fentiek ellenére a természeti értékeken alapuló *kulturális ökoszisztéma szolgáltatás* az idegenforgalom, a turizmus a helyiek számára is nagyon megosztó lehet. A Fertő tó (Neusiedlersee) ma már egy bizonyos márkát (brand-et) is jelent.

Az elmúlt évtizedek alacsony vízállásai (*lásd az 1. táblázatot!*) mellett a természetvédelem részéről nem jeleztek a Fertő tó életére kiható jelentős ökológiai változást. A 2014-ben készített közös magyar-osztrák Fertő tó stratégiai tanulmányban (Wolfram et al. 2014) a természetvédelem ellenezte a tó vízpótlását. Tisztázandó kérdés, milyen alacsonynak és milyen tartósságúnak kell lenni az alacsony vízállásnak, hogy a kedvezőtlen folyamatok beinduljanak, milyen mértékű változásokra számíthatunk a nyílt vízben és a nádövben? Fenyegetik-e a klímaváltozáshoz köthető alacsony vízállások a természeti értékeket? Az idegen vízzel történő vízpótláskor kellemetlen meglepetésekre is számíthatunk, gyakran visszafordíthatatlan következményekkel. Vonatkozik ez elsősorban a pótvízben előforduló különleges veszélyes anyagokra, mikroműanyag szennyezésekre, az idegenhonos fajok okozta biológiai szennyezés hatásaira. Kérdéses, hogy változik-e a tó jelenlegi jó ökológiai állapota?

Az özönfajok megjelenése tekintetében Magyarország jövőképe e fajok megjelenésének gyors felismerése, továbbterjedésük megakadályozása, a nemzetközi és az inváziós fajokkal kapcsolatba kerülő szervezetek munkájának összehangolása. A nagy európai vízrendszerek összekötése (Rajna–Duna) további elterjedési lehetőséget biztosít egyes idegenhonos fajok számára (Pannonhalmi–Krauss–Kalweit 2000).



A tudomány megközelítése szerint a biológiai inváziót megállítani nem lehet, de jelentősen lassítani viszont igen. A feladat a legkárosabb özönfajok kiszűrése.

*A bioszennyezés azonosítható kockázatai:*

- a vizes élőhely adott növényzetének módosítása, átalakítása, a vízminőségre gyakorolt kedvezőtlen hatások megjelenése;
- az invazív fajok tömeges megjelenése, az őshonos fajok kiszorítása, a paraziták behurcolása, védeltség hiányában az őshonos fajok tömeges pusztulásának előidézése;
- a génfertőzés veszélye;
- nehezen kezelhető társadalmi hatásokat jelent az ökológiai szolgáltatások (fürdőzés, horgászat, turizmus) korlátozása;
- a gazdasági károk mértéke csak becsülhető.

## **7. A tavak vízpótlásának alapvető megközelítései**

2005-ben a Balaton vízpótlás vízkészlet-gazdálkodási kérdéseinek vizsgálata során megállapították, hogy az EU Víz Keretirányelv előírásai (Szlávik 2005), csak olyan beavatkozásokkal elégíthetők ki, amelyek hatása egy adott víztest jó

ökológiai állapotát/potenciálját nem veszélyeztetik, s a fenntartható vízhasználatokat a vízgyűjtőn továbbra is biztosítják (Gaál *et al.* 2005). A megállapítás a Fertő tóra is érvényes.

Somlyódy László a Balaton vízpótlásának vizsgálataiból következtetve fogalmazta meg az „ideális” pótló víz tulajdonságait (Somlyódy 2005).

Az „ideális” pótvíz a Balaton analógiáján a Fertő tóra is megfogalmazható, a következők szerint:

- ionösszetétele hasonlít a Fertő tavihoz,
- tápanyagtartalma alacsony,
- a Fertő tó vízgyűjtőjén található,
- olcsón vezethető a Fertő tóba,
- vízhozama nagy, azaz a vízkivétel nem módosítja jelentősen a hidromorfológiai viszonyokat,
- özőnfajok bejutásának minimalizálása,
- felhasználásának társadalmi támogatottsága széleskörű.



A Fertő tó pótvízének származási helyétől függetlenül teljesülni kell a következőknek:

- A megfelelő minőségű pótvíz mennyiségének egész évben rendelkezésre kell állni.
- A bevezetési változatoknál az „ellenesés” figyelembe vétele különböző vízállások, áramlási és szél viszonyok, tóengés esetén.
- A zsilipkezelési szabályzatban rögzíteni kell a pótvíz minőségére vonatkozó határértékeket.

- A tó sztyeppeit, a tóvíz szóda jellegének megtartása.
- A tóba történő növényi tápanyagbevitel csökkentése továbbra is alapvető vízgazdálkodási érdek.
- A vízpótlás bevezetésének térségében az áramlási viszonyok, szélhatás és tölengés miatt az eutrofizációs folyamatok lokálisan kedvezőtlen változásokat okozhatnak.
- A nyomelemek, veszélyes anyagok vonatkozásában a Fertő tó rendkívül sérülékeny, mind a pótvíz, mind a pontszerű, mind pedig a mezőgazdasági területekről származó diffúz terhelések miatt.
- A rendkívüli szennyezések kezelése.
- A pótvíz kalciumtartalma és pH értéke jelentősen eltérhet a tó vízében mért értékektől, így a „tóvízzé” válás folyamata során az egész tónál ugyan kismértékű, de lokálisan észlelhető mértékű kalciumiszap-képződés, feltöltődés várható.
- vízminőségi szempontból a pótvíz közvetlen bevezetése nem javasolható.
- A vízpótlás kiválasztásakor a tó élővilágának jövőben alakulásában törekedni kell az idegenhonos fajok (özönfajok) kizárására. Szándékos behurcolásuk után hatásuk gyakorlatilag kiszámíthatatlan.
- A tápvíz eredetétől és a bevezetés módjától függetlenül, még a vízpótlás megkezdése előtt egy mérő-megfigyelő rendszer tervezése, engedélyezése elengedhetetlen követelmény.

A Balatonhoz hasonlóan a Fertő tó esetében sem található ilyen ideális, megbízható vízkészlet, de bizonyos korlátokat mérlegelve – amennyiben a vízpótlás valós ökoszisztéma szolgáltatásainak sérelme elkerülhetetlen – a Duna partiszűrészű vízkészlete erre a célra alkalmasnak tűnik. A partiszűrészű vízzel, az özönfajok bejutásának megakadályozásával a zárt rendszerű vízpótlás egyik meghatározó és az összekötetés után visszafordíthatatlan hatásokat kiváltó folyamatai jelentősen csökkenthetők.

A Fertő tó vízpótlása esetében megfontolandó *Somlyódy László* 2005-ben a Balatonra tett, a Fertő tónál sokkal átfogóbb tudományos megközelítésen alapuló megállapítása: „*A kismértékű és átmeneti hatás miatt a vízpótlás nem tekinthető a vízszintszabályozás hatékony eszközének, ezért az optimális vízszint-szabályozási stratégiát nem érdemes kiegészítenünk vízpótlással*” (*Somlyódy* 2005).

2004-ben készült el az osztrák Szövetségi Mező- és Erdőgazdasági, Környezeti és Vízgazdálkodási Minisztérium, valamint a Burgenlandi Tartományi Kormányhivatal Víz- és Hulladékgazdálkodási 9. Osztálya megbízásából „*A Fertő tó vízpótlása ökológiai megvalósíthatósági tanulmánya*”. Az osztrák kezdeményezést a 2000-től kezdődő rendkívül alacsony Fertő tavi vízállásokkal indokolták (*1. táblázat*).

A tanulmányban a Rába/Ikva, Duna vízből származó vízpótlási lehetőségek kérdéseit, a bevezetés helyét, módját és idejét vizsgálták, a pótlás különböző tavi határvízszintjei esetében. Figyelembe vettek több kémiai paramétert (tápanyagokat, a sóháztartás egyes elemeit), valamint a biocönológiai és ökofiziológiai kérdéseket is. A tanulmány készítésének idején a lehetséges vízpótlási változatok részletes műszaki bemutatása (nyílt csatorna, csővezeték stb.) nem állt rendelkezésre, a vízpótlás bevezetésének módját nem dolgozták ki. Ezeknek az információknak a hiánya megnehezíti a vízpótlás tóra gyakorolt lehetséges hatásának becslését. A vízpótlásnál a Duna partiszűrészű készleteit vették figyelembe, északról csővezetéken történő vízszállításal, a Parndorfi patakon történő végső bevezetéssel. A modellvizsgálatok szerint a vízszintek hosszú-távú stabilizálásához a Duna esetében szükséges vízmennyiséget 34–51 millió m<sup>3</sup>/év értékek között határozták meg. A vízpótlás a tavi vízállás bizonyos határértékei mellett jelentősen csökkenti az éves vízszintingadozás mértékét. Szoros kapcsolatot állapítottak meg a vízpótlás és a tóeresztés között. Minél több vizet vezetünk a tóba, csapadékos évet követően annál többet kell leeresztenünk.



Rittsteuer tartományi tanácsnok 2004. június 16-án bemutatta a *Szövetségi Kormány* megbízásából készített, a *Fertő tó vízpótlására vonatkozó megvalósíthatósági tanulmányt*. A tanulmány a „Dunavíz” változatot részesíti előnyben a többi eddig vizsgált változattal szemben. Megvalósítását elméletileg 2011-re prognosztizálta, megjegyezte, hogy az előkészítő munkák időigényesebbek, mint maguk a létesítési munkák. Környezeti hatástanulmányt kell készítenni, biztosítani kell a költségeket, és számos nemzeti és nemzetközi szerződést kellene megkötni.

A 2005-ben a *neusiedlerseewiki.at* honlap szerint a *Burgenlandi Tartományi Kormány* vizsgálta a *Fertő tó Duna vízzel történő pótlását*. A vizsgálat célja a térség krónikus vízhiányának végleges megoldása volt. Egy – a vonalvezetését részleteiben még nem tisztázott – csatornán keresztül évente 32 millió m<sup>3</sup> Duna vizet szivattyúznának Hainburg térségéből a Fertő tóba. Ezzel a tó vízszintje 10 cm-rel lenne emelhető. A Tartományi Kormány vizsgálatának eredménye nem ismert.

Ebben az időben a *Bécsi Műszaki Egyetem* munkatársai tudományos munkáik keretében foglalkoztak a Fertő tó vízpótlásával. A bevezetésnek szerintük alapvetően két lehetősége van: vízpótlás délről a Rába-Répcse rendszerből, vagy pedig északról, időszakosan Duna vízzel (*Leth et al.* 2005).

A szerzők szerint a Duna vízzel történő vízpótlás mellett szóló érvek:

- a Dunából történő vízkivételt a folyó a nagy vízhozama miatt nem érzékelné,
- a vízkivétellel az alvizek nem érintettek,
- egész évben lehetne a tóba vizet vezetni,
- A Duna a Rábával szemben relatíve kevés táp- és káros anyagot szállít.

2005-ben a *Bécsi Egyetem Limnológiai és Hidrobotanikai Tanszékének tanulmánya* foglalkozott a Fertő tónak a Duna partiszűrészű vízzel történő pótlásával, nem kívánatos mellékhatásaival, rámutatva a fokozott mészszip keletkezésre, a pH érték jelentős csökkenésére. A pH érték csökkenése korlátozza a szervesanyag lebomlását, a magas pH érték viszont elengedhetetlen a szervesanyag által okozott zavarosság stabilizálásához (*Krachler et al.* 2005).

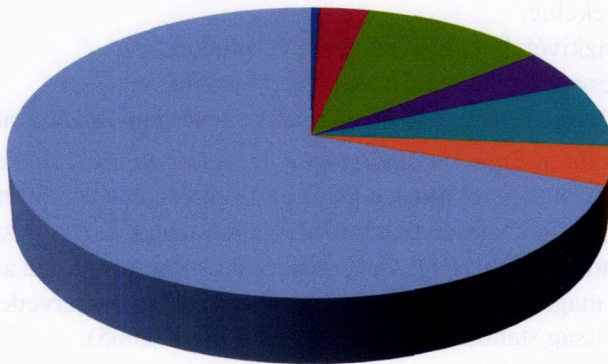
2012-ben készült el a *Fertő tó ökodinamikai rehabilitációjának a tanulmánya*, amely figyelembe veszi a Rába vízminőségét. A tanulmány készítésében a Bécsi és a Budapesti Műszaki Egyetem mellett részt vett az ÉDUVIZIG és a vizek ökológiájával és tájtervezésével foglalkozó osztrák DWS Hydro-Ökologie Kft. is. A tanulmány a Rába, Répcse és Ikva vízfolyásokból származó pótvíz mellett foglalkozott a Dunából történő vízpótlás elemzésével is (*Wien et al.* 2012).

A tanulmány főbb megállapításai szerint a 2030–2050 közötti időszakra kiterjedő regionális klímaváltozási forgatókönyv a Fertő tó vízgyűjtő területén egy 2.5 °C-os hőmérséklet-növekedésből, és egy 5%-os csapadék-csökkenésből indul ki. A hőmérséklet-növekedést követő evapotranspiráció növeli a tó alacsony vízállásainak előfordulási gyakoriságát. A Duna partiszűrészű pótvíze esetén a foszforterhelés minimális kockázati tényezőt jelent. Kiseb kockázatot mutat az eutrofizáció, a bakteriális és mikroszennyezők esetében is. A dunai partiszűrészű pótvíz északi bevezetése kedvezőbb. Minden esetben egy célorientált monitoring rendszer működtetése szükséges.

A Dunából származó partiszűrészű víz minőségét jellemzi a Lobau-i térség

2023.május 4-én vett vízminta vizsgálati jelentése, miszerint az megfelelt az ivóvízminőségnek az érvényes élelmiszer szabványokban, jogszabályokban foglaltaknak (Wien 2023) A partiszűrésű víz mikrobiológiailag kifogástalan, fajlagos elektromos vezetőképessége (20 °C-on) 475 uS/cm, alacsony sótartalomú, pH értéke 7,57, növényi tápanyagtartalma alacsony, az összes foszfor (P) koncentrációja 0,013 mg/l, ammónia értéke pedig 0,010 mg/l alatt volt. A Fertő tó vize a Fertőrákosi-öböl vizének 2023. évi átlagértékei alapján magas fajlagos elektromos vezetőképességgel (3987 uS/cm), magas sótartalommal, lúgos kémhatással (pH 8,9) és alacsony növényi tápanyag-koncentrációkkal jellemezhető. A Duna partiszűrésű vize és a Fertő tó vize közötti lényeges ionösszetételt jól szemléltetik a 11/a és a 11/b. ábrák.

Duna partiszűrésű víz. Bécs, Lobau, 2023



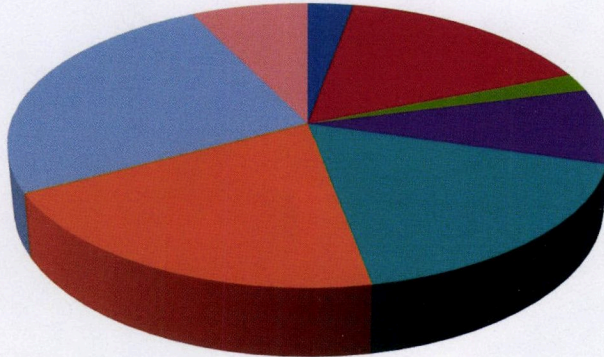
■ Kálium 2,1 mg/l	■ Nátrium 12 mg/l	■ Kalcium 45 mg/l
■ Magnézium 17 mg/l	■ Szulfát 30 mg/l	■ Klorid 18 mg/l
■ Hidrokarbonát 280 mg/l	■ Karbonát 0,0	

10/a. ábra. A Duna partiszűrésű vizének ionösszetétele

A különböző vízpótlási lehetőségek kockázatbecslésével már a Fertő tó öko-dinamikai rehabilitációjáról szóló, 2012-ben készült dokumentáció is foglalkozott. Az akkori dunai vízpótlás kockázatbecslését az özönfajok bejutásával, illetve a vízkészlet rendelkezésre állásának kiegészítésével tartalmazza a 3. táblázat. A Duna partiszűrésű vízzel csővezetéken történő vízpótlás 2012-es megvalósíthatósági tanulmányában a kiegészített kockázatbecslés kisebb tápanyag és szerves anyag, mikroszennyező és ami fontos, mikrobiológiai terhelést jelent, egyben minimalizálja az özönfajok behurcolását is, csökkentve a kedvezőtlen lokális hatásokat. A csővezetéken történő vízszállítás mérsékli az özönfajok behurcolásának veszélyét, csökkenti a rendkívüli szennyezés kockázatát.

Számolni kell viszont azzal, és további vizsgálatokat igényel az ionösszetétel változását követő feltöltődési folyamat, valamint a teljes nyíltvizet érintő lassú elkeveredést megelőző lokális hatások tudományos igényű feltárása.

**Fertő tó, Fertőrákosi-öböl 2023 átlagértékek**



- Kálium 63 mg/l
- Nátrium 359 mg/l
- Kalcium 45 mg/l
- Magnézium 190 mg/l
- Szulfát 391 mg/l
- Klorid 451 mg/l
- Hidrokarbonát 567 mg/l
- Karbonát 161 mg/l

10/b. ábra. A Fertő tó (Fertőrákosi öböl) vizének ionösszetétele.

Eredet/Bevezetés	Duna partiszűrésű víz Lobau /közvetlen
Tápanyagok	1
Ionok*	3
Feltöltődés	2
Mikroszennyezők	1
Mikrobiológia	0
Helyi hatások	2
Özönfajok	0
Vízkészlet	1

3. táblázat. Kockázatbecslés a Duna partiszűrésű vízpótlásra

*Jelmagyarázat:*

- \* a hígulási jelenségekre és az ion összetétel változására
- (5) – igen magas kockázat
  - (4) – jelentős kockázat
  - (3) – közepes kockázat
  - (2) – kis kockázat
  - (1) – minimális kockázat
  - (0) – nincs kockázat

A 2023-ban megjelent kiadványban: „A Fertő tó vége? Régió a klímaválságban. Kihívások. Perspektívák. Megoldások.” (Janisch et. al. 2023) megállapították, hogy nagyobb mennyiségű mészből gazdag Duna-víz tóba történő bevezetése a tóvíz zavarosságának csökkenéséhez vezetne. A magasabb vízszint gyakoribb tóeresztést

eredményezne, ami a sómennyiség-vesztést jelentene, negatív hatás gyakorolna a tóvíz sótartalmára. Felgyorsulnának az iszapképződési folyamatok, a víz átjárósága nőne, támogatva ezzel az algaszaporodást. Számolni kellene a vízminőség kedvezőtlen változásával.



## 8. Kell vízpótlás? Az elővigyázatosság elve.

A Fertő tó vízpótlását alapvetően meghatározza, hogy *a tó Víz Keretirányelv szerinti célkitűzése a jó ökológiai állapot megtartása, annak romlás nem fogadható el!* Váltható-e egy egyedülálló természeti képződménynek, az unikális sztyeppeit tavak legnyugatibb és legnagyobb képviselőjének, a Fertő tó ökológiai állapotának, esetleges jövőjének kockáztatása az idegen vízgyűjtőről, nem kellően feltárt minőségű vízzel, éppen a vízháztartás kritikus helyzetében történő vízpótlása? A Fertő tó stratégia tanulmányának készítésekor a természetvédelem (a Fertő-Hanság Nemzeti Park) képviselői a tó vízpótlását egyértelműen elvetették. A WWF Ausztria véleménye szerint a Fertő tó Duna vízzel történő vízpótlása a sótartalmú tavat „kiédesítené”, ami végül a sók teljes elvesztéséhez vezetne. Ez a folyamat 100 éve kezdődött a Hansági-főcsatorna építésével és a kalciumos Duna-víz bevezetése ezt felgyorsítaná. A Fertő tó növény- és állatvilága igényel egy bizonyos sótartalmat. A vízpótlással a tó veszítené öntisztuló képességéből, jelentős algásodásra lehetne számítani és a tó feliszapolódása, „elszárazföldiesedése” felgyorsulna. Sokkal inkább javasolt a nagyvizek megtartása a területen (*WWF Österreich 2023*).

Figyelemre méltó a *Fertő/Neusiedlersee Kultúrtáj (Ausztria, Magyarország) Világörökség* területén a Világörökség Központ/ICOMOS/Ramsári Titkárság

közös tanácsadói küldetéséről szóló 2023. október 2-5-i jelentése (*Report 2023*), miszerint a tó vízpótlása megfontolandó. A potenciálisan hosszútávú és nehezen visszafordítható hatások miatt a Fertő vízpótlás-növelését célzó beavatkozás, ami hat a tó ökológiájára és tájképére, óvatos és fenntartható konzultációs folyamatot kíván, beleértve a Világörökség Központot, a Ramsári Titkárság Tanácsadó Testületét. A jelentés szerint egy ilyen beavatkozásra nincs egyetértés az érintettek (önkormányzatok, környezetvédelmi NGO-k), a Magyar-Osztrák Vízügyi Bizottság tagjai között sem. A küldöttség szerint a meghallgatott előadások alapján a vita tárgya a következő három fő témakör:

- a vízpótlás forrása és módjai;
- a javasolt intézkedések környezeti hatása rövid- és hosszútávú időhorizonton, különösen a tó kémiai, annak vízminőségére és ökológiájára;
- az intézkedések költség-hatékonysága.

A jelentés készítői megállapították, hogy miután *nem készült megfelelő környezeti hatásvizsgálat a vízpótlásra*, a küldöttség nem tudott megfogalmazni egyértelmű állásfoglalást. A küldöttség azonban hangsúlyozni kívánta, hogy az állandó 0.85–1,00 m<sup>3</sup>/s bevezetése a tóba évente kb. 26 millió m<sup>3</sup> vizet jelent (a tófelszín 13 cm-rel történő emelkedését eredményezve), míg a jelenlegi összes felszíni tápvíz (Wulka, Rákos patak és más csatornák) becsült jelenlegi átlaga 40 millió m<sup>3</sup> évente. A küldöttség szempontja szerint ez azt jelenti, hogy a javasolt beavatkozás a tó jelenlegi hidrológiájához képest *potenciálisan szignifikáns változást* eredményezne pozitív, vagy negatív irányban a kapcsolódó fizikai (kémiai) és ökológiai folyamatokban, beleértve a nemzetközi jelentőségű vizes élőhely (Ramsári terület) ökológiai állapotát. A jogilag kötelező környezeti hatásvizsgálatban ezért gondosan figyelembe kell venni a potenciális változások mértékét, térbeni (keleti és nyugati partok, nádövezet, helyi hatások stb.) és időbeni (szezonális) dimenziókban. Ez fejlett modellezést igényel.

A Fertő tó vízpótlásánál, ahol a korlátozott ismeretek megakadályozzák a természetes folyamatok, az emberi beavatkozások következményeinek interakciós hatásainak ismeretét, azok megbízható előrejelzését, *az elővigyázatosság elvén alapuló megközelítést* kell követnünk.

*Az elővigyázatosság elve* akkor alkalmazható, ha tudományos és objektív értékelés azonosítja egy jelenség, termék vagy eljárás feltehetően veszélyes hatásait, feltéve, hogy a szóban forgó értékelés nem teszi lehetővé a kockázat kellő biztonsággal történő meghatározását (<https://eur-lex.europa.eu//2000>). Az elővigyázatosság elvének alkalmazásakor figyelembe kell venni *a lehetséges kockázatok értékelését* (tudományos megalapozottság) és *a kockázat kezelésben (döntéshozásban) a politikai felelősség kérdését*.

A környezetet érő beavatkozások során a várható következményekről a döntéshozók általában megkérik az ökológusok véleményét is. Ugyanakkor az ökológiai rendszerek mérnöki igényű, pontos változásáról – tekintettel az interakciós hatások sokrétűségére – szinte lehetetlen egyértelmű választ adni. A legjobb megközelítést a természettudományok és a műszaki tudományok közös, egymást segítő alkalmazása jelentheti. A hatások érinthetik az érdekeltek és érintettek széles körét, ezért a társadalomtudományok bevonása is indokolt. Az ideális döntéshozatal – amely során a tudományos érvek leginkább érvényesülhetnek – megvalósításához mind a természettudósoknak, mind a döntéshozóknak reagálni kell a *scientific uncertainty* („tudományos bizonytalanság”) jelenségére. Ahhoz, hogy az ökológusok hatékonyan tudják érvényesíteni szempontjaikat a döntéshozatali folyamatban, a bizonytalanság formáit megfelelően kell interpretálniuk, kezelniük és kommunikálniuk a döntéshozók felé (Sulyok 2013).

A Fertő tó vízpótlása esetében szintén tudományos bizonytalanságról beszélhetünk, mivel a vizsgálatokba bevont érdekeltek köre korlátozott, a rendelkezésre álló adatok vitathatóak, vagy nem állnak rendelkezésre megfelelő, a téma szempontjából meghatározó mennyiségi és minőségi adatok, az extrapoláció pedig kétséges. Problémát jelent a hatások értékelése során a megfelelő elemző/értékelő vizsgálatok hiánya, a megfelelő modellek alkalmazása. Jelen esetben, amikor az előzőekben említett tudományos bizonytalanság nem teszi lehetővé az adott eljárásra, vagy a környezet várható állapotváltozására vonatkozó kockázat elemzés/értékelés kellő biztonsággal történő meghatározását, a várható kockázat minimalizálására történő eljárások döntéshozatalának feltárását, a döntéshozóknak – az elővigyázatosság elvének figyelembe vételével – el kell tekinteni az adott műszaki megoldástól és törekedni kell a hiányzó kutatási programok biztosításáról, a nyilvánosság, érdekeltek és érintettek tájékoztatásáról.

A térség vízgazdálkodásának tervezéséhez, megvalósíthatóságához, a felszín alatti vizek és a Fertő tó vízpótlásával foglalkozó tanulmányok szintén nem adtak teljes körű, megbízható javaslatot a vízpótlási kérdésekre (Gruppe Wasser 2021, DWS 2021).

Az Európai Parlament és a Tanács 2001/42/EK irányelve (2001. június 27.) rendelkezett bizonyos tervek és programok környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálatáról és lefektette az ilyen vizsgálatok kereteit. A vizsgálatokat hazai szinten a *stratégiai környezeti hatásvizsgálatot szabályozó 2/2002.(I.11.) Kormányrendelet* eljárási szabályai szerint kell elvégezni. A hatásvizsgálatnak tartalmazni kell az alternatívák mellett a *beavatkozás teljes elhagyásának elemzését* is („0” variáns). Fontos megállapítás, hogy egy projekthez kapcsolódó különálló tanulmányok nem adódnak össze egy környezeti hatásvizsgálattá, függetlenül a tanulmányok számától (Nagy 2024).

Az integrált környezeti hatásvizsgálatot (integrated environmental assessment – IEA) minden lényeges természetes és antropogén folyamatra vonatkozóan el kell végezni (Rédey 2014). Az ilyen típusú eljárás nem ismeretlen a vízügyi gyakorlatban, a módszer alkalmazásra került mind a Szigetköz, mind pedig az országos árvízi kockázatkezelési tervezés során.



## 9. A végjáték kezdete?

*Taskforce sajtóhir (<https://zukunftsee.at>):*

A térségbe csővezetéken  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  Duna víz átvezetését tervezik. A tóba történő bevezetés nem pontszerűen történne, a nádövben kerülne elosztásra a Wulka deltájához hasonlóan. A vízpótlással foglalkozó *G. Wolfram* eddig  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  éves átlagos vízhozammal számolt, ami 35 millió  $\text{m}^3$  éves mennyiséget jelent, és véleménye szerint ez nem jelentene veszélyt a tó ökoszisztémájára. A Wulka hozamának kétszeres mennyisége azonban további kockázatelemzést, költség-haszon vizsgálatot igényel, negatív hatás a mésztartalmú tápvíz eltérő ionösszetétele miatt elsősorban a feltöltődés szempontjából várható. Foglalkozni kell továbbá az özönfajok megjelenésének problematikájával is. Ez utóbbi a partiszűrősű készlet igénybevételével feltehetően mérsékelhető. A felelős tartományi tanácsnok véleménye szerint 2025 végén megkezdődhet a projekt környezeti hatásvizsgálata. A szakértők abban egyetértenek, hogy a környezeti hatásvizsgálat eredményeinek ismeretében és annak elfogadását követően 6–10 év a lehetséges időpont, mire a Dunából a Fertő tóba víz juthatna.

A Burgenlandi Tartományi Kormányának a 2025–2030. közötti időszakra vonatkozó kormányprogramja (*Zukunftsplan Burgenland 2023*) (11. ábra) szerint a Fertő tó–Tózug, a hat burgenlandi natúrpark, valamint a Natura 2000 területek a szabadidő eltöltés, a képzés és turizmus intézményei legyenek, és mint értékes védendő területek további bővítésre, megerősítésre kerüljenek.



11. ábra. Burgenland Kormányprogram 2030

**Burgenland Jövőbeni Terve  
2030**

Összetartás

Biztonság

Fenntarthatóság

A Fertő tó Burgenland számára több szempontból is meghatározó jelentőségű. Ennek elismerésére, e természeti kincs megőrzésére Burgenland és Alsó-Ausztria tartományok, valamint a Szövetségi Mezőgazdasági Minisztérium egy szándéknyilatkozatban állapotok meg. A Fertőzug térségében az egyedülálló érzékeny ökoszisztéma és páratlan élettér védelmére a következő intézkedéseket tervezik:

- a víz megtartása a térségben,
- a természetes vízkészletek támogatása a Dunából történő vízátervezéssel, a felszín alatti vízszint dotálására,
- a Tómenedzsment Burgenland Kft. tevékenységi körének bővítése más tavakra,
- a Biológiai Állomás (Illmitz) megtartása és megerősítése.

### 10. Érdekeltek – érintettek!

A Fertő tó 13 ezer éves fennállását érintő legnagyobb beavatkozását tervezik. Az érintettek és érdekelték köre messze meghaladja a közvetlen hasznot remélők és a változásokat igénylők körét. A tó gazdag és különleges élővilága több ezer faj interakciójának, harmonikus fejlődésének eredője, melyben az abiotikus tényezők változtatása meghatározó, több ezer fajra vonatkozó hatása átfogó, tudományágakon átívelő vizsgálatok, elemzések, modellezések sokaságát igényli, de végső soron egzakt módon nem jelezhető előre, bizonyos következmények csak becsülhetők.

Az Európában egyedülálló, és 1920 június 4-ét követően két európai országot közvetlenül érintő, nemzeti és nemzetközi egyezményekkel védett, a világörökség részét képező Fertő tó sorsa nem lehet egyszerű gazdaságossági kérdés, ezért a tó életébe történő drasztikus beavatkozás az ökológiai, természetvédelmi szempontok, az ökoszisztéma szolgáltatások megítélése, a fajok interakciójának figyelembevétele meghatározza a lehetséges intézkedések körét.

Varga Lajos a több, mint negyven éven át tartó Fertő-kutatásai során tisztázta a tó általános limnológiai viszonyait, fizikai, kémiai periodikus változásait és a kiszáradás következtében beálló katasztrófák biológiai hatásait. Emlékét Fertő-rákoson a vízügyi igazgatóság Fertő-tavi Hidrometeorológiai Állomásának bejáratánál elhelyezett emléktáblán őrizzük.

A biológiai tudományok doktorának, az MTA levelező tagjának, a tudósnek a tóval kapcsolatos 1933-as kijelentésével ma is egyet kell értenünk:

„Az esetleges osztrák hevességet mérsékelje a magyar józanság!”

\* \* \*

A dinamikusan változó, rendkívüli és széleskörű ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújtó, a világörökség részét képező Fertő tó életébe történő beavatkozások csak az elővigyázatosság elvének betartása mellett az érdekeltek és érintettek szoros együttműködése mellett fontolható meg. A hosszútávú, esetenként visszafordíthatatlan hatások becslésekor a meglévő ismeretek mellett a vizsgálatoknál figyelembe kell venni a legújabb módszereket, értékelési eljárásokat, nemzetközi előírásokat és összefüggéseket. A tanulmányban a szerző ennek a megközelítésnek a szükségességére kívánja felhívni a figyelmet.

## FORRÁSMUNKÁK

Bella L. (1986): Sopronmegye. In: Az Osztrák-Magyar Monarchia írásban és képből XIII. Magyarország IV. kötet. A Magyar Királyi Államnyomda kiadása, Budapest 1896, 403–438.; (Digitális kiadása: Takács Zoltán (2006) <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/osztrak-magyar/ch16s10.html>)

Chemische und gewässerökologische Auswirkungen einer Dotation des Grundwassers im burgenländischen Seewinkel sowie des Neusiedler Sees mit Wasser aus der Moson-Donau.

Csaplovics E., Schmidt J. (2010): Mapping the Austrian reed belt of Lake Neusiedl by means of airborne optical scanner imagery. Presentation at the Int.Symp. on Advanced Methods of Monitoring Reed Habitats in Europe. Illmitz 2010 . november 25-26.

[de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org)

Donászy E. (1972): A Fertő tó vízkemizmusa. *Fertő táj bizottság helyzetfelmérő tanulmányok* V. kötet. VITUKI Budapest. Kézirat p. 85-101.

Dulovics Rné., Csapák A. (2004): Csapadékvíz – minőségét befolyásoló tényezők és azok hatásainak elemzése. [maszesz.hu](http://maszesz.hu)

DWS Hydro-Ökologie GmbH Technisches Büro für Gewässerökologie und Landschaftsplanung, Technische Universität Wien Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie. Gutachten

Gaál R., Pannonhalmi Mi., Somogyi P., Sütheő L., (2005): Vízkészlet-gazdálkodási kérdések a Rába- vízgyűjtőn. in. A Balaton. *Vízügyi Közlemények*. Különszám.

Gruppe Wasser (2021):Machbarkeitsstudie zur Erstellung eines Wasserbewirtschaftungsplans für das Projektgebiet Grenzraum Österreich (A) – Ungarn (H) Interner Bericht mit Seezuleitung. Wien, Dezember 2021

<https://zukunftssee.at/a/wasserszufuhr-nezsiedler-see-wulka-delta/>

<https://eur-lex.europa.eu//> Communication from the Commission on the precautionary principle /\* COM/2000/0001 final

<https://fertopart.hu/hirek/a-nemzeti-park-teruleti-zonai/>

Hunfalvy Pál (1876): Magyarország ethnographiája. MTA Könyvkiadó Vállalat. Budapest.

Influence of sediment redox conditions on release/solubility of metals and nutrients in a Louisiana Mississippi River deltaic plain freshwater lake. *Science of The Total Environment* Volume 371, Issues 1–3,

Janisch Ch., Lang A., Watzek B. (2023): Das Ende des Neusiedler Sees? Eine Region in der Klimakrise. Residenz Verlag GmbH. Sazburg - Wien 2023.

Károlyi S. (1933): A Fertő tó. *Vízügyi Közlemények* 1933/2 242-256 p.

Károlyi Z (1960): A Fertő tó vízszint-állandósítása, mint a környezet gazdasági hasznosításának általános követelménye. *Vízügyi Közlemények* 1960/1 p. 21-32.

Kárpáti L. Fally J. szerk (2012): Fertő-Hanság-Neusiedler See-Seewinkel Nemzeti Park. *Monografikus tanulmányok a Fertő és a Hanság vidékéről*. Budapest 2012.Szak-tudás Kiadó Ház.)

Kopf F. (1967): Die Rettung des Neusiedler Sees. Oesterreichische Wasserwirtschaft. Wien. 1967. Jg. 19. Heft 7/8. 139-151p

Miao Sh., R.D. DeLaune , A. Jugsujinda (2006)

Nagy Boldizsár (2024): Bős-Nagymaros: Nemzetközi jog, politika, környezetvédelem. Budapest. 2024 Gondolat kiadó.

[neusiedlerseewiki.at](http://neusiedlerseewiki.at) 2004

*Pannonhalmi M., Krauss-Kalweit I.*: (2000): Vom Rhein zur ungarischen Donau. EXPO Hannover 2000.ppt.

*Pannonhalmi M., Sütthő L.* (2007): A Fertő tó múltja, jelene és jövője. ÉDUVIZIG. 2007 március. fertő-neusiedlersee.hu

*Rédey Á.* (2014): Környezetállapot értékelés. *Környezetmérnöki tudástár XXX.* kötet. Veszprém Pannon egyetem.

*REPORT* of the Joint World Heritage Centre/ICOMOS/Ramsar Secretariat Advisory mission to the World Heritage property 'Fertő/Neusiedlersee Cultural Landscape' (Austria, Hungary) 2-5 October 2023.

*Sulyok K.* (2013): A tudományos bizonytalanság kezelési módszerei a környezeti döntéshozatalban – avagy hogyan lehet tudományosan megalapozott egyszersmind befolyással bíró ökológiai tanácsot adni? *Természetvédelmi Közlemények* 19, pp. 74-88, 2013. Európai Parlament és a Tanács 2001/42/EK stratégiai környezeti vizsgálatról szóló irányelv

*Sütthő László* (2023): A Fertő szabályozásának tervei a 18. századtól napjainkig. *Vízügyi Közlemények*, 2023. évi 3. szám.

*Szekendi F* (1938): A Hanság és a Fertő lecsapolási kísérleteinek története. *Vízügyi Közlemények* 1938/3. 397-399

*Szlávik Lajos* (szerk.) (2005): A Balaton. *Vízügyi Közlemények*. Különszám 2005. Budapest.

*TU Wien, ÉDUKÖVIZIG, BME, DWS Hydro-Ökologie* (2012): Neusiedlersee Ökodynamische Rehabilitation. Wien – Budapest – Győr.

*Ulrich Leth, Marko Lochrer, Dieter Peer, Christian Popovits és Michael Schumich:* Überlegungen zur Dotation des Neusiedler Sees. TU Wien. 2005.

*Varga L.* (1962): A Fertő tó limnológiai sajátosságai. *Hidrológiai Tájékoztató*. 1962 dec. 127-129

[volksgruppen.orf.at/magyarok/stories/3185275](https://volksgruppen.orf.at/magyarok/stories/3185275)

*Wien* (2023): M39 Utrersuchungs Protokol

*Wien*, 9. März 2021

*Wien*, Budapest, Győr Juni 2012.

*Wolfram G.* 2004.: Ökologische Machbarkeitsstudie „Dotation Neusiedler See” Gutachten. Mai 2004

*Wolfram G., Déri L., Zech S.* (2014): Fertő tó Stratégiai tanulmány – 1. fázis Bécs, Szombathely 2014.

*Wolfram, G. et al.* (2020): Interreg project AT HU 2014-20. Vienna-Budapest-Győr

*WWF Österreich* (2023): WWF Donauwasser im Neusiedler See wäre folgenscherster Eingriff seit 100 Jahren. (wwf.at. 3. Oktober 2023)

[www.krone.at/3512834](http://www.krone.at/3512834)

Zessner M., Zoboli O., Reif D., Amann A., Sigmund E., Kum G., Saracevic., Z Saracevic E., Kittlaus S., Krampe J., Wolfram G. (2019): Belastung des Neusiedler Sees mit anthropogenen Spurenstoffen: Überlegungen zu Herkunft und Verhalten. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft (2019) 71(11-12) 522-536

Zessner, M., O. Gabriel, K.Schilling, M. Pannonhalmi, L. Sütheő, MK. Kovács, I. Tóth, A. Clement, T. Karches, F. Sziulági, T. Kramer; J. Józsa, G Wolfram, K. Ruzicska & Hintermaier (2012): Neusiedlersee-Ökodynamische Rehabilitation Betrachtungen zur Wasserqualität der Raab. Endbericht.

Zukunftspan Burgenland 2030. Regierungsprogram der BL.

2/2005. (I. 11.) Korm. rendelet egyes tervek, illetve programok környezeti vizsgálatáról

\* \* \*

# A HORDALÉKGAZDÁLKODÁS SZÜKSÉGESSÉGE HAZAI NAGY FOLYÓINKON

BARANYA SÁNDOR<sup>1</sup>

## 1. Bevezetés

A folyókban utazó ásványi eredetű hordalék (iszap, homok, kavics) mozgása alapvetően meghatározza a főmeder, a parti sáv, a mellékágak és a folyó árterének alakulását, valamint döntő hatással van az ökoszisztémák állapotára és a különböző vízhasználatokra (Gregory 2006). A hordalék biztosítja a folyó természetes morfológiai változásait, hozzájárul a vízi élőhelyek fenntartásához, és kulcsszerepet játszik az árterek megújulásában. Ha a hordalékvándorlás természetes egyensúlya felborul, az hosszú távon pl. a folyómedrek mélyüléséhez vezethet, ami pedig számos közvetett hatással járhat, pl. ivóvízbázisokat veszélyeztethet, hajózási problémákat idézhet elő, valamint negatívan befolyásolhatja az árvízi biztonságot és a folyó ökológiai állapotát (Kondolf 1997).

A Duna, amely Európa második leghosszabb folyójaként 10 országon halad keresztül, egyszerre szolgálja a társadalom és a természet igényeit. Ellátja a lakosságot ivóvízzel, kulcsszerepet játszik a hajózásban, energiát termel, a turizmus és a rekreáció egyik központi eleme, valamint egyedülálló ökoszisztémáknak ad otthont. Az elmúlt két évszázadban azonban a Duna és mellékfolyói jelentős átalakulásokon mentek keresztül: árvízvédelmi beavatkozások, hajózási célú szabályozások, vízerőművek és kavicskitermelések alakították át a folyót. A 19. századi állapothoz képest ma már kevesebb, mint 19% maradt meg a természetes árterekből, a folyó morfordinamikája jelentősen lecsökkent (ICPDR 2009).

*A hordalékegyensúly felborulása* különösen súlyosan érinti a Dunát. A szállított hordalék mennyisége jelentősen csökkent, ami a főágban medermélyülést,

---

<sup>1</sup> Dr. Baranya Sándor okl. vízépítő mérnök, tanszékvezető, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

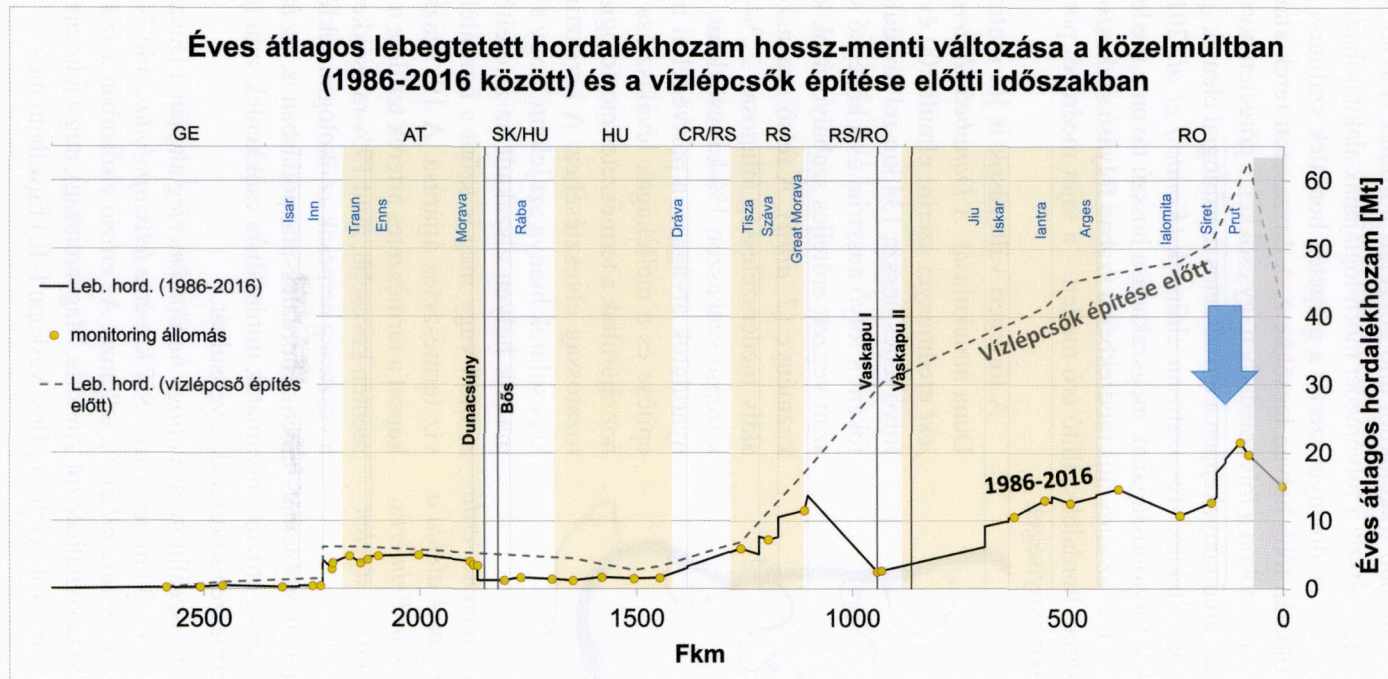
a duzzasztott szakaszokon a hordalék lerakódását okozza. Ezek a jelenségek egyszerre veszélyeztetik a hajózás biztonságát, a parti szűrésű ivóvízbázisok ellátás-biztonságát, az energiatermelési célú vízhasználatokat és az ökológiai állapotot. Nem véletlen, hogy a Duna vízgyűjtő-gazdálkodási tervében a *hordalékegyensúly megváltozását* immár hivatalosan is „*jelentős vízgazdálkodási kérdésként*” (Significant Water Management Issue – SWMI) határozták meg.

A cikk célja, hogy bemutassa a hordalékgazdálkodás szükségességét a Duna példáján keresztül, áttekintve a főbb problémákat, valamint azokat a lehetséges megoldásokat, amelyek hozzájárulhatnak a folyó és mellékágai hosszú távú fenntartható használatához és ökológiai megőrzéséhez.

## 2. A Duna hordalékháztartásának megváltozása

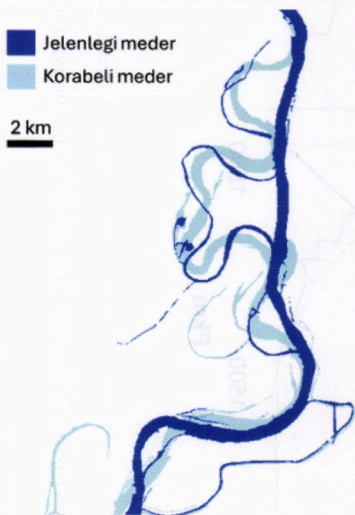
A Duna *hordalékháztartása* az elmúlt két évszázad során alapvetően megváltozott. A folyó természetes morfológiai folyamatait a korabeli szabályozások, az árvízvédelmi létesítmények kialakítása, a duzzasztók megépítése és az ipari kavicskitermelések jelentősen módosították. A *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéke* által vezetett *DanubeSediment* elnevezésű nemzetközi együttműködési projekt keretében 2017–2019 között először készült átfogó, a teljes vízgyűjtőre kiterjedő hordalék elemzés, amely a folyó állapotát számszerűen is értékelte. (<https://dtp.interreg-danube.eu/approved-projects/danubesediment>) Az eredmények egyértelműen kimutatták, hogy a Duna hordalékháztartása jelentősen felborult, az eróziós és hordaléklerakódási folyamatok közötti egyensúly megbomlott.

A *lebegtetett hordalékszállítás* teszi ki a Dunában vándorló hordalék jelentős részét (80-90%-át) (Kresser és Lászlóffy 1964). A vizsgálatok szerint a Fekete-tengerbe jutó éves lebegtetett hordalék mennyisége a 20. század első felében 40-60 millió tonna/év volt, míg napjainkra ez az érték 15-20 millió tonna/év-re csökkent (Habersack et al. 2019), ami több mint 60%-os visszaesést jelent (1. ábra). A csökkenés egyik fő oka a Dunán és mellékfolyóin létesített vízlépcsők áramlást lassító hatása, amely a duzzasztott terekben visszatartja a finom frakciójú hordalékszemcséket. Érdekességképpen, a Vaskapu vízlépcső-rendszer (a Duna szerb-román közös szakaszán) hordalék visszatartó hatása 60-80%, vagyis az érkező hordalékmennyiség ekkora hányada a duzzasztott térben csapdázódik (Habersack et al. 2019). A duzzasztók hatása mellett a partvédő művek akadályozzák a parteróziós folyamatokat, továbbá a főmeder mélyülése lerontja a főmeder-ártér közötti keresztirányú kapcsolatot, így a természetes hordalékutánpótlás is csökken. A lebegtetett hordalék hiánya a Duna torkolati szakaszán a Fekete-tenger parti sávjának erózióját okozza, ami helyenként az évi 20-25 méteres visszarágódást is elérheti (Stanica and Panin 2009).



1. ábra. A Dunában vándorló lebetegtett hordalékhozam hossz-menti alakulása

A jellemzően durvább frakciókból álló *görgetett hordalék* (kavics, durva homok) kulcsszerepet játszik a folyómeder morfológiájának alakításában. A *DanubeSediment projekt* eredményei szerint a görgetett hordalék szállítása a vízlepcsők felvízi oldalán több helyen lecsökkent. A duzzasztott terek alatti ún. szabad folyású szakaszokon a folyómederben így csökken a görgetett hordalék-utánpótlás, aminek eredményeképpen a természetes morfológiai elemek (pl. kavicsátonyok, homokpadok) fokozatosan eltűnnek (Kondolf et al. 2014). A görgetett hordalék folytonosságának megszakadása hosszú távon a meder mélyülését okozza, mivel az alluviális medrekben a szabad folyású szakaszokon a folyó – a változatlan hordalékszállító erő mellett – saját medréből pótolja a hiányzó hordalékmennyiséget.



2. ábra. A Duna Gemenci-erdő környéki szakaszának alakja a Harmadik Katonai Felmérés (1872–1884) után és a jelen állapotban

szempontjából jelent problémát, hanem a hordalék-utánpótlásban is. Az árterek nélkül a keresztirányú eróziós folyamatok minimálisra csökkentek, ami tovább rontja a folyó természetes hordalékegyensúlyát.

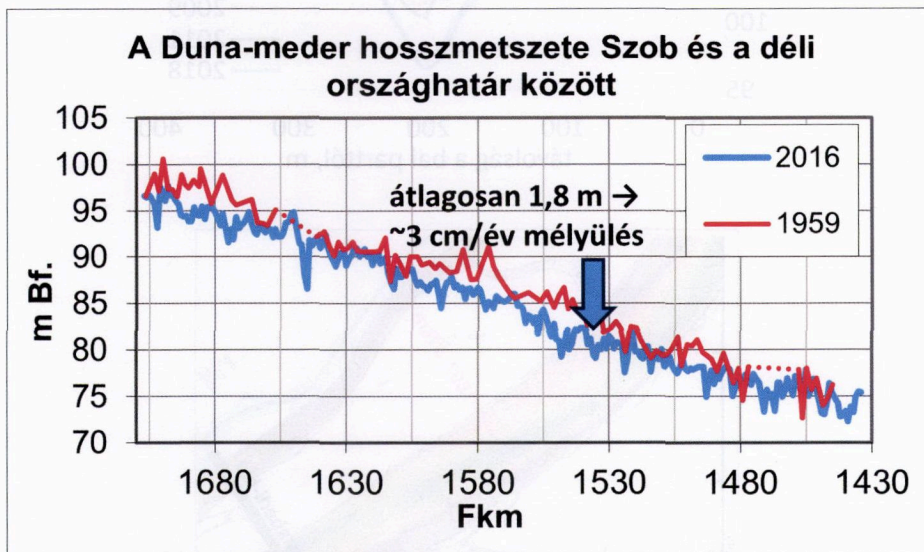
A projekt által összeállított első *átfogó hordalékmérleg* alapján a Duna teljes hosszának 56%-án (733 km) az *erózió*, 857 km-en a *feliszapolódás*, míg 241 km-en (10%) *közel egyensúlyi állapot* a jellemző. Az erózió elsősorban a szabadfolyású szakaszokon tapasztalható (pl. Ausztria, Magyarország), míg a feliszapolódás a duzzasztott terekben (pl. Aschach, Bős, Vaskapu I–II.) figyelhető meg.

A történeti változások is jól mutatják a Duna átalakulását. A *DanubeSediment projekt* eredményei szerint elmúlt 200 évben a folyó teljes hossza 134 km-rel rövidült, ami főként a folyó ausztriai és a középső szakaszán végzett erőteljes szabályozások következménye (2. ábra). A felső szakaszon az aktív mederszélesség átlagosan 22%-kal, a középső szakaszon 1%-kal csökkent. A kanyarulatok átvágása, a partvédelmi művek építése és a mellékágak leválasztása mind hozzájárultak a természetes morfológiai változatosság elvesztéséhez. A keresztirányú kapcsolatok hiánya azt jelenti, hogy a folyó ma sok helyen elszakadt az ártereitől, leromlott vagy meg is szűnt a hordalék és a víz természetes átjárása. A 19. századhoz képest a természetes árterek területe a Duna mentén kevesebb, mint 19%-ra csökkent. Ez a veszteség nemcsak az ökológiai sokféleség

Ez a kettősség azt eredményezi, hogy míg egyes szakaszokon *lecsökkent hordalékutánpótlás* és a *mederszakaszok süllyednek*, addig máshol a *túlzott lerakódás* jelent problémát.

### 3. A hordalékhiány hatásának hatása a Duna hazai szakaszára

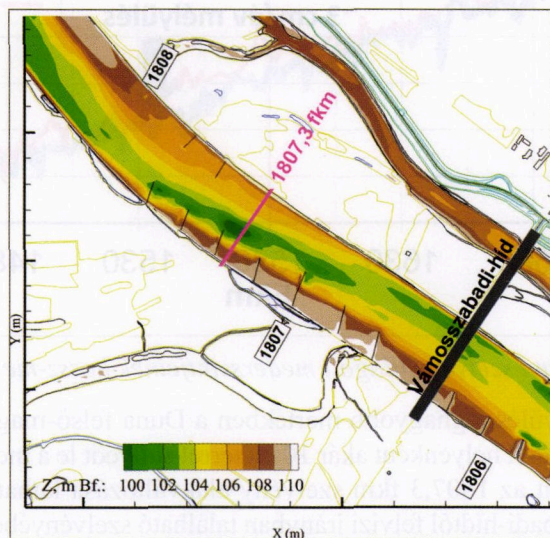
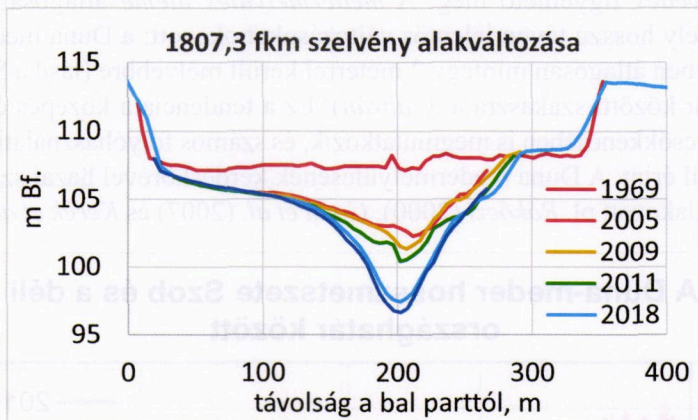
Hazai nagy folyóink esetében a múltbeli szabályozások (kanyarátvágások, folyószabályozási művek, partbiztosítások), az extrém mértékű ipari kotrások, valamint a felvízi vízlépcsők építése következtében *tartós és folyamatos medersüllyedés* figyelhető meg. A *medermélyülés üteme* átlagosan néhány cm/év, amely hosszú távon jelentős változásokat okozott: a Duna medre az elmúlt 60 évben átlagosan mintegy 2 méterrel került mélyebbre (lásd a Szob-déli országhatár közötti szakaszra a 3. ábrán). Ez a tendencia a közepes és kisvízi vízszintek csökkenésében is megmutatkozik, és számos folyóhasználati területet közvetlenül érint. A Duna medermélyülésének kérdéskörével hazai szinten korábban foglalkozott pl. Rákóczi (2000), Goda et al. (2007) és Kerék et al. (2023).



3. ábra. A Duna szelvényátlagolt mederszintjeinek hossz-menti alakulása

A medermélyülés legnagyobb mértékben a Duna felső-magyarországi szakaszát érintette, ahol helyenként akár 10 méterrel süllyedt le a meder legmélyebb pontja. Példaként az 1807,3 fkm szelvény alakváltozása látható a 4. ábrán, a folyó Vámoszabadi-hídtól felvízi irányban található szelvényében. Ismert, hogy a Duna itteni szakaszán több mint 60 millió m<sup>3</sup> kavicsot termeltek ki 1970-1991 között (Rákóczi 2000). A kotrás következtében bekövetkezett medermélyülést a felvíz felől érkező görgetett hordalék utánpótlás nem tudta kompenzálni,

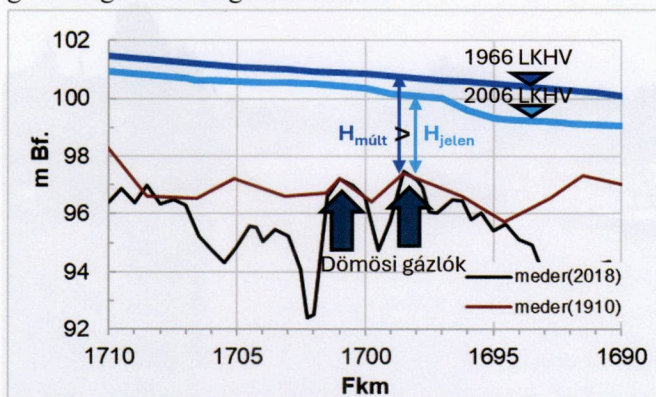
hiszen annak mértéke az 1940-1950 között végzett mérések szerint  $100.000 \text{ m}^3/\text{év}$  körül volt (Bogárdi 1955), ráadásul az ausztriai és szlovák duzzasztók napjainkban ennek az értéknek is visszafogják egy részét. A Duna Gönyű környéki szakaszára Baranya (2024)  $57.000 \text{ m}^3/\text{éves}$  görgetett hordalékhozamot becsült a 2020-as években végzett mérések alapján, aminek nagyobb része a mederből származik, további medermélyülést okozva. A következőkben egy-egy folyóhasználati területet kiemelve ismertetjük, hogy a hordalékegyensúly megváltozása milyen hatást vált ki.



4. ábra. A Duna keresztmetsvény alakjának időbeli változása a folyó 1807,3 fkm szelvényében

### 3.1. Hajózás

A medermélyülés a hajózás feltételeit közvetlenül befolyásolja. Azokon a szakaszokon, ahol a meder alapkőzete ellenálló (pl. Dömös), a hajózásra rendelkezésre álló vízmélység a meder mélyülése következtében csökken, így kisvízes időszakban nem biztosítható a hajózás számára előírt 2,5 m-es merülési mélység (5. ábra). A Duna hazai szakaszán jelenleg közel 50 hajózási szempontból problémás szakasz található, amelyek kritikus kisvízes körülmények között korlátozzák a hajóforgalmat. Emiatt gyakoriak a részrakodási kényszerek, amelyek jelentős gazdasági veszteséget okoznak.



5. ábra. A medermélyülés miatt csökkenő kisvízszintek a kemény felszínű, erózióra nem képes mederszakaszokon hajózási akadályokat eredményeznek

A helyzetet jól szemlélteti, hogy a magyarországi szakaszon a teljes merüléssel hajózható napok száma évente mindössze 240-250 nap (UTIBER-VIZITERV-BME 2021), miközben a Duna Bizottság előírása szerint 343 nap/év lenne a követelmény. Ez közel száz napnyi kiesést jelent évente, amely komoly logisztikai bizonytalanságot okoz a nemzetközi áruszállításban. A hajózás zavartalanságának fenntartása érdekében egyre több fenntartási beavatkozásra (kotrás, szabályozómű-átalakítás) lenne szükség, amelyek költségesek és sokszor csak ideiglenes megoldást nyújtanak. Ennél súlyosabb probléma ráadásul, hogy a hagyományos hajózási célú beavatkozások legtöbbször (pl. kotrás, sarkantyú építés) az ökológiai állapotot kedvezőtlen irányba változtatja meg, vagyis érdekellentét jelentkezik a szereplők között.

### 3.2. Rekreációs célú vízhasználat

A medermélyülés a rekreációs lehetőségeket is korlátozza. A főmeder süllyedésével párhuzamosan a mellékágak és part menti szakaszok hordalékkal való feltöltődése felgyorsul, miközben a kisvízszintek a mellékfolyókra is kihatnak.

A Mosoni-Duna győri szakasza jól példázza ezt a problémát: a Duna főmedrének süllyedése miatt a kisvízi szintek jelentősen lecsökkentek, ellehetetlenítve a rekreációs célú vízhasználatot (evezés, kajak-kenu, kishajózás) (6. ábra). A helyzet olyan mértékben súlyosbodott, hogy a Mosoni-Duna torkolatánál vízszintszabályozó műtárgyegyüttes építésére volt szükség. A beavatkozás hatására kedvező irányba változtak a vízhasználati lehetőségek, bár fontos figyelembe venni, hogy a duzzasztott térben lerakódó finomfrakciójú hordalék hosszú távon új kihívásokat vetít előre (Szabó et al. 2022).



6. ábra. Kisvízi tájkép a Mosoni-Duna győri szakaszán a torkolati vízszintszabályozó műtárgyegyüttes megépítése előtt (forrás: [www.kisalfold.hu](http://www.kisalfold.hu))

### 3.3. Ökológiai állapot

A medermélyülés a folyó ökológiai állapotát is rontja. Az árterek, mellékágak és holtágak ritkábban és rövidebb ideig kapnak természetes vízutánpótlást, így fokozatosan leválnak a főágról. Ez az élőhelyek feldarabolódásához, a *biodiverzitás csökkenéséhez* vezet (Fehér et al. 2012). A sekély parti zónákban lerakódó finom hordalék sok helyen eltünteti az ívőhelyeket, ezzel rontva a halállomány szaporodási feltételeit, sőt, a talajvízszint csökkenése az ártéri erdők vízellátását is veszélyezteti, elősegítve az invazív, szárazságtűrő fajok térnyerését (Glanville et al. 2023).

A *Duna részvízgyűjtő-gazdálkodási terv* (2021) értékelése szerint a magyarországi Duna főága döntően mérsékelt állapotú. A fő limitáló tényezők a *hidromorfológiai terhelések*: a medermélyülés, a mellékágak leválása és feltöltődése, az árterek vízellátásának csökkenése, valamint a folyószabályozási művek okozta élőhely-feldarabolódás. A kémiai állapot általában kedvezőbb, de a biológiai és

élőhelyi jellemzők romlása miatt a teljes ökológiai állapot nem megfelelő. A terv kiemeli, hogy a jó állapot eléréséhez olyan intézkedések szükségesek, mint a medrek vonalvezetésének és alakjának közelítése a természetes viszonyokhoz, vagy a hullámterek vízellátottságának javítása (OVF 2021).

### 3.4. Árvízi kockázat

A főmeder süllyedése miatt a mellékágak és árterek ritkábban kerülnek víz alá, viszont amikor bekövetkezik az elöntés, a felvízi tározókból érkező hordalékban gazdag víz rövid idő alatt rakódik le. Ez a terepszint fokozatos emelkedéséhez és a növényzet besűrűsödéséhez vezet, amely hosszabb távon a vízszállító képesség csökkenését és az árvízszintek növekedését okozhatja (Nones 2019). Egy-egy jelentős árvíz alatt a hullámtéren lerakódó hordalék rétegvastagsága több deciméteres is lehet, akár több száz méter széles sávban. Példaként: a bécsi BOKU egyetem vezetésével átfogó dokumentáció készült a 2013-as árvízről az osztrák Duna-szakaszra vonatkozóan, amely részletesen bemutatja a lerakódott hordalék vastagságát (Hochwasserdoku 2015). A 7. ábra a Duna osztrák, Mitterkirchen térségében található szakaszára ábrázolja az eredményeket. Látható, hogy a legnagyobb lerakódások a főmeder menti sávban övzátont hoznak létre akár az egy métert meghaladó rétegvastagságban, míg a főmedertől távolodva a lerakódás mértéke folyamatosan csökken. Hasonló eredményt kapott szimulációs modell segítségével Füstös et al. (2024) és Hawez et al. (2025) a Duna Gemenci-erdő környéki szakaszára, de a Duna szigetközi szakaszán készült dokumentációk is egyértelműen mutatják az övzátonyképződést (8. ábra).



7. ábra. Hordaléklerakódás a Duna árterében az ausztriai Mitterkirchen térségében, a 2013. évi árvíz után mért adatok alapján (Hochwasserdoku 2015)



8. ábra Hordaléklerakódás következtében kialakuló övzátonyok a Duna szigetközi szakaszán a 2013. évi történelmi árhullám levonulása után  
(forrás: ÉDUVÍZIG)

### 3.5. Ivóvízbázisok

A *partiszűrészű ivóvízbázisok* a medersüllyedés következtében csökkenő vízszintek miatt szintén potenciális veszélynek vannak kitéve. A kutak vízhozama méréselődhet, miközben a vízáadó rétegek és a folyó közötti hidraulikai kapcsolat kedvezőtlen irányban változik. A Duna hazai középső szakaszán vizsgálta ezt a kérdéskört a „Tiszta ivóvíz” elnevezésű Nemzeti Kiválósági Program keretében megvalósított projekt (<https://tiszaivovizprogram.hu/>), és a Fővárosi Vízművek működési területén egyelőre nem lehetett kimutatni negatív hatásokat, bár átmeneti iszaplerakódások a vizsgált szakaszokon megfigyelhetők voltak.

Külföldi esettanulmányok már részletesen foglalkoznak a *folyó-meder-víz-kivétel kapcsolatrendszer* kedvezőtlen alakulásaival (pl. Schubert 2002), sőt itthoni példa is található: az utóbbi években a Duna-menti Regionális Vízmű (DmRV) működési területén több ivóvízkutat is csak kotrási munkálatokkal sikerült megóvni, mivel a meder eliszaposodása a vízminőséget rontotta. Bár a beavatkozás elengedhetetlen volt az ellátás-biztonság fenntartásához, komoly társadalmi vitákat váltott ki, jól mutatva, hogy a hordalékháztartás problémái közvetlen társadalmi feszültségekhez is vezethetnek.

### 3.6. Vízkivételek és vízbiztonság

A főmeder süllyedése miatt a korábban gravitációsan kivezetett víz sok helyen

már csak szivattyúzással emelhető ki. Ez különösen a vegetációs időszakban jelent problémát, amikor a vízigény (mind a természetvédelem, mind az agrárium felől) a legnagyobb. A szivattyús vízkivétel többletberuházásokat, magas energiafelhasználást és karbantartási költségeket igényel, miközben a sekély vízmélység miatt akár a mederfenékről felkeveredő hordalék is bekerülhet a berendezésekbe.

A közelmúltban a szélsőséges hidrológiai viszonyok jól rávilágítottak a probléma súlyosságára: 2025 nyarán pl. Szolnokon minden eddiginél alacsonyabb vízállást mértek a Tiszán. A vízhozam mindössze  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  volt (a nagyságrend érzékeltetésére: a Bodrog folyó éves közepes vízhozama  $115 \text{ m}^3/\text{s}$ ), ami miatt lépéseket kellett tenni a város ivóvízellátásának biztosítására. A kritikus helyzetet csak a Tisza-tó tartalékaiból lehetett ideiglenesen kezelni, de ez hosszú távon nem fenntartható megoldás. Az extrém kisvízhozamok a Tisza medermélyülése miatt (lásd pl. Kiss *et al.* 2025) egyre kisebb vízszintekkel vonulnak le, ami tovább rontja a vízkivételi lehetőségeket.

#### **4. Javaslatok a hordalékvándorlási problémák kezelésére**

A hordalékgazdálkodás egyik legfontosabb célja, hogy hosszú távon biztosítsa a folyók természetéhez közeli morfordinamikai folyamatait úgy, hogy egyúttal kielégíti a folyókkal kapcsolatos társadalmi, gazdasági és ökológiai igényeket. A hordalékhiány, a medrek tendenciózus mélyülése és az árterekkel való kapcsolat leromlása nemcsak lokális problémát jelentenek, hanem egész vízgyűjtőkre kiterjedő folyamatok eredményei, ezért a megoldásoknak is több léptékben – vízgyűjtő-, folyószakasz- és helyi szinten – kell megjelenniük. A *DanubeSediment projekt* keretében végzett és más folyómorfordinamikai vizsgálatok eredményeképpen a *hordalékegyensúly* kérdését a Duna vízgyűjtőjén *jelentős vízgazdálkodási problémaként* (Significant Water Management Issue – SWMI) azonosították, és ennek kezelése nélkül a folyók fenntartható használata nem biztosítható. A projekt részletes ajánlásokat fogalmazott meg olyan műszaki megoldásokra, amelyek alkalmasak lehetnek a hordalékfolytonosság, és ezen keresztül a folyó természetéhez közeli morfordinamikai jelenségeinek visszaállítására.

##### **4.1. Vízgyűjtő szintű intézkedések**

A hordalékgazdálkodás akkor lehet sikeres, ha nemcsak a nagyobb folyók medrében, hanem a teljes vízgyűjtőn kezeljük a problémákat. A folyómedrekbe jutó hordalék elsősorban a hegy- és dombvidéki kisvízfolyások felől érkezik, így a hordalékgazdálkodási megoldások egy része ide kell, hogy összpontosuljon. Az elmúlt évtizedekben a talajerózió-mérséklő gazdálkodási gyakorlatok hiánya, az erdőborítás csökkenése és a bányászat szabályozatlansága fokozta ugyan a finom frakciójú hordalék képződését, ugyanakkor a duzzasztások, mederrendezések és

vízvisszatartó létesítmények miatt a folyókba mégis kevesebb hordalék jut el.

A vízgyűjtő szintű intézkedések ezért az alábbi területekre koncentrálhatók:

- *Talajvédelem és földhasználat:* eróziócsökkentő mezőgazdasági gyakorlatok (pl. minimális talajművelés, talajtakarás, lejtős területeken a lejtő irányára merőleges művelés) és erdősítési programok.

- *Kavics- és homokkitermelés szabályozása:* a bányászat mennyiségi és térbeli korlátozása, az engedélyezési eljárások szigorítása, valamint az ökológiai szempontokat figyelembe vevő kitermelési gyakorlatok bevezetése.

- *Hegy- és dombvidéki tározók üzemeltetése:* a finom frakciók túlzott vízszatartásának mérséklése, hordalék-áteresztő üzemrendek alkalmazása, ahol ez lehetséges.

Ezek az intézkedések közvetetten járulnak hozzá a hordalékegyensúly helyreállításához, és megalapozzák a nagyobb folyók hosszú távú stabilitását.

#### **4.2. Folyószakasz szintű intézkedések**

A folyószakaszok szintjén a medermélyülés mérséklése és a hordalékhiány kezelése áll a középpontban. A problémák enyhítésére – a teljesség igénye nélkül – számos beavatkozás-típus alkalmazható:

- *Mellékágak és hullámterek rehabilitációja.* A mellékágak visszacsatolása javítja a főmeder hordalékháztartását, mérsékli a medermélyülést és javítja az ökológiai állapotot. A főmederrel való állandó kapcsolat biztosításával a mellékágak menedéket nyújtanak a hajózás hatásai elől, ivó- és élőhelyet biztosítanak halaknak és makrogerincteleneknek. A módszert több sikeres hazai és nemzetközi példa igazolja (pl. a Duna dél-magyarországi szakaszán található Szabadság-sziget, 9. ábra), de a megfelelő áramlási és morfológiai feltételek biztosítása nélkül a mellékágak feltöltődhetnek, ezért megalapozott tervezést igényelnek.

- *Árvízvédelmi töltések főmedertől távolabb helyezése, vagy szabályozott megnyitása.* A töltések folyótól való eltávolítása során a hullámtér növelésével mérséklődik a medermélyülés, csökkennek a nagyvízi vízszintek, javul az ökológiai állapot. Hátránya a jelentős területigény és a jelentős infrastruktúrától mentes környezet szükségessége. A mentesített árterén való vízkevezetés szintén mérsékli a főmeder kimélyülését, csökkenti az árvízcsúcsokat és javítja az árterek ökológiai állapotát, miközben új, vízhez alkalmazkodó gazdálkodási lehetőségeket teremt. A módszer még inkább kutatási fázisban van, alkalmazásakor fokozottan figyelni kell az árvízi kockázatokra.

- *Korábban átvágott folyókanyarulatok és holtágak visszaállítása.* A meder és partvonal átalakítása, valamint a holtágak és korábban átvágott folyókanyarulatok visszacsatolása megnöveli az érintett folyószakasz hosszát, csökkenti az esést



9. ábra. A Szabadság-sziget helyreállítása a Duna hazai szakaszán  
(forrás: <https://wwf.hu/hireink/vizeselohelyek/ujra-vizi-paradicsom-a-szabadsag-sziget>)

• **Partbiztosítások visszabontása** olyan folyószakaszokon, ahol ez nem korlátoz egyéb területhasználatot (10. ábra). A partbiztosítás megszüntetése elősegíti a folyó keresztirányú erózióját, ami mérsékli a főmederben a hordalékszállító képességet, egyúttal hordalékutánpótlást biztosít. Hátránya lehet a mederszint emelkedése és a hajózhatóság romlása, ezért szükség esetén kiegészítő művekkel (pl. sarkantyúk, fenékbordák) kell kombinálni. Alkalmazásakor figyelembe kell venni az árvízvédelem és a közeli infrastruktúra biztonságát.

Ezek a beavatkozások akkor lehetnek eredményesek, ha egymással összehangoltan valósulnak meg, és figyelembe veszik a felvízi és alvízi hatásokat.



10. ábra. Elbontott partbiztosítás területén kialakuló parterózió (Isar folyó)  
(forrás: [https://www.wwa-m.bayern.de/fluesse\\_seen/massnahmen/gek\\_mittlere\\_isar/ufer\\_achering\\_freising/index.htm](https://www.wwa-m.bayern.de/fluesse_seen/massnahmen/gek_mittlere_isar/ufer_achering_freising/index.htm)).

### 4.3. Helyi szintű beavatkozások

A lokális megoldások általában konkrét problémák enyhítésére szolgálnak, de fontos kiegészítői a nagyobb léptékű beavatkozásoknak. Ide tartoznak:

- *Meglévő folyószabályozási művek átalakítása.* A koronaszintek csökkenésével mérsékelhető a művek mögötti hordalécsapdázódás és a művek vízszintemelőlő hatása, miközben a hajózás számára nem okoz problémát. A művek partközeli végeinek átvágása vagy részleges elbontása elősegíti a part menti vízmozgást, erősíti a hordalékmozgást és javítja az ökológiai állapotot azáltal, hogy megszünteti a holt zónákat. Emellett a sarkantyúk alakjának és egymástól való távolságának módosítása befolyásolhatja a hordaléklerakódás mértékét, a parteróziót és a vízszinteket, így az adott szakasz sajátosságaihoz igazítható, komplexebb morfordinamikai hatásokat eredményezve.

- *Chevron-gátak.* A chevron-gátak lekerekített csúcsú, íves kőművek, amelyeket a folyóval párhuzamosan, általában a parttól elkülönülten építenek (11. ábra). Hatásukra mellékágak, zátonyok és dinamikusan változó szigetek alakulnak ki, miközben a mű belsejében kialakuló lassú áramlás kedvező búvóhelyet nyújt az élőlényeknek. A part mentén védett, mélyebb csatorna jön létre, amely egyszerre szolgálja az ökológiai diverzitás növelését és a hajózóút fenntartását. Az első chevronokat a Mississippifolyón építették az 1990-es években, Európában pedig 2019-ben Újvidéknél valósult meg az első ilyen létesítmény.



11. ábra. Chevron gátak a Mississippi folyón az Egyesült Államokban (GAO 2011)

- *Fenékbordák.* A fenékbordák alacsony, víz alatti kőművek, amelyeket Egyesült Államokbeli példák alapján (pl. GAO 2011) a kanyar külső partjától indulva, felvízi irányba döntve helyeznek el. Megváltoztatják a másodlagos áramlásokat, csökkentik a külső part erózióját, és megakadályozzák a meder további mélyülését. Ennek hatására a hajózóút természetes módon kiszélesedik és biztonságosabbá válik, csökkentve a kotrási igényt.

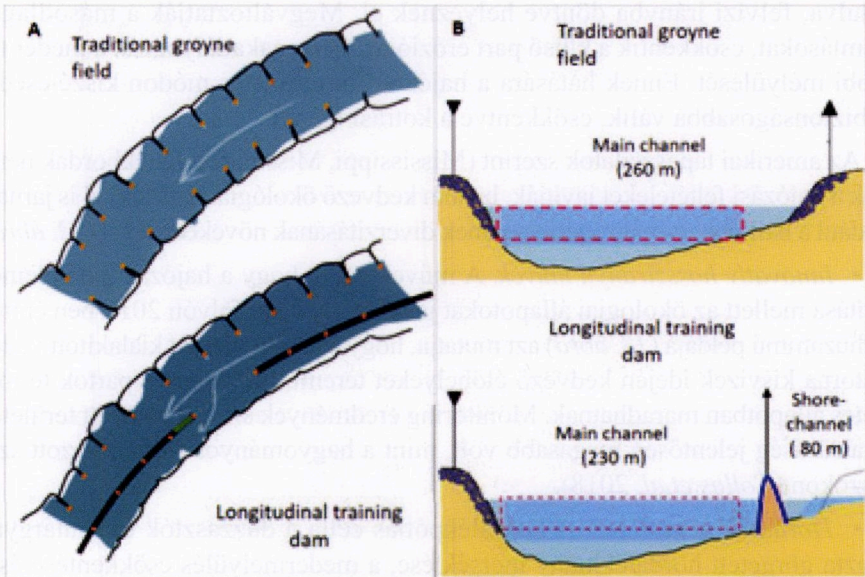
Az amerikai tapasztalatok szerint (Mississippi, Missouri) a fenékbordák nemcsak a hajózási feltételeket javítják, hanem kedvező ökológiai hatásokkal is járnak, például a halfajok és makrogerinctelenek diverzitásának növekedésével (12. ábra).

- *Innovatív hosszirányú művek.* A művek célja, hogy a hajózás feltételeinek javítása mellett az ökológiai állapotokat javítsák. A Waal folyón 2011-ben épített párhuzammű példája (13. ábra) azt mutatja, hogy a hajóút mellett kialakított védett csatorna kisvizek idején kedvező élőhelyeket teremt, miközben a partok természetes állapotban maradhatnak. Monitoring eredmények szerint a védett területen a halsűrűség jelentősen magasabb volt, mint a hagyományos sarkantyúzott szakaszokon (Collas et al. 2018).

- *Hordalék betáplálás.* A hordalékpótlás célja a duzzasztók és műtárgyak okozta görgött hordalékhiány mérséklése, a medermélyülés csökkentése és a folyó morfológiai folyamatainak helyreállítása. A beavatkozás során a mederbe juttatott anyag mennyiségét és szemcseméretét a hordalékmérleg alapján kell meghatározni, hogy ne veszélyeztesse az árvízvédelmet, a hajózást és az élőhelyeket. A módszer előnye, hogy javítja az ökológiai állapotot, emeli a kisvízszinteket, és hozzájárul a mellékágak, árterek és talajvíz utánpótlásának fenntartásához.



12. ábra. Fenékbordák a Mississippi folyón az Egyesült Államokban (GAO 2011)



13. ábra. Egy hollandiai tanulmányban a hagyományos sarkantyúsor helyett a folyó bal partja mentén egy párhuzamművet alakítottak ki, ami a hajózási viszonyok megtartása mellett kedvezőbb ökológiai feltételeket eredményezett (Collas et al. 2018)

- *Élőhely-rehabilitációs beavatkozások*: ívóhelyek kialakítása, sekély parti zónák újratertemzése, amelyek egyszerre szolgálják az ökológiai állapot javítását és a hordalékmozgás természetes folyamatainak helyreállítását.

#### **4.4. Intézményi és jogszabályi háttér**

A hordalékgazdálkodás intézményi beágyazottsága hazánkban jelenleg hiányos, maga a kifejezés sem ült még át a gyakorlatba. A vízgyűjtő-gazdálkodási tervekben a hordalék kérdése már jelentős vízgazdálkodási problémaként szerepel, de a gyakorlati megvalósítás sok esetben elmarad. Fontos ezért, hogy:

- a hordalékgazdálkodási elemek beépüljenek a vízgyűjtő-gazdálkodási tervekbe és az árvízkezelési tervekbe;
- a hajózás, a természetvédelem, az energetika és a vízgazdálkodás szereplői közötti együttműködés erősödjön;
- hosszú távú, több évtizedes programok szülessenek, amelyek túlmutatnak az egyes projektek rövidtávú céljain.

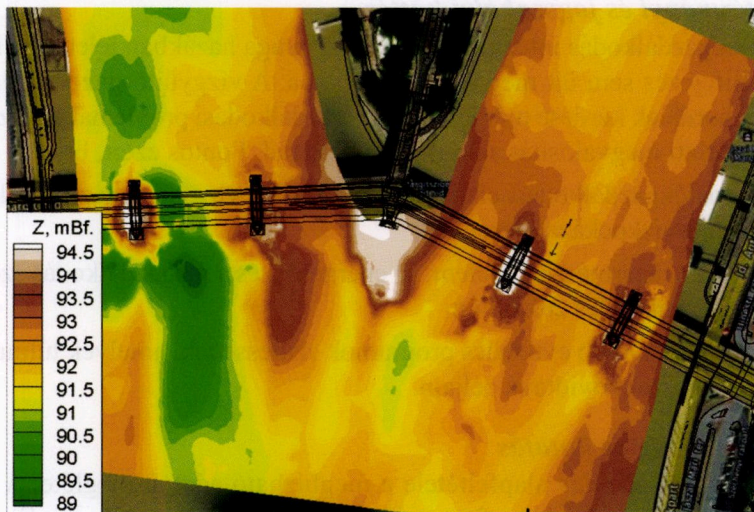
#### **4.5. Monitoring és kutatás**

A hordalékgazdálkodás alapfeltétele a megbízható adatok megléte. A *DanubeSediment projekt* egyik legfontosabb eredménye volt annak megállapítása, hogy a Duna vízgyűjtőjén hiányos a hordalékmonitoring hálózat, és az országok által mért adatok nem egységesek. Ez a megállapítás hazánkra különösen igaz. A korszerű mérési technológiák ma már Magyarországon is elérhetők, és viszonylag kis ráfordítással integrálhatók a vízügyi gyakorlatba. A medermorfológiai, lebegtetett és görgetett hordaléokra vonatkozó mérési technikák összehangolásával egy egységes és megbízható monitoring rendszer alakítható ki. Ez alapfeltétele a hordalékegyensúly vizsgálatoknak, a folyók morfológiai folyamataiban bekövetkező változások nyomon követésének, valamint szükségesek a tervezett beavatkozások hatásainak objektív értékeléséhez.

A medermorfológiai felmérések esetében a hagyományos keresztmetszvényes módszerek mellett a többsugaras mélységmérők (MBES) alkalmazása biztosít pontos, teljes felületre kiterjedő adatokat (14. ábra). Évenkénti teljes mederfelmérések révén például *különbségtérképek* készíthetők, amelyek alkalmasak az eróziós és feliszapolódási zónák azonosítására, valamint a hordalékmérlegek felállítására.

A lebegtetett hordalék monitorozására egy kombinált rendszer javasolt: part menti, nagy frekvenciájú zavarosságmérők telepítése, kiegészítve rendszeres vízmintavételezéssel és kalibrációval. Az optikai és lézeres eszközök (pl. Solitax, LISST) gyors és pontos adatszolgáltatást biztosítanak, különösen árhullámok idején, amikor a legjelentősebb hordalékterhelés lép fel.

A SEDDON II Ausztria-Magyarország Együttműködési Program keretében a Duna gönyűi és a Rába győri szakaszán kialakítottak olyan monitoring állomásokat, ahol *folyamatos hordalékmérés* zajlik, immáron több mint három éve (Pomáz és Baranya 2024).



14. ábra. MBES alapú mederdomborzat a Duna Margit-híd környéki szakaszán

A görgetett hordalék mérése továbbra is kihívás elé állítja a vízmérnököket, de a hagyományos mintavételi eszközök és kamerás vizsgálatok mellett itt is fontos szerepet kaphatnak az indirekt vagy közvetett módszerek, például a dűnevándorlás expedíciószerű követése ismételt hossz-szelvény mérésekkel. Baranya (2024) kutatása a Duna Gönyű környéki szakaszának példáján keresztül bemutatja a különböző fizikai és közvetett görgetett hordalékmérési módszereket.

A mérések mellett a hordalékgazdálkodási beavatkozások hatásvizsgálatához a számítógépes modellezés kulcsfontosságú eszköz, mivel lehetővé teszi a hidrodinamikai és morfordinamikai folyamatok különböző tér- és időléptékeken történő vizsgálatát.

Az *1D modellek* – amelyek a hossz menti változásokat a hidromorfológiai paraméterek keresztmetszeti középértékeivel közelítik – továbbra is a legalkalmasabbak hosszú folyószakaszokra vagy vízgyűjtői szintű vizsgálatokra, mivel alacsony számítási igény mellett képesek a medermélyülési tendenciák és a hordalékmérlegek hosszú távú becslésére (Czapiga et al. 2022).

A *2D modellek* a mederdomborzati és fedettségi változatosságot mélységátlagolt változók révén képesek leírni, így alkalmasak komplex medergeometriák és mellékágak vizsgálatára (pl. Hawez et al. 2025).

A 3D modellek függőleges felbontásának köszönhetően nagy pontossággal reprezentálják a helyi áramlási és különösen a mederfenék közeli hordalékmozgási folyamatokat, ugyanakkor jelentős számítási kapacitást igényelnek, ezért jellemzően rövid szakaszokon alkalmazhatók (Török et al. 2020). A különböző modellezési megközelítések integrálása lehetőséget nyújt a hordalék egyensúly folyószintű értékelésére, a beavatkozások hatásainak előrejelzésére, valamint a *hosszú távú hordalékgazdálkodási stratégiák* tudományosan megalapozott kidolgozására.

Kiemelendő továbbá, hogy az ún. *élőhely-hidraulikai* (vagy *ökohidraulikai*) *vizsgálatok* a hidromorfológiai tényezők (pl. vízmélység, áramlási sebesség, hordaléktartalom, mederanyag) és a vízi élőlények előfordulása közötti kapcsolatokat számszerűsítik. Az ökohidraulikai megközelítés korszerű terepi mérések, halmin-tázások és hidrodinamikai szimulációk kombinálásával *élőhely-megfelelőségi indexeket (SI)* állít fel, amelyek alapján térben és időben leírható az adott fajok által preferált élőhelyek területi kiterjedése. Az így előállított *élőhely-térképek* nemcsak a jelen állapot értékelését teszik lehetővé, hanem a tervezett beavatkozások hatásainak előrejelzését is, ezáltal fontos eszközt nyújtanak a *folyógazdálkodási és élőhely-rehabilitációs stratégiák* kidolgozásában (pl. Baranya et al. 2018).

## 5. Összegzés, következtetések

A Duna és hazai nagy folyóink hordalékháztartásának felborulása az elmúlt két évszázad beavatkozásainak következményeként napjainkra az egyik legfontosabb *folyógazdálkodási kihívássá* vált. A medermélyülés, a mellékágak főágtól való leválása, az arterek természetes vízutánpótlásának csökkenése, a hajózás feltételeinek és a folyami élőhelyek minőségének romlása mind azt jelzik, hogy a hordalékgazdálkodás bevezetése elengedhetetlen a folyók fenntartható használatához. Általánosan, mindenhol működő mérnöki megoldások azonban nincsenek: a cikkben példaként bemutatott módszerek különböző kombinációi alkalmazhatók a helyi hidrológiai, áramlási, hordalékszállítási, geomorfológiai stb. adottságoktól függően. Ezért a megalapozó vizsgálatok – a folyamatok részletes megértése, a mérési és modellezési módszerek bevonása – rendkívül fontosak a megfelelő beavatkozások megtervezéséhez.

Jelenleg is számos hazai és nemzetközi kutatási program foglalkozik a kérdéssel, amelyek a tudományos eredményekre alapozva keresnek gyakorlati megoldásokat. Ide sorolhatók például a Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program, valamint nemzetközi szinten a Duna Régió Programban megvalósuló *Danube-Sediment\_Q2* és a Horizon Europe keretében futó *iNNO SED* projektek. E kezdeményezésekben a hazai kutatói közösség, köztük kiemelten a BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéke is aktívan közreműködik, különösen a mérési

és modellezési módszerek fejlesztése, valamint a hordalékgazdálkodási stratégiák kidolgozása terén.

A kutatások és a bemutatott példák egyértelműen bizonyítják, hogy a hordalékgazdálkodás nem csupán mérnöki feladat, hanem komplex ökológiai, társadalmi és gazdasági kérdés is. A sikeres megoldások kulcsa a szakterületek közötti együttműködésben, a hosszú távú szemléletben és a nemzetközi tapasztalatok beépítésében rejlik.

\* \* \*

### Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond a kutatást támogató hazai és nemzetközi programoknak. A tanulmány alapját több kutatási projekt eredményei is képezték:

- DanubeSediment (Interreg DTP, 2017–2019; <https://dtp.interreg-danube.eu/approved-projects/danubesediment>),
- a DanubeSediment\_Q2 (Interreg Danube Region Programme, 2024–2026; <https://danube-region.eu/projects/danubesediment-q2>), valamint
- a Horizon Europe iNNO SED projektje (2024–2029, GA No. 101157360; <https://innosed.eu>).

A szerző hálás a hazai kutatási kezdeményezések támogatásáért is, különösen a Vízutómányi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium (2023–2026, RRF 2.3.1 21 2022 00008) és az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program keretében nyújtott hozzájárulásokért.

\* \* \*

### Felhasznált irodalom

Baranya, S. (2024): Quantification of bedload transport in the Hungarian Danube using multiple analysis methods. *International Journal of Sediment Research*, 39(6), 1015–1026. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2024.09.005>

Baranya, S., Fleit, G., Józsa, J. et al. (2018): Habitat mapping of riverine fish by means of hydromorphological tools. *Ecohydrology*, 11:e2009. <https://doi.org/10.1002/eco.2009>

Bogárdi, J. (1955): A hordalékmozgás hidraulikája. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Collas, F. P. L., Buijse, A. D., van den Heuvel, L., van Kessel, N., Schoor, M. M., Eerden, H., Leuven, R. S. E. W. (2018): Longitudinal training dams mitigate effects of shipping on environmental conditions and fish density in the littoral zones of the river Rhine. *Science of the Total Environment*, 619–620, 1183–1193. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.299>

Czapiga, M. J., Blom, A., Viparelli, E. (2022): Sediment nourishments to mitigate channel bed incision in engineered rivers. *Journal of Hydraulic Engineering*, 148, 04022009. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0001977](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001977)

Fehér, J., Gáspár, J., Szurdiné-Veres, K., Kiss, A., Kristensen, P., Peterlin, M., Globevník, L., Kirn, T., Semerádová, S., Küntzer, A., Stein, U., Austnes, K., Spiteri, C., Prins, T., Laukkonen, E., Heiskanen, A.-S. (2012): Hydromorphological alterations and pressures in European rivers, lakes, transitional and coastal waters. Thematic assessment for EEA Water 2012 Report. European Environment Agency, Prague.

Füstös, V., Baranya, S., Kutassy, E., Tamás, E. A., Erős, T., Józsa, J. (2024): Validating a two-dimensional sediment transport model on a large Danubian floodplain. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 68(3), 812–820. <https://doi.org/10.3311/PPci.23796>

GAO (2011): Mississippi River. Actions are needed to help resolve environmental and flooding challenges of the Lower Mississippi River. United States Government Accountability Office, Report to Congressional Requesters, GAO-12-41, Washington, DC. *Elérhető*: <https://www.gao.gov/assets/gao-12-41.pdf>

Glanville, K., Sheldon, F., Butler, D., Capon, S. (2023): Effects and significance of groundwater for vegetation: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 875, 162577. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162577>

Goda, L., Kalocsa, B., Tamás, E. A. (2007): River bed erosion on the Hungarian section of the Danube. *Journal of Environmental Science for Sustainable Society*, 1, 47–54.

Gregory, K. J. (2006): The human role in changing river channels. *Geomorphology*, 79(3–4), 172–191. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.018>

Habersack, H., Baranya, S., Holubova, K., Vartolomei, F., Skiba, H., Babic-Mladenovic, M., Cibilic, A., Schwarz, U., Krapesch, M., Gmeiner, P., Haimann, M. (2019): Danube Sediment Management Guidance. Output 6.1 of the Interreg Danube Transnational Project DanubeSediment. Vienna.

Hawez, D. M., Füstös, V., Pomázi, F., Tamás, E. A., Baranya, S. (2025): Simulation of sediment dynamics in a large floodplain of the Danube River. *Water*, 17, 2399. <https://doi.org/10.3390/w17162399>

ICPDR (2009): Danube River Basin District Management Plan. Part A – Basin-wide overview. International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna. *Elérhető*: <https://www.icpdr.org/main/publications/danube-river-basin-district-management-plan-2009>

Kerek, G., Tamás, E. A., Szám, D. (2023): The incision of the riverbed on the Upper Hungarian Danube and the Rába, in the region of the confluence of the Moson-Danube. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(4), 141–159.

Kresser, W., Lászlóffy, W. (1964): Hydrologie du Danube. *La Houille Blanche*, No. 2.

Kiss, T., Tóth, M., Baranya, S., Sági, R., Török, G. T. (2025): Centurial changes in channel processes and their contribution to the sediment budget of a lowland river: The influence of river regulations. *Geomorphology*, 486, 109873. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2025.109873>

Kondolf, G. M. (1997): Hungry water: Effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management*, 21, 533–551.

<https://doi.org/10.1007/s002679900048>

Kondolf, G. M., Gao, Y., Annandale, G. W., Morris, G. L., Jiang, E., Zhang, J., Cao, Y., Carling, P., Fu, K., Guo, Q., Hotchkiss, R., Peteuil, C., Sumi, T., Wang, H.-W., Wang, Z., Wei, Z., Wu, C., Wu, C., Yang, C. T. (2014): Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents. *Earth's Future*, 2. <https://doi.org/10.1002/2013EF000184>

Nones, M. (2019): Dealing with sediment transport in flood risk management. *Acta Geophysica*, 67, 677–685. <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00273-7>

OVF (2021): Duna részvízgyűjtő-gazdálkodási terv – VGT3. Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest. *Elérhető*: [https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2023/04/01\\_DUNA/Duna\\_RVGY.pdf](https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2023/04/01_DUNA/Duna_RVGY.pdf)

Pomázi, F., Baranya, S. (2022): Acoustic based assessment of cross-sectional concentration inhomogeneity at a suspended sediment monitoring station in a large river. *Acta Geophysica*, 70, 2361–2377. <https://doi.org/10.1007/s11600-022-00805-8>

Pomázi, F., Baranya, S. (2024): Folyami lebetgetett hordalékvándorlás nempermanens jelenségeinek vizsgálata folyamatos monitoring alapján a Duna gönyői szelvényében. In: *A Magyar Hidrológiai Társaság XLI. Országos Vándorgyűlésének dolgozatai*, Magyar Hidrológiai Társaság, Budapest.

Rákóczi, L. (2000): A Duna-meder sorsa Szap és Szob között, 1879–2023. *Vízügyi Közlemények*, 82(2).

Schubert, J. (2002): Hydraulic aspects of riverbank filtration—field studies. *Journal of Hydrology*, 266(3–4), 145–161. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00159-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00159-2)

Szabó József–Benedek András–Kerék Gábor (2022): A Mosoni-Duna torkolati szakaszának vízszint rehabilitációja. *Vízügyi Közlemények*, 2022. évi 2. füzet

Stanica, A., Panin, N. (2009): Present evolution and future predictions for the deltaic coastal zone between the Sulina and Sf. Gheorghe Danube river mouths (Romania). *Geomorphology*, 107, 41–46.

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, 2889–2899. <https://doi.org/10.15244/pjoes/111877>

Universität für Bodenkultur – Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau (2015): Hochwasserdokumentation Donau 2013. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

UTIBER Kft., VIZITERV Consult Kft., BME Konzorcium (2021): Dunai Hajóút Fejlesztési Program. II. szakasz (Szob–déli országhatár). Stratégiai Környezeti Vizsgálat, Környezeti Értékelés.

\* \* \*

# A TISZA HORDALÉKHÁZTARTÁSÁNAK ÉVSZÁZADOS VÁLTOZÁSA A KISKÖRE – SZERB ORSZÁGHATÁR KÖZÖTTI SZAKASZON

KISS TÍMEA<sup>1</sup>, TÓTH MARCELL<sup>2</sup>, BARANYA SÁNDOR<sup>3</sup>,  
SÁGI RAJMUND<sup>4</sup>, TÖRÖK T. GERGELY<sup>5</sup>

## 1. Bevezetés

Egy folyó hordalékháztartása egy adott szakaszon az egységnyi idő alatt megmozgatott hordalék mennyiségét jelenti, amelybe beletartoznak a *hordalékforrások* (pl. partok vagy lejtők eróziója) és a *hordalékesapdák* (pl. ártéren vagy a mederoldalon lerakódó anyag). A források és csapdák dinamikája, illetve a hordalékszállítás mértéke függ a vízgyűjtő, a meder és az ártér jellemzőitől, mivel ezeken a felületeken keletkezik, innen erodálódik le, majd itt csapdázódhat a hordalék (Dietrich és Dunne 1978, López-Tarazón et al. 2012, Warrick 2014, Ve et al. 2021). A környezeti változások módosíthatják a hordalék források és csapdák viselkedését; ezért a folyók hordalékháztartása térben és időben változik.

<sup>1</sup> Dr. Kiss Tímea geográfus, geomorfológus, PhD, független kutató, Mindszent

<sup>2</sup> Tóth Marcell, Ozarks Environmental and Water Resources Institute, School of Earth, Environment and Sustainability, Missouri State University

<sup>3</sup> Dr. Baranya Sándor, okl. mérnök, PhD, tanszékvezető, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék; Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium

<sup>4</sup> Dr. Sági Rajmund, okl. mérnök, PhD, szakaszmérnök, Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság

<sup>5</sup> Török T. Gergely BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék; HUN-REN-BME Vízgazdálkodási Kutatócsoport

A folyók jelenlegi hordalékháztartása eltérhet a történelmitől a ritka, de nagy árvizek előfordulása és az emberi beavatkozások miatt (Warrick 2014, Habersack et al. 2019).

Az eróziós (forrás) és az akkumulációs formák (csapda), valamint a folyórendszer összekapcsolhatóságát értékelni kell ahhoz, hogy feltárhassuk a folyami hordalékháztartás változását befolyásoló tényezőket (López-Tarazón et al. 2012). Napjainkban a vízrendszerek természetes összekapcsolódását az emberi hatások befolyásolják; így a hordalékháztartás módosulhat. Míg a legtöbb tanulmány a vízgyűjtő területnek az hordalékháztartásban betöltött szerepére összpontosít (Dietrich és Dunne 1978, López-Tarazón et al. 2012, Warrick 2014, Ve et al. 2021) addig a mederben zajló folyamatok szerepe a hordalékháztartásban alig vizsgált.

A hordalékháztartást érő legdrasztikusabb emberi beavatkozások közé tartozik a gátak és tározók építése, ahol a szállított hordalék 99%-a csapdázódhat. A gátak alatti szakaszon általában fokozódik az oldalirányú vagy vertikális erózió (Williams és Wolman 1984), és hordalékot termel a folyó (Ve et al. 2021). A tározó hordaléka részben mobilizálódhat a gátak elbontása után, ami többlet hordalék-szállítást jelent az alsóbb szakaszokon.

A mederszabályozási művek szintén befolyásolják az hordalékháztartást. A sarkantyú-mezőket úgy tervezték, hogy felfogják az hordalékot (Frings et al. 2014ab; Ve et al. 2021). A partbiztosítások stabilizálják a folyót, mivel védik a partokat és megakadályozzák az oldalirányú eróziót, miközben a másik oldalon folytatódhat a hordalék lerakódása. Az áramlási sebesség a keskenyebb és csökkent érdességű mederben növekszik (Kiss et al. 2019), ezáltal a bevágódás is növeli a hordalék-hozamot (Pinter et al. 2010). A kanyarulatok domború partján az övzátony fejlődése hozzájárul a hordalék csapdázódásához (Kiss et al. 2019), bár ezt ritkán tekintik fontos kérdésnek. Ezek a folyamatok a hordalékfluxus összetett tér- és időbeli mintázatára utalnak.

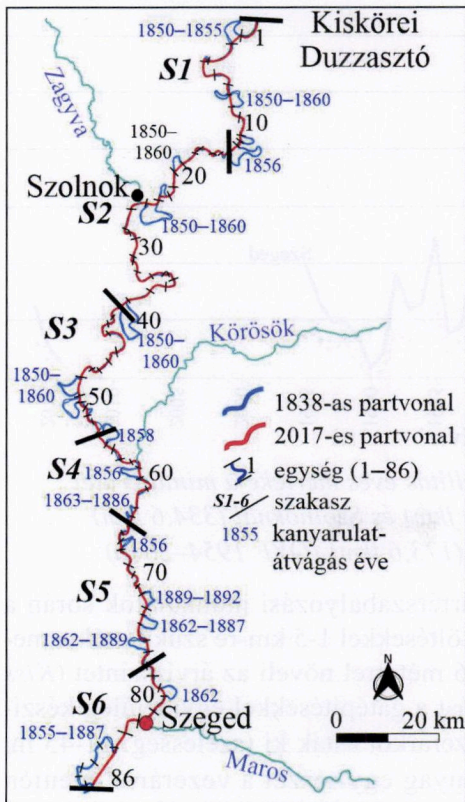
A mederkotrás is szerepet játszik az hordalékháztartásban. A mesterséges átvágások a kotrás speciális típusának tekinthetők. A vezérárkot gyakran kisebb méretűre tervezik, mint a főmedret, és a folyó erodálhatja ki a szükséges mederméretet (Smith és Winkley 1996), amely során nagy mennyiségű hordalék keletkezik (Korbély 1937).

Ezek az emberi tevékenységek általában egy-két évszázadra nyúlnak vissza. Azonban hordalékszállítási adatok vagy részletes térképek (mélységviszonyokkal) csupán néhány évtizede állnak rendelkezésre. Ezért a legtöbb tanulmány éves vagy évtizedes léptékben értékeli a hordalékháztartást, annak ellenére, hogy a rövid távú adatok eltérő hidrológiát és hordalékháztartást tükrözhetnek, mint egy hosszabb időszak, és az emberi hatásokra adott fluviális válasz hosszú ideig tarthat.

A folyami hordalék-háztartás hosszú távú változásainak rekonstruálására azért van szükség, mert enélkül a folyó állapotát, az éghajlatváltozásra és az emberi hatásokra adott válaszait nem érthetjük meg pontosan. A Tiszát a 19. század közepétől nagyszabású mérnöki munkák alakították át, befolyásolva a hordalék-háztartás hosszú távú tendenciáját. Kutatásunk fő célja a *mederben zajló eróziós és akkumulációs folyamatok értékelése*, és ezen folyamatok hozzájárulásának becslése a hordalék-háztartáshoz a Tisza Kisköre és szerb országhatár közötti 243 km-es szakaszán történelmi léptékben (1838–2017), valamint a mérnöki munkák hordalék-háztartásra gyakorolt hatásának értékelése. A vizsgálat konkrét céljai:

- (1) a meder mélységi viszonyainak felmérése,
- (2) az oldalirányú erózió és akkumuláció által érintett terület kiszámítása,
- (3) a bruttó és nettó hordalékfluxus kiszámítása és
- (4) a különböző emberi hatások hosszú távú hordalék-háztartásra gyakorolt szerepének értékelése.

## 2. A mintaterület



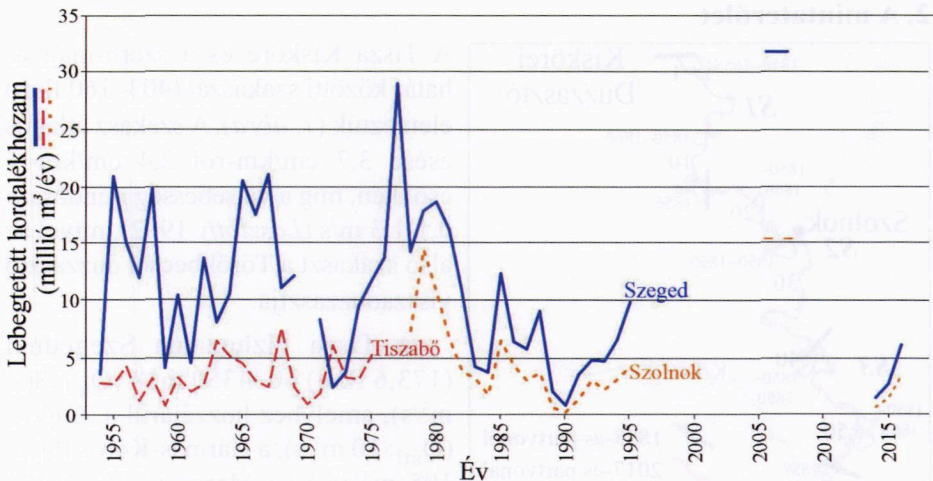
A Tisza Kisköre és a szerb-magyar határ közötti szakaszát (403–160 fkm) elemeztük (1. ábra). A szakasz átlagos esése 3,7 cm/km-ről 2,4 cm/km-re csökken, míg a vízsebesség mindössze 0,1-1,3 m/s (Lászlóffy 1982), mivel az alsó szakaszt a Törökbecsei duzzasztó visszaduzzasztja.

A Tisza vízhozama Szegednél (173,6 fkm) 60–4350 m<sup>3</sup>/s ( $Q_{\text{átl}}$ : 864 m<sup>3</sup>/s), amelyhez hozzájárul a Zagyva ( $Q_{\text{átl}}$ : 10 m<sup>3</sup>/s), a Hármaskörös ( $Q_{\text{átl}}$ : 105 m<sup>3</sup>/s) és a Maros is ( $Q_{\text{átl}}$ : 179 m<sup>3</sup>/s). Történelmileg az árvizek március-áprilisban fordultak elő, míg a kisvízes időszak augusztustól októberig tartott.

1. ábra. A vizsgálat során a Tisza Kisköre és a szerb-magyar határ közötti szakaszát (403–160 fkm) 86 egységre (kanyarulat) és 6 szakaszra bontottuk

Napjainkban az árvizek a téli hónapokra tolódnak át. Szegednél az éves legmagasabb vízállások közötti különbség növekszik, ami a szélsőségesebb vízjárásra utal. A 19. század végén az árvizek több hónapig tartottak, de manapság gyakoriak a néhány napos árvizek és az árvízmentes évek is.

Az átlagos évi lebegtetett hordalékszállítás (1953–1968 között) Szegeden 12,2 millió m<sup>3</sup>, a fenékhordalék pedig mindössze 11 ezer m<sup>3</sup>/év (Bogárdi 1974). A lebegtetett hordalékszállításra vonatkozó legfrissebb adatok hiányosak (2. ábra), de ezek szerint a hosszú távú éves átlag 11,1 millió m<sup>3</sup>/év (OVF 1954–2016). A legnagyobb értéket (31,7 millió m<sup>3</sup>/év) a 2006-os magas árvíz idején mérték. Alacsony lebegtetett hordalékkoncentráció (8 g/m<sup>3</sup>) jellemző kisvízkor, amikor a hordalék nagy része a meder alján lerakódik, míg az árvizek áradó ágában a lebegtetett hordalék koncentráció akár 1880 g/m<sup>3</sup> is lehet (OVF 2006). A mellékfolyók közül a Maros szállítja a legtöbb hordalékot, hiszen éves lebegtetett hordalékával (4,6 millió m<sup>3</sup>) és fenékhordalékával (16 ezer m<sup>3</sup>, Bogárdi 1974) 37–99%-ban járul hozzá a Tisza hordalékszállításához.



2. ábra. A lebegtetett hordalékszállítás éves mértéke a mintaterület északi részén, Tiszabőnél (369,1 fkm) és Szolnoknál (334,6 fkm) és a déli szakaszon, Szegednél (173,6 fkm) (OVF 1954–2016)

Az 1846-tól elvégzett meder- és ártérszabályozási munkálatok során a 10–100 km széles árteret mesterséges töltésekkel 1–5 km-re szűkítették, amelyen a hordalék akkumulációja 0,4–2,6 méterrel növeli az árvízszintet (Kiss et al. 2021). A 112 mesterséges átvágást a gátépítésekkel egyidejűleg készítették. Első lépésként egy egyenes vezérárkot ástak ki (szélesség: 11–45 m, mélység: 1,6–3,7 m), és a kitermelt anyag egy részét a vezérárkok mentén

felhalmozták a nagyobb relatív medermélység kialakítása és a munkavégző képesség növelése érdekében. A Tiszának a vezérárkokat a szükséges méretűre kellett erodálnia, de a kis esés és az iszapos-agyagos mederanyag miatt nem fejlődtek kellőképpen; ezért kotrásra is szükség volt (Lászlóffy 1982). A tanulmányunkban vizsgált szakasz 405 km-ről 243 km-re (40%-kal) rövidült 25 átvágás eredményeként.

Az átvágások megduplázták a meder esését (Lászlóffy 1982). A felgyorsult medervándorlás veszélyeztette a közeli mesterséges gátakat; így elsősorban az 1930–1960-as években partbiztosításokat építettek. Napjainkban a mederhossz közel felén valamelyik part biztosított (Kiss et al. 2008). Azonban a közelmúltban a partbiztosítások 58%-a megsemmisült, mivel a kövek begurultak a bevágó üstökbe (Kiss et al. 2019), és a parterózió mögöttük felgyorsult.

A 20. század második felében tározók és gátak épültek (Tiszalökön 1954-ben, Kiskörén 1973-ban és Törökbecsén 1976-ban) (Lászlóffy 1982). A vizsgált szakasz a Kiskörei és az Törökbecsei duzzasztók között található (1. ábra). A törökbecsei-duzzasztógát 50–200 cm-rel megemeli a kisvizek szintjét a mintaterület alsó végén (49–86. egység).

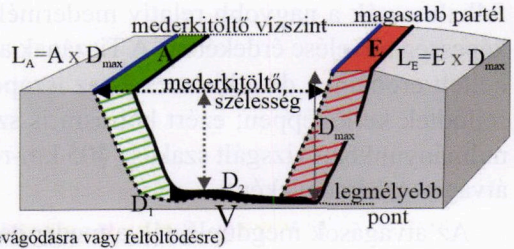
### 3. A módszerek

A vizsgálatokhoz a rendelkezésre álló vízrajzi felméréseket használtuk (1838, 1890, 1929, 1976 és 2017). Minden térbeli adatot georeferáltunk (QGIS 3.28.11) és HD72/EOV koordinátarendszerbe transzformáltunk. Az 1838-as mélységadatok hiányosak és pontatlanok, mivel még nem alkalmaztak szintezést és a keresztszelvények helye sem pontos, ezért ezeket csak tájékoztató jelleggel használtuk a vizsgálat során.

A vizsgált szakaszt (243 km) az 1976-os térkép alapján 86 egységre osztottuk (1. ábra). Mindegyik „egység” vagy mesterséges átvágást, vagy egy-egy *kanyarulatot* képvisel. Ezeken az egységeken belül számítottuk ki a *medererózió* és *akkumuláció* szerepét, hozzájárulását a hordalékháztartáshoz.

A partvonalakat digitalizáltuk és átfedettük QGIS-ben. A horizontális felhalmozódás (A) és az erózió (E) területét minden egységre ( $m^2/m/év$ ) a két egymást követő felmérés partvonalai által közrefogott poligon területe alapján számítottuk ki (3. ábra). Az oldalirányú (laterális) akkumuláció (LA) és az erózió (LE) által mobilizált hordalék térfogatát ( $m^3/m/év$ ) úgy számítottuk ki, hogy az A vagy E területét megszoroztuk a meder maximális mélységével ( $D_{max}$ ), amit a magasabb partél és a meder legmélyebb pontja közötti magasságkülönbségként határoztuk meg. A meder alján megmozgatott hordalék (V) térfogatát ( $m^3/m/év$ ) pedig úgy számítottuk ki, hogy két egymást követő felmérés között a meder magasságkülönbségét megszoroztuk az átlagos szélességgel.

- laterális akkumuláció területe
  - laterális erózió területe
  - partvonal 1
  - partvonal 2
  - keresztmetszvény
- $BH = L_A + L_E + V$   
 $NH = (L_A - L_E) \pm V$   
 $V = (D_1 - D_2) \times \text{szélesség}$  (előjele utal a bevágódásra vagy feltöltődésre)



3. ábra. Az oldalazó (laterális) akkumulációval (A) és erózióval (E) érintett területeket az egymás követő felmérések partvonalait átfedtetve határoztuk meg minden egységben. Majd meghatároztuk a laterálisan felhalmozódott ( $L_A$ ), a laterálisan kierodált ( $L_E$ ) és a meder alján mobilizált ( $V$ ) anyag térfogatát. Ezek alapján számítottuk ki az éves bruttó ( $BH$ ) és nettó ( $NH$ ) hordalék fluxus mennyiségét.

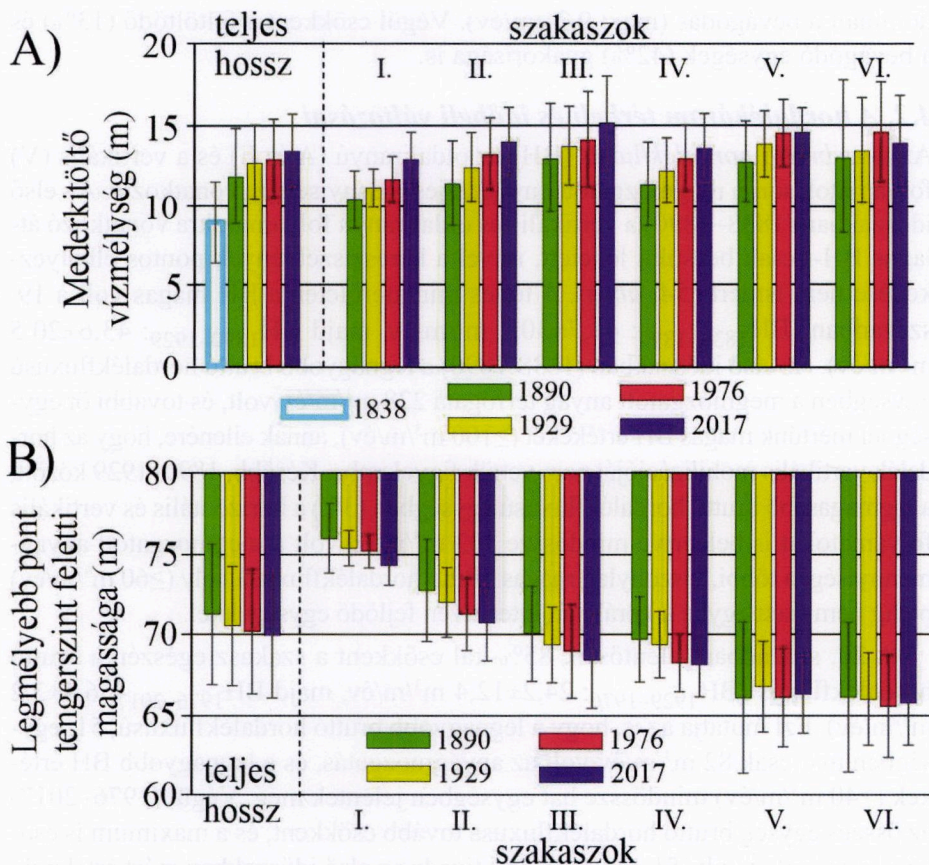
Az éves bruttó hordalékáram ( $BH$ ) az oldalirányban és vertikálisan mobilizált mederhordalékok teljes mennyiségére vonatkozik egy adott egységben egy éven belül a partvonal 1 méteres szakaszán ( $m^3/m/év$ ). Mivel a felhalmozódás és az erózió ellentétes folyamatok, az éves bruttó hordalékáramnak csak egy része szállítódik el; ezért az éves nettó hordalékáramot ( $NH$ ) is kiszámítottuk. Ehhez az oldalirányban és a meder alján erodált anyag térfogatát kivontuk a felhalmozódás térfogatából, így a negatív előjel az erózió dominanciájára, tehát hordalékforrás jellegű egységekre utal; míg a pozitív előjel a felhalmozódás dominanciáját és a hordalékcsapdát jelöli.

## 4. Eredmények

### 4.1. A mélységi viszonyok térbeli és időbeli változásai

A vizsgált szakasz átlagos mederkitöltő vízszinthez tartozó mélysége  $8,5 \pm 4,3$  m-ről  $11,8 \pm 4,7$  m-re, azaz 38%-kal nőtt 1838 és 1890 között (4A. ábra). Ezzel az eredménnyel azonban óvatosan kell bánni, az első felmérés bizonytalanságai miatt. Majd a mélység 1890 és 2017 között tovább nőtt  $13,4 \pm 1,6$  m-re (13%-kal), azaz a teljes időszakban csaknem 50%-al nőtt a meder átlagos mélysége. A medermélyülés a mintaterület legfelső szakaszán (I) volt a legnagyobb (24%), ahol a mederkitöltő vízmélység  $10,4 \pm 1,8$  m-ről  $12,9 \pm 1,4$  m-re nőtt (1890–2017), majd a mélyülés csökkenő folyásiránybeli tendenciát mutatott.

Míg az átlagos mederkitöltő vízszinthez tartozó mélység átlagosan 1,6 m-rel nőtt ( $0,9-2,6$  m), addig a meder legmélyebb pontjának magassága azonban csupán 1,2 m-rel csökkent (4B. ábra). A meder mélységéből, illetve a meder legmélyebb pontjának tengerszint feletti magasságából számolt bevágódási ütem



4. ábra. A vizsgált folyószakasz mederkitöltő mélységének (A) és a meder legmélyebb pontjának tengerszint feletti magasságának változása a szabályozások óta. A szakaszok elhelyekedését az 1. ábra mutatja.

közötti ellentmondás a partmenti feltöltődés következtében megnövekedett mederkitöltő vízszinttel (1890-2017: 0,4-0,9 m) magyarázható. Így az a referenciaszint megemelkedett, ahonnan a medermélységet mértük, miközben a tényleges bevágódás tengerszint feletti magassága kevésbé változott, torzítva a tényleges bevágódási ütemet.

Az egységeken belül a mederben akkumuláció is megjelent. Az 1890-es és 1929-es felmérések között az egységek 27%-ában volt kimutatható a meder feltöltődése (max: 11,9 cm/év), míg a bevágódás az egységek 53%-ában (max: 13,3 cm/év). A következő időszakban (1929-1976) a meder feltöltődésével jellemezhető egységek száma csökkent (16%-uknál, max: 2,2 cm/év), és már az egységek kétharmadában

dominált a bevágódás (max: 9,2 cm/év). Végül csökkent a feltöltődő (13%) és a bevágódó egységek (42%) gyakorisága is.

#### 4.2. A hordalékáram térbeli és időbeli változásai

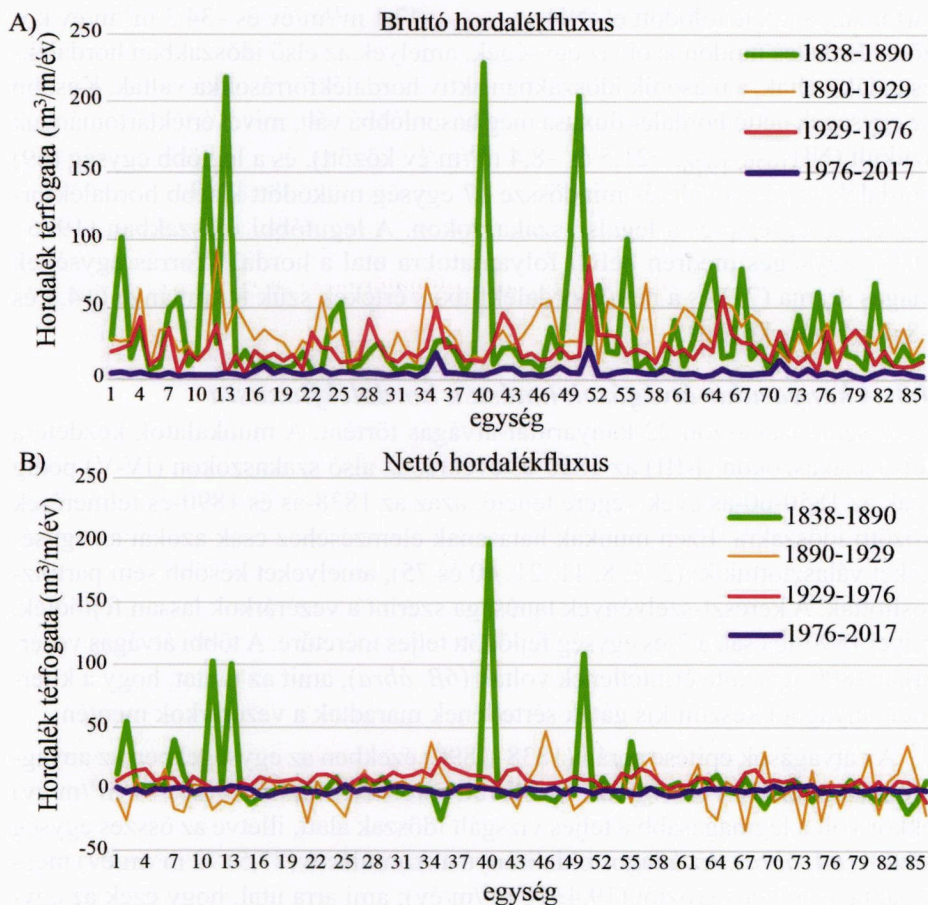
Az éves bruttó hordalékfluxus (BH) az oldalirányú (A és E) és a vertikális (V) folyamatok során megmozgatott anyag teljes mennyiségére vonatkozik. Az első időszakban (1838–1890) a vertikális és oldalirányú folyamatokra vonatkozó átlagos BH-t csak becsülni lehetett, mivel a keresztmetszvények pontos elhelyezkedése nem ismert (5A. ábra). A teljes mintaterületen a BH magas volt a 19. században (BH<sub>1838–1890</sub>: 41,7±30,2 m<sup>3</sup>/m/év, majd BH<sub>1890–1929</sub>: 43,6±20,5 m<sup>3</sup>/m/év). Az első időszakban (1838–1890) a legnagyobb bruttó hordalékfluxusú egységben a megmozgatott anyag térfogata 228 m<sup>3</sup>/m/év volt, és további öt egységnél mértünk magas BH értékeket (≥100 m<sup>3</sup>/m/év), annak ellenére, hogy az hordalék vertikális mobilizációját nem vettük figyelembe. Később, 1890–1929 között, a legmagasabb bruttó hordalékfluxusú egységben (34.) a horizontális és vertikális folyamatokat is beleértve mindössze 103 m<sup>3</sup>/m/év volt a megmozgatott anyagmennyiség, a többi, viszonylag magas bruttó hordalékfluxusú hely (≥60 m<sup>3</sup>/m/év) pedig nem esett egybe a korábban intenzíven fejlődő egységekkel.

A 20. században jelentősen, 85%-kal csökkent a szakasz egészén a bruttó hordalékfluxus (BH<sub>1929–1976</sub>: 24,2±12,4 m<sup>3</sup>/m/év, majd BH<sub>1976–2017</sub>: 6,4±3,2 m<sup>3</sup>/m/év). Ezt mutatja az is, hogy a legnagyobb bruttó hordalékfluxusú, 51. egységben már csak 82 m<sup>3</sup>/m/év volt az anyagmozgatás, és a legnagyobb BH értékek (≥40 m<sup>3</sup>/m/év) mindössze hat egységben jelentek meg. Végül (1976–2017) az összes egység bruttó hordalékfluxusa tovább csökkent, és a maximum is csupán 24 m<sup>3</sup>/m/év volt (51. egység), ami tizede az első időszakban mért értéknek. Ráadásul, csak öt egységnél volt magasabb a BH 10 m<sup>3</sup>/m/évnél.

Jellemző, hogy a hordalékfluxusban az oldalirányú mederfolyamatok által termelt hordalék mindvégig dominált a vertikálissal szemben. Az oldalirányú akkumuláció és erózió 77–88%-kal járult hozzá a BH-hez, míg a meder vertikális feltöltődése és eróziója csupán a hordalékfluxus térfogatának mindössze 12–23%-át adta.

A bruttó hordalékfluxus a horizontális és vertikális mederfolyamatokhoz kapcsolódó anyag teljes mennyiségére vonatkozik, de nem tükrözi azt, hogy a meder vajon hordalékcsapdaként vagy hordalékforrásként funkcionál. Ezért az éves nettó hordalékfluxust (NH) is kiszámítottuk (5B. ábra), ahol a pozitív előjel a felhalmozódás, a negatív előjel pedig az erózió dominanciájára utal.

A teljes mintaterületen a nettó hordalékfluxus pozitív értékeket mutatott az első (NH<sub>1838–1890</sub>: 25,4±30,2 m<sup>3</sup>/m/év) és a harmadik időszakban (NH<sub>1929–1976</sub>: 5,0±5,7 m<sup>3</sup>/m/év), ezzel a teljes vizsgált szakasz hordalékcsapda jellegére utalva.



5. ábra. A vizsgált kanyarulatli egységekben és szakaszokon a bruttó (A) és nettó (B) hordalékfluxus alakulása a szabályozások óta

A második ( $\text{NH}_{1890-1929}$ :  $-0,6 \pm 15,2 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ) és az utolsó időszakban ( $\text{NH}_{1976-2017}$ :  $-2,1 \pm 2,6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ) azonban a negatív előjel arra utal, hogy a meder hordalékforrássá vált.

Az egységeket tekintve a nettó hordalékfluxus széles tartományban mozgott az első időszakban ( $\text{NH}_{1838-1890}$ :  $+198,3$  és  $-24,4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$  között), erősen dinamikus oldalirányú folyamatokra utalva (a vertikális folyamatokat nem vettük figyelembe), különösen dinamikusán változtak a felvízi egységek. A negatív értékű egységek száma (45) meghaladta a pozitív NH-értékkel rendelkező egységek számát (41). A második időszakban (1890–1929) több egység vált hordalékcspadává mint hordalékforrássá. A nettó hordalékfluxus értékek

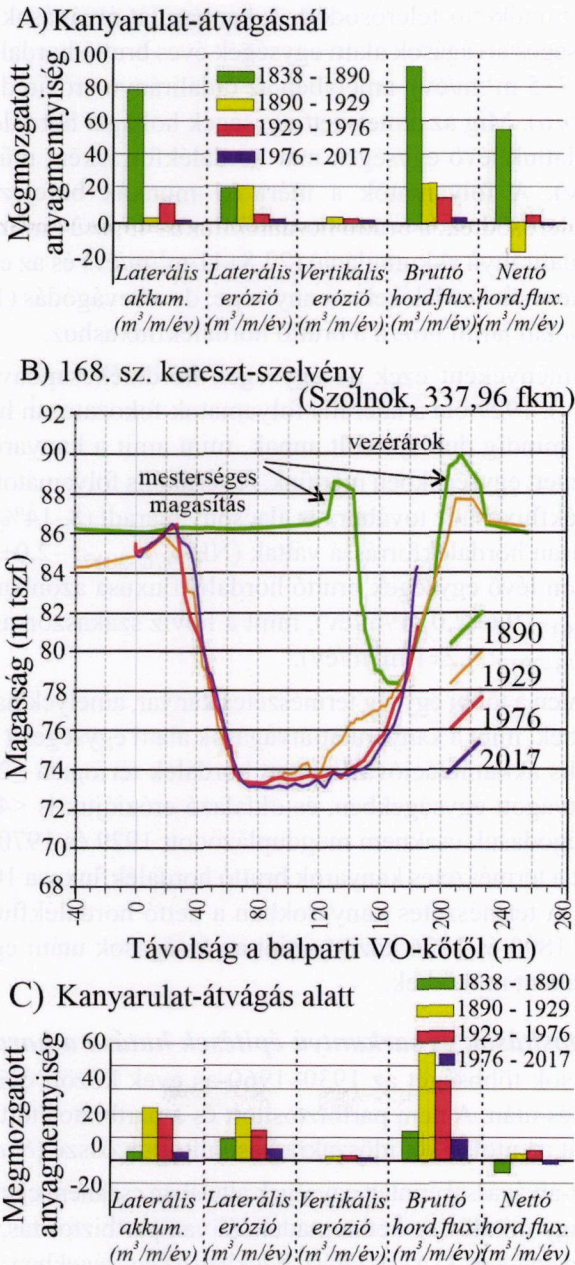
tartománya lefelé tolódott el ( $NH_{1890-1929}$ :  $47,1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$  és  $-34,3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$  között). Érdekes módon azok az egységek, amelyek az első időszakban hordalékcsapdák voltak, a második időszakban aktív hordalékforrásokká váltak. Később az egységek nettó hordalékfluxusa még hasonlóbba vált, mivel értéktartományuk szűkült ( $NH_{1929-1976}$ :  $+21,5$  és  $-8,4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$  között), és a legtöbb egység (69) hordalékcsapdává vált, és mindössze 17 egység működött kisebb hordalékforrásként a legfelső és a legalsó szakaszokon. A legutóbbi időszakban (1976–2017) egységes medren belüli folyamatokra utal a hordalékforrás egységek magas száma (71) és a nettó hordalékfluxus értékek szűk tartománya ( $+4,3$  és  $-8,4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$  között).

### 4.3. A kanyarulat-átvágások hatása a hordalékfluxusra

A vizsgált szakaszon 22 kanyarulat-átvágás történt. A munkálatok kezdete a felső szakaszokon (I-III) az 1850-es évekre, az alsó szakaszokon (IV-V) pedig csak az 1850-60-as évek végére tehető, azaz az 1838-as és 1890-es felmérések közötti időszakra. Ezen munkák hatásának elemzéséhez csak azokat az egységeket választottuk ki (2, 7, 8, 11, 21, 40 és 75), amelyeket később sem partbiztosítottak. A kereszt-szelvények tanúsága szerint a vezérárkok lassan fejlődtek, mivel 1890-ig csak a 7-es egység fejlődött teljes méretűre. A többi átvágás vezérárkai 1890-ig szinte érintetlenek voltak (6B. ábra), amit az mutat, hogy a kitermelt anyagból készült kis gátak sértetlenek maradtak a vezérárkok mentén.

Az átvágások építése során (1838–1890) ezekben az egységekben az anyagmozgás intenzív volt, így az éves bruttó hordalékfluxus ( $96,8 \pm 74 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ) ekkor volt a legmagasabb a teljes vizsgált időszak alatt, illetve az összes egység között (6A. ábra). Az átlagos oldalirányú akkumuláció ( $77,5 \pm 72 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ) meghaladta az átlagos eróziót ( $19,4 \pm 10 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ); ami arra utal, hogy ezek az egységek összességében hordalékcsapdaként funkcionáltak ( $NH$ :  $+58,1 \pm 71 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ). A következő időszakban (1890–1929) az oldalerózió vált meghatározóvá ( $21,5 \pm 7 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ), míg az akkumuláció 96%-kal ( $3,3 \pm 4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ) csökkent. A vertikális bevágódás ( $2,4 \pm 5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ) szintén intenzív volt, 42%-kal hozzájárulva a bruttó hordalékfluxushoz. Így az átvágással érintett egységek hordalékforrásokká váltak ( $NH_{1890-1929}$ :  $-20,6 \pm 11 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ). Az aktív hordalékmozgás ezen időszakai után a 20. században az összes mederbeli folyamat visszaesett, és az éves bruttó hordalékfluxus 95%-kal csökkent. Kiemelendő, hogy ezekben az egységekben továbbra is magas maradt a bevágódás aránya (1976–2017: 27%) a hordalék-fluxuson belül.

A mesterséges átvágások alatti egységek fejlődését befolyásolta a megnövekedett az esés, illetve a felettük elhelyezkedő vezérárkokból kimosódott anyag. Ezen egységek 80%-ában a horizontális medervándorlás jellemzőbb volt, mint a



6. ábra. A kanyarulat-átvágással érintett egységekben (A) és azok alatt (B) a megmozgatott anyag mennyisége az egyes felmérések között. Jellemző kereszt-szelvény egy kanyarulat-átvágással érintett egységben (C).

bevágódás, de mindkettő felerősödött. A kanyarulat-átvágások idején (1838–1890) a mesterséges átvágások alatti egységek éves bruttó hordalékfluxusa mérsekelt volt ( $12,7 \pm 5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ), amelyben az oldalirányú erózió dominált ( $9,2 \pm 3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ; *6C ábra*). Míg az átmetszett egységek holtágai hordalékcsapdák voltak, addig az alattuk lévő egységek már hordalékforrásként működtek (NH:  $-5,7 \pm 3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ). A folyamatok a mérnöki munkák befejezését követően (1890–1929) felerősödtek, a bruttó hordalékfluxus  $45,4 \pm 24 \text{ m}^3/\text{m}/\text{évre}$  emelkedett. Nőtt az oldalirányú akkumuláció ( $22,8 \pm 11 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ) és az erózió ( $18,5 \pm 15 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ) által termelt hordalékek mennyisége; de a bevágódás ( $1,4 \pm 3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ) mindössze 11%-kal járult hozzá a bruttó hordalékfluxushoz.

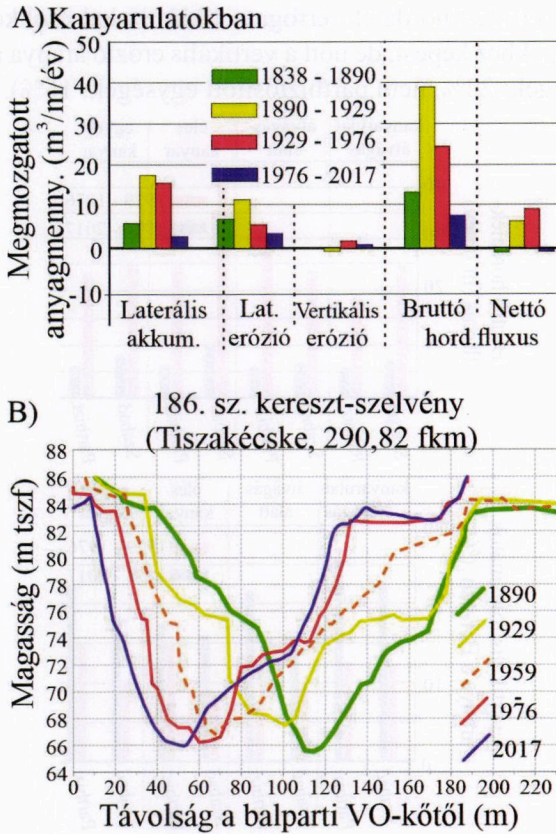
Ennek eredményeként ezek az egységek hordalékcsapdává váltak (NH:  $+2,9 \pm 6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ). 1929 óta a laterális folyamatok fokozatosan hanyatlottak, de mértékük még mindig duplája volt annak, mint amit a kanyarulat-átvágással közvetlenül érintett egységekben mértünk. A vertikális folyamatok hozzájárulása a bruttó hordalékfluxushoz továbbra is alacsony maradt (8–14%). Ezek az egységek fokozatosan hordalékforrássá váltak (NH<sub>1976–2017</sub>:  $-2,0 \pm 3 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ); az alsó szakaszokon lévő egységek bruttó hordalékfluxusa azonban nagyobb maradt (BH<sub>1976–2017</sub>:  $9,6 \pm 7,0 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ), mint a felvíz szakaszon az átvágott egységeké (BH<sub>1976–2017</sub>:  $5,2 \pm 1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{év}$ ).

A Tisza mentén a többi egység természetes kanyar, amelyek hasonló fejlődési útvonalat követtek, mint a kanyarulat-átvágások alatti egységek (*7. ábra*). Azonban itt a laterális akkumulációval érintett hordalék térfogata  $\leq 20\%$ -kal kisebb volt, mint az átvágott egységekben, és oldalazó eróziójuk is  $< 44\%$ -kal kisebb volt, bár a bevágódásuk csaknem megduplázódott 1929 és 1970 között. Ennek eredményeként a természetes kanyarok bruttó hordalékfluxusa 10–15%-kal alacsonyabb volt. A természetes kanyarokban a nettó hordalékfluxus 1,5–2-szer magasabb volt 1890 és 1976 között, mint az átvágások utáni egységekben, és hordalékcsapdaként működtek.

#### **4.4. A partbiztosítások és sarkantyú építések hatása a hordalékfluxusra**

A partbiztosítások többségét az 1930–1960-as évek között építették, azaz az 1929-es felmérés után. A nem partbiztosított és a partbiztosított egységek hordalékháztartását az utolsó két időszakra hasonlítottuk össze (*8. ábra*).

A kanyarulat-átvágással érintett egységek általában csaknem egyenesek (kanyargósság: 1,04); így mindössze kétharmaduknál van partbiztosítás, és csak a partvonaluk 39%-án építették ki a kőszórást. Ezekben az egységekben a megmozgatott hordalékek mennyisége 26%-kal (1929–1976) majd 30%-kal (1976–2017) volt alacsonyabb, mint a partbiztosítás nélküli egységekben. A vertikális erózió szerepe azonban eltérő volt: míg 1929–1976 között kevés anyag termelődött

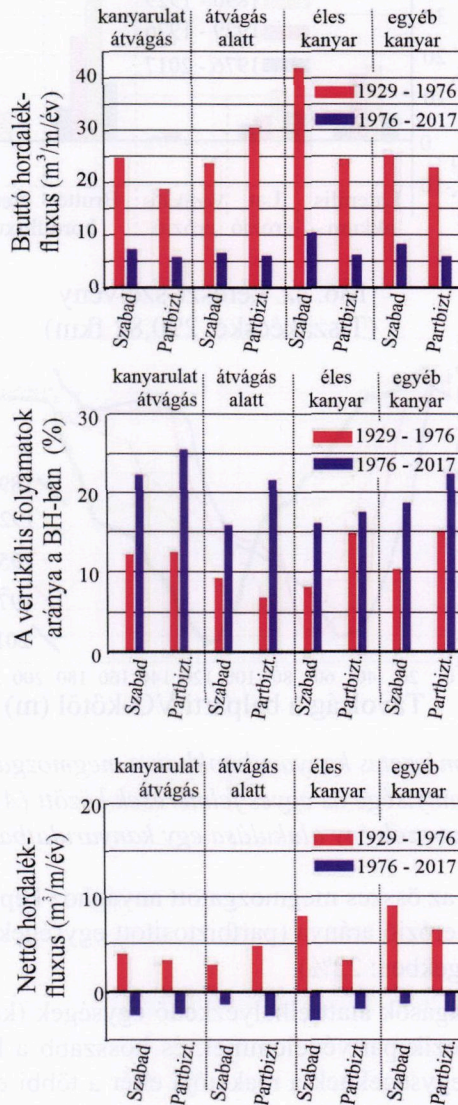


7. ábra. Természetes kanyarulatokban a megmozgatott anyag mennyisége az egyes felmérések között (A).  
A kereszt-szelvény alakulása egy kanyarulatban (B).

bevágódással (12%) az összes megmozgatott anyaghoz képest, addig 1976 óta megnőtt a vertikális erózió aránya (partbiztosított egységekben: 25%, partbiztosítás nélküli egységekben: 22%).

A kanyarulat-átvágások alatt elhelyezkedő egységek (kanyargósság: 1,17) kétharmada rendelkezik partvédelemmel, és hosszabb a kőszórás aránya is (47%). Ezeknek az egységeknek a reakciója eltér a többi egységtől, mivel az első időszakban (1929–1976) több hordalék csapdázódott az oldalirányú felhalmozódás során (35%-kal) mint a nem partbiztosított egységekben, miközben a laterális erózió (27%-kal) és a vertikális erózió (11%-kal) is több hordalékot termelt. Az intenzívebb folyamatok következtében nagyobb volt a BH 28%-kal és az NH 67%-al. Később (1976–2017) a partbiztosított egységekben a laterális

folyamatok által érintett hordalék térfogata 10–31%-kal csökkent a nem partbiztosított egységekhez képest, de nőtt a vertikális erózió aránya a BH-ben (partbiztosított egységek: 22%, nem partbiztosított egységek: 16%).



8. ábra. A különböző helyzetű, szabadon fejlődő vagy partbiztosított egységekben a bruttó hordalék fluxus és a nettó hordalékfluxus alakulása a partbiztosítások építésének fő időszaka óta, illetve a vertikális folyamatok aránya a bruttó hordalékfluxuson belül (%).

A kanyarulatokban gyakoriak a partbiztosítások. Az enyhe ívű kanyarulatok (kanyargósság: 1,19) 75%-ában a külső ívet partbiztosították átlagosan 53% hosszan. Az élesebb kanyarulatok (kanyargósság: 1,68) közül még több (82%) van kőszórással ellátva a partvonaluk 46%-án. Mindkét kanyarulat típus partbiztosított kanyarjaiban mérsékeltebb volt a laterális akkumuláció (15–48%-kal) és laterális erózió (11–47%-kal), mint a nem partbiztosított társaiknál. Más egységekhez hasonlóan a bevágódás által termelt hordalék aránya nőtt, különösen a partbiztosított egységekben (10–80%-kal). A teljes folyóvízi rendszerben a fokozatosan lassuló laterális folyamatok eredményeként az NH és a BH a felére csökkent az erősödő vertikális folyamatok ellenére is a partbiztosított egységekben, tehát kisebb mértékben, mint a nem partbiztosított egységeknél (65–75%).

#### **4.5. A duzzasztók hatása a hordalékfluxusra**

A *Kiskörei duzzasztó* (1973) a legfelső (I.) szakasz hordalékhiányát befolyásolhatta leginkább az elmúlt időszakban (1976–2017). A gátépítés után a gát alatti egységekben (1–4. egység) nagy mennyiségű hordalék keletkezett az horizontális erózió (átlag: 3 m<sup>3</sup>/m/év) és a bevágódás révén (átlag: 2,4 m<sup>3</sup>/m/év; 9A. ábra), de ezek a folyamatok lefelé (5–12. egység) mérséklődtek (1,8, illetve 1,9 m<sup>3</sup>/m/év). A laterális akkumuláció mennyisége is kismértékben csökkent folyásirányban haladva (1,5 m<sup>3</sup>/m/évről 1,4 m<sup>3</sup>/m/évre). Ezért a BH fokozatosan csökkent, azaz több hordalék mozgott a gáthoz közelebb (6,9 m<sup>3</sup>/m/év), mint a folyásirányban távolabb (5,4 m<sup>3</sup>/m/év). Így a felvízi egységek aktívabb hordalékforrások voltak (NH: -3,9 m<sup>3</sup>/m/év), mint az alvíziek (NH: -2,1 m<sup>3</sup>/m/év), ami a térben mérséklődő eróziós folyamatokra utal.

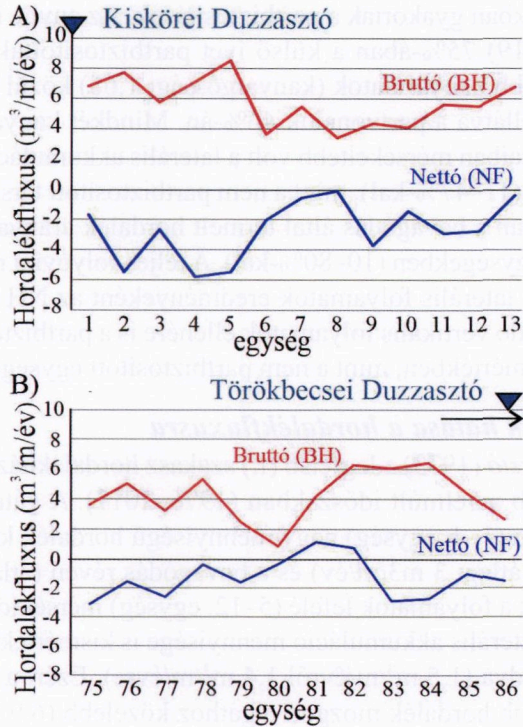
A *Törökbecsei duzzasztó* (1976) 1,5–2,0 méterrel emeli meg a kisvizeket a 75–86. egységekben. Itt a laterális akkumuláció térfogata lassan nő folyásirányban (9B. ábra). Általában az NH nőtt (75–82. egység), de ezt a térbeli mintázatot azonban a Maros megtöri, mivel a torkolattól lefelé felerősödött a hordalékszállítás (83–86. egység). Az NH a negatív tartományban maradt, mivel az elmúlt időszakban a Tisza teljes szakasza hordalékforrássá vált át; bár a 79. és 82. egység között vertikális feltöltődések is megjelentek.

### **5. Következtetések**

A medren belüli folyamatok hordalékhiányhoz való hozzájárulása az elmúlt 179 évben (1838–2017) jellegzetes időbeli mintázatot mutatott a Tisza Kisköre és szerb-magyar határ közötti szakaszán. Ezt az időbeli változást a különböző mederszabályozási munkák határozták meg.

#### **5.1. Meder bevágódása és szűkülése**

A vizsgált szakasz növekvő mederkitöltő mélysége 1,5 cm/év bevágódásra utal (1890–2017), ugyanakkor a meder legmélyebb pontjának tengerszint feletti



9. ábra. A laterális és vertikális folyamatok által megmozgatott anyag mennyisége a Kiskörei duzzasztó alatti (A) és a Törökbecsei duzzasztó feletti magyar szakaszon (B)

magassága csupán 1,1 cm/év bevágódási ütemet jelez. Ezek az adatok közepes mértékűnek tekinthetők más mérnöki beavatkozással érintett folyókhoz képest. Például a Rajnát 0,3 cm/év bevágódás jellemzi (Frings et al. 2024a), míg az Arnót 5 cm/év (Simon és Rinaldi 2006).

A bevágódás folyásirányban jellegzetes tendenciát mutat, hiszen a szakaszok között 1,9 cm/évről 0,7 cm/évre csökken, és a legalsó szakaszon már feltöltődés (1,7 cm/év) is megjelent 1976–2017 között. Ez a térbeli mintázat a fokozatosan csökkenő lejtéssel (3,7-ről 2,4 cm/km-re) és a duzzasztók befolyásával magyarázható. A legfelső szakaszon a Kiskörei duzzasztóhoz kapcsolódó tisztavízi erózió fokozza a Tisza eróziós tevékenységét, ugyanakkor a Törökbecsei duzzasztó az alsó szakaszon a meder feltöltődését segíti. Hasonló térbeli bevágódási trendek más európai folyókat is jellemeznek (Surian és Rinaldi 2003, Simon és Rinaldi 2006, Habersack et al. 2019).

Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a gyors ártérfeltöltődésű folyóknál – mint amilyen a Tisza is – a mederkitöltő vízszint tengerszint feletti magassága fokozatosan nő, azaz tényleges bevágódás nélkül is nőhet a mederkitöltő mélység, tehát csupán relatív mélységnövekedést mérhető. A Tisza esetében a mederkitöltő mélység alakulása 2,0 méteres bevágódást jelez (1890–2017), míg a medertalp legmélyebb pontjának tengerszint feletti magassága csupán 1,4 métereset. Ezért a mederdinamika tanulmányozásakor ajánlatos mind a mederkitöltő mélységet, mind a meder legmélyebb pontjának magassági adatait használni.

A partbiztosítások megakadályozzák az oldalirányú eróziót, ezért a Tisza mentén manapság csak néhány kanyar fejlődik szabadon. Ezek a szabadon fejlődő kanyarokban is csökkent az oldalazó erózió mértéke, de még mindig magasabb (3,8-5,5 m<sup>2</sup>/m), mint a partbiztosított társaiké (2,6-3,1 m<sup>2</sup>/m). A partbiztosított kanyarokban a magas parteróziós ütem a partbiztosítások 58%-ának beomlásával magyarázható (Kiss *et al.* 2019), mivel mögöttük a parterózió felgyorsult.

A közel másfél évszázad alatt (1838–1976) az oldalirányú akkumuláció általában meghaladta az oldalirányú eróziót. Majd az oldalazó erózió vált domináns folyamattá 1976–2017 között. Az oldalazó folyamatok által megmozgatott anyag térfogatának csökkenő szórása egyre homogénebb mederfejlődésre utal. Az horizontális akkumuláció dominanciája évszázados léptékű mederszűkülést okozott. A Tisza vizsgált szakaszának átlagos szélessége a 20. század elején még 203 m volt, napjainkban pedig csupán 126 m (Kiss *et al.* 2008, 2021, 2024), azaz a meder 12-42%-kal szűkül. Hasonló mederszűkülést több folyón is leírtak különböző mérnöki munkák kapcsán (Liébault és Piégay 2001, Rinaldi 2003, Surian és Rinaldi 2003).

## **5.2. A hordalékáram térbeli és időbeli változásai**

Évszázados léptékben a hordalékáramtartáson belül a mederben zajló folyamatok aránya jelentős eltéréseket mutatott. A Tisza vizsgált hosszában a mobilizált mederhordalék (BH) össz mennyisége a 20. század elejéig (1838-1929) magas volt, majd fokozatosan csökkent. A vizsgált Tisza-szakasz felváltva volt *hordalékcsapda* (1838–1890 és 1929–1976) illetve *hordalékforrás* (1890–1929 és 1976–2017). *A Tisza váltakozó hordalékáramtartását emberi hatások irányították.* A Tisza napjainkban lényegesen kevesebb hordalékot mozgat, mint egy évszázada, és ezt figyelembe kell venni a folyóvízi folyamatok történeti értékelése során, hiszen napjainkban a BH az eredeti érték egytizede lett. Hasonló, évszázados hordalék szállítási ütemet írtak le a Dunán (Haber-sack *et al.* 2019), a Rajnán (Frings *et al.* 2014ab), valamint különböző olasz folyókon (Surian és Rinaldi 2003, Rinaldi 2003, Simon és Rinaldi 2006), illetve delta vidékeken (Warrick 2014, Ve *et al.* 2021). A megmozgatott hordalék

többsége a laterális folyamatokhoz kapcsolódik, mivel a vertikális folyamatok a teljes mintaterületen mindössze 12-23%-kal járultak hozzá a BH-hez, bár az arányuk egyes egységekben akár 55-62%-ot is elérhetett.

### 5.3. A mérnöki beavatkozások hatása a hordalékáramra

Az *első időszak* (1838–1890) a mesterséges átvágásokat és az arra adott azonnali folyóvízi válaszadási folyamatokat fedi le. A vizsgált szakasz mentén évtizedekbe telt, míg

- (1) a vezérárkok a szükséges méretűre bővültek, és
- (2) a levágott meanderek holtággá váltak.

A meder esése megduplázódott (*Lászlóffy* 1982), ami a kanyarulat-átvágásokkal érintett egységekben nagy mennyiségű hordalék erózióját okozta. A kimerodált hordalék egy része szinte azonnal lerakódott a lassan lefűződő holtágakban, másik részük a főmederben, így az egységek 23%-a sekélyebbé vált. *Korbély* (1937) leírása szerint a 19. század végén olyan jelentősen megnövekedett hordalékszállítás, hogy nagy középzátonyoknál és sekély gázlóknál a medermélység 1 m alatti volt és akadályozta a hajózást. Összehasonlításképpen, most ugyanezek a helyeken 12–16 m a Tisza mélysége. Az intenzív mederfolyamatok magyarázzák a 20. század elejéig jellemző magas BH-értéket. A legnagyobb BH és NH értékeket is az átvágással érintett egységekben mértük, és bár a többi egység is válaszolt a zavaró hatásra, de kisebb mértékben változott bennük a hordalék mobilizációja.

A *második időszakban* (1890–1929) az összes egységben nőtt a laterális és a vertikális erózió is, ami az átvágások miatti esésnövekedés hosszútávú következménye volt. A szakaszok felében, különösen ott, ahol nagyszámú átvágás történt, az erózió meghaladta a felhalmozódást, így ezek az egységek hordalékforrássá váltak. Egyes kanyarulat-átvágással érintett egységekben a vertikális erózió 40-50%-kal nőtt, hozzájárulva a BH-hez; míg egyes éles kanyarulatokban az horizontális parterózió nőtt kétharmadával. Ugyanakkor a kanyarulat-átvágások alatti egységekben a laterális akkumuláció hétszeresére nőtt, és bár ezekben az oldalazó erózió is megduplázódott, összességében hordalékcsapdaként működtek. Ily módon az *eróziós és akkumulációs folyamatok szinte kiegyenlítették egymást* a teljes vizsgált szakasz mentén, ahogy ezt a magas BH ellenére az alacsony NH is tükrözte. Így a Tisza valószínűleg a teljes mintaterületen egyensúly-közeli állapotba került.

Az 1930-as években azonban *új szabályozási időszak* kezdődött, hiszen partbiztosításokat építettek. Hatásukra a laterális akkumuláció meghaladta az eróziós folyamatokat (így a vertikális folyamatok hozzájárulása a BH-hez 8–12%-ra csökkent). Ennek eredményeként a partbiztosított egységek BH-je 31–61%-kal

csökkent az előző időszakhoz képest, bár a partbiztosítás nélküli egységek BH-je is 12–51%-kal csökkent. A kőszórás nélküli egységek válasza a helyzetükkel magyarázható, hiszen partbiztosított egységek között helyezkednek el. A nagyobb NH a rendszer fokozott hordalékcspada viselkedésére utal; azonban ez folyásirányban lefelé csökkent, mivel a medren belüli folyamatok a csökkenő esés miatt mérséklődnek. Az egységek hordalékcspadvá válása magyarázza a meder szűkülését (12–42%-kal) a 20. század során (Kiss et al. 2008, 2021).

A legutóbbi időszak (1976–2017) hordalékháztartását a duzzasztók befolyásolták. Hatásukra a Tisza BH értéke jelentősen csökkent, az NH értékek pedig arra utalnak, hogy a meder hordalékforrássá vált. A hordalékszállítás visszaesését helyszíni hordalékhozam-mérések igazolták, hiszen Szegednél az átlagos éves hordalékszállítás 16%-al csökkent a gátépítések előtti időszakhoz viszonyítva (1953–1973: 11,6 millió m<sup>3</sup>/év és 1974–2016: 9,8 millió m<sup>3</sup>/év). Az 1973-ban épült Kiskörei duzzasztó okozta tisztavíz-erózió befolyásolta a legfelső szakasz hordalékháztartását. A legfelső 5 egységben az oldalerózió (átlag: 3 m<sup>3</sup>/m/év) és a bevágódás (átlag: 2,4 m<sup>3</sup>/m/év) által termelt anyagmennyiség nőtt, így ezek az egységek hordalékforrássá váltak. A tisztavíz-erózió hatása azonban gyorsan csökkent lefelé a mederanyag jelentős kohéziója miatt. A modern folyók tisztavíz-eróziója a duzzasztók építéséhez és vízgyűjtő-szintű hordalék-visszatartáshoz kapcsolódóan világszerte dokumentált jelenség (Williams és Wolman 1984, Smith és Winkley 1996, Simon és Rinaldi 2006, Warrick 2014, Habersack et al. 2019). A lecsökkent hordalékszállítás következtében a folyók általában növelik oldalirányú és/vagy vertikális eróziós munkájukat a duzzasztógát alatti szakaszon (Williams és Wolman 1984), új hordalékeket termelve (Ve et al. 2021).

A vizsgált szakasz alsóbb egységeinek hordalék-fluxusát viszont a Törökbecsei duzzasztó (1976) által okozott visszaduzzasztás befolyásolja. A laterális és vertikális akkumuláció csak egyes egységeknél vált dominánssá, részben azért, mert ezek az egységek meglehetősen távol (100–150 km) vannak a duzzasztóműtől, másrészt azért, mert a Maros nagy esésével és nagy vízsebességével hatékonyan befolyásolja a Tisza áramlási folyamatait a torkolattól lefelé.

## 6. Összegzés

A Tisza szabályozása hosszú múltra tekint vissza. A 19. század második felében készült mesterséges átvágások (112 helyen) 32%-kal (1419 km-ről 966 km-re) csökkentették a folyó teljes hosszát. Később (1930–1960-as években) a meder hosszának csaknem felén partbiztosításokat építettek. Végül duzzasztógátak épültek (1954–1976). Ezzel párhuzamosan a vízügyi igazgatóságok hatalmas adatállományt hoztak létre, amely egyedülálló lehetőséget kínál a folyóvízi folyami folyamatok tanulmányozására és a mederrendezési munkák hatásainak vizsgálatára.

Az átvágásokra adott folyóvízi válasz évtizedekig tartott, mivel a levágott kanyarulatok csak nagyon lassan fűződtek le, és a kis esés miatt a vezérárkok lassan fejlődtek ki. A kanyarulat-átvágásokat követően a megnövekedett hordalékháztartás a 20. század elejére egyensúlyba került, tehát alig 50–70 évvel a zavarás után. Később a partbiztosításokra és a duzzasztógátákra adott folyóvízi válaszok átfedték egymást, így a beavatkozások között nem volt elég idő az új egyensúlyi állapot eléréséhez. A partbiztosítások növelték a meder hordalékcsapda képességét, de a duzzasztógáták azt megfordították, így a rendszer napjainkra hordalékforrássá változott.

*A mederszabályozás hatására a meder tényleges méretei csökkentek*, mivel a keresztmetszet területe csökkent és a meder szűkült. Ez kombinálódva a többi paraméterben megfigyelt változásokkal (jelentős eséscsökkenés, hordalékhozam csökkenése, sűrű parti növényzet, amely megtelepedett a meder oldalain is) gátolja a közepes és nagy árvizek levonulását. *A jövőben mederbővülésre és további mélyülésre lehet számítani*, ami új kihívásokat vet fel a meder és az árvízi kockázat kezelésében. A folyamat már megindult, amit a partbiztosítások beomlása is jelez.

\* \* \*

## IRODALOMJEGYZÉK

- Bogárdi, J.*, 1974. Vízfolyások hordalékszállítása. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 840.
- Dietrich, W.E., Dunne, T.*, 1978. Sediment budget for a small catchment in mountainous terrain. *Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. Bd. 29*, 191–206. 10.1130/0091-7613(2001)029
- Frings, R.M., Döring, R., Beckhausen, C., Schüttrumpf, H., Vollmer, S.*, 2014a. Fluvial sediment budget of a modern, restrained river: The lower reach of the Rhine in Germany. *Catena* (122), 91–102. 0.1016/j.catena.2014.06.007
- Frings, R.M., Gehres, N., Promny, M., Middelkoop, H., Schüttrumpf, H., Vollmer, S.*, 2014b. Today's sediment budget of the Rhine River channel, focusing on the Upper Rhine Graben and Rhenish Massif. *Geomorphology* (204), 573–587. 10.1016/j.geomorph.2013.08.035

Habersack H., Baranya S., Holubova K., Vartolomei F., Skiba H., Babic-Mladenovic M., Cibilic A., Schwarz U., Krapesch M., Gmeiner Ph., Haimann M. (2019). Danube Sediment Management Guidance. Output 6.1 of the Interreg Danube Transnational Project DanubeSediment co-funded by the European Commission, Vienna. [https://dtp.interreg-danube.eu/uploads/media/approved\\_project\\_output/0001/39/ee566924f1764d4798dc7bb9b59537ce84d98101.pdf](https://dtp.interreg-danube.eu/uploads/media/approved_project_output/0001/39/ee566924f1764d4798dc7bb9b59537ce84d98101.pdf)

Kiss, T., Fiala, K., Sipos, Gy., 2008. Alterations of channel parameters in response to river regulation works since 1840 on the Lower Tisza River (Hungary). *Geomorphology* (98), 96–110. 10.1016/j.geomorph.2007.02.027

Kiss, T., Amissah, G.J., Fiala, K., 2019. Part processes and revetment erosion of a large lowland river: Case study of the Lower Tisza River, Hungary. *Water* (11), 1313. 10.3390/w11061313

Kiss, T., Nagy, J., Fehérváry, I., Amissah, G.J., Fiala, K., Sipos, G., 2021. Increased flood height driven by local factors on a regulated river with a confined floodplain, Lower Tisza, Hungary. *Geomorphology* (389), 107858. 10.1016/j.geomorph.2021.107858.

Kiss, T., Tóth, M., Török, G.T., Sipos, Gy., 2024. Reconstruction of a long-term, reach-scale sediment budget using lateral channel movement data as a proxy: A case study on the lowland section of the Tisza River, Hungary. *Hydrology* (11), 67. 10.3390/hydrology11050067

Korbély, J., 1937. A Tisza-szabályozása. Magyar Nemzeti Könyv-és Lapkiadó vállalat: Debrecen, p. 255.

Lászlóffy, W., 1982. A Tisza. Akadémiai Kiadó: Budapest, p. 610.

Liébault, F., Piégay, H., 2001. Assessment of channel changes due to longterm bed-load supply decrease, Roubion River, France. *Geomorphology* (36), 167–186. 10.1016/S0169-555X(00)00044-1

López-Tarazón, J.A., Batalla, R.J., Vericat, D., Francke, T., 2012. The sediment budget of a highly dynamic mesoscale catchment: The River Isábena. *Geomorphology* (138), 15–28. 10.1016/j.geomorph.2011.08.020

OVF 1954–2016. Vízrajzi Évkönyvek, OVF, Budapest

Pinter, N., Jemberie, A.A., Remo, J.W.F., Heine, R.A., Ickes, B.S. 2010. Cumulative impacts of river engineering, Mississippi and Lower Missouri rivers. *River Research and Applications* (26), 546–571. 10.1002/rra.1269

Rinaldi, M., 2003. Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, Central Italy. *Earth Surface Processes and Landforms* (28), 587–608. 10.1002/esp.464

Simon, A., Rinaldi, M., 2006. Disturbance, stream incision, and channel evolution: The roles of excess transport capacity and boundary materials in controlling channel response. *Geomorphology* (79), 361–383. 10.1016/j.geomorph.2006.06.037

Smith, L.M., Winkley, B.R., 1996. The response of the Lower Mississippi River to river engineering. *Engineering Geology* (45), 433–455. 10.1016/S0013-7952(96)00025-7

Surian, N., Rinaldi, M., 2003. Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology* (50), 307-326. 10.1016/S0169-555X(02)00219-2

Ve, N.D., Fan, D., Vuong, B.V., Lan, T.D., 2021. Sediment budget and morphological change in the Red River Delta under increasing human interferences. *Marine Geology* (431), 106379. 10.1016/j.margeo.2020.106379

Warrick, J.A., 2014. Eel River margin source-to-sink sediment budgets: Revisited. *Marine Geology* (351), 25–37. 10.1016/j.margeo.2014.03.008

Williams, G.P., Wolman, M.G., 1984. Dams on alluvial rivers. *USGS Paper* (94), p. 83. 10.3133/pp1286

\* \* \*

# MAGYARORSZÁG VÍZÜGYEINEK FELELŐS IRÁNYÍTÓI – KVASSAY JENŐ ÉS SAJÓ ELEMÉR MUNKÁSSÁGA<sup>1</sup>

FEJÉR LÁSZLÓ<sup>2</sup>, ALBERT GÁBOR<sup>3</sup>

## 1. A dualista Magyarország vízgazdasági helyzete – Kvassay Jenő munkássága

A királyi Magyarországon az átfogó vízimunkák lényegében a Tisza és mellékfolyóinak szabályozásával 1846-ban indultak meg. Vásárhelyi Pál dolgozta ki a folyó szabályozási koncepcióját (1846), amely a Tisza túlfejlett kanyarainak átvágásával az árvizek gyorsabb levezetését (és a hajóút lerövidítését) célozta. E mellett Vásárhelyi az árvizek elleni védelmet szolgáló töltéseket a folyótól nem nagy távolságra javasolta megépíteni. A szabályozások műszaki tartalmától eltekintve, annyit mindenképpen meg kell jegyezni, hogy az ármentesítő töltések megépítésének költségeit az ármentesítésből hasznot remélő ártéri területek földbirtokosai állták, míg a folyó medrének rendezését – így a mederátmszéseket is – az állam költségén végezték el (Dóka 2001).

A kétféle műszaki munkálatot természetesen egymással összhangban kellett (vagy egyes esetekben kellett volna) elvégezni. Ezért amikor a „*folyószabályozásról*”

---

<sup>1</sup> 2025. június 28-án, az EMT Kolozsvárott megrendezett XVIII. Tudomány- és Technikatörténeti Konferenciáján „*Két Magyarország vízügyei – Kvassay Jenő és Sajó Elemér munkásságának tükrében*” címmel elhangzott előadás bővített és szerkesztett változata.

<sup>2</sup> Fejér László okl. mérnök, c. egyetemi docens, a Magyar Hidrológiai Társaság Vízügyi Történeti Bizottságának elnöke.

<sup>3</sup> Albert Gábor történész, tudományos főmunkatárs, Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar

beszélünk, akkor általánosságban a *mederszabályozást* és az *ármentesítést* nem választjuk szét. Bár folyóvizek, vízfolyások többfélék lehetnek, az állami kötelezettség csak a hajózható/tutajozható folyók medrére terjedt ki. Az ármentesítést pedig a vízrajzilag lehatárolható terület, az „öblözet” birtokosai által megalakított szervezet, a „társulat” végezte el az érintettek költségén. Jellemző módon társulat szervezését csak ott lehetett megoldani, ahol nagy kiterjedésű sík árterek léteztek, s így lehetőség nyílt a töltéspítések tetemes költségeit előteremteni. A szűkebb völgyekben, ahol az áradások viszonylag kisebb területeket veszélyeztettek elöntéssel, ott a társulati mozgalom nem sok eredményt ért el (*Dunka et al.* 1996). A Tisza és a Duna völgyében sorra alakultak a társulatok, amelyek lényegében az 1879. évi nagy szegedi árvízig – kisebb-nagyobb lendülettel – építették árvízvédelmi töltéseiket. Az árvízi katasztrófa után nagy volt a felzúdulás, sokan megkérdőjelezték a Tisza-szabályozást is. A kormány – mivel a hazai mérnökség szakértelmében nem bízott meg, – a helyzet tisztázására a külföldi kormányoktól kért elfogulatlan szakértőket (*Dunka et al.* 1996).



**Kvassay Jenő** (1850-1919) 1879-ben lépett állami szolgálatba. A tehetséges fiatal gépészmérnököt a kormányzat még az évtized közepén nyugat-európai tanulmányútra küldte. Feladata az ott folyó kulturmérnöki munkák (talajjavítások, vízlecsapolások, talajcsövezések, öntözések stb.) vizsgálata, majd az ott szerzett tapasztalatok hazai hasznosítása volt. Mindezt azt követően, hogy 1875 nyarán megjelent a *Vizeinkről* c. könyve, amelyben leírta az azóta híressé vált, s napjainkban is sokat idézett gondolatait, mely szerint:

„...*utódaink útja és a mi eddigi utunk egymással homlokegyenest ellenkeznek: míg mi folyóink szabályozásával azok vizét gyorsan levezetni törekedtünk, addig unokáink gátaakkal fogják azokat torlasztani és az országban visszatartani. Lehetőleg sokat és nagy területeket öntözni – ez ama mód, amellyel mezőgazdaságunkat, népünknek és létünknek eme alapfeltételét, állandó virágzás és jólét fokára emeljük...*” (*Kvassay* 1875). Azonban mindezek megvalósítása akkor még nem volt időszerű. Nem véletlenül beszélt Kvassay is az unokák feladatáról.

A 19. század második felét a magyarországi mezőgazdaság átmeneti korszakának tekinthetjük: átmenet az extenzív gazdálkodásból az intenzív módszerek alkalmazása felé. Az átmenet nagyon nehéz és ellentmondásos volt. Nem is lehetett ez másként. Amíg az extenzív gazdálkodásnak tartalékai voltak, addig

a magyar gazdának nemigen akaródzott az új és ismeretlen felé elindulni. Sok minden hiányzott, ami az új módszereket életképesse tette volna. Legfőképpen azok a fogyasztási szokások és értékesítési feltételek nem alakultak ki, amelyek a mindenkori fejlődés motorjaivá válhattak volna (Fejér 2020). S ha korunkban az öntözés szükségessége újfent előtérbe kerül, nem árt megjegyezni, hogy a 19. sz. vége felé sokan és sokat beszéltek az öntözések ügyéről – nem egy esetben szembeállítva azt a Tisza-szabályozással, az ármentesítés végrehajtásával – nem lehet megfelelkezni arról, hogy a vizek kártételei ellen „könnyebb” volt összefogást (társulatokat) szervezni, mint egy-egy térség öntözését megoldani. Hiszen az eltérő birtokosi érdekek a műszaki tervek kidolgozását gyakorta meghiúsították. Arról már nem is beszélve, hogy a „vízkár” fogalmkörébe a víz többletének károkozásai mellett a víz hiányából fakadó kár kategóriája csak a 20. század végén került be!

Az 1879-es szegedi katasztrófa kapcsán a már említett külföldi vízépítési szakértők a Tisza-szabályozás főbb hibájának az állami és a társulati munkák helyenkénti összehangolatlanágát és az ezt kiváltó *vízjogi törvény hiányát* tartották. S valóban, a vízmunkákra fordítható állami költségvetés nem mindig volt tekintettel az érdekelt birtokosok ármentesítési igényeire, s használható jogszabályok sem álltak rendelkezésre a kialakult helyzetek rendezésére. Ráadásul egy új probléma is jelentkezett a már gátak közé szorított folyó mentén: a *belvív*. A szabályozások előtt a belvív ismeretlen fogalom volt. A nagy területekre kiömlő áradások visszavonuláskor kisebb-nagyobb vízfoltokat hagytak a földeken, amiket a birtokos az árvíz természetes velejárójának tartott. Rosszabb esetben a belvízzel nem foglalkozott, vagy ha igazán útjában volt és pénze is volt rá, akkor gondoskodott róla, hogy a víz gravitációsan visszafolyjon a mederbe. Viszont a töltések megépülését követően erre már nem volt lehetősége (Dunka et al. 1996).

Amikor Kvassay a földművelési minisztériumban állami szolgálatba lépett, fő feladata a *hazai kultúrmérnöki szolgálat létrehozása és fejlesztése* volt. A kultúrmérnöki intézmény megteremtésekor különös figyelmet fordított arra, hogy képzett kultúrmérnökök segítsék a munkáját. A kultúrmérnököknek a műegyetemi végzettség mellett mezőgazdasági ismeretekkel is rendelkezniük kellett. Ezért a mérnöki diploma megszerzése után a leendő kultúrmérnökök előbb a Nagyvárad, majd a Magyaróvári Gazdasági Akadémián gazdasági tanfolyami végzettséget is szereztek (Dóka 1987). Korábban ő maga is hallgatott mezőgazdaságtant Magyaróváron. Kvassay átgondolt képzési koncepcióját jelzi a kultúrmérnökök munkáját segítő *rétmesteri* (később *vízmesteri*) *intézmény* létrehozása is. Képzésük megszervezésére gyakorlatilag a kultúrmérnöki intézménnyel egyidőben, a Kassai Gazdasági Tanintézet szervezeti keretein belül került sor. A vízmesterek képzését később a vízügyi szolgálat saját feladatának tekintette (Dóka 1987).

Kassán többségében kultúrmérnökök oktattak. Az itt létesült *vízmasteriskola* mindenkori igazgatója a kassai kultúrmérnöki hivatal főnöke volt és a tanári kar jelentős részét a hivatal kultúrmérnökei biztosították. Az egykori intézmény rangját jelzi a mindenkori tanszemélyzet összetétele. A század elején az intézmény igazgatója a későbbi műegyetemi rektor, *Rohringer Sándor* volt, a két háború között a Budapestre költöző vízmasteranfolyamon pedig a későbbi műegyetemi professzor, *Németh Endre*<sup>4</sup> és a neves hidrológus, *Lászlóffy Woldemár*<sup>5</sup> is tanított (Albert – Farkas 2022). A *Kvassay Jenő* által létrehozott kassai vízmasteriskolára nem véletlenül tekint vissza nosztalgiával a ma élő idősebb mérnökgeneráció is. Az 1960-as évek vízügyi szakközépiskolái ugyanis az egykori vízmasterek fortélyainak átörökítését is nagyon fontos feladatuknak tekintették.

A kultúrmérnöki hivatal főnökeként Kvassay a vízszabályozási ügyekkel nem nagyon foglalkozott, a kultúrmérnökség szolgáltatásait elsősorban nem a társulatokban érdekelték, hanem inkább a felvidéki birtokosok vették igénybe. Kvassay vezetése alatt hamarosan megalakultak a *kerületi hivatalok*, amelyeknek száma – a növekvő feladatokkal együtt – gyorsan nőtt<sup>6</sup>. Rövid tíz esztendő alatt feladatkörükbe vonták a fentebb említetteken túl a halászat, a *közegészségügyi* mérnöki *szolgálat* (a vízellátás, csatornázás, szennyvíztisztítás) ügyeit is (Dóka 1987).

Az idők folyamán egyre sürgetőbbé vált az egységes jogi szabályozás is, amire az említett külföldi szakértők is utaltak. A különböző törvények gyakorta nem voltak összhangban egymással. Mindez megnehezítette a hivatali ügyintézkést is. Az egységes alapelvek és a hozzájuk kötődő szakmai megoldások kidolgozását Kvassay Jenőre bízták, aki egyrészt elvégezte a külföldi jogi szabályok hazai viszonyok közé ültetését, másrészt logikai rendszerbe foglalta a korábbi törvényekből leszűrhető tapasztalatokat. *Vízjogi törvénytervezetét* bár a jogászok ízekre szedték<sup>7</sup>, de a szakmai alapelveket nem vitatták.

<sup>4</sup> A korabeli tárgyleírás szerint *Németh Endre* számtant, természettani előismereteket és műszaki rajzot tanított. Kassai Vízmasteriskola iratai 1879-1947. KVL VIII. 2.

<sup>5</sup> A korabeli tárgyleírás szerint *Lászlóffy Woldemár* a gyakorlati mértan, valamint a talajismeret és rétmivelés előadója volt. Kassai Vízmasteriskola iratai 1879-1947. KVL VIII. 2.

<sup>6</sup> Horvátországot leszámítva az akkori területen, 1886-ban már 8 kerületi hivatal működött.

<sup>7</sup> Mit mond erről Kvassay: „*A képviselőházi vízjogi bizottság hónapokon keresztül tárgyalta a javaslatot és temérdek változtatást tett rajta, míg végre a ház elé került és ott rövid két napi lanyha vita után letárgyalatott. Az egész tárgyalásnál jóformán magam voltam technikus, a miniszteri értekezlet 40 – 50 tagja pedig jóformán mind jogász volt, köztük több kúriai bíró is. A képviselőházi bizottságban hasonlólag a jogászok óriási túlsúlyban voltak a laikus elem fölött. Ha tehát a jogi téren a javaslatban hibák voltak és azok a törvénybe is átmentek volna, azoknak csak a jogászok lennének okai, akik azokat áteresztették...\**

Ilyen körülmények között kodifikálták az 1885. évi XXIII. törvényt, a vízjogi törvényt, amely – persze a fejlődés által megkövetelt többszöri módosításokkal – lényegében egészen 1964-ig érvényben maradt.

Az intézményesülés kérdése is fontos volt. 1889-től a földmívelési tárcához rendelték a kultúrmérnöki és folyammérnöki hivatalokat. Ez volt az első lépés a vízügyi szolgálat egy tárca felügyelete alatti működtetésének. Az integráció további lépését jelentette az FM felügyelete alatt az *Országos Vízépítészeti és Talajjavítási Hivatal* (OVTH)<sup>8</sup> létrehozása, melynek vezetésével 1891-ben *Kvassay Jenőt* bízta meg. Ezzel az intézkedéssel egy szervezetben fogták össze a kultúrmérnöki és a folyammérnöki hivatalok munkáját.<sup>9</sup> Így Kvassay programjának óhatatlanul része lett a hazai folyószabályozási feladatok „rendbetétele”, de nem feledkezhetett meg a vizek kártételei elleni védekezés mellett a vízhasználatok iránt egyre fokozódó igényekről sem.

A nagyobb hazai folyók szabályozása (s ezzel együtt hatalmas termőföldek ármentesítése) – az eltelt időszak alatt kiderült minden műszaki és szervezeti hiba ellenére – ekkor már jelentősen előrehaladott állapotban volt. Egyre inkább előtérbe került a kérdés, mit lehet/kell tenni a már mentesített földekkel, miként lehet azok termőerejét a legjobban hasznosítani. Ez a korszak a hazai mezőgazdaság szerkezetváltásának is jelentős állomása volt, s a tudományos haladás az okszerű gazdálkodás folyamatos térnyerését is magával hozta. A vízszabályozások tekintetében Kvassay azt vizsgálta, miként lehet a már kialakított árvédelmi és folyószabályozási rendszert a legújabb tudományos ismeretek

---

\* ...Azonban éppen az érdekes a dologban, hogy a legnagyobb kontroversiák maguk között a jogászok között voltak, amint erről az értekezleti jegyzőkönyvekből bárki is meggyőződhetik. A legmerevebb, a legellentétebb nézetek állottak egymással szemben és ebből keletkeztek a kompromisszumok éppen a tisztán jogi kérdésekben, míg a gyakorlati kérdésekben a technikusok által proponált intézkedések jóformán nehézség nélkül mentek keresztül.” (Kvassay 1894)

<sup>8</sup> 1891-ben az FM felügyelete alatt először – ideiglenes jelleggel – az *Országos Vízépítészeti Hivatal* hozták létre, majd a következő évben alakították meg az OVTH-t. A szerzett tapasztalatok azonban további koncentrációt kívántak, így 1899-ben – ugyancsak az FM szervezetén belül – megalakították az *Országos Vízépítési Hivatal* (OVI). Mindhárom, egymást követő intézmény vezetője Kvassay volt. (Köztelek 1899)

<sup>9</sup> Az OVTH ezzel – (1892-ben) többek közt – 16 folyammérnöki és 8 kultúrmérnöki hivatal területi munkáját fogta össze. A koordinációt elősegítette a kerületi felügyelői rendszer életbeléptetése, amely kezdetben a folyammérnöki, majd később a kultúrmérnöki hivatalokra, s rajtuk keresztül a víztársulatokra (vízszabályozási, ármentesítő, belvízrendező, lecsapoló stb. társulatokra) is kiterjedt. Fontosabb vízi ügyeket az FM az Országos Vízépítészeti Tanács testülete elé utalt, s az ott született döntéseket képviselte kifelé.

felhasználásával továbbfejleszteni, figyelembe véve az ország gazdasági teherbíró képességét is. Tehát Kvassay elfogadta az addig kialakított szabályozási rendszert, s működésének középpontjába a társulati és állami munkálatok összehangolását, a folytatás és befejezés tekintetében pedig a legkorszerűbb folyószabályozási elvek alkalmazását helyezte.

Az 1880-1890-es évekre kezdett oldódni az az erős kötelék, amely a hazai vizekkel kapcsolatos mindennemű beavatkozást a mezőgazdasági igények kielégítéséhez kötött. A vízszabályozások vonatkozásában új tudományos ismeretek is elterjedtek. Ezek a vízjárással, hordalékmozgással összefüggésben a gyakorlat számára ajánlottak új megoldásokat. Előtérbe kerültek a kisvízfolyások kérdései, a vízgyűjtőkön lezajló hidrológiai folyamatok is. A kormányzat – kellő politikai támogatás birtokában – 1886-ban létrehozta a *vízrajzi szolgálatot*. A vízrajzi szolgálat elsőrendű feladata a hazai vizek járására vonatkozó hidrológiai adatok gyűjtése és rendszerezése volt, valamint az, hogy használható képet adjon a Tisza-szabályozás addigi munkálatai során bekövetkezett vízrajzi változásokról. Már csak azért is, mert az 1846-os mérési adatokhoz képest történt mederváltozásokból levonható következtetések nélkülözhetetlenek voltak a további tervek elkészítéséhez.

Ami az állami vízimunkákra fordítható költségek évről-évre történő „csepegtetését” illeti, Kvassay már ekkor szóvá tette, hogy folyamatos munka végzése ilyen körülmények között nehezen vezethető sikerre. És ebben az egy dologban sikerült neki olyan helyzetet megalapoznia, amelyet az utódai közül senkinek sem. Elérte a kormányzatnál és a befolyásos politikus képviselőknél, hogy 1895-ben – a Közép-Duna szabályozása érdekében – olyan törvényt fogadjanak el, amely 12 évre összesen 51 millió Ft-ot engedélyezett felhasználni úgy, hogy a keretösszegeken belüli éves felhasználás a munkák ütemétől függjön. 12 év múlva értékelték a végrehajtás hatékonyságát, s 1908-ban a kedvező tapasztalatok alapján egy újabb, immár 20 évre szóló törvényt fogadott el az Országgyűlés, amely biztosította a vízi utak fejlesztését és a vízmosások megkötésére szolgáló beruházási program megvalósítását (Fejér 2001).

A víziutak fejlesztését az indokolta, hogy a Nyugat felé irányuló magyar gabonaexport a 19. század vége felé hátrányba került az USA-ból és a cári Oroszországból (Ukrajnából) származó terményekkel szemben. A hazai gabonát terhelő szállítási költségek csökkentését elsősorban a vasútinál olcsóbb vízi szállítás elősegítésében látták megvalósíthatónak. A politikusok hajlandóságát az is növelte, hogy a szomszédos Ausztriában elkészültek a víziút fejlesztési tervek, s már javában hozzá is láttak a program végrehajtásához.

Ami a vízmosások megkötésére és a nem állami rendelkezésű vízfolyások szabályozására vonatkozó feladatok napirendre tűzését illeti, Kvassayék kitartó „lobbizásának” eredményeképpen a döntéshozók számára is nyilvánvalóvá vált,

hogy a Tisza és a Duna, valamint mellékfolyóik szabályozása csak akkor lehet eredményes, ha a forrásvidékeken is rendezik a vizek szabályozott lefolyását. Itt a kis kiterjedésű árterület miatt szóba sem jöhetett a társulatok szervezése. E nagyszabású munka elvégzése az állam anyagi szerepvállalását igényelte. A programban a felvidéki és erdélyi térség vizei is szerepeltek, de a megkezdett munkákat az első világháború megtörte, s a program a trianoni Magyarország területére szűkítve az 1908-ban tervezetthez képest lényegesen gyengébb pénzügyi feltételek mellett, meglehetősen akadozva folytatódott.

Az 1919. február 1-én nyugalomba vonult (és ugyanazon év június 6-án, már a Tanácsköztársaság idején elhunyt) Kvassay Jenő életműve rendkívül sokoldalú. Ebből most mindössze néhány területet sikerült érinteni. Az általa kialakított és képviselt vízügyi politika meghatározta az 1920 (Trianon) előtti Magyarország vízgazdaságát. Nagyon lényeges hangsúlyozni az említett dátumot, hiszen addig, a klasszikus vízrajzi egységet megvalósító történelmi Magyarország valamennyi felmerülő vízszabályozási, víziközlekedési kérdést „birtokon belül” tudott elintézni. Kvassay életének utolsó esztendejében meg kellett élje a történelmi Magyarország folyamatos politikai összeomlását, az általa is kialakított vízügyi szervezetrendszer széttöredezését, s a legnagyobb bizonytalansági állapot: a „hogyan tovább” nyomasztó kérdőjeleit!

## 2. A trianoni Magyarország vízgazdasági politikája, Sajó Elemér munkássága

A háborút követő időszakban az „alvízi” létből fakadó valamennyi vízi keserv a vízkároknak kitett birtokosok és gazdák nyakába szakadt. Mindez új feladatokat rótt a politikusokra és mérnökökre is.

A Trianon utáni mérnökgeneráció kiemelkedő képviselője volt Kvassay Jenő unokaöccse, **Sajó Elemér** (1875-1934), aki még a történelmi Magyarország különböző állomáshelyein ismerkedett meg a fontosabb vízügyi feladatokkal. Sajó az ország gazdasági megerősödését szolgáló elképzeléseinek megvalósulását már nem érthette meg, néhány nappal 59. életévének betöltése után, 1934. szeptember 21-én, Budapesten hunyt el. Jóllehet Sajó Elemér csak négy éven át, 1930-34 között volt a hazai vízügyi szolgálat első embere (avagy hivatalosan a Földművelésügyi Minisztérium XI. főosztályának vezetője), vízügyi programja mégis mind saját korában, mind a későbbiek során meghatározóvá vált.



Az 1920-as évek a vízügyi szolgálat hosszú történetének egyik hullámvölgyét jelentették. A vizsgált korszak vízgazdaság- és öntözéstörténeti szempontból felívelő, de egyben kihívással terhelt időszaknak is tekinthető. Trianont követően Magyarország vízrajzi helyzete megváltozott, a hazai hatalmi elitnek pedig az utódállamok megváltozott vízügyi politikájával is számolnia kellett (*Kosztolnyik* 2017). A történelmi Magyarország térségi viszonyaihoz szokott gondolkodás is megváltozott. Nemcsak a politikusoknak, hanem vízmérnökeinknek is alkalmazkodniuk kellett az alvízi ország kiszolgáltatottságaihoz. A veszített háború utáni gazdasági senyvedés a vizek dolgában nem tett lehetővé semmilyen céltudatos infrastrukturális beruházást. A kor a gyors megtérüléssel kecsegtető, de a távolabbi jövővel nem mindig számotvető (így nem egy esetben a későbbiekben kifejezetten károkat okozó) befektetéseknek (mint pl. a Kis-Balaton lecsapolása) kedvezett (*Fejér* 2001).

Az immár tradíciókkal és eredményekkel is büszkélkedő ármentesítő és belvízlevezető társulati mozgalom nemcsak a gazdasági nehézségekkel szembesült, hanem az új államhatárok okozta szétszakítottsággal, osztozkodással stb. is. Az ár- és belvizeknek kitett országnak újra kellett gondolnia a védekezési stratégiáját, meglévő műszaki rendszerének átfarmálását. A társulatok mindezt csak az állami segítséggel végezheték el, ám az államkassza többnyire üres volt.

A kialakult helyzet más szempontból is újragondolást igényelt. Míg a történelmi Magyarország esetében a kialakult ipari és mezőgazdasági termelési szerkezet és kereskedelmi kapcsolatok az ország normális gazdasági fejlődését alapozták meg, addig a háború után megszűntek a közös védővámok, s az egykor jól fizető csehországi és ausztriai piacokon az exportőröknek addig nem ismert konkurenciaharcot kellett vívniuk. A Felvidék, Kárpátalja és Erdély ipari nyersanyagaitól a trianoni Magyarországon lévő feldolgozó nagyüzemek elestek, s számos iparág elveszítette hagyományos nyersanyagbázisát. A megváltozott gazdasági viszonyok között az ipari behozatal ellenértékét a mezőgazdasági kivitel fokozásával lehetett csak előteremteni. Ezek a körülmények az országnak immár majd felét kitevő Alföld gazdasági felértékelődéséhez vezettek. A vízügyek terén mindez – főleg az 1930-as évek közepétől – a Tisza és a Körösök felé irányuló fokozott figyelmet jelentette. Előtérbe került a vízben szegény tiszántúli és Körös-völgyi területek öntözésének kérdése. A magyar mezőgazdaság termékeinek szállításában újra nagy szerepet szántak a belföldi víziutak további kiépítésének.

A megváltozott területi viszonyok egy korábban kevésbé szem előtt lévő probléma megszületéséhez is hozzájárultak. Addig a történelmi Magyarország a *nemzetközi vízjogi kapcsolatokban* nem igazán volt érintett és érdekelt. Vízfolyások az ország területére csaknem kizárólag Ausztriából érkeztek. A Monarchiában a vízügyi kapcsolatok beleilleszkedtek e két ország együttműködési rendszerébe.

Nem volt szükség külön kétoldalú egyezményekre. Gyakorlatilag egyedül Romániával állott fenn egy 1888-ban kötött megállapodás, amely kimondta, hogy „az olyan vízimunkák, melyek által a vizek természetes folyamának más irány adatnék, vagy a vízerő felhasználására szolgálnának, nem állíthatók fel anélkül, hogy megelőzően a szomszédos ország kormányának beleegyezése ki ne eszközöltessék.” (Prehoffer 2004) Az új helyzet gyökeresen felülírta ezt a korábbi állapotot. Magyarország számára az árvédelmi biztonság kérdése megszűnt magyar belügy lenni. A húszas években megjelent a „*trianoni gát*” fogalma, amely főleg a keleti országrészben a határ túloldalán keletkező gátszakadások kiömlő vizét volt hivatott feltartóztatni a magyar oldalon. Ennek a rendszernek kiépítése és folyamatos fenntartása az ármentesítő társulatok számára korábban nem tervezett feladatot jelentett. Ebben a helyzetben csak az állam anyagi kedvezményeire számíthattak (Fejér 2010).

A vízkárelhárítási problémákkal kapcsolatban tudni kell, hogy az árvédekezés a történelmi Magyarországon működő társulati láncolat esetében sem volt katasztrófamentes, de az új viszonyok között – főleg az Alföld vidéke – nagymértékben ki volt szolgáltatva az utódállamok vízügyeket komolyan vevő, vagy azt éppen elhanyagoló magatartásának.

Sajó Elemér a helyzet alapos megismerése után készítette el a későbbi vízgazdálkodási kerettervek "ösét", amely "*Emlékirat vizeink fokozottabb kihasználása és újabb vízügyi politikánk megállapítása tárgyában*" (1931) címmel jelent meg. Programjában kitért a mezőgazdaság, a közlekedés és az iparfejlesztés minden időszerű és döntő kérdésére, ill. az azokból következő vízügyi teendőkre. E munkáját még hivatali beosztásának elfoglalása előtt házilagos sokszorosításban közkézre bocsátotta, hogy az észrevételeknek megfelelően kiegészíthesse, ill. a szolgálat vezető munkatársaival elfogadtassa<sup>10</sup>.

Sajó szerint a hazai vízimunkák vonatkozásában az ármentesítés lényegében befejezettek tekinthető. Ahol még hiányosságok vannak, azok pótlása a társulatok és az érdekeltek feladata. Az államnak csak ott kell beavatkoznia, ahol a határok által szétvágtott társulatok nem képesek önerőből megbirkózni a tennivalókkal. Sajó Elemér a jövő fő feladatnak az alföldi öntözések és a víziutak kiépítését tekintette (Fejér 2001).

Az alföldi öntözések és a víziutak kiépítését pedig csak a társadalom, az érdekeltek egyetértésével látta megvalósíthatónak. A gazdasági háttérhez rugalmas

---

<sup>10</sup> Az „*Emlékirat*” 1930 tavaszán készült és azt a földművelésügyi minisztérium *Vízügyi Kiszáncása* június 20-án tartott ülésében tárgyalta és tett javaslatot Mayer János miniszternek a vízimunkák általános programjaként történő elfogadására. Az elfogadott anyag a következő évben jelent meg a szolgálat folyóiratában, a *Vízügyi Közleményekben* (Sajó 1931).

kerettörvények biztosítása szükséges, a munkák kivitelezésénél pedig a munkanélküliek foglalkoztatására is tekintettel kell lenni!

Sajó szerint minden hullámvölgyet felemelkedés követ, ezért a nehéz időszakban szellemi síkon kell felkészíteni a vízmérnöki kart a jövő feladatainak ellátására (Fejér 2001). Főnöke, *Kállay Miklós* földművelésügyi miniszter (1932-1935) jóváhagyásával a Vízirajzi Intézetben belül tervező csoportot szervezett, hogy a remélt fellendülés felkészülten érje a vízügyi szolgálatot, s az újabb vízimunkák tervei mielőbb az ország vezetőinek rendelkezésére álljanak. További intézkedéseként újraindította és megerősítette a szolgálat nagy múltú – akkor már közel ötven esztendő – tudományos folyóiratát, a *Vízügyi Közleményeket*, az öntözésről, a szikes talajok megjavításáról és a halászat helyzetéről pedig vaskos kötetek sorát jelentette meg (Fejér 2001).

Ha végigtekintünk az 1930-as évtized első felének sajtójában, *Sajó Elemér* neve legtöbbször a Duna-Tisza-csatorna, a Körös-vidék és a Tiszántúl vízhiányos problémáinak megoldása körül került előtérbe. Rádiós előadásai, konferenciákon való hozzászólásai szinte minden esetben az Alföld vízgondjainak megoldása érdekében kaptak nyilvánosságot. Utolsó nagy vállalkozása a Széchenyi emlék hajóút megszervezése volt<sup>11</sup>. A háttérből ő is a szervezés irányítói közé tartozott<sup>12</sup>. A Tokajtól Szegedig tartó hajóút legfőbb eredménye volt, hogy az utasok között számos miniszter és meghatározó politikus is részt vett. A hajón kíséretével Szolnoktól Csongrádig utazott *Horthy Miklós* kormányzó is (Rege 1933). Az út során számos előadás hangzott el a Duna–Tisza-csatorna, valamint a Tiszántúl öntözési programjának szükségességéről, a Közép-Tisza vidékének közútfejlesztési munkáinak jelentőségéről, amit a térség gazdaságának fellendítése érdekében terveztek.

A harmincas évek első felének természeti körülményei beigazolták Sajó jóvőképét. *Az Alföld öntözésének programját az 1937:XX. tc. indította el*, amelynek megvalósításában Sajó közeli munkatársai: *Lampl Hugó*, *Trummer Árpád*, *Benedek József* és más mérnökök vettek részt. A programalkotás a hivatali intézményes háttér megteremtésével, a *M. Kir. Országos Öntözésügyi Hivatal* létrehozásával teljesedett ki. Az intézmény rangját jelzi, hogy első elnöke *Horthy Miklós* patronáltja, a korábbi agrárminiszter *Kállay Miklós* lett, aki hivatali munkáját egészen 1942-es miniszterelnöki kinevezéséig látta el.

<sup>11</sup> Tudvalévő, hogy *Széchenyi István gróf*, mikor mint az Alduna szabályozás kir. biztosa először utazott gőzhajón az Aldunára, megkísérelte a Tiszán is a gőzhajózást, s a „Franz I.” hajóval Titeltől 1833. augusztus 31-én felhajózott Szegedig, ahol szeptember 3-án kötött ki.

<sup>12</sup> A célok között szerepelt, hogy *Gömbös Gyula* miniszterelnök nemzeti munkatervében megjelölt programot a Tisza-vidék fejlesztése érdekében megkezdhessék. (Rege 1933)

Sajó Elemér és mérnök társai által kidolgozott tervek egy részét még a negyvenes évek első felében (Békésszentandrás Vízlépcső, tiszántúli öntözőrendszer), majd a szocialista korszak elején (Tiszalöki Vízlépcső, Keleti főcsatorna) valósították meg.



*Kvaszay Jenő és Sajó Elemér síremléke az Őrbottyáni temetőben*

## VONATKOZÓ SZAKIRODALOM ÉS FORRÁSOK

Albert G. – Farkas I. (2022). A „több, mint kultúrmérnök”, Lászlóffy Woldemár. *Hidrológiai Közlöny*, 102. évf. 1. szám. pp. 60-64.

Dóka K. (2001). A vízügyi szolgálat szervezete és tevékenysége 1919–1985. Pro Aqua. Budapest.

Dóka K. (1987). A vízimunkálatok irányítása és jelentősége az ország gazdasági életében (1772-1918). Mezőgazdasági Ügyvitelszervezési Iroda, Budapest.

Dunka S. – Fejér L. – Vágás I. (1996). A veritékes honfoglalás. A Tisza-szabályozás története. MKVM, Budapest.

Fejér L. (szerk.) (2001). Vizeink Krónikája. VMLK, Budapest, 2001.

Fejér L. (2010). A víztársulatok 200 éve. VTOSZ, Budapest, 2010.

Fejér L. (2020). Kvassay Jenő szerepe a magyar vízgazdálkodás történetében. *Vízügyi Közlemények*, Kvassay Jenő Emlékszám. pp. 7-23.

Kassai Vízmesteriskola iratai 1879-1947. Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár VIII. 2.

Kosztolnyik K. (2017). Kállay Miklós és az öntözésügy. *Rubicon*, 28. évf. 5. sz. p. 38.

Kvassay J. (1875). Vizeinkről. Légrády testvérek kiadása, Budapest.

Kvassay J. (1894). Partjogi mizériák. *Köztelek*, IV. évf. 57. sz. pp. 969-970.

N.n. (1899). A vízügyi műszaki szolgálat szervezése a földművelésügyi minisztériumban. *Köztelek*, IX. évf. 17. sz. p. 322.

Rege K. (1933). Széchenyi emlékhajóút a Tiszán. *Köztelek*, 43. évf. 71-72. sz. p. 629.

Prehoffer E. (2004). A hazai határvízi és vízgyűjtő-gazdálkodási külkapcsolatok vízjogi és történeti áttekintése (1919–2003). *Vízügyi Közlemények*, 1-2. füzet.

Sajó E. (1931). Emlékirat vizeink fokozottabb kihasználása és újabb vízügyi politikánk megállapítása tárgyában. *Vízügyi Közlemények*, 1. füzet.

\* \* \*

## 150 ÉVE SZÜLETETT SAJÓ ELEMÉR

TANAI ANNA<sup>1</sup>

### 1. Bevezetés

Sajó Elemér 1875 szeptemberében született Órszentmiklóson. Édesapja Sajó Károly rovartani kutató, középiskolai tanár, kiváló gazda, a hazai természetvédelem egyik úttörője. Édesanyja Kvassay Ilona, Kvassay Jenő húga.



1. kép. Sajó Elemér  
érettségiző korában

Elemér a gyermekkorát az órszentmiklósi birtokon töltötte, erről *Lampl Hugó* azt írja: „a magyar föld szeretete az órszentmiklósi mindig szomjas homokdombok lankáin sarjadt ki benne.” (*Lampl* 1969) Elemi iskoláit is itt végezte, majd a budapesti Barcsai utcai főgimnáziumban érettségizett le 1893-ban. Nagybátyja *Kvassay Jenő* minden bizonnyal nagy hatással volt rá, hiszen Sajó is a mérnöki pálya felé orientálódott. Az egyetem mind a négy évében osztályának legjobb tanulója volt, ezért ún. *királygyűrűvel* jutalmazták (*Kvassay-Sajó* 1989). 1897. június 17-én szerezte meg mérnöki diplomáját a Műegyetem mérnöki szakosztályán.

### 2. Sajó Elemér a mérnök

A mérnöki munkát 22 évesen kezdte meg a Ferenc-csatorna kirendeltségénél, ahol 1906-ig az Óbecsei kettős zsilip építésénél dolgozott, majd az Alsó-Bega csatornázási munkálatainál kamatoztatta tudását. Tapasztalatai alapján dolgozta ki

<sup>1</sup> *Tanai Anna*, muzeológus, Magyar Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeum (Duna Múzeum)

az építésvezetés alapvető gyakorlati szabályait, valamint a grafikus munkaterv készítését és az építőmunkák ellenőrzését is grafikus ábrázolással segítette. Ebben az időszakban jelent meg a *Kamara-zsilipek kövezett kamarákkal* című tanulmánya is, amely az első tisztán mérnöki kérdésekkel foglalkozó írása volt.

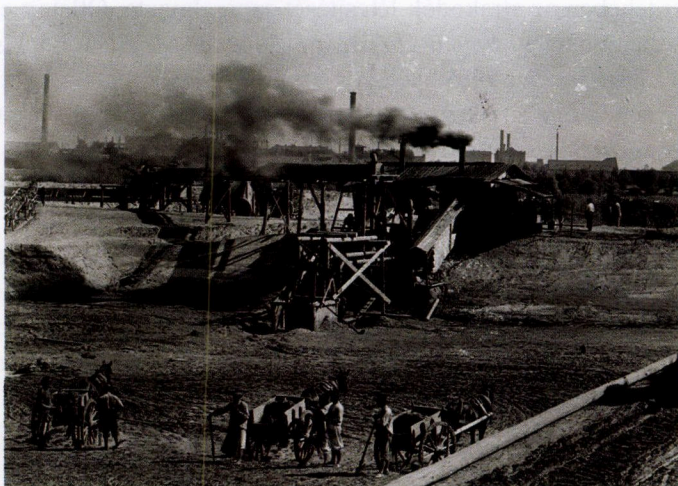


2. kép. Sajó Elemér mérnöki oklevele

1906-ban került Budapestre, a Soroksári-Dunaág rendezési munkálatainak kirendeltségéhez. Kitartó munkájának és igyekezetének meglelt az eredménye, hiszen ő lett a Soroksári-Dunaág felsőtorkolati zsilipjének (Kvassay-zsilip) tervezője és építésvezetője, így önálló tervezői és kivitelezői munkát kapott. Ekkor fejlődött ki az építőanyagok, új építési módszerek és korszerű berendezések iránti érdeklődése is (Lampl 1969).

Betonkeverési kísérleteket indított annak érdekében, hogy a hajózsilip betonmunkálatai a legkorszerűbb módon történjenek. Ehhez megnyerte Kvassay Jenő engedélyét egy *cementkísérleti állomás* építéséhez a Csepel-sziget csúcsán. Az itt elvégzett kísérletek alapján készítette el *A beton* című tanulmányát Lampl Hugóval, amellyel 1915-ben elnyerte a *Magyar Mérnök-és Építész Egylet aranyérmét* (Ágoston 2001). A Soroksári-Dunaág rendezési munkálatainál számos úttörő módszert és ötletet vezetett be. Például több alkalommal hozatott olyan korszerű berendezéseket, melyekkel addig még nem dolgoztak hazánkban (Wolfsholz-féle cementbesajtoló, Amsler-Laffon

cég hidraulikus sajtolójának első példánya) és amelyeket később országszerte nagy sikerrel használtak más munkálatoknál is.



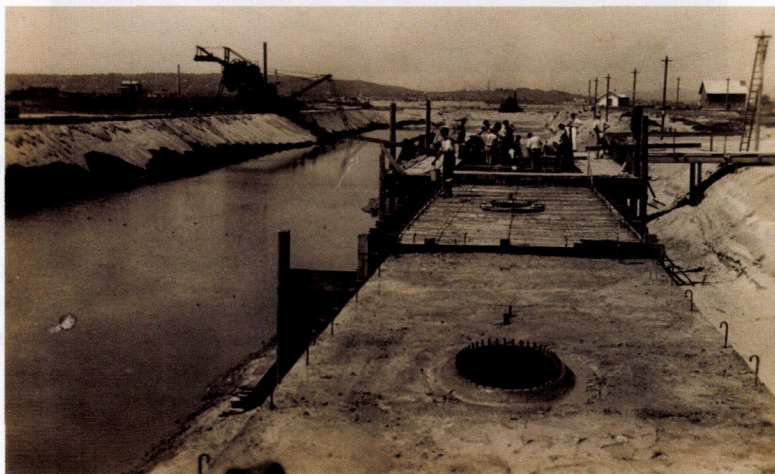
3. kép. A Soroksári-Dunaág felsőtorkolati zsilip építése madártávlatból

A hajózsilip előcsatornájában létesített partfal építésénél ő alkalmazta Magyarországon elsőként a *hengerelt vassádpallókat*, mint építőanyagot, a Tassi zsilipnél pedig az öntőtoronnyal létesített betonozási eljárást, ezáltal az *öntött betont* is. A munkálatokban résztvevő hazai mérnökök is sokat köszönhetnek Sajónak, hiszen általa olyan naprakész szaktudást és tapasztalatot szereztek ezekről a korszerű eljárásokról, amellyel a nemzetközi szakma élvonalába kerültek.



4. kép. Az elkészült hajózsilip látképe 1914-ben

*Víziutak és vasutak hazánkban és külföldön* című, 1909-ben megjelent tanulmányában a vízi utak fejlesztésének szükségességét és a vasúttal való szorosabb kapcsolat érdekében az átrakódók létesítését szorgalmazta. Ötleteit egy előadás keretében is bemutatta a *Magyar Hajózási Egyletben*. Meglátásai be is igazolódtak: az első világháború utolsó évében a vasúti és vízi forgalom közti kapcsolat hiánya nagy nehézségeket okozott az ország vezetésének. Ezért sürgetni kezdték egy *budapesti Duna kikötő* létrehozását. 1919. február 1. és március 21. között Sajó Elemér vezetésével elkészültek a kikötő általános tervei és a fontosabb részek részletes tervrajzai. Sajó a következő gondolatok mentén dolgozta ki a terveket: „A tervezetnek az volt az alap gondolata, hogy egyrészt a távoli jövőben várható, egyáltalában elképzelhető legnagyobb mértékű fejlődésre is meg legyen a lehetőség, de másrészt – tekintettel a súlyos gazdasági viszonyokra és a közel jövőben várható forgalom bizonytalanságára – ebből a nagy keretből egyelőre első részként csak annyit töltsünk ki, amennyi okvetlenül szükséges.” (Sajó 1923)



5. kép. A nyiltrakodó építése a budapesti kikötőben

Az országot sújtó nehéz gazdasági állapotok miatt a munkálatok nehézkesen haladtak, a minisztérium részéről a teljes munkabeszünetést javasolták. Ám végül Sajó Elemérnek sikerült meggyőznie *Bokányi Dezső* munkaügyi népbiztost személyes látogatása alkalmával, aki így az építkezés folytatása mellé állt (Lampl 1969).

Sajó többször is megmentette a kikötő ügyét. Egyrészt a katonai hangárokból akkora építőanyag készletet halmozott fel, ami sok évre biztosította az építkezések alapanyagát. Másrészt később, a Tanácsköztársaság bukása után, amikor a Földművelésügyi Minisztérium beszüntette az építési munkálatokat, Sajó ismét közbenjárt a kikötő megvalósítása érdekében. Felkereste *Zielinszki Szilárd* műegyetemi tanárt, hogy mint a Közmunkák Tanácsának elnöke segítse az ügy továbbhaladását.

Erőfeszítéseik sikeresek voltak, hiszen a Minisztertanács 1921. augusztus 12-én határozott a munkálatok folytatásáról. Az építkezés irányítására kormánybiztosságot állítottak fel, melynek vezetőjéül Zielinszkit nevezték ki, Sajót pedig a Földművelésügyi Minisztérium vízügyi főosztályára helyezték. Az 1928-ban megnyitott kikötő tervét Sajó úgy dolgozta ki, hogy a költségvetést ne terheljék a felesleges építmények, de újabb pénzügyi források esetén a koncepció továbbgondolható legyen. Ötletének zsenialitását mi sem bizonyítja jobban, mint, hogy az 1958-as fejlesztések során egyetlen régi épületet sem kellett áthelyezni, vagy elbontani, és az új koncepció teljes mértékben illeszkedni tudott a régihez (Ágoston 2001).



6. kép. A budapesti vámmentes kikötő megnyitása 1928. október 20-án

Életének következő szakaszában, Sajó a Balaton kerületi felügyelői állását töltötte be, valamint a nemzeti Dunabizottságnak és a dunai vízügyek műszaki bizottságának volt az előadója. A vízügyi szolgálat élére 1930-ban került és szinte azonnal kész programmal állt elő. Az „Emlékirat a vizeink fokozottabb kihasználása és újabb vízügyi politikánk megállapítása tárgyában” című írását sokan Sajó testamentumának is tekintik, amelyben kijelölte a hazai vízügyi politika legfőbb irányait és feladatait. A tervezésen kívül ugyanis mást nem igazán volt lehetősége tenni: „Sajó Elemérnek egyéni tragikuma hogy akkor került a vízügyi szolgálat legmagasabb polcára, amikor az ország a válság általános súlya alatt görnyedt, és őt a pénztelenség fékezi tehetsége gyümölcseinek megérlelésében. Da ha építeni nem is tud, a jövő terveit készíti elő. Buzdít és tanít, szervez és tervez.” – írja Lampl Hugó erről az időszakról (Lampl 1969).

Nem véletlen, hogy ekkor születtek azok a cikkek és tanulmányok, amelyek a hazai műszaki irodalom előrelátó írásai közül a legértékesebbek közé tartoznak.

Az öntözést a hazai vízhasznosítás egyik legfontosabb elemének tartotta, ezért 1931-ben megjelentette *Az öntözésről*, majd két év múlva az *Újabb tanulmányok az öntözésről* című tanulmányköteteket. Kiemelten foglalkozott az alföldi öntözéssel, és meg is bízta *Lampl Hugót* az Alföld öntözését megalapozó tervek kidolgozásával. A Körösök mentén mások is felismerték Sajóék programjának lényegét, így 1933 nyarán megalakult a *Körös-völgyi Vízhasznosító Társaság*, amelynek elnökéül *Márky Barna* alispánt, ügyvezető elnökül pedig *Sebők Elek* békési ügyvédet választották az érdekelt birtokosok és gazdák. Az elkészült vízhasznosítási tervet *Kállay Miklós* miniszterhez is eljuttatták, aki utasítást adott ki a Hármas-Körös csatornázási munkáinak folytatására (*Ágoston* 2001).

Sajó Elemérnek a Duna Múzeumban ma fellelhető *vízügytörténeti anyag gyűjtésében* is megkérdőjelezhetetlen érdemei vannak. Ugyanis az 1930-es évek elején intézkedett arról, hogy a Vízrajzi Intézet gyűjtse össze azokat a térképeket, műszaki dokumentumokat, amelyek történeti becserkük mellett hasznos információkat is tartalmaznak.

Az öntözésről szóló szakirodalmak mellett a *Magyar halászat* és a *Magyar szikések* címet viselő művek is ebben az időszakban születtek. Az ő újítása volt az is, hogy a *Vízügyi Közlemények* külföldre szánt példányai egy négy nyelvű összefoglalóval kiegészülve jelenjenek meg. Az 1947-ben megjelent *Duna-Tisza csatorna c. tanulmány első fejezetét* is javarészt ő írta, így az az ő neve alatt posztumusz jelent meg. Utolsó nagy munkáját („*Emlékirat a vízügyi szolgálat szervezeti kérdései tárgyában*”), nem egyedül, hanem kollégái bevonásával készítette el. Ebben kifejti véleményét arról, hogy a vízügyi szolgálatot már nem szabad tovább szűkíteni,



7. kép. Sajó Elemér igazolványképe

mert az az egész országra nézve óriási katasztrófához vezetne. Továbbá megfogalmazza azt is, hogy a Trianon utáni csonka-Magyarországon a vízkárelhárítás és a vízhasznosítás sokkal nagyobb hangsúlyt kell kapjon, mint a háború előtti időszakban. Céljai meg is valósultak, hiszen az ezt követő időszakban a vízügyi keretet nem szűkítették tovább és a halála után pár évvel az öntözéssel kapcsolatos fejlesztések is megindultak. 1934-ben, Magyarország kormányzója II. osztályú Magyar Érdemkeresztet adományozott neki. Még ebben az évben szolgálati idejének leteltével a nyugdíjazását kérte, melyet kollégái szomorúan vettek tudomásul. Sajnos a megfeszített munkatempó gyorsan felőrölte egészségét, 1934 őszén hunyt el Budapesten.

Munkássága nem szűnt meg halálával, hiszen számos olyan cikk és tanulmány született később is, amelynek létrejöttét Sajó Elemér ösztönözte. Tanítványait sokszor erre intette: „Minden ember annyit ér, amennyi értéket szellemi munkájával termel és örökségképpen hagy utódaira.” (Ágoston 2001)

### 3. Sajó Elemér az ember

A fentiek alapján átfogó képet kaphattunk *Sajó Elemér* mérnöki munkásságáról. De vajon milyen volt ő magánemberként? Milyen volt családapaként, hogyan viselkedett beosztottjaival és kollégáival? A Duna Múzeumban őrzött hagyatéki anyag alapján a mérnök magánéletébe, mindennapi viselkedésébe is bepillantást nyerhetünk.

Az őrszentmiklósi családi birtokot nagyon szerette, a hivatali munka mellett azon dolgozott, hogy a földek minőségét feljavítsa és egy gyümölcsöző gazdaságot hozzon létre. *Fiaihoz intézett intelmeiben a következőket írja: „...nyarasi kis gazdaságunkat – amely a földnek gyenge volta miatt már 40 év előtt sem jövedelmezett – megpróbálom rendbehozni, megjavítani és jövedelmezővé tenni.”* (Sajó 1933)



8. kép. A nyarasi ház Őrszentmiklóson 1891-ben

*Sajó Elemér* 1909-ben vette feleségül *Manily Máriát*. Három fiúk született: *Kvassay-Sajó Zoltán*, *Kvassay-Sajó Miklós* és *Kvassay-Sajó Endre*. Családi életéről titkárnője, *Ecsődi Oszkárné Kardos Ottilia* visszaemlékezésében olvashatunk: „Őmaga példás családi életet élt, boldogan és büszkén mesélt sokszor fiairól, ott-honáról, kedves őrszentmiklósi pátriájáról.” (Ecsődi 1975)

Második fia, *Kvassay-Sajó Miklós* így emlékszik vissza gyermekkorára: „Valamennyien abban a budai hárszobás lakásban születünk, amelyet apám 1909-ben kötött házassága után vett ki bérbe, és abban éltünk, nőttünk fel valamennyien.

*Apám rangjának emelkedése nem készítette őt nagyobb lakásba. Nem vendégeskedtünk, egyszerűen éltünk táplálkozás, ruházkodás, lakás tekintetében.”* (Kvassay-Sajó 1989)



9. kép. Sajó Elemér és Manily Mária esküvői ruhában

Fiait nagyon szerette, habár munkája gyakran elszólította otthonról, gyermekei nevelésében aktívan részt vett. *„Bátyámat és engem minden vasárnap elvitt egy jó nagy sétára, amit arra használt fel, hogy ismereteinket bővítse.”* – írja Kvassay-Sajó Miklós (Kvassay-Sajó 1989). Azokat a jó tanácsokat és intelmeket, amelyeket e séták alkalmával nem tudott elmondani, leírta fiainak 1933-ban. Ebben az írásában – habár fiaikhoz szól – elárulja saját természetét is. Például, hogy kiváló emberismerő volt, és ezzel tisztában volt ő maga is: *„Hosszú hivatalos pályám alatt – igen sok ember állván vezetésem alatt – jelentékeny emberismeretet szereztem. Fellebbvalóim – valahányszor újabb és mind kényesebb beosztásokba helyeztek – rendszerint kiemelték, hogy választásuknál emberismeretem is nagy szerepet játszott. Ezért – úgy hiszem – a*

*tapasztalatokon kívül emberismeret és ezzel összefüggő képességek is segítenek abban, hogy rendkívül súlyos helyzetben, egy életbevágó pillanatban helyesen bírjam megvilágítani a boldogulás felé vezető utat.”* (Sajó 1933) Az igazmondás rendkívül fontos volt számára, ezzel kapcsolatban így fogalmazott: *„Aki a hivatalos életben csak egyszer is hazudik vagy ferdít, az már elveszett ember. Fellebbvalóim ezért is becsültek, mert mindig, minden színezés nélkül, őszintén feltártam nekik a leplezetlen igazságot.”* (Sajó 1933)

Kvassay-Sajó Miklós levelében felidézi azt, amikor apja a saját költségén utazott el Prágába, mivel árvízvédelmi kormánybiztosként nehezményezte, hogy a Trianoni békeszerződés után a csehektől nem érkezett vízállásjelentés. A cseh mérnök azt válaszolta neki, hogy Ő nem kapott hivatalos engedélyt az adatok továbbítására, de magánemberként elküldi azokat Sajó privát címére. *„...emlékszem nem egy esetben éjjel 2, vagy 3 óraker jött a távirat, apám sietve öltözött és néha napokig nem láttuk, csak árvíz után. Senki sem tudja, hogy hány ember életét mentette meg apám ezzel a nagyszerű tettével, csak azt tudom, hogy egyszer halálra fáradva jött haza és kérdéseinkre egy kis mosollyal mondta:» Most már nyugodtan alhat a dunamenti nép. « ”* (Kvassay-Sajó 1989)



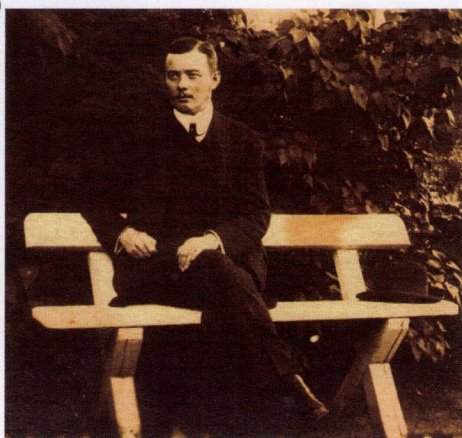
10. kép. Sajó Elemér  
elsősülött fiával,  
Sajó Zoltánnal 1911-ben

Elsősülött fia, Zoltán emlékezéséből tudhatjuk, hogy Sajó Elemér nagybátyja, Kvassay Jenő részéről semmilyen kivételezésben nem részesült pályafutásra során: „... *Jenő bátyja még a háború folyamán közölte vele, hogy előléptetése mindaddig csak utolsóként fog sorra kerülni, míg ő a főnöke, mert el akarja kerülni annak lehetőségét, hogy valaki is arra gondolhasson, hogy unokaöccsét előnyben részesíti.*” (Kvassay-Sajó 1969)

A Duna Múzeum gyűjteményében őrzött dokumentumok és visszaemlékezések alapján Sajót a közeli és távoli kollégái is kedvelték, nagyra tartották. Titkárnöje, *Ecsődi Oszkárné Kardos Ottilia* így emlékszik vissza arra a napra, mikor kiderült, hogy Sajó Elemér őt választotta titkárnökének:

„*A hír teljesen váratlan volt számomra, hiszen talán a legfiatalabb voltam akkor (nemcsak korban, hanem szolgálati időben is) kolléganőim között, másrészt azonban nagyon örültem is, mert akkor már tudtam, hogy nagykonceptiójú, széles látókörű főnök segítőtársa lehetek, aki azonban emberileg is rendkívül szimpatikus volt, beosztottjai rajongtak érte. Hatalmas tudása, izzó magyarsága bölcsességgel, szervezőerővel, rendkívüli munkabírással párosult. Sokat követelt munkatársaitól, de elsősorban saját maga számára emelte legmagasabbra a mércét.*” (Ecsődi 1975)

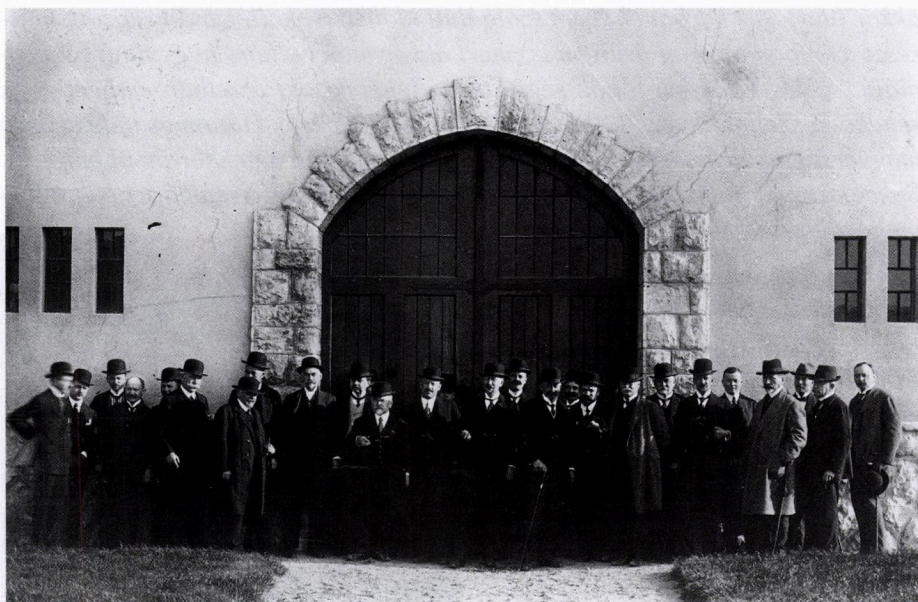
Ecsődi Oszkárné Sajó személyiségét így jellemezte: „*Már külső megjelenése is bizalmat ébresztő volt. Mosolygós tekintete, derűs kék szemei, élénk, mégis nyugodt gesztusai is elárulták a nagyműveltségű, az élet minden vonatkozásában kulturált magatartású egyéniségét. Hallatlan biztonsággal vezetett egy-egy nehéz tárgyalást úgy, hogy még az ellenvéleményen lévők is sokszor meghajoltak érvei előtt.*” (Ecsődi 1975)



11. kép: Sajó Elemér 1910-ben

A mindennapokat így eleveníti fel: „Több, mint negyven év távlatából is élénken magam előtt látom, amint hétfőn reggelenként tömött irattáskával érkezett meg, már előre mosolyogva munkatársai meglepődésén, hogy vajon mit termelt őrszentmiklósi otthonában a hétvégén. Nagyszerűen tudta, hogy ki mire alkalmas, milyen új feladatokkal, gondolatokkal tudja lelkesíteni, munkába lendíteni még a kissé szkeptikusokat is. Körülötte mindig élénk élet, pezsgés, bizakodó hangulat volt.” (Ecsődi 1975)

Sajó kiváló emberismeretét Ecsődi Oszkárné is megerősíti: „Rendkívül jó szeme volt ahhoz is, hogy sokszor valamelyik messze fekvő vízügyi hivatal mérnökében is meglássa az értéket. Addig szinte ismeretlen fiatalokat bízott meg nagy feladatok végzésével, kinevelve ezzel valósággal egy új gárdát, amely nem csak műszakilag volt élenjáró, hanem Sajó Elemér súlyt helyezett arra is, hogy az értékes tapasztalatok tanulmányokban, cikkekben, könyvekben stb. leírásra rögzítésre kerüljenek. Számba vette, hogy a csepeli vámmentes kikötő befejezésével egy olyan kitűnő mérnök-gárda áll rendelkezésre (Lampl Hugó, Freytag Ferenc, Pauncz Rezső és mások) amely képes lesz felkészülni – és később megoldani – a jövő igen nagy munkáit.” (Ecsődi 1975)



12. kép: Csoportkép a Soroksári-Dunaág felsőtorkolati zsilip építésekor (Sajó Elemér jobbról az ötödik)

Egyik utolsó emlékét a következőképpen írja le: „Egy ideig még reménykedtünk, hogy felgyógyul Jól emlékszem, egy ízben egy nagyalakú, vastag borítékban még hozzám juttatta néhány elintéznivaló ügyiratát, külsőleg ráírva: »Ottika, ha majd meggyógyulok, még megbeszéljük! «

*Soha többé erre már nem került sor...*” (Ecsődi 1975)

## IRODALOMJEGYZÉK

*Ágoston István* (2002): A nemzet inzsellérei. Vízmérnökök élete és munkássága XVIII-XX. sz. 111-116- o. Alsó-Tiszavidéki Vízügyi Igazgatóság, Szeged

*Ecsődi Oszkárné Kardos Ottília visszaemlékezése* (1975): Duna Múzeum, Tematikus gyűjtemény DM\_KT\_28.42.15.3. lelt. szám alatt

*Kvassay-Sajó Miklós levele Várhelyi Lászlónak* (1989): Duna Múzeum, Tematikus gyűjtemény, DM\_KT\_28.42.14.2. lelt. szám alatt

*Kvassay-Sajó Zoltán levele Károlyi Zsigmondhoz* (1969): Duna Múzeum, Tematikus gyűjtemény DM\_KT\_28.42.17. lelt. szám alatt

*Lampl Hugó* (1969): Sajó Elemér. Különlenyomat a *Vízügyi Közlemények* 51. évf. 1969/4. számából

*Sajó Elemér* (1923): A budapesti kereskedelmi kikötő munkálatai. In.: *Vízügyi Közlemények* 9. évf. 1923/1. szám 21–31. o.

*Sajó Elemér* (1933): Szemelvények Sajó Elemér fiaihoz intézett intelmeiből. Duna Múzeum, Tematikus gyűjtemény DM\_KT\_28.42.12. lelt. szám alatt

A fényképek a Magyar Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeum (Duna Múzeum) gyűjteményéből valók.

\* \* \*

### Sajó Elemér műveinek válogatott bibliográfiája

*Sajó Elemér*: Kamarazsilipek kövezett kamarákkal. *A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye* 38. évf. 1904, 9. sz. 393-410. p

*Sajó Elemér*: Viziutak és vasutak hazánkban és a külföldön. Budapest, 1909.

*Sajó Elemér*: A soroksári Dunaágon rendelkezésre álló vízierő. *A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Heti Értesítője*, 29. évf. 1910, 9. sz. 108-114. p.

*Sajó Elemér–Benedek József*: A soroksári Dunaág felső kamarazsilipjének pályatervei és kiviteli terve. *Vízügyi Közlemények*, 1911, 3. füzet, 145-175. p.

*Sajó Elemér*: Adatok a Ferencz-csatornáról. *Vízügyi Közlemények*, 1912, 2. füzet, 91-110. p.

*Sajó Elemér*: Vízalatti vasszerkezetek rozsdásodása. *Vízügyi Közlemények*, 1912, 3. füzet, 171-178. p.

*Sajó Elemér*: Új hajóvontató berendezés. *Vízügyi Közlemények*, 1913, 3. füzet, 223-239. p.

*Sajó Elemér*: A csehországi újabb folyócsatornázások. *Vízügyi Közlemények*, 1913, 4. füzet, 19-30. p.

*Sajó Elemér–Lampl Hugó*: A beton. Pátria Rt., Budapest, 1914. 553 p.

*Sajó Elemér–Lampl Hugó*: Új eljárás a leggazdaságosabb betonkeverékek megállapítására. Bp., 1914. 40 p.

*Sajó Elemér*: A soroksári Dunaág csatornázása. *Vízügyi Közlemények*, 1914, 1. füzet, 1-42. p.

*Sajó Elemér*: Döngölt vagy öntött beton? *Vízügyi Közlemények*, 1914, 2. füzet, 212-215. p.

*Sajó Elemér*: A müncheni vízügyi kiállítás és a bajor vízgazdasági politika. *A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye* 55. évf. 1921, 40. sz. 285-288. p.

*Sajó Elemér*: A budapesti kereskedelmi kikötő munkálatai. *Vízügyi Közlemények*, 1923, 1. füzet, 21-31.p.

*Sajó Elemér*: A vízügyi szolgálat szervezetének fejlődése. In: *Technikai fejlődésünk története (1867-1927)*. Budapest, 1928. 283-289. p.

*Sajó Elemér* (szerk.): Az öntözésről. Budapest, 1931.

*Sajó Elemér*: Emlékirat vizeink fokozottabb kihasználása és újabb vízügyi politikánk megállapítása tárgyában. *Vízügyi Közlemények*, 1931, 1. füzet, 7-89. p.

*Sajó Elemér–Trummer Árpád* (szerk.): A Magyar szikesek, különös tekintettel vízgazdálkodás útján való hasznosításukra. Budapest, 1934, Pátria.

## NAPI INGADOZÁS A HIDROLÓGIAI JELLEMZŐKBEN

GRIBOVSZKI ZOLTÁN<sup>1</sup>, KALICZ PÉTER<sup>2</sup>, HERCEG ANDRÁS<sup>3</sup>,  
GRIBOVSZKI KATALIN<sup>4</sup>, SZABÓ ANDRÁS<sup>5</sup>, BOLLA BENCE<sup>6</sup>,  
ZAGYVAINÉ KISS KATALIN ANITA<sup>7</sup>

### 1. Bevezetés

A talajnedvesség, a talajvíz és a lefolyás időbeli változatosságában hosszú- (többéves vagy éven belüli változékonyság) és rövid periódusidejű (pl. napi) változásokat különböztethetünk meg. Az éves periódusú változásnál az ökoszisztéma évszakos ökológiai ritmusával különböző szacikkek sora foglalkozik.

---

<sup>1</sup> *Dr. Gribovszki Zoltán* okl. erdőmérnök, vízkészletfeltárás-vízrajz szakmérnök, DSc, egyetemi tanár, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet ([gribovszki.zoltan@uni-sopron.hu](mailto:gribovszki.zoltan@uni-sopron.hu))

<sup>1</sup> *Dr. Kalicz Péter* okl. környezetmérnök, földmérő és földrendező mérnök, PhD, egyetemi docens, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

<sup>1</sup> *Dr. Herceg András* okl. környezetmérnök, PhD, tudományos munkatárs, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

<sup>1</sup> *Dr. Gribovszki Katalin* okl. környezetmérnök, térinformatikai szakmérnök, matematikus, PhD, tudományos főmunkatárs, HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, Sopron

<sup>1</sup> *Dr. Szabó András* okleveles agrármérnök, talajtani szakmérnök, tudományos főmunkatárs, Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet

<sup>1</sup> *Dr. Bolla Bence* okl. természetvédelmi mérnök, árvíz- és belvízvédelmi szakmérnök, Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet

<sup>1</sup> *Dr. Zagyvainé Kiss Katalin Anita* okl. környezetmérnök, faipari mérnök, PhD, kutatási asszisztens, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet

A hidrológiai szakkönyvekben is hosszasan taglalják ezt a jelenséget, de a talajnedvesség, a talajvízjárás és az alapvízhozam rövid periódusidejű (pl. napi) jellemzőiről (ún. *diurnális ciklusáról*) a klasszikus szakkönyvekben alig találunk említést.

Példaként *Baumgartner–Liebschner* (1990) csak egy rövid bekezdést szentel a kérdésnek, ahol a jelenséget a levegő hőmérsékletének változásával magyarázza. Ez a megfigyelés a Harz-hegységbeni kísérleti terület eredményeihez kapcsolódik (*Delfs et al.* 1958). *Hewlett* (1982) „*Principles of Forest Hydrology*” című munkájában említi a jelenséget egy bekezdés erejéig és okának már az evapotranszpirációt (ET) adja meg. *Lee* (1980) „*Forest Hydrology*” című tankönyvében említi a talajvízben jelentkező szignált, és a talajvízszintekben jelentkező napi ingadozás alapján a talajvíz evapotranszpirációt számító *White* (1932) módszert be is mutatja, de részletesebben nem elemzi a problémát. Az evapotranszpiráció talajvízre gyakorolt hatásának tárgyalásánál *Dingman* (2002) elemzi a napi ritmusú talajvízszint-változást, és szintén a *White*-féle eljárást ismerteti, mint az evapotranszpiráció meghatározásnak egy módszerét a felszínközeli talajvízű területeken. A témával igen részletekbe menően foglalkozott *Pörtge* (1996), aki a rövid periódusú változások közül szintén a napi periódusidejű lefolyásváltozást vizsgálta behatóbban.

A hazai szakkönyvek közül *V. Nagy* (1965) és *Juhász* (2002) említi a talajvíz napi ciklusú járását, mindkettő *Ubellnek* (1960) a VITUKI kecskeméti kísérleti telepén végzett méréseire hivatkoznak. Az ingadozást a talajhőmérséklet napon belüli hullámzásához kapcsolják, és okának kizárólag a talajlevegő abszolút páratartalmában, a párolgás és kicsapódás folyamatai miatt bekövetkező változásokat tekintik. A talajvízszintekben jelentkező napi ciklusú változás megjelenését előbbi szerzők a vegetációs időszakhoz kötik és csak a felszínközeli talajvizeknél veszik jellemzőnek. Más hazai szakkönyvekben (pl. *Németh* 1954; *Szesztay* 1972; *Zsuffa* 1996; *Stelczer* 2000) nem is találtunk említést a jelenségről. A szakcikkek esetében, különösen napjaink irodalmát áttekintve, más a helyzet. A közelmúltban már egyre több cikk jelenik meg, melyek a hidrológiai jellemzőkben bekövetkező napi ciklusú változás alapján igyekeznek magyarázni és számszerűsíteni bizonyos vízháztartási jellemzőket. Magyarországi viszonylatban leg-részletesebben *Gribovszki* (2023) tekintette át a hidrológiai jellemzőkben kimutatható napi hullámzás jellegzetességeit, okait és az ennek alapján nyerhető, a vízgazdálkodás számára fontos információkat.

A lefolyásban jelentkező napi periódusú ingadozás *Pörtge* (1996) szerint csak kisvízgyűjtőkön (kb. 40 km<sup>2</sup> nagyságig) kisvízi időszakban tapasztalható, és csak a rajzoló vízmércével rendelkező állomásokon mérhető értékelhető formában. A jelenség ritkábban magában a vízfolyás medrében vizuálisan is felismerhető.

Lundquist és Cayan (2002) vizsgálatai szerint azonban a napi periódusú hullámzás több ezer km<sup>2</sup>-es vízgyűjtő nagyságnál is tapasztalható. A napi periódusidejű hullámzás nagyobb vízgyűjtők lefolyásában való megjelenését igazolják Troxell (1936) és Meyboom (1965) korábbi vizsgálatai is, ahol a jelenséget 40 km<sup>2</sup>-nél jóval nagyobb vízgyűjtőkön elemezték.

Az a tény, hogy a napi periódusú talajnedvesség- és talajvízjárásnak, valamint vízhozam ingadozásnak a korábbi tudományos irodalomban csak kevés figyelmet szenteltek, azon alapulhatott, hogy az általa képviselt mennyiségi változás vízgazdálkodási szempontból kevésbé jelentős. Ehhez járult még az a tényező, hogy e jelenség sokszor egyszerűen ismeretlen volt a mérést végző számára. Közvetlenül a mederben sokszor alig felismerhető a napi ciklusú vízszintváltozás, a rajzoló nélküli vízmércéken és a régi típusú, nem megfelelő érzékenységgű rajzolókon pedig ritkán kimutatható. A kimutathatóság korlátját jelentette a hidrológiai gyakorlatban a lefolyási adatok gyűjtésénél alkalmazott napi, vagy a talajnedvesség és talajvízszintek észlelésénél használt heti egyszeri észlelés, amellyel lehetetlen érzékelni ezeket a napi ciklusidejű változásokat.

A korszerű digitális adatgyűjtő eszközök fejlődésével egyre több lehetőség adódik nagyobb gyakoriságú adatgyűjtésre, így számos új információt nyerhetünk a napi periódusú hullámzásról.

A napi ciklusú ingadozásból levonható információk nemcsak a vízkészletek számszerűsítésére, az adott víztartó jellemzőinek becslésére alkalmasak, hanem nagyon jó *diagnosztikai mutatói a klímaváltozásnak* is.

A legtöbb esetben a *hidrológiai jellemzőkben tapasztalható napi ciklusú változás fő indukáló faktorainak a napsugárzást és a hőmérsékletet tekintjük*. Ezek szabályozzák a napi ciklusú vízfelvételt és vízleadást, a csapadék, az evapotranszpirációt, az infiltrációt és a hóolvadás vagy egyszerűen a hőmérséklet napon belüli fagypont alatti és fölötti változása révén. Egyes folyamatok (pl. hóolvadás) a vízfolyásokban vagy a felszínközeli talajnedvességben közvetlenül és szinte azonnal érzékelhetőek, míg a talajvíznél kisebb a jelentőségük, ill. bizonyos késleltetéssel jelentkeznek.

Bár a napi ciklus megjelenése lehet valamilyen vízgazdálkodási tevékenység eredménye is, különösen kifejezett pl. a vízerőművek környezetében, jelen munka azonban elsősorban a napi ritmusú hullámzás természetes megjelenési formáival foglalkozik. A természetes hatásokra jelentkező napi fluktuáció folyamatának értelmezése segít annak megértésében is, hogyan történik a vízkészletek utánpótlódása egy talajnedvesség profil, egy talajvíztest vagy egy vízfolyás esetében, és milyen formában számíthatunk a veszteségekre. Ezek az információk a hosszabb távú vízhozamnövekedések és csökkenések értelmezését könnyíthetik meg, és jól felhasználhatók vízgazdálkodási kérdések eldöntésében is.

## 2. A napi ciklusú változás típusai

Tekintsük át részletesebben azokat a mechanizmusokat, amelyek befolyásolják a talajnedvesség, a felszínközeli talajvízjárás és a kisvízfolyások alapvízhozamának napi ciklusú változását. *Lundquist és Cayan* (2002) ezen előbbi hidrológiai jellemzőkben jelentkező napi periódusú hullámzás vizsgálatánál többféle mechanizmust, többféle típust vettek alapul. Szolgáljon például erre a következő csoportosítás.

### 2.1. *Influens vízfolyás infiltrációs vesztesége*

Ez a jelenség csak a felszíni vízfolyásoknál érzékelhető. A víz viszkozitása és a hidraulikus vezetőképesség egyaránt hőmérsékletfüggő, így az influens (talajvízbe bepótló) vízfolyások, vagy influens vízfolyásszakaszok medren keresztüli elszivárgásban jelentkező vízvesztesége függ a vízfolyás hőmérsékletétől (*Lundquist és Cayan* 2002). Azokon a szakaszokon, ahol a vízfolyás vize bepótol a talajvízkészletbe, a legnagyobb vízveszteség a legnagyobb vízhőmérsékletnél következik be. A napi fluktuáció a patak hőmérsékletében a legnagyobb, amikor

- a patak vízhozama alacsony és/vagy nagy a vízfelszín-vízhozam arány, ill.
- a patak vize nagy hőforgalomnak van kitéve a napon belüli hőmérsékleti és sugárzási fluxusok változásai következtében (*Lundquist és Cayan* 2002).

A vízfolyások infiltrációs veszteségből származó, napi ciklusú vízjárása hasonló aszimmetriát mutat, mint az evapotranszpirációs típusé, hirtelen csökkenéssel és fokozatos emelkedéssel az egyes napokon.

Az erdőszült vízgyűjtőkön, árnyékolt vízfolyásmedernél általában olyan kicsi a napi vízhőmérséklet ingadozása, hogy az előbbi hatásnak nincs jelentősége.

Ugyancsak nincs jelentősége a hőmérsékletváltozásra bekövetkező sűrűségváltozásból eredő vízszintingadozásnak ( $4,8 \cdot 10^{-4}$  [mm/(nap·K)]) egy a Földön reálisnak tekintett napi hőmérsékleti cikluson belül (*Czikowsky és Fitzjarrald* 2004).

### 2.2. *Rendszeresen megjelenő napi csapadék okozta ingadozás*

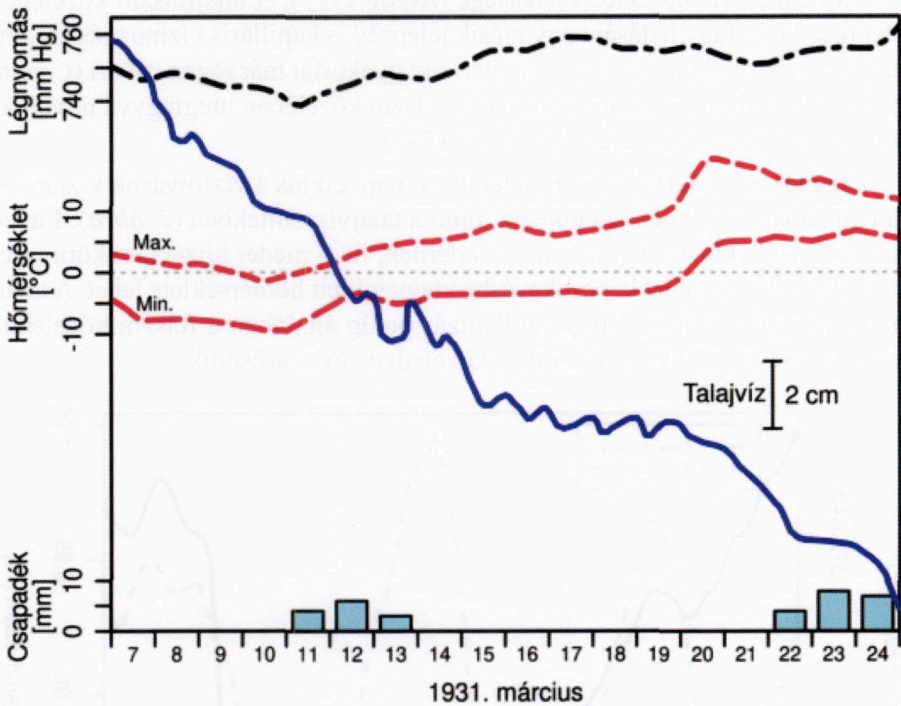
Egyes klímazónákban, például a trópusokon, az egyenlítő környékén, a szisztematikusan dél körül, kora délután megjelenő napi csapadék árhullámokat indít el a vízfolyásokon, amely árhullámok az összegyülekezéstől függően karakterisztikus napi jelleget kölcsönöznek a vízfolyások vízjárásának (*Wain* 1994). Mivel ez a típus klímafüggő, a mérsékeltövi klímazónában nem jellemző.

### 2.3. *A hóolvadás és a fagyás-olvadás indukálta napi ingadozás*

A hóolvadás és a fagyás-olvadás okozta napi periódusú hullámzás azokon a fagyos napokon jelenik meg, ahol a hőmérsékleti amplitúdó 10 °C körüli és a maximális hőmérséklet fagyponthoz közelebb van. A talajvízállás és a lefolyás menete ebben az esetben a levegőhőmérséklet menetével korrelál, tehát általában egy hajnali,

reggeli minimummal és egy kora délutáni maximummal jellemezhető (1. ábra).

Ez a főként *hőmérséklet által vezérelt típus* azokon a területeken és időszakokban a legjellemzőbb, ahol a téli hótakaró olvadása jelentős változásokat okoz a vízfolyások vízhozamában, ill. a felszínközeli talajvízszintekben. A hóolvadás kis vízgyűjtőkön való tanulmányozása során egy aszimmetrikus napi ritmus megjelenése tapasztalható a vízfolyások hozamában. A napi ritmus jellemzője az éles emelkedés és a fokozatos csökkenés (Lundquist-Cayan 2002). Az aszimmetria magyarázata a hóolvadás és a hólé függőleges irányú szivárgási dinamikájában keresendő.



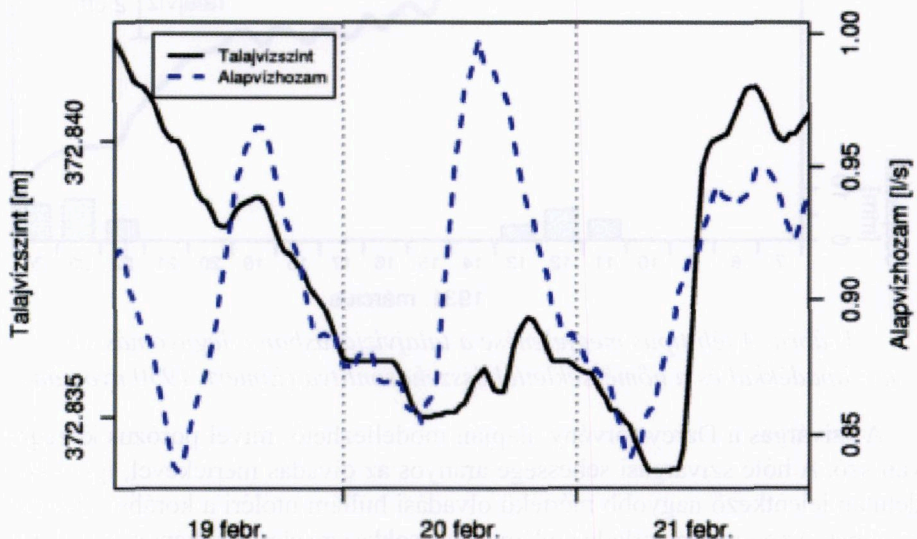
1. ábra. A téli típus megjelenése a talajvízjárásban a légnyomással, a csapadékkal és a hőmérséklettel összehasonlítva (Eimern 1950 nyomán)

A szivárgás a Darcy-törvény alapján modellezhető, mivel porózus közegről van szó. A hólé szivárgási sebessége arányos az olvadás mértékével, így a kora délután jelentkező nagyobb mértékű olvadási hullám utoléri a korábbi, délelőtti kisebbet. Az egymásra torlódó hullámok egy sokszerű éles frontként jelennek meg a hóréteg alján vonuló olvadt hólé vízjárásában és így a befogadó vízfolyás hidrogáfjában is. A késő délutáni, esti csökkenő olvadási fluxusok viszont egyre inkább lemaradnak egymáshoz képest, így egy graduálisan csökkenő tendenciát hoznak létre a vízjárásban (Lundquist-Cayan 2002). A folyamat numerikus modellezésének

eredményei szerint a maximális vízhozam időpontja egyre korábbra tolódik, ahogy a hóréteg vékonyodik és egyre „érettebbé” válik. Caine (1992) és Jordan (1983a, 1983b) módszereket is javasolnak, amelyek segítségével a vízjárásban jelentkező napi periódusú hullám alakjának és a maximális vízhozam idejének alapján becsülhető a hóréteg vastagsága és hidraulikus vezetőképessége, főként kisvízgyűjtőkön.

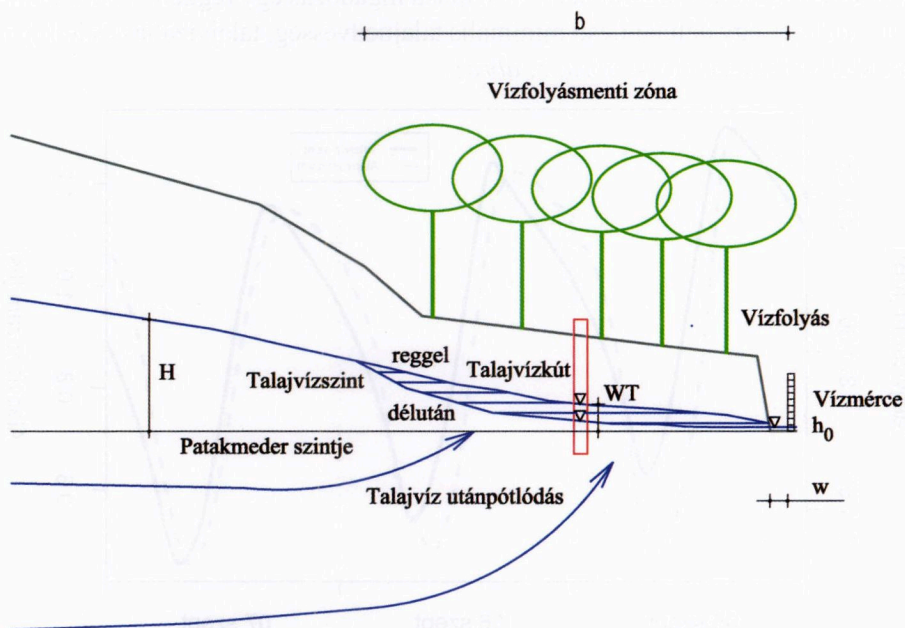
Hómentes területeken vagy időszakokban is előidéz a fagyás-olvasadás jelensége egy hasonló napi ritmust. Már Bouyoucos (1915) följegyezte, hogy a talajnedvesség páraalakban a meleg helyről a hidegebb és szárazabb hely felé mozog. Ez a jól ismert *termoozmózis jelensége* (Kézdy 1977). A talajfelszín közelében jelentkező talajfagy hatására egy másik jelenség, a kapilláris vízmozgás megindulása is tapasztalható, amint ezt a mérnöki gyakorlat már régen ismeri (Coduto 1999). A kapillárisan utánpótlódó víz a felszín közelében megfagyva növeli az ott kialakult jéglenccék méretét (Kézdy 1977).

A fagyás és olvasadás hatására jelentkező napi ciklus a vízfolyások vízjárásában általában élesebben jelentkezik, mint a talajvízszintekben (2. ábra). Ennek magyarázata a kisvízfolyásoknál a medernek, ill. a meder közvetlen környezetének a talajvíztartóhoz képest kevésbé kiegyenlített hőmérséklete lehet. A talajvízben jelentkező ilyen típusú hullámozás pedig általában a felszín közelében lévő talajvízszinteknél, a felszínhez közeledve egyre erősödik.



2. ábra. A téli ún. hőmérsékleti típus menete a Hidegvíz-völgy mintavízgyűjtő vízhozam és egy vízfolyás menti talajvízkút vízállás idősorában a 2007. évben

A felszínközeli talajfagy kihatása általában 1-2 m. A folyamatos állandó fagyhatásra nem tapasztalható a napi ritmusú hullámzás csak a talajvízszint folyamatos süllyedése és ugyanez detektálható a vízfolyások alapvízhozamában is. A periodikusan változó szívóerő és a vele kapcsolatban megjelenő napi ritmus akkor jelentkezik, ha mind a fagypont feletti, mind az az alatti hőmérséklet egyaránt előfordul a nap során (Eimern 1950) (3. ábra). A jelenséget először Pörtge írta le részletesen és az előbbieket szerint magyarázta az okait (Pörtge 1996).



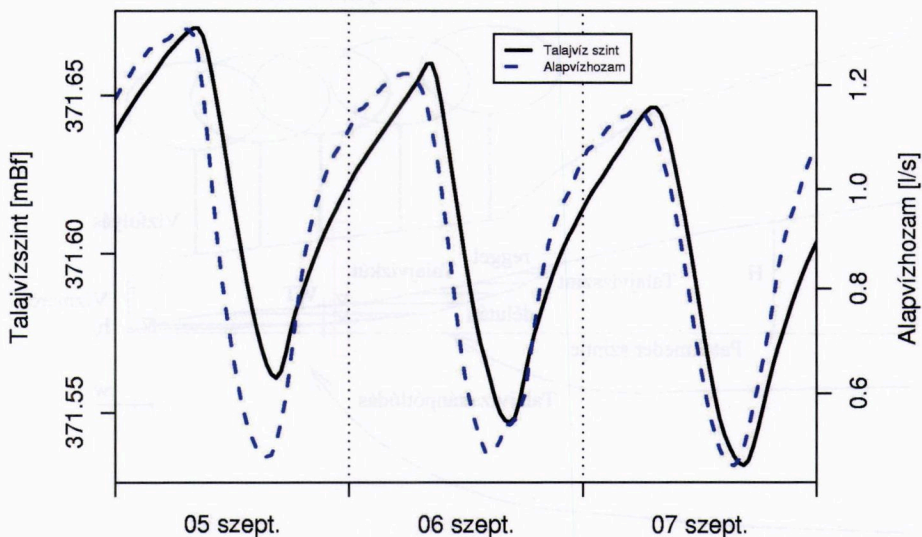
3. ábra. A vegetáció indukálta napi talajvízszint-ingadozás koncepcionális modellje egy kisvízgyűjtő vízfolyás-menti zónájában

Egy szép példa a jég és hó olvadása, valamint az evapotranszpiráció okozta napi hullámzás párhuzamos elemzésére Mutzner *et al.* (2015) munkája. Vizsgálataik során a vegetációs időszak kezdetén a hóolvadás és az evapotranszpiráció által okozott ingadozás átmenetét vizsgálták az Alpok két magasabban fekvő kisvízgyűjtőjében. Az egyik vízgyűjtőben a kétfajta ok által előidézett ingadozás hasonló amplitudókkal volt jellemezhető és az átmeneti időszak a kétféle típusú ingadozás között több napon keresztül jellemző volt, de az átmeneti időszakon kívül a két fő típus jól elkülönült. A másik vízgyűjtőben egy gleccser olvadása az egész vegetációs időszakon keresztül indukálta a téli típus megjelenését, párhuzamosan a párolgás okozta napi hullámzás mellett, de a kétféle hullámzás amplitudója eltérő volt, és természetesen fázisban is eltérően jelentkeztek.

Kutatásaik alapján megállapították, hogy a vegetációs időszak nagy részében a párolgás okozta napi hullámzás hatása felülmúlja a gleccser olvadásából származó másodlagos hatást, de a mért evapotranszpiráció és a vízfolyás menti zóna nagyságának ismeretében a kétféle ingadozás elkülöníthető volt egymástól.

#### 2.4. Evapotranszpiráció, mint az ingadozás kiváltó oka

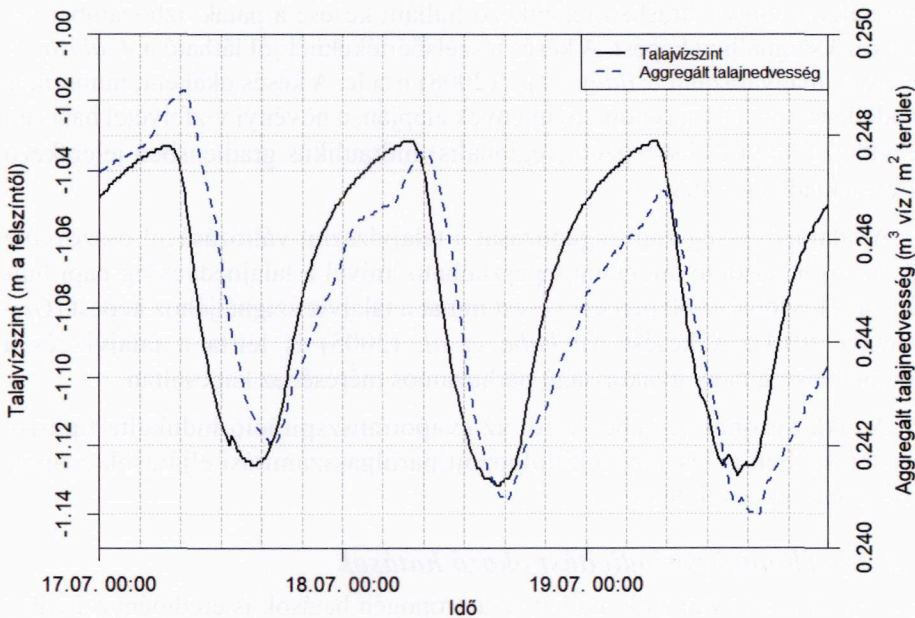
A napi ingadozás okai közül a mi klímánkon a párolgási típus általában a domináns a vegetációs időszakban. Ez a típusú ingadozás egy reggeli/kora délelőtti maximális és egy délutáni/esti minimális talajnedvesség, talajvízállás és lefolyás értékkel jellemezhető (4. ábra, 5. ábra).



4. ábra. A nyári ún. párolgási típus menete a Hidegvíz-völgy vízhozamának és egy vízfolyás menti talajvízkút vízállásának az idősorában

Ennél a típusnál általában világos összefüggés mutatható ki a hidrológiai jellemzők napi ritmusa és a relatív légnedvesség napi menete között, ami döntő mértékben a besugárzástól függ. A jelenség azonban nem közvetlenül a sugárzással és a relatív légnedvességgel, hanem a sugárzás, a légnedvesség és egyéb meteorológiai paraméterek által vezérelt evapotranszpirációval hozható összefüggésbe. Az összefüggés alapja, hogy a növények a gyökerükön keresztül nyelik a vízutánpótlásukat a talaj vízkészletéből, aminek hatására mind a talajnedvesség, mind a talajvízszint csökken. Ez a depresszió azonban a háttérből fokozott utánpótlódást indukál, amivel a növényzet tulajdonképpen a saját többletvíz-beszerzési forrásait hozza létre, vagy más szóval kialakítja a saját vízgűjtőjét. Példaként a talajvíztérben jelentkező napi ingadozás bemutatására

szolgáljon a koncepcionális modell (3. ábra), amely egy kisvízgyűjtőben elhelyezkedő vízigényes erdőtársulás talajvízből származó többletvízfelvételének dinamikáját mutatja be.



5. ábra. A talajnedvesség és a talajvíz napi ingadozása egy vízfolyás menti égeres erdőtársulásában (Sopron, Hidegvíz-völgy)

A vízfolyás menti talajvízszintekben és talajnedvességben, valamint a vízfolyások alapvízhozamában az evapotranszpiráció hatására megjelenő napi hullámzás leírásával és okainak vizsgálatával többen foglalkoztak (csak a legfontosabbakat említve: Troxell 1936, Croft 1948, Tschinkel 1963, Pörtge 1996, Bond et al. 2002, Lundquist-Cayan 2002, Boronina et al. 2005, Loheide et al. 2005, Gribovszki et al. 2006, 2010a, 2011, 2013, Butler et al. 2007, Shah et al. 2007, Wondzell et al. 2007, Lautz 2008, Szilágyi et al. 2008, 2011, Fahle-Dietrich 2014, Móricz et al. 2016, Csáfordi et al. 2017, Gribovszki 2018a, 2018b).

A hullám formájában megjelenő aszimmetriára (erőteljes csökkenés és fokozatos emelkedés) már csak néhányan hívják fel a figyelmet (Lundquist-Cayan 2002). Már kevesebb irodalomban találunk kidolgozott módszereket a vízfogyasztás (evapotranszpiráció) számítására a karakterisztikus szignál alapján (White 1932, Meyboom 1965, Reigner 1966, Bauer et al. 2004, Engel et al. 2005, Nachabe et al. 2005, Schilling 2007, Gribovszki et al. 2008, 2010b, Loheide 2008, Kirchner 2009, Soyly et al. 2012, Gribovszki 2014), ill. a szignál analitikus leírására (Czikowsky-Fitzjarrald 2004).

A Hidegvíz-völgy kísérleti vízgyűjtőjében, *Gribovszki et al.* (2006) szerint, a vegetációs periódusban a talajvízszintekben és a vízgyűjtő patakjainak vízhozamában jelentős, evapotranszpiráció okozta ingadozás mutatható ki. Érdekes anomália a talajvízjárásban jelentkező hullám késése a patakvízhozamban jelentkező szignálhoz képest. A késés a szélsőértékeknel jól látható a 4. ábrán. A jelenség magyarázatát *Szilágyi et al.* (2008) írta le. A késés okaként, numerikus modellezéssel alátámasztott eredmények alapján, a növényi vízfelvétel hatására jelentkező helyi és összegzett (regionális) hidraulikus gradiensben jelentkező eltérések adhatók meg.

A talajnedvesség napi ingadozását a talajvízszint változásával összevetve (5. ábra) is hasonló anomália tapasztalható, mivel a talajnedvesség napi hullámzása kisebb (30-60 perces) késést mutat a talajvíz szignáljához képest (*Gribovszki* 2014). A késést *Nachabe et al.* (2005) is leírta a talajvíz és a talajnedvesség nagy gyakoriságú párhuzamos méréséhez kapcsolatan.

A cikk későbbi részében erről az evapotranszpiráció indukálta típusról részletesebben is lesz szó a kidolgozott párolgásszámítási eljárások csoportosításával kapcsolatban.

### **2.5. Egyéb napi periodicitást okozó hatások**

A természetes folyamatok mellett az antropogén hatások is eredményezhetik a talajvízállás változását a napi periódusnak megfelelő léptékben. Így hasonló jelenséget figyelt meg *Bousek* (1933) a vízművek szivattyúzási teljesítményének változása következtében Magyarországon. Napjainkhoz közelebbi példaként *Morgenschweis* (1995) vízkivétellel összefüggő napi periódusváltozás-vizsgálatait említhetjük meg. Hasonló jelenséget idéz elő a vízerőművek csúcsrajáratása a Dráva folyón, akár méteres napi vízszintingadozást okozva.

A talajvízkivétel okozta mesterséges vízszintingadozások sokkal nagyobbak (lokálisan több métereseek) is lehetnek, mint a természetes hatások okozta napi hullámzás (az ET okozta napi ingadozás a *Gribovszki et al.* (2008) által vizsgált területen maximum 20 cm volt a legforróbb nyári napokon). Az előbbieket szerint a mesterséges hatások képesek elfedni a természetes hatások okozta napi ingadozást, ha azonos területen és időszakban jelentkeznek.

A 24-órás periódustól eltérő rövid időtartamú változások (pl. 12 órás periodicitás) okai általában a hasonló periódusidejű (pl. árapály) jelenségekre utalnak (*Senitz* 2001), de ez elsősorban a mélyebb talajvízszintekben és rétegvizekben tapasztalható.

### 3. A párolgási típussal kapcsolatos módszerek

A lefolyásnak a párolgás indukálta napi periódusú változásai is általában visszavezethetők a talajnedvesség és a talajvíz hasonló periódusú változásaira, illetve másképpen a telített és telítetlen zóna vízkészletének változására, így célszerű az előbbi rendszert komplexen vizsgálni. A párolgási típussal kapcsolatos vizsgálatok részletes bemutatása *Gribovszki* (2023) MTA doktori értekezésében található meg.

A párolgási típus mind a talajnedvességben, mind a talajvízszintekben és a lefolyásban megjelenhet, amennyiben a terület adottságai szerint a felszín alatti vízkészletek az ET által érintettek lehetnek. A klasszikus szinuszhullámhoz hasonló szignál kialakulása, a hidrogeológiai értelemben vett feláramlási (discharge) zónákban jellemző. A beszivárgási (recharge) zónákban a szignál egylépcsős függvényként jelentkezik (elsősorban a talajnedvességben, hiszen ezeken a helyeken a talajvízszint általában mélyebben van) mivel a háttérből származó utánpótlódásra nem lehet számítani. Amennyiben a recharge zónában a talajvízszint közel lenne a felszínhez, az ET hatására a talajvízszintekben szintén lépcsős függvény megjelenése várható.

A szakirodalmat áttekintve megállapítható, hogy elsőként a talajvízszintekben és a lefolyásban észlelt napi ingadozás megjelenéséről számol be a legtöbb publikáció. Csak a talajnedvesség mérésének automatizálásától kezdve találunk olyan irodalmat, amely a talajnedvességben is értékeli a szignált, így a talajnedvességre kidolgozott módszerek is később jelennek meg. A következő felsoroláshoz kapcsolva érdemes a talajvízre, a lefolyásra és a talajnedvességre kidolgozott diurnális alaplómódszereket röviden bemutatni, hiszen ezekből indultak ki az összetettebb eljárások.

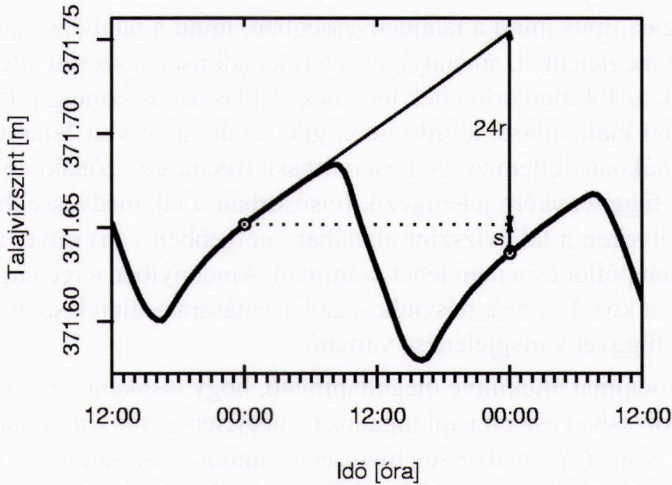
A talajvízben jelentkező szignál alapján ET-t számító módszerek alapjául szinte minden esetben a *White-féle eljárás* (1932) szolgál. A White-módszer – egyszerűsége miatt, bár többször kiegészítették és pontosították – a továbbiakban is jól felhasználható előzetes, tájékoztató vizsgálatokra.

A klasszikusnak számító White-féle eljárás lényege a következő. *White* (1932) szerint, ha az evapotranspirációt elhanyagolhatónak tételezzük fel, a késő éjjeli, kora hajnali órákban (jellemzően 0–4 h. között), akkor a talajvízállás emelkedési sebessége ebben az időszakban arányosnak vehető a terület talajvíz utánpótlódásával. A görbéhez ebben az időszakban húzott egyenes iránytangense ( $r [L]$ ), tehát az egységnyi idő (pl. 1 óra) alatti talajvíz utánpótlódás. Ha ezt az talajvízszint emelkedést meghosszabbítanánk 24 órán keresztül (a párolgás hatását nem figyelembe véve), akkor a talajvízszint  $24r$  magasságra emelkedne. Mivel azonban az evapotranspiráció jelen van, általában a növekedés helyett, egy nap alatt még egy  $s [L]$  értékkel jellemezhető csökkenés is beáll a talajvízszintben (6. ábra).

Mindezek alapján White (1932) szerint a talajvízből származó evapotranszpirációs vízfogyasztás a következőképpen kalkulálható (1. egyenlet).

$$ET_{gw} = S_y \cdot (24 \cdot r \pm s) \quad (1)$$

ahol,  $S_y$  az adott talajrétegre jellemző fajlagos hozam (leürülő gravitációs pórustér).

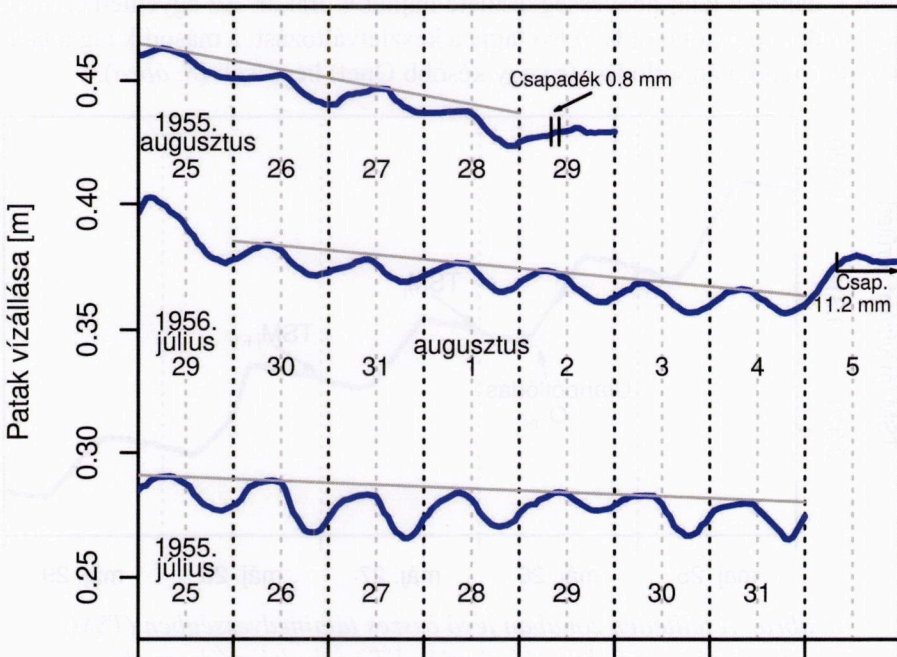


6. ábra. A White-módszer alapelve

A lefolyás esetében a becslés alapjául legtöbbször a napi maximumok burkológörbéje és az aktuális vízhozamok közötti különbségek szolgálnak. A talajvízszint és az előbbi vízhozammérések napi ingadozása alapján meghatározott ET értékek között nagyságrendi különbségek lehetnek. Feltételezhetően a talajvízből történő meghatározás a pontosabb, mivel ez mutat közelebbi értékeket a meteorológiai mérések alapján számított ET értékekkel. Az újabb, tározómodellel dolgozó, a lefolyás napi ingadozásán alapuló eljárások ET értékei közelebbiek, mind a talajvíz alapú becslésekhez, mind a meteorológiai mérések alapján számított ET értékekhez. Hátrányuk viszont, hogy alkalmazásukhoz igen pontos vízhozammérések szükségesek.

A lefolyás napi ingadozása alapján párolgást számító eljárások közül az egyik klasszikus a Reigner-féle, amelynek lényege a következő. Reigner (1966) a Pennsylvania-i Dilldown-patak vízgyűjtőjén végzett a vízfolyás vízhozamában jelentkező napi periódusú hullámzással kapcsolatos vizsgálatokat. A vízfolyás hidrográfjának analízisében, a csapadékmentes periódusokban jelentkező napi hullámzás azon maximális (reggeli) értékeit használta egy potenciális kiürülési görbe pontjaiként, amelyeknek környezetében legalább 8h időtartamig 95%-os

vagy nagyobb relatív páratartalom volt jellemző. Vizsgálatai szerint ezek a maximális értékek ideális esetben 5 napos gyakorisággal követték egymást. Az így kapott potenciális kiürülési görbe és az aktuális, napi periódusú hullámzást mutató hidrográf vízhozamértékeinek különbség-képzésével és napi összegzésével számította a vízfolyás menti zóna vízvesztését (7. ábra). A vízvesztés okának a vízfolyás menti zóna növényállományainak vízfogyasztását látta.

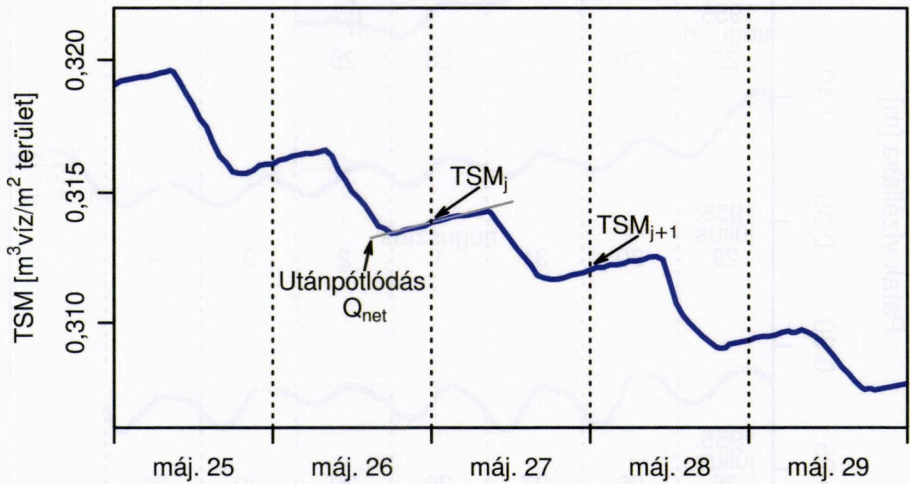


7. ábra. Lefolyásban jelentkező napi ingadozás és a vízjárási görbére fektetett burkoló egyenes, mint a potenciális kiürülést jellemző vonal (Reigner 1966 nyomán)

Az egyre pontosabb, nagy időbeli felbontású talajnedvességprofil-mérések az  $S_y$  (fajlagos hozam vagy más néven gyorsan leürülő gravitációs pórustér) ismerete nélkül is alkalmasak az ET becslésére. *Gribovszki* (2018b) alapján azt is láthatjuk, hogy a napi hullámzás elemzése alkalmas lehet talajfizikai paraméterek meghatározására is. A talajnedvesség napi ingadozásán alapuló első párolásbecslési módszer (*Nachabe et al.* 2005) viszonylag későn jelent meg. A módszer lényege a következő: *Nachabe et al.* Floridában végzett nagy gyakoriságú talajnedvesség-érzékelés adataira alapozva, a White-módszert a talajnedvességre adaptálva határozták meg az ET-t (2. egyenlet).

$$ET = TSM_j^{0h} - TSM_{j+1}^{0h} + \left( 24 \cdot \frac{TSM_j^{4h} - TSM_j^{0h}}{4} \right) \quad (2)$$

ahol,  $TSM_{0h_j}$ , a teljes talajnedvesség készlet a  $j$ . napon 0h-kor,  $TSM_{0h_{j+1}}$ , a teljes talajnedvesség készlet 24h-val később a  $j+1$ . napon 0h-kor,  $TSM_{4h_j}$ , az adott  $j$ . napon a talaj nedvességekészlete hajnal 4 órakor. Az egyenlethez megjegyzendő, hogy jobb oldali első tagja a készletváltozást, a második tag a talajvízből történő utánpótlódást ( $r$  vagy később  $Q_{net}$ ) képviseli (8. ábra).



8. ábra. A telítetlen zónában lévő összes talajnedvességben (TSM) jelentkező napi fluktuáció alapján ET-t számító módszer elve. A felszín alatti utánpótlódás ( $Q_{net}$ ), a 0h és 4h közötti éjszakai időszak talajnedvesség változása alapján becsült (Nachabe et al. 2005 nyomán)

Az 1. táblázatban összegezve található meg azok a kutatások, amelyek új folyamatra hívták fel a figyelmet, vagy legalábbis lényegesen hozzájárultak a napi ingadozáson alapuló ET becslés fejlődéséhez. Az egyes módszerek részletesebb bemutatása Gribovszki (2023) MTA doktori értekezésének függelékében található meg.

1. táblázat. A talajnedvesség, a talajvíz és a lefolyás napi ingadozásán alapuló legfontosabb ET-t számító eljárások →

Szerző (publikálás)	Alapinformációk az eljárásról
<b>TALAJNEDVESSÉG</b>	
Nachabe et al.(2005)	A White (1932) módszer adaptálása talajnedvesség adatokra.
Gribovszki (2014)	A Gribovszki et al. (2008) empirikus technikájának adaptálása talajnedvesség adatokra.
<b>TALAJVÍZSZINT</b>	
White (1932)	Az eredeti talajvíz napi ingadozásán alapuló módszer.
Troxell (1936)	Javaslat (elméleti szinten) a napon belül is változó utánpótlódás becslésére.
Meyboom (1965)	Az Sy 50%-ának figyelembevétele az ETgw számításánál.
Dolan et al. (1984)	Az utánpótlódás figyelembevétele az adott napra a megelőző és a követő éjszaka adatai alapján.
Hays (2003)	Utánpótlódás számítása az éjszakai időszak alapján, de értéke csak a nap közbeni időszakban figyelembe véve.
Engel et al. (2005)	A White-módszer módosítása a regionális talajvízszint változás, mint aditív konstans figyelembevételével.
Loheide et al. (2005)	A White-módszerhez alkalmazandó Sy becsléséhez talajfizika függő nomogram kidolgozása.
Schilling (2007)	ETgw becslése a talajvíz lépcsős napi ingadozása alapján.
Gribovszki et al. (2008)	ETgw becslés az utánpótlódás napi ingadozásának figyelembevételével (empirikus és hidraulikus módszer).
Loheide (2008)	Regresszió alapú ETgw-t becsülő eljárás a trendmentesített talajvíz-ingadozásokat felhasználva.
Soylu et al. (2012)	Fourier-transzformáció alapú ETgw számítás
Wang és Pozdniakov (2014)	Statisztikai ETgw becslés a trend- és mérésizaj-mentesített napi ingás szórása alapján
Szabó et al. (2023)	A White-módszer utánpótlódásra vonatkozó tagjának használata erdőállományok talajvíz-utánpótlódásának vizsgálatára többéves trendek és szezonális változások elemzésével
<b>LEFOLYÁS</b>	
Meyboom (1965)	Vízfolyás menti ETgw becslése a napi maximális alapvízhozamok burkológörbéje és az aktuális vízhozamidősor különbségeként
Reigner (1966)	Csak a telítettségközei légnedvességű hajnali időszakok használata a maximális vízhozamok burkológörbéjének előállítására.
Kirchner (2009)	Vízgyűjtőszintű ETgw becslése az utánpótlódásra nemlineáris tározómodellt felhasználva.
Gribovszki et al. (2010b)	Vízfolyás menti ETgw becslése az utánpótlódásra naponta más paraméterű lineáris tározómodellt felhasználva.
Cadol et al. (2012)	Vízfolyás menti ETgw becslése a vízfolyás menti zónára átszámított trendmentesített vízállás és a vízállásváltozás kapcsolata alapján
Széles et al. (2018)	Vízfolyás menti ETgw becslése a diurnális lefolyásingadozást a sugárzási bevételnek megfelelő exponenciális válaszfüggvénnyel közelítve.

#### 4. Összefoglalás

A hidrológiai jellemzőkben, így a talajnedvességben, a talajvízszintekben és a lefolyásban észlelhető napi ingadozás sok fontos információt tartalmaz. A fluktuáció okai sokfélék lehetnek, de az okozó hatások közül az egyik legjelentősebb és legjellemzőbb a mi klímánkon a vegetáció vízfogyasztása. A napi ingadozás okainak áttekintése után a vegetáció által indukált szignál alapján párolgásszámításra kidolgozott módszerek rendszerezését tűzte ki célul jelen cikk, a különböző módszerek rövid jellemzését, egymásra épülését és a kiinduló alapeljárások rövid bemutatását is felvállalva.

#### Köszönetnyilvánítás

A kutatás az 143972SNN azonosítószámú OTKA pályázat, a Slovenian Research and Innovation Agency (N2-0313) pályázata és a kapcsolt TKP2021-NKTA-43 számú projekt támogatásával valósult meg. A TKP2021-NKTA-43 és a 143972SNN számú projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal – NKFIH támogatásával valósult meg.

#### IRODALOMJEGYZÉK

Bauer, P., Thabeng, G., Stauffer, F., Kinzelbach, W. (2004). „Estimation of the evapotranspiration rate from diurnal groundwater level fluctuations in the Okavango Delta, Botswana”. *Journal of Hydrology*, 288, 344-355.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.10.011>

Baumgartner, A., Liebschner, H.-J. (1990). „Allgemeine Hydrologie. Quantitative Hydrologie”. Gebrüder Borntraeger.

Bond, B.J., Jones, J.A., Moore, G., Phillips, N., Post, D., McDonnell, J.J. (2002). „The zone of vegetation influence on baseflow revealed by diel patterns of streamflow and vegetation water use in a headwater basin”. *Hydrological Processes*, 16, 1671-1677.  
<https://doi.org/10.1002/hyp.5022>

Boronina, A., Golubev, S., Balderer, W. (2005). „Estimation of actual evapotranspiration from an alluvial aquifer of the Kouris catchment (Cyprus) using continuous streamflow records”. *Hydrological Processes*, 19, 4055-4068.  
<https://doi.org/10.1002/hyp.5871>

Bousek, R. (1933). „Das tägliche periodische steigen und fallen des grundwasserspiegels”. *Die Wasserwirtschaft*, 31, 427-429.

Bouyoucos, G.J. (1915). „Effect of temperature on movement of water vapor and capillary moisture in soils”. *Journal of Agricultural Research*, 5, 141-172.

- Butler, J.J., Kluitenberg, G.J., Whittemore, D.O., Loheide, S.P., Jin, W., Billinger, M.A., Zhan, X. (2007). „A field investigation of phreatophyte-induced fluctuations in the water table”. *Water Resources Research*, 43, W02404.  
<https://doi.org/10.1029/2005wr004627>
- Cadol, D., Kampf, S., Wohl, E. (2012). „Effects of evapotranspiration on baseflow in a tropical headwater catchment”. *Journal of Hydrology*, 462-463, 4-14.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.060>
- Caine, N. (1992). „Modulation of the diurnal streamflow response by the seasonal snowcover of an alpine basin”. *Journal of Hydrology*, 137, 245-260.  
[https://doi.org/10.1016/0022-1694\(92\)90059-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(92)90059-5)
- Coduto, D.P. (1999). „Geotechnical Engineering: Principles and Practices”. Prentice Hall.
- Croft, A.R. (1948). „Water loss by stream surface evaporation and transpiration by riparian vegetation”. *Transactions, American Geophysical Union*, 29, 235-239.
- Csáfordi, P., Szabó, A., Balog, K., Gribovszki, Z., Bidló, A., Tóth, T. (2017). „Factors controlling the daily change in groundwater level during the growing season on the Great Hungarian Plain: a statistical approach”. *Environmental Earth Sciences*, 76, 675. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7002-1>
- Czikowsky, M.J., Fitzjarrald, D.R. (2004). „Evidence of Seasonal Changes in Evapotranspiration in Eastern U.S. Hydrological Records”. *Journal of Hydrometeorology*, 5, 974-988. [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2004\)005<0974:EOSCIE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2004)005<0974:EOSCIE>2.0.CO;2)
- Delfs, J., W. Friedrich, H.K., Wagenhoff, A. (1958). „Der einfluß des waldes und des kahlschlages auf den abflußvorgang, den wasserhaushalt und den bodenabtrag”. *Mitt. A. d. Nieders. Landes-forstverwaltung, Aus dem Walde*, 3, 223.
- Dingman, S.L. (2002). „Physical Hydrology (2nd Edition)”. Prentice Hall.
- Dolan, T.J., Hermann, A.J., Bayley, S.E., Zoltek, J. (1984). „Evapotranspiration of a Florida, U.S.A., freshwater wetland”. *Journal of Hydrology*, 74, 355-371.  
[https://doi.org/10.1016/0022-1694\(84\)90024-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(84)90024-6)
- Eimern, J.V. (1950). „Beobachtungen und bemerkungen zur wasserbewegung im boden und zur frosthebung des bodens”. *Z. Acker- u. Pflanzenbau*, 108, 375-383.
- Engel, V., Jobbágy, E.G., Stieglitz, M., Williams, M., Jackson, R.B. (2005). Hydrological consequences of Eucalyptus afforestation in the Argentine Pampas”. *Water Resources Research*, 41, W10409. <https://doi.org/10.1029/2004wr003761>
- Fahle, M., Dietrich, O. (2014). „Estimation of evapotranspiration using diurnal groundwater level fluctuations: Comparison of different approaches with groundwater lysimeter data”. *Water Resources Research*, 50, 273-286.  
<https://doi.org/10.1002/2013WR014472>
- Gribovszki, Z. (2023). „Vegetáció okozta napi ingadozás a hidrológiai jellemzőkben és annak jelentése”. *MTA doktori értekezés, Soproni Egyetem*, p. 130.

Gribovszki, Z. (2018a). „Comparison of specific-yield estimates for calculating evapotranspiration from diurnal groundwater-level fluctuations”. *Hydrogeology Journal*, 26, 869-880. <https://doi.org/10.1007/s10040-017-1687-9>

Gribovszki, Z. (2018b). „Validation of diurnal soil moisture dynamic-based evapotranspiration estimation methods”. *Időjárás*, 122, 15-30. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2018.1.2>

Gribovszki, Z. (2014). „Diurnal Method for Evapotranspiration Estimation from Soil Moisture Profile”. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 10, 67-75. <https://doi.org/10.2478/aslh-2014-0005>

Gribovszki, Z., Kalicz, P., Szilágyi, J. (2013). „Does the accuracy of fine-scale water level measurements by vented pressure transducers permit for diurnal evapotranspiration estimation?”. *Journal of Hydrology*, 488, 166-169. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.03.001>

Gribovszki, Z., Kalicz, P., Szilágyi, J. (2011). „Numerical Validation of a Diurnal Streamflow-Pattern-Based Evapotranspiration Estimation Method”. *Acta Silv. Lign. Hung.*, 7, 63-74.

Gribovszki, Z., Szilágyi, J., Kalicz, P. (2010a). „Diurnal fluctuations in shallow groundwater levels and streamflow rates and their interpretation – A review”. *Journal of Hydrology*, 385, 371-383. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.02.001>

Gribovszki, Z., Kalicz, P., Szilágyi, J. (2010b). „Talajvíz evapotranspiráció számítása a vízhozamok napi periódusú ingadozása alapján”. *Hidrológiai Közlöny*, 90, 19-28.

Gribovszki, Z., Kalicz, P., Szilágyi, J., Kucsara, M. (2008). „Riparian zone evapotranspiration estimation from diurnal groundwater level fluctuations”. *Journal of Hydrology*, 349, 6-17. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.10.049>

Gribovszki, Z., Kalicz, P., Kucsara, M. (2006). „Streamflow characteristics of two forested catchments in Sopron Hills”. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 2, 81-92.

Hays, K.B. (2003). „Water use by saltcedar (*Tamarix* sp.) and associated vegetation on the Canadian, Colorado and Pecos rivers in Texas (phdthesis)”. Texas A & M University.

Hewlett, J.D. (1982). „Principles of Forest Hydrology”. Univ of Georgia Pr.

Jordan, P. (1983a). „Meltwater movement in a deep snowpack: 1. Field observations”. *Water Resources Research*, 19, 971-978. <https://doi.org/10.1029/WR019i004p00971>

Jordan, P. (1983b). „Meltwater movement in a deep snowpack: 2. Simulation model”. *Water Resources Research*, 19, 979-985. <https://doi.org/10.1029/WR019i004p00979>

Juhász, J. (2002). „Hidrogeológia”. Akadémiai kiadó.

Kézdy, Á. (1977). „Talajmechanika”. Tankönyvkiadó.

Kirchner, J.W. (2009). „Catchments as simple dynamical systems: Catchment characterization, rainfall-runoff modeling, and doing hydrology backward”. *Water Resources Research*, 45, W02429. <https://doi.org/10.1029/2008WR006912>

Lautz, L.K. (2008). „Estimating groundwater evapotranspiration rates using diurnal water-table fluctuations in a semi-arid riparian zone”. *Hydrogeology Journal*, 16, 483-497. <https://doi.org/10.1007/s10040-007-0239-0>

Lee, R. (1980). „Forest Hydrology”. Columbia University Press.

Loheide, S.P. (2008). „A method for estimating subdaily evapotranspiration of shallow groundwater using diurnal water table fluctuations”. *Ecohydrology*, 1, 59-66. <https://doi.org/10.1002/eco.7>

Loheide, S.P., Butler, J.J., Gorelick, S.M. (2005). „Estimation of groundwater consumption by phreatophytes using diurnal water table fluctuations: A saturated-unsaturated flow assessment”. *Water Resources Research*, 41, W07030. <https://doi.org/10.1029/2005WR003942>

Lundquist, J.D., Cayan, D.R. (2002). „Seasonal and spatial patterns in diurnal cycles in streamflow in the western united states”. *Journal of Hydrometeorology*, 3, 591-603.

Meeyboom, P. (1965). „Three observations on streamflow depletion by phreatophytes”. *Journal of Hydrology*, 2, 248-261. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(65\)90040-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(65)90040-5)

Morgenschweis, G. (1995). „Kurzfristige Vorhersage der Wasserentnahme aus einem Flussgebiet”. *Wiss. Tagung Hydrologie und Wasserwirtschaft des DVWK zum Thema “Verfügbarkeit von Wasser”, 22-23. März 1995 an der Ruhr-Universität Bochum, p. 15*

Móricz, N., Tóth, T., Balog, K., Szabó, A., Rasztovits, E., Gribovszki, Z. (2016). „Groundwater uptake of forest and agricultural land covers in regions of recharge and discharge”. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 9, 696-701. <https://doi.org/10.3832/ifer1864-009>

Mutzner, R., Weijs, S.V., Tarolli, P., Calaf, M., Oldroyd, H.J., Parlange, M.B. (2015). „Controls on the diurnal streamflow cycles in two subbasins of an alpine headwater catchment”. *Water Resources Research*, 51, 3403-3418. <https://doi.org/10.1002/2014WR016581>

Nachabe, M., Shah, N., Ross, M., Vomacka, J. (2005). „Evapotranspiration of Two Vegetation Covers in a Shallow Water Table Environment”. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 492. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0492>

Németh, E. (1954). „Hidrológia és hidrometria”. Tankönyvkiadó.

Pörtge, K.H. (1996). „Tagesperiodische Schwankungen des Abflusses in kleinen Einzugsgebieten als Ausdruck komplexer Wasser- und Stoffflüsse”. Verlag Erich Goltze GmbH KG.

Reigner, I.C. (1966). „A method for estimating streamflow loss by evapotranspiration from the riparian zone”. *Forest Science*, 12, 130-139.

Szesztay, K. (1972). „Hidrológia”. Tankönyvkiadó.

Széles, B., Broer, M., Parajka, J., Hogan, P., Eder, A., Strauss, P., Blöschl, G. (2018). „Separation of scales in transpiration effects on low flows: A spatial analysis in the Hydrological Open Air Laboratory”. *Water Resources Research*, 54, 6168-6188. <https://doi.org/10.1029/2017WR022037>

Szabó, A., Gribovszki, Z., Szolgay, J., Kalicz, P., Balog, K., Szalai, J., Hlavčová, K., Bolla, B. (2023). „Groundwater Recharge from Below under Changing Hydro-Meteorological Conditions in a Forested and Grassland Site of the Great Hungarian Plain”. *Forests*, 14, 2328. <https://doi.org/10.3390/f14122328>

Szilágyi, J., Gribovszki, Z., Kalicz, P. (2011). „Comment on “Interference of river level changes on riparian zone evapotranspiration estimates from diurnal groundwater level fluctuations” by J. Zhu, M. Young, J. Healy, R. Jasoni, J. Osterberg [J. Hydrol. 403(3-4) (2011) 381-389]”. *Journal of Hydrology* 409, 578-579. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.08.006>

Szilágyi, J., Gribovszki, Z., Kalicz, P., Kucsara, M. (2008). „On diurnal riparian zone groundwater-level and streamflow fluctuations”. *Journal of Hydrology*, 349, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.09.014>

Troxell, H.C. (1936). „The diurnal fluctuation in the ground-water and flow of the Santa Anna river and its meaning”. *Transactions, American Geophysical Union*, 17, 496-504.

Tschinkel, H.M. (1963). „Short-term fluctuation in streamflow as related to evaporation and transpiration”. *Journal of Geophysical Research*, 68, 6459-6469.

V.Nagy, I. (1965). „Hidrológia”. Tankönyvkiadó.

Wain, A.S. (1994). „Diurnal river flow variations and development planning in the tropics”. *The Geographical Journal*, 160, 295-306.

Wang, P., Pozdniakov, S.P. (2014). „A statistical approach to estimating evapotranspiration from diurnal groundwater level fluctuations”. *Water Resources Research*, 50, 2276-2292. <https://doi.org/10.1002/2013WR014251>

White, W.N. (1932). „A method of estimating ground-water supplies based on discharge by plants and evaporation from soil: Results of investigations in Escalante Valley, Utah”, *Water Supply Paper*, No. 659- A, U.S. Geological Survey.

Wondzell, S.M., Gooseff, M.N., McGlynn, B.L. (2007). „Flow velocity and the hydrologic behavior of streams during baseflow”. *Geophysical Research Letters*, 34, L24404, <https://doi.org/10.1029/2007GL031256>

Zsuffa, I. (1996). „Műszaki Hidrológia I-IV. kötet”. Műegyetemi Kiadó.

\* \* \*

# A KOMPLEX TERVEZÉSI KONCEPCIÓ VÁLASZA AZ ÖSSZETETT VÍZGAZDÁLKODÁSI IGÉNYEKRE

ANTAL ÖRS<sup>1</sup>, GANSZKY MÁRTON<sup>2</sup>,  
KISGYÖRGY BENECÉ<sup>3</sup>, SÜVEGGYÁRTÓ ANITA MÁRIA<sup>4</sup>

A vízgazdálkodási kérdések összetett társadalmi problémákkal foglalkoznak, ezért a társadalmi hasznosulás szempontjából akkor járunk el helyesen, ha komplex szemlélettel keressük a megoldásokat. Tanulmányunkban a javasolt terület alapú tervezési megközelítéssel erre teszünk kísérletet.

## 1. A komplex tervezési szemlélet szempontjai

### 1.1. Árvíz kockázat-kezelési koncepció

Az árvíz kockázat-kezelés alapelveivel és jövőképeivel több fórum és szakirodalmi forrásmunka foglalkozott már az elmúlt évtizedekben. Az (első) Országos Árvíz Kockázatkezelési Terv készítésekor azokat az *Országos Árvíz Kockázatkezelési Koncepció (Koncepció)* foglalta először össze 2015-ben (OÁKK 2015).

Ennek értelmében az árvíz kockázat-kezelés jövőképe és alapelvei egy átfogó, stratégiai és területi értelemben is integrált megközelítést határoz meg, amelynek célja egy olyan állapot elérése, ahol az árvíz kockázat és belvíz veszélyeztetettség szintje, valamint kezelésük módja a társadalom és az érintettek által elfogadott, megértett, fenntartható, valamint a természetes és kulturális értékeket is megőrző módon valósul meg. Az *Európai Unió Árvíz Irányelve* ehhez keretet biztosít, de a kívánatos eredmény meghatározása nemzeti feladat.

---

<sup>1</sup> Dr. Antal Örs okl. katasztrófavédelmi mérnök, térinformatikai szakmérnök, PhD, főosztályvezető-helyettes, OVF

<sup>2</sup> Ganszky Márton, okl. építőmérnök, okl. közgazdász, szakértő, VIZITERV Environ Nonprofit Kft.

<sup>3</sup> Kisgyörgy Bence, okl. közgazdász, szakértő, VIZITERV Environ Nonprofit Kft.

<sup>4</sup> Süvegyártó Anita Mária, okl. infrastruktúra-építőmérnök, kiemelt műszaki ref., OVF

A *Koncepció* megvalósításának alapelvei között szerepel, hogy a tervezésnek ki kell terjednie a teljes hazai vízgyűjtő területre, beleértve a határon átnyúló részeket is. A különböző szakterületek (pl. területfejlesztés, természetvédelem, agrárium) összehangolt együttműködése szükséges, valamint fontos a komplex, egymásra épülő megoldások keresése, amelyek a *megelőzést helyezik előtérbe a védekezéssel szemben*.

A kockázatkezelés során a megelőző intézkedések között előtérbe kerül a területhasználat-váltás, illetve a területhasználat mód váltásának ösztönzése, a vízviasszatartás és tározás növelése, a természetes vízlevezető és tároló rendszerek jobb kihasználása, valamint a rugalmasság növelése, például mobilfalak révén. Fontos továbbá a kockázatkezelési megoldások környezeti hatásainak minimalizálása, valamint azok összehangolása a vízgyűjtő-gazdálkodási célkitűzésekkel.

A *tervezés hierarchikus rendszerben* történik, a legnagyobb egység a Duna Vízgyűjtő Kerület, amelyet további stratégiai és helyi szintekre bontanak. Nemzetközi vízgyűjtők esetében – különösen a kockázatkezelés – csak megfelelő nemzetközi együttműködéssel lehet hatékony, amely módszertani egyeztetéseket, közös előrejelző rendszerek működtetését, és összehangolt tervezést is magában foglal. A tervezési egységek meghatározásánál figyelembe kell venni a tényleges árvízi hatásterületeket, a kockázatközösségeket és a határokon átnyúló hatásokat is. Az (első) Országos Árvízi Kockázatkezelési Terv készítése során nyolc tervezési egységet hozott létre, de az elejétől fogva világos volt, hogy ezek az egységek tervezési szintként nem alkalmasak.

Dolgozatunkban – a jelenleg futó KEHOP Plusz projekt környezetehz is illeszkedő – tervezési alegységek kijelölését, és az ezekhez tartozó komplex intézkedés csomagok készítését javasoljuk. A lokális tervezési egység tervezés-irányításáért felelős szervezetnek a meghatározása kulcsfontosságú, amely szervezet feladatai közé tartozik a tervezés koordinálása, a társadalombevonása a megelőzésbe és védekezésbe, az egyéni védekezési tervek felügyelete, valamint a határvízi együttműködés támogatása. Külön hangsúlyt kap a kiemelkedő társadalmi intézmények és a kulturális örökség védelme.

A komplex intézkedéscsomag összeállításával foglalkozik a 2015-ös Koncepció (OÁKK 2015), az 1. mellékletében számos intézkedés típust válogat össze, amelyek alkalmazása a kockázatkezelést szolgálja. Ezek között szerepelnek 'szürke', 'zöld' és 'lágy (soft)' intézkedések egyaránt. Az intézkedési terv összeállítását ezek alkalmazási lehetőségének vizsgálatával és alkalmazásával javasoljuk megvalósítani. A kockázatkezelési intézkedéseket szintén nevesítik az Árvíz kockázat-kezelési (ÁKK) projektek kockázatértékelési dokumentumai,

tematikusan komplex tervben alkalmazandó beavatkozásokat tartalmaznak, megjelölve azokat, amelyeket az ÁKK projekt az eddigiekben alkalmazott<sup>5</sup>.

A komplex tervezési célok, elvek és módszerek vonatkozásában meg kell említeni az ugyancsak 2015-ben készült *Kvassay Jenő Tervet (KJT 2015)*. A tervezési rendszer meghatározásánál szintén a komplex tervezési szemléletet javasolja, ugyanakkor lényeges megállapítása, hogy a széttagolt támogatási rendszer miatt a komplex megoldások megvalósítására nincs reális lehetőség. A megvalósítást szervezeti felépítési hiányosságok is nehezítik. A támogatási és finanszírozási rendszerrel jelen tanulmány külön fejezetben foglalkozik.

### **1.2. Nem-szerkezeti intézkedések**

Szükséges külön kiemelni, hogy a szerkezeti intézkedések soha nem tudják teljes mértékben kiküszöbölni az árvízveszélyt (*Lechner 2018*). Jelenlétük hamis biztonságérzetet idézhet elő, ami a védett területeken nem megfelelő földhasználathoz és építési előírásokhoz vezethet. A nem szerkezeti intézkedések fontos szerepet játszanak a fennmaradó kockázatok miatt bekövetkező káros hatások csökkentésében. Alkalmazásuk annak az elvnek az elfogadásán alapul, hogy az árvíz természetes folyamat, amelyet nem lehet teljesen ellenőrizni és szükség van az adaptációra.

A nem szerkezeti árvízkezelési intézkedések magukba foglalják a terület-használatra és a fejlesztésekre vonatkozó (építési) előírásokat, javaslatokat, a természetes területi vízvisszatartó intézkedéseket (a vízgyűjtő-gazdálkodást), a hullámtér kezelést, a meglévő árvízveszélyes helyeken lévő épületek védelmét, a csapadékvíz kezelést, az árvíz előrejelzést és figyelmeztetést, a katasztrófa megelőzését, a társadalmi tudatosság növelését, a felkészültségi és reagálási mechanizmusokat.

A nem szerkezeti intézkedések korlátozott környezeti következményekkel járnak, és aktívan mérlegelhetők életképes alternatívaként; független vagy kiegészítő intézkedésként egyaránt alkalmazhatók<sup>6</sup>.

### **1.3. Nem-vagyoni hatások**

A tervezés során számolni kell a nem-vagyoni hatásokkal, amely alatt értjük a kiemelt társadalmi intézményekre (egészségügyi, oktatási, rendészeti, közigazgatási), kulturális örökségre, nem-számszerűsített káros következményekre, ökológiára gyakorolt hatásokat. A hatások ez esetben forintban nehezen becsülhetők,

<sup>5</sup> <https://vizeink.hu/kezdolap-akk/>

<sup>6</sup> <http://daad.wb.tu-harburg.de/tutorial/integrated-flood-management-ifm-policy-and-planning-aspects/environmental-aspects/flood-management-interventions/non-structural-measures/>

ezért vagy *több-szemponitú értékelés* alkalmazása javasolt, vagy a *veszélyeztetettség* szemben *határértékeket* célszerű meghatározni. Az első esetben a kritériumok döntési szempontrendszerbe illeszthetők kell, hogy legyenek, kiegészítve a költség-haszon vagy költség-hatékonysági elemzést. A második esetben alapfeltételeket kell támasztani, amelyeknek a költség-haszon/hatékonyság elemzés kritériumai mellett teljesülniük kell. Legjobban illeszkedő vizsgálat ez esteben a költség-hatékonyság vizsgálat, amellyel a kitűzött célok eléréséhez keressük a legalacsonyabb költségű megoldást. A nehézséget az adja, hogy jelenleg nincsenek rögzítve árvízi előntéssel szembeni veszélyeztetettségi paraméterek a felsorolt nem-vagyoni hatásviselők esetében. Ezek meghatározása külön értékelés tárgyát kell, hogy képezze az érintett intézmények, közigazgatási szervek kezdeményezésére.

Az ökológia vonatkozásában – ahol nem feltétlenül beszélhetünk károkról – az Európai Unió által 2024-ben elfogadott *természet-helyreállítási rendeletnek* kell megfelelni, továbbá a projektekkel szemben támasztott követelményeknek, mint például a természet alapú megoldások alkalmazása és a „*Ne okozz jelentős kárt*” elvet kell alkalmazni (DNSH vizsgálat). Az ökológiai hasznok számszerűsítésére az *ökoszisztéma-szolgáltatások gazdasági értékelési vizsgálatának folytatását* javasoljuk.

#### **1.4. A természet helyreállításáról szóló rendelet**

Az Európai Parlament és a Tanács 2024. június 17-én elfogadta a *természet helyreállításáról szóló rendeletet*, amely közvetlenül és teljes egészében alkalmazandó minden Uniós tagállamban. A jogszabály célja az EU ökoszisztémáinak regenerációja, miután a szárazföldi és tengeri élőhelyek több mint 80%-a, valamint a fajok 60%-a nem megfelelő állapotban van, és a helyzet egyre romlik (COM/2022/304 final). A rendelet az EU Zöld Megállapodás, a 2030-as Biodiverzitás Stratégia, valamint a kapcsolódó klíma- és környezetvédelmi irányelvek és stratégiák egyik kulcsfontosságú eszköze. Célja, hogy 2030-ig a rossz állapotú élőhelyek legalább 30%-át jó ökológiai állapotba hozzák vissza, ez az arány 2040-re 60%-ra, 2050-re pedig 90%-ra növekedne (4. cikk).

A helyreállítás kiterjed szárazföldi, édesvízi és városi ökoszisztémákra, valamint mezőgazdasági és erdei területekre is. A rendelet előírja, hogy a tagállamok különös figyelmet fordítsanak a *Natura 2000 területekre*, illetve a *természetközeli, de nem védett élőhelyekre* is, mint erdők, gyepek, nádasok. Fontos cél, hogy megelőzzék a már jó állapotban lévő élőhelyek romlását. Ezen felül külön előírásokat tartalmaz a beporzók (8. cikk), a városi zöldterületek növelése (6. cikk), valamint a folyók helyreállítása tekintetében (7. cikk). A mezőgazdasági ökoszisztémák esetén a rendelet a *biodiverzitási mutatók* növelését írja elő (9. cikk).

A tőzeglápok helyreállítására konkrét célértékeket határoztak meg, de a tagállamok eltérhetnek az általános előírásoktól, ha azok aránytalanul terhelők lennének. Az erdei ökoszisztémák kapcsán legalább hét ökológiai mutatóra vonatkozó pozitív trendet kell biztosítani (10. cikk). A rendelet értelmében a tagállamoknak *nemzeti helyreállítási terveket* kell kidolgozniuk, amelyek bemutatják a célok elérésére tett lépéseket (11–16. cikk). A terveknek tartalmazniuk kell például a területek nyomon követésének módját, az intézkedések időzítését, a finanszírozási forrásokat, valamint a társadalmi-gazdasági hatásokkal és a nyilvánosság bevonásával kapcsolatos információkat is.

### 1.5. Ökoszisztéma-szolgáltatások

A tervezés során komplex értékelési rendszert szükséges alkalmazni, amely illeszkedik a korábban leírtakhoz, ugyanakkor az ÁKK projekt környezet követelményeinek is megfelel. A fejlesztések megalapozása, tervezése megköveteli a várható hatások számszerűsítését, az időben várható változások előrejelzését.

A Homokhátság területét érő kedvezőtlen hatások mérséklésére elkészült „*A Duna-Tisza közti Homokhátság vízhiányos ökológiai állapotának javítása, helyreállítása II. ütem*” tárgyú előkészítési projekt (KEHOP-1.3.0-15-2022-00033) keretében az ökoszisztéma-szolgáltatások gazdasági értékelésére szolgáló számítási eljárásnak (keretrendszernek) egy változata. A számítási eljárás az ökológiai területek vízpótlásából származó hasznok számszerűsítésével foglalkozott.

Az eljárás kidolgozásához (és a rendelkezésre álló adatok tekintetében) jó alapot nyújtott az ESVD (Ecosystem Services Valuation Database) adatbázis és az arra alapozó tanulmányok. Az ESVD a „The Economics of Ecosystems and Biodiversity” (TEEB; Az ökoszisztémák és a biodiverzitás gazdaságtana) adatbázis folytatása (Luke M. Brander, Jan Philipp Schägner, Rudolf de Groot (2022.)), jelenleg a legrészletesebb gyűjteménye és szintézise a környezeti gazdaságtan ökoszisztéma-szolgáltatást vizsgáló irodalmának, amely az elmúlt két évtizedben jelentősen bővült. Célja, hogy megbízható és könnyen hozzáférhető információt adjon az ökoszisztéma-szolgáltatások monetáris értékeléséhez, adatot és információt gyűjtve a Föld „minden” pontjáról. Célja továbbá, hogy támogassa a döntésben és a tervezésben résztvevőket az ökoszisztéma-szolgáltatás teljes értékének a tervezésbe, kezelésbe és döntéshozatalba történő figyelembevételéhez. Az ESVD a 2022-es évben 15 biomot<sup>7</sup>, több mint 1.000 értékelési tanulmányt és több mint 7.000 egyedi értéket gyűjtött össze.

Az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalmának bevezetése, értelmezése és egzakt vizsgálata hivatalosan mintegy fél évszázada jelent meg a világ tudományos szakirodalmában. Ez az időszak egybeesik a globális környezetpolitikai kezdeményezések

<sup>7</sup> A *biomok* a klimatikusán és földrajzilag meghatározott, ökológiai szempontból hasonló jellegű életközösségek együttesét jelentik.

egyre erősödő hullámával, többek között az 1972. évi ENSZ Környezet és Fejlesztés Konferencia figyelemfelhívásával. Az Európai Unió tekintetében a természeti értékek megőrzése hangsúlyosan jelent meg az EU 7. Környezetvédelmi Akcióprogramjában, megfogalmazva a környezetpolitika fő irányvonalait és előremutatásait 2050-ig. Az Akcióprogram szorgalmazta a már meglévő stratégiák alkalmazását a természeti tőke és az ökoszisztéma-szolgáltatások megőrzése érdekében. Az *ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma* a hazai jogrendbe a természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvénynek a módosításával került be.

Az elmúlt évtizedekben az ökoszisztéma-szolgáltatások témaköre egy olyan átfogó tudományos kutatási, módszertani, stratégiai, jogi és gazdasági szabályozási keretté vált, amely segítséget nyújthat a természet, a társadalom és a gazdaság között konfliktusokat hordozó, az érintettek között érdekellentétekkel terhes helyzetek kölcsönös előnyök és kompromisszumok általi rendezésére (Ganszky et al. 2024.).

A komplex tervezés megvalósításához szükség van a fentieket integráló célrendszerre és értékelési rendszerre. Az értékelési rendszert három pillérré kell alapozni, amelyek a *hatékonyság* mérése, a *megvalósíthatóság* (finanszírozási, intézményi, ökológiai lehetőségek és korlátok) értékelése és az *elfogadottság* felmérése. Az egyes pillérekhez megfelelő felmérési, értékelési és tervezési módszereket kell alkalmazni. A tervezés területi egységét oly módon kell meghatározni, hogy azt *kockázati közösségként* lehessen értelmezni.

## 2. A komplex tervezés megvalósításának lehetőségei, szempontjai

A komplex tervezési szemlélet alkalmazása a víz- és környezetgazdálkodási gyakorlatban nem újkeletű szempont, egyelőre azonban a szemlélet még sokkal inkább keresi azt az utat, ami a megvalósítás irányában reális gyakorlati megoldásokat adhat. Ezen szempontokat helyezik előtérbe a közösségi koncepciók, fejlesztéspolitikai irányelvek és támogatási konstrukciók, valamint a hazai stratégiai környezet is. Ennek elemei fokozatosan épülnek be a szakmai gyakorlatba, azonban a komplexitás kérdésében a jó gyakorlatok még nem értek el áttörést. Ennek módszere és fontos „eszköze” a *térségi vízgazdálkodásban a terület alapú tervezési környezet szerinti komplex megoldások* (beruházási koncepciók, projektek, beavatkozások) *kidolgozása*.

A *Kvassay Jenő Terv* (KJT) is koncepcionális iránymutatásokat ad az „integráltság igényére”, ennek háttéréként azonosítja, hogy a víz szektor fragmentált, holott „a vízpolitika eredendően komplex, és szorosan összefügg más illetékeségi területekkel”. A KJT is megjegyzi, hogy a komplex szemlélet érvényesítésének feltétele, hogy a tervezés szintjén a más ágazatokkal és tervezési folyamatokkal való összefüggésének megléte (a „Mit csináljunk?” kérdés).

Az elvek és célok megjelentek, azonban a tervezés szintjén, a stratégia alkotás során még nem jelentek meg azok az eszközök, módszerek és tervezési keretrendszerek (a „*Hogyan csináljuk?*” kérdés), amelyek egységes gyakorlatot teremthetnek a beruházások előkészítése és megvalósítása során. (KJT 2015). A sikeres integrálás feltétele a *vízpolitika* és ezen belül a *vízgazdálkodási tervezés* összefüggéseinek más politikákkal és tervezési folyamatokkal való összevetése, valamint a jó gyakorlatok között szereplő „multi-level governance” irányítási struktúra.

*A terület alapú tervezés célja*, hogy a klasszikus lehatárolásoktól eltérve *egy komplex, térben jól elhelyezhető intézkedés csomagot foglaljon magába*, melynek hatását térben és lehatárolási jellegtől függetlenül tekintjük. Így a kockázatsökkenés és egyéb hatások meghatározása az intézkedések egészére, általa minden érintett területre kimutatható.

## **2.1. A komplex tervezés szükségessége a vízgazdálkodásban**

A változó környezeti és társadalmi viszonyok között jelentkező árvizek gyakoriságának és jellemzőinek kezelésére különböző típusú intézkedések végrehajtására van szükség, települési és térségi szinten egyaránt. Utóbbi esetén kiemelkedik a lakosság szerepe is, különös tekintettel arra, hogy urbanizációs tendenciák révén Európában az árvíz kockázat „gócpontjait” a sűrűn lakott területek jelentik. Ez ugyan nevezhető triviálisnak, de egyben indukálja, hogy a lakosság „önvédelmi” intézkedései, és tudatos felkészülése önmagában mintegy 15%-kal csökkenti az árvízi kockázatokat. Mindemellett, a vízgazdálkodást érintő szakpolitikák ma már egységre jutottak abban, hogy a területi vízgazdálkodásban a víz természeti, társadalmi, gazdasági és ökológiai rendszerekben is egyszerre van jelen, és ezek szorosan összefüggnek egymással. A vízre ható beavatkozások így láncreakciót indíthatnak el, ezért csak átfogó, rendszerszintű megközelítéssel lehet fenntartható eredményt elérni.

## **2.2. A komplex tervezésben érvényesülő szempontok**

### *2.2.1. Árvíz kockázat-csökkentés*

Az árvíz kockázat-csökkentés, mint az összetett vízgazdálkodási igényekkel összefüggő, egyik kiemelt feladat kifejezetten az árvízi elöntésekkel szembeni megelőzési és felkészülési megoldásokra összpontosít. A terület alapú tervezés során az emberi élet védelme, valamint a vagyonszükséglet csökkentése a két olyan átfogó indikátor, ami a beavatkozásokat indokolja. A folyóinkon kialakuló *fluviális árvizek esetén a nyílt ártér és védett ártéri öblözet védelmi lehetőségeivel egyaránt foglalkozni kell, illetve területi szinten vizsgálni kell.*

### *2.2.2. Nagyvízi mederkezelési lehetőségek integrálása*

Folyóink nagyvízi medrének vízszállító-képessége, illetve állapota jelentős

mértékben befolyásolja az árvízvédelmi feladatokat. A hullámterekben és nagyvízi meder területeken lezajló szukcessziós és morfológiai folyamatok előre vetítik, hogy a védművek méretezési alapelvei és védelmi funkciói nagy léptékben abban az esetben rentábilisak, ha terület-függően *a nagyvízi meder beavatkozásokkal együtt valósulnak meg*. A terület alapú tervezés során vizsgálni kell, a kis- és középvízi, valamint hullámtéri mederbeavatkozások lehetőségét is.

### 2.2.3. Kisvízfolyásokon megjelenő árvizek kezelése

A kisvízfolyásainkon megjelenő *villámárvizek* kérdésköre a komplex, terület alapú árvízvédelmi tervezés egyik fontos és kiemelt szempontja, amely a dombvidéki tervezési egységeken jelenik meg elsősorban. *A megelőzés elsősorban a lefolyás lassításán és víz visszatartásán alapuló vízgazdálkodás eszközrendszerére épít*. A terület alapú komplex tervezésben vizsgálni kell továbbá a műtárgyak és egyéb lokális vízterelők hatásait, megvalósítási lehetőségeit, valamint a tározóhatásokat és azok kialakításának lehetőségeit.

### 2.2.4. A DNSH elvérvényesítése – természet alapú megoldások

Az EU Árvízi Irányelv (2007/60/EK Irányelv) végrehajtásánál fontos szempontként jelentkezik, hogy az árvízvédelmi intézkedések ne okozzanak olyan negatív környezeti hatásokat, amelyek növelnék a környezeti problémákat, vagy más típusú károkat idéznének elő. A „*Ne okozz jelentős kárt*” (Do No Significant Harm, azaz DNSH) elvet a 2020-ban megjelent taxonómiai rendelet (EU Parlament és Tanács 2020/852 rendelete) alapján az EU társfinanszírozási projektek során érvényesíteni kell, illetve a *DNSH elvek szerinti elemzést el kell végezni*.

Az Árvízi Irányelv előírásai szerinti kockázat-kezelési tervek készítése során a DNSH elveknek való megfelelés akkor biztosítható, ha nem csak a potenciális árvízkárok csökkentése a cél, hanem az is, hogy *a javasolt intézkedéseknek a környezetre ne legyen negatív hatásuk*. Például a töltések, vízvisszatartó rendszerek és árvízvédelmi műtárgyak kialakítása során fontos, hogy ne változtassuk meg jelentősen a természetes vízfolyásokat, vízgyűjtő területeket vagy élőhelyeket, illetve hogy támogassuk a természetességre való törekvést is. Ezek módszerét alapvetően a hatásvizsgálatok jelentik, de az intézkedések komplexen, területalapú tervezésben kell, hogy megjelenjenek.

*A természetén alapuló árvíz kockázat-kezelés célrendszerét* tekintve az intézkedések elsősorban olyan megoldásokra irányulnak, amelyek az árvízi vízhozamok lefolyásának időbeli (lassításán), valamint térbeli szabályozásán alapulnak. Utóbbi esetén a káros víztöbblet irányított elvezetése történik olyan területekre, ahol az nem okoz károkat, vagy vízpótlási célból haszonnal jár. Alapvetően kisléptékű, lokális megoldásokban lehet gondolkodni, amelyek együttes hatásával, vagy más megoldásokkal együtt eredményez nagyléptékben is

eredményeket. Ilyen, természetközeli megoldások lehetnek az alábbiak: (LIFE LOGOS 4 WATERS):

- lefolyást lassító farönkgátak építése;
- fásítás, erdősítés, torlaszképzés;
- az átmenetileg létrejött lefolyási területek szétterítése, a beszivárogatás elősegítése pl. gyepesítéssel a felső vízgyűjtőkön;
- a vízmosások megkötése;
- természetes anyagok felhasználásával történő lokális mederszabályozások, partvédelem stb.

A természet alapú megoldások gyakorlati lehetőségei egyben igazolják, hogy a „szürke” infrastruktúra elemek, a hagyományos árvízvédelmi rendszerek, illetve azok innovatív megoldásai nem, vagy csak részben válthatók ki, ezért is fontos a kék-zöld infrastruktúrák (vagy tágabb értelemben természet alapú megoldások), a szürke intézkedések, vagy a „hibrid megoldások” terület alapú, komplex tervezése, illetve ezek rendszerbe helyezése. Ezzel lehetőség nyílik a már előzőekben tárgyalt egymásra hatások feltérképezésére, illetve a teljes rendszer logikai és hatáselemzésének elvégzésére. Az egyes intézkedések vizsgálatánál szintén figyelembe kell venni a költséghatékonysági szempontokat. A városi példánál maradva, az épület alapú árvízvédelmi megoldások kevésbé költséghatékonyak, mint a hagyományos, vonalas megoldások, ugyanakkor az együttes (kombinált) megvalósítás már több esetben a költségfelhasználási szempontok alapján is előnyökkel járhat.

#### 2.2.5. Vízvisszatartás és lokális vízpótlás lehetőségeinek vizsgálata

A közösségi stratégiai környezet, valamint a hazai vízgazdálkodás kihívásaival összefüggő „komplex” szemlélet indukálja, hogy a vagyonszűkülés csökkentés részeként az aszályos időszakokkal összefüggő szélsőségekre is válaszokat tudjunk adni. Ennek részeként vizsgálni kell, hogy hol vannak és milyen módszerekkel (és milyen célból!) lehet kialakítani tározásra, illetve vízvisszatartásra alkalmas területeket. Más szakágazatokban azonosítható előnyök, igények és érdekek érvényesítése terület alapú, komplex vizsgálatot igényel. Leegyszerűsítve, milyen tényezőkre kell figyelni és hol vannak ezeknek a tényezőknek megfeleltethető területek.

Ennek részeként szintén vizsgálni kell, hogy a komplex tervezésbe hol építhetők be olyan – elsősorban mélyfekvésű – területek, ahol művelési ág váltással a belvizek megjelenése hasznos célokra fordítható. A vízvisszatartás szempontjából a belvizek fontos jellemzője, hogy területileg általában jól lehatárolható, megjelenése pedig időszakos.

A vízvisszatartás területi igénye az adott belvízrendszer adottságainak függvénye, amit egyrészt célszerű az alsóvezérlés oldaláról megközelíteni, másrészt

komplex belvív-veszélyeztetettségi értékelésen kell alapulnia. A belvízrendszerrel történő vízviisszatartás történhet az eredeti funkciója szerint belvízelvezetésre kialakított elvezető rendszer csatornáiban, vagy belvíztározó tó kijelölésével. Erre már egyre több példát mutathatunk a Tisza-völgyi régióban is (LIFE-MiCACC projekt).

A vízpótlási lehetőségek kategóriájába sorolható az *ökológiai vízpótlás, melynek eszközei olyan természetes vagy mesterséges módszerek, amelyek célja a vizes élőhelyek, mellékágak, holtágak, tavak és talajvizek vízellátásának helyreállítása vagy fenntartása*. Eszközrendszerét tekintve mindez történhet vízkormányzással, műtárgy építésekkel, mederrekonstruktív beavatkozásokkal, vagy a növényzet (elsősorban inváziós fajok) kezelésével.

### 3. A programalapú forráselosztás lehetőségei és korlátai

A vízgazdálkodási fejlesztések döntő többsége hazánkban uniós vagy hazai programalapú finanszírozás keretében valósul meg, mint amilyenek a Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Programok (KEHOP), a LIFE program, vagy a Vidékfejlesztési Program releváns alintézkedései. E finanszírozási mechanizmusok sok esetben egyértelmű célkitűzésekhez, indikátorokhoz, elszámolási szabályokhoz és végrehajtási határidőkhöz kötöttek. Ez a konstrukció előnyt jelenthet az átláthatóság és számonkérhetőség szempontjából, azonban számos gyakorlati és módszertani korlátot is jelent az integrált, komplex szemléletű projekttervezés számára.

Elsőként érdemes kiemelni, hogy *a források felülről korlátozottak*, azaz egy meghatározott pénzügyi keret áll rendelkezésre, amelyért *a potenciális projekt javaslatok és kedvezményezettjeik versenyeznek*. Ez a véges pénzügyi forrásokra épülő versenyalapú mechanizmus szükségszerűen prioritizálja azokat a projekteket, amelyek a finanszírozó által előre meghatározott célokhoz és indikátorokhoz illeszkednek, és amelyek az értékelési rendszer szerint könnyen pontozhatók. Ugyanakkor *ez a megközelítés nem kedvez azoknak a fejlesztéseknek, amelyek hosszabb távon térülnek meg, több célterületre gyakorolnak hatást, vagy amelyek tervezése során fontos lenne a különböző szakterületek, érintettek és időléptékek szintetizálása*.

Különösen igaz ez a vízgazdálkodás olyan területein, ahol *az aszálykezelés, az árvízvédelem, az ökológiai állapotjavítás és a mezőgazdasági vízigények összehangolása együttesen jelenik meg*. Ilyen esetekben a fejlesztések nem illeszkednek könnyen egyetlen, szűk célterület indikátor-készletéhez, hanem inkább *térségi, többdimenziós igényeket* szolgálnának ki. A programalapú logika azonban jellemzően nem ismeri el kellőképpen az ilyen jellegű, szinergiákon alapuló fejlesztések értékét, és így ezek a projektek a támogatási döntések során gyakran hátrányba kerülnek.

A második jelentős probléma abból fakad, hogy *a programalapú pályázati rendszerek nemcsak a finanszírozásban, hanem már a tervezés szintjén is determinálják a fejlesztési logikát.* A pályázat-előkészítés sok esetben nem a térségi vízgazdálkodási helyzet alapos, több szakterületre kiterjedő feltárásával indul, hanem az éppen aktuálisan nyitott vagy várható kiírás logikájához történő igazodással. Ez azt eredményezi, hogy a projekt célrendszere nem a helyi kihívások összefüggéseire, hanem a pályázati indikátorok „kiszolgálására” épül. Így *a pályázatok vezérlik a projekttervezést, nem pedig fordítva,* ami hosszú távon rendszerszintű széttöredezettséghez vezethet.

További korlátozó tényező *a programalapú források időbeli jellege: szigorú ütemezéshez kötött megvalósítási periódusok,* valamint a költségek elszámolásának határideje olyan nyomást jelent, amely nem kedvez a fokozatos, adaptív vagy szakaszos kivitelezésnek. A projektek kénytelenek a megadott időkereten belül minden elemüket kivitelezni, különben az elszámolás és a támogatás visszafizetése is veszélybe kerülhet. Ez ellentmond *a vízgazdálkodási beavatkozások természetes adaptív jellegének,* ahol a hatások, a környezeti válaszreakciók, vagy akár a társadalmi elfogadottság alapján lenne szükséges a további szakaszok, modulok megvalósításának ütemezése.

*Fontosnak érezzük hangsúlyozni, hogy a KEHOP+ az aktuális finanszírozási periódusra vonatkozóan számos olyan elemet tartalmaz már, ami javítja a korábbi KEHOP periódusban jellemző rugalmatlanságot a komplex projektek és az integrált szemlélet szempontjából. A KEHOP+ jobban ösztönzi a több célterületet lefedő, komplex beavatkozásokat, mint pl. egy árvízvédelmi projekt kombinálható természetes vízmegtartással, élőhely-rehabilitációval. Emellett előnyben részesíti azokat a projekteket, amelyek egyszerre szolgálnak klímaadaptációs, biodiverzitás-védelmi és társadalmi célokat. Mindezek megvalósulásához már rugalmasabb indikátor kezelést biztosít, lehetőséget ad az összetettebb, nem csak infrastrukturális eredmények mérésére is és támogatja az ökoszisztéma-alapú megközelítéseket és az adaptív vízgazdálkodási megoldásokat is.*

Mindezek alapján elmondható, hogy a jelenlegi finanszírozási struktúrák ugyan megfelelő eszközt kínálnak az egyes célprogramok mentén történő beavatkozásokra, azonban *a komplexitás és az integráció elvét csak korlátozottan tudják támogatni.* A jövő fejlesztéspolitikájának érdemes lenne olyan finanszírozási megközelítéseket is beépíteni, amelyek lehetővé teszik a fokozatosságot, az érintetti célok mentén való valós szükségletalapú tervezést, és a célok közötti szinergiák elismerését. Erre a kérdésre javasol megoldást a következő alfejezetben részletezett lépcsőzetes szemléletű, kapacitás arányos és célhierarchiára épülő *komplex projekt tervezési módszertan.*

### **3.1. A lépcsőzetes komplex tervezés lehetőségei és módszertani kerete**

A vízgazdálkodási fejlesztések integráltságát és hosszú távú hatékonyságát gyakran akadályozza a forráselosztás bizonytalansága, illetve a finanszírozási keretek felülről korlátozott jellege, amelyek már az előkészítési és tervezési fázisban nehézségeket okoznak. A korábbi pályázati rendszerekből öröklött gyakorlatot követve, az idő- és forrás korlátok miatt számos esetben meghiúsulnak azok a projekt komponensek, amelyek ugyan nem közvetlenül illeszkednek a pályázati célrendszerhez, viszont a teljes projekt szinergikus működéséhez elengedhetetlenek lennének. E probléma megkerülésére javasolható *egy olyan lépcsőzetes szemléletű komplex projekttervezési módszertan*, amely lehetővé teszi, hogy a projektek előkészítése a teljes célrendszer és műszaki koncepció mentén történjen meg, de a megvalósítás szintenként, modulárisan történjen, a rendelkezésre álló forrás keretekhez igazítva.

#### *1. Az érintettek célrendszerének strukturált feltárása*

A módszertan alapja a *tervezési célok és érintetti elvárások strukturált feltérképezése*. Első lépésként az érintettek (vízügyi, környezetvédelmi, mezőgazdasági, természetvédelmi, önkormányzati, társadalmi stb.) céljainak azonosítása történik meg. E célok között nemcsak azonosítás, hanem *összefüggések és konfliktusok rendszerezése is szükséges*, mivel ezek határozzák meg a projekt integrálhatóságát.

#### *2. Egyásra hatások feltérképezése és optimalizálása*

Második lépésként az azonosított célokhoz kapcsolódó *hatáselemek és egymásra hatások modellezése történik meg*. Ez az ún. *cél-hatás-műszaki kapcsolat feltérképezése* képezi a lépcsőzetes tervezés alapját. Itt az a cél, hogy az egymásra épülő fejlesztési elemek, beavatkozási modulok közötti logikai kapcsolat világosan kirajzolódjon, és azok *priorizálhatók és szintezhetők* legyenek az elérhető forrás keretekhez igazítva.

#### *3. Érintettek cél-hatás körének bezárása és szintézise*

A módszertan harmadik pillére az ún. „*cél-hatás kör*” lezárása: ez egy iteratív, visszacsatolós folyamat, amely során az érintetti célok, a rájuk ható műszaki elemek és ezek egymásra gyakorolt hatása egy zárt rendszerként kerül elemzésre. Ezzel megállapítható, hogy mely fejlesztési elemek tekinthetők alapvetőnek, melyek kritikusak a szinergiák létrejöttéhez, és melyek válhatnak ütemezhető, későbbi modulokká, amennyiben pénzügyi forrás-korlátba ütközne azok megvalósítása.

#### *4. Céлиндikátorok meghatározása szintenként*

Negyedik elemként a szintezés következik: a feltárt cél-hatás összefüggések alapján *projekt megvalósítási szintek* határozhatók meg. Minden szint önmagában is zárt, működőképes egységet kell, képezzen, azonban *a magasabb szintek*

megvalósításával érhető el a kívánt komplex hatás fokozódása a klímaváltozás elleni küzdelemben és a klíma adaptációs célkitűzések elérésében. E szintek meghatározásánál kulcskérdés, hogy minden szinthez rendeljünk olyan célindikátorokat, amelyek alkalmasak a forrásallokációval arányos eredmények mérésére.

### 5. Műszaki elemek méretezése az indikátorokhoz

Ötödik lépés a *műszaki elemek szintenkénti meghatározása*. A célindikátorok eléréséhez szükséges beavatkozásokat modulokként célszerű definiálni. Ezeket a modulokat lehetőség szerint *úgy kell megtervezni, hogy önálló kivitelezésre is alkalmasak legyenek*, de egymásra épülve fokozatosan képesek legyenek létrehozni a komplex projekt teljes hatását. Így a projekt előkészítése érzéketlen lehet a források elérhetőségére, hiszen bármely szintre forrás biztosítása esetén az ahhoz tartozó modul megvalósítható, míg a projekt nem veszíti el a koherenciáját és komplex célrendszerét sem.

Ez a megközelítés tehát lehetőséget nyújt arra, hogy a komplex vízgazdálkodási projektek ne veszítsék el szakmai értéküket a forrás korlátok miatt, hanem *fokozatosan, adaptívan és logikusan felépítve, mégis egységes szemléletben* valósuljanak meg egy jól előirányzott stratégia alapján. A projekt minden fázisa így a teljes célrendszer részeként értelmezhető, miközben alkalmazkodik a finanszírozás időben változó kereteihez.

### 3.2. A moduláris komplexitás csapdája

A komplex vízgazdálkodási projektek tervezése során gyakran alkalmazott módszer a *moduláris felépítés*. Ez a megközelítés előnyös lehetőségként jelenik meg: lehetőséget biztosít arra, hogy egy átfogó rendszer részfeladatait külön modulokként kezelve, akár fokozatosan is meg lehessen valósítani. Ez különösen akkor értékes, ha a források nem egyszerre állnak rendelkezésre, vagy ha a megvalósítás időben elnyújtott. Előfordul, hogy a modularitás a preferált területek projekt elemeinek finanszírozási versenyelőnyét igyekszik biztosítani („artificial slicing”). Ugyanakkor ez a megközelítés jelentős kockázatokat is hordoz, ha nem megfelelő elvek mentén történik a modulok meghatározása, illetve ha a finanszírozási korlátok miatt a moduláris struktúrából kritikus elemek kerülnek kihagyásra.

A gyakorlatban gyakran előfordul, hogy a projekt megvalósítása során – a pályázati forrás-korlátok, a költségcsökkentési nyomás, vagy a kivitelezési fázisban fellépő prioritás átrendeződések miatt – egyes modulokat „kihúznak” a projektből. Ez az úgynevezett *moduláris komplexitás csapdája*: miközben egy terv eredetileg rendszerszintű, egymásra ható elemekből felépített fejlesztést céloz, a kivitelezés során széttöredezik, és elveszíti azokat a szinergikus hatásokat, amelyek a komplexitás révén jelentek volna meg.

*Kiemelt példa erre az árvízi tározók létesítése.* Egy jól megtervezett tározó nem csupán az árhullám-csúcs csillapítását végzi, hanem a térségi vízviSSzatartás révén hozzájárulhat a talajvíz szintjének helyreállításához, az ökológiai értékek megőrzéséhez, illetve akár a mezőgazdasági vízhasználat stabilizálásához is. Azonban ha a projektből pénzügyi okokra hivatkozva elmaradnak például a vízviSSzatartást támogató természetvédelmi helyreállítási intézkedések, vagy a mezőgazdasági alkalmazkodást segítő beavatkozások, akkor a rendszer komplex hatékonysága lényegében megszűnik. A projekt így „félkész” marad: látszólag teljesül a fő cél (pl. árvízi biztonság növelése), de elvész az a többrétegű hozzáadott érték, amely indokolta volna a komplex megközelítést.

E problémakör megoldása érdekében elengedhetetlen, hogy:

1. *A teljes rendszer logikai és hatáselemzése* már az előkészítési fázisban világosan bemutatásra kerüljön. Ez magában foglalja az egyes modulok közötti kölcsönhatások és feltételezések ábrázolását, valamint a várható szinergiák bemutatását. *Itt válik nélkülözhetelenné a cél–hatás kör koncepció:* annak megértése, hogy egy modul kihagyása milyen dominószerű hatásokat indíthat el a projekt teljesítményében.

2. *Priorizálási elvek lefektetése:* a tervezés során előre rögzíteni szükséges, hogy amennyiben forráshiány merül fel, mely elemek azok, amelyek mindenképpen megvalósítandók. A cél az, hogy a legnagyobb hatást generáló, vagy a további fejlesztési fázisokat lehetővé tevő „gerinc” elemek kerüljenek előtérbe. Ennek alapjául a célindikátorok és a modulok hatáselemzése szolgálhat.

3. *Lépcsőzetes ütemezés és rugalmasság:* a moduláris szerkezet ne pusztán részegységeket jelentsen, hanem olyan logikai lépcsőfokokat, amelyek – egymásra épülve – lehetővé teszik a projekt rugalmas bővítését. Ez a fajta fokozatosság nemcsak a megvalósítást, hanem a későbbi értékelést és utófinanszírozási lehetőségek becsatornázását is támogatja.

*A moduláris komplexitás tehát nem önmagában problémás, hanem akkor, ha a modulokat önálló, egymástól független egységekként kezeljük.* A hatékony tervezés kulcsa annak felismerése, hogy *a modulok közötti kapcsolatok legalább annyira fontosak, mint maguk az elemek* – különösen a vízgazdálkodás, ökológia és társadalmi hasznosság hármásának szoros összefonódása esetén. A komplex tervezés sikere azon múlik, hogy a rendszer egésze képes-e funkcionálni – még részleges megvalósulás mellett is.

### **3.3. Jó gyakorlatok és adaptálható nemzetközi megoldások**

A finanszírozási korlátok közötti hatékony és fenntartható vízgazdálkodási beruházásokra nemzetközi szinten több sikeres példa is rendelkezésre áll. Különösen

figyelemre méltóak a holland és német gyakorlatok, amelyek nem a forrásbőségre, hanem a *stratégiai tervezés minőségére, többszintű irányításra és ütemezett megvalósításra építkeznek*. Ezek a rendszerek rávilágítanak arra, hogy a *komplexitás kezelhetősége nem a finanszírozás nagyságán, hanem a tervezés és kormányzás színvonalán múlik*.

### 3.3.1. Előre meghatározott célhierarchia

A holland „*Room for the River*” (*Ruimte voor de Rivier*) program egyik alapvető erőssége a világos, politikai és szakmai konszenzussal elfogadott célrendszer volt. A fő cél az árvízcsillapítás biztosítása volt, de ehhez már a kezdetektől kapcsolódtak további célok: a tájhasználat javítása, ökológiai helyreállítás, rekreációs értékek növelése. A célok közötti hierarchia lehetővé tette, hogy a tervezési szinteken az elérhető forrásokhoz illeszkedő kompromisszumok szülessenek anélkül, hogy a fő irányvonal veszélybe került volna (*Rijkswaterstaat*, 2015).

### 3.3.2. Többszintű irányítás

A németországi vízgazdálkodási projektekben – különösen az *Elba és a Rajna mentén* – megfigyelhető, hogy a „Multi-level governance” keretében a *döntéshozatal több szinten zajlik*: a szövetségi kormány stratégiai keretet ad, de a részletes tervezés és kivitelezés a tartományok és települések hatáskörébe tartozik. Ez az elosztott felelősség nem gyengíti, hanem erősíti a végrehajtást: a helyi szereplők bevonása és érdekeltté tétele elősegíti a társadalmi elfogadottságot és a projektek realitását (*BMU* 2021.).

### 3.3.3. Partnerségi struktúrák

Mind Hollandiában, mind Németországban jellemző, hogy már az előkészítési szakaszban bevonják a területileg érintett önkormányzatokat, gazdálkodókat, civil szervezeteket és szakmai érdekképviselőket. Ez nemcsak a konfliktuskezelést segíti, hanem új ötleteket, alternatív megoldásokat is a felszínre hoz. Az együttműködési kultúra és a döntési folyamatok átláthatósága kulcsszerepet játszik abban, hogy a *komplex projektek stabil politikai és társadalmi támogatással bírnak*.

### 3.3.4. Lépcsőzetes kivitelezési modell

A „*Room for the River*” projektjei szinte kivétel nélkül több ütemben valósultak meg. Minden egyes ütem azonban olyan tervezési és műszaki logika mentén készült, hogy *önállóan is működőképes legyen*. Így a részmegvalósulások nem veszítették el hasznosságukat, sőt, fokozatosan építkeztek egymásra. Ez a megközelítés kiemelten adaptálható lenne a magyar viszonyokra, ahol a finanszírozási lehetőségek gyakran szakaszosan állnak rendelkezésre.

E nemzetközi példák rávilágítanak arra, hogy a siker nem feltétlenül a források bőségében rejlik. A kulcs a *tervezési rugalmasság, világos célrendszer*,

többszintű döntéshozatal és a partneri együttműködés szinergiájában keresendő. Ezek a megoldások jól illeszkednek a hazai lépcsőzetes tervezési módszertan elveihez, és fontos referenciát jelenthetnek a magyar vízgazdálkodási projektek újragondolása során.

#### **4. A társadalmi szereplők bevonásának és a kommunikációs stratégiának a lehetőségei**

A komplex tervezés sajátossága, hogy számos haszonélvező, és egyúttal a megvalósításban közreműködő partner együttműködésére van szükség, ahol szükséges a résztvevők közötti együttműködési lehetőségek feltárása, a koordináció feltételeinek megteremtése. A tervezés során felmerülő eltérő célok és elvek szintetizálására alkalmazandó eljárások áttekintése, kiemelve a kommunikációs és érdekegyeztetési stratégia eszközeit.

Az árvízi kockázatkezelés szempontjából két nagy csoportra osztható a kommunikáció és a társadalmi bevonás kérdésköre. Határvonalat kell, és vagyunk kénytelenek húzni az árvízi kockázatkezelés elkészítésére irányuló projektek által megvalósítható társadalmi bevonás, és a társadalom széleskörű a tudatosság növelése között.

Az első csoportba tartoznak a *megalapozó, ismeretterjesztő és előkészítő kommunikációt magában foglaló programok*. Ezen programok közönsége alatt a teljes társadalom értendő, melyek a döntéshozói szintektől egészen azon társadalmi szintekig nyúlnak, akik ugyan nem érintettek közvetlenül az árvízzel, de érdekelték, hiszen a társadalom egésze érdekelt abban, hogy az állami és önkormányzati szinteken a különböző költségvetési forrásokat megfelelően és hatékonyan használják fel az árvízi kockázatok kezelésére. A kommunikáció célja ez esetben az lehetne, hogy a társadalom alapvető információkkal legyen ellátva, közérthető formában és megfelelő rendszerességgel az árvízhez kapcsolódó leg-alapvetőbb kérdésektől a kockázatkezelési tervben lévő alapfogalmakig. Célja továbbá a bizalom kialakítása és növelése a szakmai végrehajtó szervezetek felé. Példaként lehet említeni egy nemzetközi közvélemény-kutatás eredményét (Elsevier 2024), amely azt mutatja, hogy az árvízi kockázatkezelés területén előrehaladottabb Hollandia esetében a lakosság árvízi tudatossága jelentősen magasabb, mint Csehországban és Szlovéniában. Ez pedig az általános társadalmi tájékoztatásból származik.

Mindez miért fontos számunkra? Azért mert a fentebb említett határvonal itt húzódik. Az első csoportba sorolt kommunikáció ugyanis nem várható el egy néhány éven át tartó projekttől.

Eljutottunk tehát a második csoportig, a projektekből megvalósítható (és egyébként kötelezően megvalósítandó) kommunikációig. Külön kell vennünk,

hiszen ez számos korláttal terhelt, úgymint idő, forrás és bizonyos szempontból a tartalom. Fontos azt is megemlíteni, hogy a *projekt kommunikációnak* a projekt eredményeiről kell szólnia elsősorban, ugyanakkor a jelenleg futó KEHOP Plusz támogatást nyert ÁKK 2. felülvizsgálat projektben tudatosan tervezett olyan füzetek elkészíttetése, amelyek az első csoportban említett kommunikációt segíthetnék.

Az első csoport állandó munkát takar, azaz állandó társadalmi kapcsolat-tartást igényel. Az információt, melyet átad, ugyanakkor egyrészt az ÁKK-t tervező projektekből kapja, másrészt a szakmai szervezetektől (vízügyi igazgatás, Országos Vízgazdálkodási Tanács, területi vízgazdálkodási tanácsok, OVF Vízügyi Tudományos Tanács). Viszont a tapasztalatok alapján (*Víz-tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium projekt, Árvízbiztonsági koncepciók felülvizsgálata, megelőzés központú árvízvédelem c. alprojekt*) a kommunikáció végrehajtása elsősorban jobb, ha nem vízügyi vezetésű. Sokkal inkább célravezető, ha egy külső és független szakértő (társadalomkutató, szociológus stb.) irányítja az ilyen beszélgetéseket, információ átadást.

A második csoport egy, az ÁKK hatévenkénti ciklusához igazodó kommunikációt, kapcsolattartást takar, mely akkor lehet igazán sikeres, ha az első csoport jól és folyamatosan, megfelelően széles körben tud működni. Miért? Mert a projektkommunikáció a maga korlátai között mozog, és legfeljebb kismértékben tudja támogatni az első csoport munkáját, leginkább szakmai tartalommal megtölteni azt.

Az ÁKK projekt országos, stratégiai projekt, ezért annak keretében elsősorban országos és tervezési egység szintű társadalom bevonásra kerül sor. Ennek módjáról az első ÁKK ciklusban elkészült, Országos Árvízi Kockázatkezelési Koncepció számos javaslatot tesz és konkrét intézkedést említ, melyeknek megvalósítása továbbra is fontos és szükséges. Kiemeljük a Koncepcióban az országos és regionális szintre tett javaslatokat, amelyek végrehajtása a következőkben továbbra is indokolt, és amely mind az országos stratégiai tervre, mind a Projekt Intézkedési Tervre ki kell, hogy terjedjenek. A helyi szintű egyeztetésekre a projektek részletes megvalósíthatósági tanulmánya keretében kell sort keríteni.

Érdemes kitérni arra a megállapításra, amit az „*Európában alkalmazott zöld, hibrid és sötét árvízkockázat-kezelési intézkedések társadalmi felfogása*” c. cikk (Elsevier 2024) tesz. Itt az árvízkockázat-kezelési intézkedések értékelésére korábban is említett három pillért tartják lényegesnek, a *hatékonyság, megvalósíthatóság és elfogadottság* hármasságát. Míg a megvalósíthatósággal, a szakmai tartalommal a dolgozat 2. és 3. fejezetében foglalkoztunk, a hatékonysággal az ÁKK projekt foglalkozik, a társadalom

bevonása a társadalmi elfogadottságot tűzi ki célul. A tervezés folyamatára és eredményeire befolyással kell bírjon az is, hogy a – kockázati közösségben – érintettek hogyan értékelik az intézkedéseket, melyeket tartanak megvalósíthatónak, fenntarthatónak, hatékonyak. A helyi közösségek, mint területi tulajdonosok számára a beleszólást biztosítani kell. A társadalmi tudatosság és szerepvállalás kell, elvezessen oda, hogy a területi adottságokhoz és lehetőségekhez illeszkedő fejlesztések valósuljanak meg.

Mindemellett, vagy mindezért mégis elindultunk egy kissé a helyi társadalom bevonása irányába, hiszen a komplex tervezés során készülő ún. *Projekt Intézkedési Terv* (röviden PITE) lehetőséget biztosít számunkra egy jól lehatárolható területen elérni a kisebb számú érdekelték körét. Azaz az országos kommunikáció mellett reméljük, hogy sort lehet keríteni egy kisebb létszámú érdekelti kör számára tartott célzott fórumok megtartására, melyeken terveink szerint mélyebb szinteken tudunk információt átadni az ÁKK-ról, a tervezett intézkedésekről, konstruktív egyeztetés keretében megvitatva a komplex tervek céljait és eredményességét.

\*            \*            \*

Tanulmányunkban az összetett vízgazdálkodási kérdések társadalmi hasznosulására *komplex szemléletű megoldást, terület alapú tervezési megközelítést* javasolunk, olyan kisléptékű tervezési területek kijelölésével, ahol az érintettek kockázati (nem csak árvízi) közösséget tudnak alkotni, a tervezés és megvalósítás kezelhető léptéket ölt. A dolgozatban kitértünk arra, hogy a komplex tervezésre javaslatot tett korábban például az Országos Árvízi Kockázatkezelési Koncepció, a Kvassay Jenő Terv és ezt igénylik az egyre erősebb vízhiányos időszakok következtében jelentkező lakossági, agrár, természetvédelmi és egyéb vízigények. A területi alapú tervezés nevében foglalja a területrendezési feladatokat, ide értve a szabályozási módosításokat is. Felmerül a kérdés, hogy *az irányítás szervezésében mi a komplex tervezés megfelelő módja?* Jelentős kérdéseket vet fel a *finanszírozás módja* is, amely esetében azonosítani kell azokat a finanszírozási lehetőségeket, amelyek lehetőséget teremtenek a komplex tervezésre. Foglalkoztunk a *társadalom bevonás kérdésével* is, amelyre mint integráló tervezési elemre szükséges tekinteni és meg kell találni a tervezéshez igazodó legmegfelelőbb módját.

\*            \*            \*

## Irodalomjegyzék

*BMU* (2021). National Water Strategy – Germany

*Elsevier, Bezak, Raska, Machac, Louda, Zupanc, Slavikova* (2024): Investigating the public perception of green, hybrid and grey flood risk management measures in Europe, 2024

EU (1991): Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2024/1991 rendelete a természet helyreállításáról és az (EU) 2022/869 rendelet módosításáról. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=OJ:L\\_202401991](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401991)

*Ganszky Márton, Kisgyörgy Bence, László Tibor* (2024): Az ökoszisztéma-szolgáltatások közgazdasági haszonbecslésének keretrendszere, *MHT 41. Országos Vándorgyűlés tanulmánykötete*, Szolnok, 2024.

<https://vizeink.hu/kezdolap-akk/>

*KJT* (2015): Kvassay Jenő Terv, Nemzeti Vízstratégia, Budapest, 2015

*Lechner* (2018): Lechner Tudásközpont Területi, Építészeti és Informatikai Non-profit Korlátolt Felelősségű Társaság Térségi Tervezési Osztály, „Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázati terv készítése” c. projekt, P-2.5.0/B/09-12-2013-0001: Nemzetközi jó gyakorlatok gyűjtése az árvízi veszélyzónákon belüli területhasználati szabályozásokra, Budapest, 2018.

LIFE-MiCACC projekt: <https://vizmegtartomgoldasok.bm.hu/hu>

*OÁKK* (2015): „Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázati terv készítése” c. projekt, KEOP-2.5.0/B/09-12-2013-0001: Országos Árvízi Kockázatkezelési Konceptió, Budapest, 2015.

*Rijkswaterstaat* (2015). Room for the River: Planning and building with nature

# A DUNÁNTÚLI-KÖZÉPHEGYSÉG KARSZTVÍZSZINT EMELKEDÉSE ÁLTAL VESZÉLYEZTETETT TERÜLETEK FELMÉRÉSI TAPASZTALATAI, MEGOLDÁSI JAVASLATOK

FÜLE LÁSZLÓ<sup>1</sup>, KISS SZABOLCS<sup>2</sup>, LAURINYEZ PÁL<sup>3</sup>

## 1. Bevezetés, előzmények

Dolgozatunk témája „A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedése okozta jelenségek állapot rögzítése, a várható emelkedés modellezése” című, KEHOP-1.1.0-15-2017-00010 azonosító számú projekt (a továbbiakban: *Projekt*) egyik részfeladata volt, melyet a VIZITERV Environ Nonprofit Kft. az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) megbízásából végzett.

A *Projekt célja* a Dunántúli-középhegységben emelkedő karsztvízszint okozta jelenségek felmérése, a környezetvédelmi, természetvédelmi, földtani, vízföldtani értékelő feladatok ellátása, a vízkészlet-gazdálkodási feladatok megfogalmazása, valamint az észlelő-hálózat állapotfelmérése, felújítása volt.

A Dunántúli-középhegységben a karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek felméréséhez, a jövőben még várhatóan jelentkező káros hatások előrejelzéséhez, a főkarsztvíz-tároló környezetének állapotértékeléséhez a következő főbb feladatokat határozták meg:

- modellezés, forrásfelmérés, forráskataszter elkészítése;
- monitoring kutak felülvizsgálata;
- monitoring hálózat fejlesztése, javítása;
- veszélyeztetett területek felmérése, intézkedési javaslatok.

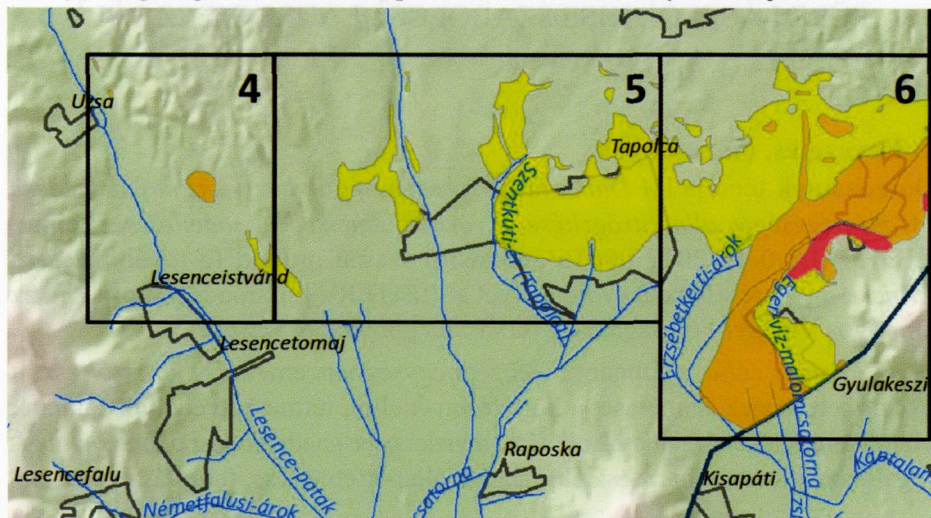
<sup>1</sup> Dr. Füle László, okl. geológus, a földtudomány kandidátusa, VIZITERV Environ Nonprofit Kft.

<sup>2</sup> Kiss Szabolcs, okl. geológus, VIZITERV Environ Nonprofit Kft.

<sup>3</sup> Laurinyecz Pál, okl. infrastruktúra-építőmérnök, műszaki igazgatóhelyettes, VIZITERV Environ Nonprofit Kft.

A veszélyeztetett területek felmérését, valamint az ehhez kapcsolódó intézkedési javaslatok kidolgozását a VIZITERV Environ Nonprofit Kft. végezte.

A felmérési feladat a Projekt „Modellezés, forrásfelmérés, forráskataszter elkészítése” részfeladatát követte, melynek során lehatárolták a veszélyeztetett területeket a Dunántúli-középhegységre készült regionális és lokális numerikus modellek alapján (Smaragd GSH Kft. 2021). A két modell együttes értelmezésével egy összevont jelentés és térképsorozat készült; a lokális modellek területén a részletesebb eredmények alapján történt meg a lehatárolás összesen 43 db 10.000-es méretarányú térképszelvényen (1. ábra). A részletes felméréshez a lokális modellek által pontosított, összevont térképek szolgálták alapul. Az OVF rendelkezésünkre bocsátotta a veszélyeztetett területek térképeinek digitális állományait, amelyek segítségével munkatérképeket készítettünk a helyszíni bejárásokhoz.



1. ábra. Részlet a Dunántúli-középhegység veszélyeztetett területek térképéről (Smaragd GSH Kft. 2021)

A modellezés eredménye szerint egyes területeken a karsztvízszint a jövőben várhatóan a terep fölé emelkedik. A fedőrétegekből adódó fajlagos védettség szerint három kategória különíthető el:

1. Veszélyeztetett területek (piros szín): ahol a fajlagos védettségi érték  $\leq 2$  m/bar, tehát a fedő anyagi minőségétől függetlenül mindenképp veszélyeztetettnek tekinthető;
2. Potenciálisan veszélyeztetett területek (narancs szín), ahol a teljes fedőre számolt fajlagos védettség érték  $> 2$  m/bar. A fedő agyagtartalmának függvényében lehet pontosítani a veszélyeztetettséget.
3. Nyílt karsztos fakadó területek (sárga szín).

A terepbejárásokhoz és a részletes felméréshez a 10.000-es méretarányú szelvények szolgálták alapul, a felmérés mindhárom veszélyeztetettségi kategóriára kiterjedt.

## 2. A felmérési módszertan kidolgozása

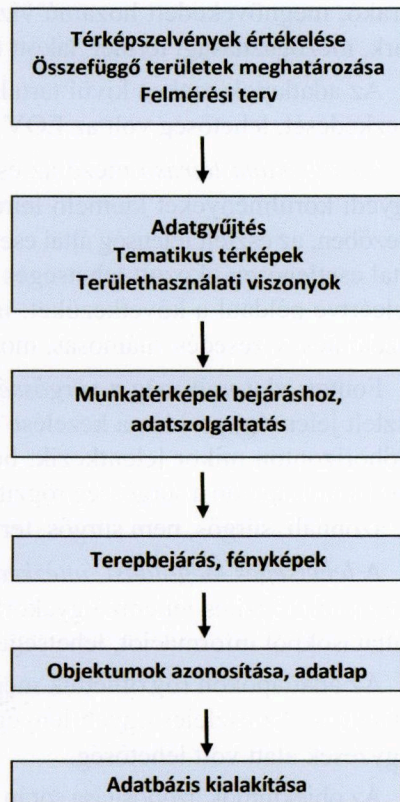
A veszélyeztetett területek felméréséhez nem állt rendelkezésre egy korábban meghatározott és elfogadott módszertan, ezért a terepi munkák előtt ki kellett dolgozni egy koncepciót, *felmérési módszertant*. A javasolt *felmérési folyamatot* (VIZITERV Environ Kft. 2021) a 2. ábra szemlélteti. A felmérést a gyakorlatban a kidolgozott módszer lépéseit követve végeztük el.

A módszer lépéseit követve először a térképszelvényeket értékeltük, elemeztük, a modellezés alapján a veszélyeztetettnek jelölt területeken a felméréshez egybefüggő területrészeket jelöltünk ki, melyek a napi terepi bejárások során teljesíthetők voltak. Ezzel kialakítottuk a *felmérési tervet*.

A terepi bejárások megkezdése előtt tematikus alaptérképeket szereztünk be, munkatérképeket szerkesztettünk. Készült egy alaptérkép, melyen ábráztuk azokat a térképi rétegeket, amelyek segítették a terepi adatgyűjtést, bejárást, területhasználati elemzést. Az előzetes elemzést követően a részletes bejáráshoz területenként munkatérképek készültek, melynek alapja – a könnyebb azonosításhoz – a MADOP-2015 Ortofotó állomány volt.

Írásbeli adatszolgáltatási kéréssel fordultunk a veszélyeztetett területeken működő önkormányzatokhoz, vízművekhez, vízügyi igazgatóságokhoz, nemzeti parkokhoz, környezetvédelmi hatósághoz.

A terepbejárásokat az adatszolgáltatásból származó információk szerint szerveztük, különös tekintettel a bejelentett problémákra.



2. ábra. A veszélyeztetett területek felmérésének javasolt folyamata (VIZITERV Environ Kft. 2021)

A terepbejáráshoz az észlelhető jelenségek, problémák, objektumok alapadatainak rögzítésre *feldmérési adatlap* készült. Az adatlapokon az egyes objektumokhoz rögzítettük a bejárásra, észlelésre vonatkozó információkat, mint a bejárás dátuma, időpontja, az adatrögzítő neve.

Az adatlapokon az *objektum jellegét* is meghatároztuk. Ez alatt a térbeli jelleg értendő, amely alapján az *objektum* (probléma, észlelt jelenség) lehet *pontszerű, vonalas, vagy területi jellegű*.

Az *objektum típusa* már egy részletesebb meghatározást, kategorizálást jelentett, amely pontosabban megadja az észlelt jelenség, probléma jellegét, mielőtt. Ilyen leíró jellegű meghatározások voltak például a következők: pozitív kút, forrásfakadás, telephely, szennyezőforrás, kármentesítés, bánya, hulladéklerakó, megnövekedett hozamú vízfolyás, vízelvezető árok, iparterület, ipari park, mezőgazdasági terület, lakott terület, vízbázis védőterület stb.

Az adatlapok ezeken kívül tartalmazták az objektumok helyét, címét, elhelyezkedését, lehetőség volt az EOVS koordináták megadására is.

Az *objektum leírása* mező az észlelt jelenség, probléma szabatos, pontos, egyedi körülményeket kiemelő leírására szolgált. A *probléma, veszély jellege* mezőben, az észlelt jelenség által esetlegesen veszélyeztetett dolgokat, a jelenség által esetlegesen okozott lehetséges veszélyek jellegét volt lehetőség megadni, beleértve például a következőket: ingatlanok, épületek, út, vasút, szennyezés, vízelöntés, vizesedés, alámosás, mocsarasodás, belvív, élőhelyek stb.

Fontos adat volt még a *sürgősség, időszerűség*. Ez alatt azt értjük, hogy az észlelt jelenség, probléma kezelése időben mennyire sürgető feladat, illetve az időhorizonton mikor jelentkezik, beleértve akár az ismétlődő jellegét is. Egy objektum kapcsán a sürgősség rögzíthető egyebek mellett az alábbi fogalmakkal is: azonnali, sürgős, nem sürgős, tervezhető, időszakos stb.

A *lehetséges megoldási, intézkedési javaslatok* mező némileg túlmutatott a terepi adatrögzítés jellemző gyakorlatán, de amennyiben kaptunk az adatszolgáltatásokból információt, lehetséges volt ezt is rögzíteni.

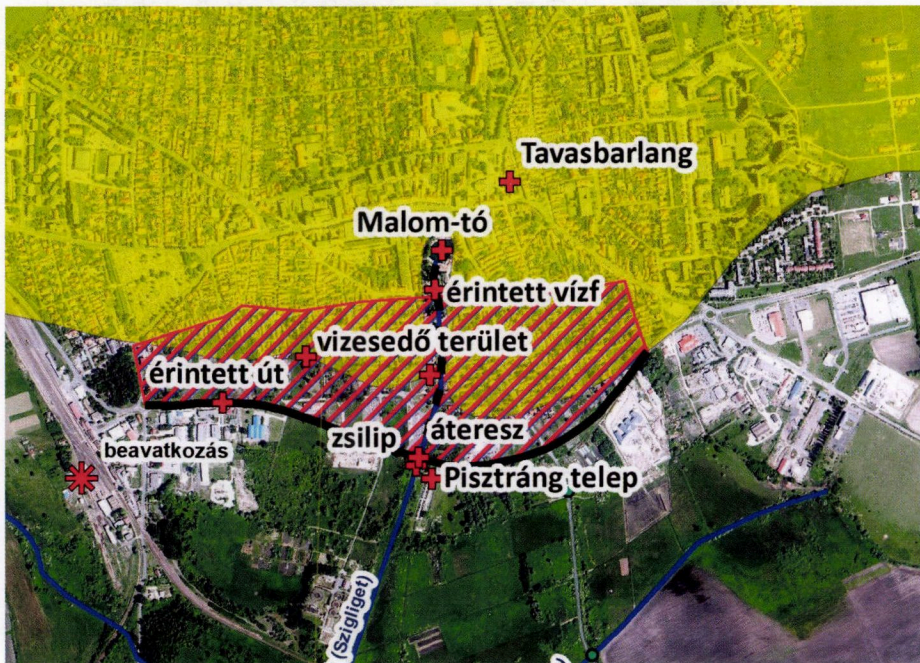
Az adatlapokon rögzíthettük még a terület tulajdonosok és egyéb érintettek adatait is. Az észlelés egyéb lényeges körülményeinek részletezésére a megfigyelések alatt volt lehetőség.

Az objektumok azonosítása során fényképek készültek mobiltelefonnal. A modern készülékeken beállítható volt, hogy a készülék a fénykép mellé rögzítse a helyi információt, a kép készítésének GPS koordinátáját. Az így készült képeket ArcGIS szoftverrel feldolgozva a GeoTagged Photos To Points eszközzel be lehetett tölteni az alaptérképre, így réteggént megjeleníthetőek voltak az egyes képek helyszínei – a megfelelő transzformációkat követően – EOVS koordináta-rendszerben.

A módszer lehetőséget nyújtott az EOV-koordináta letárolására, így segítette az objektumok pontos azonosítását.

A koordináták, fényképek és az adatlapokon felvett információk feldolgozása *térinformatikai adatbázis* kialakítását tette lehetővé.

A leírt felmérési folyamatot szemlélteti a 3. ábra, mely a részletes felmérés során valósult meg a gyakorlatban, a kialakított adatbázis egy részletét pedig az 1. táblázat mutatja. A módszer a terepbejárások tapasztalatai alapján folyamatosan fejlődött.



3. ábra. A terepi felmérés folyamata (VIZITERV Environ Kft. 2021)

### 3. A veszélyeztetett területek részletes felmérése

A terepi felmérések során megállapítható volt, hogy a kidolgozott módszer a gyakorlatban is alkalmazható. Előfordult, hogy a felmérési tervben kijelölt területet nem sikerült egy bejárással maradéktalanul felmérni, részben az időjárás viszonyosságai, részben az adatszolgáltatás időbeni csúszása miatt, vagy egy előrehozott önkormányzati egyeztetés folytán. Ezekben az esetekben egy későbbi bejárás időpontjában a felmérést kiegészítettük új területekkel, új adatlapokkal. Az adatszolgáltatás bővülésével, további bejárások tapasztalataival az adatbázis új objektumokkal tovább bővíthető.

1. táblázat. Az adatfeldolgozás során kialakított adatbázis részlete

Jel	Objektum	Jelleg	Típus	EOV_Y	EOV_X	Leírás
Tapolca-01	Tavas-barlang	terület	felszín alatti víz	527766	172274	Csapadékos időszakban megemelkedik a szint, száraz időszakban elapad. Malom-tóval szabályozható.
Tapolca-02	Malom-tó	terület	felszíni víz	527583	172092	Emelkedő szintek, zsilipekkel szabályozható, összefüggés Tavasbarlanggal, Tapolca-patakkal
Tapolca-03	Déli Városkapu Park	terület	park	527551	171757	Tapolca-patak magas szintje miatt gyakran elöntött
Tapolca-04	Duzzasztómű	pont	műtárgy	527514	171512	Tapolca-patak szabályozó műtárgy, a zsilip a pizstrángtelep érdekében magasan tartja a vizet, akadályozza a vízelvezetést.
Tapolca-05	Pizstráng telep	terület	pizstráng-telep	527556	171477	A vízhasznosítás egyik megoldása lehet, de a duzzasztást szabályozni kellene.
Tapolca-06	77 sz. út áteresz	pont	műtárgy	527521	171535	A ROCLA áteresz áteresztőképessége alacsony, normál üzemben is 80% felett, csapadékos időszakban vízelöntés

A terepi bejárást megelőzően rendkívül hasznosnak bizonyult az önkormányzatok és egyéb intézmények, szervezetek adatszolgáltatása. Az utóbbi egy-másfél év csapadékszegény időjárása következtében ugyanis a veszélyeztetett területekre előrejelzett vizesedési, vízelöntési jelenségek csak a leginkább veszélyeztetett területeken voltak észlelhetőek. A legtöbb helyen a száraz nyári időszakot követően nem látszott a karsztvízszint-emelkedés következménye. Ezekben az esetekben a helyi lakosok, helyi szervezetek tudtak a segítségünkre lenni.

Az adatszolgáltatási kéréshez speciális kérdőíveket dolgoztunk ki az önkormányzatok, vízművek, vízfolyáskezelők, kármentesítést végzők és felügyelő hatóságok, valamint az érintett nemzeti parkok esetében.

Az 56 önkormányzatnak kiküldött kérdőívre 36 adott választ, valamint választ kaptunk a víziközmű szolgáltatótól (Bakonykarszt Zrt., DRV Zrt., Fejérvíz Zrt.), a vízfolyáskezelőktől, a kármentesítést végzőktől, a felügyelő hatóságoktól, a nemzeti parkoktól. Felhasználtuk a vízgyűjtő-gazdálkodási tervekhez (VGT) összegyűjtött korábbi nyilvántartásokat is.

A terepbejárásokra a 2021. szeptember – 2022. április közötti időszakban került sor (*VIZITERV Environ Kft. 2022a*), amelynek során igyekeztünk az adatszolgáltatásban megadott helyszíneket felkeresni, az aktuális állapotot rögzíteni. A felmérés során közel 500 objektumot sikerült beazonosítani, kategorizálni.

Minden objektumra kitöltöttük az adatlapot, lehetőség szerint csaknem mind-egyikhez fényképfelvételt is sikerült csatolni. Az adatlapok információtartalmát táblázatos formában rögzítettük. Az egyes objektumok a települési helyszín alapján a felmérés sorrendjében kaptak *objektum-kódot*.

#### **4. Térképi adatbázis létrehozása, releváns problémák azonosítása**

A felmérés adatainak feldolgozásával *térinformatikai adatbázis* készült, amely tartalmazta a felmért objektumok EOV-koordinátáit, fényképeit, a leíró adatokat pedig az adatlapokon felmért rövidített válaszok adták. A könnyebb áttekinthetőség, listázás érdekében a legfontosabb válaszadási lehetőségeket a *2. táblázatban* feltüntetett csoportokba soroltuk.

*A lehetséges kockázat, veszély* a típustól függően változott, a karsztvízszint-emelkedésből adódó *objektumok típusai* főként vízelöntést, vízelvezetési problémát, vizesedést, és/vagy szerkezeti problémákat okozhattak. A műtárgy nem megfelelő állapotú lehet, a potenciális szennyezőforrások és a kármentesítési helyszínek lehetséges veszélye a szennyezés. Egyes területeken a felmérés során éppen az derült ki, hogy a vízhiány okozhat lehetséges veszélyt.

Az időszerűség tekintetében legtöbbször azt tapasztaltuk, hogy a modellezés alapján kijelölt területen nem volt észlelhető vizesedés, vizes terület. Az objektumokat ekkor is felmértük, de ekkor nem relevánsnak jelöltük.

2. táblázat. A jellemző adatbázis mezők válaszlehetőségei

TÍPUS	VESZÉLY	IDŐSZERŰSÉG	MEGOLDÁS
állóvíz	nem megfelelő állapotú műtárgy	nem releváns	nem szükséges
drén	szennyezés	folyamatos	rendszeres ellenőrzés
felszín alatti víz	vízelőntés	időszakos	felülvizsgálat
felszíni vízfolyás	vízelvezetés	tervezés	egyéb rövid leírás
hasznosítás	vizedés	mielőbbi	
forrás	vizedés/szerkezet	sürgős	
kármentesítés	vízhiány		
műtárgy			
potenciális szennyezőforrás			
pozitív kút			
vízbevezetés			
vízelvezetés			
vizes terület			
vízmű			

A potenciális szennyezőforrások és a kármentesítési helyszínek időszerűsége folyamatos volt, hiszen a telephelyek és a kármentesítések rendszeres hatósági ellenőrzés mellett működhetnek. Ha egy vizes jellegű probléma fellépése csak az év csapadékos időszakaiban jelentkezett, akkor *időszakosnak* jelöltük. *Sürgősnek* tekintettük azt a helyszínt, ahol azonnali megoldásra, a vízelőntés, vízelvezetési probléma megszüntetésére volt szükség, *mielőbbi*, ha katasztrófát nem okoz, de időben gyors megoldás szükséges. *Tervezésnek* jelöltük, ha a megoldás átgondolására hosszabb idő is rendelkezésre áll, tervezhető. *További javaslatok kidolgozása a sürgős, mielőbbi és tervezés kategóriáknál szükséges.*

Ha a felmért veszély nem releváns, akkor nem volt szükség a megoldás kidolgozására. E mező tartalmazhatja a javasolt megoldás rövid leírását (ha már ismert volt), de megjelölhet rendszeres ellenőrzést, vagy szükséges felülvizsgálatot is. A tulajdonosok lehetnek magán, önkormányzati, állami, de ezek a besorolások a terepi felmérések során kategóriák szerint, becsléssel történtek (pl. közutak, vasút, magántelkek stb.). Hasonlóan töltöttük ki az érintettek oszlopát, szennyezőforrások esetén megjelölve a hatósági érintettséget is.

Az adatbázisból kiszűrtük azokat az objektumokat, melyekre a feladat következő fázisában megoldási javaslatok kidolgozása volt szükséges, az időszerűség sürgős, mielőbbi vagy tervezés kategóriába esett.

## 5. A megoldási javaslatok kidolgozása

Az utóbbi időszak rendkívül csapadékszegény időjárása következtében a modellezés által kimutatott veszélyeztetett kategóriák nagy részén nem jelentkeztek valódi vizes területek, vizesedési jelenségek, objektumok, ezért a felmérésben megjelölt lehetséges veszély, kockázat eredménye többségében nem releváns, ezért nem szükséges további intézkedés, megoldási javaslat.

Találtunk olyan helyszíneket, ahol a karsztvízszint-emelkedési jelenségek valóban jelentkeztek, ezek közül egy esetben sürgős, több esetben mielőbbi intézkedés javasolt. Sok esetben a megoldási javaslat további vizsgálatokat, tervezést, felülvizsgálatot, területfejlesztést, hasznosítási javaslat kidolgozását igényli. A létrehozott adatbázisban kilistázhatóak voltak azok az objektumok, amelyekre részletesebb vizsgálatok, megoldási javaslatok kidolgozása szükséges (3. táblázat). Ezeket a területeket részletesen vizsgáltuk (*VIZITERV Environ Kft. 2022b*).

A megoldási javaslatok elemzése az azonos jellegű problémák típusai szerint, csoportosítva történt, az alábbiak szerint:

- településeket érintő általános problémák (építésügy, telephelyek engedélyezése-ellenőrzése, temetők üzemeltetése, szennyvíztisztítók kibocsátásának szabályozása);
- komplex tervezést igénylő vízgazdálkodási feladatok, vízrendezés (Tapolca, Tata, Bodajk, Káli-medence);
- vizes területek, vízfolyások vízvezetési problémái, karbantartás;
- vízjogi engedéllyel rendelkező létesítmények, műtárgyak üzemeltetése, felülvizsgálata (halastavak, víztározók, zsilipek);
- vízműveket érintő problémák megoldási javaslatai (pozitív kutak, vízminőség);
- turisztikai fejlesztési lehetőségek, megőrzés (források, vizes élőhelyek, strandfürdő);
- szennyezés, kármentesítés, illegális hulladéklerakás.

A lehetséges megoldások keresése során vizsgáltuk az érintett helyszínek felelőseit, tulajdonosait, érintettjeit, a problémához kapcsolódó jogszabályi hátteret, szükséges és meglévő engedélyeket. Amennyiben szükséges volt, meghatároztuk a lehetséges javasolt további vizsgálatokat, a dokumentációkhoz szükséges tervezőket, szakértőket.

A vizsgálat során igyekeztünk feltárni, hogy mi akadályozza a megoldásokat, milyen továbblépési lehetőségek vannak, amelyeknél projektekben gondolkozva javasoltuk azokat előkészíteni, megalapozni, hozzárendelve a pályázati forrást is.

3. táblázat. Felmért karsztvízmelkedési jelenségek

Település	Típus	Veszély	Időszerűség	Megoldás
Lesencetomaj	vizes terület	vízölntés	sürgős	vízvezetés megoldása
Kapolcs-Hegyvesd	forrás, vizes terület	vizesedés, vízölntés	tervezés	természetközeli létesítmények, területfejlesztés
Öcs	állóvíz	vízölntés	tervezés	vizes élőhely megőrzése
Tapolca	vizes terület, műtárgyak	vizesedés, vízölntés	tervezés	komplex tervezés, szabályozás
Pápa-Tapolcafő	forrás, vizes terület	vizesedés, vízölntés	nem releváns	nem szükséges (tanösvény)
Bánd-Gyulafrátót	forrás, vizes terület	vizesedés, vízölntés	tervezés	természetközeli létesítmények, területfejlesztés
Veszprém	szennyezőforrások	szennyezés	tervezés	Kármentesítés, TZD, MBT
Várpalota-Inota	pozitív kút	vízölntés	tervezés	rendszeres ellenőrzés, kút lezárása
Öskü-Pétfürdő	forrás, vizes terület	vizesedés, vízölntés	tervezés	természetközeli létesítmények, területfejlesztés
Csór	vízmű	vízölntés	tervezés	rendszeres ellenőrzés, kút lezárása
Bodajk	vizes terület, pozitív kút	vízölntés	tervezés	komplex tervezés, hasznosítás
Tata	forrás, vizes terület	vizesedés/szerkezet	tervezés	komplex tervezés, hasznosítás
Káli-medence	drén	vízvezetés	tervezés	felülvizsgálat
Csopak	vizes terület, pozitív kút	vízvezetés	mielőbbi	vízvezetés megoldása

Az objektumok kategorizálása során megállapítható volt, hogy minden helyszín a maga módján egyedi és kellően komplex, a nagyobb területeket, egész településre kiterjedő problémákat igyekeztünk kiemelten kezelni. Megfigyelhető volt az is, hogy az egyértelmű megoldást az is nehezíti, hogy a területeken több érintett volt eltérő területhasználati igényekkel, konfliktusokkal. A leginkább beavatkozást igénylő helyszínek önkormányzati belterületeken, magánterületeken voltak, több esetben már készültek előzetes felmérések, tervek, de a megvalósítást akadályozta a leterheltség, szakmai hozzáértés hiánya és/vagy a finanszírozási lehetőségek.

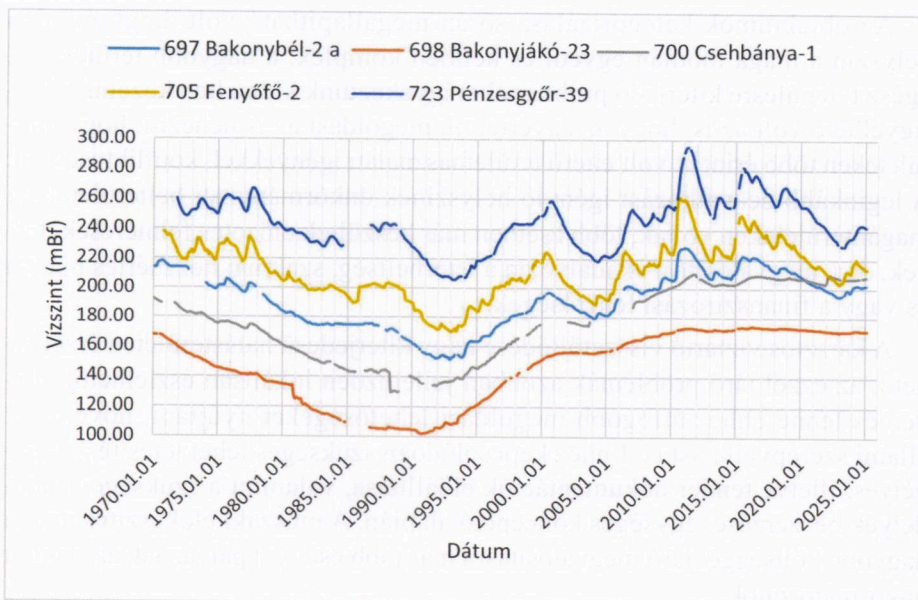
A karsztos víztartó visszatöltődése nagy kiterjedésű hatásterületen érzékelhető, az ezzel járó problémák azonban jellemzően lokálisan észlelhetők. Érdemes lenne ehhez átfogóbb megoldási lehetőségeket nyújtani, növelni az állami szerepvállalást is. Ehhez kapcsolódóan szükséges lehet létesítési engedélyes, illetve tender dokumentációk előállítás, valamint a szükséges engedélyek beszerzése, egységes koncepció alapján. A műszaki előkészítés után a nagyobb költséggel járó megvalósításra már jobb eséllyel pályáznak az érintett önkormányzatok.

## 6. A projekt befejezése után bekövetkezett változások

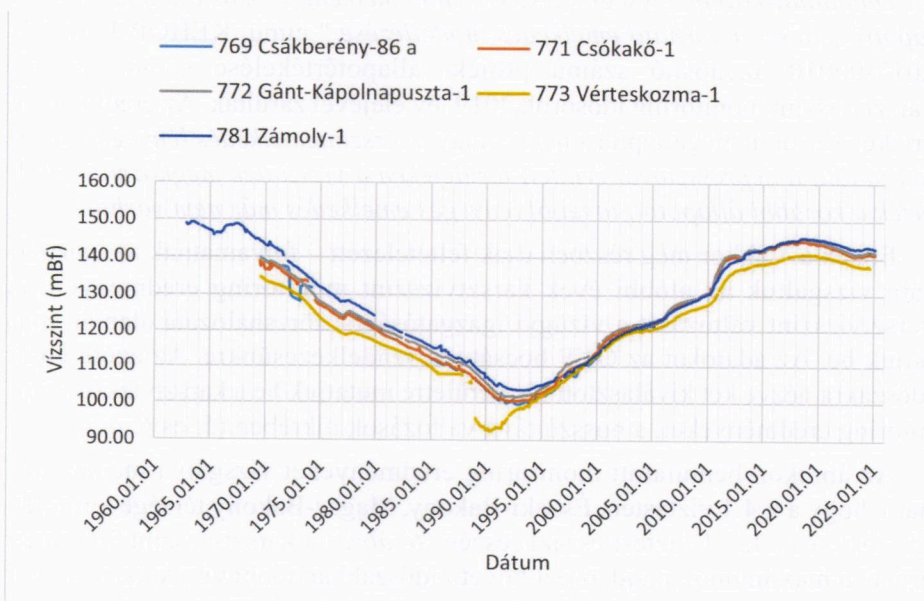
*„A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedése okozta jelenségek állapotörögztítése, a várható emelkedés modellezése”* című, KEHOP-1.1.0-15-2017-00010 azonosító számú projekt állapotértékelése során vizsgált karsztvízszint monitoring idősorok 2019. év elejével zárultak. Az eredmények értékelése során megállapítást nyert, hogy *a vízszintemelkedés lényegében befejeződött, a depresszióval érintett területeken a vízszintek megközelítően elérték a korábbi állapotot, további lényeges emelkedés már nem várható.*

Ennek a – akkor még részben csak feltételezett – folyamatnak az igazolására vizsgáltuk az utóbbi évek karsztvízszint monitoring eredményeit. A karsztvízszint változását a vízügyi igazgatóságok törzshálózata alapján mutatjuk be. Az adatokat az OVF bocsátotta rendelkezésünkre. Az azóta eltelt időszakra nézve két kiválasztott részterületre mutatjuk be a karsztvízszint monitoring eredményeket, a hosszú távú változások tükrében (5. és 6. ábra).

Az ábrákon bemutatott monitoring eredményeket vizsgálva megállapítható, hogy a k.4.1 víztesten, Északi-Bakony, Magas-Bakony térsége területén (5. ábra) és a k.1.1 víztest északi részén (6. ábra) a karsztvízszint 2019-ben érte el a maximumot, majd az ezt követő időszakban többnyire karsztvízszint csökkenése jellemző, egy kisebb átmeneti, 2023. évi és 2024. év eleji emelkedő időszaktól eltekintve. További emelkedés nem zárható ki, de csak a 2010. évhez hasonló, rendkívül csapadékos időszakokban jelentkezhet ismét.



5. ábra. Karsztvízszint észlelő monitoring kutak vízszint idősorai a k.4.1 víztesten, az Északi-Bakony, Magas-Bakony térségében



6. ábra. Karsztvízszint észlelő monitoring kutak vízszint idősorai a k.1.1 víztesten – északi rész

A részletes felmérést bemutató fejezetben leírtuk, hogy a helyszíni, terepi azonosításokat hátráltatta az aszályos időszak, nem mindig jelentkeztek jól láthatóan valódi vizes területek, vizesedési jelenségek. A modellezés szempontjából az „optimista” forgatókönyv valósult meg. Ennek ellenére azokon az azóta beépített területeken, ahol a karsztvízszint megközelítette a korábbi állapotot, adódhatnak még a jövőben problémák, melyeket megfelelő tervezéssel ki lehet küszöbölni.

Teljes biztonsággal nem jelenthetjük ki, hogy a veszélyeztetettnek jelölt területeken már nem jelentkezhet újra a korábban jelzett probléma egy későbbi csapadékosabb időszakban. A felmért helyszíneken a további tervezések, hasznosítások megvalósításának szükségessége többségében továbbra is fennáll. A száraz időszakban van lehetőség a felkészülésre, további vizsgálatokra, a megoldási javaslatokkal érintett helyszíneken a projektek részletesebb előkészítésére, megvalósítására.

## IRODALOMJEGYZÉK

*Smaragd GSH Kft.* (2021): Veszélyeztetett területek lehatárolása a regionális és a lokális modellezés együttes értelmezése alapján. KEHOP-1.1.0-15-2017-00010. Jelentés.

*VIZITERV Environ Kft.* (2021): Veszélyeztetett területek felmérése, I. kötet Módszertan. A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010 azonosító számú projekt. Jelentés

*VIZITERV Environ Kft.* (2022a): Veszélyeztetett területek felmérése, II. kötet Részletes felmérés. A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010 azonosító számú projekt. Jelentés

*VIZITERV Environ Kft.* (2022b): Vízgazdálkodási-vízhasznosítási feladatok, megoldási javaslatok kidolgozása a veszélyeztetett területeken. A Dunántúli-középhegységi karsztvízszint emelkedés okozta jelenségek állapotrögzítése, a várható emelkedés modellezése KEHOP-1.1.0-15-2017-00010 azonosító számú projekt. Jelentés

\* \* \*

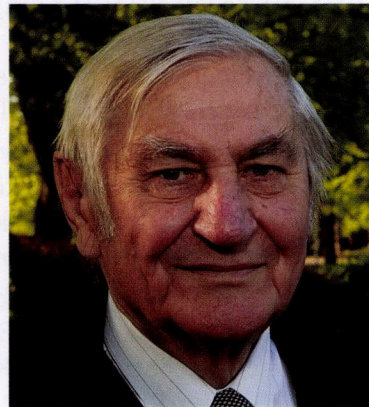
## *A vízügyi igazgatás nagy egyéniségei*

### **PAPP FERENC (1925-2012)**

1925. április 14-én született Tiszaroffon. Meghatározóak voltak számára gyermekkori, kamaszkori élményei, amiket a vízitársulati élet mindennapjainak tapasztalataiból merített. 1953-ban szerzett mérnöki oklevelet.

Mérnöki munkásságának nagyobbik része a Tiszántúlhoz kötődött. 1953-ban beosztott mérnökként a Közép-tiszai Öntöző Vállalatnál kezdett, egy év múlva már kirendeltség-vezető lett. 1958-tól kinevezték a Tiszalöki Vízlépcső és Öntözőrendszer szakaszmérnökévé.

1959–75. között volt a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság (TIVIZIG) vezetője. Pályafutásának talán a legsikeresebb korszaka volt ez a 16 év. Nem véletlenül tartották őt az 1960-as, 70-es években a kiemelkedő szervező képességű vízügyi igazgatók egyikének! Igazgatóként a Tisza, a Sebes-Körös és a Berettyó védvonalainak árvízi védelemvezetője volt. Korának minden árvízvédekezésében részt vett. Árvízvédelmi munkájából megemlítendő a kritikus helyzetű 1964. évi tiszai (Rakamaz és Tiszafüred közötti) árvíz elleni védekezés. Kritikus helyzetekben hozott felelős döntéseket: 1966 februárjában a Berettyó jeges árvízénél, majd 1970-ben a Berettyó és a Sebes-Körös árvízének védtározásánál. Védelemvezetőként a Tisza völgyben elsőként alkalmazta sikeresen a céltudatos töltésátvágásos védtározást Szeghalomnál a Kutasi védtározó megnyitásával 1970. június 16-án.



A Berettyó és a Sebes-Körös két árvize életének meghatározó szakmai élményévé vált. Emlékeit *Dunka Sándorral* közösen írt könyvében is közreadta. Az árvízvédekezések tapasztalatai mélyen beleivódtak lelkébe, s egész szakmai pályája során minden eszközt felhasznált azért, hogy a mentesített területeken

élőket megvédjék a katasztrófáktól. Bizonyára ennek is volt köszönhető, hogy a debreceni igazgatóság árvízvédelmi rendszere hosszú időn keresztül talán a legjobban kiépített védelmi hálózat volt az egész országban.

Elsők között foglalkozott a vízgazdálkodáshoz kapcsolódóan a vízi környezet védelmével és fejlesztésével. Személyes kezdeményezője és irányítója volt a debreceni Erdőpuszták vízgazdálkodási megoldásainak, az Erdős-pusztai tavak létrehozásának, amelyek természetvédelmi és jóléti célokat is szolgáltak. Jelképes volt, hogy 90. születésnapján, 2015. április 14-én az Erdőpusztai Bemutatóháznál Debrecen városa és a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság emléktáblát állított *Papp Ferencnek*, ezzel emlékezve itteni munkásságára. Úttörő tevékenysége a későbbiek során például szolgált a környezeti szempontú vízgazdálkodás elterjesztéséhez. Ökológiai kutatásait és gyakorlatban szerzett ezirányú tapasztalatait 1974-ben a Kossuth Lajos Tudományegyetem Természettudományi Karán megvédett doktori értekezésében foglalta össze.

Amikor az általa igen tisztelt *Dégen Imrét* az OVH elnöki posztjáról felmentették, az új államtitkár, *Gergely István* szorgalmazta egy vízügyet és környezetvédelmet integráló kormányhivatal felállítását, és őt hívta Debrecenből Budapestre, hogy a vízügyi szolgálat környezetvédelmi ügyeit összefogja. 1975–80. között az OVH Környezetvédelmi (utóbb Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási) Főosztályának vezetője volt. *Gergely István* tragikus halála azonban mindezeket a törekvéseket jó időre megakasztotta... 1983–88 között, nyugdíjba menetelig, a VIZITERV vezérigazgatójaként tevékenykedett.

Mindig hangsúlyozta, hogy mindazokat a szakmai eredményeket, amiket életében elért munkatársaival közösen tette. Jó érzéke volt ahhoz, hogy a körülötte lévők gondolataiban felfedezze mindazt, ami reálisan hasznosítható, s sarkallja őket azok megvalósítására.

Vízgazdálkodási szemléletében meghatározó volt a Tisza vidékéhez, szűkebb szülőföldjéhez való kötődése. Ez alapozta meg társadalmi és közéleti tevékenységét, amelyet többek között a Közép-Tisza-vidéki Intéző Bizottság (KIB) elnökeként 1986-1993 között fejtett ki. *Papp Ferenc – Dégen Imre* halála után egy évtizeddel – lett a KIB elnöke. Ezen a területen iránymutatásként szolgált számára mindaz, amit elődje tervezett, s vele, mint munkatársával megosztott. Mindvégig szem előtt tartotta az élő környezet és természet védelmét, a Tisza-tó értékeinek oltalmát, jóléti hasznosítását, a műszaki létesítmény „humanizálását”. Ő volt az, aki kezdeményezte a mesterséges tározó névadási pályázatát, ami végül a Kiskörei tározót Tisza-tóvá tette. E tisztségében arra törekedett, hogy a mérnöki létesítményként működő Tisza-tó a vízi világ változatosságát és szépségeit bemutató idegenforgalmi központtá, népszerű üdülőhellyé válhasson. Számtalan jó kezdeményezése valósulhatott meg, igaz, voltak reménytelen küzdelmei is.

Ízig-vérig mérnök volt, aki műszaki törekvéseiben, terveiben mindig az embereket nézte, az ő helyzetük javítására törekedett. Folyamatosan azon gondolkodott, miképp lehetne a vízgazdálkodás, vízépítés eszközeit felhasználva segíteni az elszegényedő Tisza menti települések, falvak gazdasági felemelkedését. Konkrét elképzelésekkel bombázta a mindenkori kormányokat, mert látta, hogy egykori pátriája, tágabb szülőföldje milyen megoldhatatlannak látszó nehézségekkel küzd.

Csaknem negyedszázadon át nyugdíjas mérnökként élte mindennapjait, de változatlanul érdeklődött a szakmai kérdések iránt, árvizek idején naponta hallgatta a rádióban, tv-ben a híradásokat és gyakran vette fel a telefont, hogy személyesen tudja meg a pillanatnyi helyzetet. Lélekben „együtt élt” az eseményekkel. Egy lehetséges jövőbeli tiszai árvízi katasztrófa problémája rendszeresen, élénken foglalkoztatta. Mindig azon az állásponton volt, hogy a védekezést közvetlenül irányító, s a védelemvezetésnek intézkedési javaslatot tevő szakemberek vállára nem szabad ráterhelni a javaslattétel miatti hivatali felelősség kérdését, hanem azt a javaslatot elfogadó és döntést meghozó védelemvezetőnek, esetenként a mindenkori vízügyi igazgatónak kell vállalnia. Mert csak így lehet a szakemberektől elfogulatlan véleményt és intézkedés-sorozatot várni.

Azt is mindvégig szorgalmazta, hogy a vízügyi szolgálat nézzen szembe azokkal a vízgazdálkodási, árvízvédelmi és egyéb hibákkal (eltúlzott öntözés-fejlesztések, víziutak és hullámterek rendbehozatalának elhanyagolása, a helyi vízgazdálkodási kezdeményezések mellőzése stb.), amiket az elmúlt fél évszázad alatt elkövetett, mert csak így lehet – a tapasztalatokat leszűrve – helyes megoldásokkal élni a jövő terveit illetően.

Minden ízével kötődött a Tisza vidékéhez, szülőfalujához, Tiszaroffhoz, még életének utolsó éveiben is egyre-másra dolgozta ki javaslatait, miképpen lehetne az ottani népességet biztos munkához juttatni, a vízgazdálkodás segítségével megélhetésüket biztosítani. Paraszti gyökereit soha nem tagadta meg, az egyszerű emberek gondját-baját belülről érezte, ismerte. A kívülről magabiztos vezetőnek ismert Papp Ferenc lelkében érzékeny alkat volt, akit a természet szeretete mélyen érintett, és vezetett döntéseiben. Meggyőzően, lebilincselően beszélt arról, hogy az embert milyen atavisztikus vonzódás köti a vízhez, s a vizes élőhelyek jelentősége milyen nagy az élővilág, de a pihenni vágyó emberek számára is.

Társszerzőként a Vízügyi Történeti Füzetek sorozat két kötete fűződik a nevéhez: *A Közép-Tiszántúl vízi története* (2003) és *A Berettyó vízgazdálkodásának és jeges árvízének története* (2008). Szakirodalmi publikációinak száma több mint 50, ezek a Magyar Vízgazdálkodás, a Vízügyi Közlemények és a Hidrológiai Közlöny hasábjain jelentek meg.

Életének utolsó évtizedében gyakran fordult a vízhasznosítások történeti eseményei felé, nagyon érdekelték a két világháború közötti korszak öntözési,

társulati-működési kérdései, s az azokból levonható tapasztalatok. A 2000-es évek elején, amikor ismét előtérbe került az öntözések ügye, újra elővette az Öntözésügyi Közlemények 1938-1947 közötti megsárgult lapszámain, s újabb cikkek megírását tervezgette. Tervei között szerepelt, hogy feldolgozza az 1940-50-es évek öntözési programjának történetét, de ugyanígy foglalkoztatta a Tisza-szabályozás története, az árvédelmi munkálatok fejlődése is – ezekben a témákban is újabb cikkek megírását tervezgette.

A Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) munkájában 1959-től vett részt. A társasági munka egyik aktív résztvevőjeként tagja volt a Szeniorok Tanácsának. A Tiszteleti tag kitüntetést 1993-ban ítélte oda neki a MHT elnöksége.

Természetes, őszinte, emberséges, nyílt, közvetlen ember volt. Szerették és tisztelték őt. Halálával fájdalmas veszteség érte a családot, a barátokat, a vízmérnöki szakmát. Kecskeméten hunyt el, 2012. december 18-án, életének 88. évében. Néhány hónap múlva – 60 évvel a végzés után – vehette volna át mérnöki Gyémántdiplomáját a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen.

*Papp Ferenc* a magyar vízmérnöki társadalom kiemelkedő egyénisége volt. Olyan neves vízügyi szakember, olyan széles látókörű mérnök, aki hat évtizeden át tevékeny részese volt a vízügyi szolgálat fejlődésének; jelentős egyénisége volt az ország vízgazdálkodásának; élete, sorsa összefonódott a vízügyével.

*Dr. Szlávik Lajos*

